

■ SESSION: B [Ba1]  
10월 18일(목), 12:30 - 14:00  
장 소: 402호A

**Ba-01 Singlet Dark Matters** 이 강영, 김 영균<sup>1</sup>, 신 서동<sup>2</sup>  
(고려대학교, 물리학과. <sup>1</sup>세종대학교, ARCSEC & KAIST, 물리학과. <sup>2</sup>KAIST, 물리학과.) The minimal model of renormalizable theory with singlet fermionic cold dark matter is suggested. Singlet fermionic dark matter can explain the relic abundance of the cold dark matter measured at the WMAP and predict exciting phenomenologies at colliders. The detection cross sections are also computed for the direct search of the cold dark matter.

**Ba-02 Perturbative QCD analysis of exclusive  $J/\psi + \eta_c$  production in  $e^+e^-$  annihilation** CHOI Ho-Meoyng, JI Chueng-Ryong<sup>1</sup>(경북대학교, <sup>1</sup>North Carolina State University.) We analyze the exclusive charmonium  $J/\psi + \eta_c$  pair production in  $e^+e^-$  annihilation using the nonfactorized perturbative QCD and the light-front quark model that goes beyond the peaking approximation. We effectively include all orders of higher twist terms in the leading order of QCD coupling constant and compare our nonfactorized analysis with the usual factorized analysis in the calculation of the cross section. We also calculate the quark distribution amplitudes, the Gegenbauer moments, and the decay constants for  $J/\psi$  and  $\eta_c$  mesons using our light-front quark model. Our nonfactorized result enhances the NRQCD result by a factor of 3~4 at  $\sqrt{s}=10.6$  GeV.

**Ba-03 Inclusive Charm Production in Upsilon(nS) Decay** LEE Jungil, KANG Daekyung, KIM Taewon, YU Chaehyun(고려대학교) Based on the NRQCD factorization formalism, we calculate the inclusive charm production rate in Upsilon(nS) decay at leading order in the strong coupling constant  $\alpha_s$  and the relative velocity  $v$  of the  $b$  quark in the quarkonium rest frame. The branching fractions for Upsilon(nS) to charm for  $n=1, 2$ , and 3 are all around 7-9%. About 60% of the branching fraction into charm is from annihilation of the color-singlet  $b\bar{b}$  pair into  $\gamma^*$  to  $c\bar{c}$ . Most of the remaining branching fraction is from annihilation of the color-singlet  $b\bar{b}$  pair decaying into  $c\bar{c}g$ . We also compute the momentum distributions of the charm quark and charmed hadrons in the decays. The virtual-photon contribution to the charm quark momentum distribution is concentrated at the end point while the  $c\bar{c}g$  contribution is broad. The momentum distributions for charmed hadrons are obtained by convolving the charm-quark momentum distribution with charm fragmentation functions. This makes the momentum distributions for charmed hadrons softer than that for the charm quark. This effect is particularly significant in the virtual-photon contribution.

**Ba-04 Invariant mass distribution of  $c\bar{c}$  in Upsilon Decay** LEE Jungil, KANG Daekyung, KIM Taewon, YU Chaehyun(고려대학교) Based on the NRQCD factorization formalism, we calculate the invariant mass distribution of the  $c\bar{c}$  pair

produced in inclusive Upsilon decay at leading order in the strong coupling constant  $\alpha_s$  and the relative velocity  $v$  of the  $b$  quark in the quarkonium rest frame. In the limit where three momentum of charm quark in rest frame of  $c\bar{c}$  pair is ignored, we reproduce the previous result of Fritzsche and Streng.

**Ba-05 The Recent Progress of Randall-Sundrum Graviton Using  $G^* \rightarrow ZZ \rightarrow 4$  Muons with  $1\text{fb}^{-1}$  integrated luminosity in CMS experiment** CHUNG J., PARK H.K., KIM G.N., SON D.C.(경북대학교 고에너지물리연구소.) CMS experiment at LHC will begin operation next year. The experiment would have an integrated luminosity of  $1\text{fb}^{-1}$  at the center-of-mass energy of 14 TeV in 2008. We have studied a search for Randall-Sundrum graviton ( $G^*$ ) using the mode,  $G^* \rightarrow ZZ \rightarrow 4$  muons in the scenario of total integrated luminosity of  $1\text{fb}^{-1}$ . In this talk, we will present our progress of this search using a recent version of official CMS software.

**Ba-06 Possible Evidence of Existence of Proton [Pionic] Arirang States,  $Q(p) [Q(\pi)]$ , with FWHM  $\Gamma(\approx Q) \sim \text{MeV}$  ( $\tau \lesssim 10^{-21}$  sec.)** KIM C. O.\* (Dept. of Physics, Korea Univ.) In a high-energy event of quasi-elastic scattering  $p[\pi](Z) \rightarrow Q(p)[Q(\pi)](Z)$ , by applying the second-order approximation of the rapidity  $\eta \cong -\ln(\tan \theta/2) + \ln(\gamma\beta \sin \theta)$ ,<sup>[1]</sup> and by taking the effect of the backwardly bouncing momentum at production into account, that was first observed in finding the nuclear Arirang states,  $Q(^{12}\text{C})$  and  $Q(^{16}\text{C})$ ,<sup>[2]</sup> we seem to be able to report new proton [pionic] states of the intrinsic masses,  $(m_b^*)_0$ , which are almost twice the proton [pion] mass with  $\Gamma \sim \text{MeV}$ , by use of the angular data of 383[79] events of  $E_b=30.9, 200, 300$ , and  $400\text{ GeV}$ <sup>[3]</sup> [ $P_b=20$  and  $300\text{ GeV}/c$ <sup>[4]</sup>]. Reassessment of the massive data of the LS masses of  $Q(\pi)$ ,  $m_b^*$ , at  $P_b \sim 10\text{ GeV}/c$ , obtained from heavy liquid bubble chambers and a magnetic spark chamber also confirms our results from the nuclear emulsion technique. Our model of prominent role of Coulomb field at production and that of classical quantum tunnelling through the centrifugal potential barrier,  $\ell(\ell+1)\hbar^2/2\mu r^2$  ( $\ell \geq 1$ ), plus a weak one of Coulomb potential is discussed in order to explain the general characteristics of Arirang states. \*Professor emeritus.

[1] C. O. Kim, Phys. Rev. **158**, 1261 (1967); [2] M. J. Park *et al.*, Phys. Rev. **C46**, 1495 (1992); [3] C. O. Kim *et al.*, J. Korean Phys. Soc. **13**, 90 (1980); [4] E. R. Gozer *et al.*, Phys. Rev. **D2**, 1838 (1970); C. O. Kim *et al.*, J. Korean Phys. Soc. **20**, 279 (1987).

■ SESSION: B [Bb1]  
10월 18일(목), 12:30 - 14:10  
장 소: 402호B

**Bb-01(초) 한국우주인 실험을 위한 최초의 MEMS 우주망원경 시작품** 이 직, 김 지은, 나 고은, 남 신우, 문 경하, 박 일홍, 박 채형, 양 종만, 오 세지, 전 진아, 정 수민, ARTIKOVA S., 박 용선<sup>1</sup>, 유 형준<sup>1</sup>, 김 민수<sup>2</sup>, 김 용권<sup>2</sup>, 유 병욱<sup>2</sup>, 진 주영<sup>2</sup>, GARIPOV G.<sup>3</sup>, KHRENOV B.<sup>3</sup>, KLIMOV P.<sup>3</sup>(이화여자대학교, 물리학과. <sup>1</sup>서울대학교, 천문학과. <sup>2</sup>서울대학교, 전자공학과. <sup>3</sup>Moscow State Univ.,

*SINP*.) Korean Astronaut MEMS Telescope for Extreme Lightning(KAMTEL) is one of the missions that the Korean Astronaut will carry out in International Space Station next spring. KAMTEL is a multi-function instrument which is capable of observing terrestrial light flashes including extreme lightnings in upper atmosphere, the so-called Transient Luminous Events. The importance of KAMTEL is that it will be a test ground for the next generation MEMS telescope for extreme lightnings planned for launching next summer. It will be also a test ground for a future generation MEMS space telescopes for extraterrestrial observations of astromy and astroparticle physics that require fast tracking of lights. KAMTEL consists of a MEMS telescope, a spectrometer and a ccd camera. These 3 devices are complementary to each other for the observation of space-time development of terrestrial light flashes. The MEMS telescope is the first-in-the-world telescope equipped with MEMS micromirrors that will be approved and operated in space. Thanks to the micromirrors, the telescope is capable to track light flashes and zoom into the centers of light flashes. We will present the design and production of KAMTEL. We will also present the performance of KAMTEL obtained from a series of tests for the space operation approval, that is, light source test, electromagnetic compatibility test, vibration test, and environment test.

#### Bb-02 The Readout System of MTEL and KAMTEL

**Payload** 김 지은, 나 고은, 정 태신, 전 진아, 오 세지, 문 경화, 정 수민, ARTIKOVA S., 남 신우, 박 일홍, 이 직, 박 재형, 정 에라, 양 종만, 박 용선<sup>1</sup>, 유 형준<sup>1</sup>, 김 민수<sup>2</sup>, 김 용권<sup>2</sup>, 진 주영<sup>2</sup>, 유 병욱<sup>2</sup>, KLIMOV P.<sup>3</sup>, GARIPOV G.<sup>3</sup>, KHRENOV B.<sup>3</sup>(이화여자대학교, 물리학과. <sup>1</sup>서울대학교, 물리천문학부. <sup>2</sup>서울대학교, 전기컴퓨터공학부. <sup>3</sup>Moscow State University.) 고층 대기 방전현상 (TLE - Transient Luminous Event)을 연구하기 위해서 MTEL (Mems micromirror Telescope)과 KAMTEL (Korean Astronaut Memsmicromirror Telescope) 두 개의 우주망원경이 준비중이다. 이 망원경들은 MEMS(Micro-Electro-Mechanical Systems) 기술로 만들어진 마이크로미러 어레이를 이용해 순간적인 TLE 사건을 감지하여 빠른 시간안에 이를 추적하고 확대하여 사건의 시간적인 변화과정을 자세히 기록하도록 설계되었다. 이와 함께 분광계 (spectrophotometer)와 적외선 카메라가 이들 망원경안에 설치되어 한 검출기 트리거 신호에 의해 동시에 동일 사건을 기록하게 된다. KAMTEL은 한국 우주인이 국제 우주 정거장에 설치하여 실행되며 MTEL은 2008년에 발사될 러시아 과학위성에 탑재될 예정이다. 이 망원경의 검출기 신호처리 시스템과 망원경 조립 테스트 과정을 논의한다.

#### Bb-03 New Results from KIMS Experiments

김 승천, 김 선기, 류 수, 명 성숙, 방 형찬, 이 상은, 이 상준, 이 주희, 이 현수, 최 정훈, 강 운구<sup>1</sup>, 김 영덕<sup>1</sup>, 이 정일<sup>1</sup>, 김 홍주<sup>2</sup>, 소 중호<sup>2</sup>, 정 선우<sup>2</sup>, 권 영준<sup>3</sup>, 황 명진<sup>3</sup>, 한 인식<sup>4</sup>, LI Jin<sup>5</sup>, LI Y.J.<sup>5</sup>, YUE Q<sup>5</sup>(서울대학교 물리 천문학부 암흑물질탐색연구단. <sup>1</sup>세종대학교 물리학과. <sup>2</sup>경북대학교 물리학과. <sup>3</sup>연세대학교 물리학과. <sup>4</sup>이화여자대학교. <sup>5</sup>Tsinghua University, Department of Engineering Physics.) New results from KIMS experiment will be presented. 3409kg×day data were used for these results, which were taken with low background

CsI(Tl) crystals at Yangyang Underground Laboratory. The most stringent limit on the spin-dependent interaction between WIMP and a pure proton case is obtained. DAMA signal region for both spin-independent and spin-dependent interactions for the WIMP masses greater than 20GeV/c<sup>2</sup> is excluded by these results. And, current status of KIMS experiments will be briefly reported.

#### Bb-04 A Double Beta Decay Experiment Using CaMoO4 Crystal.

이 정일, 김 영덕, 강 운구, 김 선기<sup>1</sup>, 방 형찬<sup>1</sup>, 명 성숙<sup>1</sup>, 김 승천<sup>1</sup>, 최 정훈<sup>1</sup>, 이 주희<sup>1</sup>, 류 수<sup>1</sup>, 이 상준<sup>1</sup>, 이 현수<sup>1</sup>, 김 홍주<sup>2</sup>, 소 중호<sup>2</sup>, 정 선우<sup>2</sup>, 한 인식<sup>3</sup>, 황 명진<sup>4</sup>, 권 영준<sup>4</sup>, 이 상은<sup>1</sup>(세종대, 물리학과. <sup>1</sup>서울대, 물리학과. <sup>2</sup>경북대, 물리학과. <sup>3</sup>이화여대, 물리학과. <sup>4</sup>연세대, 물리학과.) We have performed a double beta decay experiment using a CaMoO4 crystal(127.78g) with a 4pi active veto detectors made of CsI(Tl) crystals at Yangyang underground laboratory. The present limit of 0 neutrino EC beta+ decay of Mo-92 is 2x10<sup>20</sup>years. For the energy calibration, we have used a Na-22 gamma source. The double beta decay events of Mo-92 can be identified by the coincidence of back-to-back 511 keV gammas in CsI(Tl) crystals and e+ signal in CaMoO4 crystal. The experimental results of the energy resolution and the background spectra will be shown and the preliminary limit from several months data will be presented.

#### Bb-05 Calibration of Mean time and Quenching factor for CsI(Tl) crystal

이 주희, 김 선기, 김 승천, 류 수, 명 성숙, 방 형찬, 이 상은, 이 상준, 이 현수, 최 정훈, 강 운구<sup>1</sup>, 김 영덕<sup>1</sup>, 이 정일<sup>1</sup>, 김 홍주<sup>2</sup>, 소 중호<sup>2</sup>, 정 선우<sup>2</sup>, 권 영준<sup>3</sup>, 황 명진<sup>3</sup>, 한 인식<sup>4</sup>, LI J<sup>5</sup>, Y.J. Li<sup>5</sup>, J. Li<sup>5</sup>, Q. Yue<sup>5</sup>(서울대학교, 물리천문학부. <sup>1</sup>세종대학교, 물리학과. <sup>2</sup>경북대학교, 물리학과. <sup>3</sup>연세대학교, 물리학과. <sup>4</sup>이화여자대학교, 물리학과. <sup>5</sup>Tsinghua University.) We measured mean time and quenching factor of nuclear and electron recoil for CsI(Tl) crystal. This study is for the discrimination between nuclear recoil and electron recoil, and for the estimation of the deposited energy of WIMP which causes nuclear recoil in the crystal. Using a small piece of crystal cut from the large crystal for WIMP search in Yangyang Underground Laboratory, we performed the irradiation test by <sup>241</sup>Am/Be for nuclear recoil and <sup>137</sup>Cs for gamma recoil. Neutron event was selected through the time correlation with 4.4MeV gamma, and its deposited energy to the crystal was measured with three neutron detectors installed at the three different angles.

#### Bb-06 Analysis of the Daily and Annual variation of the Ambient Gamma Ray Rate in the Korean Peninsula.

WOO Jong-Kwan, CHOI Minkyu, KANG SeoGon, KIM Eun-Joo<sup>1</sup>, LEE Mosung<sup>2</sup>, PARK Inkyu(서울시립대학교. <sup>1</sup>전북대학교. <sup>2</sup>청주대학교.) At the previous KPS meetings, we already reported the daily and annual variation of the ambient gamma ray rate whose energy range up to 3 MeV for the years from 2003 to 2006. Here we will introduce more detailed analysis result for the daily and annual variation of the gamma ray rate. This study of ambient gamma ray rate would give a clue for the background study of the rare event rate

physics experiment based on the Earth movement detection mechanism.

■ SESSION: B [Ba2]

10월 18일(목), 14:30 - 16:15

장 소: 402호A

**Ba-07 High Precision Test of the Equivalence Principle**

CHOI Ki-Young, GUNDLACH Jens H.<sup>1</sup>, SCHLAMMINGER Stephan<sup>1</sup>(서강대학교, 물리학과. <sup>1</sup>University of Washington, Physics department.) We are using a rotating torsion balance to test the equivalence principle for Yukawa ranges from  $\sim 1$  m to infinity. A sensitive torsion balance is mounted on a turntable rotating with constant angular velocity. On the torsion pendulum beryllium and titanium test bodies are installed in a composition dipole configuration. A violation of the equivalence principle would yield to a differential acceleration of the two materials towards a source mass. In a three months long data run, we measured this acceleration with a sensitivity of  $3 \times 10^{-15} \text{ m/s}^2$ . We analyzed the differential acceleration data for a variety of sources such as local topological features (a hill), the Earth, the Sun or the center of our galaxy. Since 25% of the differential acceleration towards the center of our galaxy is caused by galactic dark matter, it allows us to test the equivalence principle for an ordinary matter falling towards galactic dark matter.

**Ba-08 Holographic trace anomaly at finite temperature**

PARK Chanyong, LEE Bum-Hoon<sup>1</sup>, NAM Siyoung(CQEST, Sogang University.) We find an exact coordinate transformation rule from the  $\text{AdS}_5$  Schwarzschild black hole in the Poincare and the global patch to the Fefferman-Graham coordinate system. Using these results, we evaluate the corresponding holographic stress tensor and trace anomaly of the boundary theory as a function of the radial coordinate. Following the AdS/CFT correspondence, we reinterpret the radial coordinate dependence of the trace anomaly as the Wilsonian renormalization group(RG) flow of the boundary theory.

**Ba-09 Formation Of Three-Dimensional Black Strings**

**From Gravitational Collapse Of Dust Cloud** HYUN Seungjoon, JEONG Jaehoon, KIM Wontae<sup>1</sup>, OH John(Institute of Physics and Applied Physics, Yonsei University. <sup>1</sup>Department of Physics, Sogang University.) We study the formation of black strings from a gravitational collapse of cylindrical dust clouds in the three-dimensional low-energy string theory. New junction conditions for the dilaton as well as two junction conditions for metrics and extrinsic curvatures between both regions of the clouds are presented. As a result, it is found that the collapsing dust cloud always collapses to a black-string within a finite collapse time, and then a curvature singularity formed at origin is cloaked by an event horizon. Moreover, it is also shown that the collapse process can form a naked singularity within finite time, regardless of the choice of initial data.

**Ba-10 kappa-Minkowski 시공간의 양자장론과 그 물리**

**적 결과** 임 채호, 이 재형<sup>1</sup>, 김 형찬<sup>1</sup>(전북대학교 물리학과. <sup>1</sup>연세대 물리학과.) kappa-Minkowski 시공간의 의미와 이 시공간의 양자화, 그리고, 이 시공간에서 나타나는 물리량들이 기존의 양들과 어떻게 달라지는지에 대해 알아본다.

**Ba-11 BPS D(F)-strings in Boundary String Field Theory**

KIM Yoonbai, GO Gyungchoon, ISHIDA Akira(성균관대학교 물리학과.) A systematic derivation of BPS limit of static multi-D(F)-strings is discussed in the context of boundary string field theory. Under a Gaussian type tachyon potential, (almost) vanishing stress components of energy-momentum tensor and the BPS sum rule with the descent relation for codimension-two D-branes are obtained. The BPS formula of square-root form of the Hamiltonian density is reproduced for multi-DF-strings. The BPS bound in the energy expression of multi-BPS D(F)-strings is lacked due to the absence of supersymmetry in the system of D3D3bar, which needs further study. This derivation of BPS limit for multi-D(F)-strings will enable us to study systematically their moduli space dynamics even in relativistic regime.

**Ba-12 Two-dimensional Black Holes in a Higher Derivative Gravity and Matrix Model**

김 홍빈, 허 광호, 현 승준, 이 상현(연세대학교 물리학과.) We construct perturbatively a class of charged black hole solutions in type 0A string theory with higher derivative terms. They have extremal limit, where the solution interpolates smoothly between near horizon  $\text{AdS}_2$  geometry and the asymptotic linear dilaton geometry. We compute the free energy and the entropy of those solution using various methods. In particular, we show that there is no correction in the leading term of the free energy in the large charge limit. This supports the duality of the type 0A strings on the extremal black hole and the 0A matrix model in which the tree level free energy is exact without any  $\alpha'$  corrections.

**Ba-13 The Entropy Function for the Extremal Kerr-de Sitter Black Holes**

YUMI Ko, JIN-HO Cho<sup>1</sup>, SOONKEON Nam(Kyung Hee University. <sup>1</sup>CQEST and Kyung Hee University.) Based on the entropy function formalism, we consider the extremal Kerr-de Sitter black holes in (3+1)-dimensions. We found an exact agreement of the result with Bekenstein-Hawking entropy.

■ SESSION: B [Bb2]

10월 18일(목), 14:30 - 16:10

장 소: 402호B

**Bb-07(초) Status of ATLAS and physics prospect**

LIM Heuijin(Argonne National Lab.) The ATLAS Detector is one of two large general-purpose detectors at the Large Hadron Collider (LHC). The detector is currently undergoing the final installation and commissioning in its underground cavern in preparation for collision data at the summer of 2008. The current status of detector, and its performance in the cosmic ray commissioning, as well as

prospects for physics topics in the first year of the LHC will be presented.

**Bb-08 Performance of CMS Electromagnetic Calorimeter with Test Beam** 공 대정, 김 동희, 김 지은, LEDOVSKOY Alexander<sup>1</sup>, CARTIGLIA Nicolo<sup>2</sup>(경북대학교, 물리학과. <sup>1</sup>University of Virginia. <sup>2</sup>University of Torino, CMS collaboration.) The endcap electromagnetic calorimeter of compact muon solenoid(CMS) consists of 7,324 PbWO<sub>4</sub> crystals, which covers endcap region( $1.4 < \eta < 3$ ). The CMS electromagnetic calorimeter performance has been studied with test beam with various electron energy during summer 2007. We present test beam setup, analysis procedure and results on test beam of electromagnetic calorimeter performance.

**Bb-09 Electron identification algorithm development using preshower and calorimeters in the CMS detector endplug region** 김 지은, 공 대정, 김 동희, FUTYAN David<sup>1</sup>, VANLAER Pascal<sup>2</sup>(경북대학교, 물리학과. <sup>1</sup>Imperial College. <sup>2</sup>Univ. of Brussel.) The preshower was equipped to the CMS for the purpose of pion rejection. We estimate how well the electron can be discriminated against hadrons with longitudinally segmented information from the preshower to calorimeters in the endplug region.

**Bb-10 Diffraction in Deep Inelastic Scattering measured by ZEUS at HERA** LIM Heujin(Argonne National Lab.) Deep inelastic scattering and its diffractive component,  $\sigma_{\text{ep}}^{\text{D}}$ , have been studied with the ZEUS detector, covering a wide range in photon virtuality ( $Q^2 < 450 \text{ GeV}^2$ ),  $\gamma^* \text{ last p}$  center of mass energy ( $\sqrt{s} < 245 \text{ GeV}$ ) and mass  $X_X$  ( $0.28 < M_X < 35 \text{ GeV}$ ). The diffractive component has been extracted using the  $M_X$  method. Results are presented on the  $Q^2$ ,  $\sqrt{s}$  and  $M_X$  dependences of the diffractive cross section, and on the  $Q^2$ ,  $x_{\text{pom}}$  and  $\beta$  dependences of the diffractive structure function.

**Bb-11 T2K 실험 양성자 빔 감시장치의 Readout Electronics 제작 완료** 박 차원, 최 영일, 김 수봉<sup>1</sup>, 전 은주<sup>1</sup>, 최 선호<sup>1</sup>, 남 순권<sup>2</sup>, 박 인곤<sup>3</sup>, 김 우영<sup>4</sup>, 김 영덕<sup>5</sup>, 김 재률<sup>6</sup>, 임 인택<sup>6</sup>, 주 경광<sup>6</sup>, 박 명렬<sup>7</sup>(성균관대, 물리학과. <sup>1</sup>서울대, 물리학과. <sup>2</sup>강원대, 물리학과. <sup>3</sup>경상대, 물리학과. <sup>4</sup>경북대, 물리학과. <sup>5</sup>세종대, 물리학과. <sup>6</sup>전남대, 물리학과. <sup>7</sup>동신대, 물리학과.) 2009년도부터 실험 결과를 획득하게 될 50 GeV Proton beam line을 이용한 중성미자 진동 실험인 T2K 실험에서의 양성자 빔 감시장치에 사용하게 될 Readout Electronics의 제작 및 성능검사를 완료한 과정과 결과에 대해서 설명한다.

**Bb-12 Measurement of liquid xenon scintillation for XMASS experiment.** 문 승현, 이 정일, 마 경주, 김 영덕(세종대학교.) Prior to construction of 800Kg liquid Xe (LXe) detector for the XMASS experiment, we performed a test of two Hamamatsu R8778MOD photomultiplier tubes (PMTs) which have hexagonal shape. The two PMTs were immersed in liquid Xe to

check the stability of the PMTs and light yield in LXe. In order to measure the light yield in LXe, a blue LED and a micro Co-57 gamma-ray source were installed in the middle of the two PMTs. And a hexagonal shape PTFE cylinder was used to optimize the light collection. After all, we have obtained scintillation light of about 19 photoelectrons/keV from the gamma-ray source in LXe and the energy resolution at 122 keV was about 3%. A Monte Carlo simulation will be described to understand this result.

■ SESSION: B [BI]

10월 18일(목), 16:30 - 18:10

장 소: 402호B

**BI-01 Results on B meson decays and related phenomena from Belle** KWON Youngjoon(Yonsei Univ.) In this talk, I will discuss recent results on B meson decays and related phenomena observed in the Belle experiment. The results will be interpreted mainly in terms of the CKM picture of the CP violation in the quark sector. Decay modes which can be sensitive to the effect of potentially new physics will be presented in more details. Several issues regarding the internal consistency of the results from the B-factory experiments, mostly Belle and BaBar, will also be discussed.

**BI-02 A window to the TeV scale and beyond from quark and lepton flavor physics** OKADA Yasuhiro(KEK/Sokendai, Japan.) The LHC experiment will start to look at the TeV scale physics directly in the next year. On the other hand, quark flavor physics and lepton flavor violation have already put strong constraints on possible form of new physics. The relationship between energy frontier experiments and flavor signals is expected to become closer once some hint on the TeV physics is obtained at the LHC. I would like to discuss new physics effects in quark and lepton flavor processes, possible interplay between LHC and flavor physics, and the role played by future flavor factories to explore physics beyond the Standard Model.

**BI-03 Physics goals at the next generation B factories in the LHC era** KO Pyungwon(KIAS.) In this talk, I will discuss what could be done at the next generation B factories, and why they are important and interesting in the forthcoming LHC era. The topics will include flavor and CP violations in SUSY models and in non SUSY models with cold dark matter, possible connections between the quark and the lepton flavor violations within some SUSY GUT.

**BI-04 Future B Physics Program at KEK** YAMAUCHI Masanori(KEK, Japan.) We propose an upgrade of KEKB collider and Belle detector to accumulate more than 10 times larger data sample of B/D/tau decays at the asymmetric B factory. In this talk I will discuss physics objectives of this program, machine and detector upgrade plan, and give some remarks on the funding status of the project.

## ■ SESSION: B [Ba3]

10월 19일(금), 11:00 - 12:40

장 소: 402호A

**Ba-14(초)** **The electric dipole moment of nucleon in holographic QCD** 홍 덕기, 김 현철, SIWACH Sanjay, 이 호웅<sup>1</sup>(부산대학교 <sup>1</sup>고등과학원) We introduce strong CP-violation in the framework of AdS/QCD model, and calculate the electric dipole moment of the neutron as well as the CP-violating pion-nucleon coupling. Our results are comparable with previous estimates, and give more relevance to the holographic model of QCD. We also predict that the electric dipole moment of the proton should be precisely the minus of the neutron electric dipole moment, whose experimental verification in the future would support or disprove our model.

**Ba-15** **Vacuum production of neutrino pairs with transition magnetic moment in a strong magnetic field** 이 현규, 윤 용성(한양대학교 물리학과) The evidence of nonzero masses of neutrinos from the neutrino oscillation observations naturally leads to the question whether neutrinos have nonvanishing magnetic moments and the effect of the external magnetic field on the motion of neutrinos with magnetic moment have been discussed in the literature. For the diagonal magnetic moment, it has been observed that neutrino pairs can be created in the strong magnetic field configuration. In this work, we will demonstrate that the pair creation is also possible for the neutrinos with transition magnetic moment ( $\mu$ ) only by showing that there develops an imaginary part in the effective potential beyond the critical field, which is found to be  $B_c = (m_1 + m_2)/2\mu$ .

**Ba-16** **Gluonic Flux Tube Profiles in Mesons** 최 종범, 김 은주, 최 호영<sup>1</sup>(전북대 과학교육학부 <sup>1</sup>전북대 물리기술학과) Recent developments of basic approaches to the proof of gluonic flux tube are reviewed and the remaining problems are discussed. For mesons, flux tube formations have been confirmed in lattice QCD calculations and theoretically dual superconductor picture of QCD has been proposed to deduce flux tube solutions. In this talk, we will introduce connection amplitude formalism and show that we can get quite similar results with those from lattice calculations.

**Ba-17** **Pion Multiplet Spectrum With Improved Staggered Fermions** BAE Taegil, JUNG Chulwoo<sup>1</sup>, KIM Hyung-Jin<sup>2</sup>, KIM Jongjeong<sup>2</sup>, KIM Kwangwoo<sup>2</sup>, LEE Weonjong<sup>2</sup>, SHARPE Stephen<sup>3</sup>(Seoul National University, School of Physics and Astronomy. <sup>1</sup>Brookhaven National Laboratory. <sup>2</sup>Seoul National University. <sup>3</sup>University of Washington.) We study the quantitative impact of using HYP-smear improved staggered fermions on the size of taste breaking. We first calculate the pion spectrum using unimproved and HYP-smear staggered fermions on quenched lattices with  $a \approx 0.1\text{fm}$ , using quark masses in the range  $m_s^{\text{phys}}/5 - m_s^{\text{phys}}$ . For unimproved staggered fermions, we find, consistent with previous work, that taste symmetry breaking effects (which are of  $O(a^2)$ ) are large

and comparable to the  $O(p^2) \sim O(m)$  contributions for the lighter quark masses. We also find that  $O(a^2 p^2)$  effects are substantial enough to be seen. With HYP-smear fermions, we find that taste symmetry breaking is very substantially reduced (numerically by a factor of 4-7), so that for our mass range the appropriate power-counting is  $O(a^2) \ll O(p^2)$ . We next compare HYP-smear valence fermions to asqtad valence fermions on unquenched 2 + 1 flavor lattices generated with asqtad sea quarks and  $a \approx 0.125\text{fm}$ . Here both types of valence fermion have tree-level taste-breaking removed. We find that taste-breaking in the pion spectrum is reduced by 2.5-3 using HYP-smear fermions. For both types of fermions, there are no indications of substantial  $O(a^2 p^2)$  effects for our range of quark masses.

**Ba-18** **Electroweak baryogenesis in a supersymmetric model** 함 승우, 오 선근<sup>1</sup>(경북대, CHEP. <sup>1</sup>건국대, 물리학과) Electroweak baryogenesis is considered in the context of an extension of the Standard Model. We find that there is a parameter region of the present model where the electroweak phase transition is strongly first order.

**Ba-19** **고에너지 충돌을 통한 블랙홀 생성** 박 성찬(서울대학교 물리천문학부 bk21.) 입자 충돌 에너지가 플랑크 에너지를 넘어서는 경우 강한 중력에 의해 블랙홀 생성이 시작될 수 있다. 최근 제기된 낮은 에너지 중력 이론의 경우 LHC 등 비교적 가까운 미래의 입자 가속기 실험을 통해 블랙홀 생성을 연구할 수 있을 것으로 예상되며 이는 곧 양자중력 현상을 실험적으로 볼 수 있다는 것을 의미한다. 본 발표에서는 블랙홀 생성과 호킹 복사를 통한 소멸 과정에 대한 최근의 연구 성과에 대해 논하겠다.

## ■ SESSION: B [Bb3]

10월 19일(금), 11:00 - 12:40

장 소: 402호B

**Bb-13(초)** **Current status of RENO** 김 현수, 김 수봉, 김 장호, 박 강순, 박 정식, 신 경하, 이 재승, 전 은주, 정 승화, 최 선희, 공 대정<sup>1</sup>, 김 동희<sup>1</sup>, 김 우영<sup>1</sup>, 김 지은<sup>1</sup>, 사무엘 스테파난<sup>1</sup>, 서 준석<sup>1</sup>, 아틸 칸<sup>1</sup>, 김 안드레이<sup>1</sup>, 박 인곤<sup>2</sup>, 박 명렬<sup>3</sup>, 안 정근<sup>4</sup>, 이 효상<sup>4</sup>, 권 은형<sup>5</sup>, 김 동현<sup>5</sup>, 박 차원<sup>5</sup>, 서 현관<sup>5</sup>, 유 인태<sup>5</sup>, 최 수용<sup>5</sup>, 최 영일<sup>5</sup>, 강 운구<sup>6</sup>, 김 영덕<sup>6</sup>, 마 경주<sup>6</sup>, 김 성현<sup>7</sup>, 김 재률<sup>7</sup>, 임 인택<sup>7</sup>, 장 지승<sup>7</sup>, 정 인석<sup>7</sup>, 주 경광<sup>7</sup>, 오 영도<sup>8</sup>, KRYLOV YU<sup>9</sup>, NOVIKOVA G<sup>9</sup>, YANOVICH E<sup>9</sup>, DANILOV N<sup>10</sup>(서울대학교 <sup>1</sup>경북대학교 <sup>2</sup>경상대학교 <sup>3</sup>동신대학교 <sup>4</sup>부산대학교 <sup>5</sup>성균관대학교 <sup>6</sup>세종대학교 <sup>7</sup>전남대학교 <sup>8</sup>포항가속기연구소 <sup>9</sup>INR <sup>10</sup>IPCE) RENO is a nuclear reactor based neutrino oscillation experiment to measure one of the neutrino mixing parameters  $\sin^2(2\theta_{13})$ . The experiment is to be sited at the Yonggwang nuclear powerplant and expected to start taking data in early 2010. In this presentation, we will present the current status of the experiment and its prospects.

**Bb-14** **Liquid Scintillator R&D for RENO** 이 재승, 김 수봉, 김 장호, 김 현수, 박 강순, 박 정식, 신 경하, 전 은주, 정 승화, 최 선희, 공 대정<sup>1</sup>, 김 동희<sup>1</sup>, 김 우영<sup>1</sup>, 김 지은<sup>1</sup>, 사무엘 스테파

년<sup>1</sup>, 서준석<sup>1</sup>, 아딜 칸<sup>1</sup>, 김안드레이<sup>1</sup>, 박인곤<sup>2</sup>, 박명렬<sup>3</sup>, 안정근<sup>4</sup>, 이효상<sup>4</sup>, 권은향<sup>5</sup>, 김동현<sup>5</sup>, 박차원<sup>5</sup>, 서현관<sup>5</sup>, 유인태<sup>5</sup>, 최수용<sup>5</sup>, 최영일<sup>5</sup>, 장운구<sup>6</sup>, 김영덕<sup>6</sup>, 마경주<sup>6</sup>, 김성현<sup>7</sup>, 김재률<sup>7</sup>, 임인택<sup>7</sup>, 장지승<sup>7</sup>, 정인석<sup>7</sup>, 주경광<sup>7</sup>, 오영도<sup>8</sup>, YU. Krylov<sup>9</sup>, G. Novokova<sup>9</sup>, E. Yanovich<sup>9</sup>, N. Danilov<sup>10</sup>(서울대학교<sup>1</sup>, 경북대학교<sup>2</sup>, 경상대학교<sup>3</sup>, 동신대학교<sup>4</sup>, 부산대학교<sup>5</sup>, 성균관대학교<sup>6</sup>, 세종대학교<sup>7</sup>, 전남대학교<sup>8</sup>, 포항공대속기연구소<sup>9</sup>, INR<sup>10</sup>, IPCE.) We present the results of liquid scintillator R&D for RENO (Reactor Experiment for Neutrino Oscillation). The Gadolinium loaded liquid scintillator samples are made based on LAB (Linear Alkyl Benzene) with PPO and bis-MSB as fluor and wave length shifter, respectively. The light yield and absorption length of samples are measured to optimize the composition of contents. The methods for purifying liquid scintillator are developed to reduce backgrounds from radioactive materials. We continue to check the long term stability of the liquid scintillator.

**Bb-15 Underground Facility and Detector Construction on RENO** 김성현, 김재률, 임인택, 장지승, 정인석, 주경광, 공대정<sup>1</sup>, 김동희<sup>1</sup>, 김우영<sup>1</sup>, 김지은<sup>1</sup>, 사무엘 스테파난<sup>1</sup>, 서준석<sup>1</sup>, 아딜 칸<sup>1</sup>, 김안드레이<sup>1</sup>, 장주영<sup>1</sup>, 박인곤<sup>2</sup>, 박명렬<sup>3</sup>, 안정근<sup>4</sup>, 이효상<sup>4</sup>, 김수봉<sup>5</sup>, 김장호<sup>5</sup>, 김현수<sup>5</sup>, 박강순<sup>5</sup>, 박정식<sup>5</sup>, 신경하<sup>5</sup>, 이재승<sup>5</sup>, 전은주<sup>5</sup>, 정승화<sup>5</sup>, 최선호<sup>5</sup>, 권은향<sup>5</sup>, 김동현<sup>6</sup>, 박차원<sup>6</sup>, 서현관<sup>6</sup>, 유인태<sup>6</sup>, 최수용<sup>6</sup>, 최영일<sup>6</sup>, 장운구<sup>7</sup>, 김영덕<sup>7</sup>, 마경주<sup>7</sup>, 오영도<sup>8</sup>, YU. Krylov<sup>9</sup>, G. Novokova<sup>9</sup>, E. Yanovich<sup>9</sup>, N. Danilov<sup>10</sup>(전남대학교 물리학과<sup>1</sup>, 경북대학교 물리학과<sup>2</sup>, 경상대학교 사범대학교 물리교육과<sup>3</sup>, 동신대학교 물리학과<sup>4</sup>, 부산대학교 물리학과<sup>5</sup>, 서울대학교<sup>6</sup>, 성균관대학교<sup>7</sup>, 세종대학교<sup>8</sup>, 포항공대속기연구소<sup>9</sup>, INR<sup>10</sup>, IPCE.) RENO 실험은 영광원자력발전소에 방출되는 중성미자를 이용하여 아직도 미측정된 중성미자진동변환상수( $\theta_{13}$ )를 측정하기 위해 2010년 초부터 시작하게 될 예정이다. 원자로의 중심에서 근거리(약 150 m)와 원거리(약 1.3 km) 지점에 300톤의 동일한 두 검출기를 설치하기 위해 길이가 약 100 m와 300 m인 수평터널을 구축하여야 되는데, 이를 위한 암반조사를 마치고 설계가 진행 중이다. 터널 구축과 검출기 제작의 진행상황과 계획에 대하여 발표하게 된다.

**Bb-16 Systematic Uncertainty and Sensitivity of RENO** 전은주, 김수봉, 김장호, 김현수, 박강순, 박정식, 신경하, 이재승, 정승화, 최선호, 공대정<sup>1</sup>, 김동희<sup>1</sup>, 김우영<sup>1</sup>, 사무엘 스테파난<sup>1</sup>, 서준석<sup>1</sup>, 아딜 칸<sup>1</sup>, 안드레이 김<sup>1</sup>, 박인곤<sup>2</sup>, 박명렬<sup>3</sup>, 안정근<sup>4</sup>, 이효상<sup>4</sup>, 권은향<sup>5</sup>, 김동현<sup>5</sup>, 박차원<sup>5</sup>, 서현관<sup>5</sup>, 유인태<sup>5</sup>, 최수용<sup>5</sup>, 최영일<sup>5</sup>(서울대학교<sup>1</sup>, 경북대학교<sup>2</sup>, 경상대학교<sup>3</sup>, 동신대학교<sup>4</sup>, 부산대학교<sup>5</sup>, 성균관대학교.) RENO is a Reactor Experiment for Neutrino Oscillation proposed on the site of Younggwang nuclear power plant, located in the southwestern part of Korea. We have discussed our strategy on the systematic uncertainties classified by three main sources such as reactor, detector, and background. We present the systematic uncertainty of RENO that is critical to achieving to the  $\sin^2 2\theta_{13}$  sensitivity goal of our experiment.

**Bb-17 Results of CHORUS and DONUT experiments** 윤천실, 송진섭, 정성현, 이준택(경상대학교<sup>1</sup>, 건국대학교)

In CHORUS experiment, which is a short baseline  $\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau$  neutrino oscillation experiment, the data analysis was finished. The overall sensitivity of the experiment to the  $\nu_\tau$  appearance is improved by a factor 1.5 than the previous result. In a two-neutrino mixing scheme, a 90% C.L. upper limit of  $\sin^2 2\theta_{\mu\tau} < 4.4 \times 10^{-4}$  is set for large  $\Delta m^2$ . Also the analysis of DONUT experiment, whose goal is "Direct Observation of Tau Neutrino", was almost completed. The total number of observed neutrino interaction in ECC (Emulsion Cloud Chamber) target was 578. Among them, the number of  $\nu_\tau$  CC interactions is 9. In addition we obtained 320 observed  $\nu_\mu$  and  $\nu_e$  CC interactions. The identification of a set of  $\nu_\tau$  CC interactions with small background enables a first direct measurement of the  $\nu_\tau$  CC cross section. The values obtained are consistent with the Standard Model expectation of unity for the relative cross sections.

**Bb-18 Current status of OPERA experiment** 송진섭, 박인곤, 윤천실, 김성현(경상대학교<sup>1</sup>, 전남대학교) The OPERA is a long baseline  $\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau$  neutrino oscillation experiment in appearance mode. The first CNGS (CERN Neutrinos to Gran Sasso) beam was successfully conducted to the ECC (Emulsion Cloud Chamber) target area in Gran Sasso, where is 732 km away from the CERN neutrino source, on August 2006. A first sample of neutrino events was collected, statistically consistent with the integrated beam intensity. The next CNGS beam plans to be exposed from this September. Current status of the OPERA experiment including the brief description of the various sub-detectors, some data analysis results and our contribution will be presented.

■ SESSION: B [BF1]

10월 19일(금), 13:00 - 14:30

장소: 402호A

**BF-01(초) Review on the meta-stable vacua** 안창현(경북대학교 물리학과) 지난 1년반 동안에 활발히 진행되고 있는 meta-stable vacua 에 관해서 초개이지 이론의 예에서 어떻게 등장하는지를 Intriligator, Seiberg and Shih 의 논문을 통해 묘사하고, 10차원 type IIA 초끈 이론에서의 brane 구성들을 기술한다. 11차원으로의 M-이론에서의 현상에 대해서도 기술한다. 게이지 이론으로는 아직은 설명되지 않는 10차원 type IIB 초끈 이론에서의 meta-stable vacua 에 관해서 묘사한다. 마지막으로, 아직 풀리지 않은 문제와 meta-stable vacua 에 관한 다른 접근 방법들의 상관관계에 대해 논의 한다.

**BF-02(초) Black holes in AdS** 이상민(서울대학교 물리천문학부) One of the greatest success of string theory so far is its ability to explain the microscopic origin of black hole entropy. Microscopic counting of entropy has been carried out for a large class of extremal and near-extremal black holes in asymptotically flat background. Conceptually, AdS/CFT correspondence provides an ideal setup to address the problems with black hole thermodynamics, since it connects quantum gravity to a field theory with unitary time-evolution. At the technical level, however, understanding black holes in AdS turns out to be even more difficult than those in

flat space-time. For example, counting the entropy from the CFT side remains an open problem. On the other hand, AdS black holes are responsible for many different phenomena in the CFT dual. Of particular importance is the application to thermo/hydro-dynamics of strongly coupled gauge theories. The aim of this talk is to give a brief survey of the recent developments concerning AdS black holes and the author's own contribution to this field.

#### BF-03 Physics of Time Dependent Black Holes 박 동수,

박 상남, 김 동영(서울시립대학교) We study aspects of a recently proposed exact time dependent black hole solution of IIB string theory using the AdS/CFT correspondence. The dual YM theory corresponds to a non equilibrium thermal system. We construct the corresponding thermofield state and find an agreement between the gravity and YM theories.

#### BF-04 A new class of complex geometries admitting

**Killing spinors** KIM Nakwoo(Physics department, Kyung Hee University.) Recently it was discovered that a certain supersymmetric AdS solutions in 10 or 11 dimensional supergravity theories are governed by a type of nonlinear Laplace equation for the Ricci tensor of a Kahler base space. Such new geometries have many similarities with Sasaki-Einstein manifolds as a Hopf fibration of Kahler-Einstein manifolds. We further elucidate the relevant geometries and in particular provide generalizations to higher dimensions. We also consider various ansatz and construct explicit solutions.

#### ■ SESSION: B [Bb4]

10월 19일(금), 13:00 - 14:40

장 소: 402호B

#### Bb-19(초) Time dependent CP-violation in $B_0 \rightarrow J/\Psi \pi^0$

**Decays at Belle.** 이 상은, 김 선기, 강 주상<sup>1</sup>, 강 주환<sup>2</sup>, 권 영준<sup>2</sup>, 김 홍주<sup>3</sup>, 박 일홍<sup>4</sup>, 박 환배<sup>5</sup>, 원 은일<sup>1</sup>, 이 직<sup>4</sup>, 천 병구<sup>5</sup>, 최 수경<sup>6</sup>, 최 영일<sup>7</sup>(서울대학교 물리천문학부. <sup>1</sup>고려대학교 물리학과. <sup>2</sup>연세대학교 물리학과. <sup>3</sup>경북대학교 물리학과. <sup>4</sup>이화여자대학교 물리학과. <sup>5</sup>한양대학교 물리학과. <sup>6</sup>경상대학교 물리학과. <sup>7</sup>성균관대학교 물리학과.) 일본 KEK에 있는 BELLE 검출기를 이용하여, 전자와 양전자가 충돌하여 만든 5억3천2백만개의 중성 B-메존 쌍 중  $J/\Psi$  와  $\pi^0$  메존으로 붕괴하는 갈래를 수집하였다. 표준모형에 의하면 약한 상호작용의 위상에 의해 CP가 보존되지 않으며 그 효과에 의해 중성 B-메존의 붕괴 시간 분포에 두개의 진동항 파라미터가 포함된다. 이 실험에서 두개의 진동항 파라미터를 측정하였으며 결과에 대한 타당성을 토이(Toy)-시뮬을 통해 확인했다.

#### Bb-20 Charmonium and Charmonium-like states observed at Belle

최 수경, 윤 은정, 김 홍주<sup>1</sup>, 박 환배<sup>1</sup>, 강 주상<sup>2</sup>, 원 은일<sup>2</sup>, 김 선기<sup>3</sup>, 최 영일<sup>4</sup>, 강 주환<sup>5</sup>, 권 영준<sup>5</sup>, 천 병구<sup>6</sup>, 박 일홍<sup>7</sup>(경상대학교. <sup>1</sup>경북대학교. <sup>2</sup>고려대학교. <sup>3</sup>서울대학교. <sup>4</sup>성균관대학교. <sup>5</sup>연세대학교. <sup>6</sup>한양대학교. <sup>7</sup>이화대학교.) We report a resonance-like structure observed in the  $\pi^+ \pi^- \psi'$  invariant mass distribution near 4.43 GeV in  $B \rightarrow K \pi^+ \pi^- \psi'$  decays from a 605 fb<sup>-1</sup>

data sample that contains 657 million  $B\bar{B}$  pairs collected with the Belle detector at the KEKB asymmetric energy  $e^+e^-$  collider. A fit using a Breit Wigner resonance shape yields a peak mass and width of  $4433 \pm 4(\text{stat}) \pm 1(\text{syst})$  MeV and  $\Gamma = 44 \pm 17_{-13}^{+30}$  MeV. The product branching fraction is determined to be  $\text{Bf}(B \rightarrow K^*(4430)) \times \text{Bf}(K^*(4430) \rightarrow \pi^+ \pi^- \psi') = (4.1 \pm 1.0(\text{stat}) \pm 1.3(\text{syst})) \times 10^{-5}$ , where  $K^*(4430)$  is used to designate this observed structure. The statistical significance of the observed peak is greater than  $7\sigma$ . In addition, properties of other charmonium and charmonium-like (e.g.  $X(3872)$  &  $Y(3940)$ ) states are summarized.

#### Bb-21 T1 target simulation & Beamline design for E14 at

**J-PARC** 강 서곤, 박 인규, 우 종관, 정 명신, 김 은주<sup>1</sup>, 임 계엽<sup>2</sup>, 박 진우, 최 민규, 한 가람, 김 선만(서울시립대학교. <sup>1</sup>전북대학교. <sup>2</sup>KEK(High Energy Accelerator Research Organization).) s쿼크가 d쿼크로 전이하는 Flavor Changing Neutral Current(FCNC) 과정의  $KL \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$  branching ratio 측정은 표준모형에서의 Cabibbo-Kobayashi-Maskawa(CKM) 파라미터  $\eta$ 의 값을 결정하게 된다. 또한, 만약 측정된 값과 이론적 예측값이 다를 경우 새로운 물리현상을 발견하게 된다는 점에서 주목을 받고 있다. 이론적인 입장에서  $KL \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$  branching ratio의 계산은 간결하며, 계산 과정에서 오차 또한 매우 적지만, 실험적 측정이 매우 어려워 1989년 처음 실험이 제안된 이후로 의미있는 측정이 수행되지 못하였다. 2004년 일본 KEK연구소의 양성자 싱크로트론(PS)를 이용한 실험(E391a)에서 처음으로 표준모형에서 예상하는 branching ratio 진위여부를 확인할 수 있는 가능성을 보여주었다. J-PARC에서는 KEK-PS에 비해 100배의 강도를 가지는 새로운 양성자 가속기를 2008년 가동을 목표로 건설중에 있다. E14은 E391a 실험의 노하우를 바탕으로 J-PARC의 가속기를 이용하여 보다 정밀한  $KL \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$  branching ratio 측정을 목표로 계획되었다. 본 연구에서는 E14실험에서 사용될 중성빔을 생산하는 T1 target을 Geant4로 전산모사 하여 타겟의 원점 설정과 생성된 이차 입자들의 분포를 구하였다. 또한, 최적의 빔 라인 설계를 위한 여러 가지 빔 라인 형태를 연구하였다.

#### Bb-22 Search for the Rare Decay $K_L^0 \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$ at E391a

이 효상, 안 정근, 백 광윤, 임 계엽<sup>1</sup>, INAGAKI Takao<sup>1</sup>(부산대학교 물리학과. <sup>1</sup>KEK, IPNS.) E391a is a first dedicated rare kaon decay experiment to measure the branching ratio of  $K_L^0 \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$ . This decay mode is a direct CP Violation process to determine the  $\eta$  parameter of the unitarity triangle of CKM matrix with very small theoretical uncertainty. The first data taking(Run-I) was performed from February to June 2004. A new upper limit of  $1.26 \times 10^{-7}$  at the 90% confidence level was set for the branching ratio of the decay  $K_L^0 \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$  using full data collected in Run-I. The Run-I result and current status of E391a analysis are reported. And the preparation of J-PARC experiment (E14) is also reported.

#### Bb-23 Search for Techniparticles Decaying into $e^+$ -jets at

**D-Zero Experiment** CHOI Suyong, CHO D.<sup>1</sup>, NARAIN M.<sup>1</sup>, KIM T.<sup>2</sup>, PARK S.<sup>2</sup>, AHN S.H.<sup>2</sup>(BK21 Physics Research Division, Sungkyunkwan University. <sup>1</sup>Boston University. <sup>2</sup>Korea University.) We perform a search for the technicolor process  $p\bar{p} \rightarrow \gamma_T / \omega_T \rightarrow W \gamma_T$  in

events containing one electron and two jets in 390 pb<sup>-1</sup> of data collected by the D0 detector. Technicolor predicts that technipions  $\pi_T$  decay dominantly into  $b\bar{b}$ ,  $b\bar{c}$ , or  $c\bar{b}$ , depending on their charge. In these events  $b$  and  $c$  quarks are identified by their secondary decay vertices within jets. Two analysis methods based on topological variables are presented. Since no excess above the standard model prediction was found, the result is presented as an exclusion in the  $\pi_T$  vs  $\rho_T$  mass plane for a given set of model parameters.

**Bb-24** Variable Selection for Multivariate Analyses in Searches for Exotic Phenomena in High-Energy Physics

SUYONG Choi(*BK21 Physics Research Division, Sungkyunkwan University*.) Multivariate analyses are being employed at an increasing rate in modern experimental high-energy physics literature. Various multivariate analysis methods with differing strengths and weaknesses are employed, but selection of variables which allows for separation of signal and backgrounds is the most important part of this procedure. However, this part has remained more art than science requiring trial-and-error. A general choice of variables with good physical motivation is presented and performance using these variables is compared with an optimal choice of variables for a few cases.



■ SESSION: C [CI1]

10월 17일(수), 14:00 - 16:00

장 소: 301호

C

**CI-01 Recoilless meson bound state production experiments**

ITAHASHI Kenta(*RIKEN, Advanced Meson Science Laboratory*.) Precision spectroscopy experiments of meson bound states have been yielding many fruitful results. One of the largest impacts on the today's physics given from this field was its sensitivity to the origin of matter mass. Our previous work on the precision spectroscopy of pionic atoms provided first quantitative estimation on the magnitude of the chiral symmetry restoration in nuclei. In this talk, the previous results will be summarized, and future experimental plans in the new facilities, the RIBF RIKEN and the J-PARC will be introduced.

References:[1] K. Suzuki et al., Phys. Rev. Lett. 92, 072302 (2004)  
[2] K. Itahashi et al., RIBF proposal NO. 027 "Precision Spectroscopy of pionic atoms in (d,3He) nuclear reactions (2007)  
[3] K. Itahashi et al., Letter of Intent to J-PARC: "Spectroscopy of eta mesic nuclei by (pi-,n) reaction at recoilless kinematics." (2007)

**CI-02 Search for K-pn and K-pp bound states at SPring-8/LEPS**

PARKER Joseph Don(*Kyoto University, Department of Physics*.) In this talk, I will describe the current status of the search for K-pn and K-pp bound states at the Laser Electron Photon Experiment at SPring-8 (LEPS) using the reactions d(gamma,K+) and d(gamma,K+pi-), respectively. The SPring-8/LEPS experiment consists of a Compton back-scattered laser photon beam with energy 1.5 < E\_gamma < 2.4 GeV incident on either a liquid hydrogen or liquid deuterium target. Charged particles created in the target are detected in a forward spectrometer which allows particle identification by combining momentum analysis and time-of-flight measurements. Evidence for the kaonic bound states is searched in the K+ and K+pi- missing mass spectra

**CI-03 New Results on Photoproduction of the Lambda(1405) at LEPS/SPring-8**

안 정근(*부산대학교, 물리학과*.) We have measured a lineshape of the Lambda(1405) in charged pi Sigma channels through p(g,K+pi)Sigma reaction at 1.5-2.4 GeV. The observed lineshapes in pi-Sigma+ and pi+Sigma- channels are different, which imply that the I=1 amplitude interferes largely with the dominant I=0 amplitude at the mass of the Lambda(1405). New results on the Lambda(1405) photoproduction with a TPC detector will be also presented.

**CI-04 Meson photo-production experiments with FOREST at LNS**

ISHIKAWA Takatsugu(*Laboratory of Nuclear Science, Tohoku University*.) Nucleon resonances were experimentally studied via pi^0 and eta photo-production by using an electro-magnetic (EM) calorimeters at Laboratory of Nuclear Science (LNS), Tohoku University. These neutral mesons were identified in gamma-gamma invariant mass distributions. Since an EM calorimeter with a large solid angle is advantageous to speci-

fy the final states of events, a new calorimeter complex FOREST with a large solid angle of 90% in total is constructed at LNS. We will report on the present status of FOREST, and the planned experiments with it.

**CI-05 Electro-magnetic calorimeter complex FOREST**

SUZUKI Koutaku(*Laboratory of Nuclear Science, Tohoku University*.) We study meson and baryon properties via pi^0 and eta photo-production. To detect multi gamma-rays originated from decay of these mesons, We are developing a large solid angle electro-magnetic calorimeter system, FOREST. It consists of three types of electro-magnetic calorimeters, CsI crystal counters, lead scintillating fiber counters and lead glass Cherenkov counters. We have finished construction of the CsI crystal and lead scintillating fiber parts. The present status of FOREST will be presented.

**CI-06 \$\\Lambda\$ hypernuclear weak decay experiments at KEK-PS and J-PARC**

OUTA Haruhiko(*Advanced Meson Science Lab., Nishina Center, RIKEN*.) Results of experiments on the non-mesonic weak decay of \$\\Lambda\$ hypernuclei (E462/E508) will be summarized. We found the ratio of the two major decay modes \$\\Lambda p \\rightarrow n p\$ and \$\\Lambda n \\rightarrow n n\$ is close to 2:1 for both \$\\Lambda^5\_\\Lambda\$He and \$\\Lambda^{12}\_\\Lambda\$C. At the J-PARC, we are considering to measure the non-mesonic decay of \$\\Lambda^4\_\\Lambda\$He. The new experiment is also designed to be sensitive to the two-nucleon induced non-mesonic weak decay, \$\\Lambda NN \\rightarrow NNN\$.

**CI-07 Weak Decay studies of Single Lambda Hypernuclei at J-PARC**

BHANG Hyoung C. (for E18-JPARC collaboration)(*Seoul National University*.) The long standing puzzle of \$\\Gamma\_n/\\Gamma\_p\$ ratio of the non-mesonic weak decay (NMWD) of \$\\Lambda\$ Hypernuclei has finally been solved thanks to the accurate measurements of the ratio, \$\\sim 0.5\$, in the recent exclusive coincidence measurements and the developments of the theoretical values whose values are now distributed in the range of 0.3 -0.7. The main reason behind the puzzle turned out to be the quenching of the decay product nucleons which was attributed to the significant contribution of two nucleon (2N-) induced NMWD. As a consequence the accurate determination of \$\\Gamma\_{2N}\$ is important not only for the sake of \$\\Gamma\_{2N}\$ but also for the determination of more elementary observables, such as \$\\Gamma\_n\$ and \$\\Gamma\_p\$. The accurate determination of the decay widths of NMWD is the motivation of the E18 at J-PARC. One of the urgent issues in the study of NMWD is whether the \$\\Delta I=1/2\$ rule would hold or not in NMWD. E22 of J-PARC is designed to solve this problem. In the presentation the motivations and the setups of the experiments will be discussed.

**CI-08 study of double hypernuclei at J-PARC and KEK-PS**

TSUNEMI Toshinao for J-PARC-E07 and KEK-PS-E373 collaboration(*Department of Physics, Kyoto University*.) In this talk, I will describe the current status of the study on double hypernuclei at

J-PARC E07 and KEK-PS-E373 experiments. Double hypernuclei was found from KEK-PS-E373 data[1]. An experiment at J-PARC is planned in order to find more events of double hypernuclei. The status of preparation for J-PARC E07 will be presented. A new analysis method for KEK-PS-E373 data was employed. The method is based on a massive technique of image processing (general scan). I will report the progress of the method. An estimation says that the general scan will provide ten times or larger number of double hypernuclei than the previous method provided.

References: [1] H. Takahashi et al., Phys. Rev. Lett. 87 (2001) 212502

■ SESSION: C [CI2]

10월 17일(수), 16:15 - 18:00

장 소: 301호

**CI-09 Radioactive-Isotope Beam Factory project at**

**RIKEN** UENO Hideki(*RIKEN Nishina Center*.) The Radioactive-Isotope Beam Factory (RIBF) project is in progress in RIKEN [1], in which intense primary beams can be provided at the energies  $E = 350 - 400$  over the whole range of atomic number in the cascade-cyclotron acceleration including the newly constructed three cyclotrons, fRC, IRC, and SRC. The project proceeds through two phases. In the phase-I program, the superconducting in-flight radioactive-isotope beam separator BigRIPS [2] and the Zero Degree spectrometer are constructed as well as three new cyclotrons. After the first beam of aluminum from the entire cyclotron system was extracted at  $E = 345$  A MeV, a 238U beam was also successfully boosted up to  $E = 345$  A MeV. In addition, the first radioactive-isotope beam was produced from 86Kr and 238U and isotope-separated with BigRIPS. These success show that the whole system works as was designed basically [1,3]. The RIBF project will be fully capitalized in the phase-II program, in which the construction of several experimental key devices has been proposed. In the talk our recent results on the nuclear-moment measurements carried out with the former fragment separator RIPS will be also given.

References:[1] Y. Yano, to appear in Proc. Particle Accelerator Conference 07, New Mexico, U. S. A., June 25-29 (2007). [2] T. Kubo, Nucl. Instr. Meth. B 204, 97 (2003). [3] T. Ohnishi and T. Kubo, for the BigRIPS commissioning team, to appear in Proc. XVth International Conference on Electromagnetic Isotope Separators and Techniques Related to their Applications, Deauville, France, June 24-29 (2007).

**CI-10 In-beam gamma-ray spectroscopy by using stable and unstable nuclear beams** IDEGUCHI Eiji(*CNS, the University of Tokyo*.)

Recent progress of RI-beam facility and advanced detector systems enable us to explore high-spin states of nuclei in the new region of nuclear chart (e.g. A730, 40, 110 regions). In the A740 region, superdeformed (SD) bands were discovered in 40Ca and 36Ar. The coexistence of the spherical, normal-, and SD states in the doubly magic nucleus 40Ca [1] has attracted great interest.

Onset of such large deformation is qualitatively understood by the presence of deformed shell gaps in  $Z=N=18, 20$ . Because presences of similar large deformed shell gaps in  $Z=20, 22$ , and  $N=28$  are predicted in nuclei near 48Ca, deformed collective states are expected to appear at high spin in 48Ca and 50Ti. In order to study high-spin states in such neutron-rich nuclei, a fusion- evaporation reaction using RI beam ( $46\text{Ar} + 9\text{Be}$ ) was employed. Gamma rays were measured by CNS segmented Ge detector array (GRAPE) [2]. In A730 nuclei several interesting phenomena can be investigated such as violation of mirror symmetry, cluster structure, shape coexistence, and the interplay between single-particle and collective motion. In 32S and 36S, presences of SD structure were predicted but they were not experimentally confirmed. In order to investigate collective structures at high- spin in this region, 36S and its neighboring nuclei were studied at JAEA tandem accelerator facility using a GEMINI-II Ge detector array. In A7110 region, recent calculations using a cranked Strutinsky method predicted a new region of SD states in 45Tohoku University by using GRAPE and Hyperball-2 array, respectively, combining with a charged particle filter, Si-Ball. In this talk, recent activities of in-beam-gamma-ray spectroscopy in Japan using stable and unstable nuclear beams with Ge detector system will be presented.

References: [1] E. Ideguchi et al., Phys. Rev. Lett. 87, 222501 (2001). [2] S. Shimoura, Nucl. Instrum. Methods A 525, 188 (2004). [3] R.M. Clark et al., Phys. Rev. Lett. 87, 202502 (2001).

**CI-11 Relativistic scalar and vector potentials based on a nonrelativistic nuclear potential** HONG Seung-Woo, KIM Kyungsik<sup>1</sup>, RYU Chung Yeol, SO Woonyoung<sup>2</sup>(*Sungkyunkwan University*. <sup>1</sup>Hankuk Aviation University. <sup>2</sup>Soongsil University.)

We propose a new approach to calculate the relativistic scalar and vector potentials in the relativistic Hartree equation by transforming the Dirac equation to a Schroedinger equation and by using non-relativistic mean field potential. The radial wave functions, the single particle energies, and the potentials obtained from this new approach are compared with those from the usual relativistic Hartree equation, and they are found to be quite similar to each other.

**CI-12 Shell model study on effective charges of E2 transitions in neutron-rich nuclei** UMEYA A.(*Osaka Electro-Communication University*.)

Experiments and theoretical calculations show a general trend that even-even nuclei with a small 2+ excitation energy have a large B(E2) value. Compared to the systematics, 16C was recently found to have an exceptionally small B(E2) value. In this study, we calculate the effective charges of E2 transitions from the ground state (0+) to the first 2+ state for light neutron-rich nuclei. We use shell-model wave functions and consider admixture of 2-hbar-omwga excited configurations into the model space by the first perturbative theory. We take correlations into consideration in these excited configurations.

References:[1] S. Raman, C.W. Nestor, Jr. and K.H. Bhatt, Phys. Rev. C 37 (1988) 805.[2] N. Imai et al., Phys. Rev. Lett. 92, 062501 (2004).

### CI-13 High-resolution study of Gamow-Teller transitions in pf-shell nuclei

ADACHI Tatsuya(RCNP.) In the early stage of the core collapse of supernovae, electron capture and beta decay of pf-shell nuclei become important processes. These processes are dominated by Gamow-Teller (GT) transitions. To study GT transition strengths  $B(GT)$  values, we use  $(^3\text{He}, t)$  reaction at an incident energy of 140~MeV/nucleon at RCNP. GT transitions from  $T_z=+1$  nuclei,  $^{42}\text{Ca}$ ,  $^{46}\text{Ti}$ ,  $^{50}\text{Cr}$  and  $^{54}\text{Fe}$  to  $T_z=0$  were studied. By comparing the obtained  $B(GT)$  distributions with theoretical (shell model) ones, it was found that the observed fine structure is more complicated than that predicted by the shell model; especially, to reproduce the  $B(GT)$  distributions in higher excitations was difficult. The project to obtain  $B(GT)$  distributions in pf-shell nuclei by using high resolution  $(^3\text{He}, t)$  reactions is in progress. It is expected that they can be used for the understanding of various astrophysical phenomena.

References:[1] T. Adachi et. al., Phys. Rev. C 73, 024311 (2006). [2] T. Adachi et. al., Nucl. Phys. A 788, (2007) 70c.

### CI-14 Results of the photo-production of neutral kaons with NKS

TSUKADA K. for the NKS/NKS2 collaboration(Department of Physics, Tohoku Univ.) Investigation of electro- and photo-production of strangeness provide invaluable information of the baryon-meson interactions, the hadron structures, the mechanism of the strangeness production and so on. Recently, many experiments have been carried out using advanced detector systems and high-quality electron or photon beam lines. Although a wide variety of observables in the elementary kaon photo-production processes has been investigated, none of the models succeeds to explain them in full complexity at present. Further experimental and theoretical studies are desired, particularly in the other isospin channels. Among them, neutral kaon production on neutron channel is quite unique and considered to play an important role to study the strangeness production. From 2003, we measured the photo-production of the neutral kaon on the deuteron target near the threshold using Neutral Kaon Spectrometer(NKS) and NKS2 at Laboratory of Nuclear Science at Tohoku University (LNS-Tohoku). In this presentation, the result of NKS will be reported.

References: [1] T. Watanabe et al., Phys. Lett. B651, 269-274, 2007

■ SESSION: C [CI3]

10월 18일(목), 09:00 - 10:15

장 소: 301호

### CI-15 Chiral Symmetry Breaking in Brane Models

HORIGOME Norio(Saitama University.) We discuss the chiral symmetry breaking in the Dq/Dp model consisting of  $N_c$  Dq-branes and a Dp-brane with a r-dimensional intersection. For particular sets of (q, p, r) the theories localized at the intersection are QCD-like and the Dq/Dp model gives a holographic description of them. The rotational symmetry of the directions transverse to both of the Dq and Dp-branes can be identified with the chiral

symmetry of the QCD-like theories. This symmetry is non-Abelian for certain sets of (q, p, r). The asymptotic distance between the Dq-branes and the Dp-brane corresponds to the quark mass. By studying the DBI action of the probe Dp-brane in a Dq background we find that the vacuum embedding breaks the chiral symmetry even for zero quark mass and there appear Nambu-Goldstone bosons associated with this symmetry breaking. We also discuss the model at finite temperature.

References: [1] J. Maldacena, The large  $N$  limit of superconformal field theories and supergravity, Adv. Theor. Math. Phys. 2 (1998) 231 [arXiv:hep-th/9711200] [2] M.~Kruczenski, D. Mateos, R.C. Myers and D.J. Winters, Towards a holographic dual of large- $N_c$  QCD, JHEP 0405 (2004) 041 [arXiv:hep-th/0311270] [3] J. Babington, J. Erdmenger, N.J. Evans, Z. Guralnik and I. Kirsch, Chiral symmetry breaking and pions in non-supersymmetric gauge/gravity duals, Phys. Rev. D69 (2004) 066007 [arXiv: hep-th/0306018]

### CI-16 Meson-meson scattering in the SU(3) linear sigma model by using Gaussian Functional Approximation

RYU Chung yeol, TOKI Hiroshi<sup>1</sup>, DMITRASINOVIC V.<sup>2</sup>(<sup>1</sup>성균관대학교, <sup>2</sup>RCNP, Osaka university. <sup>2</sup>vinca Institute, Serbia.) We calculate meson-meson scattering in SU(3) linear sigma model, applying Gaussian Functional Approximation (GFA). We use SU(3) linear sigma model with scalar and pseudoscalar mesons including symmetry breaking terms and obtain the Bethe-Salpeter equation for meson-meson scattering and the gap equation through GFA method. With GFA method, assuming that the solution of the Schroedinger equation in linear sigma model is the Gaussian function and applying the variational method that minimize vacuum energy, we obtain t-matrix including all pseudoscalar and scalar nonet as intermediate states. The solutions of gap equation and Bethe-Salpeter equation are presented.

### CI-17 Relic abundance of dark matter in universal extra dimension models with right-handed neutrinos

YAMANAKA Masato(Saitama University.) Relic abundance of dark matter is investigated in the framework of universal extra dimension models with right-handed neutrinos. These models are free from the serious Kaluza-Klein (KK) graviton problem that the original universal extra dimension model has. The first KK particle of the right-handed neutrino is a candidate for dark matter in this framework, and its relic abundance is determined by three processes, (1) the decay of the KK photon into the first KK right-handed neutrino in the late universe, (2) production of the first KK right-handed neutrino from the thermal bath in the early universe, and (3) the decay of higher KK right-handed neutrinos into the first KK right-handed neutrino in the late universe. When ordinary neutrino masses are large enough such as the degenerate mass spectrum case, the last process contribute to the abundance significantly, even if the reheating temperature is low. The scale of the extra dimension consistent with cosmological observations can be 500 GeV in the minimal setup of universal extra dimension models with right-handed neutrinos

**CI-18** **Gamma-ray spectroscopy of light hypernuclei via the  $(K^-, \pi^0)$  reaction at the J-PARC K1.8 beamline** UKAI Mifuyu (for the J-PARC E13 collaboration) (*Dept. of Phys. Gifu Univ.*) Since 1998, gamma-ray spectroscopy experiments of p-hypernuclei using Ge detector array, Hyperball, have been carried out at BNL-AGS and KEK-PS to investigate the  $\Lambda N$  spin-dependent interactions [1]. Toward further studies of the  $\Lambda N$  interaction, gamma-ray spectroscopy experiments for various light (s, p, sd-shell) hypernuclei (J-PARC E13)[2] will be performed at a newly constructed facility, the J-PARC K1.8 beam line employing 1.1 to 1.8 GeV/c K<sup>-</sup> beams using the third generation Ge detector array, Hyperball-J. In this talk, progresses made thus far through the Hyperball experiments will be summarized and the new frontier to be explored in the E13 experiments will be discussed.  
References: [1] M. Ukai et al., Phys. Rev. C 73 (2006) 012501(R) and references therein.  
[2] H. Tamura et al., Proposal for J-PARC 50 GeV PS (2006), [http://j-arc.jp/NuclPart/pac\\_0606/pdf/p13-Tamura.pdf](http://j-arc.jp/NuclPart/pac_0606/pdf/p13-Tamura.pdf)

**CI-19** **Gribov-Zwanziger scenario in the Coulomb gauge using a SU(3) quenched lattice gauge simulation** NAKAGAWA Yoshiyuki (*Research Center for Nuclear Physics, Osaka University*) We investigate the Gribov-Zwanziger scenario in the Coulomb gauge using a SU(3) quenched lattice gauge simulation. The eigenvalue density of the Faddeev-Popov operator, the ghost propagator and the gluon propagator are calculated. We find that the eigenvalue density is enhanced at small eigenvalues, and the dressing function of the ghost propagator diverges in the infrared limit. In contrast to the ghost propagator, the gluon propagator is suppressed in the infrared region indicating the confinement of gluons.  
References: [1] Y. Nakagawa, A. Nakamura, T. Saito and H. Toki, Phys. Rev. D 75 (2007) 014508

■ SESSION: C [CI4]  
10월 18일(목), 10:30 - 11:40  
장 소: 301호

**CI-20** **Construction Status of J-PARC Hadron Beam** TANAKA Kazuhiro (*KEK, J-PARC Project Office*) Construction Status of J-PARC Hadron Beam Facility will be presented. The first beam scheduled is December 2008. Then 15 months are left for us for the construction!

**CI-21** **Status of Proton Engineering Frontier Project** 장지호 (*KOMAC*) The Proton Engineering Frontier Project (PEFP), approved and launched by the Korean government in July 2002, includes a 100 MeV proton linear accelerator (linac) development and programs for its utilization and application. The Linac consists of an ion source, a low energy beam transport (LEBT), a 3 MeV radio frequency quadrupole (RFQ), and an 100 MeV drift tube linac (DTL). The 20 MeV linac has been installed and tested at KAERI site in Daejeon. The remaining part of the linac is being fabricated and will be installed at the project site in Gyeongju. PEPF will pro-

vide 20 MeV and 100 MeV proton beams to the user group. In order to extract 20 MeV proton beams, a medium energy beam transport (MEBT) including a bending magnet will be installed after the 20 MeV accelerator. The user facilities are designed to provide 10 target rooms for 20 MeV and 100 MeV beams. For the future extension, we are also studying the several extension options. The present status of the accelerator and user facility development is reported in detail.

**CI-22** **The High Momentum Beamline at the Hadron Facility of J-PARC** SAWADA Shin'ya (*KEK - High Energy Accelerator Research Organization*) The Hadron Facility of J-PARC is a experimental facility at the 50-GeV synchrotron of J-PARC, where the slow-extracted proton beam is utilized. Though secondary beamlines, such as K1.8 and K1.1, will be prepared at the first, importance of the high momentum beamline has been pointed out at various places such as the PAC. In this talk, an overview of the high momentum beamline will be presented including its physics capabilities and R&D's.  
References: [1] S. Stokov et al., Journal of the Physical Society of Japan Vol. 76, No. 6, June, 2007, 064007.

■ SESSION: C [CI5]  
10월 18일(목), 12:30 - 14:15  
장 소: 301호

**CI-23(조)** **Heavy quark "energy loss" and "flow" in a QCD matter** KIM DongJo (*Jyväskylä University in Finland*) Quark gluon plasma (QGP) is a new form of matter, consisting of interacting quarks, antiquarks and gluons. If the QGP can be created in Relativistic Heavy Ion Collisions (RHIC), then a variety of probes and observables could be used to study its physical properties. Measured quenching patterns of pions and mesons already provided a direct evidence for the creation of a Strongly interacting Quark Gluon Plasma (sQGP) in central Au+Au collisions at  $\sqrt{s} = 200$  A GeV. Furthermore, rare heavy quark jets are considered to be excellent independent probes of the sQGP because their high mass changes the sensitivity of the energy loss mechanisms in a well-defined way relative to those of light quark and gluon jets. Another advantage of heavy quarks jet quenching is that gluon jet fragmentation into heavy mesons can be safely neglected. The PHENIX experiment at RHIC has measured electrons from heavy flavor decays for 0.3

**CI-24** **Transport of Heavy Quarks in Quark-Gluon Fluid at RHIC** AKAMATSU Yukinao (*Hadron Physics Group, The University of Tokyo, JAPAN*) We study the charm transport in the relativistic heavy ion collisions on the basis of a relativistic Langevin equation under the influence of the background flow obtained by the full 3D hydrodynamical simulations. Special emphasis will be placed on the nuclear suppression factor  $R_{AA}$  of the charm and the transverse momentum dependence of the charm elliptic flow.

**CI-25 Dynamical modeling of relativistic heavy ion collisions**

HIRANO Tetsufumi(*Department of Physics, the University of Tokyo*.) In this talk, I will discuss recent development of dynamical model to describe space-time evolution of matter produced in relativistic heavy ion collisions. Heavy ion reactions are very complicated phenomena, so we divide them into three stages, namely Color Glass Condensate, a quark gluon fluid, and a hadronic gas to describe the whole reaction. We also compare our results from the hybrid model with recent experimental data obtained at RHIC. References: [1] T.Hirano et al., Phys.Lett.B636,299(2006). [2] T.Hirano and M.Gyulassy, Nucl.Phys.A769,71(2006). [3] T.Hirano and Y.Nara, Nucl.Phys.A743,305(2004).

**CI-26 Restoration of the  $U_A(1)$  symmetry at finite density**

TAKIZAWA Makoto, NAGAHIRO Hideko<sup>1</sup>, HIRENZAKI Satoru<sup>2</sup>(*Showa Pharmaceutical University, Machida, Tokyo 194-8543 Japan*. <sup>1</sup>RCNP, Osaka University. <sup>2</sup>Nara Women's University.) We study the pseudoscalar meson nonet using the three-flavor version of the Nambu-Jona-Lasinio model with  $U_A(1)$  breaking 6-quark determinant interaction at finite density. We focus on the effects of the partial restoration of the  $U_A(1)$  symmetry on the nonet pseudoscalar meson properties at finite density. References:[1] H. Nagahiro, M. Takizawa and S. Hirenzaki, Phys. Rev. C74, 045203 (2006).

**CI-27 Nuclear structure in relativistic nuclear model**

HAGA Akihiro(*Research Center for Nuclear Physics (RCNP), Osaka University, Japan*.) One of the features of the relativistic mean-field (RMF) model is to produce the large spin-orbit force naturally by means of the small effective nucleon mass in the nuclear medium. According to the analyses of the nuclear excitation such as the Gamow-Teller and quadrupole resonances, however, the effective mass should not be so small as the conventional RMF predicts. For this problem, we have studied using the nuclear model with explicit treatment of the negative energy nucleon states [1,2]. The self-consistent contribution of the negative energy states to the nuclear structure generates the large effective mass, so that the nuclear excitations calculated by this model are described better. Further, I'd like to show the negative energy contribution in the Dirac-Brueckner-Hartree-Fock (DBHF) calculation with a realistic nucleon-nucleon potential, and also to discuss the origin of the large spin-orbit force in the nuclear structure.

References: [1] A. Haga, S. Tamenaga, H. Toki, and Y. Horikawa, Physical Review C 70, 064322 (2004). [2] A. Haga, H. Toki, S. Tamenaga, Y. Horikawa, and H. L. Yadav, Physical Review C 72, 034301 (2005).

**CI-28 Neutrino Beams From Electron Capture at High Gamma**

SATO Joe(*Saitama University*.) We investigate the potential of a flavor pure high gamma electron capture electron neutrino beam directed towards a large water cherenkov detector with 500 kt fiducial mass. The energy of the neutrinos is reconstructed by the position measurement within the detector and superb energy

resolution capabilities could be achieved. We estimate the requirements for such a scenario to be competitive to a neutrino/anti-neutrino running at a neutrino factory with less accurate energy resolution. Although the requirements turn out to be extreme, in principle such a scenario could achieve as good abilities to resolve correlations and degeneracies in the search for  $\sin^2(2\theta_{13})$  and  $\delta_{CP}$  as a standard neutrino factory experiment.

References: [1] hep-ph/0612148 Neutrino Beams From Electron Capture at High Gamma [2] Phys.Rev.Lett.95:131804, 2005 Mono-energetic neutrino beam for long baseline experiments

**■ SESSION: C [CI6]**

10월 18일(목), 14:30 - 16:15

장 소: 301호

**CI-29 A measurement of the positive muon lifetime with an intense pulsed beam at RIKEN-RAL**

TOMONO Dai for the RIKEN-RAL R77 collaboration(*RIKEN*.) A new measurement of the positive muon lifetime was performed with the world's most intense pulsed muon source at the RIKEN-RAL muon facility, UK. The muon lifetime can yield very precise value of the Fermi coupling constant, which is used as one of the precision input parameters in the Standard Model. We established a new experimental method with the intense pulsed muon beam to perform the precision measurement. The new method allows: 1) to increase the statistics. The large number of muon decays was accumulated with the intense beam. A multi-wire proportional chamber (MWPC) was employed to detect decay positrons as a fine segmented counter to reduce the pile-up of decay positron signals. 2) to reduce the systematic error. Residual pile-up events were corrected in the offline analysis. The numerical correction scheme was newly developed to apply our experiment. The value of the positive muon lifetime in 2005 analysis is consistent with the previous experimental value but is not still improved. In this talk, we present an experimental method, a newly developed experimental apparatus, a current status of the data analysis and development of a new positron detector for the future experiment.

**CI-30 Possible solution to the  ${}^7\text{Li}$  problem by the long lived stau**

JITTOH Toshifumi(*Department of Physics, Saitama University*.) The modification of the Standard Big-Bang Nucleosynthesis is considered in the Minimal Supersymmetric Standard Model to resolve the excessive theoretical prediction of the abundance of the primordial lithium 7. We focus on the stau as a next-lightest superparticle which is long lived due to the small mass difference with the lightest superparticle. It provides a number of additional decay processes of  $\text{stau} \rightarrow \text{Li}$  and  $\text{stau} \rightarrow \text{Be}$ . A particularly important process is the internal conversion in the stau-nucleus bound state, which destruct the  $\text{Li}$  and  $\text{Be}$  effectively. We show that the modification can lead the consistent prediction with the observed abundance of  $\text{Li}$ .

References: 1] arXiv:0704.2914

**CI-31  $K^*$  transition form factors of the Baryon antidecuplet in the SU(3) chiral quark-soliton model** 김현철, LEDWIG Tim<sup>1</sup>, POLYAKOV Maxim<sup>1</sup>, GOEKE Klaus<sup>1</sup>(부산대학교, 물리학과. <sup>1</sup>Ruhr Universitaet Bochum, TPII.) We investigate the transition form factors of the pentaquark baryon  $\Theta^+$  to the vector meson  $K^*$  and nucleon within the framework of the SU(3) chiral quark-soliton model. We take into account the rotational  $1/N_c$  and linear  $m_s$  corrections, assuming the vector-meson dominance and isospin symmetry, and employing the symmetry-conserving quantization. It turns out that the leading-order contributions to the form factors are almost cancelled by the rotational corrections. The main contributions come from the flavor SU(3) symmetry-breaking terms, in particular from the wave-function corrections, which is a consequence of the generalized Ademollo-Gatto theorem. We estimate the  $K^*$  vector and tensor coupling constants for the  $\Theta^+$ :  $g_{K^*N\Theta}=0$  and  $f_{K^*N\Theta}=1.54$  with  $m_s=0$ , while  $g_{K^*N\Theta}=0.14$  and  $f_{K^*N\Theta}=0.29$  with  $m_s=180$  MeV. We also discuss the relevance of the present work in interpreting theoretically the null results of the CLAS experiments.

**CI-32 Laser irradiated enhancement of atomic electron capture rate in search of new physics** NOMURA Takaaki(Saitama university.) Electron capture processes are important in the search for new physics. In this context, a high capture rate is desired. We investigate the possibility of enhancing the electron capture rate by irradiating laser beam to “atom”. The possibility of such enhancement can be understood as a consequence of an enhancement of the electron wave function at the origin,  $\Psi(0)$ , through an increased effective mass of the electron. We find that an order of magnitude enhancement can be realized by using a laser with intensity on the order of  $10^{10}$  W/mm<sup>2</sup> and a photon energy on the order of  $10^{-3}$  eV[1]. We also studied this enhancement by numerical analysis of Dirac equation describing hydrogen-like atom with electromagnetic field of laser, and analyzed time dependence of electron capture rate.  
References:[1]Prog.Theor.Phys.117:401-414,2007.(hep-ph/0605031)

**CI-33 Search for Strange Di/Tri-Baryon States in (stopped  $K^+$ ,d) Reaction** SUZUKI Takatoshi(RIKEN Nishina center, RIKEN.) In order to search for strange di/tri-baryonic states, we have measured an inclusive (stopped  $K^+$ , d) spectrum in KEK-PS E549 experiment. As the result, we have observed a sizable branching fraction of high-energy deuterons participating non-mesonic reactions. On the opportunity, we present the preliminary result.

**CI-34 Parity-violating nucleon-nucleon interaction from different approaches** 현창호, ANDO Shung-ichi<sup>1</sup>, LIU Cheng-Pang<sup>2</sup>, DESPLANQUES Bertrand<sup>3</sup>(대구대학교, 물리교육과. <sup>1</sup>Sungkyunkwan University. <sup>2</sup>Los Alamos National Laboratory, USA. <sup>3</sup>Universite Joseph Fourier, France.) Two-pion exchange parity-violating nucleon-nucleon interactions from recent effective field theo-

ries and earlier fully covariant approaches are considered. They are compared with the idea to get minimal information on the low-energy constants in the effective field theory and its convergence. The results are illustrated by considering the parity-violating analyzing power in proton-proton cross section of polarized protons, and the parity-violating asymmetry of the photon emission in radiative capture of polarized neutrons by protons.

**CI-35 First unquenched lattice QCD study of the axial charges of the positive and the negative parity nucleons** TAKAHASHI Toru T.(YITP, Kyoto Univ.) We report the first unquenched lattice QCD study of the axial charges of the positive and the negative parity nucleons,  $g_A^{N^*N^*}$  and  $g_A^{NN}$ , which strongly reflect the chiral structure of the low-energy hadron dynamics. We employ  $16^3 \times 32$  lattice with two flavors of dynamical quarks, generated with the renormalization-group improved gauge action at  $\beta=1.95$  and the mean field improved clover quark action with the clover coefficient  $c_{\text{SW}}=1.530$ . The calculations are done with the hopping parameters,  $\kappa_{\text{sea}}=0.1390$ ,  $\kappa_{\text{val}}=0.1400$  and  $0.1410$ . We perform variational analyses in order to separate the signal of  $N^*(1535)$  from that of  $N^*(1650)$ , which could be a possible source of contaminations.  
References:[1] C. DeTar, T. Kunihiro, Phys. Rev. D39, 2805 (1989).[2] D. Jido, Y. Nemoto, M. Oka, A. Hosaka, Nucl. Phys. A671, 471 (2000).[3] D. Jido, M. Oka, A. Hosaka, Prog. Theor. Phys. 106, 823 (2001).

■ SESSION: C [C1]

10월 18일(목), 16:30 - 18:20

장 소: 301호

**C-01(초) Stochastic and Deterministic Implementation of Cross Sections** 신기량(안동대학교 물리학과.) When we use Monte Carlo Simulation to understand the dynamics of a few or multi-particle system, for example Quark-Gluon Plasma, the cross section between particles is the most important physical input. The standard implementation is the hard ball picture, i.e., the deterministic decision of collisions, which introduces many problems into the dynamics. We propose the normalized stochastic implementation of cross section, which can have the correct number of collisions at least.

**C-02 Single muon and Hadron Elliptic flow for Au+Au collisions at 200GeV in the PHENIX experiment at RHIC** 최인제, 장범수, 김수현, 복정수, 김범규, 이동훈, 범지현, 권영일, 강주환(연세대학교, 물리학과.) Event anisotropy is expected to have sensitivity to the early stage of ultra-relativistic heavy ion collisions at RHIC. The possible formation of a quark gluon plasma (QGP) could affect how the initial anisotropy in the coordinate space is transferred into the momentum space for the final state. We perform a quantitative analysis of the azimuthal distribution of single muon with respect to the reaction plane in Au+Au collision at

$\sqrt{s_{NN}} = 200$  GeV. We present preliminary results of anisotropy parameter( $v_2$ ) measurements on inclusive single muon and hadron with PHENIX Muon Tracker at forward rapidity region.

**C-03 The possibility of kaonic bound star** 유 충열, 현창호<sup>1</sup>, 홍 승우(성균관대학교, <sup>1</sup>대구대학교) There can exist various exotic phases in the center of neutron star such as hyperons, pion or kaon condensation, quark matter and so on. Especially anti-kaon seems to feel very attractive potential in nuclear medium according to the recent analysis of FINUDA data. In present work, we consider the neutron star with hyperons and kaon condensation. As calculated with relativistic mean field models, the transition to kaonic phase is first order and give metastable minimum point in equation of state. We can investigate the possibility of pure kaonic star with the surface condensed due to antikaons similar to strange quark star. The results are compared with those from Maxwell condition for mixed phase.

**C-04 Isospin matter in AdS/QCD** KIM Kyungil, KIM Youngman<sup>1</sup>, LEE Su Houng(연세대학교 물리학과, <sup>1</sup>한국고등과학원) Isospin matter bears a certain aspect of nonperturbative QCD, and the system has served as a good testing ground for various theoretical approaches of QCD. We study isospin matter in a bottom-up AdS/QCD model to see whether or not the model is suitable to describe QCD with various chemical potentials such as the isospin chemical potential  $\mu_I$ . We calculate the  $\mu_I$ -dependence of pion and vector-meson masses. The pion and vector-meson decay constants are also evaluated in the isospin matter. We discuss a possibility of the charged pion condensation in the bottom-up AdS/QCD model.

**C-05 M-C Study of Total Absorption Detector Array Based on BGO Crystal** WANG Tao Feng, LEE M.W., KIM K.S., KIM Kwang Soo, KIM Guinyun, OH Young Do<sup>1</sup>, KANG Hengsik<sup>1</sup>, CHO Moo-Hyun<sup>1</sup>, KO In Soo<sup>1</sup>, NAMKUNG Won<sup>1</sup> (Department of Physics, Kyungpook National University, 702-701 Daegu, South Korea. <sup>1</sup>Pohang Accelerator Laboratory, Pohang University of Science and Technology, 790-784 Pohang, South Korea.) A new  $4\pi$  gamma total absorption detector array is going to be built, which consists of 12 BGO ( $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$ ) crystals sized as  $5 \times 5 \times 7.5$  cm, and will be utilized for neutron capture cross-sections measurement in Pohang Neutron Facility. The focus of this work is Monte-Carlo simulation study to understand the properties of gamma total absorption detector array by using the computer code GEANT4. We measured the energy resolution, the uniformity, and the detection efficiency as a function of gamma energy.

**C-06 A High-Resolution Scintillation Detector For Magnetic-Field Applications.** A. Ni, J. Jang, C. Noh, A. Kim, V. Kuznetsov, W. Kim(경북대학교) We are developing a high-resolution scintillation detector for high-magnetic field applications. This scintillation detector is the most important technique in need of both nuclear physics field and industrial enterprises. The detector

requires 50ps of timing resolution and  $10^6$  Hz/s of count rates in magnetic field of 1.5T by in distinction from pions, kaons and protons. We use a triplet of stacked parallel equidistant counters to compare the performance Hamamatsu R2083 PM with that fine-mesh Hamamatsu R7761-70 PM. The preliminary test shows that the fine-mesh PM gives a promising results with high gain and high resolution. Preliminary results will be present.

**C-07 Set up for Polarized  $^3\text{He}$  with spin exchanged method** A. Kim, Y. Jung, S.S. Stepanyan, W. Kim, M. Yurov(경북대학교) An optically-pumped high-pressure polarized  $^3\text{He}$  target setup has been constructed for developing a suitable substitute for a polarized neutron target due to its spin structure. The vacuum, gas handling were built for the glass cell filling. By the end of the bake out, the pressure in the vacuum system, is a few times  $10^{-8}$  torr, and one can proceed with the filling. The target chamber of the cell is cooled down to about 77 °K by flowing liquid nitrogen through a dewar that encloses the target chambers. The most important though effect of the cooling is the fact that the pressure in the string is always kept below 1 atm. The NMR system has been constructed for polarization measurement of the polarized  $^3\text{He}$  target. The systems of gas, vacuum and cell filling will be present.

■ SESSION: C [C2]

10월 19일(금), 11:00 - 12:45

장 소: 301호

**C-08(초) Korean Group's Activities for PHENIX NCC (NoseCone Calorimeter)** 강 주환, 권 영일, 김 수현, 박 정수, 범 지현, 심 광숙<sup>1</sup>, 심 현하<sup>1</sup>, 홍 병식<sup>1</sup>, 문 혜진<sup>2</sup>, 주 관식<sup>2</sup>, 남 신우<sup>3</sup>, 박 일홍<sup>3</sup>, 이 남희<sup>3</sup>, 이 직<sup>3</sup>, 이 혜영<sup>3</sup>, 한 인식<sup>4</sup>, 김 은주<sup>5</sup>(연세대학교, 물리학과. <sup>1</sup>고려대학교, 물리학과. <sup>2</sup>명지대학교, 물리학과. <sup>3</sup>이화여자대학교, 물리학과. <sup>4</sup>이화여자대학교, 과학교육과. <sup>5</sup>전북대학교, 과학교육학부.) The PHENIX experiment at RHIC has an upgrade plan of NCC to have EM calorimeter in the forward and backward rapidities. NCC is W-Si (silicon-Tungsten) calorimeter which uses silicon pad and stripixel sensors. Two layers of stripixel sensors determine the locations of pre-shower and shower maximum. A few productions of pad and stripixel sensors have been tried in Korea as well as in Russia. The results of sensor testing including the CERN beam test in early September will be presented after the introduction of PHENIX NCC.

**C-09 Electron-hadron separation by Neural-network** 김 범규, 최 인제, 장 범수, 김 수현, 박 정수, 이 동훈, 범 지현, 권 영일, 강 주환(연세대학교 물리학과) A Transition Radiation Detector(TRD) in the central ALICE barrel should provide, in conjunction with data from the Time Projection Chamber(TPC) and Inner Tracking System(ITS) detectors, sufficient electron identification capability by rejecting pions up to 100 suppression factor at an electron efficiency of 90%. To achieve the above goal, a couple of algorithms handling TRD signals to differentiate electrons from pions have been tried. A classical method for electron and pion sep-

aration in TRD is the likelihood on total deposited charge. Further improvement of the pion rejection capability can be achieved by using Neural-Network. The rejection factor was improved by about a factor of 3 after using the Neural-Network compared with the classical method.

**C-10 Cosmic-Ray Muon Radiography for Large and Dense Objects** 이 효상, 안 정근, 차 문용(부산대학교, 물리학과.)

Approximately ten thousand cosmic-ray muons rain down to Earth every minutes per square meter. They hold promise as a sensitive means of detecting high-Z materials in very large objects. Muons are more deflected in high-Z materials than in low-Z materials. 3-GeV muons are deflected by 2 mrad passing through 10 cm of plastic while by 20 mrad in the same length of iron. We studied a feasibility of a cosmic-ray muon radiography system with plastic scintillator arrays and drift chambers, based on a Monte Carlo simulation. We will present the Monte Carlo simulation results and also test-bench results with a prototype radiography system.

**C-11 Excluded volume effect in relativistic mean field models** 유 충열, 현 창호<sup>1</sup>, 홍 승우(성균관대학교, <sup>1</sup>대구대학교.)

At high temperature or high density, phase transition from hadronic phase to deconfined quark phase may take place. However, as compared with the equation of state (EoS) of deconfined quark matter, that of hadronic matter with hyperons in relativistic mean field models is softer although EoS depends on models. One of the effects that one does not consider may be the size effect of hadrons. To describe size effect, we can assume arbitrary volume which hadrons cannot occupy, interpreting it as a hardcore effect in nucleon-nucleon potential. With this excluded volume, we calculate the EoS of hypernuclear matter in quantum hadrodynamics and quark-meson coupling model and also Tolman-Oppenheimer-Volkoff (TOV) equation to obtain the mass and radius of neutron star. This volume effect makes the mass of neutron star larger and is able to explain the phase transition to deconfined quark matter.

**C-12 Progress and Plan for the b-Tagging Jet Production in the CMS Heavy-Ion Program** SOOD Gopika, HONG Byungsik, KIM Ji Hyun, MOON Dongho, SIM Kwang-Souk, HAHN Garam<sup>1</sup>, PARK Inkyu<sup>1</sup>, PARK Jinwoo<sup>1</sup>, KIM Eun Joo<sup>2</sup>(고려대학교, 물리학과. <sup>1</sup>서울시립대학교, 물리학과. <sup>2</sup>전북대학교, 물리교육학과.)

Heavy-Ion Collisions at the Large Hadron Collider ( $\sqrt{s} = 5.5A$  TeV for Pb+Pb collisions) will open new perspectives in the study of QGP properties in the laboratories. In particular, rare heavy quark jets are valuable and independent probes of the intensity of color field fluctuations in the sQGP because their high mass ( $m_c \gg 1.2\text{ GeV}$ ,  $m_b \gg 4.75\text{ GeV}$ ) changes the sensitivity of both elastic and inelastic energy loss mechanism in a well defined way relative to light quark and gluon jets. The CMS detector at LHC, equipped with Silicon pixel tracker, PbWO<sub>4</sub> crystal electromagnetic calorimeter, brass plastic scintillator hadronic calorimeter and well designed muon system, is capable of measuring the heavy quark jets and studying the in-medium properties (heavy quark co-

efficient,  $q$ -hat transport coefficient etc.). In our study, we have typically focused on measuring the b-jets (jets evolving from b quarks). Various sophisticated techniques, viz, Impact-Parameter Significance, Life-Time-Probability tag, Secondary-Vertex signal and Track-counting and Probability tag are implemented to study the production of b jets in pp and Pb-Pb collisions. Very preliminary results regarding this study will be presented.

■ SESSION: C [C3]

10월 19일(금), 13:00 - 14:45

장 소: 301호

**C-13  $\eta$ -meson Photoproduction And  $N^*$  resonances** KI-SEOK Choi, SEUNG-IL Nam<sup>1</sup>, ATSUSHI Hosaka<sup>2</sup>, HYUN-CHUL Kim(Pusan National University. <sup>1</sup>YITP. <sup>2</sup>RCNP.)

We investigate the  $\eta$  photoproduction using the effective Lagrangian approach at tree level. We focus on the new nucleon resonance  $N^*(1675)$ , which was reported by the GRAAL, CB-ELSA and Tohoku LNS, testing possible spin and parity states theoretically ( $J^P = 1/2^+, 3/2^+$ ). In addition, we consider the six nucleon resonances,  $D_{13}(1520)$ ,  $S_{11}(1535)$ ,  $S_{11}(1650)$ ,  $D_{13}(1675)$ ,  $P_{11}(1710)$ ,  $P_{13}(1720)$  as well as the possible background contributions. We calculate the differential cross sections and beam asymmetries for the neutron and proton targets. It turns out that there is isospin asymmetry,  $\mu_{\text{pp}}^* < \mu_{\text{nn}}^*$ . Moreover, we find that the spin-1/2 state is preferred to reproduce the experimental data, although its parity remains undetermined. This observation may indicate that the new resonance can be identified as a non-strangeness member of anti-decuplet.

**C-14 Gluonic pion decay amplitude via the nonlocal chiral quark model** 류 휘영, 남 승일<sup>1</sup>, 김 현철(부산대학교, 누리. <sup>1</sup>유가와 연구소.)

We investigate the pion decay amplitude through the quark-gluon mixed local operators. We note that these quantities encode the information on the transverse momentum for the leading twist meson distribution amplitudes. For this purpose, we make use of the nonlocal chiral quark model. Finally, renormalization group evolution is carried out for comparison with other model estimations in different scale parameters from ours-600 MeV.

**C-15 A search for strange tribaryonic states in  $^4\text{He}(K_{\text{stop}}^- p, n)$  reaction.** YIM Heejoong, BHANG H., CHOI S., CHIBA J.<sup>1</sup>, HANAKI T.<sup>1</sup>, FUKUDA Y.<sup>2</sup>, SATO M.<sup>2</sup>, HAYANO R. S.<sup>3</sup>, ISHIKAWA T.<sup>3</sup>, IIO M.<sup>4</sup>, ITAHASHI K.<sup>4</sup>, IWASAKI M.<sup>4</sup>, MATSUDA Y.<sup>4</sup>, OHNISHI H.<sup>4</sup>, OKADA S.<sup>4</sup>, OUTA H.<sup>4</sup>, SUZUKI T.<sup>4</sup>, TOMONO D.<sup>4</sup>, YAMAZAKI T.<sup>4</sup>, ISHIMOTO S.<sup>5</sup>, IWAI M.<sup>5</sup>, SUZUKI S.<sup>5</sup>, KIENLE P.<sup>6</sup>, WIDMANN E.<sup>6</sup>, KIM J. H.<sup>7</sup>(Seoul National University, Department of Physics and Astronomy.

<sup>1</sup>Tokyo University of Science, Department of Physics. <sup>2</sup>Tokyo Institute of Technology, Department of Physics. <sup>3</sup>University of Tokyo, Department of Physics. <sup>4</sup>RIKEN, Nishina Center for Accelerator-based Science. <sup>5</sup>KEK, IPNS. <sup>6</sup>Stefan Meyer Institut für subatomare Physik. <sup>7</sup>KRISS.) Recent prediction of Akaishi and Yamazaki on the strongly bound kaonic



nuclear states with remarkably narrow widths [1] have generated a lot of physics interests and the states have been studied and discussed intensively. The fundamental motivation behind such intense study was that on one hand they could give us the excellent opportunities to investigate dense and cold hadronic systems in which quarks may be deconfined and the partial restoration of the chiral symmetry is expected to occur in a large scale [2], on the other hand the existence itself with such narrow width is extremely peculiar and interesting. Since then, the states have been studied in a series of experiments at BNL, KEK, GSI and LNF [3,4,5,6]. We have recently reported an indication of a strange tribaryon state,  $S^+$ , with a width  $\Gamma < 23 \text{ MeV}/c^2$ , in the neutron time of flight (TOF) spectrum of the  $^4\text{He}(K^{\text{stopped}}, n)$  reaction in the KEK-PS E471 which was the first experiment at KEK-PS to search for the deeply bound narrow  $K^{\text{ppn}}(T=0)$  state [4]. reported the indication of a strange tribaryon,  $S^+$  with the width  $\Gamma < 23 \text{ MeV}/c^2$ , from the  $^4\text{He}(K^{\text{stopped}}, n)$  Time-Of-Flight spectrum [6]. In order to confirm the state,  $S^+$ , and search for other possible total isospin  $T=0/1$  tribaryonic states, we have re-measured the neutron energy spectrum from  $^4\text{He}(K^{\text{stopped}}, n)$  reaction in the KEK-PS E549 experiment with the upgraded setup with which TOF resolution was improved 1.5 times and the statistics was increased 6 times. These improvements enabled us to establish the structure of the spectrum much more confidently compared to the E471 case. In the presentation, up-to-date results of the  $^4\text{He}(K^{\text{stopped}}, n)$  spectrum analysis will be discussed.

[1] Y. Akaishi and T. Yamazaki, Phys. Rev. C. **65** (2002) 044005. [2] T. Hatsuda and T. Kunihiro, Prog. Theor. Phys. **74** (1985) 765. [3] T. Kishimoto et al., Nucl. Phys. A. **754** (2005) 383c. [4] M. Iwasaki et al., nucl-ex/0310018 (2004). [5] N. Herrmann et al., in: Proc. Int. Conf. "Exotic Atoms and Related Topics (EXA05)", Austrian Acad. of Sc. Press (2006), 73. [6] M. Angnello et al., Phys. Rev. Lett. **94** (2005) 212303.

**C-16 Production of Double-hypernuclei in  $^{12}\text{C}(K, K^+)$  reaction at 1.66 GeV/c** 최 봉혁, 김 성준, 안 정근, YOON. C.J.<sup>1</sup>, IMAI. K.<sup>1</sup>, MIWA. K.<sup>2</sup> (부산대학교 <sup>1</sup>Department of Physics of faculty of science Kyoto university. <sup>2</sup>Department of Physics Tohoku university.) 기묘도를 포함하는 핵시스템 연구는 바리온-바이온 상호작용을 이해하는데 중요한 역할을 한다. 그렇지만 이중 하이퍼 핵에 대한 연구 결과는 아주 부족하다. KEK-PS E522 실험에서 1.66 GeV/c K-빔을 SCIFI(Scintillating Activity Fiber Target)에 입사하여  $(K, K^+)$ 를 측정하였다. 특히  $^{12}\text{C}(K, K^+)$  반응의 질량분포에서  $^{12}_{\Lambda}\text{B}$ 와  $^{12}_{\Lambda\Lambda}\text{Be}$ 의 생성을 확인하고 SCIFI 이미지 데이터를 이용하여 비중간자 붕괴(non-mesonic decay) 형태를 알아 볼 것이다.

**C-17 Study on  $\theta^+$  in  $\pi^+p \rightarrow K^+K^0p$  Reaction Near Threshold** 김 성준, 최 봉혁, 안 정근, MIWA K.<sup>1</sup>, IMAI K.<sup>1</sup> (부산대학교, 물리학과. <sup>1</sup>교토대학교(일본), 물리학과.) Studying on the production of  $\theta^+$  has been performed with a scintillating fiber target using the  $(\pi, K)$  reaction at 1.87 GeV/c. We have studied not

only a  $K^0p$  decay channel of the  $\theta^+$  by reconstructing  $K^0p \rightarrow \pi^+\pi^-p$  decay but also  $\lambda^*(1520)K^0$  reaction with the same topology of  $\theta^+(1540)$ . We will report the  $(\pi, K)X$  results with  $3.2 \times 10^4$   $(\pi, K)$  reaction events in  $S=+1$  system.

**C-18 Status of the Time-of-Flight Upgrade Project of FOPI at GSI** 유 민상, 강 태임, 홍 병식, 심 광숙, FOPI collaboration<sup>1</sup>(고려대학교, 물리학과. <sup>1</sup>GSI, Germany.) The FOPI collaboration is a fixed target heavy-ion experiment at GSI, Germany at the beam energy range from 0.1 to 2 GeV per nucleon. The FOPI collaboration is performing the Time-of-Flight (ToF) upgrade project by using the multi-strip multi-gap resistive plate chambers (MMRPC). The major goal of this upgrade is to enhance the particle identification capability, especially, for charged kaons, up to 1 GeV/c in momentum in order to clarify the in-medium effect of strange hadrons near or sub thresholds. One 8-gap MMRPC consists of 16 strips with 2 mm pitch readout from both ends. The thickness of the gas gap is 220 um maintained by the fishing line. One supermodule consists of 5 MMRPCs positioned in a staggered mode to minimize the dead area. Total 28 supermodules will be installed, covering almost complete azimuthal angle for the laboratory polar angle between 37 and 68 degrees. As an intermediate step, we installed one quarter of total MMRPC supermodules, and tested by Ni beams at 1.7A GeV in July. We plan to complete the installation of the whole ToF system in August, and take the physics run in September. In this presentation, we will update the status of the FOPI ToF upgrade project and the performance of the MMRPC.

**C-19 Experimental study of  $^{12}_{\Lambda}\text{C}$  proton weak decay with FINUDA** LEE YONGJIN, BHANG H.C., SO H.L., AGELLO M.<sup>1</sup>, BEER G.<sup>2</sup>, BENUSSI L.<sup>3</sup>, BERTANI M.<sup>3</sup>, BIANCO S.<sup>3</sup>, BONOMI G.<sup>4</sup>, BOTTA E.<sup>5</sup>, BREGANT M.<sup>6</sup>, BRESSANI T.<sup>5</sup>, BUFALINO S.<sup>7</sup>, BUSO L.<sup>8</sup>, CALVO D.<sup>9</sup>, CAMERINI P.<sup>6</sup>, CAPONERO M.<sup>10</sup>, CERELLO P.<sup>9</sup>, DALENA B.<sup>11</sup>, DE MORI F.<sup>5</sup>, D'ERASMO G.<sup>11</sup>, DI SANTO D.<sup>11</sup>, ELIA D.<sup>12</sup>, FABBRI F.L.<sup>3</sup>, FASO D.<sup>8</sup>, FELICIELLO A.<sup>9</sup>, FILIPPI A.<sup>9</sup>, FILIPPINI V.<sup>13</sup>, FINI R.A.<sup>14</sup>, FIORE E.M.<sup>11</sup>, FUJIOKA H.<sup>15</sup>, GIANOTTI P.<sup>3</sup>, GRION N.<sup>16</sup>, HARTMANN O.<sup>3</sup>, KRASNOPEROV A.<sup>17</sup>, LENTI V.<sup>14</sup>, LUCHERINI V.<sup>3</sup>, MANZARI V.<sup>14</sup>, MARCELLO S.<sup>5</sup>, MARUTA T.<sup>18</sup>, MIRFAKHRAI N.<sup>19</sup>, MORRA O.<sup>20</sup>, NAGAE T.<sup>18</sup>, OUTA H.<sup>21</sup>, PACE E.<sup>3</sup>, PALLOTTA M.<sup>3</sup>, PALOMBA M.<sup>11</sup>, PANTALEO A.<sup>14</sup>, PANZARASA A.<sup>13</sup>, PARICCHIO V.<sup>14</sup>, PIANO S.<sup>22</sup>, POMPILI F.<sup>3</sup>, RUI R.<sup>6</sup>, SIMONETTI G.<sup>11</sup>, TERESHCHENKO V.<sup>17</sup>, TOMASSINI S.<sup>3</sup>, TOYODA A.<sup>18</sup>, WHEADON R.<sup>9</sup>, ZENONI A.<sup>4</sup> (Seoul National University department of physics and astronomy. <sup>1</sup>Dip. di Fisica Politecnico di Torino, Corso Duca degli Abruzzi 24 and INFN Sez. di Torino. <sup>2</sup>University of Victoria, Finnerty Rd., Victoria, Canada. <sup>3</sup>Laboratori Nazionali di Frascati dell'INFN. <sup>4</sup>Dip. di Meccanica, Università di Brescia. <sup>5</sup>Dip. di Fisica Sperimentale, Università di Torino and INFN Sez. di Torino. <sup>6</sup>Dip. di Fisica, Università di Trieste and INFN, Sez. di Trieste. <sup>7</sup>Dip. di Fisica Sperimentale, Università di Torino and INFN Sez. di Torino, via P. Giuria 1, Torino Italy. <sup>8</sup>Dip. di Fisica Generale, Università di Torino and INFN Sez. di Torino. <sup>9</sup>INFN Sez. di

Torino. <sup>10</sup>ENEA C.R. Frascati. <sup>11</sup>Dip. InterAteneo di Fisica, Università di Bari and INFN Sez. di Torino. <sup>12</sup>INFN Sez. di Bari. <sup>13</sup>INFN Sez. di Pavia. <sup>14</sup>INFN Sez. di Bari. <sup>15</sup>Dep. of Physics Univ. of Tokyo. <sup>16</sup>INFN, Sez. di Trieste. <sup>17</sup>JINR, Dubna. <sup>18</sup>High Energy Accelerator Research Organization (KEK). <sup>19</sup>Dep of Physics Shahid Behesty Univ. <sup>20</sup>INAF IFSI Sez. di torino. <sup>21</sup>RIKEN, Wako. <sup>22</sup>INFN, Sez. di Trieste.) Recently, we have studied  $^{12}\Lambda\text{C}$  states as a typical  $\Lambda$ -hypernuclei system using a ( $K_{\text{stop}}$ ,  $\pi$ ) reaction at FINUDA experiment. At this meeting, we will present a preliminary analysis result on the proton spectra following the weak decay of  $^{12}\Lambda\text{C}$ .

**C-20 Experimental studies of proton induced nuclear reactions on  $^{nat}\text{Sn}$  up to 42 MeV** KHANDAKER Mayeen Uddin, KIM Kwangsoo, LEE Manwoo, KIM Kyung Sook, CHO Young-Sik<sup>1</sup>, LEE Young-Ouk<sup>1</sup>, KIM Guinyun(Department of Physics, Kyungpook National University. <sup>1</sup>Nuclear Data Evaluation Lab., Korea Atomic Energy Research Institute.) Exciation functios for the production of residual radionuclides from the proton irradiation on natural tin (Sn) were studied up to 42 MeV by using the MC-50 cyclotron at the Korea Institute of Radiological and Medical Sciences (KIRAMS). This work has reported a new data set for the formation of the  $^{124}\text{Sb}$ ,  $^{122}\text{Sb}$ ,  $^{120\text{m}}\text{Sb}$ ,  $^{118\text{m}}\text{Sb}$ ,  $^{117}\text{Sb}$ ,  $^{117\text{m}}\text{Sn}$ ,  $^{113}\text{Sn}$ ,  $^{114\text{m}}\text{In}$ ,  $^{111}\text{In}$  and  $^{110}\text{In}$  radionuclides in the whole investigated energy region. An overall good agreement was found for most of the radionuclides with the available literature data, evaluated data by using the computer code TALYS, and also theoretical data taken from the calculations based on the ALICE-IPPE code. The thick target integral yields (TTY) were also deduced using the measured cross sections and compared with the directly measured thick target yield data found in the literature. The production yield of medically important radionuclide  $^{117\text{m}}\text{Sn}$  from natural tin target at 39MeV proton energy was found as 3.14 MBq/ $\mu\text{A}\cdot\text{h}$  (84.86  $\mu\text{Ci}/\mu\text{A}\cdot\text{h}$ ) with  $\sim 3.5\%$  impurity from  $^{113}\text{Sn}$  radionuclide. Furthermore, the optimum production of medical radionuclide  $^{111}\text{In}$  was found in the energy range 26à18 MeV with  $\sim 1\%$  contamination from long-lived  $^{114\text{m}}\text{In}$  radionuclide. The significant production circumstances of the medically important radioisotopes  $^{117\text{m}}\text{Sn}$  and  $^{111}\text{In}$  are discussed elaborately.

■ SESSION: C [C4]

10월 19일(금), 13:00 - 14:45

장 소: 303호

**C-21 Beam Test Results of the Prototype Nosecone Calorimeter for the PHENIX Upgrade** 심 현하, 심 광숙, 홍 병식, 문 혜진<sup>1</sup>, 주 관식<sup>1</sup>, 강 주환<sup>2</sup>, 권 영일<sup>2</sup>, 김 수현<sup>2</sup>, 복 정수<sup>2</sup>, 범 지현<sup>2</sup>, 남 신우<sup>3</sup>, 박 일홍<sup>3</sup>, 이 남희<sup>3</sup>, 이 직<sup>3</sup>, 이 혜영<sup>3</sup>, 한 인식<sup>4</sup>, 김 은주<sup>5</sup>(고려대학교, 물리학과. <sup>1</sup>명지대학교, 물리학과. <sup>2</sup>연세대학교, 물리학과. <sup>3</sup>이화여자대학교, 물리학과. <sup>4</sup>이화여자대학교, 과학교육과. <sup>5</sup>전북대학교, 과학교육학부.) The PHENIX experiment at the Relativistic Heavy Ion Collider (RHIC) of the Brookhaven National Laboratory (BNL) is actively performing its major upgrade program, which includes the Nosecone Calorimeter (NCC) detectors.

The NCC system consists of the two silicon-tungsten calorimeters, covering the absolute value of the pseudorapidity from 1 to 1.3, which increases significantly the present geometrical acceptance of PHENIX. The NCC will identify photons, electrons, hadrons, and jets for the detailed investigation of the hot and dense partonic matter (or Quark-Gluon Plasma) as well as the spin structure of protons. Many of the Korean PHENIX collaborators have actively participated in the development of NCC. As a part of the R & D, we built the prototype NCC with the silicon pad sensors and the tungsten plates, and tested at CERN. For this beam test, we used a layer of stripixel sensor, located in the forefront, as a pre-sampler, and another layer in the middle as a shower maximum detector. In this presentation, we describe the experimental setup and the preliminary results of the CERN beam test.

**C-22 Development of a Tungsten/Scintillating-Fiber Calorimeter** 백 광윤, 이 효상, 안 정근, 임 계엽(부산대학교, 물리학과.) We developed W/SCIFI and Pb/SCIFI detectors to measure light yield and attenuation length using cosmic rays. Light yield of the W/SCIFI detector was measured to be  $47.0 \pm 0.7$  p.e./MeV while that of the Pb/SCIFI detector was  $62.1 \pm 0.5$  p.e./MeV at the distance 75cm from the PMT. Attenuation length of the W/SCIFI detector was found to be  $254 \pm 4$  cm and that of the Pb/SCIFI detector was  $157 \pm 2$  cm. We will also report on beam test results with full-sized detectors using tagged photon beams from a 1.2-GeV electron synchrotron at LNS in Tohoku University.

**C-23 Status of the quarkonium production analysis in the CMS heavy ion program** 문 동호, 심 광숙, 홍 병식, 김 지현, SOOD Gopika, 박 인규<sup>1</sup>, 한 가람<sup>1</sup>, 박 진우<sup>1</sup>, 김 은주<sup>2</sup>(고려대학교, <sup>1</sup>서울시립대학교, <sup>2</sup>전북대학교.) The Large Hadron Collider (LHC) at CERN has a plan to make an experiment collision of Heavy Ion, accelerated to, very soon. According to the pTDR "High Density QCD with Heavy Ions", the LHC measurements will be crucial to resolve suppression, comparing the results of Relativistic Heavy Ion Collider (RHIC). A strongly suppressed yield in PbPb at would support the sequential-screening scenario, whereas recombination models predict a strong enhancement due to the larger density of pairs in the medium. In addition, the abundant production of the Upsilon (1S, 2S, 3S) states at LHC energies will open up a unique opportunity to study the threshold dissociation behavior of the whole bottomonium family. In this presentation, I will introduce the structure of CMSSW, which is the official CMS simulation and analysis software package, and how to use briefly. And then I will also show the preliminary results of quarkonia production and dimuon tracking analysis at the generation level with CMSSW.

**C-24 Neutron and Gamma Induced Aging Effect of the Resistive Plate Chamber(RPC) for the CMS Endcap Region** 김 현철, 이 경세, HU RongJiang, 강 태임, 김 병일, 김 지현, 김 총, 김 태정, 문 동호, 박 성근, 박 우진, 박 윤우, SOOD Gopika, 심 광숙, 심 현하, 안 성환, 유 민상, 이 광복, 이또우 미끼꼬, 이 한범, 이 현승,

임 정구, 조 미희, 홍 병식, 구 덕길<sup>1</sup>, 김 용은<sup>2</sup>, 김 용주<sup>3</sup>, 남 순권<sup>4</sup>, 박 상렬<sup>5</sup>, 이 석재<sup>6</sup>, 이 준택<sup>7</sup>, 홍 성종<sup>8</sup>(고려대학교 물리학과. <sup>1</sup>서울교육대학교 과학교육과. <sup>2</sup>충북대학교 물리학과. <sup>3</sup>제주대학교 물리학과. <sup>4</sup>강원대학교 물리학과. <sup>5</sup>원광대학교 물리학과. <sup>6</sup>서남대학교 의료공학과. <sup>7</sup>진국대학교 물리학과. <sup>8</sup>가천의과대학교 핵의학과.) The Compact Muon Solenoid (CMS) of the Large Hadron Collider (LHC) at CERN is a versatile detector system for the proton-proton as well as the heavy-ion collisions at the highest beam energy. Especially, the Pb-Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}} = 5.5$  TeV are expected to produce the partonic matter with the highest energy density, which enables us to explore the detailed properties of the Quark-Gluon Plasma. One of the most important detector components for CMS is the Resistive Plate Chambers (RPCs) for triggering muons at the first level. A large fraction of the Korean CMS collaborators has devoted to the development of the RPC system in the endcap region since 1997. The dedicated effort was quite successful as the endcap RPCs satisfied the CMS requirements in all aspects including, the time resolution, the efficiency, and the single counting rate. However, one missing information at the moment is the aging effect induced by intense gammas and particularly neutrons, which are the major background sources in the forward region. For this purpose, we irradiated the CMS endcap RPCs to neutron beams provided by the MC50 cyclotron at the Korean Institute of Radiological and Medical Sciences (KIRAMS) and consecutively to gamma rays from  $^{137}\text{Cs}$  isotopes at Korea University. In this presentation, we will report the experimental procedure and the preliminary results from this test.

**C-25 Absolute Measurement of Alpha Decay of  $^{241}\text{Am}$  in  $4\pi$  Geometry Using Metallic Magnetic Calorimeter** 이 상준, 김 선기, 김 승천, 김 용합<sup>1</sup>, 이 민규<sup>1</sup>, 이 경범<sup>1</sup>, 이 영화<sup>1</sup>, 권 용대<sup>1</sup>(서울대학교 물리·천문학부. <sup>1</sup>한국표준과학연구원.) Cryogenic detectors, based on calorimetric detection scheme, have superiority in radioactivity measurement over conventional detectors taking advantage of their low energy threshold and high energy resolution. We developed a metallic magnetic calorimeter (MMC), one of leading cryogenic detectors. MMC uses paramagnetic material as the temperature sensor, whose magnetization decreases with the temperature rise of the sensor resulted from absorption of radioactive particles. We employed 900 ppm Au:Er as the temperature sensor.  $^{241}\text{Am}$  alpha source was completely enclosed inside 70  $\mu\text{m}$  thick gold absorber attached to the Au:Er, which is known as  $4\pi$  measurement scheme. Since the stopping range of 5.5 MeV alpha particles in Au is about 10  $\mu\text{m}$ , we were able to measure all the alpha decay without energy loss from the source itself. Considering the recoil energy of daughter nuclide  $^{237}\text{Np}$ , energy resolution of three major alpha peaks resulted in 53 keV FWHM.

**C-26 Performance of stripixel sensors from radiation source and beam tests for PHENIX forward detector upgrade** 이

남희, 강 주환<sup>1</sup>, 권 영일<sup>1</sup>, 김 수현<sup>1</sup>, 김 은주<sup>2</sup>, 남 신우, 문 혜진<sup>3</sup>, 박 일홍, 복 정수<sup>1</sup>, 범 지현<sup>1</sup>, 심 광숙<sup>4</sup>, 심 현하<sup>4</sup>, 이 직, 이 혜영, 주 관식<sup>3</sup>, 한 인식<sup>5</sup>, 홍 병식<sup>4</sup>(이화여자대학교, 물리학과. <sup>1</sup>연세대학교, 물리학과. <sup>2</sup>전북대학교, 과학교육학부. <sup>3</sup>명지대학교, 물리학과. <sup>4</sup>고려대학교, 물리학과. <sup>5</sup>이화여자대학교, 과학교육과.) Silicon stripixel sensors have a novel design of comb-type pixels intertwining with each other in such a fashion that they are capable of 2 dimensional position detection of charged particles. We will present the preliminary result for the performance of stripixel sensors obtained with a radiation source test. The PHENIX experiment at RHIC has an upgrade plan for its forward detector including a silicon-tungsten calorimeter called NoseCone Calorimeter (NCC). We have built a prototype of NCC and we will carry out a beam test with it at CERN in early September. Two layers of stripixel sensors will be located at pre-shower and shower maximum for the high resolution position measurement in the prototype calorimeter. We will report on the performance of stripixel sensors in the beam test.

**C-27 Design and simulation result of n substrate reverse type Avalanche Photodiode (APD)** 문 명환, 김 홍주, 박 환배, 강 희동, 유 상수(경북대학교 물리학과.) In a number of astrophysics, nuclear and particle physics experiments, medical images, laser location and optical data processing high-sensitive avalanche photodiodes (APDs) are used. We are aiming for developing APDs which are coupled with scintillating materials for detection of X-ray and  $\gamma$ -ray. In this presentation we report simulation results including guarding of n substrate reverse type APD for the physics requirement of the planned detector component so that these optimized conditions can be applied to actual manufacturing of the sensor. We will design and fabricate n substrate reverse type APD.

**C-28 Nosecone Calorimeter Readout** 복 정수, 권 영일, 강 주환, 범 지현, 김 수현, 심 광숙<sup>1</sup>, 심 현하<sup>1</sup>, 홍 병식<sup>1</sup>, 문 혜진<sup>1</sup>, 주 관식<sup>2</sup>, 남 신우<sup>3</sup>, 박 일홍<sup>3</sup>, 이 남희<sup>3</sup>, 이 직<sup>3</sup>, 이 혜영<sup>3</sup>, 한 인식<sup>4</sup>, 김 은주<sup>5</sup>(연세대학교, 물리학과. <sup>1</sup>고려대학교, 물리학과. <sup>2</sup>명지대학교, 물리학과. <sup>3</sup>이화여자대학교, 물리학과. <sup>4</sup>이화여자대학교, 과학교육과. <sup>5</sup>전북대학교, 과학교육학부.) As a forward spectrometers of the PHENIX experiment, Nosecone Calorimeter (NCC) is a Silicon-Tungsten Sampling Calorimeter. NCC consists of Electromagnetic Calorimeter and Hadronic Calorimeter, each contains Stripixel sensor and Pad sensor that can measure the pre-shower and shower-max of the electron and pion. For taking the data, SVX4 chip which has the Analog to Digital ability, preamp, and Front-End-Electronics including Field Programmable Gate Array(FPGA) chips for compressing and transforming the data are included in the readout electronics. During this Development, embedded system which has advantage on convenience and stability for debugging and interface has been used. We can confirm the performance of them through the Beam test at CERN on September.

■ SESSION: G [G1]

10월 18일(목), 16:30 - 17:45

장 소: 402호A

G

**G-01 운동량 개념에 대한 고등학생들의 오개념 유형**

**제시** 김 성원, 문 공주(*이화여자대학교*) 구성주의적 입장을 수용하는 과학·학습 활동은 대체적으로 학습자 자신의 생각을 표현하고 이로부터 공통적인 오개념을 확인하는 것에서부터 시작한다. 그러나 교사들이 직접 각각 학습자가 가지고 있는 생각을 고려하는 것은 어려움이 있기 때문에 과학교사에게 자신이 가르쳐야 하는 학생들에 대한 체계적인 오개념에 관한 정보를 효율적으로 제공해줄 필요가 있다. 본 연구에서는 고등학교 2학년 학생들이 가지고 있는 운동량에 대한 개념을 분석함으로써 나타난 오개념 유형들을 제시하였다. 연구 내용은 충돌 전과 충돌 후의 운동량과 충격량에 관한 문제를 해결하는 과정에서 학생들이 나타내는 오개념의 유형들을 조사하였다. 특히, 두 물체가 충돌 또는 상호작용할 경우 에너지, 힘, 운동량의 변화에 대하여 바르게 이해하고 각각의 개념을 구분할 수 있는지를 연구하였다. 그 결과, 학생들은 에너지, 힘, 운동량의 개념의 차이를 구별하는 데 어려움이 있는 것을 알 수 있었다. 이러한 오개념 유형에 관한 자료들은 구성주의적 수업 전략에서 유용하게 사용될 수 있을 것이다.

**G-02 과학적 소양의 관점에서 본 여대생의 과학에 대한 태도**

김 성원, 정 윤숙, 최 성연, 문 공주, 김 세미, 서 유경(*이화여자대학교*) 현대 과학교육의 목표는 과학적 소양을 갖춘 인간의 양성이다. 과학적 소양을 갖춘 인간은 자연 현상을 과학적으로 탐구하는 능력을 갖고, 문제 해결에 이를 활용하며 자연 현상과 물리 학습에 흥미와 호기심을 가지며, 과학적으로 탐구하려는 태도를 갖는 사람을 말한다. 더불어 이들은 과학적 원리와 과정을 이용하여 의사결정을 할 수 있고, 사회에 영향을 미치는 과학과 관련된 문제에 관한 토론에 참여할 수 있다(김석중, 2002; NRC, 1996). 그러나 기존의 연구는 중고등학생이나 과학 교사의 과학에 대한 태도에 집중되어있어, 교양지식으로 과학을 학습하는 비전공학생이나 일반인의 과학의 태도에 대한 이해가 부족하다. 따라서 본 연구에서는 과학적 소양의 관점에서 본 과학에 대한 태도를 알아보고자 하여, 여대생 200명의 전공분야, 관심분야, 과학철학적 관점, 과학에 대한 태도를 분석하고 이들 간의 관계를 살펴보았다. 그 결과 학생들은 생명공학에 관심이 많았으며, 전공분야에 따른 관심사의 차이는 나타나지는 않았다. TOSRA로 측정한 학생들의 과학에 대한 태도는 다소 긍정적인 것으로 나타났으며, 이는 전공별로 유의한 차이를 보였다( $p < .01$ ). 학생들은 상대주의적, 연역주의적, 상황주의적, 도구주의적, 과정중심적인 과학철학적 관점을 갖고 있었으며, 철학적 관점에 따른 과학적 태도는 유의한 차이를 보였다( $p < .01$ ).

**G-03 중학교 과학 교과서 물리 영역에 사용된 화살표**

**유형 분석** 송 영옥, 김 범기, 백 성혜<sup>1</sup>, 김 용진<sup>2</sup>, 정 정인<sup>3</sup>, 한 재영<sup>4</sup>(*한국교원대학교, 물리교육*. <sup>1</sup>*한국교원대학교, 화학교육*. <sup>2</sup>*서원대학교, 생물교육*. <sup>3</sup>*청주교육대학교, 과학교육*. <sup>4</sup>*충북대학교, 화학교육*.) 초·중등 과학 교과서에는 많은 시각자료가 사용되고 있으며, 사진이나 삽화와 같은 일반적인 시각자료뿐 아니라 과학기호 등과 같은 학술적인 시각자료들도 포함된다. 시각자료 중에서 화살표는 매우 빈번하게 이용되는 기호인데, 중학교 과학 교과서의

물리 영역에서 화살표가 이용되고 있는 것을 살펴보면, 물체의 운동 방향, 힘, 물체의 운동 방향 및 힘을 동시에 표현, 에너지 이동, 전자기력선 및 전류의 방향 등으로 다양하게 이용되고 있다. 이 연구는 중학교 과학 교과서 물리 영역에 사용된 화살표의 유형을 분석하는 틀을 개발하여 예와 함께 제시하고, 화살표의 유형 분석틀을 기준으로 중학교 과학 교과서 물리 영역에서 모순된 화살표의 예를 살펴봄으로써, 과학적 개념이 포함된 화살표의 교육적 함의를 알아본다. (이 연구는 2007년도 한국학술진흥재단 소규모연구회의 지원을 받아 수행된 연구 되었음)

**G-04 물리학습의 어려움에 대한 구조적 분석: 지식**

**신념들을 중심으로** 이 경호(*서울대학교, 물리교육과*) 본 연구에서는 학생들이 물리학을 어려워하는 원인을 이해하는데 도움을 줄 수 있는 분석틀의 개발을 연구목표로 하였다. 먼저 물리교육 분야에서 학생어려움에 관한 선행연구를 검토하였으며 어려움의 원인요소들을 알아보았다. 다음으로 과학학습에서 학생의 사고과정을 설명하는 '통합적 정신모형이론'을 이론적 기반으로 학생 어려움의 원인들을 구조화하고 체계적으로 분석할 수 있는 분석틀인 지식 신념틀을 개발하였다. 그리고 지식 신념틀을 학생들의 물리학습 어려움 사례에 적용하여 그 가능성을 알아보았다.

**G-05 대학 1학년생들의 물리학습에 대한 인지적 신**

**념과 동기** 임 성민(*대구대학교, 물리교육과*) 성공적인 물리학습을 위하여 학생들의 인지적 준비 외에도 신념이나 동기과 같은 정서적 구인이 중요하다는 것이 여러 연구자에 의해 주장되었다. 특히 인지적 신념은 교수학습과 학생의 사회적 및 개인적 상호작용을 통하여 영향을 받고 형성될 수 있는 영역 특이적인 개념으로 이는 자연에 대한 이해를 바탕으로 과학학습에 연관된 세계관을 형성하는 한 요인이 된다. 특히 대학 신입생들이 물리학습에 대해 갖는 신념은 대학 물리교육에 있어 중요한 요인이 될 수 있다. 본 연구는 2007학년도 1학기 신입생 교양 과목을 수강하는 지방 소재 대학교 1학년생 210명을 대상으로 물리학습에 대한 인지적 신념과 물리학습 동기를 조사 분석하였다. 물리학습에 대한 인지적 신념이란 물리학과 물리학습에 대한 이해를 바탕으로 하는 믿음으로서, 물리학 지식은 어떻게 구성되었는가에 대한 믿음인 지식 차원, 물리학 지식은 어떻게 학습되는가에 대한 믿음인 학습 차원, 물리학습이 실생활과 어떻게 관련되는가에 대한 믿음인 관련 차원 등 세 개의 하위 차원으로 구성된다. 물리학습 동기는 자신의 물리학습 수행 능력에 대한 믿음과 물리학습 수행결과의 가치에 대한 믿음의 곱으로 정의하고 평가한다. 발표에서는 이에 대한 조사 결과와 이를 바탕으로 대학 물리교육에 대한 시사점을 논의한다.

■ SESSION: G [GT1]

10월 18일(목), 18:00 - 19:30

장 소: 402호A

**GT-01 현장에 찾아 가는 물리 실험 운영 방법**

조 영신(*강원대학교 사범대학교 과학교육학부*) 대학교내에서 가르치고 배우는 물리에서 벗어나 학교 현장에 직접 물리 탐구 장치를 가져가서 학생들이 직접 작동하도록 한다. 이 과정에서 살아 있는 물리를 체험 할 수 있게 하여 물리에 대한 거리감을 줄이고 우리들의 생활 속에 물리가 같이 있다는 것을 알게 하는 활동이다. 이 활동

에 대한 소개와 운영 방법에 대한 설명과 몇가지 시범 장치의 적용할 것이다.

■ SESSION: G [G2]  
10월 19일(금), 09:00 - 10:15  
장 소: 402호A

**G-06 Problem-solving strategies of Korean gifted students in Physics** KIM Sung-Won, CHOI Sung-Youn(*Ewha Womans University*.) Problem solving is generally regarded as important cognitive activity in everyday life and professional contexts. Most people, specially gifted students, are required to and rewarded for solving problems. Gifted students use problem solving strategies to think deeply about physics ideas and discover new concepts. The purpose of this study is to understand Korean gifted students' processes and strategies used in classical-mechanics problems and design these strategies in order to understand how they solve the physics problems. About 40 gifted high school students who had enrolled in Korea Physics Olympiad Summer Camp in Ewha Univ. were participated in this study. 12 ill-structured problems were used to investigate their strategies, and they wrote down their ideas and processes in answer sheet. Their answers were initially analyzed by the Creative Problem Solving model (Treffinger, Isaksen, & Dorval, 2000) and then improved and modified this model for making more suitable model for gifted in Physics. For more understanding their strategies, post interviews were performed with 11 students who made common and well structured strategies or strange and unusual strategies. Results reveal that students use various methods like expert.

**G-07 고차함수파형을 이용한 패러데이 유도 법칙 실험** 김 승홍, 장 세중(*한국교원대학교*) 본 연구실에서 개발된 MBL장치의 특성은 1차, 2차, 3차, 4차 등의 다양한 함수파형을 발진시키는 기능과 8개의 전압계와 전류계를 갖추고 있다. 이 기능을 이용하여 유도기전력이 시간에 따른 자기장의 미분형태로 나타남을 학생들에게 보여주면 패러데이 유도 법칙을 쉽게 이해할 수 있다. 예를 들어 1차 코일에 2차, 3차의 고차함수 파형을 흘려주었을 때 2차 코일에 나타나는 유도기전력을 측정하면 미분형태인 1차, 2차로 나타난다. 자기장과 유도기전력의 미분관계를 그래프로 동시에 보여줌으로써 패러데이 유도 법칙인 유도기전력은 시간에 따른 자기전속의 미분형태에 음의 부호를 붙인 것임을 학생들이 이해하는데 효과적이다.

**G-08 제조조건에 따른 토기의 통기성 및 수분 함유성 조사 연구지도** 김 준태, 박 영재, 이 진권(*공주대학교 사범대학 물리교육과*) 토기는 통기성은 있으나 수분의 유출입이 없다는 특징이 있다. 이러한 토기를 프로젝트형 탐구학습에 활용하기 위해 탐구과정과 내용을 설계하였다. 중, 고등학교 학생 중에서 전국 과학전람회에 출품하는 학생을 대상으로 연구를 수행하였다. 본 연구에 사용한 토기는 초벌구이이며 탐구 내용은 토기의 소성온

도와 소성시간에 따라 토기의 특성을 조사하는 것이다. 토기내의 수분의 유동은 토기와 수분사이에 작용하는 흡착력, 수분과 수분사이에 작용하는 인력의 상호작용에 영향을 받는다. 온도와 시간을 달리한 토기에 공기와 수분을 통과 시킬 때, 통과여부가 달라 나타나게 되는데, 이 때 나타나는 결과들을 토대로 수분 유출입의 역제가 가능한 적정점을 조사하고 그에 따른 특징을 다공질의 크기, 성분변화여부로 살펴 비교하였다. 다공질의 크기와 성분의 특성이, 수분의 인력과 상관하여 통과여부에 미치는 양태를 실험을 통해 조사하였는데, 이때 온도와 시간이 비교적 고온에 장시간 소성시킨 토기일 때, 다공질의 크기가 조밀하게 형성되어 수분의 유출입을 억제할 수 있게 되었고, 반면 다공질의 수가 증가함에 따라 공기의 유출입은 보다 자유로울 수 있다는 결과를 얻을 수 있었다. 이러한 토기의 특성을 토대로 프로젝트형 탐구가 가능하도록 탐구과정과 내용을 설계하였다. 전국과학전람회에 출품하고자 하는 학생이 직접 탐구를 수행하였고 탐구태도와 탐구능력이 변화하는 과정을 정성적으로 조사하였다. 토기를 소재로 한 탐구과정과 내용의 개발 절차 및 프로젝트학습 방법을 일반화해 문화재를 소재로 과학적 탐구학습 방안을 제시하고자 한다.

**G-09 MBL 실험 개발: 공명관에서 음속의 측정** 김 경태, 김 단령<sup>1</sup>, 이 예림<sup>1</sup>, 손 경희<sup>1</sup>(*KAIST, 과학영재교육연구원. <sup>1</sup>한국과학영재학교*) 물리학을 이수하는 고등학생, 대학생과 물리교사들이 물리교육현장에서 활용할 수 있도록 컴퓨터 기반의 음속 측정 실험(MBL)을 개발하였다. 이 실험을 위하여 공명관, 편형마이크로폰, 소리편집기 프로그램, 파형발생기 등을 사용하여 비교적 간단하고 저렴한 비용으로 실험장치를 구성하였다. 29.0 °C 실험실 공기 중에서 전파하는 소리의 진행속도를 측정할 수 있었다. 소리의 진행 속도는  $346.0 \pm 3 \text{ m/s}$  으로 비교적 정확한 값을 나타내었다. 특히 400 ~ 900 Hz의 진동수를 갖는 소리 파동의 진행속력은  $346.6 \pm 0.2 \text{ m/s}$ 의 범위에서 0.06 % 이내의 상대오차를 갖는 것으로 나타났다.

**G-10 간편한 가속도계의 개발 및 가속과 중력의 효과가 동일함을 확인하는 활동** 채 민, 이 정숙, 김 규환, 홍 명수, 황진수, 김 중복(*한국교원대학교*) 가속의 효과와 중력의 효과가 동일하다는 것은 상대론의 중요한 결과 중의 하나이다. 한편 학생들은 이 효과 때문에 구심력과 원심력을 혼동하는 일이 발생하기도 한다. 가속의 효과와 중력의 효과가 동일함을 확인하기 위해서 가속도계를 활용할 수 있는데, 교육적 활용도를 높이기 위해서는 쉽게 제작이 가능해야 하며, 운반이 편리하고, 사용이 간편해야 한다. 용수철의 탄성을 이용하거나 자석의 반발력을 이용하여 몇가지 방법으로 간편한 가속도계를 만들 수 있으며, 이렇게 제작한 가속도계와 회전팔을 활용하여 가속의 효과와 중력의 효과가 동일한 것을 확인하는 활동을 할 수 있다. 또한, 줄이 끊어진 엘리베이터나 지구 주위를 궤도운동하는 우주선처럼 자유낙하하는 계 내에서 중력이 있음에도 불구하고 무중력처럼 느끼게 되는 이유를 가속도계의 모양 변화와 사람의 조직 변화를 비교하여 설명할 수 있다. 가속도계를 촛불로 대체하여 실험함으로써 시각적 효과를 높일 수도 있다.

\*이 연구는 항공우주연구원의 지원 하에 이루어졌습니다.

## ■ SESSION: H [H1]

10월 18일(목), 14:30 - 16:15

장 소: 303호

**H-01(초) Development and Applications of Electron Accelerators at KAERI**

LEE Byung Cheol(Korea Atomic Energy Research Institute (KAERI), P.O. Box 105, Yusong, Daejeon, Korea.) The KAERI Linear Electron Accelerator Facility (KLEAF) is a user facility providing not only (primary) 0.1~20 MeV electron beams but also various electron-based (secondary) radiations such as a Terahertz (THz) free electron laser (FEL), a monochromatic X-ray, and a positron beam. The facility is composed of four electron accelerators: a 0.1-MeV compact e-beam irradiator, a 6-MeV microtron, a 0.2~2-MeV normal conducting RF linac, and a 2~20-MeV superconducting RF linac. The e-beam users program includes more than 30 projects in various fields of applications, for example, polymer processing, fabrication of nano materials, sterilization, semiconductors, food irradiation, etc.. The THz FEL is a promising source of radiation for the development of new imaging technology for bio-medical applications and national security. A new acceleration technology by using a 10-TW femtosecond laser is being developed, and high energy electrons, protons and neutrons have been generated.

**H-02(초) 포항가속기연구소의 초전도 RF 공동기의 연구**

**개발 현황** 손 영옥, 최 진혁, 고 인수, 남궁 원(포항가속기연구소, 경북 포항시 남구 효자동 산 31번지.) 포항가속기연구소는 국제 충돌선형가속기(ILC)의 건설을 위한 국제적 노력에 기여하고 국내의 가속기기술의 향상을 도모하기 위해서 2005년부터 초전도 RF 공동기에 대한 연구개발을 진행해 오고 있다. 1차적인 성과로 25MV/m를 기록한 단일셀 (Single-cell) 공동기를 설계·제작하였고, 9-cell 저손실형 (ILC 대체설계) 공동기를 제작하여 현재 표면처리 에 대한 R&D를 진행하고 있다. 본 발표에서는 초전도 RF 공동기에 대한 간략한 기술적 개념, ILC의 기본설계 및 대체설계 공동기에 대한 비교평가와 국외 연구현황 그리고 포항가속기연구소의 연구성과 및 현황을 소개하고자 한다.

**H-03 Overview and Scientific Opportunities of USAXS**

**Beamline Under Construction in Pohang Accelerator Laboratory** SHIN Tae Joo, KIM Jehan, KIM Kwang-Woo(Pohang Accelerator Laboratory.) Details, including a conceptual design and scientific opportunities, of ultra-small angle x-ray scattering (U-SAXS) beamline under construction in Pohang Accelerator Laboratory are described. The characteristics of U-SAXS beamline are as follows: a 1.8 m-long in vacuum undulator (IVUN) insertion device with 20 mm period, changeable undulator gaps from 5 to 10 mm, variable photon energy ranging from 6 to 14 keV by using higher harmonics (up to 9<sup>th</sup>). Peak brilliance at 10 keV is simulated to be  $\sim 1.9 \times 10^{17}$  photons/s/mrad<sup>2</sup>/mm<sup>2</sup>/0.1%BW by SPECTRA. Furthermore, various scientific opportunities of U-SAXS beamline in polymers, mesoporous materials, self-assembled materials, composite materials, protein solution, membranes, and thin films are overviewed.

**H-04 Measurement of compression of the electric field**

**from constantly moving charged beam by electro-optic sampling technique** 박 용운, 고 인수, 황 정연<sup>1</sup>, 김 창범<sup>1</sup>(포항공과대학교

물리학과. <sup>1</sup>포항가속기연구소.) Electro-optic sampling (EOS) technique is a promising tool to measure the compression of the electric field generated by constantly moving charged beam. A simulation study is done with the pulse propagation method, which utilizes Fourier transform to investigate the dynamical evolution of electromagnetic pulse inside the electro-optic crystal. Shapes of electric field from electron beams are studied by the ring charge distribution in terms of beam energy and distances between the electron beam and the probe laser pulses. The simulation result shows agreeable behavior with EOS experimental result in high energy limit. Changes of electro-optic (EO) signal are well fitted by the relativistic formula of the electric field, indicating that measurement of the compression of the electric field is possible with EOS method using a relativistic electron beam with a few MeV energy.

**H-05 Design and Test of the Cavity-Type Beam Position**

**Monitor for the Superconducting Linear Accelerator** 유 선영, 안

정근, 김 은산<sup>1</sup>, HAYANO Hitoshi<sup>2</sup>(부산대학교, 물리학과. <sup>1</sup>경북대학교, 물리학과. <sup>2</sup>KEK.) We present design and cold-model test results of a cavity-type BPM for the superconducting linear accelerator. Passing through the cylindrical cavity, an electron beam excites electro-magnetic field oscillations in the cavity. If the beam is in off-centered, it also excites several dipole modes. Our new cavity-type BPM utilizes TM120 mode for beam position monitoring among all oscillating modes. The mode is coupled from the cavity by four symmetrically arranged waveguides and we designed the waveguide that may enhance the TM120 mode signal in the cavity. The HFSS simulation showed that the resonant frequency is 2.043 GHz and the Q-value is 1382. We manufactured the cavity-type BPM and tested its electrical characteristics. Emphasis will be on the feasibility of the TM120-mode cavity-type BPM for the ILC (International Linear Collider).

## ■ SESSION: H [H2]

10월 18일(목), 16:30 - 18:00

장 소: 303호

**H-06(초) ECRH and its Effects on Neoclassical Transport in**

**a Stellarator** SEOL JaeChun, HEGNA C. C.<sup>1</sup>, CALLEN J. D.<sup>1</sup> (National Fusion Research Institute. <sup>1</sup>University of Wisconsin-Madison.)

The banana center orbit deviates significantly from the magnetic surface due to the symmetry-breaking term in the magnetic field configuration. Energetic electrons can escape the plasma without collision since the drift speed is proportional to the perpendicular energy of electron and the collision frequency is reduced as the electron energy goes up. A direct loss flux can be generated from energetic electron population in a stellarator. Thus energetic electron populations can substantially modify the neoclassical transport properties in stellarators. A model accounting for this change in transport is developed assuming the presence of electron cyclotron

resonance heating (ECRH). The quasilinear diffusion coefficient for second harmonic X-mode ECRH is developed for a bumpy stellarator. Care is taken in accounting for the pitch-angle dependence of the quasilinear diffusion coefficient since application to experiments with narrow resonance zones is of interest. Weakly relativistic effects are considered through the mass effect on the cyclotron frequency. For trapped particles in a three dimensional configuration, collisionless loss zones exist in velocity space. Radio-frequency (rf) waves accelerate trapped electrons into the direct loss zone in bumpy stellarators and produce a direct loss flux. An analytic expression for this loss flux is derived; it is proportional to the rf field strength and the value of the zeroth order distribution function at the minimum speed for collisionless loss. The direct loss flux of electrons is another source of a non-ambipolar particle flux in bumpy stellarators. This additional non-ambipolar flux modifies the ambipolarity equation which generally has multiple roots for the radial electric field. An electron root (large positive  $E_r$ ) is easily obtained if the electrons are in the  $1/v$  regime and the ions are in the  $v$  regime.

**H-07(초) 고신장 TCV 플라즈마에서 다단계 톱니파 붕괴 거동 현상과 중심부 플라즈마 모양의 기하학적 위상 변화** 김 정희, 이 승현, 최 원호, TURRI G.<sup>1</sup>, WEISEN H.<sup>1</sup>(KAIST 물리학 과, <sup>1</sup>CRPP-EURATOM, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne.) 토카막 플라즈마에서의 톱니파붕괴(sawtooth crash)에는 자기재결합(magnetic reconnection)이나 여러 가지 자기유체역학적 불안정성이 수반되어 있다. 고공간분해능을 갖는 연 X-선 토모그래피 진단계를 이용하여 플라즈마 단면을 영상화함으로써 고신장 TCV (Tokamak à Configuration Variable) 플라즈마에서의 다단계 톱니파 붕괴거동 현상 및 중심부 플라즈마의 기하학적 위상변화를 관찰하였다. TCV의 고신장 플라즈마에서의 다단계 톱니파 붕괴거동 현상은 이미 형성된 hot-bulge로부터 pressure-driven reconnection에 의해 빠져 나온 뜨거운 부분이  $q=1$  자기면을 따라 회전하는 현상과 hot-bulge 재형성의 과정을 거친다. 이러한 과정은 multi-helicity ( $m/n = 1/1$ ,  $m/n = 2/2$ )에 의해 일어나며, 이 현상을  $q=1$  자기면에 놓여있는 multi-helicity를 고전역학적인 action을 추적함으로써 해석하였다. 또한, TCV의 가장 큰 장점은 다양한 모양의 플라즈마를 만들 수 있다는 것이다. 플라즈마의 모양을 다양하게 변화시킬 수 있다는 것은 토카막 플라즈마의 자기유체역학적 한계를 확장할 수 있다는 것이므로 토카막 운전영역 또한 확장시킬 수 있음을 뜻한다. 토카막 플라즈마의 모양이 변한다는 것은 플라즈마를 감금하고 있는 자기장 구조의 변화가 있다는 것을 뜻하며, magnetic pitch 변화에 따른  $q$ -profile과 자기비틀림값(magnetic shear)도 바뀌게 되므로  $q$ 값이 낮은 중심부 플라즈마에서 기하학적 위상변화가 일어날 수 있으며, 앞서 언급한 다단계 톱니파 붕괴거동 현상에도 영향을 미치게 된다. 특히, 신장도가 높은 경우( $\kappa > 2.3$ ), 톱니파 붕괴가 일어날 때 중심부 플라즈마의 연 X-선 방출광 분포의 기하학적 위상이 바뀌는 것을 확인할 수 있었으며, 삼각도가 음의 값을 가질 때 자기유체역학적 불안정성 모드의 진폭이 최대가 되는 지점이 고자기장 영역에 생기면서 고자기장 영역에서도 자기재결합이 일어날 가능성을 확인하였다. 본 연구에서 보인 플라즈마 모양변화에 따른 플라즈마 방출광 분포의 위상변화는 플라즈마 감금성능과 톱니파 붕괴에 따른 열적 이동에 영

향을 미치므로, 토카막 플라즈마의 효율을 높게 유지하는 데에 이 용될 수 있을 것이다.

**H-08 고속 중성자 빔라인을 위한 전자 맵들이 공명 이온원 디자인** 박 진용, 안 정근, 김 은산<sup>1</sup>, 박 상균<sup>2</sup>, 원 미숙<sup>2</sup>(부산대학교, 물리학과, <sup>1</sup>경북대학교, 물리학과, <sup>2</sup>KBSI, 부산센터.) Li이온을 핵자당 2.26MeV로 가속시켜 수소표적과  $p(^7\text{Li}, n)^7\text{Be}$  반응으로 발생하는 최대 3.4MeV의 고속 중성자 빔라인에 대해서 연구하였다. Li이온빔의 전류가 1mA일때, 수소가수표적과 반응하여 생성된 고속 중성자의 생성량은  $5.2 \times 10^{13}$  개이다. 고속 중성자 빔라인을 이용하여 고속 중성자 라디오그래피나 EUV빔을 이용한 응용분야에 활용할 수 있다. 본 발표에서는 고속중성자 빔라인의 핵심 부분인 전자 맵들이 공명(ECR) 이온원의 육극자석과 솔레노이드의 자기장 디자인 및 중성자 발생 핵반응에 대한 연구결과를 발표할 예정이다.

**H-09 얇은 플라스틱 포일 타겟에서 발생한 레이저 가속 양성자빔의 특성** 이 기태, 이 지영<sup>1</sup>, 이 용우<sup>2</sup>, 차 용호, 박 성희, 예 권해, 정 영욱(KAERI, <sup>1</sup>한남대, 물리학과, <sup>2</sup>영남대, 물리학과.) 극초단 고강도 레이저를 이용한 고에너지 양성자 발생 연구는 물리적인 원리 규명과 함께 다양한 응용 가능성으로 많은 관심을 끌고 있다. 본 원자력연구원에서는 30 fs의 펄스폭을 가지는 10 TW 레이저를 이용하여 관련된 연구를 수행하고 있다. 레이저 가속 양성자빔의 발생 원리는 isothermal expansion model로 널리 알려져 있으며 금속 포일 타겟의 경우 이 모델이 매우 잘 맞는다. 하지만, 최근의 몇몇 실험 결과에서 플라스틱 타겟을 사용한 경우에 금속 타겟에서보다 훨씬 높은 에너지의 양성자가 발생하는 것이 관측되었으며 원자력연구원의 연구팀도 비슷한 결과를 얻었다. 또한 이 결과가 기존의 가속 이론과는 다르다는 것을 확인하였다. 본 발표에서는 금속 타겟의 경우와 다른 특성을 가지는 플라스틱 타겟에서 발생하는 양성자의 특성을 제시하며, 이를 근거로 새로운 가속 이론 모형이 필요하다는 것을 보이고자 한다.

#### ■ SESSION: H [H3]

10월 19일(금), 11:00 - 12:00

장 소: 303호

**H-10(초) 축전결합플라즈마의 기초연구와 그 응용** 유 신재, 김 정형, 박 간영<sup>1</sup>, 페리페 이자<sup>1</sup>, 이 재구<sup>1</sup>, 김 성식<sup>2</sup>, 안 승균<sup>3</sup>, 장 홍영<sup>3</sup>(Vacuum Center, Korea Research Institute of Standards and Science, <sup>1</sup>Department of Electronic and Electrical Engineering, Pohang University of Science and Tech., <sup>2</sup>National Fusion Research Institute, <sup>3</sup>Department of Physics, Korea Advanced Institute of Science and Tech.) 축전결합플라즈마는 산업적으로 가장 많이 사용되는 플라즈마 소스이며 이를 이해하고 보다 잘 응용하기 위해 최근 20년간 수많은 연구가 진행되어 왔다. 축전결합플라즈마는 크기에 따라  $1\text{m}^2$  면적 상의 대형 플라즈마에서 머리카락보다 굵기가 얇은 초소형 플라즈마, 압력에 따라 10 mTorr 이하의 저압플라즈마에서 760 Torr의 상압플라즈마로 나뉠 수 있다. 각각의 플라즈마가 가지고 있는 특성은 그들이 가지고 있는 플라즈마 변수에 의해 결정되며, 이는 플라즈마를 발생시키는 전자가열 및 수송 메커니즘에 따라 크게 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 본 발표에서는 다양한 플라즈마 소

스를 소개하고 이를 이해하기 위한 기초연구와 이를 통한 응용연구에 대해 이야기하고자 한다.

**H-12 Capacitive Discharge Mode Transition In moderate And Atmospheric Pressure** MOON Se Youn, KIM Danbee, GWEON Bomi, CHOE Wonho(*KAIST Physics*.) Electrical characteristics of  $\alpha$ - and  $\gamma$ -modes were investigated in moderate and atmospheric pressure capacitive discharges. The  $\alpha$ - and  $\gamma$ -modes, the coexistence of both modes, and the  $\alpha$ - to  $\gamma$ -mode and  $\gamma$ - to  $\alpha$ -mode transitions were observed with the changes in voltage, current, and plasma volume. Changing of gas pressure at 3 mm gap distance, (100 - 760) Torr, the  $\alpha$ - to  $\gamma$ -mode transition and the  $\gamma$ - to  $\alpha$ -mode transition occurred with respect to input power increasing and decreasing, respectively. The hysteresis in current and voltage curve was observed and became more evident at higher pressure. In addition, the effects of gap distance were also investigated at atmospheric pressure. Depending on the gap distance, normal and abnormal glow regimes were observed in the  $\alpha$ -mode. Using a simple electrical circuit model, the relation between the gas pressure and the  $\alpha$ -sheath thickness was described.

**H-13 Atmospheric pressure radio-frequency glow discharge for human skin treatment** MOON Se Youn, KIM Danbee, GWEON Bomi, CHOE Wonho(*KAIST Physics*.) Atmospheric pressure radio frequency (rf) glow discharge characteristics were studied aiming for the plasma treatment of living tissues such as human skin. The discharge was generated in the side-and bottom-discharge gaps, which compromise the stable, low current, and low gas temperature plasma generation. With a conducting copper plate as a bottom electrode, the discharge current of 350 mA and dissipated power of 10 W were measured at the input power of 100 W. Before treating human skins, the pork samples showing similar resistance with human body (a few MW) were treated by the plasma. Electrical and optical measurements of the plasma gave reasonable values of low current and gas temperature. Conduction current of 4 mA and gas temperature of 60 °C were obtained at 100 W input power during the treatment of pork. The colorimetric measurement of the treated pork sample demonstrated negligible thermal effect by the plasma. The results promise that the atmospheric pressure rf plasma can be safely applied to the human skin treatment without electrical and thermal damages.



■ SESSION: I [IF1]

10월 18일(목), 12:30 - 14:10

장 소: 삼다홀B

**IF-01 Propagation of terahertz surface plasmon on a metal sheet**

전 태인(한국해양대학교, 전기전자공학부) Zenneck 표면파라고 알려진 plasmon 파를 terahertz 펄스를 이용하여 aluminum sheet 위에 발생시키고 전송 하였다. Aluminum sheet가 삽입된 평형판 도파로에 THz 펄스를 결합하여 plasmon 파를 발생시켰다. Aluminum sheet를 따라 전송된 THz surface plasmon(TSP)은 silicon on sapphire chip위의 dipole 안테나에 의해 직접 검출되었다. 이때 aluminum sheet를 굴곡지게 하여 공기중으로 전송되는 THz 파와 plasmon 파를 분리시켰다. 전송된 TSP는 aluminum sheet의 끝단에서 공기중으로 결합되어 전파되었으며, aluminum sheet 위의 slit을 통하여 TSP의 분포를 측정하였다.

**IF-02 THz plasmonics - why so.**

박 (PARK) 규환 (Q-Han)(고려대학교 이과대학 물리학과) The word 'surface plasmon' now become ubiquitous in the research area such as optics and nanosciences. Surface plasmons arise when light becomes trapped at the metal-dielectric interface with the help of induced surface charge and the finite skin-depth of metal. The novel features of surface plasmons such as extreme spatial localization and strong resonance now find a wide range of applications and led to the opening of new field - plasmonics. Recently, surface plasmon also became a key word in the THz community and the term - THz plasmonics - is gaining its meaning. Since metal behaves as a perfect conductor in the THz regime and since the perfect conductor does not support surface plasmons due to zero skin-depth, the term - THz plasmonics - seems to be self-contradictory. Here, we explain why this is not so and also why THz plasmonics is so important.

**IF-03 Transmission characteristics of complementary metamaterial structures in the THz range**

기 철식, 강 철<sup>1</sup>, 손 익부<sup>1</sup> (광주과학기술원 고등광기술연구소/광과학기술학제학부, <sup>1</sup>광주과학기술원 고등광기술연구소) It has been reported that surface plasmon polaritons assist the enhanced transmission through a periodic array of metallic holes. The split ring resonator is the key element of metamaterials. The complementary split ring resonator is a metallic hole with the split ring resonator structure. By using the Babinet's principle, we show experimentally that the transmission characteristics of arrays of the complementary split ring structures can be sought from those of arrays of the split ring resonator in the THz range.

**IF-04 국소 플라즈몬 공명시 직사각형 구멍으로의 테라헤르츠 파 에너지 집중**

김 대식(서울대학교 물리천문학부) 테라헤르츠 파가 직사각형 구멍으로 집중되면서, 구멍의 커버리지가 10%에 불과한데도 90%의 투과율을 보이는 현상을 실험적으로 관측하였고 그 의미를 논한다. 또 이러한 집중을 근접장 실험을 통하여서 확인할 수 있음을 보인다. 관련저널: [1] Terahertz electromagnetic wave transmission through random arrays of single rectangular holes and slits, Physical Review Letters, scheduled to appear, September, 2007. [2] Fourier-transform terahertz near-field imaging of one-dimensional slit arrays: mapping of electric-field, magnetic-field, and Poynting vectors, Optics Express, accepted, 2007.

**IF-05 Designer's surface plasmons for electron devices**

박 건식(서울대학교 자연과학대학 물리천문학부) At terahertz frequencies, one can design a customized surface plasmon for an effective interaction with convection electrons.

■ SESSION: I [I1]

10월 18일(목), 14:30 - 16:15

장 소: 삼다홀B

**I-01 공명고리 배열로 이루어진 메타물질을 투과하는 테라헤르츠 전자기파의 투과특성**

강 철, 손 익부, 기 철식, 고 도경, 이 종민(광주과학기술원 고등광기술 연구소) 메타물질은 음의 투자율과 음의 유전율을 가지며 이로 인해 특정 주파수 영역에서 음의 굴절율을 가질 수 있다. 이러한 메타물질은 일반적으로 공명고리 배열로 구성된다. 이번 연구에서는 얇은 알루미늄막 위에 펄초 레이저를 이용하여 공명고리 배열을 제작하였다. 이를 테라헤르츠 분광학 시스템을 사용하여 입사각도와 입사 빔의 편광 방향에 대한 투과 특성을 측정하였다. 공명고리 배열을 가진 알루미늄막은 테라헤르츠 전자기파 필터로 사용될 수 있음을 확인하였다.

**I-02 Terahertz Field Mapping of Poynting Vectors**

김 대식, 서 민아, 이 중욱, ADAM Aurele J. L.<sup>1</sup>, PLANKEN Paul C. M.<sup>1</sup>(서울대학교 물리천문학부, <sup>1</sup>Delft University.) We have succeeded in a simultaneous imaging of electric fields, magnetic fields, and Poynting vectors in the broad frequency range between 0.05 and 1.5 THz. This imaging allows 2D measurements of the THz electric field behind a sample consisting of multiple slits in a metal foil with a sub-wavelength spatial, and a sub-period temporal resolution. Terahertz polarization imaging based on the electro-optic sampling designed to probe time- and position-dependent electric field vectors reveals electric field lines, electric field vortices and saddle points. Taking the curl of the local electric field vectors allows an access to the time-derivative of the magnetic fields through the Maxwell's equation, which leads to position- and time-dependent Poynting vectors. We expect that the vectorial Fourier-transform microscopy will be an invaluable imaging tool that visualizes electric field, magnetic field, and Poynting vectors around such as metamaterials.

**I-03 Free-space quantum cryptography testbed: weak pulse implementation of B92 protocol**

정 연창, 김 용수, 김 윤호 (POSTECH) We have implemented a free-space quantum key distribution setup over a distance 17m in a laboratory setting. Our setup uses polarization-encoded attenuated laser pulses in the Bennett 1992 (B92) protocol. Quantum bit error rates as low as 7% have been obtained, suggesting a possibility of secure key extraction at the rate of 19k bit per second in our setup. Finally, we have dem-

onstrated how the optical loss in the quantum channel affects the quantum bit error rate.

**I-04 Luminescence Properties and energy transfer in CNGG Crystal doped with Er<sup>3+</sup> ions** 김 은식, 장 경혁, 시 랑, 서 효진, TAIJU Tsuboi<sup>1</sup>, KIYOSHI Shimamura<sup>2</sup>(*Department of Physics, Pukyong National University.* <sup>1</sup>*Faculty of Engineering, Kyoto Sangyo University.* <sup>2</sup>*Optronic Materials Center, National Institute for Materials Science.*) Luminescence properties of Er<sup>3+</sup> ions doped in Calcium Niobium Gallium Garnet (Ca<sub>3</sub>(NbGa)<sub>2-x</sub>Ga<sub>3</sub>O<sub>12</sub>; CNGG) crystal are investigated by laser excitation spectroscopy in the temperature region 15 K – room temperature. Broad absorption band peaking at around 325 nm is observed in the spectral range 364-294 nm. The 325 nm band was also observed in non-doped CNGG. Therefore it is suggested that this band is attributable to a charge transfer band of oxygen-vacancies. Time-resolved emission spectra of Er<sup>3+</sup> in CNGG are measured, together with the luminescence decay by the 355 and 532 and 266 nm pulsed laser excitations. Different emission spectra are observed at different time delays of 250ns and 5 μs. Rise times are observed for several emissions under 355nm excitation but not observed under 532 and 266 nm excitations. It is suggested that there exist different sites for the Er<sup>3+</sup> ions and energy transfer occurs between the Er<sup>3+</sup> ions. CNGG has a disordered structure due to enormous variety of different types of ions and cationic vacancies in the regular sites of host lattice. In the garnet expressed by the chemical formula C<sub>3</sub>A<sub>2</sub>D<sub>3</sub>O<sub>12</sub> like CNGG (Ca<sub>3</sub>(NbGa)<sub>2-x</sub>Ga<sub>3</sub>O<sub>12</sub>), the C, A, and D ions occupy the different crystallographic sites. The Er<sup>3+</sup> ions in CNGG can occupy the Ca<sup>2+</sup>, Ga<sup>2+</sup>, and Nb<sup>5+</sup> lattice sites. In this presentation, the results are discussed in relation with structural properties of the CNGG lattice.

**I-05 Progress of coherent x-ray diffraction imaging using an x-ray undulator source at Pohang Light Source** 김 수남, MARHATHE Shashidharha, 김 상수, 구 태영<sup>1</sup>, 강 현철<sup>2</sup>, 노 도영 (광주과학기술원 신소재공학과. <sup>1</sup>포항가속기 연구소. <sup>2</sup>광주과학기술원 고등광기술연구소.) As the high quality X-ray sources are developed from the third generation of synchrotrons, a variety of coherence limited X-ray scattering experiments have been possible. Especially, coherent X-ray diffraction imaging is one of the most promising technics that can be applied to nano and bio science because the short wave length of X-rays resents a resolution of a few angstrom and allows non-destructive imaging of internal structures of materials. Although the technique has a lot of scientific potentials, it has never been studied in Korea since there was no suitable X-ray source. Fortunately, a newly constructed revolving undulator beamline at Pohang Light Source gave chances to develop coherent X-ray diffraction imaging technique. In this presentation, we reports our first coherent X-ray diffraction image which is obtained using Korean synchrotron facility.

**I-06 Luminescence properties of europium ions in doped in CaF<sub>2</sub> nano particles investigated by laser excitation spectroscopy** 장 경혁, 김 은식, 김 경향, 시 랑, 서 효진, 홍 병철<sup>1</sup>,

KAWANO Katsuyasu<sup>1</sup>, TSUBOI Taiju<sup>2</sup>(*부경대학교, 물리학과.* <sup>1</sup>*Department of Electronic Engineering, The University of Electro-Communications.* <sup>2</sup>*Faculty of Engineering, Kyoto Sangyo University.*) The europium ions (1 mole %) doped in CaF<sub>2</sub> nano particles were prepared by thermal decomposition method at 350 °C for 2hrs. Trivalent europium ions in CaF<sub>2</sub> nano powders wrer reduced by thermal carbon reducing atmosphere (TCRA) at different temperature. We investigate the reduction effects by laser excitation spectroscopy. The laser excitations were performed by third harmonic 355 nm pulsed Nd:YAG laser and dye laser pumped by second harmonic 532 nm laser. The emission spectra of europium ions show that there exist divalent and trivalent europium ions in CaF<sub>2</sub> nano particle. The broad divalent europium emission has a peak at around 421 nm and zero-phonon line is observed at 412.9 nm at low temperature. To our knowledge, zero phonon line has not yet been observed in Eu<sup>2+</sup> doped nano materials. The emission lines of the trivalent europium ions are clearly observed at 573, 577.5, 581, 617 and 631nm and exhibit different temporal behavior in the temperature range 14 K – room temperature. The intensity ratio between divalent europium ions and trivalent europium ions are changed by TCRA temperature. In this presentation, we discuss the laser spectroscopic results in relation to the sample preparation conditions.

**I-07 고차조화파 아토초 펄스의 발생 매질을 이용한 펄스 압축** 고 동혁, 김 경택, 강 경식, 박 주원, 남 창희(한국과학기술원 물리학과 결맞는 X선 연구단) 펄토초의 강한 레이저 펄스를 기체 매질에 집속하여 아토초 펄스를 얻을 수 있다. 아토초 펄스의 각 주파수 성분은 각각 다른 시간에 발생하며, 일반적으로 양의 처프를 가진다. 이와 같은 양의 처프를 아토초 펄스 생성 매질을 통해 보상하였다. RABITT 방법을 이용하여 측정하였으며, 변환한게치 200 아토초에 매우 근접한 206아토초의 폭을 측정하였다.

■ SESSION: I [IF2]/[JF1]  
10월 19일(금), 11:00 - 12:20  
장 소: 삼다홀B

**IF-06 Electron Linac based THz Radiation Facility for intense single-cycle THz Experiment** 강 홍식(포항공대 가속기연구소) 미국 BNL 연구소의 ATF (Accelerator Test Facility)에서는 전자선형가속기에서 생성되는 수백 펨토초 길이의 전자빔을 이용하여 펄스 당 100 uJ 에너지를 갖는 광대역 (~2 THz) THz 방사선을 발생시키는데 성공한 바 있고, 최근에는 T-ray가 반주기 임펄스 형태인 특성을 이용하여 단결정에서의 비선형 광학특성을 측정하는 실증 연구 결과를 발표한 바 있다. 포항가속기연구소는 intense single-cycle THz Experiment 을 위해서 비슷한 성능의 전자 선형가속기를 2005년부터 시작하여 2008년 말에 완공을 목표로 건설을 진행하고 있다. 고휘도의 임펄스 T-ray 를 발생시키기 위해서는 전자선형가속기의 성능이 무엇보다도 중요하고, 특히 펨토초 길이의 T-ray 를 안정적으로 발생시키기 위해서는 레이저 시스템과 가속 장치의 지터 특성이 허용치를 넘어서는 안되며, 지터 영향을 완화시킬 수 있는 시스템 디자인이 요구된다. 본 THz

Radiation Facility는 포항방사광가속기의 빔라인과 동일하게 사용  
 자시설로서 운영될 예정이다.

**IF-07 Obtaining Femtosecond Timing Information from Synchrotron X-rays** 이 수형(한국표준과학연구원) 최근 미국 스탠포드 선형가속기 센터 (SLAC: Stanford Linear Accelerator Center)에서는 Sub-Picosecond Pulse Source(SPPS)를 사용 80 펨토초 ( $1\text{ fs}=10^{-15}\text{ s}$ )의 펄스 폭을 갖는 X 선을 얻는데 성공하였다. 하지만 이를 실제 시간 분해 실험에 사용하기 위해서는 펨토초 레이저와 거대 선형 가속기를 펨토초 수준으로 동기화 시키고 이 타이밍 정보를 실험실까지 실시간으로 전달 할 수 있는 방법을 필요로 한다. 2003년부터 이를 해결하려는 연구가 지속적으로 이루어 졌고, 2005년 겨울 Electro-Optic Sampling 과 Fiber Transport를 응용하여 성공적인 연구가 이루어졌다. 앞으로 차세대 가속기 등에 많이 쓰이게 될 방법으로 국내에서도 활발한 연구를 기대해 본다.

**IF-08 Complete characterization of broadband attosecond pulses using frequency-resolved optical gating technique** 김 경택, 고 동혁, 강 경식, 박 주윤, 남 창희(한국과학기술원 물리학과 결맞는 엑스선 연구단) 강력한 레이저 펄스를 원자 혹은 분자에 집속 할 때 발생하는 아토초 펄스를 이용한 연구가 최근 활발히 연구되고 있다[1]. 아토초 펄스의 정확한 측정은 향후 응용분야뿐만 아니라 초강력장 내에서의 원자 혹은 분자의 동역학 연구를 위해서도 중요하다. 최근 제안된 프로그 방법을 이용하여 측정을 할 수 있음이 알려져 있다[2, 3]. 그러나, 이 방법은 여러 가지 근사를 포함 하고 있기 때문에 광대역의 아토초 펄스를 측정할 때 정확하지 않을 수 있다. 광대역 아토초 펄스의 측정과정에서 발생하는 문제점과 해결방안에 대해 논의하고자 한다.

**IF-09 Development of x-ray lasers and its applications** 김 형택(고등광기술연구소/GIST) 극초단 고출력 레이저를 이용한 엑스선 레이저는 파장이 짧고 결맞음성을 가지고 있어 고해상도 이미징 획득, 엑스선 홀로그래피, 엑스선 분광학 등의 다양한 응용 분야에 적용할 수 있다. 고등광기술연구소의 연구진은 단일 펄스 펌핑 방식을 이용한 순에서 발생하는 13.9 나노미터 파장의 엑스선 레이저를 개발하였다. 또한 최근에는 엑스선 레이저를 이용한 Coherent X-ray Diffraction Imaging에 성공하였다. 이와 같은 엑스선 레이저와 그 응용 기술의 개발은 나노 및 생명 과학의 발전에 기여할 것으로 기대된다.

#### ■ SESSION: I [I2]

10월 19일(금), 13:00 - 15:05

장 소: 삼다홀B

**I-08(초) 소형 테라헤르츠 자유전자레이저의 빔 특성 측정 및 분광학적 응용에 관한 연구** 차 혁진, 정 영욱, 이 병철(한국원자력연구원 양자광기술개발센터) 최근, 중적외선 영역과 마이크로파 사이의 원적외선 영역의 빛을 의미하는 테라헤르츠 파와 관련된 연구가 주목을 받고 있다. 테라헤르츠 광원 개발과 더불어 테라헤르츠 파를 이용한 응용 연구가 전세계적으로 활발히 진행되고 있는데, 그 중 하나가 테라헤르츠 영상 기술이다. X-ray 영상과 구별하기 위하여 'T-ray'라고 불리워지기도 하는 테라헤르츠 영상 기술은 인체에 해가 없고 선택적인 분광 영상을 구

현할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 테라헤르츠 영상을 위한 광원 중, 높은 출력과 시공간적 결맞음을 동시에 구비한 광원은 자유전자레이저가 유일하다. 한국원자력연구원에서는 마이크로트론(microtron) 가속기에 기반을 둔 소형 자유전자레이저를 개발하였다. 발진 주파수 영역이 0.3 ~ 3 THz로 100 ~ 1200  $\mu\text{m}$ 의 광대역 파장 영역에 해당하고, 레이저 빔의 출력 및 광학 특성이 매우 우수하다. 본 연구에서는 테라헤르츠 자유전자레이저의 빔 특성 측정 결과를 소개하고, 테라헤르츠 영역에서의 분광과 영상 실험을 통해 소형 자유전자레이저의 잠재적 이용 가능성을 점검한다.

**I-09 내부가공패턴과 표면가공에 의한 도광판의 밝기 성능 분석** 최 영희, 박 소희, 김 영섭<sup>1</sup>, 최 은서, 박 우섭, 신 용진(조선대학교 Laser Imaging Laboratory, <sup>1</sup>조선대학교 Laser Imaging Laboratory, 광주과학기술원 고등광기술연구소) 본 연구에서는 BLU의 핵심 부품중의 하나인 PMMA 도광판에 2차원 표면 가공과 3차원 내부 가공을 실현시켜 평균밝기와 밝기분포의 균일성을 분석하였다. 표면 가공에 사용된 레이저는 CW CO<sub>2</sub> 레이저로 ( $\lambda=10.64\text{ mm}$ ) x축 및 y축 Galvano-scan mirror를 소프트웨어적으로 제어시켜 연속적인 직선 형태와 점선 형태로 PMMA 표면에 패턴을 형성하였다. 내부 가공에 사용된 레이저는 Q-switched Nd:YAG 레이저 ( $\lambda=532\text{ nm}$ )로 패턴을 이루는 각 요소의 직경을 100 mm의 크기로 구성하여 내부 산란체를 형성하였다. 또한 2차원 표면 패턴과 3차원 내부 패턴에 대한 밝기와 분포 균일도를 데이터화 하기 위해 각각의 패턴들을 2차함수화 하였으며 각 함수 패턴에 대해 모의 실험을 시행하여 측정결과와 비교 분석하였다. 이러한 결과들을 통해 도광판의 밝기 분포 및 밝기 균일도를 사용자의 의도에 따라 임의로 가공할 수 있는 기반을 조성하였다.

**I-10 Fabry-Perot 공진기를 이용한 광학적 되먹임에 의한 레이저 주파수 안정화** 장 로마, 김 재완<sup>1</sup>, 김 종안<sup>1</sup>, 강 주석<sup>1</sup>, 엄 태봉<sup>1</sup>, 김 재은, 박 해용(한국과학기술원, 물리학과, <sup>1</sup>한국표준과학연구원) 나노 기술이 발달함에 따라 미세 구조의 패턴을 만들거나 정밀한 측정을 위해 짧은 파장에서 주파수가 안정된 레이저가 필요하다. 주파수 안정을 위해 많이 사용하는 분광학적인 방법으로는 사용할 수 있는 분광선이 제한되므로 다양한 파장에서 주파수를 안정하기 어렵다. 공초점 Fabry-Perot 공진기를 이용한 주파수 안정화는 원자의 분광학적인 방법과는 달리, 파장의 제한을 줄일 수 있는 광원을 가능하게 하므로 이를 이용하였다. 우리는 외부의 공초점 Fabry-Perot 공진기에 공진된 빛을 다시 레이저로 피드백(feed-back) 시켜 공진 주파수 만을 증폭시키는 원리로 주파수를 안정시켰다. 장기적인 안정도를 향상시키기 위해 얇은 유리판의 양면에서 반사되는 두 빔의 간섭 신호를 이용하여 레이저의 발진파장을 공초점 Fabry-Perot 공진기의 주파수 안정영역(frequency locking range)안에 머물도록 하였다. 실험에서 사용된 광원은 짧은 주파수 영역을 포함한 다양한 주파수 영역을 구현할 수 있고 그 비용도 적게 드는 레이저 다이오드(laser diode, LD)를 이용하였으며, 그 결과 주파수가  $\sim 10^{-8}$  이내의 안정도를 가지는 광원을 구현할 수 있었다.

**I-11 Confocal Microscopy Based on the Digital Micromirror Device for 3D Biological Imaging** LEE Changhoon, KIM Kwan-Hyung, YEO Jun-Yeob, KIM Jaisoon, SOH Kwang-Sup(School of Physics and Astronomy, Seoul National

University.) Confocal microscopy is widely used for 3D biological imaging due to its superior resolution and the depth sectioning ability. But the slow scan rate and the short dwell time restrict applications of confocal microscopes. We use the Digital micromirror device (DMD) for both fast scan rate and enough dwell time. We develop a confocal microscope system for 3D imaging, which scans xy-plane by DMD mirrors and z-axis by a linear stage moved by a stepping motor. The lateral resolution and the longitudinal resolution are calculated by the full-width half maximum (FWHM) and compared with the experimental results, images of the USAF target or glass surface. In order to remove the background noise we use a  $\lambda/4$  wave plate, two linear polarizers, and polarized beam splitter and they have dramatically improved the signal to noise ratio. Some biological samples are imaged by this confocal microscope and the results show that this system acts well as a 3D profilometry. We also apply a water-immersion objective lens for 3D tomography of transparent samples.

#### **I-12 Illumination System for G-Line(436nm) Stepper**

YEO Junyeob, WON Kitak, LEE Hyounghoo, JI Yikweon<sup>1</sup>, WEI Changhyun<sup>1</sup>, KANG Heungseok<sup>1</sup>, KIM Jaisoon(서울대학교 물리천문학부, <sup>1</sup>OFT.) Stepper is a core device for photolithography process. Optics of that device can be divided in two main parts, illumination and projection optical system. These two systems are designed and manufactured separately, but they should be used in a combined system. For making this illumination system, many factors as, shape and capability of light beam collector, diffuser or lens array, condenser and field lens, filters, mirrors and mechanical frame should be considered thoroughly. In this paper, we study for the illumination condition as like that exposure area is 33mm and magnification is 4:1 by using G-line light source(436nm). For satisfying these conditions, we have modeled various illumination optical systems and made simulations to understand their functions. We make deep analysis of characteristics of each illumination optical system and choose simple sequential factors for improving illumination system.

#### **I-13 Fabrication of photonic crystals using spatial light modulator**

ISNAENI ISNAENI, 이 선균, 조 용훈(충북대, 물리학과.) Several 2-dimensional photonic crystal structures have

been made onto photoresist by utilizing a spatial light modulator. The spatial light modulator was used to display a Fourier transform of hologram pattern, which was generated by computer. Any arbitrary patterns can be generated easily by computer-generated hologram (CGH). The results showed that using UV laser, several photonic crystal structures of photoresist with lattice constant as small as 2  $\mu$ m can be achieved on the glass substrates. Furthermore, using this technique, it is easy to create artificial defect of 2-dimensional photonic crystal for various applications such as photonic crystal with cavities, waveguides, etc. The transmission spectra of the fabricated photonic crystals showed that the photonic band gaps have been successfully achieved. The experimental results of photonic band gaps also agreed with simulation results. An advance improvement on optical setup will make this technique is good enough to create photonic crystal for visible light range. Therefore, this is an easy and useful technique to create arbitrary photonic crystal structures without fabricating complicated Fourier gratings.

#### **I-14 Ti:PPLN 도파로의 미세 굴절을 변화 측정 방법**

이 영락, 유 난이, 정 창수, 유 봉안, 신 우진, 엄 태중, 노 영철, 고 도경, 이 종민(광주과학기술원, 고등광기술연구소) Ti:PPLN 도파로 소자는 높은 비선형성과 전기광학 효과로 인하여 최근 여러 분야에서 활용 되고 있으나, 광손상에 취약한 특성이 있어서 높은 광세기에서는 그 사용이 제한되고 있다. Ti:PPLN 도파로의 광손상에 의한 굴절을 변화는 주로 준위상 정합 파장의 변화를 관측하여 연구되어 왔다. 본 발표에서는 Ti:PPLN 도파로 소자를 복굴절형 파장 필터인 Solc 필터로 사용하여, 입사광의 세기에 따른 필터의 중심 파장 변화를 관측하고, 이를 분석하여 도파로의 미세 굴절을 변화를 측정하는 새로운 방법에 대하여 소개한다.

#### **I-15 Quantum Optical Logic Gate Using EIT 한 준**

성, 함 병승(인하대학교 정보통신대학원/광양자정보처리연구단.) We propose and demonstrate quantum optical logic gates using electromagnetically induced transparency in a rare-earth doped solid. The quantum optical logic gate is based on quantum switching phenomenon, which is based on dark resonance swapping. In the presentation we show the switching speed of the quantum optical logic gate is much faster than the population relaxation time, which has been a limitation in the current optical switching techniques.

■ SESSION: J [J1]

10월 18일(목), 12:30 - 14:00

장 소: 삼다홀A

**J-01 밀도가 균질하고 약한 상호작용을 하는 보존계의 D-차원에서의 상전이 온도** 김 상훈(목포해양대학교, 교양학부) 다체계 보존계는 극저온에서 입자들이 응축하는 양자상전이 일어나는데 상호작용이 있는 경우 상전이 온도( $T_c$ )가 이동한다. 밀도가 균질하고 약한 상호작용을 하는 보존계에서 상호작용이 없는 경우( $T_c=0$ )에 비하여 상전이 온도가 얼마나 이동하는가를 2차원과 3차원 사이, 그리고 짧은 파장 영역에서 구하였다. 그리고 그 결과를 이전의 다른 연구결과와 비교하여, 이 결과의 특수한 경우가 이전에 이루어진 Toyota 와 Huang의 결과와 일치함을 보였다. arXiv:0707.1538

**J-02 Spontaneous Symmetry Breaking and Stochastic Phenomena in Parametrically Driven Magneto-Optical Trap** KIM Yonghee, HEO Myoung-Sun, NOH Heung-Ryoul<sup>1</sup>, JHE Wonho (Seoul National University. <sup>1</sup>Chonnam National University.) There were a lot of results related to many interesting nonlinear phenomena in parametrically driven magneto-optical trap(MOT) system. Among them spontaneous symmetry breaking(SSB) of atom population and various stochastic phenomena are very interesting. We observed SSB in experimentally and measure the related critical exponents. Also we study the SSB theoretically by changing of variable in rotating frame and simplifying the interaction between atoms and compare with the experimental results. We have investigated nonequilibrium stochastic properties of trapped cold atoms in MOT. In particular, the transient phenomena of atomic population near the unstable state has been observed. Relevant asymptotic behavior of relaxation rate has been quantitatively measured and anomalous fluctuation qualitatively discussed.

**J-03 Rb 원자의 N-형 에너지 준위에서 전자기 유도 광자 락** 배 인호, 문 한섭(부산대학교 물리학과) 본 연구에서는 <sup>87</sup>Rb 원자의 N-형 에너지 준위에서 결합광이 정상파로 존재하게 될 때 전자기 유도 광자 락 (electromagnetically induced photonic band gap : EIPBG) 에 대하여 연구하였다. 이는 전자기 유도 광자 락이 조사광의 진행방향에 대해 회절격자와 같은 역할을 하며 조사광의 순방향 (Forward) 과 반대방향으로 빛을 반사시켜 역방향 (Backward) 의 신호를 나타내는 것으로 설명되어진다. <sup>87</sup>Rb 원자의  $F=1 \rightarrow F''=2$  와  $F=2 \rightarrow F''=3$  인 전이선의 공명주파수를 가지는 결합광1 과 결합광2 를 각각 진행시키고  $F=2 \rightarrow F''=2$  인 전이선에 공명하는 조사광을 보내게 되면 네 개의 에너지 준위가 얹힌 상태가 되어 N-형 에너지 준위를 가지게 된다. 이때 두 결합광이 정상파가 될 때 전자기 유도 광자 락에 의한 조사광의 순방향 신호 (Forward signal) 를 측정하였다. 순방향 신호의 선폭은 전자기 유도 투과 현상일 때는 약 40 MHz 였으며 전자기 유도 광자 락 현상일 때는 약 10 MHz 로 측정되었다. 각각의 결합광의 세기와 주파수를 조절할 때 일어나는 변화를 관측하였으며 추가적으로 역방향 신호 (Backward signal) 를 관측하기 위해 셀의 온도를 올려 원자의 밀도에 따른 전자기 유도 광자 락 현상을 조사할 예정이다.

**J-04**

**Stationary Light in a MOT Cell** CHEN Yi, 유형

하, 함 병승(인하대학교 정보통신대학원/광양자정보처리연구단) We present a stationary light using EIT-based slow light in a MOT cell. The stationary light is a quantum optical phenomenon where a probe pulse is trapped inside an absorptive medium without absorbing or bleaching. This phenomenon is useful for the applications of weak power limit nonlinear optics such as quantum nondemolition measurement, where ultra high nonlinearity is needed for a pi phase shift using ultra weak optical light.

**J-05**

**Properties of quasi-eigenstates of quantum kicked rotor with absorption boundary in comparison with random unitary operators.** 허 광욱, 유 정완, 김 상욱(부산대학교 물리학과)

We investigate the standard quantum kicked rotor with the absorption boundary condition, which was introduced and has been carried out extensive studies by Casati {et al}. In the study of the system, we point out that the quantum decay rate of the quasi-eigenstates of the quantum kicked rotor (whose classical limit is chaotic) increases rapidly as close to the absorption boundary. In other words, localization length of the eigenstate decreases as its average momentum is close to the cutoff momentum,  $\rightarrow p_c$ . By comparison with the random unitary matrix firstly (to our knowledge) introduced in Math. Phys. 75, 255 (2006), we conclude that this behavior can be explained by the generic feature of the banded matrix structure irrelevant to the corresponding classical structure like the strange repeller which is associated with the open chaotic systems.

**J-06**

**전기 광학적 위상 변조기의 제작과 특성 연구**

윤 태현, 윤 두성(고려대학교, 물리학과) 전기 광학적 위상 변조기는 빛의 위상을 변조시키는 광학장비이다. 본 발표에서는 빛의 진폭의 변조를 막기 위해 전기 광학적 위상 변조기 내부의 LiNbO<sub>3</sub> 결정의 온도안정화가 가능한 전기 광학적 위상 변조기의 제작과 그 특성을 발표한다. 그리고 이렇게 자체 제작한 전기 광학적 위상 변조기를 이용해 주파수 변조전달 분광학(MTS) 실험을 하고 그 실험 결과를 발표한다. 주파수 변조전달 분광학은 통상적인 실험실 내의 음향잡음주파수보다 높은 변조주파수를 펄프광에 가해 RF주파수 영역에서 맥놀이 신호를 검출함으로써 검출기의 산탄 잡음(Shot noise) 한계까지 주파수 분별 신호를 측정할 수 있는 도플러 효과가 없는 분광법이다. 본 발표에서는 자체 제작한 전기 광학적 위상 변조기를 사용해서 위상이 변조된 외부 공진기형 반도체 레이저광을 이용해 795 nm <sup>87</sup>Rb 원자의 D<sub>1</sub> 초미세 구조 전이선을 대상으로 주파수 변조전달 분광 실험 및 주파수 안정화 결과를 보고한다.

■ SESSION: J [J2]

10월 18일(목), 14:30 - 16:00

장 소: 삼다홀A

**J-07**

**외부 공진기형 수동 모드록 반도체 레이저** 윤

태현, 장 광훈(고려대학교, 물리학과) 반도체 레이저는 다른 레이저에 비해 저가이고 다양한 파장 영역에서 제작되고 있어 최근 많이 사용되는 레이저중 하나이다. 모드록 반도체 레이저는 높은

효율, 넓은 주파수 변조 대역폭, 작은 크기 때문에 기존의 모드록 레이저를 대신하여 피코초 펄스 발생기로 사용될 수 있다. 우리는 최근 반도체 레이저를 이용한 모드록 레이저를 만드는 연구를 수행하였으며 외부공진기형 반도체 레이저 시스템을 이용하여 손쉽게 모드록 레이저를 제작할 수 있음을 알아냈다. 실험에서 두 개의 링 모드가 발진되는 Eagle yard 사의 Ridge waveguide 반도체 레이저를 사용하였고 그 반도체 레이저와 회절격자를 이용하여 Littrow형태의 외부 공진기형 반도체 레이저 시스템을 제작하였다. 또한 회절격자와 반도체 레이저 사이의 거리를 15 cm에서 45 cm까지 변화시킬 수 있도록 외부 공진기형 반도체 레이저 시스템을 제작하였다. 외부 공진기형 반도체 레이저 시스템에서 출력되는 빔을 고속 검출기를 이용하여 측정하고 오실로스코프와 스펙트럼 분석기를 통하여 자가 발진 모드록 현상이 일어남을 확인할 수 있었고 공진 길이 변화에 따라 발진되는 모드간의 간격이 변화하는 것을 확인할 수 있었다. 실온에서는 모드록 현상이 일어나지 않았지만 40 °C 근처에서 모드록 현상이 잘 일어남을 알 수 있었다. 현재 회절격자를 대신하여 그룹속도퍼짐이 보장되는 거울을 이용한 모드록 레이저 제작을 하고 있으며 statistical light-mode dynamics (SLD) 이론을 이용하여 우리가 관찰한 현상을 이론적으로 분석하고있다. 본 발표에서는 최근의 연구를 통해 얻은 수동 모드록 반도체 레이저의 특성에 대하여 발표하고자 한다.

**J-08 Yb 원자의 2차 자기광 포획을 위한 1112 nm 반도체 레이저의 2차 조화파 발생** 윤 태현, 이 진용(고려대학교, 물리학과) Yb 원자의  $1S_0 - 3P_0$  상호결합 전이선을 이용한 광격자 시계 구현을 위해서는 먼저  $1S_0 - 1P_1$  전기쌍극자 전이선을 이용한 1차 냉각이 선행되어야 한다. 그리고  $1S_0 - 3P_1$  상호결합 전이선을 이용한 2차 냉각으로 10 K 정도의 극저온 Yb 원자를 만들어 매직 파장 광격자에 포획하여야 한다. 본 발표에서는 Yb 원자의 2차 자기광 포획을 위해 555.8 nm  $1S_0 - 3P_1$  상호결합 전이선 근처에서 발진하는 레이저 제작에 대해서 발표한다. 555.8 nm의 레이저 빛은 LBO 비선형 결정을 이용한 2차 조화파 발생으로 제작한다. 실험에서는 1112 nm 파장에서 200 mW 출력을 가진 외부 공진기형 반도체 레이저를 사용하였다. 556 nm 2차 조화파 발생을 위하여 4개의 거울로 이루어진 외부 공진기를 만들고 크기의 LBO 비선형 결정을 온도조절기 내에 설치하여 공진기의 초점에 위치시켰다. 2차 조화파 발생을 위한 결정 온도는 대략 97 °C이고, 공진기의 전체 길이는 450 mm로 자유 분광 범위는 667 MHz이다. 입력 거울의 반사율은 비선형 결정의 흡수와 2차 조화파 발생에 의한 손실을 고려하여 1%의 투과율을 갖도록 1112 nm에서 유전체 코팅을 하였다. 공진기에 사용되는 다른 2개의 구면 거울과 1개의 평면 거울은 1112 nm에 대해서는 고반사율을 갖고 556 nm에 대해서는 무반사 특성을 갖는 이색 유전체 코팅을 하였다. 공진기의 거리 안정화는 편광 잠금 방법으로 하였다. 그리고 제작한 556 nm 2차 조화파 레이저의 주파수를 Yb 원자의 555.8 nm  $1S_0 - 3P_1$  상호결합 전이선 근처에서 안정화 되도록 요오드 분자(I<sub>2</sub>)의 초미세 구조선에 대한 Doppler-free 분광 신호를 검출하는 실험이 진행 중이다. 학회 발표에서는 556 nm 2차 조화파 반도체 레이저의 출력 및 주파수 가변 특성 실험 결과와 555.8 nm 근처에서 요오드 분자의 Doppler-free 분광 신호에 주파수 안정화 시키는 실험 결과를 보고할 것이다.

**J-09 제만 감속기를 이용한 Yb 열 원자빔의 종속도**

**조절** 윤 태현, 송 민수(고려대학교, 물리학과) 최근에 제안된  $^{174}\text{Yb}$  원자의  $^1S_0 - ^3P_0$  상호결합 전이선을 기준 진동자로 사용하는 광격자 시계를 구현하기 위해서는 Yb 열 원자빔의 속도를 30 m/s 수준으로 감속한 뒤 자기광 포획 기술을 이용하여 원자의 온도를 수십 K까지 냉각 및 포획해야 한다. 본 발표에서는  $^{174}\text{Yb}$  원자의  $^1S_0 - ^1P_1$  399 nm 전기쌍극자 전이선을 이용한 제만 감속기의 설계 및  $^{174}\text{Yb}$  원자의 종속도 조절 특성에 대한 실험 결과를 보고한다. 제만 감속기는 공간적으로 다른 기울기를 가지는 외부 자기장으로 원자의 에너지 준위 분리를 제어하여, 원자와 레이저의 상호작용에 의한 도플러 냉각을 연속적으로 유지시켜서 원자의 속도를 조절하는 장치이다. 사용된 소형 제만 감속기의 길이는 20 cm이고, 이 조건에서 편광이 된 감속용 레이저를 사용했을 때 필요한 자기장의 공간적 기울기를 계산하였다. 계산된 자기장 공간 분포에 맞는 자기장을 실험적으로 생성하기 위해 공간적으로 감은 수가 달라지는 솔레노이드 1차 코일을 설계·제작하였다. 제만 감속기의 1차 코일에 2.1 A의 전류를 가해 감속기의 출구에서 320 G의 자기장을 생성하였고, 최대 기울기는 37 G/cm이었다. 균일한 자기장을 발생시킬 수 있는 2차 코일을 감속기 외부에 설치하여 반대 방향의 자기장을 생성시켜서 자기장 기울기의 최대값을 조절하였다. 제작된 제만 감속기를 이용하여 초속도가 200 m/s 이하인 원자들의 최종속도를 20 ~ 30 m/s까지 조절할 수 있었다. 또한 약 30 W를 소모하는 두 코일들을 수랭식 냉각 방법을 통하여 열에 의한 물리적 변형과 코일의 저항 변화에 의한 전류 변화를 방지하였다. 400 °C까지 가열 가능한 오븐에서 발생한 확산형 Yb 열 원자빔의 종속도 감속과 종속도 분포측정을 위한 광원들은 외부 공진기형 다이오드 레이저를 사용하였다. 감속용 레이저의 최대 출력은 약 10 mW로, 실험에 필요한 0.25 I<sub>s</sub> (I<sub>s</sub> = 58 mW/cm<sup>2</sup>: 포화 세기)의 세기를 얻을 수 있고, 초속도가 200 m/s인 Yb 원자의 도플러 효과를 상쇄하기 위해 -500 MHz의 주파수 디튜닝을 주었다. 주파수 안정화는 DAVLL을 이용하였고, 약 1 MHz의 주파수 흔들림이 관측되었다.

**J-10 시료혼합방법을 이용한 C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>분자의 광흡수단면적 측정** 김 현, 정 양수, 박 재현<sup>1</sup>, 김 성조(충남대학교 물리학과, <sup>1</sup>포항가속기연구소) C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>분자의 광흡수단면적을 입사광 에너지가 이온화에너지(11.39 eV)보다 낮은 영역에서 Double Ion Chamber(DIC)를 이용하여 측정하였다. impurity로 acetone과 benzene을 사용하였으며 광원은 포항가속기연구소 3B1 NIM beam line의 resolution 0.06 nm인 방사광을 이용하였다. 측정된 파장영역은 108 nm - 137 nm이다. 시료혼합방법과 attenuation방법으로 구한 광흡수단면적을 서로 비교하였고, Masako Suto et al. [Masako Suto and L. C. Lee, J. Chem. Phys. 80, 4824 (1984)]의 광흡수단면적값과 비교하였다.

**J-11 Photoionization cross section of collinear Helium atom using generalized log-derivative method** 변 창우, 최 나열, 이 민호, TANNER Gregor<sup>1</sup>(금오공과대학교 물리학과, <sup>1</sup>Nottingham Univ.) 일직선상에 놓인 헬륨원자의 광이온화 단면적에 대한 기술을 위해 도입한 complex rotation 방법은 그 우수함이 입증되었다. 그러나 3차원 공간의 헬륨은 1차원과는 달리 현재 컴퓨팅 능력을 훨씬 증가하는 자원이 요구된다. 이에 따른 새로운 접근 방법으로, 계산 구간별로 독립적인 병렬처리가 가능한 Generalized Log-derivative 방법을 소개하고, 이 방법을 이용하여 3차원 헬륨의

광이온화 단면적을 해석 하기 위한 선행 과정으로 먼저 일직선상에 놓인 헬륨원자에 적용하고, 방법의 적합성을 판단하고자 한다.

**J-12 Semi-classical approach to photo-ionization cross section of two-electron atoms** LEE Min-Ho, 변 창우, 최 낙렬, TANNER Gregor<sup>1</sup>(금오공과 대학교, 물리학과. <sup>1</sup>Nottingham University.) Using the extended closed orbit theory, it is conjectured that the fluctuation part of the total photo-ionization cross section (TPICS) of two-electron atoms can be described in terms of contributions associated with the classical orbits starting and ending at triple collision and the amplitude of TPICS decreases as  $\sigma(E) \rightarrow |E|^\mu$  when approaching the double-ionization threshold ( $E=0$ ), where  $\mu=1.30589...$  for Helium atom ( $Z=2$ ). The exponent  $\mu$  which differs from the Wannier exponent,  $\mu_W = 1.05589...$  for Helium, can be interpreted in terms of the stability exponents of the triple-collision singularity. Using the extended closed orbit theory, we numerically calculate the semi-classical approximation of the TPICS for a model system, collinear eZe Helium. By comparing with the quantum calculation, we show the semi-classical numeric calculation is highly accurate for  $E \rightarrow 0$ .

■ SESSION: J [JI1]/[II1]  
10월 18일(목), 16:30 - 18:00  
장 소: 삼다홀B

**JI-01 Atom interferometry and its applications** KIM Jaewan(Department of Physics, Myongji University.) Atom interferometry utilize wavelike nature of matter and benefits from the short de Broile wavelength of the matterwave. Recently, neutral atoms which are laser-cooled down to a few K or even to a few nK are used, widening the applications of the atomic interferometers. Optical interferometers have been greatly used in precision measurements and atom interferometer can replace the optical interferometers providing better precision. In addition, atomic interferometers have unique feature that they are sensitive to inertial forces. Atomic inertial sensors such as gravimeters[1] and gyroscopes[2] are realized. Precision measurements of fundamental constants such as  $h/m$  and Newtonian  $G$  are also done by atomic interferometers and Einstein's equivalence principle is also on the test using atom interferometers[4]. A space project to measure quantum gravity effects is also in progress. In this talk, the basic principle of atomic interferometers and their many interesting applications are presented.

References [1] M. Kasevich and S. Chu, Applied Physics B 54, 321 (1992) [2] T. L. Gustavson, P. Bouyer, and M. A. Kasevich, Phys. Rev. Lett. 78, 2047 (1997). [3] S. Fray, C. A. Diez, T. W. Hänsch, and M. Weitz, Phys. Rev. Lett. 93, 240404 (2004).

**JI-02 Systematic phase shifts in cold atom gravimeters** MEHLSTÄUBLER Tanja(LNE-SYRTE, Observatoire de Paris.) We perform absolute measurements of the Earth gravitational acceleration  $g$  with free falling, cold  $^{87}\text{Rb}$  atoms. The experiment is

a part of the French Watt balance project of the LNE for the re-definition of the kg [1]. In our atom interferometer a sequence of three stimulated Raman transitions separates and recombines the atomic wave function, using vertical counter-propagating laser beams [2]. During each light pulse, the phase difference of the lasers is imprinted onto the atomic phase. The phase shift between the two paths depends on  $g$ , and scales with the square of the time interval between two consecutive pulses. As the experiment was developed to be transportable, the maximum interaction time is limited to 120 ms, but has a high repetition rate of up to 4 Hz. By combining passive isolation and post-treatment of vibration measurements, we reach a sensitivity of  $1.4 \times 10^{-8} \text{ g/Hz}^{1/2}$ . We will detail our investigations of the various systematic effects that shift the measured value of  $g$ . Alternating measurements with opposite directions of the Raman lasers allow to reject shifts due to one photon light shift, RF phase shifts, as well as magnetic field gradients (rejection at the  $10^{-3}$  level). The influence of two photon light shift, wavefront distortions and Coriolis acceleration will be discussed. As an outlook we present the recent comparison of our gravimeter with a commercial A10 and briefly discuss the expected improvements in our new vacuum chamber, where improved optical access and atomic velocity control will be provided.

References [1] G. Geneves et al, IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement 54, 850 (2005). [2] P. Cheinet et al, J. Phys. IV 119, 153 (2004).

**JI-03 Atom Interferometry and Quantum Phase** MORINAGA Atsuo(Tokyo University of Science.) Atom interferometers are expected to be a new and powerful tool to measure quantum phases. instead of neutron interferometers, because of a large flux of atomic beam. For example, the Aharonov-Casher effect of calcium atom was measured at real time using an atom interferometer [1], while the neutron interferometer took three months to observe the effect. Furthermore, using cold ensemble of trapped atoms, time-domain atom interferometers have been developed. Using such a time-domain atom interferometer, the Scalar Aharonov-Bohm effect and Berry's phase [2] were investigated. Recently, the authors developed a universal single qubit operation of cold two-level atoms by such a geometrical phase investigated by a time-domain atom interferometer [3]. Atom interferometers to measure quantum phases are discussed.

References [1] S. Yanagimachi, M. Kajiro, M. Machiya and A. Morinaga, Phys. Rev. A 65, 042104-1-7 (2002). "Direct measurement of the Aharonov-Casher phase and tensor Stark polarizability using a calcium atomic polarization interferometer" [2] A. Morinaga, T. Aoki and M. Yasuhara, Phys. Rev. A 71, 054101 (2005) "Dependence of Berry's Phase for atom on a sign of the g-factor in the rotating magnetic field" [3] H. Imai, Y. Otsubo and A. Morinaga, Phys. Rev. A 76, 012116 (2007). "Evaluation of geometric phase of a two-level atom manipulated on the Bloch sphere using a time-domain atom interferometer "



■ SESSION: J [J3]

10월 19일(금), 13:00 - 14:30

장 소: 삼다홀A

**J-13 Polarization Resolved Near-field Imaging of**

**Propagating Surface Plasmon Polariton Generated by Nanoslit Aperture** 김 현우, 이 광걸, 안 재성, 김 대식(서울대학교 물리천문학부.) Surface plasmon polariton (SPP) generated by single slit is studied using near-field scanning microscope combined with linear polarizer. Polarization resolved near-field images distinguish SPP from other diffracted light, showing both how SPP is emanating from the slit aperture and how propagating SPP generates standing wave pattern on the metal surface. Additional information of SPP generation efficiency is given by studying in the visibility of polarization resolved standing wave. These observations demonstrate that polarization resolved near-field measurement provides new information which was not available in conventional near-field scanning microscope techniques.

**J-14 Study on the Image Dipole Effects on Metal and Dielectric Surfaces Using Gold Nanoparticle Attached Tips**

이 광걸, 안 광준, 김 현우, 안 재성, 김 대식(서울대학교 물리천문학부 초고속현상연구실.) Recently, we reported that a polarization-analyzed detection of light scattered off gold nanoparticle functionalized tips and apertured metal tips made it possible to simultaneously determine both the direction and the magnitude of local electric fields, i. e. the local field vector. Each tip acts as an electric dipole scattering center of local electric fields. Near the sample surface, the measured field vector can be highly misread because the induced image dipole contributes differently for the two orthogonal field components. So far, the image dipole effects hardly have been studied quantitatively because there's no experimental way of the axis resolved detection of the near-fields. By applying newly developed axis-revolved detection scheme, we investigated the image dipole effects on the metallic and the dielectric interfaces.

**J-15 Temporal Shaping of a Heralded Single-Photon**

**Wave Packet** 백 소영, 권 오성, 김 윤호(포항공과대학교 물리학과.) We experimentally demonstrate temporal shaping of a heralded single-photon wave packet, prepared by conditional measurement of the idler photon of the entangled photon pair in the process of spontaneous parametric down-conversion. The heralded single-photon wave packet for the signal photon, after being tailored with the help of chirp broadening and interference effects, was observed directly by measuring the time-correlated single-photon

counting histogram. We also demonstrate nonlocal control of the temporal shaping effect by spectrally filtering of the idler photon.

**J-16 Theory of Evanescent Field Detection using Gold**

**Nanoparticles above Dielectric Surfaces** AHN Kwang Jun, LEE Kwang Geol, KIM Dai Sik(서울대학교 자연과학대학, 물리천문학부.) In near-field detections using a local probe above surface the reflected field from surfaces is always superimposed on the direct radiation from the local probe at every position, which leads to variations of the detected signal and, simultaneously, the optical property of the probe. In this contribution, the influence of the reflected field from dielectric surfaces on the optical property of the local probe and the far-field signal is discussed. We model the local probe to coupled dipoles in the Green functions tensor formalism and calculate the polarization induced at the local probe and the scattered light by it in a self-consistent manner. By comparing the induced polarizations of the local probe modelled by the single dipole and coupled dipoles, respectively, the limitation of the single dipole as well as the effect of the field gradient inside the local probe are discussed. We measured the light intensity patterns scattered by a gold nanoparticle depending on the detector angle. After the validation of our model through the comparison of experimental results to theoretical predictions, we confirm that the evanescent field vector can successfully mapped in the far-field with near-field scanning optical microscope using gold nanoparticle functionalized tip.

**J-17 Implementation of Polarization-Coded Free-Space BB84 Quantum Key Distribution**

김 용수, 정 연창, 김 윤호 (POSTECH.) We have demonstrated Bennett-Brassard 1984 (BB84) quantum key distribution (QKD) over a 17 m free-space path above an optical table. Attenuated laser pulses and Pockels cells driven from a pseudo random number generator are employed to prepare polarization-encoded photons. The sifted key generation rate of 25kbits per second and quantum bit error rate (QBER) of 4% have been demonstrated. This QBER is sufficiently low to extract a secret key and do secure communication.

**J-18 Collection efficiency of two-photon states generated from Type-II Spontaneous Parametric Down Conversion.**

KWON Osung, BAEK So-Young, KIM Yoon-Ho(Postech.) We experimentally measured collection efficiency of entangled photons generated from spontaneous parametric down conversion for different two methods, ordinary and beamlike method. In each case, we tested the collection efficiency for different cases that entangled photons are coupled into Single-Mode Fiber and Multi-Mode Fiber.



■ SESSION: L [L1]  
10월 18일(목), 13:00 - 14:00  
장 소: 302호

**L-01 Frame Dragging in Black String and Kaluza-Klein Bubble** 이 창재, 김 형찬<sup>1</sup>(대전대학교, 물리학과. <sup>1</sup>연세대학교, 물리학과.) We investigate the velocity frame dragging effect with the boosted Schwarzschild black string solution and the boosted Kaluza-Klein bubble solution. We show that the velocity frame dragging effect can be nullified by the motion of an observer in the black string spacetime using the boost symmetry along the  $z$ -coordinate if it is not compact. However, with the compact  $z$ -coordinate, the velocity frame dragging effect cannot be removed since the compactification breaks the global Lorentz boost symmetry. As a result, the momentum parameter along the  $z$ -coordinate, seen by an asymptotically static observer, becomes an observer independent characteristic quantity. The dragging induces a spherical ergoregion around the black string.

**L-02 Roche Lobe Overflow 에 의한 질량 이동** 조 희석, 이 창환(부산대학교 물리학과.) 블랙홀과 다른 별이 짝을 이루고 궤도 운동을 하게 되면 중력과 복사에 의해서 에너지와 각 운동량을 잃게 되고 두 별의 거리가 점점 가까워진다. 따라서 로시 로브가 점점 수축해서 로시 반경과 별의 반경이 같아지면 별의 표면에 있는 물질이 블랙홀의 중력에 이끌려서 질량 이동이 일어난다. 이 과정을 Roche lobe overflow 라고하며, 블랙홀과 짝을 이루는 별의 크기와 구조에 따라서 질량 이동률의 크기가 결정된다. 별의 질량에 대한 반경의 함수를 고려하고 별의 반경이 로시 반경과 같아지는 조건을 통해서 별의 질량 이동률을 알 수 있다. MS(주계열성), WD(백색 왜성), NS(중성자 별) 세 가지 경우에 대해서 블랙홀의 질량을 변화시키면서 질량 이동률의 크기를 계산해보았다. 이 결과를 통하여 질량 이동률과 현재 관측되고 있는 X-ray 블랙홀 쌍성, Gamma-ray burst 등의 상관관계에 대한 연구를 수행하였다.

**L-03 Local Rate of SHBs & Lifetime of SHB Progenitors** 정 수민, 이 창환<sup>1</sup>(이화여자대학교, 물리학과. <sup>1</sup>부산대학교, 물리학과.) Recently, afterglows of the short hard gamma ray burst (SHB) have been detected, which allowed us to estimate the SHB progenitors. The most promising candidates of SHB progenitors are NS-NS mergers and NS-BH mergers, which are also considered to be sources of the strong gravitational waves. In this work, we calculated the local rate of SHBs to constrain the lifetime of their progenitors by using various star formation history models and presumed progenitor lifetimes. Our results confirm that the SHB progenitors are consistent with old population, about 6Gyr ~ 10Gyr lifetime, independently of the different universe model. We applied this method to two possible subclasses in long soft gamma ray burst. We found that three classes of gamma ray burst are more suitable.

**L-04 3-Dimensional Simulations of Phase-transition-induced Collapse of Neutron Stars** KIM Hee Il, LEE Hyung Mok(Department of Physics and Astronomy, Seoul National University.)

We study the collapse of neutron stars induced by the transition to (strange) quark stars. The 3-dimensional hydrodynamical simulations are performed by using Whisky on which high resolution shock capturing method is implemented. The full Einstein equations are solved by using Cactus, the numerical environment for the general relativity, and by adopting its mesh refinement driver, Carpet. We investigate the instability and the emitted gravitational waves by considering various possible equation of states.

■ SESSION: L [LI1]  
10월 18일(목), 14:15 - 15:15  
장 소: 302호

**LI-01 Probe of Dark-Energy with Large Scale Structures** KEUM Yong-Yeon(National Taiwan University.) After SN1a and WMAP observations in the last decade, the discovery of the accelerated expansion of the universe is a major challenge of particle physics and cosmology. There are currently three candidates for the dark-energy which derives this accelerated expansion: 1) a non-zero cosmological constant 2) a dynamical cosmological constant with the scalar field 3) modification of Einstein theory of Gravity. In this talk we discuss the possible way how shall we distinguish the origins of dark-energy with large scale structures. Four main observational techniques can be used for this purpose: Baryon Acoustic Oscillations (BAO), Galaxy Cluster (CL), Supernova (SN) and Weak-Lensing (WL). Different techniques have different strengths and weakness and are sensitive in different ways to the dark-energy properties and to other cosmological parameters. A brief summary for each method is as follows: (a) Baryon Acoustic Oscillations (BAO) are observed in large-scale survey of the spatial distribution of galaxies. The BAO technique is sensitive to dark-energy through its effect on the angular-diameter distance vs. redshift relation and through its effect on the time evolution of expansion rate. (b) Galaxy Cluster (CL) surveys measure the spatial density and distribution of galaxy clusters. The CL method is sensitive to dark-energy through its effect on a combination of the angular-diameter distance vs. redshift relation, the time evolution of the expansion rate, and the growth rate of structure. (c) Supernova (SN) surveys use Type 1a supernovae as standard candles to determine the luminosity distance vs. redshift relation. The SN technique is sensitive to dark-energy through its effect on this relation. (d) Weak-Lensing (WL) surveys measure the distortion of background images due to the bending of light as it passes by galaxies or clusters of galaxies. The WL method is sensitive to dark-energy through its effect on the angular-diameter distance vs. redshift relation and growth rate of structure.

**LI-02 Continuum Gamma-ray Emission from Light Dark Matter Decays** KIM Hang Bae, KIM Ji Hyun, MENG Xin-He(Hanyang University.) The annihilation or decay of light dark matter is a good option to explain the observed 511 keV gamma-ray line emission from the galactic bulge. But this process is accompanied by the emission of continuum gamma-rays due to

in-flight annihilation of produced positrons, external and internal bremsstrahlung, etc. The observed continuous spectrum from the galactic bulge was found to put a stringent bound on the mass of the light dark matter particle for the annihilation case. We study the decay case and found the similar bound on the mass.

**LI-03 Two non-commutative parameters and regular cosmological phase transition in the semi-classical dilaton cosmology**

손재주, 김원태(서강대학교) We study cosmological phase transition from modified equations of motion by introducing two non-commutative parameters in the Poisson brackets, which describes the initial- and future-singularity-free phase transition in the soluble semi-classical dilaton gravity with the non-vanishing cosmological constant. Accelerated expansion and decelerated expansion corresponding to the FRW phase appear alternatively, and then it ends up with the second accelerated expansion. The final stage of the universe approaches the flat spacetime independent of the initial state of the curvature scalar as long as the product of the two non-commutative parameters is less than one. The other interesting cases are discussed in detail.

■ SESSION: L [LI2]

10월 18일(목), 15:30 - 17:45

장소: 302호

**LI-04 Black hole evaporation in an expanding universe**

SAIDA Hiromi(Daigo Institute of Technology, Japan.) So far, the Hawking radiation and the black hole thermodynamics have been studied under the boundary condition; asymptotic flat, de Sitter or Anti-de Sitter without mass accretion onto the black hole horizon. But exactly speaking in our universe, there is no black hole which is asymptotically flat, and mass accretion onto the black hole is also an expected phenomenon. Then we calculate the quantum radiation power by black holes which are asymptotic to the Einstein-de Sitter universe (spatially flat and dust dominated Friedmann universe) at spatial and null infinities for two limiting mass accretion scenarios, no accretion and significant accretion. These scenarios show very different results. For the no accretion case, the radiation power of Hawking radiation is weaker than that by asymptotic flat black holes and prolongs the evaporation time. This prolongation gives a little effect on the evaporation time of primordial black holes. Furthermore the black hole is regarded as an object in a NON-equilibrium state, and a well-defined temperature can not be assigned. This non-equilibrium nature may be understood by an analogy with the quantum radiation by a moving mirror in flat spacetime. For the significant accretion case, the huge accretion dominates the energy loss by the Hawking radiation and prevents the black hole evaporation. This growth of black hole is quasi-static process. We find a quasi-equilibrium temperature is assigned to the gradually growing cosmological black hole. By generalizing it, we propose a definition of temperature for general conformal stationary black holes.

**LI-05 Perturbative calculation of quasinormal modes of d-dimensional black holes**

SHU Fuwen(Chinese Academy of Sciences, China.) We study analytically quasinormal modes in a wide variety of black hole spacetimes, including  $d$ -dimensional asymptotically flat spacetimes and non-asymptotically flat spacetimes (particular attention has been paid to the four dimensional cases). We extend the analytical calculation to include first-order corrections to analytical expressions for quasinormal mode frequencies by making use of a monodromy technique. All possible type perturbations are included in this paper. The calculation performed in this paper shows that systematic expansions for uncharged black holes include different corrections with the ones for charged black holes. This difference makes them have a different  $n$ -dependence relation in the first-order correction formulae. The method applied above in calculating the first-order corrections of quasinormal mode frequencies seems to be unavailable for black holes with small charge. This result supports the Neitzke's prediction. On what concerns quantum gravity we confirm the view that the  $\ln 3$  in  $d = 4$  Schwarzschild seems to be nothing but some numerical coincidences.

**LI-06 Quantum Entanglement and Teleportation in Higher Dimensional Black Hole Spacetimes**

GE Xian Hui(APCTP, Korea.) We study the properties of quantum entanglement and teleportation in the background of stationary and rotating curved space-times with extra dimensions. We show that a maximally entangled Bell state in an inertial frame becomes less entangled in curved space due to the well-known Hawking-Unruh effect. The degree of entanglement is found to be degraded with increasing the extra dimensions. For a finite black hole surface gravity, the observer may choose higher frequency mode to keep high level entanglement. The fidelity of quantum teleportation is also reduced because of the Hawking-Unruh effect. We discuss the fidelity as a function of extra dimensions, mode frequency, black hole mass and black hole angular momentum parameter for both bosonic and fermionic resources.

**LI-07 Black Hole horizons and Thermodynamics**

NIELSEN Alex(Univ. of Canterbury, NZ & SNU, Korea.) I will talk about black hole horizons and their role in black hole evaporation. Currently some new techniques have led to exciting developments and the field seems to be growing in two distinct directions. I will discuss and compare both global and local methods of attacking this problem and discuss some recent results.

**LI-08 Entropy function and universal entropy of two-dimensional extremal black holes**

오정근, 현승준, 김원태<sup>1</sup>, 손재주(연세대학교, 물리 및 응용물리 사업단, <sup>1</sup>서강대학교, 물리학과.) The entropy for two-dimensional black holes is obtained through the entropy function with the condition that the geometry approaches an AdS<sub>2</sub> spacetime in the near-horizon limit. It is shown that the entropy is universal and proportional to the value of the dilaton field at the event horizon as expected. We find this universal

behavior holds even after the inclusion of higher derivative terms, only modifying the proportional constant. More specifically, a variety of models of the dilaton gravity in two dimensions are reconsidered, in which it is shown that the universal entropy coincides with the well-known results in the previous literatures.

■ SESSION: L [LT1]

10월 18일(목), 18:15 - 18:45

장 소: 302호

**LT-01 Hawking radiation: A brief derivation** KANG

Gungwon(KIST). In this tutorial a brief derivation of the Hawking radiation will be presented. For simplicity a quantum scalar field will be considered on a background spacetime which evolved into the Schwarzschild black hole starting from a regular spacetime with a collapsing matter at central region. We define a vacuum state of the scalar field which is natural initially at the regular spacetime, and observe this state afterwards when the spacetime is settled down having a black hole at the center. Surprisingly, this state is observed as a thermal state having Planckian distribution on the black hole spacetime. Consequently, it implies black hole evaporation and several related features such as black hole thermodynamics and information loss paradox will be summarized briefly. In case that some time is left, another approach for the black hole radiation based on stress-energy tensor calculations will also be discussed briefly.

■ SESSION: L [LF1]

10월 19일(금), 11:00 - 12:30

장 소: 302호

**LF-01 MEMS Telescope (MTEL) for Observation of Transient Luminous Events** 박 재형, 박 일홍, 남 신우, 양 종만,

이 직, 나 고운, 김 지은, 문 경화, S. Artikova, 전 진아, 오 세지, 정 수민, 정 애라, 박 용선<sup>1</sup>, 유 형준<sup>1</sup>, 김 용권<sup>2</sup>, 유 병욱<sup>2</sup>, 김 민수<sup>2</sup>, 진 주영<sup>2</sup>, G. Garipov<sup>3</sup>, B. Khrenov<sup>3</sup>, P. Klimov<sup>3</sup>(<sup>1</sup>이화여자대학교, 물리학과, <sup>2</sup>서울대학교, 물리천문학부, <sup>3</sup>서울대학교, 전기컴퓨터공학부, <sup>3</sup>Moscow State University.) A novel telescope with fast tilting MEMS (Micro-Electro-Mechanical Systems) micromirror arrays and a multi anode photomultiplier tube is proposed for observation of terrestrial light flashes including extreme lightening in the upper atmosphere, the so-called Transient Luminous Events (TLEs). Thanks to fast rotatable micromirrors, the MEMS telescope has important functions like a fast trigger and the zoom-in of a given object, apart from wide field of view (FOV). A spectrometer and a CCD camera are also attached to the MTEL. The proposed MTEL for observation of TLEs is planned for launching next summer. We will present the design and the current status of MTEL.

**LF-02 Status of the JEM-EUSO mission** 남 신우, 정 애

라, 정 태신, 박 재형, 박 일홍, 정 수민, 김 지은, 나 고운, 오 세지(이화여자대학교.) In the research of the origin and propagation of ultra high-energy cosmic rays high statistics measurement of the

extensive air shower events is crucial. The measurement from the space provides a promising condition as the whole earth atmosphere is used as a detector. As a new type of space observatory being constructed with an international collaboration JEM-EUSO (Extreme Universe Space Observatory on Japanese Experiment Module) has been selected as the candidate mission of the second utilization of JEM at the International Space Station (ISS). It is a wide field-of-view telescope that orbits around the earth every ~ 90 minutes at the altitude of ~ 430km and observes space with a radius of ~ 250 km. The instantaneous aperture of JEM-EUSO is larger than that of Pierre Auger Observatory by a factor of 56 - 280. Two-year-long Phase-A/B study has started. The status of the project is presented.

**LF-03 High energy cosmic rays measured by the**

**CREAM experiment** PARK Nahee, AHN H.S.<sup>1</sup>, GANEL O.<sup>1</sup>, JEON J.A., LEE M.H.<sup>1</sup>, NAM S., PARK I.H., SEO E.S.<sup>2</sup>, WALPOLE P.<sup>1</sup>, YANG J., YOON Y.S.<sup>3</sup>(*Ewha Womans University.* <sup>1</sup>Inst. for Phys. Sci. and Tech., University of Maryland. <sup>2</sup>Inst. for Phys. Sci. and Tech., University of Maryland; University of Maryland. <sup>3</sup>Inst. for Phys. Sci. and Tech., University of Maryland ; University of Maryland.) CREAM (Comic Ray Energetics And Mass) is designed to measure the individual element spectra of cosmic rays from proton to iron with energies higher than 10<sup>10</sup> eV. As a balloon-borne experiment, CREAM can make direct measurements of primary particles which will provide clues to test origin, propagation and acceleration models of high energy cosmic rays. CREAM collected about 70 days of data with two successful flights. The current status of flight data analysis about the relative abundance of heavy ions and the preparation for the third flight will be presented.

■ SESSION: L [LF2]

10월 19일(금), 13:30 - 14:45

장 소: 302호

**LF-04 고분해능 X선 검출기** 이 영화, 권 용대, 이 상

준<sup>1</sup>, 김 선기<sup>1</sup>, 이 화용, 이 경범, 이 민규, 김 용환(한국표준과학연구원, <sup>1</sup>서울대학교 물리 천문학부.) 초전도 상전이 특성을 기반으로 한 transition edge sensor (TES)는 높은 에너지 분해능과 낮은 검출 하한으로 차세대 X선 검출기로 각광 받고 있다. TES는 기초 과학 뿐 만 아니라 첨단 산업 분야 등 다양한 응용 가능성을 보여 주고 있어 그 역할이 기대되고 있다. 본 연구에서는 SiNx 막 위에 초전도 근접효과를 갖는 Ti/Au 이중막의 TES를 형성하고, Si 기판의 후면을 식각함으로 SiNx막 위 소자의 열용량 및 기판으로 열 확산을 최소화시켰다. X선 선원인 <sup>55</sup>Fe를 이용하여 제작된 검출기 성능을 측정하였다. 현재 6 keV X선에 대한 에너지 스펙트럼 측정 결과 약 30 eV의 분해능을 보이고 있으며, 최적화된 공정과 TES 구조 개선 등으로 보다 좋은 소자의 성능 향상을 위한 연구를 하고 있다.

**LF-05 COREA 실험의 현재와 계획** 조 일성, 권 영준,

조 우람, 남 신우<sup>1</sup>, 박 일홍<sup>1</sup>, 양 종만<sup>1</sup>, 이 재금<sup>1</sup>, 이 소정<sup>1</sup>, 김 보금<sup>1</sup>, 임 선인<sup>1</sup>, 최 은정<sup>2</sup>, 방 형찬<sup>2</sup>, 추 경호<sup>2</sup>, 천 병구<sup>3</sup>, 공 병주<sup>4</sup>, 김 강산<sup>4</sup>,

박 소희<sup>4</sup>, 손 용민<sup>4</sup>, 이 찬종<sup>4</sup>, 이 한술<sup>4</sup>, 임 승연<sup>4</sup>, 조 준상<sup>4</sup>(연세대학교 <sup>1</sup>이화여자대학교 <sup>2</sup>서울대학교 <sup>3</sup>한양대학교 <sup>4</sup>의정부과학고등학교)  $10^{20}$  eV를 넘는 초고에너지 우주선 입자의 존재여부는 입자물리 및 천체 물리 분야에서 중요한 관심사가 되어 왔다. 초고에너지 우주선 입자를 검출 하기 위한 한 가지 방법은 검출기를 넓은 영역에 분산 배치하여 우주선 입자가 대기 중에서 일으키는 샤워를 동시측정을 통하여 찾아내는 것이다. 중 고등학교의 시설을 활용하여 초고에너지 우주선 입자를 탐색하고자 하는 COREA 실험에서는 이를 위한 연구, 개발의 첫 단계로 의정부 과학고등학교에 3기의 섬 광검출기를 설치하고 동시신호 측정을 위한 prototype을 마련했다. 이 prototype system을 이용하여 얻어진 데이터를 통해 섬광 검출기 동시신호를 분석하였다. 본 발표에서는 의정부 과학고등학교에 설치된 COREA 실험 prototype을 중심으로 실험의 현재 상황과 향후 계획을 말하고자 한다.

**LF-06 Spectrophotometer in MEMS Space Telescope for observation of Extreme Lightning Phenomena** 오 세지, 김 지은, 나 고운, 전 진아, 정 수민, ARTIKOVA S., 정 애라, 남 신우, 양 종만, 이 직, 박 재형, 박 일홍, 박 용선<sup>1</sup>, 유 형준<sup>1</sup>, 유 병욱<sup>1</sup>, 김 민수<sup>1</sup>, 진 주영<sup>1</sup>, 김 용권<sup>1</sup>, KHRENOV B.<sup>2</sup>, GARIPOV G.<sup>2</sup>, KLIMOV P.<sup>2</sup>(이화여자대학교 <sup>1</sup>서울대학교 <sup>2</sup>모스크바대학교) 성층권 이상의 대기에서 일어나는 것으로 최근에 발견된 대형 대기방전 현상(TLE - Transients Luminous Events)은 초고에너지 우주선의 대기 샤워를 우주에서 관측할 때 오로라, 유성 등과 함께 같이 연구되어야 할 대기 현상이다. 이것을 관측하기 위해 설계된 두 개의 망원경 KAMTEL (Korean Astronaut MEMS space Telescope)과 MTEL (MEMS Telescope for Extreme Lightning)은 TLE의 에너지 스펙트럼을 관측하기 위해 분광계 (spectrophotometer)를 포함하고 있다. 이 분광계는  $\pm 10^\circ$ 도의 시야각 (FOV)을 가지며, 망원경으로 들어온 빛은 사각 평면거울에 반사되어, 8개의 간섭 필터를 통과한다. TLE의 300 - 800 nm에 이르는 파장 영역은 이 필터들을

통해 8개로 나누어 관측된 후,  $8 \times 8$  채널의 다중채널광증배관 (MAPMT)을 통해 검출 신호로 처리된다. 이러한 분광계의 구조 및 시뮬레이션 결과, 실험실 테스트 결과에 대해 논의한다.

**LF-07 Laboratory Test of Newton's Second Law for Small Accelerations** GUNDLACH Jens H., SCHLAMMINGER Stephan, SPITZER C.D., CHOI KI-YOUNG<sup>1</sup>, WOODAH B.A.<sup>2</sup>, COY J.J.<sup>2</sup>, FICHBACH E.<sup>2</sup>(University of Washington, Physics Department. <sup>1</sup>서강대학교, 물리학과. <sup>2</sup>Purdue University, Physics Department.) We have tested the proportionality of force and acceleration in Newton's second law,  $F=ma$ , in the limit of small forces and accelerations. Our tests reach well below the acceleration scales relevant to understanding several current astrophysical puzzles such as the flatness of galactic rotation curves, the Pioneer Anomaly, and the Hubble acceleration. We find good agreement with Newton's second law at accelerations as small as  $5 \times 10^{-14} \text{ m/s}^2$ .

**LF-08 Study of high-energy cosmic rays with the TA experiment** 권 영준, 조 일성, 조 우람, 박 일홍<sup>1</sup>, 양 종만<sup>1</sup>, 남 신우<sup>1</sup>, 천 병구<sup>2</sup>, 류 동수<sup>3</sup>, 강 혜성<sup>4</sup>, 윤노 유지<sup>2</sup>, 박 재형<sup>1</sup>(연세대학교 물리학과. <sup>1</sup>이화여대 물리학과. <sup>2</sup>한양대 물리학과. <sup>3</sup>충남대 천문학과. <sup>4</sup>부산대 과학교육과.) The Telescope Array (TA) experiment consists of three stations of fluorescence telescopes and an array of approximately 600 surface detectors stationed near Delta, UT, USA. The purpose of the TA experiment is to measure the ultra high-energy cosmic ray spectrum and investigate the origin of the highest energy cosmic ray particles of energy beyond the GZK limit, i.e.  $E > 10^{20} \text{ m eV}$ . In this presentation, we will report the current status of the experiment and show preliminary results from the initial-stage data taking.

■ SESSION P2

10월 19일(금), 09:00 - 10:45

장 소: 5층 포이어

**Bp-001 Search for  $B^+ \rightarrow K^+ l^+ l^+$  decays at Belle** 한 경철, 권 영준(연세대학교 물리학과) Since lepton flavors are conserved in the Standard Model, the lepton-flavor-violating decays are very sensitive to physics beyond the Standard Model. One of such decay modes is  $B^+ \rightarrow K^+ l^+ l^+$ . In this presentation, I will review past experimental results on this mode, and current status of the search from the Belle experiment.

**Bp-002 Study of B to X(3872) decays at CDF II** 임 규빈, 고 정환, 유 인태, 김 수봉<sup>1</sup>, 김 현수<sup>1</sup>, 전 은주<sup>1</sup>, 이 재승<sup>1</sup>, 이 영장<sup>1</sup>, 문 창성<sup>1</sup>, 정 지은<sup>1</sup>, 김 동희<sup>2</sup>, 서 준석<sup>2</sup>, 공 대정<sup>2</sup>, 김 지은<sup>2</sup>, 양 유철<sup>2</sup>, 장 성현<sup>2</sup>, 미안아메드 사비르<sup>2</sup>, 칸 아딜<sup>2</sup>, 모하메드 아즈말<sup>2</sup>, 주 경광<sup>3</sup>, 조 기현<sup>4</sup>, 오 영도<sup>5</sup>(성균관대학교 물리학과, <sup>1</sup>서울대학교 물리학과, <sup>2</sup>경북대학교 물리학과, <sup>3</sup>전남대학교 물리학과, <sup>4</sup>KISTI, e-Science 응용연구팀, <sup>5</sup>포항공대 물리학과) We report on study of B meson decays into X(3872) and light mesons using a data sample of 1.4 fb<sup>-1</sup> collected with the CDF II detector. We fully reconstruct B mesons using  $X(3872) \rightarrow J/\psi \pi^+ \pi^-$  and perform various measurements. The exclusive decays of B mesons including  $\psi(2s)$  are also studied for normalization.

**Bp-003 Belle Grid in Korea University** LEE Soohyung, WON Eunil, IWAI Go<sup>1</sup>(Korea University, Department of Physics, <sup>1</sup>Computing Research Center, KEK.) Recently more powerful computing environments are required by particle physics experiments. Grid computing is a distributed system which is able to use world-wide computing resources for a specific purpose. Grid computing is strongly attractive for particle physics experiments which require huge amount of calculation. Grid systems are already constructed by CERN and KEK, and heavily used in experiments. A grid system is also constructed by Elementary Particle Physics Laboratory in Korea University for Belle experiment of KEK recently. In this presentation, architecture, construction procedure, performance and applications of Grid system in Korea University will be discussed.

**Bp-004 The polarization measurement in  $B \rightarrow \rho^0 K^0$  transitions in Belle** 경 성현, 조 일성, 권 영준(연세대학교) The polarization measurements in  $B \rightarrow \rho^0 K^0$  transitions are potentially sensitive to physics beyond the Standard Model. We have performed the study to measure the polarization amplitude on  $B \rightarrow \rho^0 K^0$  decays using the Monte Carlo sample simulating the Belle experiment environment. The basic properties of B meson daughters have been investigated to improve the yield of B meson while suppressing the inevitable background contaminations which are coming from non- $B \rightarrow \rho^0 K^0$  events.

**Bp-005 Beam Test of Plastic Scintillator Based Calorimeter Prototype at DESY** 장 성현, 김 동희, 서 준석, 오 영도<sup>1</sup>, 공 대정, 김 지은, 양 유철, KHAN ADIL, MUHAMMAD Ajmal(경북대학교 물리학과, <sup>1</sup>포항공과대학교) 국내에서 압출방식으로 생산된 플라스틱 섬광 막대와 Multi Pixel Photon Counter(MPPC)를 이용하여 1cm x 1cm 분할(segmentation)을 가지는 에너지 검출기시제품을 제작하였다. 제작된 시제품으로 독일의 DESY 연구소에서 빔테스트를 수행하였다. 이번 빔테스트에서는 DESY-II electron에서의 1~6GeV의 양전자를 이용하여 에너지 검출기 시제품의 선형성과 에너지 분해능을 측정하였다.

**Bp-006 Assembly and Integration Test of MEMS Space Telescope for Observation of Extreme Lightning Phenomena** 나 고운, 김 지은, 전 진아, 오 세지, 문 경화, 정 수민, ARTIKOVA Sayara, 남 신우, 양 종만, 이 직, 박 재형, 박 일홍, 정 애라, 박 용선<sup>1</sup>, 유 형준<sup>1</sup>, 유 병욱<sup>2</sup>, 김 민수<sup>2</sup>, 진 주영<sup>2</sup>, 김 용권<sup>2</sup>, GARIPOV G.<sup>3</sup>, KHRENOV B.<sup>3</sup>, KLIMOV P.<sup>3</sup>(이화여자대학교 물리학과, <sup>1</sup>서울대학교 물리천문학부, <sup>2</sup>서울대학교 전기컴퓨터공학부, <sup>3</sup>Moscow State University, DV Skobeltsyn Institute of Nuclear Physics.) 궁극적으로 10<sup>19</sup>eV 이상의 초고에너지 우주선 연구를 위한 MEMS 우주망원경의 아이디어를 실현하기 위한 첫 단계로, 우리는 고층대기에서 일어나는 극한적 방전 현상으로 보이는 TLE(Transient Luminous Event)를 관측하기 위하여, MTEL(MEMS Telescope for Extreme Lightning)이라는 극소형 MEMS(Micro-Electro-Mechanical Systems) 우주 망원경을 고안했다. MTEL은 광시야각으로 사건을 찾고 그 사건을 확대하는 MEMS 광학 부분과, 그 사건을 관측하는 검출기 부분, 그리고 사건에 대한 데이터를 저장하고 각 부분을 제어하는 전기신호처리장치 부분으로 나누어져 있다. 실제로 MTEL에는 이 외에도 간단한 분광계와 적외선 카메라를 탑재하고 있다. MEMS 초미세거울(micromirror) 어레이를 사용하여 최초의 MEMS 망원경을 제작하고 있으며, 이에 대한 시작품에 대한 조립과 동작 테스트에 대한 결과를 발표한다.

**Bp-007 Chiral Condensation at Finite Temperature via AdS/CFT** KIM DaeJin, JO KwangHyun, SIN Sang-Jin(Department of Physics, Hanyang University.) Recently, there are many efforts to describe the strongly interacting system by using AdS/CFT correspondence. In this paper we have considered Chiral Condensation through the gravity back reaction for massive scalar.

**Bp-008 The Result of the RENO PMT TEST** 마 경주, 김 영덕, 강 운구, 공 대정<sup>1</sup>, 김 동희<sup>1</sup>, 김 우영<sup>1</sup>, 김 지은<sup>1</sup>, 스테파난 사무엘<sup>1</sup>, 칸 아딜<sup>1</sup>, 서 준석<sup>1</sup>, 김 안드레이<sup>1</sup>, 박 인곤<sup>2</sup>, 박 명렬<sup>3</sup>, 안 정근<sup>4</sup>, 이 효상<sup>4</sup>, 김 수봉<sup>5</sup>, 김 장호<sup>5</sup>, 김 현수<sup>5</sup>, 박 강준<sup>5</sup>, 박 정식<sup>5</sup>, 신 경하<sup>5</sup>, 이 재승<sup>5</sup>, 전 은주<sup>5</sup>, 최 선호<sup>5</sup>, 권 은향<sup>6</sup>, 김 동현<sup>6</sup>, 박 차원<sup>6</sup>, 서 현관<sup>6</sup>, 유 인태<sup>6</sup>, 최 수용<sup>6</sup>, 최 영일<sup>6</sup>, 김 성현<sup>7</sup>, 김 재철<sup>7</sup>, 임 인태<sup>7</sup>, 장 지승<sup>7</sup>, 정 인석<sup>7</sup>, 정 인석<sup>7</sup>, 주 경광<sup>7</sup>, 오 영도<sup>8</sup>, KRYLOV Yu.<sup>9</sup>, NOVOKOVA G.<sup>9</sup>, TANOVICH E.<sup>9</sup>, DANILOV N.<sup>10</sup>(세종대학교 물리학과, <sup>1</sup>경북대학교 물리학과, <sup>2</sup>경상대학교 물리학과, <sup>3</sup>동신대학교 물리학과, <sup>4</sup>부산대학교 물리학과, <sup>5</sup>서울대학교 물리학과, <sup>6</sup>성균관대학교 물리학과, <sup>7</sup>전남대학교 물리학과, <sup>8</sup>포항공과대학교 연구소, <sup>9</sup>INR, <sup>10</sup>IPCE.) To select the PMT is the most important task for RENO(Reactor Experiment for Neutrino Oscillation). The 8

inch and 10 inch PMT (Hamamatsu-R5912, R7081 and Photonis-XP1806, XP1804) are selected as the RENO PMT samples and have been tested for the gain, dark current, after pulse, radioactivity and stability of operation. A blue LED as the light source is used. To analyze the full pattern of the pulse from the PMT, FADC(Flash Analog Digital Converter) which external clock is 100Mhz is used. The test idea and result will be reported.

**Bp-009 EVO, a collaborative tool for e-HEP (High Energy Physics) and its new regional servers at KISTI** 김현우, 조기현 (KISTI, 응용연구팀.) e-HEP (High Energy Physics) is to study high energy physics in any time and any place even if we are not on-site. The concepts are 1) data production, 2) data processing and 3) data publication in any time and any place. The data publication is to work together to publish papers using collaborative environment such as EVO (Enabling Virtual Organization). We recently inaugurated two regional servers at KISTI to help domestic high energy physics researchers. We will first describe the EVO system that has been developed by Caltech with an emphasis on its difference from its predecessor VRVS and the effect of new servers at KISTI. We will also report on the comparison of EVO with other tools such as AccessGrid.

**Bp-010 e-HEP (High Energy Physics) for CDF Experiment** 조기현, 김현우, 김동희<sup>1</sup>, 양유철<sup>1</sup>, 서준석<sup>1</sup>, 공대정<sup>1</sup>, 김지은<sup>1</sup>, 장성현<sup>1</sup>, 아메드 사비르미안<sup>1</sup>, 칸아딜<sup>1</sup>, 아즈말 모하메드<sup>1</sup>, 김수봉<sup>2</sup>, 이재승<sup>2</sup>, 김현수<sup>2</sup>, 전은주<sup>2</sup>, 이영장<sup>2</sup>, 문창성<sup>2</sup>, 유인태<sup>3</sup>, 임규빈<sup>3</sup>, 주경광<sup>4</sup>, 오영도<sup>5</sup>(KISTI, 응용연구팀. <sup>1</sup>경북대, 물리 및 에너지학부. <sup>2</sup>서울대, 물리학부. <sup>3</sup>성균관대, 물리학과. <sup>4</sup>전남대, 물리학과. <sup>5</sup>포항공대, 물리학과.) e-HEP (High Energy Physics) is to study high energy physics in any time and any place even if we are not on-site. The concepts are 1) data production, 2) data processing and 3) data publication in any place and any time. The data production is to do remote control and take shifts remotely. The data processing is to run jobs any time, any place with grid farms. The data publication is to work together to publish papers using collaborative environment such as EVO (Enabling Virtual Organization). We apply this concept to CDF experiment and report the current achievements.

**Bp-011 Search for EC/ b+ in Sr84** 소중호, 김홍주, 김정인, Gul rooh, 김선기<sup>1</sup>, 최정훈<sup>1</sup>, 류수<sup>1</sup>, 이상은<sup>1</sup>, 이주희<sup>1</sup>, 명성숙<sup>1</sup>, 김승천<sup>1</sup>, 이상준<sup>1</sup>, 방형찬<sup>1</sup>, 이현수<sup>1</sup>, 김영덕<sup>2</sup>, 강운구<sup>2</sup>, 이정일<sup>2</sup>, 권영준<sup>3</sup>, 황명진<sup>3</sup>, 한인식<sup>4</sup>(경북대학교 물리학과. <sup>1</sup>서울대학교 물리학과. <sup>2</sup>세종대학교 물리학과. <sup>3</sup>연세대학교 물리학과. <sup>4</sup>이화여자대학교 물리학과.) There is no evidences of any electron capture b+decay (EC/b+) mode has been found and the most stringent limits on the their half-life were set. The latest EC/b+ limit of Sr84 was  $7.3 \times 10^{13}$  years. We had grown a SrCl<sub>2</sub> crystal using Czochralski method in KNU and characterized with alpha, gamma sources. We have installed the crystal in YangYang Underground Laboratory for EC/b+ search. The crystal is shielded by 4 $\pi$  CsI(Tl) crystal followed by 10cm low background lead and we can take triple coincidence signals. We will present the experimental setup and

detail analysis of data.

**Bp-012 Study of intermediate two-body decays in  $\bar{B}^0 \rightarrow \Sigma_c(2455)^0 \bar{p} \pi^+$  decay at Belle** 김현욱, 김홍주, 박환배, 강주상<sup>1</sup>, 원은일<sup>1</sup>, 김전기<sup>2</sup>, 박강준<sup>2</sup>, 강주환<sup>3</sup>, 권영준<sup>3</sup>, 조일성<sup>3</sup>, 박일홍<sup>4</sup>, 이적<sup>4</sup>, 남신우<sup>4</sup>, 천병구<sup>5</sup>, UNNO, Yuji<sup>5</sup>(경북대학교, 물리학과. <sup>1</sup>고려대학교, 물리학과. <sup>2</sup>서울대학교, 물리학과. <sup>3</sup>연세대학교, 물리학과. <sup>4</sup>이화여자대학교, 물리학과. <sup>5</sup>한양대학교, 물리학과.) We study the three-body decay  $\bar{B}^0 \rightarrow \Sigma_c(2455)^0 \bar{p} \pi^+$ , and observe a broad mass structure in the  $\bar{p} \pi^+$  mass system near  $1.5, \text{ GeV}/c^2$ , which indicates an intermediate two-body decay  $\bar{B}^0 \rightarrow \Sigma_c(2455)^0 \bar{N}^0$ . This analysis is based on a data sample of  $357 \text{ fb}^{-1}$ , accumulated at the  $\Upsilon(4S)$  resonance with the Belle detector at the KEKB asymmetric  $e^+e^-$  collider.

**Bp-013 Pair production of neutrino with nonvanishing magnetic moment in high energy collider** 고영문, 팽원기, 이현규(한양대학교 물리학과.) The neutrino pair production in the high energy hadron collider is discussed assuming the neutrino has a non vanishing magnetic moment. In the standard model neutrino pairs can be produced by parton-anti parton annihilation through  $Z^0$ . Neutrinos with magnetic moment can couple to photon directly and the parton-anti parton annihilation through photon produces a neutrino pair additionally. The neutrino pair production cross section in photon channel with magnetic moment is calculated and compared with that of the standard model in  $Z^0$  channel. We will discuss whether the possible constraint can be imposed on the neutrino magnetic moment in LHC energy.

**Bp-014 Study of neutron response in a glass RPC in the energy region  $10^{10} \text{ MeV} \sim 10 \text{ GeV}$ .** RHEE J.T., JAMIL M, JHANG H., AHN S.H.<sup>1</sup>, HONG B.<sup>1</sup>, PARK S.<sup>1</sup>, SIM K.S.<sup>1</sup>, HONG S.J.<sup>2</sup>, KIM Y.U.<sup>3</sup>, KIM Y.J.<sup>4</sup>, KOO D.G.<sup>5</sup>, LEE S.J.<sup>6</sup>, NAM S.K.<sup>7</sup>, BAHK S.Y.<sup>8</sup>(Konkuk-University, Department of Physics. <sup>1</sup>Korea-Univ., Physics Department & KODEL. <sup>2</sup>Gachon Medical School. <sup>3</sup>Chungbuk National Univ., Physics Department. <sup>4</sup>Cheju National Univ., Physics Department. <sup>5</sup>Seoul National Univ. of Edu.. <sup>6</sup>Seo Nam - University. <sup>7</sup>Kangwon National Univ., Physics Department. <sup>8</sup>Wonkwang - University, Physics Department.) Using GEANT4 MC the neutron sensitivity of a glass RPC (G-RPC) for the neutron in the energy region  $10^{10} \text{ MeV} \sim 10 \text{ GeV}$  has been studied. The G-RPC has many advantageous features such as high rate capability, it is easy to handle and can be built on an industry. For an evaluation of their efficiency, a simulation test of the G-RPC has been performed in order to investigate their performance for neutrons detection. The results may apply to the radiation environment both endcap and barrel regions of CMS (Compact Muon Solenoid)/LHC(Large Hadron Collider). The average sensitivities, expected hit rates in those regions were estimated. Additionally, a comparison of neutron simulation results between the present G-RPCs with the previous Bakelite-RPCs has been performed.

■ SESSION P2

10월 19일(금), 09:00 - 10:45

장 소: 5층 포이어

**Cp-001 U(6/12) dynamical supersymmetry in odd-A nuclei** 이 수연, 이 종환(동의대학교 물리학과) The U(6/12) dynamical supersymmetry of the Interacting Boson-Fermion Model (IBFM), which represents the description of collective states in odd-mass nuclei in terms of a system of interacting bosons and fermions, have been studied. We focus the SU(3) limit of U(6/12) symmetry on studying collective properties of odd-A nuclei. E2 transitions between low-lying states and electric quadrupole moments have been derived analytically in the framework of U(6/12) of the IBFM. The present results are applied to the 1/2<sup>+</sup> (ground state) bands in <sup>169</sup>Er, <sup>171</sup>Yb, <sup>173</sup>Hf, and <sup>183</sup>W.

**Cp-002 Glass Cells for Polarized <sup>3</sup>He Target** Y. Jung, A. Kim, S.S. Stepanyan, W. Kim, M. Yurov(경북대학교) Presently we use the technique of Rb optical pumping and Rb - <sup>3</sup>He spin exchange to polarize the <sup>3</sup>He. The glass surface is very critical to the relaxation properties of the polarized <sup>3</sup>He, since it is the interaction of the helium nuclear spins with the paramagnetic surface atoms that forms one of the possible nuclear relaxation channels. One of the most important point in the procedure is to ensure that the surface of the glass is freshly formed. This prevents <sup>3</sup>He from diffusing into the micro-fissures and depolarizing. In addition, glass should be resistant to alkali metals and does not react with them even at high temperature. Finally, the surface properties of Pyrex allow long nuclear relaxation times. A complete cell should be anneal to relieve any stress created during assembly.

**Cp-003 Simulation Of Particles Propagation Through Scintillator.** J. Jang, A. Kim, A. Ni, V. Kuznetsov, W. Kim(경북대학교) The detector simulation programs are an important tool in both understanding the physics potential and the detector requirements. The simulation of particles propagation based on the Geant4 software toolkit has to check possibility of discrimination between charged pions, kaons and protons as applied to TOF detector. The charged tracks have momentum from 0.3GeV/c to 1GeV/c. Therefore the sufficient momentum resolution could be achieved even in the limited available space. Finally, in simulation we try to check the particle identification of pions, kaons and protons in the Central Part of TOF System via energy deposit-momentum Relation. And using new design of scintillator's orientation and shape we are checking probability of neutron and gamma detection. Preliminary results will be present.

**Cp-004 Large Area Avalanche Photodiode를 이용한 CsI(Tl) 섬광 결정 특성 조사** 김민정, 김홍주, 강희동, 박환배, 도시흥<sup>1</sup>, 김성환<sup>2</sup>(경북대학교 물리학과. <sup>1</sup>부경대학교 <sup>2</sup>대구보건대학교) Avalanche photodiode (APD)는 내부에서 일어나는 산사태 효과를 이용하여 광전류를 증폭하는 photodiode의 한 종류이다. APD는 양자 효율이 PMT에 비해 3,4배 높은 약 80%로 절대섬

광량을 측정하는데 장점을 가지고 있다. 실험은 CsI(Tl) 섬광 결정을 Advanced Photonix Inc.에서 제작된 16mm Large Area Avalanche Photodiode (LAAPD)에 부착하여 분해능이 가장 좋은 최적화 조건을 찾았다. 최적화는 Amplifier에 의한 shaping time과 High voltage에 의한 gain을 변화시키면서 이루어졌다. CsI(Tl) 섬광 결정의 절대 섬광량을 측정하기 위해 가장 좋은 분해능을 보이는 조건에서 662 keV Cs-137  $\gamma$ -ray source를 이용하였고 calibration은 5.9 keV Fe-55 X-ray를 사용하여 한 channel 당 e-h pair를 계산할 수 있다. 데이터 획득은 FADC 25MHz를 이용하고 root package로 분석하였다. 같은 방법으로 새로이 개발된 SrCl<sub>2</sub>와 Ba<sub>0.20</sub>Sr<sub>0.80</sub>Cl<sub>2</sub> 섬광 결정의 절대 섬광량을 측정하였다. 또한 이 실험을 통해 앞으로 개발되는 섬광 결정의 절대 섬광량도 측정할 수 있다.

\*본연구는 과학기술부/한국과학재단 우수연구센터육성사업의 지원으로 수행되었음 (R11-2000-067-02002-0)

**Cp-005 Bremsstrahlung in  $\alpha$ -decay** SO Woonyoung, KIM Kyungsik<sup>1</sup>(Soongsil University, Department of Physics. <sup>1</sup>Korea Aerospace University.) Within the framework of a quantum mechanics, we calculate the probability of emitting photons for bremsstrahlung process through the  $\alpha$ -decay on heavy nuclei by using square-well, Woods-Saxon, and folding potential. In order to investigate the surface effect of daughter nucleus for bremsstrahlung process in  $\alpha$ -decay, we separate the emission region into barrier, tunneling, mixed, and outside regions and investigate the contribution from each region. Especially, we study the relation between inner barrier and outside region at low photon emission energies.

**Cp-006 Bench Test of a Prototype Comsic-Ray Radiography System** 차문용, 이효상, 안정근(부산대학교 물리학과) 뮤온 레디오그래피(muon radiography)는 우주선의 뮤온과 물체의 다중 쿨롱사란을 이용하는 것이다. 기본적인 방법은 뮤온과 물체의 산란 위치를 추적하는 것이다. 즉 입사 궤적과 산란된 궤적을 추적하여 구한 산란 위치로부터 물체의 이미지를 재구성 하는 것이다. 본 연구의 목적은 거대 물체 측정을 위한 목적으로 거대 뮤온 레디오그래피를 제작하는 것이다. 거대 뮤온 레디오그래피 제작에 앞서 소형의 위치추적 시스템을 구축하여 테스트한 결과를 발표할 것이다.

**Cp-007 Analysis of electron transport in EGSnrc and GEANT4 Monte Carlo simulation codes** 이은선, 신재원, 홍승우, 서태석<sup>1</sup>(성균관대학교 물리학과. <sup>1</sup>가톨릭대학교 의공학교실.) Research using Monte Carlo codes are released in current radiation industries these days. There are various Monte Carlo codes to inflect across all radiation industries. Some discrepancies between codes can occur in a same situations and be different degrees by materials, incident particles and interactions. Comparisons between different codes need to improve efficiency and accuracy. In this research, we analyze electron transport and compare methods of interactions between two Monte Carlo code systems, EGSnrc and GEANT4.

P2

포  
스  
터  
세  
션

**Cp-008 Analysis of Low Alloy Steel using Neutron Irradiation** CHO Hyun-Je, KANG Ki-Doo, PARK Kwang-Won<sup>1</sup> (*Nuclear Engineering & Technology Institute, Korea Hydro & Nuclear Power Co., LTD.* <sup>1</sup>*Korea Research Institute of Standards and Science.*) The hydrogen concentration for the reference material of the low alloy steel was estimated using neutron activation analysis method. The hydrogen concentration appeared with a range of 0.91~1.14 mg/kg by prompt gamma activation method but the reference value was about 1 mg/kg by ICP/AES method. The relative error appeared up to 14 % and the differences showed as the background by blank. For the analytical control, the standard reference material (NIST SRM) was used.

**Cp-009 Review of Neutron Cross Section** CHO Hyun-Je, KANG Ki-Doo (*Nuclear Engineering & Technology Institute, Korea Hydro & Nuclear Power Co., LTD.*) Neutron cross section measurements carried out using a electron linear accelerator. The measurements were performed using a lead slowing-down spectrometer and a neutron time-of-flight (TOF) spectrometer. Main results are introduced; (1) fission/ capture cross sections for the minor actinides in the resonance and intermediate energy regions by using Lead Slowing-down Spectrometer and (2) energy dependent capture/total cross sections for Dy and Hf by using the TOF method. Marked findings and brief discussions are given for each measured result.

**Cp-010 Nuclear Data Evaluation for Charged Particle Induced Nuclear Reactions** KIM Hyeong Il, LEE Young-Ouk (*Korea Atomic Energy Research Institute.*) Korea Atomic Energy Research Institute (KAERI) has produced the charged particle induced nuclear data files which need for design of an accelerator-based facility to produce radioisotopes, including analysis of system performance, induced radiation doses, material activation, heating, damage, and shielding requirements. Although we may use the existing nuclear data libraries such as JEFF-3.1, JENDL-3.3 and ENDF/B-VII.0 for the charged particle induced nuclear data, they show large discrepancy with measured data available. In this work, we produced the nuclear data files for aluminum induced by light charged particles such as proton, deuteron, and alpha. The calculation was performed by nuclear model code Talys-0.72 validated with experimental data. The initial input parameters for nuclear models were taken from Reference Input Parameter Library (RIPL), and adjusted to reproduce the measured data available. All channels were simultaneously calculated for consistency, which promise the production of the reasonable nuclear data for the open channels without measurements available. As the results, the cross sections and angle and/or energy distribution data for all open channels were obtained and compiled into ENDF-6 format.

**Cp-011 Strange Quark Contributions to Neutrino and Antineutrino Nucleus Scattering via Neutral Current in Quasielastic Region** 김 경식, 천 명기<sup>1</sup> (*한국항공대학교* <sup>1</sup>*숭실대학교, 물리학과.*) Strange quark contributions to the neutral current reaction in the neutrino scattering are investigated on the nucleon level and ex-

tended to the <sup>12</sup>C target nucleus through the neutrino-induced knocked-out nucleon process in the quasielastic region within the framework of a relativistic single particle model. The incident energy range between 500 MeV and 1.0 GeV is used for the neutrino (antineutrino) scattering. Effects of the final state interaction for the knocked-out nucleon are included by a relativistic optical potential. We found that the sensitivity of the strange quark contents could be salient on the asymmetry between neutrino and antineutrino scattering. In specific, the neutrino (antineutrino) reaction is shown to be very sensitive test in the searches of the strangeness.

**Cp-012 Pulse Height spectrum Unfolding of keV-Neutron Capture g-rays of <sup>105</sup>Pd** 박 병룡, 정 원정, 노 태익, 김 귀년<sup>1</sup>, 오 영도<sup>2</sup>, 이 삼열<sup>3</sup>, M Igashira<sup>4</sup>, T Ohsaki<sup>4</sup> (*동아대학교* <sup>1</sup>*경북대학교* <sup>2</sup>*포항가속기연구소* <sup>3</sup>*남부대학교* <sup>4</sup>*Tokyo Tech.*) The neutron capture cross-sections and capture  $\gamma$ -rays of <sup>105</sup>Pd were measured for keV-neutron using the 3-MV Pelletron accelerator of the Research Laboratory for Nuclear Reactors at the Tokyo Institute of Technology. Pulsed neutrons were produced from the <sup>7</sup>Li(p,n)<sup>7</sup>Be reaction, and the incident neutron spectrum on a capture sample was measured by neutron time-of-flight(TOF) method with a <sup>6</sup>Li-glass detector. The capture g-rays were detected with a large anti-Compton NaI(Tl) g-ray spectrometer. A pulse-height weighting technique was applied to measure the capture  $\gamma$ -ray pulse-height spectra to derive capture yields. The capture cross-sections were obtained by using the standard capture cross-section of <sup>197</sup>Au. And we obtained the  $\gamma$ -ray energy spectrum of capture  $\gamma$ -ray by the pulse-height unfolding method. The present results were compared with the previous measurements and the evaluated data of ENDF/B-VII, JEFF-3.1, and JENDL-3.3.

**Cp-013 The Capture  $\gamma$ -ray Pulse - Height Spectra Unfolding of <sup>117</sup>Sn in the Neutron Energy region from 10 to 90 keV** 강영록, 정 원정, 노 태익, 김 귀년<sup>1</sup>, 이 삼열<sup>2</sup>, M Igashira<sup>3</sup>, T Ohsaki<sup>3</sup> (*동아대학교* <sup>1</sup>*경북대학교* <sup>2</sup>*남부대* <sup>3</sup>*Tokyo Institute of Technology.*) The neutron capture cross-sections of <sup>117</sup>Sn were measured in the energy region from 10 to 90 keV. Pulsed keV neutrons were produced via <sup>7</sup>Li(p,n)<sup>7</sup>Be reaction by bombarding the lithium target with 1.5 ns bunched proton beam from 3 MV pelletron accelerator of Tokyo Institute of Technology. The neutron energy, having a continuous spectrum, was measured by a time-of-flight(TOF) method using a <sup>6</sup>Li-glass scintillation detector. Emitted  $\gamma$ -rays from a captured state of the <sup>117</sup>Sn(n, $\gamma$ )<sup>118</sup>Sn reaction were detected by an anti-Compton NaI(Tl) spectrometer. The capture yields were obtained by applied pulse-height weighting technique to the corresponding capture  $\gamma$ -ray pulse-height spectra. The neutron capture cross-sections of <sup>117</sup>Sn were determined relative to the standard capture cross-section of <sup>197</sup>Au. The capture  $\gamma$ -ray pulse height spectra from <sup>118</sup>Sn nucleus were measured for the 6 neutron energy region of 15 to 90 keV and their spectra were unfolded by FERDOR code. The present results were compared with the previous measurements and the evaluated value of ENDF/B-VII and JEF-2.2



**Cp-014** **Measurements of the  $^{181}\text{Ta}$  (n,  $\gamma$ )  $^{182}\text{Ta}$  Reaction Cross-Sections and Unfolding Energy Spectra of  $^{181}\text{Ta}$ .** 김은주, 김현, 강영록, 정원정, 노태익, 이수연, 김귀년<sup>1</sup>, 이삼열<sup>2</sup>, 이종환<sup>3</sup>, I gashira<sup>4</sup>, T Ohsaki<sup>4</sup>(<sup>1</sup>동아대학교, <sup>2</sup>경북대학교, <sup>3</sup>남부대학교, <sup>4</sup>Tokyo Tech.) The neutron capture cross-sections and capture  $\gamma$ -rays of  $^{181}\text{Ta}$  were measured in the neutron energy region from 15 to 90 keV. Pulsed neutrons were produced from the  $^7\text{Li}(p,n)^7\text{Be}$  reaction by bombarding the lithium target with the 1.5-ns bunched proton beam. The incident neutron spectrum on a capture sample was measured by neutron time-of-flight(TOF) method with a  $^6\text{Li}$ -glass detector. The capture  $\gamma$ -rays were detected with a large anti-Compton NaI(Tl)  $\gamma$ -ray spectrometer. A pulse-height weighting technique was applied to measure the capture  $\gamma$ -ray pulse-height spectra to derive capture yields. The present results were compared with the previous measurements and the evaluated data of ENDF/B-VII, beta2 and JENDL-3.3. And the gamma pulse height spectra were unfolded with FERDOR code. The structures are very similar to those of the corresponding PH spectra because the diagonal elements of the response matrix of the present  $\gamma$ -ray spectrometer are very strong. Therefore, the structures observed in the spectra should be ascribed to the real ones, not spurious ones resulting from the oscillation in the unfolding process.

**Cp-015** **Measurement of the Neutron Total Cross Sections of Natural Palladium by Using Pulsed Neutrons at Pohang Neutron Facility** OH Youngdo, KANG Hengsik, CHO Moo-Hyun, KO In Soo, NAMKUNG Won, WANG Taofeng<sup>1</sup>, RAHMAN Md. Shakilur<sup>1</sup>, LEE Manwoo<sup>1</sup>, KIM Kyungsook<sup>1</sup>, KIM Kwang Soo<sup>1</sup>, KIM Guinyun<sup>1</sup>(*Pohang Accelerator Laboratory, POSTECH.* <sup>1</sup>Kyungpook National University.) The neutron total cross-sections and resonance parameters of palladium are measured in the neutron energy region from 0.01 eV to 100 eV by using time of flight method at the Pohang Neutron Facility. The Pohang Neutron Facility consists of an electron linac, a water-cooled tantalum target with a water moderator, and a 12m long time-of-flight path, and neutron detector using  $^6\text{Li-ZnS(Ag)}$  scintillator. The pulsed neutron beam is being produced from 65 MeV electron as 10~15Hz repetition rate. A natural palladium metal plates with 5 x 5 cm<sup>2</sup> in area and 0.5mm, 1mm in thickness, are used for the neutron transmission measurement. The background level is determined by using a notch-filter of Ta, Sm, Co, In, and Cd sheets. The measurements are compared with other measurements and the evaluated data in ENDF/B-VII.0 and resonance parameters are fitted using SAMMY program.

**Cp-016** **Identification of Neutron Capture Resonance Energy of Natural Sm by Using 46-MeV Electron Linear Accelerator** LEE samyol, LEE sangbock, LEE junhaeng, JIN gyehwan, LEE jaehong, YOON jungran<sup>1</sup>, RO taek<sup>1</sup>, KIM guinyun<sup>2</sup>(<sup>1</sup>남부대학교, <sup>2</sup>동아대학교, <sup>3</sup>경북대학교.) In the neutron TOF(Time-of-Flight) experiment, energy calibration is important to identify accurate neutron capture resonance energy. In present experiment, the neutron capture resonance energies of natural Sm were identified by using a 46-MeV electron linear accelerator (linac)

at the Research Reactor Institute, Kyoto University (KURRI). To obtain energy calibration curve, resonance energy of a gold sample used as standard resonance energy Mughabghab data (Neutron resonance parameters data)). Previous data (Mughabghab) of natural Sm sample have been compared with the present result.

**Cp-017** **Resonance Integral of Cs-133(n,g) Reaction from Differential Data** YOON jungran, RO taek, LEE samyol<sup>1</sup>, KIM guinyun<sup>2</sup>(<sup>1</sup>동아대학교, <sup>2</sup>남부대학교, <sup>3</sup>경북대학교.) Resonance integral tests are necessary to check the experimental neutron capture data and the evaluated data in reactor calculations. Such feedback is very important for evaluations and programmers for data corrections and improvements of the codes. In the present experiment, the resonance integral data of Natural Cesium(Cs-133) has been measured from differential data. To obtain the data, we carried on the neutron TOF(Time-of-Flight) experiment in the energy region from 0.003 eV and 31 keV by using a 46-MeV electron linear accelerator (linac) of the Research Reactor Institute, Kyoto University. The existing experimental data and evaluated data in ENDF/B-VI, JENDL-3.3, and JEF-2.2 have been compared with the current measurement

**Cp-018** **Experimental study of production cross section of residual radionuclides from proton irradiated natural cadmium targets** KIM Kwangsoo, KHANDAKER Mayeen Uddin, LEE Manwoo, KIM Kyung Sook, LEE Young Seok<sup>1</sup>, CHO Young-Sik<sup>2</sup>, LEE Young-Ouk<sup>2</sup>, KIM Guinyun(*Department of Physics, Kyungpook National University.* <sup>1</sup>R & D Division, National Fusion Research Center. <sup>2</sup>Nuclear Data Evaluation Lab., Korea Atomic Energy Research Institute.) Cross sections have been measured for the  $^{nat}\text{Cd}(p, x)$  processes at several proton energies between 2.5 MeV and 40 MeV using the standard stacked foil activation technique combined with high resolution high purity germanium (HPGe) gamma-ray spectrometry. Stacks of natural Cd foils of 50  $\mu\text{m}$  thickness and 99.97% purity were bombarded with  $^1\text{H}_i$  beams. The Cd foils were interleaved with 99.6% purity, 50  $\mu\text{m}$  thick natural Cu foils and 200  $\mu\text{m}$  thick (99.99%) natural Al foils so that known cross sections for the  $^{nat}\text{Cu}(p, x)^{62,65}\text{Zn}$  and  $^{27}\text{Al}(p, x)^{22,24}\text{Na}$  reactions could be used as beam monitoring purposes. Following irradiation, the residual radionuclides were measured through off-line method. A new experimental cross section data set has been reported for the production of  $^{107,111\text{m},115\text{g}}\text{Cd}$ ,  $^{108\text{m},108\text{g},109\text{g},110\text{m},110\text{g},111\text{g},113\text{m},114\text{m},115\text{m},116\text{m}}\text{In}$ , and  $^{104\text{g},105\text{g},106\text{m},110\text{m},111\text{g},113\text{g}}\text{Ag}$  radionuclides. The present measured cross sections of the produced radionuclides were compared with the available literature data, theoretical data calculated by TALYS code, and also with the theoretical data taken from the calculations based on the ALICE-IPPE code, and found overall good agreement among them. Integral yields were also deduced using the measured cross sections of the respective radionuclides. The measured cross sections data, especially for indium (In) radionuclides have significance in practical applications; thin layer activation (TLA) analysis, nuclear medicine, nuclear technology, radioactive waste handling etc.

**Cp-019 Neutronic Performances of the Candidate Ceramic Breeder Materials for Tritium Breeding Blanket** LEE .Y.S, CHO .S.Y, KWON .M(National Fusion Research Center.) Neutronic performances of the candidate ceramic breeder materials such as  $\text{Li}_2\text{O}$ ,  $\text{Li}_2\text{TiO}_3$ ,  $\text{Li}_2\text{ZrO}_3$ , and  $\text{Li}_4\text{SiO}_4$  for fusion power reactor were investigated by using a monte carlo simulation code MCNPX. For the tritium breeding of the ceramic materials, the concentration of  $^6\text{Li}$  along with the layer thickness of the ceramic breeder materials were greatly affected to tritium production rate. Tritium production of all the candidate breeder materials increases with the increase in thickness of their layers, and the different compound of Li lead to the different saturated thickness corresponding to the maximal tritium production rate. The detailed comparison results of the neutronic performances will be presented.

**Cp-020 Jet Finding Performance in The CMS Heavy Ion Program** 한 가람, 박 인규, 최 민규, 박 진우, 김 지현<sup>1</sup>, 문 동호<sup>1</sup>, 심 광숙<sup>1</sup>, 홍 병식<sup>1</sup>, SOOD Gopica<sup>1</sup>, 김 은주<sup>2</sup>(서울시립대학교 <sup>1</sup>고려대학교 <sup>2</sup>전북대학교) For decades, intensive studies have been carried out to understand the jet production and its characteristics in proton-proton collisions. On contrast, a little is known about the jet in heavy-ion collisions, since the event-by-event jet reconstruction is not yet possible in the complex and hostile environment generated by ultra relativistic heavy-ion collisions. However, for the first time, jets are expected to be directly reconstructed in heavy-ion collisions at LHC, as some of the clustering algorithms can be applicable. The jet reconstruction software for the CMS heavy-Ion collision data within the CMSSW framework is now under development. The Korean group of the CMS heavy-ion program has been working on the development of the jet reconstruction algorithm and its performance in heavy-ion collisions for CMS. In this presentation, we report the current status of the jet finding software and its performance.

**Cp-021 Hot skyrmion matter** LEE Hee-Jung, PARK Byung-Yoon<sup>1</sup>, VENTO Vicente<sup>2</sup>(Department of Science Education, Chungbuk National University. <sup>1</sup>Department of Physics, Chungnam National University. <sup>2</sup>Department de Fisica Teorica, Universitat de Valencia, Spain.) It is believed that QCD changes its phase variously along matter density and temperature. Based on the properties of the skyrmion matter which was proposed as a model for the hadronic matter at finite density, we discuss how we can heat that matter and what kinds of the phase transition we can expect in it.

**Cp-022 An Equipment to measure Charge Distributions of Fragments in Low Energy Fission** WANG Tao Feng, ZHU Li Ping<sup>1</sup>, HAN Hong Yin<sup>1</sup>, KIM Guinyun(Department of physics, Kyungpood National University. <sup>1</sup>Department of Nuclear Physics, China Institute of Atomic Energy.) In order to study the charge distributions of fragments in spontaneous fission of  $^{252}\text{Cf}$ , a detector system, including a typical grid-ionization chamber and a DE-E particle telescope in which a thin grid-ionization chamber is served as the DE-section and the E-section is a surface barrier detector,

was built up. From the measured four-parameter correlation data, the physical quantities, such as mass number and kinetic energies of fragments as well as the energies deposited by fragments in the gas DE detector can be derived. The charge distributions at the fixed mass number and total kinetic energy (TKE) of the light fragments were obtained by the least-squares fits of the response functions of DE detector with multi-Gaussian distributions representing all charge states. The results show that the charge resolution of  $Z/DZ > 40:1$  can be given by this detector system.

**Cp-023 Performance of the Multi-Gap Resistive Plate Chambers by Cosmic Rays** 유 민상, 홍 병식, 이 경세, 심 광숙(고려대학교, 물리학과.) We have constructed the multi-gap resistive plate chambers (MRPCs) for an improved time resolution. Each MRPC consists of four gaps, and the thickness of each gas gap is 260  $\mu\text{m}$ . The resistive plates are made of 700  $\mu\text{m}$  thick glass plates with the bulk resistivity of  $1.5 \times 10^{13} \Omega\text{-cm}$ . The effective area of each MRPC is  $11 \times 16 \text{ cm}^2$ . The MRPCs were operated in the avalanche mode with the gas mixture of 85 %  $\text{C}_2\text{F}_4\text{H}_2$ , 5 %  $\text{i-C}_4\text{H}_{10}$ , and 10 %  $\text{SF}_6$ . We used the front-end board (FEB), which had been designed and produced by the FOPI group at GSI in Germany. The FEB can be characterized by the bandwidth of 1 GHz and the intrinsic time resolution of 15 ps. We evaluated the characteristics of MRPCs by using the cosmic-ray muons. After corrected the slewing effect, we obtained <100 ps time resolution of MRPC with larger than 90 % detection efficiency. In this presentation, we will describe the experimental setup and the results of the cosmic test of MRPC in details.

**Cp-024 가스전자 증폭기를 이용한 디지털 영상장치의 개발** 박 성태, 한 창희, 하 영자(창원대학교, 물리학과.) 가스전자 증폭기를 이용한 x-선이나  $\gamma$ -선 검출용 디지털 영상장치를 개발하기 위해 가스전자 증폭기를 제작하고 신호검출용 회로를 설계, 제작하였다. 실험에 사용된 전하 민감형 전치 증폭기(VASCM\_3, IDEAS)는 128개의 입력채널, sample/hold 기능과 multiplexer를 갖추고 있으며 신호 축적기능을 가지고 있어서 영상 획득에 적합하도록 설계된 소자이다. 256 채널의 신호처리를 위해 4개의 VASCM\_3 칩을 daisy-chain으로 연결 하였다. 가스 검출기에서 발생한 전하신호를 받아 들여 전치증폭기로 전달하는 read-out pad 는 폭 0.3 mm, 길이 10 mm, 피치 0.4 mm 의 선형 구조와 가로세로 3 mm 의 정방형 pad에 피치 3.4 mm를 갖는 바둑판형 구조를 제작하였다. 전치증폭기 제어와 컴퓨터로 data 를 읽어 들이기 위한 신호 제어 등을 위해서 FPGA를 이용하였으며 검출기와 readout 회로 및 DAQ 테스트를 위해서  $^{55}\text{Fe}$  방사선원을 사용하여 2차원 이미지를 얻는데 성공하였다.

\*본 연구는 한국과학재단 특정기초연구(R01-2006-000-10061-0)지원으로 수행되었음.

**Cp-025 Study of Neutron-sensitive Hybrid Plastic Scintillators for Low-Energy Neutron Measurements** 김 충, 강 태임, 김 병일, 김 지현, 김 현철, 유 민상, 박 성근, 문 동호, 심 현하, 심 광숙, 안 성환, 이도 미끼꼬, 이 광복, 이 경세, 이 한범, 임 정구, 홍 병식, 후 룡장, 남 순권<sup>1</sup>, 김 용주<sup>2</sup>, 김 용은<sup>3</sup>, 구 덕길<sup>4</sup>, 박 상렬<sup>5</sup>, 홍 성

종<sup>6</sup>, 이 석재<sup>7</sup>, 이 준택<sup>8</sup>, 강 태임, 김 태정, SOOD Gopika(고려대학교 물리학과, <sup>1</sup>강원대학교 물리학과, <sup>2</sup>제주대학교 물리학과, <sup>3</sup>충북대학교 물리학과, <sup>4</sup>서울교육대학교 과학교육과, <sup>5</sup>원광대학교 물리학과, <sup>6</sup>가천의과대학교 핵의학과, <sup>7</sup>서남대학교 의료공학과, <sup>8</sup>건국대학교 물리학과.) In this presentation we report R&D results of hybrid plastic scintillators for low-energy neutron measurements. The hybrid scintillators equipped with two different neutron-sensitive materials, B-10 and natural gadolinium oxide compound, were manufactured and tested for energy-moderated neutrons provided by a Cf-252 neutron isotope at Korea Atomic Energy Research Institute (KAERI) whose energy ranged from 10 to 600 meV. In addition, the hybrid scintillators were tested for the fast neutrons of a Cf-252 isotope and gamma rays emitted from Cs-137 and Co-60 isotopes to study the minute difference of the detector pulses lying between neutrons and gammas, which is useful to estimate the gamma rays contained in the data when the detectors were applied to measure thermal-neutron fluxes. The detector sensitivities of two different-type detectors to the low-energy neutron flux were measured. For the boron-loaded scintillators, the measurement of tail-to-total charge ratios for the neutron pulses was conductive to estimate the contribution of gamma rays contained together with the low-energy neutrons. However, the difference in the ratio between gammas and low-energy neutrons was not significant for the Gd-loaded detectors.

**Cp-026 Monitoring And Controlling Program For ALICE TPC Gas System** 이 동훈, 최 인제<sup>1</sup>, 장 범수<sup>1</sup>, 김 수현<sup>1</sup>, 복 정수<sup>1</sup>, 김 범규<sup>1</sup>, 범 지현<sup>1</sup>, 권 영일<sup>1</sup>, 강 주환<sup>1</sup>(연세대학교 물리학과 핵물리 연구실, <sup>1</sup>연세대학교 물리학과 핵물리 연구실.) For the monitoring and controlling of thousands of channels in various detectors, it would be better to develop some nice tool. Furthermore, if four big experiments at LHC use the same program to monitor and control their detectors, much less manpower would be needed. To achieve this goal, JCOP(Joint Controls Project) has introduced Framework and FSM(Finite state machine) concept. Thousands of channels can be easily managed with the implementation of Framework, and monitoring becomes much easier with the implementation of FSM. All these works were done on PVSS (process visualization and control system) which was chosen by JCOP for SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) tool. Examples of the controlling program for ALICE TPC gas system will show all features of FSM and Framework.

**Cp-027 Performance of a Planar CdZnTe Detector with Au Contacts regarding its Temperature Condition** CHUN Sung Dae, PARK Se-Hwan, HA Jang-Ho, KIM Han Soo, KANG Sang Mook, KIM Young Kyun<sup>1</sup>, HONG Duk-Geun<sup>2</sup>(Korea Atomic Energy Research Institute, <sup>1</sup>Hanyang University, Department of Nuclear Engineering, <sup>2</sup>Kangwon National University, Department of Physics.) A CZT detector was fabricated as a metal-semiconductor-metal system with Au-CdZnTe contacts. It was fabricated with a spectroscopic grade crystal, and with dimensions of 4.5×4.5×4.5 mm<sup>3</sup> from eV products. Peltier coolers with sizes of 30×30 mm<sup>2</sup> and 40×40

mm<sup>2</sup> were installed below the fabricated CZT detector to reduce the temperature down to -20 °C. The current-voltage characteristics of the CZT detector were measured for biased voltages from 0 to 500V. Energy spectra of the gamma-ray were measured with <sup>241</sup>Am and <sup>57</sup>Co as the temperature of the crystal was varied. The differences of the CZT detector performance were compared. This work could be helpful for designing a next generation CZT radiation detector with a high resolution.

\*Acknowledgements: This work has been carried out under the nuclear R&D program of the Ministry of Science and Technology (MOST) of Korea. We are also supported by the iTRS Science Research Center / Engineering Research Center program of MOST / Korea Science and Engineering Foundation.

**Cp-028 CsI(CO<sub>3</sub>) 섬광 단결정 육성 및 섬광 특성 연구** 하 신정, 김 민정, 소 중호, GUL Rooh, 강 희동, 박 환배, 김 홍주, 강 상준<sup>1</sup>, 도 시흥<sup>2</sup>, 김 성환<sup>3</sup>(경북대학교 물리학과, <sup>1</sup>세명대학교 <sup>2</sup>부경대학교 <sup>3</sup>대구보건대학교) 핵물리, 고에너지물리 및 의료영상에서 사용하기 위하여 성능이 우수한 섬광단결정의 개발이 중요하다. 본 연구에서는 CO<sub>3</sub>를 0.01몰%를 첨가한 CsI(CO<sub>3</sub>) 섬광단결정을 초크라스키방법을 써서 육성하였다. 육성된 단결정에 광증배관을 부착하여 상온에서 여러 에너지의 감마선에 대한 에너지 분해능, 파고스펙트럼의 선형성 및 감쇄시간을 측정하였다. 증폭광센서(APD)를 사용하여 절대 섬광량을 측정하였고 CsI(Tl) 섬광결정과 비교하였다. 또한 알파선원을 이용하여, 파고스펙트럼을 이용한 알파/감마율 및 감쇄시간의 차이를 이용한 알파/감마구별에 대한 연구를 수행하였다.

\*본 연구는 과학기술부/한국과학재단 우수연구센터육성사업의 지원으로 수행되었음 (R11-2000-067-02002-0)

**Cp-029 방사선량 조사를 위한 휴대용 데이터 수집 및 분석 장치의 개발.** HWANG YongSeok, KIM H.J., PARK H., KANG Heedong, KIM Wan, KIM Sunghwan<sup>1</sup>(경북대학교 물리학과, <sup>1</sup>대구보건대학교) 물리학 실험에 있어서 데이터를 수집하고 처리할 수 있는 장치는 필수적이다. 마이크로컨트롤러가 장착된 휴대용 정보 수집 및 분석 장치를 개발하여 방사선량을 개수하고, 전류량, 전압, 정전용량 등 여러 물리량들을 측정하고 이를 분석할 수 있었다. 휴대용 DAQ 시스템은 Atmel사(社)에서 만든 ATMEGA128 마이크로컨트롤러를 기본으로 하여, 24비트의 분해능을 가지는 AD7746 정전용량 측정 소자, 그리고 전류량 측정에 사용되는 DDC112 소자 등으로 구성하고 직렬통신(RS-232)을 이용하여 개인컴퓨터로 저장 및 분석할 수 있다. 또한 마이크로컨트롤러가 포함하는 10비트 분해능을 가지는 Analog to Digital Converter(ADC)를 이용하여 전압값을 측정하였고 타이머/카운터를 이용하여 공률 원자력 의학원의 중성자 빔 라인에서 나오는 방사선량을 크리스탈 검출기에서 나오는 신호들을 이용하여 개수할 수 있었다. 전류측정 소자인 DDC112를 이용하여 pC단위의 작은 전하를 검출함으로써 여러 실험에 응용할 수 있었다.

**Cp-030 Defect measuring technique using positron annihilation analysis** 주 관식, 전 상준, 이 상현, 문 혜진, 박 진훈, 김 은, 백 승화<sup>1</sup>, 양 한준<sup>2</sup>(명지대학교 물리학과, <sup>1</sup>명지대학교 정보공학과, <sup>2</sup>을지대학교 방사선과.) In the field of radiation detection, en-

ergy, and time coincidence methods have been frequently used according to each objective. Especially, time coincidence methods have been indispensable to investigation on the defects in variable materials. For the enhancement of timing resolution, many kinds of scintillation detectors have been developed to apply to the time coincidence system. We have measured the effect of the sizes and kinds of scintillators on the time resolution of the fast coincidence system. Time resolution means a measure to response to time intervals between start and stop signals. We used  $^{22}\text{Na}$  positron source to obtain start and stop signals, that is, 1.27 MeV  $\gamma$ -ray is as a start signal, and 511 keV  $\gamma$ -ray as a stop signals resulted from annihilation with electron in material. The system composed of two plastic scintillation detectors with a size of diameter 2". Two pairs  $\text{BaF}_2$  scintillation detectors with different sizes and one pair plastic scintillation detector was used in the measurement. After calibrating TAC (time to amplitude converter), it was obtained that the time resolution of plastic scintillation system was better than others as 298 ps when measured  $^{60}\text{Co}$  for  $^{22}\text{Na}$  energy window. In addition to that, we recognized that the resolution was dependent of the length of delay line on the CFD (constant fraction discriminator) panel, neglecting the size of scintillators. We prepared three kinds of Polyaniline and used the fast coincidence system for Positron Annihilation Spectroscopy to measure positron lifetime. That is, positron lifetime in solid state of Polyaniline was measured as a function of three distinctive conductivities. We obtained the result that the lifetime of positron decrease with increase of Polyaniline conductivity. And we have also studied on the microstructure and positronium dynamic relationships in polyaniline controlled with variable dopants and concentrations, and investigated it as a function of temperatures

**Cp-031 Development of Precise Time Tagger for Time Of Flight Measurement** 김 상열, 조 성철, 임 지천<sup>1</sup>, 김 은주<sup>1</sup>((주)노티스, <sup>1</sup>전북대학교) We have developed precise time tagger for time of flight measurement. The time tagger is designed to record long range of time with 50ps timing resolution. To tag time for input signal with high count rate, it has 30ns double hit resolution and >1M events/sec readout throughput. Built-in self trigger logics including post-arrival trigger are designed to remove external electronics and delay cables. Detailed design and performance of the time tagger will be posted.

**Cp-032 The growth and scintillation properties of  $\text{Ba}_x\text{Sr}_{1-x}\text{Cl}_2$  series single crystals** 김 정인, 강 희동, 김 홍주, 박 환배, 김 완, 김 도성<sup>1</sup>, 김 성환<sup>2</sup>, 도 시홍<sup>3</sup>(*Department of Physics, Kyungpook National University.* <sup>1</sup>*Department of Science Education, Daegu University.* <sup>2</sup>*Department of Radiologic Technology, Daegu Health College.* <sup>3</sup>*Department of Physics, Pukyong National University.*) We present scintillation properties of the new developed single crystals of  $\text{Ba}_x\text{Sr}_{1-x}\text{Cl}_2$  for different concentration of x to be 0, 0.12, 0.20, 0.22, and 1. We manufactured  $\text{BaCl}_2$ (pure),  $\text{Ba}_{0.12}\text{Sr}_{0.88}\text{Cl}_2$ ,  $\text{Ba}_{0.20}\text{Sr}_{0.80}\text{Cl}_2$ ,  $\text{Ba}_{0.22}\text{Sr}_{0.78}\text{Cl}_2$ , and  $\text{SrCl}_2$ (pure) crystals, and  $\text{CsI(Tl)}$ ,  $\text{CsI(pure)}$  crystals as reference by using the Czochralski method. The crystals were cut into a size of  $5 \times 10 \times 10 \text{ mm}^3$ . The X-ray diffraction technique

was used to verify the structure of crystals. Scintillation properties of the crystals such as pulse height spectra, energy resolution,  $\alpha/\beta$  ratio, relative light output, proportionality, and fluorescence decay time were measured with the various radioactive  $\gamma$ -ray sources at room temperature. The light output of these crystals was compared with that of the  $\text{CsI(Tl)}$  crystal and the absolute light yield of these was also measured with avalanche photo-diode(APD). The differences of properties in crystals such as relative light outputs, energy resolutions, and decay times were studied in detail.

\*This work was supported by the SRC/ERC program of MOST/KOSEF (R11-2000-067-02002-0)

**Cp-033 Growth and Scintillation properties of pure  $\text{SrCl}_2$  single crystal** GUL ROOH, KANG HEEDONG, KIM H.J., PARK H., SO J.H., KIM JUNGIN, DOH SIH-HONG<sup>1</sup>(*kyungpook national university.* <sup>1</sup>*pukyong national university.*) The aim of this study is to develop new scintillation crystals for the nuclear physics, high energy physics experiments and medical imaging. We have successfully grown  $\text{SrCl}_2$  single crystal by using Czochralski technique. The cylindrical shape of the  $\text{SrCl}_2$  crystal was cut and polished into the dimensions of  $\phi 2 \times 1.5 \text{ cm}^3$ . The energy response and decay time of the  $\text{SrCl}_2$  crystal were measured with various radioactive sources of gamma and alpha particles. The relative light yield of the  $\text{SrCl}_2$  crystal to that of the  $\text{CsI (Tl)}$  crystal was 77.4%. The energy resolution of the  $\text{SrCl}_2$  single crystal was 10.5% for the  $^{137}\text{Cs}$   $\gamma$ -rays (662keV). Over the energy range of 81 to 511keV, the nonproportionality in the light yield was about 2 ~ 7%. The fluorescence decay time of  $\gamma$ -ray was composed of two decay components, the slow component with 91 ns (12%) and the fast component with 907 ns (88%). For  $\alpha/\beta$  ratio and pulse shape discrimination between  $\alpha$  and  $\gamma$  quanta using a  $^{210}\text{Po}$  alpha source. The  $\alpha/\beta$  ratio was measured to be 0.26. We also showed that alpha and gamma rays can be separated using the different time characteristics of the scintillation pulses in the electron equivalent energy of 1 MeV.

**Cp-034 자연방사성 및 인공방사성 핵종의 선량을 평가** 홍 석봉, 한 상효<sup>1</sup>, 정 중은(*한국원자력연구원.* <sup>1</sup>*Ray Laboratory.*) 환경중의 자연방사성 핵종과 인공방사성 핵종의 선량을 기여분을 측정하기 위한 환경방사능 감시시스템을 개발하여 그 성능을 평가하였다. NaI(Tl) 검출기를 이용하여  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{131}\text{I}$  및  $^{192}\text{Ir}$  등의 인공방사성 핵종과  $^{40}\text{K}$ , U-계열, Th-계열 등의 자연방사성 핵종의 에너지스펙트럼을 구하고 선량변환연산자방법을 이용하여 선량률변화량을 관측하였다. 핵종과 검출기 거리를 50cm 이상 이격하여 측정한 에너지스펙트럼 상에서 각 핵종의 순계수율과 선량률비를 구함으로써 핵종에 따른 선량률기여분을 정량적으로 평가하였다.

**Cp-035 Comparison between MCNPX and EGSnc in Simulation Analysis of Ion Chambers** 송 태영, 김 한수, 박 세환, 하 장호, 김 용균<sup>1</sup>(*한국원자력연구원.* <sup>1</sup>*한양대학교*) KAERI (Korea Atomic Energy Research Institute) has been developing ion chambers which are used for an area radiation monitoring system.

Those ion chambers are used to detect mainly gamma rays and measure the dose of gamma rays. Ion chambers usually have a cylindrical shape with an active volume of a few liters. Ion chambers are filled with gases such as air or Ar or Xe. We investigated the change of characteristics of those ion chambers when the type of filled gas or gas pressure was changed. Transport simulation codes of photon and electron are needed to investigate such characteristics. We used EGSnrc and MCNP codes for the comparison of the simulation results. The dose of ion chambers was calculated and compared. The expected signal current was also calculated from the calculated radiation dose and W value of each gas.

**Cp-036 Fe-55 동위원소를 이용한 GEM 검출기의 특성 조사.** 하성용, 김 일곤, 한 창희, 박 성태, 유 동선, 장 옥훈, 이 정두, 김 지혜(창원대학교 물리학과.) GEM 검출기를 제작하고 Fe-55(100uCi) 밀봉선원을 사용하여 그 특성을 조사 하였다. 검출기의 표류영역과 수집영역은 각각 3mm와 2mm로 제작 하였으며, 가스 검출기에서 발생한 전자신호를 받아 들여 전치증폭기로 전달하는 readout pad는 지름0.5mm의 원형으로 제작 하였다. 검출기체로는 Ar/CO<sub>2</sub>(75:25) 혼합기체를 사용 하였으며, 고전압장치(N472)와 본 연구실에서 설계한 전자회로를 이용하여 신호를 발생시켰다. 그리고 증폭된 신호는 LabView로 설계한 프로그램을 통해서 Data를 수집 하였다. 본 연구에서 GEM 검출기의 동작전압을 고려 하여 인가전압을 변화 시키며 실험을 하였다. 제작한 검출기는 일단-GEM으로써 이단-GEM 검출기에 비해 신호의 크기가 작았지만 주신호(5.9keV)와 이차신호(2.7keV)의 에너지를 확인할 수 있었으며, GEM foil에 인가된전압의 증가에 따른 Peak의 위치변화와 증폭률의 관계에 대해 조사하였다.

\*본 연구는 한국과학재단 (M20509005398-06B0900-39800)지원으로 수행되었음

**Cp-037 전자빔 측정에 의한 GEM 검출기의 특성 조사** 하성용, 김 일곤, 한 창희, 박 성태, 유 동선, 문 병수, 장 옥훈, 이 정두, 김 지혜(창원대학 물리학과.) 자체 제작한 이단 기체전자증폭 장치를 이용하여, 원자력연구소의 2MeV 전자빔을 측정 하였다. 사용 되어진 전자빔의 전류는 0.03mA이고, 23kHz로 가로와 세로로 각각 50Hz, 670Hz로 이동하며, 가로 5cm, 세로 30cm의 영역을 고르게 조사하도록 설계되었다. 검출기체로는 Ar:CO<sub>2</sub>(80:20) 혼합기체를 사용 하였다. 주기적으로 방출되는 전자빔의 정보는 검출기 전단증폭기를 통과한 신호를 오실로스코프에 입력시켜 확인하였으며, 전자빔의 스펙트럼은 자체 제작한 데이터 축적장치를 이용해 측정하였다. 전자빔 에너지는 1MeV, 1.3MeV, 2MeV으로써, 각각 그 에너지를 이단 기체전자증폭 장치GEM-009를 이용하여 측정 하였으며, 빔 에너지와 그 세기의 증가 량에 따라 Peak는 오른쪽으로 이동하였다. 이는 Bethe-Bloch Formula를 통한 Energy Loss와 비교 하여 빔 성질을 예측 할 수 있으며, GEM검출기에 의한 전자빔의 특성 조사 가능성을 확인하였다.

\*본 연구는 한국과학재단 (M20509005398-06B0900-39800) 지원으로 수행되었음.

**Cp-038 Design of 16-Channel Data Acquisition and Analysis System for GEM Detector Based on FPGA and USB2.0 Technology** ZHANG Yuxin, KIM Il Gon, HAHN Chang Hie,

YOO Dong Sun, PARK Seong-Tea, HA Sung Yong, LEE Jung Du(Changwon National University, Department of Physics.) GEM detector is being paid more and more attention because of its low noise, linear amplification and high gain. This solution is designed to acquire and analyze the low-level current signal of GEMs on a PC and it is implemented based on FPGA, USB2.0 and necessary peripheral circuits. There are several modules to form it, such as Charge Sensitive Preamplifier, Analog-to-Digital Converter, FPGA and USB2.0 Logic Circuit. The Nios II processor which operates on FPGA as a soft processor and the USB2.0 logic circuit result in high-speed data processing and transmitting. In order to analyze the acquired data on a PC, applications are designed with VC++.

**Cp-039 Czochralski 방법으로 육성한 Gd<sub>2</sub>SiO<sub>5</sub> (GSO) 단결정의 광 및 섬광특성** 이 우교, 이 동훈<sup>1</sup>, 김 용균<sup>1</sup>, 김 종경<sup>1</sup>, 박재우<sup>2</sup>(한양대학교, 방사선안전기술연구센터. <sup>1</sup>한양대학교, 시스템응용공학부. <sup>2</sup>한양대학교, 기계에너지시스템공학부.) 1983년 개발된 Gd<sub>2</sub>SiO<sub>5</sub>:Ce (GSO:Ce) 섬광체는 밀도가 6.71 cm<sup>3</sup>으로 광출력이 많고, 빠른 감쇠시간을 가지며, radiation hardness가 높은 장점을 가지고 있다. 그러나 높은 용융점과 단결정의 벽개면이 있어 결정 육성에 어려움이 있다. Gd<sub>2</sub>SiO<sub>5</sub> (GSO)와 Ce를 0.5 mole% 첨가한 Gd<sub>2</sub>SiO<sub>5</sub>:Ce (GSO:Ce)를 Czochralski 방법으로 육성하였다. 육성된 GSO 단결정을 1500℃ Ar 분위기에서 열처리하였다. 열처리 전후의 GSO 단결정의 흡수 및 투과곡선과 여기 및 발광 스펙트럼을 측정하여 비교하였고, 감쇠시간 및 파고 스펙트럼을 측정하여 에너지 분해능을 구하였다.

**Cp-040 위치민감 검출기를 이용한 신개념 중성자 분광기** 문 명국(한국원자력연구원.) 동축형 위치민감 중성자 검출기를 이용하여 넓은 영역의 중성자 에너지를 일시에 측정할 수 있는 새로운 개념의 중성자 분광기를 고안하고 그 기본 개념을 설명하였다. 중성자 분광기의 핵심요소는 위치민감 중성자 검출기와 이를 둘러싼 방추형 구조의 중성자 감속재이다. 중성자 감속재의 두께에 따라 중성자 에너지 반응함수가 달라지며 이에 따라 신개념 중성자 분광기는 저에너지 중성자에서 고에너지 중성자까지 일시에 측정할 수 있다. 본 발표에서는 신개념 중성자 분광기의 기본 구조와 이를 위한 계측회로의 구성과 기본 특성, 반응함수 등의 분광기를 구성하는 기본 개념에 관하여 논의한다.

**Cp-041 플라스마 진단을 위한 2차원 대면적 검출기 개발** 문 명국, 천 종규, 최 영현, 이 상곤<sup>1</sup>, 박 준교<sup>1</sup>, 남 옥원<sup>2</sup>(한국원자력연구원. <sup>1</sup>핵융합연구센터. <sup>2</sup>한국천문연구원.) 한국원자력연구원은 핵융합연구센터, 한국천문연구원과 협동연구를 통하여 X-선 결정을 이용한 플라스마 이온온도 측정용 2차원 대면적 검출기를 개발하였다. 이 검출기는 유효검출면적이 100mmx300mm이며, 3keV 수준은 아주 낮은 X-선을 측정하기 위하여 두께 1mm의 베릴륨 입사창을 사용하였다. 계수능을 높이기 위하여 분할전극 구조를 고안하였고, 분할된 검출영역은 최대 500kcps의 성능을 나타낸다. 본 연구발표에서는 플라스마 이온온도를 실시간으로 측정할 수 있는 검출기와 관련 계측회로 개발 결과에 관하여 논의한다.

**Cp-042 Rb<sub>2</sub>CeBr<sub>3</sub> 단결정 육성과 섬광 특성** 김 성환, 김

정인<sup>1</sup>, 강 희동<sup>1</sup>, 김 홍주<sup>1</sup>, 박 환배<sup>1</sup>, 김 완<sup>1</sup>, 도 시흥<sup>2</sup>, 김 도성<sup>3</sup>(대구 보건대학. <sup>1</sup>경북대학교 <sup>2</sup>부경대학교 <sup>3</sup>대구대학교) RbBr (99.99%, Aldrich)과 CeBr<sub>3</sub>(99.99%, Aldrich)를 몰비 2:1로 혼합하여 외경 10 mm 인 석영앰플에 넣은 후 약 10-6 torr 의 진공에서 밀봉한 후 수직 Bridgman 장치로 Rb<sub>2</sub>CeBr<sub>3</sub> 단결정을 육성하였다. 앰플의 하강속도는 0.3 mm/h 이었으며, 결정성장부의 온도기울기는 30°C/cm 이었다. 육성된 단결정의 결정구조는 orthorhombic이었으며, 공간군은 Pnma이었다. 육성된 Rb<sub>2</sub>CeBr<sub>3</sub> 단결정을 직경 8 mm, 길이 10 mm 의 원통형 시편으로 제작한 후 상온에서의 발광 특성, 형광감쇠시간특성, 파고스펙트럼, 에너지 분해능, 비선형성, 광출력 등 섬광특성을 조사하였다.

\*본 연구는 과학기술부/한국과학재단 우수연구센터육성사업의 지원으로 수행되었음(R11-2000-067-02002-0).

**Cp-043 A Performance Test Result of Silicon Strip Detector with Radioactive Source** 김 영임, 가 동하, 강 희동, 김 현욱, 김 홍주, 박 환배, 배 재범, 손 도희, 유 상수, 현 효정(경북대학교) We fabricated an AC-coupled single-sided silicon strip sensor on 5-in. 380  $\mu$ m-thick wafer and its active area is 3.2 x 3.2 cm<sup>2</sup>. It has 64 implanted and readout strips with a strip pitch of 500  $\mu$ m. In AC-coupled sensor design, coupling capacitors of the sensor were made by separating implantation and metallization of the strips by a oxide layer and biasing resistors were made in polysilicon. Two low noise analog ASIC VA1 chips were used for signal readout of the strip sensor. The sensor and readout electronics were housed in an Al light-tight box. The data acquisition system was based on a 12-bit 64 MHz FADC and control softwares for the PC-Linux platform. The strip sensor was fully depleted at 46 ~ 50 voltage and the signal-to-noise ratios of the sensor were measured with radioactive sources and 45 MeV proton beam of MC-50 cyclotron at Korea Institute of Radiological and Medical Sciences (KIRAMS). The performance results of the manufactured AC-coupled single-sided silicon strip detector are presented.

**Cp-044 Performance Test of the Double-sided Silicon Strip Detector with a 45 MeV Proton Beam** SON Dohhee, KAH Dongha, KANG Heedong, KIM Youngim, KIM Hyunok, KIM Hongjoo, PARK Hwanbae, BAE Jaebeom, RYU Sangsu, HYUN Hyojung(Department of physics, Kyungpook National University.) A test result of the DSSD (Double-sided Silicon Strip Detector) is presented by using a 45 MeV proton beam from the MC-50 cyclotron at KIRAMS (Korea Institute of Radiological & Medical Science) in Seoul. The manufactured DSSD has 512 channels on each side of the sensor and its size is 5.56 cm x 2.95 cm. The implanted strips on P-side are orthogonal to those on N-side, thus providing 2-dimension position information. For the readout of the signal, we use VA1TA\_3 from IDEAS, Norway, which provides analog outputs of 128 channels and a wire-ored trigger output for every event. During the development phase of the sensor and readout electronics, large amount of energy deposition (~1 MeV) of proton beam is beneficial because there is more chance of observing signals. We present details of readout electronics systems and beam test result of the sensor-electronics assembly.

**Cp-045 Design, Fabrication And Electrical Characteristics Of Stripixel Sensors**

문 혜진, 주 관식, 강 주환<sup>1</sup>, 권 영일<sup>1</sup>, 김 수현<sup>1</sup>, 복 정수<sup>1</sup>, 범 지현<sup>1</sup>, 심 광숙<sup>2</sup>, 심 현하<sup>2</sup>, 홍 병식<sup>2</sup>, 남 신우<sup>3</sup>, 박 일홍<sup>3</sup>, 이 남희<sup>3</sup>, 이 직<sup>3</sup>, 이 혜영<sup>3</sup>, 한 인식<sup>4</sup>, 김 은주<sup>5</sup>(명지대학교, 물리학. <sup>1</sup>연세대학교, 물리학. <sup>2</sup>고려대학교, 물리학. <sup>3</sup>이화여자대학교, 물리학. <sup>4</sup>이화여자대학교, 과학교육과. <sup>5</sup>전북대학교, 과학교육학부.) Silicon stripixel sensors are capable of two dimensional position detection of charged particles due to a novel design of intertwinning comb-type pixels. Horizontal 128 pixels form a row X strip and vertical 128 pixels form a column Y strip. A stripixel sensor has total 128 X strips and 128 Y strips. Two comb-type X and Y pixels at each crossing of X and Y strips are intertwined in such a fashion that they are sensitive to the ionization of charged particles at the crossing. We will present design, fabrication and electrical characteristics of stripixel sensors. We will also present preliminary results for the performance of stripixel sensors in a radiation source test and a beam test at CERN.

**Cp-046 Study of InSb Radiation Detector for High-Resolution Energy Spectroscopy**

박 세환, 송 태영, 김 한수, 하 장호, 이 재형, 김 용균<sup>1</sup>, 이 남호(한국원자력연구원. <sup>1</sup>한양대학교) High-resolution radiation energy spectroscopy is required in various research and application fields such as neutrino mass measurement, X-ray astronomy, nano-sized device technology, and environmental analysis. Generally the conventional radiation detectors do not have enough energy resolution. InSb semiconductor detector could be possible candidate for ultra-high resolution radiation detector because of its small band gap. The fabrication process of InSb detector has been studied. N-type InSb wafer was used for the development. The wafer was cut, cleaned and chemically etched. The InSb surface before and after the surface treatment was examined Atomic Force Microscopy (AFM). InSb Schottky-type radiation detector was made by depositing gold and aluminum layers on the wafer. I-V curve of the detector was measured at room temperature and LN temperature. The correlation between the leakage current and the surface state was studied from above measurement. Our work could be helpful to fabricate ultra high resolution detector with InSb.

**Cp-047 Fabrication of an SSB Radiation Detector for Radon Measurement in Air**

KIM Han Soo, PARK Se Hwan, HA Jang Ho, KANG Sang Mook, CHO Seung Yeon<sup>1</sup>, KIM Do Hyun<sup>1</sup>, CHUNG Eui Kwon<sup>1</sup>, KIM Sun Hong<sup>1</sup>(Korea Atomic Energy Research Institute. <sup>1</sup>Department of Environmental Engineering, Yonsei University.) Two types of SSB radiation detectors were fabricated to detect radon in air by using a semiconductor fabrication processes. One was a simple planar-type and the other had a guard electrode configuration. The principle of radon detection which is used in a detection system is the electrostatic collection of the progeny nuclei of <sup>222</sup>Rn, and the energy measurement of the alpha decay with an SSB detector. It was reported that about 88% of <sup>218</sup>Po atoms, which was one of the progeny nuclei of <sup>222</sup>Rn, tended to become positively charged. The leakage currents of the two-types of SSB radiation de-

detector were measured with a semiconductor characterization system. And the energy spectrum for an alpha particle from  $^{238}\text{Pu}$  was also measured in vacuum and in air.

\*Acknowledgments This work has been carried out under the nuclear R&D program of the Ministry of Science and Technology (MOST) of Korea. And we are also supported the BK21 program of Korea Research Foundation(KRF) and partially supported by the Eco-technopia 21 project of the Ministry of Environment.

**Cp-048** 지하 암반 샘플의 환경 방사능 측정 강 운구, 김 영덕, 마 경주, 공 대정<sup>1</sup>, 김 동희<sup>1</sup>, 김 우영<sup>1</sup>, 김 지은<sup>1</sup>, 사무엘 스테파난<sup>1</sup>, 서 준석<sup>1</sup>, 아딜 칸<sup>1</sup>, 안드레이 김<sup>1</sup>, 박 인곤<sup>2</sup>, 박 명렬<sup>3</sup>, 안 정근<sup>4</sup>, 이 효상<sup>4</sup>, 김 수봉<sup>5</sup>, 김 장호<sup>5</sup>, 김 현수<sup>5</sup>, 박 강순<sup>5</sup>, 박 정식<sup>5</sup>, 신 경하<sup>5</sup>, 이 재승<sup>5</sup>, 전 은주<sup>5</sup>, 최 선호<sup>5</sup>, 권 은향<sup>6</sup>, 김 동현<sup>6</sup>, 박 차원<sup>6</sup>, 서 현관<sup>6</sup>, 유 인태<sup>6</sup>, 최 수용<sup>6</sup>, 최 영일<sup>6</sup>, 김 성현<sup>7</sup>, 김 재률<sup>7</sup>, 임 인택<sup>7</sup>, 장 지승<sup>7</sup>, 정 인석<sup>7</sup>, 주 경광<sup>7</sup>, 오 영도<sup>8</sup>, YU. Krylov<sup>9</sup>, G. Novokova<sup>9</sup>, E. Yanovich<sup>9</sup>, N. Danilov<sup>10</sup>(<sup>1</sup>세종대학교 <sup>2</sup>경북대학교 <sup>3</sup>경상대학교 <sup>4</sup>동신대학교 <sup>5</sup>부산대학교 <sup>6</sup>서울대학교 <sup>7</sup>성균관대학교 <sup>8</sup>전남대학교 <sup>9</sup>포항가속기연구소 <sup>10</sup>INR <sup>10</sup>IPCE.) RENO실험에서 근거리 검출기와 원거리 검출기가 설치될 각지점에서 시추한 지하 암반 샘플을 Rolling Mill장비로 파우더를 만든후 High Purity Germanium검출기로 U238 대해서 약 0.600ppm, 그리고 Th232, K40에 대해 약 0.878ppm, 5774.2ppm을 측정하였다. 또한 측정결과를 원소 질량 분석기 ICP-MS와 High Resolution ICP-MS의 분석결과와 비교한다.

**Cp-049** Pulse shape analysis of charged particles using a Position Sensitive Silicon Detector (PSSD) and a CsI detector YOO JungSook, HAHN Insik, KIM Aram, LEE Juhan<sup>1</sup>, LEE Namhee(Ewha Womans University. <sup>1</sup>Chungang University.) In nuclear and particle physics experiments, it is very important to distinguish different charged particles. The pulse shape analysis method is useful to apply for charged particle identification, especially for some nuclear astrophysics experiments that require to identify light charged particles of a few hundred keV and below. Therefore we have investigated signals of light charged particles detected by a

PSSD and a CsI detector using digital signal process. The pulse shapes of different incoming particles incident on various positions of the detectors will be analyzed. The digital processing system and our results will be reported.

**Cp-050** 다중채널 광전자 증배관의 균일성 측정을 위한 새로운 장치 및 방법 개발 이 준규, 이 하영, 공 중기, 유 인권(부산대학교, 물리학과) 입자의 속도 측정에 유용한 가스복사체를 이용한 환상체렌코프 (Gas Radiator Ring Image Cherenkov, Gas RICH) 검출기는 가스복사체, 체렌코프 광 반사체 및 광검출기로 이루어 진다. 이 중 광검출기 부분은 체렌코프 광자의 위치 민감도가 중요하기 때문에 이를 위한 다중채널 광전자 증배관 (Multi-Anode Photomultiplier, MAPMT)이 많이 사용되고 있다. 본 연구실에서는 이 다중채널 광전자 증배관의 특성연구를 진행 중에 있다. 특히, 다중채널 광전자 증배관의 중요 특성인 균일성 (Uniformity)은 채널별 성능의 효율과 측정결과의 보정에 대단히 중요한 특성으로서, 반드시 확인·교정 되어야 하는데 그 측정은 방법이 까다로울 뿐만 아니라 레이저, 감쇠장치 및 광섬유 등의 고가의 장비가 필요하다. 본 연구실에서는 균일성 테스트를 위하여, 보다 저렴하고 단순하게, 발광다이오드와 산광기를 사용한 균일성 측정 장치를 개발하였고, 이를 이용하여 HAMAMATSU사의 16채널(H8711)과 64채널(H8500) 다중채널 광전자 증배관의 균일성을 측정하고 기존에 제작사로부터 제공된 균일성 데이터와 비교, 분석 하였다.

**Cp-051** Charge Collection Efficiency of the Alpha-ray SiC Schottky Barrier Detector JANG HO HA, SANG MOOK KANG, SEWHAN PARK, HAN SU KIM(KAERI) Alpha-particle detectors based on 6H-SiC semiconductor were fabricated and measured their electrical and radiation performances. Detector structure was Au/Ni/6H-SiC/Ni/Au multi-layer structure. The current-voltage characteristics of the SiC detectors were measured and the radiation response was evaluated by  $^{238}\text{Pu}$  with 5.5 MeV alpha-particles at room temperature in air. Charge collection efficiency was measured by adjusting the biased voltages up to 300V. Charges induced by alpha-ray were fully collected above 120V.



## ■ SESSION P2

10월 19일(금), 09:00 - 10:45

장 소: 5층 포이어

**Hp-001 Pulse Shortening caused by Higher Mode in Relativistic Klystron Amplifier** 한 재은, 김 정호, 박 상덕, 윤 무현, 박 수용, 남 상훈<sup>1</sup>, 신 진우<sup>2</sup>, 소 준호<sup>2</sup>, 장 원<sup>2</sup>(POSTECH. <sup>1</sup>가속기연구소, <sup>2</sup>국방과학연구소) This poster describes pulse shortening problem caused by growing higher harmonic mode in relativistic klystron amplifier (RKA). Such higher mode is generated and grown by beam's nonlinearity and geometrical discontinuity between cavities. It is an undesirable phenomena in RKA that may lead to decrease in average output power. In order to achieve longer output-pulse length, we need to consider a power absorbing system which can remove the unwanted higher mode. In this poster, we show the mechanism for the pulse shortening in RKA and describe the design of the higher harmonic mode absorbing system.

**Hp-002 Effect of a tight focus of a laser on electron dynamics and radiation** LEE Hyung Jin, CHUNG Sang Young, LEE Ki Tae<sup>1</sup>, KIM Dong Eon(Physics Department, POSTECH, San 31 Hyojadong, Nam Ku, Pohang, Kyungbuk, 790-784, KOREA. <sup>1</sup>Laboratory for Quantum Optics, Korea Atomic Energy Research Institute, P. O. Box 105, Yuseong, Daejeon, 305-600, KOREA.) When the diameter of a focal spot of laser become comparable, the paraxial approximation is no longer valid. A laser beam propagating in a free space is not any more transverse. The electric field parallel to the propagation direction becomes significant so that this contribution should be considered. In this study, the trajectory and energy of an electron under a tight focus of a propagating Gaussian laser pulse have been investigated in detail. The results will be presented.

**Hp-003 Super Reltron Amplifier** 박 상덕, 김 정호, 한 재은, 박 수용, 윤 무현, 남 상훈<sup>1</sup>, 소 준호<sup>2</sup>, 신 진우<sup>2</sup>, 장 원<sup>2</sup>(포항공대 물리학과. <sup>1</sup>포항공대 가속기 연구소, <sup>2</sup>국방과학 연구소) HPM application으로 가장 잘 알려진 Klystron에서 외부 접속 자기장을 없애고 전체적인 크기를 줄인 oscillator방식의 Super Reltron은 많은 연구가 되어왔다. Super Reltron은 bunching cavity가 두 개에서 세 개의 coupled cavity에 의해 oscillator로 동작하므로 여러 개의 eigen modes에 의해 bunching이 일어나게 되므로 출력이 불안정하게 된다. 그러나 bunching cavity의 coupling을 없애고 amplifier 방식으로 동작을 시키면 한 개의 input signal에 의한 eigen mode에 의해 bunching이 일어나게 되므로 출력이 안정적인 뿐만 아니라 전자 빔 에너지의 40%정도의 효율로 RF에너지로의 전환이 가능해진다.

**Hp-004 The coherence of an isolated attosecond pulse generated by nonlinear relativistic Thomson scattering from a co-propagating electron bunch** CHUNG Sang Young, KIM Dong Eon, LEE Ki Tae<sup>1</sup>(Physics Department, POSTECH, San 31 Hyojadong, Nam Ku, Pohang, Kyungbuk, 790-784, KOREA. <sup>1</sup>Laboratory for Quantum Optics, Korea Atomic Energy Research Institute, P. O. Box 105, Yuseong, Daejeon, 305-600, KOREA.) The radiation characteristics of rela-

tivistic nonlinear Thomson scattering (RNTS), in which an electron bunch co-propagates with a TW (tera watt) laser, can be utilized to generate an isolated attosecond pulse. It is shown that by introducing a tight focus and manipulating the carrier-envelope phase of the laser, only a particular group of electrons in an electron bunch is allowed to radiate strongly with different angular characteristics, leading to the generation of an isolated UV/VUV attosecond pulse of 35 to 500 attoseconds. The coherence of a radiation is important for a higher photon flux and is related with the emittance of the electron bunch. In this presentation, the effect of the emittance of an electron beam on the coherence property will be discussed.

**Hp-005 Monte Carlo Simulation on Charge-deposition Distribution for Electron Beam Energy Determination** 길 영미, 오 영도<sup>1</sup>, 김 상훈, 문 성익, 조 무현, 남궁 원(포항공과대학교. <sup>1</sup>포항공대 가속기연구소) Electron energy is one of the principal parameters influencing the charge-deposition distribution (abbreviated as CDD) within a material penetrated by electron beams. To develop an easy-to-use device for measurement of the electron beam energy, the Monte Carlo simulation has conducted on the CDD in aluminum absorbers. From CDDs, the following parameters were derived: (i) the maximum charge-deposition  $y_m$ : the maximum value of charge-deposition; (ii) the most probable charge-deposition depth  $x_m$ : the depth at which charge-deposition attains its maximum. Each of these parameters is useful for determining the electron energy. Using the MCNPX 2.4 code, we have computed the CDDs by 5 to 60 MeV electrons in aluminum absorbers and the results at 50, 55, 60 MeV have been compared with the experimental data.

**Hp-006 Development of an Error Analysis Code for a Linac and Beamline** KIM Kui Young, JANG Ji-Ho, CHUNG Byungchul(Korea Atomic Energy Research Institute.) We have developed an error analysis code for a linear accelerator and beamline. Based on a transfer matrix algorithm, the code deals with the effects of random 3-D misalignments of linac or beamline elements, such as dipole and quadrupole magnets on the beam profile. In the paper, we present the architecture of the code along with simple examples. In addition, some detailed comparisons with other beam tracing codes, such as Parmila and Trace3D, are presented.

**Hp-007 Estimation of effective focal spot size of x-rays generated from transmission targets** IHSAN Aamir, HEO Sung Hwan, CHO Sung Oh(Dept. Nuclear and Quantum Engineering, KAIST.) Following electron beam irradiation of targets, the beam broadening causes the actual x-ray spot size to be larger than the electron beam size. In this research work the effective focal spot size of x-rays generated from a transmission target is estimated by Monte Carlo simulations. Based upon the angular intensity profile of x-rays, the effective spot size is estimated as a function of thickness of molybdenum transmission target (thickness: 0.5~12  $\mu\text{m}$ ). The electron beam energy was 50 keV with a spot size of 5  $\mu\text{m}$ . The intensity profile of x-rays emerging out of the target was calculated on the back surface in concentric circular regions increasing in radi-



us by 0.5  $\mu\text{m}$ . The simulations showed that for small target thickness, most of the x-rays are emerged out from the central region indicating less beam broadening. The intensity profile shows a large decrease in intensity for the regions away from the centre. The intensity reduces to about less than 5 % of the total beyond the circular region of radius 5  $\mu\text{m}$  with target thickness up to 2.5  $\mu\text{m}$ . With the increase of thickness, the difference of intensity calculated at the central regions and the periphery decreases and for thickness greater than 8  $\mu\text{m}$  the intensity curves are almost flattened beyond the region of radius 6  $\mu\text{m}$ . Using the useful portion of the x-ray intensity profile, the effective x-ray spot size can therefore be estimated.

**Hp-008 Installation of 10 MeV L-band Electron Linac for CESC\*** 양 해룡, 김 상훈, 권 세진<sup>1</sup>, 손 윤규<sup>1</sup>, 장 성덕<sup>1</sup>, 박 성주<sup>1</sup>, 오 종석<sup>1</sup>, 조 무현, 남궁 원(포항공과대학교 물리학과, <sup>1</sup>포항가속기 연구소) An intense L-band electron linac is being installed at the CESC (Cheorwon Electron-beam Service Center) for the irradiation applications. It is capable of producing 10-MeV and average 30-kW electron beams a pulsed klystron of 25 MW with average 60 kW. The beamline consists of an E-gun, a pre-buncher cavity with a drift tube, an accelerating column with built-in bunching section, and a beam scanner. A Thales klystron and a matching pulsed modulator produce 1.3-GHz, pulsed 25-MW, and average 60-kW RF power with a 6-us pulse length and a 350-Hz repetition rate. An accelerating column, which was fabricated in IHEP, China, is operated with  $2\pi/3$ -mode traveling-waves under a fully beam-loaded condition. The beam commissioning scenario is established with beam dynamics simulation by using the PARMELA code. The output beam energy and transmission rate are obtained with the input RF power into the accelerating column, the input beam current, and the input RF power and the phase into the pre-buncher. The misalignment of the beamline reduces the beam energy and the transmission rate. In this paper, we present installation status of the system. We also present commissioning process based on simulation results.

\*Work supported partly by KAPRA and POSTECH Physics BK21.

**Hp-009 X-Band, 200W double-staggered coupled-cavity TWT (CCTWT) 설계 및 제작** 김 해진, 김 형중, 최 진주(광운대학교 전자공학과) 본 논문에서는 레이더 송신기에 응용될 coupled-cavity 진행파관 증폭기(TWT)를 설계 및 제작하였다. CCTWT에서 전자빔과 rf간의 상호작용이 일어나는 저속과 구조는 double-staggered coupled-cavity 구조를 이용하였다. 저속과 구조에서 분산 관계를 예측하기 위해서 HFSS 코드와 MAGIC3D 코드를 이용하였다. 또한 20개의 double-staggered coupled-cavity 저속과 회로를 제작하여 분산특성을 측정, 비교하였다. Cold-test 결과가 수치적 계산으로 얻어진 분산 결과와 매우 일치함을 확인하였다. CCTWT의 비선형 특성을 예측하기 위해서 3차원 particle-in-cell (PIC) 코드를 이용하여 시뮬레이션을 수행하였다. 전자빔 전압 10.7 kV, 전자빔 전류 240 mA, 입력 전력 1.4 W일때 동작 주파수 8.7 GHz에서 200 W의 출력을 얻었으며 이때 이득은 21.5 dB, 전기적 효율은 7.8%가 나왔다.

**Hp-010 Error Analysis and Beam Steering of the PEPF 100**

**MeV Linac** JANG Ji-ho, KIM Kui-young, CHUNG Byung-chul, KWON Hyeok-jung, CHO Young-sub(KAERI) The 100 MeV Linac of the Proton Engineering Frontier Project (PEFP) consists of an ion source, a low energy beam transport (LEBT), a 3 MeV radio frequency quadrupole (RFQ), and an 100 MeV drift tube linac (DTL). The DTL is separated into two parts. The first part includes 4 tanks which accelerate 20 mA proton beams up to 20 MeV. The medium energy beam transport (MEBT) follows the 20 MeV accelerator in order to match proton beams into the next linac as well as to extract and supply 20 MeV proton beams to the user facilities. The second part of the DTL consists of 7 tanks to accelerate proton beams to 100 MeV. This work focuses on the error analysis and beam steering of the designed 100 MeV linac in order to control the fluctuation of beam center in drift tubes. We studied the displacement and rotation error effects on the beam motion and determined the specification of the steering magnets.

**Hp-011 Laser Pulse Shaping for Photocathode RF Gun** 김 창범, 현 기호<sup>1</sup>, 박 용운<sup>1</sup>, 박 성주, 황 정연, 고 인수<sup>1</sup>(포항가속기 연구소, <sup>1</sup>포항공과대학교 물리학과) A photocathode RF gun can provides high-charge short-bunch-length electron beams, so that it can be used for an injector of the 4th generation light source. Owing to the high-charge in short-bunch-length, however, generated electron beam experiences severe space-charge effect in the beginning of acceleration and the emittance becomes bad rapidly. In this work, we tried a pulse shaping technique to reduce this space-charge effect. A plat-top profile laser pulse is obtained by stacking Gaussian pulses to the longitudinal direction, and the plat-top profile is measured with a cross-correlator. Parnela simulations are also performed to check the beam quality improvement when the plat-top profile laser is used. Given geometry of the photocathode RF gun in the Pohang Accelerator Laboratory, parnela simulations show 40% decrease of the emittance in electron beams.

**Hp-012 Design study on the single-bunch thermionic RF gun** 문 성익, 박 성주<sup>1</sup>, 김 창범<sup>1</sup>, 고 인수<sup>1</sup>, 조 무현, 남궁 원(포항공과대학교, 물리학과, <sup>1</sup>포항 가속기 연구소) An 1.6-cell thermionic rf cavity with a thermionic cathode on its inner rod has been designed in order to minimize the inherent back-bombardment of electrons onto the cathode. By using a cathode cell, which is positioned between the cathode surface and the 1<sup>st</sup> accelerating cell and extract the electrons from the cathode, the electric field to extract the electron beam can be controlled. The single-bunch electron beam can be extracted by applying a bias voltage at the cathode. Dependence of the back-bombardment power and the output beam properties on electric field at the cathode cell and the cathode bias voltage have been studied using a 2-dimensional simulation code. As a result, there is optimal condition where back-bombardment power is reduced significantly. \*Work supported by PAL and POSTECH Physics BK21

**Hp-013 DSP-based Development of a High Precision Magnet Power Supply** 박 기현, 정 성훈, 김 동언, 정 진화, 최 진

혁(포항가속기연구소) This paper presents the precision magnet power supply for the Pohang Light Source using the digitally controlled PWM method. The required current to energize the some magnets was  $\sim 200$  A with the high precision of  $\sim 20$ ppm at least to accomplish a high stable beam operation. This power supply has been implemented using a digital signal processor, TMS320F28 series from Texas Instruments, with high speed external 16-bit ADCs. The designed digital controller includes a current feedback loop, which was applied by the PI control scheme. To reduce the output current ripple, the damped L-C filter was fabricated at both the DC link and load sides. Various experimental results such as stability, bandwidth and harmonic analysis, as well as simulation are given to verify the characteristics of the DSP based magnet power supply.

**Hp-014 Development of a Corrector Magnet Power Supply**  
JEONG S. H., PARK K. H., CHOI J. H., KIM D. E., CHUNG C. W.(PAL) This paper presents the precision magnet power supply for the Pohang Light Source using the PWM method. The required current to energize the new corrector magnets was 5 A with the high precision of  $\sim 5$ ppm to accomplish a high stable beam correction. This power supply has been implemented using a digital signal processor, 16-bit ADCs, a FPGA and etc. The designed digital controller includes a current feedback loop, which was applied by the PI control scheme with very high updating speed. To archive a high precision stability, the link voltage was regulated up to about 100ppm. In order to reduce the output current ripple, the damped L-C filter was fabricated at load sides. Various experimental results such as stability, bandwidth and harmonic analysis, as well as simulation are given.

**Hp-015 PLS BLACI에서의 액상 X 선 소각 산란 실험을 위한 다층단색광 분광 장치 최적화** 김 제한, 김 광우, 이 문호 (포항가속기연구소) rla 액상 X선 소각 산란 법은 용액 상의 고 분자 또는 생체 시료의 구조 분석을 위해 전 세계적으로 방사광 빔 라인에서 최근 많이 사용되어지고 있는 기술이다. 액상 X선 소각 산란 법을 포함 방사광 가속기 4C1 빔라인에 적용하기 위해, 표준 수용액 시료를 사용하여 동 빔라인의 다층 단색광 분광 장치의 최적화 작업을 수행하였다. 표준 수용액 시료로는 PMMA-Latex와 증류수를 준비하였다. 이중 다층 모노코로메타를 사용하여 얻은 단색광의 X선 빔을 시료에 조사하였고, 시료로부터 산란한 X선은 2차원 CCD X선 검출기를 사용하여 측정하였다. 다층 단색광 분광 장치의 성능은 측정된 X선 산란패턴의 분석함에 의해 구하였다. 본 논문에서는 그 분석 결과인 SAXS 빔라인의 단색성, 공간 분해능, 산란 강도와 스미어링 효과(Smearing effect)에 대해 기술하고자 한다.

**Hp-016 Development of a Coupled Plasma-Neutral Transport Code for a Linear Divertor Simulator of the MP<sup>2</sup> Facility**  
HAN Hyun-sun, KIM Ki Min, KIM Hyun Seok, KIM Jwa-soon, HONG Sang Hee(Department of Nuclear Engineering, Seoul National University.) A fully implicit one-dimensional coupled plasma-neutral transport code is developed to investigate the plasma properties along magnetic fields in a linear divertor simulator. The governing

equations for the plasma are particle continuity, momentum balance and electron heat flux equations based on the Braginskii's formulation, while simple diffusion equations are used for neutral density. As the preliminary computational results calculated under the artificial boundary condition, some hydrogen plasma properties like density and temperature are obtained in a linear divertor simulator part of the Multi-Purpose for the Plasma (MP<sup>2</sup>) facility. This numerical code is expected to be used as an analysis tool for the operation of MP<sup>2</sup> facility with various plasma species such as argon and helium as well as hydrogen.

**Hp-017 One-dimensional Numerical Simulation of Pure Ar Plasma in the MP<sup>2</sup> Facility as a Linear Divertor Simulator**  
KIM Hyun Seok, HAN Hyun-sun, KIM Ki Min, KIM Jwa-soon, HONG Sang Hee(Department of Nuclear Engineering, Seoul National University.) A one-dimensional numerical simulation is carried out to find the pure Argon plasma properties of the Multi-Purpose for the Plasma (MP<sup>2</sup>) facility, which has been reconstructed from the Hanbit mirror device for its diverse plasma applications including the divertor simulation research. In this numerical work, a one-dimensional plasma transport code is developed, based on the fluid model along the magnetic field lines. The computational domain is set for a region from the entrance of the linear divertor simulator to the target plate. Although ionized argons have various charge states, they are assumed to be in a singly ionized charge state ( $\text{Ar}^+$ ) in view of relatively low plasma temperature. As a result of the simulation, some argon plasma properties like plasma density and temperature distributions are obtained. These modeling results will provide the basic information on the simulator prior to the MP<sup>2</sup> experiments.

**Hp-018 Direct Simulation Monte Carlo (DSMC) Calculations of Plasma Characteristics Generated by Electron Beam in a Linear Divertor Simulator of the MP<sup>2</sup>**  
KIM Jwa-soon, HAN Hyun-sun, KIM Ki Min, KIM Hyun Seok, HONG Sang Hee(Department of Nuclear Engineering, Seoul National University.) Hydrogen plasma generation by electron beam in a linear divertor simulator of the Multi-Purpose for Plasma (MP<sup>2</sup>) facility is numerically simulated by the Direct Simulation Monte Carlo (DSMC) method. In this work, it is assumed that all injected electron energies are assigned to a constant value and the computational domain is defined to match a plasma source region of the MP<sup>2</sup> facility. According to the DSMC method, a group of electrons are represented by a computational particle, which has some interactions, such as collision and absorption in the real physical space, with another computational one and homogeneous background ion and neutral. At the start of new trajectory, the represented energy of a computational particle is determined by an acceptance-rejection method considering the internal energy distribution function of this particle. The simulation results present the electron distribution function as a function of electron energy and position in the hydrogen plasma.

**Hp-019 Numerical Analysis of Neoclassical Tearing Mode Suppression Efficiency by Modulated Electron Cyclotron Current Drive**

박 영석, 황 용석(서울대학교 원자핵공학과.) Neoclassical tearing modes (NTMs) are key instabilities which have to be suppressed to elevate confinement efficiency above the ideal stability limit and to avoid disruption caused by large saturated island in KSTAR. The initial NTM suppression study in KSTAR will be pursued by using only 1MW electron cyclotron current drive (ECCD) power which is not enough for complete suppression of the modes. To compensate the small ECCD power, phase modulation of current drive to match the current drive location only to the island O-point will be strongly required in KSTAR. For numerical analysis of ECCD modulation effect, current drive model proposed by F.W. Perkins [1] is used and the model is improved for more sophisticated calculations. From the analysis, variations of current drive effectiveness according to relative size of current drive width, modulation duty factor, modulation phase delay and positional misalignment are derived. The increase of NTM suppression efficiency by proper modulation of ECCD is also investigated from modified Rutherford equation constructed for KSTAR plasmas.

[1] F.W. Perkins et al, Proc. of 24<sup>th</sup> EPS Conf. on Control. Fusion and Plasma Phys., vol.21A, p.1017, 1997

**Hp-020 Controller Design For The Control Of Current Density Profiles In KSTAR**

노 동주, 박 영석, 황 용석(서울대학교 원자핵공학과.) Control of current density profiles in KSTAR, which will be done by combination of multiple auxiliary heating/current drive actuators such as LHCD, NBI and ICRF, is very important to reach advanced operation scenarios of KSTAR. Minimizing input power to control the profile is a critical element to realize economic fusion reactor in terms of fusion gain. To minimize input power to the actuators for efficient use of the heating power, advanced current density profiles controller using LQG (linear-quadratic-gaussian) optimal control method is studied. The controller is imbedded in ASTRA 1.5D transport code and simulation is performed under the KSTAR reference operation scenarios. From the simulations, the optimal controller shows improved power consumption efficiency in comparison with conventional controller. The process in this study can be extended to a study of integrated profile controller.

**Hp-021 Numerical Simulation on H-mode Pedestal Formation Correlated with SOL Neutral Transport in the KSTAR Tokamak**

KIM Ki Min, HAN Hyun-Sun, HONG Sang Hee(Department of Nuclear Engineering, Seoul National University.) It has been proposed that neutral transport in the SOL (Scrape-Off Layer) region is correlated with H-mode pedestal characteristics in the tokamak edge region. In order to investigate the effects of neutral transport on H-mode pedestal, a numerical simulation of H-mode pedestal formation has been carried out for the KSTAR tokamak geometry by using a 1.5D coupled core-SOL transport code. In this work, the Multi-Mode (MM) transport model is applied to calculate the anomalous transport coefficients enhanced by edge

turbulence, which is supposed to be suppressed by rotational and magnetic shear during an H-mode transition. Neutral effects on the pedestal formation are included in terms of neutral distribution, which is calculated through the atomic reactions with plasmas in SOL. Simulation results present the processes of H-mode pedestal formation, and the pedestal structures related with the core and SOL conditions are discussed.

**Hp-022 Magnetic-Field Stabilization of Large-Scale Fluctuations in Plasmas Stirred by Noise.**

김 창배(승실대학교, 물리학과.) Stability of large-scale fluctuations in the plasmas that are driven by the parity-nonconserving (PNC) noise is studied. The noise may model short wavelength drift-wave turbulence. It is known that the relative strength of the PNC noise greater than  $R^{-1} \log R$ , where  $R$  is the ratio of the largest to the smallest scales, destabilizes the plasma. As a result, large-scale fluctuations emerge and grow in time. It is shown that homogeneous magnetic field, which exists either as a result of the growth of large scales or by external means, can stabilize the plasma. Stability diagram of the marginally unstable plasma is plotted in terms of the magnetic Prandtl number and the Hartmann number  $H$ . It is found that the plasma is stable if  $P_m > (1 + \sqrt{5})/2$  in the limit  $H \rightarrow 0$ . In another limit  $P_m \rightarrow \infty$ , finite critical size of the magnetic field is found to exist.

**Hp-023 Effects of the aspect ratio on the fusion plasma performance of the DEMO fusion reactor**

LEE Hyungho, LEE Dongsu<sup>1</sup>, NA Yong-Su<sup>1</sup>, LEE Hyun-Jung<sup>1</sup>, HAN J. H.<sup>1</sup>, KIM J. Y.<sup>1</sup>, KWON M.<sup>1</sup>(Korea University of Science and Technology, Gwahangno 113, Yuseong-Gu, Daejeon, 305-333, Korea. <sup>1</sup>National Fusion Research Center, Gwahangno 113, Yuseong-Gu, Daejeon, 305-333, Korea.) As the fusion energy era is fast approaching, all parties of ITER have recognized the necessity of fusion technology development and launched their own DEMO conceptual design programs. For the DEMO conceptual design, the system analysis is the most essential and should be taken precedence over the other tasks. In this study, system analysis of DEMO is performed with respect to the variation of aspect ratio. The aspect ratio is directly connected with the cost of construction of DEMO since this parameter determines the size of the reactor. In addition, it has strong influence on fusion plasma performance of the reactor. The effect of aspect ratio to the fusion performance is investigated in this paper. A system code developed by the Princeton Plasma Physics Laboratory (PPPL) is employed for the system analysis.

**Hp-024 The analytic research of the bootstrap current in the steep edge gradient region**

KOH Sehoon, CHANG C.S. (KAIST, Physics Department.) 일반적으로 널리 쓰이고 있는 bootstrap current 모델들은 플라즈마 거시 물리량의 gradient scale length가 thermal ion이 그리는 banana orbit의 너비에 비해 큰, neoclassical theory가 성립하는 조건에서 유도된 것이다. 하지만, 요즘의 대형 토카막이나 ITER와 같은 미래형 핵융합 반응기의 경우, H-mode에서 thermal ion이 그리는 banana orbit의 너비는 플라즈

마 거시 물리량의 gradient scale length와 거의 같아서, 이러한 neo-classical assumption이 맞지 않게 된다. 이에 연구실에서 자체적으로 개발한 XGC (X-point included Guiding Center)코드를 사용하여, neoclassical theory가 성립하지 않은 영역에서 직접적으로 ion parallel flow를 구하고, 이를 통해서 steep gradient region에서 bootstrap current를 구하고 이를 기존의 식들을 비교하는 선행연구를 바탕으로, steep edge gradient region에서의 analytic research를 수행하였다.

**Hp-025 Thermo-Hydraulic Analysis for Thermal Heat Loads of KSTAR TF Coils under normal operating Condition** LEE Hyun-Jung, 박 수환, 오 영국(National Fusion Research Center.) The toroidal field(TF) coils in the KSTAR will operate with varying heat loads generated by AC losses, nuclear heating, motion of strands, and thermal conduction. The total heat load is estimated to be 2kW per TF coil under normal operation and can be higher for different operating scenario. The operating analysis for each scenario must be done because of Cable-In-Conduit-Conductor cooled by forced flow supercritical helium has multistable region. The steady state operation of TF coils have less the effect of ac losses than PF coils and more that of the heat load due to thermal conduction from gravity supports. In this work, using the Gandalf code, which is 1-dimension thermal-hydraulic analysis in CICC, investigated the effect of thermal conduction from gravity supports.

**Hp-026 Simulations of Fusion Performance of DEMO Fusion Power Plant** NA Yong-Su, LEE hyungho, KWON m(National Fusion Research Center.) As the ITER project has launched with participation of seven major countries in the fusion research area, the dream of generation of fusion electricity is expected to come true in several decades. Conceptual design works of DEMO fusion power plant, the first fusion power plant which generates electricity by utilising the D-T fusion reaction, are underway within ITER parties. In this study, the fusion performance of DEMO is investigated in the framework of the pre-conceptual design of DEMO. The advanced tokamak operation modes such as hybrid modes and reversed shear modes are projected onto DEMO and the fusion performances of which are simulated. The 1.5-D ASTRA code is used for burning plasma simulations employing a first principle transport model. The results are compared with those from the 0-D system analysis code.

**Hp-027 폴로이달 자기장 코일만을 사용한 중심 솔레노이드 코일 없는 고신장 토카막 플라즈마의 High power flux, High confinement, High beta 플라즈마 시작 시나리오 연구** 정희수, 최원호, 김재현<sup>1</sup>, MASAYUKI Ono<sup>2</sup>(KAIST, Department of Physics. <sup>1</sup>National Fusion Research Center. <sup>2</sup>Princeton University, Plasma Physics Laboratory.) 일반적인 플라즈마는 토카크의 중심에 존재하는 저항가열 솔레노이드 코일에 큰 전류를 흘려줌으로써 발생된다. 하지만 저항가열 솔레노이드 코일은 토카막 핵융합로의 크기와 건설비용을 크게 증가시키고 있다. 본 연구에서는 솔레노이드 코일을 대신하여 폴로이달 자기장 코일만을 이용하여 초기 방전과정에서 중요한 양질의 magnetic field null 영역을 만드는 자기

장 구조를 시간에 무관한 static code를 이용하여 계산해 보았다. Field null은 수직자기장과 수평자기장의 세기 및 공간의 변화율로 나타낼 수 있다. 우선 시간에 무관한 자기장 계산을 통해 공간에 대한 변화율의 일차 및 이차 미분값을 얻어 원하는 지점에 넓은 field null을 만들었다. 이때 만들어진 다중 field null의 flux는 약 0.2 ~ 0.4 Wb 정도 되고, 안정된 플라즈마 방전에 필요한 Lloyd 방전 조건인  $E_r \cdot B_r / B_p \geq 1 \text{ kV/m}$  조건과, 강하게 전이온화가 된 경우인  $E_r \cdot B_r / B_p \geq 0.1 \text{ kV/m}$  의 제한조건을 적절히 잘 만족하고 있다. 또한 Evolution code를 이용하여 폴로이달 코일의 전류와 진공용기에 흐르는 와전류에 의한 자기장을 고려한 field null들이 중간면(mid-plane)에서 서로 결합(reconnection)되어 적절한 시간 동안 유지될 수 있도록 하는 최적의 플라즈마 시작 시나리오 과정을 찾아보았다.

**Hp-028 EFIT을 이용한 KSTAR 플라즈마 평형 계산 및 재구성 (2)** 유광일, 이덕교, 한상희, LAO Lang<sup>1</sup>(핵융합연구센터. <sup>1</sup>GA.) KSTAR (Korea Superconducting Tokamak Advanced Research)의 평형을 계산하고 재구성하기 위하여 EFIT을 도입하여 설치하였다. 이를 이용하여 여러가지 물리조건에 맞는 평형을 계산하고 그에 따른 안정성을 계산하였다. 이 논문에서는 KSTAR에서 구현 가능한 여러가지 평형에 대해 논의할 것이다. 또한 EFIT으로 평형을 재구성하기 위하여 EFIT의 내용을 KSTAR에 맞게 조정하고 MDS+와 직접 연결이 되도록 하였다. 이를 이용한 평형 재구성 연습결과를 이 논문에서는 보일 것이다. 마지막으로 EFIT을 현대화하는 작업을 하였으며 이 결과도 보일 것이다.

**Hp-029 Re-commissioning of 28 GHz Gyrotron** 박병재, 정진현, 박승일, 조무현, 남궁원, 안상진<sup>1</sup>, 한원순<sup>1</sup>, 배영순<sup>1</sup>(포항공과대학교. <sup>1</sup>핵융합연구센터.) A 28-GHz gyrotron provided by Tsukuba University is planned to be used for plasma heating in MP2 device at National Fusion Research Center (NFRC). The gyrotron output mode is TE02 mode, and the maximum RF power and the pulse length are 200 kW and 75 ms, respectively. Since we are going to use the existing superconducting magnet and the power supply system at NFRC, the magnetic field profile should be readjusted to the optimum operations. In this paper, we present the study on the magnetic fields by the NFRC magnet and beam dynamics using the simulation codes. We also describe the development plan for the 28 GHz gyrotron system.

\* This work is supported by NFRC.

**Hp-030 Development and its Applications of ICRF Full Wave Code for Tokamak Plasmas** 박병호, 김성식, 김진용(National Fusion Research Center.) There already well proven ICRF codes, full wave code of TORIC, AORSA and ray tracing code of CURRAY etc. For the purposes of conventional uses such as heating & current drive profiles etc. it is not a problem but if we want to know a specific RF related physics, it is not easy to modify the source code, setting up the inputs outputs satisfying consistencies of the codes. We are going to develop a RF full wave code which are relatively simple but could contain the specific physics we want to know. Key features of the code are finite difference equations from variation of energy functional, magnetic flux coordinate for simple

boundary condition, axi-symmetry assumption of wave field, 1-D FDM with 2-D coupled spectral analysis. A first application of the code is calculation of vacuum eigen mode. In cold plasma cases, we conduct the benchmark test with TORIC code.

**Hp-031 Minimum energy KSTAR tokamak equilibrium profile** 이 수민, 유 창모, 유 광일<sup>1</sup>, HSU J.S.<sup>2</sup>(*POSTECH 물리학*과. <sup>1</sup>NFRC. <sup>2</sup>Plasma and Space Science Center, NCKU, Tainan, Taiwan.) A magnetohydrodynamic (MHD) equilibrium of a tokamak is generally described by the well-known Grad-Shafranov equation. In this work, the relaxed MHD equilibrium of the minimum energy state subject to the current conservation is studied ["The tokamak equilibrium profile," J. Y. Hsu and M. S. Chu, Phys. Fluids vol.30, 1221 (1987)]. The modified Grad-Shafranov equation governing the relaxed equilibrium is numerically solved in the tokamak flux coordinate with a fixed plasma boundary using KSTAR parameters.

**Hp-032 Effect of Elongation and Triangularity on Peeling-Ballooning Modes** KWON Ohjin(*Department of Physics, Daegu University*.) Peeling-ballooning modes are thought to cause the edge localized modes (ELMs) in tokamaks. Periodic bursts of ELMs may cause serious physical damage to divertor or first wall by increased transport of heat and particles. Therefore, it is necessary to understand and to control ELMs in future fusion devices and it is one of main issues considered in ITER. In this study, we have investigated effect of elongation and triangularity on peeling-ballooning modes.

**Hp-033 Experimental results from an advanced X-ray imaging crystal spectrometer for tokamak plasmas** 이 상곤, 박 준교, 남 옥원<sup>1</sup>, 문 명국<sup>2</sup>, 천 종규<sup>2</sup>(*핵융합연구센터*. <sup>1</sup>한국천문연구원. <sup>2</sup>한국원자력연구원.) Recently, an advanced X-ray imaging crystal spectrometer (XICS) utilizing a position-sensitive two dimensional (2D) multi-wire proportional counter and time-to-digital converter (TDC) based delay-line readout data acquisition system was installed on the TEXTOR tokamak. The XICS provides spatially and temporally resolved measurements of the ion and electron temperatures, toroidal rotation velocity, impurity charge-state distributions, and ionization equilibrium. Typical examples of an Ohmic reference and ICRF heated plasmas have been successfully measured. The experimental results from the advanced X-ray imaging crystal spectrometer will be presented.

\*Work supported by the Korea Research Council of Fundamental Science & Technology under Contract No. C-Research-2006-08-NFRC.

**Hp-034 Current research activities and operation plans for the KSTAR initial magnetic diagnostics** 이 상곤, 박 준교, 가 은미(*핵융합연구센터*.) The initial magnetic diagnostics for the KSTAR device including three Rogowski coils, five flux/voltage loops, and sixty-four magnetic field probes have been successfully installed, and some of them are calibrated before and after installation. The Rogowski coils, flux/voltage loops, and magnetic

field probes measure the total plasma current, poloidal flux and loop voltage, and local poloidal magnetic field for the plasma position control and equilibrium studies, respectively. Accurate position measurements after installation for all of these initial magnetic diagnostics and in situ calibration for the Rogowski coils have been finished. Data acquisition systems for these initial magnetic diagnostics are currently under preparation. Current research activities and operation plans for the first plasma from these initial magnetic diagnostics will be presented.

\*Work supported by the Korea Ministry of Science and Technology under the KSTAR project contract.

**Hp-035 Drift self-compensating type electronic integrator for magnetic diagnostics in KSTAR tokamak.** KA Eun Mie, LEE Sang Gon, BAK Jun Gyo, SON De Rac<sup>1</sup>(*National Fusion Research Center*. <sup>1</sup>Department of physics, Hamam University.) The drift self-compensating type integrator has been developed for the magnetic diagnostics in the Korea Superconducting Tokamak Advanced Research (KSTAR) device. The integrator was designed to compensate a drift automatically for hundreds of channels by using a digital Sample and Hold (digital S/H) method. After drift compensating, it will be used in the magnetic flux density measurements from the Magnetic Diagnostic (MD) sensors during a plasma discharge in the KSTAR. The pre-amplifier as impedance buffering, which has Differential Input voltage and Differential Output voltage (DIDO), has been also developed to reduce any errors due to the resistance of a long signal cable of 100 m length and the ground loop between integrators and MD sensors in the KSTAR. The overall characteristic measurements of the integrator together with the pre-amplifiers were carried out from the TEXTOR tokamak. Performance test results from the experiments will be presented.

\*Work supported by the Korea Ministry of Science and technology under the KSTAR project contract.

**Hp-036 Vacuum feedthrough assembly for the KSTAR magnetic diagnostics** 박 준교, 이 상곤, 복 민갑, 가 은미(*핵융합연구센터*.) Most of magnetic diagnostic (MD) sensors are fabricated with MgO insulated coaxial cable that consists of nicked-clad-copper inner conductor and stainless-steel outer sheath, and all of the MD sensors are required to be installed inside of the vacuum vessel of the Korea superconducting tokamak advanced research (KSTAR) machine. Thus, special vacuum feedthrough assembly (VFA) has been developed for the transfer of the signals from the MD sensors to the data acquisition system through a vacuum interface. Some VFAs including the connection of the MgO cables were already installed at vertical ports of the vacuum vessel for the initial magnetic measurements at the first plasma in the KSTAR machine. In this work, the method making vacuum seals at the vacuum interface in the VFA and the performance test of the vacuum sealed samples are described. The activities on the installation of the VFA and on the set-up of some components in the signal path from the VFA to the digitizer for the initial magnetic measurements are presented.

\*Work supported by the Korea Ministry of Science & Technology under KSTAR Project Contracts.

**Hp-037 Current activities on the x-ray tube for the KSTAR x-ray crystal spectrometer** 박준교, 이 상곤, 복 민갑, 남 옥원<sup>1</sup>, 문명국<sup>2</sup>, 천 종규<sup>2</sup>(핵융합연구센터. <sup>1</sup>천문연구원. <sup>2</sup>원자력연구소.)  
A novel x-ray tube with an anode and a line filament as a cathode, has been developed. The x-ray spectra from the x-ray tube using Cu and Al anodes are measured with a Si(Li) detector which is calibrated with Cu Ka and Cu Kb lines at 8.05 and 8.90 keV, respectively in the energy spectrum from the x-ray tube using the Cu anode. The image characteristics of the x-ray tube are investigated by using a Cu pinhole and a two dimensional (2D) detector that is a position-sensitive, multi-wire proportional counter for the KSTAR x-ray image crystal spectrometer (XICS). The x-ray tube, as an x-ray source, is mounted on an additional port of the XICS system that was pre-assembled in the laboratory, and the spectral resolution of the XICS system is investigated by using the x-ray source as a preliminary work. This work will be needed for the application of the in-situ calibration of the XICS. The current activities on the x-ray tube for the KSTAR XICS will be presented.

\*Work supported by the Korea Research Council of Fundamental Science & Technology under Contract No. C-연구-2006-08-NFRC.

**Hp-038 In-vessel visible inspection system on KSTAR** 정진일(핵융합연구센터.) To monitor the global formation of the initial plasma and damages of internal structures of the vacuum vessel, an in-vessel visible inspection system consisting four inspection illuminators and two visible/H-alpha TVs have recently installed and demonstrated on KSTAR. A fixed vacuum vessel illumination system is developed for visual inspection of the plasma facing components and other internal structures. Four remotely controlled illuminators are installed on the KSTAR vacuum vessel to provide the required illumination. They are located at the top of median ports, and each has a shutter to protect it during plasma operation. They are fully controlled from the main control room. Each illuminator uses four 150 watt metal halide lamps. Compare to the Tungsten-Halogen lightening, it generates much less heat and consumes much less energy (about 25 %, 80 lm/W). A visible/H-alpha TV system is developed to gain perspective into global dynamic such as plasma formation and motion in KSTAR tokamak. Two remotely controlled TV systems are installed to view the full cross-section of the torus. The viewing area of the image covers 180 degrees toroidally (FOV=120 degrees). The maximum resolution of the CCD camera is 1004 x 1004 pixels at 48 Hz. Images of the cameras are recorded simultaneously using two computers with frame-grabbers and the first level Redundant Array of Inexpensive Drives (RAID-1, mirrored disk). The cameras can be spectrally filtered for emission a particular wavelength range. This is done by replacing an interference filter in front of the CCD camera. An interference filter at 656.2 nm with 2.0 nm bandwidth will be used to transmit the H-alpha line emission during the initial plasma campaign. The two TV systems are located at the middle of median

ports, and each has shutter to protect its vacuum window during the discharge wall cleaning and other maintenances. An additional tangential TV system will be installed in 2009.

**Hp-039 Design Status Of The KSTAR Thomson Scattering System.** LEE Jongha(NATIONAL FUSION RESEARCH CENTER(NFRC).) The engineering design of Laser input port system, laser beam guiding system and laser shutter system for KSTAR (Korean Superconducting Tokamak Advanced Research) Thomson scattering is designed. The laser beam guiding system is located at the Lm-Port and this system consists of gate valve, vacuum system, baffle and window. The laser beam guiding system has beam collimate system with vacuum. The laser safety shutter system consists of mirrors, linear motion stage and beam dump. And this shutter is remotely controlled at the Thomson diagnostics room and KSTAR main control room.

**Hp-040 KSTAR 밀리미터파 간섭계 시스템의 설치 및 테스트** 남 용운(핵융합연구센터.) Korea Superconducting Tokamak Advanced Research(KSTAR)의 전자 밀도 측정을 위해 카세트와 빔 집속 장치를 포함한 밀리미터파 간섭계 시스템이 제작되었으며 이 시스템의 설치 및 테스트가 수행되었다. 총 4개의 거울로 구성된 빔 집속 장치의 경우 실제 거리와 같은 위치에 내부 반사거울 모형을 설치하여 사전 정렬을 통해 대략적인 거울의 각도를 맞춘 뒤 카세트 내의 레일을 통해 삽입하고 정밀 정렬 작업을 수행하였다. 이 때, 실제 내부 반사거울의 위치 변동과 설치 시 각도 오차 등이 있어도 설치 후 정렬을 통해 이를 수정할 수 있음을 실험을 통해 검증하였으며 설치 후 측정을 통해 설계에 부합하는 믹서 출력을 확인할 수 있었다. 또한 카세트와 빔 집속 장치, 웨이브가이드 지지대 등의 간섭계 시스템을 설치 완료한 후 측정을 통해 측정된 위상차 정보가 60m 길이의 동축케이블을 통해 진단실을 거쳐 데이터 서버로 정상적으로 저장됨을 확인하였다. 또한 플라즈마가 없는 상태에서의 빔 경로 길이 변화 및 신호발생기를 통한 위상차 변화를 측정한 결과 시스템이 정상적으로 동작함을 확인할 수 있었다.

**Hp-041 KSTAR CES Diagnostic Design and Detector Test\*** KO Won-Ha, HILLIS D.L.<sup>1</sup>, LEE Jong-Ha, KWON Myeun(National Fusion Research Center, Daejeon, Korea. <sup>1</sup>Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN, USA.) The CES(Charge Exchange recombination Spectroscopy) diagnostic for KSTAR would use the 5290 Å Carbon<sup>6+</sup> line, in conjunction with the neutral heating beams to measure the ion temperature, toroidal rotation, and impurity density of Carbon and other impurities in KSTAR. The visible light from the plasma would be collected via assembly with light collection optics and image the light onto quartz fibers. We show the progress of the CES diagnostic including collection assembly, lens design and cassette system. The CES diagnostic utilizes a very high throughput short focal length Kaiser Optical spectrometer and a 0.5 m Czerny-Turner Spectrometers with variable wavelength. The detector is a thinned back-illuminated charge coupled device (CCD) that has high quantum efficiency and a high readout speed. Spectrometer and CCD detector which will be used

in KSTAR CES diagnostic are tested and several visible lines are measured in helium discharge.

\*This work was supported by the Korea Research Foundation Grant funded by the Korean Government (MOEHRD).

**Hp-042 Data Acquisition System for Two Segmented Position Sensitive Detector\*** 남 옥원, 이 상곤<sup>1</sup>, 박 준교<sup>1</sup>, 문 명국<sup>2</sup>, 천 종규<sup>2</sup>(한국천문연구원, <sup>1</sup>핵융합연구센터, <sup>2</sup>한국원자력연구원.) The data acquisition system for an advanced X-ray imaging crystal spectrometer (XICS) using two segmented position sensitive detector has been developed. The XICS system will measure the ion and electron temperature profiles in fusion plasmas. Each segmented position sensitive detector is connected to the individual data acquisition (DAQ) module which comprise the F1 time-to-digital converter(TDC) electronics, the digital signal processor and its associated electronics. Since DAQ modules are equipped with USB 2.0 communication port, this system enables easily to be configured for the multi-segmented position sensitive detector. The time-tag position data (X,Y and T) stored in the individual DAQ modules are transferred to and analyzed at PC just after the discharge period in plasma operations. A description of the hardware and software of data acquisition system for XICS, their feature and results of some performance tests will be presented.

\*Work supported by the Korea Research Council of Fundamental Science & Technology under Contract No. C-연구-2006-08-NFRC.

**Hp-043 Developement of Twin Far Infrared LASER for interferometer** JUHN JUNE WOO, CHEON Mun Seong, HWANG Yong Seok(Department of Nuclear Engineering, Seoul National University.) A twin far infrared (FIR) laser for an interferometer, one of the most widely used diagnostic method for fusion plasma density measurement, has been developed for KSTAR. Wavelength of the FIR laser beam is 118.8 micrometers emitted by methyl alcohol gas molecules as the gain media. The input coupler is gold-coated copper mirror with a 4cm-diameter hole 5cm away from the center. A giant hole coupler as the output coupler is fabricated which is composed of not only gold coating for the total reflection of pumping beam ( 9.7-micrometer wavelength infrared beam from carbon dioxide laser), but dielectric coating for the reflection of FIR laser beam with 10-mm center hole on a silicon substrate. 2m-long pyrex tube is used as a waveguide with inner diameter of 35.2 mm. Bellows-type system as the front part of the laser where the pumping beam should be introduced through the hole of the input coupler and vacuum-box-type system as output part where the FIR laser beam should be emitted have been constructed. Distance between two couplers is fixed with 4 invar rods which have very low thermal expansion rate. Both the length of the resonant cavity and the angle of the output coupler are able to be controlled remotely out of the vacuum box using vacuum compatible motors. While the basic concept of the system is based on the previously developed single FIR laser, lots of details has been changed for the improved performance such as thinner output coupler and more effective cooling system.

**Hp-045 Effects of Neutral Gas Pressure on a Mirror Plasma Stabilization** 염 준호, 유 창모, 이 동렬, 노 태협<sup>1</sup>(POSTECH, Physics. <sup>1</sup>NFRC.) The stable windows in the ratio of the applied rf frequency  $\omega$  and the ion cyclotron range of frequency  $\omega_{ci}$  are divided according to neutral gas pressure. We have studied the influence of ponderomotive force and sideband coupling on a mirror plasma stabilization. rf driven equilibrium ponderomotive force is dominant at low pressure discharge ( 1.3 - 1.4  $\times 10^{-6}$  Torr ) and plasma is stable when  $\omega/\omega_{ci} > 1$ , whereas sideband coupling is dominant at high pressure discharge ( 1.4 - 2  $\times 10^{-6}$  Torr ) and plasma is stable when  $\omega/\omega_{ci} < 1$ . Sideband mode coupling depends on density fluctuation level and can be observed by measurement of a magnetic fluctuation by magnetic probe in the HANBIT mirror plasma.

**Hp-046 A Lifetime Improvement of the LDS698 Solid Dye Laser by Doping with PETA** KIM Ji Hun, YIM Chan Ju, LEE Heon Ju(Cheju National University, Dept. of Energy Engineering.) To measure the laser induced fluorescence (LIF) of a H-a line (656.3nm) of hydrogen plasma, a LDS698 solid dye laser was fabricated with PMMA (Poly methyl methacrylate). To increase the life-time of the dye laser, pentaerythritol triacrylate (PETA) was doped to the PMMA base. The durability and emission spectrum shift of a LDS698 solid dye laser were checked for various PETA concentrations (0, 10, and 20 %). The laser could be tuned from 650 nm to 665 nm and had a spectral line-width of 2-3 nm FWHM. The pulse energy of a solid dye laser decreased from the operation. When 10% PETA was doped, the laser intensity decreased only 30% after 10,000 pulses compared to an 80 % decrease in the 0 % doped laser. The relation between the lifetime increase and the heat transfer characteristics was studied by measuring the temperature distribution of the dye cell. So the heat transfer rate was the highest when the doping of PETA was 10%, then the dye cell could have the least thermal degradation and the longest lifetime.

**Hp-047 KSTAR 토카막 플라즈마를 위한 3차원 토모그래피 재구성 영상의 잡음 제거 방법에 관한 연구** 이승헌, 김 정희, 최 원호(한국과학기술원, 물리학과.) 토모그래피는 플라즈마 물리학뿐만 아니라 의료영상이나 천문학 등의 분야에서 오랫동안 이용되어 온 기법으로 선적분된 데이터를 이용하여 국지적인 데이터를 재구성해내는 진단 방법이다. 토카막 플라즈마에 적용할 경우, 상대적으로 적은 수의 측정치로부터 상대적으로 많은 수의 정보를 얻어내야 하므로 토모그래피 기법에 균일화는 필수적이다. 또한, 측정치에 잡음이 섞이는 경우 단순한 선형적인 계산으로는 전체적인 해가 불안정해질 수 있다. 이를 해결하기 위해서는 가중치 행렬의 비선형화가 필요하다. 본 연구에서는 KSTAR에서 기대되는 토로이달 모드 번호가  $n=1$ ,  $n=2$  인 경우에 대한 연 X-선 분포를 가정하고, 이로부터 Phillips-Tikhonov 균일화 방법을 사용하여 재구성 시험을 수행하였다. Phillips-Tikhonov 균일화 방법은 픽셀 데이터 사이의 gradient를 최소화하는 해를 구하는 방법으로 다른 토모그래피 알고리즘에 비해 비균일 검출기 배열을 사용하는 경우에 두드러진 장점을 나타낸다. 3차원 토모그래피를 수행할 경우, 복셀의 크기가 주변경 크기에 따라 달라지므로 가중치 행렬의



비선형화가 필수적이다. 가중치 행렬을 Taylor 전개한 후 나타나는 2차항, 즉 Hessian을 Marquardt 조건에 의해 균일화 변수로 근사할 수 있다. 이로부터 2차항까지 고려한 Phillips-Tikhonov 방법을 이용하여 여섯 번의 수학적 반복 계산을 통해 오차가 줄어드는 것을 확인하였다. 이러한 결과로부터 KSTAR의 3차원 tangential 토모그래피 재구성에 대한 적용 가능성 여부를 논의한다.

**Hp-048 Study on Mode Polarization Parameters in KSTAR 84 GHz ECH System** BAE Young Soon, JEONG Jin-hyun<sup>1</sup>, PARK Seung-il<sup>1</sup>, CHO Moo-hyun<sup>1</sup>, NAMKUNG Won<sup>1</sup>(*National Fusion Research Center. <sup>1</sup>Pohang University of Science and Technology.*) The efficiency of the electron cyclotron resonance (ECR) heating and the breakdown by EC-wave in the tokamak is related to the incident beam parameter as well as the initial conditions in the vacuum vessel such as the pre-fill gas pressure, the stray vertical magnetic field, and the toroidal magnetic field. The important incident EC-wave beam parameters is the injection angle of the launched wave with respect to the toroidal magnetic field, which is defined as the parallel refractive index ( $n_{||}$ ), the wave mode (O- or X-mode) in the plasma except for the frequency and the power. It is known that the different elliptical polarization is needed for the specific mode coupling at the plasma edge and that is easily obtained from the cold plasma dispersion relation; it is given as a function of the injection angle, the plasma density, and the toroidal magnetic field. The required ellipticity of the launched wave can be controlled by two polarizer miter bends in the KSTAR 84 GHz electron cyclotron heating (ECH) transmission line system. The ellipticity is varied by the mirror rotation angles of the two polarizer miter bends, but it is also changed by the orientation of the transmission line system conformed by usage of the 90-deg miter bends and the normal vector of the reflecting mirror in the antenna. The normal vector of the reflecting steerable mirror in the antenna must be first determined by the  $n_{||}$  and the EC resonance position, where the EC wave passes under vacuum state, by changing the crank angles both in the poloidal and toroidal directions. This paper describes the relations of these control variables for the set-up of the mirrors in the polarizer miter bends and the steerable mirror in the antenna. In addition, the in-situ polarization measurement in the KSTAR 84 GHz ECH system using low power RF will be presented.

**Hp-049 B-field profile measurement of magnet system for 28 GHz gyrotron operation** 한 원순, 안 상진, 배 영순, 박 병재<sup>1</sup>, 정 진현<sup>1</sup>, 박 승일<sup>1</sup>, 조 무현<sup>1</sup>, 남궁 원<sup>1</sup>(*핵융합연구센터. <sup>1</sup>포항공과대학교.*) 일본의 Tsukuba 대학에서 제공된 28 GHz 도시바 자이로트론은 현재 핵융합연구센터(NFRC) 가열장치실에 플라즈마 가열용으로서 설치 중에 있다. 현재 자이로트론의 자석 시스템에는 두 개의 상전도 코일과 초전도 코일로 구성되어 있다. 이 자석 시스템 구조의 소개 및 초전도 자석의 cool-down 과정을 소개하고, 28 GHz 자이로트론을 작동시키기 위해 요구되는 자기장의 시뮬레이션 결과를 토대로, 실제로 자기장 분포를 측정하여 비교하였다.

**Hp-050 28 GHz 초고주파 발진기 (gyrotron)용 전원장치**

**및 냉각시스템** 안 상진, 한 원순, 배 영순, 박 병재<sup>1</sup>, 정 진현<sup>1</sup>, 박 승일<sup>1</sup>, 조 무현<sup>1</sup>, 남궁 원<sup>1</sup>(*핵융합연구센터. <sup>1</sup>포항공과대학교.*) 현재 핵융합연구센터에서 운전 기술 개발로 연구중인 28 GHz gyrotron 발진기 (일본 Toshiba 모델)는 일본 Tsukuba 대학에서 지원받았으며, 본 발진기는 삼극관 전자총으로 구성되어 있어 75 kV의 캐소드 (cathode) 전압과 28 kV의 애노드 (anode) 전압을 요구한다. 이에 필요한 전원장치는 기존의 다른 용도로 개발된 전원장치를 개조하여 28 GHz gyrotron 운전에 이용하고자 한다. 또한 1 T 자기장을 발생시키기 위한 초전도코일 자석 및 전자총 코일 자석 시스템이 필요하다. 본 논문에서는 전원장치의 설치 및 개조 현황을 소개하고, 초전도코일 및 전자총 코일 자석 시스템과 냉각 시스템 대해서도 발표하고자 한다.

**Hp-051 Installation of 84 GHz, 500 kW KSTAR ECH System\*** 정 진현, 박 승일, 조 무현, 남궁 원, 배 영순<sup>1</sup>, 한 원순<sup>1</sup>, 안 상진<sup>1</sup>(*포항공과대학교. <sup>1</sup>핵융합연구센터.*) The 84 GHz, 500 kW electron cyclotron heating (ECH) system is installed on KSTAR for pre-ionization and start-up assistant. The initial test of the gyrotron has been carried out using a 20-us short-pulse modulator and the output radio-frequency (rf) power was 500 kW with beam parameters of 80 kV, 25 A. Overall test of 1.5 MVA (60 kV, 25 A) power supply system using dummy resistors has been carried out to confirm the reliability and the protection of the gyrotron. The short circuit test to see the protection capability in the arc event inside the gyrotron arching showed that the energy deposited into the series resistors was 2.7 Joules, which is much less than the permitted arc energy of 6 Joules, for the 80-kV voltage. The installation of 84-GHz transmission line system is completed and then the measurement of transmission efficiency was performed using low power rf system. The 84 GHz rf power is delivered by 31.75 mm corrugated transmission lines about 30 m in length and we observed that the transmission line efficiency was about 80 %. The operator interface (OPI) panel of the ECH system operation is a human-machine interface (HMI), and the input and output controller is a programmable logic controller (PLC) developed by POSCON company. For the remote control and operation, the Linux-based EPICS controller system is also installed with the development of the driver software for the PLC. In this paper, an overview of the KSTAR ECH system and recent test results of the gyrotron and power supply system will be presented.

\*This work supported by KSTAR Project at NFRC and MOST.

**Hp-052 Design and Fabrication of Launcher Cold Model of the KSTAR 5 GHz LHCD System\*** 박 승일, 정 진현, 조 무현, 남궁 원, 안 상진<sup>1</sup>, 한 원순<sup>1</sup>, 배 영순<sup>1</sup>(*포항공과대학교. <sup>1</sup>핵융합연구센터.*) In the advanced tokamak, Lower Hybrid Current Drive (LHCD) is the useful method to achieve the steady state tokamak. The KSTAR 5 GHz LHCD system is under development for the steady-state operations. The 5 GHz LHCD system is composed of the klystron system, transmission line system, and launcher system. The basic design of launcher system has been carried out in collaboration with PPPL (Princeton Plasma Physics Laboratory). The current launcher design is a fully active waveguide launcher with 32



columns and 4 rows of waveguides. The present design gives very good spectral directivity of more than 90 % for the phase shift of 90 degrees and a wider  $N_{||}$  range of 1.4 to 3.6 with a width of  $\Delta N_{||} = 0.54$ . The launcher system is composed of coupler (grill), front waveguide channels, and rear waveguide channels. In order to test the RF properties of the array of the waveguide channels, the cold model of the rear waveguide channels was fabricated. We present the design of launcher cold model, the advanced design issues of LHCD launcher, and the future plan of the low power RF test of the cold model. Also, the plan of the 5 GHz LH launcher development will be discussed.

\*This work is supported by KSTAR Project and NFRC.

**Hp-053 ITER TF 초전도 도체 개발과 SULTAN Test 결과** 김형찬, 오동근, 박수현, 김기만, BRUZZONE P.<sup>1</sup>(핵융합 연구센터. <sup>1</sup>EPFL-CRPP, Fusion Technology, Villigen PSI, Switzerland.) ITER 초전도 자석 시스템을 위한 성능을 만족하는 TF 초전도 도체(cable-in-conduit conductor) 개발을 위해서 도체개발과 성능시험을 포함하는 일련의 노력들이 ITER 국제공동연구를 통해서 이루어졌으나 2006년까지 수행된 시험결과들은 만족할 만한 도체 성능을 보여주지 못하였다. ITER TF 도체는 지금까지 시도되지 않았던 크기와 Nb<sub>3</sub>Sn 초전도 선재의 사용으로 초전도 도체개발에 있어 해결해야 할 새로운 문제들을 보여주고 있다. ITER TF 초전도 도체의 성능을 향상시키기 위한 ITER TF 연구개발 프로그램의 일환으로 도체 도관(conduit)의 두께를 1.6 mm와 1.9 mm로 변화시켜 두가지 다른 공극율(void fraction)을 가지는 TF용 도체를 개발하였다. 계산된 공극율은 도관 두께에 따라 33%(1.6 mm)와 31%(1.9 mm)이다. 본 발표에서는 TF 도체 개발과 SULTAN 도체 시험시설에서 수행된 시험결과에 대해 발표한다. 도체개발에서는 internal-Sn 과정으로 제작된 Nb<sub>3</sub>Sn 선재의 특성, 선재 케이블링, twist pitch, 도관 재료의 특성평가 결과들에 대해 기술한다. 도체 설계변수와 도체성능 사이의 상관관계에 대한 이해를 위해 SULTAN 시험결과에 대해 기술하고 이 결과를 바탕으로 공극율의 변화 효과를 분석한다.

\*This work is supported by the Ministry of Science and Technology of Republic of Korea under the ITER Project Contract.

**Hp-054 Comparison of DC Operation and RF-assisted Operation in Inertial Electrostatic Confinement Fusion Device** JUNG Soon-Wook, HWANG Yong-Seok(Department of Nuclear Engineering, Seoul National University.) In Inertial Electrostatic Confinement (IEC) fusion, it is essential to maximize ion beam current while reducing undesirable reactions such as charge exchange loss. Low pressure operation is critical to achieve higher neutron yields. Compared to normal DC operation that has an inherent problem in low pressure operation, RF-assisted operation has several advantages such as low pressure operation and high density plasma generation. In this study, we compare results of those two different operations to find feasibility of the RF-assisted operation. A cylindrical IEC fusion device with a RF antenna surrounding a quartz chamber is constructed and tested for both DC and RF operations. In the RF operation, small slits are used as an extraction geometry to maintain differential pumping between plasma and

beam acceleration regions to keep plasma density high while maintaining low pressure at the acceleration region.

**Hp-055 Recent Development of the KSTAR Plasma Control System** HAHN Sang-hee, SEO Seong-Heon, KIM K.H., JEON Y.M., JHANG Hogun, WALKER M.L.<sup>1</sup>, PENAFLORE B.G.<sup>1</sup>, PIGLOWSKI D.A.<sup>1</sup>, JOHNSON R.D.<sup>1</sup>, WELANDER A.S.<sup>1</sup>, KIM J.Y., KIM W.C., OH Y.K.(National Fusion Research Center (NFRC). <sup>1</sup>General Atomics.) The KSTAR plasma control system (KPCS) has been developed by strong collaborations with DIII-D control team since 2004. For the "Day-1" experiment campaign of KSTAR, which is supposed to begin at middle of 2008, the KPCS should be able to regulate two major magnetic control targets simultaneously : the PF coil currents of the tokamak for reliable executions of plasma discharge, and the magnetic quantities of the plasmas such as the plasma current and the radial position of the plasmas bulk relative to the vacuum vessel, which should be estimated automatically from the magnetic sensors in the tokamak. In order to achieve these goals an X86-based Linux cluster system has been constructed for fast calculations of the feedback commands and the estimation of plasma parameters from the magnetic sensors. For the distribution of the diagnostics information, the commands to the actuators and the interprocessor communications within the cluster, a full digital data-sharing interface for the PF power supplies and the KPCS has been developed, based on the reflective memory (RFM) technologies customized for the KSTAR. This presentation will describe the description of the KPCS as well as new digital control scheme specific to the KSTAR, and its near-future commissioning plans toward the "Day-1" plasmas.

**Hp-056 Rotation effects of elongated dust particles on dust-acoustic surface waves in a Lorentzian plasma** LEE Myoung-Jae, KIM Taejoon(Department of Physics, Hanyang University.) The dispersion relation for a dust-acoustic surface wave is obtained for the semi-bounded dusty plasma containing elongated and rotating charged dust particles. The equilibrium plasma is assumed to be Lorentzian and dust particles are assumed to be cold. The results show that the phase velocity of the dust-acoustic surface wave propagating at the plasma-vacuum interface is suppressed by the rotation of dust particles in the region of  $k_x \lambda_D < 1$  where  $k_x \lambda_D$  is the scaled wave number. In addition, the increase of the spectral index  $\kappa$  in the Lorentzian distribution function is found to decrease the phase velocity of the wave. It is interesting to note that the frequency of the phase velocity remains constant as the wave number increases. In contrast to the phase velocity, the rotation effect on group velocity of the surface wave is dwindling as the wave number goes to either zero or infinity, although the increase of the rotation frequency reduces the group velocity for the all wave number. The influence of the spectral index on the group velocity is also discussed.

**Hp-057 Calculation of visible lights emitted from a lighting device utilizing ultraviolet lights from glow discharges** 황석원, 이

해준(부산대학교, 전자전기공학부.) A ray trace model of visible lights, coming out from phosphors excited by vacuum ultraviolet (VUV) generated in discharge plasmas, has been developed. Numerical calculations of the visible light profiles of spatial and angular distributions are presented considering multiple reflection within a plasma device such as a PDP (Plasma Display Panel) and a FFL( Flat Fluorescent Lamp). The calculated result has been compared with the experimental measurement for angle distribution profile. With the combination of the incident light from outside of a PDP cell, a bright room contrast ratio of a PDP cell is also calculated. This calculation can be used for the improvement of optical properties of a PDP.

**Hp-058 Landau damping of dust-acoustic surface waves in dusty Lorentzian plasmas** KIM Taejoon, LEE Myoung-Jae (Department of Physics, Hanyang University.) Landau damping of dust-acoustic surface plasma waves propagating along the boundary between vacuum and a semi-infinite plasma is kinetically investigated by employing Vlasov-Maxwell equations. Dust particles are assumed to be cold and the plasmas are modeled by Lorentzian ( $\kappa$ ) velocity distribution function. The dispersion relation for dust-acoustic surface waves is found for the frequency range of  $\omega < \kappa v_i < \kappa v_e$  and the growth rate of Landau damping is obtained. The growth rate of surface waves is shown to be dependent on the spectral index of the Lorentzian distribution function and the ratio of ion density to electron density ( $\delta$ ) as well as the wave numbers. The result is compared with the case of volume wave of dust-acoustic mode. As the ion temperature increases, the surface waves show different characteristics from the volume waves especially in the region of  $\delta < 0.5$ .

**Hp-059 Verification of the validity of the assumptions used in fluid models for high-pressure pulsed microdischarges** 송 인철, 이 해준(부산대학교 전자전기공학부.) 압력이 높은 경우의 기체 방전을 기술하는 유체 시뮬레이션에서는 입자의 충돌 반응 상수 계산을 위한 전자의 에너지 분포 계산시 충돌이 빈번히 일어나 전자의 에너지가 국소적인 전기장 및 중성기체 밀도의 함수로 기술된다는 가정인 Local Field Approximation (LFA)를 이용한다. 또한 많은 경우 시뮬레이션 속도향상을 위해 플라스마의 운동방정식을 직접 계산하는 대신 Drift-Diffusion Approximation(DDA)을 이용하여 운동량 보존 방정식을 계산하는 방법을 이용한다. 그러나 매우 짧은 시간 동안 강한 전기장이 인가되는 펄스 방전의 경우에는 이러한 가정이 과연 유효한지에 대해 의문이 제기된다. 전기장이 강하고 짧은 시간 내에 변화하는 경우에는 전자의 에너지 분포는 더 이상 LFA로 구현되지 않으며, 이온의 운동 역시 DDA를 따르지 않는다. 본 연구에서는 어느 파라미터 영역에서 전통적인 LFA 및 DDA를 이용하는 것이 가능한지에 대해서 Monte Carlo 충돌 모델이 결합된 0차원 입자시뮬레이션을 이용하여 알아보았다. 이러한 변수 영역을 확인함으로써 상압 마이크로 플라스마 혹은 플라스마 디스플레이 패널과 같은 응용 장치에서 유체 시뮬레이션이 유효한 영역과 그렇지 못한 영역을 구별할 수 있다.

**Hp-060 1D PIC Simulation Study for The Relativistic**

**Weibel Instability** KANG Helen, RHEE Tongnyeo, RYU Chang-Mo, YOON Peter H.(POSTECH) The relativistic Weibel instability is studied by using an 1D particle-in-cell code, KEMPO1. The relativistic Weibel instability attracts attention as a main mechanism of magnetic generation in the core of galaxies or in the formation of universe. The relativistic Maxwell equations are calculated with initial particle velocities of an anisotropic Jutner distribution. It is found that saturated magnetic fields are generated for various plasma temperature. Growth rates of magnetic fields as a function of wave number  $k$  are obtained.

**Hp-061 Self-Generated Magnetic Field in Laser-Cluster Interaction** MOK Chinook, TIWARI Pawan K., RYU Chang-Mo(POSTECH, 물리학과.) The self-generated quasistatic magnetic field due to the laser pulse in a cluster-embedded plasma is studied. The irrotational current density due to the ponderomotive force with the perpendicular plasma density gradient becomes the source of the quasistatic magnetic field. It is shown that the intensity of the quasistatic magnetic field is amplified when the cluster electron natural frequency is resonant to the laser frequency by the cluster Coulomb expansion. It is found that the magnetic field is reduced when the inverse of the cluster natural frequency is comparable to the pulse duration for highly dense clusters.

**Hp-062 Breakdown Conditions of Local Sheath Discharge in front of Positively Biased Electrode immersed in Inductively Coupled Plasma** PARK Yeong-Shin, KIM H.T., HWANG Y.S.(Seoul National University.) In researching the double layer, additional dense plasma near the small anode in bulk plasma, so called fireball, have been known and widely used as the most simplest method to form the double layer. However, breakdown condition and discharge mechanism of the fireball itself have been not elucidated sufficiently. In this study, discharge mechanism for the fireball have been introduced compared to DC glow discharge. The fireball is named "local sheath discharge", since the plasma occurs in anode sheath between electrode and bulk plasma. Breakdown conditions for the local sheath discharges have been investigated experimentally by varying the discharge conditions such as gas pressure, power for generating background plasma, and geometry of the electrode. An electrode screened by dielectric material except small circular area, is immersed in inductively coupled plasma (ICP) and biased with positive voltage with respect to the space potential of the plasma. A bright plasma bubble is observed locally just above the exposed part of the biased electrode with abrupt increase of current to the electrode when the bias voltage exceeds a certain threshold, breakdown voltage. The breakdown voltage decreases as the gas pressure is raised. Radio frequency power for generating ICP as well as the electrode geometry influences on the breakdown voltage too. These experimental results indicate that ambient plasma properties such as density, temperature, and space potential play an important role in generating local sheath discharges.

**Hp-063 Generation of water-window radiation using laser**

**produced liquid nitrogen plasma** KIM B., KIM J., AHN B.<sup>1</sup>, LEE D.<sup>1</sup>, KIM D. E. (Department of Physics, Pohang University of Science and Technology (POSTECH), Pohang, 790-784, Korea. <sup>1</sup>Vacuum and Measurement Technology, Pohang, 790-320, Korea.) A soft X-ray microscope has been suggested to be a suitable tool for observing live cells. Because of the large transmission difference in the 2.3nm-4.4nm region between protein that contains carbon and water that contains oxygen, water-window radiation is good for that purpose. A laser-produced plasma is a suitable compact water-window radiation source that can be quasi-monochromatic source with a proper choice of material and filter. In this paper, a debris free liquid nitrogen jet is described with its characteristics. Optimization of laser parameter to generate water-window radiation and stability of water-window radiation is also discussed.

**Hp-064 Sheath control with plasma wall bias for the collimated ion beam generation** 박 승훈, 장 충석<sup>1</sup> (Department of physics, KAIST. <sup>1</sup>Department of physics, KAIST, Courant Institute, NYU.) It is important to find collimated ion beam condition for neutral beam generation. Ion beam quality is dependent of acceleration grid hole geometry and plasma properties. We focus on dependence on plasma properties such as sheath dynamics. In order to form sheath in high density plasma, ICP like heating is modeled and 2D particle in cell (PIC) simulation is performed. It is confirmed that the sheath is deformed by plasma density and Sheath is able to be controlled by plasma wall bias.

**Hp-065 Numerical Analysis on Turbulent Thermal Plasma Flow inside a Pyrolysis Reactor for Efficient Decomposition of PFCs** CHOI Sooseok, KANG Woo Seok, LEE Hyun Seok, HONG Sang Hee (Seoul National University, Department of Nuclear Engineering.) Although perfluorocompounds (PFCs) used in plasma etching and cleaning processes are well known as serious global warming gases, the exhaust of them has been increased more and more every year with rapid growth of the semiconductor and display industry. Therefore, active research on the pyrolysis of PFCs is urgently needed for their large-scale and high-efficiency decomposition, and thermal plasma processes begin to draw attention to replace conventional combustion methods having insufficient destruction and removal efficiencies. Thermal plasma jet flames ejected from plasma torches have excessively high temperatures in their central region to effectively decompose PFCs. But, their peripheral region has relatively low temperatures due to steep temperature gradients in both the radial and axial directions of thermal plasma jets. For this reason, thermal plasma processes for the pyrolysis consume high electric powers and have the disadvantage of high running cost to keep sufficiently high temperatures in the peripheral region for complete decomposition of PFCs. Therefore, generation of thermal plasma with a uniform temperature profile maintained all the way throughout the process, is required to reduce the running cost. In this work, we examined the effects of turbulent thermal plasma flow on the decomposition environment inside the pyrolysis reactor using a plasma torch with hollow electrodes, because a turbulent

flow enhances the entrainment of ambient gas into the thermal plasma and makes uniform flow characteristics. Numerical analyses on turbulence, temperature, velocity, and chemical species depending on torch nozzle diameter and anodic arc root rotation were carried out under the same input power condition.

**Hp-066 외부 평판형 유도결합플라즈마 반응기에서 안테나 반지름에 따른 아르곤 플라즈마 변수 측정 및 2차원 시뮬레이션** 장 동수, 이 희용, 양 원균<sup>1</sup>, 서 화일<sup>2</sup>, 이 정중 (서울대학교 재료공학부. <sup>1</sup>군산대학교 신소재공학부. <sup>2</sup>한국기술교육대학교.) 외부 평판형 유도결합플라즈마는 반도체 공정에서 폭넓게 사용되고 있으며, 비교적 쉽게 고밀도 플라즈마를 발생시킬 수 있기 때문에 다른 박막 증착과 표면 처리에도 응용성이 크다. 하지만 웨이퍼나 시편의 면적이 커짐에 따라 공간적으로 균일한 특성을 보이는 안테나 설계가 중요한 문제가 된다. 본 실험에서는 1 회전 코일 형태의 안테나에 13.56 MHz 전력을 인가하여 아르곤 플라즈마를 발생시키고, 안테나의 반지름과 인가 전력, 용기 내 압력 등을 변화시켜 가면서 랭뮤어 프로브를 이용하여 플라즈마 변수를 측정하였다. 시뮬레이션은 상용 유체해석코드인 CFD-ACE+를 이용하였고, 회전방향으로 대칭성을 가지는 2차원 모델로 단순화시켜 계산을 수행하였다. 발생시킨 유도결합 플라즈마의 밀도는 실험 범위 내에서 압력과 인가 전력에 따라 선형적인 변화를 보여주었고, 시뮬레이션 결과는 이를 잘 반영하였다. 반경 방향의 공간 분포에 대해서도 시뮬레이션은 실험 결과를 비교적 일치하게 묘사하였다. 따라서 대형 유도결합 플라즈마 반응기를 제작할 때, 좋은 플라즈마 균일도를 가지는 안테나 설계에 유체해석코드를 유용하게 사용할 수 있을 것으로 기대된다.

**Hp-067 Modeling of P6 Type DC Magnetron Sputter Device** CHANG Hyonu, KIM Dae-ho, RYU Chang-mo (POSTECH, Physics.) Two-dimensional(2d3v) PIC/MCC simulation is performed to model LG-Philips P6 type magnetron sputter device. The device has inner rod magnet of the south pole and outer rectangular magnet of the north pole which move whole target surface. 5mTorr pure Ar plasmas are used and -500V bias voltage is applied to sliced x-z plane and merged each cross sections. Energy distribution functions of ions for each position of target are multiplied by sputtering yield(Cu/Ar+) to get erosion profile. Although this simulation does not reach steady state, it is found that Child-Langmuir law determines the other erosion profile from the sheath lengths and the sheath voltage drops. Two kinds of erosion profiles are compared. Under the assumption of collisionless regime, cosine rule could be applied to get deposition profile. From the information of magnet movement, erosion profile of whole target and deposition rate was calculated. This modeling could be applied to industrial devices to flatten the erosion and deposition profiles.

**Hp-068 Abnormal Heating in a Capacitive Discharge Driven by a Beat Radio-Frequency** KIM Daeho, RYU Chang-mo (POSTECH, Physics.) In a low-pressure capacitively coupled argon discharge, the high-energy electrons are collisionlessly heated by the moving high voltage sheaths, whereas the low-energy electrons are confined in the bulk by the ambipolar po-

tential and thus unable to gain energy from the RF field in the bulk plasma (collisional heating). However, a plateau in the low-energy portion of the electron energy probability function (EPPF) at the bounce resonance condition has been numerically observed by G. Y. Park et al., which indicates an efficient electron heating of the low-energy electrons. Using a one-dimensional particle-in-cell/Monte Carlo simulation, it is found that application of the beat RF in the capacitive discharge, one electrode is fixed at 13.56 MHz and the other is varied from 11 to 27.12 MHz, can effectively heat the low-energy electrons. It is found that the EPPF follows a Druyvesteyn-like distribution.

**Hp-069 Study on enhancement of ion beam extraction code in comparison to experimental results.** JUNG bongki, JUNG hwadong, JUNG sunwook, HWANG yongseok(*Seoul national university, Department of nuclear engineering.*) In a beam extraction design, simulation code plays an important role in optimization of electrode configuration to obtain better beam property. Beam extraction codes, however, have an aberration from an experimental result due to theoretical assumptions. In this study, a simulation result of beam current by using a conventional codes, IGUN and PIC are compared with experimental result for several conditions. Based on the results we analyze the accuracy of the code and investigate where the differences are originated.

**Hp-070 채널 길이에 따른 홀 추력기의 성능 연구** 이 중섭, 임 유봉, 서 미희, 선 중호<sup>1</sup>, 이 해준<sup>2</sup>, 최 원호(*한국과학기술원, 물리학과. <sup>1</sup>세트레이. <sup>2</sup>부산대학교, 전기전자컴퓨터공학과.*) 저전력 원통형 홀 추력기는 기존 고리형태 방전채널 부분의 길이를 줄여 표면적에 비해 부피를 늘이는 방법으로 이미 좋은 결과를 보여주고 있다. 홀 추력기에서는 채널 내부의 자기장 모양뿐만 아니라 채널의 길이 또한 이온화 및 연료 효율, 비추력 등 홀 추력기 성능에 많은 영향을 미친다. 특히, 원통형 홀 추력기의 경우 방전채널이 원통형태와 고리형태의 두 영역으로 나뉘어 있어 각각의 길이가 미치는 영향을 분석하여야 한다. 본 연구실에서는 두 영역의 길이를 각각 조절할 수 있도록 설계하여, 동일한 자기장 구조에서 고리형태의 방전채널 길이는 유지하면서 채널 전체 길이를 16, 21, 26, 31 mm로 확장시켜가며 추력, 이온 전류 및 에너지를 측정하여 원통형태의 방전채널 길이가 성능에 미치는 영향을 측정하였다. 또한 이와 같은 방법으로 원통형태의 방전채널 길이는 유지하면서 고리형태의 방전채널 길이를 0, 5, 15, 20 mm로 변화시켜가면서 고리형태의 채널 길이가 홀 추력기 성능에 미치는 영향을 비교 분석함으로써 최적화된 채널 구조를 찾는 연구를 수행하였다.

**Hp-071 소형 원통형 홀 추력기에서 발생된 제논 플라스마 plume의 광학적 특성 연구** 서 미희, 이 중섭, 임 유봉, 선 중호<sup>1</sup>, 이 해준<sup>2</sup>, 최 원호(*한국과학기술원, 물리학과. <sup>1</sup>세트레이. <sup>2</sup>부산대학교, 전기전자컴퓨터공학과.*) 광방출 분광법을 이용하여, 홀 추력기에서 발생된 제논 플라스마 plume의 광학적 특성을 연구하였다. 특히 홀 추력기의 성능을 결정하는 변수중의 하나인 플라스마 plume angle은 방출 스펙트럼으로부터 분석된 전자여기온도의 공간 분포를 통해 결정하였다. 플라스마의 전자여기온도는 제논 플라스마에서 방출되는 Xe II 분광선의 방출세기 비를 이용하여

측정하였으며, 정전탐침을 이용하여 측정한 전자온도와 상관관계를 살펴보았다. 추력기 축방향(Z)으로 3mm 떨어진 곳에서 추력기 지름방향(R)에 따라 전자여기온도 분포를 살펴보았다. 방전 전압이 150 V, 방전 전류가 1.01 A, 유량 5 sccm일 때 추력기 중심부(R=0 cm)에서는 1.85 eV, 채널 가장자리(R=3.1 cm)에서는 1.5 eV였으며, 그 이상에는 Xe II 방출선의 세기가 급격히 감소함을 관찰하였다. 추력기의 반경은 2.8 cm 이기 때문에, 계산된 홀 추력기의 plume angle 45°이며, 자기장 세기 와 분포, 방전전압, 기체유량 등에 따라 추력과 plume angle이 변화함을 관찰하였다. 이로부터 방전 조건에 따라 최대 추력에서의 plume angle의 상관관계를 살펴보았다.

**Hp-072 The Effects Of Substrate Bias And Inductively Coupled Plasma (ICP) On The Heat Flux To The Substrate During ICP Sputtering** 김 진남, 이 희용, 이 정중(*서울대학교 재료공학부.*) The heat flux to the substrate during inductively coupled plasma (ICP) sputtering was determined by a home-made thermal probe. The thermal probe was calibrated by linear fitting of the temperature gradient versus bias, which was induced in the thermal probe, curve. The heat flux was approximately 50mW/cm<sup>2</sup> in the absence of ICP, while it was in the range between 100 and 1400mW/cm<sup>2</sup> with ICP, depending on the ICP power and pressure. The heat flux increased with increasing negative and positive bias. Under same deposition conditions, the heat flux increased by five times when the ICP power was turned on to 100W. The heat flux increased with increasing the pressure, which indicates that sputtered atoms are not the main source of the heat transfer. In the ICP sputtering system, electrons and ions in ICP is rather the main source for the heat flux. It is supposed that the heat flux is one of the important process parameters by ICP assisted deposition.

**Hp-073 방사광 가속기 PBPM 개발** 김 승남, 김 명진, 서 인득, 이 채순, 구 춘재(*포항가속기연구소.*) 빔라인 실험에서의 PBPM의 역할은 아주 중요하며 따라서 반드시 설치되어야 할 광학 부품이다. 무엇보다 중요한 PBPM의 기능은 저장링에서의 빔의 안정성과 빔라인에서의 빔의 안정성을 가시적으로 비교할 수 있는 것이며 이것은 빔라인의 정렬과도 연관성이 있기 때문에 빔라인 건설에 있어서 최우선적으로 고려할 사항이다. 그동안 본 연구소에서는 PBPM의 기계적인 검출 방식에 따라 blade type과 wire type을 보편적으로 사용해 왔는데 최근에는 ID 빔라인에도 적용이 가능한 blade type을 새롭게 개발하였다. Electronic system으로는 electrometer(pico-ammeter, pre-amplifier)를 사용하는 방식과 GPIB, 또는 VFC 방식이 주로 적용되고 있으나 시스템의 반응 속도 및 noise에 따라 최적의 시스템을 선정하게 된다. 현재 방사광 가속기 대부분의 빔라인에 PBPM이 설치되어 운영중에 있으며 각 type별로 데이터를 수집하여 검토중에 있다. 향후에는 PBPM의 개발 계획에 따라 나머지 빔라인에도 PBPM이 설치될 예정이며 각 빔라인의 측정 결과에 따라 지속적인 연구가 이어질 예정이다.

**Hp-074 대면적 플라스마 공간균일도 진단에 활용 가능한 광 진단법 연구** 박 호용, 이 승현, 김 정희, 최 원호(*한국과학기술원, 물리학과.*) 최근 들어 플라스마 면적이 대면적화 되면서 대면적 플라스마에서 고려해야 하는 핵심적인 이슈는 플라스마의

공간 균일도 측정이다. 따라서 플라즈마에서 방출되는 방출 스펙트럼을 이용한 광 진단법은 측정 시스템이 비교적 간단할 뿐만 아니라 플라즈마에 전혀 섭동을 주지 않는 장점 때문에 다양한 운전 조건 하에서 플라즈마의 특성 진단에 적극 활용될 수 있다. 본 연구에서는 플라즈마의 공간 균일도 진단을 위하여 토모그래피 광 진단법과 광방출 분광법(OES)을 사용하였다. 플라즈마 내에 다수의 검출기에서 측정되는 선 적분된 방출광 세기를 토모그래피 역산과정을 통해 플라즈마 내부를 재구성하여 플라즈마 방출광의 2차원 분포를 모니터링 하였으며, 전자 여기온도의 공간 균일도를 확인하기 위해 광방출 신호를 두 개의 렌즈와 분광기를 이용하여 측정하였다. 두 개의 렌즈를 통하여 측정한 선 적분된 파장 별 빛의 세기를 회선 정리(convolution theorem)를 이용하여 재구성하고, 각 파장 별 공간에 따른 빛의 세기 분포를 측정하였다. 이로부터 전자 여기온도의 공간 균일도를 측정하였다. 플라즈마처럼 광원이 큰 경우, 렌즈를 사용함에 있어 수반되는 깊은 초점심도 현상으로 인해 나타나는 오차를 최소화하기 위하여 achromatic lens를 사용함으로써 여기온도의 공간 균일도 측정에 보다 높은 정확도를 얻을 수 있었다.

**Hp-075 자외선 조사 시 사일렌 플라즈마 내 입자 성장 과정 전산모사** 선 창래, 채 길병, 박 호용, 신 용현<sup>1</sup>, 박 성종<sup>1</sup>, 최 원호(한국과학기술원, 물리학과, <sup>1</sup>한국표준과학연구원.) 저압 CCP 사일렌 플라즈마 내에서 자외선 조사가 플라즈마 내 나노입자의 성장에 미치는 영향을 전산모사를 통해 조사하였다. 본 연구팀에서 이미 수행한 실험을 통해, 성장하는 입자들에 자외선을 조사할 경우 입자의 성장이 더 빨라지는 것을 볼 수 있었다. 예를 들어 80 mTorr, 70 W의 방전조건에서, 입자들은 자외선 조사 시 약 3초 정도 빨리 성장하고, 그 성장 속도도 빨랐다. 이 결과는 입자 성장 메커니즘에 기인하는데, 2 nm ~ 50 nm의 고속 성장 단계(fast growth phase)에서 입자들의 엉김(coagulation) 현상이 활발할수록 입자 성장 속도는 빨라진다. 여기서 자외선을 조사할 경우 광전효과로 인해 이들 입자의 음 전하량이 줄어들게 되어 서로간의 반발력이 작아지게 된다. 반발력이 작아진 입자들은 서로 엉김 현상이 더 활발하게 된다. 본 연구에서는 이와 같은 자외선 조사 시 입자의 성장과정을 전산모사를 통해 구현하고, 실험결과와 비교하였다. 입자의 전하량을 OML 이론을 통해 구하고, 이에 의한 반발 에너지를 계산하여 입자 성장 모델에 적용하였다. 자외선 조사 시 입자의 전하량 변화에 따른 입자의 성장 속도의 차이를 볼 수 있었다. 또한 실험결과와 비교를 통해 전산모사 결과의 타당성을 논의하였다.

**Hp-076 Slit의 개발 현황** 김 명진, 김 승남, 이 채순, 구 춘재(포항공대기연구소.) 빔라인 장치에서의 slit의 역할은 아주 중요하며 따라서 반드시 설치되어야 할 광학 부품이다. 이것의 기능은 여러 가지이며 특히 프론트 엔드에서는 빔 사이즈를 적절하게 조정하여 mirror 및 DCM(Double Crystal Monochromator)에 인가되는 빔 사이즈를 조절해준다. Slit은 빔라인의 여러 곳에 장착되어지는데 일반적으로는 optics 전에 또한 실험자들이 실험을 하는 공간, 즉 hutch안에 설치되어져 실험 샘플에 맞는 빔 사이즈를 조절해준다. 이러한 기능을 하기 위해서는 정밀한 메커니즘이 필요한데 본 연구소에서는 보다 컴팩트한 구조를 갖는 slit을 개발하기 위해 8" 플랜지 내부에 linear translator를 장착하여 수평 및 수직 구동에 있어 정밀성을 최대한으로 추구하였으며 열 부하를 줄

이기 위해 냉각장치를 부착하였다. 본 논문에서는 slit의 개발 현황 및 특징에 대해 설명하기로 한다.

**Hp-077 Measurement of pressure-dependent coefficients of Ar 2p<sub>1</sub>, 2p<sub>5</sub> cross section for decision of electron temperature by line ratio method** 강 남준, 오 수기(아주대학교, 에너지시스템학부.) The pressure-dependent coefficients of Ar 2p<sub>1</sub>, 2p<sub>5</sub> cross section are investigated by optical emission spectroscopy for determination of Te by line ratio method. The EEDFs and electron densities were measured by single langmuir probe varying pressure from 3 to 100mTorr in a TCP plasma. The emission intensities at each pressure were calculated as function of measured EEDFs, electron densities and cross sections at 3mTorr found in reference. Comparing these calculated emission intensities with measured ones, the pressure-dependent coefficient of Ar 2p<sub>1</sub>, 2p<sub>5</sub> cross section were obtained. The coefficient of 2p<sub>5</sub>(751.5nm) was significantly influenced by pressure while 2p<sub>1</sub>(751.5nm) does not. The cause of the difference is the np<sub>5</sub> levels which suffer from a moderate to large pressure dependence in their optical emission cross sections due to radiation trapping of cascading resonance levels. However the np<sub>1</sub> levels have minimal pressure dependence. The coefficients of both arrive saturation in high pressure region.

**Hp-078 N<sub>2</sub>와 O<sub>2</sub>의 유도 결합 플라즈마에 관한 진단 연구** 김 은영, 박 재민, 김 선자, 김 형진, 정 태훈(동아대학교 물리학과.) N<sub>2</sub>와 O<sub>2</sub> 유도 결합 플라즈마 (Inductively Coupled Plasma)에서 발생되어진 플라즈마의 특성을 인가 Power와 Pressure를 변화시키면서 Langmuir Probe, Optical Emission Spectroscopy (OES), Quadrupole Mass Spectrometry (QMS)를 이용하여 측정하였다. Langmuir Probe I-V 곡선을 통해 전자 밀도, 전자 온도, 이온 밀도, Electron Energy Distribution Function (EEDF)를 측정하였고, OES의 경우 N<sub>2</sub>와 O<sub>2</sub>에서 방출되는 Optical Emission Intensity peak 변화를 이용하여 중성 입자 밀도를 구하였고, QMS를 통해 N<sub>2</sub>와 O<sub>2</sub>로부터 발생되어진 플라즈마 입자종들의 peak 변화를 관찰하였다. 또한 OES와 QMS로 얻은 N<sub>2</sub> 및 O<sub>2</sub>의 분자 해리도를 구하였다.

**Hp-079 Electron Temperature and Electron Density of Capillary Plasmas with Different Experimental Conditions.** 나 채현, 이 동협, 김 지현, 문 성익(POSTECH 물리학과.) Extreme ultraviolet lithography (EUVL) using EUV radiation can provide a solution for high-volume manufacturing of semiconductor fabrication. Among several techniques investigated for achieving short wavelength lasing, the capillary discharge has the advantage of being relatively simple, efficient and compact. We present the characterization of a z-pinch produced plasma in a capillary discharge channel filled by argon gas. The discharge is driven by low inductance capacitor bank charged up to 20~30kV and switched by spark gap switch. In order to understand the z-pinch produced plasma clearly, the electron density and temperature were measured for different initial conditions such as capillary diameter, initial pressure and current rising time, by spectroscopic measurements.

**Hp-080 플라즈마 내 20 nm 영역의 나노입자까지 크기 측정이 가능한 2차원 레이저광산란 광학계 개발** 채 길병, 선창래, 신 용현<sup>1</sup>, 박 성중<sup>1</sup>, 최 원호(한국과학기술원, 물리학과, <sup>1</sup>한국표준과학연구원.) 반도체 및 디스플레이 제조를 위한 제반 플라즈마 공정에서는 반응성 기체를 사용하여 플라즈마를 생성하게 되므로 자연적으로 나노크기 입자들이 발생하게 된다. 이러한 입자들은 공정 플라즈마를 오염시켜 생산품의 성능을 떨어뜨리거나 기관 위에 떨어져 생산 수율을 낮추는 등 부정적인 영향을 주게 되므로 제거의 대상이 된다. 실제로 최근의 반도체 제조 과정에서 반도체 소자의 선폭은 40 nm 에서 점점 더 작아지는 추세이다. 따라서 반도체 소자의 선폭을 줄이기 위해서는 더 깨끗한 플라즈마 공정이 필요하게 되고 이를 위해서는 이러한 나노크기 입자들의 모니터링이 우선시 되어야 한다. 입자의 크기를 측정하는 방법으로 레이저산란(Laser Light Scattering: LLS) 방법이 널리 이용되고 있으나  $2\pi/\lambda < 1/10$  ( $r$ 은 입자반경,  $\lambda$ 는 레이저 파장)의 조건을 만족하는 입자에 대해서는 Mie 산란이 아닌 Rayleigh 산란 이론이 적용되어야 하는 영역으로 입자 크기 측정이 난해하다고 알려져 있다. 본 연구에서는 레일리 산란 이론을 적용하여 측정된 LLS 신호를 이용하여, 실시간으로 최소 20 nm 영역의 입자 크기까지 측정 가능한 진단 광학계를 개발하였다. 그리고 이것을 축전결합플라즈마에 적용하여 사후 측정 방법인 Scanning Electron Microscope 으로 얻은 결과와 비교해 보았다. 그리고 시간에 따른 입자의 크기 변화를 모니터링 하였다. 실험결과, 방전 초기 입자의 크기가 빠르게 성장하고 일정 시간이 지나면 입자의 크기가 유지되는 것을 관찰하였다. 입자의 크기는 20 nm - 150 nm, 밀도는  $10^7 - 10^9 \text{ cm}^{-3}$ 까지 측정되었고 평균 오차는 15 %로 측정되었다.

**Hp-081 고정밀 인버터전원을 채용한 fs-THz 빔라인용 모듈레이터의 설계제작** 손 윤규, 권 세진, 장 성덕, 서 재학, 오 종석, 강 홍식, 이 경태<sup>1</sup>, 노 성채<sup>2</sup>(포항공가속기연구소, <sup>1</sup>엠 앤드 케이(주), <sup>2</sup>(주)동아하이텍.) 포항공가속기연구소에 설치되는 fs-THz 빔라인용 RF증폭관에 펄스전압을 공급하는 모듈레이터의 직류고전압 충전전원으로 인버터를 적용하였다. fs-THz 빔라인은 2개의 가속관으로 구성된 선형가속기로 RF증폭관에 인가되는 펄스전압 안정도는 100PPM의 높은 정밀도를 필요로 한다. 이를 위해서는 펄스에너지를 저장하는 커패시터에 충전되는 전압의 크기를 일정하게 제어하여야 한다. 인버터 전원의 출력을 정밀하게 제어하기 위해 고분해능 ADC와 DSP를 채택하였고, 안정된 출력전압의 측정을 위한 정밀급 고전압 프로브를 사용하였다. 논 논문에서는 인버터 전원의 출력제어와 펄스모듈레이터의 제작과 시험에 관한 결과를 보이고자 한다.

**Hp-082 RF Thermal Plasma Process for the Synthesis of Carbon Nanotubes by Decomposition of Methane** NAM JUN SEOK, LEE CHAN MIN, HAN HYUN-SUN, HONG SANG HEE(Department of Nuclear Engineering, Seoul National University.) Carbon nanotubes (CNTs) have attracted a great interest to their remarkable electronic, mechanical and material properties, which have great potentials of practical applications to field emission display, reinforcing components, hydrogen storage medium and so on. Since the synthesis of CNTs was for the first time introduced by an arc discharge, various methods such as laser ablation, thermal CVD and HF-PECVD have been investigated for CNTs production.

However, a continuous process for large-scale synthesis of CNTs is not yet established with high purity, mass production and cost effectiveness necessary for industrial applications. Moreover, the mechanism of the CNTs growth remains poorly understood in spite of intensive research activities in this field during past two decades. For the purpose of developing such a practical method to produce CNTs, an attempt has been made to synthesize the CNTs by RF induction thermal plasma process. In this process, a reactant mixture, which consists of methane gas as a carbon source and transition metal powder as a catalyst, is axially fed into the argon plasma along with helium carrier gas from a water-cooled injection port located in the upper region of the induction coil. In order to study the effects of operating parameters on the synthesis process of CNTs, a series of experiments has been conducted by controlling the process conditions such as ICP torch power, quenching gas flow rate, chamber pressure and reactor geometry. The produced carbon soot is analyzed by scanning electron microscopy, transmission electron microscopy, thermo gravimetric analysis and Raman spectroscopy. Numerical calculations are also conducted using the commercial CFD code, FLUENT, to examine plasma temperature and flow field inside the reactor with variations of operating conditions. SEM and TEM observations have demonstrated multi-walled CNTs are successfully synthesized. It has been found that the reactor geometry and quenching gas flow affect plasma temperature and flow field in the reaction zone, and therefore have a great effect on the CNTs growth.

**Hp-083 Stabilization and Dispersion of Plasma Treated Single Walled Carbon Nanotubes in Aqueous Solutions** SHIN Dong Hun, CHO Soon Cheon<sup>1</sup>, HONG Yong Cheol<sup>1</sup>, HAN Chang Soo(Korea Institute of Machinery and Materials, <sup>1</sup>Department of Molecular Science and Technology, Ajou University.) This study demonstrates the stabilization and dispersion of the plasma-treated single walled carbon nanotubes (SWNTs) in aqueous solutions. The SWNTs treated by low pressure H<sub>2</sub> glow plasma revealed super-hydrophilicity. The plasma-treated SWNTs were dispersed in deionized water and ethanol solvent. From the results of absorption test of the SWNT solutions by a spectrometer, it was identified that the dispersion could maintain stably without any change in UV-VIS spectrum during approximately one month. In order to observe a D-peak, the treated samples were measured by Raman spectroscopy. We also described a simple procedure for dispersing the plasma-treated SWNT powder in aqueous solutions. The plasma treatment method may be useful for dispersion and stabilization of CNTs with tendency to aggregate in bundles and poor solubility.

**Hp-084 fs-THz 빔라인 펄스전원장치 제어기 개발** 권 세진, 손 윤규, 장 성덕, 서 재학, 오 종석, 강 홍식, 이 경태<sup>1</sup>, 노 성채<sup>2</sup>(포항공가속기연구소, <sup>1</sup>(주)엠앤드케이, <sup>2</sup>(주)동아하이텍.) 포항공가속기연구소의 현재 설치되는 fs-THz 빔라인의 RF 증폭관의 전원장치인 모듈레이터를 설계 및 제작을 하였다. RF 증폭관의 펄스 전원을 공급하는 제작된 모듈레이터의 직류고전압 충전전원으로는 인버터 시스템이 적용되었다. fs-THz 빔라인을 구성하

는 선형가속기의 RF 증폭관의 펄스 전원은 정밀도 100 ppm의 안정도를 필요로 한다. 이 안정도를 달성하기 위하여 인버터 전원의 출력을 DSP를 사용하여 정밀하게 제어하는 한편, 정밀도 높은 고전압 프로브를 사용하여 출력전압을 측정함으로써 안정도를 유지시킨다. 본 논문에서는 인버터 시스템을 사용한 모듈레이터의 제어기의 제작과 시험 및 인버터 제어를 위한 DSP 제어기와 통신을 통한 전체적인 모듈레이터 제어시스템에 대하여 논하고자 한다.

**Hp-085 Comparison of Silicon Substrates Etching Rate on  $\text{CF}_4$  and  $\text{SF}_6$  using a Plasmatron.** PLAKSIN vadim, YIM Chan Joo, KO Min Kook, LEE Heon Ju(제주대학교 에너지공학과.) An arc plasma source generating an almost spectrally clean plasma flow is proposed as a tool for plasma-chemical treatment. The etching of monocrystalline silicon with plasma containing Ar,  $\text{O}_2$  and  $\text{CF}_4$  or  $\text{SF}_6$  at pressures around  $10^0$  mbar was demonstrated. The dependence of the etching rate on the gas mixture, distance from the plasmatron, and arc power are discussed. A silicon etching of rate up to 58  $\mu\text{m}/\text{min}$  was obtained.

**Hp-086 DC 아크 Plasmatron과 Ion Beam을 이용한 ZnO 증착에 관한 연구.** PENKOV Oleksi, LEE Heon Ju, PLAKSIN Vadim, JOA Sang Beom, YIM Chan Joo, KO Min Kook(제주대학교 에너지공학과.) Zinc-acetylacetonate는 인체에 무해하고 경제적인 장점이 있어서 투명도전막으로 ZnO박막에 대한 연구가 최근 광범위하게 수행되고 있다. 이런 ZnO박막은 RF sputtering, pyrolysis이나 metal-organic CVD와 같은 방법으로 증착이 이루어지고 있다. 그러나 solar cell 제조 산업에서는 경제성이 있고 효과적이며 확장성을 갖는 제조과정을 필요로 하고 있지만 현재의 실험실 단위의 기술은 이런 산업에서의 요구를 완벽하게 충족시키지 못하고 있다. 본 연구에서는 다른에너지의 아르곤이온과 수소가스를 갖는 DC 아크 plasmatron과 ion beam 소스를 기반으로 한 새로운 증착 기술에 대해서 소개되어질 것이다. 증착 소스로 Zinc-acetylacetonate, 작동기체로 산소를 사용하여 저진공에서 ZnO 박막을 유리 기판위에 증착시켰다. 구조적, 광학적, 전기적 특성들이 조사되었으며, 박막의 결정 및 표면 구성요소를 XRD(X-Ray Diffractometry), XPS(X-ray Photoelectron Spectroscopy)를 이용하여 해석하였고, 저항 측정을 위해 4-Probe방법을 사용하였다. 박막의 투과율을 측정하기 위해 Spectrophotometry가 사용되었다. ZnO 박막의 구조 및 특성의 최적화를 위해 기판의 온도, 작동기체, 가스유량을 달리하여 증착시켰고, 박막의 형성 및 구조에 대한 이온빔의 효과가 조사되었다. DC 아크 플라스마트론과 이온빔을 이용한 증착방법은 전기 및 광학적 특성이 좋은 ZnO 박막의 순수 알루미늄의 증착에 사용되어질 수 있을 것이다.

**Hp-087 Integrated Numerical Simulation on Generation and Transport of Chemically Active Species in Atmospheric Pressure Non-Equilibrium Plasma for Surface Treatment** KANG Woo Seok, KIM Hyun-su, HONG Sang Hee(Department of Nuclear Engineering, Seoul National University.) Atmospheric pressure non-equilibrium plasma is an attractive discharge source that can be operated in open air to produce plenty of chemically active species used for various material treatments such as cleaning, modification,

etching and deposition of the substrate surface. For the more extensive applications of this source to various industrial fields, not only the plasma itself, but also its treatment effects by macroscopic physical parameters should be understood including coupled physical phenomena from plasma generation through transport to surface reaction on the substrate. The purpose of this research is to develop an integrated numerical model of atmospheric pressure non-equilibrium plasma for surface treatment with a multilevel physical approach. The physical phenomena involved in the surface process are assumed to take place in three subsequent steps: a) generation of plasma and chemically active species, b) transport of produced effluent species from plasma to the substrate, and c) reaction of radicals with substrate materials. For setting up an integrated numerical model coupled these steps, a zero-dimensional model with volume averaged reaction is developed (step a), and the resultant physical properties are applied to the conditions of radical calculations in the effluent region with mass transport and chemical reaction (step b). Finally, simple reactions between radicals and substrate materials are assumed to simulate the surface phenomena (step c). On the basis of this coupled model, we carried out the simulation on helium plasma with an oxygen additive and the comparative results of surface treatment by macroscopic parameters are discussed.

**Hp-088 Plasma Flow Characteristics of Spray-Type Dielectric Barrier Discharge in an Atmospheric Plasma Etcher** KIM Hyun-su, KANG Woo Seok, HAN Hyun-sun, HONG Sang Hee(Department of Nuclear Engineering, Seoul National University, Seoul, Korea.) Dielectric barrier discharge (DBD) is an attractive atmospheric plasma source that produces abundant metastably-excited species without high vacuum facilities. By taking advantage of these characteristics, it is possible to extend the practical application of DBD devices to the large area process at atmospheric condition for various industrial fields such as semi-conductor making process and TFT-LCD production. Recently, this possibility has been experimentally verified in the large area etching process using an atmospheric plasma etcher (APE). For the better understanding of discharge characteristics and neutral species behaviors in the APE, we carried out a two-dimensional numerical simulation of the spray-type DBD plasma generated from a  $\text{N}_2/\text{SF}_6$  mixture gas. In this numerical work, the calculation domain is restricted to a single-hole region among a repeated symmetric array of DBD spray holes in the APE. To calculate discharge characteristics, Poisson's equation and a set of continuity equations of charged particles are considered. To reflect gas flow effect, the SIMPLE (Semi-Implicit Method for Pressure-Linked Equations) algorithm is used for solving momentum and continuity equations of neutral particles. The discharge and plasma flow calculation schemes are combined by a time slicing method. As the simulation results, electron avalanche and streamer propagation are observed due to the high electric field induced near the spray hole in the discharge region. Neutral species including fluorine atoms are affected mainly by the plasma flow in the spray region. The fluorine effluence from the spray hole reaches



the substrate surface abundantly to affect the efficiency of the atmospheric pressure etching process. Further parametric characteristics will be discussed for the highly efficient etching process in terms of operating and design conditions of the APE.

**Hp-089 Plasma treatment of pork sample using LF and RF micro-size plasma jets produced in the ambient air** 김 단비, 권 보미, 문 세연, 최 원호(한국과학기술원.) Prior to the direct application of atmospheric pressure micro-size jet plasmas to the human skin, a feasibility study was performed with a pork sample of which resistance is similar to that of the human body. The plasma jet used for the experiment was produced in the ambient air at 50 kHz (LF) and 13.56 MHz (RF) with a helium gas supply. The pork sample was placed at 6 mm from the electrode, and the discharge characteristics were measured and compared in the presence of the pork sample. The results showed that the pork samples could be safely treated by both plasmas at low discharge current and gas temperature. However, the conduction current and the gas temperature of the RF plasma were higher than those of the LF plasma. Also, due to the longer plasma length, the LF plasma could treat the pork sample at further distance, for instance, at 10 mm. At such distance, the plasma was more electrically safe as it did not show transition to spark (a at a larger current compared to at the nearer distance). Therefore, it is assumed that the LF plasma is more appropriate for the bio material treatments.

**Hp-090 Feasibility of sterilization of Bacillus Subtilis using RF atmospheric pressure large area plasmas** 권 보미, 김 단비, 문 세연, 최 원호(한국과학기술원.) A feasibility study of Bacillus Subtilis (BS) sterilization was performed using a volumetric ( $105 \times 40 \times 4$  mm) RF plasma (MyPL; www.applasma.com) produced in the ambient air assisted by helium or argon flow. To find the optimized plasma condition for sterilization, plasma characteristics were investigated through electrical and optical diagnostics. The gas temperature measured by a thermocouple and a fiber thermometer was between 30 and 140°C for the input power range of 40 and 100 W. The temperature measured by OES was about 15°C lower than the value by the fiber thermometer. In the proper temperature range ( $< 80^\circ\text{C}$ ) in which thermal effect is negligible, plasma sterilization was performed. The Bacillus Subtilis was treated by varying treatment time, treatment position, gas flow rate etc. After the plasma treatment, the microbe sample was sampled, suspended, and re-cultivated for the population counting. The results showed that 300 seconds was enough for sterilization, and the D-value was different depending on the supply gas type. Understanding of the role of radicals or UV photons in killing BS was attempted by analyzing the plasma emission.

**Hp-091 포항가속기 연구소에서의 신규 삽입장치 Project** 김 동언, 박 기현, 이 홍기, 서 형석, 한 홍식, 정 영규, 정 진화(포항가속기연구소, 포항공대.) 포항 가속기 연구소에서는 2007년부터 새로운 삽입장치 빔라인 건설을 추진하고 있다. 이 삽입장치들은 U-SAXS 빔라인과 HF-XAFS에 각각 사

용될 예정이며 U-SAXS용 삽입장치는 In Vacuum Undulator (IVUN), HF-XAFS용 삽입장치는 Wiggler가 사용될 예정이다. U-SAXS용 IVUN은 길이 2200 mm, 자극주기 20 mm, 자극간극 5 mm, 최대자속밀도 약 1.05 T를 가지고 있으며 미국의 ADC와 공동으로 개발될 예정이다. HF-XAFS 빔라인에 사용될 Wiggler는 주기가 100 mm, 자극간극 12 mm, 전체길이 2.0 m, 최대자속밀도 1.81 T이다. 이 보고에서는 이 두 삽입장치의 물리설계와 특성에 대해서 발표한다.

**Hp-092 Design of the PAL Test FEL Machine** KIM Mungyung, LEE Tae-Yeon, CHOI Jinhyuk, KANG heung-sik, HUANG Jung Yun(PAL, Postech.) In order to the PAL-XFEL, the 1<sup>st</sup> stage will be to build a test machine, whose design parameters are presented here. It will be a 200 MeV machine that has the target wavelength of visible range. The design details and simulation results are shown in this paper.

**Hp-093 Characteristics of Ar Z-Pinch Plasmas Generated by Different Pre-pulses\*** 이 동협, 나 채현, 손 윤규<sup>1</sup>, 고 경보<sup>2</sup>, 김 동수<sup>3</sup>, 조 무현, 남궁 원(포항공대 물리학과. <sup>1</sup>포항가속기연구소. <sup>2</sup>포항공대 환경공학과. <sup>3</sup>VMT.) An extreme ultraviolet (EUV) source of  $\sim 13.5$  nm is required for lithography under 40 nm line definition in the near future. For EUV lithography sources, a discharge-produced plasma (DPP) which we adopted is widely being investigated for much higher-power compared to laser-produced plasmas (LPP). It is known that the pre-pulse in DPP system leads the ignition of a uniform discharge in the main discharge gap, repeatability of EUV energy and increased conversion efficiency. Thus, our experiments were focused on finding influence of pre-pulses on Z-Pinch plasmas by varying the delay time between pre and main pulses and  $dI/dt$  of pre-pulses. In this paper, we present the effect of different pre-pulses on the main discharge current. \*Work partly supported by Small and Medium Business Administration and POSTECH Physics BK21.

**Hp-094 가속기 진단 빔라인 PBPM 알고리즘 개선** 최 효진, 김 창범, 황 정연, 강 홍식(포항가속기연구소) 방사광은 저장링을 회전하는 전자빔이 2극전자석과 삽입장치를 통과하며 발생한다. 빔라인 이용자의 실험 결과가 정확하며 신뢰성 있기 위해서는 실험 샘플에 직접적인 영향을 주는 방사광의 위치 변화가 없어야 한다. 그러나 저장링을 구성하는 내부 요인(기계적 전기적 구성부품)과 외부 요인(온도 습도 변화) 등에 의해 방사광의 위치 변화가 발생할 수 있다. 이러한 방사광의 위치 변화를 빔라인에서 측정할 수 있는 장치가 PBPM이다. PBPM은 방사광 에너지에 의해 금속에서 전자가 방출되는 광전효과를 이용하는 단순한 원리지만 (1) 검출기 구조 (2) 미세한 신호처리 장치 (3) 해석 알고리즘 방법 등에 의해 PBPM의 정확도와 신뢰성이 변한다. 진단 빔라인에 설치된 PBPM의 상태와 측정 결과를 살펴보고, PBPM 알고리즘 개선 후 측정 결과를 비교 검토함으로써 PBPM의 최적화 방향이 무엇인지 도출하고자 하였다.

**Hp-095 PEFP DTL Cooling System for Resonance Frequency Control** 김 경렬, 김 형균, 김 희섭, 윤 종철, 황 윤하,



박 준, 권 혁중<sup>1</sup>, 조 용섭<sup>1</sup>, 권 세진(PAL/POSTECH. <sup>1</sup>PEFP/KAERI.)  
The main objective of the cooling system of PEPF DTL is to control the resonant frequency of the drift tube cavities to 350 MHz. The cooling system operates in combination with the low-level rf system (LLRF) to set the operating point of the drift tube. The frequency loop from the LLRF system will define the set points for the temperature control loop which will be able to control the tuning of the drift tube by regulating its temperature. To provide an effective means of bringing the DTL up for a resonance condition, the design of cooling system has been conducted with an analysis of the transient behavior, and an investigation of the performance of drift tubes in the steady state. As a result, it is confirmed that the resonant frequency could be regulated less than  $\pm 1$  kHz with this proposed feedback temperature-controlled cooling system although introducing a little unstable features as the operating temperature changes. This paper describes the design of a cooling water system required for the temperature control of the DTL cavities, focusing in the modeling and simulation of the cooling system, the sizing of water pumping skid component and the temperature control scheme. The frequency or phase control concepts will also given to determine under what conditions the frequency or phase error information from LLRF is valid and the temperature set point should be changed.

\*Supported by PEPF/KAERI.

**Hp-096 Spatial Power Combining for HPM Applications using Relativistic Klystron Amplifier** 김 경호, 박 상덕, 한 재은, 윤 무현, 박 수용, 남 상훈<sup>1</sup>, 신 진우<sup>2</sup>, 소 준호<sup>2</sup>, 장 원<sup>2</sup>(포항공과대학교 물리학과. <sup>1</sup>포항공속기연구소. <sup>2</sup>국방과학연구소) 초고출력 마이크로파(HPM)용 장비의 큰 문제점 중 하나는 안테나에서 공기 중으로 방사 시 나타나는 정전 파괴 현상으로 인한 출력의 제한인데, 이 문제는 배열 안테나(array antenna)의 사용을 통해 극복할 수 있다. 그런데, 초고출력 장비에 있어, 배열 안테나는 고출력을 분산시키는 효과 이상의 중요한 장점을 가진다. 초고출력 장비의 주 목표는 특정 타겟에 강한 전기장을 형성하는 것인데, 배열 안테나의 각각의 출력은 목표 지점에서 전기장의 선형 결함을 통해 이루어지므로, 그 효과는 안테나 개수의 제곱에 비례하게 된다. 즉, 1GW의 출력을 내는 안테나 10개를 배열하였을 때, 보강 간섭이 일어나는 지점에서의 전기장의 크기는, 100GW의 출력을 내는 단일 안테나가 내는 것과 같아진다. 이 때, 빔 폭이 줄어들지만, 각 안테나에 위상 차를 두면, 전자적 스캔이 되어 주사 영역을 확장시킬 수 있는데, 이렇게 확장된 영역은 단일 안테나의 주사 영역과 일치하게 된다. 이러한 위상 배열 안테나를 사용하기 위해서, 증폭기를 마이크로파 발생원으로 사용하여야 하므로, 1 GW급의 출력을 내는 RKA(Relativistic Klystron Amplifier)를 발생원으로 채택하였다. 본 연구에서는, 위에서 밝힌 위상 배열 안테나의 출력 결합 특성을 이론적으로 증명하고, 전산모사를 통해 1 GW급 RKA용 위상 배열 안테나의 기초 설계를 수행하여 이를 확인하였다.

**Hp-097 Effect of Multiple Antenna on Operation of High-Power Magnetron** 원 종효, 권 오준, 박 건식, 정 순신<sup>1</sup>, 김 대호<sup>1</sup>(서울대학교 자연과학대학 물리천문학부. <sup>1</sup>전기연구소) Effect of multiple antenna is investigated in magnetron oscillator

with center frequency of 915MHz and output power of 30kW using three-dimensional particle-in-cell(PIC) code MAGIC3D. Beam voltage of 12.5kV and the anode current of 3.35A are used in this simulation with the external axial magnetic field applied of 0.126T. The details will be presented.

**Hp-098 Experimental Study on MEMS-based Backward-Wave-Oscillator** 원 종효, 소 진규, 장 규하, SRIVASTAVA Anurag, SATTOROV Matlabjon, 박 건식, 전 성찬<sup>1</sup>, 백 찬욱<sup>1</sup>, 김 종현<sup>2</sup>, 장 석상<sup>2</sup>(서울대학교 자연과학대학 물리천문학부. <sup>1</sup>삼성종합기술원. <sup>2</sup>포항공속기연구소) Recently a great attention has been drawn to microfabrication techniques to realize submillimeter wave electron devices. Various kind of devices are investigated at Seoul National University using the techniques from MEMS, nano, and photonics. Here one of those, called as Coupled Cavity BWO is presented. The electron beam of 12kV and 50mA is employed at the m=1 spatial harmonic. The output power of 4 watts is estimated at the operating frequency of 100GHz. The experimental details of fabrication methods such as LIGA and DRIE and RF test will be presented.

**Hp-099 Pulse-shortening Phenomena in Hundreds Megawatts Relativistic Backward Wave Oscillator** 정 희천, 민 선홍, 신 상호, 박 건식, 김 준연<sup>1</sup>, 이 우상<sup>1</sup>, 소 준호<sup>1</sup>(서울대학교 자연과학대학 물리천문학부. <sup>1</sup>국방과학연구소) A Relativistic Backward Wave Oscillator (RBWO) is capable of high efficiency by a relatively long interaction region between a backward wave and an electron beam. But the pulse shortening problem mainly caused by the mode competition and the RF breakdown has been one of the key issues in the devices of its kind. In this experiment, a several hundreds MW RBWO circuit is designed and tested. The measured pulse-width of the output power is about 40 ns while that of the applied voltage is about 100 ns. As the output power is increased, the pulse width is decreased in this experiment. The details of measurement will be discussed.

**Hp-100 Design of Hundreds-megawatt Oscillator using Relativistic Electron Beam** 민 선홍, 정 희천, 신 상호, 이 문종, 박 건식, 김 준연<sup>1</sup>, 이 우상<sup>1</sup>, 소 준호<sup>1</sup>(서울대학교 자연과학대학 물리천문학부. <sup>1</sup>국방과학연구소) Relativistic Backward Wave Oscillator (RBWO) is an oscillator which can generate gigawatts-level electromagnetic wave through the interaction of backward wave in slow wave structure with relativistic electron beam. This is an effort of extension of output power from our experimental 100MW RBWO previously carried out. Here, 500kV - 5kA electron beam and COBRA antenna are used in the experiment. The experimental result will be presented with the numerical prediction by MAGIC-2D code.

**Hp-101 Study on Explosive Emission cathode in gigawatts-nanoseconds magnetically insulated transmission line oscillator** 신 상호, 정 희천, 민 선홍, 박 건식, 김 천호<sup>1</sup>, 임 동우<sup>1</sup>(서울대학교 자연과학대학 물리천문학부. <sup>1</sup>국방과학연구소) In giga-

watts-nanosecond magnetically insulated transmission line oscillator (MILO) with the dielectric fiber cathode, the diode impedance is observed experimentally to be dynamically changed during the rise of the 500kV-35kA pulse. This phenomenon is attributed to a neutral gas formed in the region of diode. MAGIC code is used to investigate this phenomenon.

**Hp-102 CW Imaging using Terahertz radiation Source** 권 오준, 주 영도, 원 종효, 김 대원, 김 희연, 백 찬욱<sup>1</sup>, 전 성찬<sup>1</sup>, 전 석기<sup>2</sup>, 진 윤식<sup>2</sup>, 김 정일<sup>2</sup>(서울대학교 자연과학대학 물리천문학부. <sup>1</sup>삼성종합기술원. <sup>2</sup>전기연구소.) CW THz imaging system is being constructed to investigate the response of cells to the THz wave. This system consists of a 0.2THz radiation source, some off-axis-parabolic mirrors(OAPs) with 2 dimensional(2D) translation stage. A pyro-electric detector is used to measure the power of resultant signals where a chopper is employed for a triggering. The details will be presented.

**Hp-103 Experimental Study on Formation of High Current Density Electron Beam for Submillimeter-wave Electron Devices** SRIVASTAVA anurag, 소 진규, 장 규하, SATTOROV Matlabjon, 박 건식(서울대학교 자연과학대학 물리천문학부.) The next generation submillimeter-wave vacuum electron devices require a much higher current density electron beam that ever used previously ( $>40\text{A}/\text{cm}^2$ ). The electron guns with a thermionic cathode (Scandate doped matrix impregnated) and field emission cathodes (carbon nanotube) are being developed. The details will be discussed.

**Hp-104 Photonic Crystal Reflex Klystron using Carbon Nanotube Cathode** 장 규하, 원 종효, 소 진규, SRIVASTAVA Anurag, 박 건식, 백 찬욱<sup>1</sup>(서울대학교 자연과학대학 물리천문학부. <sup>1</sup>삼성중기원.) A reflex klystron is suitable for a compact, high frequency vacuum electron device because of its simple scheme and no magnet requirement. But the device needs high density of electron beam to excite and has low efficiency at high frequency regime( $\sim 1\text{THz}$ ). To overcome those demerits of the device, our research group has devised a photonic crystal reflex klystron which employs a high-order-mode resonator and multi-electron beams. As a proof-of-principle experiment, we exited  $\text{TM}_{330}$  like mode of photonic crystal resonator using nine electron beams at X-band. For the

nine electron beam generation, carbon nanotube (CNT) paste cathode was used. The preliminary study shows the output power of 1.5W.

**Hp-105 Study on Surface-confined Mode in Periodic Grating Structure** SATTOROV Matlabjon, 소 진규, 장 규하, 원 종효, 박 건식, SRIVASTAVA Anurag(서울대학교 자연과학대학 물리천문학부.) The Smith-Purcell effect, radiation by electrons moving over periodic grating structure has attracted interest as a source of intense light from its simple radiation mechanism. One can design a device with a stronger surface confined mode by structuring a periodic grating structure. Here we present a study on surface-confined mode in periodic grating structure using PIC simulation.

**Hp-106 Terahertz Dispersive Metallic Metamaterial** 소 진규, 신 영민, 박 건식, 김 종현<sup>1</sup>, 장 석상<sup>1</sup>(서울대학교 자연과학대학 물리천문학부. <sup>1</sup>포항공대속기연구소.) A metallic slab with two-dimensionally periodically perforated micro-waveguides is proposed as a dispersive metamaterial in the terahertz regime. The fundamental waveguide mode of each micro-waveguide governs the transmission of incident light through the whole structure, which results in the frequency dependence of its effective refractive index. This frequency dependence observed in a finite range of frequency above the cutoff frequency and below the Rayleigh minimum is predicted theoretically and also verified numerically using the finite-difference-time-domain (FDTD) simulation. For the experimental verification of this phenomenon, metamaterial samples designed above 1THz are being prepared using Deep Etch X-ray Lithography.

**Hp-107 Photonic Crystal Gyrotron Oscillator** 주 영도, 원 종효, 박 건식(서울대학교 자연과학대학 물리천문학부.) Photonic crystal (PC) cavity is employed in high-order-mode gyrotron using the concept of photonic band gap, to overcome mode competition and the limited beam propagation in harmonic operation devices. An effective coupling structure of a high order mode PC cavity is achieved both numerically and experimentally. The details of design and experiment of third harmonic operation gyrotron using PC cavity will be presented along with the coupling of  $\text{TM}_{130}$  mode PC cavity.

■SESSION P2

10월 19일(금), 09:00 - 10:45

장 소: 5층 포이어

**Ip-001 GaN Reflectance Analysis Using Exciton-Polariton Model**

나(NA) 성호(Sung-Ho), 김(KIM) 지훈(Ji-Hoon), 김(KIM) 범진(Beom-Jin), 김(KIM) 광석(Kwang-Seuk)(부산대학교 물리학과/유전체물성연구소) Reflectance data of GaN layer(12  $\mu\text{m}$  thick-specially prepared) has been analyzed using exciton-polariton model to yield A and B exciton parameters. Resonant frequencies  $\omega_{0A}$ ,  $\omega_{0B}$  are fitted as 3.4895eV and 3.4971eV, while oscillator strength  $f_0$  and damping  $\Gamma$  are  $1.2 \times 10^{-2}$ ,  $1.3 \times 10^{-2}$  and  $8.7 \times 10^{-4}$  eV,  $7.0 \times 10^{-4}$  eV respectively. Dead layer thickness is determined as 8.0 to 8.5 nm. C exciton parameters are acquired as well but with much obscurity. Group velocities of A, B exciton-polariton in GaN are calculated from the dispersion relation. Some peculiar features are inferred from GaN exciton-polariton model. Refractive index  $n$  and extinction coefficient  $\kappa$  of GaN for near frequency ranges are acquired from the exciton-polariton model and from the reflectance data using Kramers-Kronig relation.

**Ip-002 X-ray mirror effect on apparent X-ray source size of an undulator beamline**

김 수남, 노 도영, SANDY Alec<sup>1</sup>, KAMEL Fezza<sup>1</sup>, SHRESH Narayanan<sup>1</sup>, MICHAEL Sprung<sup>1</sup>(광주과학기술원. <sup>1</sup>Advanced Photon Source, Argonne National Laboratory, USA.) Currently undulator x-ray sources are applied to experiments utilizing the coherence properties of x-rays such as x-ray diffraction imaging and x-ray photon correlation spectroscopy. Although the original source size depends on the undulator performance, the apparent source size tends to increase due to the imperfectness of optical components such as x-ray mirror. In order to increase the reliability of the beam coherence limited experiments, a careful characterization of x-ray source size is essential. Thus, we have studied the effect of an x-ray mirror on the apparent source size of 8-ID beamline at Advanced Photon Source using the x-ray phase contrast imaging technique. We will present a quantitative evaluation of the apparent X-ray source size of APS 8-ID beamline.

**Ip-003 Supercontinuum을 이용한 반도체 양자우물 구조의 결맞은 흡수 분광학 연구**

변 지수, 오 명규, 강 훈수, 김 종수, 최 형규, 정 문석, 기 철식, 고 도경, 이 종민(광주과학기술원, 고등광기술연구소) We suggest that supercontinuum can be used for absorption spectroscopy to observe the exciton levels of semiconductor nano-structure. Exciton absorption spectrum of GaAs/AlGaAs quantum well was observed using supercontinuum generated by a microstructured fiber pumped by a femtosecond (fs) pulsed laser. Significantly narrower peaks were observed in the absorption spectrum from 11 K up to room temperature than photoluminescence (PL) spectrum peaks. Because supercontinuum is coherent light and can readily provide high enough intensity, this method can replace the well known pulse shaping method which uses a grating-spatial filter(s) to pass narrow linewidth light from spectrally broad fs laser pulses, and be applicable to coherent non-

linear spectroscopy such as electromagnetically induced transparency (EIT), lasing without inversion (LWI) and coherent photon control in semiconductor quantum structures.

**Ip-004 Evolution of Quantum Noise Distribution under Optical Kerr Effects in a Semiconductor Optical Waveguide**

주형규, 이 은철(경원대학교 바이오나노 학과) We examine the evolution of quantum noise distribution of ultrashort pulsed light as short as 1ps, which propagates a semiconductor optical waveguide at just above half the band gap where self-phase modulation occurs. Pseudo-random distribution of optical field quadratures with Gaussian weight is employed to simulate optical quantum noise of the pulsed light under nonlinear optical effects such as optical Kerr effects. It is shown that nonlinear correlations of quadratures are generated by Kerr effects as a result of coupling intensity fluctuation with phase fluctuation. Kerr effects with negative Kerr parameter on quantum noise evolution are also discussed in comparison with those with positive parameter.

**Ip-005 정상파에 의해 결합된 원자매질에서 투과 및 반사신호의 특성**

김 중복, 김 민경, 이 립, 정 민이, 이 경현, 이 주희(한국교원대학교 물리교육과) 본 연구에서는 Cs원자 D2전이선에서 램다형 전자기유도투과신호를 측정할 때, 펄프빔을 이용해 매질 내에 정상파를 만들어주면 매질 내에 공간적으로 주기적인 굴절률의 변화가 생성되어 특정주파수 조사광의 투과량이 급격히 줄어드는 것을 알 수 있었다. 또한 four wave mixing 효과에 의해 투과가 차단된 조사광이 진행방향의 반대방향으로 되돌아오는 것을 측정하였고 이 반사신호와 펄프광의 세기 사이의 관계를 알아보았다. 펄프광이 F=2 전이선이 주파수 안정화 되어있을 때 펄프광의 세기가 증가함에 따라 반사신호 피크의 크기는 증가했다가 다시 감소하는 특성을 보였으며, 이는 매질의 굴절률의 변화가 펄프광의 세기에 비례하여 포화상태가 되면 오히려 굴절률의 변화가 감소하여 광학격자 효과가 줄어드는 것이 원인이다. 나아가 두 펄프광의 세기와 편광을 조절, 가열 등 다양한 방법을 사용하여 정상파 조건하에 투과신호와 반사신호의 특성을 더욱 정밀하게 알아볼 것이다.

**Ip-006 Excited state dynamics of Eu<sup>3+</sup> ions doped in YVO<sub>4</sub>:Eu<sup>3+</sup> thin films grown by the pulsed laser deposition method**

장 경혁, 김 은식, 시 랑, 정 중현, 서 효진(부경대학교 물리학과) Excited-state dynamics of Eu<sup>3+</sup> luminescence are investigated in YVO<sub>4</sub>:Eu<sup>3+</sup> thin films grown by the pulsed laser deposition method. The luminescence properties are investigated by the pulsed laser excitations at 355 and 266 nm in the temperature range between 15 K and room temperature. The excitations at 266 and 355 nm give rise to the emissions due to the transitions from <sup>5</sup>D<sub>3</sub>, <sup>5</sup>D<sub>2</sub>, <sup>5</sup>D<sub>1</sub>, and <sup>5</sup>D<sub>0</sub> levels to <sup>7</sup>F<sub>J</sub> (J=0, 1, 2...6) levels. The emissions under the excitation at 266 nm show energy transfers from VO<sub>4</sub><sup>3-</sup> absorption band of YVO<sub>4</sub> lattice to the Eu<sup>3+</sup> ions, while the 355 nm laser excites directly the Eu<sup>3+</sup> ions followed by the emissions from the <sup>5</sup>D<sub>J</sub> (J=0, 1, 2, and 3) to <sup>7</sup>F<sub>J</sub> (J=0, 1, 2,...6) levels at low temperature. By increasing temperature, phonon assisted energy transfer occurs from VO<sub>4</sub><sup>3-</sup> absorption band to Eu<sup>3+</sup> ions under the 355 nm excitation.

P2

포  
스  
터  
세  
션

The temporal behaviors of the  $\text{Eu}^{3+}$  luminescence in the initial time stage are quite different between the 266 and 355 nm excitations depending on the sample temperature. The results are discussed in relation with  $\text{YVO}_4:\text{Eu}^{3+}$  crystals, powders, and nano-particles.

**Ip-007 Growth and luminescence properties of Eu-doped fluoroperovskite  $\text{LiBaF}_3$  single crystals** 시 랑, 장 경혁, 김 은식, 서 효진(부경대학교 물리학과.) Europium ion doped  $\text{LiBaF}_3$  single crystals were grown by the Czochralski method. The Eu ions of 0.1, 0.5, 1.0, and 2.0 mol % were added in the melt in an argon atmosphere. Crystals of good optical quality were obtained up to 10 mm in diameter and 20 mm in length. We present the crystal growth processes in detail. Optical and luminescence properties of the grown crystals  $\text{LiBaF}_3:\text{Eu}$  are investigated by the laser excitation and optical absorption spectroscopy.  $\text{Eu}^{2+}$  ions occupy at  $\text{Ba}^{2+}$  sites in  $\text{LiBaF}_3$  lattice.  $\text{Eu}^{3+}$  ions are also present in the  $\text{LiBaF}_3$  lattices and substitute for  $\text{Ba}^{2+}$  ions with charge compensated  $\text{Ba}^{2+}$  vacancies and/or any other defects. In this presentation, we discuss the optical and luminescence properties in relation with distortion of host lattice, local structure, and local site symmetry of  $\text{Eu}^{2+}$  and  $\text{Eu}^{3+}$  ions in  $\text{LiBaF}_3$  crystals.

**Ip-008 Nonlocal Dispersion Control of a Localized Single-Photon Wave Packet** 백 소영, 권 오성, 김 윤호(포항공과대학교 물리학과.) We demonstrate explicitly that the localized single-photon wave packet, conditionally prepared by detecting the trigger photon of the photon pair born in the process of spontaneous parametric down-conversion, becomes broadened and chirped as the result of propagation through a single-mode optical fiber. The pulse-like broadening of the single-photon wave packet, due to the group velocity dispersion of the optical fiber, is shown to be controllable in a nonlocal way by spectrally filtering the trigger photon.

**Ip-009 Spectral Engineering of Entangled Photon Pair in Ultrafast Pumped Type-II Spontaneous Parametric Down-conversion** 백 소영, MAKAROV Vadim, 이 지은, 김 윤호(포항공과대학교 물리학과.) We report spectral engineering of two photon state generated from pulsed type II spontaneous parametric down-conversion. Unlike typical two-photon state, which exhibit spectral anticorrelation, ultrafast type-II SPDC can generate spectral correlated and spectral un-correlated state through proper choice of parameters such as crystal length and pump bandwidth.

**Ip-010 Preparation and characterization of arbitrary states of four-dimensional qudits based on biphotons** 백 소영, STRAUPE Stanislav S<sup>1</sup>, KULIK Sergei P.<sup>1</sup>, 김 윤호(포항공과대학교 물리학과. <sup>1</sup>Department of Physics, Moscow State University.) We report an experiment on preparation of arbitrary states of four-dimensional qudits (ququarts) based on biphoton states of ultrafast-pumped frequency-nondegenerate spontaneous parametric down-conversion. Preparation and tomographic characterization of arbitrary single-ququart states, a pure state, a completely mixed state, and a partially mixedstate, are demonstrated.

**Ip-011 Spectral properties of entangled-photons generated via frequency-degenerate type-I spontaneous parametric down-conversion** 백 소영, 김 윤호(포항공과대학교 물리학과.) We report the complete measurement of the spectral properties of entangled photon pairs generated via frequency-degenerate type-I spontaneous parametric down-conversion pumped by a cw laser. The measurement includes the single-photon spectra as well as the two-photon joint spectral measurement. The experimental observation is in good agreement with the theoretical predictions.

**Ip-012 Effect of Group Velocity Dispersion on the Entangled Biphoton Wave Packet generated from Spontaneous Parametric Down-conversion** 백 소영, 권 오성, 김 윤호(포항공과대학교 물리학과.) We report a theoretical and an experimental study on group velocity dispersion effect on an entangled photon pair, which is generated from spontaneous parametric down-conversion. Our results show that two-photon wave packet behaves like classical pulse when it passes through dispersive media and the temporal spreading can be measured with high resolution. We also characterize dispersion quantitatively with information on a dispersive media, pump, and down-converted photons.

**Ip-013 Giant Goos-Hänchen shift due to the excitation of surface polaritons in multilayer structures made of metals or left-handed media** 이 광진, 김 기홍(아주대 에너지시스템학부.) Using the invariant imbedding theory of wave propagation in stratified media, we calculate the Goos-Hänchen shifts of incident s and p waves exactly as a function of the incident angle in multilayer structures made of metals or left-handed media. We find that the Goos-Hänchen shift becomes extremely large at the angles where surface polariton modes are excited. In metal-dielectric multilayer structures, the giant Goos-Hänchen shift is observed only when p waves are incident. In multilayer structures made of left- and right-handed media, the giant Goos-Hänchen shift is observed when both s and p waves are incident. This implies that the interfaces between right- and left-handed media or between metals and dielectrics support surface polaritons, which can enhance the Goos-Hänchen effect dramatically, because the excited surface wave can transfer energy along the interfaces.

**Ip-014 Spatial Masking을 이용한 ANSOM의 분해능 향상** 안 재성, 이 광걸, 김 현우, 김 대식(서울대학교 물리천문학부 초고속현상연구실.) 표면에 속박된 빛은 기존의 광학현미경으로는 측정을 못하기 때문에, 근접장 광학현미경(NSOM)이 쓰인다. 그 중에서 탐침 끝에 금나노입자를 부착한 ANSOM (Apertureless NSOM)은 높은 분해능과 이미지 분석의 용이성 때문에 널리 쓰이고 있다. 그러나 ANSOM의 경우 탐침과 시료 표면에 상호효도되는 쌍극자 - 이미지 쌍극자 효과가 발생하게 되어 금나노입자만의 쌍극자 효과를 관찰하기 어렵다. 이를 극복하기 위하여 spatial masking 기술을 이용하였는데, 고정된 샘플에 대해 팁이 움직이는 기존의 방법에서는 spatial mask가 고정되어 있기 때문에 넓은 범위를 측정하지 못하는 문제가 있다. 광경로를 조정하는 거울의 각도를 piezo actuator를 이용하여 조절함으로써, 탐

침이 움직이더라도 탐침 끝의 이미지가 항상 spatial mask의 중앙을 통과하도록 함으로서 근접장 현미경 성능을 향상시켰다. 이러한 방법으로 이미지 쌍극자에 의한 효과를 차단할 수 있었고, 그 결과를 확인하기 위하여 이미지 쌍극자에 의한 효과가 포함된 데이터와 포함되지 않은 데이터를 비교하였다.

**Ip-015 마이켈슨 간섭계를 이용한 광학결정의 열광학 계수 측정** 김 석원, 박 경민, 김 정민(울산대학교 물리학과) 레이저광에 의한 광학소자의 변형은 주로 열 효과에 의하여 일어나게 되며 물질의 열적특성을 나타내는 계수로는 열광학계수와 열팽창계수가 있다. 열광학계수는 온도변화량에 따른 굴절률의 변화로서 측정하는 결정에 따라 고유한 값을 갖는다. 또한 눈으로 직접 관측할 수 없으며 열렌즈효과를 예상하고 보정하는 데에도 필요한 계수이므로 열팽창계수보다 중요한 의미를 갖는다. 본 연구에서는 일상생활과 광학분야에서 광통신을 비롯하여 굴절현상과 편광현상을 응용한 제품들이 폭넓게 이용되고 발전해 가는 현 시점에서 광학결정들의 열광학계수를 간단하고 쉽게 측정할 수 있는 방법을 알아보았다. 실험 장치로는 파장이 633 nm인 He-Ne 레이저를 광원으로 한 마이켈슨 간섭계를 구성하고 온도조절기를 이용하여 ADP와 KDP 등 광학결정들의 온도를 30에서 70까지 변화시켜가며 광로정변화를 실시간으로 측정한 후 열광학계수를 구하였다.

**Ip-016 Nano-Optical Detection of Electric and Magnetic Fields through an Elliptical Aperture.** 김 대식, 김 진은, 최 수봉, 김 현우, 정 문석<sup>1</sup>(서울대학교 물리학과, <sup>1</sup>광주과학기술원 고등광기술연구소) We contend, through a series of experiments, that the metal coated near-field probe collects not only the electric field but also the magnetic field. Surface plasmon wave is generated on a thin metal surface from a sub-wavelength slit aperture and interferes with directly transmitted light through the thin film. Interference of these two waves results in apparent oscillation of the local dipole orientation. We show that our experimental result can be understood when we consider both the electric and the magnetic dipole induced at the elliptical aperture, which interferences at the far-field.

**Ip-017 다양한 산소분압비로 제작된  $V_2O_5$  박막의 광학적 특성조사** 김 경남, 김 하나, 서 효정, 강 만일, 김 용기, 류 지욱(공주대학교 물리학과) 본 연구에서는 산소분압비에 따른  $V_2O_5$  박막의 광학적 특성을 조사하기 위해 RF 스퍼터링 시스템으로 c-Si 웨이퍼(wafer)와 glass 위에 0%, 5%, 10%, 15%의 다양한 산소분압비로 제작하였다. 제작된 시료는 위상변조방식의 분광타원계를 이용하여 1.0~4.5eV 광자에너지 범위에 걸쳐 타원상수를 측정 및 분석하였다. 타원상수의 측정은 반사와 투과를 모두 측정하였다. 측정된 타원상수를 분산관계식을 이용한 최적 맞춤을 통하여  $V_2O_5$  박막의 복소굴절률 스펙트럼을 결정하였다. 분산관계식에 의해 결정된  $\kappa$  스펙트럼과 투과율 스펙트럼을 비교하여 산소 분압비에 따른  $V_2O_5$  박막의 광흡수 특성의 변화에 대해 논의하였다.

**Ip-018 전기장에 의한 CLC photonic crystal의 photonic band gap과 lasing 파장의 변조** 정 미윤, 최 현희, 강 보영, 우 제훈, 김 정희, 우 정원(이화여자대학교 나노바이오기술연구소 & 물리학과) 콜레스트릭 액정을 이용하여 1차원 photonic crystal(1D CLC)을 제작(cell gap: ~12um)하고 photonic band gap 경계에서의 레이징 특성과 photonic crystal의 helix axis에 나란한 방향과 수직한 방향으로 전기장을 인가했을 때의 photonic band gap과 lasing 변화 특성을 연구하였다. CLC 시료는 네마틱 액정 ZLI2293과 카이랄 물질 S811(Merck)에 레이저 색소 DCM(0.5 Wt %)을 섞어서 만들었다. 제작된 1D CLC의 투과(T)와 반사(R) 스펙트럼을 측정하였고 photonic band gap(PBG)을 확인할 수 있었다. 그리고 DCM 색소 분자의 CLC 구조 안에서의 형광 스펙트럼은, 메탄올 용액의 PL peak보다 약 20 nm 정도 blue shift 했다. 펄퍼빔으로는 Q-스위칭 Nd:YAG 레이저의 제이코조파인 532 nm(~7 nS 펄스)를 이용하였다. 펄퍼빔의 펄스당 임계세기(lasing threshold)는 약 7 MW/cm<sup>2</sup> 임을 알 수 있었다. 시료에 532 nm 펄퍼빔이 약 30도로 입사하여 반사와 투과를 하고, 시료에 수직한 방향으로 앞과 뒤, 양쪽으로 레이징(빨강 625 nm)이 발생되는 것을 측정하였고, 이때 레이징 전환율은 약 2%였다. 또한, photonic crystal의 helix axis에 나란한 방향으로 전기장(AC-Voltage, 1 kHz)을 걸었을 때, 인가 전압이 일정한 값까지는 증가하여도 아무런 변화가 없다가 17.3 V에서 약간 PBG가 오른쪽 경계가 감소하고 레이저 세기도 감소하기 시작하다가 21.3 V가 되면 PBG가 왼쪽으로(blue shift) 15nm 정도 이동하고 반사율도 50%에서 35%로 줄고 더 이상 레이징이 일어나지 않는다. 인가 전압이 더 증가하면 더 왼쪽으로 이동하고 반사율도 감소하여 결국 PBG가 깨어졌다. 그러나 lasing이 사라지기 시작하는 임계전압의 on-off에 의해 lasing이 off-on 스위칭됨을 알 수 있었다. 그러나 photonic crystal의 helix axis에 수직한 방향으로 전기장(AC-Voltage, 1 kHz)을 걸었을 때, 인가 전압이 일정한 값까지는 증가하여도 아무런 변화가 없다가 PBG가 오른쪽으로(red shift) ~7nm 정도 이동하고 레이징되는 파장도 7nm 정도 이동하였고 임계전압의 on-off에 의해 lasing이 off-on 스위칭됨을 알 수 있었다. 이때 전기장 인가에 따른 PBG와 lasing 파장 변화를 동시에 관측함으로써 PBG의 변화가 lasing에 미치는 관계를 알 수 있었다. 또한 인가 전압에 따른 CLC 구조가 planar-quasiplanar-confocal-homeotropic texture로 변화함을 관측하였다.

**Ip-019 Transmission and absorption of electromagnetic waves in quasi-periodic metal-dielectric multilayer structures made of Ti and TiO<sub>2</sub>.** 유 종환, 김 기홍(아주대 에너지시스템학부) We investigate the propagation of electromagnetic waves through metal-dielectric multilayer structures made of Ti and TiO<sub>2</sub> layers. The layers are arranged according to quasi-periodic sequences such as Fibonacci, Thue-Morse and double-period sequences. Using the invariant imbedding theory of wave propagation, we calculate the reflectance, transmittance and absorbance exactly. We examine the conditions which make the structure more transparent to visible light. As the generation number increases, the absorption of visible light increases and the absorption spectrum converges to a characteristic limiting curve. Compared to periodically arranged metal-dielectric multilayer structures, we find that the total amount of absorption is higher in quasi-periodic structures with the same total thickness of metal layers. We also calculate the electric field distribution inside quasi-periodic layers and compare them with the periodic case.

**Ip-020 효율적인 Beam Shaping을 위한 Input beam**

**shape 시뮬레이션.** 오 경환, 김 종기, 정 윤섭, 서 용곤(연세대학교) 본 논문에서는 Iterative Fourier Transform Algorithm Method를 사용하여 Diffractive Optical Element(DOE)를 통과한 빛의 Shape이 Input Beam의 각 조건에 따라 얼마나 원하는 형태에 가까워지는지를 Input 대비 Output의 Efficiency와 Signal to Noise Ratio(S/N) Simulation을 통해 알아보았다. 여기서 Output Beam Shape의 크기를 2um 고정시킨 상태에서 Input beam을 Gaussian, Supergaussian, Plane, Hardquantized gaussian wave로 사용하였고 각각의 Beam Waist의 반경을 0.5um에서 5um까지 변화시켰다. 또한 각각의 Beam Polarization을 Linear, Circular, Elliptical 형태로 변화시켰고 동시에 Input Beam을 IR에서 UV까지 변화시켜 가장 효율이 높은 Input Beam의 형태에 대해 알아 보았다.

**Ip-021 Laser excitation spectroscopy of europium ions in SrF<sub>2</sub> nano particles** 장 경혁, 김 은식, 김 경향, 시 랑, 서 효진, 흥 병철<sup>1</sup>, KAWANO Katsuyasu<sup>1</sup>, TSUBOI Taiju<sup>2</sup>(<sup>1</sup>부경대학교, 물리학과. <sup>2</sup>Department of Electronic Engineering, The University of Electro-Communications. <sup>2</sup>Faculty of Engineering, Kyoto Sangyo University.) Luminescence properties of SrF<sub>2</sub>:Eu (1 mole %) nano powder were investigated by laser excitation spectroscopy. The laser excitations were performed by third harmonic 355 nm pulsed Nd:YAG laser and dye laser pumped by second harmonic 532 nm laser. SrF<sub>2</sub>:Eu nano powder were prepared by thermal-decomposition method at 350 °C for 2 hrs. Trivalent europium ions in SrF<sub>2</sub> nano powders were reduced by thermal carbon reducing atmosphere (TCRA) at different temperature. The broad emission band of divalent europium ions peaking at around 420 nm and sharp emission lines of trivalent europium ions at 528, 573 and 619 nm are observed in the temperature range 15 K – room temperature. The decay of the 619 nm emission line shows single exponential behavior expect for initial time stage in which fast decay appears. The decays of the luminescence at 572 nm exhibit rise time behavior in the initial time stage and shows exponential behaviors in the late time region. The spectroscopic results indicate that the trivalent europium ions changes to the divalent europium ions by thermal carbon reducing atmosphere. In this presentation, we discuss the laser spectroscopic results in relation with the thermal reducing condition of the samples and crystalline size effect on the nano SrF<sub>2</sub>:Eu particles.

**Ip-022 Comparison of Optical Monitoring Method for Non-quarterwave Layers of Optical Thin-film Filters** JUNG Sung Goo, HWANGBO Chang Kwon(인하대학교 물리학과.) 광학 박막 필터의 두께를 제어하는 대표적인 방법으로는 석영 수정 진동자를 이용하여 물리적 두께를 측정하는 방법(Quartz crystal monitoring)과 Source와 Detector를 이용하여 광학적 두께를 제어하는 방법(Optical monitoring method)이 있다. 높은 광학적 성능을 갖는 광학 박막 필터는 구조가 복잡하고 층수가 많기 때문에 정밀한 증착과 오차 보상 효과를 갖는 광학적 두께 제어 방법과 그 응용에 대한 연구가 증가하고 있다. 본 연구에서는 비주기적이고 non-quarterwave thickness를 갖는 광학 박막 필터의 증착을 제어하는 방법으로 적용이 가능한 방법 중에 기존의 방법인 극대점 이후의 두께를 이용하는 방법과 새로이 제안되어진 어드미턴스(Admittance)를 이용하는 방법을 광학 박막 필터에 적용하여 최적

화를 시행하고 전산시뮬을 진행하여 오차 보상 효과를 확인하였다. 최종적으로 높은 광학적 성능을 갖는 IR-cutoff filter에 대하여 각각의 방법에 적용하여 전산 시뮬을 하고 광학적인 성능을 봄으로써 오차 보상 효과를 확인하였다. 특히 모니터링 과정에서 오차 보상 효과가 매우 좋은 것을 보였다. 두 방법에 대한 전산 시뮬의 결과를 비교하여 보고 어드미턴스 값을 이용하여 분석하여 보았다. 어드미턴스 제적을 이용한 광학적 모니터링 방법으로 전산 시뮬한 결과의 어드미턴스가 초기 설계 값에 더욱 가까운 형태를 갖는 것을 확인함으로써 어드미턴스 제적을 이용한 방법이 다층의 복잡한 구조에 더욱 효과적인 것을 보였다. 향후 다양한 고사양을 갖는 복잡한 구조의 광학 박막 필터의 제작에 있어서 보다 정밀하고 설계와 같은 광학적 성능을 갖도록 증착을 제어하는 데 있어서 많은 적용이 가능할 것으로 보인다.

**Ip-023 레이저광의 최소·최대편향각을 이용한 광학유리의 굴절률 측정** 김 석원, 이 나연<sup>1</sup>(울산대학교 물리학과, <sup>1</sup>울산대학교, 교육대학원) 프리즘에서 발생하는 레이저광의 최소 및 최대 편향각을 사용하여 간편하고 원리적으로도 쉽게 굴절률을 측정할 수 있는 방법을 고안하여 입사광의 파장에 따른 몇 가지 투명한 광학매질의 분산현상을 연구하고 기존의 방법으로 측정된 결과와 비교하였다. 실험의 한 예로 파장이 632.8 nm인 He-Ne 레이저를 광원으로 사용하여 SF10, BK7, F2, SFL11의 4가지 종류의 유리 굴절률을 기존 프리즘 분광기와 비교해 보면 기존 프리즘분광기로 측정한 값이 문헌치와  $\pm 0.02 \sim \pm 0.005$  차이를 보인 반면 최소·최대편향각을 이용한 본 연구에서는 굴절률의 차이가  $\pm 0.002 \sim \pm 0.001$  로 측정되었다. 본 연구에서 고안된 방법은 각도를 직접 측정하지 않으므로 기존의 프리즘 분광계에서 각도측정에서 유발되는 오차를 크게 줄일 수 있으며 최소·최대편향각에서 얻어지는 굴절률 값이 상호 보완되므로 보다 정확한 측정데이터를 얻을 수 있는 방법임을 알게 되었다.

**Ip-024 Femtosecond coherent control of nano-optical images in periodic slit arrays on gold film** 최 수봉, 박 두재, 정 문석<sup>1</sup>, 고 도경<sup>1</sup>, 김 대식(서울대학교 물리학과, <sup>1</sup>광주과학기술원 고등광기술연구소) Increasing advances of nanoscience and nanotechnology during the past decade have improved understanding of nano-scale optical fields, and given a chance to develop tools for studying and utilizing them. In particular, tailoring the light-surface plasmon interaction via proper design of periodic nanostructures is one of the most fascinating and active field of current near field optics. Our idea of coherent control of nano-patterns is based on the excitation of a coherent packet of surface plasmon waves on a one-dimensional periodic structure. In surface plasmon excitation process with coherently controlled optical pulses, the different constituent waves of coherent packet are generated with individual, controllable phases. These phases are the degrees of freedom that allow one to control over the system's response. In this report, we discuss the spatial control of the near-field intensity on a one-dimensional plasmonic structure using coherent controlled femtosecond optical pulses. Striking phase dependence of the near-field image is found.

**Ip-025 Long-term Stabilization of Carrier-Envelope Phase of femtosecond laser pulses with a jitter of less than a few tens of at-**

**tooseconds** KIM Junwon, KIM Dong Eon, YU Tae Jun<sup>1</sup>, CHOI Hyung-Gyu<sup>1</sup>, SUNG Jae Hee<sup>1</sup>, CHOI Il Woo<sup>1</sup>, KO Do-Kyeong<sup>1</sup>, LEE Jongmin<sup>1</sup>, NAM Chang Hee<sup>2</sup>(*Dep. Of Physics, POSTECH, Pohang, Kyungbuk 790-784, Korea.* <sup>1</sup>*Advanced Photonics Research Institute, GIST, Gwangju 500-712, Korea.* <sup>2</sup>*Dep. Of Physics and Coherent X-ray Research Center, KAIST, Daejeon 305-701, Korea.*) Carrier-envelope-phase (CEP) stabilization and control by Direct Locking (DL) technique has been successfully demonstrated in previous work. However, it has still suffered from the CEP distortion coming from detecting process of fceo (carrier-envelope offset frequency) and the drift of feedback signal preventing the long-term CEP stabilization. To overcome these problems, Homodyne Balanced Detection (HBD) and Double Feedback technique have been introduced so that the CE phase jitter is now reduced to 0.029rad (corresponding to 13 attosecond timing jitter) from the previous value 0.05rad and the CEP stabilization is maintained over than 12 hours.

**Ip-026 온도에 따른 Laser Diode의 파장특성에 관한 연구** 김 하나, 김 경남, 강 만일, 서 효정, 김 덕현<sup>1</sup>, 박 종욱<sup>2</sup>, 류 지욱, 김 용기(*공주대학교 물리학과. <sup>1</sup>한밭대학교 교양학부. <sup>2</sup>한국천문연구원 우주측지연구부.*) 본 연구에서는 고체 레이저의 여기 광으로 사용되는 Laser Diode(LD)의 온도 변화에 따른 레이저 파장 변화특성을 조사하였다. LD에 가해진 전류는 5A, 10A, 20A, 30A, 40A로 각 전류에서 LD의 온도를 15°C에서 35°C까지 2°C 간격으로 변화시켜 냉각기에 의해 온도가 충분히 안정화 된 다음에 중심파장을 측정하였다. LD의 온도는 Thermal sensor의 저항 값을 읽어서 측정하였으며 각 온도에서의 중심파장은 단색광장치가 장착된 분광기(1200groove/mm 회절격자)를 사용하여 측정하였다. 주어진 전류에서 온도가 높아짐에 따라 LD의 중심파장은 파장이 긴 쪽으로 이동하였고, 주어진 온도에서 높은 전류를 가할 때에도 역시 중심파장이 긴 쪽으로 이동하였다. 인가전류 5A, 10A, 20A, 30A, 40A에서 각각의 파장변화율은 0.30nm/°C, 0.30nm/°C, 0.31nm/°C, 0.32nm/°C, 0.32nm/°C로 거의 변화가 없음을 확인하였다.

**Ip-027 Nonlinear optical properties of one-dimensional metal-dielectric photonic crystals** DUY KHUONG Phung, 임 한조<sup>1</sup>, 김 기홍(*아주대 에너지시스템학부. <sup>1</sup>아주대 전자공학부.*) Using the invariant imbedding theory of wave propagation developed recently by us, we study the electromagnetic wave propagation in one-dimensional nonlinear metal-dielectric photonic crystals. We consider both the case where dielectric layers are nonlinear and the case where metal layers are nonlinear. We calculate the transmission spectrum and the electric field distribution inside metal-dielectric photonic crystals, for different values of the incident angle and for different polarizations. Strong transparency of visible light in these structures and strong inherent optical nonlinearity of metals make the effective nonlinearity of our system very large. We discuss the applicability of these systems to useful nonlinear optical devices.

**Ip-028 Photorefractive Damage in Nonlinear Optical**

**Crystals BiB<sub>3</sub>O<sub>6</sub>** JANG Jong Hoon, YOON Choon Sup(*KAIST*.) Local changes in indices of refraction were observed in nonlinear optical crystals of BiB<sub>3</sub>O<sub>6</sub> when illuminated by focused laser beam. The difference between ordinary and extraordinary index of refraction increased as much as  $1.87 \times 10^{-3}$  with an exposure of focused Ar-ion laser beam of 300 mW for an hour. The photo-refractive damage propagated along the crystallographic b-axis and the propagation direction was independent of the incident beam polarization.

**Ip-029 NIIRS 7등급을 만족하는 Cassegrain Type 반사경을 이용한 3중배율 IR 광학계 설계** 박 상영, 이 경환<sup>1</sup>, 김 세진<sup>1</sup>(*삼성탈레스, <sup>1</sup>국민대학교 물리학과.*) NIIRS는 1996년 발표된 국제 영상 판독 가능 척도(National Image Interpretability Rating Scale)로 표적을 군용표적과 민간용(Natural, Cultural)표적으로 나누어 군용표적은 9등급, 민간용 표적은 8등급으로 구분하여 각 등급에서의 분해정도를 기술하였다. 또한 용도에 따라 Visible, Radar, Infrared, Multispectral의 영역으로 구분하여 영상등급을 표시하였으며인공위성 카메라나 중/고고도 정찰용 항공기등 원거리를 주 촬영 목적으로 하는 장비에 적용하여 장비의 해상도를 나타내는 척도로 사용된다. 본 논문에서는 GIQE(General Image Quality Equation)을 이용하여 NIIRS를 계산하고 계산된 NIIRS를 만족하는 열상용(Infrared) 광학계를 설계한 후 그 성능을 평가하였다. 또한 열상광학계 설계시 검토해야 하는 나르시스, 비열화, 광학적 영상 불균일 보정(None Uniformaty Correction) 등도 그 방법 및 평가 결과를 연구하였다.

**Ip-030 나노초 펄스 레이저 조사 파장에 따른 시간 분해 반사율 측정에 의한 시료에서의 흡 형성 메커니즘 분석** 김 영섭, 최 영희<sup>1</sup>, 최 은서<sup>1</sup>, 박 우섭<sup>1</sup>, 신 용진<sup>1</sup>(*조선대학교 물리학과 Laser Imaging Laboratory, 광주과학기술원 고등광기술연구소. <sup>1</sup>조선대학교 물리학과 Laser Imaging Laboratory.*) 레이저 조사에 의한 시료에서의 흡 형성 메커니즘을 분석하기 위해 시료 표면에서의 반사율의 변화를 측정하였다. 시료 표면에 흡을 형성하기 위해서 532 nm와 1064 nm에서 발진 가능한 8 ns의 펄스폭을 가지는 Q-switched Nd:YAG 레이저를 이용하였으며 검침 레이저로는 He-Ne 레이저(632.8 nm)를 사용하였다. 장파장 보다는 단파장으로 발진한 레이저를 이용하여 가공시 반사율의 크기가 최대 3배 정도의 차이를 보였으며 흡 형성 메커니즘의 각 단계별로 최소 2 ns부터 최대 5 ns에 이르는 반사율 시간 지연 특성을 보였다. 또한 특정 조사 에너지 이상의 조건에서 가공을 수행한 경우 표면에 흡의 형성이 완료된 시점에서부터 장파장의 경우 5 ns의 시간지연을, 단파장의 경우 10 ns의 시간 지연을 보이면서 반사율에서 사이드 로브가 측정되었다. 그러나 이러한 사이드로브는 저출력 레이저 조사에 의한 가공에서는 발생되지 않았다. 본 실험 결과를 통해서 시간 분해 반사율 측정이 조사되는 레이저의 발진 파장과 출력 에너지에 따른 주된 흡 형성 메커니즘의 해석에 유용하게 이용될 수 있음을 확인할 수 있었으며, 외륜 형성에 대한 주된 기작을 해석하는데도 활용이 가능하였다.

**Ip-031 193 nm excimer laser와 간섭계를 이용한 반복 패턴 형성** 강 영민, 박 승욱, 김 은진, 김 보배, 유 지혜, 정 혜선, 오 혜근(*한양대학교, 응용물리학과.*) 반도체 소자의 미세화 및 소형



화를 위해 소자의 최소 선폭은 급격히 감소되어 지고 있다. 193 nm의 파장을 이용한 리소그래피 공정 기술 및 레이저의 성능은 양산에 이를 만큼 많은 연구가 진행되어져 있는 상태이다. 그런 193 nm의 파장은 자외선 영역인 탓에 공기 중을 지날 때 높은 흡수율로 패턴 형성에 영향을 주기 때문에 이를 방지하기 위해 Beam Path 영역을 모두 질소 Gas로 Purge하는 시스템이 요구되어진다. 본 연구에서는 193 nm Excimer 레이저를 광원으로 사용하고 마스크를 통한 패턴 이미지의 전사 없이 가장 간단하게 패턴 형성을 볼 수 있고, 가능하리라고 생각되는 간섭계를 구상하고 제작하였다. 또한 노광에 사용된 감광제에서의 193 nm Excimer laser의 노광 에너지, 노광 후 굽기 시간과 온도, 현상 시간, 웨이퍼 위에 코팅하는 감광제 물질 종류 및 두께, 현상 후 건조하는 방법 등과 같은 여러 가지 변수들에 관한 실험을 함께 수행하였다. 이에 맞는 광학 부품으로 간섭계를 구축하여 미세한 Line and Space 패턴 형성 실험을 하였다. 형성된 간섭 패턴은 n&k analyser를 이용하여 관찰 및 분석하였다. 그리고 간섭계에 입사되는 빛의 입사각을 바꾸어 주어 패턴 크기에 어떠한 관계를 보여 주는가에 대하여 알아보았다.

**Ip-032 Laser writing system의 성능 평가를 위한 자체 testing 방법** 홍 승기, 조 재홍, 하 관수, 송 재봉<sup>1</sup>, 이 혁교<sup>1</sup>, 김 동익<sup>1</sup>, 이 윤우<sup>1</sup>(<sup>1</sup>한남대학교, 물리학과. <sup>1</sup>한국표준과학연구원, 우주광학연구단.) 비구면 형상 측정에 사용하는 null CGH(Computer Generated Hologram)는 기존의 null lens에 비해 광학계 수차의 영향을 받지 않으며, 임의의 복잡한 파면에 쉽게 재생할 수 있다. 또한 여러 렌즈로 구성된 기존의 광학계에 비해 비교적 제작이 쉽고 오차 요인이 적기 때문에 비구면 평가에 필수적인 소자다. 본 연구에서는 CGH를 포함해서 DOE를 제작할 수 있는 Laser writing system의 성능을 평가했다. 이 때 중요한 것은 Laser writing system으로 CGH 제작에 필요한 미세패턴을 얼마나 정확하게 만들 수 있는가 하는 점이다. 이를 정밀하게 평가하기 위해 본 연구에서는 스핀코터를 사용해서 포토레지스트(Photo resist)를 코팅한 기판과 크롬(Cr)을 코팅한 기판을 사용하여 패턴을 제작했다. 포토레지스트 기판에서는 스핀코터의 속도나 회전시간이 코팅 두께의 균일도를 결정하는 변수가 될 수 있으므로, 이에 대한 실험을 수행했고, 이어서 크롬 코팅 기판에서 writing beam의 세기와 회전속도 등을 바꿔가면서 CGH 패턴의 선폭변화를 측정했다. 이를 통해 이상적인 선폭을 제작할 수 있는 최적의 환경조건을 찾았다.

**Ip-033 Immersion Lithography 상에서 마스크에 의한 편광효과 시뮬레이션** 오 경환, 박 민규(<sup>1</sup>연세대학교, 물리학과.) Lithography 기술은 반도체의 집적화를 선두하며 발전해 왔다. 해상도를 높이기 위해 광원의 파장이 계속 줄어들었으나, 그 한계에 봉착한 최근 크게 Immersion 기술과 EUV(Extreme UltraViolet) 기술이 대두하고 있다. Immersion 기술의 경우 개구수(Numerical Aperture)가 1보다 커지게 되며, 이로 인해 편광에 의한 상의 대비(Contrast) 차이가 심화된다. 즉, TE(Transverse Electric)모드의 경우 상의 대비 변화가 거의 없는 반면 TM(Transverse Magnetic)모드의 경우 개구수가 커질 수록 상의 대비가 줄어들게 된다. 편광 효과는 크게 일루미네이터(Illuminator), 마스크, 렌즈, 웨이퍼(Wafer)상 반사방지 입힘(Antireflection Coating)에서 일어난다. 특히 크롬(Cr)층이 들어가는 마스크에서는 피치(Pitch)가 줄어들어 따라 TE 모드가 줄어들고 동시에 TM모드가 증가하여 편광도(Degree of Polarization)가 음수가 되기도 한다. 이 경우 높은

해상도를 방해하는 요인이 된다. 본 연구에서는 Immersion Lithography 상에서 마스크에 의한 편광효과를 EM-Suite를 이용하여 시뮬레이션 하였으며, 그 결과 마스크에 의한 편광효과를 확인하였다. 또한, 일루미네이터의 형태를 변화시켜 마스크의 편광효과를 줄이는 것을 확인할 수 있었다.

**Ip-034 지름방향으로 진동하는 압전 변환기를 사용한 다중 모드 광섬유에서의 스펙클 감소** 오 경환, 하 우성, 이 세진, 정 용민<sup>1</sup>, 김 준기<sup>1</sup>(<sup>1</sup>연세대학교 물리 및 응용물리 사업단. <sup>1</sup>광주과학기술원 정보통신공학과.) 지름방향으로 진동하는 압전 변환기를 사용하여 다중 모드 광섬유에서의 스펙클 노이즈를 줄이기 위한 효과적인 방법을 제안하고 실험적으로 증명한다. 일반적으로 결맞는 빛(coherent light)이 다중 모드 광섬유 안에서 유도될 때 도파관 출력부에서 스펙클 패턴이 형성된다. 이러한 스펙클은 광섬유 안을 통과하면서 유도되는 모드들 사이의 간섭에 의해 생기며 레이저 빔의 질을 저하시킨다. 이러한 문제점을 극복하기 위해 이전에는 광섬유에 진동, 음향파, 자기장, 회절성 광학 물질(diffractive optical element, DOE)을 가하는 등의 시도를 하였다. 본 논문에서, 저자는 다중 모드 광섬유 안에서의 스펙클 노이즈를 줄이기 위해 짧은 원통형의 압전 작동기를 사용하는 효과적인 방법을 소개하고자 한다. 광섬유는 작동기의 원통형 굴대에 감기게 되며, 작동기의 지름 방향으로의 진동에 의해 광섬유의 늘어남 효과가 발생한다. 제시된 방법은 작동기의 메가헤르츠급의 높은 진동수 변경에 사용될 수 있고, 따라서 스펙클 패턴은 시간평균(time-averaged) 될 수 있다. 선 주사(line-scanning) 및 장 주사(field-scanning) 방법이 스펙클 대비를 측정하기 위해 사용되었다. 카메라 시스템의 완성 시간은 프레임-그라빙 시스템(frame-grabbing system)에 의해 변화될 수 있었고 관찰자 눈의 시간대비에 순응했다. 결과적으로 진동이 있는 상태에서의 스펙클 패턴이 진동이 없을 때 보다 훨씬 더 부드럽다는 사실을 확인할 수 있다. 우리가 제시한 스펙클을 줄이는 기술은 의학적 수술뿐 아니라 광섬유 레이저, 레이저 표시, 광포획, 그리고 투영 디스플레이 시스템과 같은 분야의 실현에 응용될 것으로 기대한다.

**Ip-035 형광체 simulation 을 통한 White LED 성능분석 및 평가** 김 재범, 김 재필, 김 영우, 황 남, 심 재민, 김 민성, 정 창섭<sup>1</sup>(<sup>1</sup>한국광기술원 LED 모듈팀. <sup>1</sup>전남대학교 물리학과.) 백색 LED를 만드는 가장 일반적인 방법으로 Blue LED + Yellow phosphor를 사용하고 있다. 그러나 형광체의 발광 메카니즘이 화학적 반응에 의한 현상으로 광학적 설계와 평가에 어려움을 겪고 있다. Optical Mean Free Path 방법이 사용된 상용 software를 이용하여 LED에서 형광체 simulation을 수행하였고 그 결과를 실제 제품과 비교하였다. 형광체 농도에 따른 색변화와 광속변화 등 광학적 특성을 분석하였다.

**Ip-036 LED 광추출 효율 향상을 위한 PSS 최적 광학설계 및 평가** 김 재범, 김 재필, 김 영우, 황 남, 정 현성, 김 상목<sup>1</sup>, 정 창섭<sup>2</sup>(<sup>1</sup>한국 광기술원 LED 모듈팀. <sup>1</sup>한국 광기술원 LED 소자팀. <sup>2</sup>전남대학교 물리학과.) LED 광추출 효율 향상을 위해 sapphire 기판위에 패턴을 형성하고, 패턴의 형상에 따른 광추출 효율 변화를 분석하였다. 기하광학적 기본개념에서 몬테카를로 방법을 이용한 상용 software를 사용하여 광simulation을 수행하였고, conventional한 수평칩과 비교하여 chip 각 부분별 추출효율과 전체광



속 변화 등을 확인하여 광추출 효율이 가장 높은 패턴형상을 설계할 수 있었다. 설계된 패턴이 적용된 chip을 제작하여 결과를 설계 data와 비교하였다.

**Ip-037 Anisotropic resist reflow process simulation for elongated contact holes** PARK Joon-Min, YOU Jee-Hye, JUNG hye-Sun, PARK Seung-Wook, HONG Joo-Yoo, OH Hye-Keun (한양대학교, 응용물리학과.) The resistance of the device is increased, as the contact hole (CH) size of device is decreased. In order to compensate this resistance increase of regular circled CH, the elongated CH is widely used now. In general, it is very hard to correctly predict the elongated CH RRP due to position shift and pattern size irregularity of RRP, because simple RRP simulator uses isotropic resist flow. We upgraded our RRP simulator that can correctly the elongated CH RRP by adding the bulk effect and anisotropic reflow. Optical proximity correction is also applied to the elongated CH RRP to correctly predict the anisotropic elongated CH.

**Ip-038 Photo-Induced Electrical Gating in a Two-Terminal VO<sub>2</sub> Thin Film Device** LEE Yong Wook, KIM Bong-Jun, CHOI Sungyul, YUN Sun Jin, LIM Jung-Wook, CHAE Byung-Gyu, KIM Gyungock, KIM Hyun-Tak(ETRI) In this paper, we have demonstrated a photo-induced electrical gating in a two-terminal device based on a vanadium dioxide (VO<sub>2</sub>) thin film, instead of a three-terminal device, by illuminating an infrared light with a wavelength of ~1555 nm directly onto the film. In the two-terminal devices, the photo-induced electrical gating replaces the role of the electrical gating of the gate terminal in three-terminal devices. In this optical gating scheme, the device structure can be simple because a gate oxide and electrode are not necessary and the light intensity irradiated onto the device is less than 20 W/cm<sup>2</sup>, which is not so large to do harm to the reliability and durability of the device. Especially, the switching speed of the threshold voltage of the device in the optical gating can be much faster than that of the thermal control because it depends on the modulation speed of the illuminated light. Through the experimental demonstration, it was verified that the threshold voltage could be controlled by the adjustment of the light intensity, i.e., the photo-induced electrical gating in VO<sub>2</sub> thin film devices was embodied by the direct illumination of the infrared light onto the device.

**Ip-039 Edge 패턴을 이용한 열상카메라의 MTF 성능 평가** 정 호, 송 대호, 여 보연(LIG넥스원.) 열상카메라는 scene에서 방사 또는 반사된 적외선 에너지를 수광, 전기적 신호로 변화하여 열영상을 제공한다. 열영상에 대한 성능은 MTF 지수로 평가되고, MTF는 광학계의 MTF와 적외선 검출기의 MTF, 그리고 검출회로의 MTF 등에 영향을 받는다. 광학계조립체의 MTF는 전용장비로 측정이 가능하지만, 열상광학계에 대한 MTF 평가장비는 주간광학계 평가장비보다 몇 배가 비싸기 때문에 MTF 측정이 어렵다. 본 논문에서는 전용장비를 사용하지 않고, Edge 패턴을 이용하여 일반 적외선 시준기로 열상카메라의 MTF를 측정 및 광학계조립체의 MTF 측정이 가능도록 MTF 측정방법을 개발하였다.

**Ip-040 막대 형태를 가지는 광통신용 콜리메이터 비구면 렌즈의 설계** 강 석봉, 강 은경, 황보 창권(인하대학교, 물리학과.) 광통신 시스템에서 콜리메이터는 발산하는 광선을 평행광선으로 변화시키는 역할을 하여 광통신 시스템의 효율을 극대화시켜주는 소자이다. 이러한 광선의 변화는 콜리메이터를 구성하고 있는 렌즈를 통하여 이루어지게 되며, 이때 콜리메이터의 성능은 렌즈의 성능에 영향을 받게 된다. 콜리메이터가 적용되는 광통신 시스템은 광원이 광축상에 놓여있다는 특징이 있다. 이에 따라 광학계의 주광선은 광축상에 놓이게 되며, 이에 따라 광학계에 존재하는 3차 수차는 구면수차만이 존재하게 된다. 즉, 이러한 구면수차에 의해서 콜리메이터의 성능이 저하되며, 이러한 구면수차를 효과적으로 제거할 수 있다면 높은 성능의 콜리메이터를 제작할 수 있다. 비구면 렌즈는 이러한 구면수차를 효과적으로 제거할 수 있으며, 이에 따라 본 연구에서 설계한 콜리메이터 렌즈는 비구면 형태의 굴절면을 가지고, 제작시 정렬의 편리함을 위해 막대 형태로 설계되었다. 이렇게 설계된 콜리메이터는 기존의 볼렌즈 및 GRIN 렌즈를 사용한 콜리메이터에 비해 높은 결합효율을 가짐을 볼 수 있었으며, 실제 제작 시 발생할 수 있는 정렬오차에 의해 발생하는 결합효율손실의 정도도 보다 적음을 볼 수 있었다.

**Ip-041 셀로판테이프를 이용한 복굴절 필터 제작 및 분석** 김 석원, 박 경민, 이 제홍(울산대, 물리학과.) 복굴절 필터들은 비등방성 결정체이며 가격이 상대적으로 비싼 물질인 석영 또는 운모 등으로 제작된다. 그래서 본 연구에서는 기존의 값 비싼 재료들로 제작된 복굴절 필터의 대안으로 복굴절 고분자를 이용하여 필터를 제작하였다. 먼저 시중에 나와 있는 고분자 물질인 상업용 셀로판테이프 중에서 복굴절성을 가진 테이프를 선별하여 그 고분자 물질의 구조와 특성을 분석하였다. 분광기를 이용해 얻은 투과 스펙트럼을 존스 행렬로 기술하고 두께에 따른 위상의 변화를 관찰하였다. 3층으로 이루어진 파장판을 6개 세트로 구성한 Solc 필터는 파장 영역이 650 nm 부근에서 최대 투과를 보였고, 셀로판테이프 4층으로 이루어진 파장판 4개 세트로 구성된 필터는 500 nm 부근에서 최대 투과를 보였다. 본 연구 결과 여러 분야에 사용되고 있는 복굴절 필터를 석영 또는 운모 대신 저가로 제작할 수 있음을 확인하였다.

**Ip-042 최적화된 Edge-lit형 3.5" BLU 설계** 김 두희, 임영락, 황보 창권, 고 영욱<sup>1</sup>, 안 영주<sup>1</sup>(인하대학교 물리학과 박광광학연구실. <sup>1</sup>KDT CO.,Ltd..) LCD는 크게 LC Pannel과 Back Light Unit(BLU)로 나눌 수 있다. LC Pannel 자체적으로는 발광을 할 수 없기 때문에 BLU의 Lighting-Generation 역할을 필요로 한다. BLU의 가장 큰 목적은 Uniform하며, 높은 Luminance를 가지는 평면광을 LC Pannel로 이동시키는 것이다. BLU는 그 구조에 따라 광원이 Side에 위치하여 Light Guide Pannel(LGP)을 통해서 빛을 수직 상방향으로 집광시켜주는 Edge-lit형과 BLU의 하부에 직접 광원을 위치하여 LGP없이 직접 광을 수직 상방향으로 집광시켜주는 Direct-lit형으로 나눌 수 있다. 본 연구에서는 기존의 Edge-lit형 구조로 이루어진 BLU를 휘도 측정 장치와 고성능 광학현미경을 이용하여 Pattern의 특성 및 BLU의 각 Component가 휘도 및 Viewangles에 어떤 영향을 미치는지 알아보고, 이에 따른 LGP에 최적화된 패턴의 분포 및 Prism Sheet의 최적화된 shape를 설계하여 제작하는데 중점을 두었다. 면광원의 Active Area는 3.5"로 하였으며, 광원은 6개의 LED를 측면에 위치시켰다, LGP상단

에 확산시트와 BEF를 위치시키는 조건으로 본 연구 및 측정을 진행하였으며 80%이상의 균일도를 갖도록 설계하였다.

**Ip-043 열처리 온도에 따른 TiO<sub>2</sub> 박막의 광학적, 기계적 특성 분석** 최 원석, 이 동열, 정 종민, 이 가은, 성 승기, 한 성홍, 김 의정, 배 성효<sup>1</sup>, 주 종현<sup>1</sup>, 류 승완<sup>2</sup>(울산대학교 물리학과. <sup>1</sup>IHL(주). <sup>2</sup>IHL(주).) 본 연구는 전자빔 증착법을 이용하여 TiO<sub>2</sub> 박막을 제작하고, 제작된 TiO<sub>2</sub> 박막의 기계적, 광학적 특성을 분석하였다. 박막 증착 조건으로 박막의 두께는 700 nm, 증착시 기판의 온도는 200 °C, 초기 진공도는  $5 \times 10^{-6}$  Torr를 유지하였으며, reactive gas O<sub>2</sub>를  $8 \times 10^{-5}$  Torr까지 주입하여 TiO<sub>2</sub> 박막을 제작하였다. 각각의 조건에서 제작된 박막을 100 °C ~ 500 °C의 온도범위에서 100 °C 간격으로 1시간동안 열처리 한 후, UV-Visible spectrophotometer와 XRD를 사용하여 박막의 광학적, 기계적 특성을 분석하였다. UV-Visible spectrophotometer를 이용하여 TiO<sub>2</sub> 박막의 굴절률 값을 계산하였고, XRD로 측정된 결과를 바탕으로 스트레스 변화를 계산한 결과 300 °C 열처리 한 경우 압축응력에서 인장응력으로 변화하였다. 이와 같이 전자빔 증착 법으로 제작된 TiO<sub>2</sub> 박막은 열처리 온도에 따라 광학적 특성, 기계적 특성이 변화하는 것을 확인할 수 있다.

**Ip-044 RF Magnetron Co-sputtering법을 이용한 Au/TiO<sub>2</sub> 박막의 광학적, 구조적, 광활성 특성** 정 종민, 최 원석, 이 가은, 성 승기, 이 동열, 한 성홍, 김 의정<sup>1</sup>(울산대학교 물리학과. <sup>1</sup>울산대학교 생명화학공학과.) RF magnetron co-sputtering법을 이용하여 순수 TiO<sub>2</sub>와 Au/TiO<sub>2</sub> 박막을 제작하였다. TiO<sub>2</sub> 타겟의 제작은 TiO<sub>2</sub> rutile powder를 압축시켜 1200°C에서 5시간 소결시켜 제작하였다. 기판은 quartz glass를 사용하였고, 기판과 타겟 간의 거리는 150mm이며, 기판의 회전 속도와 온도는 5rpm, 200°C이고, TiO<sub>2</sub> 타겟의 RF power는 200W로 하였다. Chamber 내에 이물질을 제거하기 위해 pre-sputtering을 10분 동안 하였으며 Au 타겟의 RF power를 각각 2~7W까지 도펄 하였다. 제작된 박막은 600°C에서 1시간 동안 열처리하여 UV-visible spectrophotometer, XRD, SEM 등을 이용하여 특성을 조사하였다. 순수 TiO<sub>2</sub> 박막과 Au/TiO<sub>2</sub> 박막의 XRD 패턴 결과 600°C에서 열처리한 경우에는 모두 anatase 결정구조가 나타났으며, Au/TiO<sub>2</sub> 박막의 경우 Au 도핑 파워에 따라 anatase 결정구조의 peak가 감소하고, 1차 입자 크기가 작아졌다. SEM 측정 결과에서 순수 TiO<sub>2</sub> 박막의 표면은 깨끗하고 균일했으며, Au/TiO<sub>2</sub> 박막은 2~4W까지는 순수 TiO<sub>2</sub>와 비슷한 표면 상태를 보였지만 5W이상부터 Au 입자가 뭉치면서 표면이 불균일함을 보였다. Au는 TiO<sub>2</sub> anatase 결정구조 형성을 억제하는 것을 볼 수 있었다. 순수 TiO<sub>2</sub>박막이 Au/TiO<sub>2</sub>박막보다 가시광 영역에서 우수한 광학적 투과율을 보여주었으며, 흡수단이 red shift 하였다.

**Ip-045 RF-magnetron sputtering법에 의한 TiO<sub>2</sub>/SiO<sub>2</sub> 박막 제작과 광학적, 구조적, 광활성 특성 분석** 이 가은, 정 종민, 최 원석, 성 승기, 이 동열, 한 성홍, 김 의정<sup>1</sup>, 배 성효<sup>2</sup>, 주 종현<sup>2</sup>(울산대학교 물리학과. <sup>1</sup>울산대학교 생명화학공학과. <sup>2</sup>IHL(주).) 본 연구에서는 RF-magnetron sputtering법으로 multilayer TiO<sub>2</sub>/SiO<sub>2</sub> 박막과 pure TiO<sub>2</sub> 단층 박막을 제작하였다. 박막을 제작하기 위해 TiO<sub>2</sub>와 SiO<sub>2</sub> powder를 원형틀에 넣고 고압 성형하여 직경  $5 \times 10^{-2}$ m인 TiO<sub>2</sub>, SiO<sub>2</sub> 산화물 target을 제작하였다. 기판으로는

quartz glass를 사용하였고 증류수, 에탄올, 아세톤을 사용하여 기판을 세척하였다. Sputter의 초기진공도는  $3.0 \times 10^{-6}$  Torr의 압력으로 박막의 조성을 제어하기 위해 플라스마내의 Ar 가스와 O<sub>2</sub> 가스를 7:3 비율로 주입하여  $1 \times 10^{-2}$  Torr의 압력에서 5분간 예비스퍼터링을 실시하였다. 200W에서 sputtering 시간을 조절하여 SiO<sub>2</sub>를 먼저 증착 한 후에 200W에서 TiO<sub>2</sub>를 30분 동안 위층으로 증착시켰다. 증착된 박막의 interlayer SiO<sub>2</sub>의 두께와 박막의 열처리 온도에 따른 광학적 특성을 조사하기 위해서 300~600 °C 온도에서 1시간 동안 열처리하였다. 제작한 박막을 FE-SEM, XRD, XPS, AFM, UV-visible spectrometer, contact angle, photocatalyst 측정을 통해 광활성, 광학적 특성을 구조적으로 분석하였다. UV-visible spectrometer로 투과율 측정 결과 열처리 전의 multilayer TiO<sub>2</sub>/SiO<sub>2</sub> 박막의 SiO<sub>2</sub> 두께가 증가함에 따라 투과율의 흡수단이 pure TiO<sub>2</sub>의 흡수단을 기준으로 단파장 쪽으로 이동하였고, 550 °C에서 1h 열처리한 multilayer TiO<sub>2</sub>/SiO<sub>2</sub> 박막은 SiO<sub>2</sub>이 결정화되어 pure TiO<sub>2</sub>의 흡수단으로 다시 이동하였다.

**Ip-046 전자빔 증착법에 의해 제작된 산화물 박막의 두께에 따른 광학적 특성변화 비교·분석** 성 승기, 이 동열, 최 원석, 정 종민, 이 가은, 한 성홍, 김 의정<sup>1</sup>, 배 성효<sup>2</sup>, 주 종현<sup>2</sup>, 류 승완<sup>2</sup>(울산대학교 물리학과. <sup>1</sup>울산대학교 생명화학공학과. <sup>2</sup>IHL(주).) 본 연구에서는 전자빔 증착법을 이용하여 산화물(TiO<sub>2</sub>, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)박막을 제작하여 두께에 따른 산화물 박막의 광학적 특성변화를 비교·분석하였다. 박막 증착시 초기 진공도(base pressure)는  $5.0 \times 10^{-6}$  Torr이었다. 증착산화물의 crucible과 기판 사이의 거리는 650 mm이고, 균일한 박막을 제작하기 위하여 기판의 회전 속도는 15 rpm으로 유지하였다. 산화물들은 처음 벨크 상태에서 증착 전 충분히 pre-melting을 통하여 불순가스를 제거 하였으며, 그리고 기판 온도에 의한 변수를 줄이기 위하여 챔버내 온도를 200 °C 유지 하였다. 그리고 산화물들의 최적화된 산소분압인  $5.0 \times 10^{-5}$  Torr에서 두께에 따라 기판 위에 박막을 제작하였다. 제작된 박막들은 박막의 굴절률을 구하기 위해, 박막의 투과율을 UV-VIS 분광광도계(HP8453)를 사용하여 190 nm ~ 1100 nm의 파장 범위에서 측정하였다. 이것을 포락선법을 사용하여 분광 광도 투과곡선으로부터 박막의 광학상수(n)및 두께를 계산하였다. 그리고 계산된 굴절률 값으로 박막의 porosity를 구할 수 있다. 이와 같이 전자빔 증착법으로 제작된 산화물 박막은 두께에 따라 광학적 특성이 변화하였다.

**Ip-047 경사입사 증착법을 이용한 다파장 선택형 원편광 분리소자 설계 및 제작** 박 용준, 장 대호, K.M. A.sobahan, 황보 창권(인하대학교 물리학과.) 경사입사 증착 방법중 기판을 회전하며 나선형 구조로 증착하는 경우, 박막의 다공성 구조에 의해 원형 편광된 빛을 좌원 편광된 빛과 우원 편광된 빛으로 분리시킬 수 있는 광학적 특성을 나타낸다. 나선형 구조로 증착할 경우 박막의 두께를 조절함에 따라 광학두께(에 의하여 원편광을 분리시킬 수 있는 파장을 선택할 수 있으며, 증착하는 동안 두께를 다르게 증착함에 따라 원하는 여러 개의 파장에서 원편광을 동시에 분리시킬 수 있다. 이러한 광학적 특성을 바탕으로 실제 제작된 박막의 투과율을 측정한 결과 원형 편광된 빛이 박막에 수직으로 입사하면서 특정파장에 대해 좌원 편광된 빛과 우원 편광된 빛으로 분리되는 것을 확인할 수 있었다. 또한 증착하는 동안 두께를 다르게 증착한 경우 다른 3개의 파장에서 좌원 편광된 빛과 우원 편광

된 빛이 분리되는 것을 확인하였다. 따라서 경사입사 증착방법을 이용하여 박막의 다공성 미세구조를 조절함으로써 원편광된 빛을 원하는 임의의 파장에서 분리시킬 수 있을 뿐만 아니라 두께의 조절을 통해 원하는 여러 개의 파장에서 동시에 원편광을 분리시킬 수 있는 블랙 반사 광학박막을 설계 및 제작하였다.

**Ip-048 적외선 단배울 광학계 Stray 분석을 통한 적외선 영상 시스템의 특성연구** 송 대호, 정 호, 여 보연(LIG텍스웬(주).) 적외선 광학계는 일반 가시광 광학계에 비해 파장의 길이가 길고 또한 분산의 크기가 크다 그렇기 때문에 일반 가시광 광학계에 비해 영상 특성이 나쁘고 또한 설계 제작에 많은 어려움이 있다. 적외선 카메라의 영상획득시 광학렌즈뿐 아니라 렌즈 Housing의 조건 또한 적외선 영상에 영향을 미친다. 본 논문에서는 광학 Simulation Tool을 이용하여 적외선 영상 시스템의 Stray Radiation 분석을 하였고 분석된 적외선 영상데이터와 실제 제작된 단배울 적외선 광학계의 영상 Data를 통하여 적외선 영상 시스템의 특성을 알아 보았다.

**Ip-049 Generation of the high energy mode-locked pulse from a fiber-based oscillator** AN Jungkwun, LEE Hyungjin, KIM Dongeon(Department of Physics, Pohang University of Science and Technology Pohang, South Korea, 790-784.) Generation of high energy laser pulses directly from a Yb-doped fiber oscillator has been demonstrated. The pulse energy is over 20 nJ without additional amplifiers at 1045 nm center wavelength. Special consideration for nonlinear polarization evolution (NPE) to produce stable mode-locked pulse train while avoiding pulse breaking, and extra cavity design aspect will be explained in detail.

**Ip-050 디지털 홀로그래피 현미경을 이용한 위상차 포토마스크 결함 측정** 조 형준, 김 두철, 유 영훈, 신 상훈, 임 진웅(제주대학교.) 디지털 홀로그래피 현미경을 이용하여 반도체 공정에 사용되는 위상차 포토마스크의 결함을 측정하였다. 이러한 위상차 포토마스크는 위상차를 이용하여 반도체 문양을 만들기 때문에 일반 현미경으로는 패턴을 알 수 없을 뿐 아니라 위상마스크의 결함은 더욱더 찾기 어렵다. 디지털 홀로그래피 현미경을 이용하면 한 장의 홀로그램을 이용하여 위상차 포토마스크의 3차원 구조와 결함을 동시에 측정할 수 있다.

**Ip-051 반도체 박막 층과 두께에 따른 노광후 굽기 온도 차이에 따른 최적의 노광량 변화** 김 보배, 김 은진, 강 영민, 박 준민, 유 지혜, 정 혜선, 박 승욱, 오 혜근(한양대학교 응용물리학과.) 화학증폭형 감광제의 노광후 굽기 (post exposure bake, PEB) 과정은 작은 선폭의 반도체 소자를 만드는 중요 공정이다. 노광을 통해 얻어진 산은 폴리머를 분해하는데 이 때 분해 반응과 산의 확산은 PEB 온도와 시간에 크게 의존한다. 산반응과 산확산을 결정하는 것은 PEB 시 감광제 내부의 초기 증가 온도와 마지막 실제 온도이다. 이는 선폭과 최적 dose 량의 변화를 일으킨다. 우리는 정확한 PEB 온도와 시간을 예측하기 위하여 핫플레이트에서 여러 층이 쌓여있는 실리콘 웨이퍼 위의 감광제까지 전달되는 열을 계산했다. 그 결과 각 층과 두께 차이에 의한 열전달 시간 및 최종 온도가 다르다는 것을 알게 되었다. 실험적으로도 일반 감광제가 없는 웨이퍼 표면과 웨이퍼 위에 입혀진 감광제 표면의 온도가

분명히 다르다는 것을 확인하였다. 웨이퍼 위에 쌓여있는 다른 박막층과 각 막의 두께에 따른 열전도를 계산하여 그에 따른 노광 공정 상의 dose 량과 선폭이 다를 수 있음을 조사하였다.

**Ip-052 Optimization of Post Exposure Bake for EUVL Resist** 김 은진, 강 영민, 김 보배, 박 승욱, 유 지혜, 정 혜선, 오 혜근, 유 근중<sup>1</sup>, 이 정열<sup>1</sup>, 김 정우<sup>1</sup>, 김 화영<sup>1</sup>, 김 덕배<sup>1</sup>, 김 재현<sup>1</sup>(한양대학교, 응용물리학과. <sup>1</sup>동진세미켄, 전자재료사업부.) 여러 가지 차세대 리소그래피 기술 중 EUVL (Extreme Ultra-Violet Lithography, 13.5 nm 파장)은 half-pitch 32 nm 이하의 선폭 (CD)을 갖는 반도체 소자를 만들 수 있는 기술이다. 따라서 이러한 기술을 적용시키기 많은 연구가 진행 되고 있는 상황인데, 특히, EUVL용 resist의 개발은 개발 자체에도 많은 어려움을 안고 있으나 개발이 되었다 하더라도 EUV 공정에 적용시키기 위해서는 32 nm 이하의 패턴 형성이 가능해야 하는데 많은 어려움을 안고 있다. 때문에, 실제 공정에서와 마찬가지로 pattern이 있는 노광 실험이 필요한데, 국내 기술로서는 많은 어려움이 따르는 것이 사실이다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여, 개발된 resist의 특성을 파악하고, patterning을 했을 때의 결과를 사전에 알아보기 위한 연구가 필요하다. 이 연구에서는 그러한 문제점을 해결하고자, 개발된 resist를 이용하여 PEB 실험을 한 후 그 결과를 시뮬레이션과 매칭시켜 개발된 resist의 특성에 대해 알아보았다. 이를 시뮬레이션을 이용하여 32 nm, 22 nm의 패턴 형성에 관한 시뮬레이션을 진행하고 그 결과를 통하여, 새로운 EUV resist의 개발에 목표치를 제시해 보고자 한다.

**Ip-053 Waveguiding of Quantum Dot Luminescence through ZnO Nanowires** 김 대철, 김 련, 김 현준, 김 정용, 윤창준<sup>1</sup>, 김 상식<sup>1</sup>(인천대학교 물리학과. <sup>1</sup>고려대학교 전기공학과.) Nanowaveguides are the essential component of the future nanophotonics circuits and the nanowires made from semiconductors are being actively studied as nanowaveguide applications. And also in nanophotonics circuits, the quantum dot (QD) may be used as nano light source. We present the result of the waveguiding experiment that shows QD luminescence propagates through ZnO nanowires. by focusing the laser light on freely selected position on ZnO nanowires in diameter of 100 nm ~ 300 nm dispersed on glass substrates, QD emission light is launched into nanowires. Using a CCD camera, the light propagation through nanowire was confirmed. And to quantitatively measure the propagation characteristics, we developed an experimental scheme to scan the laser focus over ZnO nanowires while measuring the light emanated from the other end of nanowire. We found the waveguiding and QD light coupling properties are closely related to the nanowire diameter and local defects. We explored various schemes of coupling QD luminescence to ZnO nanowires to inspect waveguiding characteristics and the detailed result will be presented. We will also present luminescence and Raman spectra of single ZnO nanowires obtained by high-resolution confocal microscopy.

**Ip-054 경사입사 증착법을 이용한 박막형 습도센서 설계 및 제작** 장 대호, 박 용준, 황보 창권(인하대학교 물리학과.) 경사입사 증착방법(glancing angle deposition, GLAD)은 증발입사

를 기관에 대해 경사각으로 입사시킴으로써 박막의 기둥미세구조를 조절할 수 있는 증착방법으로 그림자 효과에 의해 다공성 미세구조를 만들 수 있다. 본 연구에서는 GLAD를 좁은대역 투과필터(narrow band pass filter, NBPF)에 적용, 습도에 대해 투과파장이 이동하는 광학적 박막형 습도 센서를 설계하고 제작하였다. NBPF는 일반적으로 간격층(spacer)의 광학두께(에 의해 최대 투과 중심 파장이 결정된다. NBPF의 간격층을  $\text{TiO}_2$  박막으로 증착 시 기관을 기울이고 회전하여 증착한다. 기관을 회전하여 기울일 경우 박막의 미세구조는 나선형 구조가 되며 다공성 미세구조 형태이다. 제작된 필터의 투과스펙트럼 측정은 분광광도계를 이용하여 습도에 대한 중심파장 이동을 측정하였다. 간격층의 다공성 미세구조로 인하여 습도의 흡탈착이 일어나고 이로 인하여 간격층의 굴절을 변화로 투과 중심 파장이 이동하는 것을 확인할 수 있었다. 또한 단일 파장에서의 습도에 따른 투과를 변화로도 확인할 수 있었다. 결론적으로 GLAD  $\text{TiO}_2$  박막의 미세구조를 조절함으로써 박막의 다공성을 조절할 수 있었으며, 이를 NBPF에 적용하여 습도에 대해 투과 파장이 이동함을 이용한 습도센서로 응용이 가능하다고

**Ip-055 Necessity of Off-Axis Illumination for 22 nm node in Extreme Ultra-Violet Lithography** 장 욱(한양대학교 응용물리학) Extreme UV with short 13.5 nm wavelength is assumed to be one of the best lithography candidates for making half pitches of 32 nm and below. One of the EUV issues is whether we need to use the resolution enhancement techniques (RET) or not and how we utilize these RETs for 22 nm nodes if we need it. Among many RETs, illumination types of off-axis illumination (OAI) is varied to see the possibility of defining 22 nm node with EUV. Through the aerial image and developed resist profile of various illumination conditions, the optimum illumination condition of patterning 22 nm node is sought. We also studied when OAI is needed and how OAI can be applied for various pattern types.

**Ip-056 BSDF(Bidirectional Scattering Distribution function) 측정데이터 비교** 최 명조, 황보 창권(인하대학교 물리학과 박막광학연구실) 여러 산란필름에 대하여 BSDF(Bidirectional Scattering Distribution function)를 구하기 위해 Lambertian과 근사한확산특성을 가지는 물질을 사용하여 ARS(Angle Resolved Scattering)를 측정하여 BSDF 값을 계산해 보았다. BSDF 측정 장비(J&C tech사의 RT-300)를 이용하여 방위각, 고도각을 따라 측정된 Relative Intensity를 이용하여 ARS 및 BSDF 값을 구하고, 계산된 Reference Data를 기준으로 여러가지 등방성 산란특성을 가지는 Sample을 측정하고 반사 및 투과산란광을 측정하고, 비교해 보았다. 사용된 파장에 따라, SPL의 특성에 따른 데이터를 비교 분석하였다.

**Ip-057 펄초 레이저를 이용한 마이크로 공동의 제작과 Fabry-Perot 간섭계의 특성** 오 경환, 이 세진, 김 준기<sup>1</sup>, 정 용민<sup>1</sup>, 손 익부<sup>2</sup>(연세대학교 <sup>1</sup>GIST, <sup>2</sup>APRI) 펄초 레이저를 이용하여 광섬유 내부에 마이크로 사이즈의 공동을 제작하여 실험적으로 Fabry-Perot 간섭계 성질을 조사하였다. 이 간섭계의 제작은 펄초 레이저를 이용한 식각, 융착접속기를 이용한 접속, 두 단계로 기존의 다른 간섭계보다 그 과정이 간단하다. 제작에 있어서 펄초 레이저를 이용한 가공을 통해 공동의 지름과 두께 등을 조절할 수

있으며, 접속 시 방전 시간, 강도 등에 따라 공동의 형태가 달라진다. 분광분석기를 통해 다양한 크기와 조건을 통해 만들어진 공동에 따른 특성을 분석하고, 센서 등의 응용가능성에 대해 제시한다.

**Ip-058 Experimental Demonstration of self-Collimaion of surface waves in structured Perfect Conductor surfaces** 김 튼튼, 김 명우, 김 성한, 박 해용, 김 재은(한국과학기술원) We studied the microwave self-collimation of a structured surface waves. It is demonstrated that surface modes occur in structured metals with periodic square holes. For our experiment, we simulate the equi-frequency contours of the perfect electric conductor patterned with an array of square holes and find the frequency of flat contour in which self-collimation can be occurred in this frequency. And then check the field patterns on surface of structure using FDTD program. We use 9 hundred pieces of hollow, square-brass tubes of length 45nm, side length 9.525mm, and inner dimension is 6.96mm to make our structure.

**Ip-059 Optical properties of the Eu doped  $\text{Li}_2\text{O}_3\text{-BaO-B}_2\text{O}_3$  glass-ceramics** 조 은진, 장 기완, 이 호섭, YANLIN Huang<sup>1</sup>(창원대학교 물리학과, <sup>1</sup>School of Material Engineering, Soochow University, China.) New blue luminescence glass-ceramic samples were prepared in air by annealing of the  $\text{Eu}^{3+}$ -doped  $\text{Li}_2\text{O-BaO-B}_2\text{O}_3$  glass. The optical properties such as excitation and emission spectra, and decay time of the  $\text{Eu}^{2+}$  ions were investigated in the glasses or glass-ceramics samples. The as-made glass sample only presents the sharp emission peaks assigned to the transitions of  $^5\text{D}_0\text{-}^7\text{F}_j$  ( $j = 0, 1, 2, 3, 4$ ) of  $\text{Eu}^{3+}$  ions. The glass-ceramic sample gives a strong and broad emission band peaking at about 382 nm ascribed to the  $5d\text{-}4f$  transition of  $\text{Eu}^{2+}$  ions. X-ray diffraction pattern shows that  $\text{LiBaB}_5\text{O}_{15}$  might be demonstrated to be the crystallites in the glass-ceramic, which contributed to the blue luminescence. SEM micrograph was investigated on the glass-ceramic samples obtained by crystallization of the glass matrix resulting in a mixture of poly-crystals.

**Ip-060 펄초 펄스의 절대위상 안정화를 위한 직접 잠금 방법의 개선과 증폭된 펄스의 절대위상 안정화** 이 용수, 이 재환, 박 주윤, 남 창희, 유 태준<sup>1</sup>(한국과학기술원, 물리학과, <sup>1</sup>고등광기술연구소) 펄초 펄스의 절대위상 안정화를 위해 본 연구팀에서 개발한 직접 잠금 방법(direct locking method)을 개선하였다. 첫째, 자체 제작된 잠금 서보를 범용으로 사용되는 상용의 PID controller로 교체했다. PID controller는 되먹임을 통해서 시스템을 안정화하는 장비로 자체 제작한 기존 서보와 같은 밴드 폭을 가지고 있으며 완벽하게 그 기능을 대체할 수 있을 뿐만 아니라 그 이상을 실행할 수 있다. 둘째, 신호를 측정하는데 사용되었던 눈사태 광 검출기(avalanche photodiode)를 일반적인 실리콘 광 검출기로 대체했다. 약한 신호의 검출에 사용되는 눈사태 광검출기 대신, 직접 잠금 방법은 낮은 주파수(<100 kHz) 영역에서 작동하므로 일반적인 실리콘 광 검출기를 사용하여서도 충분한 맥놀이 신호를 얻을 수 있다. 이와 같은 개선을 통해 우리는 직접 잠금 방법의 적용을 손쉽게 할 수 있도록 했고 절대위상의 안정화 정도를 높일 수 있었다. 더욱이 우리는 이중 되먹임과 호모다인(homodyne) 측정을

채택해서 펄초 레이저 펄스의 절대위상을 35 mrad 정도의 낮은 위상 떨림으로 2시간 이상 안정화하였다. 그리고 이러한 결과는 kHz로 증폭된 펄스의 절대위상에서도 우수한 결과를 보여주었다.

**Ip-061 Development of Direct Diode-Pumped Femtosecond Oscillator** KIM Guang-Hoon, CHIZHOV Sergey, SALL Elena, YASHIN Vladimir, LEE Daesik, KANG Uk(한국전기연구원, SOI-KOREA Center.) Femtosecond laser systems have been an attractive subject since femtosecond pulses have special properties such as ultrashort duration, very high peak power, and broad spectral bandwidth. So, they can be used for various applications such as micromachining, nonlinear optics, THz generation, medical tomography, and basic science of physics, chemistry, biology and so on. We developed a femtosecond oscillator based on anisotropic laser crystal which supports the direct diode-pumped operation. Typical femtosecond laser, such as Ti:sapphire laser, needs a separate solid-state laser for pumping. However, they are very expensive, bulky, and related with system stability. So, direct diode-pumped femtosecond laser systems are a good candidate for commercial systems in the field of industrial application such as laser micromachining. In this presentation, we are going to show the operational properties of the direct diode-pumped oscillator in the passive mode-locking using saturable absorbing mirror.

**Ip-062 Control of Low-frequency Charge Noise using the Pound-Drever-Hall (PDH) Methods in Microwave Circuit QED** 이 은영, 문 경순(연세대학교, 물리학과.) Recently the circuit QED system successfully demonstrated strong coupling (vacuum Rabi splitting) between a single photon and a qubit in all solid state system<sup>1</sup>. Compared to the cavity QED of atomic physics, circuit QED has the advantages of infinite transit time of the 'atom' (qubit) inside the cavity and much stronger coupling between qubit and photon. While this architecture offers a very quiet environment leading to excellent coherence of the qubit ( $T_1 \sim 7\mu\text{s}$ ,  $T_2 \sim 500\text{ns}$ ), the solid-state environment still leads to qubit decay rates and dephasing rates much larger than those in corresponding atomic physics microwave cavity QED experiments. It is experimentally demonstrated that the dephasing rates are optimized at the charge degeneracy point (CDP) and the slow drift of the gate voltage away from the CDP leads to a dramatic enhancement of the dephasing rate. In this work, we apply the Pound-Drever-Hall (PDH) method to our system and theoretically study to control the low frequency charge noise. This method uses Fabry-Perot cavity as frequency standards. In laser optics, the laser frequency is measured with a Fabry-Perot cavity, and this measurement output is fed back to the laser to suppress the frequency fluctuations. Applying this technique, it opens the possibility control the low-frequency charge noise in microwave circuit QED system.

**Ip-063 Temperature measurement based on the shot noise of a metallic tunnel junction** SONG Woon, CHONG Yonuk, KIM Kyu-Tae(Korea Research Institute of Standards and Science.) We present the preliminary result of noise thermometry project based on

measurement of shot noise through a metallic tunnel junction. Noise thermometry is a very powerful method that directly links electrical quantities to thermodynamic quantities, and our goal is to establish a firm direct link between the Planck constant  $h$  and the Boltzmann constant  $k_B$ . Shot noise measurement was made in a submicron size Al-AIO<sub>x</sub>-Al tunnel junction which had been fabricated by electron beam lithography and two angle evaporation method. We measured a broadband noise signal using a cryogenic HEMT amplifier with bandwidth of 0.9 – 1.2 GHz. At high voltage bias, shot noise of a tunnel junction shows conventional  $2eI$  value, while at low bias it will exhibit temperature and bias voltage dependence that can be utilized to extract the temperature. We will present our results in comparison with a calibrated temperature sensor, and will discuss the source of errors. In a long term, we plan to operate the noise thermometer in wide temperature range of 0.3 – 500 K. We expect that the shot noise thermometer can become a practical primary thermometer in wide temperature range.

**Ip-064 PPLN을 이용한 제 2고조파 발생과 이중통과(double-pass)에 의한 효율 증대** 유길상, 고광훈<sup>1</sup>, 임권<sup>1</sup>, 정도영<sup>1</sup>, 조재홍(한남대학교, <sup>1</sup>한국원자력연구원.) 본 연구는 중심 파장 1070 nm의 좁은 선폭을 가진 Littrow형 외부공진기 반도체 레이저를 주 발진기로 사용하고, 이테르븀이 첨가된 광섬유 레이저가 출력 증폭기로 사용되는 Diode-Oscillator Fiber-Amplifier (DOFA) 시스템을 구성하여, 주기분극 반전된 리튬니오베이트(Periodically Poled Lithium Niobate; PPLN)를 이용해 535nm의 제 2고조파를 얻어내는 데 목표를 두고 있다. 단일통과(Single-pass)에서 3.5W의 입사빔을 이용하여 585mW의 제 2고조파를 만들어 냈으므로써 최대변환효율은 16.7%를 얻었다. 그리고 제 2고조파 변환 효율을 증가시키기 위한 방법으로 되반사 오목거울과 췌기 유리판(Wedge flat window)을 추가하여 이중통과(Double-pass) SHG를 수행하였다. 수십 mW의 저 출력 입사빔을 이용하여 단일통과에서 보다 두 배 이상의 높은 효율을 얻어내었다. Phasor가 없는 경우와 있는 경우의 출력 변화를 측정하였다.

**Ip-065 레이저 가속 양성자 발생 실시간 계측** 이지영, 이기태<sup>1</sup>, 이용우<sup>1</sup>, 박성희<sup>1</sup>, 차용호<sup>1</sup>, 예권혜<sup>1</sup>, 조재홍, 정영욱<sup>1</sup>(한남대학교, 물리학과, <sup>1</sup>한국원자력연구원, 양자광학기술개발센터.) 집속 강도가 높은 레이저를 얇은 고체 target에 입사시키면 빛의 속도에 가까운 속도를 가지는 전자들로 구성된 빛의 속도에 가까운 속도를 가지는 전자들로 구성된 '상대론적 플라즈마'가 발생한다. 이 때 국부적으로 매우 센 전기장이 발생하게 되어 플라즈마 내의 전자 혹은 이온들이 수 ~ 수십 MeV 이상의 고에너지가 가속된다. 레이저 가속 proton 빔의 실시간 계측은 레이저를 이용한 이온 가속 조건을 찾는 데 효율적이므로 Faraday cup(FC)과 Wall current monitor(WCM)를 이용하여 실험을 하고 있다. FC 신호의 경우, 1 MeV의 proton과 10 keV의 electron이 같은 시간대에 발생하므로 전자를 제거해야 측정하고자 하는 proton을 계측할 수 있다. 본 연구에서는 얇은 박막 target에서  $2 \times 10^{18} \text{ W/cm}^2$ 의 세기를 갖는 ultra-intense laser pulse에 의해서 발생하는 proton 빔을 측정하기 위한 FC 앞에서 전압을 0 kV에서 4 kV의 변화를 주면서 신호를 관측하였다. 전기장이 증가 할수록 proton 신호가 빨리 발생하며, 특히 낮은 에너지의 proton 신호는 급격히 감소하는 경향

을 보여준다. 본 연구에서는 전압의 크기에 따른 FC 신호와 Thomson Parabola Spectrometer(TPS)를 사용한 양성자 발생 결과를 비교하여 발표하고자 한다.

**Ip-066 Fabrication of a pulsed gas jet for a long plasma channelling length** 예 권해, 박 성희, 정 영욱, 이 기태, 차 용호, 이 용우, 이 지영<sup>1</sup>, 문 정호(한국원자력연구원, <sup>1</sup>한남대학교, 물리학 과.) Pulsed gas jet are commonly employed to produce the high electron density plasma in electron acceleration experiments. For plasma based acceleration via laser wake field acceleration, long region of high electron density are required and can be achieved by using a gas nozzle with rectangular apertures(0.5mm by 5mm). For this purpose, we designed non-symmetrical gas nozzle with rectangular aperture to produce the high electron density plasma.

**Ip-067 전기통일장이론해석(EUFTA) 도입** 김 명준(아주대 학일반대학원 분자과, 경희대학전자정보대 물리학과.) 필자는 전자 균일 시프트 모델과 표면밀도 모델을 도입하여 전-중력에 따르는 자연 현상( 주로 재해)을 조사하였습니다.[1] 그런데, 중력 뿐 아니라 전기력조차도 본질적인 힘이 아닐 수 있다는 자-전기 가정에 최근 도달하였습니다. 특히, 원자의 전기중심력이 입자들의 스핀에 따르는 자기력들의 평균적이고 핵 중심적인 준력(Pseudo-Force)라는 증거로서 훈트 룰을 들 수 있었습니다. 검증은 불충분한 듯 보였지만 실질적인 문제에 적용하여 여러 가지 중간 결과를 얻었는데, 전기적인 편극 때문에 중력 증강 효과가 있다고 평가되었던 물의 전자 및 양성자 수준의 잔류자화를 어렵게 합니다. 물은 온도에 따라 오각수와 육각수가 될 수 있다면, 두 수소가 지간의 각이 108~120 도에 이르고 그것이 기준인 정사면체의 꼭지 점들과 중심을 잇는 연결 선들간의 각도인 109.47도와 비교되어 잔류 분자 자화 즉 가지간의 약한 인력 또는 척력의 조건이 될 수 있습니다. 다시 말하면 육각수이면 잔류 분자 자화가 크고 오각수이면 잔류 분자 자화가 줄어들어서 강자성체처럼 온도가 낮을수록 잔류 자화가 크지는 평균장 이론과 부합합니다. 또 하나의 온난화의 주요인으로 알려진 CO2는 직선형 분자로 전기적인 편극 개념이 매우 어려워지지만 자기적인 잔류 분자 자화가 가능함을 주장할 수 있습니다.그렇다면 자기장과 전기장의 관계를 합력 이론을 도입하여 다음과 같이 쓰는 것이 바람직 해 보입니다. $E_i = \text{Summation(for } j \text{ particles)} V_i \times B_{ij}(r_{ij})$  특히 광자에 대해서도 위 식이 성립한다는 점이 실질적이라 할 수 있겠습니다. 더우기, 광 계면 굴절의 근본 메카니즘이 표면(계면) 특수 강자성에 의한 자기장과 광자가 상호작용하는 것으로 해석될 수 있습니다. 또한 수직 자성 박막 내에서 편광각이 회전하는 헤더데이 회전의 이면에는 광의 휨(deflection)이 있을 수 있겠습니다.

[1] 김 명준, I-09, BKPS'2006 Fall

**Ip-068 푸리변환적외선분광복사계를 이용한 분광복사율 측정 장치** 유 남준, 이 근우<sup>1</sup>, 박 철웅<sup>1</sup>, 박 승남<sup>1</sup>, 이 상현<sup>1</sup>(한남대학교 <sup>1</sup>한국 표준 과학 연구원) 물질의 분광복사율을 측정하기 위하여 푸리변환적외선 분광기(Fourier transformation infrared spectrometer) 입구에 금코팅 거울을 사용한 결상 광학계를 설치하여 분광복사율도계를 구성하였다. 이 분광복사율도계, 시료 가열로와 기준 흑체로 구성된 이 장치의 측정 파장은 2.5 um부터 25 um까지 이고 온도 영역은 50 ℃ 부터 350 ℃ 까지이다. 플랑크

의 복사법칙으로 표현되는 흑체의 분광복사율도를 사용하여 분광복사율도계의 분광감응도와 배경복사를 결정하였다. 이 분광감응도와 배경복사의 불확도 및 시료의 온도측정 불확도를 고려하여 분광복사율 측정의 불확도를 산출하였다.

**Ip-069 위상 이동 디지털 홀로그래피 현미경을 이용한 위상 단층 촬영** 전 윤성, 홍 정기(포항공과대학교 물리학과.) 디지털 홀로그래피는 필름에 홀로그램을 기록한 후 기준광을 조사해서 상을 재생하는 고전적 홀로그래피와 달리 CCD를 이용해 홀로그램을 기록하고 계산을 통해 파면을 재생한다. 이런 계산을 이용한 재생은 물체파의 위상 정보를 제공하며, 위상 정보에는 상대적인 광학 경로 차이를 포함한다. 광학 경로 차이의 원인은 굴절률과 길이이며, 주로 우리는 이 두 가지 정보 중 하나에 대한 사전 정보나 가정을 통해 알고자 하는 나머지 정보를 획득한다. 특히 길이와 굴절률의 상관 관계에 대한 고찰은 현재 생명 과학 분야에 대한 응용 가능성 때문에 많은 연구가 진행되고 있으며, 광학 시스템이 가진 회절 한계의 횡방향 분해능과 파장 이하의 축방향의 위상 정확도를 지니고 있다. 그러나, 이러한 2차원의 위상 정보는 두께를 지닌 투명한 샘플을 투과한 후의 정보이기 때문에, 광학 축 방향에 대한 위상 분포가 모두 합산된 결과이다. 예를 들어 세포를 투과한 위상을 통해 길이 정보를 획득할 경우 그것은 세포의 모양이 아니라 두께의 분포로 그 한계를 지닌다. 이에 3차원 광학 단층 촬영 방법을 적용하여 굴절률의 3차원 분포를 결정할 수 있다. Wolf, Dändliker, Weiss는 측정 대상에 서로 다른 각도로 조사한 후 물체로부터 약하게 산란된 정보를 이용하여 측정 대상의 3차원 재생에 대한 연구를 수행하였으며 이론적 배경을 확립하였다. F. Charrière는 off-axis 디지털 홀로그래피와 광학 회절 단층 촬영법을 접목하여 꽃가루의 굴절을 공간 분포를 측정하였다. 우리는 off-axis방법 대신에 위상 이동 방법을 홀로그래피 단층 촬영에 도입하여 더 나은 위상 정확도와 낮은 편차를 확보하고자 한다.

**Ip-070 실시간 레이저 가공 단면 이미징을 위한 정적 간섭계 기반의 광학 진단 시스템 구현** 최 은서, 최 영희, 박 소희, 김 영섭<sup>1</sup>, 신 용진(조선대학교 Laser Imaging Laboratory, <sup>1</sup>조선대학교 Laser Imaging Laboratory, 광주과학기술원 고등광기술연구소) 본 연구에서는 펄스 레이저를 이용한 가공 과정을 실시간 고해상도 단층 이미징 구현을 통해 광학적으로 진단하기 위한 광섬유 광학 진단 시스템의 성능을 소개하고자 한다. 본 광학 진단 시스템의 동작원리는 마이켈슨 간섭계나 마하젠더 간섭계와 같이 CW 광원과 광지연선로를 이용하는 동적인 간섭계와는 다른 정적 간섭계의 원리를 따른다. 정적 간섭계를 파장의 변환을 하나의 검출기로 측정하여 간섭효과를 측정하는 방법으로써 본 시스템의 구성에는 IR 대역에서 발진하는 광대역 파장 변환 광섬유 레이저 (중심파장 - 1.3 um, 파장 반치폭 - 70 nm) 와 광섬유 마하젠더 간섭계를 이용하였다. Q-switched Nd:YAG 레이저(8 ns, 1064 nm)를 이용하여 생체조직 내지는 폴리머등의 가공을 수행하였다. 가공과 동시에 광학 진단 시스템을 이용하여 실시간 단층 이미징 또는 3차원 입체 이미징을 수행함으로써 가공 조건에 민감한 샘플들의 가공 결과의 차이를 시각적으로 평가하는데 이용하고자 하였다. 향후에는 본 연구에서 소개한 광학 진단 이미징 시스템과 레이저 가공 성능 분석이 가능한 분석 프로그램을 연동시킴으로써 단순한 비절개 이미징 뿐만 아니라 가공과 동시에 다각적인 가공 결과 분석을 수행할 수 있는 광학 진단 및 분석 시스템으로 개발하고자 한다.



■ SESSION P2

10월 19일(금), 09:00 - 10:45

장 소: 5층 포이어

**Jp-001** N<sub>2</sub>O분자의 광이온화부분단면적 측정 김 현,

정 양수(충남대학교 물리학과.) N<sub>2</sub>O분자가 광흡수과정에서 생성하는 여러 가지 광이온들의 분기율을 Time of Flight (TOF) chamber를 이용하여 30 nm(41.3 eV)부터 문턱이온화에너지 96.32 nm(12.98 eV)까지 구하였다. 광원은 포항가속기연구소 3B1 NIM beam line의 resolution 0.06 nm인 방사광을 이용하였다. 그리고 분기율과 Double Ion Chamber (DIC)로 구한 광이온화단면적을 이용하여 광이온들의 광이온화부분단면적을 구하였다.

**Jp-002** Three-Setting Bell's Inequality for Two Three-

Dimensional Systems 지 세완, 이 해웅(Department of Physics, KAIST.) We construct a Bell's inequality for bipartite three dimensional (qutrit) systems. We show that this inequality is violated when each observer measures three noncommuting observables on a maximally entangled state of two qutrits.

**Jp-003** 국제 원자시와의 시각 비교를 통한 KRISS-1 광

펄핑 세습 원자 주파수 표준기의 최종 성능 평가 박 영호, 이수형, 박 상언, 유 대혁, 이 호성, 권택용(한국표준과학연구원, 기반기준부.) KRISS-1으로 명명된 광펄핑 세습 원자 주파수 표준기의 성능 평가가 완료 단계에 와 있다. 주파수 표준기의 불확도는 잡음이 포함된 램지 신호로부터 시계전이 주파수를 측정할 때 발생하는 A형 불확도와 여러 주파수 편이를 결정할 때 생기는 B형 불확도로 분류될 수 있다. 신호 잡음에 의해 발생하는 A형 불확도는 주파수 추정값에 대한 알란 편차를 계산함으로써 얻을 수 있는데 KRISS-1의 경우 최저  $7 \times 10^{-15}$ 의 값을 갖는다. B형 불확도는 여러 물리적 요인에 의한 각각의 주파수 편이량들이 얼마나 잘 계산되고 결정되었는지를 나타낸다. 편이 값이 가장 큰 항목은 2차 제만 효과로써 약 4.4 Hz이며 그 다음으로 공진기 양끝 위상차에 의한 편이가 13.3 mHz, 2차 도플러 효과가 -3.4 mHz 등이다. 불확도가 가장 큰 항목은 공진기 양끝 위상차  $7 \times 10^{-15}$ , 광편이  $8 \times 10^{-15}$  등이다. 본 연구에서는 원자 시계의 최종 성능을 확인하기 위해 약 1개월 간 국제 원자시(TAI: International Atomic Time)에 대한 KRISS-1의 주파수 유동을 측정하고 그 결과를 보고한다. 시각 비교를 통해 최종 성능 평가가 완료되어 국제도량형국(BIPM)에 등록되는 경우 KRISS-1은 국제 원자시 생성에 기여하게 된다.

**Jp-004** Comparison of the Dependence of Saturated

Absorption Signals of Rb D<sub>2</sub> line on the Beam diameter and the Intensity 문 겐, DO Huy Diep, 노 흥렬(전남대, 물리학과.) We measured the SAS spectra by varying the diameter and the intensity of the pump beam. In most cases, two effects give the similar spectra in our theoretical model, but we could find the difference of the SAS signal for the  $F_g=2 \rightarrow F_c=3$  closed transition line. As opposed to the theoretical outcomes, it is observed the discrepancy between the relative amplitudes of the transmission signals by the effects of the pump beam diameter and the intensity on the other transition

lines as well as the  $F_g=2 \rightarrow F_c=3$  closed transition line.

**Jp-005** Polarization spectroscopy of rubidium atoms:

Theory and Experiment DO Huy Diep, 문 겐, 노 흥렬(전남대, 물리학과.) We present experimental and theoretical study on polarization spectroscopy (PS) of rubidium. The laser-induced birefringence is observed by using linearly polarized probe beam and circularly polarized pump beam. And we also develop a theoretical calculation of PS spectral based on the rate equation model. All the populations of the magnetic sublevels are calculated from the rate equations, and used in the calculation of the polarization spectra. Using this model, we generate theoretical line shapes to make predictions about the general form of the polarization spectral of the D2 transitions in Rubidium. By comparing theoretical and experiment spectra, we see the high agreement in our calculations and experiment data.

**Jp-006** Quantum-to-Classical transition with sequential

photon-added and photon-subtracted states of light LEE Su-Yong, PARK Jiyong, OOI Raymond, LEE Hai-Woong(Physics Department, KAIST.) Photon-added thermal and coherent states are known to be nonclassical but the corresponding photon-subtracted states are classical. Quantum-to-Classical transition is found when applying sequential photon-added and photon-subtracted operations on coherent and thermal states. It is shown by Wigner distribution, Mandel-Q factor, P-representation, Squeezing, and examined by simple quantum dynamics of an atom.

**Jp-007** 이-전자 원자의 광이온화에 대한 준고전적 이

론을 위한 공식들 최 낙렬, 이 민호(금오공대 자연과학부.) 이-전자 원자의 광이온화 단면적은, 최종에너지가 두 개의 전자 모두 핵으로부터 떨어져 나갈 수 있는 에너지에 이르기 전까지는, 수많은 이종여기상태들에 의한 공명에 의해 심한 요동을 보인다. 이 요동현상을 이해하고 또 광이온화 단면적을 효과적으로 정확하게 계산하기 위해, 광이온화의 공명 과정이 자연스럽게 표현되는 광이온화 단면적 공식을 유도한다. 외부장에 놓인 일-전자 원자의 광이온화 단면적의 경우를 위해 기존에 제시되었던 공식과 겹보기 모양은 같으나, 우리의 공식들은 제1원리로부터 총단면적 및 부분 단면적 모두 엄밀하고 정확하게 유도된 것이다. 이 공식들을 사용함으로써, 광이온화의 준고전적 이론을 쉽게 정립할 수 있다.

**Jp-008** Atomic clock based on coherent population trap-

ping with amplified optical frequency comb 김 역봉, 박 상언, 박창용, 이 원규, 유 대혁(한국표준과학연구원.) A microwave frequency standard based on coherent population trapping (CPT) in cesium vapor cell will be present. The CPT resonances are detected by amplified coherent multi-frequency source from a mode-locked femtosecond laser with anti-reflected diode laser. The repetition rate frequency and carrier-envelope offset frequency of mode-locked femtosecond laser is stabilized to the CPT resonance signal.

**Jp-009** 임의의 2큐빗 상태를 전송할 수 있는 양자상태

들 및 이들의 분류 안 상용, 장 진호, 권영현(한양대학교, 응용

P2

포  
스  
터  
세  
션

물리학파.) 임의의 2 큐비트 상태를 전송하기 위하여 Zha와 Song(quant-ph/0701146)이 제안한 방법을 이용하여 4큐비트 표준기저들 중 양자전송이 가능한 상태를 조사하였다. 또한, 이 상태들을 6가지의 정규직교화 된 그룹으로 분류하고, 각각의 그룹들 사이의 변환가능성을 조사하였다.

**Jp-010** **두 모드 비고전적 빛의 얽힘성** 김 영철, 신 성국<sup>1</sup>, 김 기식<sup>1</sup>(<sup>1</sup>선문대학교, 신소재과학과, <sup>1</sup>인하대학교, 물리학과.) 두 부분으로 구성된 양자 시스템의 구체적인 예로 두 모드 빛을 생각하여 비고전성과 얽힘성의 관계를 조사하였다. 결맞음 상태 표현에서 도입된 준확률 밀도함수를 사용하여, 총 에너지가 보존되는 두 모드의 하나스러운 변환에 대하여 비고전성과 얽힘성의 맞교환 가능성을 보았으며, 이를 살다발 가르개의 두 모드 입출력 빛을 통하여 확인하였다. 아울러, 입력 빛이 얽혀 있지 않은 경우, 입력 빛의 비고전성은 출력 빛의 얽힘성에 대한 필요 조건임을 도출하였다. 두 모드의 결과가 어떻게 두 개 이상의 모드로 확장될 수 있는가를 논의하고, 비고전성과 얽힘성의 맞교환이 갖는 물리적

의미를 모색하였다.

**Jp-011** **거울을 이용한 Rb 원자의 광자기포획 및 포획 원자수의 증대** 김 중복, 이 립, 이 경현, 정 민이, 김 민경(한국교원대학교 물리교육과.) 우리는 6개의 빔과 한 쌍의 헬름홀츠 코일을 사용하는 전통적인 중성원자의 광자기포획(MOT; Magneto-Optical Trap) 장치와, 변형된 형태로서 거울을 이용하는 Mirror MOT 장치를 각각 개발하였다. Mirror MOT 장치는 거울로 향하는 광과 거울에서 반사된 광이 서로 쌍을 이루으로써 거울표면 근처에서 원자를 냉각시키는 방법으로써 장치가 비교적 간단하여 시스템의 소형화가 가능하다. 그러나 이 방법은 냉각가능한 기하학적 영역이 상대적으로 작고 반사광의 편광이 완전히 유지되지 못하는 단점이 있다. 본 연구에서 우리는 일반적으로 잘 알려진 형태의 Mirror MOT 장치를 변형하여 원자가 냉각되는 영역을 극대화하였으며, LIAD (Light Induced Atomic Desorption) 기법을 이용하여 포획된 원자수를 증대하는 방법을 연구하였다.



■ SESSION P2

10월 19일(금), 09:00 - 10:45

장 소: 5층 포이어

**Lp-001 Second-order perturbations and Cardassian cosmology** SEONG Yeonkyeong, PYUN Jayoung, HONG Jooyoo (*Department of Applied Physics, Hanyang University at Ansan.*) Since the universe is endowed with small irregularities at all kinds of different length scales, they constitute a portion, though expected to be rather small, of energy density and pressure of the universe, and thereby can affect the overall expansion rate of the universe. In the companion work to be presented in the present KPS meeting we are to show how to calculate the spatially averaged irregularities in quantities like energy density and pressure up to second order of general-relativistic perturbation theory. We apply the results to consider the effects of irregularities on the expansion rate of the universe in some recent cosmological models like Cardassian model and Chaplygin model with unusual equations of state. We discuss the constraints on the parameters of these models in regard to the growth of irregularities as the universe expands.

**Lp-002 Evolution of Spatially Averaged Energy Density and Pressure in FRW Cosmology** PYUN Jayoung, SEONG Yeonkyeong, HONG Jooyoo (*Hanyang University at Ansan, Department of Applied Physics.*) Our universe, though homogeneous and isotropic globally, is filled with irregularities. The shape of these irregularities varies with time as the universe expands. It is a very complicated job to follow the evolution of small fluctuations within the general relativistic framework beyond first-order approximations. Instead we present a way to extract the changes in time of spatially averaged quantities such as energy density and pressure up to second order. Radiative modes and compressional modes are dealt with separately. We discuss the implication of the results in the context of Friedmann-Robertson-Walker cosmology.

**Lp-003 Monitoring of Microquasar in Active State** KIM Jeong-Sook, KIM Soon-Wook<sup>1</sup> (*Kyunghee University, Department of Astronomy and Space Science.* <sup>1</sup>*Korea Astronomy and Space Science Institute.*) X-ray binaries with relativistic jet ejections are called microquasars. Special multi-component telescopes are necessary to observe such relativistic objects. We have monitored microquasars for a few years. We found a microquasar recently flared up, and caught its flaring state. The preliminary result of data analysis for such radio flares are presented.

**Lp-004 Observation of Supermassive Black hole: Transition to Unstable State** KIM Soon-Wook, KIM Jeong-Sook<sup>1</sup> (*Korea Astronomy and Space Science Institute.* <sup>1</sup>*Kyunghee University, Department of Astronomy and Space Science.*) In galaxies, supermassive black holes, more than a million solar mass, are believed to reside at their centers. Special observing tools are required to probe supermassive black holes. We here present observations of supermassive black holes. We found a supermassive black hole recently changed its

state from a dormant to active state. The analyzed result of data is presented.

**Lp-005 격변변광성과 확률적 증력파동 배경** 송 두중 (*한국천문연구원.*) Ritter & Kolb (2006)가 만든 격변변광성(CV) 관측 목록에 실린 647개의 CV 자료를 바탕으로 하여 선택적인 CV의 궤도주기 분포, 질량-주기 분포, 질량 분포 및 질량비 분포를 살펴보았다. 이를 바탕으로 하고, 또 CV가 영상 CV(zero-age CV)의 장기간에 걸친 진화로 궤도주기가 변화하였다고 가정하여 CV가 기여하는 확률적 증력파동 배경(SGWB)을 평가하고, 이것을 궤도주기의 스펙트럼으로 표현하였다.

**Lp-006 Spectral Broadening of Radiation from Polar-Cap of Relativistic Collapsing Objects** KIM Kyungmin, LEE Hyun Kyu (*Hanyang University.*) We consider light curves and the spectral broadening of the radiation emitted during a finite interval of time from polar-cap region of the surface of a spherically symmetric collapsing object. We study a simplified model of monochromatic radiations. We discuss how the form of light curves and spectral broadenings is affected by size of polar-cap.

**Lp-007 Design of Trigger Electronics for JEM-EUSO Telescope at ISS** 정 애라, 김 지은, 나 고은, 남 신우, 박 일홍, 박 재형, 오 세지, 정 수민, 정 태신 (*이화 여자 대학교.*) JEM-EUSO is a space mission devoted to the exploration of the origin and propagation of Ultra High Energy Cosmic Rays(UHECRs) above GZK-cut-off, the detection of neutrinos by horizontal and upward going air showers, and the observation of the atmospheric luminescence, such as high altitude lightning, air glow, or meteors. The instrument of the telescope has 2.5 m diameter double Fresnel lenses optics, the focal plane detector with 300,000 pixels, and the readout electronics, that will be installed at the Japanese Experimental Module in the International Space Station (ISS). It provides a large field of view of 60 degrees covering 400Km diameter circle in the dark side of the Earth. The telescope requires a fast trigger system that should be very effective for the observation of small number of UV photons generated along the track of extensive air shower of an UHECR against a variety of backgrounds. We are developing the trigger system of JEM-EUSO. We will present the track trigger algorithm and the present status and future plan.

**Lp-008 Linearized Stability Analysis of the AdS Soliton Spacetime** OH Changheon, KANG Gungwon<sup>1</sup> (*Hanyang Univ.* <sup>1</sup>*KISTI (Korea Institute of Science and Technology Information).*) The AdS soliton spacetime is a vacuum static solution of five-dimensional Einstein equations with negative cosmological constant. It is asymptotically AdS and regular everywhere without having any curvature singularity or an event horizon inside. Recently, Horowitz and Myers conjectured that this spacetime is the ground state among all spacetime solutions which are asymptotically AdS. In order for such conjecture to be valid the spacetime should be stable under small perturbations. We have investigated this issue by studying linearized perturbation analysis. Our results show that there are

no unstable modes in s-wave. Also we study the numerical analysis without any approximation.

**Lp-009 홀로그래픽 암흑에너지의 불안정성 연구** 김 경이, 이 형원, 명 연수(인제대학교 컴퓨터응용과학과 & 수리과학 연구소) 현 우주는 가속 팽창을 하고 있으며, 이를 위해서는 음의 압력을 가져야 한다. 이것을 설명하기 위한 모델중에서 최근에 암흑물질과 홀로그래픽 암흑에너지 사이의 상호작용에 의하여 우주의 가속 팽창을 이끌어내는 모델이 연구되어졌다. 여기에 다크 에너지가 우세한 우주에 대해서 홀로그래픽 다크에너지의 선형 섭동을 고려하여 안정성 혹은 불안정성을 본다. 이를 위하여 살펴 볼수 있는 중요한 양으로 제곱속도를 들 수 있다. 만약 이 양의 부호가 음이면 주어진 섭동에 관하여 불안정성을 의미한다. 이를 통하여 홀로그래픽 다크에너지가 우세한 우주의 진화가 안정한지 불안정한지를 알아본다.

**Lp-010 Structures of Rapidly Rotating Stars** KIM Jinho, KIM Hee Il, LEE Hyung Mok(Department of Physics and Astronomy, FPRD, Seoul National University.) Using Hachisu's self-consistent-field (SCF) technique, we construct equilibrium structures of self-gravitating, axis-symmetric spheroidal and toroidal shape stars. The polytropic equation of states are used in this calculation. We have found the sequence of the spheroidal and toroidal equilibrium structures, and investigated the secular instability of rotating stars.

**Lp-011 Optics Simulations of MEMS space telescope for observation of Extreme Lightning Phenomena** ARTIKOVA S., 김 지은, 나 고운, 전 진아, 오 세지, 정 수민, 남 신우, 양 종만, 이 직, 박 재형, 박 일홍, 정 애라, 박 용선<sup>1</sup>, 유 형준<sup>1</sup>, 유 병욱<sup>1</sup>, 김 민수<sup>1</sup>, 진 주영<sup>1</sup>, 김 용권<sup>1</sup>, KHRENOV B.<sup>2</sup>, GARIPOV G.<sup>2</sup>, KLIMOV P.<sup>2</sup> (이화여자대학교, <sup>1</sup>서울대학교, <sup>2</sup>모스크바대학교) Two spaceborne experiments are in preparation - Korean Astronaut Mems Space Telescope (KAMTEL) and Mems Telescope for Extreme Lightning (MTEL) which are designed to study the origin of the upper atmospheric electric discharges, called transient luminous events (TLE). We present simulation results of the telescope optics, determining the optimized parameters of telescopes in pinhole type for the effective triggering of events with the conditions of the orbit

altitude of the telescopes.

**Lp-012 Numerical Simulations of Q-balls** PARK Dongho(서울대 물리천문학부) We investigate the dynamics of Q-balls using numerical simulations. The simulations are performed in one and two spatial dimensions on various configurations. Then we try to explain the cosmological implications of the simulation results.

**Lp-013 A Stand-alone Detection Systems for High Energy Electrons and Positrons in Space** KIM Kyung Sook, LEE Man Woo, COMMICHAU Volker<sup>1</sup>, ROESER Ulf<sup>1</sup>, VIERTEL Gert M.<sup>1</sup>, KIM Guinyun, SON Dongchul, YANG Jongmann<sup>2</sup>(School of Physics and Energy Science, Kyungpook National University. <sup>1</sup>Labor für Hochenergiephysik, ETH-Zürich. <sup>2</sup>Department of Physics, Ewha Womans University.) To study high energy cosmic ray electrons and positrons up to several tens of TeV, an indirect measurement based on a synchrotron radiation detector (SRD) in space is proposed. This device detects the synchrotron radiation photons emitted by the charged high energy particles in Earth magnetic field. A prototype of the experiment (PSRD), flown on board of a NASA Space Shuttle in 2001, has already demonstrated its feasibility. For a stand-alone experiment in space, the SRD combined with a new type of a Transition Radiation Detector (TRD) as a trigger device has been suggested. Based on a first design study, the SRD will consist of 1600 individual X-ray detection cells, each cell comprising a 3 cm wide scintillating crystal cube and a photomultiplier. The proposed TRD will satisfy the requirements of minimal weight, low power consumption and negligible impact on the SRD by backscattered particles. In addition the large proton background could be suppressed by the TRD. To simplify the trigger system, the TRD consists of a single layer of radiator material, read out by a thin scintillator crystal-PMT configuration, which replaces the commonly used gas chambers as a standard readout. This report presents the feasibility studies of the proposed TRD, using a GEANT4 Monte Carlo simulation, and the TRD prototype device prepared for a particle beam test.

■ SESSION P3

10월 19일(금), 13:00 - 14:45

장 소: 5층 포이어

**Gp-001 북의 진동모드를 이용한 전자의 확률밀도에 관한 고찰** 김 지향, 박 지은, 정 금화, 김 성부<sup>1</sup>(부경대학교 교육대학원, 물리교육전공. <sup>1</sup>부경대학교, 물리학과.) 현재 고등학교 물리 II 와 화학 II 에서 소개되는 원자모형은 Bohr의 원자모델과 현대 양자론에 기반한 모델 두 가지로 설명되고 있다. Bohr의 원자모형은 핵 주위를 원운동 하는 전자의 원둘레가 물질과 파장의 정수배일 때로 제한된다고 가정함으로써 전자의 양자화된 에너지 상태와 전자의 회전반경 등을 쉽게 유도할 수 있다. 그리고 여기에 대한 모형실험은 줄 위에서 정사파를 만들어 원형으로 만듦으로써 가능하다. 그러나 현대 양자론에서는 Schrödinger의 파동방정식을 이용한 3차원적인 파동함수  $\Psi(r, \theta, \phi)$ 를 구해서 에너지 상태를 구하고, 이것으로부터 확률밀도  $\Psi^*\Psi$ 를 구해 원자내의 전자가 존재할 확률을 구할 수 있다. 그러나  $\Psi^*\Psi$ 가 왜 전자를 발견할 확률밀도인지에 대한 개념적 설명이 쉽지 않았다. 본 논문에서는 원형 북의 진동면에 생기는 모드를 이용해 학생들에게 1s, 2s, 2p, ... 등과 같은 원자의 양자상태(물론 에너지 상태는 진동모드와는 서로 다르다)를 시각적으로 보여줄 수 있을 뿐만 아니라 진동모드의 진폭이 가장 큰 지점에 진동자가 있을 때 그 모드가 가장 빨리 형성되고, 마디 지점에 있을 때는 그 모드가 형성되지 않음을 보임으로써 확률밀도에 관한 모형적 실험 장치로 가능성을 확인하였다.

**Gp-002 The dynamical behaviors of an anemoscope for a constant wind** 배 새벽, 모 도영<sup>1</sup>(KAIST, 과학영재교육연구원. <sup>1</sup>KAIST, 물리학과(학부생).) Since an anemoscope showing the direction of a wind is familiar and interesting, it can be a pedagogically acceptable subject. Thus, we study the motions of the anemoscope by building a plausible model. In the model, the anemoscope is approximated to a rigid body of two wings rotating about a vertical axis, and the torque by the wind is derived by the discrete viewpoint of fluid. Because the rotational equation is complicated and nonlinear, we apply the geometrical method frequently used in chaos theory to extract the qualitative features. With respect to a constant wind, there are two fixed points of the parallel configuration (i.e., the saddle point) and the anti-parallel configuration (i.e., the stable point). Around the anti-parallel configuration, the anemoscope behaves like a damped harmonic oscillator. It can be interesting that there exists the energy dissipation mechanism for both the configurations even in the absence of the frictional force from, e.g., the rotational axis. In addition, according to the argument using the phase portrait, it seems natural that there is no periodic solution. Finally, due to the consistency with ordinary experiences on the motions of real-world anemoscopes, it can be concluded that the model is an acceptable approximation.

**Gp-003 Nonlinear geometrical analysis of human blood glucose** 배 새벽, 강 병민<sup>1</sup>(KAIST, 과학영재교육연구원. <sup>1</sup>한국과학영재학교(재학생).) Although most of real-life problems like the motions of wind and water are hard or impossible to solve due to the intrinsic nonlinearity, the geometrical method has been a useful tool for studying the qualitative features (e.g., the long-term be-

havior and stability) of motions. Due to its wide scope of application, the method can be physics-educationally valuable. Therefore, we try to apply the valuable method to the famous minimal model of human blood glucose, which has two merits of (1) the simplicity of only one nonlinear term, and (2) the topical importance caused by the growing threat of diabetes. In the model possessing a unique fixed point, the time evolution excludes any periodic solution due to its area-contracting nature. In a nonlinear extension of the minimal model, there occur two types of bifurcations, related to the changes in the number and/or the stability of fixed points.

**Gp-004 간단한 분광기의 제작방법과 이를 활용한 다양한 광원의 스펙트럼 측정** 김 규현, 이 진규, 문 선화, 김 승철(한성과학고등학교.) 어떤 물체에서 나온 빛의 스펙트럼을 분석하는 것은 그 물체와 직접 접촉하지 않고 물체에 대한 정보를 얻을 수 있는 아주 유용한 방법이다. 예를 들어 태양에 직접 가보지 않고도 수소와 헬륨으로 이루어져 있음을 알고 있으며, 태양계의 다른 행성들의 대기 성분도 알아낼 수 있다. 그리고 스펙트럼 분석을 통해 파장별 광도 그래프를 구하면 물체의 온도까지도 알아낼 수 있다. 본 연구에서는 주위에서 쉽게 구할 수 있는 도구를 활용해서 분해능이 좋은 분광기를 제작하여 제작된 분광기의 분해능을 측정하였다. 또한 이를 이용하여 태양, 달, 형광등, 수은등, 나트륨 등 등의 다양한 광원의 스펙트럼을 비교분석하였다. 특히 태양광과 달빛의 스펙트럼을 비교분석하여 태양빛이 달 표면에서 반사하는 과정에서 나타나는 현상에 대한 시사점을 도출하였다. ※ 2007년 과학고영재교육내실화지원사업(R&E 프로그램사업: 가시광선 영역의 새로운 Spectrum 분석 시스템의 개발과 적용)의 지원을 받은 연구입니다.

**Gp-005 레이저를 이용한 다양한 액체 매질의 점성도 분석** 김 석원, 신 동혁<sup>1</sup>(울산대, 물리학과. <sup>1</sup>학성중.) 물결과에 의한 간섭 실험은 고등학교 파동 단원에서 다루어지고 있으며 기본적인 간섭원리를 알아보는 실험이다. 그러나 파장과 진폭이  $\sim 10^{-3}$ m 정도의 액체 표면탄성파는 육안으로 관찰하기 어렵고 사진으로 찍기도 어렵다. 이에 대한 방안으로 레이저광(He-Ne 632.8nm)을 액체 표면에 입사시켜 그 회절무늬를 스크린을 통해 관찰하면 표면탄성파와 액체 매질의 특성을 분석할 수 있다. 본 실험에서는 스피커에 지름 2mm인 carbon막대 진동자 2개를 부착하여 액체표면에 수직진동을 주었다. 2개의 진동자에 의해 만들어진 표면탄성파는 위상 및 진동수가 같고 보강-상쇄간섭이 일어나며 액체 표면에 레이저빔을 입사시켜 그 회절무늬를 관찰하였다. 표면탄성파의 진폭이 감쇠되는 현상을 이용하여 실험적으로 관찰된 진폭을 측정하여 아세트, 물, 에탄올, oil, 글리세린 등의 액체 매질의 점성도를 고찰해보았다.

**Gp-006 마이켈슨 간섭계를 이용한 복합 진동계의 특성 분석** 김 석원, 정 재훈<sup>1</sup>(울산대학교, 물리학과. <sup>1</sup>천상중학교.) 마이켈슨 간섭계는 빛의 파장의 정밀한 측정을 비롯해서 미소구간의 변위나 운동 속도를 연구하는데 많이 활용되어 왔다. 스피커는 우리 생활 주변에서 쉽게 이용되고 있는 진동계로서 스피커의 소리는 전자기력을 이용한 강제 진동의 결과이다. 스피커 진동계는 미소 구간의 진폭(수μm)을 가짐으로 인하여 그 현상을 가시화하기 어렵지만 마이켈슨 간섭계를 이용하면 미소 구간의 진폭을 효율적으로 측정할 수 있다. 본 실험에서는 두 개의 스피커 dust cap에 각각 거울을 부착하여 632.8nm 파장의 He-Ne 레이저를 이

P3

포  
스  
터  
세  
션

용한 마이켈슨 간섭계를 구성하였다. 스피커를 함수 발생기에 연결하여 정현파를 입력하여 복합 진동계에 의한 간섭무늬를 관찰하였다. 이 때 스피커 진동의 1주기 동안 간섭무늬의 이동수를 측정하여 두 개의 스피커에 대한 배 공명 진동수를 찾고 복합 진동계의 특성을 분석하였다. 실험결과는 학생들의 간섭현상과 진동에 대한 역학적 개념의 학습에 활용될 것으로 예상된다.

**Gp-007 PBI(Physics By Inquiry)에 의한 물리 탐구수업에  
서의 학생들의 몰입정도** KIM Soo Kyoung, KIM Jung Bog<sup>1</sup>(부산 동현중학교, <sup>1</sup>한국교원대학교, 물리학과.) 본 연구에서는 PBI(Physics By Inquiry)에 의한 빛 관련 탐구수업에서 학생들의 몰입정도를 살펴보았다. PBI에 의한 탐구수업은 먼저 pretest를 통해 학생들의 선개념을 조사하고, 이와 함께 학생들이 pretest를 해결해 나가는 과정에서 문제 상황을 도입하고 갈등을 일으킬 수 있도록 한다. 다음으로 본 수업에 들어가는는 문제 상황이 주어졌을 때 먼저 소집단 토론을 통해 예상을 하게 한 후 실험을 통해서 결과를 확인하고 그 결과와 예상과 차이가 있을 경우 그것에 관해 토론을 함으로써 과학자적 개념을 굳힐 수 있도록 한다. 이 과정에서 학생들은 흥미를 가지고 차츰 몰입할 수 있도록 구성되어 있다. 따라서 본 연구에서는 pretest를 하기 전, 후, 그리고 수업 후 학생들의 몰입정도를 검사지와 인터뷰를 통해 살펴보았다.

**Gp-008 액체의 표면탄성파에 의한 레이저빔의 회절에  
관한 연구.** 김 석원, 이 상택, 최 병민(울산대, 물리학과.) 액체 표면탄성파의 여러 특성을 알아보기 위하여 탄성파를 생성시킨 액체의 표면에 레이저빔을 입사시켜 회절된 무늬를 분석하는 실험을 수행하였다. 진동발생기에 의해 구동되는 작은 스피커에 부착된 긴 금속 막대의 수직 진동으로 표면탄성파를 만들었다. 전압을 증가시키면서 회절 무늬의 빛의 세기와 표면탄성파의 진폭과의 관계를 관찰하였다. 여러 차수의 회절 무늬의 밝은 점이 사라지는 전압을 측정하여 베셀함수의 영점을 실험적으로 찾을 수 있었다. 또한 액체 매질의 표면장력과 표면탄성파의 파장을 측정하였다. 순수한 물의 표면장력은  $7.0 \times 10^{-2}$  (N/m)이었고, 30% 에틸렌글리콜 수용액의 표면장력은  $5.5 \times 10^{-2}$  (N/m)이었다. 순수한 물에서 표면탄성파의 파장은  $1.7 \times 10^{-3}$  (m)이었고, 30% 에틸렌글리콜 수용액에서 표면탄성파의 파장은  $1.9 \times 10^{-3}$  (m)이었다. 본 실험을 통하여 미세한 표면탄성파와 액체매질의 특성들을 레이저 회절 현상을 이용하여 알아볼 수 있었다.

**Gp-009 여러가지 형태의 축전기에서 정량 및 정성적 정  
전기 실험** 이 정숙, 홍 명수, 김 규환, 김 중복(한국교원대학교, 물리교육과.) 우리 주변에서 쉽게 구할 수 있는 금속 재료들을 이용하여 여러 가지 형태의 축전기를 만들고 이들의 배열을 달리 함에 따른 전기 용량의 변화를 측정하였다. 전압을 알고 있는 고전압 전원 장치를 이용하여 축전기에 충전시킨 후에 전하량 센서를 이용하여 전하량을 측정함으로써 축전기의 용량을 구할 수 있었다. 금속 재료의 배열을 다르게 함으로써 용량이 달라짐을 알 수 있었다. 전기 용량을 구한 후에 에보나이트나 풍선과 같은 재료를 마찰시켜 축전기를 대전시키므로써 이들의 전압을 예상할 수 있었다. 또한, 정성적인 실험에 유용한 Morse 등 (Phys. Teach. 44, 498(2006))에 의해 발표된 전하 센서를 이용한 정전기 학습 자료에 나타난 오류에 대하여도 논할 예정이다.

**Gp-010 지식 신념들을 이용한 물리 강의 분석: 'The**

**Feynman Lectures on Physics'를 중심으로** 김 지원, 이 경호(서울대학교 물리교육과.) '물리학을 잘 가르친다는 것'은 매우 어려운 일이다. 왜냐하면 그것은 새로운 지식의 전달뿐만 아니라 자연을 사랑하고 자연으로 다가가는 과학자의 관찰방법과 사고방식까지도 가르쳐야 하는 일이기 때문이다. 또한 이러한 가르침은 학생의 수준에서 이해될 수 있는 것이어야 하기에 우리 주변에서 '물리학을 잘 가르치는 사례'는 쉽게 찾아보기 어렵다. 현재 문제되고 있는 '물리교육의 위기'는 '물리학을 잘 가르치는 것'에 관하여 교육이론중심의 교수방법이나 물리내용중심의 교수방법이 효과적이지 못하다는 것을 대변한다. 따라서 현 시점에서 구체적으로 '물리학을 잘 가르치는 사례'를 찾고 분석하는 것은 이러한 문제의 돌파구를 여는 중요한 계기를 마련해 줄 수 있을 것이다. 그런데 기존의 연구 중에서는 우수한 물리학 강의를 구체적으로 분석한 예가 드물고, 강의를 분석할 수 있는 체계적인 틀 역시 찾아보기 힘들다. 본 연구자는 Feynman의 강의가 이미 국내외에서 우수한 물리 강의로 정평이 나 있으며 그 강의가 'The Feynman Lectures on Physics'라는 교재로 기술되어 있다는 점에 주목하였고, 또한 지식 신념들[1]이 강의를 분석할 수 있는 하나의 체계적인 틀이 될 수 있다고 판단하였다. 따라서 본 연구에서는 지식 신념들을 이용하여 'The Feynman Lectures on Physics'를 구조적으로 분석할 수 있는 방안을 탐색하고자 하였다. 먼저 지식 신념들에 대한 이론적인 검토를 하였고, 강의 분석에 필요한 구체적인 요소를 추가하여 강의 분석 도구로서의 지식 신념들을 정교화 하였다. 다음으로 이 틀을 이용하여 교재의 한 단원인 'Chapter 7. The Theory of Gravitation'을 분석하였고, 이러한 분석 과정을 구체적으로 정리하여 물리 강의 분석의 매뉴얼로 구성하였다. 이상의 연구를 통하여 지식 신념들에서 고려하고 있는 다양한 지식요소와 신념, 그리고 환경의 측면에서 강의를 구조적으로 분석할 수 있었다.

[1] Gyoungho Lee, SAEMULLI 54, 286-291 (2007)

\*이 연구는 2006년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (KRF-2006-321-B00135)

**Gp-011 PLS 알고리즘을 이용한 가시광선 영역의 스펙  
트럼 분석을 통한 영재 실험 교육 방안** 강 다현, 신 광문, 이 성목(서울대학교 물리교육과.) 본 연구에서는 비파괴 계란 검사, 비침투 혈당 측정, 육류의 저장 시간 등 일상 속의 소재나 의료 관련 소재에서도 활발한 측정과 연구가 이루어지고 있는 분광분석법을 물리교육에 접목시킬 수 있는 실험과제를 구성하고 이를 고등학교 영재 학생들에게 적용해보았다. 색판을 찍어 다른 종류의 프린터에서 출력한 후 주성분을 찾는 활동을 통해 PCA(주성분 분석)의 의미에 대해 알아보고, 수학적 예시를 통해 PLS(Partial Least Square)의 자료 처리 방법에 대해 익힌 후, 이를 활용할 수 있는 실험으로 잉크의 농도에 따른 가시광선 영역의 스펙트럼을 분석하여 PLS 알고리즘을 이용하여 잉크의 농도를 추정할 수 있는 회귀분석을 수행하였다. 또한, RGB의 비율을 달리한 색판의 가시광선 스펙트럼을 분석하고 PLS를 이용하여 임의의 색의 RGB의 비율을 찾아보는 실험도 하였다. 이를 통해 학생들은 분광기의 작동 원리와 관련하여 광학에서 현대물리, 양자역학의 에너지 띠 이론에 이르는 전공 수준의 물리 내용을 학습하고 실험을 통해 직접 확인할 수 있었다. 또한, 실험을 통해 얻은 방대한 양의 자료를 PLS 알고리즘을 사용하여 분석함으로써 학생들이 컴퓨터를 이용한 자료 처리 능력을 키울 수 있었다. 더 나아가 본 연구에서의 이론을 바탕으로 학생들 스스로 측정 소재를 찾아내어 실험을 설계하고 자료를 분석할 수 있는 학생 주도적 연구를 수행할 수 있다.