

구두발표논문 초록

■ SESSION: B [BG1]

4월 17일(목), 12:30 - 13:45

장 소: 106호

B-01 Holographic Model for Baryons at Finite

Temperature PARK Cheonsoo, HONG Deog Ki, AHN Hyochul (부산대학교 물리학과.) We study baryons at finite temperature in the context of AdS/QCD. By introducing the 5-dimensional AdS-Schwarzschild metric with an IR cutoff, we extend the holographic model for baryons proposed at zero temperature to the model at finite temperature and compute the mass spectrum of the nucleons and their couplings to mesons, taking full account of the effects from the chiral symmetry breaking.

B-02 Baryon Mass in medium with Holographic QCD

SEO Yunseok, SIN Sang-Jin(Hanyang University.) We study the baryon vertex (BV) in the presence of medium using DBI action and the force balance condition between BV and the probe branes. We note that a stable BV configuration exists only in some of the confining backgrounds. For the system of finite density, the issue is whether there is a canonical definition for the baryon mass in the medium. In this work, we define it as the energy of the deformed BV satisfying the force balance condition (FBC) with the probe brane. With FBC, lengths of the strings attached to the BV tend to be zero while the compact branes are elongated to mimic the string. We attribute the deformation energy of the probe brane to the baryon-baryon interaction. We show that for a system with heavy quarks the baryon mass drops monotonically as a function of density while it has minimum in case of light quark system.

B-03 On The Construction Of AdS₃ Solutions In IIB

Supergravity And Their Regularity 김 낙우(경희대학교 물리학과.) It is recently established that any supersymmetric D3 brane solution in IIB supergravity can be expressed locally as a warped U(1)-fibration over Kahler base satisfying a particular higher-order equation. Explicit solutions are obtained using the Calabi-type ansatz for the Kahler base space, which are made regular through an ingenious redefinition of the angular variables. In this presentation we report that such a procedure in fact can be applied to a larger class of solutions, and their regularity can be checked even if we do not have explicit solutions.

B-04 Multi-BPS DF-strings and Magnetic Flux

김 윤배, 김 태경, 조 인용, ISHIDA Akira(성균관대학교 물리학과.) We consider the system of D3-brane and anti-D3-brane pair in the coincidence limit and examine rigorously the BPS nature of static multi-DF-strings in the presence of magnetic flux. The low energy effective theory involves a complex tachyon and U(1)_XU(1) gauge fields, and is described by the Dirac-Born-Infeld type action and the action from the boundary string field theory of superstrings.

B-05 KKLt type moduli stabilization from the Heterotic

String and its phenomenology 신 서동(KAIST 물리학과.) 헤테로틱 끈이론 구조에서 dilaton을 안정화시키는 방법을 제시한다. 이 경우 초대칭을 깨는 안정화된 민코스키 진공을 얻기 위해서 Type 2B 끈이론에서 gaugino 응축과 up-lifting에 해당하는 섹터를 또한 필요로 한다. 여기서 제시된 방법에 기초하여 soft term들을 구하면 다양한 mirage pattern과 유사한 모습을 보여주는 스펙트럼을 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

■ SESSION: B [BF1]

4월 17일(목), 12:30 - 14:15

장 소: 107호

BF-01 Neutrino phenomenology

CHUN Eung Jin (KIAS.) 지난 10년간의 중성미자 실험 발전에 힘 입어, 우리는 대기와 태양 중성미자의 진동 현상으로부터 질량 제곱 차이, 섞임 각도 각각 두 개의 상수를 기대 이상의 정확도로 알게 되었다. 이 강연에서는 우선 최근까지 발전된 여러 가지 중성미자 실험 결과를 요약하고, 아직 알려지지 않은 상수들인 1-3 각도, CP 깨어짐, 대기 중성미자 질량 제곱차의 부호, 절대 질량 등을 결정하는 장래 실험들에 대해 살펴 본다. 앞으로 얻어질 중성미자의 성질에 대한 여러 가지 정보들은 표준 모형을 넘어서는 근본 이론을 탐색하는 데 중요한 역할을 할 것이다. 이 강연의 후반부에서는 중성미자의 성질을 설명해 주는 이론들은 어떠한 것들이 있는가, 가속기 실험에서 이들 이론들을 어떻게 검증 할 수 있는가 에 대한 논의를 하고자 한다.

BF-02 The Prospects for Neutrino Physics at the

Spallation Neutron Source HUNGERFORD Ed(University of Houston.) The Spallation Neutron Source (SNS) at the Oak Ridge National Laboratory is presently being commissioned. It consists of a 1 GeV proton driver with 1 MW of power. In addition to the copious production of neutrons, it will also be the most intense source of neutrinos between the energies of a few to approximately 50 MeV. This energy range overlaps the spectrum of neutrinos produced in supernova, and provides a unique opportunity to experimentally study neutrino interactions of astrophysical interest. A program to measure both charge and neutral current reactions on nuclei has been proposed and now awaits funding. The proposed experiments and the potential physics to be addressed will be explored in this presentation.

BF-03 Current Status of RENO Experiment

KIM Yeongduk, FOR RENO¹(Sejong University. ¹collaboration.) RENO (Reactor Experiment for Neutrion Oscillation) is an experiment under construction near Yeonggwang nuclear power plant. The purpose of the experiment is to measure the θ_{13} , third mixing angle yet to be measured. In this report, we will describe the current status of the preparation of the RENO experiment.

■ SESSION: B [BG2]

4월 17일(목), 14:30 - 16:00

장 소: 106호

B-06 Shower Shape Analysis Study for CMS electron

Identification 김 지은, 공 대정, 김 동희, FUTYAN David¹, VANLAER Pascal²(¹경북대학교 물리학과, ²Imperial College, ³Univ. of Brussel.) In high energy physics experiments electromagnetic calorimeters (ECal) have been widely used to identify electrons (or positrons, also photons) by measuring the energy of the shower. The hadronic showers are known that mostly inelastic hadronic interactions were caused producing multiparticle. The electron shower shapes are developed discriminating against jets due to the different physical processes and the energies are deposited in the ECal. The CMS detector consists of 2 preshowers, ECal and HCal in the endplug region ($1.6 < \eta < 2.6$). We present the status for the combining information from the four longitudinal layers in order to gain additional discriminating power in comparison with a simple HCal/ECal ratio which has been used up to now.

B-07 Momentum Measurements of Secondary Particles

with ECC in DONuT Experiment PARK Byung Do, SONG Jin Sop¹, YOON Chun Sil¹(¹Nagoya University, ²Gyeongsang National University.) The charged particles traversing mediums are deflected by many small-angle scatters and most of these deflections are known as Multiple Coulomb Scattering (MCS). In order to measure momenta of charged particles by MCS method, high position accuracy and angular resolution are very much required. Nuclear Emulsion satisfies these conditions due to submicron spatial resolution. We applied this method to the secondary particles from neutrino interactions in DONuT experiment. In the experiment, 578 neutrino interactions were observed in ECC(Emulsion Cloud Chamber) target, and 2338 secondary charged particles were emitted from the neutrino interactions. By the analysis magnet and drift chamber, only 689 tracks (~29%) out of emitted particles from the interactions were possible to measure their momenta. This is because both geometrical and reconstruction efficiencies of those detectors were very low. To overcome this problem, we have tried to use MCS method in ECC. With use of this method, 83.2% of the tried particles were successfully measured their momenta. This is the first application to real particles emitted from neutrino interactions. Therefore momentum measurements is possible only by MCS data in ECC target without other electronic detectors. The method will be applicable to OPERA experiment, which is a long baseline neutrino oscillation experiment.

B-08 Liquid Scintillator R&D for RENO

이 재승, 김 수봉, 김 현수, 박 강순, 박 정석, 신 경하, 최 선호, 황 원석, 공 대정¹, 김 동희¹, 김 우영¹, STEPANYAN Samuel¹, 서 준석¹, 칸 아딜¹, 김 안드레이¹, 박 인곤², 박 명렬³, 안 정근⁴, 이 효상⁴, 권 은형⁵, 김 동현⁵, 박 차원⁵, 백 승록⁵, 유 인태⁵, 최 수용⁵, 최 영일⁵, 강 운구⁶, 김 영덕⁶, 마 경주⁶, 전 은주⁶, 김 성현⁷, 김 재률⁷, 주 경광⁷, 임 인택⁷, 장 지승⁷,

정 인석⁷, 오 영도⁸, N. Danilov⁹, YU. Krylov⁹, G. Novikova⁹, E. Yanovich⁹(¹서울대학교, ²경북대학교, ³경상대학교, ⁴동신대학교, ⁵부산대학교, ⁶성균관대학교, ⁷세종대학교, ⁸전남대학교, ⁹포항공대, ⁹INR/ICPE.) We present the results of liquid scintillator (LS) R&D for RENO (Reactor Experiment for Neutrino Oscillation). The Gadolinium loaded liquid scintillator (GdLS) samples are made based on LAB (Linear Alkyl Benzene) with PPO and bis-MSB as fluor and wave length shifter, respectively. The light yield and attenuation length of GdLS samples are measured regularly for the long term stability test. The compatibility test of detector materials with GdLS are performed. The concentration of radiopurities (40K, 232Th and 238U) in GdLS is measured by ICP-MS and the single event background rates are estimated by Monte Carlo simulation using the measured concentration. We are designing LS handling and transportation system to handle large amount of LS and GdLS.

B-09 Studying the Silicon Photomultiplier in Geiger

photon counter mode 이 해영, 나 고은, 김 지은, 남 신우, 이 직, 박 일흥, 박 재형(¹이화여자대학교) The Silicon Photomultiplier (SiPM) is a multipixel semiconductor photodiode. All multipixels of SiPM are joined on common substrate. The Gain is the same level as conventional photomultiplier tubes(PMT). The micropixels on the same substrate are electrically isolated from each other by poly silicon resistors and trench. Each micropixel is working in limited Geiger mode as "binary" devices. The pixel's signals are ganged together by aluminum strips. We will present design, device simulations and fabrication of SiPM. We also present the test results for SiPM.

B-10 A Test Beam Result of CMS Electromagnetic

Calorimeter in 1.4 <eta < 3 공 대정, 김 지은, 장 성현, 김 동희, BEAUCERON Stephanie¹(¹경북대학교 물리학과, ²CERN.) The endcap electromagnetic calorimeter of compact muon solenoid (CMS Endcap ECAL) consists of identically shaped lead-tungstate (PbWO₄) crystals grouped in supercrystals(5x5 crystals), which covers 1.4 <eta < 3 region. The energy correction has been applied to each crystal with a test beam according to various electron energies during summer 2007. Energy deposited in Ecal is reconstructed by clustering of crystals. The energy contained in the cluster varies with the shower position. We present energy corrections to the towers ECAL Endcap using a test beam.

B-11 Mockup detector of RENO

박 강순, 공 대정¹, 김 동희¹, 김 우영¹, STEPANYAN Samuel¹, 서 준석¹, KHAN Adil¹, KIM Andrey¹, 박 인곤², 박 명렬³, 안 정근⁴, 이 효상⁴, 김 수봉, 김 현수, 박 정석, 신 경하, 이 재승, 최 선호, 황 원석, 권 은형⁵, 김 동현⁵, 박 차원⁵, 백 승록⁵, 유 인태⁵, 최 수용⁵, 최 영일⁵, 강 운구⁶, 김 영덕⁶, 마 경주⁶, 전 은주⁶, 김 성현⁷, 김 재률⁷, 주 경광⁷, 임 인택⁷, 장 지승⁷, 정 인석⁷, 오 영도⁸, DANILOV N.⁹, KRYLOV Yu.⁹, NOVIKOVA G.⁹, YANOVICH E.⁹(¹서울대학교 물리학과, ²경북대학교 물리학과, ³경상대학교 물리학과, ⁴동신대학교 물리학과, ⁵부산대학교 물리학과, ⁶성균관대학교 물리학과, ⁷세종대학교 물리학과, ⁸전남대학교 물리학과, ⁹포항공과대학교 물리학과, ⁹INR/

IPCE) 영광원자력발전소를 이용하여 미측정된 중성미자 진동 변환상수를 알아 내려는 RENO 실험의 검출기 설계를 토대로, 축소형 검출기를 제작 중에 있다. 이 축소형 검출기는 Liquid Scintillator와 10 인치 광증폭관을 주요 부품으로 제작 된다. 이 검출기의 제작 목적은 검출기의 성능 검증 및 검출기의 설치 과정을 사전에 경험하여 설계의 수정과 성공적 설치 계획을 수립하고자 한다. 본 발표에서는 이 축소형 검출기의 설계와 제작 과정을 설명 하게 된다.

■ SESSION: B [BF2]

4월 17일(목), 14:30 - 16:15

장 소: 107호

BF-04 Integrability in AdS/CFT correspondence 안 창

림(이화여대 물리학과) AdS/CFT의 가측분성은 베타안짜쌍방 법을 통한 N=4 초대칭 양밀즈이론의 비섭동적 계산과 초끈이론의 정확한 해를 구함으로써 세계적으로 주목받고 있는 연구주제이다. 여전히 양-밀즈이론에서 발생하는 Wrapping문제, 초끈이론의 양자화 등 해결이 안된 문제들이 많지만 최근 가측분 양자장론의 산란행렬방법을 이용하여 이를 해결하기위해 많은 연구들이 집중되고 있다. 본 강연에서는 이 주제들에 대한 간략한 소개와 앞으로 진행될 연구방향을 살펴보기로 한다.

BF-05 Black holes in AdS 현 승준(연세대 학교 물리

학부) At the beginning, we explain the relevance of two-dimensional black holes in the study of black holes. Then we consider some classes of two-dimensional charged black hole solutions in various higher derivative gravity theories. In the macroscopic, gravity side, approach we use Sen's and Wald's formalism to obtain entropy and free energy. We compare these results with those from microscopic, gauge theory side, approach wherever available.

BF-06 Emergent Spacetime and The Origin of Gravity 양 현석(고등과학원)

We argue that a field theory defined on noncommutative (NC) spacetime should be regarded as a theory of gravity, which we refer to as the emergent gravity. A whole point of the emergent gravity is essentially originated from the basic property: A NC spacetime is a (NC) phase space. This fact leads to two important consequences: (I) A NC field theory can basically be identified with a matrix model or a large N field theory where NC fields can be regarded as master fields of large N matrices. (II) NC fields essentially define vector (tetrad) fields. So they define a gravitational metric of some manifold as an emergent geometry from NC gauge fields. Of course, the pictures (I) and (II) should refer to the same physics, which should be familiar with the large N duality in string theory. The $1/N$ corrections in the picture (I) correspond to the derivative corrections in terms of the noncommutativity theta for the picture (II).

■ SESSION: B [BG3]

4월 17일(목), 16:30 - 18:00

장 소: 106호

B-12 Custodial bulk Randall-Sundrum model and

$B \rightarrow K^* l^+ l^-$ SONG Jeonghyeon, KIM C.S.¹, CHANG Sanghyeon¹ (건국대, 물리학과, ¹연세대, 물리학과) The custodial Randall-Sundrum modelbased generates new flavor-changing-neutral-current (FCNC) phenomena at tree level, mediated by Kaluza-Klein neutral gauge. Based on two natural assumptions of universal 5D Yukawa couplings and no-cancellation in explaining the observed standard model fermion mixing matrices, we determine the bulk Dirac mass parameters. Phenomenological constraints from lepton-flavor-violations are also used to specify the model. From the comprehensive study of $B \rightarrow K^* l^+ l^-$, we found that only the ee decay has sizable new physics effects. The zero value position of the forward-backward asymmetry in this model is also evaluated, with about 5% deviation from the SM result. Other effective observables are also suggested. For the first KK gauge boson mass of 2-4 TeV, we can have about 10-20% deviation from the SM results.

B-13 Spin effects in SUSY cascade decays 김 영균(한

국과학기술원 물리학과) We study the two-body decay of a polarized neutralino, $\tilde{\chi}_0^0(n^*) \rightarrow \tilde{\chi}_1^0 + Z$. It is shown that the decay mode provides a probe of Majorana nature and spin information of the neutralinos.

B-14 Higgs Bosons in the Nonminimal Supersymmetric

Model 함 승우, 오 선근¹(경북대, CHEP, ¹건국대, 물리학과) In the supersymmetric models, the source of the CP mixing between the scalar and pseudoscalar Higgs bosons is the complex phases arising from the soft supersymmetric breaking parameters. The Higgs sector of the nonminimal supersymmetric standard model is investigated within the context of the explicit CP violation scenario.

B-15 강입자 충돌기 실험에서 MT_2 관측량을 이용한

초대칭 입자질량의 측정 조 원상, 최 기운, 김 영균, 박 찬범(한국과학기술원) 표준 모형(Standard Model)을 넘어서 새로운 물리이론들중 하나인 R-반전성이 보존되는 초대칭 이론에서는, 거대강입자 충돌기(Large Hadron Collider)실험시에 새로운 초대칭 입자들이 쌍으로 생성되어 붕괴되면서, 마지막으로 초대칭 입자들중 가장 가볍고 안정적인 중성입자쌍(Lightest Supersymmetric Particles-LSPs)을 남길 것이라 예상하고 있다. 그리고 이때 안정적인 중성입자쌍은 입자 관측기 내부에서 붕괴하지 않고 탈출해버릴 것이라 예상된다. 이러한 경우 잃어버린 중성입자쌍의 운동량 정보 때문에 충돌사건 후에 생성된 초대칭 입자들의 질량을 재구성하기가 힘든 것이 사실이다. 이번 연구에서 우리는 MT_2 라 불리는 관측량에 대한 보다 자세한 연구를 수행하여 가상의 잃어버린 중성입자 질량(m_{LSP})을 가정할 때 $M_{T2}(m_{LSP})$ 관측량이 가질 수 있는 최대값($M_{T2}^{max}(m_{LSP})$)의 해석적인 표현식을 유도하였고, 이를 통해 잃어버린 중성입자의 질량과 사건에 관계된 다른 새로운 입자들의 질량관계를 추출해 낼 수 있음을 보였다. 그리고 더 나아

가 만일 이러한 충돌 사건에서 잃어버린 중성입자 이외에, 새로운 초대칭 입자의 붕괴과정에서 나온 관측가능한 입자가 복수개일 경우 $M_{T2}^{\max}(m_{LSP})$ 함수의 양상이 m_{LSP} 가 잃어버린 중성입자의 실제 질량인 지점에서 흥미로운 기울기 변화를 보인다는 사실을 알아내었고 이러한 양상의 관측을 통해 충돌사건에 관계된 초대칭 입자들의 질량을 동시에 측정할 수 있다는 사실을 보였다.

B-16 Gluino Stransverse Mass 박 찬범, 조 원상, 최 기운, 김 영균(KAIST, 물리학과.) 거대 강입자 충돌기(Large Hadron Collider, LHC) 실험에서 관측이 예상되는 새로운 물리 이론들 중 하나인 초대칭 이론의 현상론적 모델인 초대칭 표준 모형에서는 R-패리티가 보존될 경우, 초대칭 입자들이 쌍생성되어 여러 붕괴 단계를 거쳐 가장 가벼운 초대칭 입자(Lightest Supersymmetric Particle, LSP)로 최종 붕괴된다. LSP는 검출기에서 검출되지 않은 채 빠져나게 되고, 이것은 결손 가로 에너지(missing transverse energy)로 나타나게 된다. 그런데, 초대칭 입자들이 쌍생성되어 각각 LSP로 붕괴되므로 우리는 관측량으로부터 곧바로 LSP의 질량과 에너지, 운동량을 얻을 수 없고, 오직 초대칭 입자들 사이의 질량 관계만 얻을 수 있다. 우리는 붕괴 과정에서 생겨나는 표준 모형 입자들의 에너지, 운동량과 결손 가로 에너지를 이용해 계산할 수 있는 M_{T2} 라는 양의 최대값이 조건에 따라 꺾임 구조를 가지는 것을 발견했고, 이것을 통해 붕괴 과정에 관여된 초기 초대칭 입자와 LSP의 질량을 측정할 수 있음을 보였다. 특히, LHC에서는 강력을 매개하는 글루온 입자의 초대칭 짝인 글루이노 입자가 많이 생성될 것이 예상되고, 글루이노는 표준 모형의 페르미온 입자들의 초대칭 짝인 스칼라 페르미온 입자들과의 질량 계층 구조에 따라 다단계 또는 세물체 붕괴를 거쳐 두 개의 쿼크를 내놓게 된다. 이러한 붕괴 과정의 특징에 따라 M_{T2} 의 최대값의 표현식이 달라지게 되고, 특히 다단계 붕괴의 경우 중간에 매개된 스칼라 쿼크의 질량도 결정할 수 있다. 우리는 여러 가능한 초대칭 표준 모형의 샘플들로부터 M_{T2} 양의 몬테칼로 시뮬네이션을 시도했고, 이것이 실제 LHC 실험에서도 유효할 것을 보였다.

B-17 Relativistic Corrections to $J/\psi \rightarrow l^+l^-$ at order α_s BODWIN Geoffrey T., CHUNG Hee Sok¹, LEE Jungil¹, YU Chaehyun¹(*High Energy Physics Division, Argonne National Laboratory.* ¹*Department of Physics, Korea University.*) We compute the color-singlet contributions to the leptonic decay rate of the spin-triplet S-wave heavy quarkonium at order α_s^2 α_s in which relativistic corrections are resummed to all orders in v . This result supersedes a recent theoretical prediction, where relativistic corrections were ignored at order α_s correction terms.

■ SESSION: B [BF3]
4월 18일(금), 09:00 - 10:40
장 소: 107호

BF-07 New Resonances and Search for New Physics from Belle 권 영준(연세대 학교 물리학과.) As a high-precision tool to study electroweak and strong interaction dynamics of heavy-flavor systems, the Belle experiment, using KEKB asym-

metric e^+e^- collision at $\sqrt{s}=10.58$ GeV, has been producing exciting physics results in heavy-flavor physics and CP violation. In this presentation, we will show recent result from the Belle experiment. In particular, we will focus on new resonances discovered by Belle as well as results which are relevant in constraining new physics through rare or forbidden decays of B mesons and tau leptons.

BF-08 Physics issues at Super B factory in the era of LHC KO Pyungwon(KIAS.) I will discuss physics issues at Super B factory, emphasizing its complementary role in the era of Large Hadron Collider (LHC). The topics will include further tests of CKM paradigm, flavor and CP violations in SUSY models and possible connections between the quark and the lepton flavor violations within some SUSY GUT.

BF-09 Detector Issues at Super KEKB Factory Project 천 병구(한양대학교) The Belle experiment using KEKB e^+e^- energy asymmetric collider at KEK laboratory in Japan has been produced lots of fruitful and outstanding flavor physics results. From these achievements, we are planning to launch Super KEKB factory project to search mainly for new phenomena that arise from physics beyond the standard model. In this talk, detector issues in the project will be presented.

BF-10 Accelerator issues at Super-B factory 김 은산(경북대.) We present the accelerator parameters for the Super-B factory with the luminosity of $\sim 10^{35}$. We show the designed lattice and beam instabilities issues such as electron-cloud that are critical to achieve the design goals. We also discuss how large a beam-beam parameter can be achieved in the Super-B factory. We show the impedance budgets and collective effects in the rings.

■ SESSION: B [BG4]
4월 18일(금), 13:00 - 14:45
장 소: 106호

B-18 Study of $B \rightarrow \phi \pi$ decays with 604.555 fb⁻¹ in Belle Experimental. JUNGHYUN Kim(성균관대학교 물리학과 입자물리실험실.) We have search for the charmless decays $B \rightarrow \phi \pi$ from Belle detector. The analysis is based on a data sample of 604.555 fb⁻¹ collected at the $\Upsilon(4S)$ resonance with the Belle detector at the KEKB e^+e^- storage ring.

B-19 The Recent Updates on a Search for Randall-Sundrum Graviton using the mode, $G \rightarrow ZZ \rightarrow \mu^+\mu^-\mu^+\mu^-$ CHUNG J., PARK H.K., KIM G.N., SON D.C.(경북대학교 고에너지물리연구소.) CMS experiment at LHC will begin operation some time in this year, and this experiment will provide searches for high-mass resonance states. Among them, we have

studied Randall-Sundrum graviton with the decay channel, $G \rightarrow ZZ \rightarrow 4 \text{ muons}$. We have used the worldwide CMS Grid-computing resources during CSA07(Computing, Software and Analysis challenge '07) to produce large samples of signal and expected background MC events. In this talk, we will present updated results of this search in the 1 fb^{-1} integrated luminosity.

B-20 Construction of Underground Facility and Detector at RENO 김 성현, 김 재를, 임 인택, 장 지승, 정 인석, 주 경광, 공 대정¹, 김 동희¹, 김 우영¹, 김 지은¹, 사무엘 스테판난¹, 서 준석¹, 아딜 칸¹, 김 안드레이¹, 박 인곤², 박 명렬³, 안 정근⁴, 이 효상⁴, 김 수봉⁵, 김 현수⁵, 박 강순⁵, 박 정식⁵, 신 경하⁵, 이 재승⁵, 최 선호⁵, 황 원석⁵, 권 은향⁶, 김 동현⁶, 박 차원⁶, 백 승록⁶, 유 인태⁶, 최 수용⁶, 최 영일⁶, 강 운구⁷, 김 영덕⁷, 마 경주⁷, 전 은주⁷, 오 영도⁸, N. Danilov⁹, YU. Krylov⁹, G. Novikova⁹, E. Yanovich⁹. (전남대학교 물리학과. ¹경북대학교 물리학과. ²경상대학교 사범대학 물리교육과. ³동신대학교 물리학과. ⁴부산대학교 물리학과. ⁵서울대학교 물리학과. ⁶성균관대학교 물리학과. ⁷세종대학교 물리학과. ⁸포항공과대학교 물리학과. ⁹INR/IPCE.) RENO 실험은 영광원자력발전소에서 방출되는 중성미자를 이용하여 아직도 미측정된 중성미자진동변환상수 (θ_{13})를 측정하기 위해 2010년 초부터 시작하게 될 예정이다. 500톤의 크기를 갖는 2대의 동일한 검출기가 원자로 중심에서부터 근거리(약 290m), 원거리(약 1.4km) 지점의 지하공간에 설치할 계획이다. 지하검출공간의 설계는 2007년 10월에 완성되었으며, 이에 따른 공사는 2008년 4월부터 시작되어 2008년말에 완료될 예정이다. 이 지하공간에 설치될 검출기 및 부대시설의 설계 진행상황에 대해서 발표하게 된다

B-21 Status of KIMS experiment 김 승천, 김 선기, 류 수, 명 성숙, 방 형찬, 이 상은, 이 상준, 이 주희, 최 정훈, 강 운구¹, 김 영덕¹, 이 정일¹, 김 홍주², 소 중호², 정 선우², 이 현수, 권 영준³, 황 명진³, 한 인식⁴, LI Jin⁵, LI Y.J⁵, YUE Q⁵ (서울대학교 물리천문학부 암흑물질 탐색연구단. ¹세종대학교 물리학과. ²경북대학교 물리학과. ³연세대학교 물리학과. ⁴이화여자대학교 과학교육과. ⁵Tsinghua University Department of Engineering Physics.) KIMS collaboration has carried out WIMP, one of dark matter candidates, search using 12 CsI(Tl) crystal scintillators, whose total mass is 103kg in Yangyang underground laboratory. The current background level is around 2cpd(2 count /kg/keV/day). Besides CsI main detectors, we are operating Neutron detector and Muon detector to understand the background events other than WIMP. The recent progress of KIMS project will be reported.

B-22 Neutrino Events in OPERA experiment YOON Chun Sil, SONG Jin Sop, PARK In Gon, KIM Sung Hyun¹, PARK Byung Do² (Gyeongsang National University. ¹Chonnam National University. ²Nagoya University.) In the experimental results for $\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau$ neutrino oscillation, "Direct observation ("appearance") of oscillated ν_τ is still missing. For direct detection of ν_τ after oscillation, an identification of τ lepton from ν_τ CC interactions is essential. Nuclear emulsion detector is very sensitive for this purpose due to its good spatial reso-

lution To get an unambiguous evidence for the oscillation in the parameter region indicated by the atmospheric neutrino disappearance, OPERA experiment is being carried out with use of Hybrid setup (nuclear emulsions + electronic detectors) and a long baseline CNGS (CERN Neutrinos to Gran Sasso) beam ($\nu \geq 17 \text{ GeV}$, $L = 732 \text{ km}$). This kind of methodology is possible by developing the full automated scanning system and new off-line analysis "Net Scan", proved by the DONuT experiment. The CNGS beam is exposed to the ECC (Emulsion Cloud Chamber) target area in Gran Sasso. In the 2007 exposure, 38 events of neutrino interactions were found in the Emulsion target among 365 events passed through the analysis cuts so far. Their analysis is going on and the details of the events will be presented.

B-23 Muon Reconstruction at RENO 전 은주, 강 운구, 김 영덕, 마 경주, 공 대정¹, 김 동희¹, 김 우영¹, 사무엘 스테판난¹, 서 준석¹, 아딜 칸¹, 안드레이 김¹, 박 인곤², 박 명렬³, 안 정근⁴, 이 효상⁴, 김 수봉⁵, 김 현수⁵, 박 강순⁵, 박 정식⁵, 신 경하⁵, 이 재승⁵, 최 선호⁵, 황 원석⁵, 권 은향⁶, 김 동현⁶, 박 차원⁶, 백 승록⁶, 유 인태⁶, 최 수용⁶, 최 영일⁶, 김 성현⁷, 김 재를⁷, 주 경광⁷, 임 인택⁷, 장 지승⁷, 정 인석⁷, 오 영도⁸, N. Danilov⁹, YU. Krylov⁹, G. Novikova⁹, E. Yanovich⁹ (세종대학교. ¹경북대학교. ²경상대학교. ³동신대학교. ⁴부산대학교. ⁵서울대학교. ⁶성균관대학교. ⁷전남대학교. ⁸포항공과대학교. ⁹INR/IPCE.) We developed a muon reconstruction algorithm using the veto and inner detector components at RENO. Based on Monte Carlo simulated through-going muons, we studied the muon identification efficiency, the reconstruction resolution of muon entrance and exit positions, and the reconstructed muon track resolution. The time and charge information of PMTs in both veto and inner detector components are used for the muon reconstruction. The muon identification efficiency is found to be roughly 98%.

B-24 Study of muon induced neutrons in the KIMS experiment 최 정훈, 박 정원, 김 상렬, 김 선기, 김 승천, 명 성숙, 방 형찬, 양 혜영, 이 주희, 이 직, 이 현수, 김 영덕¹, 이 정일¹, 김 홍주², 소 중호², 양 성철², 권 영준³, 황 명진³, 박 일홍⁴, 한 인식⁴, 서 은숙⁵, 이 무현⁵, LI J⁶, ZHU J⁷, HE D⁷, YUE Q⁷ (서울대학교. ¹세종대학교. ²경북대학교. ³연세대학교. ⁴이화여자대학교. ⁵메릴랜드대학교. ⁶IHEP. ⁷Tsinghua University.) Searches for weakly interacting massive particles(WIMPs) can be carried out based on the detection of nuclear recoil energy in CsI(Tl) crystals. Neutron signal is identical to the WIMP signal in CsI(Tl) crystal. Therefore it is crucial to minimize the neutron background and to fully understand the remaining background sources. Some of neutrons can be induced by muons passing through the materials of the shield. Neutron signal induced by muon is detected at the neutron detector in coincidence with muon signal at the muon detector. Using these events we measured neutron rate induced by muons in the KIMS experiment.

■ SESSION: B [BF4]
4월 18일(금), 13:00 - 14:40
장 소: 107호

BF-11 Status of the Korea-CMS Experiment Group 최영일(성균관대학교 물리학과) 한국-CMS 실험 그룹은 2007년 4월 과학기술부의 과학기술국제화기반조성사업 중 다자간협력기반조성사업: "유럽입자물리연구소(CERN)와 협력" 사업으로 연구비를 지원받아 CERN LHC 가속기에서 CMS 실험을 수행 중에 있다. 한국-CMS 실험 그룹의 구성과 연구활동 현황을 소개한다.

BF-12 Physics Perspectives at the Large Hadron Collider 최성렬(전북대학교 물리학과) We give a general and brief review of the most interesting aspects of LHC particle physics and its connection with cosmology.

BF-13 The First Year of Physics at CMS CHOI Suyong(Sungkyunkwan University.) In 2008, the LHC will start proton-proton collisions and CMS will start taking data. The physics programme will be rich and diverse, covering both Standard Model physics and the search for new physics at the Terascale. The physics possible at CMS in the first year will be presented

BF-14 Muon-trigger Resistive Plate Chambers for the CMS/LHC experiment LEE Kyong Sei, AHN Sung Hwan, PARK Sung Keun, HONG Byungsik, HU Rong Jiang, KIM Hyun Cheol, KIM Ji Hyun, KIM Tae Jung, LIM Jung Ku, MOON Dong Ho, RYU Min Sang, SIM Kwang-Souk¹, LIM Jung Ku, BAHK

Sang Yeol², HONG Seong Jong³, KIM Yong Ju⁴, KIM Yong Eun⁵, LEE Seok Jae⁶, NAM Soon Kwan⁷, RHEE Jun Tak⁸(Korea University, Dept. of Physics. ¹Korea University, Dept. Physics. ²Wonkwang University, Department of Physics. ³Seoul National University. Institute of Radiation Medicine. ⁴Cheju National University, Dept. of Physics. ⁵Chungbuk National University, Dept. of Physics. ⁶Seonam University, Department of Biomedical Engineering. ⁷Kangwon National University, Department of Physics. ⁸Konkuk University, Department of Physics.) Resistive plate chambers (RPC) in avalanche mode has been developed for the CMS/LHC experiment. The intensive R&D effort of the past years shows that the avalanche mode operation enables RPCs to accommodate a capability of carrying out the role of the trigger detectors under the high background particle rates to be produced in the CMS. In this report, we review the past development, the construction, and quality assurance of the forward resistive plate chamber system of the CMS. The future plan and the scope for staging of the forward RPC system for the second-phase CMS/LHC experiment are also briefly discussed.

BF-15 Current Status of CMS Computing in Korea PARK HyangKyu(경북대학교 고에너지물리연구소) The CMS experiment at LHC will start the operation in this year. This experiment will produce a few Peta-Byte raw data/year at the planned luminosity. In order to process and to analyze such an unprecedented data, the CMS experiment has been built the hierarchy of Tier centers using Grid computing resources, services and toolkits. In this talk, we will present CMS computing activities in Korea.

■ SESSION: C [CF1]

4월 17일(목), 12:30 - 14:15

장 소: 108호

CF-01 탄소 이온 암치료 의료적 당위성과 가속기 건설의 국제적인 동향 및 고려 사항 채 종서(성균관대학교) 현재, 중이온 빔을 이용한 연구는 미국, 독일, 프랑스, 일본 등을 중심으로 진행되고 있다. 특히, 중이온 빔을 사용한 암치료 연구는 1994년 일본 방사선의학종합연구소 병원의 중이온 치료시설(HIMAC) 구축과 환자 치료를 시발점으로 독일 중이온 연구소(GSI), 이탈리아, 프랑스, 오스트리아, 스웨덴 등의 서유럽국가 뿐만 아니라 중국에서도 활발히 추진 중이온체내 심부에 위치하는 종양에 대한 방사선 암치료 효과를 확보하기 위하여는 입자/이온의 에너지가 300 MeV/u 이상일 것이 요구되며 세부적으로 다음의 기본 사양이 기술성, 경제성, 발전성 등을 면밀히 검토된 후 결정된다 300-500 MeV/u(핵자당 에너지) 중이온 빔 생산시설은 크게 4단계의 세부시설, 즉 이온 주입부(ECR), RFQ(Radio Frequency, Quadrupole)가속기, 선형가속기(LINAC), Booster 가속기로 구성되어 있다. 이 세부시설은 독립적으로 10 MeV/u, 30MeV/u, 300 MeV/u, 500 MeV/u의 중이온 빔을 생산할 수 있다.

CF-02 RI beam을 이용한 핵물리 및 응용연구 한 인식(이화여자대학교, 과학교육과) Radioactive Ion Beam을 이용한 핵물리 연구 및 응용연구의 최근 동향과 앞으로의 전망을 알아보고자 한다.

CF-03 Applications of RNB to Material and Biomedical Research PARK Se-Hwan(Korea Atomic Energy Research Institute.) 다양한 에너지의 RNB(Radioactive Nuclear Beam)를 인출할 수 있는 가속 장치 개발 및 이를 이용한 연구가 전세계적으로 활발히 진행되고 있다. 이러한 분야로는 핵구조 연구, 천체핵물리, 기본상호작용 연구, 원자물리학, 고체물리, 의료 및 생물학 연구, 핵공학용 핵자료 생산 등을 포함하고 있다. 본 발표에서는 RNB 시설을 이용한 차세대 신소재 및 소자 개발, 방사선 치료 및 의료 영상 연구, 원자로 설계 및 핵연료 개발을 위한 핵자료 생산 등 분야의 연구 현황 및 앞으로의 발전 방향에 대하여 논한다. 핵물리에 기반을 둔 측정 및 분석 기술은 물성 과학 발전에 수많은 기여를 하여 왔으며, 최근 나노급 반도체 소자, 차세대 초전도체, 자성 물질 등의 개발이 빠르게 진행됨에 따라서 원자 수준의 현상에 대한 정밀 분석 기술이 필요하게 되었으며, RNB를 이용한 β -NMR, Radiotracer technique, Mössbauer spectroscopy 등은 이러한 기술적 수요를 만족시킬 수 있을 것으로 기대된다. RNB 시설을 이용한 다양한 동위 원소의 생산은 핵의학 영상 진단 및 방사선 치료 기술을 한단계 높여 줄 수 있을 것으로 예상된다. 최근 탄소 배출 저감 에너지원으로 보다 안전한 원자력 발전기술 개발의 필요성이 주목받고 있으며, Gen-IV 원자로 설계, 핵주기 개발과 연관된 핵자료 생산을 위하여 RNB 시설의 필요성이 주목받고 있다.

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

CF-04 낮은 에너지 중이온과 고속중성자를 이용한 핵물리 및 응용연구 안 정근(부산대학교, 물리학과) 핵합성과정 중에 가장 중요한 중성자포획반응이 쉽게 이루어지기 위해서는 강력한 중성자 생성반응이 필요하다. 별의 진화과정 중에 적색거성이 ARG단계에 이를 때 중성자 발생에 가장 좋은 환경을 만든다. 이 시나리오에 의하면 $^{13}\text{C}(^4\text{He},n)^{16}\text{O}$ 반응이 아주 중요한 역할을 한다. ARG에서 온도로 따지면 1억도, CM에너지로 약 190keV 영역에 해당한다. 하지만 쿨롱벽을 넘기가 쉽지 않기 때문에 아직까지 290keV영역까지밖에 측정하지 못했다. 따라서 $^{13}\text{C}(^7\text{Li},t)^{17}\text{O}$ 와 같이 비슷한 반응을 이용할 수 있다. ^7Li 빔을 이용하면 ^{17}O 의 6.36MeV 들뜬 상태를 많이 만들 수 있는 등 장점이 많다. 낮은 에너지 영역의 다가 ^7Li 중이온을 효율적으로 만들 수 있는 초전도 전자빔돌이공명 이온원과 선형가속기 시설 구축계획을 소개하고 위와 같은 핵합성 반응 연구의 전망에 대해 소개할 예정이다. 또한 $^1\text{H}(^7\text{Li},n)^7\text{Be}$ 반응을 이용한 고속 중성자 빔의 활용에 대해서도 논의할 예정이다.

CF-05 기초 및 응용 과학연구를 위한 중이온가속기 특성 김 종원(국립암센터) 중이온가속기는 핵자당 수백 keV 에너지에서 이온주입 등의 물성과학 용도로부터 수백 MeV에서 핵물리, 방사선생물학, 수백 GeV 이상의 빔은 고에너지 물리연구 등에 사용되고 있다. 대체로 수백 MeV 이상으로 빔을 가속하는 데는 싱크로트론이 효과적이거나 빔 인출/추출, 가속시간 등의 한계로 중이온의 경우 평균 빔 전류를 1 pmicroA 이상 가속하는 것이 어렵다. 반면 선형가속기의 경우 빔 전류는 초기가속 조건들에 의해 결정되며 높은 에너지에서는 빔 손실 또는 빔에 전달되는 입력전력에 의해 한계가 주어진다. 고 에너지의 경우는 미국의 RHIC, 유럽의 LHC 시설 등지에서 이미 연구가 진행되거나 준비중인 반면 대 전류 가속기는 아직 건설단계에 이르지 못했지만 핵물리를 포함하는 기초/응용과학 일부에서 수요가 생기고 이에 따라 가속기에 대한 설계 및 주요가속요소 원형제작 연구가 진행되어왔다. 특히 낮은 β (v/c) 초전도 공명체의 단위길이당 가속전압과 역학적 안정도가 높아지고 있어 좀 더 효과적인 가속기설계가 가능하게 되었다. 중이온의 경우 빔 에너지를 효과적으로 높이기 위해 가속 중 전자제거(charge stripping)가 반드시 필요한데 이러한 부분이 가속기설계에 큰 영향을 미칠 수 있다. 초전도 중이온 선형가속기의 가장 큰 장점 중 하나는 전자제거 과정에서 발생하는 다른 하전상태의 빔을 동시에 가속할 수 있다는 점이다. 그리고 1차 빔에 더해 2차 빔을 사용하는 분야가 점진적으로 확대되어 입사 빔의 파쇄 또는 두꺼운 타겟에 입사하여 핵반응에 의해 생성되는 동위원소를 빔으로 재 가속하는 시설에 대한 연구가 진행되어 왔다. 이번 발표에서는 다양한 수요를 충족할 수 있는 핵자당 수백 MeV 중이온가속기의 특성에 대해 논의하고자 한다.

CF-06 The Proton Engineering Frontier Project and its Open Futures* KIM† Kui Young, CHOI Byung-Ho, CHO Yong-Sub, KIM Kye-Ryung, KIM Jun-Yeon, PARK Jae Won, LEE Yong Yung¹(Proton Engineering Frontier Project, KAERI, Yuseong, Daejeon 305-353, Republic of Korea. ¹Brookhaven National Laboratory, Upton, NY 11973, U.S.A..) We will review the current status of the Proton Engineering Frontier Project and discuss its expandability with several options. First, we will briefly summarize the achievements through the development of a high power 100-MeV, 20 mA

proton linac, proton beam utilization programs and accelerator technology applications. In addition, we will present possible extension options and related R&D activities for the post-PEFP era in conjunction with the recent survey results.

* This work was supported by the 21C Frontier R&D Program of the Ministry of Education, Science and Technology of Korea.

■ SESSION: C [CF2]

4월 17일(목), 14:30 - 16:10

장 소: 102호

CF-07 K* transition form factors for the $K^* N \rightarrow \Theta^+$

김 현철, LEDWIG Tim¹, GOEKE Klaus¹(¹인하대학교 물리학과, ²독일 Ruhr-University, 제2이론물리연구소) We present in this talk the transition form factors of the pentaquark baryon Θ^+ to the vector meson K^* and nucleon within the frame work of the SU(3) chiral quark-soliton model. We take into account the rotational $1/N_c$ and linear m_π corrections, assuming the vector-meson dominance and isospin symmetry, and employing the symmetry-conserving quantization. It turns out that the leading-order contributions to the form factors are almost cancelled by the rotational corrections. The main contributions come from the flavor SU(3) symmetry-breaking terms, in particular from the wave-function corrections, which is a consequence of the generalized Ademollo-Gatto theorem in the case of the electric transition form factor. We also discuss the relevance of the present work in interpreting theoretically the null results of the CLAS experiments.

CF-08 K* Photoproduction at SPring-8/LEPS 안 정근,

LEPS Collaboration¹(¹부산대학교 물리학과, ²SPring-8) 선형 편광 감마선을 이용한 $\gamma p \rightarrow K^{0*} \Sigma^+$ 광생성 반응의 생성구조 연구에 대해 발표할 예정이다. 문턱에너지와 3.0 GeV사이의 에너지 영역에서 생성 단면적과 빔 비대칭도를 측정하는 실험을 일본 SPring-8 LEPS 그룹에서 최근 수행하였다. 벡터 중간자 K^{0*} 의 붕괴를 측정하여 빔 편극과 벡터 중간자 K^{0*} 편극을 비교할 수 있다. 따라서 광생성 반응에서 일어나는 기묘도 교환 입자의 스핀 패리티를 골라낼 수 있다. 패리티가 바뀌는 K 중간자도 가능하고, 그렇지 않은 스칼라 κ 중간자의 교환도 가능하다. 빔 비대칭도의 측정은 κ 중간자의 존재와 성질에 대해 새로운 실험 증거를 제시할 수 있다. 함께 생성되는 Σ^+ 하이퍼론뿐만 아니라 하이퍼론 공명상태의 연구에 대해서도 소개할 예정이다.

CF-09 Goldberger-Treiman relation in nuclear medium up to $O(Q^3)$ PARK Tae-Sun(¹성균관대학교)

In free space, the Goldberger-Treiman relation (GTR) relates the strong π -N-N interaction to the weak A-N-N vertex. We study how the GTR is modified in isospin-even nuclear medium up to $O(Q^3)$, using heavy-baryon chiral perturbation theory. The quenching of the Gamow-Teller operator and the enhancement of the axial-charge in heavy nuclei will also be discussed in regard with the effective pion decay constants and the GTR in nuclear medium.

CF-10 Optical Pumping Spin Exchange ^3He Gas Cells for Magnetic Resonance Imaging. S.S. Stepanyan, 김 우영¹, A. Kim,

정 이화, M. Yurov, 장 주영, 우 승태(¹경북대학교 물리학과, ²경북대학교 물리학과, 기초과학 지원연구원) We present a device for spin-exchange optical pumping system to produce large quantities of polarized noble gases for Magnetic resonance imaging (MRI). A method and design of apparatus for pumping the polarization of noble gases is disclosed. The method and apparatus enable production, storage and usage of hyperpolarized noble gases for different purposes, including magnetic resonance imaging of human and animal subjects. Magnetic imaging agents breathed into lungs can be interrogated by the radio waves of the MRI scanner and report back physical and functional information about lung's health and disease. The technique known as spin exchange (SE) optical pumping is explained. Nuclear magnetic resonance (NMR) is implemented to measure the polarization of hyperpolarized gas. The cells prepared and sealed under high vacuum after handling Rb metal into the cell and filling with the ^3He - N_2 mixture. The cells could be refilled. The longitudinal relaxation time T_1 for ^3He gas is about 50 hours. The ^3He reaches around 50% polarization in 5-15 hours. Our future plan includes production of hyperpolarized ^{129}Xe by adding necessary system to existing setup.

■ SESSION: C [CF3]

4월 17일(목), 14:30 - 16:10

장 소: 108호

CF-11 What's New in Strangeness Nuclear Physics?

HUNGERFORD Ed(¹University of Houston.) The insertion of strangeness into the nuclear medium has provided insights into the structure of nuclei as well as neutron stars. It can probe nuclear structure, kaon condensation, and the fundamental baryon-baryon interaction. With the anticipation that significant resources will be devoted to a strangeness nuclear program at JPARC, this field will become an even more important component of nuclear physics research. Thus, this talk will attempt to highlight strangeness in nuclei by reviewing some of the more recent results, and discuss a few yet-to-be resolved problems.

CF-12 Experiments to Measure the Weak Decays of Hypernuclei at J-PARC BHANG Hyoung C.(¹Seoul National University.)

The nonmesonic weak decay (NMWD) $LN \rightarrow nN$ is very unique in that it occurs only in the nucleus. Since this process can not be easily realized in the free space, the NMWD provides practically the only means to study this important strangeness changing baryonic weak interaction process. Thanks to the recent developments in experimental and theoretical efforts, the long standing puzzle of the G_n/G_p ratio has finally been solved. However, even if the progresses, the decay interaction of NMWD is not well established yet and there remain the major issues to be cleared, such as the discrepancy of asymmetry parameter, uncon-

firmed 3-body NMWD process and whether the $dI=1/2$ rule would hold or not. In the presentation, the experiments on these issues planned at J-PARC will be introduced.

CF-13 In-medium Magnetic Moment of Octet Baryon

현 창호, 유 충열¹, 박 태선¹, 홍 승우¹(대구대학교 물리교육과, ¹성균관대학교 물리학과.) We investigate the change of the magnetic moment of octet baryons in dense nuclear matter by using relativistic quark models. Baryons are treated as MIT bags and interactions are described in terms of mean fields of exchange mesons. Quark wave functions in the bag change from the free space ones due to the matter effect, and consequently the magnetic moments change from their free space values. Magnetic moments increase with density, but two models, quark-meson coupling model and its modified version show large quantitative difference. Magnetic moments in neutron star matter are also considered and they turn out to behave very similar to those in the symmetric matter.

CF-14 Experiments on $S=-2$ nuclei using Nuclear Emulsion

YOON Chun Sil(Gyeongsang National University.) About 20 years ago, KEK E176 experiment had been carried out to search for Double- Λ hypernuclei and/or H-dibaryon using Nuclear emulsion-counter hybrid detector. In this experiment, one light Double- Λ hypernucleus and three heavy Double- Λ hypernuclei were found at Ξ capture at rest. And 2 Twin- Λ hypernuclei were observed and interpreted as Ξ -nucleus and Ξ -atom respectively. In addition three candidates of Double- Λ hypernuclei were observed at (K, K^+) reaction point. About 10 years ago, other kind of hybrid-emulsion experiment was carried out and 7 candidates of Double- Λ hypernucleus were found in Ξ capture at rest. One of them was uniquely identified as $_{\Lambda\Lambda}^6\text{He}$ and analyzed that the Λ - Λ interaction in the nucleus was weakly attractive. And also, the ΣN decay of $S=-2$ system was observed. Recently, a new kind of hybrid-emulsion experiment for systematic study of $S=-2$ systems is being planned at J-PARC. These experiments on $S=-2$ nuclei using Nuclear Emulsion will be introduced.

■ SESSION: C [CF4]

4월 17일(목), 16:30 - 18:15

장 소: 108호

CF-15 Neutron Spectrometry and Its Application for Radiation Protection

박 현서, 김 정호, 최 길웅(한국표준과학연구원.) There are many techniques to measure neutron energy spectrum but most of them should use the complicated and in-direct unfolding procedure. This is not the pleasant situation but still neutron spectrometry is very important specially for the radiation protection purpose. For last several years, KRISS has carried out the neutron spectrometry in several places for radiation protection purpose and some works done by KRISS will be presented.

CF-16 Wide band gap semiconductor radiation detectors for a harsh environment application

HA JANG HO(Korea Atomic Energy Research Institute.) New solid state radiation detectors based on wide band gap semiconductors, for example, SiC and CdZnTe, are now being developed for harsh environment applications. A wideband gap and high radiation damage resistance allow to fabricate detectors which are capable of operating at a high temperature and in high radiation fields. SiC is one of the more attractive detector materials for a nuclear power plant such as an in-core detector. CdZnTe is for a portable isotope identifier. A SiC detector for neutron and a CdZnTe detector for X- and gamma-rays were fabricated and their radiation responses were investigated by using high dose rate of neutron and gamma-ray.

CF-17 Security Inspection System Using Nuclear Technology

KIM, Yong-Kyun(Department of Nuclear Engineering, Hanyang University.) As an application of nuclear physics, current trend of security inspection system technique will be introduced. Recently the importance of the security inspection becomes higher. It follows the R&D of the updated security technology. Until present time one of the most efficient security inspection techniques is the radiation transmission method, but the concealing method of the illegal material becomes more and more dexterous as time goes by, A new screening method is required to satisfy the higher criterion of accuracy and processing speed conditions than now. With these demands, two directions of the technology developments are realized as the updated application of nuclear technology. The first one is to measure the ingredient of the objective materials. Neutron activated gamma-ray measurement and XRF (X-Ray Fluorescence) are the typical examples for this purpose. These methods are very precise but take so much time to get results, which cannot be applicable to the primary screening procedure. They are adopted as the 2nd or 3rd inspection method. Recently a new system using dual energy X-rays is available, which can measure the density and an ingredient of the objective material at the same time. The second direction is an improvement of the instrument. The development of new radiation detectors has been done, which uses new semiconductor or scintillator material, faster signal processing electronics, and more precise ADC above 16 bit. The engineering development which improves a security inspection ability is being accomplished. * This work was carried out under the Nuclear R&D program of the Ministry of Science and Technology (MOST) of Korea. The author also wishes to acknowledge the partial support from the Innovative Technology Center for Radiation Safety (iTRS).

CF-18 Generation and Application of the Ultra-short High-Energy Radiation

정 영욱, 이 기태, 차 용호, 박 성희, 이 병철, 이 성만, 권 성욱, 권 덕희, 남 성모, 차 형기, 이 용우, 예 권해, 문 정호, 이 지영, 차 혁진, 안 필동(한국원자력연구원 양자광학연구부.) When a high power laser pulse is focused on a target, such as solid, liquid, and gas, a plasma is generated. As the laser intensity increases over a relativistic limit, the motion of the electrons

in the plasma becomes relativistic. Then the electron mass is no longer constant. Such a relativistic effect makes the interaction of the laser pulse with the plasma much more complicated leading to relativistic nonlinear optics and acceleration of particles. This, so called, relativistic plasma, which is emerged in the help of the CPA (Chirped Pulse Amplification) laser technology, attracted much attention not only by its fundamental interest but also its wide application, especially in the generation of high energy particles in a compact size. At KAERI, a 30 TW Ti:Sapphire laser system with energy of 1 J and pulse width of 30 fs, has been developed. Currently we are conducting various researches such as Compton back-scattering x-ray, relativistic nonlinear Thomson scattering, and generation of high energy ions, THz pulses and fusion neutrons for the study of medical and nuclear researches with a laboratory-scale system. This paper will review the status of the KAERI activity on the generation of the ultra-fast, high-energy particles and its prospects to the nuclear applications.

■ SESSION: C [CG1]
4월 18일(금), 11:00 - 12:15
장 소: 108호

C-01 A Nucleon with Pion Cloud in Quark-meson Coupling Model RYU Chung Yeol, 홍 승우(성균관대학교 물리학과.) Recent experiment data show the contribution of quarks for a proton spin is about a third of total proton spin and that of the polarized glue is nearly zero. Thus the other effects may originate from the angular momentum of quarks, one gluon exchange, meson cloud and so on. In this work, we regard a nucleon as MIT bag with sigma, omega and pion cloud to calculate the magnetic moment and the axial coupling constant of a nucleon. This is a hybrid model which combines quark-meson coupling model with the cloudy bag model. With these meson cloud, we investigate the change of the magnetic moment and axial coupling constant in a nucleon due to them.

C-02 Masses of χ_c mesons in the hot gluonic medium in the QCD sum rule approach SONG Young-Ho, LEE Su Hyoung, MORITA Kenji(연세대학교 물리학과.) The masses of χ_c mesons in the hot gluonic medium are calculated in the QCD sum rule approach.

C-03 Beam Test Results and Simulation of Nosecone Calorimeter 복 정수, 강 주환, 권 영일, 범 지현, 심 광숙¹, 홍 병식¹, 심 현하¹, 박 일홍², 남 신우², 이 직², 한 인식³, 이 혜영², 이 남희³, 주 관식⁴, 문 혜진⁴, 김 은주⁵(연세대학교 물리학과. ¹고려대학교 물리학과. ²이화여자대학교 물리학과. ³이화여자대학교 과학교육학과. ⁴명지대학교 물리학과. ⁵전북대학교 과학교육학부.) As a forward spectrometers of the PHENIX experiment, Nosecone Calorimeter(NCC) is a Silicon-Tungsten Sampling Calorimeter. NCC consists of Electromagnetic Calorimeter and Hadronic

Calorimeter, each contains Stripixel sensor and Pad sensor that can measure the pre-shower and shower-max of the electron and pion. For taking the data, SVX4 chip which has the Analog to Digital ability, preamp, and Front-End-Electronics including Field Programmable Gate Array chips for compressing and transforming the data are included in the readout electronics. During this Development, embeded system which has advantage on convenience and stability for debugging and interface has been used. We tested the performance of them through the beam test at CERN on September. The test results showed signal the prototype of NCC works well. Comparing to the GEANT4 simulation result for the prototype, the shape was similar, and there was a linearity between incident electron and signal.

C-04 QCD Sum Rule for Open Strange Meson ΣK_1^* in the Nuclear Matter SONG Taesoo, LEE Suhong(Yonsei University.) The properties of open strange meson ΣK_1^* in the nuclear matter are estimated with QCD sum rule approach. Unlike nonstrange or hidden strange meson, the behaviors of ΣK_1^* and ΣK_1^{*+} in the nuclear matter are different from each other. Using the most flat Borel curve for ΣK_1^* mass in vacuum, the maximum mass shift of ΣK_1^* in the nuclear matter is -250 MeV without width change, and its maximum width change is +570 MeV without mass shift. On the contrary, the maximum mass shift of ΣK_1^{*+} in the nuclear matter is +40 MeV without width change, and its maximum width change is -90 MeV without mass shift. This result anticipates the production of ΣK_1^* in upcoming J-PARC, though its energy of kaon beam is slightly below the threshold value for ΣK_1^* production.

C-05 A Monte Carlo Study of a Modulated Therapeutic Proton Beam Delivery System SHIN Jungwook, SHIM Hyunha¹, KWAK Jungwon, KIM Dong woook, KIM Gui Nyun², SON Dongchul², LEE Se Byeong(Proton Therapy Center, National Cancer Center. ¹Department of Physics, Korea University. ²Department of Physics, Kyungpook National University.) To apply the Monte Carlo technique to the verification of radiotherapy, the virtual reproducibility of a real irradiation is the primary prerequisite. In case of an external-beam therapy using a medical accelerator, the accurate modelings of the beam delivery equipment (call "nozzle") and the initial-beam characteristics are essential parts to evaluate the good simulation results which are well matched with measured data. We have been modeled and simulated the proton beam delivery system installed at National Cancer, Korea (NCC). Using the GEANT4.8.2 Monte Carlo toolkit, we have implemented the nozzle elements along with the beam delivery path, including the movable components in time and space to produce Spread Out Bragg Peaks (SOBP) and uniform lateral-dose distributions in the scattering mode. The magnet fields, which vary in X-Y direction, also have been realized in our virtual environment. To test its feasibilities as our purposes, we have compared simulation data with the experimental data of the two different beam delivery modes-the scattering mode and the wobbling mode-and obtained simulation

data that showed a good correlation to the measured dose distributions in several treatment conditions. In near future, when the Monte Carlo commissioning for the overall treatment range is completed, we will make practical application of the Monte Carlo simulation as an auxiliary tool for dose verification in addition to standard measurements.

■ SESSION: C [CF5]

4월 18일(금), 13:00 - 14:30

장 소: 108호

CF-19 Heavy Ion Physics with the CMS detector at the

LHC WYSLOUCH Bolek(*Massachusetts Institute of Technology*.)

The Large Hadron Collider at CERN will collide protons at $= 14$ TeV and lead ions at $S_{NN} = 5.5$ TeV. The physics program of the Compact Muon Solenoid (CMS) includes the study of heavy ion collisions. The high energies available at the LHC will allow high statistics studies of the dense partonic system with hard probes: heavy quarks and quarkonia with an emphasis on the b and Υ , high jets, photons, as well as Z^0 bosons. The CMS detector consists of a 13 m long, 6 m wide superconducting solenoid providing a uniform 4 T magnetic field. Charged particles will be measured with a large acceptance, high resolution silicon tracker consisting of pixel and strip detector layers. The tracker is surrounded by electromagnetic and hadronic calorimeters located inside the magnet while the muon detector is outside. The central detector will be complemented by CASTOR, a proposed forward calorimeter, and a ZDC. The tracking system and the muon detector provide hermetic coverage for particles with $|\eta| < 5$. The high granularity, high resolution calorimeters will provide hermetic coverage for. The CMS data acquisition system, with its reliance on a multipurpose, high-level trigger system, is uniquely qualified for efficient triggering in high-multiplicity heavy ion events. The CMS detectors will allow a wide range of unique measurements in nuclear collisions. The excellent calorimeters combined with tracking will allow detailed studies of jets, particularly medium effects on the jet fragmentation function and the energy and redistribution of particles within the jet. The large CMS acceptance will allow detailed studies of jet structure in rare jet- and jet- Z^0 events. The high resolution tracker will tag b quark jets. The muon chambers combined with tracking will study production of the Z^0 , and the Υ family in the central rapidity region of the collision. In addition to the detailed studies of hard probes, CMS will measure charged multiplicity, energy flow and azimuthal asymmetry event-by-event. The forward detector suite, including hadron calorimeter, CASTOR, the ZDC and TOTEM will study forward energy flow and charged multiplicity in the fragmentation region as well as the relative charged and neutral energy fluctuations. The combination of the forward hadron calorimeter and the ZDC will determine the collision centrality. Detailed studies of the CMS capabilities using the full detector simulation and reconstruction will be presented. The Large Hadron Collider at

CERN will collide protons at $= 14$ TeV and lead ions at $= 5.5$ TeV. The physics program of the Compact Muon Solenoid (CMS) includes the study of heavy ion collisions. The high energies available at the LHC will allow high statistics studies of the dense partonic system with hard probes: heavy quarks and quarkonia with an emphasis on the b and Υ , high jets, photons, as well as Z^0 bosons. The CMS detector consists of a 13 m long, 6 m wide superconducting solenoid providing a uniform 4 T magnetic field. Charged particles will be measured with a large acceptance, high resolution silicon tracker consisting of pixel and strip detector layers. The tracker is surrounded by electromagnetic and hadronic calorimeters located inside the magnet while the muon detector is outside. The central detector will be complemented by CASTOR, a proposed forward calorimeter, and a ZDC. The tracking system and the muon detector provide hermetic coverage for particles with $|\eta| < 5$. The high granularity, high resolution calorimeters will provide hermetic coverage for. The CMS data acquisition system, with its reliance on a multipurpose, high-level trigger system, is uniquely qualified for efficient triggering in high-multiplicity heavy ion events. The CMS detectors will allow a wide range of unique measurements in nuclear collisions. The excellent calorimeters combined with tracking will allow detailed studies of jets, particularly medium effects on the jet fragmentation function and the energy and redistribution of particles within the jet. The large CMS acceptance will allow detailed studies of jet structure in rare jet- and jet- Z^0 events. The high resolution tracker will tag b quark jets. The muon chambers combined with tracking will study production of the Z^0 , and the Υ family in the central rapidity region of the collision. In addition to the detailed studies of hard probes, CMS will measure charged multiplicity, energy flow and azimuthal asymmetry event-by-event. The forward detector suite, including hadron calorimeter, CASTOR, the ZDC and TOTEM will study forward energy flow and charged multiplicity in the fragmentation region as well as the relative charged and neutral energy fluctuations. The combination of the forward hadron calorimeter and the ZDC will determine the collision centrality. Detailed studies of the CMS capabilities using the full detector simulation and reconstruction will be presented.

CF-20 Heavy Ion Physics from RHIC to LHC

KAPUSTA Joseph(*Univ. Minnesota*.) The Relativistic Heavy Ion Collider (RHIC) at Brookhaven National Laboratory has provided a wealth of data, some of it quite amazing, with more to come. Among the most significant findings are exhibitions of collective flow, jet quenching, and thermal equilibrium of observed hadrons at a temperature of about 170 million electron-volts. I will outline a theoretical program that describes nuclear collisions from first impact until final hadronic free-streaming. Various pieces are already in place, including coarse graining of the initial gluon fields (Color Glass Condensate), parton production and minijets, relativistic fluid flow, and late stage hadron scattering. By inferring the temperature dependence of transport coefficients from data it ought to be possible to determine the critical behavior of the equation of state of QCD. I will also summarize what is expected to occur at a much

higher energy inlead-lead collisions at the Large Hadron Collider (LHC) at CERN.

CF-21 CMS Computing Overview 박 인규, 강 서곤, 박 진우, 최 민규, 한 가람, 김 선만, 김 유상(서울시립대학교) The Compact Muon Solenoid (CMS) Collaboration is an international organization for high energy physics and Nuclear research. The CMS detector produces extremely large volume of data, about 10

Peta bytes per year, from the collisions of protons and also from heavy ions. Analyzing and storing such data need huge amount of computing resources in terms of CPU power and the amount of storage space. CMS uses the grid computing technology to handle such a huge computing complexity. In this talk, we will briefly introduce the CMS computing model and technology, including the CMS Grid tier structure.

■ SESSION: G [GF1]

4월 17일(목), 12:30 - 14:10

장 소: 205호

GF-01 차세대 중학교 1학년 과학교과서에서 물리부분의 개발과 집필 김 성원, 이 현주, 문 공주, 김 경미¹, 허희선²(¹이화여자대학교, ²상봉중학교, ³창북중학교) 본 연구팀은 2007년 개정 새 교육과정에 따라 과학기술부와 과학문화재단의 지원으로 차세대 중학교 1학년 과학교과서의 물리부분을 집필하였다. 본 교과서의 특성을 ‘창의적 문제 해결형 첨단 미래 교과서’로 하고 이를 이루기 위하여 IDEA 4단계 모델을 개발하고 교과서를 개발하였다. 이는 중학생들이 스스로 문제를 찾아 해결하도록 하는 모델로서 본 교과서를 통하여 학생들에게 새 교육과정이 지향하는 창의성 신장이 이루어지도록 하였다.

GF-02 물체의 탄성에 따라 전달하는 힘의 크기에 관한 고등학생들의 개념조사 송 영옥, 이 진영, 김 범기(한국교원대학교 물리교육과) 본 연구는 물체에 힘을 작용시켜 운동시킬 때 물체에 힘을 전달하는 물체의 탄성이 큰 물체를 이용하여 힘을 작용시킬 때와 작은 물체를 이용하여 힘을 작용시킬 때 운동하는 물체에 작용하는 힘의 크기에 대한 학생들의 이해도와 개념을 조사하였다. 개념 조사를 위해 힘을 전달하는 물체의 탄성과 작용하는 힘의 크기를 조사하는 검사도구를 개발하였고 일반계 고등학교 200명을 대상으로 검사를 실시하였다. 힘을 전달하는 물체의 탄성 유무에 따른 조사에서는 탄성이 있는 물체로 힘을 작용한 경우의 정답률이 낮았다. 즉, 막대나 실을 사용한 경우보다 용수철이나 고무줄과 같이 탄성이 있는 경우에 더 많은 오개념을 가지고 있었다. 용수철과 고무줄이 늘어나거나 압축되는 과정에서 힘을 소모하거나, 이미 용수철 자신이 힘을 보유하고 있어서 한 방향으로 힘을 더해준다는 생각이 가장 많았다. 사람이 물체를 잡고 있을 때는 사람이 직접 접촉하거나 가까이 있는 물체에 작용하는 힘이 크고 떨어질수록 힘의 크기가 감소한다는 개념 유형도 나타났다.

GF-03 과학영재교육을 위한 하나의 학습 프로그램의 제안 김 상수, 오 준영¹(¹창원대학교 물리학과, ²창원대학교 과학영재교육원) 근본적으로 과학은 문제해결의 활동으로 간주한다. 이러한 문제-해결과정에서 과학적 발견과 창조적인 추리에 대한 하나의 귀추의 역할이 중요하다고 하였다(Magnani 2001). 과학 영재를 위한 교수 학습 자료는 단편적인 지식의 암기나 기술의 습득보다는 창의적인 문제 해결력, 비판적 사고 능력, 합리적 의사 결정력 등의 고급 사고 능력을 사용할 수 있도록 구성되어야 하며, 그 과정에서 창의적인 산출물이 생산될 수 있도록 격려하고 적극적인 문제 해결자로 문제를 인식하고 해결할 수 있도록 기회를 제공할 필요가 있다. 이러한 목적을 달성하기 위해서, 우리의 연구에서는 두 가지 연구문제를 설정하였다. (a)창의적인 산출물이 생성될 수 있도록 귀추추리를 적용한 새로운 프로그램을 제안하였고, (b)

이러한 프로그램을 실제 적용하여 그 가능성을 탐색하였다.

GF-04 최초의 한국인 우주인과 함께 물리 가르치기 채 민, 이 정숙, 김 규환, 홍 명수, 황 진수, 김 중복(한국교원대학교) 2008년 4월에 최초의 한국인 우주인이 우주로 간다. 국제우주정거장(ISS)에 머무르면서 많은 과학실험을 수행할 예정이다. 우리는 이 과학 실험 중에서 교육을 위한 실험을 계획하고 실험 장비를 제작하였다. 한국 최초 우주인이 직접 설명을 곁들여 수행하는 기초 과학 실험은 학생들이나 일반인들에게 충분한 관심의 대상이 될 수 있고 이 실험의 결과물을 잘 가공하면, 학교의 수업에도 활용성이 높을 것으로 생각된다. 또한 실험의 계획과 장비의 제작 과정에도 과학적 연구와 지상 실험과정이 수반되었으므로, 우주 실험의 결과물뿐 아니라 실험 계획 과정 자체도 교육용 콘텐츠로 활용 가능하다. 우주실험의 전반적인 소개와 지상 실험의 결과 및 교육적 활용 방안에 대하여 논의한다.

* 이 연구는 항공우주연구원의 지원 하에 이루어졌습니다

GF-05 액체에서 흐르는 전류 개념을 이용한 전류 학습 자료 개발 이 정숙, 채 민, 김 중복(한국교원대학교 물리교육과) 물에서도 전류가 흐르는 것을 정량적으로 보여주기를 위한 실험을 고안하였다. 증류수에 NaCl을 넣어 NaCl 수용액을 만들고 두 개의 구리 극판을 담근다. 두 개의 구리 극판을 외부 전원 장치와 연결시키고 전류 센서를 연결하여 NaCl 수용액에서 두 구리 극판 사이에 흐르는 전류의 세기를 측정하였다. 구리판의 면적에 따라 전류의 세기를 측정한 결과는 면적이 넓어질수록 많은 전류가 흐르는 것을 저항의 병렬연결 상황과 비유하여 설명할 수 있고, 두 구리판의 간격이 멀어질수록 전류가 작게 흐르는 것을 저항의 직렬연결과 비유하여 설명할 수 있다. 위와 같은 실험 결과들은 꼬마전구와 전지를 연결하여 물속에 넣었을 때의 상황과 여름철 폭우로 가로등에 감전사 하는 이유를 설명할 수 있도록 하는데 도움을 줄 수 있을 것이다.

GF-06 운동 상태와 방향에 따른 장력의 크기에 대한 고등학생들의 개념조사 정 수정, 김 지영, 김 범기(한국교원대학교 물리교육과) 장력에 관해서는 고등학교 교과서의 힘과 운동 단원에서 구체적인 설명을 하고 있지 않다. 그러나 실제로 여러 상황에서 물체에 연결된 실에 작용하는 장력의 크기를 다루고 있다. 이 연구에서는 물체의 운동상태, 운동방향 등 여러 상황에 따라 고등학생들의 장력의 개념이 어떠한가를 조사하였다. 이 연구를 위해 물체의 운동 상태, 운동 방향, 물체에 연결된 실의 수 등 상황에 따른 장력의 크기에 대한 개념을 조사하는 선다형 검사도구를 개발하여 상황별 정답률을 비교한 후 응답 이유를 분석하였다. 연구결과 정지상태보다 가속운동상태에서, 수평운동보다 연직운동에서 정답률이 낮게 나타났다. 또한, 하나의 줄 위 각 지점에서의 장력의 크기 비교보다 두 개의 줄에서의 장력의 크기를 비교하는 경우에 정답률이 낮았다. 그리고, 도르래를 이용하여 힘의 방향과 운동방향을 변화시킨 복합적인 상황에서 정답률이 현저하

게 낮았다. 학생들이 갖는 여러가지 오개념의 원인으로는 당기는 원인 행위가 실의 장력의 크기에 영향을 미친다고 생각하는 것과 문제 상황을 논리적으로 분석하기보다는 직관적 사고에 의존하는 경향 등을 들 수 있다. 대체로 학생들은 장력에 대한 개념이 명확하지 못하여 상황에 따라 다른 이해 정도를 보였다. 이러한 오개념을 해결하기 위해서는 여러가지 구체적인 사례에 대한 지도방안에 관한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

GF-07 장애학생들을 위한 과학관련 관람 시설 실태

조사 박 종호, 오 광택¹(진주교육대학교 과학교육과, ¹용덕초등학교) 현대에서 산업의 발달과 함께 각종 사고와 자연환경의 오염 등으로 인하여 선천적, 후천적으로 장애인의 수는 날이 갈수록 늘어 가고 있다. 우리는 그들을 특별한 사람으로 인식하고 있는 것이 현실이며, 그들을 하나의 인격체로 인정하고 우리 사회의 한 구성원으로써 생활해 나갈 수 있도록 도와야 할 것이다. 장애학생들이 동등한 우리 사회의 한 구성원으로써 사회발전에 참여하기 위한 수단 중 하나는 교육이며 장애인의 연령, 능력, 장애의 종별 및 정도에 따라 충분한 교육을 받을 수 있도록 교육의 내용과 방법의 제공이 필요하다. 과학교육에 있어 과학관 관람은 학생들의 과학에 대한 흥미와 관심을 갖도록 하며, 아울러 과학과 관련된 현재와 미래의 모습을 보여줄 수 있는 교육적 방법의 하나이다. 장애학생을 위한 교육은 특수학교로 분리되어 있던 교육의 현장에서 일반학교에 장애학생이 배치되고 교육받게 됨으로써 한 학급에서 일반학생과 장애학생이 함께 교육을 받음으로 인해 교육현장은 더 이상 일반학생을 위한 교육뿐만 아니라 장애를 가진 학생에게 특수교육적 서비스를 제공해주어야 하는 현실에 직면하게 되었다. 이러한 관점에서 볼 때 현재 학생들이 관람하고 있는 여러 형태의 과학관련 전시관에 대한 실제적 사례 분석이나 개선에 대한 연구는 아직 진행단계에 있으며 장애아동에게 도움을 주기는 아직 미흡한 면이 있다. 따라서 본 연구에서는 과학교육에 있어 학생들이 관람할 수 있는 과학관 및 과학관련 전시관이 장애학생들에 대하여 어떠한 물리적 관람환경을 제공하고 있는지에 대한 실태 조사 및 분석을 통해 개선방안을 제시하고자 한다.

GF-08 카르노와 클라우지우스의 연구를 중심으로

살펴본 엔트로피 개념의 성립과정에 대한 고찰 이 주현, 송 진웅(서울대학교 물리교육과) 엔트로피는 역학적 현상과 열 현상을 통합하는 과정에서 등장한 물리학의 핵심 개념으로서, 자연 현상의 방향성을 결정하며 고립계에서 증가하거나 적어도 일정하게 유지된다. 본 연구에서는 식 $dS=dQ_{rev}/T$ 의 성립에 있어서 카르노와 클라우지우스의 역할에 대해 살펴보고, 이것이 대학 열물리 교육에 주는 시사점을 찾고자 하였다. 카르노는 열기관의 최대 효율에 대해 분석하였는데 이를 위해서는 카르노 순환을 구성하는 각 과정들(등온과정, 단열과정)이 준정적이어야 하며 두 열원사이의 온도차가 커야 함을 주장하였다. 한편, 클라우지우스는 카르노기관을 이용하여 자연의 경향성을 수학적으로 표현하고자 하였으며 그 결과 식 $dS=dQ_{rev}/T$ 을 유도하게 된다. 카르노의 설명은 열과 일 사이

의 관계를 설명하는데 있어서 가역 과정에 대한 이해가 필수적임을 보여주며, 클라우지우스 공식의 유도 과정은 식 $dS=dQ_{rev}/T$ 이 자연의 방향성과 어떻게 연결 가능한지에 대한 설명을 제공해 준다는 측면에 있어서 교육학적 의의가 있다.

■ SESSION: G [GF2]

4월 17일(목), 14:30 - 16:15

장 소: 205호

GF-09 교실친화적 교원양성의 필요성과 접근 방법

권 재술(한국교원대학교 총장, 물리교육과 교수) 공교육 위기의 원인 중에서 교사변인이 아마도 가장 핵심적일 것이다. 교사변인 중에서 가장 핵심적인 것은 교원양성 프로그램이라고 본다. 교원양성 프로그램에서 가장 문제되는 것은 가르친 것이 초·중·고 교실에서 실제로 구현되도록 하지 못한다는 데 있지 않을까? 사범대학에서 배운 그대로 교사가 되었을 때 가르칠 수 없다면 교원양성이 실패하고 있는 것이다. 이것을 극복하기 위해서는 교과 운영이 강의 중심에서 학습 중심으로 전환되어야 하며, 교육 내용이 초·중·등 교육 내용을 반영하고 있어야 한다. 이러한 점에서 방법 관련 교과의 운영이 보다 실무 중심으로 전환되어야 하며, 교과 내용도 현장 학교의 교육 내용과 긴밀한 연관을 가지도록 편성되어야 한다고 본다.

GF-10 물리교사 전문성 개발을 위한 현행 교사 양성 교육과정의 재고찰

김 영민(부산대학교 물리교육과 교수) 과학교사의 전문성에 관련된 국내외 연구결과와 1996년에 교육부 정책과제로 제안되었던 중등 교사 양성 인(박승재 외, 1996 참조)에서 물리교사 관련 내용을 고찰하고, 현재 한국의 사범대학이나 교육대학원에서 실제로 시행되고 있는 중등 물리 교사 양성과 비교하며, 물리교사 전문성 개발과 관련하여 보완과 수정 방향을 제안한다. 첫째, 과학 교사 양성에 대한 국제적인 추세에 대해 계속적이고 종합적으로 조사연구할 필요가 있다. 국가적 차원에서 시행하는 어떤 특정 연구단체에서 수행하는 종합적이고 체계적인 연구를 통해 정확한 비교 연구가 필요하며, 이를 바탕으로 과학 교사 양성 교육과정을 편성할 필요가 있다. 둘째, 정책 결정자들과 함께 물리교사 양성에 대한 문제에 대해 연구하고 개선요구할 필요가 있다. 정책결정자들은 물론 과학교육관련 교수나 교사 등을 협의체로 하여 기본이수과목을 결정하고 있겠으나 일부 교수나 교사의 참여보다는 좀 더 폭넓은 전문가의 참여가 필요하므로 이에 대한 적절한 장치가 필요하다. 셋째, 장차 과학교사가 되고자 하는 예비과학교사들과 현재 과학교사로 임용되어 활동하고 있는 현직 교사들의 요구를 연구 조사하여 교과목 설정에 반영할 필요가 있다.

GF-11 물리교사 전문성 기준들과 예시 제시

박 종원, 김 환호(전남대학교) 물리교사의 전문성 기준을 정하기 위해 3단계로 구성된 위계적 기준을 제안하였다: 1단계 기준(기초기준: 태도와 지식), 2단계 기준(실행기준: 준비와 수

업 및 평가), 3단계 기준(기대기준: 학생의 참여와 이해, 흥미와 태도, 성취). 기초수준은 태도와 지식요소로 구성되어 있고, 다시 태도는 3개 하위요소로, 지식은 5개 하위요소로 이루어져 있다. 실행수준은 수업준비와 수업실행, 그리고 평가로 구성되어 있고, 다시 수업준비는 8개 하위요소, 수업실행은 7개 하위요소, 그리고 평가는 5개 하위요소로 구성되어 있다. 기대기준은 학생의 참여와 이해, 흥미와 태도, 성취의 3개 요소로 구성되어 있고, 각각 요소는 다시 하위요소들로 구성되어 있다. 특히, 지식과 실행기준은 서로 융합되어 데이터 베이스 방식으로 구성하였으며, 지식과 실행이 포함된 전문성 기준을 구체적 수준에서 채워넣을 수 있도록 제안하였다. 이러한 방식으로 여러 과학교육학자와 교육정책가, 그리고 교사들의 요구와 인식에 따라 구체적 수준에서 전문성 기준을 마련해 나가면 종합적이면서 합의된 전문성 기준을 완성해 나갈 수 있을 것으로 기대된다.

GF-12 지식기반사회의 인력 수요와 이에 부응하는 물리교사의 전문성 최 경희(이화여자대학교 물리교육과) 최경희 (이화여자대학교 물리교육과 교수)우리 사회가 지식기반 사회로 진입함에 따라 ‘사람(인적자원)’과 ‘지식’은 개인이나 개인이 속한 집단뿐 아니라 국가의 경쟁력까지도 좌우할 수 있는 가장 주요한 요소가 되었다. 그간의 평가에 의하면 우리나라는 고등교육의 양적 성장에 따라 인적자원 공급 기반은 양호하나 질적 수준은 낮은 것으로 보고되고 있다. 이러한 평가는 과학, 특히 물리분야도 예외가 아니다. 지식기반 사회에서 물리교사는 이에 부응하는 전문성을 갖추어야 함은 더 이상 말할 필요가 없다. 기본적으로 물리학의 내용을 충분히 이해하고, 이를 바탕으로 교수-학습에 대한 연구에도 적극적으로 참여해야 한다. 또한 현대사회의 특성과 과학의 본성을 이해하여 과학의 가치, 창의성, 현명한 의사결정과 문제해결력 향상을 위해 끊임없는 자기 계발을 해야 할 것이다.

■ SESSION: H [HF1]

4월 17일(목), 16:30 - 18:30

장 소: 103호

HF-01 Progress of the KSTAR Commissioning

김 웅채, 오 영국, 양 형렬, 김 양수, 박 주석, KSTAR Team(국가핵융합연구소) KSTAR 장치는 크게 진공용기 및 초전도 자석시스템으로 구성되는 주장치와 가열장치 및 진단장치로 이루어지는 부대장치 그리고 초전도 자석의 냉각 및 초전도 자석 전원장치의 전력 공급 등을 위한 부대 설비로 구성된다. KSTAR 장치는 2007년 9월 주장치를 완공 하였으며 2008년 4월에는 부대 장치 및 부대설비의 시운전을 완료하고 초전도 자석의 냉각에 착수 할 예정이다. 약 1개월로 예상되는 냉각 과정 중에 냉각 시스템 및 냉각 배관의 실부하 성능 및 저온 누설을 시험한 후 초전도 자석과 전자석 전원을 연결하여 초전도 자석시스템 및 통합제어계의 통합 시운전을 실시 할 계획이다. 개발된 초기운전 시나리오에 따라 플라즈마 제어 시스템에 의해 초전도 자석이 가동됨을 검증한 후에는 ECH 시스템에 의한 전이온화 시험을 실시하고 종합 시운전의 마지막 단계로 플라즈마 전류를 발생시킬 계획이다. 본 발표에서는 2007년 9월 이후 KSTAR 장치의 종합 시운전결과 및 최초 플라즈마 발생까지의 계획에 대해 보고 한다.

HF-02 The Physics Scenario of KSTAR First Plasma

윤 시우, 김 진용, 김 웅채(한국핵융합연구소) In fully superconducting tokamaks such as KSTAR and ITER, the parallel electric field required for plasma initiation is limited due to coil power supply and stability compared with the conventional normal conductor tokamaks. In KSTAR, the characteristics of low loop voltage startup will be investigated using blip resistor system and pre-ionization of electron cyclotron resonance heating (ECRH). In this study, the optimized pre-charging current of poloidal field coils and each blip resistance are calculated for this low loop voltage breakdown reducing the EM load on the central solenoid.

HF-03 Overview of the KSTAR Physics Operation Plan

KIM J.Y., KSTAR Research Team(NERI) The main research objective of the KSTAR device is to demonstrate the steady state operation capability of high performance AT(Advanced Tokamak) modes. Here, we introduce the overall physics operation plan of KSTAR to achieve this research goal. It is now planned that the KSTAR has the first plasma around middle of this year and then operate until 2025, taking the following four phases; the initial baseline operation(2008-2012), the long-pulse operation(2013-2017), the high-beta AT operation(2018-2022), and the integrated high-beta steady-state operation(2023-2025). Major research goal, key physics issues, and the upgrade plan of ancillary systems, such as heating and current drive system, are discussed for each operation phase. Also, some simulation results are presented for the target operation modes, including the high-beta AT mode.

HF-04 Progress of High Temperature Plasma Physics and Implication to ITER

박 현거(포항공과대학 물리학과)

International Thermonuclear Experimental Reactor (ITER) project sponsored the consortium of seven countries is officially launched and will demonstrate the feasibility of the future energy source for human kinds. Significant increase of the participating countries from Asia (China, India, Japan, and Korea) is mainly driven by the necessity of the precious energy resource. At the same time, it reflects the paradigm change of the fusion plasma research which once was dominated by advanced countries (Russia, US and EU and Japan). Through intensive physics research from the large tokamak devices (JET, TFTR, and JT-60) which have created the plasma condition for the optimum fusion reaction ($\sim 20\text{keV}$; optimum cross-section for DT), the ITER project is well justified. However, the sustainment of the magnetically confined hot plasmas is still a challenging physics problem beside the engineering problems to be resolved in the future. The physics of the containment of the high temperature plasma consists of two branches; transport physics and stability physics. Transport physics is an understanding of the cross field energy transfer which is crucial for the compact fusion devices. For the larger devices like ITER, the primary physics issue is the stability. The stability problems arise mainly from the unstable Magneto-Hydro-Dynamic (MHD) modes of the hot plasmas driven by free energies from the plasma pressure and/or current distribution in the closed magnetic configuration. Control of the harmful MHD mode is critical for the steady state operation of the high beta plasmas. Reliable control mechanisms are only possible from a full understanding of the physical mechanism of the explosive growth of those harmful MHDs which can often lead to the catastrophic disruption. Physics modeling of the MHDs in the hot plasma has been advanced significantly based on world-wide fusion science research but not conclusive yet to develop a precise remedy for the harmful instabilities for the ITER. This is largely due to the underestimated complexity of the phenomena which require much more sophisticated multi-dimensional diagnostic system to map out precisely the nature of the problem. As an example, the proof-of-principle state-of-the-art two dimensional diagnostic system has been challenged to resolve the classical MHD problem and provided decisive conclusions for the disputed physics of $m=1$ mode (sawtooth oscillation). New approach of the physics study is essential so that the transient high beta plasmas achieved in previous generation tokamak can be extended to the steady state operation in the new superconducting tokamak devices such as KSTAR, EAST, SST and NCT in Asia. Successful test of the new physics on these devices will increase the chance of the success of the ITER project which will lead to the Demo construction.

■ SESSION: H [HF2]

4월 18일(금), 09:30 - 10:30

장 소: 103호

HF-05 Measurement of electron beam properties using

electro-optic crystal 박 용운, 황 정연¹, 김 창범¹, 고 인수(포항공과대학교, 물리학과, ¹포항가속기연구소) Electro-optic sampling (EOS) is a promising method of the properties of the electron bunch such as bunch length, arrival timing jitter nondestructively. In this paper, we proposed the possibility of electron beam position measurement using the EOS technique. When the angle between the axis of electro-optic (EO) crystal and the electric field is 0 degree, the principal indices of the crystal are modulated up to its maximum. For the maximum electro-optic effect, the laser polarization is fixed normally to be parallel with the crystal axis in the measurement. However, the electron beam position with respect to the EO crystal can be changed which derived the finite angle between the crystal axis and electric field. So, we need to consider the non-principal indices along the 45° components of the sampling laser. A simulation study is carried out with the pulse propagation method, which utilizes the Fourier transform to investigate the evolution of the electromagnetic pulse inside the EO crystal. The simulation result shows that the electro-optic effect is changed along the laser position in the crystal. With 90° rotated EO crystal with respect to the horizontal plane, the electron beam position can be measured. The resolution of the beam position measurement with EO crystal can be better than 1 μm .

HF-06 Experimental Studies on High Flux Hyperthermal Neutral Beam Generation by Ion-Surface Interaction JOUNG Mi, YOO Suk Jae, LHO Taihyeop, CHO Moohyun¹, NAMKUNG Won¹(National Fusion Research Institute, Daejeon, Korea. ¹Pohang University of Science and Technology, Pohang, Korea.) High flux hyperthermal neutral beam (HNB) can be used for a variety of researches and industrial applications. For example, it can be applied to edge plasma diagnostics in TOKAMAK, protein fragmentations in mass spectrometers, and low temperature processes for surface modification and thin film deposition. In this talk, an experimental study was performed on the HNB generation using plasma ion-surface interaction together with its characteristics. Inductively coupled plasma (ICP) source and a filament assisted magnetron (FAM) source are fabricated for the experiment. The HNB flux was sensitive to the metal properties but insensitive to the ion incident angle. When ions were normally incident at the neutralizer, the HNB flux increased with atomic mass of the neutralizer and dramatically decreased with the surface roughness of the neutralizer. The HNB energy distribution to have multi-peaks was measured. For all gas species used, as the energy of the incident ion is increased, the energy efficiency of HNB with the highest energy efficiency is increased. The optimized plasma source and neutralizer can generate HNB with the flux of $\sim 10^{16}$ #/cm²s with the energy ranging from 5 eV to 30 eV.

*This work was supported by NFRI and KBSI.

■ SESSION: H [HF3]

4월 18일(금), 11:00 - 12:30

장 소: 103호

HF-07 Plasma Diagnostics of the Dense Plasma Focus in Ar Gas for Extreme Ultraviolet Lithography(EUVL), Plasma display panel in Ne- Xe Gas Mixtures, and High Power Microwave Generation from Virtual Cathode Oscillator 최 은하(광운대학교 전자물리학과 대전입자빔및 플라스마 연구실 (PDP 연구센터).) We have generated Ar plasma in dense plasma focus device of coaxial electrode for extreme ultraviolet lithography (EUVL) and investigated an emitted visible light for electro-optical plasma diagnostics. The electron temperature and density of the coaxial plasma focus were obtained by the optical emission spectroscopy (OES). The electron temperature has been measured by the two relative line intensity and Boltzmann plot. In case of electron density, it has been observed by the Stark broadening method. The EUV emission signal whose wavelength is about 6 ~ 16 nm has been detected by using a photo-detector (AXUV-100 Zr/C, IRD). Also we have measured the excited Xe atom density in the 1s₅ metastable state in accordance with Xe mole fraction to Ne in alternating current plasma display panels by laser absorption spectroscopy. The various test panels with Xe mole fractions of 4, 7, 10 and 15 % to Ne have been used in this experiment. It is noted that the correlation between the excited Xe atom density in the 1s₅ metastable state and the VUV luminous efficiency is in good agreement at xenon mole fraction from 1% to 15% with each other. Finally We have investigated an efficiency enhancement of high power microwave generation from axial virtual cathode oscillator. This high power microwave generator is powered by the "Chundoong" intense relativistic electron beam pulser (Max : 600 kV, 88 kA and 60 ns duration). The microwave peak power has been measured to be about 1 GW at main frequency is 5.75 GHz . It is found in this experiment that the output microwave power sensitively depends upon the work function and ion induced secondary electron coefficient of cathode materials.

HF-08 Characterization of pulse-power-modulated inductive discharges for semiconductor processes 서 상훈, 이 정범, 이 현수, 윤 주미, 장 홍영(한국과학기술원) Recently, the pulse-power-modulated discharges have been concerned due to a potential in the applications to various plasma processes including the semiconductor manufacturing. In this work, the pulse-power-modulated inductively coupled plasmas are experimentally investigated by means of time-resolved probe diagnostics. Especially, the effects of the various discharge conditions such as the pulse frequency, pressure, and discharge gas, on the plasma parameters and their spatial uniformity is presented and discussed on the basis of the diffusion property during pulse-off period. Furthermore, the transient power deposition phenomena just before and after the pulse is turned on is studied on the basis of the time-resolved measurements of the discharge impedance and the absorbed power.

HF-09**Highly Productive and Damage Free High Density****Plasma Chemical Vapor Deposition (HDP CVD) Equipment**

SHON Jong Won(*JUSUNG Engineering LTD.*) We have developed new HDP CVD equipment for semi-conductor manufacturing without charging damage and with best productivity. HDP CVD equipment is used for filling oxide in shallow trench isolation (STI), inter-layer dielectric (ILD), inter-metal dielectric (IMD) and passivation layer. New HDP CVD system uses high frequency parallel

resonance antenna RF system, which causes no charging and plasma damage common in such processes. Currently semiconductor devices are being produced with 45nm to 65nm line widths. Due to small feature scale, any charging or plasma damage is critical for maintaining high yield. Small difference in RF system in new HDP CVD system causes big difference in production. New system also improves deposition, etch and sputter uniformity and cleaning efficiency, which causes better productivity.

■ SESSION: I [IG1]

4월 17일(목), 12:30 - 14:15

장 소: 105호

I-01 Characterization of Attosecond Pulses using the

Spectral Phase Reconstruction Method 고 동혁, 김 경택, 박 주윤, 남 창희(결맞는 X선 연구단, 물리학과, 한국과학기술원) We developed a novel characterization method of an attosecond pulse train obtained from high order harmonics. The method is based on the cross correlation between the attosecond pulse and the dressed laser field, in which the photoelectron spectra is utilized. The information about the spectral phase is directly extracted from the modulation of the sidebands which appear between two consecutive harmonics as a function of the time delay between the two fields. The method enables full characterization including not only the characteristics of the individual pulses in the attosecond pulse train but also the characteristics of the envelope.

I-02 Long-term CEP stabilization of a grating-based

high-power femtosecond laser by the direct locking method 이 재환, 이 용수, 박 주윤, 유 태준¹, 남 창희(물리학과 결맞는 엑스선 연구단, KAIST. ¹고등광기술연구소, GIST.) The carrier-envelope phase (CEP) of a femtosecond laser was stabilized using the direct locking method developed at CXRC. A heterodyne balanced detection was employed for precise measurement of CEP drift. Also a double feedback loop was installed for long-term operation. The CEP drift of high-power femtosecond laser pulses, generated in a chirped-pulse amplification kHz Ti:sapphire laser, was compensated by adjusting the separation of the grating pair in the pulse compressor. The CEP stabilization of the whole kHz femtosecond laser was maintained for 4 hours with a phase jitter of 180 mrad.

I-03 Characteristics of Ni-like Ag X-ray Laser Pumped

by a Single-profiled Laser Pulse in GRIP Geometry 김 형택, 김 철민, 최 일우, 성 재희, 유 태준, 이 성구, 강 현철, HAFZ N., 정 태문, 노 영철, 고 도경, TUENMLER J.¹, NICKLES P. V.¹, JANULEWICZ K. A., 이 종민(광주과학기술원 고등광기술연구소, ¹Max Born Institute, Berlin, Germany.) 극초단 고출력 레이저 펄스를 이용한 엑스선 레이저는 짧은 파장과 결맞음성을 가지고 있어 많은 분야에 적용할 수 있을 것으로 예상되고 있다. 본 발표에서는 단일 펄스를 이용한 Grazing Incidence Pumping (GRIP) 엑스선 레이저의 발진 특성에 대하여 발표하려고 한다. 본 연구에서는 7-mm의 순은 매질에서 발생하는 13.9 nm 파장의 엑스선 레이저의 출력 및 공간적 특성을 조사하였다. 단일 펄스를 이용한 GRIP 엑스선 레이저는 기존의 GRIP 엑스선 레이저에 비해 출력이 안정적이고, 7-mm의 비교적 긴 매질을 사용하는 경우 우수한 결맞음성과 작은 퍼짐각을 가지는 것을 알 수 있었다. 이와 같이 우수한 엑스선 레이저의 개발은 향후 나노 이미징 등의 분야에 유용하게 쓰일 수 있을 것으로 기대되고 있다.

I-04 Measurement of the Polarization of High-order

Harmonics from Align N2 molecules using Spatial Interferometry

이 제황, 김 이종, 박 승범, 김 태근, 이 용수, 남 창희(KAIST 물리학과 결맞는 엑스선 연구단) Interaction of an intense femtosecond laser field with atoms or molecules generates high harmonics in the soft x-ray region. The polarization of high harmonics from aligned N₂ molecules was measured by observing the visibility of spatial interference between two high harmonics generated separately. The visibility minimum was observed at the angle of 60° between the polarization of harmonic generation field and molecular orientation, which corresponds to the polarization angle 15° of high harmonics. Our measurement on visibility variation matches the theoretical prediction based on the harmonic field calculation from aligned N₂ molecules.

I-05 Coherent Optical Phonons Appearing in Charge

Ordering Phase of Phase-Separated Manganites. JANG Kyeong-Jin, LIM Jongseok, YEE Ki-Ju¹, AHN J. S.², AHN Jaewook³ (Department of Physics, KAIST. ¹Department of Physics, Chungnam National University. ²Department of Physics and RCDAMP, Pusan National University. ³Department of Physics and KI-OST, KAIST.) Hole-doped manganites R_{1-x}A_xMnO₃ (where R is a trivalent rare-earth ion and A is a divalent alkaline earth) which show colossal magnetoresistance have various magnetic phases, such as ferromagnetic metal, paramagnetic and antiferromagnetic insulators related to alkaline ion doping rate and temperature. Unlike highly hole-doped (x>0.5) manganites which have a phase transition from paramagnetic insulator phase to antiferromagnetic insulator phase, optimally (0.175/8-yPr₇Ca_{3/8}MnO₃(y=3/8) using femtosecond infrared pump-probe spectroscopy, and observed 81-cm⁻¹ coherent optical phonons appearing in the temperature range between Curie and charge-ordering temperatures. Moreover, we have observed a temperature hysteresis of modal amplitudes in heating and cooling processes, which effect may be explained with the coexistence of ferromagnetic metal and antiferromagnetic insulator in the charge-ordering phase. These coherent optical phonons disappear above and below the temperature interval for the mixed phase. On the other hand, as similar experiments in optimally hole-doped manganites La_{5/8}Ca_{3/8}MnO₃, [1] show no such optical phonon oscillation, we attribute the origin of these coherent mode to the charge-ordering phase. [1] Y. H. Ren, X. H. Zhang, G. Lupke, M. Schneider, M. Onellion, I. E. Perakis, Y. F. Hu, and Qi Li, Phys. Rev. B 64, 144401 (2001).

I-06 Optical Pumping by Chaos-assisted Tunneling in a

Deformed Microcavity YANG Juhee, LEE Sang-Bum, MOON Songky, LEE Soo-Young, SHIM Jeong-Bo¹, KIM Sang Wook², LEE Jai-hyung, AN Kyungwon(Seoul National University, School of physics and astronomy. ¹Max Plank Institute for the Physics of Complex Systems, Germany. ²Pusan National University, Department of Physics Education and Department of Physics.) Optical pumping is widely used for microcavity lasers for its easy implementation and relatively high efficiency. An important requirement for efficient optical pumping is field coupling to the ultrahigh-Q cavity mode. Popular techniques for coupling to high-Q microspheres are prism coupling

or fiber-taper-based coupling. On the contrary, free-space coupling without such special arrangements is possible in asymmetrical resonant cavities, where a ray easily can be injected in the cavity refractively and circulates near the cavity boundary for many rounds even in the nonresonant case. Furthermore, when the pump frequency is resonant to the high-Q cavity mode, the injected light would efficiently couple to the mode through chaos-assisted tunneling process. We have experimentally demonstrated the optical pumping by the chaos-assisted tunneling with a focused pump beam in a two-dimensional quadrupole-deformed microcavity laser. A tenfold enhancement in the pumping efficiency was observed in the nonresonant case. When the pump wavelength was scanned under this condition in a manner of excitation spectroscopy, we observed an additional hundredfold enhancement when the pump wavelength was resonant to a cavity mode spatially overlapping much with the lasing cavity mode.

I-07 Irreversibility of Light from Atomic Motion with

Electromagnetic Induced Transparency OOI Raymond(*Department of Physics, Korea University.*) Moving atoms in an atomic beam introduces irreversibility of light. We show how atomic motion of gas affect the transparency and absorption of two counter-propagating probe fields controlled by electromagnetic induced transparency. The interference of the two fields show spatial dependent profile that can yield information about the velocity of the atomic beam. Some potential applications of these results such as optical diode, directional emitter, optical transistor and mirrorless cavity are discussed.

I-08 주기적으로 분극 반전된 fan-out structure type

LiNbO₃에서의 테라헤르츠파 발생특성 강 철, 이 영락, 기 철식, 유 형근, 유 난이, 정 창수, 고 도경, 이 종민(*고등광기술연구소(광주과학기술원).*) 테라헤르츠 기술개발에서 테라헤르츠 광원 개발은 매우 중요한 위치를 차지하고 있다. 특히, 그 응용기술 개발을 위해 선풍이 좁으면서 파장이 가변될 수 있는 테라헤르츠 광원 개발의 필요성은 더욱 강조되고 있다. 이러한 광원 개발을 위해 60~80 μm 주기를 갖는 fan-out structure 분극 반전 LiNbO₃ (PPLN)를 제작하였다. Fan-out structured PPLN에 펄소초레이저 빔의 입사위치를 변화시켜가면서 테라헤르츠파의 발생 특성을 광전도 안테나 검출법으로 측정하였다. Fan-out structured PPLN의 분극반전 주기가 펄소초 레이저 빔의 입사위치에 따라 변화되기 때문에 발생된 테라헤르츠파의 중심파장도 가변되었다. 실험에서 관측된 파장가변특성은 이론적으로 예측된 PPLN의 주기변화에 따른 파장가변경향과 잘 일치하였다.

■ SESSION: I [IG2]

4월 18일(금), 11:00 - 12:45

장 소: 105호

I-09 Ultra-small square-lattice photonic crystal laser

EE Ho-Seok, JEONG Kwang-Yong¹, SEO Min-Kyo¹, LEE

Yong-Hee¹, PARK Hong-Gyu(*Korea University, ¹KAIST.*) We propose an ultra-small square-lattice photonic crystal laser cavity consisting of a shift in two of the lattice points. Three-dimensional finite difference time domain simulation shows that the ultra-small modal volume of $\sim 0.018 \mu\text{m}^3$ and Q factor of ~ 4200 . This smallest laser is successfully demonstrated in experiment. Photoluminescence spectroscopy exhibits lasing at 1511 nm with a lasing threshold of $\sim 140 \mu\text{W}$ at room temperature. The measurements are well agreed with the FDTD simulation results.

I-10 빛 흡수로 인한 고유의 손실을 가진 은(Ag)박막

근접장 수퍼렌즈의 이미지 품질 향상 김 경식, 이 광철, 박 해성, 김 재훈, 강 구민(*연세대학교 기계공학과.*) 빛의 회절로 인한 분해능 한계는 나노 바이오 이미징 및 광 리소그래피 기술의 제약 요건이며, 이를 극복하기 위한 방법의 한가지로 NIM(Negative Index Materials; 음굴절률 물질)에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있다. NIM은 메타물질의 인공적인 금속 주기구조에 의해 RF 영역에서 음의 투자율과 유전율($\mu < 0$, $\epsilon < 0$)을 갖는 DNG(Double Negative Materials)와, 가시광선 영역에서 Electrostatic limit에 의해 음의 유전율($\epsilon < 0$, $\mu > 0$)만으로 근접장 수퍼렌징 효과를 나타내는 SNG(Single Negative Materials)로 나뉜다. 이 중, SNG는 진행 거리에 따라 지수함수적으로 감쇠하는 evanescent wave를 표면 플라즈몬 공명(Surface Plasmon Resonance)에 의해 증폭시켜서 회절 한계를 넘어서는 정보를 복원할 수 있으므로 근접장 이미징 기술의 분해능을 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다. 한편, NIM에서는 수퍼렌징을 일으키기 위해 NIM과 주변물질(Host material)의 유전율 크기를 일치시키는 impedance matching을 일반적으로 사용한다. 이때, DNG에서는 NIM 표면에서 반사에 의한 손실이 없으며 광원의 입사각에 의한 수차를 발생시키지 않아 하나의 단일 초점을 갖게 된다. 또한 SNG에서는 물체 면의 정보를 이미지면에 이상적으로 전달할 수 있게 된다. 그러나 물질은 빛 흡수에 의한 고유의 손실을 갖고 있으며 이러한 손실은 수퍼렌징의 이미지 품질을 저하시킨다고 알려져 있다. 본 연구에서는 SNG로 널리 사용되며 UV영역에서 음의 유전율($\epsilon < 0$)을 가지므로 광 리소그래피에 응용 가능성이 높은 은(Ag) 박막의 이미지 품질 향상을 FDTD 계산 방법을 통해 연구하였다. 복소수($\epsilon = \epsilon' + i\epsilon''$)로 이루어진 은(Ag) 박막의 유전율은 빛 흡수에 관여하는 허수부(ϵ'')가 UV영역에서 일정하므로 파장에 의존하는 실수부(ϵ')의 크기를 제어함으로써 impedance mismatching 조건을 구현하였다. 또한, 리소그래피에서 충분한 노광을 위한 contrast를 가늠하는 DOF(Depth of field)를 계산함으로써 이미지의 품질 향상을 예측하였다. 결과적으로 Intensity contrast 0.5에서 69% 향상된 visibility와 138% 증가된 DOF를 확인할 수 있었으며, 빛에 의한 흡수(ϵ'')가 클수록 더 큰 impedance mismatching 조건이 필요함을 알 수 있었다.

I-11 극저온 절대복사계에 소급한 광휘도 국가표준

실현 김 용완, 황 지수, 이 동훈, 박 성종, 신 동주, 박 승남, 전 민용¹(*한국표준과학연구원, ¹충남대학교 물리학과.*) 광 측정량 중에 하나인 광휘도 눈금을 광조도계와 두 개의 정밀개구로 구성된 광휘도계를 사용하여 실현하였다. 이 광휘도 감응도는 극저온 절대 복사계(absolute cryogenic radiometer)를 기준으로 하는 분광감응도 표준으로부터 출발하여 광조도 표준을 확립한 후 광조도 단위 (lx)로부터 두 개의 정밀개구의 면적과 두 정밀개구의 떨어진 거리

및 기하학적인 요소를 고려하여 유도하였다. 광조도계 앞에 설치된 하나의 정밀개구와 입체각을 정의하는 다른 하나의 정밀개구는 다이아몬드 회전가공기를 이용하여 제작되었으며 그 면적은 불확도 0.1 % ($k = 2$) 이내로 측정하였다. 최종적으로 제작된 광휘도계는 광휘도 전달용 적분구 광원(CIE 표준광원 A, 색온도 2856 K)을 대상으로 광휘도 단위를 실현하였을 때, 분광감응도, 개구면적, 개구간의 거리, 적분구 광원의 색온도와 광휘도의 불균일성을 고려하면 확장불확도 1.0 % ($k = 2$) 수준으로 광휘도 눈금을 실현할 수 있었다. 참고로 광휘도는 광원의 밝기를 나타내는 측정량이며 TV, 모니터, 전광판, 신호등, 비상구유도등 및 휴대폰 등의 각종 디스플레이 장치의 밝기를 측정하는데 사용된다.

I-12 Transition from single to multi-mode lasing in stadium-shaped InGaAsP microlasers CHOI Muhan, SHINOHARA Susumu, FUKUSHIMA Takehiro¹, HARAYAMA Takehisa (Department of nonlinear science, ATR Wave Engineering Laboratories. ¹Dept, communication engineering, Okayama Pref. Univ..) We experimentally investigate spectral and far-field characteristics of lasing emission from stadium-shaped semiconductor (InGaAsP) microlasers. We report how these characteristics change when the pumping current increases, revealing the transition process from single to multi-mode lasing. We succeeded in experimentally observing a tendency that a far-field pattern exhibits a better agreement with the result of a ray simulation when the number of modes involved in lasing increases. A remarkable finding is that, in spite of this agreement, individual modes of a multi-mode lasing state show very different far-field patterns from each other, each of which less agrees with the result of a ray simulation. This result is contrasted with previous works on microcavities with relatively low refractive indices, which reported that an individual mode always shows a far-field pattern corresponding to the result of a ray simulation. Our experimental result is supported by wave calculation of cavity modes, showing that the averaged far-field pattern of many modes closely corresponds with the result of a ray simulation, whereas the far-field pattern of each mode exhibits less agreement with the result of a ray simulation.

I-13 한국원자력연구원의 1 kJ 급 Nd:Glass 레이저 시설 현황 홍 성기, 서 영석, 고 광훈, 김 민석, 진 정태, 구 재진,

김 영원, 임 창환(한국원자력연구원) 한국원자력연구원(KAERI)에서는 양자공학 연구를 위한 고에너지 Nd:Glass 레이저 시설(KLF: Kaeri Laser Facility)이 2007년 말 완공되었다. 본 레이저 시설 KLF (Kaeri Laser Facility)은 4개의 Beam-line으로 각각 빔 직경 100mm, 빔 에너지 300J ($\lambda=1064$, 8ns)로 전체 1.3kJ의 에너지를 얻을 수 있다. 현재, Target 챔버에서의 레이저 빔의 동기화 작업 중에 있다. 앞으로, KLF 레이저 시설은 이용을 희망하는 연구그룹에게 자유롭게 공급될 것이다. 본 발표에서는 이용자 그룹의 활성화를 위하여 레이저 시설의 상세한 사양과 응용연구에 대해 논의한다.

I-14 Laser Chirp Effect on Femtosecond Laser Filamentation Generated for Pulse Compression 박 주윤, 이 재환, 남 창희(KAIST, 물리학과) The influence of laser chirp on femtosecond laser filamentation in an argon gas cell has been investigated for the generation of few-cycle high-power laser pulses. Filamentation experiments were carefully worked out to prevent multiple filamentation using 28-fs laser pulses with energy over 3 mJ. At the single filamentation condition, the characteristics of filamentation output was examined with respect to initial laser chirp and argon pressure. Much larger spectral broadening was obtained with positively chirped pulses, compared to the case of negatively chirped pulses that generated much longer filament. After the dispersion was compensated with chirped mirrors, the pulse duration measured with the FROG technique was 5.5 fs and the energy contained in the broadened spectrum was 0.5 mJ.

I-15 처프 컨볼루션 개념을 이용한 펄스의 시간적 구조 측정 방법 유 태준, 성 재희, 이 성규, 고 도경, 이 종민(광주과학기술원, 고등광기술연구소) 본 발표는 극초단 레이저 펄스의 시간적 구조를 분석하는 새로운 개념으로 Chirped convolution을 제안하였다. 이 개념을 통해 기존의 convolution에 기반으로 둔 방식으로는 극초단 레이저 펄스의 시간 구조를 측정하기 어려운 경우, 즉 구체적인 조건으로는 펨토초 레이저 펄스의 100 피코초 영역에서의 시간적 구조 및 대조비를 단 한번의 펄스로 측정하고자 하는 경우에 어떻게 Chirped convolution으로 가능한지를 설명한다. 향후 페타와트 극초단 고휒력 레이저 펄스의 시간 구조를 진단하기 위해 이 개념이 적용된 구체적 실험 방법과 설계들을 제안한다.

■ SESSION: J [JG1]

4월 17일(목), 12:30 - 14:15

장 소: 209호

J-01(초) Generation of free-traveling “Schrödinger cat”

states and their applications to quantum information processing
JEONG Hyunseok, OURJOUNTSEV Alexei¹, ROSA Tualle-Broui¹, GRANGIER Philippe¹, RALPH Timothy C.²(*Department of Physic and Astronomy, Seoul National University, 599 Gwanangno, Gwanak-gu, Seoul, Korea.* ¹*Laboratoire Charles Fabry de l'Institut d'Optique, CNRS UMR 8501, 91403, Orsay, France.* ²*Department of Physic, University of Queensland, Qld 4072, Australia.*) Since Schrödinger suggested his famous cat paradox [1], it has been of great interest among physicists to generate and observe quantum superpositions between macroscopically distinguishable states. In quantum optics, quantum superpositions of well separated coherent states are considered such macroscopic quantum superpositions [2, 3]. In particular, “Schrödinger cat” states in free-traveling fields play an important role in fundamental tests of quantum theory [4, 5] and many quantum information processing applications. It has been found that quantum computation [6], quantum teleportation [7, 8] and precision measurements [9] may be realized using optical Schrödinger cat states. In this talk, I will present a scheme to generate optical Schrödinger cat states with its recent experimental realization [10]. Our protocol allows to generate arbitrarily large Schrödinger cat states, using a homodyne detection, a beam splitter, and photon number states. Furthermore, the squeezed vacuum fields can be used as ancillary states to enhance the fidelity of the generated states [11, 12]. Remarkably, the generated Schrödinger cat state clearly exhibits interference fringes between the ‘dead’ and ‘alive’ components, and is large enough to become useful for quantum information processing and experimental tests of quantum theory. I will also discuss the usefulness of Schrödinger cat states in optical quantum information processing.

1. E. Schrödinger, *Naturwissenschaften*. 23, pp. 807-812; 823-828; 844-849 (1935). 2. B. Yurke and D. Stoler, *Phys. Rev. Lett.* 57, 13 (1986). 3. W. Schleich, M. Pernigo and F. L. Kien, *Phys. Rev. A* 44, 2172 (1991). 4. H. Jeong, W. Son, M. S. Kim, D. Ahn, and C. Brukner, *Phys. Rev. A* 67, 012106 (2003). 5. M. Stobinska, H. Jeong, T. C. Ralph, *Phys. Rev. A* 75, 052105 (2007). 6. T. C. Ralph, A. Gilchrist, G. J. Milburn, W. J. Munro, and S. Glancy, *Phys. Rev. A* 68, 042319 (2003). 7. S. J. van Enk and O. Hirota, *Phys. Rev. A* 64, 022313 (2001). 8. H. Jeong, M. S. Kim, and J. Lee, *Phys. Rev. A* 64, 052308 (2001). 9. W. J. Munro, K. Nemoto, G. J. Milburn, and S. L. Braunstein, *Phys. Rev. A* 66, 023819 (2002). 10. A. Ourjoumtsev, H. Jeong, R. Tualle-Broui, and Ph. Grangier, *Nature* 448, 784 (2007). 11. A. M. Lance, H. Jeong, N. B. Grosse, T. Symul, T. C. Ralph, and P. K. Lam, *Phys. Rev. A* 73, 041801(R) (2006). 12. H. Jeong, A. M. Lance, N. B. Grosse, T. Symul, P. K. Lam, and T. C. Ralph, *Phys. Rev. A* 74, 033813 (2006).

J-02 Quantized Motion of Trapped Atoms in Optical

Micropotentials KIM Wook Rae, YOON Seokchan, CHOI Youngwoon, KANG Sungsam, LIM Sooin, LEE Jai-hyung, AN Kyungwon(*Seoul National University, Department of Physics and Astronomy.*) Spectrum of resonance fluorescence from a small number of atoms was measured with a real-time high-resolution heterodyne spectroscopy setup based on photon counting method. Our experimental results reveal quantized motion of trapped atoms in a phase-stabilized magneto-optical trap (MOT). Specifically, Dicke narrowing and vibrational Raman sidebands were observed in the spectrum of atoms trapped in sub-wavelength regions of optical micropotentials formed by the phase-stabilized MOT. Various properties of trapped atom such as temperature, atomic population in vibrational modes and oscillation frequency of the atoms have been measured.

J-03 Observation of Atom-cavity Coupling with Cold

Single Atoms. CHOI youngwoon, KANG sungsam, LIM sooin, LEE Jai-hyung, AN kyungwon(*Seoul National University, Department of Physics and Astronomy.*) We have observed atom-cavity coupling in an optical cavity in the regime of single atoms. In our experiment, about 10^5 85Rb atoms in a magneto-optical trap(MOT) were dropped slightly above a high-finesse Fabry-Perot cavity with a cavity length of 155 microns while the cavity transmission on resonance was monitored. The cavity transmission was decreased when individual atoms moved across the cavity mode because of the coupling effect of cavity quantum electrodynamics. In this manner we could identify the passage of single atoms through the cavity mode one by one. By analyzing the arrival and passage times of individual atoms, we could measure the initial temperature of the atomic cloud. Our experiment will be the platform for single-photon generation on demand.

J-04 The role of entanglement in quantum lithography

이 선경, 이 해웅¹(한국표준과학연구원, 양자응용SI연구단, ¹한국과학기술원, 물리.) 우리는 양자리소그래피에서 고전적 회절 한계를 뛰어넘는 분해능 개선의 근원을 연구하였다. 우리는 초기에 준비된 순수 얽힘 상태(NOON state)가 위상과 진폭 감쇄로 인해 혼합상태로 변형될 때에도 그 상태에 남아있는 얽힘의 정도와 상관없이 분해능 개선의 정도가 유지됨을 보였다. 우리는 또한 고전적 한계를 뛰어넘는 분해능 개선이 빛의 분리가능한 상태의 특유한 부류에서도 얻어질 수 있음을 보였다. 우리는 사용된 빛의 상태에서 NOON 타입 얽힘의 존재여부가 양자리소그래피에서의 분해능 개선의 정도를 결정한다고 결론지었다(얽힘의 정도나 얽힘의 가중치에 상관없이).

J-05 Bound for mixed state discrimination from the no-signaling condition

LEE Jae-Weon, BAE Joonwoo, KIM Jaewan, HWANG Won-Young¹(*KLAS, ¹Chonnam National University.*) It is well known that one can obtain many no-go theorems of quantum information science such as the no-cloning or the no-perfect state discrimination from the no-signaling condition, which says superluminal communication is impossible. This indicates there is a nontrivial connection between two pillars of

modern physics, relativity and quantum mechanics. We prove that the minimum error of discrimination of two mixed one qubit states is given by the Helstrom theorem by using this no-signaling condition. Ref) Bae et al, arXiv:0711.0664

J-06 Control of the Atom-Cavity Coupling Constant with a Nanopore Lattice in the Cavity-QED Microlaser LEE Moonjoo, SEO Wontaek, HONG Hyun-Gue, SONG Younghoon, LEE Jai-Hyung, AN Kyungwon(Department of Physics and Astronomy, Seoul National University.) Although uniform atom-cavity constant is assumed in almost all cavity quantum electrodynamics (QED) theories, atoms in an optical cavity in reality experience position-dependent coupling constants because of the standing-wave structure of the cavity mode. In this work, we have realized precisely controlled atom-cavity coupling constants for cavity QED experiments. We performed this feat by employing an atomic beam aperture in the form of two-dimensional lattice of nanometer holes, i.e., nanopores, with a pitch of 791 nm, the same as the resonance wavelength of atomic barium, in front of the cavity in our cavity-QED microlaser. When the horizontal position of the aperture is adjusted so as to make the vertical columns of nanopores aligned with the antinodes of the cavity, the atoms passing through the holes would experience the maximum coupling. On the contrary, if the columns of nanopores are aligned with the nodes of the cavity, the atom-cavity coupling would vanish. We have succeeded in the lasing operation with this nanopore-array aperture installed. Our nanopore lattice technique provides an opportunity to perform various cavity-QED experiments with continuously scannable atom-cavity coupling constants.

■ SESSION: J [JG2]
4월 18일(금), 09:30 - 10:30
장 소: 209호

J-07 Analytic Calculation of the Lineshape of Saturated Absorption Spectra 문 겐, 신 서로, 노 흥렬(전남대, 물리학과.) We present analytic solutions of the saturated absorption spectra. By solving the rate equations in the presence of a pump laser beam, we obtained analytic forms of all the ground and excited-states populations, and calculated the absorption of a counterpropagating probe beam. We compared the analytic solutions with the numerical and experimental results and found good agreement between them. In addition, the results are compared with Nakayama's model. Compared to Nakayama's model, the analytic theory can provide accurate spectra at arbitrary intensity and diameter of the pump beam.

J-08 Saturated Absorption Line-shape Analysis Of Rubidium D2 Lines LEE Sangkyung, LEE Kang Hee, AHN

Jaewook, PARK Chang Yong¹(KAIST, 물리학과, ¹KRISST, Quantum Application SI Laboratory.) A phenomenological study to describe the sign reversal and asymmetry of line-shapes of saturated absorption spectra of Cs D₂ lines were previously reported in Ref. [1]. We have observed similar behaviors of absorption line-shape changes in ⁸⁵Rb D₂ lines. The lines of the resonance signal for the transition F=3 to F=4 are found to be very sensitive to the change of the pump laser intensity, having reversed signs of the peaks and dips. Considering the saturation effect and the velocity optical pumping effect, as suggested in Ref.[2,3], we explain the line shapes of Rb D₂ lines and their changes as a function of laser intensity. Reference: [1] Kang-Bin Im *et al.*, Phys. Rev. A 63, 034501 (2001) [2] Seung-Sub Kim *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. 32, 3291 (1993) [3] S. Nakayama, Jpn. J. Appl. Phys. 24, 1 (1984)

J-09 고분해능 공진기를 이용한 모드잠금된 펄스 초레이저 광빔(optical comb)의 안정화 박 상언, 김 역봉, 박 창용, 권 택용(한국표준과학연구원, 기반표준본부.) 광빔 주입잠금된 반도체레이저를 이용하여 펄스초레이저 광빔을 고분해능 공진기에 손쉽게 안정화하는 방법을 개발하였다. 고분해능 공진기는 연속발진 단일모드 레이저의 선폭을 축소하여 광시계의 시계전이선 분광에 많이 사용되지만, 펄스초레이저 광빔과 같이 주파수 영역에 수많은 모드가 동시에 발진하는 모드잠금된 레이저의 안정화에 이용하기에는 매우 어렵고 장치도 복잡하다. 본 연구에서는 광빔주입잠금된 반도체레이저로 펄스초레이저 광빔 중 한 모드만 선택적으로 증폭하여 피네스(finesse)가 약 10,000인 고분해능 공진기의 Pound-Drever-Hall 분광신호를 얻고, 증폭된 하나의 광빔 모드를 고분해능 공진기에 안정화하였다. 이러한 방법으로 모든 광빔 모드를 동시에 고분해능 공진기에 안정화됨과 동시에 선폭도 축소할 수 있었다. 고분해능 공진기에 안정화된 광빔은 단기안정도가 뛰어난 마이크로파 발생과 좁은 선폭의 단일모드 레이저 발생 등에 응용될 수 있다.

J-10 이터븀 광격자시계의 시계전이선 분광용 레이저 개발 박 상언, 김 역봉, 이 원규, 박 창용, 유 대혁, 이 선경(한국표준과학연구원, 기반표준본부.) 원자시계는 공진주파수와 공진선폭의 비, 즉 Q(quality factor)값에 비례하여 그 안정도가 향상된다. 이터븀(Yb)원자 ¹S₀-³P₀ 전이선의 파장은 578.42 nm이고, 자연선폭은 약 10 mHz이다. 이 시계전이선의 Q값은 10¹⁶으로 마이크로파 기반 원자시계의 Q값에 비해 무려 10⁵배 이상이므로 스트론튬(Sr)과 더불어 광주파수 기반의 차세대 원자시계로 많은 주목을 받고 있다. 이러한 시계전이선을 분광하여 시계로 동작시키기 위해서는 분광용 레이저광원의 선폭축소가 선행되어야 한다. 본 연구에서는 파장이 1156.84 nm인 외부공진기 다이오드레이저를 시계전이선 분광용 레이저로 사용하였는데, 이 레이저는 향후 제2조화파 발생 방법을 이용하여 578.42 nm의 광원을 생성시킬 예정이다. 본 학회에서는 외부공진기 다이오드레이저의 주파수를 피네스(finesse)가 약 10,000인 고분해능공진기에 Pound-Drever-Hall 방법을 사용하여 안정한 결과에 대해 발표할 예정이다.

■ SESSION: J [JG3]

4월 18일(금), 10:45 - 12:15

장 소: 209호

J-11(초) Coherent Manipulation of Rydberg Helium Atoms in Inhomogeneous Electric Fields

LEE* Seung-Hyun, VERNALEKEN A.¹, METCALF Harold¹(*Department of Physics, Korea Air Force Academy, 363-849 Cheongwon, Chungbuk, Korea.*
¹*Department of Physics and Astronomy, SUNY Stony Brook, Stony Brook, NY 11794-3800, USA.*) Atoms in Rydberg states have a large dipole moment because their outer electrons are located far from the core. Due to the relatively strong dipole interaction, therefore, the motion of Rydberg atoms can be affected even by weak and moderate field gradients. Ultimately, it is desirable to maximize the population in the Rydberg states to increase the intensity of the beam focused by an electrostatic lens. In a new approach to achieve a highly efficient population transfer, we take advantage of the highly efficient Stimulated Raman Adiabatic Passage (STIRAP) excitation technique. In this talk, we first present an investigation of the Stark-shifted atomic energy levels and compare our observations to numerical calculations. Once the state with the highest transition efficiency has been identified we employ the coherent STIRAP excitation technique in order to achieve a complete population transfer from the metastable ground state to the target state via an intermediate state in the three-level ladder system $2^3S_1 \rightarrow 3^3P_2 \rightarrow nL_j$ of triplet helium. In order to fulfill the strict conditions for STIRAP, we also need to know the Rabi frequencies of the laser fields. For this purpose, the Autler-Townes effect is also examined. Finally, we demonstrate an example of atom optics by focusing the atomic beam with our electrostatic lens after preparing the metastable helium atoms in one of the well-defined Rydberg states.

J-12 Spectroscopy of Backscattered Femtosecond Coherent Anti-Stokes Raman Scattering of Microparticles

OOI Raymond(*Department of Physics, Korea University.*) Coherent anti-Stokes Raman scattering (CARS) signal can be enhanced by properly tailored femtosecond laser pulses¹. Backscattered CARS signal from a microparticle is only about ten times smaller than the forward signal^{2,3} can serve as a promising tool for real-time identification of airborne particles in a LIDAR (light detection and ranging) setup. Existing theory³ based on three-level atomic model is inadequate for studying the chemical signature of particles composed of molecules and complex biological agents upon excitations of broadband laser pulses. We use time-correlator theory which incorporates many-body effects of complex molecular system as well as the effects of arbitrary laser pulses. The theory enables us to study the backscattered spectra from a particle composed of complex molecules. References: ¹ M. O. Scully, G. W. Kattawar, R. P. Lucht, T. Opatrny, H. Pilloff, A. Rebane, A. V. Sokolov, and M. S.

Zubairy, Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 99, 10994 (2002).² J. Kasparian, B. Krämer, J. P. Dewitz, S. Vajda, P. Rairoux, B. Vezin, V. Boutou, T. Leisner, W. Hübner, J. P. Wolf, L. Wöste, and K. H. Bennemann, Phys. Rev. Lett. 78, 2952 (1997).³ C. H. Raymond Ooi, Guy Beadie, George W. Kattawar, John F. Reintjes, Y. Rostovtsev, M. Suhail Zubairy, and Marlan O. Scully, Phys. Rev. A 72, 023807 (2005).

J-13 CH4 분자의 Branching Ratio 측정

김 현, 정 양 수(충남대학교 물리학과) CH₄ 분자가 광흡수과정에서 생성하는 여러 가지 광이온들의 branching ratio를 Time of Flight (TOF) 방법을 이용하여 30 nm(41.3 eV)부터 이온화문턱에너지 98.32 nm(12.61 eV)까지 구하였다. 생성된 광이온들의 문턱에너지를 구하여 발표된 자료와 비교하였다. 광원은 포항가속기연구구 3B1 NIM beam line의 resolution 0.06 nm인 방사광을 이용하였다.

J-14 The electromagnetically enhanced absorption signal using the injection-locking technique in Rb D₁ line

문 한섭, 배 인 호(부산대학교 물리학과) We have studied electromagnetically induced transparency for the probe laser which is concerned with the coupling laser driven by on-resonant standing wave in a three level system. When the coupling laser became the standing wave, the transparency of on-resonant probe laser in the three level system was reduced by periodic modulation of the coupling laser and the reflected probe laser was found in the backward direction by absorption Bragg grating. The spectral profile of sharp absorption by the spatial modulation of the coupling laser is the reversed EIT, that is enhanced absorption signal. The bandwidth of the enhanced absorption signal has a broadening effect which is due to the noise between the independent coupling and probe laser. To eliminate the noise, we are going to use the injection-locking technique which is generate the coherence between two independent lasers. After the injection-locking, we expect the advantage that the bandwidth of the enhanced absorption signal is narrowed than the results of former experimental setup which is made by two independent lasers.

J-15 Quantum Localization in Open Chaotic Systems

허 광옥, 유 정완, 김 상욱(부산대학교 물리학과) We study a quasi-Floquet state of a δ -kicked rotor with absorbing boundaries focusing on the nature of the dynamical localization in open quantum systems. The localization lengths ξ of lossy quasi-Floquet states located near the absorbing boundaries decrease as they approach the boundary while the corresponding decay rates Γ are dramatically enhanced. We find the relation $\xi \sim \Gamma^{-1/2}$ and explain it based upon the finite time diffusion, which can also be applied to a random unitary operator model. We conjecture that this idea is valid for the system exhibiting both the diffusion in classical dynamics and the exponential localization in quantum mechanics.

■ SESSION: L [LF1]

4월 17일(목), 12:30 - 14:15

장 소: 203호

LF-01 The Interaction of Dark Energy With Dark Matter

KIM Sung-Won, KEUM Yong-Yeon¹(*Ewha Womans University, ¹Taiwan National University.*) In this work the interaction of dark energy with dark matter is studied to see the roles of the coupling term in the universe.

LF-02 BEC or scalar field dark matter and collisions of galaxies

LEE Jae-Weon(*KIAS.*) It is known that the dark matter models based on Bose Einstein condensate (Sin, PRD50,3650) or scalar field (Lee & Koh, PRD53,2236) can alleviate many problems of cold dark models such as the cusp problem and missing satellite problem and well explain the observed rotation curves of galaxies. I suggest that the dark galaxy and the galaxy without dark matter recently observed can be also explained in these models, if dark matter is repulsively self-interacting. When the kinetic energy of two colliding dark matter halos is not enough, dark matter merge to form a dark galaxy and outgoing stars form the galaxy without dark matter, while at high kinetic energy halos behave as solitons mimicking ordinary collisionless cold dark matter. This scenario also explains the apparently contradictory behaviors of dark matter in the bullet cluster and Abel 520. I also briefly review the entanglement dark energy model.

LF-03 Cosmological implication of the second law of thermodynamics

KIM Hyeong-Chan, LEE Jaeweon¹, LEE Jeongjai²(*연세대학교, ¹KIAS. ²대진대학교*) We study the cosmology including holographic dark energy term. The cosmological implication of the second law of the thermodynamics is studied. By assuming $S_d \geq 1S$, we derived a formula which present time when the transition from the radiation dominant era to matter dominant era happens.

LF-04 Hypercylindrical vacuum spacetimes

KANG Gungwon, CHO Inyong¹, KIM Sang Pyo², LEE Chul H.³(*KISTI. ¹Sungkyunkwan U. ²Kunsan U. ³Hanyang U.*) We have investigated the geometry of hypercylindrical vacuum spacetimes. This class of spacetimes is characterized by mass and tension densities, and has spherical symmetry on slices perpendicular to extra dimensions in which translational symmetry exists. Depending on the value of the tension density we describe various geometrical properties of several submanifolds including its causal structure. The stability behavior will also be reported, giving some implications on the Gregory-Laflamme instability.

■ SESSION: L [LI1]

4월 17일(목), 14:30 - 16:15

장 소: 203호

LI-01 Gravitational Lensing and Dark Matter and Dark Energy

TAKADA Masahiro(*University of Tokyo.*) Gravitational lensing by structures in the Universe causes the images of distant galaxies to be distorted. This distortion signal, measurable via the statistical analysis of a number of galaxy images, allows to directly map out the distribution of dark matter. In addition, the time-evolution of the distortion signal is sensitive to the cosmic expansion history, thereby probing the influence of dark energy on the growth of cosmic large-scale structures. In my talk I will describe how the gravitational lensing methods can be used to explore the nature of dark matter and dark energy.

LI-02 Dark Energy Constraints from the Large Scale Structure of the Universe

PARK Changbom(*KIAS.*) I review the on-going and future observational programs that are aiming to measure the cosmological parameters. In particular, the constraints on the equation of state of the dark energy, namely its value at $z=0$ and its time evolution, predicted from these surveys are presented. The key ideas of these experiments are to study two time-dependent phenomena, the expansion of space and growth of structures. In order to study the expansion of space the standard candles (like Type Ia SN) or rulers (like BAO) are used. To study the growth of structures gravitational lensing, abundance of clusters, and the reionization history are being observed. Since both phenomena require large and deep surveys of various tracers of linear and non-linear structures, we are facing the era of massive cosmological surveys.

LI-03 Holographic dark energy models

MYUNG Yun Soo(*Inje University.*) We review the dark energy models, especially the holographic dark energy model which was recently proposed to explain the dark energy-dominated universe. In order to study its origin, we introduce the spacetime form cosmology. This model could explain the holographic energy density. Furthermore, we show that the agegraphic dark energy models have nothing but the holographic dark energy model with different IR length scales.

■ SESSION: L [LG1]

4월 18일(금), 11:00 - 12:45

장 소: 203호

LI-01 Non-axisymmetric Instabilities of Rotating Neutron Stars

KIM Hee Il, LEE Hyung Mok(*Department of Physics and Astronomy, Seoul National University.*) We study the evolution of rapidly rotating neutron stars by using the 3-dimensional hydrodynamics code, Whisky, and the Einstein equation solver, Cactus. The initial equilibrium stars are perturbed by changing pa-

rameters of the polytropic equation of state to mimic the phase transition of neutron stars to quark stars. The perturbed stars near the critical rotation parameter have bar-mode instability even for initially stable stars. The resulting gravitational wave emissions are calculated from the analyses of quadrupole moments. Observational implications are discussed briefly related to the future interferometric gravitational wave detectors.

L-02 The first look of coincident events from air showers of high-energy cosmic rays in Uijeongbu area 조 일성, 권 영준, 조 우람, 남 신우¹, 박 일흥¹, 양 종만¹, 김 보금¹, 임 선인¹, 방 형찬², 추 경호², 천 병구³, 공 병주⁴, 김 강산⁴, 박 소희⁴, 손 용민⁴, 이 찬중⁴, 이 한솔⁴, 임 승연⁴, 조 준상⁴(연세대 학교, ¹이화여자대학교, ²서울대학교, ³한양대학교, ⁴의정부과학고등학교) COREA(COSMIC ray Research and Education Array) collaboration have developed an array of plastic scintillation detectors to measure air showers of high-energy cosmic rays. The time difference between coincidence signals from an air shower in three detector stations running independently has been improved up to 20 ns which corresponds to only two pulses of the oscillators in the data acquisition electronics of the stations. We present the improved performance on timing resolution of the detector and the first analysis result of air shower events taken in Uijeongbu area.

L-03 A study of Optics for Detecting Gamma ray-bursts from Space 정 수민, 남 신우, 박 일흥, 박 재형, 이 직, 이 창환¹(이화여자대학교, 물리학과, ¹부산대학교, 물리학과) The multi-wavelength Ultra Fast Observer of Transient Flashes (FLASH) is proposed to study ultra fast flashes in space, e.g., early X-ray, UV and optical afterglows from GRB(Gamma Ray Burst) using the Micro Electro Mechanical Systems (MEMS) based telescope concept. We expect that the rapid slewing capability of its MEMS technology will provide the world's best early-instance Optical/UV imaging. The first few seconds after the X-ray detector is triggered offer a unique observational opportunity that has so far rarely been utilized. In this paper, optics for the FLASH has been studied by

analytical modeling and wave optics simulation with ASAP program. A lab-test using small prototype telescope with MEMS micromirror and 5cm Ritchey-Chretien telescope will be reported.

L-04 블랙홀-중성자별 쌍성의 병합에 의한 감마선 폭발 조 희석, 이 창환, 박 홍조(부산대학교 물리학과) 지속 시간이 짧은 감마선 폭발의 원인으로서 블랙홀이나 중성자별 등의 밀집성으로 이루어진 쌍성계의 병합이 주로 논의되고 있다. 이 연구에서는 블랙홀과 중성자별로 이루어진 쌍성계가 병합하는 과정을 구체적으로 연구하였다. Roche-Lobe Overflow에 의해서 중성자별에서 블랙홀로 질량이 이동할 때 중성자별의 질량에 따른 반경의 함수를 고려해서 별의 질량 이동을 알 수 있다. 4가지 모델의 중성자별을 사용하여 각 모델에 따라서 질량 이동률의 크기와 질량 이동 시간에 대해서 계산하였다. 그 결과 중성자별의 질량이 아주 짧은 시간에 블랙홀로 이동할 수 있으며 블랙홀의 스핀을 비교적 높게 증가시킬 수 있음을 알 수 있었다. 따라서 이 결과를 지속 시간이 짧은 감마선 폭발의 특징과 비교해봄으로써 블랙홀-중성자별 쌍성계가 감마선 폭발의 원인으로서 어느 정도 가능성이 있는지 살펴보았다.

L-05 Gravitational Waves In Binary Neutron Star Systems 김 영민, 이 창환, 박 홍조(부산대학교 물리학과) Mergers of compact stars in binary systems, such as a pair of neutron stars, a neutron star and a black hole, or two black holes, are expected to be the prominent sources of gravitational waves which can be detectable by LIGO. Due to the emission of the gravitational waves, the binary orbit shrinks and the binary merges into black hole eventually. For the binary neutron star systems, when the Roche lobe becomes less than the size of the neutron star, mass transfer occurs. In this work, we study the qualitative features of gravitational wave amplitude during the spiral-in and the mass-transfer phase in binary neutron star systems. We consider various initial mass ratios and Neutron star structures. We also consider the post-Newtonian analyses to incorporate the general relativistic effects.

포스터발표논문 초록

■ SESSION: P1

4월 17일(목), 14:30 - 16:15

장 소: 109호

Hp-001 100 MeV 사이클로트론용 ECR 이온원의 빔인출계 설계 오 병훈(한국원자력연구원) 다양한 다가이온을 가속하기 위한 100 MeV급 초전도 사이클로트론에 사용될 ECR 이온원의 빔인출계를 설계하였다. 사이클로트론에서 가속하려는 이온의 종류가 다양한 것을 고려하면 빔손실을 최소화하기 위한 이온빔 입력에너지의 범위와 인출 이온빔의 종류에 따른 빔전류의 다양한 변화를 고려하여 최적의 빔을 인출할 수 있는 구조로 빔인출계를 설계하는 것은 매우 중요하다. 사이클로트론에서 요구하는 빔인출 에너지와 빔전류의 큰 변화에 대응하면서 최적의 빔을 만들어내기 위해 빔인출전극의 간격을 조절할 수 있는 이동식 전극 시스템이 매우 유용함을 검증하였고, 또한 ECR 이온원의 빔인출계에서 일반적으로 적용되는 감속전극의 역할을 재평가하고 그 필요성에 대해서도 논의하였다.

Hp-002 Modified Z-K Theory of Nonlinear Double Layers in a Magnetized Plasma KIM Seung-Shik, KIM Tae-Han¹(*Institute of Basic Sciences, Hankuk University of Foreign Studies, ¹Dept. of Cre Science, WCDN.*) Theoretical investigation of obliquely propagating nonlinear double layers (NDLs) of non-monotonic type are performed in a magnetized plasma, which consists of a positively charged ion fluid and trapped, as well as free electrons. The modified Zakharov-Kuznetsov (Z-K) equation is derived by the usual reductive perturbation technique in a three dimensional system. Nonlinear double layer solution is presented. Furthermore using Sagdeev's pseudopotential technique, nonlinear double layer solution, which is associated with a set of nonlinear eigenvalue conditions, is also presented. These solutions are the analytic extensions of the monotonic double layers and solitary holes. The effects of physical parameters of nonlinear double layers are discussed.

Hp-003 Electron Trapping in Laser Wakefield Acceleration HUR Min Sup, KIM Jaehoon, KIM Jonguk, SUK Hyyong¹(*KERI, ¹GIST.*) An externally applied longitudinal magnetic field was found to enhance the particle trapping in the laser wakefield acceleration. When a static magnetic field of a few tens of tesla is applied in parallel with the propagation direction of a driving laser pulse, it is shown from two-dimensional particle-in-cell simulations that total charge of the trapped beam and its maximum energy increase. The analysis of electron trajectories strongly suggests that the enhanced trapping originates from the suppression of the transverse motion by the magnetic field. The enhanced trapping by the magnetic field was observed consistently for various values of the plasma density, the amplitude of the laser pulse and pulse spot size. From a similar consideration of the particle trapping and its relationship with the electron dynamics, the effects of laser pulse spot are also discussed.

Hp-004 RF-플라스마에 의한 온도상승 효과 최 준, 백 경철, 이 봉주(조선대학교 물리학과) 반도체 공정에서 유전물질(dielectric material)로 이용되고 있는 SiO₂는 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. ZrO₂는 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 큐리 온도(curie temperature)에서 산화물 초전도체의 버퍼층, 평판 디스플레이에서 활성층의 용도로 각광받고 있으며, 티타늄보다 강도가 2~3배 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. 기존의 SiO₂(k=3.9~5.0)를 대체할 재료로 Al₂O₃(k=8~10), ZrO₂(k=25) 및 HfO₂(k=30) 등이 연구되고 있다. 이 들은 유전상수가 SiO₂ 보다 크기 때문에 보다 두꺼운 상태에서 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 SiO₂를 대체할 수 있으므로 증착 공정 개발에서부터 물질 평가에 이르기 까지 많은 연구가 이루어지고 있다. Al₂O₃, HfO₂, 더불어 ZrO₂는 높은 온도에서도 실리콘과 열 안정성이 우수하며 이중 ZrO₂는 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. 본 연구에서는 RF-플라스마에 의한 ZrO₂ 박막을 형성하는데, 온도상승에 의한 변화를 연구하기 위하여 X-ray diffraction(XRD), ellipsometry 등을 이용하여 증착율을 비교 분석하였고, SEM과 AFM을 통한 표면의 모폴로지 변화를 관찰하였다.

Hp-005 Numerical study of the free-electron laser with the wiggler harmonics NAM Soon-Kwon, PAK Eun-Kyeong, KIM Ki-Bum¹(*Department of Physics, Kangwon National University, ¹Cyclotron Research Institute, Kangwon National University.*) We consider the effect of the wiggler harmonics in the free-electron laser. The laser field is expanded as a series of modes close to each harmonics. In order to investigate this possibility, we have generalized the standard model with the two-harmonics wiggler. The wiggler magnetic field is expanded as a sum of harmonics of fundamental wave number. We analyses laser fields generated by a multi-harmonic wiggler.

Hp-006 Transverse optical mode competition of far-infrared FEL oscillator NAM Soon-Kwon, JULIUS Nfor, KIM Ki-Bum¹(*Department of Physics, Kangwon National University, ¹Cyclotron Research Institute, Kangwon National University.*) In a

far-infrared free-electron laser oscillator, the numerical simulation have been performed for each transverse optical modes. To design a far-infrared free electron laser oscillator, we investigate the effects of diffraction, hole coupling, misalignment, and electron beam qualities such as the energy spread, emittance and size of electron beam.

Hp-007 Status of Medical Cyclotron Facility in Kangwon National University NAM Soon-Kwon, PAIK Eun-Kyeong, JULIUS Nfor, KIM Ki-Bum¹(*Department of Physics, Kangwon National University. ¹Cyclotron Research Institute, Kangwon National University.*) The medical cyclotron facility which accelerates protons up to 13 MeV is constructed in Kangwon National University(KNU) to produce the medical radio-isotope. To perform the experiments using 13MeV proton beam, we are planning to construct beam line in cyclotron facility. We introduce the presents status and application of the medical cyclotron facility in KNU.

Hp-008 Reduction in the Effective X-Ray Source Size by Use of Transmission Targets IHSAN Aamir, CHO Sung Oh(*Dept. of Nuclear & Quantum Engineering, KAIST.*) The emission of x-rays as a result of the irradiation of targets with electron beams has a problem of large x-ray source size. The source size is normally larger than the electron beam size owing to the broadening of the electron beam. Monte Carlo simulations have been carried out for a variety of target geometries. It has been found by the simulations that special geometry designs of transmission targets can effectively limit the source size as compare to the conventional ones. 50 keV electron beam with 5 μm diameter was used for the simulations and the target material was molybdenum with varying thickness. Spatial intensity profiles of x-rays, corresponding to various solid angles, on the rear side of the target were calculated for several geometries. From the calculated intensity profiles, the effect of target thickness on the source size is studied. For smaller thicknesses up to 3 μm the intensity drops to about less than 5% of the total value beyond the circular region of radius 5 μm , which indicates that most of the emission takes place from the central region of target. For larger thicknesses the x-ray emission at the peripheral regions increases and beyond a thickness of 8 μm the intensity gets almost constant for regions with 6 μm radius and larger. Smaller target thicknesses are therefore found potentially capable of limiting the effective source size.

Hp-009 Enhanced Proton Acceleration via Resonant Absorption From Laser-Thin Foil Interaction In Near-Critical Density Regime. 배 기홍(*고등광기술연구소*) Proton acceleration mechanisms in near-critical density regime are analyzed by using 2-dimensional particle-in-cell (2D PIC) simulations. When an ultra-intense ($I > 10^{19} \text{ W/cm}^2$), ultra-short pulse laser incident into a proton-electron plasma target of near-critical density, proton acceleration is enhanced by resonant absorption resulting in two-temperature acceleration. Furthermore, when the laser pulse incident obliquely into the target, the main proton acceleration center is shifted to the laser propagation direction and the acceleration direc-

tion is rotated accordingly by a strong, quasi-static magnetic field.

Hp-010 Beam Optics Design of the PEPF modified Beam Lines JANG Ji-ho, CHUNG Byung-chul, KWON Hyeok-jung, CHO Yong-sub(*KAERI.*) The main purpose of the 100-MeV Linac of the Proton Engineering Frontier Project (PEFP) is supplying 20-MeV and 100-MeV proton beams to user groups. The 20-MeV beam line begins at a 45-degree bending magnet and includes 5 target rooms. A 90-degree dipole magnet separate beams into two directions, one for bending 90-degrees into a target room and the other for going straight into an AC magnet. If we modify the 90-degrees bending magnet, another target room is available in the opposite direction of the target room using 90-degree bending beams. The AC magnet distributes proton beams into 3 target rooms. For the 100-MeV beam line, we use similar scheme as that of the 20-MeV beam line. The work summaries the beam optics design of the modified beam lines which are short and compact. *This work was supported by the 21C Frontier R&D Program of the Ministry of Education, Science and Technology of Korea.

Hp-011 Magnetic Focusing System for W-Band Electron Gun 박 건식, SATTOROV M.A, 소 진규, 장 규하, 원 종효(*서울대학교 물리천문학부*) Recent explosive interest in terahertz waves is accelerating development of vacuum electronic devices (VEDs). As the operating frequency of linear VEDs goes up to terahertz (THz), mainly two issues should be solved. One is the micro-fabrication of the interaction circuit and the other is to provide an electron beam with high current density. Computer simulations are performed using Opera 3D to evaluate and optimize magnetic focusing system for two 0.1 THz microfabricated backward-wave devices: folded-waveguide BWO and coupled-cavity BWO. Both devices use the same thermionic electron gun producing 50 mA at 12 kV. Magnetic focusing system has been fabricated. The detail of experimental result will be presented.

Reference [1] Opera-3D user guide, Vector Fields Limited, England. [2] <http://www.vectorfields.com/> [3] J. K. So et al., IVEC 2008. [4] A.S. Gilmour, Jr. Principles of Traveling Wave Tubes. Boston-London, 1994.

Hp-012 MAGIC3D Simulation of an X-band CCTWT with 4-stage depressed collector. 김 해진, 김 형중, 최 진주(*광운대학교*) 본 논문에서는 7.9~8.4 GHz에서 포화 출력 350~430 W를 갖는 CCTWT를 설계하였다. CCTWT는 64개의 결합공진기로 구성되었으며 저속파 회로는 double-slot staggered 공진기 구조를 갖도록 설계하였다. MAGIC3D 시뮬레이션을 통하여 동작전압 12.7~13.0 kV, 전자빔 전류 300 mA일때 이득은 23 dB, 전기적 효율은 8.9~11.2%를 갖는 것으로 예측되었다. CCTWT의 전체 효율을 향상시키기 위하여, MAGIC3D 코드를 이용하여 depressed collector를 설계하였다. 동작주파수 8.3 GHz, 포화출력 400W를 갖는 조건에서 상호작용 회로를 거쳐 변형된 전자빔을 콜렉터 입력으로 하여 시뮬레이션을 수행하였다. 4단 (four-stage) depressed collector에서 계산된 콜렉터 효율은 약 80 %이고, 전체 효율은 약 37.2 %가 나왔다.

Hp-013 Derivation of General Wigner-moyal Equation in Quantum Plasma WOO Meanhaw, RYU Chang-Mo(POSTECH, Physics.) We can treat plasma in the frame of quantum mechanics when temperature of plasma is lower than Fermi temperature and average distance between particles are smaller than De Broglie wave length of particles. Starting from statistically averaged Wigner-Poisson system we adopt wigner transformation to general case of classical shrodinger equation with magnetic field. We have found general quantum wigner-moyal equation and conformed that it will approach classical Vlasov equation in the limit $\hbar \rightarrow 0$. So with this equation all linear waves in magnetized plasma could found their quantum corrections with individual particle effect (in classical plasma analogy). As an example we derived most simple linear waves in unmagnetized plasma and found that electro-static wave do have quantum corrections to its dispersion relation, but electro-magnetic wave dispersion relation is not changed. For further research our main goal is to investigate dispersion relations of other linear modes like Alfven wave and Bernstein mode and stabilities of such waves in quantum regime.

Hp-014 Monte Carlo Simulation on Design of Bremsstrahlung Conversion Target and Collimator for Electron Accelerator 길 영미, 오 영도, 김 상훈, 조 무현, 남궁 원(포항공과대학교) A 4 MeV C-band electron accelerator has been developed as an X-ray source for the container inspection system. The electrons emitted from the accelerator can be slowed down in the target materials of high atomic numbers, leading to the emission of bremsstrahlung photons. The photons with various emission angles can be focused by a collimator. This work describes the design of the conversion target and collimator as follows. First, the conversion efficiency of electrons into photons was derived from the surface-averaged flux calculated by MCNPX. These calculations were performed for the mono-energetic electron beams of 4 MeV passing through the target materials of tantalum, tungsten, and gold. Considering the conversion efficiency and the bremsstrahlung spectra along the tracks, we could determine the optimum materials and the optimum thickness of the target. Secondly, the heat generated by the electron collisions can cause damage to the target. The amount of heat can be derived from the energy deposition by electrons calculated by the MCNPX. And finally, we designed the collimator to minimize the spot size and the energy spread of bremsstrahlung beams. GEANT4 and SABRINA codes were used for design of the collimator. These codes provide ray-tracing, and it verifies the optimum design of the collimator.

Hp-015 Transverse Phase Space Painting with Space Charge Effect for the PEPF Injection* CHUNG Byungchul, JANG Ji-ho, LEE Yong Yung, CHO Yong-sub(KAERI.) The proton engineering frontier project (PEFP) proposes a 1.0 GeV synchrotron accelerator as an extension of the 100 MeV, 20 mA pulsed proton linear accelerator, which initially is a 15 Hz Rapid-Cycling Synchrotron (RCS) with a 100 MeV injection energy. The number of accumulated protons via H- stripping injection is 2.42×10^{13} in the

initial stage of the PEPF RCS. The injected beam is painted into the large transverse phase space via a suitable programmable orbit bump. The transverse painting alleviates the space charge effects and controls the shape of beam's profile. In this paper, the uniformity of phase space distribution and the emittance growth due to space-charge effects is studied. The PEPF injection simulation with space-charge effects is carried out by using the ORBIT code. * This work was supported by the 21C Frontier R&D Program of the Ministry of Education, Science and Technology of Korea.

Hp-016 Fs-THz 빔 라인 모듈레이터의 고 안정 정밀 전압제어의 개발 손 윤규, 권 세진, 장 성덕, 서 재학, 강 홍식, 이 경태¹, 노 성채², 오 종석³(포항공속기연구소, ¹엠앤드케이(주), ²(주) 동아하이텍, ³국가핵융합연구소) 포항 방사광가속기 연구소에 설치되어있는 fs-THz 빔 라인의 RF증폭관에 펄스전압을 공급하는 모듈레이터의 충전전원으로 인버터를 사용하고 있다. Fs-THz 빔 라인은 빔 전압의 안정도는 100ppm급의 정밀도를 갖는 전원을 필요로 한다. 커패시터에 충전되는 전압의 크기를 버킷이라 하고 1번에 충전되는 전압의 크기를 제어 할 목적으로 DSP를 사용하였다. 본 논문에서는 병렬로 연결된 각각의 인버터를 조합하여 충전 시간 내에 운전하는 기법과 충전이 완료된 후 제어방법에 대한 시험결과를 보이고자 한다.

Hp-017 초전도 전자석용 테슬라 메터 설계 박 기현, 정 성훈, 정 영규, 윤 영덕, 김 동연(포항공속기연구소) 가속기 관련 전자석 및 삽입장치 등의 자기장 측정은 2 가지 방법이 많이 사용된다. 측정할 전자석이 많은 경우, 측정 시간이 짧은, rotating(또는 search) 코일과 적분기를 이용한 방법이 사용된다. 2 번째는 테슬라 메터를 사용하는 것으로 거의 절대 값에 가까운 자기장 값을 측정할 수 있다. 싸이클로트론 전자석은 적분 자기장 값보다는 빔 궤적 연산을 위하여 위치에 따른 자기장 값이 필요하며, 테슬라 메터를 이용한 자기장 측정 방법이 많이 사용되고 있다. 아주 작은 코일을 사용할 수도 있지만 적분기의 드리프트, 온도 변화에 따른 코일의 내부 저항 값 등의 변화가 측정의 오차를 줄 수 있기 때문이다. 대개의 상용의 테슬라 메터는 측정 범위가 2[T] 정도이어서 초전도 자기장 (~ 5[T]) 은 측정이 불가능 하다. 이에 초전도용 테슬라 메터 설계의 필요성이 요구되었다. 하나의 테슬라 메터에 2개의 홀센서를 인터페이스 할 수 있도록 설계하여 자기장 전체 측정 시스템을 보다 간단하게 만들 수 있도록 하였다. 여기서는 자체 설계한 테슬라 메터에 대하여 설명하였다.

Hp-018 포항공속기연구소에서의 In Vacuum Undulator 개발 김 동연, 정 진화, 박 기현, 한 홍식, 이 흥기, 정 영규, 서 형석, 박 종도, 김 창균(포항공속기연구소) 포항공속기연구소는 진공 밀폐형 Undulator (In Vacuum Undulator: IVUN) 개발을 추진해오고 있다. 시제품으로는 1.0 m Magnet 길이 (진공챔버 길이 1.5m) 에 주기 24 mm 의 Undulator 가 개발되고 있으며 장기적으로는 Magnet 길이 1.8 m 를 개발하여 포항방사광가속기 (PLS) 에 활용될 계획이다. 이 IVUN은 자장측정 시스템을 내장하여 조립의 정확성, 고에너지 전자빔 조사에 의한 성능열화 등을 실시간으로 측정할 수 있도록 한다. 기본적으로 hall probe 측정 system을 내장하고 축방향으로 scanning할 수 있도록 한다. 이 보고에서는 이 IVUN 개발과 관련된 설계, 문제점 등을 논의한다.

Hp-019 Digital power supply for air core magnet 정 성훈, 박 기현, 김 동연, 정 진화(포항가속기연구소) This paper presents the air core magnet power supply for the Pohang Light Source. The required current to energize the air core magnet was ± 5 A with the high precision of ~ 2 ppm resolution to accomplish a stable beam orbit correction. This power supply has been implemented by a digital signal processing technology and shows the high stability and other good responses. Various experimental results such as stability, bandwidth and simulation are given in this paper.

Hp-020 Stability Improvements of Klystron Modulator System Using Fine Inverter PS and DSP Controller 장 성덕, 서 재학, 손 윤규, 권 세진, 강 홍식, 오 종석¹, 송 의호²(포항공대 가속기연구소, ¹ITER 한국사업단, ²창원국립대학교) Recently, demands on high-coherent, ultra-bright, and ultra-fast X-ray photon beams are increased for ultra fast science applications. A 60-MeV electron linac for intense Fs-THz (Femto-second Terahertz) radiation sources is under construct in PAL. Fs-THz sources require highly stable RF sources with the stability of 0.01% rms, which is one of the challenging problems technologically, to meet the beam energy spread requirements. Therefore, by adopting a fine inverter system and DSP controller, the flat-topped pulse beam voltage with less than 100 PPM stability (0.01 %) of klystron modulator system is achieved. The high voltage pulse stability is directly determined by the one of inverter power supplies. The target charging voltage for a modulator PFN is realized by regulating small buckets operated by a PWM (pulse width modulation) mode of an ultra fine inverter power supply. This paper suggests a new control algorithms scheme and hardware upgrades as well as test results on klystron modulator system using fine inverter system and DSP controller for Fs-THz facilities applications.

Hp-021 염화물 가열을 통한 플라즈마 아크 방전에 의한 금속이온 생성 및 이온 주입기에 적용성 연구 홍 인석, 정 재필, 박 범식, TRINH Tu Anh, 조 용섭(한국원자력연구소 양성자기반 공학기술개발사업단) 최근 이온주입에 의한 금속, 세라믹, 중합체 등의 표면개질 연구가 활발하게 진행되고 있다. 표면개질에는 고전량의 이온주입이 요구되기 때문에 대전류 이온원의 개발이 요구된다. 개발된 금속 이온주입기는 가속 이온빔 에너지 120keV, 빔전류 0.1mA까지 가속되도록 고전압 및 타겟시스템이 구성되었다. 개발된 금속 이온주입기 이온은 Crucible에 위치한 금속염화물을 가열 증발된 기체를 이온원내의 플라즈마 발생부에서 방전후 금속이온이 인출되는 시스템으로 구성되어 있다. 인출된 금속이온은 질량분리 전자석을 통해 금속이온만 분리하여 가속관을 통해 가속하게 된다. 시험에 사용된 금속이온은 Fe 및 Cu로 이온주입 결과는 Auger electron spectroscopy를 통해 이온주입된 원소의 조성 및 침투 깊이를 알 수 있었으며 원하는 금속이온만 타겟 물질에 주입됨을 확인할 수 있었다. *본 연구는 교육과학기술부에서 지원하는 21세기 프론티어 연구개발사업의 지원을 통해 수행되었음

Hp-022 Status of high brightness photocathode RF gun fabrication 문 성익, 박 성주¹, 김 창범¹, 고 인수, 조 무현, 남궁 원(포

항공과대학교, 물리학과, ¹포항 가속기 연구소) A 1.6-cell photocathode RF gun has been fabricated to generate electron beam with low emittance and high brightness. Because the extremely high electric field is applied at inner surface of RF gun, the surface of cathode has to control precisely. High quality surface can be achieved with precision machining and proper brazing condition. The side tuning scheme is eliminated to reduce high order mode excitation and risk of breakdown. The longitudinal tuning scheme is introduced and the simulation result shows this tuning scheme is adoptable. The measurement result of fabricated RF gun shows that the design goal of coupling was not achieved. An external matching section was used to change coupling without affecting the cavity resonant frequency. The RF aging is being carried out.

Hp-023 Dipole Field Effect of the PEPF 3-MeV RFQ on the Beam Trajectory* KWON Hyeok-Jung, KIM Han-Sung, JANG Ji-Ho, CHO Yong-Sub(PEFP, KAERI) Proton Engineering Frontier Project (PEFP) 20-MeV proton accelerator has been installed and tested at KAERI site. The dipole field effect of the PEPF 3-MeV RFQ on the beam trajectory was studied based on the measured field profile. The conventional RFQ design code did not contain the options to simulate the asymmetric field effect such as dipole field. Therefore, program was developed to investigate the effect of the dipole field on single particle. It contains two term potential field which describes the quadrupole field, and the dipole field is described by the scaling of the SUPERFISH code result. The results showed that the D1 mode which changed the sign at the coupling plate was more harmful than D0 mode because it kicked the particle to the same direction at the coupling plate. In this presentation, the structure of the program is described and the results based on several cases including measured profile are discussed. * This work was supported by the 21C Frontier R&D program of Korea MOST.

Hp-024 Current Status of L-band Intense Linac for CESC industrial applications* 김 상훈, 양 해룡, 장 진영¹, 장 성덕¹, 손 윤규¹, 권 세진¹, 박 성주¹, 오 종석², 조 무현, 남궁 원(포항공과대학교, ¹포항가속기연구소, ²국가핵융합연구소) An intense L-band electron linear accelerator is under construction at CESC (Cheorwon Electron-beam Service Center) for industrial applications. It is capable of producing 10-MeV electron beams with 30-kW average beam power. For high-power capability, we adopted 1.3 GHz, and the RF source is a 25-MW pulsed klystron with 60-kW average RF output power. The PFN-type modulator and the matched transformer provide 264-kV beam voltage with 230-A beam current to the klystron. The RF pulse length is 7 μ s, and the repetition rate is 350 Hz. The thermionic E-gun generates 80-kV electron beams with pulsed 1.6 A. The pre-buncher, a single standing-wave cavity, is used before the bunching section, which is built-in with the regular accelerating section. The accelerating structure is a disk-loaded waveguide with a constant-impedance operated in the $2\pi/3$ -mode. It is to be operated under the fully beam-loaded condition, where the beam power becomes a maximum. The electron beams are accelerated within 6 μ s since the traveling-wave filling time of the accelerating structure

is almost 0.8 μ s. 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-025 Integrated Field Gradient Measurement of the PEFP DTL II Drift Tube Quadrupoles* KIM HAN-SUNG, KWON HYEOK-JUNG, KIM DAE-IL, CHO YONG-SUB(*Korea Atomic Energy Research Institute, Proton Engineering Frontier Project.*) The PEFP DTL II for accelerating the proton beam from 20 MeV to 100 MeV is under development. An electromagnetic quadrupole magnet is installed in each drift tube for focusing the proton beam. The integrated field gradient of the electromagnetic quadrupole magnet was measured by using the rotating coil method. The rotating coil measurement system consists of the rotating coil, a motor for driving the coil, a rotary encoder and an oscilloscope for measuring the signal from the rotating coil. The measured signals were analyzed by using FFT from which the integrated field gradient and magnetic center offset could be found. In this presentation, the measurement setup, data analysis procedure and the results are given in detail. *This work was supported by the 21C Frontier R&D Program of the Ministry of Education, Science and Technology of Korea.

Hp-026 20MeV 및 100MeV 양성자빔 이용 빔라인 개념 설계 조 용섭, 박 범식, 장 지호, 홍 인석, 김 계령, 최 병호(*양성자 기반공학기술개발사업단, 한국원자력연구원.*) 양성자기반공학기술개발사업단에서는 선형가속기에서 발생된 20MeV 및 100 MeV 양성자빔을 이용자들에게 공급하기 위한 빔라인을 개발하고 있다. 선형가속기에서 인출된 양성자빔은 스위치 전자석에서 의해 3개의 빔라인으로 나누어지며, 이중 하나는 AC 전자석을 거쳐 다시 3개의 빔라인을 형성하게 되어 전체적으로 20MeV 빔라인 5개, 100MeV 빔라인 5개로 구성되게 된다. 지금까지의 양성자빔 수요 조사 결과를 바탕으로 AC 전자석 이후의 빔라인은 여러 기초 실험을 위한 이용자들이 동시에 빔을 공급하는 것이 가능하며 AC 전자석 이전 빔라인은 동위 원소 생산 등 다량의 빔을 사용할 것으로 예상되는 분야에 전용으로 빔을 공급하기 위한 라인으로 설계되었다. 본 발표에서는 이러한 빔라인에 대한 개념 설계를 제시할 것이다. *본 연구는 교육과학기술부의 21세기프론티어연구개발사업의 지원을 받았다.

Hp-027 Development of C-band Standing-wave Electron Linac for Compact X-ray Source* 양 해룡, 김 상훈, 문 성익, 장 진영¹, 박 용정¹, 김 승환¹, 박 성주¹, 오 종석², 조 무현, 남궁 원(*포항공과대학교 물리학과, ¹포항가속기연구소, ²국가핵융합연구소.*) A C-band standing-wave electron linac is under development for a compact hard X-ray source. It is capable of producing 4-MeV electron beams with 50-mA pulsed beam current. It is powered by a 5-GHz magnetron with 1.5-MW peak power and 0.08% duty factor. For a compact structure, the accelerating column, consisted of 6 normal cells with 3 bunching cells and a coupler cell, is directly attached to the E-gun. The accelerating column is a bi-periodic structure, 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 using the MWS simulation code. The coupler cell is designed by using the Omega3p code for determining the resonant frequency and the external Q. The actual OFHC-copper cavity is being fabricated with the dimensions from the measurement by using the aluminum prototype cavities. The diode-type E-gun is powered by a 20-kV pulsed voltage with 4 μ s pulse width. Using E-gun test chamber, we measured the beam size and current of this E-gun. The beam dynamics is simulated by the PARMELA code. In this paper, we present design details of the accelerator system. We also present the status of the fabrication and system assembly. * Work partly supported by POSTECH Physics BK21 Program and POSCON.

Hp-028 Development of the Proton beam irradiation test facility at the 20-MeV PEFP Linacs 윤 상필, 홍 인석, 장 지호, 민 의섭, 조 용섭(*한국원자력연구원.*) PEFP has developed 20-MeV proton beam irradiation facility at the 20-MeV proton linacs to provide the 20-MeV proton beam to users. The 20-MeV proton beam has 20mA peak current, 50 μ sec pulse width and 1Hz repetition rate. Thus, its average current is 0.1 μ A. Recently, we obtained the authorization for operating this facility from the KINS(Korea Institute of Nuclear Safety). The 20-MeV proton beam irradiation facility was consisted of the proton beam line the radiation shielding block, and the graphite target stage. The radiation shielding block is consisted of the lead blocks which have 10 cm thickness for the photon shielding and the concrete blocks which have 15 cm thickness for the neutron shielding. this shielding block was designed by the MCNP-X calculation. The accelerated proton beam is transported from the DTL to the exit window and adjusted by the quadrupole magnets and its intensity measured by the faraday cup in the beam line. The transportation and the beam optics of the 20-MeV proton beam was designed by the Trace-3D calculation. The evacuated proton beam through the exit window made of 0.5 mm aluminium arrive on the graphite target stage, at that time, the spatial distribution of the proton beam have gaussian distribution which have 10cm of FWHM. The beam size was estimated by the MCNP-X calculation and confirmed by the beam profiles measured by the Gafchromic film(type HD-810). *This work was supported by the 21C Frontier R&D Program of the Ministry of Education, Science and Technology of Korea.

Hp-029 대전류 가속기용 대면적 빔창 개발 박 범식, 조 용섭, 장 지호, 정 병철, 이 정익¹, 조 재선¹(*원자력연구원 양성자기반공학기술개발사업단, ¹(주)미래와 도전.*) 가속기에서 만들어진 대전류 양성자 빔을 대기 중으로 인출하여 타겟물질에 조사하기 위해서는 진공과 대기를 구분시켜주는 빔창이 필요하다. 양성자빔은 빔창을 통과하면서 에너지를 전달하므로 대전류용 빔창은 압력차와 함께 반복되는 열하중을 견딜 수 있도록 개발되어야 한다. 이러한 내열성 및 기계적 강도를 만족하는 물질 중에서 낮은 원자번호를 가지는 물질로 구성되어 양성자빔의 에너지 손실을 최소화할 수 있는 탄소-탄소 복합재료와 AlBeMat(62% beryllium과 38% aluminum의 합금)을 빔창의 후보재료로 선택하였다. 이러한 물질로 구성된 지름 30cm의 빔창에 대해 다양한 방법의 빔 조

사방법에 따른 구조 및 열적 안정성을 유한요소해석 프로그램인 ANSYS를 이용해 평가하였다. 또한 열적 안전성을 평가함에 있어 전산유체해석프로그램인 FLUENT를 이용하여 최적의 냉각방식과 난류 열전달계수를 계산하였다.*이 연구는 교육과학기술부에서 지원하는 21세기 프론티어 연구개발사업의 지원을 받았다.

Hp-030 **PEFP 빔라인용 사극 전자석 개발 및 자장 측정**
박 범식, 조 용섭, 김 한성, 권 혁중, 김 용환¹ (한국원자력연구원 양성자기반공학기술개발사업단, ¹(주)삼성전자) 양성자빔을 손실 없이 수송하기 위해서는 사극전자석을 이용하여 빔을 반복하여 집속시키는 빔 수송계를 구성하여야 한다. 양성자기반공학기술개발사업단(PEFP)에서 대용량 선형양성자가속기를 이용하여 구성하고 있는 20MeV 및 100MeV 양성자빔 이용시설에는 내경이 110mm인 2종류(1 테슬라, 2 테슬라)의 사극전자석을 총 95개 사용하여 빔 수송계를 구성한다. 이중 1 테슬라 사극전자석의 시제품을 제작하여 자기장의 다극성분 및 분포 측정을 통해 성능시험을 수행하였다. 전자석의 자장 측정에는 회전형 코일 자장측정 방식을 적용하였으며 이와 더불어 OPERA 3D 프로그램으로 사극전자석의 설계값에 대해 계산하여 측정값과 비교하였다.*이 연구는 교육과학기술부에서 지원하는 21세기 프론티어 연구개발사업의 지원을 받았다.

Hp-031 **A system analysis study for a finding of key design parameters of future DEMO** LEE Hyungho, NA Y-S¹, LEE Dongsu¹, LEE H.J.¹, HAN J.H.¹, KIM J.Y.¹, KWON M.¹ (University of Science and Technology, ¹National Fusion Research Institute.) System analysis is carried out to find several key design parameters for future DEMO construction. The effects of tokamak aspect ratio on plasma parameters, which determine the cost of fusion power plant during construction and operation phases, are investigated. In this analysis two physical constraints are given. Maximum wall load on the first wall is limited to 2.5 MW/m² and also maximum plasma current is 30 MA. With this given constraints effects of the aspect ratio on tokamak plasma performance parameters such as major radius, normalized plasma beta, toroidal magnetic field are investigated to look for a possible operation regime and some design criteria of future possible DEMO plant. This analyses result could be used as a guideline for future KSTAR operation scenario determination.

Hp-032 **Impact of Geometrical Configuration on Breeder Blanket Design for Tritium Breeding** 이 영석, 오 상준, 권 면(국가핵융합연구소) The primary functions of a breeding blanket for fusion power plant are not only production and transport of tritium generated by the D-T reaction but also heat generation for energy conversion and shielding for safety and environment. One of the most important limitation of a blanket concept design is the self-sufficient condition for tritium breeding ratio. Desirable feature of breeding blanket is a tritium breeding ratio greater than 1. In this study, neutronics assessment for tritium breeding capability on a variety of layer arrangements of breeder/multiplier have been performed with the MCNPX-code and EDNF nuclear data library. The present blanket concept considers lithium orthosilicate

(Li₄SiO₄) as ceramic breeder and Be as neutron multiplier. The materials are tried to arrange in parallel, head-on and edge to the first wall to assess the breeding performance. The concept of a segment box of blanket is here considered. The result from this study shows that the tritium breeding capability of blanket is very strongly dependent on the layer configurations of the materials, and the combination of two types of parallel and edge is particularly able to reach the highest breeding performance in term of issues for a fusion power reactor.

Hp-033 **전자공명가열(ECH)된 고신장 토카막 플라즈마에서 톱니파(sawtooth) 진동과 중심부($q < 1$) 플라즈마 모양의 변화** 김 정희, 이 승현, 최 원호, TURRI Gianpaolo¹, WEISEN Henri¹ (KAIST 물리학과, ¹CRPP-Euratom, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne.) 토카막 플라즈마의 모양은 자기장의 구조에 의해 결정적으로 영향을 받지만, 플라즈마 내에 존재하는 불안정성이나 플라즈마 온도와 밀도 분포, 플라즈마 전류분포 등에 의해서도 변할 수 있다. 자기유체역학적으로 신장도와 삼각도 등과 같은 모양에 관한 변수를 변화시키는 것은 토카막 운전영역을 확장시킬 수 있음을 뜻한다. 본 연구에서 다루고 있는 sawtoothing 플라즈마의 경우, 토카막 플라즈마 중심부($q < 1$)의 모양 변화가 신장도나 삼각도와 같은 모양 변수에 의해서만 거동이 달라지는 것이 아니며, 저항가열인 경우와 ECH가 인가된 경우가 서로 판이한 모습을 보인다. 이는, ECH가 인가될 경우, 전자온도분포 변화에 따른 플라즈마 전도도와 전류밀도 변화에 의해 중심부 모양 또한 바뀔 수 있음을 뜻한다. 저항가열에 의한 플라즈마의 경우, 신장도가 높을 때 ($\kappa > 2.3$), 중심부 플라즈마의 연 X-선 방출광 분포의 기하학적 위상이 바뀌는 것(1st transition)을 확인할 수 있었으나, ECH가 인가된 경우에는 같은 신장도를 갖는 플라즈마에 대해서 중심부의 기하학적 위상 변화가 보이지 않았다. 이러한 모양변화는 톱니파 진동(sawtooth oscillation)과 연관이 있는데, 톱니파 진동 양상에는 플라즈마 전류 분포나 중심부의 전자온도 분포 등이 불안정성에 주요한 영향을 미치기 때문에 연 X-선 방출광의 공간적 분포에 그대로 드러난다. 또한 신장도가 높을 때 자발적인 톱니파 소멸(2nd transition)이 저항가열 플라즈마에서 보이며, ECH 플라즈마의 경우, off-axis 가열에 의해 중심부 모양의 위상 변화 없이, 톱니파진동이 소멸되는 것이 보이고, 신장도가 높더라도 저항가열에 비해 더 넓은 운전영역을 보여주는 것을 확인할 수 있었다. 위의 여러 가지 현상을 분석하기 위해 연 X-선 토모그래피와 자기진단계를 주로 이용하였고, MHD 모드의 시공간적 변화와 불안정성 성장률(growth rate), 플라즈마 내부 인덕턴스 등을 비교하였다.

Hp-034 **Modelling of Current Ramp-up Phase in KSTAR Advanced Tokamak Scenarios** NA Yong-Su, KIM J.Y. (National Fusion Research Institute.) Steady state operation of a fusion device is one of the key issues to develop an economically viable fusion power plant. This issue is more critical for the tokamak-based fusion power plant due to the inherent pulsed operation property of tokamak. In this context, one of research objectives of the KSTAR tokamak is set to establish an advanced tokamak (AT) operation scenario as a step toward an attractive tokamak fusion reactor. The reversed shear modes are considered as a strong candidate for AT operation scenario. It usually exhibits ITBs (Internal transport bar-

riers) which drive high bootstrap current owing to the high pressure gradient in the ITB region. Together with external current drive, fully non-inductive current drive is achievable by this high fraction of bootstrap current in reversed shear modes. The main issue of the reversed shear modes is how to produce and sustain a reversed q -profile. Generally, the reversed q -profile is able to be formed by preheating or current drive in the plasma current ramp-up phase using external sources. It increases the plasma conductivity and subsequent reduction of the diffusion of the Ohmic current into the centre of the plasma results in reversed q -profiles. In this work, a predictive modelling of ramp-up scenarios is performed using the ASTRA code to investigate a possibility of producing the reversed q -profile using heating and current drive systems currently planned at KSTAR. In addition, the optimal heating and current drive system and the current ramp-up rate are discussed to establish reversed shear plasmas in KSTAR.

Hp-035 Nonlinear interactions between cold electrons and the microwaves at cyclotron resonances 설 재춘(국가핵융합연구소) An analytical model for nonlinear interaction between particles and the waves at cyclotron harmonic resonances is developed. Nonlinear oscillations of particle's energy occur when particles stay in resonance zone longer than the oscillation time scale which is determined by the wave electric field. Trapped mode exists only at first, second and third harmonic resonances. Second harmonic ECRH is described by using the analytic theory developed in this research. The parameters of second harmonic ECRH energy oscillation are determined analytically. In particular, heating of cold electrons at the second harmonic resonance is investigated. The energy gain of cold electrons from a single pass through the resonance zone increases as the wave electric field increases. The energy gain of cold electrons from ECRH is highly dependent on the wave frequency. It is inversely proportional to the wave frequency. As the wave frequency decreases, heating efficiency of ECRH is improved significantly for cold electrons.

Hp-036 Optimization of current drive performance of 170GHz ECCD for increased NTM suppression performance in KSTAR 박 영석, 노 동주, 황 용석(서울대학교 원자핵공학과) KSTAR will use 170GHz ECCD system utilizing second harmonic X-wave for NTM suppression by compensating missing bootstrap current inside magnetic island. The location of ECCD launcher is recently optimized to obtain the most highly localized driven current density profile on NTM resonant surface which may lead to maximized NTM suppression performance [1]. From the optimization research, it was verified that the proposed KSTAR ECCD system is anticipated to have low current drive efficiency under reference operation scenario having 3.5T toroidal magnetic field due to outboard located electron cyclotron resonance layer. Under the circumstances, it is highly recommended to increase current drive performance by changing toroidal magnetic field and electron kinetic profiles. A new plasma equilibrium having lower toroidal magnetic field is constructed to increase current drive performance

and the new equilibrium exhibits highly enhanced driven current density profile on NTM resonant surfaces with higher peak current density and narrower profile width compare with current drive under the reference equilibrium. Electron density and temperature profiles are also optimized to increase the ratio of driven current density to local bootstrap current. From the optimizations, NTM stability analyzed by modified Rutherford equation verifies that the minimum ECCD power required for mode suppression is greatly reduced for both $m/n = 3/2$ and $2/1$ NTMs. [1] Y.S. Park and Y.S. Hwang, Fusion Eng. and Design, in press 2008

Hp-037 Conceptual Design of the Versatile Device with Multi-Functional Arms for a Diagnostic on Tokamak 이영석, 오상준(국가핵융합연구소) New 3-D diagnostic system concept having a sensor separately attached to the two multi-functional is here suggested. The main feature of the system is in the use of the multi-functional arms with sensors. The multi-functional arms of the system are controlled by a PC and moved freely to upper-, mid-, and lower-planes directions as shown in the figure below. Thus, the system can be accomplished a diagnostic with three dimensional imaging turning round a tokamak. And also, the sensors are replaceable to proper device optionally according to an objective of a diagnostic such as radiation measurement, nuclear heating measurement in a reactor chamber, and detection of surface temperature of plasma fusion components. The applicable areas of the system is expected to be in the fields of spectroscopy, wall erosion and redeposition, diagnostic for the fusion products and real time control for safety operation.

Hp-038 Current status of probe diagnostics for the KSTAR* 박준교, 이 상곤(국가핵융합연구소) Probe diagnostics (PDs) for the Korea Superconducting Tokamak Advanced Research (KSTAR), which are composed of two fixed edge probe arrays (EPAs) and three fast reciprocating probe assemblies (FRPAs), are required to study on boundary plasma at the edge region during a plasma discharge in the KSTAR machine. The EPA measures the plasma basic parameters and their poloidal profiles in the plasma-surface interaction regions such as the inboard limiter and divertor, and the FRPA measures the spatial profiles of the plasma parameters in the scrape-off layer (SOL) and divertor regions. Considerable progress on the engineering design of the KSTAR PDs has been done, and the performance test of the prototypes is carried out. Current activities on the KSTAR PDs for will be presented. *Work supported by the Korea Ministry of Science and Technology under the KSTAR project contract.

Hp-039 A novel X-ray imaging crystal spectrometer for tokamak plasmas* 이 상곤, 박준교, 남옥원¹, 문명국², 천종규²(국가핵융합연구소, ¹한국천문연구원, ²한국원자력연구원) A novel X-ray imaging crystal spectrometer (XICS) can provide spatially and temporally resolved measurements of the ion and electron temperatures, toroidal rotation velocity, impurity charge-state distributions, and ionization equilibrium. The XICS successfully have

demonstrated the ion, electron, and toroidal rotation velocity profiles during ICRF heated plasmas with good statistics in 10 to 20 ms. The detector used for this experiment was based on a pixellated semiconductor diode array. However, a feasibility to apply the semiconductor diode array under severe radiation environments was not clearly proved. Unlike the semiconductor diode array, a position-sensitive two dimensional multi-wire proportional counter (MWPC) and time-to-digital converter (TDC) based delay-line read-out data acquisition system have been well proved to survive the severe radiation environments. The current development status for the novel X-ray imaging crystal spectrometer utilizing the MWPC and TDC will be presented. * Work supported by the Korea Research Council of Fundamental Science & Technology under Contract No. C-Research-2006-08-NFRC.

Hp-040 Developing progress of KSTAR Thomson scattering system LEE Jongha(NFRI) Thomson scattering system is most important diagnostic device for measuring electron temperature T_e and electron density n_e profiles in most tokamak machine. The Thomson scattering system on KSTAR is designed to configure 90 degree scattering optics and is developed by international collaboration. Laser beam guiding systems, beam dump systems and digitizing systems are developing at NFRI and high power Nd:YAG laser system is developing at JAEA, and 5 channel polychromator systems are developing at NIFS in Japan. As well as, PPPL is design a KSTAR Thomson scattering cassette and scattered light collection lens systems. In this poster, I'll shows you a developing schedule of KSTAR Thomson scattering system, laser safe shutter device for high power Nd:YAG laser, collection optics design, laser beam guiding system, and developing progress of KSTAR Thomson scattering system.

Hp-041 Developing an FPGA(Field Programmable Gate Array) imaging control system for measuring a rapidly changing spectroscopic scene of plasma. 최 명철, 정 진일¹(한국기초과학지원연구원, ¹국가핵융합연구소) New fast synchronized imaging control system measuring a 2D imaging of transient or rapidly changing spectroscopic scenes of plasma has been developed. The simultaneously captured, but distinct, images can be simply processed to unfold the plasma brightness, temperature, and flow fields by this system. The main feature of this system is fast and flexible control system for development of hardware. From the use of the "NI LabView FPGA module(NI PCI 7833R)", The control program and circuit can simply be optimized without coding of "VHDL(Verilog high speed integrated circuit Hardware Description Language)" or redesign the input/output control board. PC controls the high-speed motion camera, shutter and high voltage power supply through the fast FPGA module. It can improve a flexibility and time domain resolution of 2D imaging.

Hp-042 Performance Test of the Integrators and Pre-amplifiers for the First Plasma Operation in KSTAR Tokamak KA Eun Mie, LEE Sang Gon, BAK Jun Gyo, SON De Rac¹(National Fusion

Research Institute, ¹Hannam University.) The drift self-compensating type analog integrator and impedance buffering pre-amplifier (PA) have been developed for the magnetic diagnostics (MD) in the Korea superconducting tokamak advanced research (KSTAR) device. 40 channels of the integrator and PA were already installed for the first plasma operation. The software for integrator was developed using Labview. The installed integrators could be automatically controlled and compensated also acquired real time data from the integrators could be displayed on strip chart and saved in ASCII file by this program. The installed 40 channels of the integrator and PA were simultaneously tested by measuring the magnetic flux density from different MD sensors when a small current was applied to the toroidal and poloidal field coils at the room temperature. The overall configurations and performance test results from these measurements will be presented.

Hp-043 Determination of Field Errors in KSTAR with an Electron Beam ENGLAND A.C., 이 덕교, 배 영순, 정 미, 양 형렬, 오 영국(국가핵융합연구소) It is possible to measure toroidally averaged field errors in KSTAR with an electron beam. This should be simpler, less expensive, and take less time than direct measurements of fields as was done in the DIII-D tokamak. Toroidally averaged error fields of a few tenths of a gauss can be detected by the electron beam method. Error fields due to a vertical displacement of the central solenoid (CS) coils can easily be found by this technique. Calculations have shown that non axis-symmetric error fields can also be easily detected and the location of the displaced field nulls can be found. Some preliminary ideas as to the location of the electron beam probe and camera have been proposed. This paper shows the basic concept of the measurement of the field errors with an electron beam and requirements of the electron beam source. This paper also shows the calculation results with several field null scenarios for the KSTAR first plasma.

Hp-044 최신 고속카메라 기술에 대응하는 고속 가간섭 영상 진단에 관한 연구 정 진일, 최 명철¹(국가핵융합연구소, ¹한국기초과학지원연구원) 최근 수년간 CCD나 COMS와 같은 영상 센서기술을 기반으로 하는 카메라 기술은 높은 반도체 집적 기술과 메모리 기술, 그리고 디지털 통신 및 디스플레이 기술의 복합적인 발전과 더불어 비약적인 발전을 거듭하였다. 이중 특히 고도화된 기초과학 및 산업기술에 활용되기 시작하여 그 잠재적 가능성이 확인되고 있는 고속카메라의 경우에는 최근 토카막 플라즈마의 가동, 진공 내부구조 경계지역에서의 상호작용, 불안정성 등의 연구를 위해 훌륭한 진단도구의 하나로 이용될 수 있는 것으로 받아들여지고 있다. 여기에서 고속카메라는 초당 1000 프레임 이상의 높은 시간분해능으로부터 (경우에 따라 흔히 작은 해상도에서 10 kHz 이상의 속도를 구현하기도 한다.) 간섭필터에 의해 걸러진 파장의 가시광 영상의 시간변화를 연구하게 되는데, 본 연구에서는 이와 같은 고속카메라의 성능을 앞서 개발된 가간섭 플라즈마 영상 진단기술의 영상센서로 활용하여 기존의 기술로부터 시공간 분해능이 크게 향상된 진술 진보를 목적으로 하고 있다. 본 연구를 위해 시간 반응이 상대적으로 느린 복굴절 크리스탈을 사용하는 기존의 가간섭 영상기술 대신에 FLC (Ferroelectric Liquid Crystal)

기술을 활용하여 장치의 또 다른 핵심을 이루는 광변조 기술의 시간분해능을 현재의 고속카메라 기술 수준으로 높이하고자 한다. 본 기술을 활용하면 이론적으로 최대 10 kHz에 이르는 간섭 영상을 구현할 수 있는 것으로 판단된다. 본 발표에서는 위와 같은 복합 진단기술 개발이 완성될 수 있는 주요 기술개발 단계와 현재의 기술 수준을 논의하고자 한다.

Hp-045 **플라즈마 전자 밀도 분포 변동 측정을 위한 동일 경로 이미징 간섭계의 설계 및 해석** 남 용운(국가핵융합연구소) 동일한 경로로 이동한 빔의 위치나 크기, 각도 등을 약간 변형하여 간섭시키는 방식의 시어링(shearing) 간섭계는 진동에 적게 영향을 받으며 매질의 광경로 길이 분포의 변동을 측정할 수 있어 렌즈의 검사 등에 주로 이용되고 있지만 헤테로다인 방식의 적용이 어렵고 파장이 짧아 플라즈마에 의한 변동량이 적은 이유로 전자 밀도의 측정에는 거의 이용되지 않았다. 그러나 최근 CCD 등 광학 이미지 측정 장비의 해상도가 높아지고 처리 속도가 빨라짐에 따라 파장이 짧은 간섭계를 전자 밀도 측정에 응용하는 것이 가능해졌으며, 특히 최근의 전자 밀도 진단은 절대적인 밀도값 측정보다는 밀도 분포 상태의 시간적/공간적 변동을 측정하는 것이 중요해지고 있으므로 광경로 길이 분포의 변동을 2D 이미지로 측정할 수 있는 시어링 간섭계의 활용가능성이 더욱 높아졌다. 본 연구에서는 이러한 시어링 간섭계의 특성을 이용하여 플라즈마 전자 밀도 분포의 시간적/공간적 변동을 측정할 수 있는 동일 경로 이미징 간섭계를 설계하였으며 시뮬레이션을 통해 이 시스템의 적용가능성을 검토하였다.

Hp-046 **Multi-chord visible spectroscopy and H_α alpha monitor for KSTAR diagnostics** 나 훈균(국가핵융합연구소) This report describes visible multi-chord visible spectroscopy system and H_α alpha monitoring system developed for KSTAR diagnostics. The H_α alpha monitoring system consists of 30 lines of sight in toroidal and poloidal direction, 20 channels views toroidal direction and 10 channels in poloidal one to measure the neutral density behavior of Hydrogen plasma. Multi-chord visible spectroscopy system is developed for the measurement of impurity lines in toroidal cross section of KSTAR plasma, which consists of five chords of lines of sight. Ferrule device which consists of five holes to insert optical fibers is developed and it fixed in front of entrance slit of spectrometer, the main function of ferrule is to guide the lights from several fibers into ICCD detector through spectrometer, so the optical signals from several positions are detected simultaneously with one detector system. Both systems are installed inside the cassette system developed for long diagnostic port of KSTAR cryostat.

Hp-047 **Construction of RAPID control system for development of a novel optical coherence imaging diagnostic** KU Dongjin, CHUNG Jinil¹, SEO Dongcheol¹, KWON Myeun² (University of Science and Technology, National Fusion Research Institute. ¹National Fusion Research Institute. ²University of Science and Technology, National Fusion Research Institute.) Research on Advanced Plasma Imaging and Dynamics (RAPID) has been designed and constructed in National Fusion Research Institute (NFRI) as a new experimental plasma device for development of a

novel optical coherence imaging diagnostic. The RAPID system is designed to be heated $T_e = 10\text{-}20\text{eV}$ and $T_i = 1\text{-}2\text{eV}$ with a $6\text{kW}@2.45\text{GHz}$ Electron Cyclotron Resonance (ECR) magnetron. The RAPID is also designed to be fully controlled from the remote area via field point LAN communications and virtual network consoles. Developing of the remote control system is very important to merge the separately operated parts such as the vacuum system, magnetic system, heating system, and safety interlocks. To do this, large numbers of input/output channels are required. Control software for the system is under developing using software development kit (SDK) libraries under the LabView development environment. In this work, we present the design and test experiments of the RAPID remote control system.

Hp-048 **X-선 영상 결정 분광기용 다중 분할 위치민감 검출기 개발과 활용** 문 명국, 천 중규, 최 영현, 이 상곤¹, 박 준교¹, 남 옥원²(한국원자력연구원. ¹국가핵융합연구소. ²한국천문연구원) 플라즈마 이온온도를 실시간으로 측정할 수 있는 X-선 영상 결정 분광기는 유효검출면적이 $10\text{cm(l)} \times 30\text{cm(h)}$ 인 위치민감 검출기를 사용하여 넓은 공간의 플라즈마 온도분포를 일시에 측정한다. X-선 결정 분광기에 사용하기 위한 위치민감 검출기는 우수한 위치 분해능과 고계수를 동작 특성은 필수적으로 요구된다. 우수한 위치 분해능 특성과 고계수 특성을 가진 X-선 검출기는 여러 가지 형태가 있지만, 실제 X-선 영상 결정 분광기로 사용 가능한 검출기는 다중도선 비례 계수기가 유일하다. 일반적으로 다중 도선 비례 계수기는 신호처리회로와 데이터 획득시스템의 성능에 제한을 받아 최대 500kcps까지 측정 가능하다. 본 연구발표에서는 다중도선 비례 계수기의 단점을 보완하여 최대 2Mcps까지 측정 가능한 다중 분할 검출기의 특성과 이를 위한 계측회로 개발 특성에 관하여 논의한다. *Work supported by the Korea Research Council of Fundamental Science & Technology under Contract No. C-연구-2006-08-NFRC.

Hp-049 **ECR Heating with X-wave in a Linear Plasma Device** LEE Kyu-Dong, CHUNG Jinil, SEO Dong-Cheol (National Fusion Research Institute.) Electron cyclotron resonance (ECR) plasma will be produced and studied in a linear RAPID (Research on Advanced Plasma Imaging and Dynamics) device. Microwave power up to 6 kW is delivered by a CW magnetron at 2.45 GHz and launched in the extraordinary (X) mode. Simple magnetic mirror configuration localizes effectively ECR surfaces (875G) at both axial positions. When the width of evanescent region is thin enough to allow the power absorption in the vicinity of upper hybrid resonance (UHR) layer, the heating efficiency can be improved through the mode conversion of X-wave to electron Bernstein wave (EBW). In this presentation, the preliminary work will be shown in terms of the magnetic field configuration and the 1-D evaluation of X-wave propagation in an ECR plasma.

Hp-050 **Development of an Electron Beam Source to Measure Field Errors in KSTAR** 정 미, ENGLAND Alan C., 배 영순, 양 형렬, 문 성익¹, 박 병재¹, 조 무현¹, 남궁 원¹(국가핵융합연구소. ¹POSTECH.) An electron beam source was developed to

measure toroidally averaged magnetic error fields in KSTAR. Field errors can be occurred by coil misalignments, magnetic materials, and non-uniform coil current distributions. The electron beam with a small size can detect toroidally averaged error fields of a few tenths of a gauss. This paper shows a design of the electron beam source to scan radially and vertically in KSTAR vacuum vessel and experimental results with a test electron beam source to find out the operational parameters of gas pressure and the filament heating current and bias voltage. Also, the dependance of the emission current on the extraction hole size of electron beam would be presented.

Hp-051 차세대 광변조 영상진단 기술 개발을 위한 고효율 플라스마 장치개념 설계 서 동철, 복 민갑, 정 진일, 이 규동, 구 동진¹(국가핵융합연구소, ¹University of Science and Technology.) 간섭영상(Coherence Imaging) 기술을 완성하고 플라스마의 이온 온도 및 속도 분포를 2차원 형태로 측정할 수 있는 차세대 영상 진단장치를 개발하기 위한 플라스마 발생장치(RAPID: Research on Advanced Plasma Imaging and Dynamics)를 설계하였다. RAPID로 만드는 플라스마의 특성은 10~20eV 수준의 전자온도와 1~2eV 수준의 이온온도를 만족하여야 하며, 밀도는 $10^{18} \sim 10^{19} \text{ m}^{-3}$ 정도가 요구된다. 이러한 특성을 충족시키기 위해서 가열장치로는 6kW 2.45GHz의 마이크로웨이브를 이용한다. 진공용기의 크기는 지름 300mm, 길이 700mm의 원통형 모양이며, 5개의 전자석을 이용하여 ECH의 공진영역의 조정이 가능하다. 또한 ECH의 효율을 높이기 위해서 x-mode, r-mode 가열의 선택이 가능하도록 변형이 가능한 형태로 설계하였다. 대전류와 높은 전력을 사용하는 장치로 안전을 위한 주변장치를 설계하고, 모든 제어는 NI의 제어 장치를 이용하여 PC를 통해서 자동제어 및 모니터링이 가능하도록 설계를 하였다. RAPID장치는 금년 5월중에 설치를 완료하여 6월에 첫 가동할 예정이다.

Hp-052 KSTAR 고주파 가열장치의 2MW 송출기 제작 및 시험 박 종규, 왕 선정, 황 철규, 배 영덕, 윤 재성, 김 성규, 김 종수¹, 정 미¹, 배 영순¹(한국원자력연구원, ¹국가핵융합연구소.) 고성능의 차세대 토카막 운전모드를 지향하는 KSTAR에서 FW를 이용하여 전자 및 이온을 선택적으로 가열하고 플라스마 전류구동을 담당하는 고주파 가열장치는 핵심적인 가열장치의 하나이다. 이온사이클로트론 공명가열기작을 기본으로 하는 고주파 가열에서 필요하는 전자기와 주파수는 KSTAR의 TF 자장값 및 중수소 및 수소의 질량값에 의하여 30-60MHz로 정하여진다. KSTAR 고주파 가열용 송출기가 목표로하는 300초동안 최대출력 2MW 도달은 현재 연구 개발이 진행중인 ITER의 고주파 가열장치에서도 도달하고자 하는 사양으로서 세계적으로 중요한 관심사이다. KSTAR 고주파 가열용 송출기는 2003년에 계약에 착수하여, 2005년에 조립을 완료하였고, 2007년 공장검수와 KSTAR 현장 설치를 완료하였으며, 현재 300초동안 1.9 MW의 출력을 달성하였다. 송출기는 3단의 증폭단으로 구성되어 있으며 모두 동축전송선 구조의 캐비티이다. 개발과정동안 4번의 최종증폭단 진공관의 문제가 발생하였다. 본 발표에서는 송출기 출력시험과 더미로드의 제작 및 출력시험중에 발생한 문제점을 소개하고자한다.

Hp-053 Commissioning of KSTAR 84 GHz ECH Transmission System* 박 승일, 정 진현, 조 무현, 남궁 원,

한 원순¹, 안 상진¹, 배 영순¹(포항공과대학교, ¹국가핵융합연구소) The electron cyclotron heating (ECH) system is installed to assist plasma startup by preionization at the Korea Superconducting Tokamak Advanced Research (KSTAR). The KSTAR 84 GHz ECH system is consisted of a 500 kW gyrotron, a transmission line and an antenna system. The wave is transmitted from the gyrotron to the antenna through the evacuated circular corrugated waveguide of 31.75 mm inner diameter and six miter bends, which include a pair of polarizer miter bends for the polarization control. The vacuum pumping system for the transmission line requires, a vacuum pressure of 1×10^{-4} Torr to prevent breakdowns, and it is achieved in 22 hours by two turbomolecular pumps. The wave transmission efficiency of 93% from the output of the mirror optical unit to the torus window was measured using a low power radio frequency (RF) source. The wave polarization by a pair of polarizer miter bends with grooved mirrors was tested using the low power system, and it showed a good agreement with numerical calculations. In this paper, we present the design of KSTAR 84 GHz transmission line and test results in the vacuum and low power. Also, we discuss the requirement of the polarization control for the wave injection and the mode coupling. *This work is supported by National Fusion Research Institute.

Hp-054 Current status and upgrade plan of power supply system for KSTAR ECH 정 진현, 박 승일, 조 무현, 남궁 원, 한 원순¹, 안 상진¹, 배 영순¹(포항공과대학교, ¹국가핵융합연구소.) An 84-GHz, 500-kW KSTAR ECH system is installed, and tests of the 2-MW power supply system have been carried out using dummy resistors with 80 kV and 25 A at NFRI (National Fusion Research Institute). The gyrotron power supply system consists of a cathode-collector (CPS), an accelerator power supply (APS) between the cathode and body, and a heater power supply (HPS). The CPS provides the main beam power with 60 kV and 25 A, and the APS provides the stable acceleration field between the cathode and body at 80 kV with a +/- 0.1 % ripple ratio. The main input power for the gyrotron power supply system is supplied by a step-down transformer (6.6 kV/1.1 kV), and it is converted to dc voltage by inverter switch modules, the high-voltage transformer-rectifier module, and a filter system with capacitors and resistors. In case of upgrade plan for 84 GHz gyrotron power supply system, the inverter and the transformer-rectifier system will be upgraded with the higher switching-frequency more than 1 kHz to reduce the response time of current control, ripple ratio and noise level. Also, a capacitor filter system will be added for reduce the voltage drop by the fast discharge as the switch turned on. In this paper, we present current status and upgrade plan of the 84 GHz gyrotron power system.

Hp-055 Heat treatment effect on the parametrisation of the critical current of an Nb3Sn strand 이 철희, 최 희경, 박 수현, 오 상준, 김 기만(국가핵융합연구소.) Heat treatment dependence of the critical current of an internal tin processed Nb₃Sn strand has been measured using a modified Walter spiral probe with which compressive or tensile strain can be applied reversibly to a strand

solder on the outskirt of the spiral. The critical current is measured at various temperatures and field. The measurement results are presented and analyzed by the scaling law of Ekin and strong coupling theory.

Hp-056 The preliminary analysis of the effects of neutral particles at NB armor in KSTAR LEE Dong Su, LEE Young Seok, NA Yong Su(*National Fusion Research Institute.*) Neutral Beam (NB) armors are installed inside the vacuum vessel (VV) of KSTAR with aims of protecting the wall of the VV and the beam port from possible damages occurred by deuteron particles and other charged particles. Specially NB shine-through armor can be exposed by deuterium neutral particles, with energy of about 120 keV, which pass through the plasma without any interaction. The neutral beam armor is generally covered with graphite tiles which are able to withstand against the high energy neutral particles. In this study, interactions of deuterium particles with the graphite tile have been calculated by using the PHITS (multi-purpose particle and heavy ion transport code system) code. The maximum number of deuterium particles is estimated to be approximately $10^{15}/\text{m}^2$ for the duration with a plasma pulse length of 20 s.

Hp-057 Time-Dependant Simulation of the Neoclassical Tearing Mode Behaviour in KSTAR Tokamak TERZOLO Laurent, NA Yong Su, KIM Jin Yong(*National Fusion Research Institute.*) Experimentally, it has been observed that tokamaks are subject to several kinds of instabilities. Even if those instabilities cannot be fully understood, they can be attributed to identifiable MHD modes. The MHD instabilities occurring in plasmas change the magnetic topology. Those changes are able to take the shape of magnetic islands, which are generally associated with tearing modes. The Neoclassical Tearing Modes (NTMs) are one of the typical MHD modes found in tokamak plasmas which considerably limit the plasma performance in conventional tokamak operation scenarios. They take the form of poloidal (m) and toroidal (n) mode number on rational q surfaces within the plasma: e.g. $q = m/n = 3/2, 2/1$. The growth of the 2/1 NTM mode sometimes provokes the tokamak disruption. However, if the width of the islands is maintained under a critical value, the plasma stability can be increased. That is why feedback techniques must be investigated to keep the plasma stable against NTM activities. In this work, we will present a model employed in the ASTRA transport code, describing the magnetic islands behaviour. Simulation results will be shown for the time-evolution of NTM island widths. In addition, control of the NTM island width by using ECH/CD will be presented. This time-dependant model will be applied to the KSTAR configuration.

Hp-058 KSTAR 연료 주입계 서 성현, 김 광표, 김 흥택 (*NFRI*) KSTAR 연료 주입계는 수 ms 의 빠른 응답과 수백 mbar l/s의 큰 유량을 제어하기 위해서 압전 소자 방식의 진공 밸브를 설치하였다. 진공 밸브 바로 앞단에는 유량계가 설치되어 있어 하드웨어적으로 유량을 되먹임 제어할 수 있는 제어회로를 제작하였고 이를 이용해서 연료 주입 실험을 수행하였다. 저유량의 MFC

밸브 실험 결과와 비교하여 유량계의 유량을 교정 하였다. KSTAR 의 진공 용기의 체적 및 터보 펌프의 배기 속도를 실험적으로 측정하여 IDL을 이용한 연료 주입계의 시뮬레이터를 개발하였다. 이 시뮬레이터 결과를 이용하여 임의 모양의 압력을 얻기 위한 밸브 제어 신호를 계산하고, 이 신호를 DA 변환기를 이용하여 밸브에 가해 압력을 임의 모양으로 제어하는 실험을 수행하였다.

Hp-059 Recent Implementation of KSTAR "Day-1" Plasma Control System and its Applications on the Poloidal Power Supplies HAHN Sang-hee, WALKER M.L.¹, AHN H.S.², KIM Kukhee, CHOI J.H, LEE T.G, PARK M.K, KIM W.C., OH Y.K., PENAFLO B.G.¹, JOHNSON R.D.¹, EIDIETIS N.¹, WELANDER A.S.¹, HUMPHREYS D.A.¹(*국가핵융합연구소, ¹General Atomics, ²POSCON.*) As the first step of preparing the "Day-1" KSTAR plasma control system for its successful startup, experiments and measurements of the various characteristic responses for a 12-thyristor power supply which is supposed to be used on one of KSTAR poloidal magnet. For the reliable control between remote sites, a full-digital remote interface consisting of a high-speed reflective memory network was utilized. In addition, the site's timing synchronization system has played a good role for the synchronized operations of both the control system and related actuators. In this presentation, the main results are described and its significance for a successful plasma startup control will be mentioned.

Hp-060 Quench and Protection of KSTAR TF Magnet 이현정, 추 용, 오 동근, IVANOV Denis(*NFRI*) The force flow cooled superconducting magnet, in case of increasing the temperature and pressure of the coil during operation of tokamak, should be discharged using the external dump resistor for the protection of the magnet as soon as possible. The insulation stability and the thermal stability are related with the dump resistor and there is an inverse correlation. The dump resistor of KSATR TF magnet is changed from 114 mohm to 85 mohm due to the provement of the insulation stability during the first campaign and the quench voltage measurement is always delayed rather than a real situation. In this study, we have analyzed the influence of the thermal stability for the tf coil by the change of the dump resistor.

Hp-061 Dust ion-acoustic (DIA) surface waves in a Lorentzian plasma containing elongated and rotating dust grains LEE Myoung-Jae, KIM Taejoon(*Department of Physics, Hanyang University.*) Dust ion-acoustic surface wave is investigated for the semi-bounded dusty plasma containing elongated and rotating charged dust particles. The equilibrium plasma velocity distribution function is taken to be Lorentzian. We found that the frequency of the dust ion-acoustic surface wave propagating at the plasma-vacuum interface can be lowered by the increase of the angular rotation frequency of the elongated dust particles in the range that $k_x \lambda_e < 1$ where k_x and λ_e are the wave number and electron Debye length, respectively. In addition, the increase of the spectral index kappa in the Lorentzian distribution function is found to increase the phase

velocity of the wave, especially in the case that $k_y \lambda_e < 10$. The influence of rotation frequency and wave number on the group velocity of the surface wave is also analyzed and discussed.

Hp-062 대향방전을 이용한 PDP Cell의 발광효율 향상에 관한 시뮬레이션 연구 이 해준, 송 인철, 심 승보, 윤 현진, 이 호준, 박 정후(부산대학교 전자전기공학과) 평판형 TV에 쓰이고 있는 PDP cell에서 상판과 격벽 사이에 제작된 Bus 전극 구조에 의한 대향방전(facial discharge)을 이용한 ITO 구조는 ITO 구조에 비하여 높은 발광효율을 가질 수 있는 것으로 실험을 통해서 증명되었다. 본 연구에서는 2차원 및 3차원 플라스마 유체 시뮬레이션 코드를 이용하여 PDP 셀 내부의 압력과 Sustain 전극간격을 변화시키면서 방전 특성의 경향성을 알아보았다. 방전 개시 전압, 여기종 밀도, 휘도, 파워 등을 측정하여 발광효율 변화를 연구하여 발광효율을 높일 수 있는 최적화된 구조를 찾은 ITO 구조와 비교하여 얼마나 좋은 발광효율을 가지는지 알아보았다.

Hp-063 Two-dimensional Simulation of ECR Plasmas with Race-track Permanent Magnet for Hyperthermal Neutral Particle Beam (HNB) Sources 김 성봉, 장 현우¹, 유 광일², 조 무현¹, 남궁 원¹, 유 석재²(¹포항공과대학교, 국가핵융합연구소, ²포항공과대학교, ²국가핵융합연구소) One of the key issues for hyperthermal neutral particle beam(HNB) sources is to reduce an operational pressure below 0.1 mTorr and to decrease the HNB losses due to collisions with background gases. For this purpose, we conducted simulations on ECR plasmas with a race-track permanent magnet by the OOPIC-pro program. In this paper, we present the simulation results for electron density profiles, ion density profiles, potential profiles, and absorbed power density profiles under the several operational pressures in 2-dimensional configuration.

Hp-064 Comparison of particle-in-cell simulations and theory of two-dimensional quasilinear evolution of the electron-beam-plasma Instability YI Sumin, RHEE Tongnyeol, RYU Chang-Mo(POSTECH, physics department.) Evolution of a two-dimensional (2D) electron-beam-plasma system is studied by a particle-in-cell (PIC) simulation. The set of the quasilinear equations is numerically solved and direct comparisons of obtained electron and Langmuir wave distributions with the simulation results are made. The agreement between simulation and numerical analysis is generally good. Major characteristics of 2D evolutions of the electron and Langmuir wave excited by the bump-on-tail instability are explained by the quasilinear theory. It is found that decay of the initially growing Langmuir wave by the linear wave-particle interaction, which is a characteristic of a 2D quasilinear evolution, is different from a one-dimensional case. Minor discrepancies between the PIC simulation and numerical solution indicate other nonlinear processes than the quasilinear process in the simulation.

Hp-065 Simulation of the Self-generated Magnetic Field in the Laser-induced Plasma Channel MOK Chinook, RYU Chang-Mo(POSTECH, Physics.) Numerous reports have been presented on the mechanism of the self-generated magnetic field in the

laser-induced plasma based on the anisotropic pressure. However the other mechanism due to the irrotational current density rising from the product of plasma density gradient and the longitudinal motion due to the ponderomotive force of the laser pulse has been theoretically studied. Using 2D PIC simulation, we have found that the magnetic field is generated (~ 3 Tesla) by the irrotational current density when the high-intense ($\sim 10^{17}$ W/cm²) short-pulse (~ 50 fs) laser passes the plasma channel. It is also found that the magnetic field is generated by the anisotropic pressure at the plasma boundary.

Hp-066 The bicoherence analysis of wave-wave interaction of beam-plasma interaction RHEE Tongnyeol, RYU Chang-Mo(POSTECH.) The wave-wave interaction between plasma waves is a key process which explains the plasma nonlinear phenomena. For example, the power law of Alfvén wave spectrum observed in the space is explained as the energy transfer through wave-wave interaction. To measure the wave-wave interaction in real plasma, bicoherence method which shows the phase coherence among the three waves is developed by Kim et al. We analyzed the nonlinear phenomena generated in a simple beam plasma interaction simulation by using a bicoherence method. We found the Langmuir and ion-acoustic wave interaction which generates the back-scattered Langmuir wave which is consistent with the theoretical prediction.

Hp-067 Analytic modeling of ion motion around high voltage applied grid for pseudowave excitation 김 지현, 도 희진, 박 병재, 조 무현, 남궁 원(포항공과대학교 물리학과) Transient sheath behavior in plasma ion implantation has been modeled analytically in various geometry and conditions. When a high voltage pulse is applied to a grid, ions are accelerated toward the grid and subsequently oscillate by the potential well around the grid. As soon as the potential well disappeared, ions propagate with ballistic mode, which is called pseudowave. When the grid pitch is much shorter than the radius of the cylindrical matrix sheath around the each wire of the grid, the grid sheath is assumed to evolve like a planar sheath. In this presentation, the ion motion in the sheath are described based on the Lieberman's model [1] and several assumptions to make the problem simple. * Work partly supported by MOST & POSTECH Physics BK21.[1] M. A. Lieberman, "Model of plasma immersion ion implantation," J. Appl. Phys. 66 (7), pp. 2926-2929, 1989

Hp-068 사일레인 플라스마에서 플라스마 변수와 입자 변수 사이의 상관 관계 연구 채 길병, 선 창래, 최 원호, 정 진욱¹(KAIST, 물리학과, ¹한양대학교, 전기제어생체공학부) 사일레인 플라스마는 PECVD나 solar cell과 같은 공정에 활발히 사용되는 데, 이 플라스마 내부에서는 입자들 간의 뭉침에 의해 수집 - 수백 나노미터 크기의 입자들이 생성된다. 이 입자들은 일반적으로 음전하를 띄고 탐침 팁을 코팅시켜 랑뮤어 탐침을 이용한 전자 온도나 밀도 등의 측정을 어렵게 한다. 본 연구에서는 최근에 개발된 부유탐침(floating probe) 기법을 사용하여 이들 어려움을 극복하고 플라스마 변수를 정확하게 측정하였다. 이와 동시에 레이저 광

산란법과 광감쇠법을 이용하여 플라즈마 내에서 생성된 나노입자들의 크기와 밀도를 시간에 따라 측정하였다. 측정결과, 전자 온도와 밀도는 시간에 대한 경향성이 같으며 값들은 초기부터 꾸준히 증가하다가 어느 시점 이후 감소하는 것을 관찰하였다. 입자의 크기는 시간에 따라 두 단계의 성장과정을 거치는 것으로 관찰되었고, 입자의 밀도는 크기 성장이 둔화됨과 동시에 급격한 감소를 나타내었다. 플라즈마 변수와 입자 변수 사이의 상관관계를 본 결과, 생성된 입자의 표면적이 넓을 때에는 전자 온도와 밀도가 낮고, 생성된 입자의 표면적이 작을 때에는 온도와 밀도가 높은 관계를 알 수 있었다. 이러한 결과는 시간에 따른 전력보존(power balance) 관점에서 볼 때 모순 없이 설명됨을 알 수 있었다.

Hp-069 Photodetachment Diagnostic for TCP RF H-Volume Source YOUNG-HWA An, SEOK-GEUN Lee, JI-HUN Kim, YONG-SEOK Hwang(*Seoul National University*.) Photodetachment method was used to determine the negative ion density in a hydrogen negative ion source developed at SNU. Conventional Nd:YAG laser was used to detach electrons from all negative ions in the illuminated region and a Langmuir probe was used to collect electrical current signal originated from the detached electrons proportional to the negative ion density. Also, other diagnostic results such as electron density and temperature measurements by Langmuir probe and ro-vibrational temperature measurements of hydrogen molecules by emission spectroscopy were compared with the results from the photodetachment H- density measurement. All parameters were measured at both plasma heating region and extraction region separated by filter magnetic field. The optimal operation condition for H-production will be discussed according to the diagnostic results.

Hp-070 Ion Beam Extraction Characteristics Using Positive Bias Method in a Modified Inertial Electrostatic Confinement Fusion Device JUNG Soonwook, HWANG Yong-Seok(*Nuclear Engineering, Seoul National University*.) The Inertial Electrostatic Confinement (IEC) fusion device has drawn great interest as a neutron generator which may overcome limitation of existing neutron sources. In the IEC fusion device, undesirable ion losses such as charge exchange reaction prevent the IEC device from obtaining fusion reaction rate. In this study, a modified IEC fusion device is developed where high differential pumping ratios between plasma generation region and ion beam acceleration region are achieved by reducing total area of the slits. In this condition, in order to get more beam currents with given small slit size and plasma density, positive bias electrodes are introduced in the vicinity of the slits. With the positive bias electrodes, local sheath breakdown occurs and subsequent ion beam current enhancement is observed, up to 70 enhancement factors at maximum. Perturbation of local sheath plasma by high extraction field accounts for reduction in ion beam current at high extraction voltage. A simple model based on the experimental results well estimates current enhancement ratios for local sheath plasma formation.

Hp-071 광전효과에 의한 플라즈마 내 미세입자의 전하

량 변화 선 창래, 박 호용, 채 길병, 최 원호(*물리학과*.) 플라즈마 내 미세입자들은 전자와 이온의 유동성 차이에 의해 보통 음전하로 대전되고, 음극 위에 트랩된다. 이러한 입자들에 자외선을 조사할 경우 광전효과에 의해 전하량이 감소되는 것을 기대할 수 있다. 본 연구에서는 DC 아르곤 플라즈마 내에 트랩된 Al_2O_3 미세입자(수 μm)에 자외선을 조사하여 전하량 변화를 관찰하였다. 입자의 전하량 측정을 위해 음극으로부터의 트랩위치 측정과 이차함수 덮개 모델(parabolic sheath model)을 이용하였다. 자외선 조사 시 입자의 트랩위치가 음극 쪽으로 가까워지는 것을 실험적으로 관찰하였고, 입자분포의 최대점의 이동거리로부터 전하량이 약 2% 정도 바뀌는 것을 알아내었다. 본 연구에서는 저압 사일렌 CCP 방전에서 생긴 수십 nm 크기의 a:H Si 입자에 대해서도 동일한 방식의 자외선 조사 실험을 수행하였다. 실험결과, a:H Si 나노입자 역시 트랩 위치가 바뀌는 것을 확인하였다. 이와 같은 a:H Si 나노입자들의 전하량 감소는 입자에 미치는 이온끌이힘에 영향을 주어 입자가 플라즈마 내에서 더 큰 크기까지 성장시키는 요인이 되는 것을 확인할 수 있었다.

Hp-072 Fabrication of Simple and Large Penning Ion Source for Diagnostics of Plasma Parameters JUNE-WOO JUHN, YONG-SEOK HWANG(*Department of Nuclear Engineering, Seoul National University*.) A PIG (Penning or Phillips ionization gauge) type ion source has been constructed. Ion beam will be extracted through the center hole of a cathode to the direction of cylindrical anode axis. Since this device designed as a prototype of a neutron generator need to have enough space to investigate plasma parameters, dimension of the device is relatively larger than other devices which have similar concept and purpose : simple and compact axial ion beam source for neutron generator. Therefore the ring-shaped permanent magnet is attached to the outer surface of the cylindrical anode to make high enough magnetic field rather than solid cylindrical magnet outside the anti-cathode. Langmuir probe and other spectroscopic methods are able to be utilized via the several diagnostic port.

Hp-073 Simulation Study of The Weibel instability in A Relativistic Anisotropic Plasma KAANG Helen H., YOON Peter H., RHEE Tongnyeol, RYU Chang-Mo(*POSTECH*.) The Weibel instability is a purely growing electromagnetic mode excited in an unmagnetized and anisotropic plasma. In relativistic region, this instability has received renewed attention as a main mechanism of magnetic field generation in the core of galaxies or in the formation of universe. So, we simulated the fully relativistic Weibel instability with the generalized Maxwellian distribution. We obtained the growth rate of a dominant wave at the linear stage and compared this simulation result with numerical calculation. We found a good agreement between them.

Hp-074 Effects of negative dc voltage in the capacitively coupled plasma source through particle-in-cell /Monte Carlo collision simulations PARK Jinwoo, LEE Sunghye, PARK Ganyoung, LEE Jaekoo(*Department of Electronics and Electrical Engineering, Pohang University of Science and Technology*.) As the feature size of a

semiconductor chip shrinks, the plasma-process-induced damage (PPID) such as the bowing is a serious problem on the etching process [1]. The ion has the anisotropic motion while the electron has the isotropic motion. The difference of ion and electron motions results in charge-up damage. The negative dc voltage is one of the techniques used to reduce the charge-up damage. We have performed particle-in-cell/Monte Carlo collision (PIC/MCC) simulations [2, 3] for the negative dc voltage. Electrons gain the acceleration energy by imposing the negative dc voltage in the top electrode. The accelerated electrons have the anisotropic motion. As a result, the charge-up damage of the bottom layer of the wafer is reduced by anisotropic electrons. [1] Poiroux, T.; Pelloie, J.L.; Turban, G.; Reimbold, G., "Plasma process-induced damage in SOI devices," Electron Devices Meeting, 1999. IEDM Technical Digest. International, vol., no., pp.97-100 (1999).[2] H.C. Kim and J.K. Lee, "Mode transition induced by low-frequency current in dual-frequency capacitive discharges", Phys. Rev. Lett. 93, 085003 (2004).[3] G.Y. Park, S.J. You, F. Iza, and J.K. Lee, "Abnormal heating of low-energy electrons in low-pressure capacitively coupled discharges", Phys. Rev. Lett. 98, 085003 (2007).

Hp-075 Particle Simulation of a Capacitive Discharge for Various Driving Frequencies KIM Daeho, RYU Chang-Mo (POSTECH, Physics.) A lot of studies have been performed for the electron heating and electron kinetic property in low-pressure rf discharges, being accompanied by the development of numerical techniques in modeling of highly non-equilibrium plasma phenomena. In particular, the driving frequency is one of the important parameters for semiconductor processing. We investigated the driving frequency effect on the plasma characteristics of a capacitive discharge under the fixed rf current, by using a one-dimensional particle-in-cell/Monte Carlo collision simulation. The results indicate that the collisional heating becomes dominant with increasing driving frequency.

Hp-076 Ion Energy Distributions in RF Magnetron Sputtering with Moving Magnet Configuration KIM Daeho, CHANG Hyunu, RYU Chang-Mo (POSTECH, Physics.) Magnetron sputtering sources have become one of the important devices for thin-film deposition. Though the moving magnet configuration has been used to increase the target utilization recently, a few papers have been carried out to investigate the effects of moving magnet configuration on magnetron sputtering. We investigated the ion energy distributions (IED) in rf magnetron sputtering while the magnet configuration moves, by using a two-dimensional particle-in-cell/Monte Carlo collision simulation. As the driving frequency increases from 0.1 to 13.56 MHz, it is found that the shape of the IED is shifted from a broad bimodal distribution with a dominant low-energy peak to a narrow bimodal distribution.

Hp-077 Simulation Study on the Electron Kinetic Property of Argon Plasma in DC Micro Discharge CHANG Hyonu, RYU Chang-mo (POSTECH, Physics.) Micro DC discharge of 100um gap

distance and 100Torr pressure of argon gas was studied, by using 1-dimensional PIC-MCC code(XPDP1). EEPFs(electron energy probability functions) in the bulk near cathode present three temperature electron groups. Electron temperature and density were low relative to conventional low pressure DC discharges. Additionally, other micro-plasma simulations of different conditions such as gas pressure or SEEC(secondary electron emission coefficient) are performed. In these conditions, plasma characteristics are compared with former results.

Hp-078 2차원 유체 시뮬레이션을 이용한 대면적 Transformer Coupled Plasma의 균일도 연구 라 기철, 김 대호, 장 현우, 유 창모(POSTECH, Physics.) 대면적 CIGS(Cu-In-Ga-Se₂)용 태양전지 제작을 위한 플라즈마 에칭 장치를 연구하였다. 특히 태양전지 생산에서는 전력 생산 효율을 높이기 위한 glass etching의 균일도가 중요해지고 있다. 2차원 유체 시뮬레이션을 사용하여 Transformer Coupled Plasma(TCP)장치의 플라즈마 균일도를 연구하였다. 이 장치는 Ar gas가 이용되고 윗면에 13.56MHz RF 전력이 코일 형태로 인가되고 아랫면에는 180°의 위상차를 두어 13.56MHz RF 전력이 평판전극으로 인가되었다. 압력이 낮아지고 코일의 감은 개수가 많아질수록 플라즈마 밀도의 균일도가 높아졌다.

Hp-079 The characteristics of Ar, N2 electron beam produced plasma CHAE soohang, LEE hunsu, CHANG hongyoung(kaist, physics.) We have developed the electron beam generated plasma source. There are many advantages of electron beam generated plasma in the dry etching process. It reduces the charge build-up damage and ion bombarding damage due to the low electron temperature. For the same reason, the dissociation and ionization of neutral molecules can be produced directly by beam impact not by plasma-electron impact. The factors which determine beam property are the acceleration voltage, discharge current, gas pressure and gas species. This plasma source has the wide range of plasma density, still low electron temperature.

Hp-080 Loss Characteristics of Plasma near the Substrate in Pulsed-DC Magnetron Discharge and Analysis of Ion Energy Flux by a Modified Global Model IN Jeong-Hwan, NA Byung-Keun, SEO Sang-Hun, CHANG Hong-Young, HAN Jeon-Geon(KAIST, Physics.) The plasma density in pulsed-DC magnetron discharge was measured by the time-resolved wave cutoff probe method and the loss characteristics during the off-phase of plasma near the substrate were examined. It was found that the loss velocity of plasma was delayed and the effective loss area was changed according to pulse condition and target voltage during the off-phase. These loss characteristics were applied to the global model. In the model, the ion bombardment energy on the substrate increased with pulse frequency and decreased with duty. The ion current density from the model showed a similar trend with the measured substrate ion current.

Hp-081 Measurement of Excitation Temperature on

Capillary Z-pinch Argon Plasma* 박 병재, 도 희진, 김 지현, 조 무현, 남궁 원, 김 동수¹(포항공과대학교 물리학과, ¹VMT.) Capillary Z-pinch discharges in the discharge-produced plasma (DPP) have been widely used for Extreme-ultraviolet (EUV) light sources because of simplicity, wide collection and long lifetime. For diagnostics of plasma parameters, optical emission spectroscopy (OES) was used on the Argon plasma. In order to measure the time evolution of visible light photon output, the photodiode was also used. With the assumption of local thermodynamic equilibrium (LTE), the excitation temperature was measured by the Boltzmann plot. To understand the z-pinch plasma, its dynamics and characteristics were numerically studied using the one-dimensional Lagrangian magnetohydrodynamic (MHD) code. With experimental and simulation results, the dependence of different parameters, such as the gas pressure and the capillary tube radius, is presented on the electron temperature. Discharge conditions have a discharge current rate of 5 A/ns and 1 microsec pulse width in Argon gas pressure of 0.1 ~ 1 Torr. *Work partly supported by VMT Co., Ltd. & POSTECH Physics BK21

Hp-082 Measurement of Electron Density on Capillary Z-pinch Argon Plasma* 도 희진, 박 병재, 김 지현, 조 무현, 남궁 원, 김 동수¹(포항공과대학교 물리학과, ¹VMT.) Extreme ultraviolet (EUV) lithography techniques are currently being investigated to provide a solution for high-volume manufacturing of semiconductors with feature sizes below 45 nm. It is commonly realized that 13.5 nm EUV can be generated from high-density, high-temperature plasmas based on laser- or discharge-produced plasmas. Among several techniques, the capillary Z-pinch discharge by pulsed high-current discharges has the advantage of being relatively simple, efficient, stable, and compact. The electron density of capillary Z-pinch argon plasma is obtained by the optical emission spectroscopy (OES) measurement. 422.816-nm line is mainly broadened by the superposition of instrumental, the Doppler, and the quadratic Stark broadening. The Doppler broadening is negligible and the quadratic Stark broadening can be extracted by the de-convolution of a Voigt function. The time variations of electron density are compared in the following cases: (1) n_e by the simulation [1], (2) n_e using experimental result of T_{exc} [1], (3) n_e using the simulated T_e . [1] 박병재, "Measurement of Excitation Temperature on Capillary Z-pinch Argon Plasma," in this conference.* Work partly supported by Small and Medium Business Administration and POSTECH Physics BK21

Hp-083 TMOS/NH3/N2 ICP-PECVD법을 이용한 SiOx-CyNz 박막 증착에 관한 연구 박 재민, 박 혜선, 김 선자, 정 태훈(동아대학교 신소재물리학과) ICP (Inductively Coupled Plasma) 발생 장치를 이용하여 화학 기상 증착법인 PECVD (Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition) 방법을 이용하여 SiOxCyNz 박막을 증착하였다. Source gas로는 TMOS (tetramethoxysilane), N2, NH3를 이용하였다. source gas들의 ratio, total pressure, ICP power의 변화에 따른 플라즈마의 특성과 박막의 성질을 연구하였다. OES (Optical Emission Spectroscopy)로 plasma

구성입자들의 조성을 측정하였고, FTIR (Fourier-transform infrared spectrum)로 ICP power와 gas ratio, total pressure의 변화에 따른 SiON 박막의 화학적 bonding을 측정하였다. 그리고 굴절률과 성장률은 In-situ ellipsometer를 이용하여 실시간으로 측정하였다. 플라즈마 실험 변수들의 변화에 따른 박막의 열연 특성을 논의하였다.

Hp-084 A Study Of Plasma Treatment For Hydrogen Storage Materials Using Sol-gel Process CHA Su-young, SHIN Jong-moon, JEONG Se-young, CHO Yong chan¹, CHO Chae ryong(Department of Nano Fusion Technology, Pusan National University, Mirang 627-706, Korea. ¹Research Center for Dielectric and Advanced Matter Physics, Pusan National University, Busan 609-735, Korea.) In the last few years, much of the focus in hydride research has been on light metal alanates and borohydrides because they offer relatively large gravimetric hydrogen densities. However, effective storage of hydrogen presents a significant challenge that must be overcome for the hydrogen economy to replace current energy technologies. So, we made hydrogen storage material using simple sol-gel process under the 100 oC. Additionally, hydrogen storage material is treated using RF plasma at hydrogen atmosphere. The structure and surface properties were investigated using X-ray diffraction (XRD) and field emission scanning electron microscope (FE-SEM). We investigated the desorption of hydrogen storage materials using Thermo-Gravimetric/Differential Thermal Analyzer (TG/DTA) in the range 100~500°C and also by the measurement of hydrogen absorption/desorption under high pressure. Some other parameters to influence significantly to storage capacity are studied.

Hp-085 Hydrophobic coating of Multi-walled carbon nanotubes by HMDSO glow plasma at low pressure, and their resulting wettability 조성윤, 이 경하, 조 순천¹, 엄 환섭¹(아주대학교 물리학과, ¹아주대학교, 분자과학기술학과) This study demonstrate the super-hydrophobic coating of MWCNT powders by HMDSO glow discharge plasma at low pressure and investigates the hydrophobic behavior of the treated MWCNT powders. To investigate the change in the surface free energy of the MWCNT powders, water, polyethylene-glycol (PEG), and glycerol as probe liquids were used. Their surface free energies were directly determined by making use of the measured CAs and the equation of Owens-Wendt. The cushion made of the plasma-treated MWCNT powders revealed super-hydrophobicity (CA>150°). In representation, the total surface free energies of the MWCNT powders before and after the HMDSO plasma modification estimated drastically from 82.6 to 0.1mJ/m².

Hp-086 Hyperthermal 증성입자빔을 이용한 실리콘 박막의 계면 안정성 및 전기적특성 최 성윤, 오 경숙¹, 유 석재¹, 김 대철¹, 김 종식¹, 김 영우¹, 이 봉주¹, 박 영춘, 홍 문표²(한동대학교 ¹국가핵융합연구소, ²고려대학교) a-Si 박막 증착 기술은 HIT cell, 박막 태양전지 그리고 TFT 등 다양한 분야에 적용되고 있는 중요한 기술이며, Hyper-Thermal 증성입자 빔은 증성입자의 에너

지를 조절하여 저온에서도 양질의 a-Si 혹은 nc-Si 박막을 성장시킴으로서 태양전지나 TFT 제작시 원가를 절감할 수 있고, 손상 없는 양질의 박막형성이 가능하여 다양한 분야에 응용이 가능하다. a-Si 혹은 nc-Si 박막 증착에 있어 가장 큰 문제점 중의 하나가 계면 안정성이다. Si 기판 위 혹은 SiO₂ 박막 위 등에 a-Si 박막을 바로 증착할 때 플라즈마의 이온이나 전자 등에 의해 계면이 손상을 입거나 에피택시한 성장을 일으켜 전기적인 결함을 일으키게 된다. 증성입자빔을 이용할 경우 플라즈마에 의한 박막의 손상을 최소화함으로써 계면 결함을 줄일 수 있으며, 증성입자빔의 에너지를 조절하여 박막이 저온에서도 안정적으로 증착할 수 있는 환경을 조성해준다. 본 연구에서는 증성입자빔을 SiH₄와 H₂ 그리고 Ar 가스를 이용하여 HNB CVD 방법으로 유리기판과 실리콘 기판 그리고 SiO₂ 박막 위에 a-Si 박막 및 nc-Si 박막 증착에 관한 연구를 진행하였다. FTIR 분석을 통해 박막의 조성을 확인하였고, Raman과 TEM 분석을 통해 박막의 결정성과 계면특성을 조사하였으며, IV 측정 등을 통해 전기적 특성 등을 측정하고 HNB의 특성 및 효과를 규명하였다.

Hp-087 DC / RF가 결합된 축전결합 대기압 플라즈마의 방전특성 연구 문세연, 김단비, 권보미, 최원호(KAIST 물리학과) RF를 이용한 대기압 축전결합 플라즈마는 여러 장점으로 인하여, 박막처리 및 박막 증착 등의 신소재분야에서 널리 활용되고 있다. 최근에는 저압 플라즈마에서 사용하던 DC 음전위 인가를 대기압 RF 플라즈마에 적용하여 이온의 flux를 증가시켜 그 공정효율을 증가시키는 시도가 이루어지고 있다. 본 연구에서는 RF가 인가되는 전극에 0 V에서 -150 V 까지 DC 음전위를 인가시켜, 대기압 헬륨 및 헬륨-메탄 플라즈마의 방전특성을 전기적, 광학적 방법을 통하여 연구하였다. DC 음전위의 증가는 플라즈마로 소모되는 RF 소모전력 크기에는 영향을 미치지 않으나, 광학적 진단 결과, 스펙트럼 방출선 세기(1.5배) 및 기체온도를 증가(< 420 K)시켰다. 반면에 방출선 세기 비를 이용한 전자 여기 온도는 DC 음전위의 증가에 따라 감소하였다. 특히 헬륨-메탄 플라즈마의 경우, 플라즈마로부터 수소 원자 방출선 (H-beta)이 관찰되는데, 이로부터 DC 음전위의 증가가 플라즈마 전자밀도를 증가시킴을 확인할 수 있었다.

Hp-088 유리기판의 소수처리를 위한 대기압 He/CH₄ 플라즈마의 광진단 특성 연구 문세연, 김단비, 권보미, 최원호(KAIST 물리학과) 광학적 진단을 통하여 대기압에서 발생된 헬륨-메탄 방전 특성을 연구하였다. 헬륨 방전의 경우, 전형적인 헬륨 원자 선과 주변 대기에 의한 질소분자 및 산소원자 스펙트럼이 관찰되었다. 미량의 메탄 기체의 첨가는, CN (B²Σ⁺ - X²Σ⁺ : Violet system)과 CH (A²Δ - X²Π : 4300 Å system) 분자 스펙트럼이 관찰되는 390 nm 및 430 nm 주변의 스펙트럼에 큰 변화를 주었으며, CN과 CH 분자 방출 스펙트럼을 이용하여, 플라즈마의 분자 진동 온도 (Tvib) 및 분자 회전 온도 (Trot)를 측정하였다. RF 인가전력을 20 W에서 200 W로 증가시킨 결과, Tvib과 Trot은 각각 4230 K에서 6310 K, 그리고 340 K에서 500 K로 증가하였다. 반면에 메탄기체 첨가량(<1%)의 증가는 Tvib 및 Trot 모두 감소시켰다. 이는 대기압에서 헬륨에 비해 이온화 어려운 메탄 기체가 첨가되었기 때문이다. 또한 측정된 온도로부터, 발생된 플라즈마가 비열 평형 상태에 있으며, 열에 약한 매질의 처리의 효과적인 처리가 가능함을 보여준다. 이를 토대로 헬륨-메탄 플라즈마가 유리기판 표

면의 소수 처리에 미치는 영향을 관찰하기 위해 다양한 처리 시간 및 메탄기체의 첨가량 등을 변화시키면서 표면 특성을 관찰하였다.

Hp-089 상압 마이크로 플라즈마 발생원의 특성 연구 김선자, 송민아, 정태훈(동아대학교 신소재물리학과) Non-thermal plasma를 발생시키는 tool인 plasma needle로 single-electrode를 구성하여 13.56 MHz RF power를 인가한 대기압 plasma를 발생시켰다. Current probe와 voltage probe를 이용해서 I-V 특성곡선을 얻었다. RF power는 10 W 이하의 크기를 유지하였고, gas flow rate와 power를 조절해가면서 플라즈마의 I-V 특성을 비교하였다. Optical Emission Spectroscopy (OES)를 이용하여 특정 원자들과 분자들의 emitted line으로 discharge composition을 조사하였다. N₂⁺ first negative system의 molecular emission spectra를 측정하여 rotational temperature를 측정하고, 플라즈마의 특성을 조사하였다.

Hp-090 Study on atmospheric pressure microdischarge utilizing nanoporous dielectric electrodes CHO Jin Hoon, CHOI Myeong Yeol, LEE Woong-Moo(Department of Chemistry and Division of Energy System Research.) Atmospheric pressure, non-equilibrium microplasmas have emerged as powerful experimental tools for many industrial applications requiring fast, low energy and inexpensive generation of plasmas. The wide range of applications of the microdischarge is attributed to the merits of excluding vacuum equipments in the processes and generating spatially confined high electron density plasmas using small electrical power. The electrodes used in the dielectric barrier discharge are made of aluminum (Al) rods or plates covered with nanoporous alumina films, ~80 μm thick and mean pore diameters being ~40 nm. The alumina nanoporous film was grown onto Al rod by an electrochemical process. The microplasma was sustained, using ~10W AC power of 10~30kHz, in the gap of 100~500 μm between the rods, tubes and plates. The typical driving voltage and the electron density are ~1200V and 10¹¹~10¹² cm⁻³, respectively while the temperature at the discharge region is in the range of 310-350 K. This type of dielectric barrier discharge effectively generates low temperature uniform microplasmas that can be used for a variety of applications, including UV generation, surface treatment, biomedical treatment, and plasma chemical synthesis.

Hp-091 Synthesis of Tin Oxide Nanoparticles by Evaporation of SnCl₄ using an Atmospheric Microwave-plasma Torch 조순천, 조성윤¹, 이경하¹, 엄환섭(아주대학교 분자과학 기술학과, ¹아주대학교 물리학과) Tin dioxide (SnO₂) nanocrystalline particles were directly synthesized via decomposition of gas-phase tin tetrachloride (SnCl₄) using an atmospheric microwave plasma torch. X-ray diffraction (XRD), Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR), thermo gravimetric analyses (TGA), field-emission scanning electron microscopy (SEM) were used as part of the analysis, and the surface area and pore distribution properties of the particles were analyzed using a nitrogen adsorption apparatus. The mean size of the synthesized SnO₂ particles was 34

nm according to SEM imagery and was 32.9 nm when estimated by a Williamson-Hall plot using XRD data.

Hp-092 Measurement of Electron Density and Gas Temperature by using Ar I Line Broadening* 도 희진, 김 지현, 조 무현, 남궁 원(포항공과대학교 물리학과) The electron density and the gas temperature of the atmospheric pressure micro-plasma are measured with the OES diagnostics. They are obtained from spectral line broadening of the neutral argon. 549.6-nm and 603.2-nm lines are mainly broadened by the superposition of instrumental, the Doppler, the quadratic Stark, and the Van der Waals broadening. The measured line profile has a Voigt function form, the convolution of the Gaussian and the Lorentzian functions. The Gaussian line profile is due to the instrumental and the Doppler broadenings, while the Lorentzian line profile is due to the quadratic Stark and the Van der Waals effects. Neutral argon spectral lines at 549.6-nm and 603.2-nm are mainly broadened by the quadratic Stark and the Van der Waals effects, respectively. An optimization program is executed to determine the electron density from the quadratic Stark broadening and the gas temperature from the Doppler and the Van der Waals broadenings. The measured gas temperature is compared with the rotational temperature, measured from spectrum of OH molecules. * Work supported by POSTECH Physics BK21

Hp-093 RF 대면적 플라즈마를 이용한 화학 무기 모사체인 DMMP 제독 실험 김 단비, 권 보미, 문 세연, 최 원호(한국과학기술원) 최근 들어 비열적 대기압 플라즈마를 이용한 생물, 화학, 환경 등 다양한 분야에서 박테리아, 바이러스, 세포, 화학물, 폐기물 등의 처리 연구가 각광을 받고 있다. 그 중에서도 특히 플라즈마 생화학 무기 제독은 부상하고 있는 주제이다 본 연구에서는 여러 가지 생화학 무기 중에서 신경 가스인 사린 가스의 모사체인 Dimethyl Methylphosphonate(DMMP)를 대상으로 플라즈마 제독 실험이 진행되었다. 제독에 사용된 플라즈마는 RF 축전결합 대면적 장치에서 공기 중에서 헬륨 기체를 이용하여 발생되었으며 그 크기가 대략 $15 \times 100 \text{ mm}^2$ 이다. 이중 전극 구조를 갖기 때문에 아래 그라운드 전극은 선택 사항으로 제트 형식 플라즈마라 할 수 있다. 본 플라즈마의 전기적, 열적 안정성은 종전 연구에서 돼지고기와 인체를 대상으로 이미 확인하였다. 입력전력 100 W에서 10-100 ml DMMP를 구리 및 유리판에 떨어뜨려 플라즈마로 처리한 결과를 Fourier transform infrared(FTIR) spectroscopy와 gas chromatography(GC)를 이용하여 정성 및 정량적 특징을 하였다. 수 분 동안의 플라즈마 처리 후 FTIR 스펙트럼에서 주요 DMMP 피크들이 사라지는 등의 큰 변화가 보였으며, GC를 이용하여 남아 있는 DMMP 농도를 측정한 결과 구리 판 위에서는 10분, 유리 판 위에서는 각각 10분, 15분 처리 후 대략 99%의 DMMP가 제독되어 분해된 것을 알 수 있었다. 이와 같은 제독 효율은 수백 분에서 수백 시간이 소요되는 열, 화학 촉매 등의 다른 제독 방법과 비교하여 월등한 결과이다.

Hp-094 편 전극 대기압 플라즈마의 암세포(HEPG-2) 처리가능성 연구 권 보미, 김 단비, 문 세연, 김 대연, 송 석현, 최 원호, 신 현정(KAIST) 편 전극 대기압 제트 플라즈마를 이용하여

암세포 처리 가능성을 확인해 보았다. 암세포로는 간암세포의 한 종류인 HEPG-2를 이용하였으며 그 비교대상으로 간의 정상세포인 THLE-2를 함께 플라즈마로 처리했다. 50 kHz의 AC 전원과 헬륨을 사용하여 대기상태에서 플라즈마를 발생시켰다 또한 세포에 가해지는 열 적인 손상을 막기 위하여 실온인 25°C를 유지하였다. 현미경 관찰의 용이성을 위하여 모든 세포는 슬라이드 글라스 위에 준비하였으며, 슬라이드 글라스 표면에 세포가 잘 흡착되도록 모든 슬라이드 글라스 위에는 fibronectin을 코팅하였다. 각 샘플은 플라즈마 처리 직전에 신선한 media를 첨가해 플라즈마 처리 중 세포가 마르는 것을 방지하였다. Media의 높이는 플라즈마를 충분히 통과시키면서 세포가 기체 흐름에 의해 마르지 않는 적절한 높이인 0.15 mm를 유지하였다. 처리시간은 30초에서 120초, 인가전압은 750 V - 1000 V로 조정하였고, 세포는 처리 후에 viability assay (ethidium homodimer and calcein AM)로 염색하여 살아있는 세포와 죽은 세포를 구별하였다. 세포가 괴사된 부분과 세포가 떨어져 나온 공간은 대략 800 V에서부터 관찰되기 시작하였으며, 이 영역은 플라즈마의 profile과 일치함을 보였다.

Hp-095 자성체가 포함된 시스템의 자기장 계산 (2) 유광일, 이 덕교, 박 병호(국가핵융합연구소) 현재 KSTAR (Korea Superconducting Tokamak Advanced Research)의 장치가 완공되면서 KSTAR 본체의 주변에 많은 부가 구조물들을 설치하고 있다. 이 구조물들은 보통 자성체로서 상대 자화율은 작게는 1 근처에서 보통은 수천까지이다. 이렇게 KSTAR 주변에 자성체가 놓여있을 때, 토카막 내부의 플라즈마에 미치는 자기장 왜곡의 영향을 평가해야 한다. 이를 위하여 자성체가 있는 시스템의 자기장을 계산하는 프로그램이 필요하다. 보통 자성체를 포함하는 시스템의 자기장을 계산하기 위해서는 상용코드들을 많이 사용하고 있다. 현재 핵융합연구센터는 MAFLO라는 직접 개발한 3-D 코드를 사용하고 있다. 이 코드는 Bio-Savart 법칙을 이용하여 임의의 모양의 전류분포에서 형성되는 자기장과 이에 관련된 문제들을 해결하고 있다. 하지만, 아직까지는 자성체가 들어있는 경우는 계산할 수 없는 상태이다. 우리는 MAFLO코드를 확장해 자성체의 magnetization vector를 직접 계산하여, 자성체를 포함하는 시스템에서도 상용코드를 사용하지 않고 비교적 빠르고 정확하게 자기장을 계산 하려 한다. 이렇게 작성된 코드는 상대자화율이 작을 때는 기존의 상용코드와 잘 맞지만 상대자화율이 커지면 맞지 않는 문제점을 가지고 있었다[1]. 이 논문에서는 이러한 현상의 근본적인 해결책을 찾아내어 어떤 상대자화율에서도 잘 맞도록 개선하였음을 보고한다. [1] “자성체가 포함된 시스템의 자기장 계산”, 유광일, 이덕교, 박병호, 한국물리학회 봄학술대회, 2007. 4. 19-20, 강원도 평창 휘닉스파크

Hp-096 CW Terahertz Imaging of Paraffin-embedded Epithelial Cell of Rat 권 오준, 김 대원, 김 희연, 원 종효, 주 영도, 김 용협, 김 대식, 박 건식, 최 혁재¹, 백 찬욱², 손 영목², 김 선일², 전 성찬², 김 정일³, 전 석기³(Seoul National University. ¹National Cancer Center. ²Samsung Advanced Institute of Technology. ³Korea Electrotechnology Research Institute.) CW Terahertz imaging system is being constructed to investigate the response of cells to the Terahertz wave. This system consists of a 0.2THz radiation source and some off-axis-parabolic mirrors(OAPs) with 2 dimensional(2D) translation stage. A pyro-electric detector is used to measure the

power of resultant signals where a chopper is employed for a triggering. CW THz imaging for a epithelial cell of rat will be presented.

Hp-097 Coupling of TE₁₀ waveguide mode to TM_{mno} cavity mode in photonic 주 영도, 박 건식(서울대학교) We studied the formation of a TM_{mno} cavity mode externally coupled with a TE₁₀ waveguide mode in a square photonic crystal (PC) cavity. It is found in MAGIC3D simulation that the geometric symmetry of square cavity prohibits some of modes and causes cavity mode degeneracy which spoils the formation of cavity mode. To excite the prohibited mode and to separate the degenerated modes, the manipulation of waveguide-cavity coupling structure is suggested. For an instance, two input signals of TE₁₀ waveguide mode with opposite phase are derived to eliminate the geometric symmetry of PC cavity. The detailed things will be presented.

Hp-098 The Experimental Study on the Electron Beam Emission from the Cold and Thermionic Cathodes 박 건식, 박 승호, 장 규하(서울대학교 물리천문학부) High frequency (~THz) vacuum electron devices demand high current density of electron beams for making periodic metallic circuits oscillation. Hence, it is necessary not only to develop cathodes producing high density of electron beam but also to focus the electrons from the cathodes to have accurate shape and high density of electron beam. For the experimental study of the cathodes and focusing structures, we developed 3D electron beam analyzer to measure details of electron beam profiles from the cold or thermionic cathodes and also electron gun. We will present the plotted the multi-sectional profiles of the electron beam emitted from the CNT cathode and highly focused the thermionic gun.

Hp-099 The Study on Pulse Shortening by RF Breakdown in Relativistic Backward Wave Oscillator(RBWO) 민 선홍, 정 희천, 신 상호, 박 건식, 안 지환¹, 이 상훈¹, 윤 영중¹, 이 우상², 김 준연², 소 준호²(서울대학교, ¹연세대학교, ²ADD) Relativistic Backward Wave Oscillator (RBWO) is one of the most successful devices of High Power Microwave (HPM) sources utilizing a high-current relativistic electron beam. The slow-wave structure (SWS) that has a rippled wall of sinusoidal type can get to transact electron beam by reducing the phase velocity of microwave under the Cerenkov synchronism between a cylindrical TM_{0n} mode and a hollow electron beam. And RBWO has high efficiency by a relatively long interaction region between electron beam and backward microwave. It is well-known that the practical use of HPEM's including RBWO are hindered by the pulse shortening. The understanding the physics of the pulse shortening is very crucial and further implementation should be made afterwards. To measure the radiated output power, COBRA (Coaxial Beam Rotating Antenna) antenna which converts the operating mode, TM₀₁ to TE₁₁. Here, an antenna-window was made of poly-carbonate. The radiation pattern and gain are simulated using MWS simulation code and the gain of COBRA is also measured for comparison. Field intensity is

measured to be maximized at centre of COBRA Antenna as expected from the simulation. Now the measurement of pulse width with respect to the output power as shown through the result of experiment and confirms our assumption of pulse shortening which is caused by RF breakdown as shown in comparison of the experiment and the PIC-simulation.

Hp-100 High Current Density Sheet Beam Formation and Stable Transport Under Miniature Periodic Magnetic Focusing for Table-top Terahertz Devices SRIVASTAVA A., 소 진규, 장 규하, SATTOROV M. A., 박 건식(서울대학교) The truly table-top Terahertz-wave vacuum electron devices require a much higher current density electron beam (> 60 A/cm²). The development of high current density sheet beam electron gun for that type of devices is carried-out. It operates at beam voltage of 12 kV and perveance 0.0136 μ p to meet ours requirement of high beam current density 100 A/cm², low emittance 0.068 π -mm-mrad, and almost rectangular sheet electron beam 30 \times 600 μ m² at the beam-waist position after 1-D, 3-fold beam area compression. Currently, mentioned gun is being fabricated. Work has been initiated to test the performance of Scandate cathode using anode-aperture mapping. Current density of 50 A/cm² has been ensured across the beam cross-section of 100 \times 600 μ m². This high space-charge (low voltage, high current density) sheet electron beam can be stably focused using compact and strong single-plane periodically cusped-magnetic (PCM) focusing without disruptive diocotron instability. Preliminary study on sheet electron beam PCM focusing shows requirement of \sim 1.5 kG peak magnetic field for stable transport.

Hp-101 The Effect of Anode Plasma on Mode Competition in L-band MILO 정 희천, 신 상호, 민 선홍, 김 대호¹, 김 천호², 임 동우², 박 건식(서울대학교, ¹전기연구소, ²국방과학연구소) A mode competition between two axial modes of TM₀₁ mode is observed in the operation of a L-band Magnetically Insulated Transmission Line Oscillator (MILO). This mode competition is analyzed by the measurement of field distribution in the cavities of the MILO. By comparison between this measurement and the MAGIC 2D simulations, it is found that the delayed saturation of magnetic field that is induced by the beam current makes this mode competition. And the anode plasma that is formed according to the impact of the beam can affect the transient situation. The faster transition of two modes is observed in a MAGIC 2D simulation with the additional anode plasma

Hp-102 Radiation Characteristic from Electron Beam Interacted with Dielectric Metamaterial 원 종효, 소 진규, 박 건식(서울대학교 자연과학대학 물리천문학부) We present theoretical and numerical analysis of the radiation characteristics from Electron Beam interacted with the surface mode of a dielectric metamaterial. Like the periodical metallic slit structure by J. T. Shen investigated, various kinds of possible dielectric metamaterial were suggested. We investigated the radiation characteristic from the electron beam propagating near to the specially designed metal-

lic structure. While observing the results from this study, a FDTD simulation code (Magic3D) is used. These results showed that the radiation pattern between real dielectric material and the meta-material is different. That is opposite to our rough expectation.

Hp-103 Optimization of beam and wave interaction in CSEB SPR system SATTOROV M. A., 소 진규, SRIVASTAVA A., 원 종효, 주 영도, 장 규하, 박 건식(서울대학교) The radiation from interaction of electron beam with a metal grating was first reported by Smith and Purcell in 1953 [1]. Since that, it continues to attract interest due to its compact and efficient method of generating a high-power, tunable and simple radiation mechanism, particularly in the terahertz frequency regime, 0.3-3 THz. In addition to various attempts to improve the weak intensity of spontaneous SPR [2]-[5], we have introduced another way which uses counter streaming electron beams (CSEB) and 1D slit array [6, 7]. Here we present further optimization of the beam-wave interaction through the observation of the relevant surface-confined mode using PIC simulation. Reference[1] S. Smith and E. Purcell, Phys. Rev. 92, 1069, 1953.[2] Yu.A. Grishin, M.R. Fuchs, A. Schnegg, A.A. Dubinskii, B.S. Dumes, F.S. Rusin, V.L.Bratman, and K. Möbius, Rev. Sci. Instrum. 75, 2926, 2004.[3] G. Doucas, J.H. Mulvey, M. Omori, J.

Walsh, and M.F. Kimmitt, Phys. Rev. Lett. 69, 1761, 1992.[4] S. Yamaguti, J. Inoue, O. Haeberle, K. Ohtaka, Phys. Rev. B 66, 085209, 2002.[5] S.E. Korbly, A.S. Kesar, J.R. Sirigiri, and R.J. Temkin, Phys. Rev. Lett. 94, 054803, 2005.[6] Y.M. Shin et al., Appl. Phys. Lett. 90, 031502, 2007.[7] J.K. So et al, IVEC 2008, 349-350.

Hp-104 Terahertz Dispersive Metallic Metamaterial 소 진규, 박 건식, KIM J. H.¹, CHANG S. S.¹(서울대학교, ¹Pohang Accelerator Laboratory (PAL), POSTECH.) 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.

■ SESSION: P1

4월 17일(목), 14:30 - 16:15

장 소: 109호

Ip-001 광통신용 파장 (1550 nm)에 대한 $Zn_{0.03}Cd_{0.97}Te$ 단결정을 이용한 A-O 신호변조 전 용석, 김 혜정¹, 강 현식²(전주대학교, 전기전자정보통신공학부, ¹전북대학교, 교육대학원 물리학과, ²전북대학교, 물리교육과) 광통신용 파장 (1550 nm)에서 초고속 electro-optic 변조에 뛰어난 특성을 보인 $Zn_{0.03}Cd_{0.97}Te$ 단결정을 성장시켜 Acousto-Optic 변조 특성을 조사하였다. Acousto-Optic (A-O) 변조는 탄성파가 결정내에서 진행하면 결정내의 각 부분의 굴절률이 탄성파의 주기에 따라 변화하는 현상이다. 전기로 내부 heating zone의 길이를 다양하게 변화시켜 제작된 전기로에서 단결정을 종축 방향의 길이 3.5, 7.5, 및 10.5 cm까지 성장시킬 수 있었다. 성장된 단결정을 5 mm × 5 mm × 20 mm 되게 직육면체, 또는 한 쪽 종축을 약 20° 기울여 연마하여 A-O 모듈레이터를 제작하고, piezo-electric actuator를 이용하여 A-O 측정장치를 제작하였다. MDT691 Driver를 사용하여 탄성파를 단결정면에 입사시키면서 1550 nm 파장의 레이저 광을 탄성파 입사방향과 수직방향으로 모듈레이터에 입사시켰다. 모듈레이터를 통과한 광은 $\lambda/4$ plate 와 analyzer를 차례로 통과하게 한 후 focusing lens로 집속하여 검출기로 레이저 광의 강도 변화를 측정하였다. 저주파 신호에서 아주 강한 A-O 모듈레이션 스펙트럼을 측정하였고, 시료 크기 및 piezo-electric transduce 종류에 따른 여러 공명 Spectrum을 연구하였다.

Ip-002 광결정에서의 자기조준(self-collimation)된 빛의 효율적 빔 방출 박 종문, 김 재은, 박 해웅(KAIST, 물리학과) 유전체로 이루어진 광결정 내에서 자기조준(self-collimation)된 빛의 전파 현상은 아주 흥미로운 현상들 중의 하나로서, 광결정 내에서 자기조준된 빛을 상용 광섬유, 또는 광결정 도파로에 효율적으로 결합하는 문제는 미래의 광집적회로의 구현에 매우 중요하다. 일단, 광결정 내에서 자기조준된 빛도 외부로 방출될 때는 빛의 확산 현상을 피할 수 없으므로 광결정의 출구면에 광시준기(collimator) 역할을 하는 주기적인 구조를 추가하여 빛의 확산을 최소화하고 지향성을 갖는 빔 효과(beaming effect)를 성취할 수 있다. 본 연구에서는 유전체 원형기둥의 사각적자로 이루어진 광결정 내에서 자기조준된 빛의 효율적인 빔의 방출을 위한 최적화된 광결정 시준기(photonic crystal collimator)의 구조를 찾고자 한다. 광결정 시준기의 기본적인 설계변수인 주기, 유전상수, 유전체 기둥의 반경 등을 변화시켜가며, 광결정의 띠 구조, 자기조준 주파수를 계산하고, FDTD 전산모사로 얻은 빔 폭과 투과율과의 상관관계를 도출하여 효율적인 빔의 방출을 실현하도록 한다.

Ip-003 초 광각·초슬림형 Rear View 카메라 광학모듈 설계 및 평가 안 치호, 정 창섭, 김 재범¹, 이 종진², 김 경호³, 김 혜정³, 박 성종⁴(전남대학교 물리학과, ¹한국 광기술원 반도체조명팀, ²(주) 코렐 광전기술 연구소, ³한국 광기술원 초정밀광학팀, ⁴순천청암대학교 시공학연구소) 초 광각을 위해 유사반구형 오목면을 적용한 차량용 후방 카메라 광학계를 설계하였고 이를 바탕으로 시제품 제작을 하여 성능을 평가하였다. 상용화를 위해 플라스틱 사출이 가능한 재료를 선정하였으며, 광학계 설계는 상용 프로

그램인 Code V를 사용하였다. 화각이 170도인 초 광각을 위해 유사반구형 글라스 렌즈 1매를 전면 배치하였으며, 고 굴절 재료를 사용하여 전장길이가 15mm 이하인 초 슬림형 광학계를 설계하였다. 광각 설계로 인한 주변광량 저하 및 Distortion을 줄이기 위해 최적화 설계를 수행하였고, 시제품 영상 Test를 통해 설계 Data와 비교하였다.

Ip-004 Analysis of Light Transmission through Sub-wavelength Aperture on Al coated Pyramidal Probe V. K. Jha, O. K. Suwal, D. W. Kim, M. J. Park¹, S. S. Choi(Department of Physics and Nanoscience, Sun Moon University, ¹Department of Physics, Korea Military Academy, Nowonku, Seoul, Korea.) The enhancement of light intensity transmitted through nano-apertures has become an important issue since the higher intensity is crucial for the application of near field optics. We have fabricated ellipsoidal grooves around an aperture on the apex of the pyramidal probe coated with Aluminum as shown in fig.1. Output intensities transmitted through apertures in far field before and after corrugation were measured. It was observed that the presence of symmetric grooves around a nano-aperture enhance the transmittance around 600 to 1000 times to that of bare aperture. These symmetrical grooves present around an aperture are responsible for de-coupling of the SPP (Surface Plasmon Polariton) energy into light energy at far field.

Ip-005 Fabrication of high throughput near field focusing optical probe O. K. Suwal, V. K. Jha, M. J. Park¹, S.S. Choi(Department of Physics and Nanoscience, Sun Moon University, ¹Department of Physics, Korea Military Academy, Nowonku, Seoul, Korea.) There have been vigorous investigations on the enhancement of the light intensity transmitted through sub-wavelength aperture because high throughput is essential for its promising applications of near field optics such as high density data storage, near field optical microscopy, and nano photonics. We have fabricated nano / micro mirrors bounded near field focusing probe following the conventional microfabrication techniques (fig 1). We fabricated four different types of probe surrounded by nano / micro mirrors – single plane mirrors, double plane mirrors, octagonal opening pyramidal mirrors and rectangular opening pyramidal mirrors. The characterization and measurement of throughput through the fabricated probe is under investigation.

Ip-006 파장에 따른 모형안의 수차 검토 김 세진, 임 현선¹, 김 봉환², 정 선희, 고 정휘, 윤 성로(국민대학교 물리학과, ¹국동정보대학 안경광학과, ²춘해대학 안경광학과) 한국인의 임상 data를 이용하여 6개의 안구에 대해 서로 다른 12개의 가시광선 (400nm에서 750nm)을 사용하여 파장에 따른 수차변화를 분석하였다. 파장에 따른 눈의 수차의 이론적인 계산은 전통적인 Gullstrand-Le Grand 모형안을 기초로 하여 개별 모형안을 설계한 후 구하였다. 파장에 따라 defocus(Longitudinal Chromatic Aberrations, LCA)는 변화가 있었다. 한편, Zernike Polynomials 몇 개의 항을 이용하여 파면수차를 분석하였다. 이들의 결과를 수치와 그림으로 제시하였다.

Ip-007 Quasi-resonance Mode Distribution in a Chaotic Ultrasonic Cavity KWAK Hojeong, SHIN Younghoon, LEE Sang-Bum, YANG Juhee, MOON Songky, LEE Soo-Young, KIM Sang Wook¹, LEE Jai-Hyung, AN Kyungwon(Seoul National University, School of Physics and Astronomy. ¹Pusan National University, Department of Physics Education and Department of Physics.)

Deformed microcavities are important for photonics applications and quantum chaos researches. Typically, mode characteristics of a microcavity are measured in terms of far-field emission patterns and spectra. Although there are many interesting features expected from theoretical studies in the internal mode distributions of deformed microcavities, it has not been possible to visualize the spatial mode patterns experimentally because of its technical difficulty. To circumvent this problem, we have performed experiments with an ultrasonic cavity whose pressure field satisfies the same form of Helmholtz equation and boundary condition as the EM field in a microcavity. Here we have measured spatial mode patterns in a water-field aluminum cylindrical shell employing the Schlieren method, a widely used tool for visualizing density modulation in a transparent medium. We observed both chaotic and scar modes in a center-displaced annular cylindrical cavity varying the driving frequency of the external-coupled ultrasonic field. Further studies in other cavities of various shapes are under progress.

Ip-008 3 dimension re-write bit optical memory using femtosecond laser and CO₂ laser in gold and silver ions doped glasses LIM Ki-Soo, SHIN Jong-Ho, JANG Kyung-Sik, SOHN Ik-Bu¹(충북대학교 물리학과. ¹고등광기술 연구소) 우리는 Gold와 Silver 이온이 첨가된 sodium borate glasses를 만든 후 펄초 레이저의 다광자 흡수를 이용하여 가공하였다. 그리고 heat treatment를 하여 bit 형광을 쓰고 지우고 다시 쓸 수 있는 3차원 광 메모리에 대해서 알아보았다. 펄초 레이저를 이 glasses에 가공하면 glasses 내부의 Gold와 Silver의 전하 상태가 변하게 된다. 이 상태에서 heat treatment를 한 후 Gold와 Silver의 중성 원자와 이온들이 결합을 하게 되어 405 nm 레이저로 여기시키면 500nm 영역에서 형광의 세기가 증가하거나 감소되는 것을 볼 수 있다. 우리는 bit가 잘 나오는 조건을 찾아 정보를 기록을 확인하고 다시 heat treatment를 하여 정보를 지우고 펄초 레이저로 다시 기록할 수 있는 방법에 대해서 알아보았다. 또한 heat treatment를 일반적인 furnace대신 CO₂ 레이저를 사용하여 우리는 glasses에 가해진 온도에 대한 변화 과정과 특성을 쉽게 알아 볼 수 있었으며 furnace보다 좀 더 빠르고 간편하게 처리 할 수 있었다.

Ip-009 유도무기용 적외선 광학계 설계 한 희중, 정 선희, 김 광호, 김 기현, 김 지현, 서 병혁, 김 태호, 김 세진, 고 정휘, 윤 성로(국민대학교 물리학과) 미사일이 유도 기능을 갖기 위해서는 사람의 감각기관에 상당하는 장치를 가지고 있어야 하며 이는 표적의 탐지 및 추적을 위해 Radar, Laser, Daylight Camera, 적외선 등을 이용한다. 이들 중 표적 자체에서 발생하는 적외선을 감지할 수 있는 열상 추적 장비가 유도 미사일에 사용되는 추세로 발전하고 있으며, 이는 열상 장비의 소형화 및 고성능화의 결과라 할 수 있다. 본 연구에서는 Strapdown 방식으로 사용할 수 있는 열상 카메라를 설계하였다. 표적의 정확한 위치전달을 위해 왜곡수차

를 광학적으로 제거하였고, F-number를 비넵각 열상 검출기에 적용 가능한 최대 수치에 근접토록하여 픽셀간의 Aliasing 효과를 최소화하는 동시에 광량을 최대화하였다.

Ip-010 LED 렌즈를 사용한 LCD TV용 Backlight Unit 설계 김 태호, 김 용석¹, 김 민상², 정 선희, 고 정휘, 김 세진, 한 희중, 서 병혁, 김 광호, 김 기현, 김 지현, 윤 성로(국민대학교 물리학과. ¹LG전자 기술원. ²LG 마이크론.)

피라미드 형태의 공기층과 비구면 LED렌즈를 사용하여 LCD TV용 BLU를 설계하였다. 설계는 피라미드 형태의 변화와 렌즈면의 곡률변화를 통하여 확산이 잘 일어나는 조건을 찾았으며 설계된 LED렌즈를 이용함으로써 기존의 Side Emitting LED 형태보다 낮은 높이를 갖으면서 조도와 휘도의 균일도도 양호하며 LED사용 개수는 줄인 LCD TV용 BLU를 설계하였다.

Ip-011 레이저 다이오드로 증여기한 Nd:YAG레이저의 연속발전과 Q-switch 발진 출력 특성 김 경남, 김 하나, 강 만일, 박 종욱¹, 임 형철¹, 김 덕현², 김 용기, 류 지욱(공주대학교 물리학과. ¹KASI. ²한밭대 교양학부.)

Nd:YAG 레이저는 우주관측, 산업 분야 등 다양한 곳에서 많이 사용되고 있다. 본 연구에서는 Nd:YAG레이저를 직접 제작하여, 연속발전 레이저의 출력특성과 Q-switch를 이용한 펄스로 발진하는 레이저의 출력특성을 분석하는 것이 목적이다. 출력경의 반사율, 공진기 길이, 공진기 길이에서 리에저 결정에 접속되는 펌핑원의 직경을 달리하여 그에 따라 나타나는 출력 특성 변화를 분석하였다.

Ip-012 Optical Characterization of Sm³⁺: GeO₂-PbO glasses with the addition of Ga and B M. Jayasimhadri, CHO Eunjin, JANG Kiwan, LEE Ho Sueb, KIM Ilgon, KIM Sun Il¹(Department of Physics, Chonwon National University. ¹Department of Physics, Pukyong National University.)

Glasses with composition (50-x) GeO₂ - 49 PbO - x M₂O₃ - 1 Sm₂O₃ (where x= 0 and 20 mol%; M = Ga and B) were prepared from commercial raw materials. The optical properties of the synthesized glasses were experimentally and theoretically investigated in detail. Optical absorption and emission spectra of Sm³⁺ ions in lead germanate glasses have been investigated at room temperature. The experimental and calculated oscillator strengths of Sm³⁺ doped lead germanate glasses were determined from the absorption spectrum. The Judd-Ofelt intensity parameters were calculated by using Judd-Ofelt theory, from which the radiative transition probabilities, branching ratios and radiative lifetimes of various excited levels have been estimated. Analysis of decay curves also have been carried by exciting the samples with argon ion laser. The effect of addition of Ga₂O₃ and B₂O₃ on the optical properties of Sm³⁺ doped GeO₂-PbO was compared and analyzed. This work was supported by Korea Research Foundation(KRF-J900902)

Ip-013 2SrO · MgO · xSiO₂ 분말결정에 첨가된 Eu²⁺/Eu³⁺ 이온들의 광학적 특성 조 은진, M. Jayasimhadri, 장 기완, 김 일곤, 이 호섭, 정 중현¹, 이 성수²(창원대학교 물리학과. ¹부경대학교 물리학과. ²신라대학교 물리학과)

2SrO · MgO · xSiO₂:Eu²⁺/Eu³⁺(0.8≤x≤1.2)분말결정을 제조하여 XRD 및 SEM

등을 이용하여 x -값의 변화에 따른 결정성에 대해 조사하고 여기 및 발광스펙트럼 측정을 통하여 첨가된 $\text{Eu}^{2+}/\text{Eu}^{3+}$ 이온들에 대한 광학적 특성을 조사하였다. 또한 공기 중에서의 열처리 후, X-선 조사를 통해 제조된 시료와 처음부터 수소와 질소의 혼합기체를 사용한 환원 분위기에서의 열처리를 통하여 제조된 시료의 광학적 특성을 비교 분석하였다. x -값의 변화가 모체결정 구조 및 첨가된 Eu 이온들의 발광에 미치는 효과를 측정 분석함으로써 근자의 선 여기를 사용한 백색형광체로서의 사용가능성에 대해 조사하였다. 본 연구는 한국학술진흥재단 중점연구지원사업(과제번호: J00902)으로 지원되었으며, 지원에 감사드립니다.

Ip-014 Strong influence of nonlinearity and surface plasmon excitations on the lateral shift PHUNG Duy Khuong, 이 상민, 임 한조¹, 김 기홍(아주대 에너지시스템학부, ¹아주대 전자공학부) When surface plasmons are excited at a metal-dielectric interface, the electromagnetic field takes a very large value near the interface. If the dielectric is a nonlinear Kerr medium, then the effect of nonlinearity can be greatly amplified due to the field enhancement. We calculate the lateral shift of p wave beams incident on metal-dielectric multilayer systems in the Otto configuration in a numerically exact manner, using the invariant imbedding method of wave propagation in nonlinear stratified media. In the linear case, we find that the lateral shift becomes very large at the incident angles where the surface plasmons are excited. As the nonlinearity is turned on, the value of the lateral shift changes rapidly. We find that even a small change of the intensity of the incident wave can cause a huge change of the lateral shift. We propose that this phenomenon can be applied to designing precise optical switches operating at small powers.

Ip-015 Surface polaritons in structures made of chiral negative index media 이 광진, 김 기홍(아주대, 에너지시스템학부) We investigate the excitation of surface polaritons in structures made of chiral negative index media. Using the invariant imbedding method of wave propagation in stratified media, we calculate the reflectance of s and p polarized electromagnetic waves incident obliquely onto simple structures made of slabs of chiral negative index media in the Otto configuration. The two refractive indices of chiral media are given by $n+\gamma$ and $n-\gamma$ where n and γ are the conventional refractive index and the chiral index respectively. When plotted as a function of the incident angle, the reflectance dips represent the surface polariton mode at certain angles. As the chiral index changes, the position of the reflectance dips also changes. We also calculate the surface polariton modes when circularly polarized waves are incident. Finally we calculate the lateral shift of reflected beams.

Ip-016 광섬유 펄스 레이저에 주입 잠금된 두 레이저 광원에 관한 연구 이 성현, 김 용평, 유 한영¹, 서 호성¹(경희대학교 전자정보대학, ¹한국표준과학연구원 양자응용 SI 연구단) 모드 잠금된 광섬유 펄스 레이저는 광 빛의 모드들이 안정화되고 위상이 가간섭(coherent)한 주파수 영역에서 등 간격의 광원들을 얻을 수가 있다. 하지만 각 모드의 저 출력의 문제와 모드간의 간격이 좁기 때문에 직접 사용하는 것에는 문제가 있다 본 연구에서

는 이러한 펄스 레이저 빛 모드들의 단점을 해결하기 위해 AWG를 이용하여, 1500 nm에서 발진하는 광섬유 펄스 레이저의 서로 다른 모드에 연속 발진하는 두 반도체 레이저(DBF-LD)를 광 주입 잠금(Injection Locking) 시켰다. 이로서 특정 모드 선택이나 모드 출력을 10^4 배 이상 증폭 할 수 있었다. 간격이 500 MHz인 다른 모드에 두 반도체 레이저를 동시에 주입잠금시켜 안정도를 측정 및 평가함으로써, 주입 잠금된 반도체 레이저는 기준주파수인 수소메이저의 안정도를 갖는, 광통신 대역에서의 표준 레이저로 사용할 수 있음을 확인 하였다.

Ip-017 Effect of Plasma Profile on Ion Acceleration in Interaction of a Short Laser Pulse with a Thin Overdense Target 권 덕희, 이 성만, 이 용주, 차 형기(한국원자력연구원, 양자광학연구부) Energetic ion generation from the interaction of a short laser pulse with a thin overdense plasma accompanied by a preplasma and a rear side plasma gradient is investigated by particle-in-cell simulations. The dynamics of ion acceleration depending on the maximum density of the preplasma in front of the overdense plasmaslab with a smooth density gradient at the rear side are presented and discussed by comparing a sharp rear side boundary case.

Ip-018 최대·최소 편향법을 이용한 액체의 굴절을 측정 김 석원, 이 재란(울산대학교, 물리학과) 프리즘 분광기는 굴절을 측정을 위한 표준 장치로, 분산 측정을 위해 학부 실험 시간에 사용되는 전형적인 실험 기구이지만, 정렬할 때 많은 주의가 요구되고 장치의 견고함에 비해 장치의 크기에 의해 굴절을 측정 값이 ± 0.01 의 오차를 가지게 된다. 이러한 단점을 보완하여 프리즘 분광기 대신 회전 플랫폼과 길이 측정용 테이프로 저렴하게 장치를 구성하고 $4 \times 8 \text{ m}^2$ 의 측정 공간을 활용하여 ± 0.002 의 오차로 굴절을 측정하였다. 본 실험에서는 이황화탄소(CS_2), 사염화탄소(CCl_4), 글리세린($\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_2$), 아닐린($\text{C}_6\text{H}_4\text{NH}_2$), 크실렌($\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)_2$) 등의 액체로 채워진, 변의 길이가 6 cm 이고 높이가 7 cm인 hollow prism으로 파장이 632.8 nm인 He-Ne 레이저와 파장이 532 nm인 Nd:YVO₄ 레이저의 최대·최소 편향거리를 측정하고, 적색과 녹색에 대한 2항 Cauchy 방정식을 사용하여 액체의 굴절을 구하고 다른 측정 결과들과 비교하였다.

Ip-019 Spatial Continuous Tuning of Laser Emission in a Dye-doped Cholesteric Liquid Crystal Wedge Cell 정 미윤, 최 현희¹, 우 정원¹(이화여자대학교, 나노바이오기술연구소&물리학과, ¹이화여자대학교, 나노과학부&물리학과) In order to realize spatial tuning of lasing wavelength, we made a dye-doped cholesteric liquid crystal (CLC) wedge cell. The left handed helical CLC sample is composed of nematic ZLI2293 with the chiral dopant S811(Merk), and the lasing dye DCM was mixed 0.5wt %. As a alignment layer polyimide (SE-5291) is employed. The wedge cell was prepared by employing two spaces with different thicknesses, and we could easily achieve a spatial gradient corresponding to the thickness change of $\sim 0.1 \mu\text{m}$ over the distance of 1 cm. The wedge cell possesses a series of dislocation lines along the wedge direction. In the lasing operation, the spectra of both lasing wavelength and stopband are monitored simultaneously and we find that the lasing wavelength is continuously tuned in the region between two dis-

location lines, while the lasing wavelength jumps when crossing the dislocation lines. The observed one-dimensional spatial continuous tuning is attributed to the presence of a gradient in the cholesteric helical pitch, while the laser wavelength jumping originates from the pitch jump owing to a change in the number of half-turns of the cholesteric helix. And the polarization of the fluorescence and laser light wave examined by a combination of polarizers and wave plates. While the fluorescent light placed outside the stopband is unpolarized, the laser light is left-circularly polarized. In the CLC lasing, the fluorescence from the laser dye is suppressed inside the stopband, while the enhanced density of modes in the band edge of the stopband allows for multiple reflection in the cholesteric helix resulting in a laser operation. We find that the lasing operation occurs at the longer wavelength band edge of the stopband. Since the linearly shaped rodlike DCM molecules prefer to get aligned parallel to the nematic director, the CLC laser cavity in the longer wavelength band edge of the stopband is much more efficient in amplifying the stimulated emission of fluorescence.

Ip-020 빛의 기하학적 위상에 관한 연구 우 제흔, 최 현희, 우 정원(이화여자대학교 물리학과 & 나노과학부) 고립된 계의 에너지는 일반적으로 시간에 의존하지 않는 Hamiltonian에 의해 표현된다. 에너지가 E인 고유상태의 시간에 따른 변화는 $\exp(iEt)$ 라는 위상의 변화로 주어지고, 이와 같은 위상을 동역학적 위상(Dynamic phase)이라고 부른다. 한편, 주기를 가지고 천천히 변화하는 환경 속에 있는 계의 상태함수는 동역학적 위상과 함께 또 다른 성질의 위상을 얻게 된다. Berry는 이러한 위상의 물리적, 수학적 이해를 확립하기 위해 기하학적 위상(Geometric phase)이란 개념을 도입하였다. 기하학적 위상이 나타나는 한 예로 빛의 편광상태가 변화할 때 생기는 위상변화를 들 수 있는데 이 위상은 빛의 진행경로로부터 발생하는 동역학적 위상과는 별개로 편광상태의 변화에 따라 얻게 되는 추가적인 위상이다. 이 경우 빛이 얻는 추가적인 위상은 Pancharatnam's Phase라고 부르며 이것은 Berry's topological phase (또는 Geometric phase)의 일종이다. 또한 빛의 편광상태는 3개의 Stoke's parameter에 의해 표현될 수 있다. Stoke's parameter는 빛의 편광상태를 나타내는 공간의 좌표가 될 수 있고, 이와 같이 표현된 공간을 Poincare sphere라고 부른다. Pancharatnam의 이론에 의하면 빛이 얻는 기하학적인 위상은 Poincare sphere에서 빛의 편광상태의 이동 경로가 처음으로 되돌아왔을 경우, 즉 주기적인 변화를 일으켰을 경우 발생하며 이 때 빛이 얻는 기하학적인 위상의 양은 이 경로가 이루는 입체각의 절반과 같다. 빛의 편광상태에 따른 기하학적 위상은 간섭계를 구성함으로써 측정할 수 있다. 본 연구에서는 이와 같은 빛의 기하학적 위상에 대하여 이해하였으며 실험장치를 구성하여 이를 실험적으로 측정하였다.

Ip-021 마스크리스 노광기술 광학계의 마스크 정렬오차에 따른 패턴의 변화 정 광진, 최 명조, 황보 창권¹(인하대학교 물리학과 박막광학연구실, ¹인하대학교 물리학과) 노광기술은 반도체 프로세서의 핵심 기술로서 반도체 디바이스의 미세화와 집적화를 주도하는 역할을 담당하고 있다. 마스크리스 노광기술은 마스크 없이 UV 파장대의 레이저를 직접 주사하여 사용자가 원하는 패턴의 형상을 노광장치가 이동하여 노광시키는 차세대

노광기술 (Next Generation Lithography: NGL) 이다. 본 연구에서는 레이저광원에서 나오는 가우시안 분포의 빔을 Fly-eye 렌즈를 이용하여 균일한 분포로 만든 후 DMD (Digital Micro-mirror Device)에서 선택적으로 반사하여 감광물질위에 수직으로 노광시키는 광학계에 있어서, 정사각형의 DMD에서 반사되는 형상을 바꿔주기 위해 광학계 내부에 존재하는 마스크의 정렬오차에 따른 패턴의 변화를 보고자 한다. 마스크리스 노광기술은 노광장치가 이동하기 때문에 마스크의 정렬이 변할 가능성이 커 패턴이 변하지 않는 최소 오차를 알 필요가 있다. DMD의 하나의 크기는 13.68 μm x 13.68 μm , 마스크 패턴은 10 μm 의 지름을 가지는 원, 마스크의 두께는 1mm인 경우에 대해서 Light - Tools 프로그램으로 설계하여 패턴의 변화를 살펴보았다.

Ip-022 Tera-Hertz study of electromagnon in TbMnO_3 JUNG Seonhoon, MAENG Inhee¹, OH Seungjae¹, SON Joo-hiuk¹, CHEONG S.W.², CHOI E. J. (Infrared spectroscopy Lab., Dept. of Physics, Univ. of Seoul. ¹Tera Hertz science Lab., Dept. of Physics, Univ. of Seoul. ²Rutgers Center for Emergent Materials and Department of Physics & Astronomy, Rutgers University.) Pimenov et al observed a new E-active optical resonance in the spiral-spin driven ferroelectric phase of RMnO_3 . Currently there is a controversy on whether the resonance is related with the Mn-spin collective excitation (magnon), and if so whether it has the character of 1-magnon or 2-magnon continuum. In this work, we measured detailed temperature dependence of the electro-magnon absorption of TbMnO_3 using Tera-Hertz transmission spectroscopy. The peak appears at 0.65 THz at $T_C=28\text{K}$ and the position increases with decreasing temperature. From a curve fit using Lorentz oscillator model, we obtain the peak width $\Gamma(T)$ and strength $S(T)$ as well as the position $\omega_0(T)$. By comparison with the magnons in conventional AF like NiF_2 , we find that the electromagnon bears intermediate behavior of 1-magnon and 2-magnon. Also we find that $S(T)$ is scaled with electric polarization $P(T)$ as $S(T) \sim P(T)^3$.

Ip-023 The Infrared spectroscopy of ZnO FET interface charge KIM jooyoun, JUNG seongjung, RHO jae-hoon, CHOI eun-jip, KIM kimun¹, KIM kitea¹, IM seongil¹ (Department of Physics, University of Seoul. ¹Institute of Physics and Applied Physics, Yonsei University.) We used infrared (IR) Spectroscopy to probe voltage-induced interface charge in nanometer-thick accumulation layers in a bottom contact ZnO based field-effect transistor (FET). In these bottom-contact device, source and drain Al electrodes were deposited on top layer of $\text{ZnO} / \text{SiO}_2 / \text{p-Si}$ and ground contact at the bottom layer by In. IDT mask with 200 μm spacing was used. Infrared transmission in far-IR region 100 $\text{cm}^{-1} \sim 700 \text{cm}^{-1}$ was measured for the $V_{DS} = 40\text{V}$ and with varying $V_{GD} = 30\text{V} \sim 80\text{V}$. We observed Drude absorption and optical-phonon peak which show striking change with V_{GS} . Thorough multilayer Fresnel equation analysis, we found that optical phonon tells us a lot about the interface change.

Ip-024 산화 또는 환원된 SrTiO_3 단결정의 광학적 성질 강 봉훈, 장 재혁¹, 주 기태² (극동대학교 안경광학과, ¹한양대학교

신소재공학과,²한국과학기술연구원, 재료기술연구본부) 순수한 SrTiO₃ 및 Nb가 첨가된 SrTiO₃ 단결정을 700 ~ 1200 °C에서 산화 또는 환원하였다. 순수한 단결정의 경우, 흡수 스펙트럼의 측정에서 small polaron에 대한 현상을 확인할 수 있었으나, Nb가 첨가된 SrTiO₃단결정에서는 비대칭적 흡수 스펙트럼을 보였다. 또한 특정 wavenumber에서 strong phonon peak를 확인할 수 있었으며 이와 같은 현상을 이론식과 비교하여 polaron 모델을 설명하였다.

Ip-025 Reversible Tuning of Lasing in Dye-Doped Azo-Cholesteric Liquid Crystals 강 보영, 정 미윤, 최 현희, 우 정 원(이화여자대학교 나노과학부) The dye-doped cholesteric liquid crystal (CLC) laser has attracted tremendous interest for the last decade because of its low-threshold lasing and micro size. In this work, reversible tuning of lasing realized with a dye-doped azo-CLC (DDAC) mixture by *trans-cis-trans* isomerization of azo-nematic liquid crystal (NLC). The azo-CLC was achieved as followed; each of azo-NLCs (1005 and 1205, BEAM Co.) are dissolved in CLC prepared by mixing a chiral dopant (S811, Merck) with a nematic liquid crystal (ZLI 2293, Merck). Then a laser dye (DCM, Exciton) was dissolved in the azo-CLC. The long wave length edge of selective reflection band (SRB) where laser action is occurring is within the DCM emission band, the overlap is obtained by choosing a suitable concentration of chiral dopant and azo-NLC. The DDAC was filled a 12μm-thick cell with rubbed polyimide coated substrate to make planar alignment. The Nd:YAG (λ= 532 nm) laser pumped and UV curing lamp irradiated on DDAC cell, simultaneously. In order to investigate the *in-situ* dynamics of the DDAC cell, the fiber coupled spectrometer was mounted. To obtain reversible tuning, the Ar ion laser (λ= 488 nm) was irradiated the cell after UV irradiation. Both in DDAC cell with 1005 and 1205, the SRB shifted shorter than 40 nm upon UV irradiation and backward tuning was induced upon 488 nm irradiation based on *trans-cis-trans* photo-isomerization.

Ip-026 193 nm 광원을 이용한 32 nm 급 패턴 근접 효과 보정 변 병훈, 강 영민, 이 규민, 유 지혜, 정 혜선, 오 정택, 오 혜 근(한양대학교 응용물리학과) 반도체 패턴이 점점 작아짐에 따라 193 nm 광원을 이용한 32 nm 급 패턴 구현은 고전적인 노광 방법으로는 불가능하다. Lithography 공정에서는 패턴의 밀도와 배치에 따라 선폭이 달라지거나 선의 길이가 달라지는 현상이 발생한다. 이러한 광학 근접 효과는 노광계에서 신호가 부분적으로 왜곡 전달되기 때문에 발생한다. 투영 노광의 경우 작은 패턴으로 갈수록 패턴이 둥글어지거나 선폭이 변화한다. 그렇게 때문에 이를 보정하기 위해 Mask 상에 보조 패턴을 붙여서 패턴의 크기를 조절하여 공정상 원하는 값을 갖게 할 수 있는데 이를 근접 효과 보정이라 한다. 우리는 193 nm 파장을 이용하여 균일한 32 nm 급 패턴을 얻기 위해서 Scattering Bar를 이용한 근접 효과 보정에 대해 조사하였다. 그 결과 근접 효과 보정을 한 경우와 하지 않은 경우를 비교하여 선폭 크기와 공정 여유도의 변화를 살펴봄으로써 미세 패턴에서의 근접 효과 보정이 얼마나 중요한지 확인하였다.

Ip-027 Simulation of 15 fs, terawatt laser pulse amplification by counterpropagating pump pulse in a plasma: presented

along with a new diagnostic scheme for simultaneous measurement of plasma density and temperature using stimulated forward and backward Raman scattering. HUR Min Sup, JANG Hyo Jae¹, SUK Hyyong², KIM Jaehoon, GUPTA Devki N³(KERI, ¹POSTECH / GIST-APRI, ²GIST, ³IIT.) One and two dimensional simulation results are presented for the compression of laser pulse in a plasma. We suggest a proper parameter regime to generate less than 15 fs, tens of or hundreds of terawatt laser pulses, which is not readily available from the conventional CPA technique. Rewidening of the amplified pulse by focusing in two dimensional cases is discussed. As a second topic, we introduce a new diagnostic scheme for simultaneous measurement of the plasma density and temperature, using the different temperature-dependence of Raman forward and backward scattering.

Ip-028 New Fabrication Method for PLC type of Transceiver using Active Alignment 차 상준, 박 광희¹, 최 준석, 이 현수², 우 정주, 문 종하²(전남대학교 물리학과, ¹(주)위라포토닉스 R&D, ²전남대학교 세라믹공학과) Multi-mode interferometer를 이용하여 1310nm/1550nm 파장 분할을 위한 WDM filter를 설계하여서 PLC(planer lightwave circuit) 공정을 이용하여 제작하였고 1310nm 및 1550nm 대역에서 fiber 결합손실을 포함하여 1.5dB 이하이고 crosstalk 은 28dB 이상의 특성을 얻었다. 그리고 LD와 PD를 실장하기 위한 SiOB(Silicon optical bench)를 제작하여 Flip-chip 본딩하고, 이를 도파로형 WDM Filter와 LD, PD가 실장된 SiOB를 여러 개의 칩을 배열시킨 후, 능동정렬 방법을 이용하여 한꺼번에 여러 개의 Bi-Di 모듈로 본딩하고, 이를 dicing 하여 독립적인 트랜시버 모듈을 완성하였다. 실험 결과 2.5Gbps 전송특성이 가능함을 확인하였다.

Ip-029 디스플레이의 반사특성 평가를 위한 gloss 표준 측정법에 관한 연구 한 예지, 정 기룡¹, 황 지수¹(충남대학교 ¹한국표준과학연구원) 본 연구에서는 디스플레이의 화질관련 반사특성 및 컬러 어퍼어런스 특성 평가를 위한 기초연구로서 gloss 표준 측정법 및 표준물질에 관한 연구를 수행하였다. gloss의 단위는 모든 각도로 입사하는 빛에 대하여 파장 589.3nm에서 굴절률 1.567인 유리 시편의 반사율로 정의된다. gloss 표준 측정법은 국제규격 ASTM D 523에 정의되어 있으며, CIE 광원 C와 시감효율 분광감응도를 갖는 검출기로 구성된 장치를 사용하여 20°, 60°, 85°의 입사/수광 조건에서 반사율을 측정한다. 본 연구에서는 gloss 표준 측정법에 의해 표준물질의 gloss 값을 측정하고, Fresnel 방정식을 이용한 수치적 계산을 통하여 굴절률을 결정하였다. 또한 gloss 정의에 기초한 측정법을 연구하기 위하여 단색광을 이용한 gonireflectometer 측정장치를 구성하였다.

Ip-030 비 동시성 광 샘플링 방식을 이용한 테라헤르츠 시간 영역 분광법 이 대수, 김 영찬¹, 이 민우², 안 재욱²(한국표준과학연구원, ¹카이스트, 한국표준과학연구원, ²카이스트) 약간의 반복을 차이를 가지는 두대의 펄스 레이저를 이용하여 빠른 데이터 계속 시간과 정밀한 주파수 분해능의 장점을 가지는 비 동시성 광 샘플링(asynchronous optical sampling) 방식의 테라헤르츠(terahertz)파 시간 영역 분광기를 제작하였다. 또한 기존의 선형 모터 스테이지를 이용하는 일반적인 테라헤르츠 시간영역 분광기와

비교를 시도하였다.

Ip-031 단순화된 산란체 모델과 산란패턴을 활용한 내부 산란체 도광판 성능의 효율적인 전산모사 방법 최영희, 최은서, 신용진(조선대학교 물리학과) 본 논문에서는 내부 산란체들 기반의 도광판 휘도분포를 보다 효과적으로 분석하기 위한 방법을 제시하고자 한다. 시뮬레이션을 수행하는데 있어서 개개의 산란체들을 단순한 연속적인 산란체 모델로 대체하고 단순화된 산란체 모델에서의 산란을 기존에 잘 알려진 산란패턴을 따르는 것으로 가정하였다. 제안한 시뮬레이션 방법은 실험적으로 측정된 결과와 매우 유사한 경향을 보였다. 또한 제안한 방법은 기존의 개개의 산란체들의 빛의 산란을 모두 고려하는 방법에 비해서 효율적인 시뮬레이션을 수행할 수 있어서 매우 빠른 계산 시간 안에 적은 광선의 수만으로도 실제 제작된 도광판의 성능을 효율적으로 예측할 수 있었다. 본 실험에서는 Nd:YAG 레이저 가공 시스템을 활용하여 도광판 내부에 산란체들을 디자인한 패턴에 따라서 형성시킨 뒤 제작된 도광판의 휘도분포를 colorimeter를 이용하여 측정하고 시뮬레이션 결과와 비교 분석하였다. 기존의 패턴요소들을 형성시켜 시뮬레이션을 한 결과 시뮬레이션을 필요한 시간이 1시간 정도이고 필요한 광선수는 8,000,000인데 비해 본 연구에서 새롭게 제시한 시뮬레이션 방법은 2분 정도의 짧은 시간에 500,000의 광선수만으로도 유사한 결과를 얻을 수 있었다. 그러나 제시된 시뮬레이션 방법이 실제 도광판의 평균 휘도값에서 많은 오차가 보이는데 이를 해결하기 위해서는 다양한 산란패턴들을 고려한 시뮬레이션이 수행이 필요할 것으로 예상된다.

Ip-032 주파수이동 광제한 광섬유 레이저의 광 빛을 이용한 레이저 주파수 측정 유한영, 서호성(한국표준과학연구원) 주파수 이동 광제한 광섬유 레이저는 제작이 간단하고 넓은 스펙트럼을 제공하며 다중파장이나 펄스형태의 광원을 발생시킬 수 있다. 주파수 이동 광제한 광섬유 레이저의 이 같은 특성 때문에 광섬유의 색분산 측정이나 길이 측정 및 광 주파수 측정에 널리 사용될 수 있다. 본 논문에서는 아세틸렌 안정화 레이저 (1542 nm)의 광신호를 외부에서 주입하고 주파수 영역에서 발생된 빔(comb)이 능동적으로 제어 가능한 간단한 구조의 광섬유 링 레이저 광 빔 발생기를 제작한다. 제작한 광섬유 레이저 광 빔 발생기의 주기적 펄스열은 AOM을 이용하여 능동적으로 제어할 수 있기 때문에 특정 변조 주파수에 대해 광 주파수 펄스열 생성이 가능한 특징을 갖는다. 광섬유 레이저의 안정도는 주입 레이저의 안정도(1.1×10^{-12} , 1s)와 AOM 제어 주파수의 안정도 (수소 메이저, 2×10^{-13} , 1s)에 의해 결정된다. 이런 펄스의 주기적 간격(광 주파수 빔)을 이용하여 측정하고자 하는 레이저 주파수를 광섬유 레이저의 출력스펙트럼 영역의 안정도내에서 정확히 측정할 수 있다.

Ip-033 Cr⁴⁺:YAG 레이저의 위상 안정화 및 응용 이종민, 김억봉¹, 유한영¹, 전민용, 서호성¹(충남대학교¹ 한국표준과학연구원) 본 연구에서는 적외선 영역에서 동작하는 반복률 100 MHz에 안정화된 모드잠금된 Cr⁴⁺:YAG 레이저를 개발하고 반복률의 안정도를 측정하였다. 반복률의 오프셋은 100 088 768 Hz 이고, 반복주파수 흔들림은 중심 주파수에서 약 ± 0.0009 Hz 이다. 이때의 적분시간 100초 일 때 Allan 분산 값은 3.5×10^{-11} 이었다. 주파수 안정도는 위상잠금 하지 않았을 경우 보다 105 배 이상의 펄스 반복률 안정도가 향상됨을 알 수 있었다. 위상 안정화된 Cr⁴⁺:

YAG 레이저를 높은 비선형 특성을 갖는 광자 결정 광섬유(PCF)를 통과시켜 한 옥타브 이상의 광대역 광원을 얻었으며, 이를 이용하여 광통신 파장 영역에서 50개 이상의 흡수 전이선을 갖는 아세틸렌 (¹²C₂H₂) 및 시안화수소 (H¹³C¹⁴N) 가스 분자들의 흡수 스펙트럼을 측정하였다. 이와 같이 Cr⁴⁺:YAG 레이저의 광대역 광원을 이용하면 광주파수 측정이나 광대역 흡수분광 및 물질분석을 위한 광원으로써 널리 사용될 수 있을 것이다.

Ip-034 UV LED를 이용한 SPOT 광경화기 광학계 설계 및 제작평가 김재범, 김재필, 김영우, 심상현¹, 안치호², 정창섭²(한국광기술원, ¹전북과학대학 안전공학과, ²전남대학교 물리학과) UV LED를 이용한 spot 광경화기 제작을 위해 UV 영역 특성파장에 대한 광power와 경화정도를 실험하였고, 실험한 LED 중 405nm 영역의 UV LED를 자체 제작하고 그 특성을 측정하였으며, 제작된 LED를 광학적으로 모델링하고 이를 이용하여 spot 광을 형성하는 최적의 광학계를 설계 제작하였다. 제작된 광학계 및 405nm UV LED를 이용하여 카메라용 렌즈바렐 고정부위의 UV Bonding에 적용하여 경화도를 측정, 평가하였다.

Ip-035 디지털 홀로그래프의 각 스펙트럼 재생과 영상 주파수 등을 이용한 자동초점 알고리즘 김도형, 김진태(조선대학교 광기술공학과) 투명한 의료 샘플의 미시 계측을 위한 방법으로 결상 렌즈와 역학적 초점 조절이 필요 없는 디지털 홀로그래피 마이크로스코피 분야가 각광을 받고 있다. 본 연구에서는 마하젠더 형태의 간섭계의 한팔에 USAF 1951 물체를 설치하고 대물렌즈로 확대된 디지털 홀로그래프를 형성한다. 프레넬 근사를 적용하지 않는 각 스펙트럼 방식을 적용하여 매우 짧은 재생거리에서도 재생 영상의 대비가 좋은 영상을 얻을 수 있다. 이러한 방식으로 재생된 홀로그래프와 프레넬 방식 등으로 재생된 홀로그래프 방식의 장단점을 보고한다. 또한, 재생 시 물체 위치 및 크기를 정확하게 측정하기 위하여 재생거리를 정확히 측정할 필요가 있어 영상 주파수, 대비 등을 이용한 자동초점 방식을 적용하여 물체 영상을 구현하였다.

Ip-036 청색 LED를 사용하는 BLU의 광여기필름과 프리즘 시트의 결합형태(PLF-Prism sheet) 연구 김두희, 임영락, 황보창권¹, 안영주²(인하대학교 물리학과 박막광학연구소, ¹인하대학교 물리학과, ²주KDT) 최근 LED의 사용 비중이 높아짐에 따라 Photoluminescent Film(PLF)를 이용한 실내 조명계가 각광을 받고 있다. PLF는 연색성이 우수하고, 단색 LED로부터 원하는 색의 빛으로도 변환이 가능하기 때문에 PLF의 사용 범위가 넓어지고 있다. 본 연구에서는 청색 LED를 광원으로 사용하는 Edge-lit 형태의 Back Light Unit(BLU)에 기존의 LGP의 상부에 위치하고 있는 diffuser sheet를 대신해서, PLF가 위치하게 된다. PLF는 LGP를 통해 나온 청색광을 백색광으로 만들어 줄 뿐만 아니라, 광원의 반대방향으로 집중되어 나오는 광 시야각을 수직 상 방향으로 바꿔주는 역할도 한다. PLF의 광학적 특성을 측정하여 이와 같은 특성에 맞는 새로운 형태의 프리즘 시트를 만들며, 이에 따른 PLF와 프리즘 시트의 최적화된 결합 형태를 조명설계 프로그램을 통해 설계하여 광학적 특성이 어떻게 되는지 분석하였다.

Ip-037 나선형 구조의 광학박막을 이용한 원편광 변환 광학소자의 설계 및 제작 박용준, 장대호, SOBAHAN KMA,

황보 창권(인하대학교 물리학과) 경사입사 증착 방법을 이용하여 제작되어지는 광학박막은 박막의 다공성 구조에 의해 광학적 비등방 특성을 나타내게 된다. 경사입사 증착방법중 기판을 회전하며 나선형 구조로 증착하는 경우 원형 편광된 빛을 좌원 편광된 빛과 우원 편광된 빛으로 분리시킬 수 있는 광학적 특성을 나타낸다. 나선형 구조의 증착방법의 경우 기판의 회전방향에 의해 좌원 편광된 박막과 우원편광된 박막으로 제작할 수 있고 두께를 조절함에 따라 광학두께(nd)에 의하여 원편광을 분리시킬 수 있는 파장을 선택할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 광학적 비등방 특성을 바탕으로 박막의 두께를 조절하여 원편광의 편광방향을 바꾸어 주는 half wave plate를 제작하여 실제 투과율을 측정한 결과 원편광의 편광방향이 바뀌는 것을 확인하였다. 또한 원편광된 빛을 분리시킬 수 있는 브래그 반사필름을 제작한 결과 임의의 파장에 대해 좌원편광된 빛과 우원편광된 빛이 분리되는 것을 확인하였다. 이러한 브래그 반사필름과 half wave plate를 연속적으로 증착하여 수직으로 입사하는 특정 원편광의 편광 방향을 바꾸어 주는 원편광 변환 광학 소자를 설계 및 제작하였다.

Ip-038 반도체 레이저로 여기시킨 ceramic Nd:YAG 레이저의 AO Q-switch 출력 특성 김 태국, 진 대현, 전 우진, 김 영식(단국대학교 의학레이저 의료기기 연구센터) 본 연구에서는 ceramic Nd:YAG를 레이저 매질로 사용하여 길이 120 mm의 공진기를 구성하고, 음향-광 변조기를 큐-스위치 소자로 사용하여 출력 특성을 측정하였다. 레이저의 여기광으로는 광파이버로 커플링된 반도체 레이저를 사용하였다. 레이저의 출력은 여기광의 세기, 출력경의 반사율(85%, 90%, 95%)은 물론 큐-스위치 소자의 변조 주파수에 따라 크게 변화하는데, 각각의 경우 변환효율과 기율기 효율 및 펄스폭을 비교하여 출력의 특성을 분석하였다.

Ip-039 혼합티타니아 광학박막의 광학적, 구조적 및 광활성 특성 성 승기, 이 우경, 최 현욱, 이 동열, 한 성홍, 김 의정¹, 배 성효², 주 종현²(울산대학교 물리학과, ¹울산대학교 생명화학공학부, ²IHL(주)) 티타니아 박막은 높은 굴절률과 우수한 화학적 안정성 때문에 광학코팅에 자주 사용되고 있다. 그리고 기판온도, 산소분압, 전처리 등의 증착조건에 따라 박막의 특성이 달라진다고 알려져 있다. 특히 티타니아 박막은 오염된 공기와 물을 정화시킬 수 있는 광분해능을 가지고 있어 환경 분야에서 각광을 받고 있다. 티타니아 박막을 제작하기 위한 물리적인 방법으로는 이온증착법, 스퍼터링법, 전자빔증착법 등이 이용되고 있으며, 졸-겔법, CVD 등과 같은 화학적인 방법도 이용되고 있다. 본 연구에서는 RF Magnetron Co-sputtering법을 이용하여 티타니아에 다양한 noble metal(Au, Ag)을 첨가한 혼합박막을 제작하여 박막의 광학적, 구조적 및 광활성 특성을 분석하였다. 박막 제작에 사용한 타겟은 티타니아 powder를 고압으로 압축한 후 1200 °C에서 소결하여 제작하였다. 기판은 quartz glass를 사용하였으며, 초기 진공도는 3.6×10⁻⁶ Torr 이하로 하였고, 증착 진공도는 1×10⁻² Torr의 압력에서 실시하였다. 증착 시 티타니아 타겟의 RF power는 200 W를 인가하고 Ag, Au 타겟은 0W, 5W, 10W, 15W를 인가하였다. 제작한 박막은 600 °C에서 1시간 동안 열처리하여 UV-VIS 분광광도계, XRD, SEM, XPS를 이용하여 광학적, 구조적 특성을 분석하였다. UV-Visible spectrophotometer, XRD, SEM을 사용하여 박막의 광학적, 구조적 특성을 분석하였고, 박막의 광활성 특성을 측정하기 위해서 1×10⁻⁵ mol/L 농도의 메틸렌 블루용액에 박막을 담근 후,

BLB(20W)램프를 사용하여 30분마다 용액의 흡수율을 측정하였다.

Ip-040 Excitation of surface-plasmons wave at the planar interface of metal-chiral medium SOBAHAN K M Abdus, 박 용준, 황보 창권¹(인하대학교 물리학과 박막광학연구실, ¹인하대학교 물리학과) A surface plasmon wave which is a quantum of collective electron oscillations resonantly excited by the light at metal-dielectric interface, has been extensively studied for many years. The fields are strong at the interface and die off exponentially as evanescent fields on either side. Recently, interest of surface plasmon wave has grown substantially due to their possible use in novel device applications. The aim of this communication is to introduce the theoretical concept of surface-plasmon wave at the planar metal-chiral medium interface. The numerical results for the solution of a boundary-value problem formulated using a modified Kretschmann configuration shows that a surface plasmon wave can be excited at the planar interface of a thin metal film and a non-dissipative structurally chiral medium if the exciting plane wave is p-polarized. A tentative evaluation for the wavenumber of the surface-plasmon wave also emerges thereby.

Ip-041 Haze defects by pellicle adhesive 강 영민, 유 지혜, 정 혜선, 박 승욱, 오 혜근(한양대학교 응용물리학과) The minimum feature size of the semiconductor device will be smaller and smaller because of the increasing demand for the high integration of the device. According to the recently proposed ITRS roadmap, ArF immersion lithography will be used for 65 to 45 nm technology nodes. In the 193 nm exposure process, the outgassing from the adhesive of pellicle is becoming the serious problem in semiconductor industry due to haze formation. Various materials contribute to photomask haze including: chemical residuals from mask cleaning, outgassing from pellicle glue / materials, and the contaminants from the scanner ambient. Pellicle lifetime is important to exposure process and is directly related the throughput of mass production and is affected by exposure dose and environment surrounding the mask. The lifetime of the pellicle dependency on dose and position of exposure is studied. The distance between the adhesive of the pellicle and the exposed area is also varied to see the direct relationship between the adhesive and the haze. 193 nm (ArF) excimer laser is used to expose the mask with and without pellicle. Mask surrounding environment with and without the nitrogen purge is also varied. And we compared the haze formation as a function of accumulated dose. As expected, the crystal growth or haze formation increases with the accumulated dose. The adhesives and pellicle material contribute to the haze formation. And nitrogen purge can reduce the haze formation.

Ip-042 Influence of 32 nm Node Defect in Extreme Ultra-Violet Lithography 정 혜선, 김 은진, 강 영민, 김 보배, 유 지혜, 변 병훈, 이 규민, 박 승욱, 오 혜근(한양대학교 응용물리학과) 극자외선리소그래피 (EUVL: Extreme Ultra-Violet Lithography)는 극자외선 (13.5 nm)을 5°~6°로 사입사시켜 패턴

을 형성하는 방법이다. EUV mask에서 빛의 사입사로 발생하는 그림자 효과 (shadow effect) 는 패턴을 형성하는데 중요한 요소이다. 이런 그림자 효과로 인해서 결함 (defect) 의 모양과 위치에 따라서 mask의 aerial image가 달라질 수 있다. 이를 알아보기 위해서 상용 리소그래피 툴인 Solid-EUV 를 이용하여 32 nm 급 패턴에서 30 nm 의 크기를 갖는 결함의 영향에 대하여 연구하였다 그리고 결함의 모양을 단순화시킨(네모 형태) 경우와 실제 결함에 가까운 반구의 형상, 두 가지로 설정하여 패턴에서의 결함 위치 변화에 따른 차이를 알아보았다. 즉 결함의 위치를 line 사이, line 위, 그리고 line의 가장자리에 위치한 결함으로 구조화하였다. 이를 통하여 EUV 노광에서 결함 제어의 중요성을 확인해 볼 수 있었다

Ip-043 32 nm 급에서 레이저 밴드 폭에 따른 Iso-Dense Bias 의 영향 이 규민, 강 영민, 변 병훈, 유 지혜, 오 정택, 정 혜선 (한양대학교 응용물리학과) 반도체 시장에서 패턴의 선폭이 줄어들면서 레이저 스펙트럼의 밴드 폭이 선폭 크기에 점점 더 큰 영향을 미치고 있다. 그러나, 선폭 크기에 영향을 미치는 스펙트럼에 관한 정보에 관해서는 충분히 알려진 것이 많지 않다 이 논문에서는 레이저 밴드 폭에 따른 Iso-Dense Bias (IDB)의 영향에 관해 논의한다. 45 nm 급에서 레이저 밴드 폭의 안정성이 0.07 pm 이하를 만족해야 됨을 보이고, 추가적으로 32 nm 급에서의 레이저 밴드 폭과 IDB 와의 상관 관계를 리소그래피 프로그램을 통하여 선폭 조절이 가능한 레이저 밴드 폭을 찾고자 하였다.

Ip-044 Immersion lithography 에서의 빛의 세기와 defect 에 관한 연구 김 보배, 김 은진, 강 영민, 박 준민, 조 인욱, 김 현수, 정 민희, 이 규민, 변 병훈, 오 정택, 유 지혜, 정 혜선, 오 혜근 (한양대학교 응용물리학과) 기존의 lithography는 파장이 193 nm 인 ArF laser 를 사용하여 패턴을 형성하였다. Immersion lithography 기술은 기존에 사용하던 렌즈와 웨이퍼 사이에 굴절률이 1 보다 큰 물질을 사용하여 해상력을 향상시키는 기술이다 이 기술은 기존의 lithography 에서 사용하던 소스와 물질을 그대로 사용하기 때문에 시간과 비용적인 측면을 절감할 수 있다는 장점이 있다. 그러므로 이 기술에 대하여 더 자세히 연구할 필요성이 있다. 따라서 immersion lithography에서의 incoherent 한 경우와 partially coherent 한 경우 그리고 coherent 한 경우의 빛의 세기를 수식적으로 알아보고 이에 대하여 비교 분석해 보았다 또한 immersion lithography 에서의 defect 과 bubble defect 에 대하여 수식적으로 알아보고, simulation 을 이용하여 전산모사하여 defect 에 대한 효과가 패턴 형성에 얼마만큼 큰 영향을 미치는 지에 대하여 알아보았다.

Ip-045 Shadow Effect for 22 nm Node Elongated Contact Hole in Extreme Ultra-Violet Lithography 김 은진, 정 혜선, 강 영민, 박 준민, 김 현수, 김 보배, 박 승욱, 이 정열¹, 김 정우¹, 김 화영¹, 김 덕배¹, 김 재현¹, 오 혜근(한양대학교 응용물리학과, ¹동진세미켈 전자재료사업부) 여러 가지 차세대 리소그래피 기술 중 EUVL (Extreme Ultra-Violet Lithography, 13.5 nm 파장)은 22 nm 이하의 선폭을 갖는 반도체 소자를 만들 수 있는 기술이다 따라서 이러한 기술을 적용시키기 많은 연구가 진행되고 있는 상황인데, 일반적으로, Contact Hole 을 제작하는 것은 Line and Space 를 제작하는 것보다 더 많은 어려움을 안고 있다. 특히 EUVL 시스템에서는 광원이 5°~6° 사입사 함에 따라 그림자 효과(Shadow Effect)

가 발생하는데 이는 Contact Hole 제작이 더욱 어려워지는 원인이 된다. EUVL 에서 22 nm Node Elongated Contact Hole 을 형성하는데 있어 가장 큰 문제점인 그림자 효과를 알아보는 연구를 진행하였다. 22 nm 급 소자에서 사용되어 질 25 nm Contact Hole 에 대한 Aerial Image 와 Resist Profile 을 이용하여 알아보았다. 이 결과를 이용하여 22 nm Node Contact Hole 제작의 최적 공정 변수를 제시하고자 한다.

Ip-046 리소그래피에서의 2 차원 감광제 재흐름 공정 전산모사 PARK Joon-Min, YOU Jihye, HONG Joo-Yoo, OH Hye-Keun(Department of Applied Physics, Hanyang University.) 32 nm 이하 급 패턴링 기술에서 현재 극자외선 노광기술과(extreme ultra-violet, EUV) 와 이중 패턴링 (double patterning) 이 대두되고 있다. 이에 추가하여 열흐름을 이용한 감광제 재흐름 공정 (resist reflow process, RRP) 을 통해 32 nm 패턴 형성의 가능성을 보이고자 한다. RRP는 현상을 마친 감광제에 상전이 온도 이상의 열을 가해, 유체의 유동을 이용하여 패턴의 축소를 얻는 공정이다. 지금까지는 패턴 의존성 때문에 단순한 contact hole (CH)에서만 이용해 왔으나 전산모사를 통해 복잡한 패턴에서나 line and space와 같은 패턴에의 RRP의 경향성을 예측할 수 있게 함으로써 그 이용 범위를 넓히고자 한다. 기존의 연구에서의 감광제 (photoresist, PR) 의 열흐름은 Navier-Stokes 방정식을 통한 1 차원 계산이었다. 그러나 고립된 패턴의 RRP 경향을 예측하기 위해서는 2 차원 계산이 필수적이다. 이에 기존의 governing equation을 기반으로 하여 2 차원 유체 방정식을 계산함으로써 패턴의 RRP 경향을 볼 수 있도록 하였다. 또한 surface tension 항을 보다 정확히 계산하였다. RRP 는 남아 있는 패턴이 녹아 흐르기 때문에 PR 폭은 증가하고 PR 사이 폭은 줄어드는 가장 기본적인 방법이다. 때문에 CH 이 줄어들음으로써 분해능이 증가되는 방향으로 이용되어져 왔다. 그러나 aerial image 가 1:1 pitch 보다 1:3 pitch 에서 월등히 contrast가 높은 점에 착안하여 1:3 pitch 패턴 형성 후 RRP 를 통해 1:1 pitch 를 얻을 수 있는 방법을 이용한다.

Ip-047 Random Array Contact Hole Position Shift during Resist Reflow Process 유 지혜, 박 준민, 이 규민, 변 병훈, 정 혜선, 오 혜근(한양대학교 응용물리학과) 50 nm 이하 급 Contact Hole (CH)을 만드는 것은 반도체 공정의 가장 어려운 것 중 하나이다. 그렇기 때문에 CH의 해상력을 향상시키는 방법 중 하나인 Resist Reflow Process (RRP) 가 이용되고 있다. RRP는 현상 공정 이후에 상전이 온도 이상의 온도를 가열하여 Resist가 유동성을 가지게 되어 흐름으로써, 결과적으로 선폭 (Critical Dimension, CD)이 감소되는 효과를 이용한 해상력 증가 기술 (Resolution Enhancement Technique, RET) 이다. 이 기술은 다른 공정과 비교해 볼 때 공정 여유도의 감소없이 높은 해상력을 얻을 수 있다. 그러나 Random Array CH에서는 선폭 줄어들이 패턴에 따라 달라지기 때문에 이용하기가 힘들었다. 이러한 현상을 광 근접 효과 보정 (Optical Proximity Correction, OPC) 으로 부피 효과를 줄여 CD 차이를 보정하는데 성공하였지만, 각 CH의 중앙 위치가 바뀌어 정렬도가 문제되었다. 이에 각 CH의 CD 뿐만 아니라, CH 위치 변화를 보정하고자 하였다.

Ip-048 Scanning Nano-probe Microscope based on Optical Tweezers for Biological Applications HA Chungil, PAK

Hyuk Kyu(Department of physics, Pusan National University, Busan, 609-735, Korea.) We report our current progress in building a new type of scanning nano-probe microscope for biological applications, which gets rid of the mechanical damage to soft sample surface of biological objects by a probe tip of the conventional scanning probe microscopes. The microscope is based on optical tweezers for trapping and manipulating the probe, which is a dielectric sphere with a diameter of $1\mu\text{m}$. Video-based position detection of the particle movement programmed using LabView is utilized as a sensitive position sensor along the optical axis as well as on the sample plane. Hence a three-dimensional image can be formed by laterally and axially scanning the trapped dielectric particle across biological samples.

Ip-049 **22 nm 패턴 형성을 위한 EUV 입사각에 대한 연구** 김 현수, 김 은진¹, 정 민희¹, 김 보배¹, 유 지혜¹, 오 혜근¹(¹한양대학교 바이오나노공학과, ²한양대학교 응용물리학과) 여러 가지 차세대 리소그래피 기술 중 EUVL (Extreme Ultra-Violet Lithography, 13.5 nm 파장)은 22 nm 이하의 선폭을 갖는 반도체 소자를 만들 수 있는 기술이다. EUVL 시스템에서는 광원이 5°~6° 사입사 함에 따라 그림자 효과(Shadow Effect)가 발생하게 된다. 또한 현재 개발되는 노광기에서는 이러한 입사각이 증가하는 추세를 보이고 있다. 입사각의 증가는 shadow effect의 증가를 가져올 뿐만 아니라 이를 통해 패턴 제작이 어려워 지게 되는 원인이 되기도 한다. 이 연구에서는 EUV 광원의 입사각이 패턴 형성에 미치는 영향에 대해 알아보았다. 기존에 알고 있는 입사각인 5°~6°가 아닌 이보다 더 크거나 작았을 경우 shadow effect의 효과에 대해 알아보고, 32 nm와 22 nm 패턴 형성에 있어서 최적의 광원의 입사각이 얼마인지에 대해 알아보았다. 이 결과를 통하여 앞으로 개발되어질 EUV 노광기 설계에 있어 광원의 최적의 입사각을 제안해 볼 수 있을 것으로 본다.

Ip-050 **고에너지 레이저에서 레이저 발진기 신호의 펄스 정형화** 서 영석, 홍 성기, 고 광훈, 김 민석, 구 재진, 김 영원, 임 창환(한국원자력연구원) 한국원자력연구원에서 구축중인 차세대 양자공학 기반연구를 위한 1 kJ급 고에너지 레이저 시설에서는 나노 또는 피코초 증폭이 가능한 하이브리드형 front-end 레이저 시스템을 구축하고 있다. 고에너지 레이저의 증폭단에 초기 펄스가 입사하면 시간에 따라 이득이 변화하기 때문에 레이저 펄스의 파형이 변형되어 레이저 매질인 Nd:Glass의 손상을 유발하게 된다. 그러므로 증폭단의 레이저 매질에 대한 손상한계를 높이고 이득이 최대가 되도록 하기 위해서 레이저 발진기 신호의 초기 펄스 파형을 제어하는 것이 필요하다. 본 연구에서는 시간적으로 출력력이 안정되고 공간적인 세기분포 또한 매끄러운 광섬유 레이저 발진기와 펄스의 임의 조작이 가능한 임의파형 발생장치 그리고 비선형 결정을 이용한 고속 광 스위치를 결합하여 레이저의 초기 펄스 파형을 정형할 수 있도록 시스템을 구성하였다.

Ip-051 **나노입자 감광제가 혼합된 광굴절 폴리머의 전기장 의존 발광특성** 변 지수, 고 도경, 이 종민, ASLAM, F.¹, GRAHAM, D. M.¹, BINKS, D. J.¹, DAWSON, P.¹, PICKETT, N.², O'BRIEN, P.²(¹광주과학기술원 고등광기술연구소 ²School of Physics and Astronomy, University of Manchester, U.K. ³School of

Chemistry, University of Manchester, U.K.) 나노입자 감광제가 첨가된 광굴절 고분자 혼합물의 외부전기장에 의한 발광특성의 변화를 관측하였다. 시료는 고분자와 dye의 혼합물에 CdSe 또는 CdSe/ZnS core/shell 나노입자를 첨가하여 구성되었다. CdSe 시료에 외부의 전기장이 인가되었을 때 발광 세기는 저에너지 대에서 다소 감소하고 고에너지 대에서 다소 증가하는 변화를 보였고 CdSe/ZnS 시료에 같은 전기장이 인가되었을 때는 모든 발광 파장대에서 전체적으로 발광이 감소되는 현상이 관측되었다. 이러한 현상은 광여기에 의한 정공들이 음전하를 띤 나노입자들과 재결합하는 여러 과정에 의해 설명될 수 있으며, 또한 ZnS Shell에 의해 전체적인 재결합율이 감소함을 나타낸다.

Ip-052 **이중 주파수 변조를 이용한 시간 영역에서의 BOCDA 시뮬레이션** 윤 승철, 박 희갑(전북대학교 물리학과) 펄스 광원을 이용하는 BOTDR(Brillouin Optical Time Domain Reflectometry) 방식과 BOTDA(Brillouin Optical Time Domain Analysis) 방식은 광원의 특성에 의해 공간 분해능의 한계를 가지고 있으며, 이를 해결하기 위해 펄프와 프로브 간의 공간적인 상관 함수를 이용한 BOCDA(Brillouin Optical Correlation Domain Analysis) 방식이 제안되었다. 펄프와 프로브의 광주파수를 같은 주파수로 변조할 경우 광섬유의 특정 지점에 지속적으로 브릴루앙 이득 피크를 만들 수 있다. 변조 주파수를 연속적으로 조절하면서 브릴루앙 이득 스펙트럼을 측정하면 시험 광섬유 전체에 걸쳐 온도나 스트레인과 같은 물리량의 변화를 측정할 수 있다. 그러나 펄프와 프로브의 광주파수를 서로 약간 다른 주파수로 변조할 경우 브릴루앙 이득 피크는 펄프와 프로브의 변조 주파수에 대응되는 일정한 속도로 한쪽 방향으로 흘러가게 된다. 이를 이용하면 변조 주파수의 조절이 필요없이 시간 영역에서 실시간적으로 증폭된 프로브의 이득 변화를 측정하는 것이 가능하다. 본 논문에서는 이중 주파수 변조된 광원을 이용한 BOCDA 방식의 분포형 광섬유 센서를 실험적으로 구현하기에 앞서 시뮬레이션을 통해 그 특성을 파악하였다. 시험 광섬유를 이중 광섬유로 구성한 경우와 시험 광섬유에 온도 변화가 존재하는 경우에 대해 시뮬레이션을 진행하였으며, 증폭된 프로브의 이득 변화의 분포가 시험 광섬유의 브릴루앙 천이 주파수의 분포와 일치함을 확인하였다.

Ip-053 **유전영동을 이용한 Au 나노입자의 정렬과 나노 브리지의 형성** 이 종민, SANJEEV kumar¹, 서 영교², 천 동욱¹, 김 길호²(¹성균관대학교 정보통신공학부, ²성균관대학교 반도체나노소재연구소, ³성균관대학교 성균나노과학기술원) 나노미터 스케일을 가진 소자는 전자, 기계, 화학, 바이오 분야 등 많은 분야에서 응용 될 가능성이 있다. 또한 나노미터 스케일을 가진 소자들 중 하나인 나노 갭을 가진 전극은 일정한 방법을 통해서 전자빔 리소그래피 등 종래의 기술로 구현하기 어려운 나노 크기의 구조를 구성할 수 있기 때문에 다른 장치들보다 뛰어난 장점을 가지고 있다. 이러한 방법 중 하나에 대하여 최근 연구에 의하면 나노 갭을 가진 전극에 Au 나노입자를 유전영동(dielectrophoresis)에 의해서 결합시키면 나노브리지를 형성시킬 수 있다고 보고되고 있다. 본 실험에서는 각 5~20nm의 크기를 가지는 콜로이드 Au 나노입자를 서로 다른 크기의 갭(20~50nm)을 가진 전극에 dropping 한 후 유전영동을 실시하여 갭 사이즈와 입자의 크기에 따른 Au 나노입자의 정렬과 브리지 형성에 관해 연구하였다. 실험 시 유전영동 공정的重要因素인 파라미터인 시간, 주파수, 전압을 조정하여 최적화된 유

전영동 공정 조건을 형성하였다. 실험 결과는 gap의 크기와 나노 입자의 크기에 따라 서로 다른 유형의 나노브리지가 형성될 것으로 예상된다. 이렇게 형성된 나노브리지를 DNA의 self assembly에 이용하면 바이오센스 및 분자소자를 이용한 메모리 등 나노분야의 나노갭을 이용한 응용이 가능할 것이다.

Ip-054 Au 입자의 유전영동을 이용한 수 나노 간격 생성 및 전기적 특성 측정 박 종용, SANJEEV Kumar¹, 서 영교², 천 동욱¹, 김 길호²(성균관대학교 정보통신공학부, ¹성균관대학교 반도체나노소자연구실, ²성균관대학교 성균나노과학기술원) 나노 크기 수준의 소자를 제작함에 있어서 주로 전자빔 리소그래피(Electron Beam Lithography)를 사용하게 되는 데 원하는 모양이나 패턴을 만드는 데는 용이하나 5nm 간격의 전극을 만드는 데는 아주 고가의 장비가 필요하게 된다. 고가의 장비 없이 유전영동(Dielectrophoresis)을 활용한다면 20nm 간격의 전극에 분자물질이나 바이오 물질을 금 나노 입자에 접합시켜 수 나노 물질의 전기적 특성의 연구가 가능할 것이다. 따라서, 본 연구에서는 20nm 간격의 전극 사이에 5~10nm의 금 나노 입자를 포획할 수 있는 조건을 구하고, 포획된 나노 입자에 DC 전압을 인가하여 I-V 특성을 측정 한 후 수 나노미터 수준의 작은 간격(gap)을 만들어 보고자 한다.

Ip-055 Solid-state laser mode-locking near 1.25 μ m using single-walled carbon nanotube saturable absorber 최 선영, 조 원배, 임 종혁, 안 영환, 이 순일, 김 기홍, 임 한조¹, 이 상민(아주대학교 에너지시스템학부, ¹아주대학교 전자공학부) 본 연구에서는 단일벽 탄소나노튜브를 기반으로, 공진기 내부에 삽입되어 손쉽게 수동모드 잠금 현상을 유발할 수 있는 포화흡수체(single-walled carbon nanotube saturable absorber : SWCNT SA)를 제작하고, 이를 활용하여 1.2-1.4 μ m 대역의 Cr:forsterite 고체 레이저에서 최초로 성공적인 모드 잠금 현상을 확인하였다. SWCNT SA를 제작하기 위하여 HiPco SWCNT를 DCB(dichlorobenzene)에 분산시켜 초음파 분해(ultrasonication) 과정을 통하여 SWCNT 용액을 만든다. 이렇게 제작된 용액을 PMMA(Polymethyl methacrylate) 고분자와 합성하여 복합체를 제작하고, 이를 Spin 코팅 방법을 통해 quartz plate 위에 얇은 박막 형태의 투과형 포화흡수체로 제작하였다. 다양한 공정 과정에서의 최적화를 통해 포화흡수체로 가장 적합한, SWCNT 농도가 서로 다른 두 가지 형태의 포화흡수체를 제작하였다. 제작된 SWCNT SA는 공진기 내부 손실을 최소화하기 위하여 브루스터 각으로 Cr:forsterite 레이저 내부에 삽입하였고, 자동 발진된 안정적인 모드 잠금 현상을 확인하였다. Cr:forsterite 공진기 내부에 분산 보상을 위해서 프리즘 쌍을 삽입하여 펄스초 수준의 극초단 펄스를 방출하였다. 다양한 출력경(1%, 3.3%, 5%, 7%, 그리고 10%)에서 실험을 수행하여 방출되는 펄스의 특성 및 파워를 비교 분석함으로써 5% 출력경에서 공진기를 최적화하였다. 5% 출력경을 공진기에 사용하였을 때 최대 출력은 6.5 W 펄프 파워에서 190 mW이었고, 자체상관계를 이용하여 측정된 펄스폭은 Sech² 펄스로 가정했을 때 175 fs로써, 제작된 시스템을 통해 거의 fourier transform limit된 펄스를 얻을 수 있었다.

Ip-056 열효과 배제 기법기반의 나노물질의 3차 비선형 광특성 분석 김 하진, 이 황운, 김 기홍, 이 상민(아주대학교 에너지시스템학부) 물질이 갖는 3차 비선형광특성을 분석하는 방

법으로 기존의 z-scan은 실험장치가 비교적 간단함에도 불구하고 높은 정밀도를 얻을 수 있으며 매질이 갖는 3차 비선형굴절률과 비선형흡수계수의 부호와 크기를 모두 측정할 수 있는 장점을 가지고 있다. 그러나 고반복률을 갖는 극초단 레이저의 경우 축적되는 열효과에 의한 열분산 효과로 열렌즈(thermal lens) 현상이 야기되고, 이에 따라 측정된 3차 비선형성의 값이 많이 차이가 나므로 정확한 3차 비선형광특성의 분석을 저해시키는 요소가 되고 있다. 본 연구에서는 앞서 1999년에 처음 시도된 열효과 배제(thermally-managed) z-scan 기법을 도입, 개선하고 이를 이용하여 고반복률의 광원에서 야기되는 열축적 효과가 배제된 광학적 효과만이 기인하는 나노물질의 3차 비선형광학계수를 측정했다. 150 fs의 펄스폭과 80 MHz의 반복률을 갖는 Ti:sapphire 레이저에서 나오는 입사빔을 chopper를 통과시켜 매질에 입사시키고, 초점 주변 각 위치에서 매질을 통과한 펄스열은 닫힌 틈(closed aperture)을 지나 광검출기를 통하여 오실로스코프에 저장된다. 기준으로 잘 알려진 CS₂에서 각 위치에서의 시간에 따른 3차원 비선형투과도 곡선을 얻음으로써 열효과 배제 z-scan 실험장치의 신뢰성을 확인하였으며, 이를 토대로 탄소나노튜브, 금속나노복합물질 등과 같은 나노물질에서의 시간에 따른 z-scan 투과도를 측정하였고, 기존의 z-scan 법으로 측정된 값과 비교하여 열효과에 의한 비선형특성과 탄소나노튜브의 순수 비선형특성을 분석하였다.

Ip-057 접촉 냉각 방식을 이용한 종 여기 마이크로칩 Yb:YAG 레이저의 발진특성 연구 김 영원, 임 창환, 홍 성기, 서영석, 구 재진, 문 희종¹(한국원자력연구원, ¹세종대학교 광전자공학부) 준안정 3준위로 발진하는 Yb:YAG 레이저는 Nd:YAG 레이저를 대체할 고 출력 레이저 매질이다. Yb:YAG는 발진을 위하여 강한 광 여기가 필요하기 때문에 결정내부에서 발생하는 열을 효율적으로 제거하여 주는 것이 매우 중요하다. 800 μ m 두께의 Yb³⁺를 20% 도핑한 마이크로칩 Yb:YAG 레이저를 구리판과 사파이어 창을 이용한 접촉 냉각 방식으로 종 여기하여 발진시키고 레이저 발진 특성을 연구하였다. 여기 광원으로는 940nm fiber coupled LD(Core=600 μ mNA=0.22)를 사용하였고, 효과적이 광 여기를 위하여 110 μ m 크기로 빔을 집광하여 여기시켰다. 발진 레이저의 최대 기울기 효율은 16%로 측정되었고, 출력값은 2 W 여기시켰을 때 200 mW가 측정되었다. 접촉냉각 방식의 형태적인 보완과 Yb:YAG 매질의 도핑농도와 출력경의 반사율 등 레이저 변수를 최적화 시키면 같은 형태로 50W 이상의 고출력 Yb:YAG 레이저의 개발이 가능할 것이다.

Ip-058 30 테라와트 티타늄 사파이어 레이저 시스템 개발 (Development of a 30-TW Ti:sapphire Laser System at KAERI) 이 용우, 차 용호, 이 기태, 한 재민, 이 용주, 정 영욱, 차 형기(한국원자력연구원) 본 연구에서는 Chirped pulse amplification(CPA) 기술을 바탕으로 하여 30 테라와트 티타늄 사파이어 레이저 시스템을 개발하였다. 이 레이저 시스템은 기존의 10 테라와트 티타늄 사파이어 레이저 시스템을 기반으로 하여, 커 렌즈 모드록킹 방법을 사용한 펄스초 티타늄 사파이어 공진기, 반사형 광학계만을 사용한 펄스 확대기, 다중통과 방식을 사용한 3개의 증폭기, 그리고 두 개의 격자를 사용한 펄스 압축기로 구성하였다. 펄핑 레이저로는 1.5 J과 2.0 J의 에너지를 가지는 두 대의 Q-switched Nd:YAG 레이저를 사용하였다. 최종 레이저 펄스 에너지는 펄스 압축기 후에 1 J이었으며, 압축된 펄스폭은 27 펄토초로, 30 TW 이상의 출

력이 생성되었다. 현재 이 레이저 시스템을 사용하여, 한국원자력 연구소에서는 양성자 가속실험과 중성자 발생실험 등을 수행하고 있다.

Ip-059 반복률 10 kHz 색소 레이저의 제 2 조화파 발생에서 BBO와 LBO의 결정에 따른 UV 빔 질 특성 비교 임 권, 한 재민, 고 광훈, 김 택수, 차 용호, 노 시표, 박 현민, 정 도영(한국원자력연구원, 양자광학연구부) Tl-203 안정동위원소 생산 시스템에서 사용되는 펄스 UV 레이저는 반복률 10 kHz에서 동작하며 평균출력이 약 10 W급으로 높은 출력을 요구한다. 또한, 안정동위원소 추출용 챔버에서 원자 빔과 레이저가 상호작용을 효과적으로 하기위하여 다중통과 광학계를 사용한다. 따라서 펄스 UV 레이저는 빔의 모양과 전파특성이 좋은 빔 질을 유지하여야 한다. 40~70 W급의 고출력 색소 레이저를 기본파로 사용하기 때문에 제 2 조화파 매질에 따라서 열적인 문제 및 빔 질의 특성이 다르다. 본 연구에서는 BBO와 LBO를 사용하여 변환효율 10%정도의 펄스 UV를 발생하는 경우에 매질에 따른 빔 질 특성을 비교하고자 한다.

Ip-060 100 TW급 Ti:sapphire 레이저의 contrast ratio 특성 연구 이 성구, 유 태준, 성 재희, 최 일우, 고 도경, 이 종민(광주과학기술원, 고등광기술연구소) 100 TW 급 Ti:sapphire 레이저를 이용한 양성자 및 전자 가속 실험에서 레이저의 pre-pulse 및 ASE contrast ratio는 매우 중요한 요소이다. 이 논문에서는 고등광기술연구소에서 운용 중인 100 TW급 Ti:sapphire 레이저의 contrast ratio 특성에 대해 논의 한다. 특히, 펄스 레이저빔과 seed 빔의 시간 지연 그리고 ultra fast Pockel's cell에 의한 pre-pulse 및 ASE contrast ratio 결과를 보이고, 이를 통한 contrast ratio의 개선 방향에 대해 논의한다.

Ip-061 Feasibility of three-dimensional rewrite-able optical memory using a femtosecond laser and a CO₂ laser in gold and silver ion-doped glasses 신 종호, 장 경식, 임 기수, 손 익부¹, 이 수 천²(충북대학교 물리학과, ¹고등 광 기술 연구소, ²국동정보대학 안경광학과) 금과 은 이온이 첨가된 유리내부에서의 근적외선 레이저의 다광자 흡수를 이용하여 다층구조의 비트 형태로 color center를 생성하고 이산화탄소레이저를 이용한 열처리로 정보 기록과 지운을 시도하였다. 은 이온이 첨가된 시료경우 펄초초레이저에 의해 기록된 정보를 405 nm 여기광에 의해 형광정보를 읽을 수 있었고 이산화탄소 레이저 가열로 지울 수 있었으며 다시 펄초초레이저로 정보기록을 반복할 수 있었다. 반면에 금이온이 첨가된 시료 경우 펄초초레이저에 의해 형성된 color centers를 이산화탄소 레이저로 200 °C로 열처리한 후 405nm 여기광으로 정보를 읽었으며 추가 가열로 지울 수 있었다. 그리고 다시 펄초초 레이저로 정보를 기록하였다.

Ip-062 광민감 에틸계 폴리머를 이용한 다층구조 형광 정보저장 장 경식, 신 종호, 김 연실, 임 기수, 김 은정¹(충북대학교, 물리학과, ¹연세대 학교, 화학공학과) 광민감 에틸계 폴리머를 제조하고 근적외선 펄초초레이저의 다광자흡수를 이용하여 형광 변화를 유도함으로써 광정보를 저장하였다. 405 nm 여기광에 의해 형광을 발생하는 폴리머 재료에 펄초초레이저를 조사함으로써 형광을 제거함으로써 정보를 저장하였고 레이저 강도에 따른 형성된 비트의 크기와 신호-잡음비를 측정하였고 폴리머의 굴절율변

화에 따른 기록 비트와 비교 분석하였다. 3차원 정보저장 가능성을 위해 다층구조 형태를 이용하였다..

Ip-063 저렴한 공초점 현미경 시스템의 구성과 표면형상 측정 연구 김 석원, 김 형영, 김 정민(울산대학교, 물리학과) 근대 의학에서의 정밀 진단기구의 발달과 산업에서의 기계 부품들의 소형화에 의해 세밀한 표면형상 측정과 이해는 최근 들어 높은 관심을 받고 있다. CLSM(Confocal Laser Scanning Microscope)은 해상력이 좋고 스캐닝 속도가 빠르기 때문에 오늘날 생물학 분야의 연구에 가장 널리 이용되고 있으며 광학현미경법과 전자현미경법이 지닌 단점을 보완하는 동시에 이들이 갖지 못한 여러 가지 장점까지 보유하고 있는 현재 개발된 가장 우수한 현미경으로 기존 광학현미경에 비해 초점 심도가 낮기 때문에 초점을 벗어난 영상을 제거할 수 있어서 선명하고 강도 높은 영상을 얻을 수 있다. 본 연구에서는 저렴한 비용으로 파장이 632.8 nm인 He-Ne 레이저를 사용하고, NA=0.6이며 배율이 40X인 대물렌즈를 사용하여 CLSM을 구성하고 PMT(Photo Multiplier Tube)를 통하여 시료 표면의 기하학적 형상에 대한 정보를 얻어 Lab view program으로 이미지화 하였다. 구축된 Lab view program의 소스는 3차원, 4차원 영상을 관찰하기 위해 보완될 예정이다.

Ip-064 Design of TCSPC(time correlated single photon counting) System using Confocal Microscope. 이 순혁, 김 수용, 김 석원¹(KAIST, 물리학과, ¹울산대학교, 물리학과) 형광 공초점 현미경은 초점을 공유하지 않는 부분의 잡광을 제거하여 가로 축 뿐만 아니라 세로축에서도 효과적으로 형광 신호를 관찰할 수 있는 장치로 현재 생물, 의학 분야에서 널리 사용되고 있다. 그 동안 DNA 혹은 단백질에 형광 표지를 붙여서 그 특성을 분석하려는 시도가 있어왔으며 fluorescence를 이용한 anisotropy, RET(resonant energy transfer), FCS(fluorescence correlation spectroscopy), quenching 등의 방법으로 DNA나 단백질 등의 conformational change, distribution, mobility 분석 등이 그것이다. 하지만 이러한 분석들은 모두 ensemble average를 이용한 것이고 single molecule 자체의 dynamics를 분석하려면 single molecule detection 장치와 fluorescence의 lifetime을 측정할 수 있는 time resolution을 갖는 장치가 요구된다. 본 연구에서는 형광 공초점 현미경을 기반으로, TCSPC (time correlated single-photon counting) 장치를 구성하였다. TCSPC 장치는 440 nm, 40 MHz pulsed laser, APD, photon counter로 구성되어 있고, timing resolution이 약 40 ps(FWHM) 정도가 되어 single DNA 혹은 single 단백질의 dynamics 분석이 가능하다. Beam spot 사이즈를 500 nm 이하로 맞추어 confocal microscope를 사용하여 100 μm 정도를 scan 하여, single molecule을 detection 하고, single molecule에 부착된 형광신호를 pulsed laser로 excite 시키고, dichroic mirror와 bandpass filter를 이용해서 excitation 파장은 제거하고 emission 파장의 빛만을 APD로 받아들여서 photon counting 한다. Count된 신호는 USB를 통하여 PC로 전송되고 PC에서 Visual C++ 프로그램을 이용해서 correlation 방법을 이용해서 single molecule의 dynamics를 분석한다.

Ip-065 Temperature characteristics of human biophoton 이 승호(경희대학교 침구경락과학연구소) We executed a concomitant measurement of biophoton emission rate and skin temperature from 4 human subjects by employing dual photomultiplier

tubes and thermocouples. In this experiment, we found that the emission rate seems to have a daily variation. The rate is highest at midnight and lower in the afternoon. By comparing the results of temperature measurements, we found that there seems to be a considerable correlation between two quantities. The change of biophoton rate and that of the skin temperature shows nearly same trend in a daily time course. But absolute values of the rate and the

temperature do not reveal any correlation. This result could explain why previous studies have not show temperature dependence of the emission rate. As body temperature has a circadian rhythm, biophoton emission rate also might do. Our results imply the importance of employing circadian rhythm to understand the behavior of human biophoton and its mechanism. and these vital signs was highly desirable for clarifying this issue.

■ SESSION: P1

4월 17일(목), 14:30 - 16:15

장 소: 109호

Jp-001 펄스형 광펌핑 루비듐증기셀 원자시계 최 인호, 박 영호¹, 이 수형¹, 권택용¹, 이종구¹, 김재은, 박해웅, 박상연¹(KAIST, 물리학과, ¹한국표준과학연구원, 기반표준본부.) 광편이(light shift)를 제거하여 주파수 안정도를 개선하기 위해 펄스형 광펌핑 방식의 루비듐증기셀 원자시계를 개발하고 있다. 광펌핑 레이저에 의해 발생하는 광편이는 원자시계의 안정도와 정확도를 악화시키는 여러 물리적 요인 중 하나이다. 만일 원자가 두 바닥상태 공진주파수(약 6.8 GHz)에 해당하는 마이크로파와 상호작용하는 동안 광펌핑 레이저광을 비추지 않으면 광편이 효과를 제거할 수 있다. 광원으로는 루비듐원자의 D1 전이선에 해당하는 파장 795 nm인 distributed feedback (DFB) 다이오드레이저를 사용하였다. 루비듐 증기셀에는 바닥상태의 결맞은 시간을 증가시키기 위해 아르곤과 질소를 버퍼가스로 사용하였고, 증기셀의 온도를 섭씨 60도로 안정화 하였다. 증기셀에 비추는 레이저광은 광음향변조기를 이용하여 펄스변조를 하였고, 마이크로파 신호는 RF 스위치를 이용하여 펄스형태로 인가하였다. 펄스폭이 2 ms인 마이크로파를 가했을 때, 시계전이선에 해당하는 라비(Rabi)신호의 반치폭은 약 470 Hz로 측정되었다.

Jp-002 Theoretical and Experimental Study on Polarization Spectroscopy of Rubidium Atoms 신서로, 문결, 노흥렬(전남대 물리학과) We present experimental and theoretical study on polarization spectroscopy (PS) of rubidium. The laser-induced birefringence is observed by using linearly polarized probe beam and circularly polarized pump beam. We also develop a theoretical calculation of PS spectral based on the rate equation model. All the populations of the magnetic sublevels are calculated from the rate equations, and used in the calculation of the polarization spectra. Using this model, we generate theoretical line shapes to make predictions about the general form of the polarization spectral of the D2 transitions in Rubidium. By comparing theoretical and experiment spectra, we see the high agreement in our calculations and experiment data.

Jp-003 Analytic solutions for the populations of an optically-pumped multilevel atom 노흥렬, 문결, 신서로(전남대 물리학과) We report on analytic calculation of the populations of the magnetic sublevels of 87Rb atom. Under the use of a circularly polarized laser beam, the population of each magnetic sublevel is obtained analytically from the rate equations as a function of elapsed time and laser detuning. The analytic solutions were compared with numerical results using the density-matrix approach, and good agreement between them was achieved. The obtained analytic forms of the population can be used in calculating the various spectroscopic signals analytically.

Jp-004 광-라디오파 이중공명을 이용한 분광 문한섭, 유예진(부산대학교 물리학과) 라디오파 (radio frequency)와

광을 이용하여 루비듐 원자에서 광-라디오파 이중공명 분광(optical-rf double spectroscopy)을 수행하였다. 본 연구에서는 광주파수 에너지 차이를 갖는 전이선에 레이저를 고정하고 라디오 주파수의 에너지 차이를 갖는 전이선에 라디오파의 주파수를 조사하여, 라디오파의 주파수 변화에 따른 이중공명에 의한 분광스펙트럼을 얻을 수 있다. 이중공명을 만들기 위해 87Rb 원자의 $F=2 \rightarrow F=1$ 전이선을 이용하여 중심파장 795nm 반도체 레이저를 사용하여 광 여기 시키고, 라디오파를 발생시키기 위해 함수 발생기를 사용하였다. 87Rb 원자에 일정한 라디오파를 가하고 헬름홀츠 코일(Helmholtz coil)로 자기장의 크기를 변화시키면서 87Rb의 제만 부준위(Zeeman sublevel) 간의 에너지 간격을 조절하였다. 이때 87Rb 원자의 형광을 관찰하면서 고정된 라디오파에 대응되는 간격의 제만 효과를 일으키는 자기장의 세기를 조사하였다.

Jp-005 파라핀(paraffin)이 코팅된 87Rb 원자 증기 셀에서 원자 결맞음 효과 문한섭, 이현준(부산대학교 물리학과) 원자 결맞음 분광(atomic coherence spectroscopy)에 있어서 스펙트럼의 선포는 바닥준위 사이에 존재하는 원자들의 수명(life time)과 밀접한 관계에 있으며 증기 셀의 온도, 내부 가스의 종류, 그리고 코팅에 따른 원자들의 결맞음에 의해 영향을 의해서 결정된다. 본 연구에서는 이러한 요소들 중 파라핀이 코팅된 87Rb 원자 증기 셀에서 Hanle 스펙트럼을 얻고, 스펙트럼의 형태와 선포를 분석함으로써 증기 셀의 특성을 조사하는 연구를 수행하였다. 레이저의 세기, 외부 자기장의 변화, 그리고 셀의 크기 변화에 따른 선포의 변화 및 스펙트럼의 모양을 분석하였다. 실험 장치로 중심파장이 Rb 원자의 D1 선에 대응하는 중심파장이 795nm인 외부 공진형 반도체 레이저를 이용하였으며 87Rb 원자의 $F=2 \rightarrow F=1$ 전이선들 사이의 제만 부준위로부터 Hanle 스펙트럼을 측정하였다.

Jp-006 외부공진기를 이용한 주파수 안정화 및 고분해 분광 정민이, 이림, 김중복(한국교원대학교 물리교육과) 분해능이 높은 Fabry-Perot형 공진기에서 발생하는 신호를 레이저에 전류 피드백 하여 레이저 주파수를 공진기 길이에 안정화 하였다. 공진기를 구성하는 거울은 780nm에서 반사율 99.8%로 제작되어 FSR은 0.77GHz, Finesse 500 이다. 공진기 길이를 변화시킴에 따라 레이저의 주파수를 연속적으로 변조할 수 있으며 이러한 방법을 통해 루비듐 원자의 D2 전이선을 조사할 수 있다. 실험결과 1 GHz 이상의 주파수 영역에 대하여 안정적으로 레이저 주파수 변조가 가능하였으며 D2 전이선의 포화흡수분광 신호를 얻었다.

Jp-007 All optical Offset locking with Electromagnetically Induced Transparency KIM Jangmyun(korea university.) The Offset locking or phase locking in the laser technology area need an expensive electronics and the experiment setup will be complicated. And then We have demonstrated all optical offset locking with electromagnetically induced transparency. The frequency difference between Master and Slave laser was very high stabilized.

Jp-008 다중 모드 빛의 비고전적 특성 김기식, 신성국(인하대학교 물리학과) 단일 모드 빛의 대표적 비고전성인 쥘과 저프아송 통계(또는 홀어집)는 다중 모드 빛으로 확장되어 정의될 수 있다. 한편, 단일 모드 빛에는 존재하지 않는 얽힘성은 다중 모드 빛이 갖는 독특한 비고전성이다. 다중 모드 빛의 밀도 연산자에

대하여 부분합(partial trace)을 취하여 얻는 단일 모드 빛에 살아남는 비고전성을 얽힘성의 붕괴와 연관시켜 조사하였다. 특히, 부분합의 과정으로 야기되는 비고전성의 변화를 정량적으로 기술하였으며, 그 유효성을 검증하는 다양한 예를 제시하였다.

Jp-009 냉각된 원자에서의 4광파혼합 이 경현, 이 림, 김 중복(한국교원대학교, 물리교육과) MOT(Magneto-Optical Trap)에 의해 냉각된 루비듐 원자를 이용하여 4광파혼합(4-wave mixing)신호를 얻었다. 냉각된 원자를 이용한 실험에서는 속도 성분에 의한 도플러 선폭확대를 무시할 수 있고, 증기 셀보다 더 높은 밀도의 원자구름을 대상으로 하기 때문에 신호의 품질을 향상시킬 수 있다. 본 실험실에서 이미 수행되었던 세슘 원자 증기 셀 안에서 4광파혼합(4-wave mixing) 실험결과와 비교하기 위하여 루비듐 원자의 D1과 D2 전이선의 다양한 전이선에서 실험을 수행할 것이다.

Jp-010 Generation of the macroscopic entangled state and its properties 이 주희, 김 재완¹, PODOSHVEDOV Sergey¹(¹숙명여자대학교 물리학과) & (한국고등과학원, 계산과학부). ¹한국고등과학원, 계산과학부.) We show that macroscopic entangled states can be generated by using system consisting of coupled spontaneous parametric down-converters with type-I phase matching (SPDCI) pumped by optical fields in coherent state and a beam splitter. We calculate entropies of the states, as a measure quantifying of the amount of entanglement stored in the generated states.

Jp-011 도파로 형 MgO:PPLN과 1156 nm DFB 레이저를 이용한 578.4 nm 제 2차 조화파의 발생 이 진용, 이 정민, 송민수, 윤 태현(고려대학교 물리학과). ¹⁷⁴Yb 원자의 ¹S₀-³P₀ 금지 전이선을 기준 진동자로 사용하는 광역자 시계를 구현하기 위해서는 이 전이선을 관측하기 위한 578.4 nm 관측용 레이저가 필요하다. 이 파장대의 레이저로는 색소 레이저가 있지만 고가이고 측정에 필요한 좁은 선폭을 얻기 힘들다. 본 논문에서는 단일 모드이고, 주파수 튜닝이 쉽고, 수 MHz 선폭을 갖는 1156 nm DFB(distributed feedback) 레이저와 MgO:PPLN(magnesium-oxide-doped periodically poled lithium niobate) 비선형 결정을 이용하여 외부 공진기를 사용하지 않고 높은 효율로 578.4 nm 제 2차 조화파가 발생하는 방법에 대하여 논의한다. MgO:PPLN은 준 위상 정합(quasi-phase-matching) 원리에 의해 비선형 매질이 주기적으로 분극 반전되어 있어서 일반적인 비선형 매질보다 제 2차 조화파의 변환 효율이 크다. 실험에 사용한 MgO:PPLN의 길이는 20 mm, 폭은 3.0 mm, 높이는 0.5 mm인 크기를 가지며, 도파로의 폭은 6 μm, 높이는 3 μm이다. 그리고 1156 nm 파장을 갖는 광원의 준 위상 정합 조건을 만족하도록 분극 반전된 비선형 매질의 주기가 7.47 μm로 제작되었다. 집속된 레이저 빔을 정확히 MgO:PPLN의 도파로에 입력할 수 있도록 정밀한 3축 스테이지를 제작하였다. 또한 MgO:PPLN이 부착되어 있는 오븐의 2축 기울임 스테이지를 제작하여 도파로에 입력되는 빛의 입사각을 조절할 수 있도록 하였다. 그리고 1156 nm DFB 반도체 레이저를 구동하기 위하여 200 mA 까지 레이저 다이오드에 안정된 전류를 공급할 수 있는 전류 컨트롤러와 0.002 °C의 온도 안정도를 갖는 온도 컨트롤러를 만들었다. 실험에 사용한 오븐은 MgO:PPLN의 온도를 25 °C에서 200 °C까지 변화시킬 수 있다. 이 MgO:PPLN에서 파장 1156 nm 기준파의

위상 정합 온도는 대략 60 °C로 알려져 있다. 학회에서는 1156 nm DFB 반도체 레이저와 MgO:PPLN을 이용한 578.4 nm 제 2차 조화파 발생의 변환 효율에 대한 실험 결과를 보고 할 것이다.

Jp-012 Single Photon Addition And Subtraction By Beam Splitter And Atom-Cavity Interaction JIYONG Park, SU-YONG Lee, SE WAN Jie, HAI-WOONG Lee(KAIST, Dept. of Physics.) We study the characteristics of single photon addition and subtraction by means of beam splitting and atom-cavity interaction. Generally speaking, the output state obtained by adding (subtracting) a single photon experimentally is different from that resulting from application of the photon creation(annihilation) operator, but they are almost identical under certain conditions. We investigate this phenomenon with various input states: number state, thermal state, and coherent state.

Jp-013 cavity qed를 이용한 원자 혹은 field들의 얽힘 상태 생성 이 재학, 박 지용, 이 상민, 이 해웅, H. KHOSA Ashfaq¹(KAIST 물리학과. ¹Centre for Quantum Physics, COMSATS Institute of Information Technology, Islamabad, Pakistan.) 우리는 cavity qed를 이용하여 원자들 사이의 얽힘 상태를 생성하는 방법을 제안하고자 한다. 이 방법은 원자와 cavity field의 상호 작용을 통하여 원자의 상태를 뒤집는 flip operation을 기반으로 한다. 이 방법은 GHZ, W, cluster state 등 여러가지 상태를 만들 수 있으며 또한 임의의 원자 수에 대해서 적용이 가능하다. 또한 원자와 cavity field의 역할을 서로 바꾸면 cavity field의 얽힘 상태를 만드는 것도 또한 가능하다.

Jp-014 Incompatibility theorem for singlet state in Leggett type nonlocal hidden variable theory LEE Kahngcho, KANG Kicheon(Chonnam National University, Dept. of Physics.) Any local hidden variable theory is abandoned by the violation of Bell inequality. However, we don't know 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. We propose a very simple incompatibility theorem by inspecting the properties of singlet state in Leggett type nonlocal hidden variable theory and discuss the origin of incompatibility.

Jp-015 The Role of Complementarity in Nonlocality LIM James, RYU Junghee, LEE Jinhyoung(Department of Physics, Hanyang University.) We investigate and understand nonlocality in terms of complementarity as well as entanglement. Complementarity of local observables and maximal entanglement of quantum state are sufficient conditions for which CHSH inequalities are maximally violated in two-dimensional bipartite systems. High-dimensional systems (qudits) have also been shown to violate the Bell's inequalities that have recently been proposed. Contrary to CHSH inequality, such inequalities for qudits do not satisfy the condition of local observables being mutually unbiased when they are maximally violated. In this work, we propose a Bell inequality sat-

isfying the criteria of complementarity and entanglement for three-dimensional bipartite systems.

Jp-016 A comparative experimental-theoretical study on elastic electron scattering by methane 조 혁, MACHADO L.¹, LEE MT.¹, IGA I.¹, BRESCANSIN L.²(충남대. ¹UFSCar, Brazil. ²UNICAMP, Brazil.) Absolute differential cross sections for elastic electron scattering by methane have been measured at six incident electron energies between 5 and 100 eV and over scattering angles between 10° and 180°, using a crossed-beam electron spectrometer combined with a magnetic angle-changing device to extend the measurements to backward angles (125°–180°). Differential, integral and momentum-transfer cross sections are also calculated and reported for these energies. A complex optical potential was used to represent the electron-molecule interaction dynamics. The iterative Schwinger variational method combined with the distorted-wave approximation was used to solve the scattering equations. The comparison between our calculated and measured results, as well as with other experimental and theoretical data available in the literature, is encouraging.

Jp-017 Improved photoionization spectra considering different initial admixture of configurations for a singly charged aluminum ion 김 대성, 김 영순¹(경기공업대학 e-비즈니스과, ¹명지대학교 물리학과.) The experimental absolute cross sections for photoionization with photon energy ranging from 20 to 26 eV for a singly charged aluminum ion have been obtained by J. B. West [1] in 2001. The main shape of these cross sections has been calculated by D.-S. Kim and Y. S. Kim [2] in 2007, and compared with the experiments; the theoretical predictions with the admixture of $2p^6 3s^2$ 1S and $2p^6 3s 3p$ 3P configurations have displayed a rough overall estimate for the experimental spectra, though not with culminating accuracy. In the present work, we expand the earlier calculations with the admixture of $2p^6 3s^2$ 1S , $2p^6 3s 3p$ 3P , $2p^6 3p^2$ 1S , 3P , 1D , and $2p^6 3s 4s$ $^1,^3S$ initial configurations, resulting in significantly improved agreement of the main background and autoionizing resonance structures when compared with the experimental spectra. However, several intense peaks revealed in the experiment seem to have originated from transitions involving inner shell excitations such as $2p^6 3s^2$ $^1S \rightarrow 2p^5 3s^2 nd$ 1P , which are to be considered in our next work. [1] J. B. West and et al, Phys. Rev. A 63, 052719 (2001). [2] D.-S. Kim and Y. S. Kim, J. Phys. Soc. Japan, 76, 014302 (2007).

Jp-018 CH₄ 분자의 광이온화 부분 단면적 측정 김 현, 정 양수(충남대학교 물리학과) CH₄ 분자의 광흡수단면적을 Double Ion Chamber(DIC)를 이용하여 30 nm(41.3 eV)부터 이온화문턱에너지 98.32 nm(12.61 eV)까지 측정하였다. 이온화문턱에너지부터 200 nm(6.2 eV)까지는 attenuation 방법으로 광흡수단면적을 구하였다. 광흡수단면적과 Time of Flight(TOF) Technique을 이용하여 구한 branching ratio로 광이온화 부분 단면적을 구하였

다. 광원은 포항가속기연구소 3B1 NIM beam line의 resolution 0.06 nm인 방사광을 이용하였다.

Jp-019 일직선 상의 이-전자 원자의 광이온화 단면적 변 창우, 이 민호, 최 낙렬, TANNER Gregor¹(금오공과대학교 ¹Nottingham Univ.) 일직선상의 이-전자 헬륨원자의 광이온화 단면적은 평균부분과 요동부분으로 나누어 계산되어질 수 있다. Hyper-spherical 좌표변환을 이용해 결합된 채널 식으로 표현된 슈뢰딩거 방정식은 평균부분과 달리 요동 부분은 지름 방향으로 상당히 먼 거리를 계산하도록 요구하는데, Log-derivative 방법을 이용하면 병렬처리가 가능해 심지어 무한 영역까지도 계산이 가능하다고 할 수 있다. 그러나 채널들 간의 결합은 거리가 클수록 ($R > 3000$) 무한한 계산 자원을 필요로 하고, 이는 광이온화 단면적 계산에 필요한 영역을 제한하는 요소가 된다. 자원이 허락하는 영역(R_{max})까지 계산한 후 R_{max} 에서 평면파로 나가는 경계조건을 적용하면 비교적 믿을 만한 단면적 계산 결과를 얻을 수 있었다. 하지만 이런 계산은 계산 영역의 부족으로 실제와 약간의 차이가 날 수 있다. 이를 보정하기 위해 R_{max} 보다 큰 영역에 대해서는 포텐셜 변화가 거의 없으므로 채널 결합이 무시 될 수 있다고 가정 하였다. 채널 결합이 무시되면, 적분은 훨씬 용이해지며 원하는 영역($R \sim 100000$)까지 행해질 수 있다. 이 연구에서는 채널 결합을 무시한 영역이 포함되었을 때 광이온화 단면적에 어떤 영향을 주는지 보고자 한다.

Jp-020 Isotope Selective Photo-ionization of an Odd Isotope Zn-67 by using the Polarization Selection Rule 고 광훈, 임 유경, 한 재민, 노 시표, 정 도영, 박 현민, 차 용호(한국원자력연구원.) Zn 원소는 자연계에서 ^{64}Zn (48.6%), ^{66}Zn (27.9%), ^{67}Zn (4.1%), ^{68}Zn (11.8%), ^{70}Zn (0.6%) 동위원소로 구성되어 있다. ^{67}Zn 의 동위원소 성분비가 90% 이상으로 향상된 Zn는 암치료용 방사성 동위원소 ^{67}Cu 의 생산원료로 사용된다. 본 논문에서는 ^{67}Zn 의 동위원소 성분비를 높이기 위한 방법 중, 편광 선택율을 이용한 선택적 광이온화 방법에 대하여 논의한다. Zn 동위원소 가운데 ^{67}Zn 동위원소의 핵스핀(nuclear spin)이 $I = 5/2$ 이고, 다른 동위원소의 핵스핀은 0 이므로 편광선택율을 이용한 방법의 적용이 가능하다. 이온화 구도로 $4s^2$ $^1S_0 \rightarrow 4s 4p$ $^3P_1 \rightarrow 4s 5d$ $^3D_1 \rightarrow \text{Zn}^+ + e$ 를 선택하면, 짝수 동위원소(even isotope)의 이온화를 차단하고, ^{67}Zn 동위원소만을 선택적으로 이온화시킬 수 있다. 편광 선택에 의한 동위원소 선택적 이온화 결과와 함께 분광 특성에 대하여 발표한다.

Jp-021 Rotating micro-particles by an optical tweezer for a micropump 강 호근, 최 영진¹, 강 치중¹, 김 용상², 김 재완(명지대학교 물리학과, ¹명지대학교 물리학과, 나노공학과, ²명지대학교 전기공학과, 나노공학과.) We have demonstrated the rotation of microparticles using an optical tweezer. Several microbeads of 1 μm diameter are collected and trapped in water by Nd-Yag laser focused by an objective lens of high numerical aperture. By off-focusing the laser light, the trapped particles start to rotate and spin continuously. We designed and fabricated micro-channels and chambers which contain microbeads and water. By rotating microbeads inside the microchamber, a micro-pump can be realised.

■ SESSION: P2

4월 18일(금), 09:00 - 10:45

장 소: 109호

Bp-001 A Search for $X^0(214)$ at Belle Experiment 김 현

욱, 박 환배, 김 홍주, 박 향규, 가 동하, 현 효정, 김 선기¹, 박 강순¹, 권 영준², 강 주환², 조 일성², 원 은일³, 천 병구⁴, Y. Unno⁴, 최 영일⁵, 박 차원⁵, 최 수정⁶(경북대. ¹서울대. ²연세대. ³고려대. ⁴한양대. ⁵성균관대. ⁶경상대.) The hyperCP experiment at Fermilab observed the rarest baryon decay ever, $\Sigma^+ \rightarrow p \mu^+ \mu^-$. This observation may be interpreted as two-body decay, $X^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-$ followed by $\Sigma^+ \rightarrow p X^0$ with the X^0 mass of ~ 214.3 MeV called $X(214)$. There are intriguing suggestions for $X(214)$; a pseudo-scalar (sgoldstino) with parity-conserving interaction in GMSB model and a light Higgs boson in NMSSM model. We report on our progress for a search on $X^0(214)$ using current high luminosity data at Belle experiment in KEK B-factory.

Bp-002 Particle Physics at KISTI 조 기현, 김 현우, 정 민

호(KISTI, 응용연구개발팀.) High Energy Physics group at KISTI started in 2007. We will report the current status and plan of particle physics at KISTI which includes cyberinfrastructure, e-Science and physics. We will also report the components of e-Science: data production, data processing and data analysis.

Bp-003 Study of Cosmic Ray Induced Background at RENO experiment 오 영도, 공 대정¹, 김 동희¹, 김 우영¹, 사무엘

스테파난¹, 서 준석¹, 아틸 칸¹, 김 안드레이¹, 박 인곤², 박 명렬³, 안 정근⁴, 이 효상⁴, 김 수봉⁵, 김 현수⁵, 박 강순⁵, 박 정석⁵, 신 경하⁵, 이재승⁵, 최 선희⁵, 황 원석⁵, 권 은향⁶, 김 동현⁶, 박 차원⁶, 백 승록⁶, 유 인태⁶, 최 수용⁶, 최 영일⁶, 강 운구⁷, 김 영덕⁷, 마 경주⁷, 전 은주⁷, 김 성현⁸, 김 재율⁸, 주 경광⁸, 임 인택⁸, 장 지승⁸, 정 인석⁸, N. Danilov⁹, Y. Krylov⁹, G. Novikova⁹, E. Yanovich⁹(포항공과대학교. ¹경북대학교. ²경상대학교. ³동신대학교. ⁴부산대학교. ⁵서울대학교. ⁶성균관대학교. ⁷세종대학교. ⁸전남대학교. ⁹INR/IPCE.) RENO 실험은 영광 원자력 발전소에서 방출되는 중성미자를 이용하여 중성미자 진동변환상을 측정하기 위하여, 검출기를 지하에 설치한다. 중성미자 반응에 대한 배경사건으로서, 우주선이 암반을 통과하면서 핵반응으로 생성되는 중성자의 생성율과 에너지 분포를 Fluka 시뮬레이션 코드로 계산하였다. 또한 우주선이 암반을 통과한 후, 우주선의 에너지분포와 전자, 광자 등 2차 입자의 생성율과 에너지분포도 계산하였다.

Bp-004 Study of Liquid Scintillator Properties at RENO

박 정석, 김 수봉, 김 현수, 박 강순, 신 경하, 이재승, 최 선희, 황 원석, 공 대정¹, 김 동희¹, 김 우영¹, 스테파난 사무엘¹, 서 준석¹, 김 안드레이¹, 칸 아틸¹, 박 인곤², 박 명렬³, 안 정근⁴, 이 효상⁴, 권 은향⁵, 김 동현⁵, 박 차원⁵, 백 승록⁵, 유 인태⁵, 최 수용⁵, 최 영일⁵, 강 운구⁶, 김 영덕⁶, 마 경주⁶, 전 은주⁶, 김 성현⁷, 김 재율⁷, 주 경광⁷, 임 인택⁷, 장 지승⁷, 정 인석⁷, 오 영도⁸, DANILOV N⁹, KRYLOV Yu⁹, NOVIKOVA G⁹, YANOVICH E⁹(서울대학교. ¹경북대학교. ²경상대학교. ³동신대학교. ⁴부산대학교. ⁵성균관대학교. ⁶세종대학교.

⁷전남대학교. ⁸포항공과대학교. ⁹INR/IPCE.) We present the result of the study of liquid scintillator properties at RENO (Reactor Experiment for Neutrino Oscillation). The Gadolinium loaded liquid scintillator samples are made based on LAB (Linear Alkyl Benzene) with PPO and bis-MSB as fluor and wave length shifter, respectively. We optimized the composition of contents by measuring the light yield and absorption length of the samples. 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-005 Studies of Radiation Hard Structure of Silicon

Sensor 하 경호, 김 민규, 유 인태, 최 수용(성균관대학교) 고에너지, 고휘도 환경에서는 실리콘 검출기 성능의 심각한 저하가 존재한다는 사실이 입증되고 있다. 고에너지의 중성자나 강입자(hadron)들은 실리콘 결정(crystal) 내에 결함(defect)을 생성함으로써 sensor 내부의 전기적 성질을 변화시켜 electrode의 성능을 크게 떨어트리게 된다. 고에너지, 고휘도 환경에서 내방사성(radiation tolerance)이 강한 실리콘 검출기의 개발이 필요하게 되는데 본 연구에서는 실리콘 검출기 electrode의 구조를 변경하여 내방사성이 강한 구조를 찾고자 한다.

Bp-006 Zero Degree Calorimeter Installation Status In

CMS 최 민규, 박 인규, 한 가람, 박 진우, 김 은주¹, 심 광숙², 홍 병식², 문 동호², 김 현철², 김 지현², MURRAY Michael³(서울시립대학교 물리학과. ¹전북대학교 물리학과. ²고려대학교 물리학과. ³University of Kansas.) CERN에서 Large Hadron Collider(LHC)는 입자 에너지가 5.5 TeV까지 가속시켜 Heavy Ion 충돌 실험을 계획하고 있다. Compact Muon Spectrometer(CMS)는 tracking system, electromagnetic and hadronic calorimeter, muon detector로 구성되어 있으며 LHC에서 proton-proton, proton - nucleus, nucleus - nucleus 충돌 연구 계획 목적을 가지고 있다. Zero Degree Calorimeters(ZDC)는 straight section에서 first beam dipole magnets 아래쪽에 설치되고 Interaction Point(IP)에서 좌우 140M 떨어진 곳 두 빔 파이프 안쪽에 위치한다. ZDC는 충돌하지 않고 엇갈린 neutron과 photons의 에너지를 측정할 수 있다. 현재 ZDC는 EM section과 HAD section으로 두개의 section이 하나의 set로 구성되어 있으며 현재 Right EM section을 Point 5에 설치하였다. 본 발표는 현재 ZDC 설치 현황을 보고 하고자 한다.

Bp-007 Development of new analysis framework for Belle

experiment LEE Soohyung, WON Eunil, ITOH Ryosuke¹(Korea University. ¹KEK.) Analysis framework in DAQ(Data Acquisition) system is very important for high energy physics experiments. A new framework is being developed to advance current analysis framework. The new framework will support complete object-oriented analysis. And it will also support more powerful and efficient way to manage parallel processing in SMP (include multi-core processors), network clusters and grid computing system. In this presentation, current development status of new framework will be discussed especially focused on parallel processing.

P2

포
스
터
세
션

Bp-008 The Polarization Study of $B \rightarrow s$ Penguin Transitions at Belle 권 영준, 조 일성, 경 성현(연세대학교) Currently, there are intense interests in $B \rightarrow s$ penguin transition of B-meson decays because of its sensitivity to new physics beyond the Standard Model. It is therefore more exclusive study on this decay modes. We have performed the study to measure the helicity amplitudes on $B \rightarrow \rho K^*(892)$, $B \rightarrow \phi K^*(1430)$ decays. The properties of B meson have been investigated to estimate the yields of reconstructed B mesons.

Bp-009 Calibration works using light injectors and LINAC at Super-Kamiokande-III 양 병수, 김 수봉, 김 재률¹, 임 인택¹, 장 지승¹, 서 현관², 최 영일²(서울대학교 물리천문학부, ¹전남대학교 물리학과, ²성균관대학교 물리학과) Super-Kamiokande detector, observing neutrinos and testing grand unified theories in Kamioka Gifu prefecture of Japan, detects Cherenkov lights generated by charged particles in water. After the full reconstruction in 2006, several calibrations have been being carried out. In this presentation, out of those calibrations, the latest result of the water transparency and reflectance calibration on PMTs using a light injector in the SK-tank and the energy calibration between 4 and 20 MeV using LINAC are reported.

Bp-010 Photocatalytic activity of $\text{CaFe}_2\text{O}_4\text{-MgFe}_2\text{O}_4$ nanocrystals synthesized by the polymerized complex method 김 현규, 김 상수, 유 성미, 장 지민, 하 명규, 정 의덕(한국기초과학지원연구원 부산센터) Perovskite-type oxide materials based on transition metals with d(0) electron configuration such as Nb(V), Ta(V), and Ti(IV) are efficient photocatalysts for overall water splitting with high quantum yields. However, the large band gaps of these materials (ca. 3.8-4.0 eV) are not suitable for the visible light photocatalysis. Very recently we observed that photocatalyst consisting of nanocomposites are efficient in utilization of visible light photons. Hence we report here a study on the synthesis and application of nanocrystalline ternary metal-oxide. Here, we report the new finding that nanocrystalline $\text{CaFe}_2\text{O}_4\text{-MgFe}_2\text{O}_4$, viz. a p-n type photocatalysts have activity for the photoreaction of water under visible light irradiation. We characterized the optical properties of nanocrystalline $\text{CaFe}_2\text{O}_4\text{-MgFe}_2\text{O}_4$ by UV-vis diffuse reflectance spectroscopy and X-ray diffraction. We also investigated photocatalytic and photoelectrochemical performance of these materials for photocurrent generation and CO_2 production from IPA under visible light irradiation ($\lambda \geq 420\text{nm}$).

Bp-011 The current status of CDF Grid 정 민호, 김 현우, 조 기현, 김 동희¹, 양 유철¹, 서 준석¹, 공 대정¹, 김 지은¹, 장 성현¹, 아메드 사비르미안¹, 칸 아딜¹, 아즈말 모하메드¹, 김 수봉², 이 재승², 김 현수², 전 은주², 이 영장², 문 창성², 유 인태³, 임 규빈³, 주 경광⁴, 오 영도⁵(KISTI, 응용연구개발팀, ¹경북대, 물리 및 에너지학부, ²서울대, 물리학과, ³성균관대, 물리학과, ⁴전남대, 물리학과, ⁵포항공대, 물리학과) A component of e-Science for High Energy Physics is data processing. The data processing jobs of CDF experiment de-

mands parallel computing. The parallel computing is operated on CDF Analysis Farm (CAF). To deal with more required computing needs, it is necessary to decentralize available computing resources. The solutions are DCAF (Decentralized CDF Analysis Farm) and CDF grid. Thus, we run CDF jobs at a Grid farm in the Pacific CAF including various farms at KISTI and Academia Sinica. We indicate general idea and the current status of CDF Grid. We also overview current implementations and future plan of CDF Grid Computing Center.

Bp-012 Photocatalytic decomposition of IPA over $\text{Zn}_{2-x}\text{Fe}_x\text{TiO}_4$ material under visible light irradiation 김 현규, 김 경진, 이 유미, 고 선혜, 김 혜진, 안 창원, 정 의덕(한국기초과학지원연구원 부산센터) Nanocrystalline $\text{Zn}_{2-x}\text{Fe}_x\text{TiO}_4$ oxide semiconductor with spinel structure was synthesized by the conventional solid-state reaction (SSR) method and investigated for its physical and optical properties. The band gap of nanocrystalline $\text{Zn}_{2-x}\text{Fe}_x\text{TiO}_4$ determined by UV-DRS was 1.91 eV (647nm). The photocatalytic activity of $\text{Zn}_{2-x}\text{Fe}_x\text{TiO}_4$ material for iso-propyl alcohol photodegradation under visible light ($\lambda \geq 420\text{nm}$) was much higher than that of $\text{TiO}_{2-x}\text{N}_x$ material.

Bp-013 PMT test for the RENO experiment. 문 승현, 김 영덕, 전 은주, 마 경주, 강 운구, 김 수봉¹, 김 현수¹, 박 강순¹, 박 정석¹, 신 경하¹, 이 재승¹, 최 선호¹, 황 원석¹, 공 대정², 김 동희², 김 우영², 스테파난 사무엘², 서 준석², 칸 아딜², 김 안드레아², 박 인곤³, 박 명렬⁴, 안 정근⁵, 이 효상⁵, 권 은향⁶, 김 동현⁶, 박 차원⁶, 백 승록⁶, 유 인태⁶, 최 수봉⁶, 최 영일⁶, 김 성현⁷, 김 재율⁷, 주 경광⁷, 임 인택⁷, 장 지승⁷, 정 인석⁷, 오 영도⁸, DANILOV N.⁹, KRYLOV Yu.¹⁰, NOVIKOVA G.¹⁰, YANOVICH E.¹⁰(세종대학교, ¹서울대학교, ²경북대학교, ³경상대학교, ⁴동신대학교, ⁵부산대학교, ⁶성균관대학교, ⁷전남대학교, ⁸포항공과대학교, ⁹IPCE, ¹⁰INR) The RENO (Reactor Experiment for Neutrino Oscillation) experiment will use Hamamatsu model R7081 10 inch PMTs. And 350 phototubes per detector will be installed to cover the RENO detectors (near and far detectors), thus the number of cables should be minimized. For that purpose, a single cable base for the PMTs has been selected since only a single HV cable is required between the PMT base and the signal extraction box. The result of the PMT test with the single cable base will be reported.

Bp-014 MC Study on the Top Quark Mass by Using Full Hadronic Channel at the CMS Experiment 서 지원, 안 상언, 오 선근, 김 귀년¹(건국대학교, ¹경북대학교) LHC에서 생성되는 $t\bar{t}$ 사건에서 top 쿼크의 질량을 측정하는 방법을 MC 사건을 이용하여 연구하였다. 이 연구에 사용된 MC 사건과 Reconstruction 데이터는 CSA07에서 생성한 사건 데이터를 사용하였고, 데이터 분석을 위해서 CMSSW_1_6_7과 SusyAnalyzer (Version Number v01-02-00)를 이용하였으며, $t\bar{t}$ 사건들중에서 두개의 top 쿼크가 모두 쿼크로 붕괴되는 채널(Full Hadronic Channel)을 사용하였다. $t\bar{t}$ 사건의 백그라운드 사건으로는 QCD + Dijet 데이터(30GeV < Pt < 600 GeV)를 이용하였다. 본 연구에서 top 쿼크사건을 선택하기 위한 선정조건을 논의 할 것이며, 이러한 선정조건을 이용하

여 top 쿼크의 질량을 측정하였다.

Bp-015 Photocatalytic activity of Cr and Fe co-doped TiO₂ nanoparticle 김현규, 윤상수, 이유미, 장지민, 고선혜, 홍태은, 유성미, 정의덕(한국기초과학지원연구원 부산센터.) TiO₂ is active only under ultraviolet (UV) light ($\lambda < 400\text{nm}$) due to its wide band gap of ca. 3.2 eV (for crystalline anatase phase). Since the fraction of UV radiation in solar spectrum is less than 5%, TiO₂ cannot exploit efficiently the abundant solar radiation (dominant visible light) on earth. For a smarter utilization of this dominant part of solar spectrum as well as the indoor applications under weak interior lighting, the photocatalyst must be able to absorb visible light photons. Consequently, the search of the visible light-active photocatalysts has become a subject of intense research even today. Here, we report the new findings on Cr and Fe co-doped TiO₂ nanoparticles prepared by the hydrothermal synthesis method, which showed a high activity for the photo degradation of organic compounds under visible light irradiation ($\lambda > 420\text{nm}$). We studied the optical structure of doped TiO₂ nanoparticles and correlated the physico-chemical properties with photocatalytic behavior.

Bp-016 MC Study on the Cross Section for Top-pair Production by Using Full Hadronic Channel at the CMS Experiment 안상언, 서지원, 오선근, 김귀년¹(건국대, ¹경북대.) LHC에서 생성되는 Top 쌍생성의 생성단면적을 MC 사건을 이용하여 연구하였다. 이 연구에 사용된 MC 사건과 Reconstruction 데이터는 CSA07에서 생성한 사건 데이터를 사용하였고, 데이터 분석을 위해서 CMSSW_1_6_7과 SusyAnalyzer (Version Number v01-02-00)를 이용하였으며, ttbar 사건들중에서 두개의 top 쿼크가 모두 쿼크로 붕괴되는 채널(Full Hadronic Channel)을 사용하였다. ttbar 사건의 백그라운드 사건으로는 QCD + Dijet 데이터(30 GeV < Pt < 600 GeV)를 이용하였다. 본 연구에서 top 쿼크사건을 선택하기 위한 선정조건을 논의 할 것이며, ttbar 사건을 선택하는 확률을 계산하였다. 이러한 선정조건을 이용하여 Top 쌍생성 사건의 생성단면적을 계산하였다.

Bp-017 Physical and optical properties of nanocrystalline MgFe₂O₄ synthesized by the polymerized complex method 김현규, 유성미, 윤상수, 김경진, 이유미, 고선혜, 정의덕(한국기초과학지원연구원 부산센터.) Nanocrystalline MgFe₂O₄ oxide semiconductor with spinel structure was synthesized by polymerized complex (PC) method and investigated for its physical and optical properties. The crystallization of MgFe₂O₄ made by PC method was found to occur in the temperature range of 700-1100°C. The observation of highly pure phase and such lower crystallization temperature in MgFe₂O₄ made by PC method, is in total contrast to that observed in MgFe₂O₄ prepared by the conventional solid-state reaction (SSR) method. The activation energy required for the growth of nanocrystalline MgFe₂O₄ in PC sample was found to be 7.7 kJ/mol. The band gap of nanocrystalline MgFe₂O₄ determined by UV-DRS was 1.91 eV (647nm). The photocatalytic activity of PC materials for iso-propyl alcohol photodegradation under visible light ($\lambda \geq 420\text{nm}$) was much higher than that of SSR materials.

Bp-018 Remote Control Room at KISTI for CDF Experiment 김현우, 정민호, 조기현, 김동희¹, 양유철¹, 서준석¹, 공대정¹, 김지은¹, 장성현¹, 아메드 사비르미안¹, 칸아딜¹, 아즈말 모하메드¹, 김수봉², 이재승², 김현수², 전은주², 이영장², 문창성², 유인태³, 임규빈³, 주경광⁴, 오영도⁵(한국과학기술정보연구원 응용연구개발팀, ¹경북대 물리 및 에너지 학부, ²서울대 물리 학부, ³성균관대 물리학과, ⁴전남대 물리학과, ⁵포항공대 물리학과.) As one of three components of e-HEP (High Energy Physics), the data production is implemented in the form of a remote control room where Korean CDF members can take experimental shifts remotely. These remote shifts replace monitoring section of the CDF control room at Fermilab. KISTI will be the third member of CDF collaboration to host a remote control room after Italy and Japan. It will serve more than 30 Korean CDF members. The remote control room at KISTI is almost ready. We will report on the current status, the configuration and future plan of KISTI remote control room in detail.

Bp-019 Estimation of Gamma Ray Background from Rock at RENO 신경하, 김수봉, 김현수, 박강순, 박정식, 이재승, 최선호, 황원석, 공대정¹, 김동희¹, 김우영¹, 스테판난 사무엘¹, 서준석¹, 칸아딜¹, 김안드레이¹, 박인곤², 박명렬³, 안정근⁴, 이효상⁴, 권은향⁵, 김동현⁵, 박차원⁵, 백승록⁵, 유인태⁵, 최수용⁵, 최영일⁵, 강운구⁶, 김영덕⁶, 마경주⁶, 전은주⁶, 김성현⁷, 김재률⁷, 주경광⁷, 임인택⁷, 장지승⁷, 정인석⁷, 오영도⁸, DANILOV N.⁹, KRYLOV Yu.¹⁰, NOVOKOVA G.¹⁰, YANOVICH E.¹⁰(서울대학교, ¹경북대학교, ²경상대학교, ³동신대학교, ⁴부산대학교, ⁵성균관대학교, ⁶세종대학교, ⁷전남대학교, ⁸포항공과대학교, ⁹IPCE, ¹⁰INR.) RENO is a reactor experiment under construction to measure the smallest but yet to be measured neutrino mixing angle θ_{13} using anti-neutrinos emitted from the Younggwang nuclear power plant in Korea. The experimental setup consist of two identical Gadolinium loaded liquid scintillator detectors located near and far from the reactor array center and will be constructed at underground. We have performed Monte Carlo Simulation of GEANT4 in order to approximate the effect of gamma rays emitted from radioactive elements (40K, 238U chain, 232Th chain, etc.) included in the surrounding rocks. This study is intended to estimate the single event rate of gamma rays from the rocks.

Bp-020 Search for Wprime Boson Decaying to Electron-Neutrino Pairs in ppbar Collision at $\sqrt{s}=1.96\text{TeV}$ 김지은, 양유철, 김동희, 서준석, 공대정, 장성현, 칸아딜, 아즈말 모하메드, 김수봉¹, 김현수¹, 전은주¹, 이영장¹, 문창성¹, 정지은¹, 유인태², 임규빈², 조기현³, 김현우³, 정민호³, 주경광⁴, 오영도⁵(경북대학교, 물리및에너지학부, ¹서울대학교, 물리학과, ²성균관대학교, 물리학과, ³KISTI, 응용연구팀, ⁴전남대학교, 물리학과, ⁵포항공과대학교, 물리학과.) We present status of search for new charged heavy vector boson, Wprime, decaying to electron-neutrino pairs in proton-antiproton collisions at 1.96TeV using a data sample corresponding to about 2.7 fb-1 of integrated luminosity collected by the CDF II detector at Fermilab.

P2

포
스
터
세
션

Bp-021 **RPC Study With New Phosphate Glass Material**

Using GEANT3 RHEE June-Tak, JANG H.J., PARK S., AHN S.H.¹, HONG B.¹, PARK S.¹, SIM K.S.¹, JAMIL M, HONG S.J.², KIM Y.U.³, KIM Y.J.⁴, LEE S.J.⁵, NAM S.K.⁶, BAHK S.Y.⁷(*Konkuk-University, Department of Physics.* ¹*Korea-Univ., Physics Department & KODEL.* ²*Seoul National University, Department of Nuclear Medicine.* ³*Chungbuk National University, Department of Physics.* ⁴*Cheju National University, Department of Physics.* ⁵*Seo Nam University, Department of Medical Technique.* ⁶*Gangwon National University,*

Department of Physics. ⁷*Won Kwang University, Department of Physics.*)

As an electrode *phosphate glass* for the RPC has been studied via GEANT3 simulation. Glass material has positive physical characteristics: low bulk resistivity, portable and easy to handle. Thus Phosphate glass electrodes were considered as replacing Bakelite electrodes. These types of RPCs in their compact form of all materials are suitable for high rate background environment. We found that these new types of RPCs show slightly higher response to gamma rays and e⁺/e⁻ particles, both for single – and double gap RPCs.

■ SESSION: P2

4월 18일(금), 09:00 - 10:45

장 소: 109호

Cp-001 Experimental determination of production cross section of residual radionuclides by proton-induced reactions on natural iron

KIM Kwangsoo, KHANDAKER Mayeen Uddin, LEE Manwoo, CHO Young-Sik¹, LEE Young-Ouk¹, KIM Guinyun(Kyungpook National University, ¹Korea Atomic Energy Research Institute.) Objective(s): The study of light ion-induced nuclear reactions leading to the production of radionuclides finds increasing importance in various practical applications. The versatile ion-accelerating machine cyclotrons, especially the medium energy ones are employed to produce both the diagnostic and the therapeutic radionuclides. In general, two categories of radionuclides are applied for diagnostic purposes; the pure γ -emitters and the β^+ -emitters. The gamma emitting radionuclides can be produced by using both the nuclear reactors and the cyclotrons, but the positron emitting radionuclides can only be produced by using cyclotron via charged-particle-induced reactions. On the other hand, the therapeutic radionuclides can also be produced by cyclotron in no carrier added (NCA) form. Regardless the production of the diagnostic or therapeutic radionuclides by using cyclotron, nuclear cross section data and/or excitation functions play a crucial role for the optimization of their production condition. Based on the well measured excitation functions, the optimum production circumstances of the required radionuclides can be easily calculated. Therefore, the objective of the present work was to select optimum production conditions of the medical radionuclides from their measured excitation functions. Method and Material(s): The production cross-sections of residual radionuclides from $^{nat}\text{Fe}(p,x)$ processes were measured below 40 MeV by using a stacked-foil activation technique combined with high-resolution gamma-ray spectrometry. A high-purity (>99.99%) Fe foil (100- μm thick) with a natural isotopic composition was used as the target for irradiation. Monitor foils of copper (100- μm and 50- μm thick) and aluminum (100- μm thick) with known cross-sections were also included in the stack. The aluminum and the copper foils were used to monitor the beam intensity and to degrade the beam energy, respectively. The stacked samples were irradiated for 60 minutes with proton energy of 42 MeV, a diameter of 10 mm, and a beam current of about 100 nA in the external beam line of the MC50 cyclotron at KIRAMS. The activities of the radioisotopes produced from the targets and monitors were measured continuously by using a high-purity germanium (HPGe) gamma-ray spectroscopy. The activation cross-sections for the $^{nat}\text{Fe}(p, xn)$ processes were determined in the proton energy below 40 MeV by using the well-known activation formula. The nuclear data of the produced radioisotopes were taken from the NUDAT database. The threshold energies were taken from the Los Alamos National Laboratory, T-2 Nuclear Information Service on the internet. Result(s): Proton-induced nuclear reactions for generation of residual radionuclides were investigated with the stacked foil activation technique on natural iron targets up to $E_p = 40$ MeV. The measured excitation functions were compared with the available literature data and fitted with the model code calculations. Optimal production pathways with minimal contamination for the medically important radionuclides were determined from the fitted excitation functions. The thick target integral yields for each radionuclide were deduced and their practical applications are discussed elaborately.

Cp-002 Production cross sections of $^{nat}\text{Zr}(p,x)$ $^{90,92}\text{Nb}$, $^{88,89}\text{Zr}$ and $^{86,87m,87g}\text{Y}$ radionuclides from threshold to 40 MeV

KHANDAKER Mayeen Uddin, KIM Kwangsoo¹, LEE Manwoo¹, CHO Young-Sik, LEE Young-Ouk, KIM Guinyun¹(Korea Atomic Energy Research Institute, ¹Kyungpook National University.) Objective(s): There is no established route for the production of ^{89}Zr by using an accelerator. The purpose of this work is to find out suitable route for the formation of ^{89}Zr using medium energy accelerators. Material & Method(s): The independent and cumulative cross-sections of the proton-induced reactions on zirconium were measured as a function of proton energy using a conventional stacked-foil activation technique. A high-purity (99.98 %) zirconium foil (50 μm thick) with a natural isotopic composition was used as the target for the irradiation. Two stacks with several groups of Cu and Zr with a 13 mm in diameter were prepared for separate irradiations. Monitor foils of copper (100 μm thick) and aluminum (200 μm thick) with known cross-sections were placed in front of the stack to monitor the beam parameters of the bombarding beam. The stacked foils were irradiated by a 42 MeV collimated proton beam with a 10 mm in diameter and about 100 nA for 60 min. in the external beam line of the MC50 cyclotron at the Korea Institute of Radiological and Medical Sciences (KIRAMS). The activities of the radioisotopes produced from the target and the monitors were measured non-destructively using the high-purity germanium (HPGe) gamma-ray spectroscopy. The gamma-ray count rates were converted to decay rates by correcting for the gamma-ray intensities and the efficiency of the detector by using the well known formula. The decay data of the radioactive products were taken from the NUDAT database. Result(s): Independent and cumulative production cross sections of $^{90,92}\text{Nb}$, $^{88,89}\text{Zr}$ and $^{86,87m,87g}\text{Y}$ radionuclides from the proton bombardment on natural zirconium targets was reported in the energy up to 40 MeV with an overall uncertainty of about 14%. Our experimental data were critically compared with the values measured earlier and also with the theoretical data from TALYS and ALICE-IPPE codes. Conclusion(s): We measured the excitation functions of $^{90,92}\text{Nb}$, $^{88,89}\text{Zr}$ and $^{86,87m,87g}\text{Y}$ radionuclides produced from the proton bombardment on natural zirconium in the energy up to 40 MeV with an overall uncertainty of about 14%. It was possible to select the most reliable datasets for optimization of production routes. On the basis of the measured excitation function, the optimum production of ^{89}Zr with minimum radionuclidic impurity was found over the energy range 30-48 MeV. However, the measured experimental data could play an important role in improving the models and adjusting input parameters.

P2

포
스
터
세
션

Cp-003 Measurement of the Total Neutron Cross-section and Resonance Parameters of Niobium Using Pulsed Neutrons Generated by an Electron Linac

WANG Tao Feng, MEAZE A. K. M. M. H., RAHMAN M. S., LEE M. W., KIM K. S., 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 total cross-sections of niobium were measured in the neutron energy region from 0.05eV to 300eV 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 ⁶Li-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 high purity natural niobium metallic disc with a diameter of 8.0 cm and a thickness of 15.0 mm thickness was used for the neutron transmission measurement. The notch filters composed of Co, In, Cd were used to estimate the background level and calculate the length of neutron flight path. The present measurement was compared with the existing experimental and the evaluated data. The resonance parameters of ^{nat}Nb were obtained from the transmission ratio by using the SAMMY code, which utilizes both Doppler and resolution broadening effects and Bayes' generalized least squares technique.

Cp-004 Empirical Formula Applied to the Lowest Excitation Energy of the Natural Parity Odd Multipole States in Even-even Nuclei

JIN Guanghao, CHA Dongwoo, YOON Jin-Hee(*Inha University, Department of Physics.*) We have applied the recently proposed empirical formula, which was quite successful in describing the essential trends of the lowest excitation energy of the natural parity even multipole states, to the lowest excitation energy of the natural parity odd multipole states in even-even nuclei throughout the entire periodic table. Even though the systematic behavior of the lowest excitation energy of odd multipole states is quite different from those of even multipole states, we have shown that the same empirical formula also holds reasonably well for the odd multipole states with the exception of a few certain instances.

Cp-005 Identical bands in ^{171,172}Yb 이 수연, 이 종환(*동의대학교 물리학과*.) The U(6/12) dynamical supersymmetry of the Interacting Boson-Fermion Model which could describe collective states in odd-A nuclei have been analysed. We have restricted the SU(3) limit of U(6/12) to describe collective properties of deformed odd-A nuclei and focused on supersymmetry connected with identical bands in neighboring even-even and odd-mass deformed nuclei. E2 transition rates between low-lying states and electric quadrupole moments are given in closed form in the framework of the U(6/12) symmetry of the IBFM. The present results are applied to the identical bands in ^{171,172}Yb and compared with experimental data.

Cp-006 Scintillation properties of K₂CeCl₅ crystal GUL Rooh, 김 홍주, 강 희동, 박 환배, 도 시흥, 김 성환, 소 중호(*경북대학교 물리학과*.) The aim of this study is to develop new scintilla-

tion crystals for medical imaging, nuclear and high energy physics experiments. We report on a new scintillation crystal, K₂CeCl₅, for gamma-ray spectroscopy. Crystal of this scintillator has been grown by using Czochralski method. The sample was cut and polished in the dimension of 5x4x3 mm³. The scintillation properties were studied using various gamma ray sources. The scintillation properties such as energy resolution, light output, linearity, and decay time are presented. The emission spectrum of the crystal was measured with UV excitation.

Cp-007 Time-of-Flight Resolution of A Scintillation Detector Equipped by Magnetic-Resistant Fine-Mesh Photomultipliers for 45-MeV Protons.

A. Ni, V. Kuznetsov, A. Kim, 김 우영¹, 장 주영, 이 화련², 백 승록², 양 태건²(*경북대학교 물리학과. ¹경북대학교 물리학과, 기초과학 지원연구원. ²원자력 의학원.*) The Nuclear Physics Group of Kyungpook National University is to develop a high-resolution central time-of-flight (TOF) system for the future CLAS12 detector at Thomas Jefferson National Accelerator Facility (JLAB) VA, USA. The system will operate inside the solenoidal magnet at high count rate up to 10⁶ pulse/sec. The design goal is to achieve TOF resolution. We employed a 45 MeV proton beam of the MC50 Cyclotron in Korean Cancer Center (Seoul), in order to study the performance of a prototype scintillator counter equipped by two magnetic-resistant fine-mesh Hamamatsu R7761-70 photomultipliers. Special collimators have been constructed for these measurements on the base of Geant4 simulations. The results have shown that the TOF resolution is as good as 20 psec. Comparison of light production from 45Mev protons and from cosmic-ray muons has made it possible a direct observation of Birks's effect in scintillators. These results will be presented together with the review of a possible design of the CLAS12 central time-of-flight system.

Cp-008 The Study of the First Term within the Empirical Formula in Deformed Nuclei Near the Doubly Mid-Shell Region.

HA Eunja, HONG Seung-Woo(*성균관대학교 물리학과*.) It has recently been shown that the parameters alpha and gamma of the first term in a simple empirical formula, which can describe the main trends of the lowest excitation energies of the natural parity even multipole states, carry the information about the effective moment of inertia for deformed nuclei near the doubly mid-shell region. Firstly, we find the two parameters alpha' and gamma', which are similarly expressed with the alpha and gamma in the empirical formula, determined in terms of the effective moment of inertia by rotational energies in the doubly mid-shell region. And then they are compared with those fixed by empirical formula.

Cp-009 Multi-channel Data Acquisition and Analysis System for GEM Detector Based on FPGA and USB2.0 Technology

ZHANG Yuxin, HA Sung-Yong, LEE Jung-Doo, KIM Il-Gon(*Changwon National University, Physics.*) We designed the electronics circuits to measure the low-level current signal of Gas Electron Multiplier (GEM) detector. It is implemented based

on FPGA, USB2.0 and necessary peripheral circuits. We have used several modules to make it, such as Charge Sensitive Preamplifier, Analog-to-Digital Converter, FPGA logic circuit, USB2.0 unit and RS-485 module. With Nios II processor which operates on FPGA as a soft processor and USB2.0 unit, the high-speed data processing and transmitting is possible. The RS-485 transceivers are also used so that the solution could be satisfied the requirement in field bus networks. In order to analyze the acquired data on a computer, the software applications are designed with VC++.

Cp-010 Preliminary results on $\gamma p \rightarrow K^0 \Sigma^+$ reaction in the energy range from threshold to 3.0 GeV 황 상훈, 안 정근, 이 효상¹, HICKS K.², NAKANO T.³, LEPS Collaboration⁴(부산대학교, 물리학과. ¹한국기초과학지원연구원. ²Ohio University, Department of Physics and Astronomy. ³Osaka University, Research Center for Nuclear Physics. ⁴SPRING-8.) CLAS 그룹의 최근 비선형 가상광자를 이용한 Kstar 광성성 연구결과에 의하면 전방 방향으로 미분 산란 단면적이 높아 t-channel 반응이 주로 일어남을 보였다. 그러나 비선형 가상광자를 이용하여 빔 비대칭도를 측정하지 못하여 이론에서 교환입자로 예측한 κ 의 존재의 확인과 κ 의 새로운 물리량이 보고된바 없다. 본 발표에서는 일본 SPRING-8 방사광 가속기의 LEPS 그룹에서 1.4 ~ 2.96 GeV 선형 편광된 감마빔을 15 cm의 액체수소 표적에 입사하여 $\gamma p \rightarrow K^0 \Sigma^+$ 광 생성 반응을 이용한 Kstar 빔 비대칭도 측정 실험에 대해 논의할 예정이다.

Cp-011 A self consistent formalism for in-medium chiral perturbation theory LEE Hee-Jung, PARK Tae-Sun¹(Chungbuk National University. ¹Sungkyunkwan University.) We apply the standard chiral perturbation theory to pion in symmetric nuclear medium and analyze change of properties of pion. In order to do so, we approximate the nuclear medium to the Fermi gas. Our results, obtained from calculation of the next-to-next leading order, show that the spatial pion decay constant decreases fast with medium density. As a result, the in-medium pion velocity could be ill-defined at a certain medium density. Based on the review of origin of this trouble, we propose a self consistent formalism for in-medium chiral perturbation theory and discuss its application.

Cp-012 CMS Grid Computing과 서울시립대학교 Tier2 센터 한 가람, 박 인규, 박 진우, 김 유상, 최 민규, 김 현용, 이 창렬, 강 서근, 김 선만(서울시립대학교 물리학과.) 올해 가동 예정인 CMS 검출기의 데이터를 분석하기 위한 소프트웨어 구조와 최근 개선된 서울시립대학교의 SSCC(Seoul Super Computing Center)의 Tier2 장비에 관해 소개한다. 검출기로부터 나오는 초당 100 GByte의 데이터를 분석하기 위해 고안된 CMS Computing Grid 구조는 CERN의 Tier0, 세계 7곳에 분기된 Tier1, 다시 근처 대학 및 기관에 분기되어 실제 분석에 쓰일 많은 수의 Tier2로 이루어진다. 서울시립대학교 SSCC Tier2는 120개의 Condor Job Slot(총 455 kSI2K)과 170 TB의 dCache disk를 바탕으로 OSG(Open Science Grid)를 통하여 CMS Computing Grid에 참여하고 있다. 이들을 사용한 실제 데이터의 분석법과 운영법에 본 발표의 초점을 맞춘다.

Cp-013 원자로의 고속 중성자 측정을 위한 Fluence Monitor 전산모사 조 윤호, 이 승규, 김 용균, 전 성대¹, 주 기남², 이 동훈, 강 신양(한양대학교 원자력공학과. ¹강원대학교 물리학과. ²한국원자력연구원.) Fluence monitor(F/M)기술은 극미량의 시료를 원자로 노심에 장착하여 중성자를 측정하는 기술로 선진국에서는 이미 고착화 된 기술이며 근래에는 다른 국가의 자료와 비교하는 실험이 활발하게 진행되고 있다 선진국에서 사용하는 F/M시료는 약 12종 이상을 사용하고 있으며, 시료의 형태를 wire, disk 및 foil 등 다양한 형태로 제작하여 사용하고 있다. 국내에서는 연구용 원자로인 HANARO에서 wire 형태의 Ti, Fe, Ni를 사용하여 측정하고 있으나 선진국과 비교하여 기초적인 수준에 머물러 있는 실정이다. 본 연구에서는 현재 사용되고 있는 3종의 시료 외에 Ag와 Nb 시료를 추가하고, 전산모사 기법을 사용하여 노심에서 생성되는 중성자 flux를 계산하였다. * This work was carried out under the Nuclear R&D program of the Ministry of Science and Technology, Korea and supported by the iTRS SRC/ERC program of MOST/KOSEF.

Cp-014 하나로 고강도 분말 회절 장치를 위한 데이터 획득장치 및 제어 시스템 개발 천 준규, 문 명국¹, 이 창희¹, 최 영현¹, DESAI Shraddha¹(한국원자력연구원, 경북대학교 물리학과. ¹한국원자력연구원.) 다결정 또는 비결정 물질의 원자 구조와 자기적 미세구조 연구를 위하여 한국원자력연구원은 고강도 분말 회절 장치(High Intensity Powder Diffractometer)를 개발하였다. 이 장치는 하나로 ST-3 수평공에 설치되었으며 한국원자력연구원에서 독자적으로 개발한 8조의 1차원 중성자 검출기와 계측 장비로 구성된다. 수평방향으로 16도 간격으로 설치된 8조의 검출기는 각각 8도씩 측정하기 때문에 1회전으로 최대 128도까지 중성자 회절상을 측정할 수 있다. 고강도 분말 회절 장치는 검출기 계통 관련 데이터 획득장치와 검출기를 회전할 수 있는 모터 제어장치로 구성된다. 검출기 계측장치는 신호 판별기(Constant Fraction Discriminator), 신호간 시간차 측정기(Time to Digital Converter)와 같은 상용 장비로 구성된다. 빔 이용시간을 효율적으로 사용할 수 있도록 Linux 기반의 SPEC 매크로를 이용하여 실험을 자동화하였으며 고강도 분말 회절 장치가 실험 가능한 상태로 설치되어 성공적으로 실험용 시료인 Al₂O₃의 데이터를 기록하였다. 본 발표는 하나로 고강도 분말 회절 장치의 검출기, 데이터 획득장치와 장치 제어 시스템에 대해 소개한다.

Cp-015 Threshold Anomaly for Loosely bound nuclei 소 운영, 천 명기¹(부산가톨릭대학교 방사선학과. ¹승실대학교 물리학과.) Based on the optical model approach, we investigate the threshold anomaly in the elastic scattering of the ${}^6\text{Li}+{}^{59}\text{Co}$ 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 ${}^7\text{Li}+{}^{59}\text{Co}$ system. In contrast to ${}^7\text{Li}+{}^{59}\text{Co}$ system, however, ${}^6\text{Li}+{}^{59}\text{Co}$ system does not show the threshold anomaly. This difference is known to stem from the incident nuclei structure. We confirmed again a feature of the threshold anomaly due to the incident nuclei from this study.

Cp-016 Talys code를 이용한 입사 양성자에 대한 ${}^{56}\text{Fe}$ 의 핵반응 계산 양 성철, 김 형일, 이 영욱(한국원자력연구원.) 핵

반응을 계산할 수 있는 프로그램인 Talys를 이용하여 0.1~150 MeV 에너지를 가지는 입사 양성자에 대한 ^{56}Fe 의 핵반응에 대해 알아보았다. 이 연구의 목적은 하전 입자에 대한 핵반응 과정을 이해하고 계산하여 여러 분야에서 요구되는 평가핵자료를 제공하는 것이다. 계산 결과는 핵반응 단면적, 각 분포, 광자 및 잔류 핵종에 대한 생성 단면적 등 일어날 수 있는 모든 물리적 양을 포함한다. 또한 결과는 실험 데이터와 기존의 평가핵자료를 비교하여 그 타당성을 검증하였다. 앞으로는 Talys를 이용하여 ^{56}Fe 외에 다른 동위원소에 대한 평가핵자료를 만들고 이를 이용한 벤치마크 계산을 수행할 예정이다.

Cp-017 A QRPA Study of Neutrino Reactions for the Nucleosynthesis in Supernova CHEOUN Myung Ki, KIM Kyungsik¹(¹숭실대학교 물리학과, ²한국항공대학교 교양과) We developed the quasi-particle random phase approximation (QRPA) for the neutrino-induced reaction, which is one of the key reactions of understanding the nucleosynthesis in the supernova. Our QRPA has been applied to the neutrino reaction in the ^{56}Ni region. This reaction is the trigger for the successive reactions to produce ^{55}Mn and ^{45}Sc . Those nuclei show some deficiencies in astronomical observations and/or chondrite analysis compared to the supernovae model available until now.

Cp-018 컴프턴 카메라용 Double-sided Silicon Strip Detector의 위치 분해능 향상 연구 조 화연, 이 주한, 권 영관, 이 춘식(¹중앙대학교 물리학과) 컴프턴 카메라의 산란부와 흡수부 검출소자의 감마선반응 위치분해능은 컴프턴 카메라의 영상해상도를 결정하는 중요한 영향인자 가운데 하나이다. 일반적으로 감마선 반응위치분해능은 검출기 전극의 물리적 크기에 의해 결정되지만 검출소자의 특성과 전극의 형태에 따라 물리적 크기보다도 작은 값을 가지기도 한다. 본 연구에서는 산란부 검출기로 개발 중에 있는 양면 스트립전극형 실리콘 검출기에 대해서 감마선이 반응한 지점의 주 전극이 아닌 주변전극에 유도되는 신호를 이용하여 감마선 반응위치분해능을 향상시키는 연구를 수행하였다. 직경 1 mm로 집속된 ^{242}Am 선원에서 방출되는 5.4 MeV 알파선을 이용하여 반응위치에 따른 주변전극의 변화를 측정하였으며, weighting filed 기법을 이용한 계산 결과와의 비교를 통해서 감마선에 대한 반응위치향상가능성에 대해 조사하였다.

Cp-019 LiF 계열 열발광(TL) 물질내 첨가물의 역할 연구 이 정일, 김 장렬, 장 인수, 박 창영¹, 오 미애¹, 이 종덕¹, 정 기수¹, 최 홍수²(¹한국원자력연구원, ²경상대학교 물리학과 및 기초과학연구소, ³경상대학교 물리교육과 및 기초과학연구소) 열발광(TL) 물질에서 모물질(mother material)에 첨가되는 불순물들은 트랩준위를 형성하거나 재결합준위를 형성하여 물질의 TL 특성을 결정짓는 역할을 한다. 그러므로 특정 모물질에 첨가된 첨가불순물의 역할에 대한 이해는 새로운 고성능 열발광선량계(TLD) 물질을 개발하는데 있어 매우 중요하다. LiF 계열 TL 물질은 조직등가 물질이면서 주변환경 변화에 매우 안정적 특성을 보이는 물질로서 지난 50년에 걸쳐 가장 널리 사용된 TLD 물질이다. 보다 우수한 성능을 주는 불순물이 첨가된 LiF 계열 TL 물질 개발에 대한 연구가 지난 수십년간 수행되었고 눈에 띄는 성과는 LiF:Mg,Ti와 LiF:Mg,Cu,P 그리고 최근 개발된 LiF:Mg,Cu,Si 정도이다. 그러나

LiF 계열 TL 물질은 가장 많이 연구되어진 물질임에도 불구하고 그 첨가물들의 역할에 대한 이해는 아직 완전하지 못하여 보다 많은 노력이 필요하다. 1979년 Nakajima 등^[1]에 의해 LiF:Mg,Cu,P 물질이 소개된 이후 여러 실험실에서 상용 LiF:Mg,Cu,P 물질을 개발하였다^[2]. 이 물질은 기존 LiF:Mg,Ti 물질에 비하여 40배 이상 고감도이면서 기존 물질의 장점인 무시할 정도의 감쇄, 선량선형성을 유지한다. 그러나 240 °C 이상으로 가열하면 방사선에 대한 감도가 급격히 감소하는 단점으로 인하여 여전히 크게 활용되지 못하고 있다. 이에 LiF:Mg,Cu,P 물질의 장점을 모두 가지면서 이의 단점인 열안정성 문제를 극복하는 새로운 LiF 계열 TL 물질 개발이 필요하였다. 최근 이를 목적으로 개발된 LiF:Mg,Cu,Si 물질^[3]은 P 첨가물을 대신하여 SiO₂를 첨가한 물질로서 방사선에 대한 고감도 특성을 유지하면서 상대적으로 보다 높은 열안정성 특성을 보인다. 본 연구에서는 LiF:Mg,Cu,Si를 포함한 LiF:Mg,Cu,X형 물질의 TL과정에서 각 첨가물이 하는 역할을 3차원적 TL 스펙트럼(자극온도, 파장 대 TL 강도)을 측정하고 분석하여 이해하고자 하였다. 그 결과 Mg은 트랩준위를 형성하는 역할을 하며, Cu는 재결합과정에 주도적인 역할을 하는 것으로 분석되었다. 그리고 세 번째 첨가물인 Si 또는 P는 트랩준위의 구조나 재결합준위에는 영향을 거의 미치지 못하고 TL 효율을 높이는 역할을 하는 것으로 분석되었다. [1] Nakajima.T., Murayama.Y. and Matsuzaba.T., 1979, Heath Phys. 36, 79-83[2] Sen, W., Tang, K., Zhu, H. and Liu, B. 2002, Radiat. Protec. Dosim, 100, 357-360[3] Lee, J. I., Yang, J. S., Kim, J. L., Pradhan, A. S., Lee, J. D., Chung, K. S. and Choe, H. S. 2006, Appl. Phys. Lett., 89, 094110

Cp-020 Excitation functions of residual radionuclides from $^{nat}\text{Cd}(p,x)$ processes KHANKAKER Mayeen Uddin, KIM Kwangsoo¹, LEE Manwoo¹, CHO Young-Sik, LEE Young-Ouk, KIM Guinyun¹(¹Korea Atomic Energy Research Institute, ²Kyungpook National University.) Objective(s): The medium energy cyclotrons are employed to produce both the diagnostic and the therapeutic radioisotopes. We measured the production cross-sections of residual radioisotopes from $^{nat}\text{Cd}(p,x)$ processes in the energy region of 3-40 MeV by using a stacked-foil activation technique combined with high-resolution gamma-ray spectrometry at the MC50 cyclotron of the Korea Institute of Radiological and Medical Sciences (KIRAMS). Material & Method(s): A high-purity (>99.99%; 50-mm thick) Cd foil with natural isotopic composition was used as the target for irradiation. Monitor foils of copper and aluminum (50-mm and 100-mm thicknesses respectively) with known cross-sections were also included in the stack. The aluminum and the copper foils were used to monitor the beam intensity and to degrade the beam energy, respectively. The stacked samples were irradiated for 45 minutes with proton energy of 42 MeV, a diameter of 10 mm, and a beam current of about 100 nA in the external beam line of the MC50 cyclotron at KIRAMS. The activities of the radioisotopes produced from the targets and monitors were measured continuously by using a high-purity germanium (HPGe) gamma-ray spectroscopy. The activation cross-sections for the $^{nat}\text{Cd}(p, xn)$ processes were determined in the proton energy range 5-40 MeV by using the well-known activation formula. The nuclear data of the produced radioisotopes were taken from the NUDAT database.

The threshold energies were taken from the Los Alamos National Laboratory, T-2 Nuclear Information Service on the internet. Result(s): A new experimental independent and cumulative cross-sections for the production of $^{108g,109g,110g,111g,113m,114m,115m,116m}\text{In}$, $^{111m,115g}\text{Cd}$ and $^{104g,105g,106m}\text{Ag}$ radioisotopes from the proton bombardment on natural cadmium target have been reported in the energy range of 3-40 MeV with an overall uncertainty of about 14%. Standardisation and validation of the measured data for the $^{nat}\text{Cd}(p,x)$ processes were done using the available literature and theoretical data from model codes (TALYS and ALICE-IPPE) to select the optimum production conditions. Currently, indium radioisotope namely ^{110}In , ^{111}In , ^{113}In and ^{114m}In are widely used as therapeutic and diagnostic purposes. The production of diagnostic and therapeutic radioisotope ^{111}In could be optimized from the measured excitation function. Conclusion(s): We measured cross-sections for the production of $^{108g,109g,110g,111g,113m,114m,115m,116m}\text{In}$, $^{111m,115g}\text{Cd}$ and $^{104g,105g,106m}\text{Ag}$ radioisotopes from the proton bombardment on natural cadmium in the energy range of 3-40 MeV with an overall uncertainty of about 14%. The present measurements were compared with other experimental values and the calculations.

Cp-021 Measurement of the Neutron Total Cross Sections of Natural Erbium by Using Pulsed Neutrons at Pohang Neutron Facility OH Youngdo, KANG Hengsik, CHO Moo-Hyun, KO In Soo, NAMKUNG Won, WANG Taofeng¹, RAHMAN Md. Shakilur¹, LEE Manwoo¹, KIM Kyungsook¹, KIM Kwangsoo¹, KIM Guinyun¹, LEE Youngwook²(*Pohang Accelerator Laboratory, POSTECH*. ¹*Kyungpook National University*. ²*KAERI*.) The neutron total cross-sections and resonance parameters of Erbium are measured in the neutron energy region from 0.01 eV to 400 eV by using time of flight method at the Pohang Neutron Facility. The Pohang Neutron Facility consists of an electron linac, a water-cooled tantalum target with a water moderator, and a 12m long time-of-flight path, and neutron detector using $^6\text{Li-ZnS(Ag)}$ scintillator. The pulsed neutron beam is being produced from 75 MeV electron as 15Hz repetition rate. A natural Erbium metal plates with 5 x 5 cm² in area and 0.1mm in thickness, are used for the neutron transmission measurement. The background level is determined by using a notch-filter of Ta, Sm, Co, In, and Cd sheets. The measurements are compared with other measurements and the evaluated data in ENDF/B-VII.0.

(*This work is supported by the Korea Research Foundation Grant funded by Korea Government(KRF-2006-353-C00014) and the Long-Term Nuclear R&D program through the Korean Atomic Energy Research Institute.*)

Cp-022 2 MeV 중성자에 의한 ^{197}Au 의 총단면적 측정 김 기동, 최 한우, 우 형주, 김 준곤, 김 용균¹(*한국지질자원연구원, ¹한양대*.) 중성자 비행시간 측정법에 의해 2 MeV 중성자에너지에 대해 ^{197}Au 의 총단면적을 측정하였다. 발생 중성자는 $^3\text{H}(p,n)$ 핵반응을 이용하였으며, $\text{Ti-}^3\text{H}$ 박막 표적을 사용하였다. 중성자원을 얻는 과정에서 표적의 변화로부터 발생하는 중성자량을 결정하

기위해서 지름 5.08 cm 길이 5.08 cm의 BC-501 유기액체 검출기를 사용하였다. 중성자 비행시간은 125 ns 반폭를 갖는 양성자빔을 이용하였으며, 중성자 비행시간 측정 주 검출기로는 지름 7.62cm, 길이 1 cm BC-501 검출기를 이용하였는데, 중성자 발생 표적으로부터 4.2m 에 위치하게 하였다. 발생 중성자의 에너지는 ^{12}C 과 ^{28}Si 의 좁은 폭의 공명에너지를 갖는 흡수 준위 폭으로 확인하였으며, 발생 중성자의 에너지 폭은 중성자 비행시간을 측정을 통하여 얻어졌다. $\text{Ti-}^3\text{H}$ 표적에 의한 중성자 에너지 140 keV 정도임을 확인되었으며, 측정된 ^{197}Au 의 총단면적은 ENDF-6 자료와 비교하였다.

Cp-023 Extraction of Response Functions for Exclusive Neutrino-nucleus Scattering in Quasielastic Region KIM Kyungsik, CHEOUN Myung Ki¹, YU Byung Geel(*한국항공대학교, 교양과. ¹숭실대학교, 물리학과*.) Within the framework of a relativistic single particle model for the bound and continuum states, we calculate exclusive neutral-and charged-current through neutrino-nucleus scattering process in quasielastic region. The incident neutrino energies are used up to 2.4 GeV as a Jlab type for the neutrino- and antineutrino-nucleus scattering from ^{16}O target nucleus. The effects of the strangeness for the knocked-out proton from outer orbits are studied not only on the cross section but also on the various response functions. The exclusive reactions explicitly show the effect on each response functions. The effect of the strangeness on each response functions appears to be different on the corresponding cross section.

Cp-024 Search for Θ^+ Pentaquark State in the $\pi p \rightarrow K K^0 p$ Reaction Close Threshold 김 성준, 최 봉혁, 안 정근, YOON C.J.¹, IMAI K.¹(*부산대학교, 물리학과. ¹Kyoto University, Department of Physics*.) Search for Θ^+ pentaquark baryon has been performed with a scintillating fiber target using the (π, K) reaction at 1.87 GeV/c. We studied a $K^0 p$ decay channel of the Θ^+ by reconstructing K^0 and p assuming V topology being attributed to $K^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-$ decay. We will report new results with 3.2×10^4 events of (π, K) reaction.

Cp-025 ALICE software for the Electron separation using TRD 장 범수, 최 인제, 김 범규, 복 정수, 이 동훈, 범 지현, 권 영일, 강 주환(*연세대학교, 물리학과*.) The ALICE(A Large Ion Collider Experiment) at CERN LHC is a dedicated heavy-ion detector to explore the unique physics potential of nucleus-nucleus interactions at LHC energies. The main purpose of ALICE is to study the physics of strongly interacting matter at extreme energy densities. Simulation and Reconstruction softwares of ALICE are build on ROOT software. We looked at internal structure of ALICE software to install and process it in local computing cluster and GRID system. In addition to showing general features of ALICE software, some results on Neural network studies on electron/hadron separation using TRD data.

Cp-026 (K, K^+)반응에서 이중 기표도 시스템 생성 및 붕괴 연구 최 봉혁, 김 성준, 안 정근, MIWA .K.¹, YOON .C.J.², IMAI .K.², E522 all collaborator³(*부산대학교, 물리학과. ¹Tohoku*

University, Department of Physics. ²Kyoto University, Department of Physics. ³KEK.) 1.66 GeV/c K-빔을 이용한 (K, K^+) 반응에서 이중 기묘도 핵 시스템의 생성반응과 붕괴에 대한 실험결과를 발표할 예정이다. 섬광섬유표적의 $^{12}\text{C}(K, K^+)X$ 반응 중에서 $^{12}_{\text{CB}}$ 와 $^{12}_{\text{AB}}$ Be의 이중 하이퍼핵 생성반응과 그 외 이중 기묘도 시스템의 생성반응 단면적에 대해 이론 예측값과 비교할 예정이다. 또한 이중 기묘도 시스템이 붕괴할 때 p, π, Λ 입자를 방출하는 모드의 붕괴비에 대해서도 논의할 예정이다.

Cp-027 The Study for Optimization of Phenomenological Optical Model Potential Parameters in highly deformed nuclei KIM Hyeong Il, LEE Young-Ouk(Korea Atomic Energy Research Institute.) The phenomenological Optical Model Potential (OMP) is the basis of theoretical calculation of nuclear cross sections which are used in providing nuclear data for applications. Thus, the reasonable parameterization of OMP is indispensable to obtain the reliable nuclear data evaluation. In response to this situation, Korea Atomic Energy Research Institute (KAERI) developed the ECISPLOT code, which was an interactive optical model parameter searching tool incorporated with the nuclear reaction code ECIS-96. However, this code has been mainly used in searching the OMP parameters of spherical nuclides rather than deformed ones. In this study, we improved this code in order to be used in searching the OMP parameters for deformed nuclides as well as spherical ones. The present ECISPLOT has Graphical User Interface (GUI) environment for easy comparison with the available experimental data and built-in Simultaneous Annealing (SA) algorithm to search the optimized OMP parameters. The details for the procedure of the parameterization of OMP for highly deformed nuclides, such as ^{184}W and ^{232}Th are presented.

Cp-028 Neutron Energy Spectrum Measurement of $^{169}\text{Tm}(n, g)^{170}\text{Tm}$ Reaction by the Linac Time-of-Flight Method LEE Samyol, LEE Jae-Hong, YOON Jungran¹, HORI Jun-Ich²(¹남부대 학교, ²동아대 학교, ²Research Reactor Institute, Kyoto University.) The neutron energy spectrum of Thulium (^{169}Tm) has been measured in the energy region from 0.003 eV to 100 eV by the neutron time-of-flight (TOF) method with a 46-MeV electron linear accelerator (linac) of the Research Reactor Institute, Kyoto University (KURRI). An assembly of $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$ (BGO) scintillators, which was composed of 12 pieces of BGO and placed at a distance of 12.7 ± 0.02 m from the neutron source, was employed as a total energy absorption detector for the prompt capture g-ray measurement from the sample. In order to determine the neutron flux impinging on the capture sample, a plug of ^{10}B powder sample and the $^{10}\text{B}(n, \alpha)$ standard cross section were used. The existing experimental data and evaluated data in Mughabghab and JEF-3.1 have been compared with the current measurement.

Cp-029 Calculation of Energy Dependent Neutron Absorption and Scattering Coefficients of Natural Rhodium in Energy Region from 0.003 eV to 100 keV by MCNP Code YOON Jungran, LEE Samyol¹, RO Tae-Ik(¹동아대 학교, ¹남부대 학교) In

the neutron capture experiment and calculation, the neutron absorption and scattering is very important. Especially these effects are disposed in the resonance energy region and below the thermal energy region. In the present study, we calculate energy dependent neutron absorption and scattering coefficients of natural rhodium in energy region from 0.003 eV to 100 keV by MCNP-4B Code. We calculate the coefficients for several types of thickness. In the lower energy region, neutron absorption is larger than higher region, because of large capture cross-section ($1/v$). These results are very useful to decide the thickness of sample and shielding materials.

Cp-030 Trigger Efficiency of Quarkonia in Heavy Ion Collisions for CMS 문 동호, 심 광숙, 홍 병식, 김 현철, 김 지현, 박 인규¹, 박 진우¹, 최 민규¹, 한 가람¹, 김 은주²(¹고려대 학교, ¹서울시립대 학교, ²전북대 학교) The Large Hadron Collider (LHC) at CERN has a plan to make collisions of heavy ions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.5$ TeV. The heavy-ion collision experiment at LHC is crucial to understand the relation between the formation of the quark-gluon plasma (QGP) under extreme conditions and the peculiar suppression pattern of J/ψ 's observed at the Relativistic Heavy Ion Collider (RHIC) and the Super Proton Synchrotron (SPS) at much lower energies. A strongly suppressed J/ψ yield in Pb+Pb collisions at LHC would support the sequential-screening scenario whereas a strong enhancement would prefer the recombination model due to the larger density of heavy quarks and antiquarks in the medium. In addition, the abundant production of the Upsilon (1S, 2S, 3S) states at LHC energies will open up a unique opportunity to study the threshold dissociation behavior of the whole bottomonium family. In this presentation, we discuss about the expected performance of the CMS trigger for muons originated from the decay of J/ψ (or Y) $\rightarrow \mu^+ \mu^-$ in Pb+Pb collisions at 5.5 TeV. Various methods were tried to reconstruct quarkonia from dimuon pairs. We compare the results for the trigger efficiency.

Cp-031 Fabrication and Test of an Ion Chamber for Monitoring High Range Radiation Dose SONG Tae-Yung, KIM Han Soo, PARK Se-Hwan, HA Jang Ho(Korea Atomic Energy Research Institute.) KAERI (Korea Atomic Energy Research Institute) has been developing ion chambers which are used for an area radiation monitoring system. Those ion chambers are mainly used to measure the dose of gamma rays. Ion chambers usually have a cylindrical shape cathode with an anode rod at the center. Such a general shape of an ion chamber is not effective to measure high dose radiation due to the collection efficiency problem. KAERI adopted a multiple plates capacitance type ion chamber to measure high range radiation dose. It was developed to measure $1 - 10^7$ R/h. The cathode and anode plates were made of aluminum. The ion chamber was filled with air. The operating voltage was 500 V and the leakage current was measured at that operating voltage. Two 25mCi Am-241 gamma sources were used to check the characteristics of gamma ray detection. *Acknowledgements: This work has been carried out under the nuclear R&D program of the Ministry of Science and Technology (MOST) of Korea.

Cp-032 Evaluation of Kinetics Parameters of RTL Quartz

HONG Duk-Geun, SONG Ki-Woung¹(Kangwon National University, Department of Physics. ¹Chungcheong Cultural Properties Research Institute.) RTL kinetics parameters (i.e. the activation energy (E), frequency factor (S), life time (τ)) were determined by two methods: initial rise (IR) method and glow curve fitting (GCF) method. The activation energy values could be obtained for several temperatures using IR method, which suggested that RTL glow curve was composed of several peaks. In order to estimate the precise kinetics parameters, the GCF method was conducted on the basis of the result of IR method. As a result, the activation energy values estimated from GCF method were in accordance with the results of IR method within standard deviation.

Cp-033 Detector Characterization of a Silicon PIN Diode

with a Proton Beam KIM Youngim, KAH Dongha, KANG hee-dong, KIM hongjoo, KIM hyunok, PARK hwanbae, HYUN hyojung, KIM kyeryung¹(Kyungpook National University. ¹PEFP, KAERI.) We designed and fabricated silicon PIN diodes on 5-in. high resistivity <100> n-type 380 μ m-thick silicon wafer and the active area of the diode is 1 cm x 1cm. The silicon diode was exposed to a 45 MeV proton beam from the MC-50 cyclotron at the Korea Institute of Radiological and Medical Science (KIRAMS) in Seoul. The leakage currents as a function of the reverse bias voltages were measured before and after the proton beam irradiation. The signal-to-noise ratio (SNR) of the PIN diode was also measured with the proton beam to be 20.8 after corrected for the minimum ionizing particle. We present the understanding of radiation-included detector deterioration and the SNR of the silicon diode in this present.

Cp-034 A New Total Absorption Gamma Detector Array

WANG Taofeng, LEE Manwoo, KIM Kyoungsook, RAHMAN M. S., KIM Kwangsoo, KIM Guinyun(Kyungpook National University.) Abstract A new 4 π gamma total absorption detector array utilized for neutron capture cross sections measurement at Pohang Neutron Facility (PNF) is building at present, which consists of 12 BGO (Bi₄Ge₃O₁₂) crystals sized as 5×5×7.5cm. This g-ray detector array will be matched to a 12 m neutron flight path and connected with a new data acquisition system (DAQ) utilizing flash-ADC at PNF. We measured the characteristics of each detection module, such as energy resolution, time resolution and detection efficiency using different reflector material by a series of standard radiation sources. We simulated the performance of this detector using GEANT4 Monte Carlo code. The ⁶LiF layers for scattering neutron absorption, neutron beam pipe, crystal wrapping material, aluminium holder and gamma/neutron source defined with GPS were included in the simulation code. Simulated g-ray spectra were compared to measured data. Good agreement was achieved. A total detection efficiency and peak-to-total ratio as a function of g-ray energy were established for mono-energetic gamma rays. Neutron time of flight (TOF) spectra and total emitted g-rays energy spectra for neutron capture reaction of ¹⁹⁷Au sample were also simulated.

Cp-035 Investigation of Energy Dependence Isomeric Cross-section Ratios of ¹⁹⁷Au(g,n)^{196m}Au by Photoactivation Method Using Electron Beam Linac

RAHMAN M.S., NGUYEN Van Do¹, PHAM Duc Khue¹, KIM Tien Thanh¹, OH Y.D.², WANG T.F., KIM G.N.(Kyungpook National University. ¹Institute of Physics and Electronics. ²Pohang Accelerator Laboratory.) Activation techniques have been used to measure energy dependence isomeric ratios of ¹⁹⁷Au(g,n)^{196m}Au 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 ¹⁹⁶Au in the present study are obtained (5.338±0.087)10⁻⁴, (7.191±0.091)10⁻⁴ and (8.830±0.041)10⁻⁴ at the bremsstrahlung end point energy of 50MeV, 60MeV and 70MeV respectively. Results obtained have been discussed and compared with some corresponding values found in the literature.

Cp-036 Fabrication of a Silicon PIN Diode for Radiation

Detection SON Dohhee, HYUN Hyojung, KAH Dongha, KANG Heedong, KIM Hongjoo, KIM Hyunok, KIM Youngim, PARK Hwanbae(Department of physics, Kyungpook National University.) Silicon PIN diodes with an active area of 1 cm x 1cm were fabricated on a high resistivity, <100>-oriented, n-type, 380-um thick and 5-in. silicon wafer. These diodes were manufactured on purpose to monitor strip sensor fabrication processes. We measured the radiation detection responses of the silicon PIN diodes and observed photopeaks from radioactive sources, Am-241 and Cs-137. The spectrum of simulations was compared with those of the source tests to understand the measurement results. We also measured the signal-to-noise ratio of the diode to be 36.0 by using Sr-90 radioactive source. We present the energy resolution and the signal-to-noise ratio of the diode measured by using the radioactive sources.

Cp-037 External-beam PIXE 실험장치 개발

정 민선, 정 흥, 윤 민영¹, 김 도균¹, 박 규준¹(숙명여자대학교 물리학과. ¹서울대학교 기초과학 공동기기원 정전가속기 연구센터) 서울대학교 기초과학 공동기기원 정전가속기 연구센터의 3MeV Tandatron electrostatic accelerator에 정밀 원소 분석이 가능한 external-beam PIXE(Proton-Induced X-ray Emission) 라인을 설치하고 그 성능을 검증하였다. External-beam PIXE는 진공 중에서 측정이 불가능한 암석이나 퇴적물, 액체 또는 거대한 시료에 대해 원소 분석이 가능하게 하는 측정기법이다 이 기법에서는 양성자 빔이 공기중으로 인출되며, 또한 시료가 두꺼울 경우에도 있으므로 시료에 조사되는 양성자 빔 전류를 일반적으로 측정할 수 없는 단점이 있다. 이와 같은 단점을 해결하고 빔의 안정성을 확보하기 위하여 BPM, doublet quadrupole magnet을 설치하였다. 그리고 PIXE 분석에서 절대 측정이 가능하게 하기 위해 필요한 양성자 빔 전류를 측정하기 위해 scattering chamber 내부 중앙에 직경 0.0254mm의 구리선을 설

치하고 빔 라인 후방 150° 위치에 SSB detector를 설치하여 구리선에서 부딪혀 후방 산란되는 양성자의 yield와 인출되는 양성자 전류의 비를 조사하였다. 스펙트럼상의 백그라운드를 줄이기 위해 인출 window와 표적 사이 공간을 감싸는 장치를 만들고 이곳에 헬륨 기체를 흘려 보내주었으며, 그 결과 전체적인 백그라운드는 1/62만큼 줄어드는 것을 관찰하였다. 표준시로 측정 결과 한번의 측정으로 표준시로 내 원소들을 모두 측정할 수 있었고 Mn의 경우 0.40ppm까지 측정이 가능하였다.

Cp-038 RICH R&D Status Report : Test Results of a prototype of RICH detector with Gas System at PAL YI JunGyu, LEE Hayoung, KIM Junghan, YOO In-Kwon(부산대학교 물리학과) For test of a prototype of RICH Detector at an energetic electron beam line of Pohang Accelerator Lab. in Korea, a gas system is designed and developed. Some results from the test with dry air and nitrogen gas as cherenkov radiators will be presented and discussed.

Cp-039 저온에서의 섬광 결정 특성 조사 김민정, 소중호, 김홍주, 박환배, 강희동, 김완, 도시홍¹, 김성환²(경북대학교 물리학과, ¹부경대학교 물리학과, ²대구보건대학교) 압축된 헬륨 기체 순환 시스템으로 상온에서 10K까지 온도를 내리는 저온 장비를 이용하여 Czochralski 방법으로 새롭게 개발된 BaCl₂와 Ba_{0.20}Sr_{0.80}Cl₂ 섬광 결정체의 저온 특성을 조사하였다. 저온에서의 특성 조사는 주변 열로 인한 thermal noise를 줄일 수 있는 장점이 있다. 섬광 결정을 10K까지 냉각시킨 다음 10K에서 상온까지 온도를 변화시키면서 Cs-137 gamma ray source를 사용해 섬광 결정체의 온도에 따른 섬광광과 decay time의 변화를 측정하였다. 섬광 결정을 쿨링 판에 밀착하게 설치하고 섬광 결정을 냉각하기 전에 주변을 약 10⁻³ ~ 10⁻²의 진공 상태로 만들어준다. 섬광 결정에서 나온 빛은 쿼츠바를 통해 PMT로 들어가 증폭되고 증폭된 시그널은 preamplifier를 거쳐 400MHz FADC에서 디지털화되어 PC로 들어간다. 획득한 데이터는 root package를 이용해 분석하였다. 이 시스템을 이용하여 PbWO₄의 저온 섬광 특성도 조사하였다.

Cp-040 Chemical analysis and aging studies for the CMS forward RPCs 김현철, 이경세, HU Rongjiang, 이한범, 김충, 문동호, 김지현, 안성환, 심광숙, 박성근, 홍병식, 박상렬¹, 김용은², 김용주³, 남순권⁴, 이석재⁵, 이준택⁶, 홍성종⁷(고려대학교 물리학과, ¹원광대학교 물리학과, ²충북대학교 물리학과, ³제주대학교 물리학과, ⁴강원대학교 물리학과, ⁵서남대학교 물리학과, ⁶건국대학교 물리학과, ⁷서울대학교 의과대학) We have performed an aging study for the forward resistive plate chambers (RPCs) of the CMS by using a 200 mCi ¹³⁷Cs source. A strong degradation in the TDC data of the RPCs was caused by intensive gamma signals when the rate was higher than 3.0 kHz/cm². After the completion of the irradiation test, autopsy and chemical analysis were performed to investigate the degradation phenomena occurred in the RPCs. The device used for the semi-quantitative chemical analysis for the RPC electrodes was a X-Ray Fluorescence (XRF) device in Seoul center of the Korea Basic Science Institute (KBSI). The chemical analysis was also made for the RPCs in the previous aging study for the comparison. We conclude that the strong degradation of the TDC data is not directly related with high F concentrations,

but with the high particle rates. We also conclude that a safe operation of the freon-based RPCs could be ensured with particle rates less than 2.0 kHz/cm².

Cp-041 Charge Transport Properties of a CZT Crystal with Au Contacts CHUN Sung Dae, PARK Se-Hwan, HA Jang-Ho, KIM Han Soo, KANG Sang Mook, KIM Yong-Kyun¹, HONG Duk-Geun²(Korea Atomic Energy Research Institute, ¹Hanyang Univ., Dept. of Nuclear Engineering, ²Kangwon National Univ., Dept. of Physics.) A CZT detector was fabricated with a spectroscopic grade crystal, and with the dimensions of 5×5×2 mm³ from eV products. Peltier coolers were installed below the fabricated CZT detector to reduce the temperature down to -20 °C. The current-voltage characteristics of the CZT detector were measured for biased voltages from -300 to 300V. The charge transport properties were determined by measuring the energy spectra of the gamma-ray ²⁴¹Am, ⁵⁷Co and alpha-particles ²³⁸Pu. It was evaluated in terms of a temperature variation for the CZT crystal. The differences of the CZT detector's performances and the charge transport properties were compared. The experimental results could be helpful for designing a next generation CZT radiation detector.

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

Cp-042 Energy Resolution Improvement in CdZnTe Detectors by Virtue of the Interaction Depth Determination 정효순, 이주한, 권영관, 이춘식(중앙대학교 물리학과) CdZnTe (CZT) semiconductor detectors have been prevented from being used for gamma-ray detection by its poor energy resolution in spite of its good efficiency and its usability in room temperature. The poor energy resolution comes from incomplete charge collection in electrodes due to trapping of charge carrier. The trapping effect depends on a drift length of charge carrier in CZT crystal. Therefore, if we get a gamma-ray interaction depth in which the charge carriers are generated, the charge loss would be compensated from the drift length and then the energy resolution becomes to be more improved. There are two ways to obtain correlation between the charge loss and the interaction depth. One is to use the ratio of a cathode signal to an anode signal and another is to use a risetime of anode signal. We performed the experimental comparison between their capabilities to improve the energy resolution by using a CZT detector with dimensions of 5 × 5 × 5 mm³. The CZT detector had 16 pixellated anodes and a common cathode. In this presentation, we will report our experimental results and discuss the best way to improve an energy resolution of CZT detector.

Cp-043 Comparison of the Characteristics of He-3 and He-4 Proportional Chambers for Neutron Detection LEE Dong Hoon, KIM Yong Kyun, KIM Jong Kyung, PARK Byeong Hyeon, KIM Gi Dong¹, PARK Se Hwan², HA Jang Ho²(Department of

Nuclear Engineering, Hanyang University, Seoul, 133-791, Korea. ¹Korea Institute of Geoscience and Mineral Resource, Daejeon, 305-350, Korea. ²Korea Atomic Energy Research Institute, Daejeon, 305-600, Korea.) The helium-filled proportional chambers are widely used in the field of neutron detection. The He-3 chamber is used mainly for the detection of thermal neutron by using (n, p) nuclear reaction and He-4 detector is used for fast neutron by using recoil interaction. The major aim of this paper is to establish the optimum operating conditions and to compare detector response characteristics of He-3 and He-4 chambers when they are used for neutron detection. We used two commercially available cylindrical proportional chambers with a size of 5 cm diameter and 30 cm effective length for the present study. And we designed and manufactured polyethylene moderator for He-3 tube. The neutron source used for this study is Am(241)-Be with activity as 5 Curie. The leakage and signal currents and gas amplification of these detectors according to the bias voltage change were measured using high precision electrometer. To determine the appropriate shaping time for neutron-gamma discrimination, gamma-ray response was measured by using Co-60, Cs-137, and Co-57 (about 10 micro Curie) sources. Pulse height distributions were obtained for neutrons, and standard electronics which consists of a preamplifier, a shaping amplifier, and a multi-channel analyzer were used. We obtained and compared the pulse height spectra and energy resolution according to the shaping time. * This work was carried out under the Nuclear R&D program of the Ministry of Science and Technology (MOST), Korea, and also supported by the iTRS SRC/ERC program of MOST/KOSEF.

Cp-044 광대역 중성자를 이용한 액체섬광검출기의 양성자 광출력 및 반응도 측정 김 정호, 박 현서, 최 길웅(한국표준과학연구원) 원자력의학원 MC-50 사이클로트론의 30 MeV 양성자 빔을 5 mm 두께의 ⁹Be 표적에 입사시켜 광대역 중성자(white neutron)를 발생시켜 BC-501A 액체섬광검출기로 측정하였다. 감마선과 중성자의 구별은 PSD 방법을 이용하였고 중성자 에너지는 검출기 anode 신호를 TDC 시작, 사이클로트론의 RF 신호를 TDC 정지 신호로 하여 중성자 TOF를 측정하여 결정하였다. ADC 값은 ¹³⁷Cs 감마선을 이용하여 MeV로 교정하였으며 측정된 중성자 에너지에 따른 액체섬광검출기의 양성자 광출력 및 반응도를 구하였다.

Cp-045 Electron identification by the TRD in ALICE 김 범규, 최 인제, 장 범수, 복 정수, 이 동훈, 범 지현, 권 영일, 강 주환(연세대학교 물리학과) The Transition Radiation Detector(TRD) in ALICE barrel provides necessary hadron rejection to enrich electron sample. Up to now, a couple of algorithms handling the detector signals have been tried to differentiate electrons from hadrons. The classical one is the likelihood method on the total deposited charge. Further improvements in hadron rejection are achieved by the Neural-Network (NN) applications. The NN is a powerful tool for pattern recognition. An important limitation is that its operation mechanism is not known. We overcome the limitation starting from a simplified simulation and the related physical input

variables. We also transform the output into a new variable following Gaussian distribution. To conclude, we developed a NN with the transparent operation mechanism and output interpretation. Preliminary hadron rejection factor will be also shown.

Cp-046 텅스텐 섬광섬유 검출기 개발 및 특성연구 백 광윤, 이 효상¹, 임 계엽², 안 정근(부산대학교 물리학과, ¹한국기초과학지원연구원, ²고에너지가속기연구기구(KEK)) 새로운 형태의 샘플링 칼로리미터인 텅스텐 섬광섬유 검출기와 납 섬광섬유 검출기를 제작하였다. 우주선을 이용해서 각 검출기의 광 효율과 감쇠 길이를 측정하였다. 광전자증배관에서 75cm 떨어진 위치에서 텅스텐 섬광섬유 검출기의 광량은 47.0 ± 0.7 p.e./MeV 이고 납 섬광섬유 검출기의 광량은 62.1 ± 0.5 p.e./MeV 이다. 텅스텐 섬광섬유 검출기의 감쇠 길이는 254 ± 4 cm 이고 납 섬광섬유 검출기의 감쇠 길이는 157 ± 2 cm 이다. 2007년 11월에 일본 토호쿠 대학의 LNS 전자빔을 이용해서 텅스텐 섬광섬유 검출기의 에너지 분해능과 감쇠 길이를 측정하였다. 에너지 분해능은 1GeV에서 $13.2 \pm 0.3\%$ 이고 감쇠 길이는 102 ± 0.8 cm 이다.

Cp-047 Single-GEM 검출기의 동작 특성 하 성용, 김 일곤, 이 정두, 장 옥흔, 유 동선(창원대학교 물리학과) GEM 검출기를 제작하고, 동작 특성을 연구 하였다. 실험에 이용한 방사선원으로는 Fe-55 밀봉선원을 사용하였으며, N472 전원장치를 이용하여 검출기의 Cathode와 GEM의 양단 그리고 anode에 전압을 인가시켜 주었다. GEM 검출기는 표류영역을 3mm로 제작하고 수집영역을 1mm에서 6mm로 제작 하였으며, 본 연구실에서 자체 제작한 전자회로를 통하여 신호를 증폭 시키고, LabView를 이용하여 데이터들을 수집하였다. 실험을 통하여 이탈 신호와 주 신호를 확인 할 수 있었는데, 수집 영역이 길어질수록 수집되는 전자의 수가 증가하여 이탈 신호와 주 신호가 전체적으로 오른쪽으로 이동하는 현상을 확인 할 수 있었다. GEM 양단의 전압은 400V~455V까지 조절 하였으며, 이 때 이득은 1×10^3 정도임을 확인 할 수 있었다. 그리고 표류영역과 수집영역 그리고 GEM 양단의 전위차를 조절하여 GEM의 전자의 증폭에 따른 신호의 이동과 각 단의 전위차가 증폭률에 미치는 영향에 대하여 조사하였다.

Cp-048 전자빔에 의한 GEM 검출기의 동작 특성 조사 김 일곤, 하 성용, 이 정두, 장 옥흔, 김 지혜, 유 동선, 한 창희(창원대학교 물리학과) 자체 제작한 기체전자증폭 장치(GEM)을 이용하여, 원자력 연구소의 0.3~2MeV 전자빔을 측정 하였다. 사용한 KAERI의 전자빔은 주파수(frequency) 23kHz, bunch width 30ps이며, 상하 좌우로 50Hz*670Hz 로 진동하며 Lissajous figure형태로 방출된다. 주기적으로 방출되는 전자빔의 정보는 검출기의 전단 증폭기를 통과한 신호를 오실로스코프에 입력시켜 확인 하였으며, 전자빔의 스펙트럼은 Lab-View를 이용해 측정 하였다. GEM 검출기의 표류(drift), GEM foil, 유도(induction)영역에 인가하는 전위차에 따라서 검출기의 증폭율이 달라지게 되는데, 각 부분에서의 영향의 정도를 보기 위해서는 각 영역별로 전위차를 주어 증폭률의 변화를 확인 하였다. V(drift)=300V, V(induction)=200V로 고정하고, V(GEM)을 300V에서 420V까지 변화시키면서 측정 하였고, GEM foil에 인가하는 전압의 증가에 따라서 증폭율이 갑자기 증가하는 것을 볼 수 있었다. 그리고 각 부분의 전위차를 변화시키면서 측정한 결과 따르면 V(GEM)이 증폭율에 큰 영향을 미

치며, 다음으로 V(induction)이 영향을 미치며, V(drift)는 증폭율에 크게 영향을 미치지 못하는 것을 알 수 있다.

Cp-049 Experiment of Performance Characterization of Optical Fiber Scintillator Detector by Exposing High Electron Beam 이 상현, 전 상준, 주 관식, 문 혜진, 백 승화¹, 양 한준², 유 상수(명지대학교, 물리학과, ¹명지대학교, 정보공학과, ²울지대학교, 방사선학과.) 광섬유 섬광체는 방사선에 의한 손상이 거의 없어서 기존의 방사선 센서들에 비해 유지 보수에 드는 비용을 줄일 수 있으며, 검출기의 특성에 맞게 쉽게 변형이 가능하며, 실시간 감시가 용이하다는 장점이 있다. 본 실험에서는 몬테카를로 전산 모사를 이용해 여러가지 크기의 광섬유 섬광체를 사용한 방사선 센서를 제작하고, 제작된 방사선 센서에 에너지와 전류를 다르게 한 전자빔을 조사시켜 제작된 방사선 센서의 성능을 평가 하였다.

Cp-050 Gas Flow형 Portal Monitor 설계 김 민석, 최 화림, 정 종은, 이 민우, 이 상석(한국원자력연구원.) 기존의 기기를 보완하여 Gas flow형 정문오염감시기를 설계하였다. 새로 설계된 정문오염감시기는 P10가스를 사용하는 비례계수관을 검출기로 사용하여 알파선과 베타선을 측정할 수 있으며 검출효율을 높이기 위하여 잡음제거 회로가 고려되었으며 모두 11개의 검출기를 사용하였다. 각 검출기는 전자증폭기와 카운터, 데이터전송회로 등이 일체형 모듈로 구성되도록 설계하였고 각 모듈에서 중앙제어장치로 측정된 데이터를 전송하는 구조로 구성되어 검출기의 착탈 및 유지보수가 용이하도록 하였다. 측정된 계수량을 방사선량으로 변환하기 위한 알고리즘을 내장하였으며 표준선원을 사용하여 교정이 가능하도록 설계하였다. 또한 측정시간을 선택할 수 있으며 차단기를 부착하여 측정선량 초과시 경보음과 함께 통과를 금지하는 기능을 설계에 반영하였으며 데이터를 전송하기 위한 네트워크 인터페이스를 내장하도록 하였다. 디스플레이 장치로는 TFT LCD를 부착할 수 있도록 설계하였다. 가스의 공급을 위한 가스용기는 케이스의 내부에 위치하여 외부로 노출하지 않도록 설계하였다.

Cp-051 Novel Neutron Spectrometer for neutron energy measurement at various high field regions 문 명국, DESAI Shraddha, 천 종규(한국원자력연구원.) Neutron monitoring is important for the biological safety of manpower around the reactors as well as civil area for explosive trafficking detection. We discuss the development of Neutron energy spectroscopy. We have designed and developed a novel type of instrument for neutron energy measurement. A 1-dimensional position sensitive detector with variable moderator thickness over the sensitive length of the detector and the data is recorded with the charge division readout method. A compact pulse processing and digital division is carried out using FPGA. Presently two structures of moderator are used with conical shape: symmetric and non symmetric. Neutron transmission and moderation data is simulated using GEANT4 code Detector and shield response for various monoenergetic and white beams is obtained using neutron sources. Presently 14 MeV DT neutron generator and AmF point sources are used. Measured data is used for development of energy transport code and neutron response function. Finally the data needs to be normalized for source known

energy spectra and strength. We present the details of hardware and software aspects of present neutron spectrometer

Cp-052 Current-Voltage Characteristic of a Semi-insulating GaAs Radiation Detector at Variable Operating Temperature KANG, S. M., HA, J. H., PARK, S. H., KIM, H. S., LEE, J. H., LEE, N. H., KIM, Y. K.¹(Korea Atomic Energy Research Institute, Daejeon, 305-600, Korea. ¹Department of Nuclear Engineering, Hanyang University, Seoul, 133-791, Korea.) In general, the requirement for a room temperature operation of a semiconducting material for a radiation detection is a large band gap energy such that the thermal generation of the signal carriers is kept to a minimum. The band gap of the GaAs is 1.42 eV and it is sufficiently wide to allow for its use as a radiation detector at room temperature. The properties of the GaAs wafer are a 7.58×10^7 ohm-cm resistivity, a 350 μ m thickness, and a (100)-oriented type. We prepared 10×10 mm² samples by using a semiconductor diamond saw. Prior to a metallization process, the surfaces of the GaAs wafer were etched by H₂SO₄ and H₂O₂ solutions and rinsed with de-ionized (DI) water, and the removal of an oxidation layer by a HCl solution was performed. Metal/semiconductor contacts on the surface were fabricated by using a thermal evaporator in a high vacuum condition. The prototype GaAs detector had circular metal contacts of Ni/Au at each side and the diameter of a circular contact was 5 mm. The current-voltage characteristics of the GaAs semiconductor detector were measured by using HP parameter analyzer with voltage sources. We measured the leakage currents at different temperature conditions and analyzed the temperature dependency.

* Acknowledgments: This work was performed under the long-term nuclear research and development program sponsored by Ministry of Science and Technology of Korea, and supported by the Innovative Technology Center for Radiation Safety(iTRS).

Cp-053 Development of neutron detector with high beam cross section efficiency and zero dead space for single crystal diffractometer DESAI Shraddha, 문 명국, 천 종규, 이 창희(한국원자력연구원.) Gas filled detectors with single anode cylindrical and multiwire rectangular geometries are routinely developed by various laboratories as per the requirement. Use of high pressure ³He gas for improving efficiency and shielding arrangement put constraints on the sensitive and overall volume of the detector. We have designed and developed a high efficiency detector for use at single crystal diffractometer and various constraints were considered during design to suit the instrument requirements. Instrument has the restriction of axle movement along with the heavy detector shield and space utilized in horizontal direction should be minimized. Single Crystal Diffractometer needs a long time to record the diffraction pattern and the main requirement of properties is high detection efficiency at shorter wavelength and the maximum neutron beam cross section area. The present detector is based on single anode geometry and with rectangular shaped cathode structure made up of stainless steel. This structure results in uniform efficiency over the complete intercepted beam. Optimal dimension and internal assembly is so

designed to obtain 95% efficiency at 1 Å neutron wavelength. Completely welded detector helps in high temperature outgasing and increase life of detector. Anode is made up of 20 μ W filament to reduce the anode bias needed. Further details on detector assembly and characterization results will be presented.

Cp-054 VATA Hybrid Board Design and Test for Silicon Pixel Array Sensors HYUN H.J., BAE J.B., KAH D.H., KANG Heedong, KIM H.J., KIM H.O., KIM Y.I., PARK H. (Kyungpook National University, Department of Physics.) A prototype of X-ray imaging detector consists of pixel array sensor and front-end electronics for signal readout. Pixel sensors are fabricated on high resistivity, <100>-oriented, 380 μm-thick and n-type silicon wafer. The pixel array sensor consists of 4 × 128 matrix pixels and provides two-dimensional position information. A size of each pixel sensor is 100 μm × 100 μm. For sensor signal readout, VA1TA_3 ASIC chip from Gamma Medica-Ideas, Norway is used. The VA1TA_3 ASIC chip provides analog outputs of 128 channels and a wire-OR'ed trigger output for every event. We present progress on development of the pixel array sensors and the front-end electronics.

Cp-055 Progress on the Development of CZT strip Detector PARK Se-Hwan, KIM Han Soo, HA Jang Ho, PARK Hyung Sik (KAERI) CZT(CdZnTe) 검출기는 방사선 영상, Homeland security, 공정 제어 등 분야에서 활용될 수 있는 방사선 검출기로 주목받고 있다. 방사선 입사 위치를 측정할 수 있는 Strip 형 CZT 검출기 개발이 한국원자력연구원에서 진행 중이다. Mask pattern 법과 Photolithography법을 이용하여 CZT strip 검출기를 제작하였다. 제작된 검출기는 10 * 10 mm²의 단결정에 1 mm pitch 구조의 전극을 가지도록 설계되었다. 다채널 신호처리를 위하여 Hybrid chip을 이용하여 신호 증폭 회로를 구성하였다. 다채널 신호 저장을 위한 CAMAC 시스템을 구축하여 각각의 Strip 전극에서 발생한 신호를 수집 저장하도록 하였다. 구축된 측정 시스템을 이용한 60 keV 감마선 측정 결과를 발표한다.

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

Cp-056 고 에너지 분해능 초전도 상전이 센서를 이용한 엑스선 감마선 검출 배재범, 이영화, 김용환, 박세일, 박환배¹, 이경범, 이민규, 이상준, 이화용 (한국표준과학연구원, ¹경북대학교, 물리학과) X-선 및 gamma-선 검출용 초전도 상전이 센서 (transition edge sensor: TES)를 개발하였다. 초전도 상전이 센서는 극저온에서 초전도체가 갖는 급격한 상전이 특성을 이용하여 X-선 및 gamma-선 흡수에 따른 온도 변화를 측정하며, 기존 반도체 검출기에 비해 우수한 분해능과 검출능력을 보인다. 본 연구에서 센서부는 SiN_x 멤브레인 위에 Ti/Au 이중층 박막을 이용해 형성하였고, 박막의 두께비를 조절함으로써 상전이 온도를 제어하였다. 제작된 TES는 극저온에서의 기본 물성을 측정하였고, ⁵⁵Fe 와 ²⁴¹Am 방사선원을 이용한 X-선 및 gamma-선 검출 실험을 수행하였다. 본 결과를 바탕으로 초전도 상전이 센서의 성능과 개선점을

논의할 것이다.

Cp-057 Luminescence properties of CsI(Tl) crystals under proton irradiation 문진호, 황용석, 김홍주, 박한배, 김완, 강희동, 김성환¹, 도시흥² (경북대학교, ¹대구보건대학, ²부경대학교) We investigated the luminescence properties of CsI(Tl) crystals by using the proton beam from the MC-50 Cyclotron at the Korea Institute of Radiological and Medical Science (KIRAMS). The luminescence emission spectra of CsI(Tl) crystals excited by 30-MeV proton beam have two peaks around 400, 550 nm, while the emission spectra excited by 6-MeV x-ray have a peak around 550 nm only. The decay time of CsI(Tl) excited by the proton beam is composed two components, which the fast and the slow components are about 0.6 and 2.5 μs, respectively, but the decay time excited by 661 keV γ-ray source is approximately 2 μs. And we examined a relation between the peaks of emission spectra and the decay time components.

Cp-058 다기능 TL/OSL 측정 장치 개발 박창영, 장인수, 오미애, 이종덕, 정기수, 최홍수¹, 이정일², 김장렬² (경상대학교 물리학과 및 기초과학연구소, ¹경상대학교 물리교육과 및 기초과학연구소, ²한국원자력연구원) 개인선량계로 활용될 수 있는 다양한 모드로 OSL과 TL이 측정 가능한 다기능 TL/OSL 측정 장치를 개발하였다. 본 연구에서 개발한 TL/OSL 측정 장치는 다양한 형태의 자극광을 제어할 수 있도록 고안되었으며, 본 장치를 통해 측정 가능한 OSL 모드로는 Continuous wave OSL (CW-OSL), Linearly modulated OSL (LM-OSL), Non-linear OSL (NL-OSL), 그리고 TL-OSL (TOL)이 있다. OSL을 위한 자극광의 다양한 모드와 시료를 직접 열처리할 수 있는 시료 홀더의 온도를 PC와 LabView 프로그램을 이용하여 제어가 가능하도록 하였다. 이 장치를 이용하여 X-선과 β-선에 일정시간 노출시킨 각각의 α-Al₂O₃:C 시료들에 대한 OSL 특성을 CW- 및 LM-모드로 측정, 분석하였다. X-선원으로는 가속전압과 전류가 각각 40 kV, 4 mA인 X-선 발생장치를 이용하였으며, β-선원으로는 ⁹⁰Sr/⁹⁰Y를 이용하였다. 이들 두 방사선원에 대하여 노출시간에 따른 각 시료의 OSL 특성을 조사하였다. 선량이 증가함에 따라 OSL 신호의 적분강도도 선형적으로 증가함을 알 수 있었다. 한편 LM-OSL 모드로 측정된 신호를 분석한 결과 α-Al₂O₃:C의 경우 세 개의 트랩준위가 존재하는 것으로 분석되었으며, 이 결과는 기존의 장치들로부터 얻어진 결과와 비교적 잘 일치하였다. 이러한 결과를 통해 본 연구에서 개발한 다기능 TL/OSL 장치의 신뢰도를 확인하였다.

Cp-059 발광곡선 분석프로그램을 이용한 LiF:Mg,Cu,Si의 열자극발광 파라미터의 결정 장인수, PRADHAN A.S., 이정일, 김장렬, 정기수¹ (한국원자력연구원, ¹경상대학교 물리학과 및 기초과학연구소) 한국원자력연구원에 의해 새로운 열발광선량계(TLD) 물질로 개발된 LiF:Mg,Cu,Si는 감도나 열안정성 측면에서 기존에 개발되거나 상용화된 TLD 물질들에 비하여 좋은 특성을 가지고 있다. 이 물질의 열자극발광(TL) 특성을 정교하게 결정하기 위해 실험실에서 제작한 TL 관독기를 이용하여 선형 온도 상승을 비롯하여 Hyperbolic 등 다른 함수형태의 온도 조건에서 발광량을 측정하였다. 이 발광곡선(glow curve)을 LiF 물질에서 널리 사용되는 1차운동학 뿐만 아니라 보다 일반적인 운동학 모형으로

본 연구진에 의해 개발된 발광곡선분석 프로그램으로 분석(CGCD)하였다. 특히 선량측정에서 중요한 피크 4의 계수들을 정밀하게 확정하기 위해 여러 온도함수로 측정하였고, 아울러 LiF:Mg,Cu,Si의 원형이라고 할 수 있는 LiF를 모체로 한 다른 TL 물질들에 대해서도 같은 측정과 분석을 수행하여 이들을 비교하였다.

Cp-060 The Growth and Scintillation Characteristics of CsI:CO₃ single Crystals 하 신정, 강 희동, 박 환배, 김 홍주, 김 성환¹, 도 시홍², 강 상준³(경북대학교 물리학과, ¹대구보건대학, ²부경대학교, ³세명대학교) We present luminescent and scintillation characteristics of CsI:CO₃ single crystals. We grew CsI:CO₃ single crystals by using the Czochralski method for different concentration of CO₃ from 0.01 to 0.1mole%. The luminescent characteristics were measured with X-ray and electron beam to study the emission spectra of the CsI:CO₃ crystals. The scintillation properties of the CsI:CO₃ crystals for different concentration of CO₃ such as fluorescence decay time, energy resolution, pulse height spectra, proportionality, relative light output were studied by using various gamma ray source and an alpha source with a photomultiplier tube (PMT) at room temperature. The absolute light output of these crystals was also measured with avalanche photo-diode (APD). In particular, the alpha/beta light ratio and possibility of a pulse shape discrimination between alpha and gamma quanta using an Am-241 alpha source will be presented.

Cp-061 양전자 소멸 수명 분광기의 몬테카를로 전산모사 주 관식, 전 상준, 문 혜진, 이 상현, 김 은, 박 진훈, 유 상수, 백 승화¹, 양 한준²(명지대학교 물리학과, ¹명지대학교 정보공학과, ²울지대학교 방사선학과) 고체의 표면이나 내부의 결함을 측정하고 분석하기 위해 효과적인 양전자 소멸 수명 분광기의 성능 향상을 위해 몬테카를로 전산모사를 사용하였다. Al, Kapton, Ni으로 만든 얇은 막에 NaCl 수용액을 떨어뜨려 제작하는 양전자 선원에서 얇은 막에서 양전자가 감마선으로 변환되는 과정을 MCNPX code를 사용하여 전산모사하였다. 빠른 응답시간을 필요로 하는 시스템이기 때문에 반응시간이 빠른 섬광체를 선택하여야 하며 섬광체의 두께, 모양에 따른 가시광선 발생량과 발생 시간 분포에 대한 데이터 또한 필요하다. 양전자 소멸 감마선과 반응하여 생성되는 가시광선을 섬광체의 모양에 따라 GEANT4를 사용하여 전산모사 하였다.

Cp-062 Design of a PIN-type Radiation Detector by using a TCAD KIM Han Soo, PARK Se-Hwan, HA Jang Ho, CHO Seung Yeon¹, KIM Chan Gi¹(Korea Atomic Energy Research Institute, ¹Department of Environmental Engineering, Yonsei University.) PIN-type semiconductor radiation detectors with various structures have been developed to detect charged particles with a high sensitivity. In this study, a TCAD (Technology Computer Aided Design) was incorporated to extract proper parameters such as a breakdown voltage, a quantum efficiency, and a spectral response

with respect to the designs of structures. The basic structure of the PIN-type semiconductor radiation detector was a square shape of silicon with an anode extending across the front surface and a cathode across the bottom. It is a uniformly doped N-type at 1.0e14, with heavily doped P+ and N- regions at the front and back surfaces respectively. Guard electrode locations and doping concentrations are the main considerations in this study.

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

Cp-063 GEM을 이용한 방사선 측정용 가스전자 증폭기의 제작 및 결합 축전기가 방사선 스펙트럼에 미치는 영향 하영자, 안 봉재, 박 성태, 한 창희(창원대학교 물리학과) GEM(Gas Electron Multiplier)을 이용해 방사선 측정용 단일채널 검출기를 제작하였다. 신호처리를 위한 readout 회로 및 DAQ 프로그램을 개발하였으며 Fe-55를 이용해 검출기의 특성을 조사하였다. 검출기와 readout 회로 사이에 사용한 결합 축전기가 신호이득 및 스펙트럼의 분해능 등에 미치는 영향을 조사하였다. 10~133 pF 사이의 축전기를 사용한 측정에서 스펙트럼의 분해능은 53~100 pF 사이의 축전기를 사용하였을 때 약 18 %의 결과를 보였다. 이 결과로부터 좋은 분해능을 얻기 위해서는 결합 축전기의 선택에 주의하여야 함을 확인하였으며, 신호이득은 축전기 용량의 증가와 함께 비 선형적으로 증가하였다. 검출기에 공급하는 고전압을 -1760~-1920 V 사이에서 변화시켜 측정을 한 결과 인가전압의 변화가 스펙트럼의 분해능에 영향을 미침을 확인하였으며 본 실험에서는 -1820 V에서 가장 좋은 결과를 보였다.

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

Cp-064 레이저 드릴을 이용한 가스전자 증폭기 제작 및 위치 민감형 1차원 검출기 개발 박 성태, 하영자, 안 봉재, 한 창희(창원대학교 물리학과) 1차원 array 형 위치 민감형 방사선 검출기를 개발하기 위해 선형 가스전자 증폭기(Gas Electron Multiplier, GEM)를 제작하였다. GEM 제작에는 두께 105 mm의 유전체 양면에 18 mm의 구리 필름이 임혀진 CCL(Copper Clad Laminate)을 사용하였으며 CCL 표면에 직경 90 mm, pitch 160 mm의 구멍을 벌집모양으로 뚫어서 완성하였다. 구멍을 뚫는 데는 UV laser(HDI5330, ESI)가 사용되었으며 신호의 증폭이 일어나는 활성 영역은 1차원 array 형 검출기의 구조에 맞추어 길이 120 mm, 폭 0.64 mm의 선형으로 제작하였다. 제작된 GEM 검출기의 신호처리 및 데이터 획득을 위해 256 개의 입력 채널을 갖는 readout 회로를 개발하였으며 완성된 검출기는 Fe-55를 이용한 테스트를 통해 방사선 검출용 위치 민감형 검출기로 사용이 가능함을 확인하였다.

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

■ SESSION: P2

4월 18일(금), 09:00 - 10:45

장 소: 109호

Gp-001 What a physical concept is most important? \

Complex network analysis of the general physics concepts 김현주, 이형섭(한국교원대학교 물리교육학과) We apply complex network analysis to the general physics concepts to study the importance of the physical concepts and the relevance between the physical concepts. We construct the physical concepts network in which we consider the physical concepts as nodes and survey the importance of the physical concepts measuring the degree and the betweenness centrality of the physical concepts. The relevance between the physical concepts is studied defining the weight based on the shortest path length between two physical concepts. Also we measure the other quantities which describe the topological properties of the network and survey the scale-free property, small-world property, hierarchical structure, and cyclic structure of the physical concepts network.

Gp-002 초등학생의 전자석의 오개념에 관한 연구 박

종호, 이을수¹, 오영옥, 백남권, 오광택²(진주교육대학교 과학교육과, ¹주초초등학교 ²용덕초등학교) 초등학생은 자석의 성질인 쇠붙이가 자석에 잘 붙는다는 성질을 잘 이해하지만 전자석에 대한 이해는 매우 부족한 편이라고 할 수 있다. 전자석에 관한 학습을 하고 난후의 아동들은 쇠못의 굵기와 에나멜선의 감은 수에 따른 전자석의 세기와 자기력선의 모양, 전자석의 극 방향의 개념 정립이 매우 모호한 편이다. 이에 학생들이 가지고 있는 전자석에 대한 개념을 조사하여 학생들이 가지고 있는 과학적 개념과 오개념 유형의 실태를 분석할 것이다. 연구 결과 학생들의 응답 표현에 따라 자기력선의 모양, 전자석의 극 방향, 전자석의 세기 등을 오개념 등을 조사 분석할 것이다.

Gp-003 청각과 촉각을 이용한 과학실험도구 제작 박

종호, 백남권, 차현수, 이을수¹, 오광택²(진주교육대학교 과학교육과, ¹주초초등학교 ²용덕초등학교) 통합교육에서는 장애아동과 정상아동들은 모두에게 동일한 학습기회의 제공이 가능하도록 해야 한다고 말하고 있다. 청각, 촉각, 후각과 같은 감각기관을 주로 의존하는 시각장애 학생들은 시각적 관찰을 같이 하는 정상 아동들보다 과학적 현상에 대한 관찰이 조금 어렵기 때문에 과학적 사고와 개념형성에 다소 어려움이 있을 수 있다. 시각장애 아동들의 과학교육의 효율적 학습을 위해서는 시각적 관찰능력을 보완할 수 있는 다양한 감각기관을 활용 과학 실험 기구의 개발이 필요하다고 할 수 있다. 그러나 여러 연구에 의하면 현행교육과정 과학과 교육과정에 있어 시각장애 아동들은 장애의 특성에 맞는 교과서가 아닌 일반학교의 교과서를 통해 학습을 하고 있으며, 시각장애에 따른 실험기구의 개발과 보급이 미흡한 편이라고 말하고 있다. 따라서 본 연구에서는 역학분야 실험에서 시각장애아동이 사용할 수 있도록 수평저울을 청각과 촉각으로 시각적 관찰을 보완할 수 있는 실험기구를 제작하여 학습에 적용할 수 있는지에 대해 알아보고자 한다.

Gp-004 진공벽들을 활용한 음파 및 열의 전달 실험 박

종호, 백남권, 이을수¹, 오광택²(진주교육대학교 과학교육과, ¹주초초등학교 ²용덕초등학교) 우리나라의 공동주택에 거주하는 세대는 위층에서 아이들이 뛰어 다니는 소리나 의자를 끄는 소리, 피아노 연주 소리 등의 소음에 의해 항상 스트레스 받고 있다. 이는 우리나라 공동주택의 각 세대는 벽과 바닥을 공유하고 있기 때문에 위층에서 충격으로 발생한 음이 벽과 바닥을 통해 아래층으로 전달되기 때문이다. 이에 본 연구에서는 실생활 과학교육의 적용의 일환으로 진공상태에서 음파가 전달 될 수 없는 성질과 대류와 전도에 의해서 열이 전달될 수 없는 성질을 이용하여 층간소음을 줄이고 보온성을 높일 수 있는 진공벽들에 대하여 연구하였다. 진공벽들의 내부의 상태를 진공상태, 공기로 채운상태, 물로 채운상태로 달리하여 소리의 전달정도, 바닥충격음의 전달정도, 열의 전달정도를 측정하여 비교하였다. 그리고 초등학교 과학3학년의 소리내기, 중학교 과학1의 파동의 발생과 소리의 성질, 고등학교 과정의 파동에너지 단위에서의 매질의 상태에 따른 음파의 전달 실험에 사용 가능성과 고등학교 과정의 열과 에너지 단위에서 진공의 상태에서 열의 전도, 대류, 복사 실험에 사용 가능성을 조사하였다.

Gp-005 대학생들의 열역학 과정에 대한 이해의 특징

지영래, 이주현, 송진웅(서울대학교 물리교육과) 일반물리 내용 중에서 학생들의 열역학 분야에 대한 성취는 다른 분야에 비해 낮으며 학생들의 어려움도 크다. 열역학의 경우 두 가지 기본 법칙을 중심으로 학습이 이뤄지는데, 그 중에서도 1법칙에는 열역학의 이해를 위한 가장 기본적인 용어, 개념, 조건이 등장한다. 본 연구는 서울소재 대학교 물리교육 전공 학부생 40명을 대상으로 열역학 1법칙과 열역학 과정에 대한 이해 및 적용의 특징을 조사하였다. 실제로 대학생들은 역학과 열역학적 개념에 대한 정확한 구분 없이 열역학적 용어를 사용하고 있었으며 열역학 용어들에 대한 정확한 이해를 하지 못했다. 어려움의 원인을 각각의 개념의 설명에서 드러난 하위 개념들의 빈도 수 및 이해 정도를 분류하고 심층 면담을 통해서 학생들의 이해의 특징을 분석했다. 학생들은 열역학 과정 중에서 단일 과정과 등온 과정에 대한 혼동, 자유팽창 과정, 두 가지 유형의 단일 과정 상황을 통한 준정적 과정에서 어려움이 드러났다. 이러한 대학생들의 어려움과 설명 패턴, 각 개념 이해 정도의 관계를 통해 열역학 1법칙 이해의 특징을 분석하였다.

Gp-006 초·중·고 과학교과의 연계성 및 과학에 대한 인식

조사 유평열, 박정은(순천대 물리교육전공) 본 연구는 제7차 중·고등학교 교육과정 해설서 총론과 각론, 제7차 과정의 초등학교 3, 4, 5, 6학년 과학 교과서와 교사용 지도서, 중학교 7, 8, 9학년 교과서와 지도서, 10학년 교과서와 교사용 지도서각 1종씩과 각종 연구 문헌 및 논문을 주요 자료로 힘과 운동 단원을 중심으로 초·중·고 과학교과의 연계성과 과학에 대한 인식을 조사하고 단원의 연계성을 분석하였다. 학생 인식 조사는 전남 동부권 한 도시의 동일 지역에 있는 초등학교, 중학교, 고등학교를 선정하여 조사하였다. 제7차 교육과정 연계성이 대체적으로 잘 편성되었으나 7학년의 힘 단위와 8학년 여러 가지 운동 단위에서 학생들이 느끼는 어려움의 정도가 급격히 증가하는 것으로 나타났다. 초등학교와 중학교 사이의 교과과정 수준차의 문제성에 대해 연계성 극복을 위한 교과과정 개발에도 불구하고 학생 자신의 것으로 유의미화

P2

포
스
터
세
션

되지 못하고 있어 교과서의 지속적인 연계성 개발이 필요하다. 또한 3학년부터 10학년까지 과학에 대한 인식 조사 결과 모든 항목에서 고학년으로 갈수록 부정적인 성향으로 바뀌고 있는 것으로 조사되었다. 부정적 인식의 증가는 과학과 관련된 다른 학문 분야에도 영향을 미칠 수 있다는 것을 시사한다.

Gp-007 과학기술인의 과학에 대한 태도 분석 김성원, 최성연, 강유리(이화여자대학교) 본 연구는 우리나라 과학기술인의 과학에 대한 태도와 자녀의 과학에 대한 태도 및 과학적 소양에 미치는 영향을 이해하는 데 목적이 있다. PISA 2006 부모설문과 학생설문 자료(N=5176)를 부모의 직종, 사회적 지위에 따른 과학관련 직업에 대한 태도, 과학의 가치, 견해를 분석하고 자녀에게 미치는 영향을 구조방정식 모형을 적용하여 분석하였다. 그 결과 과학기술에 종사하는 전문직 부모의 과학에 대한 태도가 다른 직종보다는 높게 나타났으나 그 차이가 다른 나라에 비해 작았으며, 직종별 패턴의 차이가 나타났다. 또한 과학기술인 부모의 과학에 대한 태도가 학생의 학업성취도 및 태도에 유의한 영향력을 가짐을 알 수 있었다.

Gp-008 Non-autonomous motions of a wind vane 모도영, 배새벽(KAIST, 물리학과, KAIST, 과학영재교육연구원) Since a wind vane is designed to indicate the direction of a wind which generally varies with time, it is necessary to analyze its non-autonomous motions. Although a real wind may blow in various complicated ways, for simplicity in the dynamical analysis we treat three cases of time-dependent wind: (i) sinusoidal oscillation of wind speed, (ii) sinusoidal oscillation of wind direction, and (iii) uniform rotation of wind direction. In order to analyze these cases analytically, we try to apply the averaging theorem and the two-timing method used in the nonlinear dynamics. From the analytical calculations, the existence, stability and bifurcation of periodic solutions are investigated for the first two cases that the speed and the direction of wind oscillate sinusoidally. Finally, we study the relationship between the wind vane performance and the wind properties for the last case of uniformly rotating wind. *This work was supported by the URP Program of KAIST (2007).

Gp-009 레이저 빔 Chopping실험을 통한 실험 물리 기법의 이해 김석원, 배재석(울산대학교, 물리학과) 물리학의 학습은 컴퓨터 도구의 발달과 물리 교육 연구 성장으로 인해 보다 효율적으로 이루어지고 있다. 특히 컴퓨터 도구의 발달은 실험을 통하여 보다 간편하게 데이터를 얻고 분석할 수 있게 하였다. 본 실험에서는 레이저와 chopper를 이용하여 펄스광을 만들고, 광검출기로 펄스광의 신호를 얻고, 오실로스코프를 통해서 광검출기에서 검출된 신호를 확인하고, GPIB를 통해서 결과 데이터를 컴퓨터에 저장한다. 간단한 프로그램을 통해 이론적으로 계산된 결과들과 그래프와 표 등으로 비교·분석한다. 이런 과정들은 물리 연구에 있어서 필요한 데이터 수집, 모델링, 결과 분석의 내용을 모두 포함하고 있다. 또한 이러한 실험이 물리 연구 과정을 이해하고, 좀 더 발전된 연구 결과를 얻기 위한 좋은 학습이 될 것이다.

Gp-010 반사광의 편광상태와 브루스터각에 관한 고찰 및 응용 김석원, 정환석(울산대, 물리학과) 편광개념은 전자기

파 및 광학 분야에서 아주 중요한 부분이다. 그렇기 때문에 학부과정 광학교과서에서 브루스터 각과 프레넬 방정식에 대한 이론은 쉽게 찾을 수 있다. 본 실험에서는 편광자를 광원을 이용하여 수직 또는 수평 편광된 광으로 만든 후, 프리즘에 입사시킨다. 입사된 빛은 프리즘에 의해서 반사되며, 프리즘은 회전각도계를 이용하여 10° 간격으로 회전시켰다. 반사된 빛은 다시 검광자를 지나서 광검출기를 이용하여 측정하였으며, 특히 브루스터 각도 부근에서는 1° 간격으로 프리즘을 회전시키며 정밀하게 측정하였다. 광원으로는 파장이 633 nm인 He-Ne 레이저와 파장이 532 nm인 Nd:YVO4 레이저를 사용하였다. 측정된 브루스터 각으로 프리즘의 굴절률과 반사 계수를 이론적으로 계산할 수 있으며, 납-유리 프리즘, BK7, SF10, F2 프리즘 등 다양한 프리즘을 실험에 사용하였다.

Gp-011 가시광선영역에서의 부분내부전반사(frustrated total internal reflection)의 고찰 김석원, 김민성(울산대학교, 물리학과) 오늘날까지도 부분 내부 전반사는 여전히 흥미로운 현상이다. 내부전반사를 연구하기 위해 많은 실험들이 행해졌는데 초기실험은 매질의 두께를 제어하기 쉬운 마이크로파 영역에서 행해졌다. 이에 비해서 상대적으로 짧은 파장이지만 내부전반사 현상을 시각적으로 보여주기 위해 우리는 가시광선영역을 선택하였다. 본 실험에서는 He-Ne($\lambda=632.8$ nm) 레이저를 사용하고 더블 프리즘 배열을 사용한 뉴턴링 장치에 빛을 입사시켜서 공기층의 두께를 변화시키며 뉴턴링을 관찰한다. 입사 각도가 임계각을 초과할 때 뉴턴링 중심에 생기는 광점의 존재성을 실험을 통해 관찰할 수 있다. 이 광점은 광학 장벽을 통한 빛의 터널링의 결과이고 또한 부분 내부 전반사를 직접적으로 보여주는 것이다.

Gp-012 유체 속에서 진동하는 단진자 운동의 역학적 특성 김석원, 정재훈(울산대학교, 물리학과, 천성중학교) 중고등학교에서 다루는 진동운동은 마찰 및 저항의 영향을 모두 무시한 이상적인 조건에서 접근할 수 있도록 하고 있다. 그러나 실제로 진동하는 모든 물체에 대하여 마찰이 없는 경우란 찾아보기 힘들다. 따라서 진동하는 물체에 대한 마찰은 무시할 수 없는 중요한 부분으로 생각된다. 이러한 유체에 의한 마찰은 진동체의 에너지 감소에 따른 진폭의 감쇠현상으로 나타난다. 본 실험에서는 유체 속에서 시간에 따라 에너지가 감소하고 그 결과로 진폭이 감소하게 되는 감쇠 진동의 주기를 He-Ne 레이저(632.8nm)와 광센서를 이용하여 측정하고 동시에 초음파센서를 이용하여 단진자 운동의 진폭을 측정하여 에너지 손실에 대한 원인인 마찰을 부가질량의 개념으로 설명하고 학생들에게 진동에 대한 범위를 좀 더 넓혀 적용해 볼 수 있도록 하였다.

Gp-013 액체 표면탄성파에 의해 발생된 비대칭 회절 무늬의 분석과 응용 김석원, 신동혁(울산대학교, 물리학과, 학성중학교) 액체 표면 탄성파에 의한 회절 무늬 분석을 통하여 액체의 표면장력 및 점성도를 측정하는 선행실험에 회절무늬 패턴을 대칭적으로 가정하였으나 실제로 액체의 표면탄성파는 감쇠진동을 하게 되며 액체표면을 반사형 회절격자로 볼 때 균일한 표면이 아니다. 본 연구에서는 회절무늬 패턴이 중심극대에서 상하 비대칭적인 분포현상을 나타내는 것에 착안하여 수학적 해법을 통하여 감쇠계수를 찾아내었다. 실험 개요는 싱글, 더블 스피커 진동을 이용하여 액체 표면탄

성파를 만들고 그 표면에 632.8 nm He-Ne laser를 입사하여 회절무늬 패턴을 살펴본다. 액체 표면탄성파는 감쇠 사인파곡선을 형성하고 표면에 레이저를 입사시킬 때 스크린의 회절무늬 패턴이 비대칭적으로 나타난다. 회절무늬 분석을 수학으로 정리하여 감쇠계수를 찾는다. 그리고 감쇠계수를 이용하여 액체의 표면장력과 점성도를 계산한다. 또한 본 연구는 액체시료의 종류(물, 에탄올, 아세톤, 에틸글리콜 20~49%)와 수심변화, 온도 등의 변인을 통제하여 다양한 분석을 하고자 한다.

Gp-014 **Measurement of the frequency and temperature dependence of the speed of sound in air by using the Lissajous curves**
 김 경대, 안 효정¹, 강 미선¹, 염 혜지¹(카이스트, 과학영재교육연구원, ¹한국과학영재학교) We have designed a simple apparatus to measure the frequency and the temperature dependence of the speed of sound in air by using the Lissajous Curve for undergraduate laboratory. The speed of sound was measured in air by using the Lissajous curves and the value, 344.3 m/s was good agreement with theory under the condition of temperature, 20.4 °C. There was no frequency dependence between the frequencies, 0.4 ~ 2.0 kHz but temperature dependence of the speed of sound in air. This experimental activity would be a helpful learning materials for in-depth understanding concepts of superposition and propagation

of sound waves for scientifically gifted students and undergraduate students.

Gp-015 **공대 학생들의 공학기초 물리학 교과에 대한 인식과 요구에 관한 설문조사 결과** 김 종재, 박 승환, 김 화민, 김 혜경¹, 김 주영¹(대구가톨릭대학교 전자공학과, ¹대구가톨릭대학교 수학과) 현재 우리나라 대학에서의 공학 기초교육은 고등학교에서 제7차 교육과정의 적용됨으로써 과거와는 전혀 다른 많은 문제에 봉착하고 있다. 특히, 물리와 같은 기초과학 교과목 뿐만 아니라 미적분을 전혀 배우지 않은 학생들이 입학하는 현실에서는 종래의 대학 교양기초 수학 및 물리학의 교육 내용과 범위는 수정될 수밖에 없는 실정이다. 본 연구에서는 이러한 현실적 상황을 배경으로 대학 교양기초과목으로서의 물리학에 대한 학습 범위와 내용에 대한 수요를 보다 정확히 알아보기 위해, 지방대학의 공학 계열의 각 전공별 재학생들을 대상으로, 공학기초 물리학 교과에 나타나는 각 학습주제의 필요성과 이해도에 관한 설문조사를 실시하고 그 결과를 분석하였다. 아울러, 바람직한 학습내용과 교수 방법 등에 대해 학생들의 인식과 요구도, 기대효과와 문제점, 그리고 개선방안 등을 설문결과 자료를 바탕으로 제시한다.
 (주) 이 연구는 한국학술진흥재단의 '이공계교육과정개발연구지원사업'의 재정 지원에 의한 결과임.

■ SESSION: P2

4월 18일(금), 09:00 - 10:45

장 소: 109호

Lp-001 **격변광성에 의한 확률적 중력파동 배경: 진동수 및 질량 스펙트럼 분석** 송 두중(한국천문연구원) 밀집성 쌍성계에 의한 확률적 중력파동 배경(SGWB) 공식화를 통해 이끌어낸, 우주론적 격변광성(CV)이 만들어내는, SGWB의 변형을 CV가 방출하는 GW 진동수와 CV의 질량에 따른 스펙트럼 꼴을 분석하였다. 우주론적 CV의 개수를 평가하기 위해 우주의 별탄생율에 따른 원시 CV 쌍성계의 형성율을 계산하였고, CV의 진화는 궤도 각운동량 잃음을 중심으로 평가하였다. SGWB의 변형은 특성 진폭의 스펙트럼으로 나타내었고, GW 진동수와 CV 주성의 질량에 따른 스펙트럼 꼴을 분석하는데 관측 목록에 수록된 CV의 분석을 통해 얻어진 궤도주기, 질량 및 질량비의 물리적 특성을 이용하였다.

Lp-002 **Some Open Problems of Higher Dimensional Black Holes** 김 상표(군산대학교 물리학과) Recently higher dimensional Kerr-(A)dS black holes have been found by Gibbons, Lu, Page and Pope and Kerr-(A)dS black holes with NUT charges by Chen, Lu and Pope. The geometry of these spacetimes possesses many interesting properties such as Killing vectors, Killing-Yano tensors and conformal Killing-Yano tensors, which are related with integrability of geodesic motion, Klein-Gordon equation and Dirac equation. In this poster I present some open problems of higher dimensional black holes, which will challenge the next decade or so.

Lp-003 **Monte-Carlo Study For Telescope Array Experiment** 조 우람, 권 영준, 조 일성, 강 혜성¹, 임 진희¹, 남 신우², 박 일홍², 양 종만², 김 보금², 오 세지², 임 선인², 류 동수³, 김 지희³, 노 순영³, 천 병구⁴, 김 항배⁴, 김 지현⁴, 신 복균⁴, 조 은정⁴(연세대 학교, ¹부산대학교, ²이화여자대학교, ³충남대학교, ⁴한양대학교) The Telescope Array (TA) experiment has three fluorescence telescopes and 576 ground detectors to observe cosmic rays with energies of 10^{19} eV or more. We study the air shower production and detection with Monte-Carlo (MC) simulation in which we consider the effects of both the surface detectors(SD) and the fluorescence detectors(FD). In this presentation, we will report the current status of MC study for the TA experiment.

Lp-004 **2007 January Flare of Cygnus X-3** KIM Soon-Wook(Korea Astronomy and Space Science Institute.) We present flux measurements of a transient X-ray binary Cygnus X-3, with Very Long Baseline Interferometry Exploration of Radio Astrometry. The observations were carried out during January 2007. At the time of observations, Cygnus X-3 was on its mid-decay phase, and revealed possible jet-like features.

Lp-005 **22 GHz Observations of Expanding Maser Features in Star-Forming Region** KIM Jeong-Sook, KIM Soon-Wook(Kyunghee University, Department of Astronomy and Space Science.) A representative star-forming region W75N was observed with Japanese VLBI facility. We present the 22 GHz water maser features observed in 2007. The motions of water maser spots were isotropic for a half year. We discuss the expanding nature of the spots.