

구두발표논문 초록

■ SESSION: B [BG1]

10월 23일(목), 12:30 - 13:45

장 소: 208호

B-01(초) Is there new physics puzzle in $B \rightarrow K \pi$ decays?

김 충선, 오 세철¹, 윤 여웅(연세대학교, 물리학과. ¹대만대학교, 물리학과.) We present a systematic method to extract each standard model (SM)-like hadronic parameter as well as new physics parameters in analytic way for $B \rightarrow K \pi$ decays. Using the analytic method to the currently available experimental data, we find two possible solutions analytically equivalent: one showing the large SM-like color-suppressed tree contribution and the other showing the large SM-like electroweak penguin contribution. The magnitude of the new physics (NP) amplitude and its weak phase are quite large. For instance, we find $|P^{\text{NP}}/P| = 0.39 \pm 0.13$, $|\phi^{\text{NP}}| = 91^\circ \pm 15^\circ$ and $|\delta^{\text{NP}}| = 8^\circ \pm 27^\circ$, which are the ratio of the NP-to-SM contribution, the weak and the relative strong phase of the NP amplitude, respectively.

B-02 Order- α_s corrections to the quarkonium electromagnetic current at all orders in the heavy-quark velocity

BODWIN Geoffrey T., CHUNG Hee Sok¹, LEE Jungil¹, YU Chaehyun¹(*High Energy Physics Division, Argonne National Laboratory. ¹Department of Physics, Korea University.*) We compute in order α_s the nonrelativistic QCD (NRQCD) short-distance coefficients that match quark-antiquark operators of all orders in the heavy-quark velocity v to the electromagnetic current. We employ a new method to compute the one-loop NRQCD contribution to the matching condition. Our results show that, under a mild constraint on the NRQCD operator matrix elements, the NRQCD velocity expansion for the quark-antiquark-operator contributions to the electromagnetic current converges.

B-03 Exclusive heavy quarkonium + γ production from $e^+ e^-$ annihilation into a virtual photon

CHUNG Hee Sok, LEE Jungil, YU Chaehyun(*Korea University.*) We compute the cross section for exclusive production of a photon associated with a heavy quarkonium H of charge-conjugation parity $C=+1$ from $e^+ e^-$ annihilation into a virtual photon at the center-of-momentum energy $\sqrt{s}=10.58$ GeV in the NRQCD factorization approach. A rough estimate of the background reveals that the signal significances for charmonium processes are sufficiently large enough to be detected with ease with the integrated luminosities available at the present B factories.

B-04 Phenomenology of the Charged Higgs Boson in the LR Model

LEE Kang Young, JUNG Dong-Won¹(*Department of Physics, Korea University. ¹Department of Physics, National Central University, Taiwan.*) We study the phenomenology of the charged Higgs boson of the left-right symmetric model. We explore constraints on the charged Higgs sector in the from the present ex-

perimental data. Due to the different Yukawa structure, the allowed parameter space of the charged Higgs boson in the LR model is different from that in the two Higgs doublet model. We also study the production of the charged Higgs boson at the LHC. It is shown that there exists a lower bound of the cross section. We investigate that predicted cross sections of this model are generally larger than those of the two Higgs doublet model or the minimal supersymmetric model.

■ SESSION: B [BG2]

10월 23일(목), 14:30 - 15:45

장 소: 206호

B-05 Holographic Monopole Catalysis of Baryon Decay

PARK Cheonsoo, HONG Deog Ki, LEE Ki-Myeong¹, YEE Ho-Ung²(*부산대학교, 물리학과. ¹고등과학원. ²ICTP.*) We study how monopole catalysis of baryon decay is realized in holographic QCD. Physics of monopole catalysis becomes much simpler in holographic description as it occurs due to the violation of the Bianchi identity for the 5D gauge symmetry when magnetic monopole is present. In holographic QCD we find a unified picture of the baryon number violation under magnetic monopole or electroweak sphaleron, giving a new mechanism of baryon number violation. We also embed our set-up in the string theory model by Sakai and Sugimoto.

B-06 Theory of multiple M2-branes on orbifolds

김 나우(*경희대학교 이과대학 물리학과.*) Recently a three dimensional conformal field theory action has been proposed by Bagger and Lambert as a description of multiple M2-branes. The following investigations revealed that the theory in fact concerns M2-branes on supersymmetric orbifolds, rather than a trivial background. The theory has gauge invariance but Chern-Simons terms rather than ordinary Yang-Mills type term, and the order of orbifold group is given as the level of Chern-Simons theory rather than the matter content. Here we discuss the general procedure to take orbifold reduction of the Bagger-Lambert theory, and discuss the vacuum moduli space of the resulting actions.

B-07 The Possible Types of a Vacuum Bubble and a Domain-wall-like Solution

LEE Wonwoo, LEE Bum-Hoon¹(*Center for Quantum Spacetime, Sogang University. ¹Department of Physics and Center for Quantum Spacetime, Sogang University.*) We study the possible types of a vacuum bubble within the de Sitter background. In this work, we make use of the thin-wall approximation and extend Parke's results. We discuss a domain-wall-like solution.

B-08 Noncommutative BTZ Black Hole in Polar Coordinates

이 대호, 이 창영, 이 영원¹(*세종대학교, 물리학과. ¹대전대학교, 물리학과.*) Based on the equivalence between three dimensional gravity and Chern-Simons theory, we obtain a non-

commutative BTZ black hole solution as a solution of $U(1, 1) \times U(1, 1)$ noncommutative Chern-Simons theory using the Seiberg-Witten map. The Seiberg-Witten map is carried out in a noncommutative polar coordinates whose commutation relation is equivalent to the usual canonical commutation relation in the rectangular coordinates up to linear order in the noncommutativity parameter θ . The solution exhibits a characteristic of noncommutative polar coordinates in such a way that the apparent horizon and the Killing horizon coincide only in the non-rotating limit showing the effect of noncommutativity between the radial and angular coordinates.

B-09 Kerr-Newman-de Sitter Solution on DGP Brane 이 대호, 이 창영, 윤 명석¹(세종대학교, 물리학과, ¹서강대학교, CQUeST.) We find an exact solution of Kerr-Newman-de Sitter type on the braneworld (4D) of the DGP model. When a constant 4D Ricci scalar is assumed, only zero (flat) and a positive (de Sitter) values satisfy the Hamiltonian constraint equation coming from the extra dimension. With a Z2-symmetry across the brane and a stationary and axisymmetric metric ansatz on the brane, we solve the constraint equation exactly in the Kerr-Schild form with de Sitter background. In the de Sitter background this Kerr-Schild solution is well behaved under Boyer-Lindquist transformation: the constraint equation is preserved under the transformation and so is the solution. In the non-rotating limit we show that this Kerr-Newman-deSitter solution has the characteristic of accelerated expansion of the braneworld universe.

■ SESSION: B [BG3]

10월 23일(목), 14:30 - 15:45

장 소: 208호

B-10 Derivation of Correction Functions from Test Beam Analysis of CMS EM calorimetry 공 대정, 김 지은, 장 성현, 김 동희, BEAUCERON Stephanie¹(경북대학교, 물리학과, ¹CERN.) The endcap of CMS(Compact Muon Solenoid) electromagnetic calorimeter is divided vertically into two Dees located in high eta region. Crystals grouped in 5x5 sub-units('Supercrystals') of each Dee are arranged in a projective geometry, pointing 3 degree away from the mean beam collision point. The reconstructed energy of particle into crystal depends upon incident particle position. We present the derivation of energy correction functions of ECAL endcap using 2007 test beam.

B-11 Search for Wprime to electron-neutrino pair at CMS 김 지은, 장 성현, 공 대정, 김 동희, MALBERTI Martina¹, HOEPFNER Kerstin²(경북대학교, 물리및에너지학부, ¹INFN Milano Bicocca, ²RWTH Aachen.) We search for a heavy charged vector boson W' decaying to an electron-neutrino pair using CMS detector. Many theories can predict W' boson in the extensions of the gauge group of the Standard Model. We consider the W' decays similar to the Standard Model W boson assuming light and stable

neutrino, suppressed in the decay of WZ.

B-12 Development and Validation of Fast Simulation for the Muon Detector at the CMS Experiment 정 호연, 박 차원, 최 영일, 최 수용(성균관대학교 물리학과.) 2008년 10월부터 LHC 가속기를 이용한 CMS실험이 가동될 예정이다. CMS 검출기의 여러 부분들 중에서 Higgs입자의 발견에 가장 용이한 붕괴 모드에서의 최종 생성물인 뮤온입자를 검출하는 장비인 뮤온검출기를 통한 빠른 전산모사 소프트웨어의 개발 및 타당성 조사 연구에 대해 설명하고자 한다. 첫째, 물질과 상호작용이 약한 뮤온입자가 Electromagnetic/Hadron Calorimeter에서 에너지를 잃는데, 이 뮤온의 에너지 감소 효과를 빠른 전산모사를 통해서 구현한다. 전자/중입자 열량계를 간단한 실린더 형태의 모양으로 단순화하여 에너지의 감소량의 계산된 값을 적용한 소프트웨어의 개발에 대해 설명한다. 둘째, 빠른 전산모사에 의해 얻어진 결과들에 대한 타당성을 조사, 즉 다량의 뮤온입자를 PYTHIA를 통해 만들어 내고, 이를 Fast Simulation에 의해 CMS 검출기를 통과시켜 재구성한 후에 처음 생성시킨 입자와 재구성된 입자들 간의 물리적 양들을 Geant4 Simulation의 결과와 비교 분석함을 통해 타당성을 조사하게 되는데 이에 대한 과정과 결과를 설명한다.

B-13 Fermilab Beam Test of the Next Generation Electromagnetic Calorimetry Prototype KIM DongHee, KONG Dae Jung, KHAN Adil, KIM Jieun, TAKESHITA Tohru¹, KAWAGOE Kiyotomo², UOZUMI Satoru², SEFKOW Felix³, KAPLAN Alexander³, KOTERA Katsushige¹, NISHIYAMA Miho¹(경북대학교, ¹Shin-Su University, ²Kobe University, ³DESY.) We present the preliminary results of Fermilab beam test of electromagnetic calorimetry prototype. The next generation electromagnetic calorimetry prototype consists of 30 layers scintillator strip/tungsten sandwich style with very finely segmented. The total number of channel is 2160 by including all the layer readout by MPPC. It allows pion to two gamma discrimination as well due to 1 cm x 1cm cell size. The prototype has been tested with electron and pion beam.

B-14 New Electronics in Super Kamiokande 장 지승, 김 재철¹, 임 인택², 김 수봉³, 양 병수³, 최 영일⁴(전남대학교, ¹전남대학교, 물리학과, ²전남대학교, 물리교육과, ³서울대학교, 물리학과, ⁴성균관대학교, 물리학과.) 세계 최대 물 체렌코프 검출기인 슈퍼 카미오칸데 (Super-K)는 자체적으로 개발, 제작한 QTC (Charge Time Converter)칩을 올해 10월부터 DAQ(Data Acquisition) 시스템에 새롭게 적용함으로써 Super-K IV를 시작하게 되었다. 기존의 DAQ는 KEK의 ATM(Analog Timing Module)을 기반으로 하였으나 새로운 일렉트로닉스인 QBEE (QTC Based Electronics with Ethernet)는 QTC, TDC, FPGA로 구성되어있고 Ethernet을 통해 데이터를 고속 전송하도록 하였다. 이는 기존의 약 5배 이상의 Wide Dynamic range, 0.05p.e. 수준의 Charge resolution, 0.1 nsec 이하의 Timing resolution 그리고 낮은 노이즈와 채널당 200 mW 이하의 전력을 사용하도록 제작되었으며 자체 제작한 60 MHz 클럭 트리거, 그리고 이벤트의 기본정보를 알려주는 써리얼 트리거와 함께 사용함으로써 그 효율을 높였다. 본 발표에서는 QBEE의 특징에서부터 Super-K에 적용 후, 그 결과까지를 소개한다.

■ SESSION: B [BG4]

10월 23일(목), 16:30 - 17:45

장 소: 208호

B-15 Estimated theta13 Measurement at RENO

전 은주, 김 동희¹, 김 우영¹, 사무엘 스테파난¹, 서 준석¹, 안드레이 김¹, 박 인곤², 박 명렬³, 안 정근⁴, 이 효상⁴, 김 수봉⁵, 박 강순⁵, 박 정식⁵, 이 재승⁵, 최 선호⁵, 권 은향⁶, 김 동현⁶, 박 차원⁶, 백 승록⁶, 유 인태⁶, 최 수용⁶, 최 영일⁶, 강 운구, 김 영덕, 마 경주, 김 선희⁷, 김 성현⁷, 김 우성⁷, 김 재률⁷, 주 경광⁷, 임 인택⁷, 장 지승⁷, 정 인석⁷, 김 현수⁸, 오 영도⁹, N. Danilov¹⁰, YU. Krylov¹⁰, G. Novikova¹⁰, E. Yanovich¹⁰(*세종대학교*, ¹*경북대학교*, ²*경상대학교*, ³*동신대학교*, ⁴*부산대학교*, ⁵*서울대학교*, ⁶*성균관대학교*, ⁷*전남대학교*, ⁸*전북대학교*, ⁹*포항공과대학교*, ¹⁰*INR/IPCE*.) RENO is a reactor based neutrino oscillation experiment to measure the neutrino mixing parameter $\sin^2(2\theta_{13})$. Detector design has been finished and its performances are studied by Monte Carlo Simulation. Background rates are estimated based on radioactivity due to ⁴⁰K, ²³²Th and ²³⁸U in several parts of the detector, and cosmic muons. We present the background estimation, the detector performance, and the systematic uncertainty that is crucial for achieving the goal of the RENO experiment.

B-16 RENO 터널 공사와 지하검출시설 구축

김 성현, 김 선희, 김 우성, 김 재률, 임 인택, 장 지승, 정 인석, 주 경광, 김 동희¹, 김 우영¹, 김 안드레이¹, 사무엘 스테파난¹, 서 준석¹, 박 인곤², 박 명렬³, 안 정근⁴, 이 효상⁴, 김 수봉⁵, 박 강순⁵, 박 정식⁵, 이 재승⁵, 최 선호⁵, 권 은향⁶, 김 동현⁶, 박 차원⁶, 백 승록⁶, 유 인태⁶, 최 수용⁶, 최 영일⁶, 강 운구⁷, 김 영덕⁷, 마 경주⁷, 전 은주⁷, 김 현수⁸, 오 영도⁹, N. Danilov¹⁰, YU. Krylov¹⁰, G. Novikova¹⁰, E. Yanovich¹⁰(*전남대학교*, *물리학과*, ¹*경북대학교*, *물리학과*, ²*경상대학교*, *물리학과*, ³*동신대학교*, *물리학과*, ⁴*부산대학교*, *물리학과*, ⁵*서울대학교*, *물리학과*, ⁶*성균관대학교*, *물리학과*, ⁷*세종대학교*, *물리학과*, ⁸*전북대학교*, *물리학과*, ⁹*포항공과대학교*, *물리학과*, ¹⁰*INR/IPCE*.) RENO 실험을 위한 중성미자검출설비구축사업이 2006년 3월에 시작되었으며, 지하검출공간을 위한 터널공사는 입지선정, 시설 허가 및 설계를 마치고 착공(2008년 6월 25일)을 하였다. RENO 실험은 영광원자력발전소에서 방출되는 중성미자를 이용하여 아직도 미측정된 중성미자진동변환상수(theta_13)를 측정하기 위해, 2대의 동일한 검출기를 원자로 중심에서부터 근거리(약 290m), 원거리(약 1.4km) 지하공간 지점에 설치할 계획이다. 터널공사는 2008년 말에 완료될 예정이다. RENO 검출기는 2009년 말에 설치 완료될 예정이다. 이 발표에서 터널공사 진행상황 및 검출기와 부대시설들의 설계 및 설치 진행상황에 대해서 제시될 예정이다.

B-17 RENO 축소형 검출기 제작

박 강순, 김 동희¹, 김 우영¹, 사무엘 스테파난¹, 서 준석¹, 김 안드레이¹, 박 인곤², 박 명렬³, 박 명렬³, 안 정근⁴, 이 효상⁴, 김 수봉, 박 정식, 이 재승, 최 선호, 권 은향⁵, 김 동현⁵, 박 차원⁵, 백 승록⁵, 유 인태⁵, 최 수용⁵, 최 영일⁵, 강 운구⁶, 김 영덕⁶, 마 경주⁶, 전 은주⁶, 김 선희⁷, 김 성현⁷, 김 우성⁷, 김 재률⁷, 주 경광⁷, 임 인택⁷, 장 지승⁷, 정 인석⁷, 김 현수⁸, 오 영도⁹, DANILOV N¹⁰, KRYLOV Yu¹⁰, NOVIKOVA G¹⁰,

YANOVICH E¹⁰(*서울대학교*, *물리학과*, ¹*경북대학교*, *물리학과*, ²*경상대학교*, *물리학과*, ³*동신대학교*, *물리학과*, ⁴*부산대학교*, *물리학과*, ⁵*성균관대학교*, *물리학과*, ⁶*세종대학교*, *물리학과*, ⁷*전남대학교*, *물리학과*, ⁸*전북대학교*, *물리학과*, ⁹*포항공과대학교*, *물리학과*, ¹⁰*INR/IPCE*.) 중성미자의 진동변환상수 theta_13의 측정을 위한 RENO 실험에서 2009년 두 대의 동일한 대형검출기가 영광 원자력 발전소 부근 두 개의 터널에 각각 장착될 예정이다. 전체 직경과 높이가 8.4m와 8.8m이고 원통 모양인 RENO 검출기는 소형 prototype 검출기 제작을 거쳐 기능과 형상이 거의 동일한 약 1/10 축소형(부피 대비) 검출기 제작을 거친 후 완성된다. RENO 검출기의 모의제작이 목적인 축소형 검출기 제작에는 RENO 검출기에서 요구되는 구조적안정성, 제작 정밀도 등을 검증하게 된다. 본 발표에서는 RENO 축소형 검출기의 설계에서부터 제작, 조립 및 완성 과정을 기술한다

B-18 Current Status of the OPERA Experiment

YOON Chun Sil, PARK Byung Do, PARK In Gon, SONG Jin Sop, KIM Sung Hyun¹(*Gyeongsang National University*, ¹*Chonnam National University*.) Direct appearance of a different neutrino flavor after neutrino oscillation is still an important open issue. In order to confirm the preferred solution of $\nu_{\mu}-\nu_{\tau}$ oscillation in the atmospheric neutrino signal, a long-baseline neutrino oscillation experiment OPERA is now being carried out. The challenge of the experiment is to observe the appearance of ν_{τ} from ν_{μ} oscillations by detecting Tau lepton with high efficiency and low background. Therefore, the OPERA experiment uses an accelerator neutrino beam from CERN to Gran Sasso(732 km), and the beam energy should be large enough to produce heavy Tau lepton. The CNGS (Cern Neutrino to Gran Sasso) beam was exposed form last year and this year run of CNGS beam will be continued till the beginning of November from April 2008. Currently, total number of ECC(Emulsion Cloud Chamber) bricks installed at target is 146,257. An ECC brick is a basic unit of OPERA target, which is a sandwich structure with 57 emulsion plates and 56 lead plates. If target tracker and muon spectrometer predict a location of Neutrino interaction, then the candidate bricks in which a neutrino event was included are extracted. And then they are treated (X-ray marking for alignment and Cosmic ray exposure etc.) before scanning of Emulsion plates. The current status of the experiment, including the process of Brick handling and scanning status will be introduced.

B-19 A Double Beta Decay Experiment Using CaMoO4 Crystal.

이 정일, 김 영덕, 강 운구, 김 선기¹, 방 형찬¹, 명 성숙¹, 김 승천¹, 최 정훈¹, 이 주희¹, 류 수¹, 이 상준¹, 이 현수¹, 김 홍주², 소 중호², 한 인석³, 황 명진⁴, 권 영준⁴(*세종대학교*, *물리*, ¹*서울대학교*, *물리*, ²*경북대학교*, *물리*, ³*이화여자대학교*, *물리*, ⁴*연세대학교*, *물리*.) We have performed a double beta decay experiment using a CaMoO4 crystal(128g) 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 2×10^{20} 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 511keV gammas in CsI(Tl) crystals and

e+ signal in CaMoO4 crystal. A detection efficiency and the preliminary limit from several months data will be presented.

■ SESSION: B [BG5]

10월 24일(금), 09:00 - 10:15

장 소: 208호

B-20 B meson decays to multiple-neutrino final states

from Belle 권영준, 조일성, 김선기¹, 원은일², 최영일³, 천병구⁴, 김홍주⁵, 박환배⁵, 박향규⁵, 김귀년⁵, 최수경⁶(연세대학교 물리학과. ¹서울대학교 물리천문학부. ²고려대학교 물리학과. ³성균관대학교 물리학과. ⁴한양대학교 물리학과. ⁵경북대학교 물리학과. ⁶경상대학교 물리학과.) B meson decays to multiple-neutrino final states have been studied from energy-asymmetric e+e- collision at or near $\Upsilon(4S)$ resonance using the KEKB collider. The data reported here are recorded and analysed using the Belle detector. In this presentation, we show, in particular, current results on $B \rightarrow \tau \nu$ and $B \rightarrow D^{(*)} \tau \nu$ decays using the techniques of full-reconstruction tagging as well as semileptonic tagging in order to enhance signal-to-background ratio. These results are of great interest because they can be potentially affected by new physics effects such as charged Higgs.

B-21 Study of the $\tau \rightarrow K \pi^+ \pi^- \nu$ decay at Belle

이명재, 가동화¹, 강주환², 경성현², 권영준², 김선기, 김영임¹, 김정현³, 김현욱¹, 김홍주¹, 박강순³, 박차원³, 박향규¹, 박환배¹, 원은일⁴, 이상은, 이종석³, 이직⁵, 조일성², 천병구⁶, 최수경⁷, 최영규³, 최영일³, 하현청⁴, 현효정¹, UNNO Yuuji⁶(서울대학교 물리천문학부. ¹경북대학교 물리학과. ²연세대학교 물리학과. ³성균관대학교 물리학과. ⁴고려대학교 물리학과. ⁵이화여자대학교 물리학과. ⁶한양대학교 물리학과. ⁷경산대학교 물리학과.) We report a measurement of the $\tau \rightarrow K \pi^+ \pi^- \nu$ branching fraction using 669 /fb of data collected with the Belle detector at the KEKB e⁺e⁻ asymmetric-energy collider. Results on the branching ratio of other 3 prong decay of tau are also presented.

B-22 Study of charmless hadronic decays $B_0 \rightarrow \rho_0 K^*0$ and $B_0 \rightarrow f_0 K^*0$ in the final state $\pi^+ \pi^- K^+ \pi^-$

KYEONG Sunghyon, CHO Ilsung, KWON Youngjoon(Yonsei University, Institute of Physics and Applied Physics.) We study the charmless hadronic B_0 decays to $\rho_0 K^*0$ and $f_0 K^*0$ in the final state $\pi^+ \pi^- K^+ \pi^-$ using a sample of 665×10^6 $B\bar{B}$ pairs which were produced in the KEKB energy asymmetric e+e- collider and collected with the Belle detector. The branching fractions and/or their upper limits will be presented. Also reported will be associated non-resonant modes consisting of the same final state, e.g. $\rho_0 K^+ \pi^-$, $f_0 K^+ \pi^-$, $\pi^+ \pi^- K^*0$, etc.

B-23 Flavor Changing neutral Current (FCNC) Violating the CP Conservation in J-Parc E14

WOO Jong-Kwan, KIM YongJoo, KO JaeWoo, LIM GeiYoub¹, KIM Eun-Joo², PARK

Inkyu³, CHUNG MyoungShin³, KANG SeoGon³, KIM YuSang³, AHN JungKeun⁴, LEE HyoSang⁴, BAEK KwangYun⁴(Cheju National University. ¹KEK. ²JeonBuk National University. ³University of Seoul. ⁴Pusan National University.) A Brief introduction of J-Parc E14 experiment will be presented in this talk. A branching ratio of $K_L \rightarrow \pi(0)+\text{Neutrino}+\text{AntiNeutrino}$ decay, a flavor changing neutral current (FCNC) violating the CP conservation, provides the lowest error among the many physical quantities predicted by a Standard Model. People concentrate on this decay mode, because the theory is very simple. And it gives a clue to understand the relation between quarks' generation because this decay mode involves the three quarks interaction simultaneously. It is also ideal to decide the Cabibbo-Kobayashi-Maskawa(CKM) parameter η indicating the mixing amplitude in the frame of the Standard Model. We expect to find a new physics beyond the Standard Model with studying of $K_L \rightarrow \pi(0)+\text{Neutrino}+\text{AntiNeutrino}$ decay mode. A calculation of the amplitude of $K_L \rightarrow \pi(0)+\text{Neutrino}+\text{AntiNeutrino}$ is simple with the minimum error while it is not easy to measure the decay. The E391a, an experiment using a proton synchrotron in KEK, showed in 2004 the first possibility proving whether the branching ratio predicted in the Standard Model is true. We will measure the amplitude of $K_L \rightarrow \pi(0)+\text{Neutrino}+\text{AntiNeutrino}$ decay mode more precisely using J-parc E14 detector that is the extended and the advanced version of the E391a in KEK. For this large international collaboration, we will contribute toward designing, constructing and surveying the advanced neutral Kaon beam line from J-parc E14. Especially, Korean group will lead to test, evaluate and improve the neutral beam line. The first beam test of J-Parc E14 will be done in October 2008.

B-24 The Energy and Flux Measurement of GeV Neutron at the J-PARC KL Beam Line

이효상, 안정근¹, 백광윤¹, 임계엽², 우종관³, 김용주³, 고재우³, 김은주⁴, 박인규⁵, 정명신⁵, 강서곤⁵, 김유상⁵(한국기초과학지원연구원. ¹부산대학교. ²KEK. ³제주대학교. ⁴전북대학교. ⁵서울시립대학교.) E14은 J-PARC에서의 직접적인 CP-violation을 나타내는 $K_L^0 \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$ 붕괴를 측정하기 위한 실험을 준비 중이다. 이 실험은 중성 빔라인을 사용하여 $K_L^0 \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$ 붕괴에서 최종상태가 파이온의 붕괴로부터 나오는 두개의 광자를 측정한다. 중성 빔라인을 사용하기때문에 빔라인에는 케이온 뿐만 아니라 중성자와 광자가 함께 들어오게 된다. 광자의 경우에는 검출기의 계수율을 높이는 정도의 문제를 만들지만 빔 증상에 납과 같은 복사길이가 짧은 물질을 놓음으로 조정이 가능하다. 그러나 중성자의 경우 원자핵과 반응하여 쉽게 파이온을 만드므로(n+A->n+A+pi0) 우리가 측정하려고 하는 최종상태의 두개의 광자와 같은 신호를 남겨 중요한 배경사상이 된다. E14 이전에 같은 실험을 KEK-PS E391a에서 행하여 졌는데 이 결과 중성자에 의한 배경사상이 데이터 분석에서 가장 어려움을 겪은 부분이다. 이는 중성자에 대한 정보를 충분히 얻지 못한 것이 주된 이유였다. 본 발표에서는 2009년 후반에 있을 E14 중성 빔라인 건설과 측정에서 GeV 에너지를 가지는 중성자의 에너지와 플럭스 측정 방법 및 시뮬레이션 결과에 대하여 발표할 것이다.

■ SESSION: C [CG1]
 10월 23일(목), 12:30 - 14:06
 장 소: 210호

C-01(초) FINUDA Experiment on Hypernuclear Physics at DAPHNE.

MARCELLO Simonetta(*University of Torino and INFN*) The FINUDA experiment[1] at the DAPHNE phi factory in Frascati studies hypernuclear physics using the low energy (16 MeV) K-, coming from the phi decay, to produce Lambda-hypernuclei through K-stop +AZ -> ALZ +pi- reaction. The apparatus has shown to reach a high energy resolution (1.1 MeV) and large acceptance for the pi- coming from hypernucleus formation, moreover it has excellent detection capability for the products coming from hypernuclear decay. Such characteristics besides the luminosity of the machine allow to detect and fully reconstruct the products from weak decays of hypernuclei in coincidence with their formation products. Actually FINUDA can study simultaneously high resolution spectroscopy, weak decay modes of hypernuclei, kaon bound systems and search for neutron rich hypernuclei[2]. During the first round of data taking (2003-2004) FINUDA has collected an integrated luminosity of ~200pb-1, corresponding to about one million of hypernuclear events on the following targets; 2x6Li, 7Li, 3x12C, 27Al and 51V. In the second round of data taking (2006-2007) a statistics of Lint~1fb-1 has been collected. A set of different targets has been used; 2x6Li, 2x7Li, 2x9Be, 13C and D2O. Data analysis is still in progress, some results will be presented. A brief overview of other experimental activities using kaons at DAPHNE will be given as well.

References; 1. P. Gianotti et al., Nucl. Phys. A691 (2001) 483c and references therein. 2. M. Agnello et al., Nucl. Phys. A805 (2008) 152, ibid. p167.

C-02 Lambda and Lambdabar polarization at COMPASS

강 동희(*University of Mainz, Institut fuer Kernphysik*) In the COMPASS experiment at CERN, lambda and lambdabar particles are produced in semi-inclusive Deep Inelastic Scattering (DIS) processes of 160 GeV/c longitudinally polarized mu+ on a 6LiD and a NH3 target that can be polarized both longitudinally and transversely. The various combinations of beam and target polarizations allow for the study of a wide variety of hyperon polarization effects. The data on hyperon polarization have been collected during the years 2002-2004 and 2006-2007. In this work we present preliminary results on the longitudinal and transverse polarization of lambda and lambdabar produced both with longitudinally and transversely polarized targets. Three related issues will be discussed, which are explored by present COMPASS experiments. The first one is the understanding of the longitudinal lambda and lambdabar polarization and the spin transfer mechanism from quarks to hadrons through the fragmentation process. The result provides useful information to describe spin effects in hyperon production and the quark-antiquark asymmetry of the nucleon spin structure such as the polarization of s and sbar quarks in the

nucleon. The second one deals with the transverse lambda and lambdabar polarization with a transversely polarized target. In case of transverse polarization the detection of lambda's gives access to a new way of measuring transversity, the fundamental polarized parton distribution so far totally unknown. Also, the interesting case for the production of polarized hyperons in unpolarized reactions will be discussed at the end.

C-03 X-ray spectroscopy of exotic atoms with double strangeness

KIYOSHI Tanida(*J-PARC E03, University of Kyoto*.) We would like to present our plan on the world-first measurement of X rays from Xi- atoms at J-PARC, where high intensity and high quality kaon beam is available. Our purpose is to obtain the strength of the Xi- A optical potential, and hence to provide information on the Xi- N interaction which is currently very poorly known. In this experiment, Xi- is produced by the (K,K+) reaction at 1.8 GeV/c on an iron target. The produced Xi- is then brought to stop in the same target and forms a Xi- atom. X rays emitted from the Xi- atom is detected by Hyperball-J, which is a germanium detector array to be constructed for hypernuclear physics at J-PARC. We can accumulate several thousand counts of X rays and determine its energy shift down to ~0.05 keV. This is sensitive enough to observe expected energy shift (~ 1 keV) with reasonable accuracy, while sensitivities for X-ray width is somewhat weaker (measurable down to ~ 1 keV).

C-04 EG4 experiment in Hall B at Jefferson Lab.

KANG Hyekoo(*Seoul National University*.) The experimental verification of the generalized Gerasimov-Drell-Hearn(GDH) Sum Rule is one of the crucial tests of the Quantum Chromodynamics. EG4 experiment is the run period of the generalized GDH Sum Rule at small angle which was performed at Hall B. The experiment is focused on the measurement of the helicity-dependent electron-proton cross section at wide range of the proton at small Q^2 region to obtain the generalized GDH sum. the data were taken from Feb. to May 2006 and its analysis is under way. Brief introduction and the current status of the analysis will be presented.

C-05 Precision Measurement of Longitudinal and Transverse Response Functions of Quasi-Elastic Electron Scattering in the Momentum Transfer Range 0.55 GeV/c <|q| <1.0 GeV/c at Jefferson Lab

오 유민(*서울대학교 물리천문학부*.) The properties of the nucleons inside the nuclei have long been a mystery in nuclear physics. Quasi-elastic scattering of electrons off the nuclei has been one of the important tools for this problem. An experiment measuring the cross section of quasi-elastic scattering of 4He, 12C, (27Al,) 56Fe, and of 208Pb nuclei was performed at Jefferson Lab(Jlab). The kinematic range of the experiment covers sufficiently high momentum transfer region which was never reached before, so that we may investigate the modification of the nucleons' properties by a nuclear medium, and conclude whether the Coulomb Sum Rule(CSR) is violated in the nuclear medium. In addition to the ex-

isting facility of the experimental hall A of Jlab, a new calorimeter consisting of 270 NaI scintillators was installed to minimize the contribution from background signals. The experiment has been performed in 2007-2008 and the data analysis is in progress. A few preliminary results from the analysis will be presented with a brief introduction to CSR.

C-06 **Measurements of Deuteron Structure Function A(Q) At Low Q Transfer** 이 병욱, HALL A COLLABORATION¹ (서울대학교 물리학과, ¹Jefferson Lab.) Understanding the structure of the deuteron is one of the essential test of nucleon-nucleon interaction. Previous deuteron studies have focused on large momentum transfer scattering and experimental results are explained well in several theoretical models. But at low momentum transfer of $Q \sim 0.2 - 0.4$ GeV/c, its structure function has 10% discrepancies among the existing measurements. Precise data at this momentum transfer range is crucial to understand the nucleon-nucleon interaction and determine the sign of the leading low momentum transfer relativistic corrections, or of the convergence of chiral perturbation theory. This issue will be resolved with the new high precision measurements in Jefferson Lab Hall A, with 2 - 3 % uncertainties. For kinematic calibration and the precision of determining cross sections, in addition to the deuteron target, other targets such as hydrogen, carbon and tantalum have been used. The low beam current has also been calibrated with beam current calorimeter as well as the usual beam current monitors. With the beam energy of 680 MeV and spectrometer angles of 14 to 69 degree, the four momentum transfer range of 0.17 to 0.7 GeV/c has been covered. The preliminary results on the deuteron structure function at low momentum transfer will be presented with a brief introduction to the experiment.

■ SESSION: C [CG2]
10월 23일(목), 14:30 - 16:27
장 소: 207호

C-07(초) **Measurement of polarized sea quark distributions via W-boson production in the polarized proton-proton collisions at RHIC** NAKAGAWA Itaru(RIKEN/RBRC.), PHENIX The Relativistic Heavy Ion Collider (RHIC) at BNL provides a unique opportunity to collide polarized protons. The decomposition of nucleon spin in terms of the contributions from its constituents has been studied using various observed asymmetries. One of the major outcomes of the spin program at the collision energies of $\sqrt{s}=200$ GeV and 62 GeV in the PHENIX detector has been the significant constraint on the possible gluon spin contribution to the proton's spin, which has been poorly constrained previously. The RHIC spin program will continue to explore missing pieces of the spin puzzle with higher collision energy $\sqrt{s}=500$ GeV possibly starting from 2009. With the higher energy, in addition to further constraint on gluon spin by extending the present kinematic range,

the weak decays of Ws produced in polarized p-p collisions at 500 GeV in center of mass, will allow the first direct measurement of flavor separated polarized anti-quark distributions. The parity violating single lepton spin asymmetries make it possible to extract quark- and anti-quark polarizations with minimal theoretical uncertainties. A new trigger on forward muons in PHENIX identifies and triggers on high momentum Ws suppressing a large number of low momentum muons coming from hadronic decays. Since the current muon trigger will fire on any muon above 2 GeV/c, it will not provide the required rejection factor for 500 GeV running, which is about 10,000. Two major upgrade projects are parts of this Muon Trigger; 1) Resistive Plate Chambers, 2) the muon tracker front end electronics upgrades. I will present the physics goal and the status of the upgrade project for PHENIX spin program at $\sqrt{s}=500$ GeV.

C-08 **Hyperons in hot nuclear matter** 유충열, 현창호¹, 천명기(승실대학교, 물리학과, ¹대구대학교, 물리교육과.) We study the properties of hyperons in hot nuclear matter by using the quark-meson coupling model in which all baryons are treated as MIT bags and the interaction between baryons are described by sigma and omega meson fields. The equations of motion for sigma and omega meson fields in hot matter are obtained through maximizing the pressure with the parameters fitted to reproduce the properties of nuclear matter at zero temperature. When hyperons are immersed in hot and dense matter, the properties such as the effective mass, bag radius, magnetic moment and so on are changed by the effect of medium. We show the results at various temperature and discuss the extension to neutron star matter.

C-09 **Cosmic-ray Muon Radiography For Large and Dense Objects** 이효상, 안정근¹, 김성준¹, 백광윤¹(한국기초과학지원연구원, ¹부산대학교) 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. 플라스틱 섬광체를 이용하여 거대 뮤온 레디오그래피를 제작하였다. geant4 시뮬레이션을 통하여 뮤온 레디오그래피의 성능을 테스트 하였고 CsI 크리스탈을 이용하여 이미지 재구성 알고리즘을 확인하였다.

C-10 **Charmonium Production in Relativistic Heavy-Ion Collisions** SONG Taesoo, PARK Woosung, LEE Su Hyoung (Yonsei University, Institute of Physics & Applied Physics.) Charmonium production in relativistic heavy-ion collision is calculated, considering nuclear absorption, thermal decay both in quark-gluon plasma and in hadronic matter, and recombination at hadronization phase. Different from other models, the same perturbative QCD approach is used for thermal decay both in hadronic matter and in quark-gluon plasma matter, which is expected to produce more reliable and consistent result.

C-11 Approach to QCD phase diagram from strong coupling lattice QCD

KOHTARO Miura, AKIRA Ohnishi, NOBORU Kawamoto¹(*Yukawa Institute, Kyoto University. ¹Hokkaido University.*) The strong coupling lattice QCD (SC-LQCD) provides an analytic and instructive framework for studying the chiral phase transition in QCD. After a brief review on SC-LQCD, we explain our recent study: We take account of the next to leading order of the strong coupling expansion, and investigate its effect to the phase diagram in color SU(3) SC-LQCD with one species of staggered fermion at finite temperature (T) and finite density. The temporal plaquette effects can be formulated by the mean fields which are interpreted as the dynamical suppression of the constituent quark mass (m_q) and the quark chemical potential (μ). Thus the relations between the energy scale “T”, “ μ ” and “ m_q ” are modified, which leads to the following phase diagram evolution: (1) The ratio of the critical value (μ_c/T_c) becomes closer to the expected real world value. (2) In low temperature and large chemical potential region, the partially chiral restored phase appears. (3) The transition order is changed from 2nd to 1st on the temperature axis, and the value of T_c is found to be consistent with one obtained in Monte-Carlo simulations. Finally we discuss the possibility of the future development or status of SC-LQCD.

C-12 Magnetic susceptibility of the QCD vacuum at finite quark-chemical potential

NAM Seung-il(*Yukawa Institute, Kyoto University*), RYU H.Y., MUSAKHANOV M.M.(*Pusan Nat'l Univ.*), KIM H.-Ch.(*Inha Univ.*) We investigate the magnetic susceptibility of the QCD vacuum at finite quark-chemical potential and at zero temperature to explore the pattern of the magnetic phase transition of the vacuum. For this purpose, we employ the framework of the μ -modified nonlocal chiral quark model from the instanton vacuum in the chiral limit. Focusing on the Nambu-Goldstone phase characterized by $\langle i\bar{q}q \rangle \neq 0$, we find that the magnetic susceptibility χ turns out to decrease smoothly with respect to μ . At the critical quark-chemical potential, $\mu_c \approx 320$ MeV, the strength of the χ becomes about a half of its vacuum value, and the first-order magnetic phase transition takes place.

C-13 Monte-Carlo generation of heavy-ion events for CMS/LHC

이 한범, 김 지현, 김 총, 김 현철, 문 동호, 심 광숙, 조 미희, 홍 병식, 김 유상¹, 박 인규¹, 최 민규¹, 한 가람¹, 박 진우¹(*고려대학교. ¹서울시립대학교*) The Large Hadron Collider (LHC) at CERN plans to make not only proton-proton collisions, but also heavy-ion collisions near future. By increasing the center-of-mass energy per nucleon-nucleon pair from 200 GeV at the currently operating Relativistic Heavy Ion Collider (RHIC) to 5.5 TeV at the LHC, new opportunities for understanding hot, dense partonic matter will be open. One essential task for understanding the heavy-ion events at the LHC is the generation of the Monte-Carlo simulation data. The Monte-Carlo data sample enables us to understand the detector performance in advance so that

we can estimate the number of events we need for the discovery of new (or known) phenomena and the correction factors to be applied for the unbiased particle spectra. The Tier-2 computing center at the University of Seoul for the CMS heavy-ion physics will play an important role for the generation of the Monte-Carlo simulation data as well as the data analysis. In this presentation, we will summarize the effort on the mass production of the Monte-Carlo events for heavy-ion physics, presently being actively performed in Korea. In addition, we will also introduce the Hydjet (Heavy-Ion event generator) model and how to archive the Monte-Carlo samples.

■ SESSION: C [CG3]
10월 23일(목), 14:30 - 16:12
장 소: 210호

C-14(초) Nuclear force from lattice QCD

ISHII Noriyoshi, NEMURA Hidekatsu¹, MURANO Keiko¹, AOKI Sinya¹, HATSUDA Tetsuo²(*RIKEN. ¹Univ. of Tsukuba. ²Univ. of Tokyo.*) Nuclear force is calculated by lattice QCD. Lattice QCD is used to generate Bethe-Salpeter (BS) wave function, which is then used to reconstruct inter-nucleon potential (nuclear force) by using Schroedinger equation. Note that information of scattering phase shift is encoded in BS wave function at long distance. This implies that our potential can be faithful to NN scattering data through Luscher's finite volume method. The resulting potential has essential properties, which all the phenomenological NN potential should have, i.e., (i) the attraction at medium distance, (ii) the repulsive core at short distance. We will present some of the recent progress of our approach, such as tensor force, hyperon-potentials, and energy dependence of the nuclear force.

C-15 Final state interaction of neutrino scattering in quasielastic region

김 경식, 유 병길¹(*한국항공대학교, 교양과. ¹한국항공대학, 교양과.*) Within the framework of a relativistic single particle model, the final state interaction is studied through neutrino-nucleus scattering in the quasielastic region. The relativistic phenomenological optical potential and the real potential are used to investigate the effect of the final state interaction. The real potential refers to no loss of the flux. We calculate the total cross section for the neutral- and charged-current reactions. In particular, we calculate the neutral-current and charged-current reactions like (u, e, e^-) and (u, μ, μ^-) processes. We find that the effect of the final state interaction is about 50%.

C-16 Chiral perturbation theory calculation up to N3LO for the nd capture and other MI properties of light nuclei.

PARK Tae-Sun, SONG Young-Ho¹, LAZAUSKAS Rimantas²(*성균관 대학교, 물리학과. ¹연세 대학교, 물리학과. ²Louis Pasteur University, IPHC.*) MI properties, comprising magnetic moments and radiative capture of thermal neutron observables, are studied in two and three nucleon system. We utilize meson exchange current derived

up to N3LO using heavy baryon chiralperturbation theory a la Weinberg. Calculations have been performed for seven qualitatively different realistic nuclear Hamiltonians, which permits us to analyze model dependence of our results. Strong correlations of the M1 matrix elements with the tritium binding energy have been observed. Modifying the potentials to have the correct tritium binding energy, our theory calculation is in good agreement with the data.

C-17 Parity violation in the two nucleon system with pionless effective field theory 현 창호, 신 재원¹, ANDO Shung-ichi²(대구대학교, 물리교육과. ¹성균관대학교, 물리학과. ²The University of Manchester, School of Physics and Astronomy.) It has been shown that effective field theory without pion (pionless EFT) is a useful tool for studying the few-body systems at very low energies. Compared to potential models and EFTs that have pions explicitly, pionless theory has the advantages such as simplicity, analyticity and self-consistent calculation in a single theory. In this work, we attempt to understand the weak interaction at hadronic level by studying the parity-violating phenomena in the two nucleon processes such as radiative neutron capture by a proton and photo-disintegration of the deuteron at threshold.

C-18 EFT description for the in-medium axial-vector coupling constant g_A PARK Tae-Sun(성균관 대학교) The EFT description for the in-medium axial-vector coupling constant g_A has been revisited with improved control on the short-range contribution (SRC). SRC believed to play an important role for the GT operator in nuclear medium. EFT allows us to figure out that the relevant SRC is governed by a single low-energy parameter, d^R . However, since the value of d^R is not dictated by the underlying symmetries, the SRC has been neglected so far. In this talk, we will discuss a new possibility: We will fix the value of d^R so as to reproduce the observed GT transition elements of a selected set of heavy nuclei, adopting the Fermi-gas approximation for the nuclear wave functions. We will then be able to make a parameter-free theory predictions for the in-medium axial-vector coupling constant with respect to nuclear matter density.

C-19 Proton-proton Fusion In Pionless Effective Theory SHIN J.W., ANDO S.¹, HYUN C.H.², HONG S.W., KUBODERA K.³(Department of Physics, Sungkyunkwan University, Suwon 440-746. ¹Theoretical Physics Group, School of Physics and Astronomy, The University of Manchester, Manchester, M13 9PL, UK. ²Department of Physics Education, Daegu University, Gyeongsan 712-714, Korea. ³Department of Physics and Astronomy, University of South Carolina, Columbia, SC 29208, USA.) The proton-proton fusion reaction, $pp \rightarrow de^+ \nu$, is studied in pionless effective field theory(EFT) with di-baryon field up to next-to leading order. With the aid of the di-baryon fields, the effective range corrections are naturally resummed up to the infinite order and thus the calculation is greatly simplified. Furthermore, the low-energy constant which appears in the axial-current-di-baryon-di-baryon contact vertex is fixed through the ratio of two- and one-body matrix elements which reproduces

the tritium lifetime very precisely. As a result we can perform a parameter free calculation for the process. We compare our numerical results with those from the accurate potential model and previous pionless EFT calculation, and find a good agreement within the accuracy better than 1%.

■ SESSION: C [CS1]

10월 23일(목), 16:30 - 18:45

장 소: 210호

CS-01 ALICE Time-Of-flight detector System 김 진속, BAEK Yongwook¹, KIM Do-Won², WILLIAMS Crispin¹(CERN, 강릉대. ¹CERN. ²강릉대.) ALICE-TOF The Time-Of-flight (TOF) detector in ALICE carries out the identification of charged particles in the intermediate momentum range, below about 2.5 GeV/c for pions and kaons, up to 4 GeV/c for protons. The TOF detector adopted the Multigap Resistive Plate Chamber (MRPC) as the basic unit, with an excellent time resolution and very high efficiency. In this talk I will present the main features of the MRPCs and their performances.

CS-02 Muon Trigger System of ALICE 안 상인, BAEK Yongwook¹, DUPIEUX Pascal¹, OH Sunkun(건국대. ¹CERN), ALICE-MUON The first beam of the LHC was successfully circulated on the 10th of September, 2008. Now, this will open up the possibilities to study new phenomena such as the Quark-Gluon Plasma which is the state of matter where quarks and gluons are being deconfined individually. To obtain the evidences of the existence of this state of matter is the one of the main aim of the ALICE experiment. The complete spectrum of the heavy quarkonia will be measured in the di-muon decay channel by the ALICE muon spectrometer. Their production cross section is expected to be a sensitive probe of the early and hot stages of heavy-ion collisions. WE WILL in this session present AN overview of the muon spectrometer, and the activities IN the muon trigger system during the last two months, from the first LHC beam injection test to the first CIRCULATING beam IN LHC. Interesting results from cosmic measurements in May-June 2008 will also be presented. The data acquisition system of the muon trigger will be shown in detail, especially with the focus on the online monitoring system and data quality assurance.

CS-03 Low pT direct photon measurement by ALICE KWON Y.(연세대학교), ALICE A Large Ion Collider Experiment, ALICE, is a general-purpose detector at the CERN LHC optimized for the heavy ion collisions with focuses on QCD, the strong-interaction sector of the Standard Model. ALICE is ready to take data resulting from proton collisions to be soon delivered by LHC to address several QCD topics and to collect reference data for the heavy-ion program. The different subsystems of the detector were optimized to provide high-momentum resolution as well

as excellent Particle Identification (PID) over a broad range in momentum, up to the highest multiplicities predicted at the CERN LHC. This will allow for comprehensive studies of hadrons, electrons, muons, and photons produced in the collisions at the CERN LHC. In this talk, we introduce an exciting possibility, measurement of the low pT direct photon production through very low mass e+e- pairs. We will discuss importance of the low pT direct photon production and why the measurement method, very low mass e+e- pairs, is ideal as well as the relevant studies performed so far including possible backgrounds

CS-04 Electron measurement from the ALICE (15min)
 LEE D. H.(ALICE, 연세대.) A Large Ion Collider Experiment, ALICE, is a general-purpose detector at the CERN LHC optimized for the heavy ion collisions with focuses on QCD, the strong-interaction sector of the Standard Model. The ALICE detector has been built by a collaboration including over 1000 physicists and engineers from 105 Institutes in 30 countries. The experiment consists of 18 different detector systems each with its own specific technology choice and design constraints, driven both by the physics requirements and the experimental conditions expected at LHC. The different subsystems were optimized to provide high-momentum resolution as well as excellent Particle Identification (PID) over a broad range in momentum. This will allow for comprehensive studies of hadrons, electrons, muons, and photons produced in the collisions produced at LHC. We discuss important subsystems and the resulting capability of the ALICE experiment for the electron measurement.

CS-05 Finite baryon density lattice QCD in strong coupling limit
 KIM Hyoung-Gyu, KIM Seyong(세종대.) We study phase diagram of finite temperature/baryon density QCD using lattice gauge theory method in strong coupling limit. To alleviate the sign problem of QCD with baryon chemical potential, monomer-dimer-polymer algorithm which is used by Karsch and Muetter is employed. On small 2-dimensional spacetime lattices, we compare Monte Carlo simulation result with exact enumeration result and found excellent agreement. We discuss why MDP algorithm behaves poorly in heavy quark mass limit and in chiral limit.

CS-06 Spin Polarization Phenomena in ALICE Experiments
 HWANG Dae Sung(Sejong University.) ALICE detector can measure spin polarizations of produced particles since it has good particle identification. We present spin polarization phenomena related to QCD which can be studied by the ALICE experiments. In particular, we show how we can extract the knowledge of hadron physics by measuring the polarizations of Lambda hyperon and heavy flavor mesons.

CS-07 ALICE Tier2 Center in KISTI 박상배, 김법균, BONNAUD Christophe, 장형진, 황순욱(KISTI.) ALICE is one of the four LHC experiments. Since 2007, KISTI has been contributing to ALICE computing by operating KISTI ALICE Tier2

Center. In this report, we will present the history of KISTI's contribution to ALICE computing, KISTI site's reports, recent events that are related to ALICE computing, and KISTI's future plan to contribute to Korean ALICE Community.

■ SESSION: C [CG4]
 10월 24일(금), 09:00 - 10:51
 장 소: 210호

C-20 Neutrino Reaction on ^{12}C by Quasi Particle Random Phase Approximation 천명기, 김경식¹, 이수연(숭실대, ¹한국항공공대.) We calculated neutrino scattering off ^{12}C by neutral current in the Quasi Particle Random Approximation (QRPA) framework. As the transition operator, Donnelly's operators are used for a description of the vector and axial interaction which comprise the weak interaction for this reaction. Quasi particle concept is exploited for the Random Phase Approximation for nuclear structure, which was successfully applied for double and single beta decays. Our results are discussed for the specific transitions, for example Fermi, Gamow Teller and spin-isospin transitions in this reaction.

C-21 Neutron Resonance Parameters Analysis of Rare Earth Isotopes Erbium Based on Transmission Measurement Using an Electron Linac WANG Tao Feng, LEE Manwoo, RAHMAN Md. Shakilur, KIM Kyung Sook, KIM Kwangsoo, KIM Guinyun, OH Young Do¹, KANG Hengsik¹, CHO Moo-Hyun¹, KO In Soo¹, NAMKUNG Won¹(Kyungpook National University, ¹Pohang Accelerator Laboratory.) The neutron transmission measurement of rare earth isotopes erbium had been performed by using the time-of-flight method at the Pohang Neutron Facility, which consists of an electron linear accelerator, a water-cooled tantalum target with a water moderator, and a 12-m long time-of-flight path. A $^6\text{Li-ZnS(Ag)}$ scintillator with a diameter of 12.5 cm and a thickness of 1.6 cm was used as a neutron detector, and a group of high purity natural erbium metallic plates with thickness: 0.025 mm, 0.1 mm, and 0.625 mm were used for this neutron transmission measurement. The resonance parameters of ^{162}Er , ^{164}Er , ^{166}Er , ^{167}Er , ^{168}Er , and ^{170}Er in the neutron energy region below 110 eV were obtained from the transmission ratio by using the multilevel R-matrix SAMMY code, which utilizes Doppler and resolution broadening effects and Bayes' generalized least squares technique. The present results were compared with the evaluated data from ENDF-B VII.0 and experimental data from literatures. (*) This work was supported by the KOSEF through a grant provided by theMEST in 2007 and 2008 (Project No. M2 07B090010810 and M2 08B090010810) and by the Korea Research Foundation Grant (KRF-2006-353-C00014).

C-22 Measurements of the $^{14}\text{N(a,a)}$ and $^{14}\text{N(a,p)}$ cross sections using a ^{14}N beam LEE Namhee, HAHN Insik¹, HAN

Mihee¹, KWON Young Kwan²(*Department of Physics, Ewha Womans Univeristy. ¹Department of Science Education, Ewha Womans Univeristy. ²Department of Physics, Chung-Ang Univeristy.*) We have measured the cross sections of the $^{14}\text{N}(\text{a},\text{a})$ and $^{14}\text{N}(\text{a},\text{p})$ reactions using a ^{14}N beam at CRIB, in the RIKEN accelerator research facility. There were many previous measurements of the cross sections of these reactions for various energy ranges $2.5 \text{ MeV} < E_{\text{cm}} < 7 \text{ MeV}$. All the previous experiments were measured using alpha beams. We have measured the reactions in inverse kinematics, where a ^{14}N beam of 27 MeV bombarded a 435 torr, 15 cm long He gas target. Comparison of our results with other previous measurements as well as the usefulness of our measurements for other nuclear astrophysics experiments will be discussed.

C-23 Photonuclear Study of $^{\text{nat}}\text{Zr}$ above the Giant Dipole Resonance RAHMAN Md. Shakilur, KIM Kyung Sook, LEE Manwoo, WANG Taofeng, KIM Guinyun, OH Youngdo¹, LEE Hee-Seock¹(*Kyungpook National University. ¹Pohang Accelerator Laboratory.*) The relative probability in forming each state of isomeric pair by means of (g, xn) reaction (3) has been measured in $^{\text{nat}}\text{Zr}$ with bremsstrahlung beam of end point of 50MeV, 60MeV and 70MeV produced by electron beam accelerator at Pohang Accelerator Laboratory (PAL). The Bremsstrahlung beam is produced by bombarding the accelerated electrons into a thin W target which is optimized by GEANT4 simulation. The isomeric ratio has been determined from a series of gamma spectra measured with high energy resolution gamma spectrometric system consisting of HPGe detector and a multichannel analyzer. The experimental results which include the possible reaction channel studies for the isomeric states of $^{\text{nat}}\text{Zr}$ (g, xn) $^{87\text{m.g.}, 86\text{m.g.}}\text{Y}$ is reported for the first time. The results have been discussed together with the literature values for the reaction $^{\text{nat}}\text{Zr}(\text{g}, \text{n})$ $^{89\text{m.g.}}\text{Zr}$.

C-24 Production of double hypernuclei in $^{12}\text{C}(\text{K}^-\text{K}^+)$ reaction at 1.67GeV/c 최 봉혁, 김 성준, 안 정근, MIWA Koji¹, IMAI K.²(*부산대학교, 물리학과. ¹Tohoku, Physics. ²Kyoto, Physics.*) Nuclear systems with strangenes are very attractive probes for understanding baryon-baryon interaction. Yet, there are many experimental results about hypernuclei in the $S=-1$ sector, while little known are double hypernuclei. The KEK-E224 and BNL-E885 collaborations reported a possible production of Ξ hypernuclei in the missing-mass spectrum for $^{12}\text{C}(\text{K}^-\text{K}^+)\text{X}$ reaction. The two experimental data support that a potential well depth, V_{Ξ} , is favored to be approximately 14MeV for $A=12$ assuming a Woods-Saxon-type nuclear potential. Recently, we have measured (K^-K^+) reaction at 1.67 GeV/c K^- at the KEK proton synchrotron. A scintillating fiber active target was employed to view both secondary interactions and decays of particles produced in the (K^-K^+) reaction. This tracking capability for the vertex region provides us for studying the fate of Ξ^- hypernuclei, which is advantageous over the previous two experiments. We will present a preliminary result on the production cross sections for $^{12}_{\Xi}\text{Be}$ and $^{12}_{\Lambda\Lambda}\text{Be}$, and also on the branching fractions into the decay modes with charged particles and/or Λ hyper-

on(s).

C-25 Production cross section of residual radionuclides by proton-induced reactions on natural iron KIM kwangsoo, KHANDAKER M. U.¹, LEE M. W., KIM K. S., KIM G. N., CHO Y. S.¹, LEE Y. O.¹(*Kyungpook National University. ¹Korea Atomic Energy Research Institute.*) Investigation of the $^{\text{nat}}\text{Fe}(\text{p},\text{x})^{56}\text{Co}$ reaction for charged particle beam monitoring purposes. Determination of optimum production parameters for the ^{55}Co radionuclide with minimum impurity by cyclotron. A conventional stacked-foil activation technique combined with high purity germanium (HPGe) g-ray spectrometry was used to perform this research. The stacked samples were irradiated with proton energy of 42 MeV in the external beam line of the MC-50 cyclotron at the KIRAMS. Monitor foils of copper and aluminum were used to monitor the beam parameters. Excitation functions for the formation of the $^{55, 56, 57}\text{Co}$, $^{52, 54}\text{Mn}$ and ^{51}Cr radionuclides through the $^{\text{nat}}\text{Fe}(\text{p},\text{x})$ nuclear processes were measured over the energy range 5-38 MeV with an overall uncertainty of about 16%. Measured data were compared with the available literature data, theoretical calculations by the codes TALYS and ALICE-IPPE, and a good overall agreement among them was found. Integral yields for the investigated radionuclides were also deduced using the measured cross-sections and stopping power of natural titanium for hydrogen nuclei. The IAEA recommended values for the $^{\text{nat}}\text{Fe}(\text{p}, \text{x})^{56}\text{Co}$ nuclear process was verified by the present investigations. Furthermore, The optimum production of ^{55}Co from natural Iron (Fe) target was selected as 30a20 MeV proton energy, but the impurity level due to the long lived ^{56}Co radionuclide was found as ~1.5%. Therefore, a low energy (<30 MeV) cyclotron could be used to produce large amount of ^{55}Co with minimum impurity from the simultaneously produced ^{56}Co radionuclide.

C-26 Studies of Energy Dependence Isomeric Yield Ratios in the Production of $^{89}\text{Y}(\text{g},\text{xn})$ $^{87\text{m.g.}, 86\text{m.g.}}\text{Y}$ by Photonuclear Reactions RAHMAN Md. Shakilur, KIM Kyung Sook, LEE Manwoo, WANG Taofeng, KIM Guinyun, OH Youngdo¹, LEE Hee-Seock¹(*Kyungpook National University. ¹Pohang Accelerator Laboratory.*) Activation techniques have been used to measure energy dependence isomeric ratios of $^{89}\text{Y}(\text{g},\text{xn})$ $^{87\text{m.g.}, 86\text{m.g.}}\text{Y}$ by photonuclear reactions with electron beam accelerator at Pohang Accelerator Laboratory (PAL). The bremsstrahlung beams are produced by bombarding the accelerated electrons into a thin W target. The isomeric ratio has been determined from a series of gamma spectra measured with high energy resolution gamma spectrometric system consisting of HPGe detector and a multichannel analyzer. Isomeric cross-section ratios of $^{87\text{m.g.}}\text{Y}$ and $^{86\text{m.g.}}\text{Y}$ obtained in the present study are ; 0.31 ± 0.03 and 0.22 ± 0.02 for 50MeV, 0.34 ± 0.02 and 0.25 ± 0.02 for 60MeV and 0.35 ± 0.03 and 0.27 ± 0.03 for 70MeV bremsstrahlung end point energy respectively. Results obtained have been discussed and compared with some corresponding values found in the literature.

C-27 Nuclear Reaction Calculation and Nuclear Data Evaluation for Fe isotopes induced by Proton YANG Sung Chul, KIM Hyeong Il, LEE Young Ouk(KAERI(Korea Atomic Energy Research Institute).) Iron is a common structural material for nuclear power reactors and the associated shielding. Thus, accurate data on iron needs to avoid an unnecessary conservatism in nuclear related industries. This work aims to provide evaluated nuclear data for a industrial application and to understand a nuclear reaction process of a charged particle. We have performed nuclear reaction calculations for Fe isotopes induced by proton in the 1 keV – 200 MeV energy range. Our calculation was based on the TALYS code which is a computer code system for the prediction and analysis of a nuclear reaction. The calculated results include all the physical quantities such as the total, elastic and non-elastic scattering cross sections, angular and/or energy distributions, and so on. Then, the results were compared to the available experimental data and the existing nuclear data libraries such as ENDF/B-VII.0, JENDL-HE, JEFF-3.1.

C-28 Rotational Energy Term in the Empirical Formula for the Yrast Energies in Even-Even Nuclei. HA Eunja, HONG Seungwoo(성균관대학교) We show that part of the empirical formula describing the gross features of the measured yrast energies of the natural parity even multipole states for even-even nuclei can be identified as the rotational energy of nuclei. When the first term of the empirical formula, αA^{gamma} , is regarded as the rotational energy, we can better understand the results of previous χ^2 analyses of the excitation energies. We show that the values of α and γ newly obtained by considering the αA^{gamma} term as the rotational energy of a rigid rotor are remarkably consistent with those values extracted from the earlier χ^2 analyses. Furthermore, we find that this interpretation can still be applied to the natural parity odd multipole states in even-even nuclei.

■ SESSION: C [CG5]
10월 24일(금), 13:00 - 14:30
장 소: 210호

C-29 Status of the Proton Accelerator Facility in National Cancer Center LEE Se Byeong(National Cancer Center.) The first Korean therapeutic proton accelerator facility was constructed in National Cancer Center in 2006. It is consisted of a Cyclotron, 3 patient treatment rooms and an experimental area. The cyclotron accelerates proton beam up to 230 MeV with 300nA maximum current. There is an energy selection system just after cyclotron and it can degrade proton beam energy till 100 MeV. We are treating cancer patients in Proton Therapy Facility from March of 2007. The general proton beam condition is 100 ~ 230 MeV and 3 ~ 30nA for treatment at the end of beam line. We are running the facility as 70~80% beam time for clinic purpose and 20~30% for research/maintenance.

C-30 단일 감속재를 이용한 광대역 중성자 분광기 개발 문 명국, 천 종규, 구 자필, DESAI Shraddha¹(한국원자력연구원, 중성자과학연구부. ¹BARC.) 전하가 없는 중성자는 물질과 반응하는 확률이 아주 낮아서 검출하기 어렵기 때문에 주로 핵반응을 통하여 중성자를 측정할 수 있다. 중성자 검출기에서 가장 많이 사용하는 중성자 검출 매질은 He-3와 BF₃가 대표적이다. 일례로 중성자와 He-3가 반응하면 총합이 764keV의 에너지를 가진 양성자와 삼중수소핵을 방출하므로 낮은 에너지의 중성자에 의한 핵반응 후의 에너지 변화는 미비하다. 또한 에너지가 높을수록 He-3와의 반응 확률이 지수적으로 떨어진다. 본 연구에서는 원뿔형 구조를 가진 단일 중성자 감속재 내에 위치민감 중성자 검출기를 설치한 후에 감속재의 두께가 얇은 부분은 낮은 에너지의 중성자를 검출하고 두께가 두꺼운 부분은 높은 에너지의 중성자를 검출할 수 있는 새로운 개념의 중성자 분광기를 개발하였다. 중성자 검출계통을 구동하기 위하여 전 계측계통을 제작하였으며, 중성자 감속재의 반응함수를 MCNP 코드를 이용하여 구하였다. 본 발표에서는 이와 관련된 개발 결과를 보고하고자 한다.

C-31 Central Time-of-Flight System for the Future CLAS12 Detector at CEBAF@JLAB 장 주영, NI Andrey, VIACHESLAV Kuznetsov, KIM Andrey, 김 우영¹(경북대학교 물리학과. ¹경북대학교 물리학과, 기초과학지원연구소) The Nuclear Physics Group of Kyungpook National University is to develop a high-resolution central time-of-flight (CTOF) system for the future CLAS12 detector. The CLAS12 detector is now being developed for the Upgrade of Continuous Electron Beam Accelerator Facility (CEBAF) at Thomas Jefferson National Accelerator Facility (JLAB) VA, USA. The system will be made of 50 scintillator counters which will form a barrel surrounding a target at the distance of 26 cm. It will operate inside the superconductive solenoid magnet that will generate magnetic field ~5 Tesla. The design goal is to achieve TOF resolution of 50 psec. The most perspective solution for the system design is to use magnetic resistant fine-mesh photomultipliers which can operate in the magnetic field up to 1.5 Tesla. Short (~0.6 m) light guides will be transport scintillation light to the regions where the magnetic field drops down to this value. This design makes it possible to significantly simplify mechanic construction in comparison with the previous version based on the ordinary photomultipliers and long light (~1.5 m) guides. Performance of a prototype counter equipped by two magnetic-resistant fine-mesh Hamamatsu R7761-70 photomultipliers has been studied using a 45 MeV proton beam of the MC50 Cyclotron in Korean Cancer Center (Seoul). Special technique of such measurements has been developed on the base of GEANT4 simulations. The obtained TOF resolution is as good as 20 psec. So good resolution proves the design with fine-mesh photomultipliers meets basic requirements for this system. Performance of a prototype counter equipped by two magnetic-resistant fine-mesh Hamamatsu R7761-70 photomultipliers has been studied using a 45 MeV proton beam of the MC50 Cyclotron in Korean Cancer Center (Seoul). Special technique of such measurements has been developed on the base of GEANT4 simulations. The obtained TOF resolution is as good as 20 psec. So good resolution proves the design with



fine-mesh photomultipliers meets basic requirements for this system.

C-32 **A Current-mode Scintillation-Fiber Detector for Measurement of Neutron-Beams** C. Kim, M. Jo, B. Hong, R. J. Hu, K. S. Lee, S. Park, K. S. Sim(*Department of Physics and Korea Detector Laboratory, Korea University, Seoul 136-701.*) We report development of a current-mode scintillation-fiber detector for precision measurement of accelerator-induced fast-neutron beams. 1-mm thick single-cladded scintillation fiber was used to manufacture the array of detector pixels. The length of the scintillation-fiber, 10 mm, was chosen by a compromise between maximization of the neutron sensitivity and suppression of the probability of multiple scatterings fed with a 46-channel silicon photodiode and a current-mode signal processor. The test result with the MC50 cyclotron at the Korea Institute of Radiological and Medical Sciences shows that the fast-neutron detector, composed of scintillation fiber and operating in the current-mode, is a reliable choice for the precision measurement of fast-neutron beams for the radiotherapy.

C-33 **Investigation of the pulse shape of proton and alpha particles using a Surface Barrier Detector** CHOI H.J., PARK S.J., PARK H.Y., YOO J.S., LEE N.H.¹, CHOI K.H., LEE I.S., LEE H.J., HAHN I.S.(*이화여자대학교 과학교육과. ¹이화여자대학교 물리학과.*) To distinguish different charged particles is very important in nuclear and particle physics experiments. The pulse shape analysis method will be 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 proton and alpha particles detected by a surface barrier silicon detector using digital signal process. We got the signals of alpha particles from a ²¹⁰Po source and protons produced by ²⁹Cu(p,p) elastic scattering reaction at KIRAMS MC-50 cyclotron facility. The analyzed differences of pulse shape and our results will be reported.

C-34 **Measurement and Monitoring about Radioactive**

Isotopes in Beverage that are consumed by many people. KIM Seo Yeon, MOON Young Joo, LEE EUN Kyung, LEE In Sun(*이화여자대학교 과학교육과.*) Researches about man-made isotopes in food consumed daily have been active recent years, as they advance fields beyond Nuclear Physics. Because of many nuclear experiments, bomb tests, or accidents like Chernobyl accident, man-made isotopes such as ¹³⁷Cs and ¹³⁴Cs have been introduced widely. We have measured the percentages of certain radioactive isotopes in milk, coffee, and green tea by measuring the gamma ray using a HPGe detector in the Yang-Yang underground laboratory. The above three different types of beverage that are consumed by many people on daily basis cannot be free from these man-made isotopes. The results of our measurements and their implications will be presented.

C-35 **다중픽셀 광전자 증배관의 균일성 분석을 위한 단일 광전자 측정** 손창욱, 김강환, 김정환, 손현동, 이준규, 이하영, 유인권(*부산대학교, 물리학과.*) 다중픽셀 광전자 증배관(Multi-Anode Photomultiplier, MAPMT)은 경입자 검출에 유용한 가스복사체를 이용한 환상체렌코프(Ring Image Cherenkov, RICH)의 광검출기로 많이 사용되는데, 본 연구실에서는 발광다이오드(LED)와 산광기를 이용하여 Hamamatsu사의 16픽셀(H8711)과 64픽셀(H8500) 다중채널 광전자 증배관의 균일성(Uniformity)을 측정 한 바 있다. 기존에 측정된 균일성은 균일하게 입사되는 광원에 대해 측정된 픽셀별 상대적인 값을 비교하였으나 절대적인 값을 비교하기 위해서는 동일 광음극(photo cathode)에서 방출된 단일광전자가 얼마나 증폭되는지를 픽셀별로 측정하여, 각 픽셀마다 측정된 균일성 값들을 광전자의 개수로 보정해 주어야 한다. 이를 위하여 H8711 및 H8500 각 다중채널 광전자증배관에 대하여 픽셀별로 단일 광전자 측정(Single Photoelectron Measurement)을 수행하였다. 본 연구실에서는 고속 펄서(PS417 - 10kHz, 시그널 폭 ~ 6ns)를 이용한 광원(LED)과 편광판(Polarizer) 2개를 이용하여 단일 광전자 측정을 수행하였다. 이 결과를 이용하여 기존에 측정된 16채널과 64채널의 균일성 데이터를 교정하고, 제작사(Hamamatsu)에서 제공된 결과와 비교 분석 하였다. 본 발표에서는 단일광전자 측정의 단순하고 새로운 방법의 가능성과 문제점을 소개하고 논의하고자 한다.

■ SESSION: G [GF1]
 10월 23일(목), 14:30 - 16:15
 장 소: 프레스센터

GF-01 MBL409(가칭)를 이용한 물리시험실험의 현장 적용가능성에 대한 조사 장 세중, 이 연상(한국교원대학교, 물리교육과) 본 연구실에서 개발한 MBL409(가칭)는 기존 상용 MBL에 비하여 보다 복잡한 기능과 확장성을 가지고 있다. 다양한 기능과 확장성을 가지기 때문에 그에 따라 사용방법이 보다 복잡하고 어렵다. 실제로 MBL은 학교 현장에서 교사가 이용할 줄 알아야 한다. 따라서 역학분야, 전자기분야, 파동분야의 실험을 교사들이 일정시간 교육받고 각각의 실험을 해보았다. 역학분야는 동영상 운동 분석 프로그램을 이용하고, 전자기분야와 파동분야는 MBL409를 가지고 실험을 하였다. 각각의 실험을 교육받은 교사들이 걸리는 시간은 기기설정, 측정, 실험분석시간이 평균 20.5분 걸렸으며, 실험 결과 또한 이론값과 5%이하의 오차를 보이며 일치했다.

GF-02 MBL실험장비를 이용한 7학년 소리단원의 학습자료 적용 김 미애, 윤 재선(강릉대학교, 물리학과) 본 연구의 목적은 눈으로 확인할 수 없는 소리단원의 학습내용을 MBL 실험 장비를 이용하여 제작된 소리단원의 학습자료를 실제 수업에 적용하여 학생들의 학습동기 및 학습성취도에 어떠한 영향을 주는지 알아보기 위한 것이다. 이를 위해 강원도 강릉시 재학중인 중학생들을 10명씩 10모둠으로 선정하여 그중 6개모둠 60명을 통제집단으로, 4개모둠 40명을 실험집단으로 선정하였다. 통제집단은 MBL실험장비를 사용하지 않은 기존의 수업 방법으로 진행하였고, 시험집단은 MBL실험장비를 이용한 학습자료를 가지고 수업하였다. 학습자료의 적용효과를 보기 위해 수업전 사전 학습 동기 검사지(PALS)를 이용하여 학습동기를 검사하였고, 수업 후 사후 학습동기검사지(IMMS)를 이용하여 학습동기를 검사하였다. 또한 수업후 두집단에 학습 성취도 평가를 실시하였으며, 실험집단을 대상으로 MBL실험 장비를 이용한 수업에 대한 흥미도검사를 실시하였다. 본 연구의 결과, 수업전 사전 학습동기의 경우 두 집단의 유의미한 차이가 나타나지 않는 것을 볼 수 있었으며, 수업 후 사후 학습 동기의 경우 MBL실험 장비를 이용하여 수업한 실험집단이 통제집단에 비해 유의미한 효과가 있는 것을 볼 수 있었다. 이와 같이 MBL실험 장비를 이용하여 학생 스스로 눈으로 확인할 수 있도록 학습하는 것이 기존 방법의 수업보다 많은 흥미를 주고 학습 내용을 효과적으로 전달할 수 있는 것을 알 수 있었다. 앞으로 좀 더 많은 과학단원의 수업을 MBL장비를 이용하여 수업한다면 학생들에게 좀 더 효과적으로 수업내용을 전달 할 수 있으리라 생각한다.

GF-03 전자기 유도를 이용한 속력측정 장치 개발 박종호, 정 진규¹, 오 광택², 백 남권(진주교육대학교, 과학교육과.¹ 고성, 구만초등학교²의령, 용덕초등학교) 전자기학에 있어 전자기 유도 현상은 현행 초·중·고등학교 교육과정에서 제시하고 있는 필수 과정이다. 현행 초·중·고등학교 교육과정에서는 전자기 유도를 알아보기 위해 자석을 이용한 놀이부터 전자기 유도 현상 실험까지 단계적으로 제시하고 있다. 특히 중·고등학교 교육과정에서는 전자기 유도현상과 관련하여 발생 원리를 알아보는 내용이 소

개되고 있다. 그러나 전자기 유도실험에서 코일과 자석사이의 상대적 운동 관계에 의해 전류가 발생한다는 내용만 주로 언급하고 있으며 전자기 유도현상에서 코일 속으로 지나가는 자석의 속도 차이가 전류의 세기에 영향을 준다는 내용은 언급하지 않고 있다. 이에 본 연구에서는 중·고등학교의 교육과정에서 제시되어 있는 속도의 측정과 관련하여 현행 교육과정의 전자기 유도현상에서 코일과 자석사이에 운동 관계에 의해 전류가 발생한다는 개념 설명을 보충하여 전자기 유도에 의해 발생한 전류의 세기가 코일을 지나가는 자석의 속도와 어떠한 관계가 있는지 측정하는 실험을 고안하였다. 이를 통해 전자기 유도현상의 심화된 내용학습과 시간기록계를 이용한 속도 측정이 아닌 새로운 형태로 속도 측정을 할 수 있는 실험이 될 것으로 기대된다.

GF-04 간섭과 회절에 관한 연구 교육 프로그램 개발 및 적용 강 다현, 이 성목, 신 광문(서울대학교 물리교육과) 본 연구에서는 최근 관심이 고조되고 있는 영재 프로그램의 일환으로 간섭과 회절에 관한 연구 교육 프로그램을 개발하고, 이를 학생들에게 적용하여 프로그램의 적합성을 평가해보았다. 개념과 실험의 난이도를 단계적으로 조절하여 위계적인 프로그램을 개발하였으며, 방학을 활용하여 고등학교 1학년 학생 4명을 대상으로 실시하였다. 프로그램 적용 전과 후의 학생들의 광학 개념 변화와 프로그램에 관한 설문조사, 면담 등을 통해 프로그램을 평가하였다. 그 결과 학생들은 프로그램 참여 후 단계적인 연구를 통하여 광학 개념을 깊이 있게 이해하게 되었으며 과학자적인 실험 태도를 함양하고 컴퓨터를 기반으로 한 실험 설계 및 자료 처리에 능숙하게 되었다. 또한 연구하는 과정을 소중함도 알게 되었다는 긍정적인 반응을 보였다. 본 연구 교육 프로그램의 장점을 바탕으로 향후 다른 프로그램의 개발에도 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

GF-05 Maple을 이용한 공학기초 물리·수학 통합교과목의 도입에 대한 학생 설문조사 결과 김 종재, 박 승환, 김 화민, 김 혜경, 김 주영(대구가톨릭대학교) 최근, 우리나라 교육 체제상의 여러 가지 문제로 인해 공과대학 입학생을 위한 공학기초 교육과정은 과거와는 전혀 다른 많은 문제에 봉착하고 있다. 특히, 미적분과 물리와 같은 공학기초 과목에 대한 학습이 부족한 학생들이 상당수 입학하는 현실에서는 지금까지의 대학 교양기초 과정 또는 공학교육인증 체제에서의 MSC 교과과정의 교육 내용과 방법은 수정되어야 할 필요성이 증대되고 있다. 본 연구에서는, 공학기초 MSC 교과목인 물리학과 수학에 대한 학습 내용과 방법에 대한 개선 방안의 하나로서, 컴퓨터대수패키지인 Maple을 이용한 수학-물리학의 통합교과목의 개설의 필요성과 교과구성의 기본 방향을 제시한다. 특히, 공과대학 학생들에 대한 설문조사 결과 자료를 바탕으로, 이러한 통합교과목의 바람직한 학습 내용과 교수 방법 등에 대한 학생들의 인식과 요구 수준, 기대효과, 문제점 등을 분석해 본다.

GF-06 현대물리학 교수자료로서의 동적 시각화 자료 개발 이 지연, 한 인식(이화여자대학교 과학교육과) 본 연구에서는 일반인이 가지고 있는 현재의 시점을 분석하여 이러한 시점을 과학사적 현재의 시점으로 변화시키기 위한 학습자료의 특성을 생각해 보고 그 특성을 통하여 학습컨텐츠를 개발하여 현대물리학 교수자료를 제시해 보려고 한다. 정확한 과학적 개념의 정

립을 통해 현대 과학의 발전에 대한 바른 가치판단의 기준을 세울 수 있도록 현대물리학에 걸맞은 교수자료를 개발 할 필요가 있다. 교수자료를 개발함과 동시에 개발한 교수자료의 적용을 통하여 현대물리학의 교수자료가 가져야 할 여러 추가적인 방안을 마련 할 수 있어야 한다. 현대물리학의 효율적 교육에 있어서 동적 시각화 자료의 개발과 이러한 현대물리학 교수자료의 효율성과 필요성을 밝히고자 한다.

■ SESSION: G [GF2]

10월 23일(목), 16:30 - 18:15

장 소: 프레스센터

GF-07(초) 연구에 기반한 사범대학 전공 역학 강의 개발 사례

이 경호, 정 용욱, 변 태진, 하 상우(서울대학교 물리교육과) 교사는 ‘배운대로 가르치기에’ 예비교사단계에서 ‘바른 가르침’에 대한 경험과 이해는 매우 중요하다. 이러한 경험과 이해는 교육학, 물리교육학 강의시간만을 통하여 충분히 이루어질 수 없으며, 전공 물리학 강의 시간 또한 예비교사들을 위한 의미있는 배움의 기회를 제공해주어야 한다. 특히, ‘물리학을 잘 가르치기’의 실천적인 지식은 ‘전공 물리학’강의 시간을 통해서 보다 잘 형성될 수 있다고 본다. 따라서 예비물리교사들을 위한 전공 물리강의에 관한 관심과 강의 개선 노력은 매우 중요하다. 본 발표자는 지난 5년여 동안 사범대학 전공 역학강의를 진행하면서 예비물리교사교육의 목표를 잘 반영하는 새로운 전공 역학강의를 개발하고자 노력하여왔다. 우선, 이론적인 측면에서는 학생의 물리학습 어려움에 관한 최신 연구, 지식의 구조와 학습과정 등에 관한 연구 결과들을 종합하고 분석하였다. 이러한 분석결과에 따라 수업의 기본 절차를 정하고 학생들의 학습과정을 주기적으로 파악할 수 있는 다음과 같은 연구방법들을 활용하였다: 주간보고서, 면담, 관찰 등. 이러한 방법들을 통하여 확인된 학생의 어려움을 해소하고 지식의 심화와 이해를 돕기 위하여 tutorial형태의 보조자료 개발, House Model for problem solving 개발, 조별 토의 등을 실시하였다. 본 발표에서는 새로운 전공역학 강의에 대한 학생의 반응과 향후 과제에 관하여도 논의할 것이다.

GF-08(초) 전자기학 탐구교육 강의 방안에 대해

지 찬수(강원대 과학교육학부 물리교육전공) 전자기학 관련 학습은 중등학교에서 뿐만 아니라 사범대학생들 까지도 막연히 눈에 와닿는 것이 아니라는 것으로 어려워 하고 있다. 이 부분의 학습은 물리학에서 기본내용으로서 중요할 뿐 아니라 교사교육에서 강조되어야 한다고 생각된다. 그럼에도 불구하고 통일된 교육과정에 대하여 깊이 연구된 바가 발견되지 않고 있다. 강원대학교에서 강의되는 전자기학 탐구교육 교과내용과 방법을 참고하여 좀 더 효과적으로 예비교사들에게 가르칠 수 있는 방안에 대하여 논의하고자 한다.

GF-09(초) 예비 중등과학교사를 위한 양자역학 어떻게 가르칠 것인가?

한 상욱(전북대학교 사범대학 과학교육학부 물리교육전공) 중등 학생들이 종종 ‘물리를 배워서 무엇에 쓰는가?’ 혹은 ‘빗면을 굴러 내려가는 물체의 속도와 에너지를 계산하는 법을 어디에 응용하는가?’ 하는 의문점을 제기한다. 물리를 많이 연

구한 물리학자의 입장에서는 생각해볼 가치조차 없는 질문이겠지만, 일반인들에게 있어서 물리는 일상적인 삶과는 동떨어져있는 것으로 그리고 첨단기술과는 무관한 것으로 여긴다. 고전역학, 고전전자기학, 고전광학, 열역학 등 초·중·고등학교에서 배우는 물리 관련 분야는 수 백 년 전의 이론으로, 가르치는 교사도 배우는 학생도 첨단과학으로서 물리를 상상하기는 쉽지 않다. 비록 중등물리에서 깊이 있게 다루어지지는 않지만, 교사가 첨단과학과 연계된 보다 흥미로운 물리 수업을 진행하기 위하여 첨단과학·기술의 바탕이 되는 양자역학을 간과할 수 없다. 예비 중등과학교사가 현대 과학을 설명하는데 있어서 꼭 필요한 양자역학을 어떻게 학습해야 하는지에 관하여 함께 고민해 보고자 한다.

GF-10(초) 물리교육론 평가를 위한 평가문항 유형

박 종원(전남대학교 과학교육학부 물리교육전공) 학습의 목표와 내용은 평가의 방향과 구체적인 문항 유형에 의해 영향을 받기 마련이다. 특히 평가가 임용고사와 같은 선발을 위한 경우에는 더욱 그렇다. 따라서 본 발표에서는 물리교육론과 관련해서 어떤 평가문항이 가능한지를 생각해 보고, 그로부터 물리교육론 과목에서 어떠한 내용이 지도될 필요가 있는지를 생각해 보려고 한다. 만일 제안된 평가문항을 잘 해결하는 사람을 우수한 과학교사로 볼 수 있다는 합의가 가능하다면, 또 제안된 평가문항을 잘 해결하도록 공부하는 것이 실제로 중등학교에서 물리를 지도하는데 도움이 된다는 합의가 가능하다면, 제안된 평가문항들을 잘 해결하기 위한 내용을 물리교육론 교과목에서 다루어야 할 것이다. 이를 위해 물리교육론 과목의 내용과 목차를 정리해 보고, 각 목차에 대한 가능한 평가문항 유형을 제안해 보고자 한다. 여기에서 유형이라고 한 이유는, 내용과 소재를 달리하면 실제로는 다양한 평가문항이 나올 수 있도록 하기 위한 것이다.

■ SESSION: G [GF3]

10월 24일(금), 09:00 - 10:45

장 소: 프레스센터

GF-11(초) 탐구기반 기초물리실험교육 개선방안의 실천 사례와 의의

임 성민, 김 재경(대구대학교 물리교육과) 질적 수월성을 갖춘 중등학교 물리교사 양성을 위하여 실험교육은 매우 중요하다. 하지만 물리교사양성과정을 비롯한 기존의 대학 물리실험교육은 ‘요리책식 지침서’에 의해 수동적이며 기계적으로 답습하는 실험을 반복하고 있으며 더군다나 중등학교 과학교육과정과도 괴리가 있다. 이에 연구자는 학생의 내적 참여 제고와 중등학교 과학교육과정과의 연관성 추구를 통한 실험교육의 질적 수준 고양을 기본 방침으로 하여 실험 내용, 소재, 교재, 수업지도, 평가 등 5가지 측면에서 구체적인 실험교육 개선방안을 마련하였으며, 이와 같은 내용을 기초로 하여 새로운 실험 강좌를 개설하여 실시하고 있다. 본 연구는 이상의 내용을 바탕으로 중등과학교사 양성과정에서 물리실험교육 개선을 위한 일련의 연구와 실천 사례를 보고하고 그 의의를 논의한다.

GF-13(초) 물리학 세부전공과목 수업의 필요성과 방법 제안

현 창호(대구대학교) 사범대의 특성상 입자, 핵, 고체물리학 등과 같은 물리학의 세부 전공과목은 개설되는 경우가 드물

거나 개설되더라도 학생들로부터 호응을 얻기가 쉽지 않다. 본 발표에서는 물리학의 세부전공과목 수업이 필요한 이유를 살펴보고 물리학과에서 개설되는 강좌와는 차별화된 물리교육학과의 특성을 반영하고 다양한 요구사항을 적절히 충족시키는 전공과목의 강의 계획, 수업 방법 등을 제안한다.

GF-14(초) 예비중등교사를 위한 현대물리학 강의의 한 예
이 희정(충북대학교 사범대학 과학교육학부 물리교육전공) 현대물리학이 현대의 세계관과 생활에 미친 영향은 헤아릴 수 없을

정도일 것이다. 그만큼 중요한 역할을 하고 있지만 현대물리학의 대상이 주로 우리의 감각으로 인식할 수 없는 미시세계이기 때문에, 현대물리학을 이루고 있는 개념들을 이해하기 쉽지 않은 것이 사실이다. 뿐만 아니라 현대라는 말이 뜻하는 바와 같이 현대물리학이 계속 진행중인 학문이기 때문에 더욱 그럴 것이다. 본 발표에서는 발표자의 현대물리학 강의를 예로 제시하고, 중등학교에서 공부하고 있는 한국의 꿈나무들을 가르치게 될 예비 중등교사들에게 현대물리학의 무엇일, 어떻게 강의할지에 대해 함께 논의해 보고자 한다.

■ SESSION: H [HF1]

10월 23일(목), 12:30 - 14:10

장 소: 202호

HF-01(초) R&D Status of Hyperthermal Neutral Beams at National Fusion Research Institute

YOO S. J., KIM D. C., KIM J. S., OH K. S., KIM Y. W., KIM S. B., JOUNG M., LEE B. J., CHOI S. W.¹, SON H. J.¹, LIM S. T.¹, PARK Y. C.¹, JANG J. N.², HONG M. P.²(*Applied Technology Research Division, National Fusion Research Center, Daejeon, Korea.* ¹*Department of Information Technology, Handong Global University, Pohang, Korea.* ²*Department of Display and Semiconductor Physics, Korea University, Chungnam, Korea.*) Hyperthermal neutral beams (HNB) have a great potential for semiconductor processes, especially, for etchings and thin film depositions for semiconductor and display fabrications as well as depositions for various thin film applications. Thermal and plasma-induced damages are serious problems for manufacturing deep submicron semiconductor devices and are also expected to be problems for future nanoscale devices. These problems can be overcome by damage-free and low-temperature processes with hyperthermal neutral beams. The HNB process is especially applicable to various thin film growings: Oxidation and nitridation for gate insulators of DRAMs and flash memories, transparent conductive oxide films on organic light emitting diodes (OLEDs) or flexible displays, Si thin films for solar cells and thin film transistors (TFT). We will present the status of the hyperthermal neutral beam source development and its applications, especially, in the semiconductor and display fabrications and introduce potential applications of the thin film growing for optoelectronic devices such as solar cells and light emitting diodes (LEDs).

HF-02(초) 고주파 플라즈마원 시뮬레이터 개발 현황

윤남식(충북대학교 전기전자컴퓨터공학부) 반도체와 디스플레이 장치를 위시한 여러가지 장치의 미세구조 제작 공정장비로서 중요한 역할을 하고 있는 CCP(capacitively coupled plasma) 및 TCP/ICP(transformer/inductively coupled plasma) 등의 고주파 플라즈마원에 대한 시뮬레이터 개발현황을 정리하여 소개한다. 등가 회로를 포함하는 전자기열 이론과 유체 방정식의 수치해석적 해법에 대한 개발현황 및 문제점을 분석하고 복합개스방전에 대한 반응계수 및 물성 데이터 확보 현황을 정리함으로써 완전한 형태의 시뮬레이터 개발연구를 위한 연구개발의 방향을 진단해 본다.

HF-03(초) 플라즈마 내 미세입자의 분포 및 거동 분석과 자외선 조사를 통한 입자 제어

선창래, 채길병¹, 박호용¹, 최원호¹(*ITER Korea.* ¹*KAIST 물리학과*) 플라즈마 내 미세입자들은 플라즈마 내 전자와 이온의 유동성 차이로 인해 대부분 음전하를 띄고 있으며 다양한 동역학적 특성을 나타낸다. 본 연구에서는 직류 플라즈마 내 부유하는 수 μm 크기의 미세입자들의 분포와 진동운동 특성을 조사하였다. 그 결과 전자온도와 전자밀도 등의 플라즈마 변수와 미세입자의 분포 및 운동 특성은 매우 밀접한 관련이 있음을 알아내었다. 또한 수 μm 크기의 미세입자들에 대한 연구결과를 바탕으로 사일레인 플라즈마 내에서 발생하는 수십 nm

크기의 나노입자의 성장 및 수송 현상을 이해할 수 있었다. 사일레인 플라즈마 내에서 나노입자들은 고속성장과 저속성장의 두 단계를 거치며, 일정 크기가 되면 이온끌이힘과 정전기력의 차이로 인해 수송되는 것을 실험적으로 관찰하였다. 이를 이론적으로 설명하기 위해 수평방향의 정전기력과 이온끌이힘을 계산하였으며, 입자가 빠져나가는 크기 및 속도가 실험치와 일치하는 것을 확인하였다. 그리고 사일레인 플라즈마 내 성장하는 입자에 자외선 조사 실험을 수행한 결과, 자외선 조사 시 입자의 전하량이 감소하고 그에 따라 입자의 성장속도가 증가하는 것을 확인하였으며, 이를 통해 자외선 조사가 입자 성장 제어의 좋은 수단이 될 수 있음을 알 수 있었다.

HF-04(초) 대면적/고주파 축전결합 플라즈마에서의 플라즈마 불균일 현상 및 이의 극복

안승규, 나병근, 장홍영(*KAIST 물리학과*) 대면적/고주파 축전결합 플라즈마에서 발생하는 플라즈마의 불균일 현상을 이해하고 이를 극복하기 위하여 랑뮤어 탐침과 B-dot 탐침을 이용하여 대면적/고주파 축전결합 플라즈마의 특성을 연구하였다. 실험은 90 MHz로 구동되는 원형(전극 반경 7 cm) 축전결합 플라즈마와 사각형(전극 20 cm X 30 cm) 축전결합 플라즈마에서 이루어졌으며, 실험 결과 고주파 축전결합 플라즈마의 경우 전자기 효과(electromagnetic effect)에 의하여 통상적인(13.25 MHz를 사용하며, 전극사이 1 m X 1 m 미만의) 축전결합 플라즈마와 달리 전극 외곽 부분에 강한 자기장 및 이에 의해 유도되는 유도 전기장이 존재함을 확인하였다. 아울러 이러한 유도 전기장은 높은 압력의 방전에서 플라즈마 균일도에 크게 영향을 끼치는 것을 확인하였다. 추가적으로, 이러한 대면적/고주파 축전결합 플라즈마에서 발생하는 플라즈마 불균일 현상을 억제할 수 있는 방안을 모색하기 위하여, rf 파워의 인가 방식에 따른 플라즈마 균일도의 변화 양상을 연구하였다. 실험결과 대면적/고주파 축전결합 플라즈마에서 플라즈마의 균일도는 rf 파워를 인가하는 인가지점의 개수 혹은 위치에 크게 의존하는 것을 확인하였으며, 아울러 각 파워 인가지점의 rf 위상 또한 플라즈마 균일도에 크게 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이러한 플라즈마 균일도의 rf 파워 인가지점 및 위상 의존성은 파워 인가지점 및 위상의 변화에 의해 방전 챔버안에서 전자기파가 형성하는 공동 공명(cavity resonance)의 양상이 달라지는 것과 밀접한 관계가 있는 것으로 판단되며, 이러한 공동 공명 현상의 변화를 엄밀히 이해하고 제어 한다면, 대면적/고주파 축전결합 플라즈마에서 발생하는 플라즈마의 불균일 현상을 제어할 수 있을 것으로 판단된다.

■ SESSION: H [HF2]

10월 23일(목), 16:30 - 18:35

장 소: 202호

HF-05(초) Radiation from Relativistic Electron Beams

WIEDEMANN Helmut(*Stanford University, Applied Physics/SSRL, USA, Emeritus Prof.*) Relativistic electrons can be sources of intense electromagnetic radiation from microwaves up to hard X-rays. After briefly recounting on why electrons radiate a variety of radiation schemes are discussed. Every means of deflecting relativistic electrons will lead to emission of radiation, whether it be deflections from surface fields, from interatomic fields in a crystal or external

electromagnetic fields. Specifically, we will discuss the emission of synchrotron radiation which is emitted from interaction of the electrons with strong magnetic fields in a broad band spectrum and in a narrow-band from periodic deflection. Synchrotron radiation is emitted highly collimated in the forward direction for efficient use in experimental photon beam lines. Because of the broad-band nature, each experimenter can select the photon energy of interest by adjusting his monochromator appropriately. Synchrotron radiation is produced now in about 50 facilities around the world including one at Pohang in Korea. Its radiation is used mostly when atomic and molecular structures are of interest in a wide variety of disciplines like Chemistry, Biology, Material Science, Physics, Drug development, Geology and others.

HF-06(초) Atomic Physics for Accelerator Devices SHEVELKO V.P. (*Lebedev Physical Institute, Moscow, Russia.*) The role of atomic physics investigations in constructing and operating the accelerator devices is discussed focusing the main attention to such problems as ion-beam lifetimes, vacuum conditions and residual-gas compositions. These topics are closely related to a proper description of the charge-changing processes mainly electron capture and projectile ionization in collisions of accelerated ions with rest-gas components. Recent investigations of the corresponding cross sections and ion charge-state fractions are presented in comparison with experimental data obtained at LINAC GSI/Darmstadt (Germany) and HIMAC Chiba (Japan). The numerical results were obtained using LOSS, CAPTURE and HERION computer codes developed at Lebedev Physical Institute, Moscow. New calculations will be presented for relativistic ionization of heavy ions (like U28+) which will be a subject of future investigations within FAIR project at GSI.

HF-07(초) Development of High-Brightness Injector for the XFEL PARK Sung-Ju, KIM Changbum, MOON Sung-Ik¹, HONG Joo-Ho¹, PARK Yong-Woon¹, KO In-Soo¹ (*Pohang Accelerator Laboratory, POSTECH, San31, Hyogja-dong, Pohang 790-784, Korea.* ¹*Physics Dept., POSTECH, San31, Hyogja-dong, Pohang 790-784, Korea.*) We present on the R&D activities for a high-brightness electron injector for the SASE XFEL that has been considered as the next-generation light source for the Korean synchrotron radiation science community. The injector presently being developed utilizes the photo-cathode rf gun with the precision solenoid and the booster accelerator which produces very high-brightness beams through the processes of the emittance compensation and damping. The first prototype gun already generated 1.5 mm mrad at the charge of 350 pC (60 A peak current) but the beam energy was limited to 3.7 MeV because of the rf breakdown in the gun cavity. A new gun cavity with improved cathode and cavity design has been fabricated and is presently being processed at a test stand. In this article, the author would like to report on our efforts and results of the gun development, the laser pulse shaping, and the precision booster accelerating R&Ds in the Pohang Accelerator Laboratory, POSTECH.

* This work was supported by the Ministry of Education, Science

and Technology (MEST) and the Korea Science and Engineering Foundation (KOSEF) grant (No. R0A-2008-000-20013-0) funded by the MEST.

HF-08(초) 세계 충돌형 가속기 개발 현황 김은산(경북대.) 현재 세계적으로 향후 건설을 목표로 추진 중인 충돌형 가속기들의 개발 현황을 발표한다. 이를 위하여 국제 선형 충돌가속기의 ILC, KEKB Factory 및 뮤온 가속기들에 있어서의 가속기 파라미터, 빔 파라미터 및 설계 목표를 소개한다.

HF-09(초) Future of the Proton Engineering Frontier Project* KIM Kui Young†, CHO Yong-Sub, CHOI Byung-Ho, KIM Jun-Yeon, KIM Kye-Ryung, PARK Jae Won (*Proton Engineering Frontier Project, Korea Atomic Energy Research Institute, Yuseong, Daejeon 305-353, Republic of Korea.*) The Proton Engineering Frontier Project was launched to establish an advanced research facility, by developing a high power 100-MeV, 20-mA proton linac, to promote and support core R&D programs in both scientific and industrial sectors by utilizing high quality proton beams. While briefly reporting the progress in the development of the high power proton linac, beam utilization programs, and applications of accelerator technology, this paper focuses on the expansion options in conjunction of the recent survey results and related R&D activities in the development of a rapid cycling synchrotron, a superconducting cavity linac, an H ion source, a spallation neutron target, and a high power RF source.

* This work was supported through the Proton Engineering Frontier Project by the Ministry of Education, Science and Technology of Korea.

■ SESSION: H [HF3]
10월 24일(금), 11:00 - 12:40
장 소: 202호

HF-10(초) KSTAR Heating Devices: Status and Plan BAE Y. S., JOUNG M., YANG H. L., KIM W. C., BAK J. S., PARK S. I.¹, JEONG J. H.¹, CHO M. H.¹, NAMKUNG W.¹, KWAK J. G.², OH B. H.² (*National Fusion Research Institute, Daejeon 305-333.* ¹*Pohang University of Science and Technology, Pohang 790-784.* ²*Korea Atomic Energy Research Institute, Daejeon.*) The KSTAR heating and current drive systems consist of neutral beam injection (NBI) and radio frequency (RF) systems; ion cyclotron heating and current drive (IC H&CD), lower hybrid heating and current drive (LH H&CD) system, and electron cyclotron heating and current drive (EC H&CD) system. The use of multiple heating technologies is aiming at providing control functions including current drive and profile control for the flexibility in the KSTAR operation scenarios. Also, the KSTAR adopts the 84 GHz ECH-assisted start-up for the flexibility and reliability of the operation regime with reducing the volt-sec of the Ohmic power system and therefore the plasma breakdown with lower loop voltage in range of 2 – 3 Volts. The 28.5-MW deliverable heating and current drive power in total is needed for



the KSTAR physics operation requirement; the neutral beam power of 14 MW at 120 keV D0 beam, the ion cyclotron heating power of 6 MW at 30~60 MHz, the lower hybrid heating power of 3 MW at 5 GHz, and the electron cyclotron heating power of 0.5 MW at 84 GHz for start-up and of 5 MW at 170 GHz for the current drive and the MHD mode stabilization, respectively. After the construction of the KSTAR, a 0.5 MW start-up ECH at 84 GHz and a 2 MW ICRH at frequencies of 30-60 MHz were installed and operated during the KSTAR first plasma campaign in period from June to July, 2008. It was demonstrated that ECH-assisted startup was very successful using the second harmonic pre-ionization. The estimated deliverable power of ECH to the plasma was 0.35 MW, and it was sufficient for plasma breakdown in the pre-ionization phase, allowed burn through, and helped the plasma current to rise. The ICRH helium discharge cleaning between shots was attempted under the toroidal magnetic field of 1.5 T with RF power of 30-50 kW and frequency of 33 MHz, respectively. This paper presents the present status of the KSTAR heating systems on the development and operation results during the KSTAR first plasma experiments recently completed. And also, a near-term experimental plan for heating and current drive is presented in this paper.

HF-11(조) Experimental results from the first plasma campaign and future plans for KSTAR diagnostic systems

이 상근, 가 은미, 고 원하, 나 훈균, 남 용운, 박 준교, 서 동철, 서 성현, 이 종하, 정 진일, 정 승호¹(국가핵융합연구소, ¹한국원자력연구원.)

The diagnostic systems played an important role to achieve successful first plasma operation for the KSTAR tokamak. The basic diagnostic systems for the first plasma including the magnetic diagnostics, mm-wave interferometer, inspection illuminator, visible optical diagnostics, and ECE heterodyne radiometer have provided the main plasma parameters, which are essential for the plasma generation, control, and physics understanding. Improvements to the first diagnostic systems and additional diagnostics including an X-ray imaging crystal spectrometer, mm-wave reflectometer, ECE radiometer, and so on are scheduled to be added for the next KSTAR experimental campaign. The experimental results from the first plasma operation and future plans for the diagnostic systems for the KSTAR tokamak will be presented.

* Work supported by the Korea Ministry of Education, Science and Technology.

HF-12(조) Improved suppression of NTMs by optimization of ECCD modulation on magnetic island

PARK Y.S., HWANG Y.S.(Department of Nuclear Engineering, Seoul National University, Seoul 151-744, Korea.)

Control of neoclassical tearing modes (NTMs) is one of the key issues for achieving stable high beta discharges in future advanced tokamaks. Highly localized currents driven by electron cyclotron current drive (ECCD) have been proven to be the most promising method for NTM suppression by compensating for the missing bootstrap current inside the island. To ensure high stabilization efficiency in future NTM experiment, phase modulation of ECCD to the island O-point will be strongly required

especially for relatively broad ECCD profile. From theoretical estimations, it is proven that the effectiveness of modulation depends not only on the relative width of ECCD profile but also on the positional misalignment between the ECCD deposition and the island so that the optimal modulation can be chosen from those two conditions to maximize stabilization effect from ECCD which can be estimated from the modified Rutherford equation (MRE). The improvement of NTM suppression by applying optimally controlled modulation is tested by performing stability analyses of NTMs and dynamic NTM control simulations for the KSTAR plasmas. To analyze the current drive performance of the proposed KSTAR ECCD system utilizing the second harmonic resonance of the 170 GHz X-wave, ray tracing analyses are performed by using TORAY-GA under the KSTAR environment. The performance of the ECCD system is optimized to drive the most highly localized ECCD profile on given target resonant surfaces. As a numerical model describing the NTM stability, the MRE is adjusted for the KSTAR plasma. From the MRE, improvements in the stabilities by highly localized profile and optimal modulation of the ECCD are verified. A NTM control simulator is constructed based on the MRE to test dynamic control performance. The simulation results confirm that the controlled modulation qualitatively improves the NTM stabilization compared with the cases where modulations are fixed during the mode suppression. In the simulation for a large size 2/1 island, the minimum power required to suppress the mode is reduced by 20% from the optimization of modulation.

HF-13(조) A Continuous-Wave Tunable 0.46-THz Gyro-BWO for Dynamic Nuclear Polarization Enhanced NMR Experiments

HAN Seong-Tae, TORREZAN Antonio C.¹, SHARPIRO Michael A.¹, SIRIGIRI Jagadishwar R.¹, TEMKIN Richard J.¹(*THz Wave Technology Research Group, Korea Electrotechnology Research Institute.* ¹*Plasma Science and Fusion Center, MIT.*)

We presents the experimental results of a continuous-wave (CW) 0.46 THz gyro-BWO operating at the second harmonic of the cyclotron frequency, developed to enhance the signal-to-noise ratio in 700 MHz NMR experiments by dynamic nuclear polarization (DNP) mechanism. DNP is a technique transferring the large polarization of the electron spins to the nuclear spins by irradiating the sample under study with microwaves at a frequency close to the electronic Larmor frequency. A frequency tunable source is highly desirable since it would allow DNP/NMR experiments to be performed without tuning the NMR magnet or with magnets without a superconducting sweep coil. To produce high and stable output power with a relatively low voltage (12-13 kV) electron gun, a whispering-gallery mode (TE_{11,2}) is selected. The 30 mm-long cavity is capable of lowering the starting oscillation current to 26 mA and tuning the operation frequency by about 1 GHz using high order axial modes. High power radiation with good spectral and spatial characteristics from this tube should provide NMR spectrometers with high signal enhancement. Besides experimental progress to implement the DNP/NMR spectrometer, other possible applications to utilize this powerful CW terahertz source, such as real-time imaging, will also be discussed.

■ SESSION: I [IG1]

10월 23일(목), 12:30 - 14:15

장 소: 402호

I-01 Terahertz Wave Focusing through Single Rectangle

at Fundamental Localized Surface Plasmon Resonance 김 대식, 서 민아, ADAM A. J. L.¹, PLANKEN P.C.M.¹(서울대학교 물리천문학부. ¹Delft University.) We have demonstrated, using terahertz Fourier-transform near-field imaging technique with $\sim \lambda/100$ resolution, the occurrence of a large field enhancement at the fundamental localized surface plasmon resonance. Our sample consists of rectangular holes made in a metallic sheet deposited on a (110) oriented GaP crystal, which acts both as a dielectric support and as the field-detecting electro-optic crystal. In this orientation of the crystal, with the probing light polarization along the x-axis, we detect the horizontal component of the terahertz electric field along the x-axis, while the long axis of the rectangle is along the y-axis. The funneling of energy at the fundamental resonance is also confirmed at the near-field.

I-02 Measurement and Calculation of Resonant Terahertz Transmission through Nano-slits

김 대식, 박 형렬, 서 민아, 안 광준, SUWAL Om¹, 최 성수¹(서울대학교 물리천문학부. ¹선문대학교 신소재과학과.) We have measured transmission properties of thin gold films as a function of metal film thickness and its substrate thickness in the broad frequency range between 0.1 and 1.0 THz. We determine the optimum metal film thickness and substrate thickness for rectangular slit array that permits resonantly enhanced transmission. Experimentally, as the metal film thickness is thicker than the skin depth of metal, there exists little additional enhancement at resonant frequencies. We also find that no Fabry-Perot effects contaminate later in the very thin substrate, such as SiN and SiO₂ with the total thickness of 1.7 μm .

I-03 High-speed high-resolution terahertz time-domain spectrometer using asynchronous optical sampling

김 영찬, 이 민우¹, 안 재욱¹, 이 대수²(한국표준과학연구원, 한국과학기술원 물리학과. ¹한국과학기술원, 물리학과. ²한국표준과학연구원.) High-speed high-resolution terahertz time-domain spectroscopy (THz-TDS) is demonstrated using the asynchronous-optical-sampling (AOS) method. A time-domain signal with a 10-ns time window is rapidly acquired by using two femtosecond lasers to generate and detect a terahertz pulse wave, which have slightly different repetition frequencies, without a mechanical delay stage. The spectrum obtained by the fast Fourier transformation (FFT) of the time-domain waveform has a frequency resolution of 100 MHz. The time resolution of our spectrometer is measured using the cross-correlation method to be 278 fs. A transmission spectrum of water vapor is measured and the absorption lines are analyzed in the frequency range from 0.1 to 1.2 THz.

I-04 Directional control of Surface Plasmon Polariton

waves propagating through an asymmetric Bragg resonator KIM D. S., CHOI S. B., JEONG Y. G., PARK D. J., YOON Y. C., JEONG M. S.¹, BYEON C. C.¹, KANG J. H.², PARK Q-Han², ROTERMUND F.³(Department of Physics and Astronomy, Seoul National University. ¹Advanced Photonics Research Institute, GIST. ²Department of Physics, Korea University. ³Division of Energy system research, Ajou University.) We have demonstrated directional control of surface plasmon polariton(SPP) waves propagating through an asymmetric plasmonic Bragg resonator using femtosecond temporal-phase control via the resonant coupling of SPPs and the interference of SPPs. The near-field images display significant temporal-phase dependence, switching between left and right propagation after the Bragg resonator. Our results would be a key step toward the control of surface plasmon propagation direction in nano-scaled plasmonic applications.

I-05 Single Waveguide Optical Sensors By Evanescent Mode Polarization Change

주 형규, 손 근식¹, 이 한영², 박 순섭², 이 은철, 박 진원(경원대학교 바이오나노대학 바이오나노학부. ¹광운대학교 전자공학과. ²전자부품 연구원.) We fabricate a channel waveguide that comprises polymers ZPU13-460 (core) and ZPU12-450 (cladding) for optical sensing at 1064 nm. Optical sensing of analytes adsorbing sensor surface is demonstrated by change of polarization of evanescent field enhanced by high index material TiO₂ deposited on top of the waveguide core. We observe the differential sensitivity of 7.4×10^3 whose potential sensitivity can be estimated to reach approximately one tenth of the conventional SPR sensor sensitivity with device length of only a few centimeters

I-06 Transverse Electric and Magnetic Field Detection through a 100nm Metal Nano-Aperture

김 대식, 김 진은, 이 광걸, 안 재성(서울대학교 물리천문학부.) We show that a 100 nm metal aperture probe for near-field scanning optical microscopy(NSOM) collects mostly the transverse electric and magnetic fields. Focused beam of radially polarized light generates a strong longitudinal electric field at the center and free of any magnetic field. With azimuthally polarized light, only the longitudinal magnetic field exist at the focus center. We scanned these two beams with a metal-aperture probe. Our results clearly show that a metal aperture probe collects only transverse fields both electric and magnetic.

I-07 3-dimensional Vector Field Mapping of Radially Polarized Field

김 대식, 안 재성, 이 광걸, 김 진은(서울대학교 물리천문학부.) We have investigated vector field components of radially polarized light at its focus. The radially polarized light is generated by a polarization converter. Using a gold nano particle functionalized tip, we observed, at far field region, the local electric fields in the proximity of the focus. Data analysis is accomplished by rotational analyzer ellipsometry and Stokes parameters. We have confirmed that two different methods give same results in the mapping of the local vector field.

■ SESSION: I [IG2]

10월 23일(목), 16:30 - 18:00

장 소: 403호

I-08 3D Manipulation of a Micron Particle by Optical Tweezing using a Zoom Lens System

KIM Moonseok, PARK Sang-Hyun, SOH Kwang-Sup, YOON Gilwon¹, KIM Jaisoon (School of Physics and Astronomy, Seoul National University. ¹Department of Electronics and Information, Seoul National University of Technology.) Optical tweezers are to trap a micro-scale particle by focusing a laser beam. Optical tweezing technique has been developed and used in biology to manipulate many kinds of cells. The principle of optical tweezers is the gradient of the laser beam intensity. 2D optical tweezers has been established, but 3D hasn't been done yet. In this study, we have built up 3D optical tweezers system by using the zoom lens module. He-Ne laser was used to manipulate a micro-sized particle whose diameter was about 2 μ m. The Optimized optical system was designed for being able to move the focal point of microscopic objective lens back and forth, whose range was about 10 μ m, along optical axis without any beam loss by controlling the distance between lenses. The optical system has an advantage for combining with reflectance optical microscope so that it can combine with many kinds of biosensors detecting a property of cells. It will be expected that the optical system have applications to many fields, for example construction of photonic crystal structures, photo-magnetization, or growing biological tissues.

I-09 UVLEDs 기반의 백색 LED을 위한 SrZn₂(PO₄)₂:Eu²⁺, Mn²⁺ 형광체의 광학적 특성

정 준호, 이 호섭, M. Jayasimhadri, 장 기완, 이 성수¹, 정 중현²(창원대학교 ¹신라대학교 ²부경대학교) LEDs (Light Emitting Diodes)는 높은 에너지 효율, 긴 수명 및 소형화뿐만 아니라 일산화탄소와 수은 가스가 전혀 배출되지 않는 친환경적 광원이므로 다양한 용도로 응용되고 있으며, 한 예로서 차세대 조명용 백색광으로 각광을 받고 있다. 일반적으로 백색 LED 제작방법에는 (1) RGB-LED 칩으로 백색광을 발광시키는 방법이 있다. 이것은 고휘도 및 효율성이 크지만 제조공정 비용이 비싼 것이 단점이다. 제조 단가를 줄이기 위한 대안으로 (2) 청색 LED와 노랑색 형광체를 이용하여 백색광을 발광시키는 방법으로 제조공정은 비교적 간단하나 좋은 백색광의 구현이 어려운 점이 단점으로 지적되고 있다. 이러한 문제의 해결법으로 (3) UVLED 기반과 RGB 3개의 형광체를 이용하여 백색광을 발광시키는 방법이 있으며, 효율이 좋은 고휘도 백색광 UVLED를 개발하려는 연구가 활발히 진행 중이다. 효율을 높이기 위한 방법들 중의 하나로 RGB 3개의 형광체 대신에 하나의 형광체에서 백색광을 방출하는 단일상 형광체의 연구가 현재 활발히 진행 중이다. 본 연구에서는 단일상 형광체로서 SrZn₂(PO₄)₂:Eu²⁺, Mn²⁺을 제조하여 여기 및 발광을 비롯한 광학적 특성과 함께 물리적 특성을 측정, 분석하였다.

* 본 연구는 한국학술진흥재단 중점연구소지원사업 (KRF-2007-412-J00902)으로 지원되었으며, 지원에 감사 드립니다

I-10 Analysis of the Downchirped Pulse Amplified

Multi-GW Femtosecond Laser System at 100 kHz with the Compact Regenerative Amplifier SONG Donghoon, HWANG Sung In, YU Tae Jun¹, KO Do-Kyeong(Gwangju Institute of Science and Technology. ¹Advanced Photonics Research Institute, GIST.) The multi-GW Ti:sapphire laser system operating at the repetition of 100 kHz with a downchirped pulse amplification instead of a CPA has been developed early. We have analyzed the system and constructed the new regenerative amplifier for holding femtosecond pulses stably and continuously. As well as this, We have optimized the new regenerative amplifier as considered thermal lens effects. As a result, we expect that the generation of sub-mJ with pulse duration less than 50 fs will be allowed experimentally. The simulation results indicate that 144 uJ, 39 fs pulses are allowed

I-11 고주파수 영역의 MTF 측정을 위한 Sub-sampling을 이용한 superresolution 구현

홍성목, 조재홍, 이윤우¹, 양호순¹, 이희윤¹(한남대학교, 물리학과. ¹한국표준과학연구원, 전라기술부) 광학계의 자오면과 구결면에 대한 변조전달함수 (Modulation Transfer Function: MTF)의 빠른 분석을 위해서 영상 분석기로 CCD (Charge Coupled Device) 카메라를 사용하고 있다. 하지만 CCD의 경우는 픽셀(pixel)들 사이의 간격이 고정되어 있기 때문에 분해능에 한계가 있다. 이것을 극복하기 위해서 본 연구에서는 sub-sampling 기법을 도입하였다. 이 기법은 하나의 pixel을 여러 개의 조각으로 나누어 데이터를 받는 효과를 가져다 준다. Sub-sampling을 이용할 경우 Sampling 간격이 기존의 방법에 비해서 좁아지게 됨으로써 분석할 수 공간주파수의 영역은 획기적으로 증가하게 되는 superresolution을 구현할 수 있게 되는 것이다. 이러한 sub-sampling을 이용하여 광학계의 고주파수 영역에 대한 MTF를 정확하게 측정하는 방법을 제시하고 이를 구현하였다.

I-12 레이저 균일화 광학계 설계 및 제작.

김선철, 한충규, 최윤수(국방과학연구소) 레이저를 작은 영역에 집중하면 레이저 빔의 간섭 특성으로 인하여 간섭무늬가 형성되어 집중빔의 세기 분포가 불균일해진다. 집중빔을 균일화하기 위해서 사용하는 막위상면은 빔의 위상을 균일화시켜 간섭을 감소시키지만 집중빔의 세기 분포는 가우스형이 되는 단점이 있다. 레이저 위상을 다르게 하는 두 종류의 프레넬 렌즈를 d임의 배열시켜 구성된 균일화 광학계는 간섭성을 감소시키면서 집중빔의 세기 분포도 균일화시킬 수 있다. 파동광학 프로그램을 작성하여 Hat-Top 집중 특성을 가지는 광학계를 설계 및 제작하여 실험에 적용하여 집중빔의 균일화를 향상시켰다.

I-13 영역 지정을 통한 샷-하트만 센서 시스템의 측정 범위 확장 알고리즘

김지은, 양호순¹, 이윤우¹, 전민용(충남대학교, 물리학과. ¹표준과학연구원) 샷-하트만 파면센서 (Shack-Hartmann wavefront sensor)는 광학부품의 표면 형상 측정을 위하여 널리 사용된다. 일반적으로 이 센서에서 한 개의 렌즈 배열을 통과한 점영상은 해당 하부개구(해당되는 검출기 영역)내에서의 위치변화만을 측정한다. 그 결과 측정렌즈의 수차가 커서 하부개구를 벗어나 초점이 맺혀질 경우에는 파면의 기울기를 계산할 수 없을 뿐 아니라 이 초점이 어느 렌즈 배열을 통과하여 왔는지 파악하기가 어려워 결국 파면 수차를 제대로 복원하기 어려워진다. 본 연구에서는 이 한계를 극복하고 측정영역을 넓히기 위하여

소프트웨어적으로 하부개구의 크기와 위치를 임의로 지정하는 방법을 사용하였다. 이러한 개념의 타당성을 평가하기 위하여 전산 모의 과정을 거쳤다. 중심점 측정 알고리즘은 무게 중심법을 이용하고 파면복원은 Southwell 방법을 이용하였다. 또한 그래픽을 통해 작업할 수 있는 GUI(Graphical user interface)와 기타 실험 환경을 조성했다.

■ SESSION: I [IG3]
 10월 24일(금), 11:00 - 12:30
 장 소: 403호

I-14 13 nm 고차조화파와 PMMA phase-reversal zone plate를 이용한 효율 향상된 연엑스선 현미경 박종주, 김득수, 이경환, 박주운, 이재환, 남창희(카이스트, 물리학과.) 13 nm 고차조화파와 PMMA phase-reversal zone plate를 이용해 효율이 향상된 연엑스선 현미경을 제작하였다. 고출력 펄스 초타입 레이저와 네온 기체의 상호작용으로 발생한 고차조화파를 Mo/Si 다층박막 엑스선 거울을 이용해 13.3 nm 중심 파장의 61 차 조화파만을 선택하여 현미경의 광원으로 사용하였다. PMMA 만을 사용해 제작한 phase-reversal zone plate는 제작과정이 기존의 연엑스선 영역에서 사용하는 Fresnel zone plate 보다 훨씬 간단할 뿐 아니라, 1차 회절된 초점으로서의 빛 모음 효율이 두 배 정도 향상되었다. 여러 종류의 나노 패턴을 엑스선 CCD로 관측하였고, 현미경의 배율은 650 배이다. 제작된 테이블 탑 크기의 연엑스선 현미경의 분해능은 200 nm 이하이다.

I-15 A Novel Scheme for Generation of Well Collimated High Energy Protons in Laser-Thin Foil Interactions PAE Ki Hong, CHOI Il Woo, KO Do-Kyong, HAHN Sang June¹, LEE Jongmin(광주과학기술원 고등광기술연구소, ¹중앙대학교.) By using particle-in-cell simulations, we present a new scheme for well collimated energetic proton generation through intense laser-thin foil interactions. While an ultraintense, ultrashort laser pulse propagates through a small hole (diameter < laser spot size) on a thin foil target, the ponderomotive force of the laser pulse drives electrons up to high energy inside the hole. When these electrons leave the target, a strong sheath field is formed between the electrons and the target rear surface. This sheath field accelerates protons on the target rear surface. Simulations show that the diameter of the hole plays an important role for getting high energy protons. When the proton-electron contamination fills the end part of the target hole, well collimated protons are produced. The scaling of the maximum proton energy from a hole target is presented and compared with that from a plain target.

I-16 Experimental demonstration of SARG04 quantum cryptography protocol in free space 정연창, 김용수, 김윤호 (POSTECH, Physics.) We report a weak-pulse implementation of SARG04 quantum cryptography protocol in free-space. The sifted key generation rate of 22k bit per second and quantum bit error rate of 4% have been demonstrated. We have also studied the long-distance capability of the QKD system by adding optical losses to the quantum channel.

I-17 Optimal design of high efficient cold shield for a infrared detector HONG Sukjoon, YEO Junyeob, LEE Ho-Chan¹, KO Jung-Min¹, SHIN Nae-Ho¹, PARK Jong-Won², CHOI Young-Lak², KIM Sunho³, KIM Namhwan³, KIM Jaisoon (Seoul Nat'l Univ. Department of Physics and Astronomy, ¹Army Academy, ²EOST, ³ADD.) Unlike a visible light detector, an infrared detection equipment is sensitive to heat which produces many limits in actual use. The light entering the detector includes not only the interior field of view and the exterior field of view but also other unnecessary lights such as the scattered light which emerges from various surfaces. In order to reduce these unnecessary light and enhance the detection efficiency, a cold shield must be constructed where the cold stop and the baffle is design in an appropriate structure. In this study, the light path analysis and simulation has been carried out and studied in order to enhance the detection efficiency and optimize the size of system.

I-18 Silicon Single-photon Detector with less than 5 Hz dark count KIM Yong-Su, MAKAROV Vadim, KIM Yoon-Ho (POSTECH, Dep. of Physics.) We have fabricated a silicon single-photon avalanche photodiode (SPAD) package which exhibits an extremely low dark count rate of 5 Hz. This was achieved by lowering the temperature of the SPAD down to -80°C. We have tested the characteristics of the silicon SPAD and found that the quantum efficiency of the silicon SPAD is insensitive to the cooling temperature. The after-pulsing probabilities, however, depend strongly on the cooling temperature. Details of the device and other important characteristics will be reported.

I-19 Quantum Random Number Generator using Photon-Number Path Entanglement 조영욱, 권오성, 김윤호 (포항공과대학교, 물리학과.) We report a novel quantum random number generator based on the photon-number-path entangled state which is prepared via two-photon quantum interference at a beam splitter. The randomness in our scheme is of truly quantum mechanical origin as it comes from the projection measurement of the entangled two-photon state.



■ SESSION: J [JG1]

10월 24일(금), 11:00 - 12:00

장 소: 208호

J-01 Interferometric Distillation and Determination of Arbitrary Unknown Two-Qubit Entanglement

이 승섭, 심 흥선 (KAIST 물리학과) We propose a scheme for both distilling and quantifying entanglement, applicable to individual copies of an arbitrary unknown two-qubit state. It is realized in a usual two-qubit interferometry with local filtering, by physically implementing the normal form of the state. Proper filtering operation for the maximal distillation is achieved, by using single-qubit interference, without statetomography. Then, the concurrence of the state is determined from the visibilities of two-qubit interference. Our scheme is the first experimentally realizable approach of directly determining concurrence even for mixed states.

J-02 Incompatibility between quantum mechanics and Leggett-type nonlocal hidden variable theory for singlet state

LEE Kahngho, KANG Kicheon (Dept. of Physics, Chonnam National University.) Any local hidden variable theory is abandoned by the violation of Bell inequality. However, the Bell inequality does not tell us which assumption, either locality or reality or even both of them, should be discarded in local hidden variable theory. Recently proposed incompatibility theorem for Leggett-type nonlocal hidden variable theory provides some progress to address this question. Original (or first generation) Leggett-type inequalities assume correlation function is rotational symmetry. This assumption is considered as a loophole. This loophole is get rid of "second generation" Leggett-type inequality with finite correlation measurement. We propose a very simply testable incompatibility theorem without rotational symmetry assumption by inspecting the properties of singlet state within the Leggett-type NLHV and discuss the properties of the incompatibility.

J-03 Photo-Ionization cross section of 3D Helium up to I_6 using generalized log-derivative method

LEE Min-Ho, 최 낙렬, 변 창우 (금오공과대학교) The study of photo-ionization cross section (PICS) of collinear eZe Helium showed that the closed triple collision orbits (CTCO) play an important role in PICS. We can expect CTCOs also play the same role in PICS of 3D Helium. We could obtain such a hint by analyzing the experimental data of PICS of 3D Helium, Even though there is a theoretical data up to single ionization threshold (SIT) I_{17} by using complex rotation method, We couldn't see clearly the role of CTCOs in PICS. For clearly seeing the role of CTCOs in PICS, we need data up to I_{25} , but it is known that it is impossible using the complex rotation method. Thus, we developed new method using generalized log-derivative to obtain PICS, which is a good tool since we can use parallel computer. As a test we calculate PICS of 3D Helium up to I_6 and compare it with known theoretical and experimental results.

J-04 High-order nonclassical properties of the photon-added optical state via beam splitter

이 주희, 나 현철¹, 김 재완² (숙명여자대학교, 물리학과. ¹Texas A&M University, Department of Physics. ²KLAS, 계산과학부) A quantum state prepared by the conditional measurement on a beam splitter is investigated in the context of photon-added scheme. In particular, a coherent state at one input and a number state at the other input are considered for a possible realization of nonclassical states. We study the nonclassical properties of the output state by evaluating the photon-number statistics and higher-order amplitude squeezing. We specifically investigate the dependence of the nonclassical properties on various experimental parameters such as the amplitude of input coherent state, the beam-splitter transmittance, and the detector efficiency.

■ SESSION: J [JG2]

10월 24일(금), 12:00 - 13:00

장 소: 208호

J-05 Electromagnetically induced transparency on GaAs quantum well to observe hole spin dephasing

강 훈수, 김 종수¹, 황 성인², 박 영호, 고 도경³, 고 도경³, 이 종민³ (광주과학기술원 고등광기술연구소 양자광학연구실. ¹광주과학기술원 고등광기술연구소 나노광학연구실. ²광주과학기술원 광공학제학부. ³광주과학기술원 고등광기술연구소) Electromagnetically induced transparency (EIT) was observed with transient optical response of exciton correlation in GaAs/AlGaAs quantum well structure. Decoherence of EIT was increased with temperature (12-60 K), which could be simulated by increasing non-radiation decay rate between coherently coupled ground states in Bloch equation for Λ type three level. The main factor of the non-radiation decay was mainly due to hole spin dephasing in the system for EIT via coulomb correlation. The hole spin dephasing rate was found with increasing lattice temperature and well accorded to the past results of time resolving method with n-doping material.

J-06 파라핀이 코팅된 Rb 증기 셀에서 Hanle 스펙트럼 분석

문 한섭, 이 현준, 유 예진, 배 인호 (부산대학교, 물리학과) 파라핀으로 코팅된 Rb 증기 셀에서 87Rb 의 D1 ($F=2 - >F'=1$) 선의 축퇴되어 있는 2준위 원자계의 자기 부준위 사이의 Hanle 스펙트럼을 관측하고 분석하였다. 현대의 레이저에서 나오는 광의 편광성분을 이용하여 2준위 원자계에서 Λ 형 구도를 만들기 때문에 레이저간의 위상잡음이 없어 선풍이 매우 좁은 Hanle 스펙트럼을 얻을 수 있다. 이 때 우리는 Hanle 스펙트럼의 이중 구조를 관측하였으며, 이를 레이저의 세기, 편광, 분석자의 각도에 따라 관측하였다. 이 중 구조에서 선풍이 좁은 스펙트럼의 반치폭은 자기장의 세기로 약 16 mG 으로 측정되었다.

J-07 Rb원자의 D1 선에서 정상파를 이용한 펄스파의 진행속도 제어

문 한섭, 배 인호, 이 현준, 유 예진 (부산대학교 물리학과) 우리는 87Rb 원자 D1 전이선에서 결합광이 정상파인 경우에 조사광 펄스의 속력의 변화를 조사하였다. $\lambda/2$ 원자

계에서 결합광이 공간적인 주기성을 갖는 정상파 형태를 가질 때 원자결맞음에 의한 조사광의 투과 스펙트럼 특성과 Bragg 반사에 의한 반사 스펙트럼의 특성을 관측하였다. 본 연구에서는 정상파인 결합광을 펄스형태의 조사광을 진행시킬 때 매질의 굴절률의 변화와 공간적인 주기성에 의한 조사광 펄스의 속력 변화를 다양한 조건에서 측정하고 분석할 예정이다

J-08 **The Effect of Dynamic Stark Shift on Resonant Two-Photon Absorptions**

LIM Jongseok, LEE Sangkyung, AHN Jaewook(*KAIST, 물리학과*) We have investigated the effect of dynamic stark shift (DSS) on the two-photon absorption process of atoms. The experiment was performed on gaseous ce-

sium atoms strongly interacting with a shaped laser-pulse from a femtosecond laser amplifier and a programmable pulse-shaper. When this shaped laser-pulse transfers the atomic population from the $|6s\rangle$ ground state to the $|8s\rangle$ excited state, we have found that both positively- and negatively-chirped laser pulses, compared with a Gaussian pulse, enhance this excitation in the strong-field regime of laser-atom interaction. This unusual phenomena is explained because the temporal shape of the laser intensity compensates the effect of DSS for the two-photon resonant condition to be optimally maintained. We provide Wigner function analysis and also numerical model calculations, which show good agreement with the experiment.

■ SESSION: L [LF1]

10월 23일(목), 12:30 - 14:15

장 소: 204호

LF-01 Neutrino Mass Bounds From Neutrino Beta Decays and Cosmological Probes: Λ CDM vs Interacting Dark-Energy Model.

KEUM Yong-Yeon, ICHIKI Kiyotomo¹(*NAOJ and APCTP*, ¹*RESCEU, Tokyo University*.) We investigate the way how the total mass sum of neutrinos can be constrained from the neutrinoless double beta decay and cosmological probes with cosmic microwave background (WMAP 5-year results), large scale structures including 2dFGRS and SDSS data sets. We discuss, in brief, on the current status of neutrino mass bounds from neutrino beta decays and cosmic constrain within the flat Λ CDM model. In addition, we explore the interacting neutrino dark-energy model, where the evolution of neutrino masses is determined by quintessence scalar field, which is responsible for cosmic acceleration today. Assuming the flatness of the universe, the constraint we can derive from the current observation is $\sum m_{\nu} < 0.87 \text{ eV}$ at the 95% confidence level, which is consistent with $\sum m_{\nu} < 0.68 \text{ eV}$ in the flat Λ CDM model, but more weaker bounds. We also discuss on the most stringent constraint from Lyman-Alpha Forest data.

LF-02 ANITA실험을 통한 초고에너지 중성미자 검출

남지우(이화여대.) ANITA(Antarctic Impulsive Transient Antenna)는 NASA의 초대형 풍선에 32개의 광대역 펄 안테나를 탑재한 중성미자 망원경으로서 2006-7년 남극의 여름 동안 33일간의 성공적인 첫번째 비행을 마쳤다. ANITA실험의 주요 목적은 $E > 10^{19} \text{ eV}$ 의 초고에너지 뉴트리노 검출 하는 것이며 뉴트리노가 남극의 얼음과의 상호작용으로 부터 생성된 소나기로 부터 발생한 체렌코프 전파신호를 포착하는 것을 그 원리로 한다. 이번 발표를 통하여 ANITA의 기본 검출 원리를 포함한 최근의 자료분석 결과에 대해 논의의 될 예정이다.

LF-03 The Extensive Air Shower experiment KASCADE-Grande

강동화(*University of Karlsruhe, Institut fuer Experimentelle Kernphysik*.) The extensive air shower experiment, KASCADE-Grande (KArlsruhe Shower Core and Array DEtector and Grande array), is located on site of the Forschungszentrum Karlsruhe in Germany. The experiment consists of a densely packed scintillator array with unshielded and shielded detectors for the measurement of the electromagnetic and muonic shower component independently, as well as muon tracking devices and a hadronic calorimeter (KASCADE). The Grande array as an extension of KASCADE consists of 37scintillation detector stations covering an area of $700 \times 700 \text{ m}^2$. The main goal for the combined measurements of KASCADE and Grande is the investigation of the energy spectrum and composition of primary cosmic rays in the energy range of 10^{16} to 10^{18} eV . In this talk an overview of the KASCADE-Grande experiment and recent results will be presented.

LF-04 캔토르 집합으로서의 토성 고리

김상훈, 박성일¹, 강은규¹(*목포해양대학교, 교양학부*, ¹*목포해양대학교, 전자통신공학부*.) 프랙탈 해석법은 천체물리학에도 많이 쓰이는 방법 중 하나이다. 차원이 높다는 것은 주변부와의 상호작용에 의한 연결도가 높다는 것을 뜻한다. 약 30년 전에 만델브로트가 토성 고리가 프랙탈 집합의 일종인 캔토르 집합일 것이라고 말한 이후 누구도 토성의 고리에 프랙탈 해석법을 도입하지 못했다. 토성의 고리가 수 많은 띠 모양을 갖는 것은 주변부와 밝기가 다르기 때문이다. 토성의 고리 사진을 행렬로 바꾼 후, 포말법에 의하여 띠가 나타남을 찾는다. 그리고 한 부분을 잘라서 프랙탈 차원을 구한다. 또한 고리 전체는 캔토르 곡선에 해당하므로 전체의 프랙탈 차원을 만지름의 함수로 구한다.

■ SESSION: L [LI1]

10월 23일(목), 14:30 - 16:20

장 소: 204호

LI-01 Ultra High Energy Particles in the Universe

BIERMANN Peter L.(*Max-Planck-Institut für Radioastronomie, Germany*.) Particles near 10^{20} eV are the most energetic particles known to us in the universe, also called ultra high energy cosmic rays. Their observations have led us to build the largest detector systems in the world, in the South the Auger air-shower array, and in the North the Telescope Array. With these and earlier arrays events have been detected of an energy up to $3 \times 10^{20} \text{ eV}$, which is a macroscopic energy. There have been two predictions: one that due to interaction with the microwave background the spectrum should show a turnoff near $5 \times 10^{19} \text{ eV}$ (1966); this has been confirmed by two experiments, HiRes and Auger (2007, 2008). Second, that active galactic nuclei, probably radio galaxies, should be the accelerators, based on the non-thermal optical spectra of knots and hot spots in radio galaxies (1987); this is now tentatively confirmed by Auger (2007, 2008), but contradicted by HiRes (2008). I will go through some fundamental problems with the predictions, which teach us about active galactic nuclei. Apart from differentiating various remaining options, such as gamma ray bursts, how to generate these particles, and their source population, there is one major difficulty: the lack of understanding of the cosmological web of magnetic fields, which may influence the propagation of high energy particles; here it is especially important to understand the role of our local cosmic neighborhood and a possible galactic magnetic wind. I propose, that magnetic scattering leads to a steep distribution function of scattering angles of the deviation from a straight line path for the arriving particles. I will discuss the observational and theoretical limits for an exemplary set of models, the predictions, that result from these models, and how present and future observations will test our conclusions, especially with the Telescope Array (TA), the Auger Array, the neutrino observatory IceCube, the TeV Cherenkov gamma-ray telescopes, and the future space observatory EUSO. We face a number of exciting challenges for particle physics, cosmology, astronomy, and our deep understanding of matter.

LI-02 Rotating Viscous Accretion Flow: Properties and Mass Accretion Rate 박 명구(경북대학교 천문대기과학과)

Spherical accretion flow with no angular momentum and disc accretion flow with Keplerian angular momentum have been studied for many decades. However, accretion flow with an intermediate angular momentum has not been studied well. To understand the characteristics of these flows, the global solutions of rotating viscous accretion flow with varying amount of angular momentum have been calculated within the slim disc formalism. We find that the flow with small angular momentum resembles the classic Bondi solution and its mass accretion rate is also close to the Bondi accretion rate. However, the flow with larger angular momentum becomes disc-like and its mass accretion rate can be a few orders of magnitude smaller than the Bondi accretion rate for the same gas density and temperature at the outer boundary. Therefore, the accretion flow changes from spherical to disc-like depending on the angular momentum of the gas, and its mass accretion rate decreases from the Bondi accretion rate to a fraction of it as the angular momentum increases.

LI-03 Amplification of Magnetic Field through Neutrino Electron Interaction and its Possible Astrophysical Application SAHU Sarira(*Instituto de Ciencias Nucleares, Universidad Nacional Autonoma de Mexico.*)

We consider the electromagnetic properties of a system that consists of an electron background and a neutrino gas that may be moving or at rest, as a whole, relative to the background. The photon self-energy for this system is characterized by the usual transverse longitudinal polarization functions, and two additional ones which are the focus of our calculations, that give rise to birefringence and anisotropic effects in the photon dispersion relations. Expressions for them are obtained, which depend on the neutrino number densities and involve momentum integrals over the electron distribution functions, and are valid for any value of the photon momentum and general conditions of the electron gas. Those expressions are evaluated explicitly for several special cases and approximations that are generally useful in astrophysical and cosmological settings. Besides studying the photon dispersion relations, we derive the macroscopic electrodynamics equations for this system, which involve the standard dielectric and permeability constants plus two additional ones related to the photon self-energy. As an illustration, the equations are used to discuss the evolution of a magnetic field perturbation in such a medium.

LI-04 Solving Inverse Problem with Inhomogeneous Universe: Toward a Test of the Copernican Principle YOO Chulmoon(*APCTP.*)

We construct the Lemaitre-Tolman-Bondi dust universe whose distance-redshift relation is equivalent to that in the concordance Λ CDM cosmological model. In this model, the density distribution and velocity field are not homogeneous, whereas the big-bang time is uniform which implies that the universe is homogeneous at the beginning of the universe. Further we study the temporal variation of the cosmological redshift and show that, by the observations of this quantity, we can distinguish

our LTB universe model from the concordance Λ CDM model even if their redshift-distance relations are equivalent to each other.

■ SESSION: L [LF2]
10월 23일(목), 16:30 - 18:00
장 소: 204호

LF-05 Radion Effective Potential in Brane Gas Cosmology 김 진영(군산대학교, 물리학과)

We consider a cosmological solution which can explain anisotropic evolution of spatial dimensions and the stabilization of extra dimensions in brane gas formalism. We evaluate the effective potentials, induced by brane gas, bulk flux and supergravity particles, which govern the sizes of the observed three and the extra dimensions. It is possible that the wrapped internal volume can oscillate between two turning points or sit at the minimum of the potential while the unwrapped three dimensional volume can expand monotonically. Including the supergravity particles makes the effective potential steeper as the internal volume shrinks.

LF-06 Can quantum dynamics of a scalar field be a candidate of Dark Energy or Dark Matter? KOH Seoktae, KIM Sangpyo(*Institute of Theoretical Physics, Beijing. ¹Kunsan National University.*)

Quantum dynamics of a real scalar field which satisfies the minimal uncertainty relations can be described by the two-dimensional nonlinear dynamical system with an angular momentum. Unlike usual scalar field models, the conservation of angular momentum makes it possible to generate a limit cycle at late time evolution of a coherent oscillating field. In this talk, we will suggest a quantum remnant of scalar fields as a candidate of dark energy or dark matter depending on the potential shape.

LF-07 Scalar field dark matter and the size evolution of galaxies LEE Jae-Weon(*KIAS.*)

It is known that the dark matter model based on Bose Einstein condensate [1] or scalar field [2] could explain the observed rotation curves of galaxies and solve the cusp problem and missing satellite problem of cold dark matter models. I suggest [3] that the recently observed size evolution of very massive galaxies and the early compact galaxies can be also well explained in this model. The size of the dark matter halos and galaxies depends on the effective mass of dark matter and, hence, on the temperature or the expansion of the universe. This theory predicts that the size of the galaxies increases as the scale factor of the universe, which agrees well with the recent observational data. [1] S.-J. Sin, Phys. Rev. D50, 3650 (1994) [2] Jae-Weon Lee and I.-G. Koh, Phys. Rev. D53, 2236 (1996) [3] Jae-Weon Lee, "Are galaxies extending?" arXiv:0805.2877.

LF-08 Local Tide Model of Korea to Predict the Tidal Perturbation in Geoid and Deflection of Vertical 나(NA) 성호

L

(Sung-Ho), 문(MOON) 우일(Woouil)¹, 최(CHOI) 광선(Kwang-Sun)², 신(SHIN) 영홍(Young-Hong)³, 조(CHO) 정호(Jung-Ho)³(*Pusan National University, Physics/RCDAMP*. ¹*Univ of Manitoba, Geophysics*. ²*Pusan National University, Earth Science*. ³*Korea Astronomy and Space Science Institute*.) Tidal perturbation ceaselessly exists everywhere on the earth due to the gravitational attraction exerted by the moon and the sun. Equilibrium tide amplitude exceeds 30 cm in most area of the earth. Pile up of sea water by the ocean tide result in loading the earth crust and make the situation more complicated. The ocean tide is affected by the shape of ocean bottom topography. We are trying to develop local model of Korea for tidal perturbation so that the tidal variation in the geoid and deflection of vertical can be predicted.

■ SESSION: L [LG1]
10월 24일(금), 09:00 - 11:00
장 소: 204호

L-01 Construction of MTEL and the Integration Test

김 지은, 김 우수, 나 고운, 남 신우, 박 일흥, 박 재형, 서 정은, 오 세지, 이 직, 이 혜영, 전 진아, 정 수민, 정 애라, 박 용선¹, 유형준¹, 김 민수², 김 용권², 유 병욱², 진 주영², KHRENOV B.³, GARIPOV G.³, KLIMOV P.³(*이화여자대학교 물리학과*. ¹*서울대학교 물리천문학부*. ²*서울대학교 전기공학부*. ³*Moscow State University, the department of physics*.) MTEL(MEMS Telescope for Extreme Lightning)은 극한 대기 방전 현상(Transient Luminous Events - TLE)을 관측하기 위한 망원경으로 2008년 11월에 발사되는 러시아 Tatiana-2 위성 에 탑재될 예정이다. 이 망원경은 무작위적으로 임의의 방향에서 빠르게 발생하고 사라지는 대기 방전현상을 넓은 시야각으로 감지하여 그 영상을 추적하고 확대하기 위해 MEMS 기술로 만들어진 미세형 거울(Micromirror)를 이용하는 새로운 유형의 핀홀(Pin-hole) 카메라이다. 망원경 초점면을 구성하는 다중채널 광전증배관(Multi-Anode PMT)은, 새롭게 고안된 게인 제어회로에 의해, 다양한 광량에 따라 그 작동전압이 자동적으로 조절된다. 이 망원경에는 카메라와 동시에 작동하는 분광검출기가 설치되어 있다. TLE현상의 초기과정을 관측하여 그 발생원인을 연구하며, 차후 GRB와 같은 천체현상의 관측에 적용하게 될 이 망원경의 제작이 최근 완료되어 우주환경 테스트와 시험작동이 이루어졌다. 그 과정과 결과를 논의한다.

L-02 Gravitational fields around Superconducting Global Strings

KIM Hee Il, OH Changheon¹, LEE Chul H.¹, LEE Hyung Mok(*Department of Physics and Astronomy, Seoul National University*. ¹*Department of Physics, Hanyang University*.) We re-visit the gravitational fields around superconducting global strings (SGSs). Geometric properties of the SGSs are interesting because they have diverging potential due to the Goldstone mode outside the strings. Also the supercurrents and strong magnetic fields around them could make many interesting astrophysical phenomena. Their solutions for the Einstein equations were found before by HIK and CHL of the present authors. We analyse further the sol-

utions and find the SGS could have regular spacetime without singularities but finite cigar-type spacetime. Due to the current, the gravitational potential around the SGS is repulsive inside the critical radius but attractive outside the radius. The critical radii are about 10^{-6} cm for the GUT scale SGSs and 10^{-7} cm for the electroweak scale SGSs. So their attractive potential could be effective only after $T \sim 10^2$ TeV and $T \sim$ few 100 MeV.

L-03 Evolution of Cosmological Textures

KIM Hee Il, OH Changheon¹, LEE Hyung Mok(*Department of Physics and Astronomy, Seoul National University*. ¹*Department of Physics, Hanyang University*.) A cosmological texture, once considered as promising source of primordial density perturbation has been ignored for the last decade. However, it was highlighted recently since it could provide possible explanation for the cold spots observed in the cosmic microwave background. In this work, we study the evolution of cosmological textures numerically. For high resolution simulations, we use Cactus and its mesh refinement driver Carpet. Mainly focused on asymmetric textures, we investigate their evolution and possible dynamics of binary texture systems. Resulting gravitational wave emission and its implications are briefly discussed.

L-04 Axisymmetric Evolution of Neutrons Stars with Various Equation of States

KIM Jinho, KIM Hee Il, LEE Hyung Mok, SNADJR Martin¹, CHOPTUIK Mathew W.²(*Department of Physics and Astronomy, Seoul National University*. ¹*Brion Technology, Canada*. ²*Univ. of British Columbia, Canada*.) We numerically study the evolution of axisymmetrically rotating stars. In particular, we concern with the stars requiring special relativistic treatment but whose gravity is weak enough to take a newtonian-like gravity. The initial data for the stars are calculated by using the code developed recently by some of the present authors. The high resolution shock capturing method (HRSC) is implemented in the hydrodynamics code. The gravitational potential is obtained by solving a modified Poisson equation having active mass density. Various equation of states (EoS) are considered to describe neutron stars, such as a polytropic EoS and more realistic phenomenological EoSs. We introduce our code test results and report preliminary results on the axisymmetric instabilities of the neutron stars.

L-05 Simulations on Boson Star Collision

LIM Sooil, LEE Jae-Weon¹, CHOI Dale²(*Department of Physics and Astronomy, SNU*. ¹*KIAS*. ²*Korea Institute of Science and Technology Information*.) Recently, many studies and simulations on self-gravitating scalar field boson star model as dark matter halo have been performed. This can be applied to explain some astrophysical observations like flatness of rotation curves of galaxies. In this talk we present some results of head-on collision simulation of two galactic dark matter halos in the Newtonian limit. Some parameter region of initial velocities of two boson stars and strength of self-interaction of scalar field has been searched. The final features of collision depending on these parameters are main interests of this simulation. Especially, the difference between free field and self-interacting

field will be emphasized to explain recent interesting observational facts.

L-06 **블랙홀-중성자별 쌍성의 질량 이동에 대한 안정성** 조희석, 이창환, 박홍조(부산대학교 물리학과) 중력과 복사와 감마선 폭발의 원인으로 블랙홀-중성자별 쌍성의 병합이 주로 논의되고 있다. Roche-Lobe Overflow에 의해서 중성자별에서 블랙홀로 질량이 이동할 때 궤도 각운동량과 전체 질량의 보존을 가정하면 중성자별의 상태 함수에 따라서 질량 이동의 안정성이 결정된다. 안정적인 질량 이동 조건하에서는 중력과 복사에 의해 지속적인 질량 이동이 가능하나 이 조건을 벗어나게 되면 질량 이동률이 급격히 증가해서 안정성이 깨어진다. 한편 블랙홀의 질량이 너무 크면 질량 이동이 시작하기 전에 블랙홀의 Innermost Stable Circular Orbit 내부로 중성자별이 들어오기 때문에 순간적으로 흡수되어버린다. 따라서 ISCO 외부에서 질량 이동이 일어나기 위한 블랙홀 질량의 한계가 정해지며 블랙홀의 초기 스핀에 따라서 한계 질량이 더 증가할 수 있다. 이 연구에서는 여러 가지 중성자별 모델을 사용해서 질량 이동의 안정성을 만족하는 블랙홀의 질량을 결정하고 질량 이동 시간, 블랙홀의 스핀 증가, 강착 원반의 형성 등에 대해서 논의했다.

L-07 **Gravitational Wave and Neutron Star Structure in NS-BH Binary** 김영민, 이창환, 박홍조(부산대학교, 물리학과) 중성자별-블랙홀 쌍성에서 발생하는 중력파는 중성자별의 내부구조(상태방정식)에 따라서 세기와 주파수가 달라지게 된다. 이는 중성자별의 내부구조에 따라서 질량-반경 관계가 정해지고, 중성자별의 질량과 반경에 따라 Roche lobe overflow에 의한 질량 이동 시간 및 질량 이동률이 달라지기 때문이다. 다양한 중성자별의 모델을 이용하여 중력파세기 및 주파수의 변화를 관찰하고, 이를 이용하여 앞으로 진행될 Advanced LIGO에서 관측될 중력파 신호로부터 얻을 수 있는 중성자별 쌍성계의 물리적 양들을 고찰해 보도록 한다. 또한, post-Newtonian method를 이용하여 일반상대론적 효과를 고려해 보고, 중력파의 waveform에 얼마나 영향을

미치는지 알아보도록 한다.

L-08 **Geodesic Properties and Orbits in 5-dimensional Hypercylindrical Spacetime** GWAK Bogeun, LEE Bum-Hoon¹, LEE Wonwoo¹(Department of Physics, Sogang University. ¹Center for Quantum Spacetime, Sogang University.) We investigate the geodesic motions of a massive particle and light ray in the hyper-plane orthogonal to the symmetry axis in the 5-dimensional hypercylindrical space-time. The class of the solutions depends on one constant a which is the ratio of stringmass density and tension. There exist unstable orbits in null geodesic only in some range of a . The innermost stable circular orbits in timelike geodesic also exist only in a certain range of the parameter a . The capture cross section and the deflection angle of light ray are also computed.

L-09 **Higher dimensional vacuum trans-spherical solution** 이정재, 강궁원¹, 김형찬²(대전대학교. ¹KISTI. ²서강대학교 CQEST.) We investigate the geometrical properties of vacuum p -brane solutions of Einstein gravity in $D=n+p+3$ dimensions, which have spherical symmetry of S^{n+1} and are invariant under the translation along the p -dimensions. The solutions are characterized by two kinds of parameters, mass M and tensions $\tau_i, i=1,2,\dots, p$ along the p -dimensional coordinates. It shows that the behavior of the spherical area of S^{n+1} around the singularity for $p \geq 2$ is greatly different from that for $p=1$. The regions for black string and naked singularity are classified in parameter space.

L-10 **Gauss-Bonnet Extension of the Hypercylindrical Vacuum Solutions with Tension** KANG Gungwon(KISTI.) Some effects of Gauss-Bonnet gravity corrections to the five-dimensional hypercylindrical vacuum solutions with tension will be reported.



포스터발표논문 초록

■ SESSION: P1
10월 23일(목), 14:30 - 16:15
장 소: 제3전시장

Hp-001 **Injection Simulation Result of the PEFP RCS**
JANG Ji Ho, CHO Yong Sub, LEE Yong Yung¹(*PEFP / KAERI, ¹BNL*) The proton engineering frontier project (PEFP) is designing a rapid cycling synchrotron (RCS) where the PEFP 100-MeV linac becomes the injector of the RCS. The output energy and beam power are 1 GeV and 60 kW in the initial stage. We considered the charge exchange injection with transverse and momentum painting schemes. In the transverse painting, we studied both the correlated and anti-correlated ones. This work summarizes the beam simulation result of the PEFP RCS injecting system.

Hp-002 **Monte Carlo Simulation of X-ray Radiography System for Industrial Applications*** 길 영미, 오 영도, 조 무현, 남궁 원(*포항공과대학교*) The computational simulation is useful to reduce errors and to decrease the production costs for designing the industrial radiography system. The MCNP has been considered to simulate the particle transport. Especially the radiography tally acts like a film in an X-ray imaging system, and it is effective in simulation of the radiography system. Using the MCNP radiography tally, it is possible to build the methodology of the radiography simulation, which gives easy access to simulate for various sources, exposed geometry, and detector. This work describes the methodology of the radiography simulation using the MCNPX radiography tally as follows. Mono-directional electron beam with energy of 4 MeV is assumed to impinge normally on tungsten target. The steel pipes with the artificial cracks of various shapes are exposed to the X-ray generated from the target. The transmitted X-ray is detected to the image grid of the radiography tally, and is reconstructed using the IDL. In addition, the line profiles of cracks in the reconstruction image are obtained in order to evaluate resolution.
* This work is supported by Korea Atomic Energy Research Institute.

Hp-003 **포항방사광 가속기 저장링에서 EPU 언들레이터의 dynamic aperture 영향 분석** 강 흥식(*포항가속기연구소*) 포항방사광 가속기 저장링에서 EPU 언들레이터의 껍을 조절할 때 EPU 에서 발생하는 dynamical multipole error 에 의해서 dynamic aperture 가 줄어드는데, PLS가 TOP-up 운전을 적용하기 위해서는 이 문제를 해결해야 한다. 원인을 분석하고 이에 대한 해결책을 제시하고자 한다.

Hp-004 **Design of 60 MeV Linac for Coherent Femto-Second THz Radiation** YIM Changmook, KANG Heung-sik¹, KO In Soo(*POSTECH, ¹PAL*) The fs-THz linac at the Pohang Accelerator Laboratory consists of a photocathode RF gun, two accelerating columns, two magnetic chicane bunch compressor. The optical transition radiation is used for producing THz radiation. In this article, the PARMELA code simulation results and current sta-

tus of fs-THz linac will be present.

Hp-005 **3D Program for the Capillary Far-field Pattern**
LEE Heung-Soo, KIM Ghyung-Hwa, THOMAS Szebenyi¹, STERLING Cornaby¹, DONALD Bilderback¹(*Pohang Accelerator Laboratory, ¹Cornell High Energy Synchrotron Source*) Elliptically-shaped hollow glass capillaries are used for several experiments such as micro-beam x-ray diffraction, small angle x-ray scattering, micro-beam absorption spectroscopy, protein crystallography, etc. at the Cornell High Energy Synchrotron Source (CHESS). It is important to make high quality capillaries for these kinds of experiments. But there are subtle differences between the designed capillary and the pulled capillary. It is important to know the differences to make good capillaries. After pulling a capillary, we can measure the surface profile and calculate the outer diameters, slope errors at the surface and centerline profile and slope error along the capillary. The real characteristics of the capillary such as the beam size, flux gain and far field pattern can be estimated using x-rays. Even if we measured these values we don't know relationship between capillary data and these measured data. In order to understand the relationships, we developed a simulation program which can calculate the beam size, gain and 3D beam shapes at a focal point and at a far field position with the design values or the measured data of the pulled capillary. Also a new program was developed to be applicable for convergent x-ray beams. We will show the results comparing the real measured data and the calculated data on this poster.

Hp-006 **Low emittance storage ring lattice design based on DBA structure** 채 문식(*포항공과대학교 물리학과*) Electron beam emittance which characterizes synchrotron radiation is one of the most important parameters in storage ring. How the beam emittance of the various generations of storage rings has evolved towards smaller values, producing photon beams with smaller beam sizes and divergences, i.e., brighter photon beams. Low emittance storage ring lattice design which can produce the beam of emittance less than 1nm-rad is represented here.

Hp-007 **Transverse trajectory of electron beam in two-frequency wiggler** NAM Soon-Kwon, KIM Ki-Bum¹(*Department of Physics, Kangwon National University, ¹Cyclotron Research Institute, Kangwon National University*) The intensity and gain of the radiation are reduced because the betatron oscillation, instability and nonlinear phenomena of electron beam in the high power Free-electron laser. To decrease the betatron oscillation and instability of electron beam, the two-frequency wiggler is used. In this research, we investigate the transverse motion of an electron in a two-frequency wiggler. The transverse trajectory of relativistic electron are numerically studied by using the equations of motion which are derived from the Hamiltonian.

Hp-008 **The effect of hole coupling in waveguide free-electron laser oscillator.** NAM Soon-Kwon, JULIUS Nfor, KIM

Ki-Bum¹(*Department of Physics, Kangwon National University. ¹Cyclotron Research Institute, Kangwon National University.*) The hole coupling in the resonator makes it possible to improve the radiation power. We performed numerical simulation to investigate the effect of hole coupling with transverse mode in an FEL oscillator. The results can be used in the design of far infrared free electron laser oscillator.

Hp-009 The simulation of laser wake field fomatation and the X-ray generation by electron beam injected into the wake field 황석원, 임현진¹, 조윤¹, 박예찬¹, 박성진¹, 이혜준(부산대학교 전자전기공학과, ¹한국과학영재고등학교) An ultra-intense femto-second laser pulse injected into a plasma generates a laser wake field which can be used for electron acceleration. In this study, alaser wake field is generated using two dimensional particle-in-cell simulation with moving window.The electron beam injected into off-axis of the wake field rotates around the axis, which is called betatron oscillation, and X-ray is generated from the betatron oscillation in a certain condition.The simulation results for the betatron oscillation are provided, andthe properties of X-ray radiation by betatron oscillation are investigated in this study.

Hp-010 방사화 분석법을 이용한 전자 빔 전류의 정확도 검증 The Accuracy Verification of The Electron Beam Current By The Activation Analysis Method 고승국, 오주희, 박수열, 이희석¹, 오영도(울산대학교 물리학과, ¹포항공대 포항가속기연구소) 포항가속기연구소의 2.5 GeV 및 60 MeV 전자선형가속기를 이용하여 광핵반응, 광중성자 생성 단면적 측정, 불법물질의 탐지기술개발 등의 연구가 수행되어 왔다. 이러한 전자빔이용연구에서 사용되는 전자빔전류의 절대값은 측정값의 정확도에 큰 영향을 주는 변수이다. 따라서 본 연구에서는 빔 전류의 절대값을 Au박막의 거대이극공명반응(Giant Dipole Resonance, GDR), ¹⁹⁷Au(γ ,n)¹⁹⁶Au에 의한 ¹⁹⁶Au 동위원소 생성률을 측정하고 정확도가 잘 알려진 몬테카를로계산 결과와 비교함으로써 입사 빔 전류의 절대값에 대한 정확도를 검증하였다. 실험에서 2.5 GeV 전자선형가속기의 전자빔의 전류는 표적으로부터 4 m 전방에 위치한 Wall-Current Monitor방식의 빔 전류계로 측정하였고, 60 MeV 시험용 전자 선형가속기의 전자빔의 전류는 Pulse의 특성을 이용해 측정하였다. 방사화 분석을 위한 전자빔 조사실험의 표적은 전자빔 입사 방향으로 단면적 50 mm x 50 mm, 두께가 5 mm 인 Pb sheet(1 radiation length = 5.6 mm)를 11개 쌓고, 2.5 GeV의 경우 표적 전면으로부터 2번째와 6번째, 60 MeV의 경우 표적 전면으로부터 2, 4, 6, 8번째에 Pb 표적 뒤 0.05 mm 두께의 Au 박막을 각각 설치하였으며 ¹⁹⁶Au에서 방출되는 감마선은 HPGe 분광시스템을 이용해 측정하여 분석하였다.

Hp-011 Stored Beam Orbit Stability of PLS Storage Ring 김문경, 박응수, 강홍식(포항가속기연구소) 포항가속기연구소는 1994년부터 사용자에게 방사선원을 공급해왔다. 방사선원을 공급하는 동안 가장 중요한 문제중 하나는 저장링에 저장된 빔의 궤도 안정도이다. 빔의 궤도 안정도는 여러 요인들에 의해 장애를 받아 불안정해지게 되고 이런 불안정성은 사용자들의 실험에 좋지않은 영향을 미치게 된다. 포항가속기연구소는 이런 빔의 궤도

안정성을 위해 여러가지 원인을 찾고 그 해결을 위해 노력을 기울였다. 이번 논문에서는 빔의 궤도 안정성에 관련된 여러 요인과 그 해결 결과를 보여주고자 한다.

Hp-012 High Resolution Voltage Reference for High Precision Magnet Power Supplies 박기현, 정성훈, 김동언, 한영진, 정영규(포항가속기연구소) This paper presents a high resolution voltage reference, which is suitable to build high precision magnet power supplies for accelerators and beam lines. It consists of a DSP, FPGA, and DAC boards. The DAC board uses two commercial 16-bit D/A converters and an analog signal processing circuit to achieve a resolution higher than 20-bit. The proposed voltage reference has a resolution of 20-bit (1 ppm) for the +10 V full-scale, and 21-bit (0.5 ppm) for the $\pm 10V$ full-scale. The short- and long-term stabilities are ~ 1 and 5 ppm, respectively. The controllability and reproducibility of the output voltage to a step input was ~ 1 ppm (10 μV). An equivalent bandwidth of the voltage reference was ~ 5 KHz. The voltage reference can be interfaced with the Ethernet (including EPICS), CAN, and RS232C. These experimental results show that the proposed voltage reference may be applied to many other systems which requires a high-resolution cost-effective voltage reference with a long-term stability, besides to a magnet power supply development.

Hp-013 Field Mapping System for KIRAMS-30 Magnet 정성훈, 박기현, 윤영덕, 정영규, 김동언, 강준선¹(포항가속기연구소, ¹KIRAMS.) This paper presents a Hall probe mapping system for measuring a cyclotron magnet, which has been fabricated for the 30 MeV cyclotron at the Korea Institute of Radiological and Medical Sciences. The Hall probes are mounted on a precision mechanical rotational stage and map magnetic field in the cylindrical coordinate system. The mapping system uses the "flying" mode field mapping method to reduce data-acquisition time. The time required for mapping the whole gap-area of the cyclotron magnet is ~ 75 minutes. The relative random fluctuation error during the entire mapping process is less than 0.02 %. The cyclotron magnet has been corrected using field measurement data, and the achieved total phase excursion of the cyclotron after correction is less than $\pm 12^\circ$, which is within the tolerance of $\pm 20^\circ$ for the total phase excursion.

Hp-014 포항방사광 가속기 성능향상에 사용될 전자석 예비설계 김동언, 서형석, 이흥기, 한홍식, 정영규, 박기현(포항가속기연구소) 포항가속기연구소의 제3세대 방사광원인 PLS (Pohang Light Source)는 점점 더 높은성능을 요구하는 유저들의 요구에 대응하기 위하여 주요성능향상을 추진하고 있다. 성능향상의 주요 항목은 전자빔 에너지를 2.5 GeV에서 3.0 GeV 까지 올리는것과 18.9 nm 인 현재의 전자빔 에미턴스를 5nm로 낮추고 지금 10개 까지 삽입장치가 설치 가능한 직선구간을 20개 까지 늘려서 삽입장치 광원의 활용을 높이는 것이다. 이와 관련하여 Lattice 설계가 진행되고 있으며 전자석 부분에서는 이극전자석과 4극전자석의 기능을 함께 수행하는 복합기능 전자석의 사용이 필요하다. 복합기능 전자석의 주요 Parameter는 중심자속 1.43 T이

고 4극 성분은 6.854 T/m, 자극간극은 41 mm이다. 이 보고에서는 이 복합기능전자석 뿐만 아니라 4극전자석, 6극전자석, 셉텀 및 kicker 전자석의 주요사양과 기초설계에 대해서 기술한다.

Hp-015 Commissioning Status of L-band Intense Electron Linac* 김 상훈, 양 해룡, 장 성덕¹, 손 윤규¹, 오 종석², 조 무현, 남궁 원(포항공과대학교, ¹포항가속기연구소, ²국가핵융합연구소) An intense L-band electron linear accelerator is now being commissioned at CESC (Cheorwon Electron-beam Service Center) for industrial applications. It is capable of producing 10-MeV electron beams with the 30-kW average beam power. For a high-power capability, we adopted the traveling-wave structure operated with the $2\pi/3$ -mode at 1.3 GHz. The structure is powered by the 25-MW pulsed klystron with the 60-kW average RF power. The RF pulse length is 8- μ s while the beam pulse length is 7- μ s due to the filling time in the accelerating structure. The accelerating gradient is 4.2 MeV/m at 1.45-A of the beam current which is fully beam-loaded condition. In this paper, we present details of the accelerator system and commissioning results.

* This work is supported by KAPRA and POSTECH Physics BK21 Program.

Hp-016 High power rf conditioning of high brightness photocathode gun 문 성익, 박 성주¹, 김 창범¹, 손 윤규¹, 권 세진¹, 고 인수, 조 무현, 남궁 원(포항공과대학교, 물리학과, ¹포항가속기연구소) A 1.6-cell photocathode rf gun has been fabricated for fs-THz facility to generated electron beam with low emittance and high brightness. High power rf conditioning of the cavity has been undergoing at PAL. To satisfy requirement of fs-THz facility, the forward power 8 MW at gun is feeded. During the conditioning, the vacuum was kept under 3 nTorr. Auto feedback rf aging setup is applied to minimize the occurrences of breakdown. The forward, reflected rf power and dark current were also monitored continuously. Since the field monitor was not instrumented for this test, one can only estimate the surface field using the rf reflection coefficient and the dark current.

Hp-017 A Study on the Matching Between Proton Injector and RFQ of the PEFP Accelerator KWON Hyeok-Jung, KIM Han-Sung, JANG Ji-Ho, CHO Yong-Sub(KAERI, PEFP.) Proton Engineering Frontier Project (PEFP) 20-MeV proton accelerator has been installed and tested at KAERI site. A LEBT (Low Energy Beam Transport) system was installed between ion source and RFQ to match the beam from the ion source to the RFQ. The LEBT consists of two solenoid magnets for beam focusing and two steering magnets for beam position and angle adjustment. The beam transmission through the RFQ was measured to find the operating conditions of the LEBT magnets. An ACCT (AC Current Transformer) was installed at the upstream of the RFQ to measure the RFQ input beam current, and the Tuned-CT was installed at the downstream of the RFQ to measure the RFQ output beam current. In addition, the test results were compared with the Trace-3D simulation results. In this presentation, the test results are summarized

and their comparison with the simulation results are discussed.

* This work was supported by Ministry of Education, Science and Technology of Korea.

Hp-018 Online Resonant Frequency Measurement System for PEFP Accelerator KIM Han-Sung, SONG Young-Gi, KWON Hyeok-Jung, CHO Yong-Sub(KAERI, PEFP.) For the RF linac, the resonant frequency of the accelerating cavity should be well matched to the driving RF frequency. To control the resonant frequency, PEFP proton linac adopted the Resonance Control Cooling System (RCCS). The frequency offset is fed into the RCCS and RCCS controls the cooling water temperature to restore the resonance condition. By measuring the cavity phase profile and forward RF phase profile, we can measure the frequency offset from the driving RF frequency. The field profiles are monitored by using a low level RF control system based on FPGA technology and measured frequency offset is converted to analog signal by using DAC board. To check the frequency offset estimation method and DAC board, we performed tests by using a dummy cavity. Test system configuration and test results are presented.

* This work was supported by Ministry of Education, Science and Technology of Korea.

Hp-019 암치료용 양성자/탄소이온 싱크로트론 빔입사 및 빔인출 장치 물리설계 서 형석, 정 영규, 강 홍식(포항공과대학교 가속기연구소) 양성자와 탄소이온 빔을 이용한 의료용 싱크로트론을 설계 중이다. 이 발표에서는 싱크로트론 설계 중에서 빔입사 장치와 빔인출 장치의 설계 과정을 설명한다. 이 빔입사/인출 장치에는 Septum, Kicker, Bumper 전자석 등으로 구성된다. 적절한 빔인출 장치를 선정해서 전산모사를 통해 효율적이고 안정적으로 운전할 수 있는 특수 전자석 설계를 최적화하는 과정이 될 것이다. 이 특수 전자석들은 교류전류로 운전되므로 진공챔버는 세라믹으로 만들어지고 전자석yoke를 ferrite를 사용하는 등 heat loss 관리를 하게 된다.

* 본 연구는 교육과학기술부의 지원으로 수행되었음.

Hp-020 Fabrication of C-band Standing-wave Accelerating Structure for Compact X-ray Source* 양 해룡, 김 상훈, 문 성익, 박 용정¹, 김 승환¹, 박 성주¹, 오 종석², 조 무현, 남궁 원(포항공과대학교 물리학과, ¹포항가속기연구소, ²국가핵융합연구소) We designed and fabricated a C-band standing-wave accelerating structure for a compact industrial X-ray source. It is capable of producing 4-MeV electron beams with 50-mA pulsed beam current. As an RF source, we use a 5-GHz magnetron with 1.5-MW peak power and 0.08% duty factor¹. This structure is bi-periodic and operated with the $\pi/2$ -mode standing-waves. It is on-axis coupled with magnetic coupling slots on the side wall. Each cavity in the bunching and the normal cells is designed by using the MWS code. The coupler cell is designed by using the Omega3p code for determining the resonant frequency and the external Q^2 . With the measurement of the aluminum prototype cavities, we determined the final dimensions for actual OFHC-copper cavity. The sample of the OFHC-copper cavity is fabricated and tested for measuring the var-

iation of the resonant frequency after cavity brazing. In this paper, we present the low-power measurement results for the actual column: the $\pi/2$ -mode resonant frequency, the coupling coefficient, and distribution of the field strength.

* Work partly supported by POSTECH Physics BK21 Program and POSCON.

Hp-021 Cobalt 빔의 인출 특성 연구 이 화련, 홍 인석, TRINH Thi Tu Anh, 조 용섭(한국원자력연구원) 이온주입기 슬은 화학적 특성변화와 표면 물성변화의 응용에 대부분 이용된다. 이러한 응용은 $10^{17}/\text{cm}^2$ 이상의 높은 fluence가 요구되어 빔전류의 향상이 중요하다. Cobalt 빔 또한 물성변화의 응용에 활용되는 금속이온의 하나이다. PEFP(양성자기반공학기술개발사업단)에는 120keV 급 금속이온주입기를 보유하고 있으며 이를 통해 Fe, Cu, Co, Gd 등의 금속이온을 인출하고 있다. 새롭게 디자인된 알루미나 도가니에서 530watt로 740C의 녹는점을 가지는 CoCl_2 금속화합물로부터 금속이온을 증기화하고 이온소스의 플라즈마 방전함에서 플라즈마 이온을 생성하였다. 아크전류와 방전함 사이의 관계와 에너지에 따른 아크전류 변화도 확인하였다. 질량분리전자석을 통해 76%의 Co^+ 와 6%의 Cl^+ , 18%의 CoCl^+ 와 미량의 이온들을 분리하였다. Co^+ 의 최대 전류는 100uA였으며 12uA에서 AES(Auger Electron Spectroscopy)분석을 통해 특정 깊이의 원자함량을 조사하였다.

* This work is supported by the Ministry of Education, Science and Technology of Korea.

Hp-022 Neutronic Performances of Liquid Breeding Materials for Fusion Breeder LEE Y.S, OH S.J.(National Fusion Research Institute/ Fusion Technology Development Group.) The candidate liquid type materials of liquid Li, Li17Pb83, Li62Pb38, Li20Sn80 and FLiBe were assessed at tritium production, neutron/photon heatings, gas production and so on. Assessments for neutron performances on the variety of breeding materials have been performed with the MCNP5C monte carlo code and FENDL/ENDF nuclear data libraries. As shown in the previous our work which did for the ceramic breeders, it was also shown that tritium production of all the breeding materials increases with the increase in thickness of their layer, and the different compound of Li lead to the different saturated thickness corresponding to the maximum tritium production rate. The detailed results of the neutronic performances will be discussed in the present.

Hp-023 Application of Fusion Neutron Source for Transmutation of Nuclear Wastes LEE Y.S, LEE D.S¹, JUNG H.J, OH S.J, HAN J.H¹(National Fusion Research Institute/ Fusion Technology Development Group. ¹National Fusion Research Institute/ Mirae Strategy Study Group.) Theoretical research and application of fusion neutron source have made in this study. The use of the neutron source for producing nuclear fuel and transmutating nuclear wastes is very attractive from the earlier application of fusion energy point of view. Burning and/or transmutation of nuclear wastes in a fusion-fission (hybrid) blanket having fusion and fission processes are studied in this work. The studies made on fu-

sion-fission hybrid systems for utilizing the intense 14-MeV neutron will be further discussed in the presentation.

Hp-024 Modeling of SOL-Divertor Plasma Transport Coupled to a Core Plasma Transport model in the KSTAR Tokamak HAN HYUNSUN, KIM KI MIN, HONG SANG HEE(Seoul National University, Department of Nuclear Engineering.) A coupled numerical modeling is carried out to investigate SOL(Scrape-Off Layer)-divertor plasma properties, such as density and temperature, for finding operation conditions of the KSTAR tokamak. A SOL-divertor transport code has been newly developed by a two-dimensional model based on the Braginskii's fluid formulation, and then coupled to a one-dimensional core plasma transport code. In more specific terms, the core plasma transport code including equilibrium and heating effects gives the information of energy flux through the core boundary of separatrix to the SOL-divertor transport code, which provides in turn the electron and ion temperatures at the inside midplane to the core transport code. Numerical simulation results are presented for the KSTAR baseline operation with neutral beam injection (NBI) heating.

Hp-025 Comparison of Pellet Injection Characteristics between HFS and LFS injection in the KSTAR Tokamak KIM Ki Min, HAN Hyunsun, HONG Sang Hee(Seoul National University, Department of Nuclear Engineering, Seoul National University.) Pellet injection, which is proposed as a useful method for fueling and plasma profile control in the advanced tokamak operation, has been numerically simulated for the KSTAR tokamak. A neutral gas shielding model is coupled to the transport code to calculate the pellet ablation rate during a pellet passage through the background plasma. A model of pellet drift caused by the variation of toroidal magnetic field is also included. Simulation results present the plasma profiles affected by the injected pellet materials, and the diverse characteristics of pellet ablations are compared according to background plasma property, pellet parameter and injecting location. The pellet injection from the high-field side (HFS) predicts a deeper penetration of pellet materials into the core plasmas in comparison with the one from the low-field side (LFS) injection because of the pellet movement in the direction of major radius after its ablation. The gap of penetration depth between HFS and LFS injection is larger in the background plasma with higher pressure. Therefore, the HFS injection could be more promising for the effective fuelling and profile control of hot plasmas in the advanced tokamak operation.

Hp-026 Particle-in-Cell (PIC) Simulation for Plasma Generation in a DC Plasma Source of a Linear Divertor Simulator KIM Jwa Soon, HAN Hyunsun, KIM Ki Min, KIM Hyun Seok, HONG Sang Hee(Seoul National University, Department of Nuclear Engineering.) A particle simulation code has been developed to find out the characteristics of argon plasma in a DC plasma source of a linear divertor simulator, MP² (Multi Purpose Plasma) facility at NFRI. This code simulates the position and velocity of plasma electrons and ions from their generation to extinction, and deals

with their interactions such as elastic collision, excitation, ionization and recombination. When an electron is emitted from the LaB₆ cathode plate of the source, its velocity is determined by the cumulative method with Maxwell-Boltzmann distribution. The movement of particles is described by the guiding-center model with a Runge-Kutta 4th-order scheme, and the cumulative and binary collision methods are employed for the plasma-neutral and electron-electron collisions, respectively. Next to the determination of particle position and velocity, electric field is calculated using a PIC (Particle-in-Cell) method. These numerical processes are iterated until the properties of the plasma become a steady state. The numerical results are discussed for the electron and ion energy distributions as well as the density ones.

Hp-027 **The improvement of XGC0 to include impurity species self-consistently** KOH Sehoon, CHANG CS, KWON JM¹(KAIST. ¹NFRI.) main ion과 electron을 포함하고 있는 XGC0 코드는 bootstrap current, plasma flow, pedestal build-up, neutral effect와 같은 중요한 물리량을 성공적으로 예측하고 있다. 하지만 실제 Tokamak 실험에서는 많은 물리량들이 Impurity로부터 측정이 되고, 그 측정값들이 main ion을 대변한다고 가정하여 왔다. 이러한 가정에 대한 반론은 꾸준히 제기되어 왔지만, Impurity와 main ion의 물리량 차이를 실제적인 플라즈마에서 구할 수 있는 동력학 코드가 지금까지는 존재하지 않았다. 이번 연구를 통해서 연구실에서 자체 개발한 XGC0 코드에 impurity 입자를 추가하여, impurity와 main ion의 물리량에 대한 self-consistent한 연구를 수행하였다.

Hp-028 **핵융합용 삼중수소 취급을 위한 예비연구** 노승정, 이석관¹, 이두형¹, 권새롬¹, 전재하¹, 정보현¹, 홍진석¹, 김희수¹, 김용민¹, 고승국²(단국대학교 죽전센터로 캠퍼스 ¹단국대학교 죽전센터로 캠퍼스 응용물리학과, 용인 448-701. ²울산대학교 물리학과.) 최근 한국의 핵융합로인 KSTAR 장치에서 플라즈마 발생이 성공적으로 이루어짐에 따라 국내·외에서 대형 토카막 장치의 핵융합발전을 위한 연구가 본격화 되고 있다. 또한 ITER(International Thermonuclear Experimental Reactor)의 건조에 대한 참여국의 적극적 지원이 활성화되어 핵융합에너지의 실용화 가능성은 점점 고조되고 있다. 현재, 핵융합발전을 위한 삼중수소는 자연상태에서 거의 존재하지 않고 CANDU(CANada Deuterium Uranium)를 통해 생산하나 이 또한 생산량 자체가 매우 작다. 삼중수소는 blanket에서 중성자와 리튬의 반응에 의해 생산되어 직접 핵융합 반응에 이용되거나 운송, 저장 등의 과정을 거치게 된다. 핵융합 장치의 운용과정에서 손실될 수 있는 삼중수소의 취급과 관련된 예비연구는 핵융합 장치의 운용 경제성과 장치 안전성 측면에서 매우 중요한 연구 분야이다. 본 연구에서는 삼중수소 취급과 관련된 고진공, 정밀분석기술, 고온기술 등에 대한 예비연구를 수행하였다.

Hp-029 **KSTAR 1st plasma의 평형 재구성에 대하여** 유광일, 이덕교, 박병호, 윤시우, 이상근, 박준교, 서성현, 한상희, LAO Lang¹(국가핵융합연구소. ¹GA.) KSTAR (Korea Superconducting Tokamak Advanced Research)의 평형을 계산하고 재구성하기 위하여 EFIT을 도입하여 설치하였다. 또한

KSTAR의 실험 데이터베이스인 MDS+와 연결할 수 있도록 EFIT 코드를 고쳤다. KSTAR 첫번째 캠페인에서 나온 실험 데이터를 이용하여 평형을 재구성하기 위한 시도의 과정과 결과를 이 논문에서 보일 것이다. 평형 재구성에서는 특히 자기장 데이터의 분석 작업이 중요하다. KSTAR의 PF(Poloidal Field) 와 TF(Toroidal Field) 코일들은 CICC(Cable In Conduit Conductor) 형태의 코일로 그 자켓을 Incoloy908을 사용하였다. 이는 낮은 자장에서 10 이상의 상대자화율을 갖는 물질로 자기장 데이터의 분석을 어렵게 하는 요인이 될 것이다. 일련의 자기장 분석작업 결과가 이 논문에 보일 것이다.

Hp-030 **Simulation study of LHCD for KSTAR using the TSC/LSC code** YI Sumin, WOO Minho, RYU CHANG-MO (Dep. of Physics, POSTECH.) A predictive simulation investigating lower hybrid current drive (LHCD) for KSTAR is performed using the TSC/LSC code. LHCD is an essential element for the steady state operation providing substantial and sustained plasma current. The Tokamak Simulation Code (TSC) is a numerical model which simulates the time evolution of a free boundary plasma by solving the MHD equation. The TSC code simulates LHCD and heating by calling the Lower hybrid Simulation Code (LSC). The LSC code calculates the wave propagation in plasmas by solving ray-tracing equation and the rf-driven current from 1D Fokker-Plank solver. We examine the plasma current driven fully non-inductively by LHCD system in KSTAR.

Hp-031 **Development of a Full Wave ICRF Code for KSTAR Plasma** 박병호, 김성식, 김진용(국가핵융합연구소.) We have considered the ICRF as a preionization tool complementary of ECRH for early period of KSTAR operation. Without plasma, the electric field excited by antenna is evanescent as it goes from antenna to central area and therefore most power is coupled near the antenna. This implies low coupling efficiency and contamination by impurities come from the antenna and wall. To avoid these problems we proposed cavity modes. The cavity modes have resonant characteristics and also have global field structure. With relatively small amount power it builds strong electric field inside vessel, and so we expect relatively impurity free global discharges suitable for preionization. In this context we developed the full wave code to find conditions of cavity mode excitation. For further study of ICRF waves in presence of plasma we extend this codes capable to consider interactions between waves and plasmas. The results are compared with TORIC[1] and a plausible current driving method through resonant interaction between electrons and waves on the rational surfaces will be discussed.

Hp-032 **자장 탐침을 이용한 플라즈마 전류 위치 측정** 서성현, 박준교, 이상근, 가은미, 고원하(NFRI) KSTAR 토카막에는 접선 방향의 자장 탐침이 42개, 수직 방향의 자장 탐침이 22개 총 64개의 자장 탐침이 진공 용기 내부에 폴리이달 방향을 따라 설치되어 있다. 이 자장 측정값으로부터 전류 다중 모멘트(Current Multiple Moments) 방법을 이용하면 외부 자장의 영향 없이 플라즈마 전류의 크기 및 위치가 직접 계산된다. 그런데,

KSTAR 토카막에는 수직 자장 탐침이 진공 용기의 위와 아래에만 설치 되어 있어 가운데 부분에서는 실험 데이터가 없는 것이 위치 계산에 10 cm 이상의 오차를 준다. 이 오차를 줄이기 위해서 존재 하지 않는 탐침에서의 가상 데이터를 1차적으로 계산된 플라즈마 전류 크기와 위치로부터 이론적으로 계산해서 넣어준 후 다시 전류 모멘트를 구하는 것을 반복하여 수렴값을 구하는 방법으로 플라즈마 전류의 위치 및 크기를 구하였다. 관련 이론의 소개 및 KSTAR 최초 플라즈마에서 자장 탐침의 해석 결과를 보였다.

Hp-033 **밀리미터파 간섭계 시스템을 이용한 KSTAR 초기 플라즈마의 전자 밀도 측정** 남 용운(국가핵융합연구소) Korea Superconducting Tokamak Advanced Research(KSTAR)의 전자 밀도 측정을 위해 280 GHz 단체널 수평 방향 밀리미터파 간섭계 시스템이 설치되었다. 플라즈마 전자 밀도는 수평 방향에 설치된 삼각형 모양의 이중 경로 빔라인을 통해 측정되었으며 이를 위해 두 개의 진공창을 포함한 카세트 시스템이 KSTAR의 수평 방향 포트에 설치되었다. 초기 플라즈마 조건에서 이 경로에서의 최대 선적분 전자 밀도는 $5 \times 10^{18} \text{ m}^{-2}$ 으로 설정되었다. 280GHz 시스템에서 단일 프린지로 측정할 수 있는 선적분 밀도는 $2 \times 10^{18} \text{ m}^{-2}$ 이므로 프린지 점프의 보정을 위해 다중 프린지 카운팅 회로를 사용하였다. 믹서에서 출력된 IF 신호는 회로에서 각각 1, 2, 4, 8 프린지까지 점프 없이 측정할 수 있는 네 개의 채널로 분리되며, 분리된 IF 신호를 이용하여 측정된 위상차는 회로에서 0~5 V의 DC 전압으로 변환된다. 이렇게 측정된 신호를 이용하여 실제 프린지 점프와 노이즈로 인한 신호를 구분하여 프린지 점프를 보정할 수 있는 알고리즘이 개발되었다. 이 시스템을 통해 KSTAR 초기 플라즈마의 선적분 전자 밀도가 측정되었으며 실시간 밀도 제어 시스템에도 적용되었다. 또한 측정 결과의 분석을 통해 현 시스템의 문제점을 파악하고 이를 해결할 수 있는 향상된 프린지 보정 기술을 제안하였다.

Hp-034 **KSTAR에서의 고속가간섭영상진단 연구 설계** 정 진일, 진단계통 연구팀, 최 명철¹(국가핵융합연구소 ¹한국기초 과학지원연구원.) 고도화된 기초과학 및 산업기술에 활용되기 시작하여 그 잠재적 가능성이 확인되고 있는 고속카메라는 최근 토카막 플라즈마의 가동, 진공 내부구조 경계지역에서의 상호작용, 불안정성 등의 연구를 위해 훌륭한 진단도구의 하나로 이용될 수 있는 것으로 받아들여 지고 있다. 국내에서 최근 첫 플라즈마 캠페인을 성공적으로 마친 초전도핵융합연구장치인 국가핵융합연구소의 KSTAR (Korea Superconducting Tokamak Advanced Research) 에서도 고온, 고진공, 고자장 등의 혹한 상황에 맞도록 고안된 고속 디지털 영상장치는 용기 내부에서 발생하는 플라즈마의 시간에 대한 형상 변화를 가시광 대역에서 높은 시공간 분해능으로 제공함으로써 첫 캠페인의 연구목표 달성에 커다란 공헌을 한 바 있다. 여기에서 이와 같은 토카막 영상 진단 기술을 개발하고 핵융합 플라즈마 실험을 수행하고 있는 본 연구팀은, 가시광 영역에서의 플라즈마 형상에 대한 정밀 2차원 분석 기술 개발을 뛰어 넘어 광학 필터에 의해 걸러진 파장대역의 영상 시간변화를 연구하고 있으며, 이 영상은 KSTAR와 같은 핵융합연구장치에서 이온 온도와 운동속도의 분포를 영상화 하여 매우 중요한 물리량을 직관적으로 시각화 하는 매우 진보된 형태의 실험 수단을 개발하고 있다. 본 연구를 위해 시간 반응이 매우 빨라 1 ms 수준의 시간분해능 구현이 가능한 FLC (Ferroelectric Liquid Crystal) 반복조

기술을 활용하고자 한다. 본 발표에서는 위와 같은 차세대 복합 영상 진단기술을 KSTAR 토카막 장치에 적용하기 위한 기술적 설계를 다룬다.

Hp-035 **고속가간섭영상진단을 위한 고속영상제어장치 및 통합제어프로그램 개발** 최 명철, 정 진일¹(한국기초과학지원연구원, ¹국가핵융합연구소.) 국내에서 최근 첫 플라즈마 캠페인을 성공적으로 마친 초전도핵융합연구장치인 국가핵융합연구소의 KSTAR (Korea Superconducting Tokamak Advanced Research) 에서와 같이 최근 들어 고속카메라는 토카막 플라즈마의 가동, 진공 내부구조 경계지역에서의 상호작용, 불안정성 등의 연구를 위한 진단도구의 하나로 이용될 수 있는 것으로 받아들여 지고 있다. 고온, 고진공, 고자장 등의 혹한 상황에 맞도록 고안된 고속 디지털 영상장치는 용기 내부에서 발생하는 플라즈마의 시간에 대한 형상 변화를 가시광 대역에서 높은 시공간 분해능으로 제공함으로써 첫 캠페인의 연구목표 달성에 커다란 공헌을 한 바 있다. 이와 같은 토카막 영상 진단 기술을 본 연구팀은, 가시광 영역에서의 플라즈마 형상에 대한 정밀 2차원 분석 기술 개발을 뛰어 넘어 광학 필터에 의해 걸러진 파장대역의 영상 시간변화를 연구하고 있으며, 이 영상은 KSTAR와 같은 핵융합연구장치에서 이온 온도와 운동속도의 분포를 영상화 하여 매우 중요한 물리량을 직관적으로 시각화 하는 매우 진보된 형태의 실험 수단을 개발하고 있다. 본 연구에서는 LiTaO₃, LiNbO₃ 등의 크리스탈을 이용하여 <100 Hz의 처리속도로 제어되는 광학 modulation 방법과 시간 반응이 보다 빨라 1 ms 수준의 시간분해능 구현이 가능한 FLC (Ferroelectric Liquid Crystal) 반복조 기술을 구현하기 위하여 기능추가와 개선이 편리하고 효율적인 NI기반의 FPGA(field-programmable gate array)를 사용하여 개발된 제어장치에 동시에 구현하였고 이를 소프트웨어적으로 통합 제어하는 프로그램을 고속카메라 제어프로그램과 통합하여 상황에 따라 손쉽게 바꾸어 사용 할 수 있는 영상진단 제어시스템을 소개하고자 한다.

Hp-036 **Vessel current measurement during the first KSTAR plasma campaign** 박 준교, 이 상곤, 가은미, 한 상희, 이 태구, 정 진일, 윤 시우, SABBAGH S.A.¹, KATSURO-HOPKINS O.¹(국가핵융합연구소, ¹Columbia University.) Vessel current measurement is required to diagnose the vessel current needed for the plasma control at the initial phase of the discharge in the Korea Superconducting Tokamak Advanced Research (KSTAR) machine. The vessel current is evaluated by subtracting a plasma current from a toroidal total current during a plasma discharge in the KSTAR machine. The total current is measured by using a vessel current monitor (VCM) installed on the external wall of the vacuum vessel (VV) of the KSTAR machine during the first plasma campaign. In addition, the vessel current measurements during vacuum tests of poloidal field (PF) coils without plasma are carried out and the measured values are compared with the values calculated by using 3D model for the evaluation of the vessel current. The preliminary works from the VCM measurements will be presented. * This work is supported by the Korea Ministry of the Education, Science, and Technology

Hp-037 **Operation Test and Data Acquisition of Optical Diagnostics for KSTAR First Plasma.** H. K. Na, K. D. Lee, R. Colchin*, D. Hillis* *National Fusion Research Institute, Daejeon, 305-333, Korea* **Oak Ridge National Laboratory, USA.* 나 훈균, 이 규동, RICHARD Colchin¹, DONALD Hillis¹(핵융합연구소 ¹ORNL.) Operation test and data acquisition of passive visible optical diagnostics including Ha monitor, filterscope and visible spectrometer was carried out for KSTAR first plasma, especially filterscope system was developed through the international collaboration with ORNL(Oak Ridge National Laboratory). Ha monitor consists of 30 channels, 20 channels in toroidal direction as same with Ip direction, 10 channels in poloidal one with 5 chs up and down respectively. The filter used in Ha monitor and filterscope has bandwidth of 1 nm to avoid other spectral lines neighborhood, then get the satisfied signals. Ha signal comes from neutral hydrogen atoms in order to show its neutral density distribution, also gets time behavior of ionization rates, plasma ignition time, spatial distribution of neutral hydrogen deduced from multichannel channel configuration. Especially it is also very helpful to know the ECH power direction during pre-ionization experiment. Basically the filterscope system shares with Ha monitor optical system, but something different with optical fiber, filterscope uses split optical fibers. This system is first one that installed through international collaboration with ORNL. The data is now very much reliable after lots of debugging of the system, so it is applicable to analyse time behavior of some specific impurities, analysis of plasma disruption and monitoring the status of wall condition. The dominant impurities KSTAR plasma are carbon, oxygen, helium and small amount of other impurities from in-vessel component. The main purpose of spectrometer is measuring impurity behavior as to temperature and density in order to know impurity influence about long pulse operation in the future KSTAR plasma. Finally until now visible system including Ha monitor shows reliable data, but more effort is necessary to improve digitizer calibration and more lines of sight for precise analysis.

Hp-038 **Electron cyclotron resonance heating in the RAPID device** LEE KYU-DONG, CHUNG JINIL, SEO DONGCHEOL(*National Fusion Research Institute.*) The generation of electron cyclotron resonance (ECR) plasma by an extraordinary (X) wave is being performed in the linear Research on Advanced Plasma Imaging and Dynamics (RAPID) device which has a length of 0.7 m and a diameter of 0.3 m. As an ECR heating source, a 2.45 GHz magnetron with a maximum power of 6 kW is installed at the one of horizontal window ports where the magnetic resonance layer (875 gauss) is located within the simple mirror configuration using 5 magnetic coils. The first ECR plasma has been produced with argon and its experimental characteristics in terms of plasma density and temperature at various conditions are presented. In addition, the experimental observation of ECR plasma heating is discussed from the point of view of mode conversion of an X-wave to an electron Bernstein wave (EBW) at the upper hybrid resonance (UHR) layer.

Hp-039 **Advanced Integrator System for the First Plasma Campaign in KSTAR** KA E. M., LEE S. G., BAK J. G., LEE T.G., YOON S. W., SON D.¹(*National Fusion Research Institute. ¹Hannam University.*) The drift self-compensating type analog integrator and impedance buffering pre-amplifier (integrator system) have been successfully performed for initial magnetic diagnostics (MD) of the first plasma operation in the Korea Superconducting Tokamak Advanced Research (KSTAR) device. The measured data through the MD sensors during a plasma discharge saved in Linux server after subtracting drifts of the integrator system from them using linear fitting formula. The results of drift measurement during the first plasma campaign will be presented and discussed.
* Work supported by the Korea Ministry of Science and technology under the KSTAR project contract.

Hp-040 **KSTAR Thomson 산란 진단장치의 레이저 빔 위치 보정 시스템** 이 종하, 정 진일(*국가핵융합연구소*) Thomson 산란 진단장치는 토카막에서 전자밀도 프로파일과 전자 온도 프로파일을 측정하는 매우 중요한 진단장치 중 하나이다. Thomson 산란진단장치는 전자온도와 전자밀도 프로파일을 측정하기 위하여 높은 광 에너지를 갖고 있는 Laser 빔을 토카막 안으로 입사 시켜야하며 이를 위하여 많은 광학장치들이 필요하다. KSTAR Thomson 산란 진단장치는 KSTAR 토카막의 전자온도와 전자밀도 프로파일을 정밀하게 측정하기 위하여 6개의 미러 (mirror)를 사용하여 고효율 Nd:YAG Laser 빔을 입사시킨다. 본 연구에서는 KSTAR 토카막 안으로 입사되어지는 고효율 레이저 빔의 위치를 실시간으로 자동 보정하여주는 시스템을 개발하였다. 이 레이저 빔 보정 시스템은 상용 저가의 소형 CCD 카메라와 원격제어 모션 스테이지를 이용하여 구성 하였으며 Nation instrument 사의 비전(vision)시스템을 이용하였다. 또한 빔 위치보정 정밀도와 빔 보정 속도에 대한 검토를 수행하였다.

Hp-041 **The KSTAR plasma behavior experimentally investigated by using the basic diagnostics** KO Won-Ha, SEO S. H., NA H. K., NAM Y. U., CHUNG J., KWON M.(*NFRI.*) The KSTAR first plasma was produced in June 2008. It was ECH assisted ohmic heated hydrogen discharge. The basic diagnostics such as interferometer, filterscope, visible TV, etc. are used to diagnose the first plasma. We experimentally investigate plasma behavior by using the basic diagnostics. We discuss the relation of the line integrated density fluctuation and impurity fluctuation observed in initial discharge stage.

Hp-042 **Comparison of calculation and experimental measurements on RF power transfer in a planar inductively coupled argon plasma** KU Dongjin, LEE Jongha¹, KO Wonha¹, KWON Myeun(*University of Science and Thechnology, National Fusion Research Institute. ¹National Fusion Research Institute.*) A transformer model is commonly used to analyse characteristics of the planar inductively coupled discharge. In this paper, we calculate electrical properties of the planar inductively coupled plasma (ICP) such as a spatial distribution of absorbed power density profile and a power transfer efficiency changing pressure and plasma electron density

applying the transformer equivalent-circuit model. We measure experimentally the those using an optical emission spectroscopy (OES) and compare calculated results and experimental measurements.

Hp-043 차세대 광변조 영상진단 기술 개발을 위한 고효율 플라즈마 장치개발 서 동철, 정 진일, 이 규동, 구 동진¹(국가핵융합연구소, ¹University of Science and Technology.) 진단장치를 개발하기 위한 플라즈마 발생장치(RAPID: Research on Advanced Plasma Imaging and Dynamics)를 제작하였다. 진공용기는 지름 300mm, 길이 700mm의 원통형 SUS로 제작하였으며, 다양한 진단장치를 테스트하기 위해서 6인치 포트4개, 8인치 포트4개, NW40 포트 4개, NW50 포트4개가 원통에 대칭으로 제작을 하였다. 8인치 포트에는 전자공진가열을 위해서 2.45GHz주파수의 마그네트론을 설치하였으며, 5개의 전자석을 이용하여 전자 공진 영역의 조절이 가능하고 2개의 직류전원장치를 설치하여 자기장의 분포를 다양하게 설정할 수 있도록 하였다. 전자석의 성능을 테스트하여 기본적인 자기장의 분포를 측정하였으며, 단일탐침과 OES를 사용하여 기본적인 플라즈마의 변수를 측정하였다.

Hp-044 Design of the two-color soft x-ray array for tomographic imaging of the electron temperature profile for KSTAR plasmas 김 정희, 이 승현, 장 시원, 최 원호(KAIST 물리학과.) The spatio-temporal profile of the soft x-ray brightness provides useful information on MHD and transport phenomena in tokamak plasmas. Tomographic imaging and spectrographic technique using the soft x-ray signal have been used to give visualization of the core plasma behavior. Other than just the visualization, the T_e profile can also be obtained by tomographic reconstruction with high temporal resolution by the 'two-color' technique using two beryllium filters with different thickness. Using the two-color, T_e can be obtained by rationing the localized radiation intensity profiles from two energy ranges, rather than from an absolute intensity measurement. This approach eliminates a number of factors that reduce the accuracy of the conventional single-color soft x-ray diagnostics for T_e measurement. The modified design of the soft x-ray array for KSTAR plasmas is presented, which will be able to visualize the T_e profile, MHD phenomena, and heat transport. In addition, the particle transport will be studied by utilizing the T_e and soft x-ray tomographic results.

Hp-045 Test results of the 28 GHz Gyrotron in NFRI 정 미, 한 원순, 안 상진, 김 종수, 배 영수, 정 진현¹, 박 승일¹, 박 병재¹, 남궁 원¹, 조 무현¹(NFRI, ¹POSTECH.) A 28-GHz gyrotron provided by Tsukuba University is installed in National Fusion Research Institute (NFRI). The gyrotron output mode is TE02 mode, and the maximum RF power and the pulse length are 200 kW and 75 ms, respectively. The power supply system for the short pulse operation of the gyrotron is used 20 μ s pulse modulator for cathode voltage and a DC power supply for anode voltage. A transmission line for 28 GHz microwave measurement is consisted of window arc detector waveguide, mode filter and dummy load. The window arc detector is main interlock system to protect the gyrotron tube. The rf frequency is measured by spectrum analyzer from

the window at dummy load and window arc detector waveguide as the magnetic field conditions of the magnet system changes. In this paper, we present the operating conditions and initial test results of the 28 GHz gyrotron.

Hp-046 Mode Composition Analysis Using Burn Pattern in KSTAR 84 GHz ECH Transmission Line^{*} 박 승일, 정 진현, 조 무현, 남궁 원, 한 원순¹, 안 상진¹, 정 미¹, 배 영순¹(포항공과대학교, 물리학과, ¹국가핵융합연구소.) The 84 GHz, 500 kW electron cyclotron heating (ECH) system was installed to assist plasma startup by preionization at the Korea Superconducting Tokamak Advanced Research (KSTAR). The Gaussian beam radiated from the gyrotron is focused to the oversized corrugated waveguide by a large ellipsoidal mirror in the mirror optical unit (MOU). Then it is transmitted to an antenna through the ECH transmission line in the HE11 mode, and is injected into a tokamak. The transmitted HE11 mode in the corrugated waveguide has very low ohmic loss, but it is easily converted to unwanted modes that are heavily attenuated by tilts and axial offsets in the transmission line. In order to improve the transmission efficiency, it is important to confirm the mode composition which can be analyzed using infrared image and burn pattern at several positions in the corrugated waveguide. In this paper, we present the test result of the burn pattern and analysis based on the propagation theory.

^{*}Work supported by NFRI

Hp-047 Plasma Control and Low Loop-Voltage Startup on KSTAR First Plasma HAHN Sang-hee, KIM Jayhyun, YOON S.W., BAE Y.S., BAK J.G., LEE S.G., KA E.M., NAM Y.U., MUELLER D.¹, WALKER M.L.², HUMPHREYS D.A.², KIM W.C., OH Y.K.(National Fusion Research Institute, ¹PPPL, ²General Atomics.) In the first attempt of the KSTAR plasma startup and experiments, a plasma control system (PCS) has been involved in the whole procedures of a plasma discharge such as PF coil excitations, ECH-assisted plasma startup and sustainment of ohmic circular plasma. Using 7 sets of up/down symmetric PF coils and a gas puff valve, PCS succeeded utilizing both feedforward blip operations and real-time feedback controls of plasma major radius and line-integrated electron density of a \sim 100 kA circular ohmic plasma. Selected diagnostics among the 82 magnetic diagnostics and a millimeter wave interferometer have been used to estimate plasma response both for real-time plasma estimates and offline analysis. Optimizations for the radial force balance and minimizations of consumption of poloidal flux enabled the plasma to last over 550 ms after the ECH turned off. In addition, attempts for low loop voltage startups (1.5~3.0 V) with second harmonic ECH preionization showed advantages to minimize the thermal load during the flux swing in superconducting tokamaks.

Hp-048 Analysis of the Coupling Loss with Cycling in the KSTAR Superconducting Coils LEE Hyun Jung, CHU Young, PRAK K.R., YONEKAWA H, OH Y.K, KIM W.C, OH D.K, OH S.J.(National Fusion Research Institute.) 운전시 발생하는 AC loss

를 줄이기 위하여 KSTAR 초전도 자석에 사용된 모든 선재들은 Cr 코팅되어있다. 이것은 선재간 Loof Loof 형성을 자세시키고 수직 방향의 저항을 증가시켜 줄에 따라 Coupling Loss 를 줄이는 결과를 얻을 수있다. 하지만 자석 제작 당시 마지막 열처리에 의해 Cr 코팅 선재 들이 물리적으로 접촉 되어 있으며, 운전에 의해 선재들의 접촉이 분리 됨에 따라 AC loss 가 점점 줄어드는 현상을 볼 수 있다. KSTAR 초전도 자석 또한 Coupling Loss를 결정 짓는 τ 가 62.5 에서 50 으로 줄어드는 것을 확인 할 수있었다.

Hp-049 A new way for laser-plasma diagnostics by Raman-scattered lights 장 효재, 허 민섭¹, 남궁 원², 조 무현², 석 희용³, 이 종민³(¹포항공과대학교 물리학과, ²광주과학기술원 고등광기술연구소, ³UNIST, ²포항공과대학교 물리학과, ³광주과학기술원 고등광기술연구소) A new method is proposed to investigate the electron temperature and density of a laser-produced plasma simultaneously, using the temperature dependance difference of the Raman Forward Scattering (RFS) and Backward Scattering (RBS). Spectra from the Raman Backward Scattering and the Raman Forward Scattering in a laser produced plasma were investigated by one-dimensional particle-in-cell (PIC) simulations in the non-relativistic regime. In the case of RFS, the peak location is affected dominantly by the plasma density, while the temperature effect is negligible. However, the peak location of RBS spectrum is significantly affected by both the density and temperature. Thus we could find the plasma temperature from the difference between the peak shifts of those two scattered signals. This technique has a great advantage as a simple diagnostic of plasma characteristics in the sense that it can be performed only with the pump laser, without any additional probe laser.

Hp-050 Landau Damping of the Ion-Acoustic Surface Waves in a Semi-bounded Lorentzian Plasma LEE Myoung-Jae (Department of Physics, Hanyang University.) The stability of ion-acoustic surface waves propagating on a boundary of semi-infinite Lorentzian (κ) plasma is investigated. We derived the dispersion relation and the real and imaginary parts of the wave frequency are obtained as functions of the wave number. The phase speed of the wave is found be decreased as the spectral index K of the Lorentzian distribution function is decreased. In the long wavelength limit, the phase velocity simply reduces to $[(2K-3)/(2K-1)]^{1/2}$. The wave displays the resonance similar to the case of Maxwellian plasma. The imaginary part of the wave frequency appears to be negative which exhibits the linear wave dissipation in a collisionless plasma called Landau damping. The maximum damping rate is obtained: as the number of superthermal particles increases, the maximum damping rate increases. The Landau damping disappears as the wave number becomes an infinity.

Hp-051 Landau Damping of the Dust Ion-Acoustic Surface Waves in a Semi-bounded Lorentzian Plasma LEE Myoung-Jae (Department of Physics, Hanyang University.) We investigated the stability of dust ion-acoustic surface waves propagating on the interface between a vacuum and a semi-bounded dusty plasma. The

plasma is assumed to possess uniform, collisionless and unmagnetized superthermal particles which can be modeled by Lorentzian velocity distribution. The dispersion relation of dust ion-acoustic surface waves exhibits that the dust ion-acoustic surface waves are stable against small linear perturbation. The damping rates of the Lorentzian waves are generally increased as the superthermal particles are increased. The dust charge effects on the damping rate are also investigated. As the wave number becomes large, the damping of wave decreases fast. The effects of superthermal particles and dust particles on the phase and the group velocities and are also discussed in this work.

Hp-052 Simulation of Multiple Harmonic Radiation by Relativistic Beam Plasma Interaction RHEE Tongnyeol, RYU Chang-Mo, RHA Kicheol(POSTECH, Physics.) Electromagnetic radiation at the plasma frequency and/or its second harmonic, the so-called plasma emission, is widely accepted as the fundamental process responsible for solar type II and type III radio bursts. On the other hand, various theories and observations indicate that multiple harmonics of electromagnetic plasma oscillation frequency can be excited. We simulated beam-plasma interaction by varying the beam velocity in an unmagnetized homogeneous plasma. We found that the relativistic beam velocity is the key parameter to generate multiple harmonic generation. Furthermore, we have confirmed that the theoretical prediction of the interaction between the plasma emission and Langmuir wave has a good agreement with our simulation result.

Hp-053 1D electrostatic PIC simulations of asymmetric solar wind electron distributions AHN Heechul, RYU Chang-Mo, RHEE Tongnyeol, YOON Peter H.¹, GAELZER R.², ZIEBEL L. F.³(POSTECH, Physics. ¹University of Maryland, IPST. ²UFPEL, Instituto de Física e Matemática. ³UFRGS, Instituto de Física.) The electron distributions detected in the solar wind characterize diverse degrees of anisotropic high-energy tail. In a recent work, Gaelzer et al. (2007) suggested a potential explanation for the asymmetry by assuming that the solar wind electrons are initially composed of thermal core plus field aligned counter-streaming beams. They have solved the one-dimensional electrostatic weak turbulence equations numerically, and demonstrated that a variety of asymmetric energetic tail distribution may result. In this research, We have demonstrated two cases by means of full particle-in-cell simulation. First of all, we have simulated a single component of the forward-propagating electron beam with 1% density ratio with respect to the background electron density. Second case is counter-streaming electron beams, each with 1% density of the background electron density. Simulation showed that the previous results in Gaelzer et al. (2007) are mostly confirmed, thus providing evidence that the paradigm of electron acceleration to high-energy tail by self-consistently excited Langmuir turbulence may be highly relevant to the solar wind environment.

Hp-054 Generalized drift instability in ion-cyclotron fre-

quency range MOK Chinook, RYU Chang-Mo, YOON Peter H.¹, LUI Antony T. Y.²(POSTECH, Physics. ¹University of Maryland, IPST. ²Johns Hopkins University, APL.) The current disruption involving the near-Earth dipolarization at around 10 RE is one of the substorm onset mechanisms. In the substorm onset at near-Earth, instabilities whose frequencies are lower than 0.1 Hz, portion of the ion-cyclotron frequency have been observed by a THEMIS satellite. We theoretically developed the ion-cyclotron instability driven by the cross-field drifts for an arbitrary wave number and applied the result with the physical parameters measured by THEMIS. It is found that the wave propagating along the Earth's dipole magnetic field has the frequency below 0.1 Hz for the wavelength of the scale about the ion gyroradius.

Hp-055 Plasma diagnostics by single, double and triple probes in multi-dipole chamber 박병재, 이희재, 이창호, 조무현, 남궁원(포항공과대학교) Electric probe is one of the easiest and most useful tools for diagnosing the plasmas. The single, double, and triple probes are used to measure plasma parameters in plasmas produced by a hot filament discharge in the multi-dipole chamber. In the single probe, plasma parameters are calculated by measuring the electron saturation current. But they are obtained by measuring the ion saturation current collected in double and triple probe tips. We will present the difference of electron and ion saturation current measurement to obtain plasma parameters. In this experiment, the argon gas pressure is Torr. Plasmas in the chamber have electron temperature in the range of 1 ~ 3 eV and electron density in the order of 10^9 cm^{-3} . The comparative measurements of electron temperature and density in multi-dipole plasma chamber show good agreement between the three methods.

*Work partly supported by POSTECH Physics BK21.

Hp-056 Characterization of a thin 2.45 GHz ECR Plasma using Optical Emission Spectroscopy 김성봉, 조무현¹, 남궁원¹, 유석재²(포항공과대학교, 국가핵융합연구소. ¹포항공과대학교. ²국가핵융합연구소) Plasmas required for hyperthermal neutral beam (HNB) sources should be operated at a lower pressure than 1 mTorr in order to reduce the HNB loss due to collisions with the background gas. The plasmas should be so thin that the HNB cannot be lost by reionization during passing through the plasmas. We have developed a 2.45 GHz ECR plasma with a racetrack magnetic field configuration. The operating pressure is 0.3 mTorr and the thickness is about 25 mm. The plasma has been characterized by the line ratio method of the optical emission spectroscopy (OES): Ar II (488.0 nm) / Ar I (750.4 nm) and Ar II (480.6 nm) / Ar I (750.4 nm) for the electron temperature measurement and Ar I (357.2 nm) / Ar I (425.9 nm) for the electron density measurement.

Hp-057 A parallelized particle-in-cell simulation of the acceleration channel of a Hall thruster 임왕선, 이혜준, 선종호¹, 최원호²(부산대학교 전자전기공학과. ¹세트렉아이. ²KAIST.) Hall Thruster is a propulsion device that uses a gas discharge to accelerate propellant. A Two-dimensional particle-in-cell (PIC) simu-

lation has been developed to analyze the physics of Hall Thruster. The charged particles generated by ionization collision are calculated using Monte-Carlo collision (MCC) method. The densities of charged particles are coupled in Poisson's equation to calculate electric fields. The particle motion is repeatedly calculated at the time scale of electrons in order to investigate the particle transport. The neutral-particle simulation is also considered to get the profiles of neutral density and neutral temperature. Investigated are the effects of control parameters such as the size of domains, magnetic field profiles, and gas flow rate. The secondary electron emission on the dielectric surfaces is also considered precisely in the PIC simulation. The simulation has been parallelized to enhance calculation speed.

Hp-058 Experimental determination of sheath thickness in H₂ plasma generated by very low-frequency (60 Hz) power source 김홍탁, 박종구¹, 손상호²(영남대학교 디스플레이 화학공학과. ¹경북대학교 물리학과. ²경북대학교 물리교육학과) In this study, we introduced the simple method to determine sheath thickness experimentally. The hydrogen plasma was generated by very low-frequency (60 Hz) power source and the chamber configuration was typical capacitive-coupled plasma reactor. The sheath thickness was evaluated from optical emission profiles that were easily acquired to take a picture by a digital camera and we also measured the plasma parameters to calculate the sheath thickness using a single probe method. The measured sheath thickness was well consistent with the calculated values from plasma parameters. The optical profile method is a convenient and inexpensive way to determine the sheath thickness, experimentally.

Hp-059 N₂-Ar 유도 결합 플라즈마에 관한 특성 연구 박재민, 송민아, 정태훈(동아대학교 신소재물리학과) N₂-Ar 유도 결합 플라즈마의 특성을 Langmuir Probe, Optical Emission Spectroscopy (OES)를 이용하여 측정하였다. 인가 Power는 50~500 W, N₂-Ar 혼합 비율은 Ar을 0~100%까지 변화시키면서 측정하였다. Langmuir Probe를 이용하여 전자 밀도, 전자 온도를 측정하고 I-V data를 이용하여 Electron Energy Probability Function (EPPF)를 계산하였다. OES의 경우 여기된 N과 Ar 원자에서 방출되는 Optical Emission Intensity peak의 변화를 관찰하고 질소 해리도를 계산했다. 전자 밀도, 전자 온도, EPPF와 같은 플라즈마 변수들이 질소 해리도에 미치는 영향을 조사하였다.

Hp-060 Argon afterglow in pulse RF discharge 강남준, 오수기(아주대학교, 에너지시스템학부) In an argon ICP RF discharge excited with square pulse modulation, the emission of 549.6 nm the spectra for highly excited Ar(6d) species overwhelming afterglow over the duty-on intensity even five times was observed. With addition of 1 % of N₂ into argon, the emission in afterglow disappeared. From the time evolution of the argon metastable atom density in 1s₅ through the time resolved absorption spectroscopy, the enhancement of the emission could be understood mainly by argon metastable-metastable ionization and the disappearance by the excitation transfer and the charge transfer between Ar and N₂ respectively.

Hp-061 대기압 플라즈마를 이용한 SiN_x 식각에 관한 연구 임 찬주, 최 우철, 임 성실, 이 상로((주) 에스이 플라즈마) 대기압 플라즈마의 Application은 TFT-LCD 제조 중 세정분야에서 기존의 EUV를 대체하기 위한 양산 적용성 평가가 이미 완료되어 양산 공정에 적용이 되고 있다. 이뿐만이 아니라 대기압 플라즈마를 이용한 공정 분야를 확대 및 대체하려는 시도가 최근 진공 Asher를 이용하던 De-scum 공정의 Ashing 분야까지 이루어지고 있다. 또한 FPD 공정 중 식각 분야에 있어서는 1세대 기관부터 최근의 10세대 기관까지 점점 대면적화 되어 가는 요구에 대해 PE와 RIE, ICP 등의 대면적 진공 플라즈마 식각 기술이 사용되어지고 있으나 이런 진공 장비는 특성상 많은 면적의 장비 footprint가 요구되며, 구성에 있어 많은 비용이 요구된다. 이런 시스템의 제작 및 유지, 보수 비용을 절감하기 위해서 최근 들어 국내외적으로 대기압플라즈마를 이용하여 식각 뿐만 아니라 다양한 분야에서의 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 연구에서는 DBD방식을 이용한 상압 플라즈마를 이용하여 In-line type으로 Passivation SiN_x를 식각하는 연구를 통해 식각율과 균일도 향상하는 노력을 진행하여 왔다. DBD 플라즈마 식각의 경우 방전 가스는 N₂를 사용하였으며, 반응가스로는 CDA와 SF₆를 사용하였고, 이때 식각율은 정지 상태 처리 기준으로 약 31,753 Å/min 이었고, 균일도는 약 3.81% 임을 관찰하였다. 10mm/sec의 처리 시편 이송 시에는 1200 Å 정도의 식각 두께를 보이고 있다. 본 연구 결과 대기압 플라즈마를 이용하여 In-line으로 SiN_x 에칭의 가능성을 확인할 수 있었으며, 추후 대기압에서 최적의 에칭 공정 조건을 위한 연구가 진행 될 예정이다.

Hp-062 Hyperthermal 증성입자빔을 이용한 n-type nc-Si 박막의 저온도핑 및 특성분석 오 경숙, 최 성웅¹, 유 석재, 김 대철, 김 종식, 김 영우, 박 영춘¹, 홍 문표², 이 봉주(국가핵융합연구소. ¹한동대학교 ²고려대학교) a-Si 박막 증착 기술은 HIT cell과 같은 박막 태양전지 그리고 TFT 등 다양한 분야에 적용되고 있는 중요한 기술인데, 현재 a-Si 혹은 nc-Si 박막 증착에 있어서 가장 큰 문제점 중의 하나가 계면안정성이다. 즉, Si 기관 또는 SiO₂ 박막 등에 a-Si 박막을 증착할 때 플라즈마의 이온이나 전자 등에 의해 계면이 손상을 입거나 국부적으로 균일하지 않게 에피택시 결정이 성장되어 계면에 결함을 발생시켜 결과적으로 전기적인 결함을 일으키게 된다. Hyperthermal 증성입자빔을 이용하여 박막을 증착할 경우 플라즈마에 의한 박막의 손상을 피할 수 있으므로 계면 결함을 줄일 수 있고, 증성입자빔의 에너지를 조절하여 박막이 저온에서도 안정적으로 증착할 수 있는 환경을 조성해 줄 수 있다. 본 연구에서는 특히 증성입자빔의 저온 박막증착 특성을 이용하여 co-doping 방법으로 양질의 n-type의 nc-Si 박막을 저온에서 증착하였다. Doping 가스로는 PH₃와 SiH₄, 그리고 첨가 가스로는 H₂, He, Ar 가스를 사용하고, 기관으로는 유리, p-type 실리콘, SiO₂ 박막을 사용하여 n-type의 a-Si 박막 및 nc-Si 박막을 증착하였다. FTIR 분석을 통해 박막의 조성을 확인하였고, Raman과 HVEM(KBSI) 분석을 통해 박막의 결정성과 계면특성을 조사하였으며, IV 및 Hall 측정 등을 통해 전기적 특성 등을 측정하고 증성입자빔에 의한 박막증착 특성 및 효과를 규명하였다.

Hp-063 Discharge Characteristics in Sea Water for Ballast Water Treatment LEE JaeRyoung, JUNG Soonwook, PARK Jaeyoung¹, HWANG Yong-Seok(Nuclear Engineering, Seoul National

University. ¹Los Alamos National Laboratory.) Making discharges in sea water may be advantageous in ballast water since they can produce pressure wave, ultraviolet, and radicals simultaneously. Compared to discharge in pure water, however, it is very difficult to form discharges because of high conductivity of sea water. Several types of electrodes with a pulse power system are designed to produce discharges in sea water. Voltage, current, and pressure wave are measured. It is found out that area of the electrode surface exposed to the sea water is highly correlated with discharge characteristics, especially pressure wave generation and light emission.

Hp-064 Diamond-like carbon films fabricated with DC facing target sputtering method BAAK Jong Goo, KIM Hong Tak¹, RHEE Ilsu(Department of Physics, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea. ¹School of Display and Chemical Engineering, Yeungnam University, Gyeongsan 712-749, Korea.) In this study, we fabricated diamond-like carbon (DLC) films with DC facing target sputtering(DC-FTS) method to investigate the properties of DLC films. These films were deposited on glass substrate(Corning 7059) as a function of substrate temperature. The optical emission spectrum obtained using a photo-diode array spectrometer (Oceanoptics HR4000) and the breakdown voltage measured using multi-meter (Keithley 2000). For other data measurements, we used UV-VIS-NIR spectrophotometer(Varian CARY 5G), scanning electron microscope(Hitachi S-4200), Raman spectrometer(SPEX 1403), etc. With these data, we investigated the breakdown voltage, the optical emission intensity, the optical energy band gap, etc. Mainly observed peak was CH* (~430nm) in the optical emission spectrum. This seems that CH* acted on DLC films as a precursor.

Hp-065 Spatially Resolved Electron Kinetics of Direct Current Microdischarges in Argon Gas CHANG Hyonu, RYU Chang-Mo(POSTECH, Physics.) Direct current argon microplasmas with 100 um gap size are generated at 100 Torr and compared with 50 and 500 Torr. Kinetic behaviors of the electrons are similar to usual low pressure discharges. Despite low energy(<11eV) electrons are still in the nonlocal regime, high energy(>11eV) electrons are not, so that they quickly lose their kinetic energy. High energy secondary electrons could not be accelerated fully in the cathode sheath region due to the high collisionality. After losing kinetic energy enough, low energy electrons start to re-accelerate in the sheath. Though the ionization collisional rate is lower at 50 Torr than the 100 Torr, the electron density is higher, because the longer energy relaxation length the more high energy electrons are in the bulk.

Hp-066 상압 마이크로 플라즈마 jet을 이용한 Bacteria 사멸 김 전자, 박 혜선, 정 태훈, 배 세환(동아대학교 신소재물리학과) 대기압 micro-plasma jets에 13.56 MHz RF power와 수십 kHz high voltage를 인가하여 플라즈마를 발생시켰다. I-V 특성 곡선, optical emission spectrum, gas temperature, power deposition 등과 같은 전기적, 광학적 특성들을 조사하였다. jet의 pin electrode와 tube 바깥의 grounded ring electrode의 영향을 관찰하고 여

러 가지 parameter를 바꾸어가며 측정하였다. Ring electrode에 의해 플라즈마 plume은 두꺼워지고, discharge current는 증가하였다. Pin electrode와 grounded plane electrode의 거리에 따른 전기적 특성을 측정하였다. Pin과 plane의 거리가 가까울수록 discharge current는 증가하였다. E.coli를 배양하여 각각의 operational parameter를 변화시켜 가며 발생시킨 플라즈마를 처리하였다. Plasma의 expose time과 input power (or applied voltage)에 따른 sterilization ratio를 비교하였다.

Hp-067 Measurement of Plasma Temperatures for Atmospheric Micro-size MIP Source 도희진, 최준¹, 이재구¹, 조무현, 남궁원(포항공과대학교 물리학과, ¹포항공과대학교 전자전기공학과.) The micro-strip split ring resonator (MSRR) and the coaxial transmission line resonator(CTLR) microwave induced micro-plasma (MIP) device were fabricated. For argon gas, the device needs only 0.2-W input power to ignite plasma at 800-mTorr (900_MHz). The microwave breakdown voltages, which are function of the product of the gas pressure and the gap distance (pd) at 900-MHz and 2.45-GHz, were compared with the Paschen curve in DC. The excitation temperature and the rotational temperature were measured by optical emission spectroscopy (OES). Temperatures were obtained as the pressure was increased from 100-mTorr up to atmospheric pressure at 0.8-W input power. The rotational temperature is near room temperature, while the excitation temperature of Ar I is 0.2-eV. This discharge is not in thermal equilibrium.

Hp-068 Transmission of Terahertz Wave Through a Single Subwavelength Circular Hole 권오준, 박승호, 서민아, 김대식, 박건식(서울대학교) Transmission of terahertz radiation through single subwavelength circular holes in conducting plane is investigated utilizing 0.2THz CW gunn diode. 0.1λ to λ sized holes are fabricated by micro-photo-etching on silver films assumable as perfect conductor in terahertz regime. Transmission measurements and finite-difference-time-domain (FDTD) simulation results are compared to each other and to Bethe's diffraction theory.

Hp-069 Design and Experiments of RF Coupler on Hundreds MW Electromagnetic Wave Oscillator 민선홍, 정희천, 박건식, 안지환¹, 이상훈¹, 윤영중¹, 김준연², 최준호²(서울대학교, ¹연세대학교, ²ADD.) Relativistic Backward Wave Oscillator (RBWO) of the electromagnetic Oscillator is the representative oscillator which can generate high power electromagnetic wave through the interaction with backward wave in slow wave structure and relativistic electron beam. BWO-circuit was designed to generate hundreds MW electromagnetic wave on X-band in this study. A RF coupler is designed and fabricated to measure the power of an electromagnetic wave which is generated in the slow wave structure of a relativistic backward wave oscillator (RBWO) before this wave is radiated through an antenna. To pickup about -63dB of total output power and avoid a RF breakdown in this coupler, a 2mm X 5mm slot is made in a cylindrical waveguide. This coupler is installed before the radiation antenna and the measured value is compared with the power which is measured after the radiation.

Hp-070 Experimental Study on Relativistic Backward Wave Oscillator (RBWO) with Coaxial Beam Rotating Antenna (COBRA) 정희천, 민선홍, 박건식, 안지환¹, 이상훈¹, 윤영중¹, 김준연², 이우상², 소준호²(서울대학교, ¹연세대학교, ²국방과학연구소.) Relativistic Backward Wave Oscillator (RBWO) is an efficient device of High Power Microwave (HPM), which a cylindrical TM_{0n} mode in sinusoidal ripples interacts with a hollow electron beam. To convert the TM_{0n} mode to an optimal mode for radiation, a COBRA is used. The radiated pattern is measured by an array of fluorescent lamps, and is compared with a simulation result. The radiated power is pickup by a open-ended waveguide 2m in front of the COBRA. The measured power is confirmed by a RF coupler which can measure the output power before radiation.

Hp-071 Modeling and Simulation for the incident THz wave on the thick human skin 박승호, 장규하, 박건식(서울대학교 물리천문학부.) THz wave have recently attracted enhanced attention. One of the reasons of the enhanced attention is that THz can be applied for medical diagnostics without injuring human body. So we studied the incident THz wave into power thick human skin. We simply modeled the skin structure which has a few dielectric layers with a single or double Debye dispersion and used the software 'CST Microwave Studio' for electromagnetic simulation. We examined the power loss of the each skin layer depending on frequency.

Hp-072 Terahertz Multi-frequency Resonance Filter 소진규, 김중현¹, 장석상¹, 박건식(서울대학교, ¹포항공과대학교 연구소.) 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. Samples designed above 1THz have been prepared using Deep Etch X-ray Lithography and tested using a THz-TDS system in the frequency range of 0.2-2THz.

Hp-073 Experimental Study on LIGA-Fabricated 0.1 THz Folded-Waveguide Backward-Wave Oscillator SRIVASTAVA A., 소진규, 장규하, 원종호, SATTOROV M.A., 박건식(서울대학교) The 0.1 THz LIGA-circuit of folded-waveguide backward-wave oscillator (FWBWO) employs a relatively simple interaction-circuit structure design to demonstrate beam transport and high CW power RF generation, which will serve as the basis for future scaling to higher gain and frequencies. Simulation results indicate CW RF power of >4.5 W at dc beam voltage 12 kV and current 50 mA. Alignment of electron gun and collector with miniature LIGA-circuit are one of the most critical issue, because of cylindrical beam of radius 0.12 mm is transported over 4 cm axial length

in miniaturize beam tunnel radius 0.22 mm under minimum required axial Brillouin field 1.5 kG. Proof-of-principle experimental demonstration of 0.1 THz FWBWO are planned to discuss.

Hp-074 Thermal Velocity Effects in W-band Electron Gun
 SATTOROV M.A., SRIVASTAVA A., 소 진규, 원 종효, 박 건식 (서울대학교) Increasing the power of compact terahertz (THz) regime micro-vacuum electron devices (μ -VEDs) implies high density and small diameter electron beam. There are a number of factors which tend to limit the focusing in such beams, the most serious arising from the thermal velocity distribution of the emitted electrons. The spreading of magnetically shielded electron beam caused by thermal velocities has been investigated by Opera 3D simulations. According to our simulations, electron beam flow turns out to be highly nonlaminar. This should be taken into consideration not only when dealing with the focusing problem but also in connection with microwave applications.

Hp-075 저온플라즈마의 처리 효과 이 봉주, 백 경철, 문 민수(조선대학교 물리학과) 산화물 박막에 대한 파워 효과가 이 봉주, 백경철, 오병우 조선대학교 물리학과. 반도체 공정에서 유전물질(dielectric material)로 이용되고 있는 SiO_2 는 유전 상수(k)가 작기 때문에 메모리 용량이 기가(giga)급인 소자에서 그 두께가 5nm 이하로 얇아지게 되었으나, 전자 터널링(electron tunneling) 현상에 기인한 누설전류(leakage current)에 의해 적용상에서 한계에 도달하였다. 따라서 기존의 SiO_2 (k=3.9~5.0)를 대체할 재료로 Al_2O_3 (k=8~10), ZrO_2 (k=25) 및 HfO_2 (k=30)등이 연구되고 있다. 이 들은 유전상수가 SiO_2 보다 크기 때문에 보다 두꺼운 상태

에서 적정 유전 특성을 가질 수 있다. 그렇지만 Si 기판과 전극(electrode)과의 열적 안정성이 확보되어야 할 뿐만 아니라, 적정 에너지 밴드 갭(energy band gap) 및 결함이 없는 미세구조를 가지고 있어야 우수한 누설 전류 특성이 유지되어야 하며 또한 공정상의 적합성, 오염 등의 많은 문제가 해결되어야 SiO_2 를 대체할 수 있으므로 증착 공정 개발에서부터 물질 평가에 이르기 까지 많은 연구가 이루어지고 있다. Al_2O_3 , HfO_2 , 더불어 ZrO_2 는 높은 온도에서도 실리콘과 열 안정성이 우수하며 이중 ZrO_2 는 비교적 높은 유전상수를 비롯하여 넓은 에너지 밴드 갭(energy band gap), 실리콘과의 접촉시에 높은 열적 안정성과 더불어 Si 기판에 증착 되었을 때 상당히 높은 장벽 높이를 가지고 있기 때문에 장래성이 있는 금속-산화물 박막을 형성할 수 있다. 또한 ZrO_2 는 높은 용융점, 굴절율, 경도값을 가지고 있으며 낮은 열용량과 우수한 내식성을 갖고 있어 과학기술 분야에서 많은 주목을 받고 있으며, 광학 코팅제를 비롯하여 큰 크기의 집적회로에서의 유전체층, 높은 큐리온도(curie temperature)에서 산화물 초전도체의 버퍼층, 평판 디스플레이에서 활성층의 용도로 각광받고 있으며, 티타늄보다 강도가 2~3 배 강하고 탄성 및 내식성 등이 뛰어나 향후 플라스틱을 대체할 것으로 기대되는 첨단 신소재이기도 한다. 이미 골프클럽의 소재로 상용화 된 바 있으며, 이동전화, 개인 휴대 단말기의 케이스 등 전자기기 뿐만 아니라 의료용 기기, 자동차, 방위 산업 등에 폭넓게 응용되며 건물 벽면, 유리, 거울, 타일 등에 쉽게 코팅할 수 있는 광촉매로의 역할도 하고 있다. 본 연구에서는 RF-sputtering법에 의한 ZrO_2 박막을 형성하는데, 파워증가에 의한 변화를 연구하기 위하여 X-ray diffraction(XRD), ellipsometry등을 이용하여 증착율을 비교 분석하였고, SEM과 AFM을 통한 표면의 모포러지 변화를 관찰하였다.

*Corresponding Author: bjlee@mail.chosun.ac.kr

■ SESSION: P1

10월 23일(목), 14:30 - 16:15

장 소: 제3전시장

Ip-001 적외선 줌렌즈 광학계의 불균일 보상을 위한 비구면 삽입형 렌즈의 자동설계 서 병혁, 박 상영¹, 김 영수¹, 정 선희, 고 정휘, 김 세진, 김 지현, 김 기현, 김 광호, 윤 성로(국민대학교 물리학과. ¹삼성탈레스.) 열상장비는 검출기의 비균일화에 의해 영상화질이 불균일하다. 따라서 적외선 광학계의 우수한 영상획득을 위해서는 불균일 보상이라는 과정을 거쳐야한다. 본 논문에서는 적외선 줌렌즈 광학계에 비구면 NUC 삽입형 렌즈를 삽입하여 불균일 보상을 위한 자동설계를 하였다. 삽입형 렌즈는 제작비용과 구동 모터 등의 추가적인 광학기구를 고려하여 단일 비구면 렌즈로 하였다.

Ip-002 Efficient beaming of self-collimated light from photonic crystals PARK Jong-Moon, LEE Sun-Goo, PARK Hae Yong, KIM Jae-Eun(KAIST, 물리학과.) We previously proposed two novel structures to achieve highly efficient beaming of self-collimated light from two-dimensional photonic crystals by using the bending and splitting of self-collimated beams, the interference of beams and the Fabry-Pérot-like resonant transmission. In this study, we present an improved design of the photonic crystal collimating structure that allows the perfect Fabry-Pérot-like resonant transmission of light. Simulation results show that highly directional emission of beam with more than 50% transmission efficiency at large distance of about $20\lambda_{\text{air}}$ can be achieved. This device can be utilized for photonic integrated circuits.

Ip-003 X-ray Luminescence and Cathodoluminescence of $\text{YTaO}_4: \text{Eu}^{3+}, \text{Tb}^{3+}$ ARELLANO Ivan, NAZAROV Mihail, BYEON Clare C.¹, POPOVICI Elisabeth-Jeanne², NOH Do Young³(Department of Materials Science and Engineering, Gwangju Institute of Science and Technology. ¹Advanced Photonics Research Institute, Gwangju Institute of Science and Technology. ²Babes Bolyai University, Romania. ³Department of Materials Science and Engineering, Gwangju Institute of Science and Technology.) X-ray and electron beam excitations were used to investigate the luminescent properties of $\text{YTaO}_4: \text{Eu}^{3+}, \text{Tb}^{3+}$. Under X-ray excitation (50 kV, 100 mA), the non-activated YTaO_4 phosphor exhibits a weak violet color associated with TaO_4 group from the host crystalline lattice. The incorporation of rare earth ions such as Eu^{3+} or Tb^{3+} strongly improves the luminescence and shifts the broad emission band toward longer wavelengths resulting the red or green luminescence, respectively. Under electron beam excitation (10 kV, 10 nA), the local method of cathodoluminescence (CL) spectroscopy was used. The CL spectra were in good agreement with the X-ray luminescence spectra. Color cathodoluminescence (CCL) shows very clearly the dependence of chromaticity on different activators. Our experiments show that $\text{YTaO}_4: \text{Eu}^{3+}, \text{Tb}^{3+}$ phosphors could be applied as good candidates for X-ray intensifying screens for medical diagnosis with various photoluminescence colors from blue-to-green-to-

yellow-to-red.

Ip-004 Tunable Luminescence of Eu-doped SrO-MgO-SiO_2 Phosphors MULA JAYASIMHADRI, CHO Eunjin, JANG Kiwan, LEE Ho Sueb, JEONG Jung Hyun¹, YI Soung Soo²(Changwon National University. ¹Pukyong National University. ²Silla University.) Europium doped strontium silicate phosphors were synthesized by the conventional solid state reaction method in a reduced atmosphere. X-ray diffraction (XRD) and SEM studies were carried out to reveal the structure and morphology of these powder samples. These phosphors show an intense blue emission corresponding to 4f-5d transition of Eu^{2+} centered around 480 nm and this emission color tuned from blue to yellow by varying the concentration of SiO_2 . The excitation peak also shifts to longer wavelength with increasing the content of SiO_2 . The chromaticity coordinates and peak wavelength were measured for the studied phosphors. These color tunable strontium silicate phosphors will be highly useful for white light emitting diodes with the appropriate SiO_2 concentration, when the samples were excited by UV light.

*This work was financially supported by the Korea Research Foundation (KRF-J00902).

Ip-005 임의 펄스 레이저 발생 front-end 시스템 개발과 그 증폭 특성 홍성기, 서영석¹, 김민석, 김영원, 구재진, 임창환(한국원자력연구원 양자광학부. ¹원테크놀로지(주).) 2008년 초, kJ 급 4-beam line Nd:Glass laser KLF(Kaeri Laser Facility)는 완공되었다. KLF user 그룹을 위한 레이저 펄스는 시간적 분포가 Gaussian 형태이며, 공간적 분포는 Super-Gaussian 형태를 제공한다. 그러나 user 그룹이 KLF beam 이용 시, 레이저 펄스의 시간적 분포를 user가 원하는 레이저 펄스로 제공할 수 없었다. 그러므로, user가 원하는 레이저 펄스의 시간적 분포를 제공하기 위해, 임의 펄스 레이저 발생 front-end 시스템을 개발하였다. 이러한 임의 펄스 레이저 발생 Front-end 시스템은 모두 광섬유기반으로 개발되었으며, 200ps의 해상도로 ~nJ 에너지의 레이저 펄스 발생이 가능하다. 또한 레이저 증폭기를 거쳐 어떠한 형태의 고에너지 레이저 펄스(~100J, FWHM 200ps~10us)도 발생 가능하다. 본 연구에서는 임의 펄스 레이저 발생 front-end 시스템 개발 과정 및 결과를 보고하며, 여러 임의 레이저 펄스의 증폭 실험 결과도 함께 보고한다.

Ip-006 Two-wavelength Phase Imaging Digital Holography 임진용, 조형준, 신상훈¹, 유영훈, 이혁수²(제주대학교, 물리학과. ¹AP & Tec. ²기술보증기금.) 디지털 홀로그래피 기술은 30여년 전부터 개발되어 온 기술이고 비파괴 검사, 암호화 기술, 3차원 인식(3D Vision) 그리고 홀로그램 현미경 분야에 그 응용을 위하여 실용화 기술에 근접하는 연구가 진행되어 오고 있다. 이러한 디지털 홀로그래피 기술은 CCD(Charged Coupled Device)를 홀로그램 입력 장치로 사용하여 실시간으로 대상체의 홀로그램 데이터를 입력받을 수 있다. 이러한 장점은 고전 홀로그래피에서는 할 수 없었던 실시간 기록이 가능하다는 큰 장점이 있다. 이렇게 입력 받은 디지털 홀로그램 데이터를 수치적 회절 계산 방법을 통하여 3차원 데이터를 추출한다. 홀로그램의 수치적 재생 방법은 Goodman과 Laurence에 의해서 30년 전에 제안된 것이며, 이러한

수치적 재생은 Kronrod 등에 의하여 실현되었다. 홀로그래피 플레이트(Holography Plate)를 사용하는 고전적인 홀로그래피와 비교하면 디지털 홀로그래피(Digital Holography)는 화학적 홀로그램 생성 과정을 생략할 수 있어 간편하며, 컴퓨터의 연산 속도의 발전으로 디지털 홀로그래피는 3차원 상을 필요로 하는 다수의 응용분야에서 관심을 가지게 되었다. 그러나 CCD를 통해 얻어진 홀로그램을 이용하여 수치적으로 3차원 위상 영상을 재생할 때 물체의 실제 위상차가 2π 이상인 경우에는 실제 위상차를 측정하기 어렵다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 본 연구에서는 근접한 두 파장의 광원을 이용한 디지털 홀로그램 시스템을 구성하여 실제 위상차가 20π 인 물체를 측정하는 연구를 수행하였다.

Ip-007 **의료 영상 수집용 원격 테라헤르츠 시분해 분광 모듈 개발과 테라헤르츠 영역에서의 압축 측정(compressed Sensing)** 이 강희, 이 민우, 진 경환¹, 예 종철¹, 안 재욱(KAIST 물리학과, ¹KAIST 바이오 및 뇌 공학과.) 테라헤르츠 전자기파는 X선 보다 인체에 무해하며 마이크로파보다 비교적 선명한 영상을 얻어 낼 수 있어 의료 진단 및 인체 영상 수집에 그 활용성이 기대되고 있다. 본 연구에서는 이러한 의료 영상 수집을 목적으로 하여 접촉형 테라헤르츠 시분해 분광 모듈을 설계하고 이를 이용하여 실험 하였다. 또한 테라헤르츠 내시경에서의 파이버스코프 제작을 위해 펄스폭이 보상된 초고속 레이저 빔을 전송하여 원격 테라헤르츠 시분해 분광 장치를 구성하였다. 뿐만 아니라 고속 측정을 위해 테라헤르츠 영역에서의 압축측정(compressed Sensing)을 구현하고 있다.

Ip-008 **70 W, 15 kHz, Nd:YAG MOPA 시스템 구성** 양명열, 차용호, 고광훈, 임권, 한재민, 정도영(한국원자력연구원.) 고빔질 고반복 고출력의 적외선 레이저를 생성하기 위하여, 고빔질 저출력의 레이저를 Nd:YAG rod 증폭모듈로 증폭하는 MOPA 시스템을 구성하였다. Nd:YAG 증폭모듈은 3개의 다이오드 레이저로 측면 펌핑되고, 최대 펌핑 출력은 600 W였으며, 증폭모듈의 단일통과 소신호 이득은 최대 2 이상이었다. 총 2개의 증폭모듈을 사용하였으며, 편광을 이용한 다중통과법으로 레이저 빔이 증폭모듈을 4회 통과하도록 하였다. 증폭모듈 사이에는 상전송 기법을 적용하여, 열복굴절 현상과 열렌즈 현상을 동시에 보상하도록 하였다. 이러한 Nd:YAG 증폭기를 사용하여 3 W의 레이저 출력을 70 W 이상으로 증폭하였다.

Ip-009 **Mode-locking을 이용한 Yb doped fiber 레이저의 펄스초 펄스의 구현** 김영원, 임창환, 홍성기, 구재진, 서영석¹(한국원자력연구원, ¹원테크놀로지(주).) 한국원자력연구원(KAERI)은 2008년 초, 양자광학 연구 기반을 위한 Nd:Glass 고에너지 레이저 시설(KLF: Kaeri Laser Facility)을 완공하였다. KLF는 4개의 빔 라인으로 구성되어 1 kJ 레이저 펄스를 제공한다. 본 연구에서는 fiber 레이저를 기반으로 한 KLF의 front-end 시스템을 개발하기 위해, Yb doped fiber 레이저를 mode-locking 하여 fs 펄스를 구현하였다. front-end 시스템의 모든 구성은 PM fiber로 이루어져 있다. 따라서 이 front-end 시스템은 polarization 이 안정적이고, mode-beating 현상을 최소화 할 수 있다. 그러므로 안정적인 펄스 발생이 가능하며, 다양한 형태의 펄스를 제공할 수 있다.

Ip-010 **Simulation of fiber optics optical tweezer using**

Fresnel zone plate lens. OH Kyunghwan, LEE Sejin, KIM Jongki(Department of Physics, Yonsei University.) Optical tweezers is a powerful tool to manipulate a micro size of particles, and has been applied to biological studies. Microscope objective lens are usually used, and optical fibers were also successful in optical trappings. Recently, an optical tweezer using Fresnel zone plate lens has been reported, and it would be applicable to optical fibers. In this study, an optical system combining an optical fiber and a Fresnel zone plate lens is simulated.

* [This work was supported in part by the KOSEF (Program Nos. ROA-2008-000-20054-0, R01-2006-000-11277-0, and R15-2004-024-00000-0), the KICOS (Program Nos. 2007-8-0536 and 2007-8-1864), the ITEP (Program No. 2007-8-2074), and the Brain Korea 21 Project of the KRF.]

Ip-011 **Giant enhancement of the localization length due to disordered metamaterials** 이광진, 김기홍(아주대 에너지시스템학부.) We investigate the wave propagation in 1D disordered photonic crystals made of alternating right- and left-handed media (mixed layers) using the invariant imbedding theory of wave propagation. In these calculations, the disorder effect is introduced by adding a Gaussian random function of the position to the dielectric permittivity. From the calculation of the disorder-averaged transmittance and the localization length, we demonstrate that the introduction of negative index media suppresses Anderson localization greatly. In some frequency domain, the localization length in mixed layers is enhanced substantially over the value in normal layers. We also calculate the localization length in 1D disordered photonic quasicrystals and compare it with the results on the periodic case.

Ip-012 **THz Imaging of a Nano Slit Transmission Using a CW Source** 김대식, 경지수, 서민아, 박형렬, 권오준, 박건식(서울대학교 물리천문학부.) We demonstrate CW Terahertz imaging of nano gap structure - 70nm width and 3mm length - perforated on a gold thin film with Si substrate. We raster scanned the nano gap structure detecting the transmitted THz signal on the opposite side of the sample. THz beam resembling with a Gaussian beam in shape, the detected image shows surprisingly huge field enhancement of 1000. Also we performed raster scan for some square apertures and compared them with the slit image

Ip-013 **굴절을 정합 오일을 이용한 디지털 홀로그래피 연구** 유영훈, 김선, 조형준, 김두철, 신상훈¹, 이혁수²(제주대학교, 물리학과, ¹AP&Tec, ²기술보증기금.) 디지털 홀로그래피 기술은 30 여년전부터 개발되어 온 기술이고 비파괴 검사, 암호화 기술, 3차원 인식(3D Vision) 그리고 홀로그램 현미경 분야에 그 응용을 위하여 실용화 기술에 근접하는 연구가 진행되어 오고 있다. 이러한 디지털 홀로그래피 기술은 CCD(Charged Coupled Device)를 홀로그램 입력 장치로 사용하여 실시간으로 대상체의 홀로그램 데이터를 입력받을 수 있다. 이러한 장점은 고전 홀로그래피에서는 할 수 없었던 실시간 기록이 가능하다는 큰 장점이 있다. 이렇게 입력받은 디지털 홀로그램 데이터를 수치적 회절 계산

방법을 통하여 3차원 데이터를 추출한다. 홀로그래피의 수치적 재생 방법은 Goodman 과 Laurence 에 의해서 30년 전에 제안된 것이며, 이러한 수치적 재생은 Kronrod등에 의하여 실현 되었다. 홀로그래피 플레이트(Holography Plate)를 사용하는 고전적인 홀로그래피와 비교하면 디지털 홀로그래피(Digital Holography)는 화학적 홀로그램 생성 과정을 생략할 수 있어 간편하며, 컴퓨터의 연산 속도의 발전으로 디지털 홀로그래피는 3차원 상을 필요로 하는 다수의 응용분야에서 관심을 가지게 되었다. 그리고 투과형 디지털 홀로그램에서는 물체의 굴절을 정보를 알고 있는 경우 3차원 정보를 얻을 수 있다. 그러나 렌즈와 같이 곡면이 2개 인 경우 얻어진 3차원 정보는 표면 정보를 정확히 알 수 없다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 굴절을 정합 오일을 이용하여 렌즈 한면의 정보만을 획득하는 방법에 대하여 연구하였다.

Ip-014 Effect of the Laser Intensity on the Neutron Generation in a Femtosecond, Deuterated, Polystyrene Plasma 이 성만, 권 성욱, 차 용호, 권 덕희, 이 기태, 남 성모, 한 재민, 이 용주, 정 영옥, 예 권해, 이 용우, 차 형기, 이 지영¹(한국원자력연구원, 양자광학연구부. ¹한남대학교) Fast neutrons were generated from a deuterated polystyrene (C₈D₈) solid target by using an ultraintense Ti:sapphire laser with a 27-fs pulse width and a 780-mJ pulse energy. The dependency of neutron generation on the laser intensity was analyzed in terms of the deuteron energy. At a pulse energy of 780-mJ, neutron tracks of the 224,482/pulse were obtained for a target thickness of 45 μm. The number of generated neutron tracks is an approximately 63 times increase in comparison to that obtained with the 260-mJ, 27-fs laser.

Ip-015 Analysis of the composition of clusters made with mixed gas by the ion time-of-flight method. 남 성모, 차 형기, 한 재민, 차 용호, 이 용주, 이 용우, 문 정호, 이 성만, 예 권해, 권 성욱(한국원자력연구원 양자광학연구부.) The gas mixture of methane and krypton was adiabatically expanded to make clusters. The clusters were exposed to high energy laser to be ionized softly. With the variation of proportion of gases and the pressures, we measured the ion time-of-flight signals to analyse their dependence on the cluster ion mass spectra. The results will be applied to the effective generation of the fusion neutron with a femtosecond laser.

Ip-016 구부림과 비틀림에 유사하게 반응하는 속이찬 광자결정 광섬유 오 경환, 하 우성, 박 지영(연세대학교, 물리 및 응용물리 사업단.) 광섬유를 사용하여 외부 변형력에 의한 스펙트럼 변화를 조사함으로써 광섬유기반 센서의 제작이 가능하다. 지금까지는 주로 광섬유에 일정한 주기의 격자(grating)를 형성함으로써 온도 및 압력 센서로 사용했으나, 사용되는 광섬유의 종류가 단순모드광섬유 (single mode fiber, SMF)로 극히 제한되었다. 일반적인 광자결정 광섬유(photonic band gap fiber, PBGF)는 제작방법에 따라 구부림(bending)과 비틀림(torsion)에 민감한 정도가 달라질 수 있다. 본 논문에서 저자는 속이찬 광자결정 광섬유 (solid PBGF, SPBGF)의 구부림과 비틀림에 대한 스펙트럼의 반응을 조사하고 변형력 센서로서의 가능성을 살펴보았다. 사용된 광섬유는 코어 직경 15.4 μm, 결정결합(crystal defect) 직경 7.4 μm, 결정결합 간격 5.6 μm, 클래딩 패키지(cladding package) 직경 109.5

μm의 값을 가졌다. 이 광섬유의 입력부에 백색광원을 주사하고 출력부에 광학 스펙트럼 분석기(optical spectrum analyzer, OSA)를 연결하여 스펙트럼 변화를 관찰하였다. 구부림에 대한 의존도는 구부림 직경 R의 값을 변화하며 측정하였으며 R값이 작아질수록 850, 1150, 그리고 1600 nm 파장 영역대에서 광학손실이 커짐을 확인할 수 있었다. 비틀림에 대한 의존도는 120 cm의 광섬유중 가운데 45 cm 부분의 한쪽 끝단은 고정시키고 나머지 부분을 회전장치에 물려 회전수를 증가시키며 측정하였다. 회전수를 증가시킬수록 구부림 실험과 마찬가지로 850, 1150, 그리고 1600 nm 파장 영역대에서 광학손실이 커졌다. 광섬유 자체의 내구성으로 인해 15번을 초과하여 비틀림을 가할 경우 광섬유가 손상되었다. 구부림 실험의 경우 손실 스펙트럼에서 간섭현상이 나타났고 대역 소거영역의 범위가 R값에 따라 변화한다는 점이 비틀림 실험에서의 결과와 차이를 보였다. 비록 최대 결합세기(coupling strength) 값이 비교적 작은 2.5 dB를 보였으나 외부 변형력에 특징하게 반응하는 센서로서의 가능성을 살펴보았으며, SPBGF의 다른 요소의 값을 변화시킨다면 이 문제는 충분히 해결될 것으로 기대된다. * [이 논문은 한국과학재단 (과제번호 ROA-2008-000-20054-0, R01-2006-000-11277-0, R15-2004-024-00000-0), 국제과학기술협력재단 (과제번호 2007-8-0536, 2007-8-1864), 한국산업기술평가원 (2007-8-2074), 그리고 한국학술진흥재단 두뇌한국 21 사업의 지원을 받아 수행된 연구임.]

Ip-017 새로운 수정체 모델을 적용한 Navarro 모형안의 설계 및 분석 강 은경, 황보 창권, 박 성찬¹(인하대학교, 물리학과. ¹단국대학교, 전자물리학과.) 모형안(Schematic eye)은 인간의 눈에 대한 여러 가지 광학 상수 즉, 굴절률, 굴절기관인 각막과 수정체의 곡률 및 굴절면의 비구면 계수, 굴절력, 그리고 렌즈계로서 주요점들(cardinal points)의 위치에 대한 평균값을 적용하여 인간의 눈의 형상을 광학적 수치로 나타낸 것으로, 눈을 광학계로 간주하여 이론적인 연구를 할 수 있도록 기초적인 자료를 제공한다. 본 연구에서는 다양한 거리에 존재하는 외계의 물점이 상점인 망막 위에 선명한 상을 맺을 수 있도록 수정체의 굴절력을 증가시키는 조절을 고려하여 모형안을 설계하였다. 본 연구에서 제안된 새로운 수정체에 대한 모델은 수정체 전면과 후면은 구면의 굴절면을 가지며, 조절이 일어나는 동안 수정체 두께가 증가하고, 광축에 수직인 방향으로의 길이는 짧아지게 된다. 수정체 내부의 굴절률이 일정하다고 할 때, 수정체 전체 부피는 변하지 않는다.

Ip-018 Generation of Sub-uJ High Harmonics from He in a Two Color Laser Field Using a Long Gas Jet 박 승범, 김 이종¹, 이 계황, 김 태근, 남 창희(한국과학기술원 물리학과. ¹광주과학기술원 고등광기술연구소.) We have achieved very efficient high-harmonic generation in a two-color laser field using a long gas jet of He. With the optimization of laser parameters and target conditions, strong harmonics were produced at 2(2n+1)th orders in an orthogonally polarized two-color field. The strongest harmonic at the 38th order (21.6 nm) reached an energy of 0.6 uJ with a 6-mm gas jet, giving a conversion efficiency as high as 2×10⁻⁴.

Ip-019 헬멧 서브시스템용 초소형 열상광학계 설계 (Mini IR Optics Design for Military Helmet Assembly Subsystem) 박 상영(삼성탈레스) 현재 미 육군, MIT가 공동개발중인 미래

병사체계인 "Force Warrior"의 헬멧은 최첨단의 광학기술이 접목된 360도 영상 센서가 장착된다. 현재 국내 광학기술 중 선진국과 대등하거나 우수한 기술을 보유하고 있는 폰카메라나 웹카메라 등의 설계기술을 응용하면 헬멧에 장착할 수 있는 CCD 영상 센서의 개발은 가능한 수준이나 빛의 유무와 관계없이 주/야간에 전장을 감시/정찰 할 수 있는 열상센서를 헬멧에 장착할 수 있도록 작게 만드는 기술은 보유하고 있지는 못하다. 본 연구 논문에서는 열상광학계를 헬멧에 장착할 수 있도록 초소형 검출기를 적용하고, 광학계의 구조를 단순화 하여 초소형 열상장비에 적용 가능한 광학설계를 하고 그 성능을 분석하였다.

Ip-020 Laser beam writer를 이용한 적외선 시준기 정렬용 300mm reference CGH 제작 홍 승기, 조 재홍, 송 재봉¹, 이혁교¹, 김 동익¹, 이 윤우¹(*한남대학교 물리학과, ¹한국표준과학연구원 우주광학연구단*) 한국표준과학연구원에서는 CGH(Computer Generated Hologram)를 포함한 회절광학소자(Diffractive Optical Element)를 제작할 수 있는 direct laser writer를 개발하였으며, 이를 이용하여 직경 1m급 적외선 시준기 정렬용 300mm reference CGH를 제작하였다. CGH 제작을 위해서는 첫째, CGH 전체 영역에서 고른 선폭을 유지해야하며, 둘째, 원하는 위치에 패턴을 노광할 수 있는 높은 위치정밀도가 요구된다. 본 연구에서는 비점수차 방식(astigmatic method)의 auto-focusing과 광원의 안정화 컨트롤을 통해 고른 선폭을 유지할 수 있었으며, 피드백(feed-back) 컨트롤을 통해 수십 nm 수준의 위치정밀도를 구현하였다. 이상과 같이 구축한 direct laser writer를 평가하기 위하여, 본 연구에서는 선폭 3um, 직경 100mm의 circular grating을 제작하였다. 이 결과 direct laser writer의 성능을 성공적으로 점검하였다. 또한 직경 100mm의 null CGH와 적외선 시준기 정렬용 300mm reference CGH도 제작하였다.

Ip-021 Bayer 타입 칼라 CMOS 영상센서의 변조전달함수 측정 최 지성, 문 한섭¹, 양 호순², 이 윤운², 홍 성목²(*부산대학교 교육대학원 물리교육전공, ¹부산대학교 물리학과, ²한국표준과학연구원 우주광학연구단*) 고성능의 칼라 CMOS(complementary metal-oxide semiconductor) 영상센서의 변조전달함수(modulation transfer function, MTF) 측정장치를 구성하였다. 할로겐 램프로 조명된 슬릿 물체를 50배 대물렌즈로 CMOS 영상센서에 직접 결상시켜서 MTF를 측정한다. 광원은 RGB 각각의 색 필터를 이용하여 특정 파장의 빛만을 투과시켜 Bayer 타입 칼라 CMOS가 RGB의 색 필터들에 의해서 자연색을 구현하도록 하였다. 또한 25 μm 크기의 슬릿을 회전시켜서 CMOS의 자오면과 구결면을 모두 측정하며, 대물렌즈의 파장별 MTF는 칼날주사방법을 이용하여 측정된 후 CMOS의 MTF 값을 구하는데 사용하였다.

Ip-022 A study of the single molecule detection and analysis with the confocal microscope based on TCSPC(time correlated single photon counting) 김 석원, 이 순혁¹, 김 수용¹(*울산대학교 물리학과, ¹KAIST, 물리학과*) Compared to the ensemble measurement which can analyze only the average value of the characters of molecules, the single molecule measurement can analyze the individual dynamics of the single molecule which otherwise can be ignored. The single molecule detection can be implemented with a

scanning confocal microscope with some proper optical filters but the detection is very difficult, because the quantum yield of the single fluorophore is very weak. As a result, to improve the signal-to-noise ratio, many things should be considered. If the laser power is increased, the signal from the autofluorescence of samples also increases and the rapid photobleaching occurs. The blinking is also an important source of the difficulty of single molecule detection. We made the home built scanning confocal microscope based on TCSPC to detect and analyze the single molecule. In this study, we are going to find some methods to detect the single molecule more effectively and study the dynamics of the single molecule in the time-resolved point of view.

Ip-023 A comparison study of the two deconvolution algorithms, the undecimated wavelet and the curvelet transform 김 석원, 이 자은¹, 이 순혁¹, 김 수용¹(*울산대학교 물리학과, ¹KAIST, 물리학과*) Almost all data acquired from the confocal microscope contain noises. To improve the quality of confocal images, many methods have been introduced. Among many methods, deconvolution method has been proved to be effective in confocal microscope image reconstruction. Many deconvolution methods have been introduced until now. Especially a wide range of wavelet-based ideas have been proposed and studied. These new deconvolution methods showed how it improved the quality of the image compared to the existing methods. However they did not consider the speed of the algorithm. Most of the case, the speed of the deconvolution algorithm is not important. But it is important when we make an animation with confocal images. Because we cannot wait 10 hours of deconvolution process to make a 10 seconds of animation. So we also have to consider the speed of the algorithm. There have been considerable interests in wavelet-based denoising methods over the last decade. Among the numerous wavelet transforms, the most popular deconvolution methods seem to be the undecimated wavelet (UDW) and the curvelet transforms. In this research, we will analyze the speed of two basic wavelet-based image deconvolution methods, the UDW and the curvelet transforms. It may be an important work for preparation of making an animation.

Ip-024 900 ~ 1700 nm 영역에서의 초분광 분해기 설계 기술 연구 김 태형, 김 태훈, 공 흥진, 박 동조¹(*한국과학기술원, 물리학과, ¹한국과학기술원, 전기 및 전자공학 전공*) 많은 파장 영역중에 가시광선 바로 다음부터 2.5 μm 영역을 단파장 영역(short wavelength infrared, SWIR)이라 하며, 가시광선에서 볼 수 없는 현상들을 관측할 수 있으며, 밤에도 물체를 감별할 수 있는 장점을 가지고 있다. 특히 900 ~ 1700 nm 영역은 InGaAs로 이루어진 소형 검출기의 개발로 이 파장 영역에서의 SWIR 영역에서의 현상에 관한 연구가 활발히 이루어 지고 있다. 여기에 공간 정보와 파장 정보를 동시에 얻을 수 있는 초분광 분해기를 개발하여 이 영역에서의 더욱 정밀한 분석이 가능하게 하는 연구를 수행하였다. 기하광학적 광선추적을 이용한 광학 설계 프로그램을 이용하여 grating과 비구면을 이용하여 900 ~ 1700 nm에 최적화된 초분광 분해기를 설계하였으며, 이 설계를 기반으로 한국기초과학연구원의 도

움으로 비구면을 제작하여 prototype의 초분광 분해기를 제작하고, 성능 평가를 목표로 연구를 수행하고 있다. 본 연구는 한국과학기술원 영상정보특화연구센터를 통한 국방과학연구소의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

Ip-025 공초점현미경 시스템의 구성 및 3차원 생체영상에 관한 연구 김 석원, 김 형영(울산대학교, 물리학과) 지금까지 주로 세포의 기능, 구조 및 생리적 특성을 연구하는데 광학현미경과 전자현미경이 널리 이용되어 왔지만 분석의 한계로 인해 새로운 형태의 현미경 개발이 필요하게 되었다. 공초점 현미경(Confocal Laser Scanning Microscope)은 광학현미경법과 전자현미경법이 지닌 단점을 보완하는 동시에 해상력이 좋고 스캐닝 속도가 빠르다는 것 등의 여러 가지 장점까지 보유하고 있는 현재 개발된 가장 우수한 현미경으로 기존 광학현미경에 비해 선명하고 강도 높은 영상을 얻을 수 있다. 본 연구에서는 기존의 2차원 시스템에서 z-scanner장치를 추가하여 CLSM을 구성한 후 beam scanning 방식으로 xy, xz, yz plane을 이용하여 PMT(Photo Multiplier Tube)를 통해 생체세포 샘플의 형상에 대한 정보를 얻어 Labview 프로그램으로 3차원적 image를 구현 하였다.

Ip-026 Specimen Scanning 방식의 공초점현미경 시스템의 구성 및 암세포 관찰 김 석원, 김 정민(울산대학교 물리학과) 현미경을 이용한 관찰방법은 나날이 발전하고 있다. 그 중에서도 공초점현미경은 1980년대에 접어들어 활발한 연구가 시작되었으며 최근 여러 분야에서 응용 및 연구가 진행되고 있다. 의학에 있어서 공초점현미경은 광학현미경과 형광현미경보다 명확한 입체적인 조직영상을 얻을 수 있으며 비파괴적인 방법으로 샘플 내부의 스캔도 가능하게 하는 등 여러 장점을 갖고 있다. 본 연구에서는 저렴한 비용으로 파장이 632.8 nm인 He-Ne 레이저를 사용하고, NA = 1.25이며 배율이 100X인 대물렌즈와 3차원 스테이지를 사용하여 Specimen scanning 방식의 공초점현미경을 구성하였다. 그리고 스테이지를 이동시킴으로써 샘플에서 반사된 레이저 빔을 PMT(Photo Multiplier Tube)를 통하여 전기적인 신호로 변환시켜 컴퓨터에 입력하는 방식으로 암세포(Cancer cells) 샘플의 형상에 대한 정보를 얻어 Labview 프로그램으로 3차원 입체영상을 구현하였다.

Ip-027 레이저 리소그래피 기반의 주기적 대면적 ZnO 나노점 배열 제작 조 경석, 백 인형, 이 경문, 이 순일, 이 상민(아주대학교 에너지시스템학부) 레이저 간섭 리소그래피는 단일 빔을 이용하여 입사파와 반사파의 간섭현상을 만들어 내어 손쉽게 다양한 나노 구조물을 제작할 수 있으므로 빠른 공정 및 단가 절감이 가능하고, 대면적에 나노 구조물을 제작하는 것이 가능하다. 본 연구에서는 음성 감광제를 사용하였으며, 이는 레이저 간섭 리소그래피 기법 사용 시 양성 감광제에 비해 주기적으로 구멍을 가지는 배열의 제작이 훨씬 용이하다. 실리콘 웨이퍼 위에 음성 감광제(DNR-L300)막을 스핀코팅을 이용하여 제작한 후, 파장이 441.6 nm인 He-Cd 레이저를 광원으로 하여 레이저 간섭 리소그래피 기법으로 감광제막에 주기적으로 구멍을 가지는 배열을 만들었다. 이렇게 만들어진 배열에 ZnO를 스퍼터링 방법으로 증착시킨 후, 감광제막을 제거하여 실리콘 웨이퍼 위에 2차원의 주기적인 ZnO 나노점 배열을 제작하였다.

Ip-028 열처리에 따른 전이금속 산화물 다층박막의 구조적, 화학적, 광학적 특성 성 승기, 이 우경, 최 현욱, 오 주희, 한 성홍, 권 영상¹, 김 의정¹, 배 성효², 주 종현²(울산대학교 물리학과. ¹울산대학교 생명화학공학부. ²IHL(주)) 최근 지구환경의 보전과 새로운 에너지의 개발이 가장 중요한 이슈로 부상함에 따라 이러한 문제를 해결할 수 있는 새로운 물질의 개발이 중요한 연구 과제로 되고 있다. 특히 Transition-Metal Oxide Materials의 optical properties 연구가 활발하게 진행되고 있다.본 연구에서는 전자빔 증착법을 이용하여 Transition-Metal Oxide Materials인 TiO₂, SiO₂ 다층박막을 제작하여 열처리온도에 따른 TiO₂, SiO₂ 전이금속 산화물 다층박막의 구조적, 화학적, 광학적 특성을 분석하였다. 박막 증착 시 초기 진공도(base pressure)는 5.0 × 10⁻⁶ Torr이었다. 증착 산화물의 crucible과 기관 사이의 거리는 650 mm이고, 균일한 박막을 제작하기 위하여 기관의 회전 속도는 15 rpm으로 유지하였다. 산화물들은 처음 벌크 상태에서 증착 전 충분히 pre-melting을 통하여 불순가스를 제거하였으며, 그리고 기관 온도에 의한 변수를 줄이기 위하여 챔버 내 온도를 200 °C 유지하였다. 그리고 TiO₂ 다층박막 제작 시 산소분압은 3.0 × 10⁻⁵ Torr에서 박막을 제작하였다. 제작된 박막들은 각각의 온도에서 1시간 동안 열처리 한 후 특성변화가 이루어진다. 그리고 XRD, SEM, XPS, Ellipsometer, UV-Visible spectrophotometer를 사용하여 박막의 구조적, 화학적, 광학적 특성 변화를 분석한다.

Ip-029 Co-Magnetron Sputtering법에 의한 혼합전이금속 광학박막의 광활성특성 분석 최 현욱, 이 우경, 성 승기, 한 성홍, 김 의정¹, 배 성효², 주 종현²(울산대학교 물리학과. ¹울산대학교 생명화학공학부. ²IHL(주)) 좋은 내구성과 안정성을 지닌 TiO₂ 박막은 널리 연구되어지고 있는 전이 금속속 하나이다. 특히 TiO₂ 박막은 오염된 공기와 물을 정화시킬수 있는 광분해능을 가지고 있어 널리 연구되어지고 있다. 최근 가시광에 반응하는 WO₃를 이용한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 본 연구에서는 Co-magnetron sputtering법으로 WO₃/TiO₂ 박막을 제작하여, WO₃ 증착 함유에 따른 산화물 박막의 광분해 특성을 분석하였다. TiO₂와 WO₃ target을 만들어 사용하였다. 기관으로는 quartz glass를 사용하였고 증류수, 에탄올, 아세톤을 사용하여 기관을 세척하였다. 초기진공도 3.0×10⁻⁶ Torr의 압력에서 Ar 가스를 주입하여 스퍼터링을 실시하였다. 제작한 박막은 FE-SEM, XPS, UV-visible spectromete 측정을 통해 친수성 및 광학적 특성을 구조적으로 분석하였다. 또한 광분해 특성을 측정하기 위해 메틸렌 블루용액에 박막을 담근 후, BLB 램프와 고압 수은등을 사용하여 측정하였다.제작된 혼합박막에 WO₃가 많이 포함될수록 박막의 흡수단이 점점 장파장 쪽으로 이동되는 모습을 볼 수 있다. 이를 보아 WO₃는 장파장의 빛을 흡수하는 것으로 판단된다.BLB 램프조사하에서 WO₃의 증가에 따라 광분해능이 점점 떨어짐을 볼 수 있었고, 고압 수은등에서는 WO₃가 많이 포함된 박막일수록 우수한 특성을 보였다. 이는 WO₃의 증가함으로써, bandgap energy가 이동하여 비교적 장파장의 빛을 흡수하였기 때문에 광분해 특성이 위와 같이 나온 것으로 판단된다.

Ip-030 E-beam 법으로 제작한 TiO₂/SiO₂ 박막의 광활성 특성 이 우경, 최 현욱, 성 승기, 오 주희, 권 영상¹, 한 성홍, 김 의정¹, 배 성효², 주 종현²(울산대학교 물리학과. ¹울산대학교 생명화학공학부. ²IHL(주)) TiO₂는 가시광선과 근자외선 영역에

서 높은 투과성과 굴절률을 가지며, 결정 구조에 따라 광학적 특성이 변한다. 최근에 환경오염을 억제 할 수 있는 물질로 TiO₂가 많이 연구되고 있는데, 오염원 분해능이 우수하고, 물리적 화학적으로 안정하며, 값이 싸고, 불필요한 유해물질을 발생시키지 않기 때문이다. 본 연구에서는 전자빔 증착법과 RF 마그네트론 스퍼터링법을 이용하여 TiO₂/SiO₂ 박막을 제작하고 TiO₂/SiO₂ 박막의 광학적, 구조적, 광활성 특성을 비교하였다. 전자빔 증착법으로 박막 증착 시 초기 진공도(base pressure)는 6.0 × 10⁻⁶ Torr이었고, 산소를 주입하여 TiO₂는 5.0 × 10⁻⁵ Torr에서 SiO₂는 6.0 × 10⁻⁵ Torr에서 박막을 제작 하였다. RF 마그네트론 스퍼터링법으로 박막 증착 시 Sputter의 초기진공도는 3.0×10⁻⁶ Torr이었고. Ar 가스를 주입하여 1×10⁻² Torr의 압력에서 박막을 제작하였다. 제작한 박막은 650 °C에서 1시간 동안 열처리하여 UV-VIS 분광광도계, AFM, SEM, XPS를 이용하여 광학적, 구조적 특성을 분석하고 박막의 광활성을 측정하였다. RF 마그네트론 스퍼터링법으로 증착한 TiO₂/SiO₂ 박막은 열처리 후에 굴절률이 증가하고 두께가 증가하여 열처리 전 보다 전체적으로 투과율이 감소하였다. 전자빔 증착법으로 증착한 TiO₂/SiO₂ 박막은 열처리 후에도 열처리 전과 비슷한 투과율을 보였다. TiO₂/SiO₂ 박막이 순수 TiO₂ 박막보다 더 좋은 광활성 특성을 나타내었고, 전자빔 증착법에 의해 제작된 박막이 RF 마그네트론 스퍼터링법에 의해 제작된 박막 보다 더 좋은 광활성 특성을 나타내었다.

Ip-031 태양전지용 Tapered concentrating optics 시물레이션 오경환, 박민규, 오병두¹, 신현우¹, 김정²(연세대학교 물리학과. ¹Hanbeam. ²세종대학교 전자공학과.) 지금까지 태양전지용 Concentrating optics 를 위해 여러 형태의 system이 사용되어 왔고 그 중 Fresnel 렌즈를 이용하거나 Parabolic mirror로 태양빛을 집광하는 형태가 대표적으로 사용되어 왔다. Fresnel 렌즈는 부피가 매우 작은 장점을 지니나 면과 수직하지 않는 빛에는 효율이 급격하게 저하되는 단점을 지닌다. 넓은 집광면을 얻을 수 있는 Mirror의 경우에도 태양 고도에 대한 문제는 여전히 가지고 있다. 이 문제를 해결하고자 도파로 광학을 바탕으로 새로운 형태의 태양전지용 Concentrating optics를 제안하고자 한다. Fused silica 재질의 직경이 약 30mm 인 Rod를 수직으로 매달고 그 주위에 Glass temperature 이상의 열을 가하게 되면, 점성이 낮아진 Rod의 일부가 중력에 의해 아래 방향으로 늘어지게 된다. 이 때 열을 가하지 않은 부분에 비해 점차 하단부로 가면서 직경이 줄어들게 되고 전체적으로 Taper 형태를 가지게 된다. 이 형태는 넓은 집광면을 얻을 수 있으며 Optics가 도파로 역할을 하게 되어 적은 손실로 빛을 태양전지판에 다다를 수 있게 한다. 또한 큰 개구수 (Numerical aperture) 값을 가지게 되어 다른 두 방법에 비해 태양고도 문제를 획기적으로 개선할 수 있다.본 연구에서는 빛의 진행을 살펴 볼 수 있는 Light Tools 프로그램을 이용하여 최적의 Tapered concentrating optics 형태를 찾는 시물레이션을 진행하였다. 그 결과 입광면에 수직면을 기준으로 ±0.5도 내에서 최적화된 기존 방식에 비해 최대 ±5도 내에서 출광부 쪽의 Irradiance가 일정함을 알 수 있었다.

* 본 연구는 한국학술진흥재단 두뇌한국 21 사업의 지원을 받아 수행된 연구임.

Ip-032 질소 가스를 이용한 4X4 POF 커플러의 제작 정윤섭(연세대학교 물리학과.) Plastic Optical Fiber (POF) 는

저렴한 제작 비용, 큰 코어 사이즈로부터 얻어지는 쉬운 연결, 뛰어난 굴곡 성능 등의 장점으로 인해 근거리 네트워크 통신에서 각광을 받고 있다. 그리고 POF를 이용하여 근거리 통신망을 구축하는데 있어서 커플러 (Coupler)는 중요한 구성 소자이다. 본 논문에서는 제작 공정인 flame brushing method 에서 산소 대신 질소 가스를 사용하는 방법으로 4 X 4 용합형 플라스틱 광섬유를 제작하였다. 제작된 플라스틱 광 섬유에 대해서 각각의 입력 단자에 대한 모든 출력 단자의 출력을 관찰하였다.

* acknowledgments 이 논문은 한국과학재단 (과제번호 ROA-2008-000-20054-0, R01-2006-000-11277-0, R15-2004-024-00000-0), 국제과학기술협력재단 (과제번호 2007-8-0536, 2007-8-1864), 한국산업기술평가원 (2007-8-2074), 그리고 한국학술진흥재단 두뇌한국 21 사업의 지원을 받아 수행된 연구임.

Ip-033 The Multilayer Interference Study of Terahertz Transmission Time-domain Spectroscopy AHN Jaewook, YI Minwoo, LEE Kang Hee, KIM Youngchan¹, YEE Dae-Su¹ (Department of Physics, KAIST. ¹KRISS.) One-dimensional multilayer composed of silicon and air layers are studied by the method of terahertz transmission time-domain spectroscopy. We analyze the interference response of multilayer structures by using the characteristic matrix method. This analysis shows a good agreement between the calculation and the result of experiments. The transmittance study in intended multilayer structures may be expanded to the design method of terahertz frequency filter.

Ip-034 PLF를 사용한 청색 LED BLU의 프리즘 시트 연구 김두희, 임영락, 황보창권, 안영주¹(인하대학교 물리학과. ¹(주)KDT.) 단색광으로부터 백색광을 만들어 낼 수 있는 Photo Luminescent Film(PLF)는 연색성이 우수하기 때문에 최근 실내조명계에서 비중이 높아지고 있다. 본 연구에서는 청색 LED를 광원으로 사용하며, diffuser sheet 대신 PLF를 사용하여 새로운 구조의 Edge형 BLU를 설계하였다. PLF를 통해 나온 광시야각 분포는 diffuser sheet에서 나오는 광시야각 분포와 달리 수직 상방향으로 램버시안 분포를 가지기 때문에 기존 edge-lit 형 BLU에서 사용하는 삼각 미세프리즘 구조를 가지는 프리즘 시트가 아닌 다른 형태의 프리즘 시트를 필요로 한다. 이에 따라 우리는 조명설계프로그램을 통해 PLF와 가장 최적화된 새로운 형태의 프리즘 시트의 구조를 설계하였고, 광학적 특성이 어떻게 나타나는지 분석하였다.

Ip-035 마스크리스 노광기술 광학계의 원형패턴에 대한 연구 정광진, 황보창권(인하대학교 물리학과.) 노광기술은 반도체 프로세스의 핵심 기술로서 반도체 디바이스의 미세화와 집적화를 주도하는 역할을 담당하고 있다. 마스크리스 노광기술은 마스크 없이 UV 파장대의 레이저를 직접 조사하고 노광장치를 이동시키므로써 원하는 패턴의 형상을 얻는 차세대 노광기술 (Next Generation Lithography: NGL)이다. 마스크리스 노광기술 광학계는 레이저광원에서 나오는 가우시안 분포의 빔을 Fly-eye 렌즈를 이용하여 균일한 분포로 만드는 광조사광학계와 광조사광학계를 지난 후 DMD (Digital Micro-mirror Device)에서 선택적으로 반사하여 감광물질위에 수직으로 노광시키는 프로젝션광학계로 구성되어 있다. 그리고 정사각형의 DMD에서 반사되는 형상을 원형으로 바꿔주기 위해 프로젝션광학계 내부에는 원형필터나

MLA (Micro Lens Array)가 존재한다. 본 연구에서는 MLA를 1개를 사용할 경우와 2개를 사용하여 원형패턴을 결상시킬 경우, 그리고 원형필터를 사용하여 원형패턴을 결상시킬 경우를 Light - Tools 프로그램을 통해 설계하여 각 경우의 광학적 특성이 어떻게 되는지 비교분석하였다.

Ip-036 경사입사 증착방법의 나선형 구조와 지그재그 구조를 이용한 편광 광학 필터의 광학적 구조적 특성연구 박 용준, SOBAHAN K.M.A, 황보 창권(인하대학교 물리학과.) 경사입사 증착방법을 이용하여 증착한 박막의 경우 광학적 비등방성이 나타나며, 이러한 박막의 비등방성은 박막의 구조와 밀접한 관계가 있다. 기판을 회전하며 나선형 구조로 증착한 경우에는 원형 편광된 빛을 좌원편광 빛과 우원 편광 된 빛으로 분리시켜 특정 원형편광 성분의 빛만을 반사시키는 광학적 특성을 나타낸다. 또한 지그재그 구조로 증착하는 박막의 경우 박막의 비등방 굴절률과 두께를 조절함에 따라 1/2 파장판과 1/4 파장판을 제작할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 지그재그 구조의 광학적 비등방 특성을 바탕으로 박막의 두께를 조절하여 선형 편광된 빛을 원형 편광된 빛으로 바꾸어 주는 1/4 파장판을 제작하였고, 원형 편광된 빛을 분리시킬 수 있는 브래그 반사필름을 제작하여 임의의 파장에 대해 좌원 편광된 빛과 우원 편광된 빛이 분리되는 것을 확인하였다. 이러한 지그재그, 나선형과 지그재그 구조를 연이어 증착하여 수직으로 입사하는 선형 편광된 빛을 한쪽 방향의 선형 편광된 빛만을 투과하고, 다른 방향의 선형 편광된 빛은 반사시키는 복합구조의 편광 광학필터를 제작하여 광학적, 구조적 특성을 연구하였다.

Ip-037 Flood-fill 알고리즘을 사용한 이차원 위상결별 김 진태(조선대학교 광기술공학과.) 디지털 홀로그래프를 사용한 실시간 셀 등의 삼차원 형상 측정은 투명한 샘플의 삼차원 측정을 실시간으로 가능하게 함으로서 최근 매우 각광을 받고 있다. 이러한 형상 측정을 위하여 위상 결별법은 필수적이며 이에 대한 많은 보고가 되어져 있다[1]. 본 연구에서는 이차원 위상 결별법을 위해 영상의 가장자리 검출과 영상 필터링 방식을 적용 후 이차원 적분 방식을 사용하는 flood-fill 알고리즘을 의료 샘플에 적용하였다. 이러한 의료 샘플을 적용하기 전 인위적으로 얻어진 위상 지도를 사용하여 알고리즘을 확인하였고, 참고문헌에서 적용한 LP 기준 방식을 적용하여 얻어진 위상 결별법 방식 등과 비교하고, 여러 가지 다른 방식의 이차원 위상 결별법 방식 등에 대한 디지털 홀로그래프 적용 방법 등에 대해 논의될 예정이다.

[1] D. C. Ghilgia and M. D. Pritt, "Two-dimensional phase unwrapping", Wiley Inter Science (1998).

Ip-038 무반사 효과를 위한 최적의 나노 패턴설계 및 광학적 특성연구 임 영락, 박 용준, 황보 창권(인하대학교 물리학과.) 일반적으로 수직으로 입사하는 빛에 대해 반사율을 낮추고, 투과율을 향상시키는 무반사 코팅의 경우 기판위에 다층의 광학박막을 증착함으로써 제작되어진다. 하지만 이러한 다층박막의 경우 굴절률이 다른 여러 물질을 증착 하여 제작되어짐에 따라 증착공정 시간이 길어지고, 외부 환경 변화에 민감하다. 따라서 최근 이를 대체할 수 있는 나노 패턴을 이용한 무반사 효과에 대한 연구가 진행되고 있다. 나노패턴을 이용한 무반사 효과의 경우 곤충의 눈에서 착안된 것으로 종(鐘)모양의 미세한 나노 구조물이 나열되

어 있어 기판에서부터 수직방향으로 올라가면서 유효 굴절율이 낮아짐으로써 무반사 효과를 낼 수 있다. 따라서 본 연구에서는 이러한 무반사 효과를 나타내는 나노 패턴 구조물들의 모양, 높이, 폭, 패턴 간격 등의 변수를 조절하여 최적의 무반사 효과를 낼 수 있는 나노 패턴을 설계 하였고, 그 광학적 특성을 연구하였다.

Ip-039 Optical and structural properties of structured Ta₂O₅ thin films prepared by glancing angle deposition SOBAHAN K M Abdus, PARK Yong Jun, HWANGBO Chang Kwon(Inha Univ. Dept. of Physics.) Glancing angle deposition (GLAD) technique has recently attracted the interest of many researchers due to its potential applications in sensing technology, catalysis, optical devices, and biochip devices, etc. The thin films deposited by GLAD exhibit optical anisotropy originating from the microstructure and porosity due to self-shadowing effects and limited adatom diffusion. The optical anisotropy of the thin films has various applications, such as optical retardation plates, anisotropic antireflection coatings, birefringent omnidirectional reflectors, three dimensional photonic band-gap crystals, and so on. Tantalum pentoxide (Ta₂O₅) is an interesting material in fundamental studies as well as application oriented research on account of its remarkable properties, such as good thermal and chemical stability, excellent transparency, high refractive index, and compatibility with standard microelectronic process. In this communication, optical and structural properties of structured Ta₂O₅ thin films fabricated by GLAD technique are reported. Various deposition angles and substrate rotation are employed to control the microstructure of the films. The influence of different deposition angles on refractive index, porosity and in-plane birefringence are studied. The results show that the refractive index decreases and the porosity increases with the increase of the deposition angles. The in-plane birefringence of Ta₂O₅ thin films is calculated and it reaches maximum value of about 0.04 at a deposition angle of 70°. The helical Ta₂O₅ thin films deposited at 70° with different substrate rotations are also studied. It is found that the refractive index decreases and the porosity increases with the decrease of the substrate rotation speed. The microstructure, morphology and crystal structure are investigated by scanning electron microscope (SEM) and X-ray diffraction meter, respectively.

Ip-040 극자외선 리소그래피용 위상변위마스크의 설계 및 연구 김 미경, 강 희영, 황보 창권(인하대학교 물리학과.) 반도체 소자가 고집적화가 되어감에 따라 요구되는 선폭도 점점 작아지게 되었다. 이를 구현하기 위해 진행되고 있는 여러 연구 중 13.5nm의 짧은 파장의 광원을 사용한 것을 극자외선 리소그래피라 한다. 리소그래피는 원하는 모양을 형성하기 위한 기술로 반도체의 제조공정에서 마스크상에 설계된 패턴을 광학계를 사용하여 웨이퍼에 실제로 구현하는 기술이다. 본 연구에서는 보다 작은 선폭을 구현하기 위해 연구되어지고 있는 여러 가지 구조의 마스크 중에서 Binary mask와 인접한 패턴간에 위상차를 180° 주도록 한 위상반전마스크(Attenuated phase shift mask:Att-PSM)를 설계, 비교해 보았다. EUVL 시스템에서는 광원이 5~6° 경사 입사함으로써 그림자 효과가 생기게 되는데 이를 최소화시키면서 패턴사이의 반사비를 높일 수 있는 최적화된 구조를 찾아보고 전산시뮬해

보고자 한다. 이를 통해 기존의 마스크에서 발생될 수 있는 웨이퍼 상에 프린트된 패턴의 위치 이동이나 그림자 효과를 줄일 수 있으며 인접한 패턴간의 반사비를 높여 해상력을 높일 수 있을 것으로 기대된다.

Ip-041 New Fabrication of Chirped Long-period Fiber Grating Using Polymer within Hollow Fiber. JUNG HOJOONG, SEO YONG GON¹, PARK SEUNG HAN, OH

KYUNGHWAN(Institute of Physics and Applied Physics, Yonsei University. ¹Institute of Physics and Applied Physics, Yonsei University; Energy-nano Materials Research Center, Korea Electronics Technology Institute.) We report the new method of fabrication of long-period fiber gratings using the polymer in hollow fiber. We used the hollow fiber in which the core diameter is 8um and the index of used polymer was 1.51. The fabrication was simple as follows. First, we inserted the liquid polymer into the hollow fiber using capillary action and we cured the polymer in hollow fiber. When we were curing the polymer, the difference of the volume density of cured polymer and uncured one makes periodic index difference. Then we selected the best linearly chirped region of the polymer and polished both sides. The pitch of the grating was from 14um to 48um and the total length of the gratings was 810um. Finally, we spliced mechanically using glass tube both ends with single mode fiber. As a result we got a spectrum that shows the resonant coupling with 3dB and the FWHM was about 100nm.

*(Acknowledgments) This work was supported in part by the KOSEF (Program Nos. ROA-2008-000-20054-0, R01-2006-000-11277-0, and R15-2004-024-00000-0), the KICOS (Program Nos. 2007-8-0536 and 2007-8-1864), the ITEP (Program No. 2007-8-2074), and the Brain Korea 21 Project of the KRF.

Ip-042 Mach-Zehnder Interferometric Biosensors Using Propagation of Surface Plasmons HWANG Yongsop, KIM Jae-Eun, PARK Hae Yong(KAIST, Department of Physics.)

In this report, Mach-Zehnder interferometric(MZI) biosensors using propagation of surface plasmons are designed and their sensitivities are studied with the finite-difference time-domain(FDTD) method. We used the propagating surface plasmons to reduce the sensor size smaller and to improve the sensitivity better than conventional MZI biosensors which have fundamental limitation of size because of the wavelength of sensing light.

Ip-043 Simulation for the optical trapping force using Fresnel zone plate lens with focal length 오경환, 이세진, 정호중, 김종기(연세대학교)

십 수년 전부터 Optical trapping force를 이용해서 매우 작은 polymer bead를 잡는 Optical tweezers는 이슈가 되어왔으며 최근에 들어서는 생물학 분야에서의 폭 넓은 응용가능성과 잠재성 때문에 더욱 주목 받고 있다. Optical trapping을 하기 위해서는 가장 중요한 것은 gradient force를 향상시켜야 한다. 이를 위해 전부터 많은 논문들이 보고 되어왔다. 그 방법으로 hollow beam을 사용하고, 편광을 변화시키고, water immersion을 이용해서 numerical aperture(NA) 값을 향상시키는 방법이 보고되었다. 특히 초점거리를 줄여서 NA값을 향상시키는 방

법은 많이 시도되었지만 초점거리는 무한히 줄일 수 없다는 문제점이 있었다. 이번 연구에서는 Simulation을 통해 Fresnel Zone Plate Lens를 이용하여 beam의 초점을 만들었다. 그 결과로 나온 초점평면 beam 세기 분포의 profile data를 추출해서 Sinc 함수로 fitting했다. 이렇게 얻어낸 함수를 통해 gradient force를 계산했다. 그 결과 초점 거리에 따라 gradient force의 변화가 존재했다. 이것으로 최적의 gradient force를 갖기위한 적절한 초점거리를 연구했다.

Ip-044 보정을 이용한 간섭계형 광섬유 색분산 측정 방법 김승환, 이승훈, 김경현(인하대학교, 물리학과.)

본 논문에서는 수십 cm 이하의 짧은 길이의 광섬유에 대해서도 정확한 색분산 측정이 가능한 보정된 간섭계형 색분산 측정 방법을 소개한다. 기존의 색분산 측정 방법으로는 수십 cm 이하로 짧은 길이의 광섬유에 대해서는 색분산을 정확히 측정하기가 힘들고, 근래에 들어와 나노 포토닉스 및 집적형 광자 기술의 등장으로 작은 광자소자와 집적화 소자의 짧은 길이에 대해서도 정확한 색분산의 측정이 중요해 지고 있다. 특히 파장 변환 및 사광자 혼합 (Four Wave Mixing; FWM)에 의한 신호 생성 등의 비선형성을 이용한 광자소자들의 활용도가 커지고 있으며, 이런 소자 기능의 효율성을 높이기 위해서는 위상 조건을 맞춰야 하고 이에 따른 색분산 조절의 필요성이 커진다. 따라서 이러한 집적형 광소자의 짧은 길이에 대해서도 정확한 색분산 측정이 필요하여, 기존의 간섭계형 색분산 측정법을 개선함으로써 더욱 짧은 길이에서도 정확한 색분산을 측정할 수 있게 되었다. 간섭계를 이용하는데 있어서 간섭계 자체에서 가지고 있는 색분산 효과가 광섬유의 색분산 측정에 에러를 발생하게 되므로 간섭계의 색분산 항목을 보정함으로써 수십 cm 이하의 짧은 길이의 광섬유에 대해서도 색분산을 정확히 측정하였다. 이 방법은 다른 작은 길의 광소자에 대한 색분산값 측정에도 매우 유용한 방법이 될 것이다.

Ip-045 수십 kHz급 반복률을 갖는 펄프 레이저의 펄스 폭 및 공간적인 빔 모양에 따른 색소 레이저의 빔 질 특성 임권, 한재민, 고광훈, 김택수, 차용호, 노시표, 박현민, 정도영

(한국원자력연구원, 양자광학연구부.) 펄스형 색소 레이저 발전기 및 증폭기 시스템에서 펄프 레이저로 사용되는 레이저 광원의 펄스폭 및 공간적인 빔 모양은 색소 레이저의 발전특성에 영향을 준다. 특히 수십 kHz급으로 반복률이 높고 평균출력이 높은 상태에서 동작시키는 경우에는 색소용액에 집속되는 고강도의 펄프 레이저로 인하여 국부적인 열 문제를 일으킨다. 이러한 열문제에 인하여 색소 레이저의 빔 질에도 영향을 준다. 고반복률 펄프 레이저의 특성에 따른 고출력 색소 레이저의 빔 질 특성을 비교하였다.

Ip-046 변형효과와 비포물선효과를 고려한 나노세션의 전하분포와 부피천이 김동훈, 유찬호, 유주형, 우준택¹, 김태환(한양대학교, 전자컴퓨터통신공학부. ¹한양대학교, 디스플레이공학연구소)

반도체 나노구조는 기본적인 물리적 현상을 고찰하고 전자소자 및 광전소자에 대한 응용 때문에 많은 관심을 갖게 되었다. 여러 가지 나노구조에서 양자우물과 양자점에 대한 실험적 및 이론적인 연구가 많이 진행되었다. 그러나 양자우물과 양자점에 대한 연구는 많이 진행되었으나 나노세션에 대한 연구는 상대적으로 미흡한 상태이다. 나노세션을 사용하여 제작한 전자소자와 광전전소자에 대한 보고가 있었으며 특히 나노세션을

이용한 단전자 트랜지스터, 공명터널 다이오드, 발광다이오드, 광탐지기 및 레이저에 대한 연구가 진행되고 있다. 나노세션을 사용한 전자소자와 광전소자의 효율을 증진시키기 위해서는 나노세션의 전자적 성질에 대한 연구가 대단히 중요하다. 본 연구에서는 나노세션에 대한 기저상태와 여기상태의 전하분포, 부피천이 및 전자적 성질을 조사하고 계산하고자 한다. 나노구조의 이산적 모델을 확립하여 변형효과와 비포물선효과를 고려한 슈뢰딩거 방정식을 사용하여 변형 포텐셜을 계산하였으며 나노세션의 포텐셜 변화를 관찰하였다. 나노세션의 포텐셜 변화를 이용하여 전자구속분포, 에너지 준위 및 파동함수를 계산하였다. 기저상태의 부피 간에 발생하는 천이와 여기상태의 부피 간에 발생하는 부피 간의 엑시톤 천이 에너지 값을 계산하였다. 이 결과는 나노세션을 사용하여 제작된 전자소자 및 광전소자의 전자적 성질을 이해하는데 도움을 주며 저전력 나노소자를 제작하는 기초지식을 제공하는 중요한 역할을 할 것이다.

*This work was supported by the Korea Science and Engineering Foundation (KOSEF) grant funded by the Korea government (MEST) (No. R0A-2007-000-20044-0).

Ip-047 A Magneto-Optical Trap below a Dielectric Coated Mirror Surface 김 중복, 유 훈, 이 경현, 이 림¹(한국교원대학교 ¹원자력연구소) 3쌍의 빔을 이용한 일반적인 광자기 포획방법보다 더욱 소형화되고 간단한 포획을 위해 거울을 사용하여 원자를 포획하였다. 20x25x40mm 크기 셀의 천정면을 유전자 코팅된 거울로 막아 이 거울을 통해 2쌍의 빔만으로 Rb원자를 포획하였다. 포획된 원자는 거울면에서 5mm 이내에 위치한다.

Ip-048 ZnCdSe/ZnMgSe 양자우물의 우물 너비와 온도 변화에 따른 전자적 성질 권 혜영, 김 동훈, 우 준택¹, 김 태환(한양대학교, 전자컴퓨터통신공학부, ¹한양대학교, 디스플레이공학연구소) $Zn_{(1-x)}Cd_xSe/Zn_{(1-y)}Mg_ySe$ 양자 구조가 자외선에서 가시광선 영역까지 작동하는 광전자 소자의 응용성 때문에 많은 관심을 끌게 되었다. $Zn_{(1-x)}Cd_xSe/Zn_{(1-y)}Mg_ySe$ 양자 우물 구조의 성장과 물리적 성질에 대한 연구가 수행되었지만, 발광되는 빛의 파장이 양자 우물의 두께에 따라 달라지기 때문에 $Zn_{(1-x)}Cd_xSe/Zn_{(1-y)}Mg_ySe$ 단일 양자 우물의 너비 변화와 온도 변화에 따른 체계적 연구는 소자 효율을 증진하는데 대단히 중요하다. 본 연구에서는 $Zn_{(1-x)}Cd_xSe/Zn_{(1-y)}Mg_ySe$ 양자 우물의 너비와 온도 변화에 따른 전자적 주조를 계산하고 부피에서의 천이를 결정하였다. 변형 효과를 고려한 envelope function approximation을 사용하여 다양한 ZnCdSe 우물 너비와 온도 변화에 따른 $Zn_{(1-x)}Cd_xSe/Zn_{(1-y)}Mg_ySe$ 양자 우물 각각의 부피, 전자 부피에서 중정공 부피로에 따른 천이에서의 에너지 리츠(Ritz) 값과 에너지 파동 함수를 계산하였다. 양자 우물의 너비에 대한 $Zn_{(1-x)}Cd_xSe/Zn_{(1-y)}Mg_ySe$ 양자 우물의 에너지 파동 함수의 최대치는 광루미네센스의 스펙트럼과 유사한 형태를 보였다. 온도 변화에 대한 $Zn_{(1-x)}Cd_xSe/Zn_{(1-y)}Mg_ySe$ 양자 우물의 에너지 파동 함수의 최고점은 계산된 값과 조금의 차이를 보이지만, 상온 영역에서는 거의 같은 값을 가진다. 에너지 최대값에 대한 계산 값과 실험 값이 거의 같다. 이 결과는 $Zn_{(1-x)}Cd_xSe/Zn_{(1-y)}Mg_ySe$ 양자 우물을 이용한 광전자 소자의 공정 매개변수에 중요한 정보를 제공할 것이다.

* This work was supported by the Korea Science and Engineering

Foundation (KOSEF) grant funded by the Korea government (MEST) (No. R0A-2007-000-20044-0).

Ip-049 레이저 다이오드로 종여기한 Nd:YAG 고체 레이저의 LBO 결정을 이용한 2차조화파 출력특성 김 경남, 김 하나, 서 효정, 임 형철¹, 박 종욱¹, 김 덕현², 류 지욱, 김 용기(공주대학교 물리학과, ¹KASI, ²한밭대학교 교양학부) 본 연구에서는 Nd:YAG 고체 레이저의 동일한 공진기 길이에서 1064nm에서의 출력을 최적화한 후 Q-Switch를 이용하여 펄스레이저의 출력특성을 측정하였다. 532nm 파장의 2차조화파 특성을 조사하기 위하여 LBO(TYPE I) 결정을 공진기 내부에 위치하여 반복률과 LBO 결정의 온도변화에 의한 출력특성을 측정하였다. 현 시스템 상에서 intracavity 구조로 구성이 가능한 공진기 길이인 150nm에서 레이저 다이오드의 여기광은 0~20W까지 변화시켰으며, LBO 결정의 온도는 16~26°C 변화시키며 출력특성을 측정하였다. 일반적으로 LBO를 온도조절 없이 많이 사용하나 실험결과 온도조절에 따라 많은 출력차가 발생하였으며, 22°C에서 높은 출력과 짧은 펄스폭을 확인하였다. 또한 반복률에 따른 출력특성을 측정하기 위해 8 kHz, 10 kHz, 12 kHz 15kHz, 20kHz로 변화시키며 측정된 결과, 10 kHz에서 출력이 가장 높게 나타났으며 펄스폭은 가장 짧음을 확인하였다.

Ip-050 안정적인 1.54um 파장 발진을 위한 라만공진기 특성 분석 윤 창준, 이 치현, 노 종구, 유 재신, 신 수봉, 김 점수(삼성탈레스) 레이저 거리측정기로 사용되는 레이저의 경우 눈 안전 영역의 파장발진과 안정적인 출력발진이 중요하다. 본 연구에서는 펄스레이저로 펄스당 출력이 35mJ, 펄스폭 6ns를 갖는 flash lamp로 펄핑된 Nd:YAG 레이저를 사용하였으며, 라만변환을 위한 라만변환셀은 80 기압의 CH₄ 매탄 가스를 이용하였다. 본 연구에서 구상한 유도 라만산란을 이용한 라만레이저는 1.54um 파장 발진과 14mJ의 평균 출력, 6ns의 펄스폭을 측정하였으며, 안정적인 라만레이저 출력을 얻을 수 있도록 라만 공진기를 분석 및 최적화하였다.

Ip-051 X-ray imaging with synchrotron radiation for female breast tissues KIM Sang-Yoeb, KIM Ki-Hong, KIM In-Su, SON Jeong-Sik, PARK Sung Hwan¹, KANG Bo-Sun²(Department of Visual Optics, Kyungwoon University, ¹Department of Surgery, College of Medicine, Catholic University of Daegu, ²Department of radiological science, Catholic University of Daegu.) X-ray microscopy with synchrotron radiation(SR) will be a useful tool for innovation of x-ray imaging in clinical and laboratory settings. Microscopically, it enables us to observe detailed structure of female breast tissues samples with a great magnification power and an excellent resolution. The different contrast mechanisms in image by x-ray are described. A new x-ray microscope was installed on 1B2 beamline of Pohang Light Source, a 3rd generation synchrotron radiation facility with operating energy of 2.5 GeV at Pohang, Korea. The x-ray energy was set at 10 keV and the x-ray beam was monochromatized by W/B4C monochromator. Formalin-fixed 10µm-thick female breast tissue cases were attached on Kapton film for the imaging. The tissue sample was positioned 25 m away from the beam source. The x-ray image of sample was converted into a visual image on the

CsI(Tl) scintillation crystal, and magnified 20 times by microscopic objective lens. After additional 10 times digital magnification, this visual image was captured by a full frame CCD camera. Phase contrast synchrotron images of 10 μm thick female breast tissue of the normal breast, fibroadenoma, fibrocystic change and carcinoma cases were obtained with a good resolution. By phase contrast imaging, hard x-ray microscope enable us to observe detailed structures of breast tissue without sample preparations such as staining or fixation. From these images obtained, we can tell that x-ray microscopic imaging of breast tissue with synchrotron radiation has a great potential for various settings of clinical and research purposes such as oncologic studies, early detection of cancer and an adjuvant to pathologic diagnosis in the future.

Ip-052 Simplified Model for Improved Light Distribution in Light Guide Panel 최영희, 신용진, 최은서(조선대학교 물리학과.) We proposed the method for uniform light distribution in light guide panel (LGP). To improve the uniformity in the LGP,

we modeled complex light scattering in the LGP into simplified scatter plane where Gaussian scatter is dominant effect on the plane. This model presented good agreement with the experimental that is implemented by inner-scatterer based LGP. This model can provide more efficient computing power at reduced calculation time than that of conventional methods. Based on this method, LED position and light intensity was adjusted to achieve improved uniform light distribution. The curved scatter plane having Gaussian scatter pattern was employed and the position of three LED was used for the LGP illumination. Different with early designed LGP, which used three parallel LED, the modified model adopted symmetric arrangement of the LEDs such as position and incident angle with having different light intensity. When we used the proposed simplified model, the uniformity and average brightness of the LGP was improved to 6.0 max./min. and 212.9 cd/mm^2 . The determination of optimized design parameters by the proposed method could provide bright and uniform LGP effectively.

■ SESSION: P1

10월 23일(목), 14:30 - 16:15

장 소: 제3전시장

Jp-001 적외선 반도체 레이저의 2차 조화파 발생을 통한 556 nm 레이저 광원 제작 송민수, 이진용, 윤태현(고려대학교, 물리학과) 본 논문에서는 Yb 원자의 자기광 포획에 필요한 555.8 nm 파장의 고효율 레이저 발생에 대한 연구 결과를 발표한다. 1120 nm 파장의 적외선 반도체 레이저와 회절격자를 이용하여 Littrow 형 외부 공진기 반도체 레이저를 구성하고 레이저 온도를 0 °C 근처까지 낮춰 약 200 mW 출력의 1111.6 nm 레이저를 제작하였다. 이 적외선 레이저를 외부 출력증강 공진기 내에 위치한 비선형 결정을 이용하여 2차 조화파 발생을 일으키면 이론적으로 수십 mW 출력의 555.8 nm 조화파를 얻을 수 있다. 사용한 비선형 결정은 1종 임계 위상 정합 조건에 맞는 크기의 LBO이며 2차 조화파 출력을 증강하기 위해 링형 외부 공진기를 사용하였다. 링형 외부 공진기를 구성하는 네 개의 거울들은 공진기 안정조건 0.4를 가지며, 곡률반경 75 cm를 갖는 2개의 거울로 공진기 모드의 초점을 LBO 결정에 30 μm가 되도록 구성하였다. 공진기 고유 모드와 적외선 레이저의 가우시안 모드가 정합되도록 공진기 입사 빔의 가우시안 빔 파라미터를 렌즈쌍을 이용하여 조절하였다. 또한 편광 잠금 방법을 통해 공진기 길이를 입사빔의 주파수에 안정화하였다. 현재 178 mW의 기본파를 입사시켜서 3 mW 수준의 조화파 출력을 얻었는데, 이는 이론적으로 계산한 출력 30 mW에 미치지 못한다. 이는 LBO 내부에서의 손실 및 LBO 입사면, 투과면에서의 기본파의 반사에 기인한 것으로 이해하고 있다. 학회에서는 현재 진행 중인 1종 비임계 위상 정합 조건에 맞는 LBO 결정 및 외부 공진기가 필요없는 MgO:PPLN 결정을 사용한 2차 조화파 발생 연구의 실험결과를 발표할 것이다.

Jp-002 옥타브 스펙트럼과 1 GHz 반복률을 갖는 펄스 초 모드잠금 레이저 설계 윤두성, 윤태현(고려대학교, 물리학과) 본 논문에서는 광주파수 빔(optical frequency comb)을 광결정 광섬유를 사용하지 않고 구현할 수 있는, 옥타브 스펙트럼과 1 GHz 반복률을 갖는 펄스초 Ti:Sapphire 모드잠금 레이저 설계에 관한 연구결과를 발표한다. 옥타브 스펙트럼을 갖지 않는 모드잠금 레이저를 이용해 광주파수 빔을 구현하려면 결합 효율이 환경 변화에 민감한 광결정 광섬유를 이용해 스펙트럼을 한 옥타브 이상으로 확장하여야만 했다. 이 경우 광주파수 빔의 장시간 동작이 어려워 장기간 광주파수 측정이나 비교실험이 매우 어려웠다. 본 연구에서는 공진기 자체에서 옥타브 스펙트럼 발진이 가능하여 장시간 광주파수 측정과 비교가 가능한 광주파수 빔을 만들 수 있는 레이저를 설계했다. 레이저 공진기는 반경 3 cm의 곡면거울 한 쌍과 평면거울 3개와 출력거울 한 개로 구성되어 있고, 전체 길이가 약 30 cm인 링형 공진기이다. 두 곡면거울 사이의 거리는 약 3 cm이며, 두 곡면거울 사이에는 양면이 브루스터 각을 갖는 길이 3 mm의 Ti:Sapphire 이득매질을 설치하였다. 옥타브 스펙트럼을 갖는 펄스가 안정적으로 발진하기 위해서는 공진기 내부의 그룹분산이 옥타브 영역에서 음의 그룹분산을 가져야 한다. 공진기의 거울들은 대략 580 nm - 1100 nm 사이에서 약 -200 fs²의 음의 그룹분산을 갖고, 이득매질에서 약 180 fs²의 양의 그룹분산을 가지므로 공진기 전체에서는 옥타브 영역에서 약 -20 fs²의 음의 그룹분

산을 갖는다. 본 발표에서는 이 레이저 공진기를 설계할 때 고려한 물리적인 변수들과 앞으로 이 공진기에서 발진될 빔의 특성에 대해 논의한다.

Jp-003 능동 모드록된 852 nm 다이오드 레이저를 이용한 2.3 GHz 결합 광전 발진기 이정민, 장광훈, 윤태현(고려대학교, 물리학과) 우리는 852 nm 다이오드 레이저를 이용하여 광전 발진원리에 의해 능동 모드록된 2.3 GHz 반복율을 갖는 결합 광전 발진기를 제안한다. 본 논문에서 제안하는 결합 광전 발진기는 RF 및 광 주파수 신호가 결합된 광전 되먹임 회로를 가지며 반도체 레이저의 전류변조를 통해 능동 모드록된 외부 공진기형 반도체 레이저로 구현한다. 능동 모드록에 사용되는 2.3 GHz RF 신호는 고속 광 검출기로 레이저 출력의 RF 스펙트럼으로부터 얻는다. 외부 공진기 길이 6.5 cm에 해당하는 자유분광넓이 2.3 GHz 주파수 대역에서 저 잡음 증폭된 RF 신호를 반도체 레이저의 전류 변조 신호로 사용하여 결합 광전 발진기가 구성된다. 따라서 외부 주파수 합성기를 사용하지 않고 광주파수 및 RF 주파수가 결합된 광전 되먹임 회로에서 2.3 GHz RF 주파수가 자체 발진하게 된다. 본 논문에서 구현하려는 2.3 GHz 결합 광전 발진기의 RF 주파수는 현재 시간 및 주파수 표준기로 사용되는 ¹³³Cs 원자의 바닥상태 초미세 구조선의 전이 주파수 9.2 GHz의 1/4 주파수에 해당한다. 따라서 능동 모드록된 결합 광전 발진기의 광학 스펙트럼 중 주파수 차이가 9.2 GHz인 두 모드를 선택하여 가간섭 밀도포획 신호를 얻을 수 있고, 이 신호에 결합 광전 발진기의 RF 주파수를 안정화시키면 광주파수 및 RF 주파수가 ¹³³Cs 원자에 주파수 안정화된 새로운 광 및 RF 기준 주파수 발생장치를 만들 수 있다.

Jp-004 First-order quantum correction to the ground-state energy density of two-dimensional hard-sphere Bose atoms KIM Sang-Hoon, DAS Mukunda¹(Mokpo National Maritime University, Division of Liberal Arts and Sciences. ¹The Australian National University, Department of Theoretical Physics.) Divergence exponents of the first-order quantum correction of a two-dimensional hard-sphere Bose atoms are obtained by an effective field theory method. The first-order correction to the ground-state energy density with respect to the zeroth-order is given by $E_1/E_0 \sim |D-2|^{-\alpha} |\ln \gamma|^{-\alpha}$, where D is the spatial dimension, and γ is the gas parameter($\gamma = n a^D$). As $D \rightarrow 2$, $\alpha = \alpha' = 1$. We show that the first-order quantum correction of the energy density is not perturbative in low dimensions of $D < 2.2$ regardless of any gas parameter which is much less than 1.

Jp-005 Improvement in short term frequency stability by employing an efficient frequency locking algorithm in an atomic frequency standard 박영호, 강훈수, 이수형¹, 박상언¹, 이종구¹, 이호성¹, 권택용¹(광주과학기술원, 고동광기술연구소. ¹한국표준과학연구원, 길이시간센터.) Generally the frequency noise of a frequency standard comes from the signal noise in the measurement process since the frequency locking servo interprets all kinds of signal change as the frequency change. Accordingly the short term stability of the standard is determined by the noise level in the interrogating signal if the phase noise of the local oscillator is sufficiently small. In this paper we describe two types of frequency locking

algorithm. The first is a general method that had been used for KRIS-1 and NIST-7, the optically pumped cesium beam frequency standards of Korea and the United States respectively. The second is a more efficient algorithm that can reduce the frequency noise transformed from the special type of signal noise. To characterize the two methods we first check how fast the servo can find the center frequency of the Ramsey signal from an initial guess. Next we evaluate the frequency instabilities converted from three types of signal noise, i.e., white, flicker, and random-walk noises. Finally we describe the noise in the experimental data of KRIS-1 and the application of the two methods to our experimental data.

Jp-006 **높은 Q값을 가지는 공진기내에서의 주파수 변조 방법을 이용한 분광** 김 중복, 이 경현, 유 훈, 정 민이(한국교원대학교 물리교육과) 흡수선에 일치하는 공진기 모드를 레이저에 락킹이 된 레이저 주파수를 흡수선주위에서 연속적으로 변화시킨다. 분해능이 높은 공진기는 원자가 빔을 흡수하는 길이를 길게 하여 고감도의 레이저 분광이 가능하나 레이저 세기와 주파수의 작은 변화가 노이즈를 증가시켜 분광 측정 감도를 떨어지므로 이를 줄이기 위하여 레이저 주파수와 FSR만큼 변조된 주파수 성분을 함께 보낸다. 본 연구에서는 FSR는 750MHz, 피네스는 1500인 Fabry-Perot형 공진기를 이용하였다. EOM으로 레이저 빔을 FSR만큼 변조시켜 보내고 공진기 속에 루비듐 원자 셀을 넣고 공진기 길이를 변화시키에 따라 레이저의 주파수가 연속적으로 변화하도록 하여 공진기를 통과한 신호를 관측하였다.

Jp-007 **Opto-electronic Oscillator(OEO) As An Atomic Clock.** 임 신혁, 조 동현(고려대학교 물리학과) 1990년대 후반부터 마이크로파 대역의 주파수원으로서 OEO가 주목받기 시작했다. 레이저에서 출력된 광선이 modulator를 지나며 sideband가 실리고, carrier와 sideband의 간섭에 의한 맥놀이 신호가 광검색기에 의해서 검색된다. 이 맥놀이 신호를 증폭해서 modulator로 되먹임하면, loop gain이 1보다 클 때 loop을 일주하는 동안의 위상 변화가 의 정수배가 되는 주파수에서 스스로 발진한다. 이런 장치를 OEO라고 한다. OEO의 발진주파수는 modulator와 광검색기의 bandwidth에 의해 제한되며, 이는 쉽게 수십 GHz의 oscillator를 구성할 수 있음을 의미한다. 위와 같은 OEO는 외부 섭동에 의해서 상당한 주파수 잡음을 갖는다. 이를 해결하기 위해 루비듐85 바닥상태 초미세구조와 D1 전이를 이용한 Λ 구도의 coherent population trapping (CPT)을 이용했다. 네온 buffer gas를 갖는 루비듐 증기 cell을 이용했으며, 적절한 magnetic shielding을 해 주었다. CPT 신호는 마이크로파 주파수 filter 역할과 함께, slow light 효과에 의한 OEO 전체 cavity length의 증대를 가져와 주파수안정화에 기여한다. Cal Tech의 Maleki 그룹에서 행한 실험에서는 electro-optic modulator를 외부 modulator로 이용했으나, 본 실험에서는 ECDL의 free spectral range를 초미세구조 전이주파수 3.036 GHz에 맞추어 주입전류를 변조하는 방식을 이용했다. 현재 주파수 안정도를 개선하기 위해 CPT 신호의 contrast를 늘리는 등 최적화된 시스템을 갖추어 나가고 있다.

Jp-008 **외부 공진형 반도체 레이저의 주파수 변조를 이용한 ^{87}Rb 원자의 결맞음 밀도 포획** 문 한섭, 유 예진, 이 현준,

배 인호(부산대학교, 물리학과) 외부 공진형 반도체 레이저의 주파수를 변조(frequency modulation)하여 ^{87}Rb 원자의 D1 선에서 제만 부준위(Zeeman sublevel) 간의 결맞음 밀도 포획(coherence population trapping)연구를 수행하였다. 자기장에 의해 분할된 제만 부준위 간에 Λ 형태로 공명하는 조건을 만들기 위해 레이저를 변조하여 제만 부준위 간의 에너지 차이에 해당하는 주파수 차를 가지는 광을 만들었다. 사용한 레이저는 중심파장이 795 nm 로 ^{87}Rb 원자의 $F=2 \rightarrow F'=1$ 전이선(D1 선)에 공명하며 두 가지 주파수를 가지는 레이저 광이 발진되게 하기 위해 레이저에 함수발생기(function generator)를 연결하여 주파수를 변조시켰다. 솔레노이드 코일(Solenoid coil)을 이용하여 ^{87}Rb 원자에 가해주는 자기장의 크기를 변화시키고 함수발생기의 주기를 변화시킴으로써 변조되는 파장을 조절하여 결맞음 밀도 포획에 의한 분광스펙트럼을 조사하였다.

Jp-009 **Elastic Electron Scattering from Rare Gases at Backward Angles and the Absorption Effects** 조 혁, MCEACHRAN Robert¹, BUCKMAN Stephen¹(충남대. ¹ANU) We present experimental and theoretical differential cross sections for the elastic scattering of electrons from rare gases at various incident electron energies from 5 to 100 eV. The magnetic angle-changing device has been used to extend the present measurements from mid-angles to backward angles up to 180°. The results reveal some small differences between experiment and theory at backward angles in some cases, however the agreement is reasonable. The resultant momentum transfer cross sections and integral cross sections will be presented. The absorption effects will also be discussed.

Jp-010 **낮은 에너지 전자에 의한 DNA 손상에서 철 이온의 영향** 박 연수, 노 형아, 조 혁(충남대학교 물리학과) 생체분자들은 수없이 많은 방사선에 노출되어 직접 혹은 간접적으로 손상을 입는다. 이러한 손상에서 최근 관심을 갖는 것은 생체분자의 이온화 에너지 보다 낮은 에너지를 갖는 전자(주로 20 eV 이하)에 의한 생체분자의 간접적 손상이다. 이의 일환으로 DNA-protein complex 또는 DNA에 금속이온이 첨가된 경우, 낮은 에너지 전자에 의한 생체분자의 손상에도 관심이 커지고 있다. 이번 연구에서는 낮은 에너지 전자에 의한 DNA 손상에서 Fe^{2+} (ferrous ion), Fe^{3+} (ferric ion) 이온의 영향을 살펴보고자 한다. 이를 위해 pBR322 plasmid DNA 박막을 동결건조 방법으로 만들어 낮은 에너지 전자(0~10 eV)를 조사했다. 그리고 그 결과를 아가로스 젤 전기영동법(electrophoresis)을 이용하여 분석하였다. DNA 박막에 철 이온이 함유된 경우와 함유되지 않은 경우를 비교해보면, 철 이온의 농도(1 ~ 10 mM)가 증가함에 따라 전자에 의한 DNA 손상이 급격히 증가하는 것을 관찰할 수 있었다.

Jp-011 **Recent studies of the photoionization spectra for Mg atom and Mg-like Al^+ ion** 김(KIM) 대성(Dae-Soung), 김(KIM) 영순(Young Soon)¹(경기공업대학, e-비즈니스과. ¹명지대학교, 물리학과) We present our latest theoretical calculations of the photoionization processes for the Mg and Mg-like Al^+ ion, together with some of the recent experimental measurements in comparison. These systems have been the subject of much interest

for theoretical and experimental studies in the past. With the advent of the third-generation synchrotron light sources, the experimental measurements of the absolute cross sections for the Mg atom [2007, J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. 40, 2385] have been able to yield more information about the structure associated with autoionizing processes in the 3s-kp and 3p-ks,kd photoionization [2000, J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. 33, 3235], which we also studied in our earlier theoretical calculations. Furthermore, the development of merged-beam experimental setups has revealed the photoionization spectra for the Mg-like Al⁺ ion [2001 Phys. Rev. A 63, 052719]. However, the situation for the corresponding transitions in the Mg-like Al⁺ ion may be more complex than the case of Mg atom [2008, J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. 41, 165002]. We introduce and discuss these results with the support of most elaborate eigenchannel *R*-matrix calculations.

Jp-012 CO₂ 분자의 광이온화 부분단면적 측정 김현, 정양수(충남대학교 물리학과) CO₂ 분자의 광흡수단면적을 Double Ion Chamber(DIC)를 이용하여 30 nm(41.3 eV)부터 이온화 문턱에너지 90.22 nm(13.74 eV)까지 측정하였다. 문턱이온화 에너지부터 160 nm(7.7 eV)까지는 attenuation 방법으로 광흡수단면적을 구하였다. 광흡수단면적과 Time-of-Flight(TOF) Technique을 이용하여 구한 branching ratio로 광이온화 부분 단면적을 구하였다. 광원은 포항가속기연구소 3B1 NIM beam line의 resolution 0.06 nm인 방사광을 이용하였다.

Jp-013 일직선상의 이 전자 원자의 광이온화 부분 단면적 변창우, 최낙렬, 이민호(금오공과대학교) 이-전자원자의 광이온화 부분단면적은 photon에 의해 이온화 되고 난 후 나머지 전자의 에너지 상태에 따라 정해지므로, 전단면적과는 달리 상당히 긴 지름 방향의 계산영역을 요구한다. 따라서 이런 계산의 대해서는 각각의 주어진 구간을 독립적으로 처리하는 병렬 알고리즘을 이용하여야 하는데, 이에 Log-derivative 방법이 적합한 것으로 앞서의 연구로 알게 되었다. 이 연구에서는 Log-derivative 방법을 이용하여 일직선상에 놓인 이-전자 원자의 광이온화 전, 부분 단면적을 계산하고, 전단면적에 대해서는 행렬방법에 의한 결과와, 부분단면적에서는 기존의 실험결과와 비교 분석한다.

Jp-014 Analytic Calculation of Linear Susceptibility In Velocity Dependent Pump-Probe Spectroscopy 신서로, 노홍렬(전남대학교, 물리학과) We present an analytic calculation for linear susceptibility in pump-probe spectroscopy for a Doppler broadened atomic vapor. The analytic form of the population of each magnetic sublevel of a ⁸⁷Rb atom, illuminated by a weak circularly polarized pump beam, was calculated for the lowest order of laser intensity and used in the calculation for the susceptibility of a counter(co)propagating probe beam. The obtained analytic results for the susceptibility can be used for calculating the absorption or the refractive index of the probe beam as functions of pump beam diameter and intensity.

Jp-015 Coherent-control Spectroscopy of Alkali Atoms LEE Sangkyung, LIM Jongseok, AHN Jaewook(KAIST, 물리학

과.) Coherent-control (CC) spectroscopy identifies quantum materials by selectively exciting certain targeted energy states using shaped laser pulses. Recently, such CC techniques, previously developed in the weak field regime, have been adopted further in the strong-field regime of high-power laser excitations. We have studied CC spectroscopy of the enhancement of the two-phonon absorption (TPA) process of alkali atoms such as Sodium, Rubidium, and Cesium. In experiment, we have used 1 mJ laser pulses from an Ti:sapphire laser amplifier with 1 KHz repetition rate and 100 fs of pulse duration, illuminated for the alkali atoms in vapor cells. In cesium, we have found that certain chirped pulses systematically suppress the effect of dynamic Stark shift and more efficiently excite TPA final states. The result is analyzed numerically in a pseudo two-level system. While, in Sodium and Rubidium, the symmetry of TPA signal is broken in the strong-field regime by the nearby strong perturbation energy states, and we expect more complicated shapes of laser pulses to be necessary for CC spectroscopy.

Jp-016 Measuring the Critical Exponents for Spontaneous Symmetry Breaking in Parametrically Driven Cold Atomic System 문결, 허명선, 김용희, 제원호(서울대학교 물리학과.) We previously reported that when the laser intensity is modulated at the twice of the trap frequency, the magneto-optically trapped atoms are separated by two clouds and oscillated each other. These two states are symmetric but when the number of atoms is increased, we observed the spontaneous symmetry breaking(SSB) of atomic population above the certain critical number. We measured the critical exponents to determine the characteristics of this phase transition. The critical exponent of order parameter beta is 0.51(0.01). The second exponent gamma is measured by two ways. Because in the case of nonequilibrium system susceptibility is not the same as fluctuation of order parameter generally, but in our case some theoretical results support that these two quantities have same scaling properties. The measured value of gamma+ is 1.05(0.07) and gamma- is 0.96(0.14) in both quantities. The last exponent delta is defined by the relation between order parameter and external bias field at critical point, and measured value is 3.0(0.8). These values are very similar to those in mean field Ising system, so this result supported that our system is described by the mean field Ising model and interactions are concerned as globally coupled or all-to-all coupled.

Jp-017 Quantum Nonlocality For Continuous Variable RYU Junghee, JAMES Lim, LEE Jinhyoung(Department of Physics, Hanyang University.) Nonlocality for continuous variable systems have been studied by using Clauser-Horne-Shimony-Holt(CHSH) inequality with highly degenerate dichotomic observables. It was shown that local party measurements lead the CHSH Bell function to be represented by Wigner functions, which are commonly adopted to study quantum optical features. Even though the approach enables to show the nonlocality, it exhibits only the partial violation of CHSH inequality. Recently, Chen et al. showed that the maximal violation can be achieved it employing "pseudospin" observable.

However, the “psedospin” observables are not known to be realized for a quantum optical system. In this work, we suggest experimentally feasible observables, based on photon number and investigate the quantum nonlocality for two-mode squeezed state.

JP-018 **Generalized Grover search algorithm for traveling salesman problem (TSP).** BANG Jeongho, LEE Jinhyoung (*Department of Physics, Hanyang University.*) The search problem is to find the solution, in a given set, that satisfies certain conditions. Grover algorithm is probabilistic such that quantum states corresponding to solutions are observed in high probabilities and it is

faster than any classical ones. Traveling salesman problem (TSP) is to find a minimal-cost tour for given cities. Observing the similarities between the two problems, in this work, we generalize Grover algorithm and attempt to design a quantum algorithm to solve TSP. For the purpose, we introduce rather generalized oracle which marks arbitrary phases on all the quantum states as well as the solutions. The generalized oracle, called a *cost oracle*, encodes the cost of tours to the arbitrary phases. We show that the probability of getting the quantum state corresponding to the minimal-cost tour can be maximized by adjusting another phase operation.

■ SESSION: P2

10월 24일(금), 11:00 - 12:45

장 소: 제3전시장

Bp-001 Vector susceptibility in AdS/QCD JO

KwangHyun, SIN SangJin, HWANG GyuHo(Hanyang Univ.) We calculate the vector susceptibility in AdS/QCD models to study QCD phase transition, especially chiral phase transition. By imposing infalling boundary condition at the black hole horizon, we obtain density-density correlation function using AdS/CFT. From the correlator, the vector susceptibility is read off in hardwall and soft-wall model. There is no model dependence but diffusion poles are enhanced in softwall model. The susceptibility is matched the result of lattice QCD.

Bp-002 3차원 및 4차원에서의 Lattice theory 송현철

(경북대학교 물리학과.) 3차원 공간에서 lattice move를 이용하여, triangular lattice의 분배함수를 불변으로 유지하는 국소적 변형을 줄 수 있는데 이러한 3차원 topological lattice field theory가 Hopf algebra에 대응된다는 것이 알려져 있다. 또한 simplex를 이용하여 리만 다양체를 분할하여 중력이론을 다루는 방법이 Regge에 의해 제시되었다. Hopf algebra, Regge calculus 등의 방법을 사용한 3차원 및 4차원에서의 lattice theory들에 대해서 리뷰 하였다.

Bp-003 Heavy Flavor Physics as e-Science 조기현, 정민호, 김현우(KISTI, 응용연구개발팀)

Heavy flavor physics is an important element in understanding the nature of physics. The size of available B meson samples and collaborations have been dramatically increased. Therefore, we apply the concept of e-Science to the heavy flavor physics. The components of e-Science are data production, data processing and collaborative data analysis. We will report the current activities and suggestions of heavy flavor physics through e-Science. We will also report cyberinfrastructure and embodiment for this concept.

Bp-004 CDF Grid at KISTI 정민호, 조기현, 김현우,

김동희¹, 양유철¹, 서준석¹, 공대정¹, 김지은¹, 장성현¹, 칸아딜¹, 김수봉², 이재승², 이영장², 문창성², 정지은², 유인태³, 임규빈³, 주경광⁴, 김현수⁵, 오영도⁶, 전은주⁷(KISTI 응용연구개발팀. ¹경북대 물리 및 에너지학부. ²서울대 물리학부. ³성균관대 물리학과. ⁴전남대 물리학과. ⁵전북대 물리학과. ⁶포항공대 물리학과. ⁷세종대 물리학과.) Data processing of e-Science for High Energy Physics components needs many parallel computing resources. To meet requirement of parallelized computing, CDF Analysis Farm (CAF), DCAF (Decentralized CDF Analysis Farm) and CDF Grid farm have been implemented. We applied a grid based system to the Pacific CAF at KISTI and built independent CDF Grid farm of KR-KISTI-HEP. In this paper, we present the current status of CDF Grid at KISTI and a future building plan of CGCC (CDF Grid Computing Center).

Bp-005 RENO Liquid Scintillator R&D 박정식, 김수

봉, 박강순, 이재승, 최선호, 김동희¹, 김우영¹, 사무엘 스테파난¹, 서준석¹, 김안드레이¹, 박인곤², 박명렬³, 안정근⁴, 이효상⁴, 권은향⁵, 김동현⁵, 박차원⁵, 백승록⁵, 유인태⁵, 최수용⁵, 최영일⁵, 강운구⁶, 김영덕⁶, 마경주⁶, 전은주⁶, 김선희⁷, 김성현⁷, 김우성⁷, 김재률⁷, 주경광⁷, 임인택⁷, 장지승⁷, 정인석⁷, 김현수⁸, 오영도⁹, N Danilov¹⁰, YU Krylov¹⁰, G Novikova¹⁰, E Yanovich¹⁰(서울대학교 ¹경북대학교 ²경상대학교 ³동신대학교 ⁴부산대학교 ⁵성균관대학교 ⁶세종대학교 ⁷전남대학교 ⁸전북대학교 ⁹포항공과대학교 ¹⁰INR/IPCE.) We present the result of RENO (Reactor Experiment for Neutrino Oscillation) liquid scintillator R&D. We made Gadolinium-CBX powder based on careful study of chemical production processes and examined its purity with ICP-AES & FT-IR. The Gadolinium loaded liquid scintillator are made based on LAB (Linear Alkyl Benzene) with PPO and bis-MSB as fluor and wave length shifter, respectively. We optimized the composition of contents by measuring the light yield and absorption of liquid scintillator. A special dark box was made to measure the light yield. We measured the radioactive concentration in the liquid scintillator using ICP-MS. We have been studying the long term stability of the liquid scintillator property.

Bp-006 A study on the P.M.T at R.E.N.O 김동현, 김

영덕¹(성균관대학교 물리학과. ¹세종대학교.) I will describe the performance of PMTs for RENO experiment. The RENO collaboration constructed a mock-up detector and 31 10" PMTs are mounted. The PMT tests were done in a dark box with a diffusive ball as a lightsource. The light source used a LED with 470um wavelength. The dark box houses 7 PMTs and the gain and quantum efficiency was measured at the same time. The single photoelectron spectra and distributions of gain and quantum efficiency will be Presented with a comparison to company data.

Bp-007 RENO 축소형 검출기 MC 정인석, 김동희¹,

김우영¹, 사무엘 스테파난¹, 서준석¹, 안드레이 김¹, 박인곤², 박명렬³, 안정근⁴, 이효상⁴, 김수봉⁵, 박강순⁵, 박정식⁵, 이재승⁵, 최선호⁵, 오영도⁶, 박차원⁷, 권은향⁷, 김동현⁷, 백승록⁷, 유인태⁷, 최수용⁷, 최영일⁷, 강운구⁸, 김영덕⁸, 마경주⁸, 전은주⁸, 김선희, 김성현, 김우성, 김재률, 주경광, 임인택, 장지승, 김현수⁹, N. Danilov¹⁰, YU¹⁰, KRYLOV¹⁰, N. Novikova¹⁰, E. Yanovich¹⁰(전남대학교. ¹경북대학교. ²경상대학교. ³동신대학교. ⁴부산대학교. ⁵서울대학교. ⁶포항공대. ⁷성균관대학교. ⁸세종대학교. ⁹전북대학교. ¹⁰INR/IPCE.) 세계 각지에서 중성미자 질량규명을 위한 실험들이 행해지고 있다. RENO(Reactor Experiment for Neutrino Oscillation)는 현재 영광에서 진행이 한창인 국내 최초 중성미자 실험이다. 본 발표자는 RENO의 축소형 모의실험을 구축하고 검출기 내에서의 특성분석을 발표한다.

Bp-008 RENO 축소형 검출기의 데이터 획득 시스템 구

성 김동희, 김우영, 사무엘 스테파난, 서준석, 김안드레이, 박인곤¹, 박명렬², 안정근³, 이효상³, 김수봉⁴, 박강순⁴, 박정식⁴, 이재승⁴, 최선호⁴, 권은향⁵, 김동현⁵, 박차원⁵, 백승록⁵, 유인태⁵, 최수용⁵, 최영일⁵, 강운구⁶, 김영덕⁶, 마경주⁶, 전은주⁶, 김선희⁷, 김성현⁷, 김우성⁷, 김재률⁷, 주경광⁷, 임인택⁷, 장지승⁷, 정인석⁷, 김

현수⁸, 오 영도⁹, N. Danilov¹⁰, YU Krylov¹⁰, G. Novikova¹⁰, E. Yanovich¹⁰(경북대. ¹경상대. ²동신대. ³부산대. ⁴서울대. ⁵성균관대. ⁶세종대. ⁷전남대. ⁸전북대. ⁹포항공대. ¹⁰INR/IPCE.) RENO 실험 그룹은 중성미자의 진동변환상수 θ_{13} 를 측정하기 위한 검출기를, 2010년 가동을 목표로 영광 원자력 발전소 인근에 건설하고 있다. 본 검출기를 제작하기 전에 크기가 약 1/10인 축소형 검출기를 제작하여, RENO 본 검출기 제작 및 운전 전에 필요한 조건의 테스트와 검증 작업을 수행할 예정이다. 축소형 검출기에 부착하여 사용할 데이터 획득시스템은 Flash ADC를 기반으로 한 VME보드로 구성하였으며, 총 31채널의 광전증배관 신호를 처리할 수 있다. 신호 전처리 과정과 보정작업 및 데이터 획득 시스템 전반에 대하여 소개한다.

Bp-009 Study of Internal U/Th Radioactivity in the RENO Experiment

KIM Andrey, 김 동희, 김 우영¹, STEPANYAN Samuel, 서 준석, 박 인곤², 박 명렬³, 안 정근⁴, 이 효상⁴, 김 수봉⁵, 박 강순⁵, 박 정식⁵, 이 재승⁵, 최 선호⁵, 권 은향⁶, 김 동현⁶, 박 차원⁶, 백 승록⁶, 유 인태⁶, 최 수용⁶, 최 영일⁶, 강 운구⁷, 김 영덕⁷, 마 경주⁷, 전 은주⁷, 김 선희⁸, 김 성현⁸, 김 우성⁸, 김 재률⁸, 주 경광⁸, 임 인택⁸, 장 지승⁸, 정 인석⁸, 김 현수⁹, 오 영도¹⁰, N. Dailov¹¹, YU. Krylov¹¹, G. Novikova¹¹, E. Yanovich¹¹(경북대학교 물리학과. ¹경북대학교 물리학과, 기초과학지원연구소. ²경상대학교 물리학과. ³동신대학교 물리학과. ⁴부산대학교 물리학과. ⁵서울대학교 물리학과. ⁶성균관대학교 물리학과. ⁷세종대학교 물리학과. ⁸전남대학교 물리학과. ⁹전북대학교 물리학과. ¹⁰포항공과대학교 물리학과. ¹¹INR/IPCE.) In Reactor Experiment for Neutrino Oscillation an accidental coincidence of background events can mimic a neutrino event. Thereby the question arises how to separate the real neutrino and background signals. It can be done with MC simulation. Hereafter the GLG4Sim package based on GEANT4 will be used for RenoSim detector simulation. In this session the internal radioactive sources of U/Th decay chains will be considered. They produce single uncorrelated events from steel, glass, acrylic vessels and liquid scintillator. Using the data from simulation the single event rate of radioactive background events from detector materials. From this number the highest level of contamination is obtained. Result of this simulation will be presented.

Bp-010 High-Voltage Power Supply Splitters for PMTs of the RENO Experiment

STEPANYAN Samuel, KIM Andrey, 장 주영, 김 우영¹, 김 동희, 서 준석, 박 인곤², 박 명렬³, 안 정근⁴, 이 효상⁴, 김 수봉⁵, 박 강순⁵, 박 정식⁵, 이 재승⁵, 최 선호⁵, 권 은향⁶, 김 동현⁶, 박 차원⁶, 백 승록⁶, 유 인태⁶, 최 수용⁶, 최 영일⁶, 강 운구⁷, 김 영덕⁷, 마 경주⁷, 전 은주⁷, 김 선희⁸, 김 성현⁸, 김 우성⁸, 김 재률⁸, 주 경광⁸, 임 인택⁸, 장 지승⁸, 정 인석⁸, 김 현수⁹, 오 영도¹⁰, N. Danilov¹¹, YU. Krylov¹¹, G. Novikova¹¹, E. Yanovich¹¹(경북대학교 물리학과. ¹경북대학교 물리학과, 기초과학지원연구소. ²경상대학교 물리학과. ³동신대학교 물리학과. ⁴부산대학교 물리학과. ⁵서울대학교 물리학과. ⁶성균관대학교 물리학과. ⁷세종대학교 물리학과. ⁸전남대학교 물리학과. ⁹전북대학교 물리학과. ¹⁰포항공과대학교 물리학과. ¹¹INR/IPCE.) We present the High Voltage splitters for the RENO experiment. The PMT signals will first pass through High-Voltage splitters. We use a single cable for each PMT, carry-

ing both the HV and the PMT signals, to minimize the ground loops between HV and signal cables. The PMT signals are expected to be rather small (~ 5mV), so noise should be kept bellow millivolt level. It is the primary job of the HV splitter to decouple the signals coming out of the PMTs from the HV supplies. In addition, the HV Splitters will terminate the PMT cable transmission line to minimize pulse reflections, distribute HV among several PMTs per HV channel to reduce the HV cost, and provide filtering of HV noise (HV PS ripples). Different configuration of prototype modules for splitter have been made and tested

Bp-011 Solar Neutrino Measurement at Super-Kamiokande III

양 병수, 김 수봉, 최 영일¹, 김 재률², 임 인택², 장 지승²(서울대학교. ¹성균관대학교. ²전남대학교.) Since Aug. 2006, SK-III solar neutrino data have been taken, and from Jan. 24, the good data for solar neutrino analysis was taken. Now, we have 288.9days data for 6.5MeV and 191.7days data for 5.0MeV up to the data of Mar.2, 2008. In this presentation, we present the preliminary SK-III solar neutrino measurement result.

Bp-012 Development of Low Temperature Detector with CaMoO₄ Crystal for Neutrinoless Double Beta Decay

이상준, 김 선기, 김 승천, 명 성숙, 이 주희, 최 정훈, 김 용함¹, 이 민규¹, 김 홍주², 소 중호², 강 운구³, 김 영덕³, 이 정일³(서울대학교. ¹한국표준과학연구원. ²경북대학교. ³세종대학교.) Double beta decay is one of the rarest nuclear decay processes. Among its different decay modes, neutrinoless mode occurs only when neutrinos are massive Majorana particles. Hence its detection will prove neutrinos to be Majorana particles as well as provide effective neutrino mass from its measured decay rate. CaMoO₄ crystal has been developed by KIMS collaboration for this purpose. ¹⁰⁰Mo in the crystal is a candidate for neutrinoless double beta decay. As a preliminary research, we tested a small piece of the crystal (~1cm³) as an absorber of a low temperature detector. The crystal was irradiated with alpha particles from ²⁴¹Am. In this report, feasibility of the crystal will be discussed on the basis of measured energy resolution.

Bp-013 A Study of Four Charm Hadron Cross Section at Belle

YOO Jaehyeok, WON Eunil, HA Hyuncheong(고려대학교 물리학과.) As a test of current QCD the cross section of e+e- -> ccbarcbar will be measured using Belle data. In this presentation the current status and a method of signal extraction will be given.

Bp-014 Search For Exotic Lepton-Number-Violating B Decays From Belle

권 영준, 선 옥수, 경 성현, 조 일성(연세대학교 물리학과.) According to the Standard Model (SM), lepton-number-violating decays are forbidden. Therefore, observation of such evens can be an unambiguous signal for new physics beyond the SM. In particular, B meson decays to same-charge lepton pair plus a meson is strictly forbidden. On the other hand, such decays are allowed if Majorana neutrinos exist. In this presentation, we review the current study of such decays from the Belle experiment.

Bp-015 Search for the Rare Leptonic Decays $B^+ \rightarrow \mu^+ \nu$ & $B^+ \rightarrow e^+ \nu$ 권영준, 최경산, 조일성, 경성현(연세대학교 물리학과.) The purely leptonic $B^+ \rightarrow l^+ \nu$ decays have never been observed and its branching fraction is expected to be very small according to the Standard Model (SM). On the other hand, this decay is very sensitive to new physics effects such as charged Higgs or Pati-Salam boson. Therefore, measurement of its branching fraction can be a very sensitive tool to search for new physics beyond the SM. In this presentation we report the study of this decay using B meson samples produced in the e^+e^- energy-asymmetric collision at KEKB and recorded by the Belle detector.

Bp-016 Development status of new analysis framework for sBelle LEE Soohyung, WON Eunil, ITOH Ryosuke(Korea University. ¹KEK.) Belle experiment has a plan to be upgraded - sBelle and new analysis framework is developing for the requirements of upgraded experiment. Most important issues of this new framework are parallel event processing and object oriented data flow. In this presentation, those two important issues are focused in detail and current development status and plan will be concerned.

Bp-017 Comparison of two unfolding methods : Bayes and SVD HONG Eugene, WON Eunil, HA HyunCheong(Korea University.) Compare two unfolding methods, Bayes and SVD, to find more efficient method to obtain V_{ub} parameter in CKM matrix.

Bp-018 Operation of CAU Multiwire Proportional Chamber 이지훈, 오민기, 송두리, 이필수, 황재원, 신혜림, 김시연(중앙대학교 자연과학대학 물리학과.) Multiwire Proportional Chamber를 기본 작동이 가능하도록 디자인하여 조립하였다. 원리와 구조, 작동원리를 정리하였고, 시험적으로 방사선 시료로부터 받은 신호를 보고한다.

Bp-019 Low-Q S-band Cavity Beam Position Monitor HEO Aeyoung(경북대학교 물리학과.) High Energy Accelerator research organization(KEK)에 위치한 Accelerator Test Facility(ATF2)는 International Linear Collider(ILC) Beam Delivery System(BDS)를 위한 test beam line이다. ATF2의 final focus system을 위한 Beam Position Monitor(BPM)은 100nm 범위의 resolution을 가져야 한다. 우리는 final focus magnets에서의 beam size가 35nm이므로 이 조건을 충족시키는 S-band cavity Beam Position Monitor(BPM)를 개발하였다. 이 BPM을 디자인하기 위해 3차원 고주파 구조 해석 툴인 HFSS를 사용하였다. 디자인 및 테스트 결과를 발표하고자 한다.

Bp-020 Electron Identification Using Preshower Detector 김지은, 장성현, 공대정, 김동희, VANLAER Pascal¹, FUTYAN David², SEEZ Chris²(경북대학교, 물리및에너지학부. ¹University of Brussel. ²Imperial College.) We present the updated results using the information of the longitudinal shower shapes from 2 Preshowers, ECAL, and HCAL in CMS detector endcap region for electron identification.

Bp-021 Scintillator-based Electromagnetic Calorimeter R & D and Prototype Beam Test KHAN Adil, KIM DongHee, KONG DaeJung, KIM Jieun, TAKESHITA Tohru¹, KAWAGOE Kiyotomo², UOZUMI Satoru², SEFKOW Felix³, KAPLAN Alexander³, KOTERA Katsushige¹, NISHIYAMA Miho¹(Kyungpook National University. ¹Shin-Su University. ²Kobe University. ³DESY.) The Beam test at FNAL(Fermi National Accelerator Laboratory) was performed for scintillator-based calorimetry. The calorimeter is a sampling calorimeter which consists of scintillator and absorber (tungsten)layers. The prototype had a stack of 30 layers, having dimension of 20cm by 20cm and each layer was made of a tungsten plate with 3.5 mm thickness and 72 scintillator strips of 10 mm x 45 mm x 3 mm size. The total number of channels is 2160 for readout consisting of not only longitudinal but also transverse layers. The light from the scintillator was measured by 1600-pixel MPPC (Multi Pixel Photon Counter) with sensitive region of 1 x 1 mm². At the beam test, we have injected 1-30GeV electron and 1-60GeV pion beams and measured energy resolution and linearity of response toward input energy. In this presentation we will present obtained performance of the calorimeter prototype.

Bp-022 Remote Control Room and SAM DH Shifts at KISTI for CDF Experiment 김현우, 조기현, 정민호, 김동희¹, 양유철¹, 서준석¹, 공대정¹, 김지은¹, 장성현¹, 칸아틸¹, 김수봉², 이재승², 이영장², 문창성², 김지은², 유인태³, 임규빈³, 주경광⁴, 김현수⁵, 오영도⁶, 전은주⁷(한국과학기술정보연구원. ¹경북대학교. ²서울대학교. ³성균관대학교. ⁴전남대학교. ⁵전북대학교. ⁶포항공과대학교. ⁷세종대학교.) As one of three components of e-HEP (High Energy Physics), the data production is implemented in the form of online and offline remote shifts. Korea CDF members can take online shifts in remote control room (RCR) and offline remote shifts for SAM (Sequential Access through Metadata) DH (Data Handling). RCR shifts replace monitoring section of the CDF control room at Fermilab. KISTI will be the third member of CDF collaboration to operate a remote control room after Italy and Japan. It serves more than 30 Korean CDF members. The remote control room at KISTI has been launched since July 22 2008. We will report on the current status, the configuration and future plan of KISTI online (remote control room) and offline (SAM DH) shifts in detail.

Bp-023 Background estimations on the analysis of search for W' decaying to an electron and neutrino in $p\bar{p}$ collision at $\sqrt{s} = 1.96\text{TeV}$ 김지은, 양유철, 김동희, 공대정, 서준석, 장성현, 칸아틸, 김수봉¹, 이재승¹, 이영장¹, 문창성¹, 정지은¹, 유인태², 임규빈², 주경광³, 김현수⁴, 오영도⁵, 전은주⁶, 조기현⁷, 김현우⁷, 정민호⁷(경북대학교, 물리및에너지학부. ¹서울대학교, 물리학과. ²성균관대학교, 물리학과. ³전남대학교, 물리학과. ⁴전북대학교, 물리학과. ⁵포항공과대학교, 물리학과. ⁶세종대학교, 물리학과. ⁷KISTI 응용연구개발팀.) For the search of high transverse mass for W' prime signal, it is important to understand the background sources which have a real electron and neutrino in final states and fake such as multijet background. The sources, mostly,

would be expected from the Standard Model. We here estimate the expected backgrounds in about 3/fb of CDF data.

Bp-024 Comparisons of Three Different Reconstruction Algorithms for CMS EM calorimetry CHANG Sunghyun, KIM Jieun, KONG Daejung, KIM DongHee, CMS Ecal PFGGroup¹ (Kyungpook National Univ. ¹CERN.) Three different algorithms has been used of reconstruction from digitized ADC counts of CMS ECAL. We describe the algorithms and compare them with distributions of Reconstructed values, such as amplitude, pedestal, jitter.

Bp-025 The Integration and commissioning of ECAL ENDCAP at CMS Experiment CHUNG Jin Hyuk, PARK H.K., KIM G.N., SON D.C.(경북대학교 고에너지물리연구소) The Compact Muon Solenoid(CMS) detector at LHC experiment starts to take beam this year. For electron and photon detection, the

CMS uses electromagnetic calorimeter(ECAL) made out of lead tungsten crystals which have unprecedented performance in many aspects. Due to the difficulty of producing crystals and complex structures of electronics, the integration of ECAL ENDCAP(EE) covering the both ends of the detector was finished only about a month before the closing of detector. In this poster, the structure, performance and ongoing commissioning of EE will be presented.

Bp-026 Cosmic-ray 데이터를 통한 CMS 뮤온 검출기의 재구성된 우주선 사건들로부터 성능 측정 연구 최영일, 유인태, 최수용, 이성은, 이종석, 고정환, 권정택, 조영권(성균관대학교) CMS Muon Detectors인 DT,CSC,RPC 검출기들의 성능을 재구성된 우주선 사건들로부터 확인해보았다. 한 Event 에서 track 정보와 그에 딸린 검출기 신호 정보와 그때 챔버별 신호를 비교하여 검출기의 효율, 및 track 재구성 알고리즘의 효율을 측정했다. Reconstruction 알고리즘과 Detector들이 이상은 없는지 알아보았다.

■ SESSION: P2

10월 24일(금), 11:00 - 12:45

장 소: 제3전시장

Cp-001 Gas Flow형 방사선검출기 개발 홍 석봉, 정 종은, 김 민석, 최 화립, 김 수희, 이 상석¹, 이 민우¹(한국원자력연구원. ¹BNF Technology.) 알파, 베타, 감마선을 동시에 측정할 수 있는 Gas Flow형 방사선검출기를 개발하였다. 검출기의 크기는 426mm(W) x 180mm(D) x 25mm(H)이며 유효검출면적은 392mm(W) x 150mm(D)이다. 검출기 외함 및 상판의 재질은 스테인레스스틸을 사용하였으며 외함의 내외표면에는 크롬 도금을 하였다. 개발된 검출기의 성능을 시험하기 위하여 각각 0.01mm, 0.018mm, 0.025mm의 텅스텐와이어를 전극으로 사용하여 결과를 비교하였다. 검출기에 공급하는 고전압은 1,000V에서 50V단위로 2,000V까지 인가하여 검출기의 출력을 시험하였고 그 결과를 분석하여 가장 안정된 전원의 범위를 도출하였다. 개발된 방사선 검출기는 P10가스를 사용하며 검출기의 가스인입부와 배출부를 종속연결하여 사용할 수 있다.

Cp-002 Identical bands in 182,183W within the framework of the Interacting Boson-Fermion Model 이 수연, 이 중환¹(숭실대학교 물리학과. ¹동의대학교 물리학과.) In this work we focus on the U(6/12) dynamical supersymmetry connected with identical bands in neighbouring even-even and odd-mass nuclei in the framework of the IBFM. To describe collective properties of low-lying states in deformed nuclei the SU(3) symmetry of the model is restricted. Electromagnetic properties such as E2 transition rates and electric quadrupole moments as well as the energy level are given in closed form. The theoretical results obtained in the present model are applied to the ground-state bands in ^{182, 183}W, which are proposed as identical bands, and compared with experimental data.

Cp-003 Semiconductor SEU Test Using MC50 Cyclotron With Geant4 Simulation. SHIN J.W., PARK T.-S., HONG S.W., CHOI H.S.¹, LIM C.S.¹, KIM J.T.¹, PARK J.K.¹, CHAI J.S.¹(Department of Physics, Sungkyunkwan University, Suwon 440-746. ¹School of Information and Communication Engineering, Sungkyunkwan University, Suwon 440-746.) 중성자에 의한 반도체의 SEU(Single Event Upset)을 한국원자력의학원 소재 MC50 Cyclotron으로 측정하였다. 단일 에너지 양성자를 Be 과녁에 입사시키고 Be 과녁에서 나오는 중성자를 이용해 반도체의 SEU를 측정하였다. 이때 Be 과녁이 두껍기 때문에 발생하는 중성자빔이 단일 에너지를 갖지 못하고 넓은 에너지 분포를 갖는다. 따라서 단일 에너지 중성자를 이용한 SEU 측정을 할 수 없다. 이 문제를 해결하기 위해, 세 개의 다른 에너지(30,35,40 MeV) 양성자를 이용하여 중성자를 발생하였고, 세 차폐 실험한 결과의 차이를 구하여 단일 에너지 중성자로부터 얻은 SEU 값을 유추하였다. 이 과정에서 중성자의 선속을 실험으로 정확히 측정하는 것이 어렵기 때문에 몬테카를로 시뮬레이션을 이용해 중성자의 선속을 계산하였다. 중성자의 선속은 여러 번의 시뮬레이션을 수행하여 신뢰할 만한 값을 얻었다. 우리의 결과를 기존 연구 결과와 비교할 때 만족할만한 결과임을 알 수 있었고, 보다 신뢰할 만한 결과를 얻기 위해 추가적인 시뮬레이션과

실험결과가 필요하다.

Cp-004 Performance comparison of three HPGe gamma-ray spectrometers in KRISS. 이 정희, 김 은주, 이 경범¹(전북대학교 물리교육. ¹한국표준과학연구원.) 한국표준과학연구원 HPGe 검출기(120%, 70%, n type 30%)의 성능 비교 에너지 효율, 분해능, MDA. 표준 선원(CRM) 과 software Gamma vision을 사용하여 얻어진 Gamma ray spectrum 분석.

Cp-005 ⁷Li(p,n)⁷Be 반응에 의한 keV 급 neutron 선원 김 기동, 최 한우, 김 준곤, 우 형주, 김 용균¹(한국지질자원연구원. ¹한양대.) 한국 지질자원연구원에서는 ³H(p,n) 반응에 의한 1.4 MeV ~ 2.6 MeV 급 중성자 선원을 개발하였으며, 발생 중성자의 에너지를 측정하기 위해 중성자 비행시간 측정 시스템을 구성하였다. 이를 이용하여 Au에 대한 중성자 총단면적을 측정하여 보고하였다. 1 MeV 이하 선원을 얻기 위하여 ⁷Li(p,n)⁷Be 반응을 발생시켜, 업그레이드 된 비행시간 측정 시스템을 이용하여 그 에너지를 측정하였다. 표적은 Li foil을 사용하거나, Cu 판에 Li를 진공 증착하여 만들었으며, 이 표적의 박막 두께는 중성자 비행시간 시스템에서 얻어진 에너지 스펙트럼과, SRIM code을 이용하여 비교 해석하였다. ⁷Li(p,n) 반응시 Li 표적의 변화를 보기 위해 Plastic 모니터 검출기를 두었다, 발생하는 1 MeV 이하의 중성자 에너지에 대해 운동학을 이용하여 계산한 결과와도 비교하였다.

Cp-006 Study of Radioactivity Induced by Therapeutic Proton Beam 안 성환, 광 경원, 신 정욱, 이 세병, 김 동욱, 김 진성, 박 성용, 신 동호, 윤 명근, 임 영경, 조 관호(국립암센터 양성자 치료센터.) The proton therapy center at National Cancer Center (NCC) in Korea has started treating patients since March 2007. It consists of a cyclotron that can produce 230 MeV proton beam with 300 nA maximum current, beam transport system, 1 fixed beam treatment room, 2 gantry treatment rooms and 1 experimental area. Although the proton beam therapy has various clinical benefits, there is the radiation exposure issue of radiotherapists or workers in the treatment room, since proton beam induced nuclear interaction that produces radioactive isotopes in the collimate system. To check the distribution and physical property of induced radioactivity, GEANT4 Monte Carlo simulation was performed under NCC proton beam delivery setup conditions. We will present the analysis results of MC simulation and induced radioactivity measurements.

Cp-007 Performance of a Plastic Scintillation Detector for Neutron Imaging 정 효순, 이 주한, 권 영관, 김 남영, 이 춘식, 서 희¹, 김 찬형¹(중앙대학교 물리학과. ¹한양대학교 원자력공학과.) 중성자 탄성산란을 이용한 3차원 중성자 영상화 기술은 중성자원으로부터 방사된 중성자가 검출기 내에서 양성자와의 탄성산란을 통해 잃어버리는 에너지와 산란 위치를 계속하여 탄성산란 공식을 이용하여 공간상의 중성자원의 분포를 영상화하는 기술이다. 본 기술을 위한 기본적인 중성자 계측 시스템은 입사중성자가 처음 탄성산란을 일으키는 위치와 산란으로 잃어버리는 에너지를 측정하기 위한 1차산란 검출기와 산란 중성자의 방향과 에너지 측정을 위한 2차산란 검출기로 구성되며, 중성자와 양성자의 탄성산란 특성상 2차산란 검출기는 1차산란 검출기의 후방에 위

치하게 된다. 이러한 중성자 영상화 시스템에 이용되는 1차 및 2차 산란부 검출기는 중성자와의 탄성산란효율이 높고 감마선과 중성자의 분리가 수월하며, 또한 탄성산란 반응위치 결정이 가능하여야 한다. 이를 위해 본 연구진은 두께와 폭이 각각 1 cm이며 길이가 10 cm인 BC-404 plastic scintillator(Bicron사)에 대한 반응위치 분해능, 광출력 분해능, 중성자/감마선 분리 및 시간 분해능 등에 관한 특성연구를 수행하였으며, 그 결과를 바탕으로 Monte Carlo 모사를 통해 3차원 중성자 영상시스템의 성능을 예측해 보았다.

Cp-008 SrSO₄계 열형광체의 활성제로 La 첨가에 따른 발광 특성에 관한 연구 김영국, 손인호, 김일홍, 강성욱, 우종철, 김성화, 서강현, 조현욱(경남대학교) 본 연구에서는 SrSO₄ 열형광체에 란타넘 화합물인 La를 첨가하는 과정에서 용매제로서 황산 1%를 사용하여 건조 후 일정온도에서의 소성 후 제작하였다. 제작한 열형광체에 저에너지 X-ray를 조사하여 가온율 10 °C/sec로 측정된 글로곡선으로부터 host 및 활성제 La의 첨가 농도에 따른 발광 특성에 대하여 조사하였다. 소성온도는 800 °C 이었고, 활성제 첨가에 따라 발광강도의 변화를 보였으며 La 첨가에 의한 peak 온도는 대체로 일정하게 나타났다. Host에 La의 첨가로 인해 peak 온도의 변화가 나타남을 보였다. 이에 본 연구에 사용된 SrSO₄ 열형광물질의 제작에 있어 용도와 사용 환경에 따라 활성제의 농도를 적절히 조절할 수 있는 기초적인 자료가 될 것으로 보인다.

Cp-009 Isomeric Yield Ratios for the ^{nat}Fe(γ,xnp)^{52m,g}Mn Reaction Induced with 50, 60, and 70 MeV Bremsstrahlung RAHMAN Md. Shakilur, KIM Kyung Sook, KIM Guinyun, OH Youngdo¹, VAN DO Nguyen², KHUE Pham Duc², KIM Tien Thanh²(Kyungpook National University. ¹Pohang Accelerator Laboratory. ²Vietnam Academy of Science and Technology.) We have determined the isomeric yield ratios for the ^{nat}Fe(γ,xnp)^{52m,g}Mn reaction induced by 50, 60 and 70 MeV bremsstrahlung by the activation and γ-ray spectroscopic methods. The bremsstrahlung beams were provided from the test Pohang electron linac. The samples used in this investigation were natural iron foils. The isomeric yield ratios were determined from the measured activities of the product nuclei in foil samples that had been irradiated. The γ-ray activities were measured with a calibrated high-purity germanium detector, HPGe. The present results for the reaction ^{nat}Fe(γ,xnp)^{52m,g}Mn measured at 50, 60 and 70 MeV bremsstrahlung are 0.27±0.03, 0.33±0.04 and 0.34±0.04, respectively. The dependence of the isomeric yield ratios on the incident bremsstrahlung energies is discussed.

Cp-010 Excitation functions for the ²⁷Al(p, x)^{22, 24}Na nuclear reactions up to 40 MeV KIM kwangsoo, KHANDAKER M. U.¹, LEE M. W., KIM K. S., KIM G. N., CHO Y. S.¹, LEE Y. O.¹(Kyungpook National University. ¹Korea Atomic Energy Research Institute.) Investigation of the ²⁷Al(p,x)²⁴Na reaction for charged particle beam monitoring purposes for low energy(<40MeV) proton cyclotron. A conventional stacked-foil activation technique combined with high purity germanium (HPGe) g-ray spectrometry was used to perform this research. The stacked samples were irradiated with proton energy of 42 MeV in the external beam line of the

MC-50 cyclotron at the KIRAMS. Foils of natural copper was used to monitor the beam parameters. Excitation functions for the ²⁷Al(p,x)^{22, 24}Na nuclear processes were measured over the energy region 19-38 MeV with an overall uncertainty of about 18%. Measured data were compared with the available literature data, theoretical calculations by the codes TALYS and ALICE-IPPE, and a good overall agreement among them was found. Integral yields for the investigated ²⁴Na radionuclide was also deduced using the measured cross-sections and stopping power of natural aluminum for hydrogen nuclei. The IAEA recommended values for the ²⁷Al(p,x)²⁴Na nuclear process was verified by the present investigations. The formation of both ²²Na and ²⁴Na in the interaction of proton with Al can be advantageously utilized for monitoring the proton beam parameters for relatively long and short cooling time experiments, respectively.

Cp-011 Investigations of the ^{nat}Ti(p, x)^{43,44m,44g,46,47,48}Sc, ⁴⁸V nuclear processes up to 40 MeV KIM kwangsoo, KHANDAKER M. U.¹, LEE M. W., KIM K. S., KIM G. N., CHO Y. S.¹, LEE Y. O.¹(Kyungpook National University. ¹Korea Atomic Energy Research Institute.) Investigation of the ^{nat}Ti(p,x)⁴⁸V reaction for charged particle beam monitoring purposes. Determination of optimum production parameters for the ⁴⁷Sc radionuclide with minimum impurity by cyclotron. A conventional stacked-foil activation technique combined with high purity germanium (HPGe) g-ray spectrometry was used to perform this research. The stacked samples were irradiated with proton energy of 42 MeV in the external beam line of the MC-50 cyclotron at the KIRAMS. Monitor foils of copper and aluminum were used to monitor the beam parameters. Excitation functions for the formation of the ^{43,44m,44g,46,47,48}Sc and ⁴⁸V radionuclides through the ^{nat}Ti(p,x) nuclear processes were measured over the energy range 4-38 MeV with an overall uncertainty of about 16%. Measured data were compared with the available literature data, theoretical calculations by the codes TALYS and ALICE-IPPE, and a good overall agreement among them was found. Integral yields for the investigated radionuclides were also deduced using the measured cross-sections and stopping power of natural titanium for hydrogen nuclei. The IAEA recommended values for the ^{nat}Ti(p, x)⁴⁸V nuclear process was verified by the present investigations. Furthermore, optimum production for the ⁴⁷Sc radionuclide from the natural titanium target was found as 12 MBq/μA-h over the energy range 33@22 MeV with ~3% impurity from ^{46,48}Sc. Therefore, a low energy (<33 MeV) cyclotron and enriched ⁵⁰Ti target could be used to produce large amount of ⁴⁷Sc with minimum impurity from the simultaneously produced ^{46,48}Sc radionuclides.

Cp-012 Comparison of Calculated and Measured 37 eV Neutron Scattering Rates from 238U 노태익, 배가나, 강영록, 정원정, 이종환¹, 김귀년², DANON Yaron³, BLOCK Robert³(동아대, 물리학과. ¹동의대, 물리학과. ²경북대, 물리학과. ³RPI, Nuclear Engineering.) 238U에 대한 중성자의 탄성산란을 측정하고, MCMP5 simulation code를 통한 계산값과 비교해 보았다. Free

gas model과 S(a,b) model에 의한 MCNP의 계산 값은 37 eV 공명 에너지에서 다소 차이를 보인다. 중성자 에너지 37 eV 영역에서 두꺼운 시료, 얇은 시료 및 forward scattering, Backward scattering에 대해 비교해 보았다.

Cp-013 **Measurements of the Scattering Neutrons from Depleted Uranium** 노 태익, 강 영록, 정 훈, 김 권중, 윤 정란, 김 귀년¹, DANON Yaron², BLOCK Robert²(*동아대, 물리학과. ¹경북대, 물리학과. ²RPI, Nuclear Engineering.*) RPI(Rensselaer Polytechnic Institute) 60MV 전자선형가속기를 이용하여 중성자를 발생 시키고, 중성자의 열화 우라늄에 대한 탄성산란을 측정하였다. 중성자의 에너지는 Li-glass 검출기를 통해 TOF법으로 측정하였다. 두꺼운 시료, 얇은시료 두 시료에 대해, Forward scattering과 Backward scattering을 측정하였다. 중성자의 에너지는 수 eV - 수 백 eV이다. ENDF의 중성자 핵반응 Data와 비교해 보았다.

Cp-014 **광핵반응을 위한 샘플 이송 장치 개발** 오 영도, 이 희석, 홍 석모, 김 민호, 고 승국¹, 오 주희¹(*포항공대, 포항가속기연구소. ¹울산대학교*) 최근 자연 광핵분열 반응을 이용하여 콘테이너내의 핵물질을 탐색하는 기법에 대한 연구가 국내외에서 진행되고 있다. 포항가속기연구소에서는 60MeV 전자선형가속기에서 가속된 전자를 텅스텐 표적에 입사시켜 발생하는 제동복사를 샘플에 조사한 후, 1분 ~ 수 분 이내에 방출되는 자연 감마선을 측정함으로써, 특정핵물질을 탐색하는 기법을 개발하고 있다. 이를 위하여 샘플을 텅스텐 표적으로 보내고, 조사된 샘플을 즉시 회수하여 HPGe검출기로 측정할 수 있는 샘플이송장치를 제작하였다. 제작된 샘플 이송장치를 소개하고 무거운 핵종 샘플에 대하여 테스트한 결과를 보고한다.

*This work is supported by Korea Atomic Energy Research Institute.

Cp-015 **Threshold Anomaly for ^{6,7}Li projectiles** 소 운영(*Department of Radiological Science, Catholic University of Pusan, Pusan 609-757, Korea.*) Based on the optical model approach, we investigate the threshold anomaly in the elastic scattering of the ^{6,7}Li+¹³⁸Ba systems at near-Coulomb-barrier energies, by using the χ^2 analysis. A folding potential is exploited as the bare potential for the systems. We found the threshold anomaly for ⁷Li+¹³⁸Ba system. In contrast to ⁷Li+¹³⁸Ba system, however, ⁶Li+¹³⁸Ba system does not show the threshold anomaly. This difference is known to stem from the incident nucleic structure. We confirmed again a feature of the threshold anomaly due to the incident nucleifrom this study.

Cp-016 **A Study for Neutron Spectrum on the Highly Deformed Nuclei ¹⁸⁴W and ²³²Th** KIM Hyeong Il, YANG Sung Chul, LEE Young-Ouk(*Korea Atomic Energy Research Institute.*) The energy-angular distributions for the emitted neutrons from neutron-induced nuclear reactions are calculated by employing Compound, Direct, and Pre-compound models. Each model has been developed in order to reproduce the available experimental data well. Of them, this work is interested in a Quantum-mechanic description of the Pre-compound model, Multi-Step Direct (MSD). The calculation of the neutron spectrum based on the classical me-

chanics shows a large discrepancy with the measured spectrum. These shortcomings can be solved by using the MSD model. Recently, it has been known that an MSD formalism with a deformation for highly deformed nuclei produces the dips in the high energy neutron spectra more efficiently than a spherical MSD one. We calculated the neutron spectrum of the neutron-induced reactions on highly deformed nuclei, ¹⁸⁴W and ²³²Th, which have the measurements. Finally, we suggest the systematics for the deformations for an MSD calculation of nuclei without measured data.

Cp-017 **Radiation Behaviour for TL Glow Peaks Separated Using Computerized Glow Curve Deconvolution of RTL Quartz** HONG DUK-GEUN, SONG Ki-Woung(*Dept of Physics, Kangwon National University.*) For two RTL quartz (Yuda sample from Iwate Prefecture and Tazawa sample from Akita Prefecture in Japan), we investigated radiation dose response, which is very useful in radiation dosimetry, of individual TL peaks separated using the computerized glow curve deconvolution. The computerized glow curve deconvolution indicated that glow curves of these materials are the superposition of several components. The radiation dose response for the separated peaks was examined using the growth curve based on SAR TL protocol. The results are presented and discussed.

Cp-018 **Measurements Of Energy-Dependent Pulse Spectra For Fast Neutrons With Plastic Scintillators And The Comparisons With Geant4-Based Simulations** 조 미희, HU Rongjiang, 김 충, 이 경세, 심 광숙, 홍 병식(*고려대학교*) We measured pulse spectra of fast neutrons in an energy range from 1 to 10 MeV by using plastic scintillators. The neutrons emitted by spontaneous fission decays of a 5 uCi Cf-252 isotope, whose peak energy is ~ 0.7 MeV, were used for the measurements of the energy-dependent pulse spectra of the fast neutrons. The neutron energies were determined by a time-of-flight method. The gamma rays, emitted together with the fission neutrons, were eliminated by applying a proper cut in the time-of-flight spectrum. The simulations for the pulse spectra of and the sensitivities for the fast neutrons were performed by a simulation package based on the Geant4 radiation-transport toolkit and a high precision model dedicated for the neutron interactions. The simulations for the energy-dependent spectra obtained by the high precision model shows good agreements with the experiment data for the fast neutrons in the energy range from 1 to 10 MeV, which are typically used for the neutron radiotherapy.

Cp-019 **Simplified Readout System Based on Resistive Network for Double-sided Silicon Strip Detectors** 조 화연, 이 주한, 이 춘식(*중앙대학교, 물리학과.*) 양면 실리콘 스트립 검출기(DSSD)는 하전입자나 감마선의 반응 위치를 물리적인 전극의 크기만큼 식별하고 동시에 반응하는 에너지를 측정할 수 있기 때문에 하전입자분광학 뿐만 아니라 감마선 영상 장치 시스템에도 널리 사용하고 있다. 차세대 감마선 영상 장치인 컴프턴 카메라 시스템에서도 양면 실리콘 스트립 검출기를 산란부로 사용하고 있으

며, Junction side(16채널)와 Ohmic side(16채널)의 전극의 신호로부터 산란된 감마선의 반음 위치와 잃어버린 에너지에 대한 정보를 얻을 수 있고 이를 통하여 입사된 감마선의 위치를 유추할 수 있다. 그러나 입사된 감마선의 위치를 파악하기 위해서 32채널의 전극에서 나오는 신호를 동시에 처리하는 과정은 매우 복잡하고 그 과정에서 많은 잡음이 포함되어 정확한 결과를 얻지 못하게 된다. 이와 같이 다채널 시스템에서 발생하는 데이터 획득과 분석의 어려움을 극복하기 위해서 본 연구에서는 32채널 DSSD의 Junction side 16개 전극과 Ohmic side 16개 전극을 각각 resistive network에 연결하고 각 network의 양끝을 전하민감형 전치증폭기에 연결하여 신호처리를 수행함으로써 신호처리시스템을 단순화하면서도 반음위치분해능을 유지할 수 있는 방법을 개발하였으며, ^{241}Am 방사선원에서 방출되는 5.4 MeV 알파선과 60 keV 감마선을 이용하여 본 시스템의 위치판별성능을 조사하였다.

Cp-020 Multi-channel Serialized Data Acquisition System for Position-sensitive Gamma-ray Detection

손 호연, 정 인일, 이 주환¹, 최 영완, 이 춘식¹(*중앙대학교 전기전자시스템공학부, ¹중앙대학교 물리학과*) 본 연구에서는 위치민감형 감마선 검출 시스템에서 발생하는 다채널 신호를 효과적으로 처리하기 위한 방안으로 다채널의 입력신호를 시간 순서적 직렬신호로 변환한 후 PC 인터페이스화된 고속의 아날로그-디지털 변환회로를 거쳐 하드디스크에 저장하는 다채널 직렬화 데이터획득 시스템의 개발을 수행하였다. 본 시스템은 입력채널 중 신호가 발생한 채널을 선별하여 채널정보를 아날로그 신호로 변환시키는 채널선별회로와 채널선별회로의 정보를 이용하여 선택된 채널의 신호정보들을 시간 순서적 신호로 변환하고 이를 채널정보신호와 시간 순서적으로 결합하는 신호 직렬화회로, 그리고 직렬화된 신호를 고속으로 디지털신호로 변환하여 저장하는 PC기반 아날로그-디지털 변환 및 데이터 저장장치 등 세 가지로 구성된다. 입력에 연결된 채널 가운데 신호가 발생한 유효채널만을 처리하므로 입력채널 수가 증가함에 따라 늘어나는 시스템 불감시간을 최소화할 수 있게 하였다. 데이터의 모니터링과 기록은 Labview를 이용하였으며, 16 채널픽셀형 CZT를 이용한 감마선 계측에 본 시스템을 적용하여 그 성능의 점검과 기존의 CAMAC 시스템과의 성능 비교연구를 수행하였다.

Cp-021 동시 측정 기술을 이용한 휴대형 중성자 스펙트로메트리 기술 개발

박 현서, 김 정호, 최 길웅(*한국표준과학연구원*) 속중성자 탄성 산란 신호와 중성자 포획신호의 동시 측정 기술을 이용하여 휴대형 중성자 스펙트로메트리 개발을 위한 연구를 수행하였다. 중성자 탄성 산란 신호는 입사 중성자 에너지와 1-1 상관관계가 없어 검출기 신호를 중성자 에너지로 전환하기에 어려움이 있다. 탄성산란 후 열화된 중성자 포획신호의 동시 측정을 통하여 검출기 신호와 입사중성자 에너지간의 1-1 상관관계를 선별하여 측정이 가능하며, 중성자 스펙트로메트리에 응용할 수 있다.

Cp-022 가스전자 증폭기용 256채널 readout 회로 개발 및 실시간 2차원 방사선 영상장치로의 응용

하 영자, 안 봉재, 박 성태, 한 창희(*창원대학교 물리학과*) 가스전자 증폭기를 이용한 방사선 영상장치를 개발하기 위하여 전하 축적이 가능한 다채널 전치증폭기를 직렬로 연결한 신호검출 회로를 개발하였다.

실험에 사용한 전치 증폭기는 128개의 입력 채널을 가지며 외부에서 4단계의 신호이득 조절이 가능하며, 신호축적 시간을 사용자가 조절 가능하여 전하출력을 갖는 가스 방사선 검출기의 신호처리용으로 적합한 기능을 갖추고 있다. 4개의 전치 증폭기를 daisy chain으로 연결하여 256 채널의 신호를 처리할 수 있게 설계하였으며 가스 검출기의 readout pads (16x16=256개)와 연결하여 2차원 위치 정보를 실시간으로 읽어 들일 수 있게 하였다. 전치증폭기와 readout pads를 같은 PCB에 배치하여 readout pads와 전치증폭기간의 신호연결에 필요한 케이블을 제거함으로써 선형 연구에서 겪었던 노이즈 문제를 극복하였다. 완성된 검출기는 ^{55}Fe 표준 방사선원을 이용한 실험에서 2차원 영상 장치로 이용 가능성을 확인하였으며 채널 수를 늘려 공간 해상도를 높일 경우 그 응용 가능성은 한층 더 높아질 것으로 생각된다.

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

Cp-023 512채널 선형 위치 민감형 방사선 검출기와 이송장치를 이용한 2차원 방사선 영상측정장치의 개발

안 봉재, 하 영자, 박 성태, 한 창희(*창원대학교 물리학과*) 가스전자 증폭기(Gas Electron Multiplier, GEM)를 이용한 512채널 선형 검출기와 이송장치를 결합하여 1차원 검출기를 이용해 2차원 영상을 얻을 수 있는 장치를 개발하였다. 검출기의 신호처리를 위해서 4개의 128채널 전치증폭기를 daisy chain으로 연결하여 512 채널을 갖는 선형구조의 검출기를 제작하였다. 선형 검출기를 사용함으로써 GEM을 이용한 2차원 영상 측정에서 단점으로 지적되었던 위치정보 결정의 모호성을 극복할 수 있었다. Stepping 모터로 구동되는 선형 이송 장치를 이용하여 검출기나 피사체를 이송함으로써 1차원 검출기로부터 2차원 영상을 얻을 수 있었다. 제작된 검출기는 ^{55}Fe 방사선원을 이용한 실험에서 고해상도 방사선 영상 장치로서의 응용 가능성을 확인 하였으며 현재 채널 수를 1024개로 늘려 고해상도 영상을 얻기 위한 연구를 진행 중이다.

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

Cp-024 Fabrication of a PIN-type radiation detector for alpha energy measurement

KIM Han Soo, PARK Se-Hwan, HA Jang Ho, CHO Seung Yeon¹, KIM Chan Gi¹, KIM Do Hyun¹, KIM Sun Hong¹(*KAERI, ¹Department of Environmental Engineering, Yonsei Univ.*) A PIN-type semiconductor radiation detector for alpha energy measurements was designed and fabricated. In alpha energy measurements, an incident window must be as thin as possible. Energy losses due to thickness and density of p⁺ layer were calculated by using the SRIM code. And then, implant energy and dose rate were determined with calculated results. Two-guard electrode was adapted to increase sensitivity by decreasing leakage currents. Edge protection structure was also incorporated to maximize depletion region by applying high voltages. To make PIN structure, conventional planar processes were used. In this study, the design and fabrication processes were addressed. And I-V characteristic was also compared with simulated one.

*ACKNOWLEDGMENTS This work has been carried out under the nuclear R&D program of the Ministry of Education, Science and Technology (MEST) and under the Eco-technopia 21 Project of the

Ministry of Environment (ME) of Korea. We are also supported by the BK21 program of the Korea Research Foundation (KRF).

Cp-025 CZT에서의 Buffer 층에 의한 검출기 성능 변화 연구 PARK Hyeong Sik, PARK Se-Hwan, LEE Jae Hyung, HA Jang Ho, KIM Han Soo, KANG Sang Mook, SONG Tae Young(KAERI) CZT (Cadmium Zinc Telluride)는 상온 반도체 검출기로써 입증된 재료이다. CZT 전극으로 널리 쓰이고 있는 금속은 금인데, 금의 CZT에 대한 접합성이 떨어진다고 알려져 있으며, 이를 해결하기 위하여 buffer layer를 두고 있다. 이번 실험에서는 buffer layer인 Ni, Cr, Ti을 각각 CZT 위에 증착한 다음, 그 위에 Au를 증착 하여 wire bonding 장비로 wire bonding여부에 대해 알아보았다. 각각의 buffer layer의 경우 60 keV 감마선을 이용하여 감마선 반응 변화를 측정하였다.

*ACKNOWLEDGMENTS This work has been carried out under the nuclear R&D program of the Ministry of Education, Science and Technology (MEST).

Cp-026 고에너지 중성자 스펙트럼 측정을 위한 보너구 제작 및 반응함수 계산 김 정호, 박 현서, 최 길웅(한국표준과학연구원) 보너구 스펙트로메터는 감속재인 폴리에틸렌 구들과 열중성자 검출기로 구성되어 있으며 최대 직경 30.48 cm (12") 인 보너구까지 사용하여 측정 가능한 중성자 에너지는 약 20 MeV 이다. 보너구 스펙트로메터로 고에너지 중성자를 측정하기 위해서는 (n,xn) 반응을 이용한 보너구가 필요하다. 이를 위하여 폴리에틸렌과 Fe, Cu, Pb shell을 첨가한 보너구를 제작하였고 MCNPX 몬테카를로 모사실험을 통하여 10 GeV까지의 반응함수를 계산하였다.

Cp-027 Multi-Channel Data Acquisition and Analysis System for GEM Detectors Based on FPGA and USB2.0 Technology ZHANG Yuxin, 김 일곤, 하 성용, 이 정두(창원대학교, 물리학과) We have designed and fabricated a data acquisition and analysis system for homemade Gas Electron Multiplier (GEM) detectors based on FPGA and USB2.0 technology. It could be used to acquire and analyze the low-level charge pulse signal of GEM detector. It consists of several parts: Analog Signal Preprocess, Analog-to-Digital Converter, FPGA-based Digital Signal Process and USB2.0 Adapter. RS-485 transceivers were also used so that the system could satisfy the measuring requirement in field networks. In order to analyze the acquired data on a computer, a software application was designed with VC++. The software could communicate with the hardware board via a USB2.0 channel, manipulate the acquired data, and plot them in histogram.

* This work was supported by NO.2007-0034-0000 from the the Korea Science &Engineering Foundation.

Cp-028 PIN 센서의 구동 전압 변화에 따른 누설전류, 정전용량, 신호대잡음비 측정 실험 류 진영, 가 동하, 강 희동, 김 영입, 김 홍주, 김 현욱, 박 환배, 배 재범, 손 도희, 현 효정(경북대학교, 물리학과) 경북대에서 개발한 스트립 센서의 5인치 양면/단면 공정, 6인치 공정에서 나온 3가지 PIN 다이오드 센서의 신호대 잡음비를 조사한다. PN접합 다이오드 센서의 전압에 따른

전류(IV-curve)와 정전용량(CV-curve)의 변화는 센서의 전기적 특성을 결정 짓는 중요한 요소로 각 공정을 통한 센서의 전기적 특성을 조사한다. 그리고 이 센서들의 최적의 구동 전압을 찾기 위하여, 신호대잡음비값을 전압에 따라 비교한다.

Cp-029 Fe-55를 이용한 Single-GEM 검출기의 동작 특성 조사. 하 성용, 김 일곤, 한 창희, 박 성태¹, ZHANG yuxin, 이 정두(창원대학교, 물리학과, ¹창원대학교 기초과학연구소) Single-GEM 검출기를 제작하고 Fe-55(100uCi) 밀봉선원을 사용하여 그 특성을 조사 하였다. 검출기의 표류영역(drift)은 각각 3mm, 2mm, 1mm로 제작 하였으며, 수집영역(Induction)은 2mm와 1mm로 제작 하였다. 가스 검출기에서 발생한 전하신호를 받아 들여 전치증폭기로 전달하는 readout pad는 지름1mm의 원형으로 제작 하였으며, 검출기체로는 Ar/CO₂(75:25) 혼합기체를 사용 하였고, 고전압장치(N472)와 본 연구실에서 설계한 전자회로를 이용하여 신호를 발생시켰다. 그리고 증폭된 신호는 LabView로 설계한 프로그램을 통해서 Data를 수집 하였다. 검출기의 Cathode, GEM top, GEM bottom에 각각 독립적으로 전압을 인가 시켜 주었으며, 각각의 표류영역과 수집영역의 전위차를 독립적으로 변화를 주어 각 영역에서의 증폭률을 조사하였다. Single GEM의 양단의 전압은 V_{GEM}=420V~510V까지 조절하였으며, 표류영역은 V_{Drift}= 0~1000 V, 수집영역은 V_{Induction}=0~1200V로 조절 하여 각각의 영역을 변화 시켜 측정 하였다. 그리고 각 부분의 전위차를 변화시키면서 측정 한 결과 따르면 V_{GEM}이 증폭율에 큰 영향을 미치며, 다음으로 V_{induction}이 영향을 미치며, V_{drift}는 증폭율에 크게 영향을 미치지 못하는 것을 알 수 있다. 증폭률은 ~10²로 측정 되었다. 마지막으로, 방사선원을 검출기와의 거리를 0mm~30mm까지 6mm간격으로 떨어뜨리며 각각의 gain을 측정하였다. 다음으로 자체 제작한 CNU-GEM(thick GEM)의 특성에 대하여 조사 하였다. Foil 제작에는 두께 0.2mm의 양면이 구리 필름이 입혀진 PCB(FR-4) 기판을 사용하였으며, 표면에 직경 0.25mm, 홀간의 간격 0.5mm의 구멍을 뚫고 마지막으로 홀 주위로 직경0.3mm로 에칭을 하여 검출기의 구조에 맞추어 각각 반경 10mm와 20mm의 원형과 각각 가로 세로 10mm와 20mm의 사각형 모형으로 완성 하였고 방사선 검출용의 검출기로서의 사용 가능성을 조사 하였다.

* 본 연구는 한국과학재단(2007-0034-0000)의 지원을 받아 연구되었음.

Cp-030 Performance of a Multiple Compton Camera 김 남영, 서 희¹, 이 주한, 김 찬형¹, 이 춘식(중앙대학교 자연과학대학 물리학과, ¹한양대학교 원자력공학과) 일반적인 컴프턴 카메라는 산란부와 흡수부로 구성 되어있다. 입사된 감마선의 에너지는 산란부에서 측정되는 컴프턴 전자의 에너지와 흡수부에서 측정되는 컴프턴 산란된 감마선의 에너지의 합으로 결정할 수 있다. 그러므로 이런 구성을 가지는 컴프턴 카메라로부터 입사된 감마선의 에너지를 알기 위해서는 산란부에서 컴프턴 산란된 감마선이 흡수부에서 완전하게 흡수되어야 한다는 조건이 필요하게 된다. 다중 컴프턴 카메라는 3 대의 double-sided 실리콘 검출기가 stack 형태로 구성되어 있다. 입사된 감마선이 각각의 검출기에서 컴프턴 산란을 했을 때, 각 검출기로부터 측정되는 에너지와 반응 위치를 변수로 한 감마선계적 추적알고리즘을 통해서 감마선의 에너지를 재구성 할 수 있다. 그러므로 다중 컴프턴 카메라는 입사된 감마선이 검출기에 모두 흡수되지 않아도 그 에너지의 결정이

가능하기 때문에 미지 감마선원의 핵종 판별과 공간적 분포를 알아낼 수 있는 기능을 지녔다. 이번 실험은 ^{137}Cs 와 ^{60}Co 감마선원을 이용해서, 다중 컴포넌트 카메라의 재구성된 감마선에 대한 에너지 분해능과 감마선 영상의 민감도를 측정하는 실험을 수행했다.

Cp-031 3차원 흡수체를 갖는 초전도 상전이 센서 김일환¹, 이영화¹, 배재범², 김용환¹, 이화용¹, 이민규¹, 이경범¹, 이상준³, 송인걸⁴ (한국표준과학연구원, 나노소자연구단, 대전대학교, 신소재공학과. ¹한국표준과학연구원, 나노소자연구단. ²경북대학교, 물리학과. ³서울대학교, 천체물리학과. ⁴대전대학교, 신소재공학과.) 초전도 상전이 센서 (transition edge sensor : TES)는 극저온에서 초전도체가 갖는 급격한 상전이 특성을 이용하여 X-선 흡수에 따른 저항 변화를 측정하며, 기존 반도체 검출기에 비해 우수한 분해능과 검출한 능력을 보인다. TES의 센서부는 SiNx 멤브레인 위에 초전도 근접효과를 갖는 Ti/Au 이중층 박막을 이용해 형성하였고, 박막의 두께비를 조절함으로써 상전이 온도를 100 mK 정도로 제어하였다. TES의 감지기로서의 실제적 응용을 위해서는 배열형태로 소자를 구성하여 넓은 면적의 감지영역을 가져야 한다. 이때, X-선 입사의 전극 및 센서부로의 직접적 흡수에 따른 불필요한 영향을 배제하기 위하여 흡수체를 3차원 버섯형태의 구조를 갖도록 해야 한다. 본 연구에서는 단위 셀의 흡수체를 금(Au)전기도금법으로 형성함으로써 배열형 소자의 가능성을 확인하였다. 현재 제작된 평면형 TES의 경우 6 keV X-선에 대한 에너지 스펙트럼 측정에서 약 30 eV의 분해능을 보이고 있으며, 버섯구조 흡수체 TES소자의 성능 향상을 위한 연구를 계속하고 있다.

Cp-032 Effect of Electrode Design on the Energy Spectrum of CZT Detector 박세환, 김한수, 박형식, 이재형, 하장호 (한국원자력연구원.) CZT는 X-선, 감마선의 에너지를 정밀하게 상온 동작 온도에서 측정할 수 있으며, 직접 방식에 의한 방사선 영상을 얻을 수 있기 때문에 차세대 방사선 검출기로 주목 받고 있

다. 그러나, CZT 검출기 내에서 전자와 양전자의 mean free path가 짧기 때문에 높은 에너지의 감마선 입사시 에너지 스펙트럼에 peak이 만들어지지 않는 단점을 가지고 있다. 이를 전극 구조를 통하여 해결할 수 있다고 알려져 있다. 다양한 구조의 strip 전극을 가지는 CZT 검출기 (pitch : 2 mm, 1 mm, 0.5 mm)를 제작하고 에너지 스펙트럼의 변화를 측정하였다. 각 전극 신호를 처리하기 위하여 hybrid chip을 이용한 8 channel analog 신호 처리부분을 구성하였으며, 증폭된 신호는 ADC (analog-to-digital converter)를 거쳐서 PC에 저장하였다. strip 전극 구조에 의하여 에너지 스펙트럼 상의 낮은 에너지 부분이 감소함을 확인할 수 있었다.

* Acknowledgements : This work has been carried out under the nuclear R&D program of the Ministry of Education, Science and Technology (MEST) of Korea and the Eco-technopia 21 Project of the Ministry of Environment (ME) of Korea. We are also partly supported by the iTRS Science Research Center/Engineering Research Center program of MOST/Korea Science and Engineering Foundation.

Cp-033 플라즈마 진단용 고계수능 4분할형 위치민감 검출기 개발과 활용 천종규, 문명국, 이상곤¹, 박준교¹, 남옥원² (한국원자력연구원, 중성자과학연구부. ¹국가핵융합연구소. ²한국천문연구원.) 핵융합로 토카막의 안정적인 운전을 위해서 플라즈마의 이온 온도 측정은 필수적이다. XICS(X-ray Imaging Crystal Spectrometer)는 이온 온도를 측정하는 플라즈마 진단장치이다. 이 장치는 토카막 안에 미량 주입한 Ar이 방출하는 특성 X선의 도플러 퍼짐을 관찰함으로써 이온 온도를 측정한다. 전통적인 검출기 시스템의 전역 계수 한계는 400 kcps인 데 XICS에서 검출해야 할 X선의 총계수능은 약 2Mcps 이상이다. 계수능을 향상하기 위해 검출회로를 4개로 분할한 위치민감 검출기를 개발하였다. 본 발표에서 4분할형 위치민감 검출기의 제작과정과 실험결과를 보고한다.

■ SESSION: P2

10월 24일(금), 11:00 - 12:45

장 소: 제3전시장

Gp-001 내부전반사를 이용한 매질의 굴절률 측정

김석원, 이재란, 손정진(울산대학교 물리학과) 굴절률은 여러 가지 유형의 광학 데이터를 해석하기 위해 종종 요구되기 때문에 그 측정법 또한 다양하게 제안되어 있다. 그 중에서 프리즘을 이용한 굴절률 측정법은 대학 실험실에서 흔하게 사용되는 방법이다. 본 연구에서는 프리즘 매질 내부에서 전반사되는 빔의 입사각에 따른 광의 세기 변화율을 통해 매질의 굴절률을 구하였다. 파장이 532 nm인 Nd:YVO₄ 레이저는 등변 프리즘 매질(BK7, SF10) 경계면으로 입사되어 굴절되고, 이웃하는 다른 면에서는 반사와 굴절을 겪게 된다. 회전 플랫폼의 회전에 의해 입사각 변화가 일어나면 프리즘 내부에서 전반사가 일어나는 영역이 발생한다. 매질에서 내부 반사를 겪고 이웃한 다른 면으로 굴절되어 나오는 빛을 pin-photodiode (Hamamatsu S1226-8BQ)로 받아 멀티테스터(Agilent 34401A)로 측정하고 임계각 부근에서 빛의 세기 변화를 확인하여 굴절률을 구하였다. 측정된 매질의 굴절률은 문헌값과 0.001 ~ 0.0003의 차이를 보였다. 본 연구는 굴절률 측정의 한 방법으로 제안되었지만, 학부 수준에서 내부 전반사를 소개하는 방법으로 활용될 것이다.

Gp-002 AC 자기장에 의한 자기광학 매질의 Faraday 회전 측정

김석원, 김우영, 천우현(울산대학교 물리학과) 선편광된 빛은 자기장 속에 있는 매질을 통과할 때 편광면이 회전된다. 이때, 회전 각도는 매질의 특성인 Verdet 상수와 매질의 길이, 빛의 전파 방향을 따라 형성되어있는 자기장의 세기의 영향을 받는다. 본 연구에서는 Faraday 회전의 정확한 측정값을 얻기 위해 AC 자기장을 이용하는 방법에 대한 실험적인 과정을 논하였다. 파장이 632.8 nm인 He-Ne 레이저를 선편광시켜 AC 자기장 내부에 있는 매질 BK7을 지나게 하고 검광자를 통과시켜 변조된 신호를 검출기에 도달시켰다. Lock-in amplifier(SR5110)를 이용하여 AC 자기장을 만들기 위해 솔레노이드에 AC 전압을 공급하였고, AC 자기장과 검광자에 의해 변조된 빛의 세기를 검출기를 통해 받아들여서 신호의 진폭과 위상차를 측정했다. 공급 전압의 rms 값, 검출기 신호의 진폭과 위상차들을 Labview 프로그램으로 수집하여 분석하였다. 본 연구는 AC 자기장의 영향을 받는 자기광학 매질의 Faraday 회전을 정확하게 측정하고, 상급 과정의 대학생에게 Lock-in amplifier를 소개하여 컴퓨터 기반의 신호 획득과 data 분석 방법들을 습득시키는데 교육적 가치가 있다.

Gp-003 일반 물리 실험에서 나타나는 그래프의 작성과 해석 문제점 분석

정해경, 윤성현(한국교원대학교 물리교육과) 본 연구는 예비교사의 일반물리 실험에서 나타나는 그래프 작성과 해석의 문제점을 분석하는 것을 목적으로 한다. 이를 위해 현재 사범대학에 재학중인 일반물리 실험1의 수강생을 대상으로 다섯 종류의 실험에 대한 보고서를 분석하였다. 조사 결과 그래프의 형태와 요소들을 적절하지 않게 선택하여 작성한 경우가 많이 나타났으며, 이는 소프트웨어를 활용하여 그래프를 그렸을 경우에도 나타난다. 또한 작성한 그래프를 바탕으로 자료해석을 하지 않는 경우가 있다. 그래프가 탐구과정의 한 요소로서의 역할을 하

지 못하고 얻은 자료의 해석보다 사전지식에 의거하여 결론도출이 이루어지는 경우이다. 이런 현상은 학생이 그래프 작성과 이를 바탕으로한 해석에 대한 불명확한 기준을 가지고 있기 때문으로 여겨지며 따라서 이에 대한 적절한 지도 방안이 마련되어야 할 것으로 생각된다.

Gp-004 전류 보존 실험에서 학부생이 겪는 어려움에 대한 연구

신광문, 이경호, 이성목(서울대학교) 본 연구에서 우리는 학부생들이 전류 보존 실험에서 경험하는 어려움에 대해 알아보고 수업방안을 구성하였다. 학생은 건전지, 전류계, 도선, 전구, 스위치로 이루어진 간단한 직류회로를 구성하여 전구의 양쪽에서의 전류가 보존이 되는가를 확인하는 실험을 수행하였다. 측정 결과 양쪽의 전류값이 동일하지 않음을 발견하고, 학생들은 양쪽에서의 전류의 값이 차이가 나는 이유를 고민하였다. 이 과정에서 학생들이 불확실도와 오차와 관련한 어려움을 나타내는 것을 확인하였다. 실문을 이용하여 학부생들이 경험하는 어려움을 파악한 결과 오차의 필연성과 오차의 원인파악, 오차를 이용한 자료의 해석에 있어 많은 어려움이 드러났다. 어려움을 해소해 주기 위한 수업 보조자료를 제작하여 학부생들에게 교수하였다. 그 결과 학부생들이 도움을 받은 부분과 해결하지 못한 부분에 대한 평가를 얻었고, 이를 바탕으로 오차와 불확실도 교육에 주는 시사점을 얻을 수 있었다.

Gp-005 불확실도 분석이 강조된 실험 수업 설계와 효과

강영창, 신광문, 이성목(서울대학교 물리교육과) 본 연구에서는 불확실도 교육을 위해 필요한 불확실도가 강조된 실험 수업을 설계하였고, 수업 이후 학생들의 반응을 통해 이러한 수업에서 나타나는 효과에 대하여 분석하였다. 각 실험에 필요한 오차 교육을 실시하였고, 정량적인 분석과정에서 불확실도의 고려가 필요한 실험을 선정하여 실험 수업을 실시하였다. 그리고 실험 수업 후, 불확실도의 향상도 측정을 위한 검사를 하였고, 이를 통해 의미있는 향상도를 얻을 수 있었다. 또한 보고서의 분석을 통해 실험 수업을 하며 학생들이 수행한 불확실도 분석 사례를 살펴보고, 이를 통해 효과적인 불확실도 실험 수업의 형태를 제안하였다.

Gp-006 전기 회로 요소에 관한 기초 개념 조사

김소연, 이경숙, 채민, 김중복(한국교원대학교) 전기 회로 요소에 관한 기초 개념 조사 간단한 전기회로에 대한 개념은 현상 중심의 초등학교 '과학' 과목으로부터 고등학교까지 모든 단계에서 반복적으로 가르쳐진다. 그럼에도 불구하고 과학적 개념이 아닌 다양한 학생개념을 가지고 있다고 선행 연구들은 보여준다. 이에 대한 여러 가지 원인을 찾을 수 있겠으나 전류 개념을 익히는데 기본이 되는 전기 회로 요소들에 대한 과학적 개념이 부족하기 때문으로 판단된다. 본 연구는 초등학생, 중학생, 고등학생, 예비교사들을 대상으로 전기 회로 요소들에 대한 기본 개념을 조사하여 이들이 가지는 개념들을 비교하였다. 개발한 설문지는 4개의 하위 차원에 대해 총 30문항으로 구성되었다. 연구 결과 초등학생들은 전지, 전구, 전선에 대한 다양한 개념을 가지고 있었으며 중학생과 고등학생, 예비교사들도 명확하게 이해하지 못하고 있음을 확인할 수 있었다. 이 연구를 통해 전기 회로에 대한 개념변화를 위한 탐구 모듈의 기초를 제공하고 기초물리 개념을 발달시킬 수 있는 예비교사교육 프로그램 개발 방향을 제안하고자 한다.

Gp-007 초등학생의 장 의존-독립적 인지 양식에 따른 자기장의 표현 방식 박종호, 이을수¹, 오영옥, 백남권(진주교육대학교, 과학교육과. ¹진영, 대창초등학교) 선행연구에 의하면 학생들은 자석에 의한 자기장을 다양한 형태의 모형으로 표현하였다. 특히 자석의 가운데 경계지점을 중심으로 해서 자기장을 두 부분으로 나누어서 표현한 형태가 많이 있었는데, 그 이유로는 자석의 중심부분을 기준으로 두 부분으로 나누어 색을 칠하였기 때문에 여기에서 비롯된 자기장의 표현으로 판단된다. 본 연구에서는 이러한 경향을 외부의 영향을 받지 않고 독립적으로 판단하는 장 독립적 인지 양식과 이와 반대로 외부의 영향에 의존하여 판단하는 장 의존적 인지 양식에 의한 것으로 보고, 두 부분으로 구분된 자석과 두 부분으로 구분되지 않은 자석을 각각 학생들에게 제시하여 학생들의 장 의존-독립적 인지 양식 경향에 따른 자석의 자기장의 표현 방식에 대해 알아보았다.

Gp-008 거울과 렌즈가 결합된 초등 광학 실험장치 개발 박종호, 오광택¹(진주교육대학교, 과학교육과. ¹의령, 용덕초등학교) 광학에 있어 거울과 렌즈를 통한 빛의 반사와 굴절에 대한 개념은 초등학교 과학과 교육과정에서 제시하고 있는 기초적인 과정이다. 이 단원에서는 오목거울과 볼록거울을 통해 빛의 반사에 대한 개념을 소개하고 있으며, 이와 함께 오목렌즈와 볼록렌즈를 통해 빛의 굴절에 대한 개념을 함께 소개하고 있다. 그러나 이러한 거울과 렌즈에 의한 빛의 반사와 굴절 개념에 대한 기존의 연구에서는 거울과 렌즈라는 도구의 기하학적 모양에 대한 특성을 이해하지 못하여 학생들이 빛의 반사와 굴절에 대한 개념을 혼동하고 있음을 보여주고 있다. 따라서 본 연구에서는 학생들이 현재 실험에서 사용하고 있는 거울과 렌즈를 구분하여 빛의 반사와 굴절에 대한 개념을 이해하도록 하는 방법에서 일어나는 개념에 대한 혼동을 보완하기 위해 렌즈와 거울이 결합된 형태의 기구를 제작하여 학생들이 오목, 볼록 거울과 렌즈에 의해 일어나는 빛의 현상에 대하여 알아보도록 하였다. 오목렌즈와 볼록렌즈의 한쪽 면에 동일한 간격으로 빛을 반사할 수 있는 물질로 줄무늬를 만들어 실험 시 빛의 반사와 굴절을 한번에 관찰할 수 있는 장치를 개발하였다. 이는 학생들이 거울과 렌즈의 기하학적 모양에 의해 일어나는 빛의 수렴과 발산에 대한 현상을 통합적으로 관찰함으로써 학생들이 가지고 있는 개념을 보다 더 쉽게 이해할 수 있도록 함으로써 학습효과를 높일 수 있을 것으로 기대된다.

Gp-009 시각 장애인용 수평잡기 실험도구의 개발 및 적용 박종호, 차현수, 오광택¹, 백남권(진주교육대학교, 과학교육과. ¹의령, 용덕초등학교) 시각장애인은 시각적 관찰을 하는 정상인에 비해서 실험과 관찰에 어려움이 있다. 이러한 어려움으로 인해 과학적 사고와 태도형성에 있어서 올바르지 못한 결과를 초래할 수 있다. 이러한 어려움을 극복할 수 있는 교수방법으로 두 가지 측면에서 접근해 볼 수 있다. 첫째는 교사의 교수 방법의 개선이다. 둘째는 환경적 측면에서의 개선이다. 하지만, 맹학교의 경우 일반인들과 똑같은 교육 과정을 운영하며, 시각장애인용 실험도구의 개발과 보급이 미흡한 편이다. 따라서 본 연구에서는 청각과 촉각을 이용할 수 있는 실험도구를 제작하여 이를 적용해 보고자 한다. 초등학교 과학과의 영역 중 4학년 수평잡기 단원은 실험도구의 개선으로 정상인의 도움 없이도 시각장애인이 스스로 실험을 할 수 있고, 과학적 사고개선에 효과가 있을 것으로 판단되어 지기 때문에 본 실험도구를 제작하고 시각장애인용 학교에 적용

해 시각장애인의 과학적 사고개선과 실험의 독립적 태도에 미치는 영향을 알아보려고 한다.

Gp-010 시대에 따른 완구의 발달과 적용된 물리적 원리: 역학적, 광학적 요소를 중심으로 박종호, 최여진, 오광택¹, 이을수², 백남권(진주교육대학교, 과학교육과. ¹의령, 용덕초등학교. ²진영, 대창초등학교) 학생들은 어렸을 때부터 다양한 완구를 가지고 놀며 자란다. 완구는 학생들에게 친숙한 장난감이기 때문에 학생들의 흥미를 유발시킬 수 있으며 학습의 동기 유발로 사용할 수 있다. 이러한 완구를 통하여 학생들이 어렵게 생각하는 과학 원리를 쉽고 재미있게 공부할 수 있고, 완구 속에 숨겨진 과학적 원리를 자연스럽게 탐구할 수 있다. 완구는 인간의 역사가 시작되었을 때부터 시대적 특징에 따른 형태로 존재하였다. 오래된 과거에서부터 현대에 이르기까지 완구의 이름과 형태는 바뀌어 왔으나 그 속에서 동일한 과학적 원리를 찾아낼 수 있다. 또한 현대 사회로 오면서 여러 가지 물리적 요소가 혼합된 복합형 완구의 발달 등 시대에 따른 과학의 발달로 인한 완구의 특징 변화를 알 수 있다. 본 연구에서는 물리적 원리가 적용된 완구를 역학적, 광학적 요소를 중심으로 완구의 시대적 발달 과정을 조사하였다.

Gp-011 인문 지리학적 구분에 따른 각 문화권내 놀이의 과학적 원리 분석 박종호, 노유정(진주교육대학교, 과학교육과.) 아동의 인지구조는 동화와 조절을 반복하며 발달하게 된다고 한다. 마찬가지로 놀이에서도 아동들은 인지구조 발달에 필요한 동화와 조절이라는 기제를 사용한다. 아동들이 놀이에서 동화와 조절이라는 기제를 사용할 때에는 놀이의 무의식성과 자발성이라는 특성으로 인해 기쁨과 즐거움을 느끼게 된다. 아동들이 놀이에서 느끼게 되는 기쁨과 즐거움을 과학교과의 학습에 접목시킨다면 아동들이 지식을 구성해 나가는 과정에서 오는 부담감을 줄이고 흥미를 가지고 자발적으로 과학학습활동에 참여하게 할 수 있을 것이다. 이를 위해서는 놀이 내에서 과학 학습에 사용가능한 원리를 분석하는 것이 선행되어야 할 것이다. 따라서 본 연구에서는 인문 지리학적 구분에 따라 문화권을 나누고 각 문화권내 대표적 놀이를 조사하였으며 이에 따라 각 놀이에서 과학 학습에 사용가능한 과학적 원리를 추출하고 추출한 과학적 원리를 비교·분석하였다.

Gp-012 Anemoscope of a single vane for a constant wind 배새벽, 모도영¹(KAIST, 과학영재교육연구원. ¹KAIST, 물리학과.) Due to the familiarity and interestingness of a weather vane, we study the motions by constructing its simplified model with a single vane. There are two fixed points of parallel and anti-parallel configurations relative to a constant wind velocity. The weather vane oscillates losing its energy around the anti-parallel configuration, which is the unique stable fixed point. It can be interesting that damping mechanisms exist intrinsically for both the configurations even in the absence of any friction from, for example, the rotational axis. The geometrical method including the phase portrait seems to favor that there is no periodic solution.

Gp-013 물리교육 완구인 슬링키의 자유낙하운동 분석 김경대, 송형귀¹, 홍석진¹(KAIST, 과학영재교육연구원. ¹한국과학영재학교) 학생들의 장난감으로 많이 사용되는 슬링키

(Slinky)는 용수철의 탄성력을 이용하여 만들어진 완구이다. 슬링키는 단순한 완구일 뿐이 아니라 역학적 운동, 탄성력 등의 다양한 물리적 개념과 관련된 현상을 관찰할 수 있는 물리교육용 완구이다. 슬링키는 단순히 물리학에 흥미를 갖고 있는 학생들에게 파동 현상의 개념이해에 활용되기도 하고, 움직이는 슬링키의 질량 중심을 구하거나, 궤형을 구하는 등 물리 개념을 깊이 있게 이해하는 실험에도 사용되고 있다. 이 연구에서는 자유낙하하는 슬링키의 운동을 분석하기 위하여 초고속 카메라를 사용하여 관찰하였고, 비디오 분석을 통하여 낙하운동을 분석하였다. 또한 다른 일반적인 물체의 자유낙하 운동과 함께 비교하여 분석하였다.

Gp-014 Air Shower Events of High-Energy Cosmic Rays Measured at the North Side of Seoul 조 우람, 권 영준, 조 일성, 양 종만¹, 남 신우¹, 김 보금¹, 임 선인¹, 이 윤의¹, 이 슬기, 정 유진², 박 소희², 홍 경희³, 고 유경³, 김 보경³, 손 근배³, 심 형준³, 오 한슬³, 이 수양³, 이 정준³, 방 형찬⁴, 천 병구⁵(연세대학교 물리학과. ¹이화여자대학교 물리학과. ²경기북과학고등학교. ³한성과학고등학교. ⁴서울대학교 물리학과. ⁵한양대학교 물리학과.) COREA (COsmic ray Research and Education Array) collaboration have installed an array of three detector stations in Hansung Science High School for the measurement of air-shower events from high-energy cosmic rays. Each station consists of four plastic scintillation detectors covering the area of 2 m². Coincidence signals from any two detectors in a station are recorded as single-station events, together with absolute GPS time information of the events. Air-show-

er events have been successfully selected using the time difference of station events. The preliminary results of the data analysis is presented.

Gp-015 Theoretical Calculation of the First-class Levers KIM Taekyu (Jeonju National University of Education, Department of Science Education.) The title of Convenient Tool in the 6th grade primary school science involves the experiments with the lever, the pulley, the inclined plane, and the wheel and axle. There are inevitable difference of the measured value and the calculated. In education field in primary school, teachers have suffered the explanation for the difference of the measurement and the theory. In the experiments of lever, the elementary children had computed the effort with the equation of $m_2 = m_1 * x_1 / x_2$, where m_1 and m_2 are the resistance and effort, respectively, and x_1 / x_2 is the ratio of the distance between resistance and fulcrum position to that between effort and fulcrum. The used equation does not include the variable of lever mass which does not ignore in the experiments. Equation of effort with the lever mass is derived to be $m_2 = m_1 * x_1 / x_2 + 1/2 * (x_1 / x_2 - 1) * M$, where M is the mass of lever. For the case of $x_1 / x_2 < 1$ and > 1 , the effort decreases and increases, respectively, as the lever mass decreases. For the case of $x_1 / x_2 = 1$, the effort is independent on the lever mass. Based on the theoretical equation, the experimental tools and materials are prepared for the “good” experiments.

■ SESSION: P2
 10월 24일(금), 11:00 - 12:45
 장 소: 제3전시장

Lp-001 Anthropic Expectation For Cosmological Constant Using History Of Milky Way And Local Group HONG Sungwook, STEWART Ewan, ZOE Heeseung(한국과학기술원 물리학과.) We calculate the typicality of observed cosmological constant $T_+(\Lambda_0) \sim 5\%$ by counting the number density of galaxies with the same mass of the Milky Way at 13.7 billion years(now), which is much smaller than previously well-known result by summing all gravitationally collapsed objects greater than the Milky Way at $t \rightarrow \infty$ ($T_+(\Lambda_0) \sim 22\%$). We also introduce the calculation method of anthropic probability distribution by counting the number density of objects satisfying two-point time-mass profile, based on the extended Press-Schechter formalism. Using this method we show the contour diagrams of typicality in time-mass plane with final state of both the Milky Way and the Local Group, and argue the possible constraints capable in each cases.

Lp-002 Spherical Collapse of Uniform Fluid in Schwarzschild Background KIM Kyungmin, LEE Hyun Kyu(Hanyang University.) We discuss a model of gravitational collapse of spherical object with uniform density ρ and pressure $p = \alpha \rho$.

Lp-003 General Relativistic Core Collapse in Spherical Symmetry 박 동호(서울대학교 물리천문학부.) We developed one dimensional general relativistic hydrodynamic code to simulate the dynamics of the iron core collapse at late stages of stellar evolution. Based on the numerical results we try to explain why prompt black hole forming is not plausible.

Lp-004 초신성 폭발 직후의 쌍성계 궤도 특성: R-mode 불안정성의 영향 송 두중(한국천문연구원.) 초신성 폭발 후 새롭게 태어난 중성자별을 포함하는 쌍성계 (post-SN 쌍성계)의 궤도 특성의 변화를 해석적으로 살펴보았다. Post-SN 쌍성계의 특성을 변화시키는 주된 요소로 쌍성계의 중력파동 복사와 얽고 뜨거운 중성자별의 r-mode 불안정성을 고려하였고, 쌍성계의 궤도 요소인 간격 a 와 이심률 e 에 대한 진화방정식을 만들었고, 그 해를 살펴보았다. 이것을 바탕으로 쌍성계 간격 a 의 분포함수를 공부하였다.

Lp-005 Very Long Baseline Interferometry Observation of MFN99 2151+431 KIM Soon-Wook(Korea Astronomy and Space Science Institute.) The very long baseline interferometry with dual-beam telescope requires limited angle between two beams, for example, of 2.2 degree in the case of the VERA, Japanese VLBI system, which often makes hard to adopt available appropriate calibrators for the target sources. Therefore, searching for such calibrators is very important in the dual-beam VLBI. We present our search for those calibrators for VERA observations we have carried out for last

few years.

Lp-006 VERA Observations of 2007 and 2008 Flares in Cygnus X-3 KIM Jeong-Sook, KIM Soon-Wook¹(Kyunghee University & Korea Astronomy and Space Science Institute. ¹Korea Astronomy and Space Science Institute.) We present our 2007-2008 observations of very long baseline interferometry for a black hole candidate microquasar Cygnus X-3, with VERA, Very long baseline interferometry of Radio Astrometry, Japanese first VLBI facility. In 2007, we successfully observed Cygnus X-3 during two major flares with expanding jet-like images. In 2008, we caught Cygnus X-3 in a peculiar X-ray state. We discuss observed features and related physics in 2007-2008 observations.

Lp-007 Status of JEM-EUSO Telescope Project 서정은, 정애라, 남신우, 박일홍(이화여자대학교 물리학과.) JEM-EUSO (Japan Experiment Module - Extreme Universe Space Observatory) is a wide field-of-view ($\pm 30^\circ$) telescope to be installed on the international space station for the observation of ultra-high energy cosmic rays including extreme energy neutrinos. It measures UV fluorescence light generated in extensive air showers by using two double-sided curved-Fresnel lenses covering 250km radius circle of the ground area. The signal of ~ 1300 PMT channels in the focal plane are continuously feed into the fast trigger electronics that selects interesting shower events by patterning the trace of shower track. We report the status of the telescope construction and recent development of the trigger algorithm.

Lp-008 Study of Extensive Air Shower Finder at TA experiment SHIN Bokkyn, CHO Eunjung, KIM Jihyun, KIM HangBae, CHEON ByungGu(Hanyang Univ, Dept of Physics.) The Telescope Array (TA) experiment uses a hybrid detection system comprised of a surface detector (SD) array and fluorescence detectors (FD). The SD array employs scintillation counters and measures lateral distribution of shower particles. The FDs are based on the air-fluorescence detection technique and measure longitudinal developments of the electromagnetic component of extensive air showers (EAS). Therefore we can observe ultra high energy cosmic ray (UHECR) showers at the same position with different detection methods, and we determine primary energies of UHECRs in good accuracies. We have developed software package of EAS Finder for the FD detectors of the TA experiment in the Utah desert. We present detailed descriptions of how to select the EAS events from raw experimental data.

Lp-009 시간 $t = 0$: 상대성의 불연속점 JEONG Junho, KIM Gwi-yeol¹(Changwon National University, Department of Physics. ¹University of Ulsan, School of Electrical Engineering.) 상대성이 성립되기 위해서는 3가지 요소 [O 관성좌표계의 원점에 있는 관찰자 A, v_0 로 움직이는 O' 관성좌표계의 원점에 있는 관찰자 B, 그리고 관찰자 A와 B가 물리량을 측정할 사물(사건)]가 필수 불가결이다. 갈릴레오 상대성과 특수상대성에서 쌍둥이 역설 마이컬슨-몰리 실험은 이 3가지 요소를 포함하고 있는지를 연구하였다.

P2
 포
 스테
 션

물리학에서 l 는 길이의 차원이고, n 는 시간의 차원이다. 그래서 우리는 $c = ln$ 라고 정의할 수 있고, 관찰자가 움직이면서 빛을 보면 도플러 효과에 의해 $l'n'$ 로 변한다. 이것의 물리적 의미는 빛은 상수이므로 $c = l'n'$ 이 되기 위해서는 거리차원(l')이 변하면 반드시 시간차원(n')이 동시에 변하여야 만이 빛의 속도가 상수가 됨을 알 수 있다. 이 사실은 움직이는 좌표의 관찰자가 $v_0 < c$ 이든 $v_0 \ll c$ 이든 상관없이 시간지연과 거리수축도 항상 존재함을 알 수가 있다.

일반적으로 $v_0 < c$ 일 때만 시간지연과 거리수축이 존재한다고 믿고 있지만 $v_0 \ll c$ 에서도 시간지연과 거리수축이 측정됨을 연구하였다. 마지막으로 Lorentz Transformation이 성립하기 위해 주어진 초기조건(Assumption)으로부터 상대성이 시간 $t = 0$ 에서 불연속임을 수학적으로 증명됨을 발표할 것이다.

*본 연구는 한국학술진흥재단 중점연구소지원사업 (과제번호: KRF-2007-412-J00902)으로 지원되었으며, 지원에 감사 드립니다.