

■ SESSION: B [BS1]

4월 19일 (목), 12:30 - 14:15

다이아몬드 1

BS-01(초) ILC 국제 추진 현황 및 계획 남궁 원(포항공과대학교) 고에너지물리 연구용 국제선형가속기(ILC) 건설은 ILC-GDE (Global Design Effort) 팀을 결성하고, 전세계의 학계가 참여하여 2005년에 기본구성(Basic Configuration Design: BCD)를 수립하고, 2006년에는 예비설계를 수행하여 기본설계보고서 (Reference Design Report: RDR)를 완성하였으며 2007년 2월 북경에서 추정예산을 함께 발표하였다. 많은 관심을 불러온 추정예산은 건설경비(약67억 달러)와 소요인원(약13,000 연인원)이었다. 전문가의 예산심의위원회의 검증이 끝나면, 하반기부터 3년간 상세설계를 계획하고 있다. 건설부지 선정과 건설분담금 협상이 동시에 진행되어, 2011~17년에 가속기를 건설하고 2018년경에 실험을 수행할 일정으로 추진 중이다.

BS-02(초) ILC 국내 추진 현황 및 계획 손 동철(경북대학교) 국제선형가속기(ILC) 건설과 관련하여 국내 학계와 정부와의 협의 및 관련된 연구 및 사업들에 대한 추진 현황을 발표하고, 향후 추진 계획에 대한 안을 제안할 것이다

BS-03(초) Report from ILC Machine Advisory Committee 고 인수(포항가속기연구소) 국제선형가속기(ILC)를 건설하기 위하여 2004년부터 Global Design Effort 팀을 구성하여 초전도체 기술을 기반으로 가속기 및 검출기의 설계가 진행되고 있다. 초기의 ILC 가속기는 야심적인 설계를 다수 포함하였으나 예산상의 문제로 상당부분의 설계가 바뀌었다. 2006년에는 당시 진행되고 있던 설계의 기술적 검증을 위하여 17명으로 구성된 Machine Advisory Committee (MAC)를 통하여 설계 변경과 예산 검증을 위한 과정을 진행하였다. 본 발표는 ILC MAC의 구성원으로 지난 3회의 회의에 모두 참석하였던 발표자의 시각에서 ILC의 설계 변경과 예산 검증이 이루어진 과정의 소개를 통하여 ILC 관련 기술적 분야의 활동을 보고하고자 한다.

BS-04(초) 포항가속기연구소의 ILC R&D 현황과 계획 손 영욱, 최 진혁, 고 인수, 남궁 원(포항공과대학교) 2004년 8월 포항가속기연구소에서 개최된 ITRP회의에서 초전도, 초저온 기술이 차기 국제충돌선형가속기 건설의 기반기술로 결정되었다. 이후 본

격화된 ILC 건설을 위한 국제적 노력에 포항가속기연구소도 적극 동참하고 있다. 2005년에 연구원들을 ILC 관련 기술 선진국에 파견이나 연수를 보내 국내에 전문한 초전도 RF 기술을 습득하였고, 이를 토대로 포항가속기연구소에서 초전도 RF 관련 R&D를 수행해오고 있다. 또 ILC에 이용할 수 있는 Q-BPM을 자체 기술로 제작하여 일본 KEK의 ATF2에 설치하여 호평을 받고 있다. 본 보고에서 2005년 이후 포항가속기연구소에서 수행해오고 있는 ILC관련 R&D현황과 추진하고자하는 R&D 계획을 소개하고자 한다.

BS-05(초) 고에너지물리 연구소에서의 ILC R/D 현황과 계획 김 은산(경북대학교 물리학과) 경북대학교 에너지 물리 연구소에서 그 동안 수행한 국제 충돌형 선형가속기(ILC)를 위한 연구 결과 및 앞으로의 연구 계획을 발표한다. 먼저 RDR (Reference Design Report) 연구를 위한 RTML(Ring To Main Linac), Damping Ring, RF power system, Superconducting RF cavity 및 빔 진단 장치에서의 연구결과를 요약하고 그리고 2007년도부터 시작되는 EDR (Engineering Design Report)를 위해 수행 하고 있는 연구계획 및 국제 협력 연구에 대해서 발표한다.

BS-06(초) 신틸레이터 관련 검출기 R/D 성과 및 계획 김 동희(경북대학교) 신틸레이터를 기반으로 하는 차세대 전자기 에너지검출기는 cell(또는 tower) 크기가 1cmx1cm 정도로서 기존의 10cmx10cm 정도의 크기보다 획기적으로 작아 Particle Flow를 알 수 있도록 연구되어지고 있다. 일본팀과 공동으로 진행되는 연구 개발의 성과로서 제작, 빔 시험의 결과를 보여주며 앞으로의 계획에 대해 보여준다.

BS-07(초) 실리콘 관련 검출기 R/D 성과 및 계획 천 병구(한양대학교) 국제선형가속기(ILC) 실험을 위해서 실리콘을 이용한 하전입자의 궤도측정용 검출기 연구 개발이 현재 진행 중에 있으며 본 발표에서는 그 동안 수행된 연구 현황 및 장래 계획에 대해서 간략히 설명하고자 한다

■ SESSION: B [BF1]

4월 19일 (목), 14:30 - 16:15

다이아몬드 1

BF-01(초) Progress Report on RENO 주 경광,

공 대정¹, 김 동희¹, 김 우영¹, 김 지은¹, 아즈말 모하메드¹, 바투린 비탈리¹, 스테파난 사무엘¹, 아메드 사비르미안¹, 서 준석¹, 칸 아딜¹, 양 유철¹, 장 성현¹, 박 인곤², 박 명렬³, 김 수봉, 김 장호, 김 현수, 박 정식, 박 차원, 오 유민, 이 재승, 전 은주, 정 승화, 최 선호, 권 은향⁴, 김 동현⁴, 박 강순⁴, 서 현관⁴, 유 인태⁴, 이 병훈⁴, 이 종석⁴, 최 수용⁴, 최 영일⁴, 김 영덕⁵, 문 승현⁵, 김 성현⁶, 김 재률⁶, 임 인택⁶, 안 정근⁷, 박 인규⁸, 우 종관⁸, 오 영도⁹, N. Danilov¹⁰, YU. Krylov¹⁰, G. Novikova¹⁰, E. Yanovich¹⁰(서울대, 물리학과. ¹경북대, 물리학과. ²경상대, 물리학과. ³동신대, 물리학과. ⁴성균관대, 물리학과. ⁵세종대, 물리학과. ⁶전남대, 물리학과. ⁷부산대, 물리학과. ⁸서울시립대, 물리학과. ⁹포항공과대학, 물리학과. ¹⁰INR and IPCE, Russia.) 국내 영광 원자력 발전소에서 방출되는 중성미자를 이용해서 중성미자 진동변환 상수를 정밀 측정하는 실험인 RENO 실험이 2006년 3월부터 시작되어서, 그 동안 각 세부 과제에서 많은 연구 성과들이 있었다. 이 발표에서는, 지하 검출시설 구축을 위한 준비 작업이 활발히 이루어지고 있는데, 이에 대한 여러 활동들에 대해 알아보고, RENO 검출기에 대한 Monte Carlo 시뮬레이션 결과들과 액체 섬광 검출기에 대한 여러 R&D 결과들을 살펴본다. 또한 현재 그동안 제작된 prototype 검출기에 대한 여러 분석 작업들이 이루어지고 있는데, 이에 대해 알아본다. 그밖에 이제까지 진척되어온 여러 결과들에 대해 살펴보고, 현재의 상황과 앞으로의 향후 계획을 소개한다.

BF-02

RENO Prototype 검출기 제작 및 연구

박 강순, 김 동현, 서 현관, 유 인태, 이 병훈, 이 종석, 최 수용, 최 영일, 공 대정¹, 김 동희¹, 김 우영¹, 김 지은¹, 모하마드 아즈말¹, 비탈리 바투린¹, 사무엘 스테파난¹, 사비르미안 아메드¹, 서 준석¹, 아딜 칸¹, 양 유철¹, 장 성현¹, 박 인곤², 박 명렬³, 김 수봉⁴, 김 장호⁴, 김 현수⁴, 박 정식⁴, 박 차원⁴, 오 유민⁴, 이 재승⁴, 전 은주⁴, 주 경광⁴, 최 선호⁴, 김 영덕⁵, 문 승현⁵, 김 성현⁶, 김 재률⁶, 임 인택⁶, 안 정근⁷, 박 인규⁸, 우 종관⁸, 최 민규⁸, 오 영도⁹, N. Danilov¹⁰, YU. Krylov¹⁰, G. Novikova¹⁰, E. Yanovich¹⁰(성균관대학교, 물리학과. ¹경북대학교, 물리학과. ²경상대학교, 물리학과. ³동신대학교, 물리학과. ⁴서울대학교, 물리학과. ⁵세종대학교, 물리학과. ⁶전남대학교, 물리학과. ⁷부산대학교, 물리학과. ⁸서울시립대학교, 물리학과. ⁹포항공과대학교, 물리학과. ¹⁰INR and IPCE.) 원전을 이용한 중성미자 진동 관측 실험인 RENO 프로젝트의 첫 번째 단계로 prototype 검출기가 제작되었다. LS(Liquid Scintillator)와 5인치 광전자 증배관을 주요로 하는 prototype 검출기는 LS의 광학적 특성 확인, 데이터 수집에 관한 기술개발 그리고 최종 검출기 건설 당시 발생 할 수있는 다양한 오류의 예측 등을 연구하기 위

한 수단으로 이용된다. 특히 국산 FADC를 기반으로 한 데이터 수집에 있어서는 Cs-137, Co-60, Na-22, Cf-252와 같은 다양한 동위원소 선원을 이용한 에너지 calibration과 더불어 dead time 측정 및 개선 연구에 초점을 맞춘다. 본 발표에서는 GEANT4 기반의 MC(Monte-Carlo) 시뮬레이션의 결과와 prototype으로부터의 데이터와의 비교 결과를 소개한다.

BF-03

RENO Liquid Scintillator R&D

공 대정, 김 동희, 김 우영, 김 지은, 아즈말 모하메드, 비탈리 바투린, 사무엘 스테파난, 사비르미안 아메드, 서 준석, 칸 아딜, 양 유철, 장 성현, 박 인곤¹, 박 명렬², 김 수봉³, 김 장호³, 김 현수³, 박 정식³, 박 차원³, 오 유민³, 이 재승³, 전 은주³, 주 경광³, 최 선호³, 김 동현⁴, 박 강순⁴, 서 현관⁴, 유 인태⁴, 이 병훈⁴, 이 종석⁴, 최 수용⁴, 최 영일⁴, 김 영덕⁵, 문 승현⁵, 김 성현⁶, 김 재률⁶, 임 인택⁶, 안 정근⁷, 박 인규⁸, 우 종관⁸, 최 민규⁸, 오 영도⁹, DANILOV N.¹⁰, KRYLOV Yu.¹⁰, NOVIKOVA G.¹⁰, YANOVICH E.¹⁰(경북대학교, 물리학과. ¹경상대학교, 물리학과. ²동신대학교, 물리학과. ³서울대학교, 물리학과. ⁴성균관대학교, 물리학과. ⁵세종대학교, 물리학과. ⁶전남대학교, 물리학과. ⁷부산대학교, 물리학과. ⁸서울시립대학교, 물리학과. ⁹포항공과대학교, 물리학과. ¹⁰INR and IPCE, Russia.) RENO(Reactor Experiment for Neutrino Oscillation)는 액체섬광검출기를 이용하여 원자력 발전소에서 방출되는 중성미자의 진동을 연구하는 실험이다. 이 연구를 수행하기 위해서는 액체섬광검출기의 높은 광 생성과 투명도, 장기간의 안정성 그리고 배경사건을 줄이기 위하여 방사성물질의 정제 등 다양한 요구조건을 필요로 한다. 이러한 조건에 맞는 액체섬광검출기의 R&D가 다양하게 진행 중이다. 특히 용매로서 Mineral Oil, Dodecane, LAB, Decane 등의 특성과 용제로서 PPO, bis-MSB 등의 연구가 진행 중이다. 이번 발표에서는 현재 진행 중인 액체섬광검출기의 R&D 결과와 향후 계획에 대해 알아본다.

BF-04

MC Simulation for RENO Detector

전 은주, 김 수봉, 김 장호, 김 현수, 박 정식, 박 차원, 오 유민, 이 재승, 주 경광, 최 선호, 공 대정¹, 김 동희¹, 김 우영¹, 김 지은¹, 모하메드 아즈말¹, 비탈리 바투린¹, 사무엘 스테파난¹, 사비르미안 아메드¹, 서 준석¹, 아딜 칸¹, 양 유철¹, 장 성현¹, 박 인곤², 박 명렬³, 김 동현⁴, 박 강순⁴, 서 현관⁴, 유 인태⁴, 이 병훈⁴, 이 종석⁴, 최 수용⁴, 최 영일⁴, 김 영덕⁵, 문 승현⁵, 김 성현⁶, 김 재률⁶, 임 인택⁶, 안 정근⁷, 박 인규⁸, 우 종관⁸, 최 민규⁸, 오 영도⁹, N. Danilov¹⁰, YU. Krylov¹⁰, G. Novikova¹⁰, E. Yanovich¹⁰(서울대학교, ¹경북대학교, ²경상대학교, ³동신대학교, ⁴성

균관대학교, ⁵세종대학교, ⁶전남대학교, ⁷부산대학교, ⁸서울시립대학교, ⁹포항공과대학교, ¹⁰INR and IPCE, Russia.) RENO is a Reactor Experiment for Neutrino Oscillation proposed on the site of Younggwang nuclear power plant, located in the southwestern part of Korea. We present a series of studies that evaluate the detector performance with our Monte Carlo simulation, which propose the best design for the RENO detector. We also report a study on background simulation that focuses on the accidental background, due to ⁴⁰K, ²³²Th, ²³⁸U nuclides in several parts of the detector, and cosmic muon background.

BF-05 Development of Flash ADC for SSEM

at T2K Experiment 박 차원, 김 수봉, 전 은주, 주 경광, 최 선호, 남 순권¹, 박 인곤², 김 우영³, BATOURINE Vitali³, 박 명렬⁴, 김 영덕⁵, 김 재률⁶, 임 인택⁶(서울대학교 물리학과. ¹강원대학교 물리학과. ²경상대학교 물리학과. ³경북대학교 물리학과. ⁴동신대학교 물리학과. ⁵세종대학교 물리학과. ⁶전남대학교 물리학과.) 50 GeV Proton beam line 을 이용한 중성미자 진동실험인 T2K 실험에서 SSEM과 Muon monitor system에 사용될 Flash ADC에 대한 시제품 제작에 대한 과정을 설명할 것이고, 이를 통한 성능 검사를 위한 장비의 설치와 대량생산 후의 체계적인 성능 검사에 대한 과정과 결과에 대해 상세히 소개한다

BF-06 OPERA 실험에서 Emulsion Cloud Chamber

(ECC)의 정렬에 대한 연구 및 실험상황 송 진섭, 윤 천실, 박 인곤¹, 김 성현²(경상대학교 물리학과. ¹경상대학교 사범대학 과학교육과. ²전남대학교 물리학과.) OPERA 실험은 스위스 CERN으로부터 이탈리아 Gran Sasso에 이르는 CNGS(CERN to Gran Sasso)장거리 중성미자 빔에 의한 중성미자 진동탐색실험으로서 2007년 현재 검출기가 완성되어 자료획득실험이 진행되고 있다. 이 실험에서 한국그룹은 ECC 챔버가 해체되어 현상되어지기 전에 Net 스캔에 사용되어지는 원자핵건판의 정렬에 사용될 X-ray 마크를 ECC 챔버에 조사하고 있다. X-ray 마크에 의한 Net 스캐닝 성능 개선효과를 설명하고 OPERA 실험에서 한국그룹의 연구상황을 보고한다.

■ SESSION: B [BG1]

4월 19일 (목), 14:30 - 16:00
금남화

B-01 κ -Minkowski spacetime and a uniformly

accelerating observer 김 형찬, 이 재형, 임 채호(연세대학교 물리학과.) We analyze the response of a detector with a uniform acceleration α in κ -Minkowski spacetime using the first order perturbation theory. The monopole detector is coupled to a massless complex scalar field in such a way that it is sensitive to the non-commutativity of spacetime present in the κ deformation. The response function deviates from the thermal distribution of Unruh temperature at the order of $1/\kappa$ and vanishes exponentially as the proper time of the detector exceeds a certain critical time, a logarithmic function of κ . This suggests that the Unruh temperature becomes not only fuzzy but also eventually decreases to zero in this model.

B-02 BPS bound of multi-D(F)-strings KIM

Yoonbai, KIM Taekyung, KYAE Bumseok¹, LEE Jungjai² (Department of Physics, Sungkyunkwan University. ¹School of Physics, Korea Institute for Advanced Study. ²Department of Physics, Daejin University.) We derive systematically a BPS bound for straight multi-D- and DF-strings from the D3Dbar3 in the context of Dirac-Born-Infeld type effective field theory. A constraint condition to the tachyon potential is obtained for saturating the BPS sum rule for arbitrarily-separated multi-string configurations, and we show that Gaussian type potential satisfies the condition. The derivation opens a new possibility to study moduli space dynamics of parallel multi-BPS D(F)-strings.

B-03 Dynamics of BPS D-vortices KIM

Yoonbai, CHO Inyong, KIM Taekyung, RYU Kyungha (Department of Physics, Sungkyunkwan University.) We discuss a systematic study of moduli space dynamics of BPS multi-D-vortices, starting from Dirac-Born-Infeld type effective field theory of D2Dbar2. When n BPS D-vortices are separated, they are governed by the Lagrangian of n relativistic free point particles. The Lagrangian for the interaction of BPS D-vortices is also obtained, and the scattering of two identical D-vortices is described in detail.

B-04 Supersymmetric AdS₃, AdS₂ And Bubble

Solutions KIM Nakwoo (Kyung Hee University.) We present new supersymmetric AdS₃ solutions of type IIB supergravity and AdS₂ solutions of D=11 supergravity. The former are dual to conformal field theories in two

dimensions with $N=(0,2)$ supersymmetry while the latter are dual to conformal quantum mechanics with two supercharges. Our construction also includes AdS₂ solutions of D=11 supergravity that have non-compact internal spaces which are dual to three-dimensional $N=2$ superconformal field theories coupled to point-like defects. We also present some new bubble-type solutions, corresponding to BPS states in conformal theories, that preserve four supersymmetries.

B-05 Meson-Baryon Couplings via 2AdS/ QCD

HONG Deog Ki, SIWACH Sanjay(부산대학교) AdS/CFT has been used to derive some qualitative and quantitative results about strongly coupled gauge theories. However, the relation of the realistic QCD to string theory is still mysterious. Recently a phenomenological approach called as AdS/QCD (a variant of AdS/CFT) has been advocated to describe the low energy hadronic physics from string theory. The hadronic spectrum derived from AdS/QCD is 10-15 % off the experimental values. In this talk we shall discuss briefly the spectra of baryons and a unified treatment of pion-nucleon and rho-nucleon transition couplings from the perspective of AdS/QCD.

B-06 Baryons in AdS/QCD 흥 덕기, INAMI

Takeo¹, 이 호웅²(부산대. ¹Chuo University, Japan. ²고등과학원.) We construct a holographic model for baryons in the context of AdS/QCD and study the spin-1/2 nucleon spectra and its couplings to mesons, taking fully account of the effects from the chiral symmetry breaking. A pair of 5D spinors is introduced to represent both left and right chiralities. Our model contains two adjustable parameters, the infrared cutoff and the Yukawa coupling of bulk spinors to bulk scalars, corresponding to the order parameter of chiral symmetry. Taking the lowest-lying nucleon mass as an input, we calculate the mass spectrum of excited nucleons and the nucleon couplings to pions. The excited nucleons show a parity-doubling pattern with smaller pion-nucleon couplings

■ SESSION: B [BF2]

4월 19일 (목), 16:30 - 18:00
다이아몬드 1

BF-07(초) String Theory, Holographic QCD, and

Hadron Dynamics 이 호웅(고등과학원) QCD는 핵자를 구성하는 근본적인 힘으로 알려져 왔으나, 이론의 실제 사용은 고에너지 산란 혹은 lattice 계산에 국한되어 왔다. 1-2GeV 이하의 에너지에서의 계산에는 한계가 있었고 특히 핵자와 중간자의 dynamics를 기술하는 데에는 방법론적인 한계가 있다. 최근 초끈 이론의 이해를 통하여 holographic QCD라는 새로운 방법론이 대두되고 있는데, 그 중 특히 초끈이론의 특별한 해를 사용한 모델이 스핀 1이하의 중간자와 핵자의 상호작용을 모두 통합하여 기술할 수 있는 가능성을 열어 주었다. 이 강연에서는 이 새로운 모델에 대한 심층있는 연구를 제시하여, 그 결과를 실제 실험치들과 비교하고, 마지막으로 그 효용성의 한계에 대하여 알아본다.

BF-08(초) Supertubes and Janus Solutions 박 동수(서울시립대학교)

Janus 해와 그 게이지 장론 대응 모델로부터 analytic continuation을 통해서 우주론적 모델을 얻는다. Big bang과 Big crunch 특이점에서 대응 장론의 작용 상수는 0 또는 무한대가 되며, S-양면성에 의해서 연결되어 있다.

BF-09(초) Matrix models and D-brane physics

박 정혁(서강대학교) 일반적인 0A 끈이론에서, Dirac-Born-Infeld 이론과 행렬 이론을 대응시킨다. 행렬 이론은 D0-브레인의 역학 모델로 주어진다. 린들러 공간, 반드-지터 공간과 같은 여러 예에서 행렬 이론을 알아본다.

■ SESSION: B [BG2]

4월 19일 (목), 16:30 - 17:45
얼레지

B-07 Improvement of Kaon identification at the

Belle experiment 유지 운노, 천 병구(한양대학교, 물리학) Kaon identification(KID) performance is significant to extract event signal and suppress combinatorial background for all physics analyses at the Belle experiment. Belle KID has been performed by three main subdetectors, Aerogel Cherenkov Counter (ACC), Central Drift Chamber (CDC), and Time Of Flight(TOF). We report the improved KID performance using new PDF into ACC part.

B-08 Beam Test of a EM Calorimeter Prototype

with Fine Strip Scintillator at DESY. 서 준석, 김 동희¹, 공 대정¹, 김 지은¹, 모하메드 아즈말¹, 사비르 미안아메

트¹, 아딜 칸¹, 양 유철¹, 장 성현¹, 오 영도², TAKESHITA Tohru³, ITO Saori³, UOZUMI Satoru³, KAWAGOE Kiyotomo⁴, JEANS Daniel⁴, YOSHIOKA Tamaki⁵, OTONO Hidetoshi⁵(*경북대학교, 고에너지물리연구소, ¹경북대학교, ²포항공과대학교, ³Shinshu Uni., ⁴Kobe Uni., ⁵Tokyo Uni.*) Fine strip scintillator has been produced using extrusion technique for the next generation Sci/W electromagnetic calorimeter with 10 mm x 10 mm segmentation. A beam test for the EM calorimeter prototype is performed at DESY(Deutsches Elektronen-Synchrotron). The prototype has a stack of 26 layers, and each layer is made of a tungsten tile with 3.5 mm thickness and 18 scintillator strips of 10 mm x 45 mm x 3 mm size corresponding to 18 Xo. The total number of channels is 468 for readout consisting of longitudinal in addition to transverse depth. The light from the scintillator is measured by 1600-pixel MPPC (Multi Pixel Photon Counter) with 1 mm x 1 mm size. The beam test results will be reported as well as the physical characteristics of the scintillator.

B-09

Results from the Magnet Tests and Cosmic

Challenge (MTCC) of the CMS detector AHN S. H, HONG B., HU R. J, ITO M., KANG T. I, KIM B. I, KIM H. C, KIM J. H, KIM T. J, LEE K. B, LEE K. S, LIM J. K, MOON D. H, PARK S., RYU M. S, SIM K. S, WON E., HONG S. J¹, KIM Y. E², KIM Y. J³, KOO D. G⁴, LEE S. J⁵, PARK S. R⁶, RHEE J. T⁷(*Department of Physics, Korea University. ¹Gachon Medical School. ²Choongbuk Natl. Univ. ³Cheju Natl. Univ. ⁴Seoul Natl. Univ. of Edu. ⁵Seonam Univ. ⁶Wonkwang Univ. ⁷Konkuk Univ.*) LHC 실험의 CMS 검출기는 2006년 8월의 phase I에서 그리고 10월의 phase II 기간 동안 지상에서 Cosmic Muon을 이용하여, 0 T에서 4 T까지의 다양한 자기장 세기 하에서 테스트되었다. 이 테스트에는 Tracker, ECAL, HCAL, MuonDT, CSC, 그리고 RPC 검출기의 부분들이 각각 사용되었다. 여기에서는 한국그룹에서 제작된 전방 저항관검출기(Forward RPC)의 동작성능과 CMS MTCC phase I과 II의 결과가 소개된다.

B-10

다중픽셀 형 가이거 모드 반도체 광 검출기의 개발 이 혜영, 나 고운, 김 지은, 남 신우, 이 직, 박 일홍(*이화여자대학교*) 주로 SIPM (Silicon Photomultiplier)의 이름으로 알려진 새로운 형태의 반도체 광 센서는 제한된 가이거 모드에서 동작하는 다중픽셀 형 실리콘 센서로서, 기존의 광증배관(Photomultiplier)과 비교하였을 때 크기가 매우 작을 뿐 아니라, 자기장의 영향을 받지 않는 등 장점이 많다. 이 광 센서는 저

항이 낮은 P형 기판 위에 형성된 수 마이크로 미터 두께의 에피택시 층 안에 부하 역전압 하에 매우 강한 전기장이 형성되도록 수십 마이크로 크기의 P-N 접합 픽셀 배열을 조성하여 제작된다. 이 광 센서의 국내 제작을 목표로 시뮬레이션 연구와 마스크 설계 및 그 동안의 공정 과정에 대해 논의한다.

B-11

Study of the Daily and Its Annual variation of the Ambient Gamma Ray Background in the Korean Peninsula for the Underground Particle Experiments.

WOO Jong-Kwan, PARK Inkyu, LEE Mosung (*Univ. of Seoul.*) It is very important to understand ambient gamma rays for the Dark Matter experiments and the neutrino experiment. We already introduced briefly the detection result from a Radiation post at KPS fall session in 2006. Here we will introduce more detailed analysis result at 2007 Spring session. The measured data show the sinusoidal daily and annual variation. We will estimate the quantitative variation affect on the underground experiments.

■ SESSION: B [BG3]

4월 20일 (금), 09:00 - 10:45

휘닉스 3

B-12

Resummation of Relativistic Corrections to $\Gamma[\eta_c \rightarrow \gamma\gamma]$

BODWIN Geoffrey, CHUNG Hee Sok¹, LEE Jungil¹, YU Chaehyun¹(*High Energy Physics Division, Argonne National Laboratory. ¹Department of Physics, Korea University.*) We compute the relativistic corrections to the two-photon decay width for the spin-singlet S-wave heavy quarkonium resummed to all orders in the heavy-quark velocity v in the meson rest frame. The calculation is carried out by employing the threshold expansion and the result is consistent with a previous result obtained by using the exact spin-projection operator. By comparing the resummed formula with the measured widths for $\Gamma[\eta_c \rightarrow \gamma\gamma]$ and $\Gamma[\eta_c(2S) \rightarrow \gamma\gamma]$, we determine the color-singlet Nonrelativistic QCD (NRQCD) matrix elements for the spin-singlet charmonia η_c and $\eta_c(2S)$, respectively. We find that the NRQCD matrix element for the $\eta_c(2S)$ is different from the that for the $\psi(2S)$, which has been determined from the leptonic decay of the $\psi(2S)$, with significance 4.2σ , while the matrix elements for the η_c matrix element is consistent with that for the J/ψ . Finally, we find that if the C factor

($C \sim 0.29$) is introduced for the branching fraction of the $\eta_c(2S)$ decay to $K_s K \pi$, the measurement of $\Gamma[\eta_c(2S) \rightarrow \gamma \gamma]$ by the CLEO Collaboration would be accommodated with the prediction in NRQCD with the resummed formula.

B-13

Mixed Bino-Wino-Higgsino Dark Matter in Gauge Messenger Models BAE Kyu Jung, DERMISEK Radovan¹, KIM Hyung Do, KIM Ian-Woo (Seoul National University, School of Physics and Astronomy. ¹Institute for Advanced Study, School of Natural Sciences.) Almost degenerate bino and wino masses at the weak scale is one of unique features of gauge messenger models. The lightest neutralino is a mixture of bino, wino and higgsino and can produce the correct amount of the dark matter density if it is the lightest supersymmetric particle. Furthermore, as a result of squeezed spectrum of superpartners which is typical for gauge messenger models, various co-annihilation and resonance regions overlap and very often the correct amount of the neutralino relic density is generated as an interplay of several processes. This feature makes the explanation of the observed amount of the dark matter density much less sensitive to fundamental parameters. We calculate the neutralino relic density assuming thermal history and present both spin independent and spin dependent cross sections for the direct detection. We also discuss phenomenological constraints from b to s gamma and muon $g-2$ and compare results of gauge messenger models to well known results of the mSUGRA scenario.

B-15

Study of Randall-Sundrum Graviton Using $G^* \rightarrow ZZ \rightarrow 4$ Muons with Integrated Luminosity of 1 fb^{-1} in CMS Experiment CHUNG J., PARK H. K., KIM G. N., SON D. C. (경북대학교 고에너지물리연구소.) CMS experiment at LHC will begin operation in November of this year with a low-beam energy. The experiment will have an initial physics run with a center-of-mass energy of 14 TeV and integrated luminosity of 1 fb^{-1} in 2008. We have studied a search for Randall-Sundrum graviton (G^*) using the mode, $G^* \rightarrow ZZ \rightarrow 4$ muons. In this talk, we will present a sensitivity of this search in the initial physics run.

B-16

Study of the decay $B^0_{\text{bar}} \rightarrow \lambda^+ c p_{\text{bar}} \rho$ in Belle experiment 이 종석, 박 강순, 박 차원, 최 영

일, 김 홍주¹, 박 환배¹, 최 수경², 원 은일³, 김 선기⁴, 강 주환⁵, 권 영준⁵, 남 신우⁶, 박 일홍⁶, 천 병구⁷ (성균관대학교, ¹경북대학교, ²경상대학교, ³고려대학교, ⁴서울대학교, ⁵연세대학교, ⁶이화여자대학교, ⁷전남대학교.) We report a study of the decay ($B^0_{\text{bar}} \rightarrow \lambda^+ c p_{\text{bar}} \rho$) with the Belle detector at the KEKB e+e- collider operated at the $\text{Upsilon}(4S)$ resonance. This mode using a data sample of 357 fb^{-1} accumulated by the Belle detector at KEK.

B-17

Measurement of the branching fractions and the direct CP violation in charmless hadronic B decays at Belle 유지 윤노, 천 병구, 원 은일¹, 박 환배², 김 홍주², 최 수경³, 김 선기⁴, 최 영일⁵, 박 강순⁵, 박 일홍⁶, 남 신우⁶, 권 영준⁷, 강 주환⁷, 조 일성⁷ (한양대학교, 물리학과. ¹고려대학교, 물리학과. ²경북대학교, 물리학과. ³경상대학교, 물리학과. ⁴서울대학교, 물리학과. ⁵성균관대학교, 물리학과. ⁶이화여자대학교, 물리학과. ⁷연세대학교, 물리학과.) We report the preliminary results of the branching fractions and the direct CP violation in charmless hadronic two-body B decays using kaon and pion based on a large data sample recorded with the Belle experiment.

B-18

Search for Doubly-charged Higgs Boson Production in the Decay $H^{++}H^- \rightarrow \mu^+\mu^+\mu^-\mu^-$ with 1 fb^{-1} at the D0 Detector KIM TAE JEONG, CHOI SU YONG¹ (KOREA UNIVERSITY. ¹SUNGKYUNKWAN UNIVERSITY.) We present a search for the pair production of doubly-charged Higgs bosons in the process $p\bar{p} \rightarrow H^{++}H^- \rightarrow \mu^+\mu^+\mu^-\mu^-$ using the data corresponding to an integrated luminosity of about 1086 pb^{-1} . These data are the complete skimmed dataset of RunIIa taken from 2002 April 19 to 2006 February 22 by D0 Experiment at Tevatron. In the absence of significant excess above the Standard Model background, 95% confidence level mass limit of $M > 151 \text{ GeV}$ and $M > 127 \text{ GeV}$ are set for left-handed and right-handed doubly-charged Higgs bosons, assuming 100% branching into muons.

■ SESSION: B [BF3]

4월 20일 (금), 09:00 - 10:40

다이아몬드 1

BF-10(초)

Current Status of Underground Experiments

for Dark Matter and Double Beta Decay 김 영덕(세종대학교) The status of world experiments of dark matter and double beta decay will be briefly reviewed. And I will describe the current status of KIMS experiment for both dark matter and double beta decay, and show the perspectives of the experiments. The possible extension of the experiments with new techniques will be discussed

BF-11(초) Prospects for thermonuclear reaction experiments in Korea 윤 민영(서울대학교) Since the theory for nucleosynthesis of elements was first proposed in 1957, much progress have been achieved although some questions still remain unanswered. Data obtained from thermonuclear reaction experiments are expected to play a crucial role to complete the understanding. In this talk, we present a set of plans and ideas for such experiments using current national resources and future extensions.

BF-12(초) Relativistic astrophysical objects in X-ray and Gamma ray sky 김 순욱(천문연구원.) Since their discoveries of Cygnus X-1 and Centaurus X-3 in 1960s and early 1970s, more than 40 black hole stellar binary systems and numerous neutron star binaries have

been discovered by X-ray satellites. Quasars and active galaxies have been also extensively studied through X-ray wavelengths. On the other hand, gamma-ray counterparts of these sources were first identified only in early 1990s. Many of these objects emit superluminal, apparent faster-than-light, jets. We discuss the physics of relativistic astrophysical objects, with emphasis on the importance of X-ray and gamma-ray studies.

BF-13(초) Development of cryogenic detectors for astroparticle physics 김 융합(한국표준과학연구원.) Recent research in cryogenic particle detectors has showed remarkable improvements in energy sensitivities and thresholds. Although the needs were originated in nuclear, particle physics and astrophysics, the high performance detectors have been adopted in many different aspects of science. Because the energy quanta considered in the detection are associated with lattice vibrations, superconductors and paramagnetic spins, the resolution can be significantly improved compared to that of conventional detectors. In this talk the detection principal and commonly used temperature sensors and applications of the low temperature detectors are reviewed. Resent efforts on developing the high performance detectors at Korea Research Institute of Standards and Science (KRISS) are also discussed.

■ SESSION: C [CS1]

4월 19일 (목), 12:30 - 14:10

다이아몬드 2

CS-01(초) Recent advances in Neuro-Molecular Imaging

Using PET & MRI 조 장희(가천의과학대학교 뇌과학연구소) MRI(NMR)는 지난 20여 년 간 지속적으로 발전된 기능과 축적된 경험들을 바탕으로 현대 과학, 의학계에 가장 기여가 큰 의학영상 기기 중 하나가 되었다. 나아가 7.0 T와 같은 초고자장 MRI의 뇌 영상은 지금까지의 MRI로는 관찰할 수 없었던 마이크론 단위의 생체 내 피질층(cortical laminar)까지도 관찰하게 해 주고 있다. 이렇게 향상된 MRI 시스템과 PET 시스템의 분자영상, 나아가 최근 새롭게 등장하는 나노입자 영상기기들과의 결합은 몇 년 전까지만 하더라도 상상조차 못했던 많은 부분들을 정량적으로 관찰할 수 있게 해줄 것으로 기대된다. 초고자장 MRI 시스템의 또 다른 유용성은 혁명적일 정도로 향상된 시간, 공간 분해능(resolution)으로 보여주는 뇌기능영상(fMRI), 뇌혈관 영상(MR Angiography), 신경다발영상(Diffusion Tensor Tractorgraphy) 등이 있겠다. 이는 지금까지는 완전한 측정이 불가능했던 실질산소소모량(True Oxygen Consumption) 영상화의 가능성도 제시해주고 있으며 또한 PET 시스템과 함께 현대과학 초미의 관심사인 뇌 질병과 뇌인지과학을 이해하는 열쇠가 될 것으로 기대한다.

CS-02(초) Molecular Imaging with Radionuclides

이 재성(서울대학교 의과대학 핵의학교실) Nuclear imaging with positron emission tomography (PET) and single photon emission computed tomography (SPECT) is a noninvasive, diagnostic imaging technique producing images of the body's biochemistry or function. It is clinically useful in patients with certain conditions affecting the various organs as well as in patients with certain types of cancer. Although nuclear imaging technique is regarded as a powerful tool to transit the new discoveries from animal studies to human application, clinical scanners for human study do not have satisfactory spatial resolution and sensitivity for the studies of small animals, such as rats and mice. A brief review of modern systems and technologies for molecular imaging with radionuclides will be presented.

■ SESSION: C [CF1]

4월 19일 (목), 14:30 - 16:10

다이아몬드 2

CF-01(초) Color Glass condensate and Relativistic

Heavy Ion Collision MCLERRAN Larry(Brookhaven National Lab.) Color Glass condensate and its relevance to Relativistic Heavy ion collision experiments.

CF-02(초) ALICE at CERN LHC ANTINORI

Federico(Istituto Nazionale de Fisica Nucleare (INFN).) Description of the ALICE at CERN LHC and its current status

CF-03(초) Forward single muon production at RHIC

권 영일(연세대학교 물리학과) Muon production at forward rapidity ($1.5 < \eta < 1.8$) has been measured by the PHENIX experiment in the various collisions produced at the Relativistic Heavy Ion Collider. After statistically subtracting contributions from light hadron decays the remaining excess can be attributed to the semileptonic decays of hadrons carrying heavy flavor, i.e. charm quarks or, at high p_T , bottom quarks. The muon spectrum from heavy flavor decays in $\sqrt{s} = 200$ GeV p+p collisions has been finalized over the transverse momentum range $1 < p_T \leq 3$ GeV/c. We compare the spectrum to PYTHIA and a next-to-leading order perturbative QCD calculation. We also discuss the status of the current analysis and the prospect of the future single muon measurements.

CF-04(초) Lattice QCD at finite density/temperature

김 세용(세종대학교 물리학과) 쿼크글루온 플라즈마의 성질을 격자이론을 이용하여 이해하기 위한 최근의 노력과 결과들을 소개한다.

■ SESSION: C [CG1]

4월 19일 (목), 14:30 - 16:15

토파즈

C-01 Role of Glueballs in Non-Perturbative

Quark-Gluon Plasma KOICHELEV Nikolai, MIN Dong-Pil¹(Bogoliubov Laboratory of Theoretical Physics, Joint Institute for Nuclear Research. ¹School of Physics and Astronomy, Seoul National University.) In this work discussed is how such anomalous non-perturbative properties of quark gluon plasma recently discovered in RHIC experiment can be related to the scalar and pseudoscalar glueballs. It is shown that scalar glueball stays to be massive

above the deconfinement temperature, T_c , but pseudoscalar glueball becomes massless from T_c . It is demonstrated that the mass difference between scalar and pseudoscalar glueballs gives rise to the change of sign of the gluon condensate at $T \approx T_c$ in the pure $SU(3)_c$ gauge theory. Coupling of the pseudoscalar glueball to light quarks in QGP is estimated.

C-02 여러 핵합성 과정의 Waiting Points 에

있는 원자핵들의 Pairing Interactions에 관하여 천 명기, 김 경식¹, 최 태근², 정 문택³, 유 병길¹(¹숭실대학교, ²연세대학교, ³동신대학교) 핵합성에 있어서 r-process와 rp-process에 있는 원자핵들은 핵차트의 drip line 에 치우쳐 있다. 이들 원자핵들은 구형에서 벗어나 왜곡되어 있다. 뿐만 아니라 핵자들간의 pairing interaction 들은 T=1 의 neutron-neutron 과 proton-proton 뿐만 아니라 T=0 의 neutron-proton pairing 역시 중요한 요소가 된다. 이 계산에서는 주로 핵합성 과정의 waiting points 에 위치하고 있는 원자핵들의 T=0 pairing 효과를 Deformed BCS 이론에서 구조적으로 조사하고 핵합성과정의 중요 반응에 대하여 그 효과를 논의하였다.

C-03 Investigating $\Lambda(1405)$ resonance from

kaon photoproduction 최 태근, 유 병길¹, 김 경식¹, 천 명기², 정 문택³(¹연세대학교 (원주) 물리학과, ²항공대학교, 인문자연과학부, ³숭실대학교, 물리학과, ³동신대학교, 물리학과.) We investigate decay widths and production cross sections of hyperon resonance $\Lambda(1405)$ from photo-induced processes, $Kp \rightarrow Y\gamma$, and $\gamma p \rightarrow K^+\Lambda(1405)$ within the standard pole model. Utilizing our previous model for kaonphotoproduction, we employ hadronic form factors at strong coupling vertices and include N^* and Y^* of spin parity $J^P = \frac{1}{2}^\pm$ together with K^* , K_1 vector mesons for resonance contributions. For the consistency between the two processes we exploit given radiative decay data to determine coupling constants of the particles, which are, then, applied to estimation of cross sections of photoproduction $\gamma p \rightarrow K^+\Lambda(1405)$. It is found that the cross section with coupling constants from radiative decay is smaller than the experimental value $\sigma \sim 1.6 \mu\text{b}$ by an order of magnitude, which requires a reexamination of the current pole models for radiative decay width and the coupling constants for the $\Lambda(1405)$, thus, determined. The angular distribution for $\gamma p \rightarrow K^+\Lambda(1405)$ near threshold shows a

p-wavedominance, which is common to the photo-production of negative parity baryon of spin $\frac{1}{2}$.

C-04 Low energy proton-proton scattering in

effective field theory ANDO Shung-ichi, 신 재원, 현 창호, 홍 승우(¹성균관대학교) Low energy proton-proton scattering is studied in pionless effective field theory. Employing the dimensional regularization and the $\overline{\text{MS}}$ and power divergence subtraction schemes for the loop calculation, we calculate the scattering amplitude in 1S0 channel up to next-to-next-to leading order. After fixing low energy constants by effective range parameters, we discuss renormalization scheme and scale dependence in separation of the Coulomb interaction from the scattering length and effective range of the S-wave proton-proton scattering.

C-05 Physics-based CT Image Analysis Using

Watershed Segmentation Algorithm KUM Oyeon, KIM Hye Kyung¹(¹Pohang University of Science and Technology, ¹Catholic University of Daegu.) CT is one of the best tools for diagnosing problems such as cancers, cardiovascular disease, infectious disease, trauma, and musculoskeletal disorders because it provides detailed cross-sectional views of all types of tissues and bones. In CT scanning, very small and controlled amounts of x-ray radiation are passed through different tissues in the body, which absorb radiation at different rates. After reconstruction of the attenuation coefficients using computers, CT numbers (called Hounsfield values) are displayed in gray scale picture for interpretation from a radiologist who is a specialized physician in CT and other radiology examinations. Manual interpretation, however, has its limitation as a high speed CT scanner such as four-dimensional CT is commercially available. Thus, computer-aided CT image analysis technique, specifically physics-based, is required to reduce interpretation time and increase the accuracy. In this study, we developed semi-automatic watershed algorithms which classify pixels' Hounsfield values into regions using mathematical morphology and digital topology. This clustering process of pixels in a medical image dataset labels them as anatomical structures with corresponding physiological properties. We applied our algorithms to head phantom and several patients' abdomen CT datasets. We found that the hierarchical segmentation results were very useful to extract focused region without a priori anatomical

knowledge of the human body. Compared with manual interpretation, this semi-automatic method decreased the processing time and increased the accuracy appreciably. *This work was supported by Com2Mac-KOSEF-MOST.

C-06

곡면형 2차원 중성자 검출기 원형 개발 및 그 특성 문 명국, 천 종규¹, 이 창희, 김 신애, 최 영현, 김 학노, 정 봉근, 박 태원(한국원자력연구소¹ 한국원자력연구소/경북대학교 물리학과.) 한국원자력연구소는 중성자 회절을 이용한 단결정 연구에 사용하기 위하여 곡면형 중성자 검출기원형을 제작하고 그 특성을 조사하였다. 제작한 검출기는 시료를 중심으로 수평방향으로 70도, 수직방향으로 45도까지 측정할 수 있다. 검출기 챔버를 제작하기 위하여 유한요소법에 의한 검출기 변형도를 평가하였고, 최대 7기압의 검출기체를 충전할 수 있도록 제작하였다. 2차원 위치정보는 본 연구에서 독창적으로 제안한 음극띠로부터 일시에 얻을 수 있도록 하였고, 초기 성능평가를 바탕으로 고속 데이터 획득이 가능한 분할형 구조까지 준비하였다. 우리는 제작한 검출기에 1.5기압의 ³He와 1.5기압의 CF₄ 가스를 충전한 후 하나로 4축 단결정 실험장치에 설치하여 검출기의 계수균일성, 분해능, 선형성 등과 같은 검출기의 기본적인 성능을 평가하였다. 본 연구발표에서는 국내에서 최초로 시도된 곡면형 2차원 중성자 검출기 원형 개발 결과 및 그 특성평가 결과에 관하여 보고한다.

*본 연구는 과학기술부 원자력연구개발 사업의 일환으로 수행되었습니다.

C-07

실리콘 스트립 위치 센서를 이용한 양성자 빔 이미징 테스트 유 상수, 가 동하, 강 희동, 김 영입, 김 홍주, 박 환배, 배 재범, 소 중호, 손 도희, 정 선우, 하 신정, 현 효정, 김 계령¹(경북대학교¹ 원자력연구소.) 한국 원자력병원의 MC-50 Cyclotron 의 45 MeV 양성자 빔을 이용하여 실리콘 스트립 위치 센서와 phantom을 가지고 이미지를 보는 실험을 수행하였다. 실리콘 스트립 위치 센서는 경북대 원자력기초공동연구소에서 개발한 2개의 3.5 x 3.5 의 센서를 사용하였다. 영상을 보기 위해 3.0 x 3.0 x 0.3 cm³ 크기의 문양을 새긴 납으로 된 phantom을 제작하였다. 실험 구조는 phantom이 앞에 위치하며 2개의 실리콘 센서를 서로 90°로 놓고, 트리거의 목적으로 CsI(Tl) 크리스탈이 사용되었다. 양성자 빔을 이용한 실험 결과 phantom에 새겨 넣은 문양을 볼 수 있었다. 이에 대한 실험방법과 결과에 대해 논의할 것이다.

■ SESSION: C [CF2]

4월 19일 (목), 16:30 - 17:45

다이아몬드 2

CF-05(초)

Nuclear Data for Science and Technology

장 종화(한국원자력연구소.) Nuclear data is a database of nuclear structure and reaction properties. Nuclear structure and decay data are useful for industrial and medical isotope applications. Traditionally neutron and photon interaction cross sections have been essential in design of a nuclear reactor and its shielding. Proton and charged particle interaction data are important for acceleration applications such as medical therapy. Space application such as satellite, exploration, and habitation requires even higher energy range nuclear data. Nuclear Data Evaluation Laboratory (NDEL) of KAERI is working as a member of international nuclear reaction data network. NDEL activities on nuclear reaction data including evaluation using modern reaction theories, the experimental data measured at the Pohang Time of Flight and the mono energy neutron source at KIGAM will be presented.

CF-06(초)

방사능 표준과 측정

박 태순(한국표준과학연구원.) 국민 삶의 질 향상과 과학기술 발전에 따라 산업, 환경, 의료, 보건 분야 등에서의 방사선 및 방사성 동위원소의 이용은 날로 증가하고 있다. 이러한 방사선의 이용은 인체 위해성과 환경보호를 위하여 방사선 측정 결과의 신뢰성을 필수로 요구하고 있다. 국가표준기관인 한국표준과학연구원에서는 과학기술 및 의료 산업계에서 요구하는 방사능 측정기술의 향상을 위하여 측정정확도 향상연구, 국제적 수준의 측정표준 확립, 그리고 방사능 인증표준물질과 계측기 교정을 통한 표준보급을 수행하고 있다. 본 발표에서는 방사능 측정기술의 개발 현황, 방사능 표준의 국제적 소급체계, 그리고 인증표준물질의 개발 기술 등에 대하여 논하고자 한다.

CF-07(초)

Uses of the experimental area of a proton therapy facility for applied physics research

김 종원(국립암센터.) The proton therapy facility at the NCC has a designated area for beam experiments. We have used the space for developments of quality assurance methods useful in proton therapy using nuclear techniques of prompt gamma detection and proton image reconstruction. Since the proton range is uncertain

in the patient body, the methods to confirm it are being studied in different therapy facilities e.g. using the PET technique. Also, we recently began to work on the formation of mm-size beam to irradiate on the confined area of the biologic object or engineering material. Because of the lack of the dedicated hadron beam facility for scientific research in Korea, which can provide the beam energy of above 100 MeV, the NCC beam in the energy range of 80-230 MeV seems to be valuable for the time being to perform applied physics research and as a training tool for graduate studies, although the use of the facility is limited due to the demands for radiation therapy.

■ SESSION: C [CF3]
 4월 20일 (금), 09:00 - 10:40
 다이아몬드 2

CF-08(초) The three-body process and the final state interaction in the weak decay of Lambda hypernuclei 방형찬(서울대학교) Though the 3-body decay process $LNN \rightarrow nNN$ has not been experimentally identified, its contribution to NMWD was predicted to be significant in the theoretical calculations[1]. Recent KEK-PS E508 experiment[2,3] shows both singles nucleon and coincidence pair nucleons from $^{12}_{\Lambda}C$ are strongly quenched comparing to the INC results. We attribute the quenching of nucleons and enhancement of nn pair in non-back-to-back region to the 3-body weak interaction process.

CF-09(초) Introduction to the nu-SNS Project 한인식(이화여자대학교 과학교육과) The nu-SNS project is to measure the neutrino-nucleus cross sections that will provide valuable information relevant both to the understanding of nucleosynthesis and the understanding of our cosmic origins. Measurements of the neutrino cross section on lead, for example, are important for understanding how neutrinos may effect the

synthesis of heavy elements and for understanding the response of terrestrial supernova neutrino detectors. Nuclear reactions relevant to supernovae and the prospect of the nu-SNS project will be presented.

CF-10(초) Recent progresses at SNU accelerator facility 윤민영(서울대학교 기초과학공동기기원) The usefulness of low energy ion beam largely stems from its application. At SNU-AMS ion beam facility, we pursue upon 2 major categories. The development concerning AMS is intended for history, environment and geology applications. The PIXE development is going on to obtain fine quality beam, and new methods for analysis. In this contribution, the status and the goal for our work will be presented.

CF-11(초) Quasi-elastic scattering of electrons off the nuclei and Coulomb Sum Rule 최선호(서울대학교 물리학과) Quasi-elastic scattering of electrons off the nuclei has been used as a tool to investigate nucleons inside the nucleus. By measuring the longitudinal response function on various nuclei, we can test the Coulomb Sum Rule (CSR). The previous measurements at Saclay and MIT Bates give conflicting results and the CSR has been one of the puzzles in the nuclear physics. New experimental proposal at Jefferson Lab aims to resolve the issue once and for all.

CF-12(초) The inclusive electron scattering in quasielastic region 김경식(한국항공대학교 교양학과) Medium and high energy electron scattering is one of the most useful tools to study nucleon properties inside nuclei, especially in the quasielastic region where the cross sections are dominated by the knocking out of individual nucleons. Within a relativistic single particle model in the inclusive (e,e') reaction we investigate the effects of the form factors, gauge ambiguities, and the Coulomb sum rule.

■ SESSION: G [GG1]

4월 19일 (목), 14:30 - 16:15

에메랄드

G

G-01 중학교 과학에서 용수철 진자를 이용한 무게와 질량의 새로운 조작적 정의

오 원근, 김재우¹(충북대학교 과학교육학부, ¹문창중학교) 기존의 중학교 과학 교과서에 제시된 질량 및 무게의 정의와 측정 방법에 관한 문제점을 극복하기 위하여, 용수철 진자의 주기를 이용하여 무게와 관성 질량을 조작적으로 정의하는 새로운 방법을 제시하였다. 이 방법을 실제로 123명의 중학교 1학년 학생들에게 수행하게 하여 측정 결과의 신뢰도와 정확도를 분석함으로써, 본 연구에서 제안한 질량의 조작적 정의 방법이 어느 정도 타당성과 실용성이 있는지 조사하였다.

G-02 용수철의 늘어난 길이는 언제나 F/k 인가?

여 성민, 권 재술(한국교원대학교, 물리교육과) 용수철에 힘이 작용하면 소위 Hooke의 법칙에 따라서 작용한 힘에 비례하여 늘어난다. 이 경우에 우리는 당연히 용수철의 질량은 없는 것으로 간주하고 한 쪽 끝은 고정되어 있다고 가정한다. 이러한 가정은 어떤 면에서 당연하지만 그러한 묵시적 가정이 매우 큰 어려움을 초래하는 경우도 있다. “용수철의 한 쪽 끝에 물체를 연결하고 다른 쪽 끝을 당기면 용수철이 늘어난 길이는 얼마일까?”라는 질문에 대해서는 쉽게 답할 수 있는 사람도, 그 “다른 쪽”이 아니라 “물체가 있는 쪽을 당기면 어떻게 될까?”라는 질문으로 바꾸면 큰 혼란에 빠지게 된다. 학생들이 이러한 혼란에 빠지게 되는 원인은 장력과 관성에 대한 이해의 부족과 용수철의 질량에 대한 묵시적 무시에서 오는 것이다. 본 발표에서는 학생들이 착각하기 쉬운 몇 가지 사례를 통하여 그러한 혼란의 원인을 밝히고, 이러한 논의를 통하여 어떻게 자유공간(무중력)에서 독립된 용수철에 힘을 작용할 때 용수철의 늘어난 길이가 F/k 가 아니라 $F/2k$ 가 되는가를 보이려 한다.

G-03 1930년대 중학교의 물리 교육 내용과 교육 방법 고찰

김 원중, 김 범기¹(백운중학교, ¹한국교원대학교 물리교육과) 우리나라 중등학교 물리교육은 1900년 한성중학교에서 물리교과가 설정된 이후 공교육으로서 100년 이상 지속되어 왔다. 지금까지 새로운 과학교육사조의 영향을 받아 물리교육에서 다양한 시도가 이루어져 왔으나, 물리교육의 문제는 여전히 지난간 교육의 문제를 답습하고 있다. 물리교육에서 직면하고 있는 공통된 문제는 물리 교과 내용의 선정과 이

를 학생들에게 잘 가르치기 위한 교육 방법과 관련되어 있다. 또한, 현재까지의 중등 물리교육사 연구는 주로 물리 교육 내용과 제도적 측면에 관한 연구로서 통사적 수준에 머무르고 있고 특히, 일제 강점기의 중등 물리 교육 내용과 학교 물리교육 실태에 관해 중점적으로 다룬 물리교육사 연구는 미흡하다. 물리교육의 새로운 발판을 마련하고 앞으로 물리교육의 방향을 가늠하기 위해 과거 우리나라의 물리교육에 관한 체계적이고 실증적인 역사적 고찰이 필요하다. 과거에 중등학교에서 물리교육 내용은 무엇이며, 어떤 방법으로 가르쳤는가에 관해 역사적 고찰은 우리의 새로운 물리교육을 모색하기 위하여 필요하다. 본 연구에서는 일제 강점기중 1930년대에 실시된 중등 물리교육에 중점을 두어, 특히, 1938년 이전까지 한국인을 위한 고등보통학교와 일본인을 위한 중학교의 이원화된 학교 교육에서 나타난 교과과정, 당시에 사용되었던 물리교과서의 내용을 비교·분석하고, 당시의 중등학교에서 발행한 학교교육계획서에 나타난 물리교육 실태를 고찰하여 현재 물리교육 내용과 교육방법에 관한 시사점을 밝히고자 한다.

G-04 게임물리학을 이용한 동기부여 학습모델의 개발

이 종완(한림대학교 자연과학대학 전자물리학과) 최근 3차원 컴퓨터 게임이나 애니메이션에서는 현실감을 증대시키기 위하여 캐릭터의 동작과 사물의 움직임을 물리학 법칙에 근거하여 제작하고 있다. 이러한 분야를 컴퓨터 그래픽스에서는 게임물리학 또는 물리기반 모델링이라고 하며 컴퓨터의 계산능력이 급속도로 증가하면서 이에 대한 수요가 증가하고 있다. 본 연구에서는 물리학을 전공하는 학생들에게 적합한 게임물리학을 이용한 새로운 동기부여 학습모델을 개발하였다. 본 연구의 목적은 3차원 게임 제작에 필요한 물리를 프로그래밍하여 직접 만들어 봄으로써 물리학에 흥미를 갖게 하고 이를 바탕으로 게임이나 애니메이션 산업에서 일자리를 찾을 수 있도록 하는데 있다. 컴퓨터 그래픽스를 배운 경험이 전혀 없는 대다수의 물리학 전공 학생들을 위하여 실시간으로 3차원 구현이 가능하면서도 사용하기 쉬운 프로그래밍 언어인 파이썬(Python)을 채택하였다. 슈팅게임과 골프게임 및 알카기게임을 그 예로 든다. 학습모델 적용 이후 게임물리학 관련 동아리들이 생겨나고 있으며 컴퓨터 공학 전공 학생들과 팀을 이루어 게임을 제작하는 사례가 늘고 있다.

G-05 무한 사다리 형태 회로에 대하여

윤 성현(한국교원대학교 물리교육과) 기본적인 단위가 무한히 반복되는 사다리 형태 회로는 간단하지만 흥미 있는 물리계이다. 이러한 회로의 임피던스를 수치 계산적으로 다룬 이전 연구는 이러한 회로를 기이한 성질을

보이는 물리계로 간주하였다. 본 발표에서는 임피던스를 해석적으로 결정하는 방법을 제시하고 이와 관련된 내용을 논의한다.

G-06

Rockets in two dimensions* 강 윤환,

배 새벽¹(서울대학교, 전기.컴퓨터공학부군(前 한국과학영재학교 학생). ¹KAIST, 과학영재교육연구원.) The rocket problem is a fascinating and important topic under the category of variable mass system, and is dealt with in the standard physics subjects. Because the two-dimensional motions of various rockets have not been treated sufficiently, we present the two-dimensional analysis of the rockets for three types of rocket thrusts including the air friction and the gravity: First, we develop the speed-angle framework, which is appropriately used for the qualitative analysis of the two-dimensional rocket trajectories. Second, the slope shapes of the rocket trajectories are discussed for the three types of the rocket engines. The descending parts of the trajectories for the non-vanishing thrusts tend to be gentler and straighter slopes than the ascending parts for relatively large initial angles unlike the projectile motions. It is also shown that the position dependence of the atmospheric density (or, equivalently, the air resistance) can have observable effects on the high-altitude motions. Finally, we analyze the ranges, the maximum altitudes

and the engine performances of the rockets. The horizontal displacements and the maximum altitudes of the rockets with the non-vanishing thrusts are likely to be the increasing functions of the initial angles for high initial speeds. The assessment of rocket engine performance is tried by using the concepts of range and maximum altitude as the criteria.

*This talk is based on our paper, Y. Kang and S. Bae, Eur. J. Phys. 28, 135-144 (2007).

G-07

일반상대론에서 블랙홀과 웜홀의 상호

변환성에 대한 수치적 접근 김 성원, 김 진영, 강 병민¹, 윤 여호¹, 방 준¹, 홍 기범¹, 이 승국¹(이화여자대학교 ¹한국과학영재학교) 일반상대론에서 아인슈타인 방정식을 풀어서 나온 해 중에서 블랙홀만이 아니라 웜홀이 존재 가능하다는 것은 이미 알려져 있다. 본 연구는 R&E 사업으로 이미 2차원에서 이론적으로 알려진 사항[1]을 수치적 방법을 통하여 웜홀과 블랙홀이 상호 변환함을 확인하는 것이었다. 본 연구에서는 double null form으로 표현된 구대칭 시공간에서 웜홀에 Gaussian 형태의 음의 에너지를 넣었더니 throat가 팽창하고 양의 에너지를 넣으면 블랙홀이 되는 것을 확인하였다. 그리고 블랙홀에 음의 에너지를 넣으면 사건의 지평선이 변하여 없어져 웜홀이 되는 것을 확인하였다.

[1] Sean A. Hayward, Sung-Won Kim, and Hyunjoo Lee, Phys. Rev. D 65, 064003 (2002).

■ SESSION: H [HF1]

4월 19일 (목), 12:30 - 14:00

휘닉스 3

HF-01(초) Researches on Astrophysical Plasma in

Korea 류 동수(충남대학교 천문우주과학과) There have been attempts to explore common interests and promote collaborations in the fields of laboratory, space and astrophysical plasmas. I will review recent researches on astrophysical plasma in Korea, focusing on turbulence, particle acceleration, and astrophysical applications.

HF-02(초) Turbulence acceleration in space plasmas

RYU CHANG-MO(POSTECH, Pohang 790-784, Korea.) The Sun emits bursts of outflowing electrons, protons, and heavy ions into the interplanetary space. The in situ spacecraft measurements show that the distribution of particles typically has a non-Maxwellian high energy tail. It is believed that the fundamental mechanism responsible for the high energy tail is the turbulent acceleration. In spite of the obvious significance and the broad-ranging applicability of this problem, the complete picture of the charged particle acceleration has not emerged, and only a part of its process is now beginning to be understood. In this talk, I will discuss recent development in theory and simulation of the particle acceleration in space plasmas, of which turbulence is induced by the beam-plasma interaction.

HF-03(초) Researches for application plasma at

NFRC LEE Bong Ju, CHO K. K, LHO T.H, JUNG Y.H., KIM Y.W., YOO S.J., OH K.S., YOON J.S.¹ (National Fusion Research Center. ¹National fusion research Center.) Various plasma sources for applications have been researched at National Fusion Research Center (NFRC) for last years. Source for hyperthermal neutral beam generation, which has special features to promote material processing without charge and UV damages. Source for the microwave plasma generation to dissociate water vapour directly and the atmospheric pressure plasma source to make the in-line process possible will be described. There is the multi purpose plasma (MP²) facility, which will accomodate several basic plasma researches. Features of above sources mentioned will be presented.

■ SESSION: H [HF2]

4월 19일 (목), 14:30 - 16:00

휘닉스 3

HF-04(초) KSTAR 중성입자빔 장치 개발 현황

오 병훈, 인 상렬, 이 광원, 정 승호, 장 두희, 윤 병주, 정 기석, 진 정태, 장 대식, 김 진춘¹, 김 태성², 김 범렬, 서 민석(한국원자력연구소. ¹프로사이언스. ²과학기술연합대학원대학교) 중성입자빔 장치는 KSTAR 토카막 플라즈마의 핵융합조건 달성과 장시간 운전을 가능하게 하는 매우 중요한 가열장치인 동시에 전류구동 장치이다. 현재 8 MW 중성빔 출력이 가능한 중성입자빔 장치를 순수 국내기술에 의해 개발되고 있는 데, 개발된 부품들의 성능시험과 장시간 운전 가능성 등을 검증하기 위해 KSTAR Prototype 중성입자빔 장치를 완성하고 개발된 부품들을 시험하고 성능개선을 수행하고 있다. KSTAR Prototype 중성입자빔 장치는 이온원, 대형 진공 Chamber, 중성화장치, 이온빔 분리용 전자석, 이온빔 덤프, 칼로리메타, 대용량 Cryosorption 펌프, 빔 진단장치 및 빔 인출을 위한 관련 전원, 장치제어 시스템, 그리고 보조설비로서 냉각수 및 냉매 공급설비 등으로 구성된다. 본 논문에서는 구성된 시험시설과 개발된 부품들의 성능을 시험한 결과들을 포함하여, 향후 개발 계획 등에 대해 소개한다.

HF-05(초) KSTAR Heating and Current Drive

Systems: Status and Plan BAE Y. S., KWON M, LEE G.S., BAK J.S., KWAK J.G.¹, OH B.H.¹, NAMKUNG W.²(National Fusion Research Center. ¹Korea Atomic Energy Research Institute. ²Pohang University of Science and Technology.) The construction of Korean Superconducting Tokamak Advanced Research (KSTAR) tokamak ($R_0 = 1.8$ m, $a = 0.5$ m, $k = 2$, $d = 0.8$, $B_T = 3.5$ T, $I_p = 2$ MA, $t_{pulse} = 300$ sec) will be completed by August, 2007 with a mission of long-pulse, high-b, advanced tokamak fusion physics experiments. The heating and current drive systems in the KSTAR tokamak are being installed to achieve this mission. The KSTAR heating and current drive systems consist of neutral beam injection (NBI) and radio frequency (RF) systems; ion cyclotron heating and current drive (IC H&CD), lower hybrid heating and current drive (LH H&CD) system, and electron cyclotron heating and current drive (EC H&CD) system. The use of multiple heating technologies is aiming at providing control functions including current drive and profile control for the flexibility in

the KSTAR operation scenarios. Also, the KSTAR adopts the ECH-assisted start-up for the flexibility and reliability of the operation regime with the plasma breakdown voltage reduced and therefore saves the volt-sec of the ohmic power system. The 28.5-MW deliverable heating and current drive power in total is needed for the KSTAR physics operation requirement; the neutral beam power of 14 MW at 120 keV D0 beam, the ion cyclotron heating power of 6 MW at 25~60 MHz, the lower hybrid heating power of 3 MW at 5 GHz, and the electron cyclotron heating power of 0.5 MW at 84 GHz for start-up and of 5 MW at 170 GHz for the current drive and the MHD mode stabilization, respectively. This paper describes the status of the KSTAR heating and current drive systems and their upgrade plan in the future as well as the key characteristics and technological features of the long pulse relevant heating and current drive. Also, the progress of the 84 GHz ECH system installation and operational test will be presented.

HF-06(초) Atmospheric Plasma and its Applications

염 환섭(아주대학교 분자과학기술과.) Most of the plasmas on earth have been generated in low-pressure environments where the pressure is less than one millionth of the atmospheric pressure. However, there are many plasma applications, which require high-pressure plasmas. Therefore, scientists start research on plasma generation at high pressure to avoid use of expensive vacuum equipments. Large-volume inexpensive plasmas are needed in the areas of material processing, industrial manufacturing, environmental protection and improvement, efficient energy source and applications, etc. We therefore developed new methods of plasma generations at high pressure and carried out research of applying these plasmas to high tech industries representing 21 century. These research fields will play pivotal roles in material, environmental, and energy science and technology in future. Particularly, the atmospheric plasma is an excellent tool for surface modifications.

■ SESSION: I [IF1]

4월 19일 (목), 12:30 - 14:00

얼레지

IF-01(초) 광학단층영상기법의 개념 및 기본원리

이 병하, 최 은서¹(광주과학기술원 정보통신공학과, ¹조선대학교 물리학과.) 광학단층영상술은 빛을 이용하여 시료의 단면(종단면 또는 횡단면)에 대한 영상정보를 시료의 파괴나 절개 없이 얻을 수 있는 기법으로서 최근 바이오/메디칼 분야에 응용이 활발히 이루어지고 있다. 시료 표면에 대한 영상정보는 광학현미경을 이용해서 손쉽게 얻을 수 있다. 그러나 시료 내부에 대한 영상정보는 통상의 광학현미경으로는 얻을 수 없다. 다만 공초점현미경의 경우 거대 개구수를 갖는 집속렌즈의 짧은 초점심도를 이용하여 시료 내부의 정보를 매우 제한적인 범위에서만 얻고 있다. 최근 활발히 연구되고 있는 OCT (Optical Coherence Tomography) 기법에서는 광대역 다파장 광원의 짧은 결맞음 길이를 이용하여 시료 내부의 영상정보를 얻고 있다. 즉, 광학간섭계에서 간섭은 계를 구성하는 두 광경로가 광원의 결맞음길이 이내에서 일치할 때만 발생한다는 사실에 바탕을 하여 두 광경로 중 하나를 의도적으로 조절함으로써 그 반대 경로에 위치한 시료에 대한 깊이 정보를 얻는다. 본 발표에서는 빛의 결맞음 현상을 이용하여 광학단층영상을 얻는 기본 개념과 이에 관계되는 원리를 논하고자 한다. 특히, 다파장 간섭계의 간섭신호를 하나의 광검출기로 검출하는 통상의 시영역 시스템과 간섭신호를 광원의 각 파장별로 측정하는 주파수영역 시스템을 비교 검토하고자 한다. 또한 하나의 광검출기가 아닌 CCD와 같은 다수의 광검출기를 사용하여 페이지 단위로 단층 신호를 얻는 전역 시스템에 대한 소개도 하고자 한다.

IF-02(초) Novel Laser Source Technology for Optical Coherence Tomography

김 창석(부산대학교 나노과학기술대학 나노시스템공학과.) Optical coherence tomography (OCT) is analogous to ultrasound imaging where light is used instead of sound source. Low coherence large bandwidth light sources were conventionally used in time-domain (TD) OCT to obtain a high longitudinal resolution imaging signal from the relative optical path difference in Michelson interferometer, which is based on a complicated scanning optical delay line. Alternative approaches of Fourier-domain (FD) OCT have recently attracted great interest to achieve higher sensitivity and fast imaging speed using spectrometer or wavelength-tunable source. For FD-OCT application, wavelength-tunable laser requires a wide tuning range

for high longitudinal resolution and a fast scanning rate for high-speed imaging. In this talk, novel wavelength tunable fiber laser (WTFL) technologies for FD-OCT will be also introduced based on various wavelength selection filters, such as galvanometer-mounted mirror-scanning filter, polygon-scanning wavelength filter and Sagnac loop interferometer filter.

IF-03(초) Functional OCT Technologies and Their Applications

김 법민(연세대학교 의공학과 의광학연구실.) Optical coherence tomography (OCT) remains as one of the hottest research topics in the biophotonics society since 90's since it provides unique, high resolution, cross-sectional images of biological tissues using non-ionizing radiation. However, this technology was commercialized only in ophthalmology area partially because the structural OCT images have limited applicability in medicine. Functional OCT technologies such as polarization sensitive-OCT, optical Doppler tomography, second-harmonic OCT, spectroscopic-OCT have larger potential for clinical applications. In this presentation, various functional OCT technologies are introduced along with their potential applications. Current research trends and challenges are also discussed.

■ SESSION: I [IF2]

4월 19일 (목), 14:30 - 16:00

얼레지

IF-04(초) 분광학을 이용한 혈중 성분의 농도 측정

(Concentration measurement of blood components using optical spectroscopy) 윤 길원(서울산업대학교 의료전자연구소.) 혈중 성분은 인체 건강상태나 신진대사와 직결되어 있고 그 농도가 정해진 범위 내에서 조절되고 있다. 이런 혈중 성분의 농도는 건강 상태를 모니터링 하는데 중요한 지표로 사용되고 있다. 기존의 방법은 혈액을 채취한 다음 측정하고자 하는 특정 성분과 반응하는 효소 등과 같은 시약을 사용하여 농도를 예측하는 소위 wet chemical process에 기반을 두고 있다. 분광학을 이용하는 방법은 혈중 성분마다의 독특한 스펙트럼을 농도 측정에 이용한다. 성분에 따라 가시광선부터 근적외선, 중적외선까지 다양한 대역을 이용한다. 측정 시스템의 구성은 광원, 검출부, 전자제어부 및 통계처리부 등으로 구성된다. 빌리루빈, 헤모글로빈, 산소포화도 등은 가시광선 대역의 몇 개의 파장만을 이용하여 측정하며, 비교적 목표 성분들의 흡수 스펙트럼

이 뚜렷하여 혈액 샘플로부터 농도를 측정할 수 있음은 물론, 혈액을 채취하지 않고 인체 부위에 빛을 조사시키고 산란되어 나온 빛을 분석하여 측정할 수 있었다. 알부민, 글로블린, 콜레스테롤, 글루코즈, 요소질소, 크레아티닌, 요산 등은 중적외선 스펙트럼을 이용하여 그 농도를 예측하였다. 예측의 정확도를 높이기 위하여 스펙트럼의 사전에 데이터 처리하였으며, 농도 예측을 위한 최적의 주파수 대역을 선정하고 이 대역의 스펙트럼을 측정하고 분석하는데 이용하였다. Partial least squares regression 같은 통계처리 방법을 이용하며 농도를 예측하였다. 분광학을 이용하여 혈중 농도를 측정하는 방법은 wet process를 거치지 않기 때문에 임상분석 기기의 운영의 대부분의 비용을 차지하는 시약을 사용하지 않는 경제적인 큰 이점이 있고 또한 여러 성분들을 동시에 측정할 수 있는 장점을 가지고 있다. 그러나 분광학으로 측정할 수 있는 혈중 성분들이 비교적 제한되어 있고, 임상적으로 받아 들여질 수 있도록 정확도를 향상시킬 수 있는 다양한 기법들에 대한 연구가 필요하다.

IF-05(초) Molecular imaging of cancer cells expressing specific biomarkers using nanoprobe-based optical microscopy 주 재범(한양대학교 응용화학과 나노바이오 분광연구실) Molecular imaging technology, using metal nanoparticles and a laser-induced optical microscope, has been extensively applied to biomedical diagnostics. For example, fluorescence imaging using Quantum Dot (QD) nanocrystals and surface-enhanced Raman imaging using gold nanoparticles are extensively used for sensitive and selective biomarker imaging in cells and tissues. Recently, scattering-based phase contrast optical imaging techniques, such as reflectance confocal microscopy (RCM) or optical coherence tomography (OCT), are emerging as new optical visualization tools for in vivo biomedical imaging. These techniques provide fast and cost-effective high resolution imaging methods compared with current expensive imaging modalities. To better improve spatial resolution in phase contrast optical imaging, gold nanoshells are used as contrast agents. The localization and compositions of the cancer markers in live cells are identified using confocal laser-induced microscopy. In this presentation, various applications of metal nanoprobe and laser-induced optical imaging techniques for the highly sensitive biomarker detection in live cells will be discussed.

IF-06(초) Diffuse Optical Tomography 기술의 현

황 예 중철(KAIST 바이오시스템 학과) 이 발표에서는 현재 breast cancer imaging, functional brain study, 그리고 small animal imaging의 장비로 각광받고 있는 diffuse optical tomography (DOT) 기술의 변천사와 현황을 review하고자 한다. 먼저 high scattering media에서 광자의 운동을 묘사하는 diffusion approximation에 대하여 고찰하고 CW, time-domain, frequency domain 등의 방법의 개요와 장단점을 논하며, 그 구성들을 현재 각국에서 구현된 시스템을 비교하면서 설명한다. 또한 현재 DOT의 기술의 실용화의 bottleneck이 되고 있는 inverse problem의 문제점을 설명한 후 이를 위해 구현된 선형 기법, 비선형 기법, source localization 기법, level set method, analytic method 등 알고리즘에 대한 논의하고자 한다.

■ SESSION: I [IT1]
4월 19일 (목), 20:30 - 21:30
얼레지

IT-01(초) Attosecond Physics Based on High Harmonic Generation NAM Chang Hee(Department of Physics and Coherent X-ray Research Center, KAIST, Daejeon 305-701, Korea.) Attosecond physics applying high harmonic light sources has been intensively pursued in recent years. High harmonics emitted from atoms driven by intense femtosecond laser pulse can form an attosecond pulse train or a single attosecond pulse when properly controlled. When atoms are exposed to intense laser field, atoms are easily ionized by the laser field. The ionized electron is then accelerated along the laser field, returns to the atom as the laser field changes sign, and its kinetic energy is converted into radiation when it recombines. As this process is periodically repeated, harmonic radiation is formed. Under intense laser field the harmonic radiation can reach the xuv/soft x-ray wavelength region. The harmonic spectral structure, resembling that of a mode-locked laser, can form an attosecond pulse train or a single attosecond pulse. Harmonic light sources possess unique features suitable for attosecond physics and science. For proper understanding of the interactions between attosecond pulses with matter, the temporal structure of attosecond pulses should be first well characterized. Since efficient nonlinear material for two photon processes is difficult to realize in the xuv wavelength region, autocorrelation techniques, widely used for the characterization of femtosecond pulses, can be applied only to limited cases of

low-order harmonic pulses. Cross correlation techniques based on the photoionization by high harmonic and femtosecond laser pulses, acting simultaneously, are thus valuable for the characterization of attosecond pulses. In this tutorial, high harmonic generation processes will be first explained, and techniques to characterize attosecond pulses and a method to generate near transform-limited attosecond harmonic pulses will be presented, along with some examples of attosecond physics research.

■ SESSION: I [IG1]

4월 20일 (금), 09:00 - 10:30

일레지

I-01

Localized Resonance Patterns in Chaotic Microcavities

LEE Soo-Young(*BK21 Frontier Physics Research Division, Department of Physics and Astronomy, Seoul National University*.) We study how the openness affects resonance mode patterns in chaotic microcavities. In some scarred resonances, there is a pattern splitting between waves of different chirality, and the emission pattern of very high Q scarred resonances is uniquely determined by the boundary geometry and refractive index. These can be well explained by the steady probability distribution, a phase space distribution describing both openness and dynamics. The role of openness of chaotic microcavities is more crucial in the quasiscarred resonance which has a scar-like localized pattern without an underlying periodic orbit, because it may not exist in closed billiards. We discuss about the condition for the formation of quasiscarred resonances, and present the property of a quasiscarred resonance in a stadium microcavity.

I-02

Elaboration of linear-optical implementations of Deutsch algorithm with and without utilizing entanglements

NAGATA Koji, LEE Sangkyung, AHN Jaewook(*KAIST, Department of Physics*.) We propose multiple implementations of linear-optical processing of Deutsch algorithm using Einstein, Podolsky, and Rosen state. Recently Oliveira et al.[1] experimentally demonstrated the use of polarization and transverse spatial modes of the electromagnetic field as qubits for Deutsch algorithm. Compared to three Hadamard gates and a function used in the previous scheme, in our elaboration of new implementations whether the un-

known function is constant or balanced is successfully determined even without Hadamard gates. Instead, a polarization-momentum entangled bi-photon state is used. Coincidence measurements of photon arrivals coupled with polarization state analyzers identify answers to Deutsch problem. The entanglement-witness analysis[2] is applied to validate the performance of the schemes, or the fidelity. Reference

[1] A. N. de Oliveira, S. P. Walborn, and C. H. Monken, *J. Opt. B:Quantum Semiclass. Opt.* 7, 288 (2005).

[2] K. Nagata, M. Koashi, and N. Imoto, *Phys. Rev. A* 65, 042314 (2002).

I-03

은 나노입자 Langmuir-Blodgett 박막에

서의 펄스 레이저를 이용한 패턴 형성 신 현권, 김 현준, 하 정민¹, 이 명규(*연세대학교, 금속시스템공학과, ¹LG 화학기술연구원*.) 본 연구에서는 미리 제작되어진 패턴 없이 펄스 레이저에 의한 간섭을 이용하여 일정한 주기를 갖고 잘 배열된 1차원과 2차원의 은(Ag) 나노입자 Langmuir-Blodgett (LB) 박막의 패턴을 형성하였다. 펄스 레이저에 의한 은 나노입자 LB 박막의 패턴 형성은 펄스 레이저에 의해 야기되는 thermal desorption에 기초한 방법으로 펄스 레이저의 조사에 의해 은 나노입자의 급속한 열적 팽창이 발생하여 이로 인한 thermo-elastic force가 나노입자와 기판 사이의 van der Waals force를 초과하는 순간 나노입자는 기판으로부터 떨어져 나오게 된다. 이러한 원리를 이용하여 펄스 레이저의 두 빔 또는 세 빔을 나노입자 LB 박막에 조사하여 패턴을 형성하였다. 빔의 간섭을 이용한 주기적인 패턴 형성 시 가장 중요한 요인은 펄스 레이저의 width와 power 그리고 나노입자 LB 박막과 기판 사이의 접촉력이다. 펄스 레이저의 width가 좁을수록 펄스 에너지를 받은 나노입자의 온도가 급격하게 올라가 열적 팽창에 의한 thermo-elastic force가 커지게 되고 그로 인하여 은 나노입자는 용해가 발생하기 전에 기판으로부터 분리되게 된다. 만약 펄스 레이저의 width가 넓을 경우 나노입자의 온도는 서서히 상승하게 되어 thermal desorption은 발생하지 않고 입자는 용해되어 기판위에 영겨 붙게 된다. 실험에서는 펄스 width가 10 ns인 것과 1 ms인 Nd:YAG laser($\lambda = 1064\text{nm}$)를 사용하였고 은 나노입자는 polyol process를 이용하여 제조하였다. Precursor로는 silver nitrate를 사용하였고 stabilizer로는 polyvinylpyrrolidone (PVP, $M_w \sim 55,000$)을 사용하였다. 은 나노입자는 평균 사이즈 50 nm와 120 nm의 두 종류로 제조하였고 원심분리를 이용하여 정제 후 chloroform에 분산된 형태로 얻게 된다. Chloroform에 분산되어 있는 은 나노입자를 물 (DI water)위에 뿌려주어 나노입

자의 monolayer를 물표면 위에 형성하고 slide glass를 dip-coating하여 slide glass 표면위에 monolayer 박막을 형성하게 된다. 패턴 형성은 두 빔을 이용하여 8.7 μm 의 주기성을 갖는 stripe pattern과 세 빔을 이용하여 벌집 모양의 hexagonal pattern을 형성하였다.

I-04 편광격자의 스핀격자 각운동량 최현희, 우 제훈, 우 정원(이화여자대학교) 광자는 질량이 없고 스핀값이 1인 입자로 알려져 왔다. 하지만 운동량 k 를 가지는 광자의 편광벡터의 특성은 $1/2 \text{ hbar}$ (+1 helicity)값을 갖는 χ^+ 와 $-1/2 \text{ hbar}$ (-1 helicity)값을 갖는 χ^- 로 정의되고 Stock 파라미터에 의해서 완벽한 기술이 가능하다. 또한 광자가 편광변조 물질을 통과하면서 겪게 되는 편광의 변화 역시 Berry phase에 의해 설명되어진다. 그렇다면 광자의 편광상태와 각운동량은 어떠한 관계가 있는가? 이를 위해서 우리는 베리 경이 "Singular Optics SPIE(1998)"에서 언급한 "Pauli 매트릭스와 Stock 파라미터가 완벽히 빛의 편광상태를 기술하더라도 교환 관계(commutation relation)와 크기가 스핀이 1인 입자에는 유효하지 않다"는 말을 되뇌일 필요가 있다. 일반적으로 전자의 스핀 상태가 SU(2) 공간이나 스핀너 공간에서 Pauli 매트릭스를 사용한 생성연산자와 소멸연산자를 통하여 완벽히 설명이 가능하다는 것을 염두에 둔다면 실제 공간에서 스핀이 1인 광자를 SU(2) 공간에서 기술한 것이 편광상태이며 곧 각운동량과 관계가 있고 이는 곧 Pauli 매트릭스를 이용하여 소멸, 생성 연산자를 도입할 수 있음을 말한다는 것을 알 수 있다. 그렇다면 소멸생성연산자의 역할을 하는 것은 무엇인가? 일반적으로 편광변조 구조 즉 파장판, 편광격자, CLC구조를 통과하였을 때 우리는 편광이 변화되는 것을 알 수 있다. 이러한 구조는 곧 편광상태의 변화, 각운동량의 변화를 가져온다. 본 연구에서는 편광구조격자를 생성과 소멸 연산자를 사용하여 기술하고 이러한 연산자의 도입으로 광자의 편광상태, 즉 각운동량상태를 완벽히 기술 할 수 있음을 보일 것이다.

I-05 Serrated aperture를 이용한 1 kJ급 Nd:Glass 레이저의 공간 분포 개선 임 창환, 고 광훈, 이 기태, 진 정태, 홍 성기, 서 영석, 윤 동현, 이 동원¹ (한국원자력연구소, ¹한국과학기술원) 한국원자력연구소에서는 고에너지밀도 플라즈마 발생, 레이저 입자가속, 레이저 유도 핵종변환 등 양자공학분야 연구를 위하여 1 kJ급 Nd:Glass 레이저를 구축하고 있다. 다만 증폭기로 구성되는 Nd:Glass 레이저 증폭기 체인에서는 출력이 증가함에 따라 발생하는 광학계의 손상을 피하기 위하여 레이저 빔의 공간분포 개선이 필수적이다. 본 연구에서는 입사광의 공간 분포에 따른 각 증폭단의 에너지 분포를 계산하여 레이저에 의한 광학계 손상을 방지할 수 있는 kJ급 레이저 시스템을 설계하였으며, serrated aperture와 공간필터를 이용하여 레이저 공간 분포를 개선하였다.

I-06 광섬유 링 레이저를 이용한 광 빔 발생기 Optical Frequency Comb Generator using Fiber Ring Laser 유 한영, 문 한섭¹, 서 호성(한국표준과학연구원, ¹부산대학교 물리학과) 광주파수 빔 발생 시스템은 광주파수 절대 측정 및 길이측정을 위한 고정밀 측정 수단으로써 사용되고 있다. 광주파수 빔 발생기는 주파수영역에서 주기적인 펄스열을 제공하기 때문에 광주파수 측정이나 길이 측정을 위한 기준 자처럼 사용할 수가 있다. 본 논문에서는 외부에서 1565 nm 파장의 광신호를 주입하고 주파수 영역에서 발생된 빔(comb)이 능동적으로 제어가 가능한 간단한 구조의 광섬유 링 레이저를 제작하고 각종 특성을 분석하였다. 제작한 광섬유 레이저 광빔 발생기의 주기적 펄스열은 AOM을 이용하여 능동적으로 제어할 수 있기 때문에 특정 변조 주파수 (80 MHz, 150 MHz)에 대해 3 dB 대역폭 내 500 GHz 영역에서 광주파수 펄스열 생성이 가능한 특징을 갖는다.

■ SESSION: J [JF1]

4월 19일 (목), 12:30 - 14:15

에메랄드

JF-01(초)

광연합을 이용한 극저온 KRb 분자의

분광학 연구

김 진태(조선대학교, 광기술공학과.) 본 발표에서는 극저온 KRb 분자 생성, 측정, 분광학에 관한 전반적인 내용을 포괄적으로 다루고자 한다. 여기에서 사용한 실험 방법은 레이저에 의해 포획된 K와 Rb 원자들을 중첩시키고 광연합 레이저를 사용하여 여기된 극저온 분자를 형성한다. 형성된 극저온 분자의 여기된 상태로부터 기저 상태의 트리플릿. 싱글릿 상태의 밀도를 측정하기 위하여, 펄스 레이저를 사용하여 KRb^+ 이온을 형성하고 질량분석기를 통해 KRb^+ 이온을 검출함으로써 극저온 분자를 측정하였다. 이러한 여기된 극저온 분자를 STIRAP(Stimulated Raman Adiabatic Passage) 과정을 통해 $X^1\Sigma^+$ 상태 $v''=0, J''=0$ 로 전이시키기 위한 방법을 제시한다. 또한 레이저 밀도 감소 측정 방법[1]을 통해 KRb 분자의 기저상태의 정밀한 결합에너지를 정확히 측정하였다. 현재까지 실험적으로 알려지지 않은 KRb 분자의 IP 측정을 위하여 형성된 트리플릿 상태를 이용하여 트리플릿 리드버그 이온화 에너지 근처에 있는 리드버그 상태들을 측정하는 방법을 제시하고 측정된 중간 단계 트리플릿 상태들에 관해 논의한다.

*본 연구는 미국 Connecticut 대학 물리학과 D. Wang, C. Ashbaugh, E. E. Eyler, P. L. Gould, W. C. Stwalley 의 공동연구에 의해 수행되었음.

[1]. D. Wang, J. T. Kim, C. Ashbaugh, E. E. Eyler, P. L. Gould, and W. C. Stwalley Accepted in Phys. Rev. A (2007).

JF-02(초)

사다리형 전자기 유도 투과에서 이중

공명 광 펌핑 효과

문 한섭(부산대, 물리학과.) 우리는 루비듐 원자 $5S_{1/2} - 5P_{3/2} - 5D_{5/2}$ 전이선을 이용하여 사다리형 전자기 유도 투과 (electromagnetically induced transparency; EIT) 현상에 의한 스펙트럼에서 이중 공명 광 펌핑 (double resonance optical pumping; DROP) 효과에 의한 스펙트럼을 측정하였다. 지금까지 ladder-type EIT 스펙트럼에서는 L-type EIT 스펙트럼과 달리 광펌핑 효과를 고려되지 않았다. 대부분의 L-type EIT 연구는 두 바닥준위를 사용하기 때문에 결합광에 의한 광펌핑 효과가 전체 흡수스펙트럼의 형태에 큰 변화를 주었다. 한편 ladder-type EIT는 하나의 바닥 준위와 여기준위들을 사용하기 때문에 광펌핑에 의한 바닥 준위의 밀도변화를 고려하지 않았다. 그러나 루비듐과 같은 알칼리족 원자의 바닥준위의 초미세 상태는 2개로 구성되어있기 때문에 ladder-type 구도에서 DROP현상이

나타날 수 있다. 우리는 본 연구에서 ladder-type EIT에서 DROP현상으로 인해서 EIT 신호 자체에 DROP스펙트럼이 포함된 것을 관측하였고, 특히 $5S_{1/2} (F=2) - 5P_{3/2} (F=3) - 5D_{5/2} (F=4)$ 전이선과 같은 순환전이선 (cycling transition)에서는 이중 형태의 스펙트럼을 관측할 수 있었다. 본 연구를 통해서 원자와 레이저의 상호작용연구에서 광펌핑 효과와 원자결맞음 효과에 대한 이해를 높일 수 있을 것으로 기대한다.

JF-03(초)

Quantum Optics Studies with the Cavity-

QED Microlaser

안 경원(서울대학교 물리천문학부.)

Coherent interaction of a single two-level atom with a single mode of a cavity results in nonclassical effects. In our microlaser the single-atom-like coherent interaction can be maintained even when the number of intracavity atoms is increased to several hundreds. Quantum jumps and nonclassical photon statistics have been observed directly. It is recently found that the bipolar atom-cavity coupling introduces extra resonances and breaks the symmetry in the output lineshape. The effect of initial atomic coherence on the output characteristics will also be discussed.

■ SESSION: J [JF2]

4월 19일 (목), 16:30 - 18:10

에메랄드

JF-04(초)

Damping Rate of the Population

Oscillation Amplitude in a Spontaneously Decaying Two-Level Atom Coupled to a Monochromatic Field

이 선경, 이 해웅(KAIST, 물리.)

We report on a new quantum effect that a two-level atom coupled to a monochromatic radiation field may exhibit. The quantum effect has to do with the damping rate of the amplitude of the Rabi oscillation when the atom is subjected to spontaneous decay. As is well known, the amplitude of the Rabi oscillation decreases progressively at each successive revival, even in the absence of spontaneous decay and any other dissipation, because a smaller and smaller number of dephased oscillations rephase at each successive revival time. Spontaneous decay works to further decrease the oscillation amplitude over the already existing decrease in its absence. We are concerned with this additional damping due to spontaneous emission. We show that the semi-classical theory tends to overestimate this damping rate, and thus a cor-

rect quantitative description of the damped Rabi oscillation is obtained only with a full quantum mechanical treatment.

JF-05(초) 단일광자발생조건에 대한 연구 노재우, 김 기식(인하대학교 물리학과) 광학적인 방법을 이용한 양자정보 기술의 발전을 위해 현재 필수적인 요소로 생각하는 단일광자 발생에 대한 방법과 문제점을 살펴본다. 원자에서 방출하는 광자의 형태는 발생조건과 측정조건에 따라 크게 달라질 수 있기 때문에 원자가 방출하는 광자의 단일성과 반복재현성, 시간적인 불확실성, 그리고 양자적 순수상태의 보장성 등이 중요한 연구 과제가 된다.

JF-06 A holographic origin of entanglement 이 재원(KIAS.) Although entanglement is now treated as an important physical quantity as well as a valuable resource allowing various quantum information processing, the origin of this non-local quantum correlation remains a mystery. In this work it is suggested that entanglement is originated from the holographic principle claiming that all of the information in a volume can be described by the physics at the boundary of the volume. According to the principle, ordinary quantum field theory over-counts independent physical degrees of freedom inside the volume. This can lead to entanglement between physical observables presumed independent of each other. In this context, possible origins of no-cloning, no-signaling, and the Holevo's theorems are also discussed.

JF-07 Nonclassical Raman Photon Pairs from Room Temperature Source OOI C. H. Raymond, LEE Sangkyung, AHN Jaewook, PARK Chang Yong¹ (KAIST, Department of Physcis. ¹KRISS, Department of Physical Metrology.) We consider room temperature gaseous cell of Rubidium atoms in a double Raman scheme to generate macroscopically entangled bi-photons. The advantage of generating non-classical light from room temperature atoms is the considerable simplification of experimental setups. We present a quantum Langevin theory including propagation to study and identify regimes of non-classical correlations between macroscopic Stokes and anti-Stokes bi-photons produced by the gaseous cell. We extend the existing theory to include Doppler broadening due to thermal atoms with the motivation of

describing the correlations and entanglement close to the room temperature. Potential applications of this novel non-classical coherent light source include quantum communication, quantum lithography, and more.

■ SESSION: J [JF3]
4월 20일 (금), 09:00 - 10:35
에메랄드

JF-08(초) Recent Progresses of Plasma Property Database for Industrial Plasma 이 상호, 신 진섭, 윤정식¹, 송 미영¹, 황 성하¹, 한 정민¹, 이 봉주¹(한국과학기술정보연구원, ¹핵융합연구센터, 플라즈마 물성 데이터센터.) Since the characteristics of plasmas depend strongly on the interactions between plasma particles such as electron, ions, and neutrals, a well-established atomic and molecular database is needed to understand and produce various types of plasma. Although atomic and molecular cross section data have been generated for a long time, they have not yet been integrated well into a user-friendly database which is increasingly needed especially for nuclear fusion and industrial plasma applications as well as pure plasma science. Thus here we introduce our activity, how tried to collect, analyze and integrate the atomic and molecular cross section data into a database that is easily accessible for users through the internet.

JF-09 세슘 $6S_{1/2}-6P_{3/2}-8S_{1/2}$ 전이선에 대한 공명 이광자분광신호의 관찰 박 상언, 김 역봉, 박창용, 이 원규, 유 대혁, 서 호성, 권 택용(한국표준과학연구원.) 최근 세슘원자의 $6S_{1/2}-8S_{1/2}$ 전이선의 절대주파수를 이광자 분광법을 사용하여 T.W. Hansch등이 5×10^{-11} 의 불확도로 측정하였다. 우리는 이광자 분광법 대신 광빔에 주입잠금된 두 대의 다이오드레이저를 사용한 공진 이광자분광(resonant two-photon spectroscopy) 방법으로 $6S_{1/2}-8S_{1/2}$ 전이선의 절대주파수를 정밀하게 측정할 계획이다. 이에 앞서 본 발표에서는 두 대의 다이오드레이저를 사용하여 세슘원자 $6S_{1/2}-6P_{3/2}-8S_{1/2}$ 전이선에 대한 공명 이광자분광신호를 관측하여 발표할 예정이다. 파장이 852 nm 인 다이오드레이저는 $6S_{1/2}-6P_{3/2}$ 전이선 부근에 공진되도록 하였고, 파장이 795 nm 인 두 번째 다이오드레이저는 $6P_{3/2}-8S_{1/2}$ 전이선 부근에서 주파수를 변화시키면서 세슘증기셀에서의 공명 이광자분광신호를 관측하였다.

JF-10

NO분자 광흡수단면적 측정 김 현(충남대학교 물리학과) NO분자의 광흡수단면적을 Double Ion Chamber(DIC)를 이용하여 파장영역 30 nm - 200 nm에서 측정하였다. 광원은 포항가속기연구소 3B1 NIM beam line의 resolution 0.06 nm인 방사광을 이용하였다. 광이온이 생성되는 영역에서는 DIC방법과 attenuation방법으로 광흡수단면적을 측정하여 서로 비교하였으며 photon energy가 문턱에너지보다 낮은 영역에서는 attenuation방법으로 광흡수단면적을 구하였다.

JF-11

Semi-classical approach to the partial photo-ionisation cross sections of helium LEE Min-Ho, CHOI NarkNyul, TANNER Gregor¹, CZASCH Achim², DORNOR Reinhard²(금오공과대학교 자연과학대학 물리학과. ¹School of Mathematical Science, Univ. of Nottingham, UK. ²Institut für Kernphysik, Goethe-University Frankfurt, Germany.) Experimental results on partial photo-ionisation cross sections of helium are analysed in the light of recent advances in the semiclassical theory of two-electron atoms. Byun et.al[1] predict that the total photo-ionisation cross section below the double-ionisation threshold can, semiclassically, be described in terms of contributions associated with classical orbits starting and ending in the triple collision. The necessary modifications of the semiclassical theory for partial cross sections is developed here. It is argued that partial cross sections are also dominated by the triple collision dynamics. The expected semiclassical contributions can be identified in the Fourier transformation of the experimental data. This clearly demonstrates for the first time the validity of the basis assumptions made in [1]. Our findings explain furthermore in a natural way the self-similar structures observed in cross section signals for different channel numbers.

(REF.[1] C.W. Byun, N.N. Choi, M.-H. Lee and G. Tanner, Scaling law for the photo-ionisation cross section of two-electron atoms, to be published in Phys. Rev. Lett.)

JF-12

Observation of Symmetry Breaking in the Cavity-QED Microlaser LEE Moonjoo, SEO Wontaek, HONG Hyun-Gue, CHO Sungwan, SONG Younghoon, LEE Jai-Hyung, AN Kyungwon(서울대학교 물리학과) We report experimental observation of two types of symmetry breaking in the Cavity-QED microlaser. (1) The microlaser exhibits a symmetric lasing curve with respect to the rest-atom resonance frequency when perfectly inverted atoms are injected and the atom-cavity detuning is scanned. However, when the atoms are injected into the cavity in a coherent superposition between the ground and excited state, the symmetry of lasing curve is broken due to the relative phase between the ground and excited state. (2) In addition, in a tilted-atomic-beam configuration, when the initial atomic state is purely the excited state, there are two symmetric lasing peaks due to symmetric interaction with individual traveling-wave components of the cavity field with opposite Doppler shifts. As we increase the relative size of the ground state in the initial superposition state more and more, the asymmetry between two peaks becomes larger, and finally one of the two peaks disappear completely. This symmetry breaking can be explained by considering the contributions of both traveling-wave components to the lasing signal. To the best of our knowledge, this is the first experimental observation of symmetry breaking in the microlaser/ maser systems. This phenomenon can be utilized to measure the state of two-level atomic qubit for quantum information.

■ SESSION: L [LF1]

4월 19일 (목), 14:30 - 16:15

루비

LF-01(초)

The spacetime geometry produced by a string with arbitrary tension in higher dimensions

이철훈(한양대학교 물리학과.) Spacetimes of dimensions higher than 1+3 have become objects for serious consideration in physics as some physical theories such as the string theory and brane cosmology are necessarily formulated in higher dimensions. In exploring the existence of extra dimensions, the higher dimensional black hole or black string solutions can be useful tools. The simplest black string solution in 1+4 dimensions, first discussed by Gregory and Laflamme, is the uniform extension of the Schwarzschild solution to the fifth dimension. This solution turns out to represent the spacetime geometry produced by a string characterized by the tension whose magnitude is one half of the mass per unit length. In this work we present a general class of solutions with two arbitrary parameters, mass per unit length and tension. The spacetime properties represented by these solutions are discussed.

LF-02(초)

수치상대론 연구의 최근 동향과 전망

강궁원(한국과학기술연구원.) 컴퓨터의 발달과 더불어 계산과학은 이론과 실험에 이어 과학 연구의 한 방법론으로 자리 잡았다. 아인슈타인 중력 방정식의 해를 수치적으로 구하는 수치상대론은 LIGO 실험으로 대표되는 중력과 검출 실험의 진행과 함께 최근 비약적으로 발전해 왔다. 난제 중의 하나였던 블랙홀 쌍성에 대한 믿을만한 수치적 연구가 2005년 성공했다. 본 강연에서는 수치상대론에 대한 간략한 소개 후 최근의 연구 동향을 살펴본다. 그리고 이를 바탕으로 국내 수치상대론 연구의 가능한 주제와 바람직한 방향을 모색해 보고자 한다.

LF-03(초)

Gravitational Collapse and the Cosmic Censorship Hypothesis

오정근(연세대학교) We present the formulation of the gravitational collapse of matter in the context of general relativity and string theory as well. A variety of models in general relativity as well as string theory are considered, in which it is shown that the matter collapses to either a black hole or a naked singularity, depending on the model we considered.

LF-04

Spin of Stellar Mass Black Holes

이창환(부산대학교, 물리학과.) Recent estimates of the Kerr parameters a^* for two binaries (Shafee et al. 2006), GRO J1655-40 (Nova Scorpii) and 4U1543-47 (IL Lupi), facilitate a test of stellar evolution. We found that the measured Kerr parameters are consistent with those of Lee et al. (2002), in which they predicted the Kerr parameters of X-ray transient sources based on the common envelope evolution which begins at the He red-giant stage of blackhole progenitors. Based on this evolution, we propose a model for the evolution of GRS 1915+105, in which the spinning up the black hole by the accretion from the donor star plays an essential role to nearly reach the observed $a^* > 0.98$ (McClintock et al. 2006).

■ SESSION: L [LG1]

4월 19일 (목), 16:30 - 17:30

루비

L-01

Status of Telescope Array experiment

천병구, 유지운노, 양종만¹, 박일홍¹, 남신우¹, 권영준², 조일성², 박수종³, 윤영혁⁴, 김상혁³, 오세지¹, 정애라¹, 서정은¹, 최은정¹, 임선인¹(한양대학교 물리학과. ¹이화여자대학교, 물리학과. ²연세대학교, 물리학과. ³경희대학교, 우주과학과. ⁴전남대학교, 물리학과.) The Telescope Array experiment has been designed to observe extremely high energy cosmic rays from the induced air-showers using a combination of ground array and air-fluorescence detectors which are deployed in the high desert in Millard County, Utah. We mainly report the status of ground array deployment performed in last winter season.

L-02

Design of photon detectors and electronics

for MTEL 나고운, 김지은, 전진아, 오세지, 문경화, ARTIKOVA S., 남신우, 양종만, 이직, 박재형, 박일홍, 박용선¹, 유형준¹, 유병욱¹, 김민수¹, 김용권¹, KHRENOV B.², GARIPOV G.², KLIMOV P.²(Ewha Womans Univ.. ¹Seoul Nat'l Univ.. ²Moscow State Univ..) MTEL(MEMS Telescope for Extreme Lightning) is a space telescope under construction for the measurement of TLEs which are extreme lightning phenomena in upper atmosphere. In the telescope photons from the lightnings are collected by MEMS mirrors and detected by

multi-anode PMTs with 8*8 channels. The readout electronics has been designed to allow a wide dynamic range, implementing functions from photon counting to large photon flux measurement. The design of telescope detector system and initial test result will be presented.

L-03 Introduction to MTEL and design of the mechanics structure

나 고운, 김 지은, 전 진아, 오 세지, 문 경화, ARTIKOVA, S., 남 신우, 양 종만¹, 이 직, 박 재형, 박 일흥, 박 용선², 유 형준², 유 병욱³, 김 민수³, 김 용권³, KHRENOV, B.⁴, GARIPPOV, G.⁴, KLIMOV, P.⁴(*이화여자대학교, 물리학과. ¹이화여자대학교, 물리학과. ²서울대학교, 물리천문학부. ³서울대학교, 전기컴퓨터공학부. ⁴Moscow State Univ., DV Skobeltsyn Institute of Nuclear Physics.*) For the measurement of ultra high-energy cosmic rays with the energy above 10^{19} eV from the extensive air shower events, it is necessary to understand clearly the extreme lightning phenomena in upper atmosphere called TLE(Transient Luminous Event). MTEL(MEMS Telescope for Extreme Lightning) is a space telescope to be constructed for the measurement of TLEs. MTEL will be equipped with small arrays of mirrors produced by MEMS(Micro Electro Mechanical System) technology. The mirrors will be used to reflect lights from TLEs to the photon detectors with multi-anode PMTs in the telescope. The telescope will be the main payload of the satellite with the name of SSC (Small SpaceCraft) that will be launched from ISS (International Space Station) early next year (2007) for the fifty anniversary celebration of the world satellite Sputnik No.1. Scientific goals and the structure of MTEL will be presented together with the design of the payload mechanics.

L-04 Charge measurement of silicon charge detector in the CREAM experiment

PARK N.H., AHN H.S.¹, GANEL O.¹, JEON J.A., LEE M.H.¹, NAM S., PARK I.H., SEO E.S.², WALPOLE P.¹, YANG J., YOON Y.S.³(*Dept. of Physics, Ewha Womans University. ¹Inst. for Phys. Sci. and Tech., University of Maryland. ²Inst. for Phys. Sci. and Tech., University of Maryland; Dept. of Physics, University of Maryland. ³Dept. of Physics, University of Maryland.*) CREAM (Cosmic Ray Energetics And Mass) is the balloon-borne experiment for the direct measurement of high energy cosmic-ray particles to investigate the origin, propagation and acceleration model of the particles. The CREAM

collected about 70 days' data with twice of long duration balloon flight. The silicon charge detector (SCD) was designed to measure the charge of incident particles from protons ($Z=1$) to iron ($Z=26$). The first CREAM (CREAM-I) instrument included a single layer of SCD, which was upgraded to a dual layer SCD for CREAM-II. The preliminary result of charge measurement with SCD will be presented.

■ SESSION: L [LT1]
4월 19일 (목), 20:30 - 21:30
루비

LT-01(초) Gravitational Lensing and Dark Matter

박 명구(*경북대학교*) Weak lensing is a very weak effect on the shape of distant galaxies due to the gravity of the intervening masses, which allows the 3-D mapping of the mass in the universe including the dark matter. Microlensing also probes the mass distribution in our galaxy, especially in the bulge and halo. Recent developments in weak lensing and micro-lensing are reviewed.

■ SESSION: L [LF2]
4월 20일 (금), 09:00 - 10:45
루비

LF-05(초) Eccentric universe in a five dimensional bulk

GE Xian-Hui(*APCTP*) We first review the main results of four-dimensional eccentric cosmology and find its differences from spherical cosmology. We then solve the five-dimensional Einstein equations for an eccentric universe with a cosmological constant in the bulk. An equation that describes the evolution of eccentricity of the universe in the bulk has been obtained, which is coupled to evolution of the scale factor. We compare the evolution of eccentricity in a four-dimensional universe with that in a five-dimensional bulk and find that, if anisotropy of the our universe is mainly raised from a uniform magnetic field inside the brane, the eccentricity decays faster in the bulk.

LF-06(초) Modulated Universe

조 인용(*성균관대학교*) I will introduce the effect of moduli on the

evolution of the 4D Universe by using Kaluza-Klein reduction. The sources of moduli to be discussed are higher dimensional entities such as geometrical curvature, matter fields, brane gas, etc. which are rather classical than string-theory based.

LF-07(초) 상대론적 우주구조의 비선형 진화

황 재찬(경북대학교 천문대기과학과) 초기우주와 호라이즌 규모에서 우주와 우주구조가 변화하는 과정은 아인슈타인 중력이론을 이용하여 다루어야 한다. 공간적으로 균일-등방한 우주모형은 압력이 없는 경우에는 뉴턴중력으로도 아인슈타인 중력과 같은 결과를 줄 수 있도록 정리할 수 있다. 이점은 압력이 무시되는 경우 선형우주구조의 진화에도 적용된다는 점이 알려져 있다. 본 발표에서는 비선형구조의 경우 2차 건드림을 고려하여도 압력이 무시되는 경우 뉴턴 중력이 아인슈타인 중력과 같은 결과를 준다는 점과, 3차건드림을 고려한 경우에는 순수한 상대론적인 보정항들이 나타난다는 점을 보이고, 이 결과가 갖는 우주론적 의미와 의의에 대하여 설명하고자 한다.

LF-08 Is dark energy from entanglement? 이

재원, 김 형찬¹, 이 정재²(KIAS. ¹연세대. ²대진대.) We suggest that energy associated with the entanglement entropy of the universe is an origin of mysterious dark energy[1]. The observed properties of dark energy can be explained by using the nature of entanglement energy and the holographic principle without fine tuning. Surprisingly, from the number of degrees of freedom in the standard model, the equation of state parameter $\omega^0_{\Lambda} \sim -0.93$ for the dark energy can be derived, which is consistent with various current observational data from SN Ia, CMB, and SDSS at the 95% confidence level. We also show that an inflation with the number of e-folds $N \sim 65$ solves the cosmic coincidence problem in a natural manner in this model[2].

[1] J.-W. Lee, J. Lee, and H.-C. Kim, eprint: hep-th/0701199 (2007).

[2] H.-C. Kim, J.-W. Lee, and J. Lee, eprint: hep-th/0702121 (2007).



■ SESSION: P2

4월 20일 (금), 11:00 - 12:45

스키하우스

Bp-001 CDF 실험을 위한 탈중심분산 컴퓨팅

시스템 구축 및 운영 양 유철, 김 동희, 서 준석, 공 대정, 김 지은, 장 성현, 미안아메드 사비르, 칸 아딜, 모하메드 아즈말, 조 기현¹, 오 영도², 김 수봉³, 이 재승³, 김 현수³, 전 은주³, 주 경광³, 이 영장³, 정 지은³, 문 창성³, 유 인태⁴, 고 정환⁴(*경북대학교, 물리학과. ¹KISTI, e-Science 응용연구팀. ²포항공과대학교. ³서울대학교, 물리학과. ⁴성균관대학교, 물리학과.*) 현재 고에너지 물리 실험에서의 대용량 자료 처리를 위해서는 많은 컴퓨팅 자원을 필요로 한다. 미국 페르미연구소의 CDF(Collider Detector at Fermilab)실험에서는 연구소내에 CAF(Central Analysis Farm)라 불리는 대용량 자료처리 시스템으로 자료를 처리하였으나, 용량의 한계가 있어 실험에 참여하고 있는 여러나라에 산재되어 있는 컴퓨팅 자원을 활용하는 방안으로 DCAF(Decentralized CDF Analysis Farm)라는 탈중심분산 클러스터링 시스템이 구축되었다. 한국에서는 경북대학교에 DCAF의 하나인 KorCAF(DCAF in Korea)가 구축되어 시뮬레이션 및 실험 자료처리에 이용되어 지고 있다. 본 발표에서는 KorCAF 시스템의 condor batch system을 이용한 클러스터링 컴퓨팅 시스템 구축 및 운영, 그리고 CDF 컴퓨팅 그리드에 대해 발표한다.

Bp-002 e-Science for High Energy Physics 조 기현(KISTI, e-Science 응용연구팀.)

We report experiences and results of the integration and utilization of e-Science for High Energy Physics at KISTI - ALICE, CDF etc. An overview is given of the current and planned uses of cyberinfrastructure which contains computing, storage, network and grid service infrastructure at KISTI. We will also report the experiences on EGEE and the plan of FKPP(LFrance Korea Particle Project Laboratory) project between KISTI and IN2P3.

Bp-003 APD를 이용한 CsI(Tl) 섬광 결정 특성

조사 김 민정, 김 흥주, 박 환배, 강 희동, 김 성환¹, 도 시흥²(*경북대학교 물리학과. ¹대구보건대학교 방사선과. ²부경대학교 물리학과.*) CsI(Tl) 섬광결정을 Advanced Photonics에서 제작된 Large Area Avalanche Photodiode에 부착하여 가장 좋은 분해능을 보일 수 있는 최적 조건을 찾으면서 섬광 결정의 섬광량과 에너지 분포, 그리고 전자회로에 의한 노이즈 레벨 측정을 병행하였다. 실험은 Cs-137 source를 이용하였으며 high

voltage, gain, shaping time의 조건을 변화시키면서 진행되었다. 데이터 획득은 FADC 25MHz를 이용하고 root package를 통해 분석하였다. 또한 windowed와 windowless 두 종류의 APD에 대해 측정하여 결과를 비교함으로써 각각의 특성을 살펴 볼 수 있었다. 이 조건을 이용하여 새로이 개발되고 있는 섬광 결정의 에너지 분해능 및 절대 섬광량을 측정할 예정이다.

*본 연구는 2007년 한국과학재단에서 지원한 방사선 안전 신기술 연구센터의 지원을 받아 수행한 연구결과의 일부입니다.

Bp-004 A Hardware Implementation of Artificial

Neural Network Using Field Programmable Gate Arrays 원 은일(*고려대학교 물리학과.*) An artificial neural network algorithm is implemented using a field programmable gate array hardware. One hidden layer is used in the feed-forward neural network structure in order to discriminate one class of patterns from the other class in real time. With five 8-bit input patterns, six hidden nodes, and one 8-bit output, the implemented hardware neural network makes decision on a set of input patterns in 11 clocks and the result is identical to what to expect from off-line computation. This implementation may be used in level 1 hardware triggers in high energy physics experiments

Bp-005 UV Cut Off on AdS/QCD and mass

spectrum, Chiral phase transition JO KwangHyun (*Hanyang Univ.*) Holographic QCD has developed and many results are in good agreement with experimental data - lattice QCD. Very recently some researchers have tried to fit their result to the realistic one. By putting UV cut-off the result is improved and become more acceptable to QCD data. We will see the improvement of AdS/QCD result (meson spectrum and chiral symmetry breaking, etc) by adding UV cut-off and discuss its implication in this poster.

Bp-006 Characteristics of 8 and 10 inch Photo-

multipliers for the RENO Experiment 최 수용, 이 병훈, 김 동현, 박 강순, 서 현관, 유 인태, 이 종석, 최 영일, 공 대정¹, 김 동희¹, 김 우영¹, 김 지은¹, 모하메드 아즈말¹, 비탈리 바투린¹, 사무엘 스테파난¹, 사베르미안 아메드¹, 서 준석¹, 아딜칸¹, 양 유철¹, 장 성현¹, 박 인곤², 박 명렬³, 김 수봉⁴, 김 장호⁴, 김 현수⁴, 박 정석⁴, 박 차원⁴, 오 유민⁴, 이 재승⁴, 전 은주⁴, 주 경광⁴, 최 선

호⁴, 김 영덕⁵, 문 승현⁵, 김 성현⁶, 김 재률⁶, 임 인택⁶, 안 정근⁷, 박 인규⁸, 우 종관⁸, 최 민규⁸, 오 영도⁹, N. Danilov¹⁰, YU. Krylov¹⁰, G. Novikova¹⁰, E. Yanovich¹⁰ (성균관대학교¹, 경북대학교², 경상대학교³, 동신대학교⁴, 서울대학교⁵, 세종대학교⁶, 전남대학교⁷, 부산대학교⁸, 서울시립대학교⁹, 포항공과대학교¹⁰, INR and IPCE, Russia.) 영광 원전 중성미자 실험인 RENO 실험에 쓰일 광증배관 후보들의 성능을 측정했다. 중성미자 검출 실험에는 흔히 대구경 광증배관을 사용한다. 이들 광증배관의 특징은 저방사능 유리를 사용하며 효율이 높고 single photon에 민감하다는 점이다. Hamamatsu사와 Photonis사의 8인치와 10인치 광증배관들을 Pulsed LED test를 통해 전압의 함수로 Gain, single photon resolution 등을 측정하였다.

Bp-007 'Study of the GEANT 4 simulation for the environmental gamma ray background from the rock in the underground site.' 최 민규, 박 인규¹, 우 종관¹, 공 대정², 김 동희², 김 우영², 김 지은², 모하메드 아즈말², 비탈리 바투린², 사무엘 스테파난², 사비르미안 아메드², 서 준석², 아딜 칸², 양 유철², 장 성현², 박 인곤³, 박 명렬⁴, 김 수봉⁵, 김 장호⁵, 김 현수⁵, 박 정식⁵, 박 차원⁵, 오 유민⁵, 이 재승⁵, 전 은주⁵, 주 경광⁵, 최 선호⁵, 김 동현⁶, 박 강순⁶, 서 현관⁶, 유 인태⁶, 이 병훈⁶, 이 종석⁶, 최 수용⁶, 최 영일⁶, 김 영덕⁷, 문 승현⁷, 김 성현⁸, 김 재률⁸, 임 인택⁸, 안 정근⁹, 오 영도¹⁰, N. Danilov¹¹, YU. Krylov¹¹, G. Novikova¹¹, E. Yanovich¹¹(서울시립대학교 물리학과. ¹서울시립대 물리학과. ²경북대 물리학과. ³경상대 물리학과. ⁴동신대 물리학과. ⁵서울대 물리학과. ⁶성균관대 물리학과. ⁷세종대 물리학과. ⁸전남대 물리학과. ⁹부산대 물리학과. ¹⁰포항공과대학교 물리학과. ¹¹INR and IPCE, Russia.) RENO(Reactor Experiment for Neutrino Oscillation)는 원자로에서 나오는 중성미자의 측정을 통하여 우주생성 실마리를 제공하고는 중성미자 진동상수를 측정한다. 우주선에 의한 실험의 영향을 줄이기 위해 RENO 검출기가 지하에 설치되는데, 주변의 환경으로부터 나오는 자연방사선에 의한 감마선이 실험의 배경사건으로 작용하게 된다. 특히 자연 방사선원 중에서 토륨, 라듐, 우라늄 등의 동위 원소들이 배경사건의 중요 요인이고 주 발산에너지 영역대는 수Kev에서 3MeV까지 걸쳐있다. 본 연구는 지하에 설치된 검출기에 감마선 배경사건의 분포를 Monte Carlo Geant4를 이용하여 전산모사하였다. 감마선의 에너지 분포는 0.5 MeV~3MeV, 검출기 차폐는 WED (Water Equivalent Distribution)로 계산하여 0.5m~1.8m까지 전산모사하여 검출기에 도달하는 감마선 분포를 계산하여 물에 의한 차폐의 두께가 1.5m 일때 감마선 투과율을 계산하였다.

Bp-008 Design of CAU Multi-Wire Proportional Chamber for Cosmic Ray Detection SONG Duree, OH Min-Ki, MOON Jun Young, NAM Kee-Hwan, KIM Siyeon, LEE Pil-Soo(Department of Physics, Chung-Ang University.) We introduce the design of particle detector for Cosmic Ray being constructed at Chung-Ang University. We intend to measure the direction of incoming cosmic rays. Two sets of position sensitive wire detector using charge division method are installed in the chamber.

Bp-009 Track Finding efficiency of Silicon Inner Tracker at GLD in ILC KIM Youngim, KIM Hongjoo, PARK Hwanbae, A. Miyamoto¹(Kyungpook National University. ¹KEK.) We have studied track finding efficiency of Silicon Inner Tracker at GLD (Global Large Detector) in International Linear Collider (ILC) environment. The Track finding efficiency of a single muon particle is improved with new track reconstruction packages. We also show the preliminary result of track finding efficiency for qq-bar event.

Bp-010 Computer Simulation of Electron Avalanche in Multi-Wire Proportional Chamber JIN Kyung-Hwan, HWANG Kyung-Ryun, LEE Wan-Hee, MOON Jun Young, KIM Siyeon(Department of Physics, Chung-Ang University.) The three-dimensional computer simulation of electron avalanche in Multi-wire proportional chamber(MWPC) was carried out. The Coulomb interaction due to the high voltage of anode wire that induces avalanche was considered with Monte Carlo method. Two-dimensional lattices are used and the potential and electric field at each lattice was calculated by relaxation method. Collisions between electrons and molecules of Ar or Ar-CO2 mixture are simulated using experimental data of mean free path and ionization energy. We do not consider excitation collision and shielding effect so that elastic and ionization are responsible for motion of electrons. Anode wires spaced with 2mm and 3mm have been investigated. This results would be useful for designing MWPC.

Bp-011 A Complex-Angle Rotatiion and Mixing Complementarity in Fermions NAM Kee-Hwan, HWANG Seungsu¹, KIM Siyeon(Department of Physics,

Chung-Ang University. ¹Department of Mathematics, Chung-Ang University.) It is to understand the mixing among flavors in quarks and leptons in terms of a complex angle which is defined such that three mass eigenvectors by a single rotation about a common axis. We propose there exists a geometric complementarity condition between the complex angle of quarks and that of leptons in Cx space. The condition is reduced to the correlation among neutrino parameters, θ_{12} , θ_{23} , θ_{13} and CP phase δ .

Bp-012 자체 제작한 ASIC chip의 Preamplifier, Shaper 성질을 파악하고 개선하기 위한 방안 모색. HONG Eugene, WON Eunil, HA Hyuncheong(Korea University.) Preamplifier, Shaper의 기능을 갖는 ASIC chip을 개발하기 위해서 1차 test용으로 제작한 KUPID chip의 작동 여부를 확인하였다. 이를 통해서 KUPID chip이 갖고 있는 문제점을 파악하고 수정방안을 모색한다.

Bp-013 Signal Events Reconstruction From Simulated Data And Calculated Signal Efficiency Of Inclusive Four Charm Production YOO Jaehyeok, WON Eunil, HA Hyuncheong(고려대학교, 물리학과.) The Belle experiment data of $\sigma(e+e- \rightarrow J/\psi c \bar{c})$ is about an order of magnitude larger than the theory. A theory suggested says that it can find a clue of the discrepancy from the inclusive four charm production. In order to compare the theory with the data, we reconstruct signal events from simulated data and calculate signal efficiency.

Bp-014 Effect of epitaxial strain on the interfacial electronic states at MgO/Fe(001) JEE GANG MAN, YEO JIN NAM, YU BYUNG DEOK(서울시립대학교 물리학과.) Magnetic tunneling junctions (MTJ's) with ultrathin oxide films between ferromagnetic electrode have attracted a great deal of interest because of their importance in future magnetic device applications. In recent years, it was experimentally reported that for the Fe/MgO/Fe system tunneling-magnetoresistance (TMR) has a value of 180% at room temperature. It is expected that for the Fe/MgO/Fe junction the top Fe/MgO and bottom MgO/Fe interfaces are differently stressed. In spite of many works, yet very little is known about the influ-

ence of the epitaxial strain on the interfacial electronic properties for the Fe/MgO/Fe junction. In this work, the dependence of the interfacial electronic properties on the epitaxial strain for strained MgO/Fe(001) interfaces was investigated using spin-dependent ab initio electronic structure calculations. For the Fe/MgO/Fe junction, the strained MgO/Fe(001) interface represents the Fe film formed on Fe-supported MgO. Here, the tensile (compressive) MgO/Fe(001) interface has been achieved by increasing (reducing) a lateral lattice constant of a calculation unit cell with respect to a theoretical equilibrium lattice constant for Fe in bulk. Our calculations showed that the minority spin interfacial resonance (IR) state near the Fermi energy is influenced by the epitaxial strain. This indicates that the epitaxial strain accumulated during the growth of Fe films on Fe-supported MgO has a role in determining the functioning of the Fe/MgO/Fe MTJ system. The computations were performed at the UoSPCC-II facility at the Seoul Parallel Computation Center of the University of Seoul.

*We gratefully acknowledge support from the Korea Science and Engineering Foundation through the Basic Research Program under Grant No. R01-2004-000-10452.

Bp-015 고에너지 감마선 측정을 위한 텅스텐 섬광섬유 검출기 개발 백 광윤, 이 효상, 안 정근, 임 계엽¹, INAGAKI Takao¹, KOMATSUBARA Takeshi¹, YAMANAKA Taku²(부산대학교, 물리학과. ¹Institute of Particle and Nuclear Studies, High Energy Accelerator Research Organization(KEK). ²Department of Physics, Osaka University.) CP비대칭성 연구를 위한 $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$ 붕괴 탐색 실험 (J-PARC E14)의 검출 시스템의 하나로 텅스텐 섬광섬유 검출기를 개발하고 있다. CsI 무기섬광체로 구축할 주 감마 검출기 주변에서 $K_L \rightarrow 3\pi^0$ 또는 $3\pi^0$ 붕괴로 나오는 백그라운드 고에너지 감마선을 측정하는 특별한 검출기이다. $1 \times 1 \text{mm}^2$ 단면적의 텅스텐 와이어와 섬광섬유를 교대로 쌓아 $1 \times 1 \text{cm}^2$ prototype을 제작했다. 광전자 증배관의 특성과 함께 섬광섬유의 광효율과 감쇠길이 등의 특성 및 prototype의 우주선측정 결과에 대해서 논의할 예정이다.

Bp-016 The lower limit of the neutron oscillation time with systematic uncertainties in Super-Kamiokande I 장 지승, 김 재를, 임 인택, 정 인석, 김 수봉¹, 양 병수¹, 최 영일², 서 현관²(전남대학교. ¹서울대학교. ²성균관대학교.) A search for neutron-antineutron oscillation, a process of $|\delta B|=2$ predicted by L-R symmetric gauge theories,

was undertaken using the 24.5×10^{33} neutron-yr exposure of the Super-Kamiokande I, incorporating most major sources of experimental uncertainties. The lower limit on oscillation time for neutrons bound in ^{16}O has been determined at the 90% CL without systematic uncertainties and this limit is better than the previous best

limit of 7.2×10^{31} yr in Soudan 2 by factor of about 4.5. And taking the uncertainty in efficiency and background rate into account, the lower limit for neutrons bound in ^{16}O was estimated at the 90% CL and the corresponding limit for free neutrons was calculated using a theoretical suppression factor.

■ SESSION: P2

4월 20일 (금), 11:00 - 12:45

스키하우스

Cp-001

Cell Filling System For Polarized ^3He

Target Setup. 정 이화, S.S. Stepanyan, 김 우영, M. Yurov, A. Kim(경북대학교) Presently we are developing polarized ^3He target using spin exchange optical pumping method. The vacuum and gas handling system were built for the glass cell filling. The construction and filling procedure of the target cell are important in determining the relaxation rates due to impurities in both glass and gases. The oven made of Teflon heats to 180 ° C by using a forced hot air to vaporize the Rubidium for optical pumping. The systems of gas, vacuum and cell filling will be presented.

Cp-002

A High-resolution scintillation detector for magnetic-field applications

장 주영, V. Kuznetsov, 김 우영, A. Ni(경북대학교) Presently we are developing a high-resolution scintillation detector for high-magnetic field applications. The detector requires 50ps of timing resolution and 10^6Hz/s of count rates in magnetic field of 1.5T. we use a tripler of stacked parallel equidistant counters to compare the performance Hamamatsu R2083 PM with that fine-mesh Hamamatsu R7761-70 PM. The preliminary test shows that the fine-mesh PM gives a promising results with high gain and high resolution. Preliminary results will be present.

Cp-003

Origin of 2^+ Excitation Energy Dependence on Valence Nucleon Numbers.

HA Eunja, CHA Dongwoo(인하대학교) It has been shown recently that a simple expression in terms of the mass number A, the valence proton number N_p , and the valence neutron number N_n can describe the essential trends of excitation energies E_x of the first 2^+ states in even-even nuclei. The formula reads as $E_x = \alpha A^{-\gamma} + \beta [\exp(-\lambda N_p) + \exp(-\lambda N_n)]$ where parameters α , β , γ , and λ are fitted from the data. By evaluating the first order energy shift due to the zero-range residual interaction, we find that the factor $(2j_f + 1) u_{jf}^2 v_{jf}^2$ governs the main dependence of the first 2^+ excitation energy on the valence nucleon numbers, where j_f and v_{jf}^2 are the total angular momentum and the occupation probability of the fermi level, respectively, and $u_{jf}^2 = 1 - v_{jf}^2$.

Cp-004

변형핵에서의 중간에너지 비탄성산란의 디랙 채널결합 분석

심 숙이, 류 신호¹, 김 민수(공주대학교, ¹경기과학기술대학교) 변형핵인 C12 와 Sm154 에서의 중간에너지 양성자 비탄성 산란을 광학 포텐셜 모형과 디랙 채널 결합 분석법을 이용하여 분석하였다. 광학 포텐셜을 구하기 위해서는 디랙 현상론 및 미시적 상대론적 충격 근사법을 이용하였고 스칼라와 벡터 포텐셜을 고려하는 S-V 모형을 고려하였다. 변형핵에서의 바닥상태 회전 띠(Ground State Rotational Band: GSRB)에 속하는 낮은 여기 상태들을 기술하기 위한 전이 광학 포텐셜을 구하는 과정에서는 1차 집단 모형을 이용하였다. 두 변형핵에서의 중간에너지 양성자 비탄성산란에 대한 상대론적 계산의 결과로 바닥 상태와 낮은 여기 상태들에 대해 이론치와 실험치가 비교적 잘 일치함을 확인할 수 있었다.

Cp-005

Measurement of Gamma Ray Spectrum from $^{99}\text{Tc}(n,g)$ Reaction in the keV Energy Region

이 삼열, 이 재홍, 노 태익¹, 윤 정란¹, 김 귀년², 오 영도², 진 계환, 이 준행, 이 상복(남부대학교 방사선학과, ¹동아대학교 물리학과, ²경북대학교 물리학과) Gamma-ray spectrum from $^{99}\text{Tc}(n, \gamma)$ have been measured in neutron energy region from 10 to 60 keV using the 3-MV Pelletron accelerator of the Research Laboratory for Nuclear Reactors at the Tokyo Institute of Technology. Pulsed keV neutrons were produced from the $^7\text{Li}(p,n)^7\text{Be}$ reaction by bombarding on the lithium target with the 1.5-ns bunched proton beam. The incident neutron flux and the proton beam current were monitored by a ^6Li -glass detector. The ^{99}Tc sample was prepared as powder within the aluminum capsule. Prompt capture gamma-rays from ^{99}Tc sample were measured by the Anti-Compton NaI(Tl) spectrometer. Three energy regions were selected to obtain the capture gamma-ray spectrum. The obtained capture spectrum was unfolded by FERDOR Code. Several gamma-ray peaks were found in the present experiment, compared with previous evaluated data.

Cp-006

Study of the electromagnetic properties in even-even Sm and Dy nuclei

이 수연, 노 태익, 이 종환¹(동아대학교 신소재물리학과, ¹동의대학교 물리학과) The even-even Sm and Dy isotopes which belong to deformed nuclei have been studied through the SU(3) limit of the IBM-2. At first, the energy spectra of them were evaluated and schematized. And then the MI tran-

P2

포
스
터
세
션

Cp

sition, using the F-spin breaking term, and the E2 transition, employing the SU(3) tensor operator of general rank-2, among the low-lying energy bands were calculated. The results calculated in this work and the experimental data were compared and analyzed.

Cp-007 Characterization of Calibration X-ray Beams

and Determination of Conversion Coefficients Used in Radiation Protection RAHMAN M. S., TSUJIMURA N.¹, YOSHIDA T.¹, LEE M. W., KHANDAKER M. U., KIM G. N. (*Kyungpook National University, Daegu.*¹*Radiation Protection Division, Japan Atomic Energy Agency (JAEA), Japan.*) Abstract X-ray beam in the energy range of 10keV to 250keV are widely used for calibration of radiation detecting instruments depending upon the work place. X-ray spectrums are made monochromatic by proper filtration recommended by several international organizations. The use of X-ray facilities for precise irradiation requires an exact knowledge of the radiation field. But in practice, X-ray beam quality can be determined by HVL, effective energy and homogeneity coefficients. The utilization of different recommended radiation qualities by several international organizations is being used for the calibration of radiation measuring devices. In this study, characterization of X-ray fields of PANTAK HF-320C X-ray machine is performed for AIST middle spectrum series and a comparative study is also conducted with ISO narrow spectrum series. The beam qualities obtained for AIST middle beam spectrum meets very close to ISO narrow spectrum series above the photon energy 54keV. A set of conversion coefficients between air kerma and appropriate protection quantities (Sv.Gy⁻¹) for AIST reference photon radiation has also been established. The variations of these conversion coefficients are compared with recommended values by ISO narrow beam series and was found within $\pm 8.13\%$ for ambient dose equivalent H*(10) and $\pm 3.07\%$ for directional dose equivalent Hc(0.07) for the photon energy range up to 54keV. Above this energy range the conversion coefficients are very close to the recommended values by different international organizations as well as ISO.

Cp-008 Determination of Gamma-ray Interaction

Positions in a Planar-type 25-Segmented Germanium Detector Using Pulse Shape Analysis Algorithm 조 화 연, 이 주한, 이 춘식(*중앙대학교, 물리학과.*) 차세대

감마선 영상 장치인 컴프턴 카메라 시스템의 해상도를 향상시키기 위한 방법으로 흡수부로 사용하고 있는 음극이 25개로 분할된 게르마늄 검출기에서 발생하는 신호 파형을 분석하여 감마선의 반응 위치를 결정할 수 있는 알고리즘을 개발하였다. 흡수부에서 반응 위치를 보다 정밀하게 결정하기 위해서 Weighting Field 방법을 이용하여 신호파형을 계산하였다. 90도 컴프턴 산란 장치와 XIA사의 DGF-4C를 사용하여 흡수부의 깊이(depth)에 따른 신호 파형의 변화를 1mm 간격으로 측정하였으며, MINUIT 프로그램을 이용하여 계산된 신호 파형과 측정된 신호 파형간의 χ^2 값을 최소화하는 방법으로 반응 깊이를 결정하였다.

Cp-009 Temperature Dependence of Energy Res-

olution in Semi-insulating CdZnTe Detector KIM KiHyun, CHO ShinHang¹, SUH JongHee¹, WON JaeHo¹, KIM SunUng¹ (*Division of Medical Sensor, Samil Pharm.*¹*Dept. of Display and Semiconductor Physics, Korea Univ.*) Energy resolution of semi-insulating CdZnTe crystals grown by vertical Bridgman methods and semi-insulating polycrystalline CdZnTe thick films deposited by thermal evaporation methods were measured in 273~310 K region using ²⁴¹Am radioactive source and peltier cooling system. Prior to all measurement, same surface passivation (native oxide) and same electrode (Au or In) deposition process applied in all measured samples. Detector cooling leads to a significant improvement in detector performance for the low energy range of 5- 70 keV. The energy resolution of the ²⁴¹Am 59.6 keV gamma peak is reduced from 6.9% FWHM to 4.7 % FWHM after cooling the detector system from 310 K to 273 K in single crystal CdZnTe detector. Also, the noise and threshold level is significantly reduced near the 14 keV, 18 keV and 21 keV X-ray peaks. But, polycrystalline CdZnTe detector system did not show drastic change in measured temperature range. These phenomena comes from the difference in free carrier concentration change on temperature in semiconductor.

Cp-010 A Study on the Physical Properties of

BaSO₄ System Thermoluminescent Phosphor 김 영국, 김 일홍, 강 성욱, 김 청미, 우 종철, 김 수연, 황 동규 (*경남대학교 자연과학부.*) 본 연구에서는 란타네 화합물인 Dy를 첨가한 BaSO₄ 열형광체를 일정온도에서의 소성 후 냉각조건을 달리하여 제작하였다. 열형광체 분말시료의 모양과 크기는 일정하지 않았고 입자 크기는 45 μ m 이하였으며, 활성제의 종류에 관계없이 oth-

ornombic을 이루고 있었다. 그리고 제작한 열형광체에 저에너지 X-ray를 조사하여 가운을 10 K/sec로 측정된 글로곡선으로부터 활성화 농도와 열형광강도의 관계, 최적의 활성화조건, 포획매개변수 및 열형광체의 물리적 특성 등을 구하였다. 소성온도는 1073 K이었고, 냉각조건에 따라 열형광강도는 변화하였으며, 글로곡선의 모양과 peak 온도는 변화가 없었으나, 상대적 열형광강도는 냉각곡선이 급할수록 증가하였다. Peak shape 법을 이용하여 포획매개변수, 주파수 인자를 구하였다. 열형광체의 활성화 에너지는 0.5~2.5 eV였으며, 따라서 본 연구에 사용된 열형광물질은 저에너지 방사선의 검출기 물질로 이용될 수 있으며, 자연방사선 검출기로서의 응용이 될 것으로 생각된다

Cp-011 **Na₂SO₄ 열형광체의 열형광 특성에 관한 연구** 김 영국, 손 인호, 김 일홍, 김 성화, 정 찬호, 이 은숙, 이 상훈, 서 강현(경남대학교 자연과학부) Na₂SO₄ 모체로 하여 활성화제로 Dy를 1~5 wt.% 첨가하여 Ar 가스 분위기의 전기로에서 200°C로 초벌 후 급랭 하였다. 분쇄 과정을 거쳐 750~850°C로 1시간 소성하여 열형광체를 제작 하였다. 제작한 Na₂SO₄ 열형광체에 X-선을 조사 하여 얻은 글로 곡선에 peak shape법을 적용 하여 열형광 강도, 최적의 활성화 조건, 포획매개 변수 등의 열형광체의 물리적 특성을 구하였다. Na₂SO₄: Dy의 글로 곡선으로부터의 peak 온도는 소성온도에 따라 174°C~237°C로 나타났다. 활성화제 Dy의 농도가 2 wt.%이고 750°C로 소성했을 때 상대적인 열형광 강도가 최대로 나타났으며, 이 때 활성화 에너지 E는 0.186 eV, 기하학적 인자 는 0.528이므로 2차 발광임을 알 수 있었다. Na₂SO₄: Dy의 글로 곡선으로부터의 peak 온도는 750°C, 800°C 및 850°C일 때는 211°C~243°C였다. 열형광체의 입자크기를 53 이하, 53~100, 100~150, 150~200 및 200 이상으로 변화 시켰다. 그리고 활성화 에너지는 0.146 eV~0.199 eV이었고 기하학적 인자 는 0.434~0.529이므로 1차 또는 2차 발광임을 알 수 있었다.

Cp-012 **Carbon Nanotube based Transmission-type Microfocus X-ray Tube** HEO Sung Hwan, IHSAN Aamir, CHO Sung Oh(KAIST, Department of Nuclear and Quantum Engineering.) A microfocus x-ray tube with less than 5 μm x-ray focal spot has been demonstrated using carbon nanotube (CNT) field emitters. The microfocus x-ray tube consisted of a triode electron gun with a sharp CNT/tungsten-tip cathode, a solenoid lens, and a transmission x-ray target to resolve x-ray micrographic images with magnification factor

higher than 230. From x-ray radiographic images of grid bar, the x-ray focal spot was resolved to 4.7 ± 0.5 μm (horizontal direction) and 4.9 ± 0.5 μm (in vertical direction).

Cp-013 **Electron beam loading in a transmission target of a microfocus x-ray tube** IHSAN Aamir, HEO Sung Hwan, CHO Sung Oh(KAIST, Department of Nuclear and Quantum Engineering.) The thermal stability of a transmission target of a microfocus x-ray tube has been analyzed for a broad range of electron beam energies (30-150 keV) with a spot size of 5 μm. In addition to the production of x-rays, the irradiation of thin transmission target foils by the energetic electron beams causes the target to suffer from immense heat load. The distribution of electron beam energy deposited in the target was determined by the Monte Carlo simulation code MCNPX for tungsten and molybdenum targets backed with beryllium window. The simulation results showed that the electron beam broadens as it penetrates through the thin target due to collisional scattering with the atoms of the material. The energy was deposited over large volumes with the effective radius much larger than the beam spot size. The thickness of the transmission target used, corresponding to each level of incident electron beam energy, had been optimized to maximize the x-ray output. Based on the distribution of energy deposited in the target and the window (backing), the temperature distribution in the target/window was determined by code FEMLAB. Finally, the limits of the maximum electron beam current which the target can withstand without melt down were derived from the thermal analysis performed for a range of electron beam energies from 30-150 keV by slowly varying the electron beam current till the maximum temperature of target/window just reached the melting point of the materials of the target/window assembly.

Cp-014 **Measurement of Neutron Capture Cross-Section and Capture γ-ray of ¹⁰⁵Pd in The Neutron Energy at 550 keV** 박 병룡, 강 영록, 김 현, 정 원정, 노 태익, 김 광수¹, 김 귀년¹, 오 영도², 이 삼열³, M Igashira⁴, T Ohsaki⁴(¹동아대학교, ²경북대, ³포항 가속기 연구소, ⁴남부대, ⁴Tokyo Tech.) The neutron capture cross-section of ¹⁰⁵Pd has been measured in the neutron energy at 550 keV using the 3-MV Pelletron accelerator of the Research Laboratory for Nuclear Reactors at the

Tokyo Institute of Technology. Pulsed neutrons were produced from the ${}^7\text{Li}(p,n){}^7\text{Be}$ reaction, and the incident neutron spectrum on a capture sample was measured by neutron time-of-flight(TOF) method with a ${}^6\text{Li}$ -glass detector. The capture γ -ray were detected with a large anti-Compton NaI(Tl) γ -ray spectrometer. A pulse-height weighting technique was applied to measure the capture γ -ray pulse-height spectra to derive capture yields. The capture cross-sections were obtained by using the standard capture cross-section of ${}^{197}\text{Au}$. The present results were compared with the previous measurements and the evaluated data of ENDF/B-VII, JEFF-3.1, and JENDL-3.3.

Cp-015 Measurements of the Neutron Capture

Cross-Sections and Capture γ -ray Spectra for ${}^{181}\text{Ta}$ 김은주, 김 현, 윤 정란, 정 원정, 노 태익, 이 수연, 김 귀년¹, 이 삼열², 이 종환³, M Igashira⁴, T Ohsaki⁴(*동아대학교*, ¹경북대학교, ²남부대학교, ³동의대학교, ⁴Tokyo Institute of Technology.) We measured the neutron capture cross-sections for ${}^{181}\text{Ta}$ in the neutron energy region from 15 to 90 keV by using the 3-MV Pelletron accelerator of the Research Laboratory for Nuclear Reactors at the Tokyo Institute of Technology. Pulsed keV-neutrons were produced from the ${}^7\text{Li}(p,n){}^7\text{Be}$ reaction by bombarding the lithium target with the 1.5-ns bunched proton beam. The incident neutron spectrum on a capture sample was measured by means of a TOF method with a ${}^6\text{Li}$ -glass detector. Capture gamma-rays were detected with a large anti-Compton NaI(Tl) spectrometer and the gamma pulse height spectra were unfolded with FERDOR code. The capture cross-sections were obtained with the error of about 3% by using the standard capture cross-sections of ${}^{197}\text{Au}$. The statistical error of capture cross-section were obtained for 6 Digital Windows. The present results are compared with the previous measurements and the evaluated data of ENDF/B-VII beta2 and JENDL-3.3.

Cp-016 Measurements of the neutron capture

cross-sections and capture γ -ray energy Spectra for ${}^{165}\text{Ho}$ 강영록, 김 현, 정 원정, 노 태익, 김 귀년¹, 이 삼열², M Igashira³, T Ohsaki³(*동아대학교*, ¹경북대학교, ²남부대, ³Tokyo Institute of Technology.) The neutron capture cross-sections of ${}^{165}\text{Ho}$ were measured in the energy region of 15 to 90 keV using the 3 MeV Pelletron accelerator of the Research Laboratory for Nuclear Reactors at the Tokyo Institute of Technology. Pulsed keV neu-

trons were produced from the ${}^7\text{Li}(p,n){}^7\text{Be}$ reaction and the neutron energy spectrum was measured by the neutron time of flight (TOF)method. The capture γ -ray of a ${}^{165}\text{Ho}$ and ${}^{197}\text{Au}$ were detected with a large anti-compton NaI(Tl) spectrometer. The capture yields were obtained by applied pulse-height weighting technique to the corresponding capture γ -ray pulse-height spectra. The neutron capture cross-sections of ${}^{165}\text{Ho}$ were determined relative to the standard capture cross-section of ${}^{197}\text{Au}$. The capture γ -ray pulse height spectra from ${}^{165}\text{Ho}$ nucleus were measured for the 6 neutron energy region of 15 to 90 keV and their spectra were unfolded by FERDOR code. The present results were compared with the previous measurements and the evaluated value.

Cp-019 ${}^{117}\text{Sn}(n,\gamma){}^{118}\text{Sn}$ 핵반응의 keV-중성자 포

획단면적 및 포획감마선 측정 윤종준, 이 수연, 정 원정, 윤 정란, 노 태익, 이 종환¹, 이 삼열², 김 귀년³, M Igashira⁴, T Ohsaki⁴(*동아대학교*, ¹동의대, ²남부대, ³경북대, ⁴Tokyo Tech.) 3MeV Pelletron 가속기(동경공업대학 원자로 공학 연구소)를 이용하여 ${}^{117}\text{Sn}$ 의 중성자 포획단면적을 측정하였다. 펄스양성자 빔에 의한 ${}^7\text{Li}(p,n){}^7\text{Be}$ 반응으로 부터 시료에 입사하는 중성자의 에너지 분포는 ${}^6\text{Li}$ -glass 섬광 검출기를 사용하여 비행시간법(time of flight method)으로 구하였다. 중성자 포획에 의한 시료에서 방출되는 즉발 감마선은 anti-compton NaI(Tl) 검출기로 검출하였다. 100 keV 이하의 에너지 영역에 대하여 중성자 포획단면적을 파고 무게법(pulse-height weighting method)을 통하여 구하였고, 시료에 입사되는 중성자속은 ${}^{197}\text{Au}$ 을 이용하여 구하였다. 포획감마선의 파고 스펙트럼 으로부터 FERDOR code에 의한 unfolding을 통하여 에너지 스펙트럼을 얻었다. 이와같은 방법으로 얻어진 결과를 다른 연구자들의 결과와 ENDF/B-VI 와 JEFF-3.1의 평가치들과 비교해보았다

Cp-020 Neutral Current Neutrino-nucleus Scattering

in Quasielastic Region KIM K. S., YU B.G, CHEOUN M. K.¹, CHOI T. K.², CHUNG M. T.³(*Hankuk Aviation University, School of Liberal Arts and Science.* ¹Soongsil University, Department of Physics. ²Yonsei University, Department of Physics. ³Dongsin University, Department of Radiation.) Neutral current neutrino-nucleus scattering is calculated using a relativistic single particle model for the bound and continuum state in quasielastic region. Ten energy range is between 500 MeV and 1000 MeV for the neutrino(antineutrino) scattering on ${}^{12}\text{C}$ target nucleus. We discussed the role of the electric, magnetic, and strange

vector form factors.

Cp-021 **Extended optical model analyses of elastic scattering and fusion cross sections for the $6\text{Li}+208\text{Pb}$ system at near-Coulomb-barrier energies using a folding potential** SO W. Y., UDAGAWA T., KIM K. S.¹, HONG S. W.², KIM B. T.²(*Univeristy of Texas, Department of Physics.* ¹*Hankuk Aviation University, Scholl of Liberal Arts and Science.* ²*Sungkyunkwan University, Department of Physics and institute of Basic Science.*) Based on the extended optical model approach in which the polarization potential is decomposed into direct reaction (DR) and fusion parts, simultaneous χ^2 analyses are performed for elastic scattering and fusion cross section data for the $6\text{Li}+208\text{Pb}$ system at near-Coulomb-barrier energies. A folding potential is used as the bare potential. It is found that the real part of the resultant DR part of the polarization potential is repulsive, which is consistent with the results from the continuum discretized coupled channel (CDCC) calculations and the normalization factors needed for the folding potentials. Further, it is found that both DR and fusion parts of the polarization potential satisfy separately the dispersion relation.

Cp-022 **Energy of Neutron Capture Resonances for Natural Indium** 윤 정란, 이 삼열¹, 노 태익, 김 귀년²(*동아대학교* ¹*남부대학교* ²*경북대학교*) The energy of neutron capture resonances were identified in the energy region from 1 eV to 1 keV 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 γ -ray measurement from the sample. The results of the experiment data are compared with those of the previous result and evaluated data.

Cp-023 **Hadronic parity violation in $\vec{n}+p \rightarrow d\gamma$ with effective field theory** 현 창호, ANDO Shung-ichi, DESPLANQUES Bartrand¹(*성균관대학교* ¹*LPSC*.) The parity-violating nucleon-nucleon (NN) potential is considered up to next-to-next-to

leading order in heavy-baryon chiral perturbation theory. We include the one-pion exchange at the leading order and the two-pion exchange and two-nucleon contact terms at the next-to-next-to-leading order. The effects of intermediate (two-pion exchange) and short-range (two-nucleon contact) terms are probed by calculating the photon asymmetry A_γ in $\vec{n}+p \rightarrow d\gamma$ employing Siegert's theorem and an accurate phenomenological potential for the parity-conserving NN interaction. We explore in detail the uncertainties due to the parameters that control the contribution of the short-range interaction. We obtain about 20% uncertainty in the value of A_γ up to the next-to-next-to leading order. We discuss its implication for the determination of the weak pion-nucleon coupling constant and how the uncertainty can be reduced.

Cp-024 **Nuclear Modification of Light Meson at Forward Rapidities in Au+Au Collisions at $\sqrt{s_{\text{NN}}}=200$ GeV in the PHENIX Experiment at RHIC** PARK WooJin, KIM ByungIl, LEE KwangBok, SIM KwangSouk, HONG ByungSik(*Korea University*.) We study high p_T light meson production at forward rapidity as a function of centrality in Au+Au collisions. It is expected that the energy and parton density of the fireball created in Au+Au collisions would be smaller at a larger rapidity, thus reducing the "jet quenching effects" observed at central rapidity for light mesons. On the other hand, gluon saturation models predict a suppression of particle yields at small x , or at a large rapidity, for a given p_T . In addition to elementary proton-proton collisions, the Large Hadron Collider (LHC) at CERN plans to accelerate heavy ions for about a month each year. By increasing the center-of-mass energy per nucleon-nucleon pair from 200 GeV at the current Relativistic Heavy Ion Collider (RHIC) to 5500 GeV at LHC, new opportunities for understanding hot and dense partonic matter are expected. In particular, the excellent muon detector and calorimeter systems of CMS will allow the through investigations of the jet quenching phenomenon to much higher transverse momentum, the identification of full jets in high track-density environment, and the quarkonia production. In this presentation, we will introduce the CMS heavy-ion program and the preliminary results on the jet production obtained by using the HIROOT, a simulation tool for CMS heavy-ion collisions at the generator level. We will also present the future plans on the CMSSW, which is the official CMS analysis soft-

ware package, and the muon reconstruction for the quarkonium physics.

Cp-025

Simulation of heavy-ion collisions at CMS/LHC

김 지현, 문 동호, 심 광숙, 홍 병식, 김 광성¹, 박 인규¹, 박 진우¹, 한 가람¹, 강 주환², 장 범수², 김 은주³(*고려대학교*, ¹*서울시립대학교*, ²*연세대학교*, ³*전북대학교*) In addition to elementary proton-proton collisions, the Large Hadron Collider (LHC) at CERN plans to accelerate heavy ions for about a month each year. By increasing the center-of-mass energy per nucleon-nucleon pair from 200 GeV at the current Relativistic Heavy Ion Collider (RHIC) to 5500 GeV at LHC, new opportunities for understanding hot and dense partonic matter are expected. In particular, the excellent muon detector and calorimeter systems of CMS will allow the through investigations of the jet quenching phenomenon to much higher transverse momentum, the identification of full jets in high track-density environment, and the quarkonia production. In this presentation, we will introduce the CMS heavy-ion program and the preliminary results on the jet production obtained by using the HIROOT, a simulation tool for CMS heavy-ion collisions at the generator level. We will also present the future plans on the CMSSW, which is the official CMS analysis software package, and the muon reconstruction for the quarkonium physics.

Cp-026

환경방사능 감시시스템의 성능 및 선량 평가

홍 석봉, 정 중은, 한 상호¹(*한국원자력연구소*, ¹*BNF Technology*.) 환경중의 방사선 준위와 핵종별 선량을 기여분을 측정하여 원자력 발전소의 사고나 환경 중의 방사선 이상 유무를 감시하고 판단하기 위한 환경방사능 감시시스템을 개발하였다. NaI(Tl) 검출기에서 관측된 감마선 에너지 스펙트럼으로부터 에너지 띠 방법과 선량변환연산자방법을 적용하여 자연방사성핵종과 인공방사성핵종의 선량을 평가하였다. 한편 장시간 측정 시 발생하는 NaI(Tl) 검출기의 온도에 따른 스펙트럼의 변화를 제거하기 위해 스펙트럼 채널안정장치 기능을 구현하였으며 일교차에 따른 선량률 변화를 관측하여 감시시스템의 온도에 따른 안정성을 평가하였다.

Cp-027

Pulse Height Distribution Due to Sr-90 in a Thin GEM Chamber

하 영자, 한 창희, 안 봉재, 박 성태, 이 철영¹(*Changwon National University, Dept. of Physics*, ¹*Ionizing Radiation Team, Korea Research Institute*

of Standards and Science.) 본 논문은 자체 제작 및 개발한 이단 기체전자증폭검출기(GEM: Gas Electron Multiplier)를 통해 Sr-90 Source의 Beta-에너지에 대한 Pulse Height 분포 실험을 하였다. Sr-90 Source를 검출기 내에 Exposing하면 혼합기체(흡수체)가 들어 있는 기체전자증폭 검출기의 얇은 영역을 통과하여 흡수체와의 상호작용으로 흡수체에 에너지가 전달된다. 이때 전달된 에너지에 비례하는 Sr-90 Source 고유의 Voltage Pulse과의 발생을 측정하였고 Landau Function을 근거로 시뮬레이션한 결과와 비교 분석하였다. 또한 혼합기체 Ar/CO₂가 75/25, 80/20, 85/15, 90/10 의 비율로 섞었을 때 전자의 에너지 손실에 대한 분포를 조사하여 기체전자증폭 검출기의 제작을 위한 최적 혼합비를 찾고자 하였다.

Cp-028

The fast neutron radiography using collimator

김 유석, 백 승록, 양 태건, 강 서곤, 채 종서, 장 홍석, 홍 봉환(*원자력의학원 가속기개발실*.) We bombarded rotating target system with about 5MeV proton beam for the use of neutron generation. This situation is simulated by using MCNPX code in same geometric condition. We compare the neutron flux at collimator end with experimental data and both two is correspond in a permissible error range. For gamma conversion, Fe, Al and PP(PolyPropylene) are simulated(gamma flux along the target depth). In conclusion, steel target(5cm depth) has many halls is selected and this target image is checked up. In experimental data, we make certain of the linearity of target image luminosity.

Cp-029

Performance of RMS ionization chambers with different configurations

KIM Han Soo, PARK Se Hwan, HA Jang Ho, LEE Jae Hyung, LEE Nam Ho, LEE Wan No, KIM Yong Kyun¹, CHO Seung Yeon², JUNG Eui Kwon², HAN Jang Min³, KIL Jae Keun³, SEO Chang Seog³(*KAERI*, ¹*Hanyang Univ.*, ²*Yonsei Univ.*, ³*AccelKorea co.,Ltd.*.) An ionization chamber is still widely used not only because of its stability for a long period but also its capability for various designs of its configuration. Two different sizes of ionization chambers, which will be used in the Hanaro research nuclear reactor in KAERI and other nuclear power plants in Korea, were designed and fabricated as a sensor for the Radiation Monitoring System (RMS). One is an 11 L large air-filled ionization chamber and the other is a 1 L small ionization chamber filled with research grade Ar to increase its sensitivity at low dose

rates. Preliminary tests of the ionization chambers such as the leakage currents, saturation currents, and aging were performed by using an Am-241 gamma source. Its linearity for low dose rates was also evaluated and compared by using the shadow technique with a NIST certified Ra-226 standard source.

*Acknowledgments This work has been carried out under the nuclear R&D program of the Ministry of Science and Technology (MOST) of Korea. And we are also supported by the iTRS Science Research Center / Engineering Research Center program of MOST / Korea Science and Engineering Foundation (grant # R11-2000-067-02001-0) and partially supported by the BK21 program of Korea Research Foundation(KRF).

Cp-030 온도에 따른 CdZnTe 감마선 검출기의 성능 평가 전 성대, 박 세환, 하 장호, 김 한수, 조 윤희, 김 용균¹, 홍 덕균²(한국원자력연구소, ¹한양대학교, 원자력공학과. ²강원대학교, 물리학과.) CdZnTe 검출기는 일반적으로 상온에서 고 분해능 에너지 spectroscopy에 이용할 수 있는 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 온도에 따른 CdZnTe 감마선 검출기의 성능 평가를 연구하였다. CdZnTe 검출기는 Au를 전극 표면에 입힌 10×10×5 mm³를 사용하여 compact한 크기로 제작하였다. 온도 변환장치는 40×40×4 mm³의 Peltier 냉각장치 사용하였다. Peltier의 냉각방식은 water jacket을 이용한 냉각수 순환 방식을 사용하였다. 온도 변화에 따라서 Leakage current를 측정(Keithley 6517A electrometer)하여 I-V 특성을 조사하였으며, 검출기의 효율은 59.5keV의 ²⁴¹Am 감마 선원을 사용하여 동작온도 -20℃ ~ 50℃와 인가전압 -300V ~ 300V의 영역에서 에너지 스펙트럼을 측정하고 FWHM을 분석하였다. 실험 결과는 고 분해능 에너지 스펙트럼 특성을 얻기 위한 CdZnTe 검출기의 설계 및 검출기의 효율을 개선에 매우 유용할 것이다. # 본 연구는 과학기술 원자력연구개발사업과 한양대학교 iTRS의 지원에 의해 수행되었습니 다.

Cp-031 Czochlarski method를 이용한 대용량 결정섬광 검출기 제작 소 증호, 김 홍주, 강 희동, 도 시흥¹, 김 성환², 김 정인, GUL rooh(경북대학교 물리학과. ¹부경대학교 물리학과. ²대구보건대학교 방사선과.) Czochlarski method를 이용하여 국내에서 처음으로 대용량 CsI 섬광결정 제작을 시도하였다. 기존의 작은 크기의 섬광결정 제작시 사용되었던 Platinum crucible을 사용하지 않고 Carbon, Stainless steel, Copper crucible을 사용하면서 성장 가능한 crucible을 수차례 시

도를 통해 결정하였다. 또한 수분을 함유한 CsI powder 를 200℃에서 20시간 이상 가열하여 결정 성장에 사용 가능하도록 정제하였으며, 이를 이용한 결과 성공적으로 성장이 이루어짐을 확인 할 수 있었다. 최대 성장 시 지름 6cm, 높이 15cm 이상이 가능하고, 섬광 검출기 로써의 특성이 우수할 경우 다른 종류의 섬광결정도 성장을 시도할 예정이다.

Cp-032 Performance of Compton camera consisted of DSSD and SEGD 정 효순, 이 주한, 서 희¹, 이 춘식(중앙대학교 물리학과. ¹한양대학교 원자핵공학과.) The performance of a Compton camera consisted of a double-sided silicon strip detector (DSSD) as a scatterer and 25-segmented germanium detector (25-SEGD) as a absorber have been investigated. We obtained Compton two-dimensional images by the backprojection method and energy spectra of two clinically relevant energies, 140 keV, 364.5 keV and 511 keV, corresponding to ^{99m}Tc, ¹³¹I and ¹⁸F. And also phantoms images of various forms were reconstructed with our prototype Compton camera. As a results, summed energy resolution (FWHM) of DSSD and 25-SEGD was 19.1 keV and 15 keV at 364.5 keV and 511 keV, two-point in same sources are able to distinguished, and also two-point in difference energy are subdivided.

Cp-033 Measurement of the geometry of a HPGe detector for the absolute detection efficiency by using a X-ray generator 김 정란, 유 정숙, 김 아람, 최 태은¹, 한 인식¹(이화여자대학교 물리학과. ¹이화여자대학교 과학교육과.) HPGe detectors are used widely for measuring gamma rays in nuclear and particle physics experiments. The absolute efficiency of a HPGe detector is essential for measuring gamma-ray cross sections and for determining activity of radioactive isotopes accurately. However, several studies show that the efficiencies estimated from the Monte Carlo simulation program GEANT4 were considerably higher than measured values using calibrated gamma sources. One of the reasons for these discrepancies is due to dead layers that are not active in collecting charges in HPGe detectors. In addition to dead layers, we investigate a possibility that the value of HPGe detector geometry provided by manufacturers is not accurate for GEANT4 simulation. We took several X-ray images of a HPGe detector and estimated the real values of the HPGe detector geometry. Using GEANT4, we compared the efficiency

by using the HPGe detector geometry provided by the manufacturer with the one by using the estimated values from the X ray images. The estimated dimensions of the detector geometry and GEANT4 results will be presented.

Cp-034 **FPGA-Based 16-Channel Data Acquisition**

and Analysis System for GEM Detector ZHANG Yuxin, KIM Il Gon, HAHN Chang Hie, HA Sung Yong(Changwon National University, Department of Physics.) GEM detector is being paid more and more attention because of its low noise, linear amplification and high gain. This solution is designed to acquire and analyze the low-level current signal of GEMs and it is implemented on FPGA, USB2.0 and necessary peripheral circuits. There are several modules to form it, such as Signal Preprocessing, Analog-to-Digital Converter, FPGA (including Nios II processor and other control logic), and USB2.0 Logic Circuit. The Nios II processor which operates on FPGA as a soft processor and the USB2.0 logic circuit result in high-speed data processing and transmitting. In order to analyze the acquired data on a PC, applications are designed with VC++ and LabVIEW.

Cp-035 **이단-GEM 검출기를 이용한 2MeV 전**

자빔 측정 김 일곤, 한 창희, 유 동선, 박 성태¹, 하 성용, ZHANG Yuxin(창원대학교 물리학과. ¹창원대학교 기초과학연구소) 자체 제작한 이단 기체전자증폭 장치를 이용하여, 원자력연구소의 2MeV 전자빔을 측정하였다. 사용되어진 전자빔의 전류는 0.03mA이고, 23kHz로 가로와 세로로 각각 50Hz, 670Hz로 이동하며, 가로 5cm, 세로 30cm의 영역을 고르게 조사하도록 설계되었다. 실험에 사용한 GEM검출기는 CNU GEM-009이였으며, 검출기체로는 Ar:CO₂(80:20) 혼합기체를 사용하였다. 주기적으로 방출되는 전자빔의 정보는 검출기 전단증폭기를 통과한 신호를 오실로스코프에 입력시켜 확인하였으며, 전자빔의 스펙트럼은 자체 제작한 데이터 측정장치를 이용해 측정하였다. 전자빔 에너지는 1MeV, 1.3MeV, 2MeV으로써, 각각 그 에너지를 이단 기체전자증폭 장치GEM-009를 이용하여 측정 하였으며, 그 세기에 따라 Peak는 오른쪽으로 이동하였음을 보였다. 이는 Bethe-Bloch Formula를 통한 Energy Loss와 비교 하여 빔 성질을 예측 할 수 있으며, GEM검출기에 의한 전자빔의 특성 조사 가능성을 확인하였다.

Cp-036 **Optimization of reverse type avalanche**

photodiode (APD) using silvaco simulation 문 명환, 김 홍주, 박 환배, 강 희동, 유 상수, 정 선우(경북대학교 물리학과.) An avalanche photodiode (APD) is a photodiode that internally amplifies the photocurrent by an avalanche process. The APDs have many characteristics which make them excellent candidates for applications in particle physics and medical images. The purpose of this simulation is to investigate optimal design parameters including guarding of reverse type APD for the physics requirement of the planned detector component so that these optimized conditions can be applied to actual manufacturing of the sensor. In this simulation, using silvaco Athena and Atlas which is one of the commercially available simulation package for silicon devices.

Cp-037 **BaCl₂(pure) 섬광단결정 육성과 광 및**

섬광 특성조사 김 정인, 김 홍주, 박 환배, 이 상훈, 김 완, 강 희동, 김 성환¹, 김 도성², 도 시홍³(경북대학교 물리학과. ¹대구보건대학 방사선과. ²대구대학교 물리학과. ³부경대학교 물리학과.) BaCl₂(99.95%, Aldrich) 분말을 사용하여 Ar 분위기에서 Czochralski법으로 BaCl₂(pure) 단결정을 육성하였다. 단결정의 광 및 섬광특성을 조사하기 위하여, 육성한 단결정을 10mm x 10mm x 5mm 직육면체 형태로 제작하여, 상온에서 파고스펙트럼, 에너지 분해능, 형광감쇠특성등을 조사하였다. 저온에서 상온까지 온도변화에 따른 발광특성과 형광감쇠특성을 조사하였다.

*본 연구는 과학기술부/한국과학재단 우수연구센터육성사업의 지원으로 수행되었음(R11-2000-067-02001-0)

Cp-038 **Ba_{0.2}Sr_{0.8}Cl₂ 새로운 섬광단결정 육성과**

광 및 섬광특성 조사 김 정인, 김 홍주, 박 환배, 이 상훈, 강 희동, 김 완, 김 성환¹, 김 도성², 도 시홍³(경북대학교 물리학과. ¹대구보건대학 방사선과. ²대구대학교 물리학과. ³부경대학교 물리학과.) BaCl₂(99.95%, Aldrich) 분말과 SrCl₂(99.99+%, Aldrich)분말을 20:80 mole%로 혼합한 후, Ar 분위기에서 Czochralski법으로 새로운 섬광체인 Ba_{0.2}Sr_{0.8}Cl₂을 육성하였다. 최적 육성조건은 인장 속도가 3.0 mm/h, 결정의 회전속도는 25 rpm이었다. 육성한 Ba_{0.2}Sr_{0.8}Cl₂ 단결정은 10x10x10mm³로 자른 후 연마하여 광 및 섬광특성을 조사하였다. 저온부터 상온까지 온도에 따른 여기 및 발광특성, 형광감쇠특성과 상온에서의 파고스펙트럼, 에너지분해능 등 섬광체 검출기로서의 특성을 평가하였다.

*본 연구는 과학기술부/한국과학재단 우수연구센터육성사업의 지원으로 수행되었음(R11-2000-067-02001-0)

Cp-039**Alpha-Particle Identification with Silicon**

Pad Detector using Digital Pulse shape analysis 이 기우, 조 화연, 이 주환, 이 춘식(중앙대학교 물리학과.) 하전입자들이 반도체 검출기 안에서 발생시키는 전자와 홀들의 분포와 밀도는 입사된 하전입자의 정보(운동에너지, 전하량, 질량)에 따라 각각 다르게 나타난다. 하전입자가 반도체 검출기 안에서 잃어버리는 에너지의 양만큼 전자와 홀쌍이 발생하고 이러한 charge carrier들이 검출기 양쪽의 전극에 도달하기까지 유도시키는 전하량에 의해 신호파형의 모양이 결정되는 것이다. 이 때 펄스의 모양을 결정하는 중요한 두 가지 요소가 plasma-erosion time과 drift time이다. 결국 펄스의 모양은 plasma 상태의 초기밀도, 크기 그리고 반도체 내부의 전기장에 의존하고, 일단 plasma zone을 빠져나온 후로는 이동 경로와 속도에 따라 양쪽 전극까지 다양한 도달시간을 갖게 된다. 이번 실험에서는 Ra226소에서 나오는 다양한 에너지의 알파 입자들을 Pad형 실리콘 검출기를 이용하여 초기신호를 얻어냈고 이것을 디지털 신호처리 기법을 이용하여 에너지에 따른 신호의 rise-time을 분석했다. 아울러 Weighting potential method를 이용한 시뮬레이션을 통해 실험과 비교하고 다른 에너지에서의 펄스 모양도 예측하였다.

Cp-040**Optical design of the K1.1 secondary**

beam line at J-PARC KANG BH, AHN J¹, BHANG H, CHOI SH, IEIRI M², IMAZATO J², LIM G², NAGAE T², NOUMI H², TAKAHASHI H², TANAKA K.H², SATO Y², SAWADA S², TOYODA A²(서울대학교 물리학과. ¹부산대학교 물리학과. ²KEK.) We present a design study of an intense 1.1GeV/c kaon beam line (K1.1).The secondary beam starts from a production target located in branch A of the slow extracted beam line at the 50 GeV proton synchrotron of J-PARC. The secondary beam, emitted at a central production angle of 6 degree, is deflected and separated from the primary beam by a C-shaped magnet, and is transported to the experimental target. The beam line principally consists of "Intermediate-Focus type" Front-End part, double-stage electrostatic separation part and a beam analyzer. For the extraction of intense kaons, the acceptance was designed as large as possible in addition to the short beamline length. The typical yield is expected about 1×10^6 K/ 10^{14} primary protons at 30 GeV on a 54mm long Ni target.The K/ π ratio about 8 at present and will be improved.

Cp-041**반절연체 6H-SiC 반도체 방사선 검출**

기의 금속박막에 대한 고온처리 영향 강 상목, 하장호, 박 세환, 김 한수, 조 윤희, 전 성대, 김 용균¹(한국원자력연구소. ¹한양대학교) 최근 방사선 검출기 분야에서 상온 화합물 반도체를 이용한 연구가 활발하게 진행 중이며, 이 중에서 탄화규소(SiC)는 상온 뿐만 아니라 고온 환경과 고선량 방사선 환경에서도 동작하는 특성을 가진 반도체 물질이다. 탄화규소는 1,500°C 이하에서는 열적 안정성이 우수하고 산화성 분위기에서의 안정성도 뛰어나며, 4.6 W/cm² 정도의 큰 열전도도를 가지기 때문에 고온에서 장시간의 안정성이 요구되는 환경 하에서는 GaAs, GaN와 같은 III-V족 화합물 반도체나 다이아몬드보다 탄화규소의 응용이 한층 유용하다. 본 연구에서는 Semi-insulating 6H-SiC 웨이퍼를 10 x 10 mm²의 크기로 절단하고 고진공열증착기(thermal evaporator)를 이용하여 Si-face에는 Au/Ni를 증착하였고 C-face에는 Au/Ni/LiF⁶/Au를 증착하였다. 금속 박막이 증착된 SiC 시편을 급속열처리장치(RTA) 통해 300도에서 10분 가열 후에 표면을 관찰하였고, FR4 PCB 기판에 고정하여 반도체 검출기를 제작한 후에 전류-전압 특성 곡선과 조립하여 ²³⁸Pu동위원소를 이용하여 알파선 반응을 측정하였다.

* 본 연구는 과학기술부 원자력연구개발사업과 한양대학교 iTRS의 지원에 의해 수행되었습니다.

Cp-042**GEM 검출기용 다채널 신호처리 회로**

설계 및 특성 평가 박 성태, 한 창희, 김 일곤, 유 동선, 문 병수, 하 영자(창원대학교 물리학과.) GEM (Gas Electron Multiplier) 검출기를 이용한 이차원 영상 장치를 개발하기 위하여 다채널 readout장치를 설계, 제작하였다. GEM 검출기는 2단의 GEM foil을 사용하였으며 충전 가스는 Ar:CO₂=80:20 을 사용하였다. 실험에 사용된 전치증폭기는 128 개의 입력 단을 갖는 전하 민감 증폭기(VA_SCM2, Ideas)로 sample hold 기능과 multiplexer 를 포함하고 있으며 신호 축적시간을 조절할 수 있는 기능을 갖고 있어서 영상신호 검출에 특히 효율적인 증폭기이다. 전치증폭기는 PCB 위에 직접 wire bonding하였으며 증폭기 제어를 위해서 FPGA를 이용하였다. 신호 검출용 readout pad 는 PCB 제작 기법을 사용하여 만들었으며 0.7X0.7 mm² 의 pad 크기를 8x8=64 개 정방향으로 배치하여 2차원 정보를 얻었다. 검출기 테스트를 위해 Eu-152, Cs-137, Co-60 등과 같은 밀봉형 방사선원을 이용하였다.

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

Cp-043

Pulse Shape Analysis of Protons and Alpha Particles Using a Silicon detector

김 정란, 김 아람, 유 정숙, 이 주한¹, 이 남희, 한 인식²(*이화여자대학교 물리학과*. ¹중앙대학교 물리학과. ²이화여자대학교 과학교육과.) Charged particles are usually distinguished by the dE-E method, using two or three detectors in series in nuclear and particle physics experiments. If low-energy charged particles stop completely in the first dE detector in some experimental conditions, the dE-E method cannot be used. Therefore, it may be desirable to identify particles by the pulse shape discrimination using only one detector. In this study, we simulated pulse shape of light charged particles at various energies. The results were then compared with experimental results using protons and alpha particles produced by the $^{27}\text{Al}(p,p)$ and $^{19}\text{F}(p,\alpha)$ reactions at the KIRAMS cyclotron facility. The feasibility of this method will be presented.

Cp-044

Neutron-induced Aging Effect of the Resistive Plate Chamber (RPC) for the CMS Endcap Region

김 현철, 강 태임, 김 병일, 김 지현, 김 충, 김 태정, 문 동호, 박 성근, 박 우진, 박 윤우, 박 인형, 심 광숙, 안 성환, 유 민상, 이 경세, 이 광복, 이또우미끼꼬, 이 현승, 임 정구, 조 미희, 조 은혜, 주 승진, 홍 병식, 후 룡장(*고려대학교 물리학과*.) Under the normal operational condition at the Large Hadron Collider (LHC) at CERN, the resistive plate chambers (RPCs) for the CMS endcap region will be exposed to the large neutron background, which is equivalent to about 10^{12} for 10 years. As a result, it will be extremely important to demonstrate if RPCs can sustain their good characteristics after such an intense neutron irradiation. For this purpose, we have built four prototype RPCs and tested by using the MC50 cyclotron at the Korea Institute of Radiological and Medical Sciences (KIRAMS). Four prototype RPCs have been irradiated by fast neutrons provided by the MC50 cyclotron for about three hours. We checked the performance of RPCs before and after the irradiation by using the cosmic ray muons. The comparison of the results shows no difference. However, the latent effect due to the neutrons could emerge in a longer period operation with a proper environment of high-level radiation background. The further test with a 200 mCi ^{137}Cs source is being carried out to address the potential degradation. We will present the analysis results and the future perspectives in details.

Cp-045

LHC 중이온 충돌실험에서의 Jet현상과 Jet알고리즘의 비교분석

장 범수, 강 주환, 김 은주¹, 박 인규², 심 광숙³, 홍 병식³, 김 광성⁴, 김 지현³, 문 동호³, 박 진우⁴, 한 가람⁴(*연세대학교 물리학과*. ¹전북대학교 물리학과. ²서울시립대학교 물리학과. ³고려대학교 물리학과. ⁴서울시립대학교 물리학과.) RHIC실험은 Jet Quenching과 강한 Elliptic flow현상등 많은 흥미로운 결과들을 보여주었다. LHC 중이온 충돌실험에서는 그 충돌에너지가 RHIC에 비교하여 30배가량 더 늘어나, 높은 PT를 갖는 현상들의 연구가 매우 중요해 질 것이며, 특히 중이온 충돌실험 역사상 최초로 직접적인 Jet을 관측하게 되리라 여겨진다. 한편 LHC에너지에서의 중이온실험에서는, 높은 multiplicity 때문에 보통의 pp실험에서 쓰이는 Jet 알고리즘들을 바로 적용하기가 힘들어, 중이온 실험을 위한 특별한 Jet알고리즘이 필요하게 된다. 한국 CMS-HI 연구팀은 현재 중이온 충돌실험에서 쓰일 Jet 알고리즘들을 만들고 있고, 그것으로부터, Jet알고리즘들의 벤치마크 테스트와 에너지분해능, 각도분해능등을 연구하고 있다. 본 발표에서는 CMS 중이온 실험을 위한 Fast Monte Carlo프로그램인 HIROOT를 사용하여 한국 CMS-HI팀이 제작한 Jet알고리즘들의 성능을 비교분석한다

Cp-046

A study of metal loading on Plastic Scintillator

ULLAH Shafqat, 김 홍주, 강 희동, 나 세진, GUL ROOH, 김 성환¹(*경북대학교 물리학과*. ¹대구보건대.) The various components required in heavy-element-loaded plastic scintillators are outlined, with a discussion of the effects of variations in their chemical character and proportion. We developed the metal loaded plastic scintillator by polymerization method of monomer. As a monomer, the styrene was used. P-terphenyle and 2, 5-diphenyloxazole were used as the primary solute, organo-metallic compound as the loading elements. The scintillators were excited by Cs-137 gamma rays source to study the characteristics.

Cp-047

Improved Silicon Sensor Design, Fabrication and Measurement Results

배 재범, 가 동하, 강 희동, 김 홍주, 박 환배, 유 상수(*경북대학교*) 경북대학교 원자력기초공동 연구소는 AC/DC 타입의 실리콘 스트립 센서를 개발하고 있다. 방사선/양성자빔/X-ray를 이용하여 이미지를 볼 수 있는 실리콘 스트립 센서를 디자인 및 공정을 진행하였다. CADENCE 사의 Virtuoso Tool을 이용하여 스트립 센서를 디자인 하였으며, 이전에 개발한 실리콘 센서 공정 노하우를 통해서 이미지

실리콘 스트립 센서 공정을 진행하고 있다. 그리고 픽셀 센서, 패드 센서 등 다양한 패턴의 센서 디자인을 이번 개발에 추가하였다. 시제품으로 나온 실리콘 스트립 센서의 전기적 특성을 조사하고 이를 통해 디자인의 개선점을 논의할 것이다.

Cp-048 방사성탄소 연대측정을 위한 열분해 전처리법 개선 박 규준, 윤 민영, 윤 종철, 김 도균¹, 송 영미, 송 수진, 김 종찬¹(서울대학교, 기초과학공통기기원. ¹서울대학교, 물리천문학부.) 방사성탄소 연대측정 시료를 전처리하는 방법은 환원법과 열분해법이 잘 알려져 있다. 이들 중 열분해법(pyrolysis)은 비교적 간단하고 짧은 시간 내에 시료를 전처리할 수 있는 큰 장점을 가지고 있으나 방사성탄소 연대의 정확도(accuracy)에 영향을 미치는 이온 전류량이 환원법에 비해 다소 적게 생성되는 단점으로 인하여 많이 사용되지 않는다. 본 실험에서는 열분해법으로 목탄(charcoal) 시료를 전처리할 때, 탄소와 은의 혼합비가 1:5.1에서 이온 전류량이 최대가 됨을 알 수 있었으며 이온 전류량에 따른 산출 연대의 상대적 정확도와 동위원소 분할(fractionation) $\delta^{13}\text{C}$ 의 변화 양상을 조사하였다.

Cp-049 이온빔 및 감마선의 정밀 위치 측정을 위한 PCB기판을 사용하는 기체검출기(gaseous detector) 개발 김 도균, 김 종원¹, 윤 민영², 윤 종철²(서울대학교 물리천문학부. ¹국립암센터. ²서울대학교 기초과학 공동기기원.) 감마선 및 양성자의 입사 위치 및 방향을 측정하기 위해 PCB(printing circuit board)기판을 이용한 기체 검출기(gaseous detector)를 개발 중이다. PCB기판 한쪽 면에 anode 및 cathode 전극이 모두 프린트되어 있고 cathode는 전극 면에 strip으로 연결되어 있으며 anode는 직경 0.3 mm 구멍을 통하여 반대 면의 strip에 연결되어 있다. strip간 간격은 0.5 mm로 정밀한 위치분석이 가능하다. 제작된 검출기는 원자력 의학원의 cyclotron에서 인출한 약 40MeV의 양성자 빔을 이용해 성능을 테스트하였다. 이러한 검출기를 이용하여 감마선의 입사 방향을 측정하기 위해서는 PCB 기판에서 컴프톤 산란된 전자를 검출하고 후방에 설치된 scintillation 검출기에서 산란된 감마선의 에너지 및 위치를 측정하는 시스템이 필요하여 최적의 검출 효율을 얻기 위해 몬테카를로 방법을 통해 설계하였다. 특히 기체검출기 부분을 Time Projection Chamber로 사용하여 전자의 에너지를 측정함으로써 입사되는 감마선의 방향으로 알 수 있는 검출기 제작이 궁극적인 목표이다. GEANT4 프로그램을 이용하여 이러한 검출기의 효율 및 성능을 계산해 보았고, 완성된 검출기는 즉발감마선 측정을 통한 치료양성자 빔의 선량 끝점 측정에 사용될 예정이다.

Cp-050 Study on Hybrid Plastic Scintillators for Neutron Measurements 후 룡장, 안 성환, 홍 병식, 강 태임, 김 병일, 이또우 미끼꼬, 김 현철, 김 지현, 김 태정, 이 광복, 이 경세, 임 정구, 문 동호, 박 성근, 유 민상, 심 광숙, 홍 성중¹, 김 용주², 이 석재³, 이 준택⁴(고려대학교 물리학과. ¹가천의대 뇌과학 연구소. ²제주대학교. ³서남대학교. ⁴건국대학교.) We report investigations of the detector characteristics for boron-loaded and Gd-coated plastic scintillators for neutron measurements. The boron-loaded scintillators were tested with fast neutrons emitted from fission decays of a 5 μCi ²⁵²Cf source and slow neutrons provided by the MC50 cyclotron at Korea Institute of Radiological and Medical Science. The detectors were also tested to perform a pulse-timing analysis for fast neutrons, slow neutrons, and gammas to understand the scope of the discrimination for gamma rays when the detector was applied to the practical measurements. Furthermore, the detector pulses and sensitivities were simulated for Gd-coated scintillators to address the development of new-type hybrid scintillators for slow neutrons of energies below 1 eV.

Cp-051 저효율 2차원 중성자 빔 감시 검출기 개발 문 명국, 천 종규¹, 이 창희, 김 신애, 최 영현, 김 학노, 정 봉근, 박 태원(한국원자력연구소. ¹한국원자력연구소/경북대학교 물리학과.) 저온장치 또는 고온 실험장치내에 설치된 중성자 회절실험용 시료는 온도변화에 따라 시료를 부착하는 지지대의 열팽창계수로 인하여 시료의 위치가 달라질 수 있다. 특히 단결정 회절 실험과 같은 아주 미세한 시료를 이용하는 실험에서 시료의 미세한 위치변화는 측정 데이터의 처리 및 분석에 큰 영향을 미친다. 본 연구에서는 시료에 가하는 온도 변화에 따라 이동되는 시료의 미세한 위치를 직진빔의 위치에서 정량적으로 측정할 수 있는 저효율 2차원 중성자 검출기를 제작하고 그 특성을 평가하였다. 제작한 검출기는 중성자 투과효율을 높이고, 검출기 입사창에 의한 중성자 산란을 줄이기 위하여 5 mm 두께의 알루미늄 재질의 입사창을 사용하였다. 검출기 내부는 다중도선 비례계수기 구조이며, 위치분해능을 높이기 위하여 3기압의 CF₄를 사용하고 검출효율을 줄이기 위하여 0.1기압 이하의 ³He 가스를 사용하였다. 본 발표는 제작한 검출기의 기본 특성을 다루고 다양한 온도 조건에서 시료의 미세한 이동을 측정하여 점검한 실험결과에 관하여 기술한다.
*본 연구는 과학기술부 원자력연구개발 사업의 일환으로 수행되었습니다.

Cp-052**고중성자속 분말회절장치 개발현황**

문 명국, 천 종규¹, 이 창희, 최 영현, 김 학노, 박 제근², 이 정환²(한국원자력연구소, ¹한국원자력연구소/경북대학교 물리학과, ²성균관대학교 물리학과) 한국원자력연구소는 미량의 분말시료를 짧은 시간에 측정할 수 있는 고중성자속 분말회절장치(HIPD)를 개발하고 있다. 고중성자속 분말회절장치는 8조의 1차원 위치민감 중성자 검출기를 시료 중심으로 16도 간격으로 배치한 것으로써 1회 회전으로 전중성자회절상을 측정할 수 있는 장점이 있다. 한국원자력연구소는 2006년 중반에는 하드웨어 설치를 마무리하고 2007년 초반부터 측정 데이터 처리 및 분석을 통해 각각의 검출기의 효율과 채널보정 과정을 거쳐 데이터 정련작업을 위한 소프트웨어 개발을 진행하고 있다. 본 발표는 위치민감 검출기에 기록되는 산란 중성자의 위치정보(채널)를 각도정보(2θ)로 변환시키는 프로그램의 최적화 과정을 논하고, 고중성자속 분말회절장치로 측정한 실리콘, Al₂O₃, YMnO₃ 회절상을 정련한 결과를 보여준다.

Cp-053**150GeV 전자빔을 이용한 실리콘 검출기 테스트**

현 효정, 가 동하, 강 희동, 김 홍주, 박 환배, 배 재범, 정 선우(경북대학교) 지난 2006년 10월, 스위스 제네바 CERN, H2 빔 라인에서 150GeV 전자빔을 이용하여 독자적으로 개발한 실리콘 스트립 센서와 신호처리장치를 조립, 테스트를 진행하였다. 1mm 간격의 32 채널 실리콘 스트립 센서로부터 나오는 아날로그 신호는 IDEAS 사의 VA 칩을 통하여 증폭되고 변환된다. 이 신호는 다시 증폭기를 통한 후 12bit 25MHz flash ADC (Analog to Digital Converter) 에서 디지털 신호로 바뀌어 컴퓨터에 저장된다. 이 발표에서는 개발한 센서와 신호처리장치에 대해서 소개하고, CERN 에서 진행된 테스트에 대한 분석 결과를 소개한다.

Cp-054**X-선 영상결정분광기용 고계수능 2차원 검출기의 개발**

천 종규, 문 명국¹, 최 영현¹, 정 봉근¹, 박 태원¹, 이 상근², 남 옥원³(한국원자력연구소/경북대학교 물리학과, ¹한국원자력연구소, ²한국핵융합연구센터, ³한국천문연구원) 한국원자력연구소는 한국핵융합연구센터, 한국천문연구원과 협동연구를 통하여 X-선 영상결정분광기(X-ray Imaging Crystal Spectrometer)를 개발하고 있다. X-선 영상결정분광기는 X-선 분광용 결정 개발기술, 1Mcps 이상 처리할 수 있는 고계수능 2차원 검출기 개발기술과 관련 계측회로 개발기술로 구분되어 있는데, 한국원자력연구소는 2차원 검출기 개발을 담당하고 있다. 2차원 검출기는 지연선 판독방법에 의한 위치정보를 획득한다. 현존하는 지연선 판독방법

의 데이터 처리장치는 최대 500 kcps 수준까지 처리할 수 있기 때문에 검출기를 2분할하여 최대의 계수능을 확보할 수 있도록 하였다. 제작한 검출기는 유효검출면적이 100 mm × 300 mm이며 3 keV 수준의 저에너지 X-선을 측정할 수 있도록 0.1mm 두께의 베릴륨 입사창을 사용하였다. 본 발표는 고계수능을 구현할 수 있는 2분할 구조의 2차원 검출기 제작결과와 초기실험결과에 관하여 다룬다.

*본 연구는 과학기술부 기초기술연구회 협동과제 사업의 일환으로 수행되었습니다.

Cp-055**고중성자속 분말회절장치 제어 시스템**

개발 천 종규, 문 명국¹, 이 창희¹, 최 영현¹, 정 봉근¹, 박 태원¹, 김 학노¹, 박 제근², 이 정환²(한국원자력연구소/경북대학교 물리학과, ¹한국원자력연구소, ²성균관대학교 물리학과) 한국원자력연구소는 8조의 1차원 중성자 검출기를 이용한 고중성자속 분말회절장치를 자체적으로 개발하고 있다. 고중성자속 분말회절장치의 제어 시스템은 리눅스 기반의 Certified Scientific Software (CSS) 사의 SPEC을 이용한다. 이를 위하여 우리는 8조의 1차원 중성자 검출기와 관련 데이터 획득장치, 시료와 검출기 벅크를 회전시키는 모터제어기, CCR을 사용할 수 있는 시료환경장치 등 모든 장치 제어계통을 SPEC으로 제어할 수 있도록 준비하였다. 본 발표는 고중성자속 분말회절장치 전반을 제어하기 위한 전용 장치 제어시스템 개발내역과 측정 데이터 저장 및 정련을 위한 다양한 알고리즘 개발을 다룬다.

Cp-056**CZT 표면 상태 및 검출기 성능 상관**

관계에 대한 연구 박 세환, 하 장호, 조 윤호, 김 한수, 전 성대, 강 상목, 김 용균¹, 홍 덕균²(한국원자력연구소, ¹한양대학교 시스템응용공학부, ²강원대학교 물리학과) CZT(CdZnTe)는 현재 널리 쓰이고 있는 Si, Ge 등 단원자 반도체나 NaI, CsI 등 섬광체를 대체할 수 있는 검출기 소재로 평가되고 있다. 이전 연구자들의 연구 결과에 의하면 일반적으로 CZT 표면을 물리적 polishing 및 화학적 에칭에 의하여 roughness를 작게할수록 CZT검출기의 dark current가 작아져서 방사선 측정용 검출기로서 성능이 향상된다고 알려져 있다. 본 연구진은 CZT 단결정에 Te inclusion이 많은 경우에는 Bromine에 의한 화학적 에칭은 Te inclusion의 크기를 크게하여 검출기의 성능을 오히려 저하할 수 있다는 결과를 발표한다. 본 연구에서는 work function 다른 Indium과 gold 전극을 사용할 경우 물리적 polishing과 화학적 에칭으로 검출기 표면 상태를 다르게 하여 검출기를 제작했을 때 검출기 표면 상태에 따른 CZT 검출기의 dark current와 방사선 에너지 스펙트럼의 변

화를 비교 평가하였다. 본 연구 결과는 보다 대면적의 CZT 검출기 제작시 유용하게 활용될 것이 기대된다.

* This work has been carried out under the Nuclear R & D program of the Ministry of Science and Technology (MOST) of Korea. It also supported partially from Korea Science and engineering Foundation (KOSEF) Engineering Research Center program of Innovative Technology Center for Radiation Safety (iTRS) at Hanyang University, Seoul, Korea.

Cp-057 Absolute Radioactivity Measurement of

²⁴¹Am Using Metallic Magnetic Calorimeters 이 상준, 김 선기, 김 승천, 김 용환¹, 이 민규¹, 이 경범¹, 이 영화¹, 권 용대¹(서울대학교 ¹한국표준과학연구원.) 저온 검출기는 방사선원으로부터 나오는 입자나 광자의 에너지가 검출기의 온도감지부에 흡수되었을 때의 온도변화를 보통 100 mK 이하의 낮은 온도에서 정밀하게 읽어내는 특징을 갖는다. 이러한 저온검출기는 현재 방사능 검출에 가장 널리 사용되고 있는 반도체 검출기의 분해능을 훨씬 뛰어넘는 결과를 보이므로 정밀한 측정이 필요한 제반 물리학 및 응용 분야에 사용될 수 있다. 우리는 여러 종류의 저온검출기 중 온도 변화에 따른 자화의 변화를 직류초전도양자간섭장치(dc-SQUID)를 이용하여 정밀하게 측정하는 자기양자센서(metallic mag-

netic calorimeter)를 구현하였다. 온도센서로는 상자성체인 Au:Er(900 ppm)이 사용되었다. 알파선원인 ²⁴¹Am을 흡수체인 금박으로 완전히 감싸는 4 π 측정 방식을 도입하여 방사선원에서 일어나는 모든 알파 붕괴를 감지할 수 있었고 5486 keV의 에너지를 갖는 알파 입자에 대해 93 keV의 분해능을 얻는 결과를 보였다.

Cp-058 Compton profiles of Pb, Au and Pt

studied with 365-keV gamma rays KIM JangYoul, LEE JuHahn, CHO HwaYoun, LEE ChunSik(중앙대학교 물리학과.) 컴프턴 산란된 광자의 에너지는 산란각에 의한 컴프턴 쉬프트와 표적전자의 운동량에 의한 도플러 퍼짐 두 성분으로 구성된다. 표적전자의 운동량은 원자 내 전자의 궤도에 따라 내각전자와 외각전자의 운동량의 분포가 달라진다. 즉 표적전자의 운동량에 의한 도플러 퍼짐은 각 물질마다 다른 경향을 보이게 되며, 이를 역추적하면 물질의 특성을 판정할 수 있다. 본 연구는 컴프턴 프로파일의 해석을 위해 convolution method를 이용하여 물질 내 내각전자와 외각전자의 컴프턴 프로파일에 따른 컴프턴 산란감마선에 대한 HpGe 검출기의 응답함수를 도출하고, 실험으로 측정된 컴프턴 산란 스펙트럼과 비교하여, 물질 내 전자의 운동량분포 함수를 결정하였다.

■ SESSION: P2

4월 20일 (금), 11:00 - 12:45

스키하우스

Gp-001 공과대학 신입생의 “물리학”에 대한

인식 조사 김 영유, 류 지욱, 이 기원, 김 한중, 박 선화(공주대학교 물리학과) 본 연구는 2006학년도 및 2007학년도에 입학한 공과대학 신입생들의 물리학에 대한 인식을 조사하였다. 조사 내용은 고등학교에서 이수한 교육과정, 선택한 과학 교과목, 학습한 물리 내용의 이해정도, 전공이수를 위한 물리학의 역할, 물리학에 대한 학습자료 개발의 필요성 및 활용여부 등이다. 연구 결과 신입생의 약 65 %가 고등학교에서 과학공학과정은 이수했으며, 48 %는 물리(1, 2포함)를 공부한 바 없는 것으로 나타났다. 그러나 각 전공 이수를 위해서는 물리학이 중요하다는데 90 %가 동의했다. 물리학이 공학교육인증제의 기초교과로서 역할을 충실히 수행하기 위해서는 맞춤형 교육내용이나 관련 학습자료 개발이 절실히 요구된다.

Gp-002 패러데이 법칙과 관련된 문제 풀이 상

황에서 대학생이 겪는 어려움 최 정호, 전 동렬, 이 경호(서울대학교 물리교육과) One of the most important ends of the general physics class of the university is the problem solving. The achievement of students about electromagnetism is not good. Especially the magnetism is poor. So the aim of this study is to find difficulties about the Faraday's law and the reason of that. The available factors of the difficulties and the reason of that are classified on the basis of 'the frame of the knowledge and the belief'. By applying these classified codes to the problem solving context of the students, the difficulties and the reasons are revealed. The relation of the difficulties and the reasons are analyzed in the more general problem solving process like Wessels model.

Gp-003 마이켈슨 간섭계를 이용한 평판 고체

시료의 굴절률 측정 박 경민, 권 석현¹, 김 석원(울산대학교 물리학과, ¹울산중앙여자고등학교) 마이켈슨 간섭계는 진폭분할 방식의 간섭계 중에서 가장 보편적으로 사용되고 있는 대표적인 장치로써 물리학 실험과 광학적 연구에 사용되고 있는 유용한 장치이다. 간섭계로 빛의 간섭 현상을 이용하여 매질에 대한 정보를 얻거나 물체의 운동을 분석하며, 굴절률은 광학 매질 특성의 가장 중요한 요소 중 하나이다. 본 연구에서는 파

장이 다른 두 가지의 레이저($\lambda=532$ nm, 633 nm)를 광원으로 사용하여 마이켈슨 간섭계의 한쪽 경로 상에 표준시료인 BK7과 몇 가지 평판 고체 매질을 삽입하여 중심부에서 변화하는 무늬의 개수를 검출기로 측정하고 삽입된 매질의 굴절률을 알아보았다. 학생들이 어렵게 생각하고 있는 빛의 간섭현상에 대해 이 실험을 통해 지적 호기심을 자극하고 흥미와 관심을 유발시켜 능동적으로 참여하며 과학적인 탐구와 문제해결능력을 균형 있게 함양하도록 하였다.

Gp-004 닫힌 관 내 공기 진동 및 횡파에 대한

중학교 영재 학생들의 이해 박 정우, 유 준희¹(서울대학교, 과학교육과 물리전공, ¹서울대학교) 일반적으로 학생들은 변위를 눈으로 확인하기 쉬운 횡파에 비해 변위를 눈으로 확인하기 어려운 종파의 이해에 많은 어려움을 겪는다. 본 연구의 목적은 중학교 영재 학생들이 종파에 대해 어느 정도 이해하고 있고 어떠한 개념을 가지고 있는지 알아보는 것이다. 이를 위해 2007년도 서울대학교 과학 영재 센터 물리분과에 지원한 학생 232명을 대상으로 소리 나는 닫힌 관 내 공기의 움직임을 그려보게 하였고, 그 결과를 유형별로 분석했다. 대부분의 학생들이 공기가 한 방향으로 빠져나가면서 소리를 낸다고 하였고, 공기의 진동 방향을 횡파처럼 생각한 학생도 많이 있었다. 지원자 232명 가운데 단 두 명만이 정확히 과학적 개념을 가지고 있었다. 이 결과는 종파를 설명 하는데 있어 횡파와 정확히 구분하여 설명하는 등의 세심한 주의가 필요함을 시사한다. 또한 이 결과가 정규교과과정을 통해 종파를 배우지 않았기 때문에 나타난 영재학생들만의 특징인가를 알아보기 위하여 추후에 닫힌 관 내 공기 진동을 배우지 않은 보통의 중학교 학생과 닫힌 관 내 공기 진동을 배운 고등학교 학생에게 같은 문제지를 나눠주고 그 결과를 비교하고자 한다.

Gp-005 과학 영재교육 대상자들의 과학적 재

능 검사 점수와 선행학습의 상관관계 PARK Minjung, JEON Dongryul(서울대학교 물리교육과) 과학적 재능 검사 점수와 선행학습 기간의 상관성을 분석하여, 과학 영재교육 대상자 선발에서 선행학습이 얼마나 영향을 주는지 알아보았다. 연구 대상은 현재 과학 영재교육기관에서 교육을 받는 중학생으로 총 124 명이 있었다. 과학 재능 검사는 과학적 태도 검사(Test of Science Related Attitude; TOSRA), 과학적 탐구능력 검사(Test of Integrated Process Skills II; TIPS II), 논리적 사고력 검사(Group Assessment of Logical Thinking; GALT), 과학 창의적 문제해결력 검사(한국교육개발원 개발; KEDI), 도형 및 언어 창의력 검사(Torrance Tests

of Creative Thinking; TTCT)로 구성되었다. 과학 재능 검사의 평균 점수를 선행학습 기간에 따라 다변량 분석한 결과, 선행학습을 많이 받은 학생이 TIPS II, KEDI 검사에서 높은 점수를 얻는 경향이 있었다. 교차 분석 결과 TOSRA, TIPS II, KEDI, GALT 순서대로 상위층 비율과 선행학습 기간이 상관성을 가졌고, TTCT의 상위층 비율과 선행학습 기간이 가장 무관하게 나타났다. 과학 재능 검사의 상위 3~5% 이내를 확인한 결과, TTCT를 제외하고 TOSRA, TIPS II, GALT, KEDI에서는 선행학습을 거의 받지 않은 학생 비율이 뚜렷하게 낮았다. 창의성은 영재를 선발할 때 가장 중요하게 평가되어야 하는 지표다. 이 연구에 의하면 선행학습을 오랜 기간 받았다고 해서 도형 및 언어 창의력 검사에서 높은 점수를 받지는 않았다. 그러므로 과학 영재 선발에서 선행학습 효과를 배제하기 위해서 도형 및 언어 창의력 검사를 적절히 활용할 필요가 있다.

Gp-006 정전기의 바른 이해를 위한 튜토리얼 개발의 방향 홍 명수, 김 규환¹, 김 은주², 김 중복² (한국교원대학교 공동과학교육과. ¹한국교원대학교 초등과학교육과. ²한국교원대학교 물리교육과.) 8학년 전기 단원에서 학생들이 처음 배우는 주제가 정전기이다. 8학년에서 정전기 주제는 눈에 보이지 않는 전기를 일상생활에서 경험하는 구체적이고 흥미있는 소재를 사용하여 전기 개념을 도입할 수 있도록 하며, 전기회로 주제로 넘어가는 다리 역할을 한다. 그러나 학생들은 대전현상과 정전기유도 현상의 원리를 정확히 이해하지 못하고 있으며, 정전기와 전기를 하나의 현상이 아닌 다른 현상으로 분리하여 이해하는 경향이 있다. 그러므로 정전기에 대해 학생들이 가지고 있는 오개념을 과학적 개념으로 바꿀 수 있는 튜토리얼 개발이 필요하며, 과학적 개념으로 이끄는 튜토리얼을 개발하기 위한 원칙과 그 방향성이 무엇인지에 대한 연구가 필요하다.

Gp-007 마이켈슨 간섭계를 이용한 금속재료의 열팽창계수 측정 박 경민, 정 재훈¹, 신 동혁², 김 석원(울산대학교, 물리학과. ¹울산천상중학교. ²울산학성중학교) 마이켈슨 간섭계는 정밀한 측정이 가능한 광학장치로 널리 이용되며, 그 활용도가 매우 다양하다. 온도변화에 따른 금속재료의 길이변화가 극히 작은 경우, 그 변화량을 직접 측정하기가 어려운데 마이켈슨 간섭계를 이용하여 온도 변화에 따른 간섭무늬 이동수를 측정하여 정밀하게 열팽창계수를 측정할 수 있다. 빛의 간섭 현상을 이용한 고등학교 실험은 영의 간섭실험이 소개되고 있으나 빛의 파장측정 정도에 그치고 있어 그 활용예가 없다. 따라서 본 실험에서는 He-Ne Laser와 마이켈슨 간섭계를 이용하여 빛의 간섭현상을 활용한 실험 주제로서, 온도에 따른 금속재료의 열팽창계수를 마이켈슨 간섭계를 이용하여 정량적으로 측정하여 학생들이 간섭현상과 빛의 성질에 대한 이해를 높이도록 하였다.

Gp-008 자연계열 통합교과형 논술고사 문항에 대한 분석 이 옥수, 유 준희(서울대학교, 물리교육과.) 이 연구의 목적은 2008년 처음으로 도입되는 자연계열 통합교과형 논술고사 문항을 분석하여 평가도구로서의 양호도를 검토하는 것이다. 2008학년도부터 통합교과형 논술고사가 주요대학의 전형요소로서 비중있게 도입되며, 자연계열의 경우에는 처음으로 논술고사를 실시하게 된다. 따라서 자연계열 통합교과형 논술고사 문항의 양호도에 대한 연구가 필요한 상황이다. 본 연구는 대학에서 공개한 자연계열 통합교과형 논술고사 예시문항 9개에 대하여, 학생들이 작성한 답안지를 근거로 문항의 양호도를 분석하였다. 또한 각 문항에 대한 고등학생과 교사들의 생각을 조사하였다. 연구대상은 서울과 경기 소재의 고등학교 학생 280명과 서울 소재 고등학교 수학, 과학 교사 34명이었다.

■ SESSION: P2

4월 20일 (금), 11:00 - 12:45

스키하우스

Hp-001 Design Study of 60 MeV Linac for

Coherent Femto-Second FIR Radiation 임 창묵, 강 흥식¹, 고 인수(포항공대 물리학과. ¹포항가속기연구소)

High intensity coherent far-infrared (FIR) radiation from ultra-short electron bunches is a great radiation source for FIR research related to biological molecules and imaging science. Also, from the generation and diagnostics of ultra-short electron bunches, we can develop related techniques. In order to generate femto-second (fs) FIR, the Pohang Accelerator Laboratory (PAL) is constructing 60 MeV electron lianc which consists of a photocathode RF gun, two accelerating columns, a magnetic chicane bunch compressor, and several quadrupole magnets. For design of FIR Linac, a study of linac components and PARMELA code simulation have been done.

Hp-002 Three-Dimensional Simulation of FEL Oscillator using Hole Coupling.

NAM Soon-Kwon, JULIUS Nfor, KIM Ki-Bum¹(Kangwon National University, Department of Physics. ¹Kangwon National University, Cyclotron Research Institute.) We have performed numerical simulation to investigate three-dimensional effects such as diffraction, hole coupling, misalignment and transverse construction of optical field in an FEL oscillator. The results can be used in the design of far infra red free electron laser oscillator.

Hp-003 Numerical Study of the Terahertz Free-Electron Laser.

NAM Soon-Kwon, CHOI Eun-Ok, KIM Ki-Bum¹(Kangwon National University, Department of Physics. ¹Cyclotron Research Institute, Department of Physics.) A new high-power terahertz FEL is studied numerically using the simple one-dimensional model. The electron beam in our model is presented as a set of thin rigid disks with Gaussian transverse distribution of charge, which is supposed to be the same for each disk. To study the terahertz FEL with a simple two-mirror optical resonator, the average power, spectral density distribution, power distribution of radiation are investigated.

Hp-004 Beam Commissioning Scenario of L-band

Electron Linac* 김 상훈, 양 해룡, 문 성익, 장 성덕¹, 손 윤규¹, 권 세진¹, 박 성주¹, 오 종석¹, 조 무현, 남궁 원(포항공과대학교 물리학과. ¹포항가속기연구소) An intense L-band electron linac is now being installed at Pohang Accelerator Laboratory for initial tests. It is capable of producing 10-MeV and average 30-kW electron beams a pulsed klystron of 25 MW with average 60 kW. The beamline consists of an E-gun, a pre-buncher cavity, an accelerating column with built-in bunching sections, and a beam scanner. The beam commissioning scenario is established with the PARMELA simulation. The beam current change, due to the misalignment of the beamline and the focusing solenoids, is calculated to be optimized by the steering coils. The beam energy and power are obtained with the input RF power and the pre-buncher phase. In this paper, we present tuning strategies based on these simulation results.

*This work is supported by KAPRA and PAL.

Hp-005 MAGIC3D 코드를 이용한 주파수 가

변 상대론적 마그네트론의 특성분석 김 해진, 최 진 주(광운대학교, 전자공학과.) A three-dimensional particle-in-cell (PIC) code, MAGIC3D, is used to simulate an A6 relativistic magnetron with metal tuner. As inserting six conducting rods into the resonators in regions where the RF magnetic field is high, the resonant frequency of 2π -mode ($n=6$) of the A6 magnetron is tuned over the range from 4.27 to 4.47 GHz. The simulations show that with perturbed RF magnetic fields caused by metal tuner, the performance of the A6 magnetron in terms of radiation output power, frequency spectrum, and efficiency is superior compared with those using the uniform RF magnetic fields. Maximum output power of A6 with three tuners is 600 MW at 4.4 GHz, corresponding to a magnetron efficiency of 7.2%, which is about 20% higher than the conventional A6 magnetron where the axial external magnetic field is 5.5 kG and the beam voltage and the total current are 360 kV and 23 kA, respectively. When the tuner position of three metal rods is 8 cm, which is adjusted to get maximum power, a spectral amplitude in the π -mode is lower 33 dB in power than the 2π -mode.

Hp-006 Electron cloud effects at KEKB

진 현 창, 윤 무현(POSTECH) Electron clouds can be generated in the positron or proton rings due to synchrotron radiation. These electron clouds can influence the

circulating beam profile, beam emittance and betatron tunes. We have examined these effects in the KEKB positron ring by using the code PEHTS. We show the emittance growth, tune shift, and the sidebands in the frequency spectrum, and found that in some operation range the effect of the electron cloud can be significant.

Hp-007 자기증폭 자발방출 자유전자 레이저에 의한 THz 진동수 영역의 결맞음 복사생성에 대한 연구 정 덕용, 윤 무현(포항공과대학교 물리학과.) 원자 수준의 물질에 대한 운동학적 연구에 있어 펨토초(femto-second) 복사펄스(radiation pulse)가 필요로 하여지게 된다. 펨토초 복사를 생성하는 방법에는 여러 가지가 있는데 그 중 광음극전자총(photo-cathod electron gun)과 rf 선형가속기(radio frequency linear accelerator)를 이용하여 만든 수십 MeV 에너지 및 0.1 nC 정도의 전하량을 갖는 펨토초 전자빔(electron beam)에 의한 결맞음 원적외선 전이복사(coherent far-infrared transition radiation)의 경우 복사파장은 대략 20 μm 이상이 된다. 본 논문에서는 이러한 펨토초 전자빔을 자기증폭 자발방출 자유전자 레이저(Self-Amplified Spontaneous Emission Free Electron Laser 이하 SASE FEL)에 통과시킴으로써 발생하는 결맞음 복사의 경우 복사파장이 20 μm 이하의 파장 영역(THz 진동수 영역)으로 확장되어질 수 있음을 수치적으로 보이고 있다. 또한, 전자빔의 에너지 퍼짐(energy spread), 전자빔 뭉치 길이(electron bunch length), 전자빔의 봉우리 전류(peak current), 그리고 전자빔의 정규 에미턴스(normalized emittance), 각 각에 대한 SASE FEL 복사의 복사일률(radiation power)과 포화길이(saturation length)의 의존성을 보임으로써 이러한 전자빔 파라미터(parameter)의 변화에 의한 복사일률과 포화길이의 개선에 대해 논하고 있다. 본 논문은 결맞음에 대한 수치적 결과와 전자빔의 에너지 디튜닝(detuning)에 대한 내용도 함께 포함하고 있다.

Hp-008 klystron에서, cavity와 cavity 사이에서의 higher mode의 효과 한 재은, 김 정호, 박 상덕, 윤 무현, 박 수용(포항공과대학교.) Klystron은 전자빔을 modulation시키고, 이를 RF로 전환하기 위해서는 여러개의 caavity가 필요하다. 이때 cavity 자체가 불연속면이 되어 전자빔의 higher mode를 standign wave의 형태로 만들어 growing mechanism을 만든다. 이런 higher mode의 growing mechanism을 이론적으로 밝히고, 전산 모사하여 이와 비교를 해 본다. 또한 growng mechanism이 Klystron에 어떤 영향을 미치는지를 알아본다.

Hp-009 Monte Carlo Simulation Study on Depth-charge Distribution for Electron Beam Energy Determination 길 영미, 김 상훈, 오 영도¹, 조 무현, 남궁원(포항공과대학교 ¹포항가속기연구소.) The electron energy is one of the principal parameters that influence the depth-dose distribution and the depth-charge distribution within a material penetrated by the electron beams. To develop an easy-to-use device for measurement of the electron beam energy, the Monte Carlo simulation is conducted on the depth-charge distribution in aluminum plates. The MCNPX 2.4 code is used for this simulation. The aluminum plates consist of 3 or 4 plates separated by air gaps. The thickness of each plate is determined for the collected charges to be sensitive to the electron beam energy. The depth-charge distributions under various beams energies and the consequent collected charges in each plate will be used for determining the electron beam energy from the experimental data.

Hp-010 결정구조 분석용 자동화 장치 개발 및 성능 분석 김 경화, 이 흥수(포항가속기연구소.) 결정 구조 분석을 위한 자동화 장치 개발이 완료되어 실제 적용 테스트가 진행되고 있다. 본격적으로 자동화 장치가 실험에 응용되면 하루 평균 약 25% 정도의 빔 타임을 절약 할 수 있으며 육안 관측으로는 파악하기 어려운 단백질의 결정성 분석을 위하여 단시간 내에 테스트 이미지 획득이 가능해 지므로 이를 분석하여 결과적으로 양질의 회절 데이터를 이용한 결정 구조 분석이 가능 해 진다. 효율적인 운영을 위해서는 로봇의 경로 분석, 각 장치간의 타이밍 테스트, 결정 이송용 틀의 정밀도 확보 등에 관한 정확한 성능 분석이 필요하다. 본 연구에서는 효율적으로 자동화 장치를 활용할 수 있는 방법과 각 장치의 성능 및 정밀도에 대한 테스트 결과를 분석하여 최적의 운영 방안을 모색 하고자 한다.

Hp-011 Multi-Aperture Grid형 대전류 Ion Beam 발생 장치의 Particle-in-Cell Simulation 김 은영, 정 태훈, 권 민철¹(동아대학교 ¹유니텍.) 대전류 Ion Beam Source에서 Grid geometry와 Bias Voltage가 Beam property에 미치는 영향을 Particle-in-Cell로 계산하였다. 2 grid와 3 grid 구조를 고려하였다. Screening grid와 Accelerating grid의 Bias Voltage가 Ion flux에 미치는 영향을 살펴보았다. 그리고 각각의 Simulation에서 grid gap distance, grid width와 aperture size를 변화시켰을 때 Ion flux와 Divergence angle 그리고 Ion Beam

energy spread를 조사하였다. Screening grid의 bias를 증가시켰을 때는 Ion flux는 증가하였고 Ion Beam energy spread도 증가하는 것을 볼 수 있었다. aperture size를 증가시켰을 때는 Ion flux는 감소되었고 Ion Beam energy spread도 감소하는 것을 볼 수 있었다. Divergence angle 값은 Screening grid의 bias를 증가시켰을 때는 증가하였고 aperture size를 증가시켰을 때는 감소하는 것을 볼 수 있었다.

Hp-012 **A Study for Design of the Magnet for a Self-Shielded 13 MeV Cyclotron** 정 인규, 윤 무현 (POSTECH) In this presentation we present the design and analysis of magnetic fields for a 13 MeV cyclotron. This cyclotron is to produce short-lived radio-isotopes for Positron Emission Tomography (PET), including ^{18}F whose half-lifetime is only 110 minutes approximately. Unlike the previous H-type magnet design, this PET cyclotron features that it is mostly self-shielded and therefore, the stray magnetic fields have been minimized. Utilizing the magnetic field calculation program OPERA-3D, a three-dimensional model of the magnetic field has been designed, which meets the requirement for isochronism and vertical focusing. In this presentation, characteristic features of the designed magnetic field and the results of the magnetic field analysis are presented.

Hp-013 **Transverse Beam Dynamics in the Thermal Wave Model with a Functional Method** 장 지호, 조 용섭, 권 혁중(한국원자력연구소) We investigated the transverse beam dynamics in a thermal wave model by using a functional method. In the model, the beam optical elements can be separately described by a kernel for a component. We applied the method to general quadrupole magnets beyond a thin lens approximation and drift spaces. We found that the model can successfully describe the PARMILA simulation result through an FODO lattice structure for the Gaussian input beam without space charge effects.

Hp-014 **Particle-in-Cell Simulation of Electron Beam Acceleration by using Laser Wakefields** 노 희수, 김 경덕, 송 서우, 오 태구, 허 민섭¹, 이 해준²(한국 과학영재고등학교, ¹한국전기연구원, 플라즈마가속기연구그룹, ²부산대학교, 전자전기공학과) Due to numerous practical limitations, conventional regime of particle accelerators is becoming difficult to pursuit any longer.

Thus, the regime of wake field acceleration is highly expected. By using XOOPIIC (X-Object Oriented Particle In Cell) simulation code, which was originally developed at U.C. Berkeley, we tried to observe how acceleration efficiency relies on the following four physical factors: the initial energy and the total charge of an incident electron beam, the laser intensity and the injection position of an electron beam within a wake field. Defined to be the ratio of the accelerated energy to the initial energy of an electron, the acceleration efficiency turned out to rely in different ways on the four physical factors. The total charge of an incident electron beam seemed to have a negligible impact on the efficiency whereas the initial energy of an electron beam and the laser intensity seemed to have certain optimal values to enhance the efficiency. Optimal injection position seemed to be where the integration of a wake field is maximized, not where the actual value of the wake field is maximized.

Hp-015 **Energy Enhancement of The Self-Modulated Laser Wakefield Accelerator using The Plasma Density Gradient** YOO seung hoon, HAHN sang june¹, HUR min sup, KIM jae hoon, JANG hyojae, HWAN il moon, SUK hyhyong(Korea Electrotechnology Research Institute, ¹Chung-Ang University, Department of Physics.) To achieve GeV electron energies in the laser wakefield accelerator(LWFA), it is necessary to propagate an intense laser pulse over a long distance in a plasma without disruption. Many LWFA experiments have been operated in the high power, long pulse, self-modulated regime, where self-guiding due to the relativistic focusing appears to play a role in extending the acceleration length. But there are strong instabilities and electron dephasing problem due to the velocity difference between the electron beam and the wake wave. To avoid the dephasing problem, an intense laser beam with a peak power of 2 TW and a duration of 700 fs was focused in a supersonic He gas jet with an upward density gradient. Direct integral method was used to calculate the plasma density around the super sonic gas jet nozzle with the gradient. Particle-in-cell simulations were performed for comparison study and the optimal conditions of the density gradient in the experiment were observed. In this presentation, the characteristics of the electron beam produced from the self-modulated laser wakefield accelerator using the plasma density gradient were investigated.

Hp-016**Study on Field Asymmetry in 1.6 cell**

Photocathode RF Gun 문 성익, 박 성주¹, 고 인수¹, 김 상훈, 조 무현, 남궁 원(포항공과대학교, ¹포항가속기연구소.) The BNL/SLAC/UCLA 1.6-cell photocathode RF gun adopts a single RF feed and a standing-wave structure. There is asymmetry in the RF fields at coupler cell, which is caused by coupling slot. In order to minimize the field symmetry which causes the transverse emittance growth, Vacuum pump out-port is placed at the opposite side of the RF input-port. But more field asymmetry reduction is required to meet rigorous transverse emittance requirement. The symmetric pumping port induces quadruple and higher order fields which causes significant emittance growth. We have studied on the method of eliminating the residual dipole offset and further reducing the higher multi-pole fields.

Hp-017**Longitudinal Laser Pulse Shaping for**

Low-Emittance Electron-Beam Generation 현 기호, 김 창범¹, 고 인수(포항공대 물리학과, ¹포항공대 포항가속기연구소.) The electron source for the SASE X-FEL requires a very-low-emittance (high brightness) electron beam as low as 1mm-mrad. However, emittance growth in the RF-Gun occurs close to the cathode surface due to the defocusing space-charge force. Thus, for the low-emittance, the minimization of the defocusing-space-charge forces is required. Moreover, the reduction of nonlinear space-charge effect is needed. A technique of shaping temporal charge-density distribution of electrons reduces the defocusing space-charge forces. Shaping temporal charge-density distribution is acquired with longitudinal laser pulse shaping. We briefly investigated a difference between the temporally Gaussian type and flattop type with PARMELA simulation. Consequently, we confirmed the advantages of flattop type. In this thesis, we will introduce the laser system at PAL, pulse stretcher with prism-pairs(UV-stretcher), cross-correlator and auto-correlator for laser pulse diagnostics. In addition, we will show the technique to make the temporally flattop laser pulse shape. we will establish the laser pulse stacker soon for flattop distribution and measure the emittance with quadrupole scan technique for each case, i.e., gaussian case and flattop case. Finally we will confirm the advantages of the flattop case in experiments.

Hp-018**Implementation of High Precision Magnet**

Power Supply using the DSP 박 기현, 정 성훈, 김 동연, 정 진화, 최 진혁(가속기연구소) This paper presents an implementation of a precision magnet power supply (MPS) for the Pohang Light Source using the digitally controlled pulse width modulation method. The maximum output current of the power supply was 600 A at a precision of ~60 ppm. The digital control circuit of the power supply was implemented using two high speed 16-bit analog-to-digital converters and the TMS320F2808 digital signal processor. Three IGBTs are used at MPS with phase shifted parallel operation to increase the power rating and operating frequency. The duty ratio for IGBT control was determined using the PI control method. To reduce the output current ripple, the damped L-C filter was fabricated at both the DC link and output sides. Various experimental results, such as stability, drift, and controllability, are given to verify the characteristics of the DSP based magnet power supply.

Hp-019**Stabilization of Cooling Water System**

for Resonance Frequency Control of the PEPF 20 MeV DTL KIM K.R., KIM H.G., KIM H.S., KWON S.J., YOON J.C., HWANG W.H., PARK J., KWON H.J.¹, CHO Y.S.¹(PAL/POSTECH, ¹PEFP/KAERI) The cooling water system for the PEPF 20 MeV proton accelerator was established and tested to obtain the precise rf resonance frequency of DTL through the temperature control of cooling water. The process identification of water temperature control using step response test was carried out to estimate the process model of heat exchanger and diverting flow loops. In addition, the conditioned auto-tune modes of PID controller have configured the water temperature control within specified operational requirements. The cooling processes has been improved with the more enhanced water quality, the increase of heat transfer rate through cleaning of fouled heat exchanger and the stabilization of pumping system with flow balancing. The results achieved so far prove that the operational performance of the temperature controlled-cooling water system is rigorous and effective in case of no rf load conditions. In order to achieve stability and satisfy the system performance during low and high duty rf modes, the more stabilized cooling water system performance should be needed to minimize the effect of thermal load variations on the rf resonance frequency in the DTL system.

Hp-020 Effects of an Ultra-short Pre-pulse on the Generation of Laser-Accelerated Protons

이 기태, 이 용우, 예 권해, 이 지영¹, 박 성희, 차 용호, 정 영욱, 이 해준²(한국원자력연구소, 양자광학기술개발부. ¹한남대학교, 물리학과. ²부산대학교, 전자 전기 정보 컴퓨터 공학부.) 고강도 레이저를 얇은 고체 타겟에 입사하여 양성자 혹은 이온을 발생하는 실험은 최근 5년간 매우 빠르게 발전하고 있다. 최근에는 상당부분 기존의 가속기에 버금가는 결과들도 발표되고 있다. 하지만 이러한 결과들은 대부분 규모가 큰 Glass 기반의 레이저에 의한 것이다. 레이저에 의한 양성자 가속 기술이 보다 실용적이기 위해서는 실험실 규모의 극초단 레이저를 이용하는 것이 유리하나, 최근까지 이러한 레이저를 이용한 연구 결과는 강도가 같더라도 펄스폭이 긴 레이저에 미치지 못하고 있다. 이를 극복하기 위한 방법으로 수 10nm 두께의 얇은 타겟, 혹은 특이한 구조의 타겟을 사용하는 방법이 연구되고 있으며, 이와 함께 레이저의 main pulse 전에 발생하는 pre-pulse를 이용하는 연구도 진행되고 있다. 한국원자력연구소에서는 통상 사용되는 ASE (Amplified Spontaneous Emission)라 불리는 수 ns 폭의 pre-pulse에 더해, 10ns 앞에 발생하는 매우 작은 에너지의 극초단 pre-pulse를 이용하는 연구를 수행하였다. 극초단 pre-pulse의 크기를 조절하며 행한 실험 결과는 타겟의 종류와 두께에 따라 최적의 pre-pulse 조건이 있다는 것을 보여주었다. 특히 13um 두께의 mylar를 이용한 실험에서는 기존의 결과에 비해 최대 양성자 에너지가 약 3배 증가하였고, 발생량도 수십 배 증가하였다.

Hp-021 캐패시터 충전 전원을 채용한 산업용

가속기용 RF중폭기의 전원 설계 손 윤규, 권 세진, 장 성덕, 오 종석, 조 무현¹, 남궁 원¹, 이 강욱², 정 기형²(포항공과대학교 가속기연구소. ¹포항공과대학교. ²철원물리기술연구소.) 산업용가속기의 전자빔 조사장치를 이용한 응용분야는 선진국에 비해 극히 제한적으로 사용되고 있다. 국내에서는 전자빔 가속기를 상업적으로 생산할 수 있는 기술이 아직까지 확보되지 못하고 있으며, 가격 또한 고가이다. 전자빔에 의한 고분자개질 공정이나 농산물의 멸균, 의료기기의 멸균등에 적용 가능한 10 MeV급의 산업용 전자빔 조사장치에 적용되는 펄스 전원장치를 설계를 하였다. 평균출력 60 kW 펄스 폭 7 μ s 펄스반복율 300 Hz의 L-밴드 산업용 모듈레이터는 고주파 스위칭을 채용한 고전압 인버터 전원을 장착하여 그 크기를 줄여 콤팩트하게 제작하였다. 본 논문에서는 높은 펄스 반복율을 가진, 출력전압 275 kV, 펄스 빔전류 260 A로설계된 모듈레이터의 상세 파라메타와 제작된 시스템의 운전 특성을 보이고자 한다.

Hp-022 산업용 전자 가속기 RF 중폭기의 전

원 장치와 제어기 개발 권 세진, 손 윤규, 장 성덕, 오 종석, 조 무현¹, 남궁 원¹, 이 강욱², 정 기형²(포항공과대학교 포항가속기연구소. ¹포항공과대학교. ²철원물리기술연구소.) 포항가속기연구소에서는 RIS 프로젝트 사업과제의 일환인 L-Band 전자빔 가속기의 제작 및 기술개발 연구를 철원물리기술연구소의 주관으로 수행하고 있다. L-Band 전자빔 가속기는 전자빔에 의한 고분자개질(改質)공정, 농수산물의 멸균 및 의료기기의 멸균등에 적용이 가능하다. 가속기연구소에서는 10 MeV급 산업용 전자빔 조사장치에 적용되는 펄스 전원장치인 모듈레이터를 설계, 제작을 하였다. 평균출력 60 kW, 펄스폭 7 μ s, 펄스반복율 300 Hz의 L-Band 산업용 모듈레이터와 Thales사의 TV2022D 클라이스트론을 적용하였다. 본 논문에서는 L-Band 전자빔 가속기를 위하여 설계 및 제작된 고전압 인버터형 모듈레이터 및 클라이스트론의 소개와 모듈레이터의 운전을 위한 제어장치에 대하여 발표하고자 한다.

Hp-023 Preliminary Design of the PEFP Rapid

Cycling Synchrotron CHUNG Byungchul, LEE Yong Young, CHO Yong-Sub(한국 원자력연구소, 양성자기반 공학기술개발 사업단(PEFP).) Proton Engineering Frontier Project (PEFP) is a research project to develop a 100 MeV, 20 mA pulsed proton linear accelerator to be used in basic/applied scientific R&D programs and industrial applications. The PEFP proposes the 1.0 GeV synchrotron accelerator as an extension of the PEFP linac, which initially is a 15 Hz Rapid-Cycling Synchrotron (RCS) with 100 MeV injection energy. The target beam power is 58 kW at 1.0 GeV in the first stage, which can be used for a spallation neutron source. The high intensity RCS for the spallation neutron source is technically challenging. In this paper, the conceptual design of the PEFP RCS for a pulsed proton beam is proposed. A preliminary lattice design and an injection simulation as well as a extraction system of the proposed ring are described.

Hp-024 Experimental Observation of Heating

System for 30 MW High-Power Klystron S. D. Jang, Y. G. Son, S. J. Kwon, J. S. Oh, S. H. Kim¹, H. R. Yang¹, S. I. Moon¹, M. H. Cho¹, W. Namkung¹(PAL/POSTECH. ¹POSTECH.) An L-band linear accelerator system for an e-beam sterilization is under construction for bio-technology application. The 30-MW

peak power klystron producing a pulse with a peak voltage of 275 kV is required to produce 60 kW average RF output power at the frequency of 1.3-GHz. The peak and average power is 71.5-MW (275 kV, 260 A, 285 pps at load side with 7 μ s pulse width) and 130 kW, respectively. The klystron heating system has an important role to test the beam characteristics and offer a stable beam emission for long time steady state operation. The electric circuit for klystron heating system is composed of filament heater transformer, current limiting transformer (CLT), and variable transformer. The specification of a heater power of Thales klystron (TV2022D) is 784 W (28 V, 28A) with a maximum surge current limit of 50 A. We designed the klystron heating system and investigated its characteristics. In this paper, we present the experimental observation results of heating system for 30-MW high-power klystron.

Hp-025 **계단 응답을 이용한 PEFP 가속 공동의 공진주파수 오차 및 Loaded Q 측정*** 김 한성, 권 혁중, 설 경태, 김 대일, 조 용섭(한국원자력연구소, 양성자기반공학기술개발사업단.) PEFP(Proton Engineering Frontier Project) 양성자 가속기의 RFQ(Radio Frequency Quadrupole) 및 DTL(Drift Tube Linac)에서 요구되는 가속 전장의 크기 및 위상 안정도는 각각 $\pm 1\%$, $\pm 1^\circ$ 이다. 요구되는 고주파 안정도를 위해서는 저출력 고주파 시스템의 피드백 제어 및 공진주파수 제어가 필수적이다. 본 연구에서는 디지털 LLRF 시스템을 통해 측정된 가속 전장 위상의 계단 응답으로부터 가속기의 운전 중 공진주파수 제어에 필요한 오차 신호를 실시간으로 구하고 이를 dummy cavity에 적용하여 네트워크 분석기로 측정된 공진주파수 오차와 비교 검증하였다. 또한 가속 전장 크기의 계단 응답으로부터 loaded Q를 구한 결과, DTL 가속 공동의 경우 네트워크 분석기로 측정된 값과 5 % 이내로 일치하였다. 본 논문에서는 PEFP 20 MeV 선형 양성자 가속기의 가속 공동으로 쓰이는 RFQ 및 DTL 탱크에 대하여 디지털 LLRF 시스템을 통해 측정된 데이터를 사용한 공진주파수 오차 및 loaded Q 측정 방법 및 결과에 대해 발표한다.

*과학기술부 지원을 받은 연구임.

Hp-026 **PEFP 20 MeV DTL 탱크의 고주파 동적 특성 연구*** 권 혁중, 김 한성, 설 경태, 김 대일, 조 용섭(한국원자력연구소, 양성자기반공학기술개발사업단.) 한국원자력연구소 양성자기반공학기술개발사업단에서 개발한 20 MeV Drift Tube Linac (DTL)은 1개의

고주파 원으로 4개의 독립된 탱크를 구동한다는 특징을 갖고 있다. 네 개의 서로 독립된 탱크를 한 개의 탱크처럼 구동하기 위하여, 우선 각 탱크의 공진 주파수를 탱크 벽에 설치된 히터 전력을 조절하여 맞추었고, 각 도파관에 설치된 Mechanical Phase Shifter를 조절하여 각 탱크의 초기 고주파 위상을 맞추었으며, 운전 중 변화하는 공진 주파수는 탱크 4개에 공급되는 냉각수 온도를 조절하여 제어하였다. 이와 같이 운전하는 경우, 제어 변수 변화에 따른 각 탱크의 고주파 동적 특성 변화가 중요하며, 이 가운데 각 탱크의 상대적인 고주파 위상은 외부 운전 조건에 가장 민감하게 반응하는 변수이다. 본 논문에서는 PEFP 20 MeV DTL의 고주파 제어 방법, 각 제어 방법에 따른 제어 변수 안정화 및 각 탱크의 상대 위상 변화 측정값을 포함한 고주파 변수의 동적 제어 특성에 대해서 논한다.

*과학기술부 지원을 받은 연구임.

Hp-027 **PEFP 이용자 빔라인 운전의 기초 연구*** 조 용섭, 권 혁중, 김 귀영, 김 계령, 김 한성, 장 지호, 정 병철(한국원자력연구소, 양성자기반공학기술개발사업단.) PEFP(Proton Engineering Frontier Project)의 이용자 빔라인은 선형가속기의 20MeV 및 100MeV 에너지 위치에 설치된 인출 전자석에 의해 인출된 양성자를 AC 전자석을 이용하여 각각 5개의 빔 이용 표적실에 공급하도록 구성되어 있다. 표적실로 수송되는 양성자 빔은 빔에너지, 빔전류, 빔 조사 시간 등 이용 분야에 따라 여러 조건으로 공급될 수 있어야 한다. 이를 위해 운전 고주파원의 수를 조절하여 빔 에너지를 변경하는 경우, 빔 펄스 폭을 변경하는 경우, 빔 펄스 반복률을 변경하는 경우, 피크 전류를 변경하는 경우, 사용하지 않거나 조사 준비중인 빔라인에 빔을 보내지 않는 경우 등 여러 조건이 복합적으로 결합된 운전 방법으로 가속기 및 빔라인을 운전하게 된다. 이러한 복잡한 운전 조건중에서 가속기 및 빔라인에 영향을 미칠 수 있는 조건과 적합한 운전 방식을 모색하기 위한 기초 연구를 수행하였다.

*과학기술부 지원을 받은 연구임.

Hp-028 **Study of Thermal Behavior for High Current Solid Targets for Radioisotope Production** 김 재홍, 박 현, 이 지섭, 전 권수, 김 석규(원자력의학원, RI 및 방사성의약품개발실.) For the large-scale production of various radioisotopes, a disk-type metallic solid target with a forced water-cooling is to be used for irradiating with energetic protons produced by accelerators, which are capable of producing beam currents in excess of several hundreds micro-amperes. Although

the production yields can be enhanced by employing high currents of proton beam, the maximum beam powers (beam energy multiply by beam currents) deposited on a target is limited by the thermal characteristics of target materials, which are associated with the loss of the target materials due to high temperature above melting point. In this presentation, the COMSOL Multiphysics program is applied to estimate the thermal transfer in the solid target during beam irradiation. The SRIM (Stopping and Ranges of Ions in Matter) program is used to calculate energy deposited to the target matters using a quantum mechanical treatment of ion-atom collision. A detailed thermal analysis of such a solid target system under different bombardment conditions is made by means of a finite element analysis method. Results of a parameter study will be presented and discussed with the objective of maximizing beam current limit of the solid target design employed 100 MeV proton accelerator facilities at PEPF.

Hp-029 Study on Negative Hydrogen Ion Source for Longtime Operation LEE Seok-geun(서울대학교 원자핵공학과.) Long time extraction of negative hydrogen ion beam from transformer coupled plasma source has been researched. The negative ion source applied triode extraction system as well as efficient multi-cusp magnetic field has a record of 1.7mA of ion beam current. The experiment is performed for about a hour under the relatively stable condition of 0.5mA of beam current with radio-frequency power 800W and total extraction voltage 14.5kV. As the result, the ion beam current started to decrease significantly under 50% after 5 minutes. The ion beam current, however, was saturated after 18 minutes and the beam current was 0.113 mA at that time. It is because Cu particle sputtered from plasma electrode deposit and screen the quartz through which the radio frequency power transfer from antenna to plasma. So, this study discover the cause of beam current decrease and demonstrate H-ion source longtime operation.

Hp-030 Prototype Tests of C-band Standing-wave Electron Linac* 김 상훈, 양 해룡, 박 병재, 장 성덕¹, 손 윤규¹, 권 세진¹, 박 성주¹, 오 종석¹, 조 무현, 남궁원(포항공과대학교 물리학과. ¹포항가속기연구소.) A C-band standing-wave accelerating section is designed for a compact electron linac. It is capable of producing

4-MeV electron beams. A magnetron supplies 5-GHz and pulsed 1.5-MW RF power to the accelerating section. It is a bi-periodic and on-axis coupled structure operated with the $\pi/2$ -mode standing-wave. For a compact accelerator, the accelerating section is consisted of 9 normal cells with 3 bunching cells. The section is directly attached to the E-gun without pre-buncher and drift tubes. In this paper, we present design details of beamline configurations and simulation results on beam size and beam transmission. We also present the prototype test results of the bi-periodic RF cavities.

*This work is supported by PAL.

Hp-031 단백질 결정학 위글러 빔라인 통합 운영 장치 개발 김 경화, 엄 기수¹, 이 흥수(포항가속기연구소 ¹(주) 휴먼정보통신.) 단백질의 3차원 구조 분석을 위한 가장 중요한 요소는 결정성이 좋은 시료를 만드는데 있다. 그러나 결정성이 아무리 좋더라도 육안 관측에 의해 결정성을 판단하는 현행의 방법으로 좋은 결정을 구분 해 내는 것은 사실상 불가능 한 일이다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 결정 구조 분석용 자동화 사업이 진행되었고 2006년 12월에 완료되어 실제 응용 테스트가 진행되고 있다. 엑스선 정렬 장치, 결정 정렬 장치, 6관절 로봇 장치, 저온장치, 건조장치, 에너지 스캔 장치 등 많은 장치들이 서로 연동되어 최적의 회절 이미지를 얻는 작업이 진행되는데, 이 모든 장치의 효율적인 운영을 위해 개발된 통합 프로그램 개발의 완성도에 따라 자동화 장치 개발의 성공여부를 결정 지을 수 있다. 본 연구를 통하여 빔라인 운영과 자동화 장치의 연동을 위하여 새로 개발된 통합 운영장치의 성능을 소개하고 이에 대한 분석을 통하여 향후 개발작업에 반영 하고자 한다.

Hp-032 양성자 빔을 이용한 용접 기초연구 노 승경, 김 희수, 이 두형, 정 보현, 현 준원(단국대학교 응용물리학과.) 고에너지의 하전입자를 물질에 조사하였을 때 물질의 온도상승의 정도는 입사되는 복사의 단위길이 당 매질 내 에너지 손실률(저지능, stopping power)에 크게 관계된다. 특히 양성자빔의 경우 표면보다는 Bragg peak 위치에서의 극소적 열 상승 효과가 크다. 이와 같은 양성자빔의 특성을 이용하여 물질의 표면이 아닌 특정한 깊이에서의 용접이 가능한지를 확인하기 위해 투명한 아크릴에 빔을 조사하여 깊이에 따른 용융의 형태를 관찰하고 최적의 용접조건을 도출하기 위해 ANSYS를 이용하여 시뮬레이션한 결과와 비교하였다.

* 본 연구는 과학기술부의 원자력연구개발사업 및 21세

기 프론티어연구개발사업으로 시행한 양성자기반공학기술사업의 2006년도 양성자가속기이용자프로그램의 지원으로 수행되었음.

Hp-033

Implementation of High Precision Magnet

Power Supply using the DSP 박기현, 정성훈, 김동연, 정진화, 최진혁(가속기연구소) This paper presents an implementation of a precision magnet power supply (MPS) for the Pohang Light Source using the digitally controlled pulse width modulation method. The maximum output current of the power supply was 600 A at a precision of ~ 60 ppm. The digital control circuit of the power supply was implemented using two high speed 16-bit analog-to-digital converters and the TMS320F2808 digital signal processor. Three IGBTs are used at MPS with phase shifted parallel operation to increase the power rating and operating frequency. The duty ratio for IGBT control was determined using the PI control method. To reduce the output current ripple, the damped L-C filter was fabricated at both the DC link and output sides. Various experimental results, such as stability, drift, and controllability, are given to verify the characteristics of the DSP based magnet power supply.

Hp-034

Stair Current Output Power Supply For

Switching Magnet 정성훈, 박기현, 강홍식, 김동연, 최진혁(가속기) The switching magnet for beam distribution is served with Digital Signal Processor (DSP) controlled PWM switching-mode power supply (SMPS). This SMPS is employed phase-shifted parallel (PSP) operation of IGBTs. This technique allows ± 350 A, 2.5 Hz stair output, and ± 350 A at bipolar mode operation. Current feedback and input voltage feed-forward control schemes are applied to improve the output current stability. Experimental results showed that the implemented converter achieved a useful versatile power supply.

Hp-035

Status of Photoinjector Development for

the PAL XFEL 박성주, 김창범, 박장호, 문성익¹, 황정연, 고인수(포항가속기연구소, 포항공과대학교, ¹물리학과, 포항공과대학교) A high-brightness photoinjector for the PAL XFEL is being developed in the Pohang Accelerator Laboratory (PAL), POSTECH. In order to meet stringent requirements on beam qualities imposed by the PAL XFEL, special cares are required in the de-

sign and construction of the machine. In this presentation, we report on the status of a photoinjector test facility being constructed for the PAL XFEL. We also introduce our recent investigations on a new gun cavity for symmetrized rf fields with simpler fabrication, and the status of beam shaping R&Ds for generating optimum transverse and time profiles of laser photons which are very important for reducing space-charge-induced emittance growth.

Hp-036

ECCD Requirements for a Successful

Suppression of Neoclassical Tearing Modes in KSTAR

박영석, 황용석(서울대학교 원자핵공학과) For an achievement of high performance operation in KSTAR, successful suppression of neoclassical tearing modes (NTMs) is crucial. The 170GHz high power ECCD system will be implemented to KSTAR for the suppression of the mode by compensating a missing bootstrap current inside the island structure. To confirm feasibility of NTM suppression in KSTAR under the proposed system, a ray tracing analysis has been performed using TORAY-GA. The driven current density and the profile of the deposited beam are evaluated under various injection angles and launch locations. From a series of ray tracing analyses, optimum conditions for the beam access to $q=3/2$ and $2/1$ resonant flux surfaces with the proper deposition profile are derived. From the modified Rutherford equations (MREs), NTM stability conditions which signify a possibility of complete suppression of the modes are also investigated according to the ECCD conditions.

Hp-037

Hybrid Mode Simulations in ITER

NA Yong-Su, KIM J.Y.(National Fusion Research Center (NFRC).)

Establishment of advanced scenarios in fusion devices is one of key issues to develop an economically viable fusion power plant. Hybrid modes are being developed in many tokamak devices as such an advanced scenario. These hybrid modes exhibit considerably high fusion performance compared with conventional scenarios in long-pulse duration even without delicate feedback control of plasma profiles. The ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor) project employs the hybrid mode as one of its official operation scenarios to obtain fusion gain (Q) of 10 in extended pulse length. In this paper, predictive modelling of the hybrid modes is performed with the ASTRA

code employing the GLF23 transport model in ITER. Firstly, the potential of hybrid modes is investigated with respect to the fusion performance and the non-inductive current drive fraction. Secondly, the effects of Helium transport and alpha particle heating are discussed and thirdly the evolution of the q-profile is investigated when ECCD(Electron cyclotron current drive) is applied to the plasma.

Hp-038 Optimization of Bias Electrode Geometry using PIC Code for High Current Extraction in Inertial Electrostatic Confinement Fusion Device JUNG Soon-Wook, CHUNG Kyoung-Jae, HWANG Yong-Seok (*Department of Nuclear Engineering, Seoul National University.*) In inertial electrostatic confinement (IEC) fusion, it is critical to increase ion beam currents while keeping charge exchange loss small for high fusion reaction rate. Recently, positively biased electrode was devised to increase extracted beam currents at least tens of times higher by triggering additional plasma discharges in the vicinity of extraction hole. This concept enables high beam current accomplishment simultaneously with efficient differential pumping to reduce the charge exchange loss. It is known that some geometrical parameters such as thickness of insulation materials, exposed electrode area play an important role in generation of additional plasma discharge. In this study, we presented an optimized condition for high current extraction and small charge exchange loss, with the help of the Particle-In-Cell simulation for various plasma and geometrical conditions. In this condition, subsequently increased fusion reaction is expected to generate considerable neutron yield.

Hp-039 Two-dimensional Simulation of Plasma Detachment Phenomena in the KSTAR Tokamak Divertor Region HAN Hyunsun, HONG Sang Hee (*Department of Nuclear Engineering, Seoul National University, Seoul, Korea.*) Plasma detached phenomena in the Korea Superconducting Tokamak Advanced Research (KSTAR) tokamak divertor region are simulated by using a two-dimensional transport code for the plasma-neutral fluids, which couples the neutral density in a diffusion approximation with a set of plasma transport equations based on the Braginskii's two-fluid formulation and an anomalous cross-field diffusion. In the present numerical work, the computational domain is limited to the quadrant of the lower outboard region of the tokamak edge region with

the assumption of up and down symmetry, and the typical parameters of the KSTAR baseline operation are employed in the high recycling criteria. As a result of simulation, it is shown that the formation of a detached plasma mode could lower the peak heat load on the divertor plate less than $10\text{MW}/\text{m}^2$. To acquire more precise data, the neutral transport model will be replaced by a more realistic one in the future work.

Hp-040 MHD stability in KSTAR plasma YI Sumin, YOU Kwang-II¹, RYU Chang-Mo (*Dep. of Physics, POSTECH. ¹NFRC.*) Stability of MHD modes, such as ideal low n kink and high n ballooning modes, have been extensively studied in the design study of new Tokamaks, and predict a limit on the toroidal beta that can be achieved in Tokamaks. These predictions reasonably agree with the observed beta limits in various Tokamaks. Stability against ideal low n kink modes in KSTAR plasma is examined using the GATO code, which solves the linearized ideal MHD equations in variational form using a finite hybrid element approach. Equilibrium of KSTAR plasma is constructed using the equilibrium codes EFIT and TOQ. After the evaluation of the stability of a particular current profile, the critical beta limit appropriate to this plasma is then computed by optimizing the current profile against these MHD modes while keeping the plasma shape and global current profile parameters similar.

Hp-041 XGC와 M3D code coupling을 통한 tokamak geometry에서의 neoclassical plasma pedestal 연구 KOH sehoon, PARK Gunyoung¹, CHANG C.S.² (*한국과학기술원. ¹Courant Institute of Mathematical Sciences, New York University. ²Courant Institute of Mathematical Sciences, New York University; 한국과학기술원.*) tokamak edge의 pedestal region에서 fundamental properties에 대한 연구가 본 연구실에서 자체적으로 개발된 XGC[X-point included Guiding Center code]를 이용하여 수행되었다.[C.S. Chang, Seunghoe Ku, and H. Weitzner, Phys. Plasmas 11,2649(2004)] 하지만, 보다 정확하게 edge physics를 보기 위해서는 XGC simulation을 통해서 생기는 pedestal build-up과 그에 따른 bootstrap current의 변화가 equilibrium에 반영되어야만 한다. 본 연구에서는 이러한 XGC code를 통해 얻어진 edge에서의 physical quantities를 사용하여, M3D code를 통해서 새로운 equilibrium을 얻고, 이러한 equilibrium을 바탕으로 XGC simulation을 수행하므로써, tokamak edge에서의 physics

변화를 self-consistent하게 보고자 한다.

Hp-042 KSTAR Charge Exchange Recombination Spectroscopy System* KO Won-Ha, LEE Jong-ha, KWON Myeun(*National Fusion Research Center.*) Charge exchange recombination spectroscopy (CES) for KSTAR is designed conceptually to get profiles of the ion temperature, poloidal and toroidal rotation and impurity density using NBI which will be modulated in KSTAR. We show several optical designs and lens design to give a good measurement resolution of the KSTAR CES diagnostics. The CES diagnostics has been widely used to measure ion temperature and poloidal rotation velocity in tokamak. Analysis method of the ion temperature and rotation velocity from the charge exchange emission line will be shown in this project.

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

Hp-043 Analyses of the sawtooth activities in the highly elongated tokamak plasmas with the partial reconnection model and the Hamiltonian 김 정희, 이승현, 최 원호, TURRI G.¹, WEISEN H.¹(*한국과학기술원 물리학과. ¹CRPP-EURATOM, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne.*) The sawtooth activity is a kind of an internal disruption. In a sawtooth crash event, several physical processes such as magnetic reconnection, MHD instabilities, and so on evolve in time. With the help of soft x-ray tomography with high spatial resolution, the tomographically reconstructed cross-section of the soft x-ray emissivity revealed the abnormal processes during sawtooth activities in the highly elongated TCV (Tokamak à Configuration Variable) plasmas. The magnetic reconnection, which is known as a key process of the sawtooth crash, seems to take place not only at the low-field side but at the high-field side in the highly elongated plasmas, and furthermore this reconnection looks like a partial reconnection not a full reconnection. Moreover, after the sawtooth crash, the heat from the core is localized near the $q=1$ surface and this heat transfer is strongly coupled with the multi-helicity ($m/n = 1/1$, $m/n = 2/2$), and therefore the heat is partially rotated along the $q=1$ surface. The heat transfer and the rotation are analyzed by the equation of motion using Hamiltonian dynamics. The Hamiltonian consists of the driving energy, which comes from the high-field side

hot spot, and the kinetic energy. The kinetic energy of the moving hot spot is calculated from the trajectories of the magnetic helicities ($m/n = 1/1$, $m/n = 2/2$) because the hot spot is localized at the $q=1$ surface. The partial reconnection model combined with the analysis results from the Hamiltonian dynamics of the moving hot region gives us understanding of a full cycle of a sawtooth crash.

Hp-044 클론폭발에 의해서 발생된 이온의 공간분포 이 용우, 남 성모, 한 재민, 이 용주, 차 용호, 차 형기(*한국원자력연구소.*) 중수소를 포함한 클러스터에 레이저를 조사하면 전자가 제거되어 클론폭발이 유도된다. 이때 가속된 중수소이온에 의해 핵융합반응이 일어난다. 이를 이용한 새로운 중성자선원의 개발이 최근 관심을 끌고있다. 레이저와 클러스터의 상호작용을 분석하기위하여 공간적 이온분포를 측정하고 여러가지 변수에 따른 이온의 에너지와 발생량을 분석하여 핵융합 효율을 제고하고자한다.

Hp-045 Progress of advanced X-ray imaging crystal spectrometer for fusion plasmas* 이 상근, 박 준교, 복민갑, 남 옥원¹, 문 명국², 천 종규²(*핵융합연구센터. ¹한국천문연구원. ²한국원자력연구소.*) An advanced X-ray imaging crystal spectrometer (XICS) for profile measurements of the ion and electron temperatures in fusion plasmas is being developed by utilizing a large-area, segmented two dimensional (2D) position-sensitive detector. Although the principle of the XICS was already demonstrated from the low density plasma conditions include ohmic plasmas, applications of the XICS with higher density plasmas with additional heating sources were still limited due to a photon count-rate capability of the conventional 2D detector. Hence, an advanced segmented 2D detector with delay-line readout and supporting electronics are adopted to improve the photon count-rate capability, and a prototype of the segmented 2D detector and supporting electronics are under fabrication. The current research activities and progress report for the advanced XICS will be presented.

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

Hp-046 Installation and position measurement of initial magnetic diagnostics for KSTAR tokamak* 이

상곤, 박 준교(핵융합연구소) Recently, three Rogowski coils, five flux loops and 64 magnetic field probes were successfully installed inside of the KSTAR tokamak. The Rogowski coils, flux loops, and magnetic field probes measure the total plasma current, poloidal flux and loop voltage, and local poloidal magnetic field for the plasma position control and equilibrium studies, respectively. Accurate position measurements for all of these initial magnetic diagnostics were performed by using a laser tracker system. Installation procedures and position measurement results for these initial magnetic diagnostics will be presented.

*Work supported by the Korea Ministry of Science and Technology under the KSTAR Project Contract.

Hp-047 Diamagnetic loop for the first plasma in the KSTAR machine* 박 준교, 이 상곤(핵융합연구소) Diamagnetic loop (DL), one of magnetic diagnostic sensors for KSTAR, is required to measure a diamagnetic flux during a plasma discharge in the KSTAR machine. The DL consists of two concentric poloidal loops to compensate a ripple, due to the power supply producing a toroidal field, in the flux measurement. The loops are installed in the vacuum vessel for the flux measurement at the first plasma in the KSTAR machine. They are located at a toroidal angle in the vacuum vessel, and the gap distance between inner and outer loops is 2 cm. An accurate position measurement of loops is done by using a laser tracker system after the installation. Present status of the DL for the initial measurement in the KSTAR machine will be presented.

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

Hp-048 차세대 X-선 영상시스템 개발을 위한 베릴륨 창 진공 브레이징 기술* 복 민갑, 이 상곤, 박 준교(핵융합연구소) 핵융합 토카막장치에서 발생하는 플라즈마 진단을 위한 차세대 대면적 고 계수율 X-선 영상 시스템에 이용되는 핵심부품 중 하나 인 이차원 검출기는 알루미늄으로 제작된 검출기본체 챔버와 두께 0.1 mm 이내인 얇은 베릴륨 창으로 구성되어 있다. 검출기 챔버와 베릴륨 창을 접합하는 방식은 주로 epoxy-bonding을 이용한다. 이 접합은 작업이 용이하나 검출기 내부에 충전 되는 혼합가스와 접합에 사용된 에폭시가 화학 반응을 일으켜 검출기 성능을 저하시키고 검출기 내부에 있는 양극선에 결함을 일으키는 주요 원인이 되고 있다. 따라서 기존의 접합 방식을 향상하여

기밀성이 좋고 화학적으로 안정된 용접을 채택하게 되었다. 상온에서의 알루미늄-베릴륨 용접은 변형이 많고 온도 조절이 어려워 온도 조절과 변형이 적은 진공 브레이징을 이용하기로 하고, 네 가지 형태의 간단한 시제품을 제작하여 실험을 수행하였다. 본 논문은 접합이 매우 어렵다고 알려진 알루미늄-베릴륨 브레이징을 시제품을 이용하여 수행한 실험방법 및 브레이징 작업후 진공 테스트한 결과를 논의하고자 한다.

*본 연구는 기초기술연구회에서 연구비를 지급받은 협동연구과제, C-연구-2006-08-NFRC 로 수행되었습니다.

Hp-049 Experimental investigation of the x-ray tube for the KSTAR x-ray crystal spectrometer 박 준교, 이 상곤, 복 민갑, 남 옥원¹, 문 명국², 천 종규²(핵융합연구소) An x-ray tube, which consists of an anode and a line filament, has been developed for the in-situ calibration of a large-area position-sensitive detector in the KSTAR x-ray crystal spectrometer (XCS). The characteristics of the x-ray tube are investigated from the x-ray spectrum obtained by using a Si-PIN photodiode which is calibrated with the Mn Ka and Mn Kb lines at 5.899 and 6.490 keV from a ⁵⁵Fe source. In addition, x-rays from the x-ray tube are also measured with the position-sensitive detector after the performance of the detector is checked by using the ⁵⁵Fe source. This work is especially required to investigate the image characteristics of the x-ray tube as an x-ray source for the application of the calibration. The current activities of the x-ray tube for the calibration of the KSTAR XCS will be presented.

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

Hp-050 Data Acquisition System for Segmented-Detector System Using USB Interface* NAM Uk-Won, LEE Sang-Gon¹, BAK Jun-Kyo¹, MOON Myung-Kook², CHEON Jong-kyu²(Korea Astronomy & Space Science Institute. ¹National Fusion Research Center. ²Korea Atomic Energy Research Institute.) A data acquisition system for a large-area, segmented two dimensional (2D) position-sensitive detector has been developed for an advanced X-ray imaging crystal spectrometer(XICS), which is under development in order to measure the ion and electron temperature profiles in fusion plasma. The system consists of two time-to-digital converter(TDC) modules which comprise a TDC chip of the F1 type with ~110 ps LSB, a

FPGA, a FIFO, DSP chip TMS320C6713 and a 256 MB SDRAM. Since each TDC modules equip USB 2.0 communication port, this system can easily be configured for the segmented position-sensitive detector. In the paper we provide a description of the hardware and software of data acquisition system for XICS.

*Work supported by the Korea Research Council of Fundamental Science & Technology under Contract No. 2006-3-220-03

Hp-051 KSTAR 밀리미터파 간섭계용 카세트 제작 및 동작 테스트 남 용운(핵융합연구소) Korea Superconducting Tokamak Advanced Research (KSTAR)의 전자 밀도 측정을 위해 밀리미터파 간섭계 시스템이 설계 및 제작 되었다. KSTAR는 초전도 코일을 사용하는 장치의 특성상 플라즈마와 포트 사이의 거리가 길며 이를 위해 진단 장치를 플라즈마 가까이 위치시키기 위한 카세트 시스템이 설계 및 제작되었다. 혼 안테나와 빔 집속 장치를 포함한 간섭계 시스템은 상압으로 유지되는 카세트의 내부에 설치되며 레일을 이용하여 탈부착 가능하도록 하였다. 또한 주파수가 280GHz인 밀리미터파를 투과시키기 위해 쿼츠 재질의 진공창을 채택하였으며 방전 세정을 비롯한 유지 보수 과정에서 진공창을 보호하기 위해 공압으로 작동되는 셔터를 적용하였다. 이와 같이 제작한 카세트에 대해 진공 테스트 및 셔터 동작 테스트를 수행한 결과 성공적으로 제작되었음을 확인할 수 있었다. 또한 내부에 빔 집속 장치를 장착하여 빔 집속 효율 및 설치시의 위치 오차에 따른 집속도의 영향을 측정하고 설계치와 비교하였으며 이를 통해 실제 플라즈마의 밀도 구배에 의한 빔 굴절이 측정에 주는 영향을 예측한 결과 정상적으로 측정이 가능함을 확인할 수 있었다.

Hp-052 플라즈마의 전자밀도 및 전자온도 측정을 위한 톨슨산란 모의 실험 이 종하(핵융합연구소) 본 연구에서는 토카막과같은 대형 플라즈마 장치에서 플라즈마의 전자밀도 및 전자온도를 톨슨산란 방법으로 측정하기 위한 모의 실험을 수행 하였다. 플라즈마원은 한빛 장치의 플라즈마를 모델로 하였고 톨슨산란진단 모의실험을 수행하기 위한 레이저의 파장은 Nd:YAG 레이저 기본 파장인 1064nm 의 이차조화파인 532nm를 사용하였다. 이때 레이저의 세기는 레이저 바로 앞에서 약 0.75J, 반복율은 10Hz, 펄스폭 10nm 인 레이저를 사용하였다. 광검출기는 상용제품인 Hamamatsu 사의 R928 PM tube를 사용하는것으로 가정하고 실제 PM tube의 Q.E.(quantum efficiency) 를 적용하여 모의 플라즈마에서 실제로 산란되어질 광자의 수와 광검출기

를 통과한 후의 전압을 모의전산실험을 통하여 계산하였다. 이 결과를 통하여 실제 실험에서 사용되어질 광검출기와 디지털이저의 성능에 대하여 논의 하였다.

Hp-053 원격 셔터 장치를 구비한 KSTAR 시각 감시용 백색광 조사장치 정 진일(핵융합연구소) 핵융합연구소에서는 중심 직경이 약 6미터이고 내부 직경이 약 2미터인 KSTAR 진공 용기 내벽 설치 구조물을 시각적으로 검사하기 위해 용기 내부를 비출 수 있는 원격 백색광원 조사 장치를 개발하였다. 도우넛 모양의 토카막 용기는 핵융합 실험을 위한 연구 장치의 진공부 본체로서, 개발된 백색광 조사 장치는 핵융합 연구 장치가 만드는 대면적 초고진공 환경, 고에너지 전자기파 환경 (최대 300 GHz), 고자기장 환경 (약 3T), 고온 운전 환경 (표면온도 섭씨 300도), 등의 극한 환경에서도 정상 운전될 수 있도록 고안하였다. 개발된 백색광 조사장치는 KSTAR 진공 용기에 총 4세트가 설치되며, 각각 600W의 소비전력으로 약 5만 lm의 광량을 가지도록 고효율 설계가 이루어 졌으며, 디지털 영상 장치에 적합하도록 4000K 부근의 색온도(백색)를 가지도록 하였다. 또한 장치 보호를 위해 설계된 셔터 장치, 인터록 등 모든 보호 기능은 원격으로 제어할 수 있도록 고안되었다. (특허출원번호 10-2006-0122481)

Hp-054 한빛 플라즈마 밀도 분포 측정 서 성현(핵융합연구소) 8-12 GHz 대역의 주파수 가변 마이크로파 반사계를 이용하여 한빛 플라즈마의 밀도 분포를 측정한 결과를 보였다. 수 ms의 밀도 불안정성이 플라즈마 언저리 부근에서 일어나는 것을 가시적으로 확인할 수 있었다. 플라즈마 가열에 사용하는 ICRF 파의 출력에 따른 밀도 분포의 변화등을 측정하였다.

Hp-055 Design of Bolometer Systems for the KSTAR SEO Dongcheol, PETERSON B.J.¹(핵융합연구소) ¹National Institute for Fusion Science.) A 12 channel resistive bolometer array and an infrared imaging video bolometer(IRVB) have been designed for the Korean Superconducting Tokamak Advanced Research (KSTAR). In the 2nd campaign (2009), the 12 channel resistive bolometer array will be installed at the mid-plane tangential port, with the array viewing horizontally, and an Abel inversion will be carried out for a major radial profile of the radiation emissivity of the circular cross-section plasma. In the 3rd campaign (2010), an IRVB will be installed at the port of the resistive

bolometers and the results of the resistive bolometer and the IRVB will be compared. In the 4th campaign (2011), the 12 channel resistive bolometer array will be moved to the divertor. The calibration constants of the 12 channel resistive bolometer such as the sensitivity, K, and the cooling time, τ_c , have been obtained by the In situ calibration.

*This work is supported by the Korea Ministry of Science and Technology under the KSTAR Project and the Korea-Japan Fusion Collaboration Program.

Hp-056 Stabilization and Sideband Coupling in

Mirror Plasmas YEOM Jun-Ho, RHEE Tongnyeol, RYU Chang-Mo, KWON Myeun¹(*Dept. of Physics, POSTECH. ¹NFRC.*) The effects of the magnetic field, RF power, and neutral gas pressure on the magnetic fluctuations and density fluctuations have been studied. Structures of magnetic field fluctuations in mirror plasmas have been measured using a movable magnetic probe. Electromagnetic plasma waves in low-pressure plasmas and high-pressure plasmas have been analyzed and the results indicate that sideband amplitude is smaller in low-pressure plasmas than high-pressure plasmas. It is also found that the lower sideband coupling is enhanced at the resonance point, where the frequency of applied RF wave is similar to that of ion cyclotron frequency, and a stabilization of density fluctuations is observed to occur there.

Hp-057 Study of asymmetric sawtooth activity

by using soft x-ray tomographic imaging diagnostics from high temporal resolution signal 이 승현, 김 정희, TURRI Gianpaolo¹, WEISEN Henry¹, 최 원호(*한국과학기술원. ¹Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne.*) Tomography has been widely used in the analyses of toroidal fusion plasmas. Various array diagnostics have adopted tomography for observing the invisible inner structure of the plasmas. For appropriate plasma control, it is important to have a capability of visualizing MHD instabilities. The computerized tomography method can reveal MHD mode structure as well as local emissivity by using singular value decomposition (SVD) analysis. In this research, one of the TCV shots (Shot Number 33906) containing an asymmetric sawtooth activity was chosen for analysis. Heat transfer from the core to the low field side was observed in this asymmetric case, compared to the standard sawtooth crash showing the

hollow shape. In this shot, electron cyclotron heating (ECH) at 350 kW was applied near midplane. In order to catch up the speed of the sawtooth crash, fast data acquisition (100 kHz) was used and the soft x-ray emission profile was reconstructed by minimum Fisher information (MFI) method. The reconstruction result showed that, the core emissivity before crash was 5 times larger than that after the crash. The sawtooth oscillation of 200 Hz and the hot spot displacement of 9 cm were observed as well. In addition, the heat transfer process was analyzed and compared with the physical model.

Hp-058 Cotton-Mouton Polarimeter on W7-AS

LEE Kyu-Dong, HIRSCH Matthias¹, HARTFUSS Hans J.¹(*National Fusion Research Center. ¹Max-Planck Institute for Plasma Physics.*) The linear birefringence of a magnetized plasma, the so-called Cotton-Mouton effect, can be used to measure the line-integrated electron density. It causes an additional phase difference between two characteristic waves propagating perpendicular to the magnetic field, resulting in the change of the ellipticity of a probing wave. The W7-AS stellarator offers the unique line-of-sight suitable for the robust measurement of the Cotton-Mouton effect. A Cotton-Mouton polarimeter operating in the submillimeter wave region had been implemented successfully as a vibration-free interferometer on W7-AS. In this presentation, methods of the measurement and the technique are reviewed. Experimental results during the last experimental campaign of W7-AS are shown and discussed with respect to problems occurring under high-beta discharges.

Hp-059 28 GHz Gyrotron System in NFRC

배 영순, 권 면, 박 승일¹, 박 병재¹, 조 무현¹, 남궁 원¹(*핵융합연구센터. ¹포항공과대학교.*) The development of 28-GHz gyrotron system was promoted in National Fusion Research Center (NFRC) as two Toshiba gyrotrons except magnet system had been provided by Tsukuba University, Japan. The gyrotron is capable of the maximum output RF power of 200 kW with duration of 75 ms. We have an available 1-T superconducting magnet system, but it was previously used for 28 GHz gyro-klystron and is not fit with the Toshiba gyrotron. However, it is found that the magnetic field profile needed for the Toshiba gyrotron could be obtained by varying the each coil current of the six

sets of superconducting magnet coils with a little shift of the position of the gun magnets by means of the POISSON code simulation with not much deviation from the target magnetic field profile provided by Toshiba. According to E-gun code simulation, the e-beam trajectory looks good as it is compared with the e-beam trajectory obtained with the target magnetic field profile. This paper presents the detailed results of the code simulation and the future works such as the measurement of the magnetic field profile, the modification of the high-voltage power supply system, the assembly of the gyrotron and the magnet system, fabrication of the gyrotron gun socket with oil or air base with insulation, etc.

Hp-060 Test of KSTAR 84 GHz ECH Launcher

김 성봉, 박 승일, 조 무현, 남궁 원, 배 영순¹(포항공과대학교 물리학과. ¹핵융합연구소센터.) The KSTAR 84 GHz ECH system consists of a gyrotron, a transmission line, and a launcher. The microwave from the gyrotron travels through the transmission line and enters into the tokamak. The polarization and n_{\parallel} of the microwave have an effect on the plasma heating, where n_{\parallel} is the refractive index parallel to the tokamak toroidal magnetic field. The n_{\parallel} is related to the microwave direction which can be controlled by the launcher with a steering mirror. In this paper, we obtained steering mirror angles of the launcher, which were calculated under the condition of $1600 \leq R \leq 2000$ mm and $-0.5 \leq n_{\parallel} \leq 0.5$, where R is the radial location of the electron cyclotron resonance region in the tokamak coordinate. The calculated result was that $-63^{\circ} < \text{poloidal angle} < -56^{\circ}$ and $-13^{\circ} < \text{toroidal angle} < 18^{\circ}$. The scanning map for the intersection of the steered beam with an arbitrary scanning plane for the control angles was obtained and compared to the result obtained using by laser test. The experimental result was in good agreement with the calculated scanning map. In the low power (50 mW) test, the profile of a steered beam parallel to waveguide center line was Gaussian. The steering mirror control system was also presented.

*This work is supported by MOST, Korea and KSTAR Project, NFRC.

Hp-061 Status of 84 GHz KSTAR ECH System*

정 진현, 박 승일, 배 영순¹, 조 무현, 남궁 원(포항공과대학교 물리학과. ¹핵융합연구소센터.) The KSTAR elec-

tron cyclotron heating (ECH) system is now under installation for pre-ionization and start-up assist for the KSTAR. An 84-GHz, 500-kW of 2-s, collector potential depression (CPD) gyrotron and its power supply system were installed at the KSTAR-site. The overall test of 1.5 MVA (60 kV, 25 A) power supply system using dummy resistors has been carried out to confirm the reliability and the protection of the gyrotron. The transmission line system consists of evacuated 31.75 mm ID corrugated waveguides, a few miter bends, and a launcher. The Linux-based EPICS controller is installed for the main controller of the ECH system, which is now under test using either local man-machine interface, Top6 device or the EPICS controller in communication with the PLC. With dummy resistors, the CPS (Collector Power Supply) is operated at 60 kV, 25A, and 2 s, and the APS (Accelerating Power Supply) provides a stable acceleration voltage of 80 kV with respect to the cathode. It is confirmed that the fast interlock unit turns off the high-voltage switch and turns on the crowbar switch within 10 us under any fault condition. In this paper, we present an overview of the KSTAR ECH system and recent test results.

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

Hp-062 Numerical Simulation of Fast Wave Heating in KSTAR ICRF Antenna by Using TORIC5 Code

KIM Suk-Kwon, KWAK Jong-Gu, CHO Suwon¹(Korea Atomic Energy Research Institute. ¹Kyonggi University, Department of Physics.) The numerical simulation of wave-plasma interaction was performed for the ICRF (Ion Cyclotron Range of Frequency) antenna in the KSTAR (Korea Superconducting Tokamak Advanced Research). The TORIC5 code was adopted for the calculation in the condition of circular and diverted plasma and antenna geometry. The generation of circular plasma is the first plasma experiments of KSTAR. To calculate with high accuracy and large mesh number, TORIC5 code was compiled and executed in the parallel cluster machine based on LINUX operation system. The absorption power in the plasma and EM field distributions were analysed in the case for second harmonic heating of H and H minority heating (in D majority plasma). As a result, the operation parameters were produced for the optimization of plasma heating.

Hp-063 Progress in the ICRF Control System

for the KSTAR Tokamak WANG Son-Jong, KIM Suk-Kwon, KWAK Jong-Gu, HWANG Churl-Kew (*Korea Atomic Energy Research Institute.*) The beginning of the operation of ICRF system for the KSATAR tokamak will be around 2008. The ICRF system is expected to play important roles during the long pulse operation period, through selective heating of ions and electrons, controlling the pressure and current profiles for the KSTAR. The ICRF local control system consists of parallel DSP blocks having standardized analog interfaces. Each DSP modules have responsibility of real-time data acquisition, calculation and control for the target sub-systems such as transmitter, transmission line and antenna and so forth. One important example of the control action is antenna loading impedance calculation. The calculated impedance is used to actuate the liquid sub-tuners to maintain minimum VSWR of the transmission line. Maintaining minimal reflected rf power is a key factor for the long-pulse, high power rf system. These DSP modules are supervised by VME controller running under EPICS software tools. All operational and physics data collected by the DSP modules are sent to the VME controller via optical Ethernet, and then, these data are managed or saved by the methods provided by EPICS. VME controller has responsibility of communication with central tokamak control system. The contents of the central communication include timing, interlock and operational data. By distributing DSP modules at each subsystems and a light VME controller at local center, each sub-systems are independent of each other. Therefore, the subsystems can be operated, maintained or upgraded more easily. The detailed configuration of the ICRF control system and important actions of the DSP modules will be presented.

Hp-064 Installation Status of Transmission Line and Alignment for KSTAR 84-GHz ECH System*

박승일, 정진현, 김성봉, 조무현, 남궁원, 배영순¹(포항공과대학교, ¹핵융합연구소). The KSTAR electron cyclotron heating (ECH) system is consisted of a millimeter-wave source (a gyrotron), a transmission line system, and a launcher. The high-power millimeter-wave of 500 kW at 84-GHz is transmitted from the gyrotron to the launcher through circular corrugated waveguides of the 31.75-mm inner diameter. In the corrugated waveguide, the dominant propagation mode of the HE₁₁

mode can be easily converted to the other higher modes by misalignments, such as tilts and offsets of the waveguide axis, and therefore, the power loss occurs. The vacuum at 0.1 mTorr is also required for preventing RF breakdowns. In this paper, we present the installation status of transmission lines: the alignment method aiming at the 90% transmission efficiency and the vacuum system.

*This work is supported by MOST and KSTAR Project, NFRC.

Hp-065 SiC 나노분말 제조를 위한 플라즈마

장치의 설계 및 제작 유인근, 손수정, 이재휘, 조승연(핵융합연구소). SiC 단미재료 및 SiC/SiC 복합재료는 1000 °C 이상의 온도에서 기계적 성질을 잘 유지하는 물질로 구조재료, 초고온반도체, 신소재 등의 여러 기초재료로서 활용 가능성이 높기 때문에 많은 연구개발이 진행되고 있다. 구조재료용 SiC계 재료는 주로 마이크로 분말의 성형, 소성에 의해 얻어지고 있지만 나노분말을 이용하면 밀도, 인장강도, 열전도도, 내열성 등 더욱 우수한 열 및 기계적 특성을 얻을 수 있는 것으로 보고되고 있다. 특히 SiC/SiC 복합재료를 핵융합료용 블랭킷 및 디버터 구조재료로 응용하기 위해서는 선형 조건으로 SiC 나노분말(50 nm 이하) 제조기술이 우선적으로 확보되어야 한다. 플라즈마를 이용한 나노분말 장치는 효율이 높고 이용기술이 잘 알려져 있다. 따라서 비교적 쉽게 제작할 수 있었으며 시료는 rod type으로 feeder를 통해서 공급되며 효율을 더욱 높이기 위해서 플라즈마 토치를 이송식으로 제작했다.

Hp-066 Two-Dimensional Fluid Simulation of Flat Fluorescent Lamps for a Large Area LCD Backlight Unit

하창승, 윤현진, 이해준(부산대학교, 전자전기공학과). As the panel size of liquid crystal display (LCD) increases, the necessity also increases for a large backlight unit (BLU) with flat fluorescent lamps (FFLs). In this study, a two-dimensional fluid simulation code has been developed for Hg-Ne-Ar FFL for the enhancement of luminance and efficiency of LCD BLU. The effects of various parameters on the discharge efficiency are reported with respect to gas pressure, gap distance, dielectric thickness, driving voltage and frequency, and gas mixture ratio. Also, the effects of auxiliary electrodes are investigated for the optimization of their size and position.

Hp-067**Radiosity Method Simulation for the**

Calculation of Visible Lights in a PDP Cell 황 석원, 임 왕선, 이 해준(부산대학교, 전자전기공학과.) Luminous efficacy of a plasma display panel (PDP) cell changes by cell structure and material characteristics of phosphors and the protecting layer. As the actual production of a PDP panel needs too much efforts and cost, numerical simulation for a PDP cell is used generally. In this paper, the process of visible ray trace has been simulated from the excited phosphor by vacuum ultraviolet (VUV) to the front panel of a PDP cell by using radiosity model. Numerical calculation of the visible light profile is presented with the variation of cell structures, dielectric width, and relative permittivity. This method can be applied not only PDPs but also liquid crystal display (LCD) backlights.

Hp-068**Analysis of an ITO-less PDP Cell by**

using a Three-Dimensional Fluid Simulation 송 인철, 이 돈규, 윤 초림, 이 해준, 이 호준, 김 동현, 박 정후(부산대학교, 전자전기공학과.) As price competition of a display market is recently an overheat toe, the necessity of AC-PDP (Plasma Display Panel) to use an ITO-less structure has been enlarged to reduce production cost. ITO-less structure shows inferior characteristics in luminance and luminance efficacy compared with those of the ITO structure, but ITO-less structure has big advantage in cost down. In this paper, the geometric effect of ITO-less electrode structure was analyzed by using a 3-dimensional fluid code. Capacitance, the number densities of charged and neutral particles, ultraviolet profile on the phosphor are calculated to find an optimum condition.

Hp-069**Effect of surface plasma waves on mode**

conversion in cold, unmagnetized plasmas 유 대중, 김 기홍, 이 동훈¹(아주대 에너지시스템학부, ¹경희대 우주과학과.) We consider nonuniform plasma slabs where the electron density varies in a continuous or discontinuous manner. In some cases, incident p-polarized waves can be converted to static plasma oscillations at resonance points inside the inhomogeneous slab. On the other hand, they can also excite surface plasma waves at the boundaries of the slab. We study the interplay between these two phenomena using an exact numerical method based on the invariant imbedding theory. If the

resonance point where mode conversion occurs is close to the boundary, the surface plasmon excitation can affect the mode conversion very strongly. We find that when the wavelength of the incident electromagnetic wave is comparable to the slab size, this excitation can enhance the mode conversion efficiency greatly. For smaller wavelengths, the Fabry-Perot effect is dominant and the mode conversion profile shows an oscillating behavior with a strong dependence on the incident angle.

Hp-070**Generation of Terawatt Lasers using**

Raman Backscattering in Plasmas HUR Min Sup, YOO Seung Hoon¹, KIM Jae Hoon, SUK Hyyong(KERI, ¹KERI/중앙대.) We carried out the simulations of Raman backward laser amplification in plasmas using cylindrically symmetric two dimensional averaged-PIC code. The 2D aPIC is based on 1D aPIC solvers, which are located in parallel in radial direction and are coupled by the diffraction of the lasers. Considering the longitudinal ponderomotive force is quite dominant over that in transverse direction, the motion of the plasma is calculated only in the direction of laser propagation. The 2D aPIC runs on the parallel computing environment. Using Giga-watt level long pump lasers, several terawatt laser pulses could be obtained. When a stronger pump laser was used, even tens of terawatt pulses were generated. New ideas to obtain peta-watt level or less than 20 fs laser pulses are discussed. Those tough parameters are not easy to accomplish from the conventional CPA technique.

Hp-071**Stimulated Raman Scattering of a Laser**

in a Magnetized Clustered Plasmas MOK Chinook, TIWARI Pawan K., RYU Chang-Mo (POSTECH, PHYSICS.) The atomic cluster in a gas jet has demonstrated the significant absorption of laser energy during laser-cluster interaction. The resonance absorption of laser energy occurs at $\omega = \omega_{pe}/3^{1/2}$, where ω is the electron plasma frequency and ω_{pe} is the cluster electron frequency. The interaction between high energy short pulse laser and plasma can make quasi-static magnetic field (~100 Mgauss). We modeled the magnetized clustered plasma and studied the stimulated Raman scattering which is one of the dominant parametric process in the laser-plasma interaction. We investigate the effect of electron cyclotron frequency on electron cloud oscillation

caused due to magnetization by the quasi-static magnetic field.

Hp-072 Modified Plasma Ion Implantation on Polymer Film for Surface Resistivity Modification 김지현, 김 상훈, 나 채현, 조 무현, 남궁 원, 박 선순¹(포항공대 물리학과. ¹다윈시스) Polymers having low surface resistivity can be used in a wide range of applications. The surface resistivity of polymers can be improved by implanting various kinds of ion using plasma source ion implantation (PSII) technique. PSII treatment of polymer with relatively high voltage (>10 keV) revealed the arcing phenomena. Increasing voltage and polymer film thickness make the arcing and local breakdown more severe because of the large potential difference between the polymer surface and the stage. In the case that the polymer film was placed on the grounded stage and the negative high voltage pulse was applied to the grid only, the arcing problem can be settled, and improvement of the surface resistivity of the polyimide film was also observed. We studied the mechanism of the ion acceleration in this modified PSII system by the simulation using XOOPIE program. When the pulse is on, ions are trapped and oscillate in the potential well around the grid. When the pulse is off, ions propagate with their inertia. Moreover, instantaneous rise of plasma potential right after the pulse is off, reached up to several hundreds of volts, and accelerated the ions towards the grounded electrode by the potential difference. Ion energy and dose dependence on the pulse shape and optimum distance between grid and electrode were also simulated.

* Work partly supported by MOST & POSTECH Physics BK21.

Hp-073 Multiple harmonic electromagnetic radiation in beam-plasma interaction RHEE Tongnyeol, RYU Chang-Mo, YI Sumin, WOO Minho, YOON Peter H.¹(POSTECH, Physics. ¹IPST, University of Maryland.) In the traditional theory based on weak turbulence three-wave interaction processes, only fundamental ES mode contributes to electromagnetic (EM) radiation of fundamental and second harmonic of plasma frequency. However, recent theory indicates that multiple harmonics of electrostatic plasma oscillation frequency can be excited. The question of whether these electrostatic multiple harmonics contribute to the radia-

tion has not been completely resolved since the simulation results available thus far are confined to electrostatic limit. Therefore, two-dimensional electromagnetic particle-in-cell simulation of beam-plasma interaction process is performed. The result shows that long-wavelength electromagnetic radiation is generated at harmonic of plasma frequency as well as fundamental and second harmonic.

Hp-074 Three Pressure Method 방법을 사용한 유도결합 SF6 플라즈마의 음이온 밀도 추정 강선영, 김 은영, 박 재민, 정 태훈(동아대학교) 음전성 기체인 SF6로부터 발생된 Inductively Coupled RF Plasma의 특성을 Langmuir 탐침과 Quadrupole Mass Spectrometer (QMS)를 사용해서 측정하였다. 여러 기체 압력 및 인가전력에서 mass spectra의 변화를 측정하고 QMS의 Peak를 해석하여 특정 실험조건에서의 SF6 양이온의 유효질량을 구한다. 탐침을 통한 음전성 플라즈마 밀도를 추정하기 위해 3개의 압력조건을 설정하여 탐침 I-V 곡선에서 이온 포화 전류, 전자 포화 전류, 전자 온도를 측정하고 이 값들과 QMS로 구한 양이온의 유효질량을 이용하여 Three Pressure Method 방법을 사용한 해석을 통해서 음이온의 밀도를 추정하였다. 그리고 I-V 특성곡선을 통해서 기체압력 및 인가전력에 따른 EEDF (Electron Energy Distribution Function)의 변화도 측정하였다.

Hp-075 Wave excitation and ion beam effect in double plasmas 박 병재, 나 채현, 이 동협, 문 성익, 조 무현, 남궁 원(포항공과대학교, 물리학과) The double plasma device consists of two component plasmas that are separated from each other by a grid. The potential difference between the source and the target chamber generates ion beams. The mechanism of the appearance of a knee point on the I-V trace with an incident ion beam was investigated in Ar plasmas of 2×10^{-4} Torr pressure. With the ion beam flow, the wave speed measured by a probe is faster than the speed of the ion acoustic wave calculated from measured electron temperatures.

Hp-076 100 nm 이하 미세입자 크기 측정이 가능한 2차원 레이저광산란(LLS) 광학계 개발 및사일레인 플라즈마에서의 입자 void 관찰 채길병, 신창래, 박성종¹, 신용현¹, 최원호(한국과학기술원, 물리학과. ¹한국표준과학연구원) 플라즈마 공정은 최근의

반도체 공정 과정에서 중요한 역할을 하고 있다. 이러한 플라즈마 공정에서는 반응성 기체를 이용하여 플라즈마를 생성하게 되는데, 이때 자연적으로 미세입자들이 발생하게 된다. 이러한 입자들은 플라즈마를 오염시키거나 기관 위에 떨어져 제조공정 상 수율에 영향을 주므로 제거의 대상이 된다. 그러나 한편 미세입자들의 발생은 나노입자의 합성 및 생산으로 활용이 가능하다. 예를 들면 10 nm 이하의 지름을 갖는 미세입자들은 양자점으로 사용되어 전기소자로 활용이 가능하고 태양전지의 실리콘 박막의 전기적 성질을 향상 시켜주는 데도 활용이 가능하다. 이러한 미세입자들의 실시간 in-situ 크기 측정에는 이들 입자들의 적절한 제어를 위해 가장 기본적인 진단이 된다. 본 연구에서는 플라즈마 내 입자 크기를 측정하는데 이용되고 있는 레이저광산란(LLS) 광학계에 두 개의 구면거울을 두어, 그 사이에 수직방향의 다중광로를 실현하고 산란신호 수집부로 CCD 카메라를 이용하여 2차원으로 입자의 크기를 측정할 수 있는 광학계를 개발하였다. 그리고 사일렌인 축전결합형 플라즈마에 적용하였다. 이때 기체압력은 70 mTorr로 고정하였고 RF 입력전력은 20 W - 150 W 사이에서 변화시켰다. 실험 결과, 방전개시 후 약 10 초부터 미세입자의 성장을 관찰할 수 있었고, 25 - 35 초 근처에서 미세입자가 존재하지 않는 void 영역이 플라즈마 내에서 발생하는데 이러한 void 영역과 LLS를 통한 입자의 크기 측정을 통해 void가 생기기 시작하는 입자크기를 측정하였다. 20 W에서는 높이에 따라 입자의 크기가 95 - 110 nm 가 되었을 때 void가 형성되었고 60 W 에서는 60 - 80 nm 에서, 100 W 에서는 65 - 80 nm에서, 150 W 에서는 105 - 115 nm 에서 void가 형성되는 것을 관찰하였다. 또한 입자 void가 형성되는 시간은 입력전력을 증가시킬수록 더 빨리 나타나는 것을 확인하였다.

Hp-077 저압 사일렌 플라즈마 내 미세입자 성장에 대한 자외선 조사 효과 선 창래, 채 길병, 박호용, 박성중¹, 신용현¹, 최원호(한국과학기술원, 물리학과. ¹한국표준과학연구원) 저압 CCP 사일렌 플라즈마 내에서 자외선 조사가 미세입자의 성장에 미치는 영향을 조사하였다. 실험은 50~100 W의 방전전력, 30~100 mTorr의 방전압력에서 수행되었으며 시간에 따른 입자의 성장은 2차원 광산란법을 이용하여 관찰하였다. 플라즈마 내에서 발생한 입자들에게 자외선을 조사시킬 경우 미세입자들의 성장속도가 증가하는 것을 볼 수 있었다. 예를 들어 80 mTorr, 70 W의 방전조건에서, 입자들은 자외선 조사 시 약 3초 정도 빨리 성장하였다. 이 결과는 입자 성장 메커니즘에 기인하는데, 입자 성장속도가 양이온의 밀도가 클수록 빨라지는 것이 전산모사 결과를 통해 이미 보고된 바 있다.¹ 자외선

조사 시 초기에 형성된 수 nm 크기의 입자들로부터 일어나는 광전효과는 이 입자들을 양으로 대전시키고, 입자 성장속도를 증가시킨다. 광산란법을 통해 얻은 위 결과들은 SEM 사진들에 의해서도 확인되었다. 또, 입자들은 직경 약 100 nm까지 성장하고 이후 이온끌이힘에 의해 챔버 벽 쪽으로 빠져나가는 것을 볼 수 있었으며, 성장하는 입자들에 자외선을 조사할 경우 입자의 성장 그리고 사라지는 현상이 모두 더 빨리 일어나는 것을 관찰하였다. 방전압력과 입력전력이 낮을수록 UV에 의한 입자의 성장이 더 빨리 일어나는 것을 볼 수 있었다. 이러한 결과는 플라즈마 내 생성되는 미세입자를 제어할 수 있는 방법으로 활용이 가능하다.

1. U. Kortshagen and U. Bhandarkar, "Modeling of particulate coagulation in low pressure plasmas", *Physical Review E*, 60, 1 (1999), pp. 887-898.

Hp-078 Study of PDP discharge character using PIC(Particle In Cell) code BAEK HoYul, LEE TaeSang, CHANG ChungSeock¹(KAIST. ¹KAIST&NYU.) PDP(plasma display panel)은 수백 마이크로 크기의 셀 안에서 생성되는 플라즈마를 이용한 디스플레이 장치이다. 플라즈마에서 생성되는 UV를 이용하여 형광물질을 발광시키는 원리이므로 UV의 효율을 높이기 위한 노력이 요구되어지고 있다. 본 연구에서는 2D PIC code를 이용하여 PDP discharge 특성을 연구하여 방전효율을 높이기 위한 조건 및 셀 구조를 찾고자 한다. 아울러 3D PIC code를 개발하여 셀 구조에 따른 방전 특성을 연구함으로써 방전 조건 뿐만 아니라 방전에 효율적인 셀구조도 제시하고자 한다.

Hp-079 2-D Fluid Simulations of Radial Striations in Direct Current Glow Discharges in Argon CHANG Hyonu, RYU Chang-mo(Dept. of Physics, POSTECH.) Radial striations are studied by using 2-dimensional fluid simulation code (FL2I) in direct current glow discharges in low pressure Argon gas. The electrodes are 10cm radius and 2cm gap distance. In the room temperature and at 80mTorr pressure, 100mA direct currents are applied. Oscillating radial electric fields weaker than axial electric fields in the order of 1/100 were moving to the radial direction. The power consumption of the electrons, $j \times E$, follows oscillatory fields and makes an annual ring like regional distribution of electron temperature.

Hp-080 Simulation of ion beam extraction Hp with

deformation of sheath 박 승훈, 이 태상, 장 충석¹ (Physics, KAIST. ¹NYU.) It is important to find collimated ion beam condition for neutral beam generation. Ion beam quality is dependent of acceleration hole geometry and plasma properties. We focus on dependence on plasma properties such as sheath dynamics. Sheath is deformed due to contact with grid hole geometry. We confirmed that the sheath is deformed by plasma density and find the collimated ion beam condition in 3 grid structure

Hp-081 Numerical Simulation of Magnetized Dual-Frequency Etching Reactors KIM DAEHO, RYU CHANG-MO (POSTECH, 물리학과.) A one-dimensional particle-in-cell/Monte Carlo model is used to investigate Ar discharges sustained in magnetized dual-frequency capacitively coupled plasmas on the influence of the external parameters such as the magnetic field, applied voltage amplitudes, and applied frequencies. The simulations were carried out for high-frequencies (HF) of 27, 60, and 162 MHz and low-frequencies (LF) of 2 and 13.56 MHz, varying the LF voltage and magnetic field for the fixed HF voltage of 200 V. Results are presented about the plasma density, time-averaged sheath potential and width, electron temperature, and electron-energy-probability functions at the discharge center and ion-energy-distribution functions (IEDFs) at the LF electrode for different magnetic fields. As the magnetic field increases, the variations of the plasma characteristics show the different behaviors under the influence of the HF. The widths of the IEDFs for 60 and 162 MHz sources are successively shrunk on. It is observed that decoupling of 27/2 MHz sources is possible due to the enhancement of the absorbed electron power by a small increase in the magnetic field.

Hp-082 Simulation of Z-pinch Plasma for EUV Source 나 채현, 김 지현, 이 동협, 문 성익, 김 동수¹, 조 무현, 남궁 원 (포항공대 물리학과. ¹VMT.) Extreme ultraviolet lithography (EUVL) using EUV radiation at 13.5nm within the 2% bandwidth can provide a solution for high-volume manufacturing of semiconductor fabrication at the 32 nm node and beyond. EUV sources based on Xe and Sn plasma have been investigated from all over the world. We studied simulation for discharge produced plasma (DPP) EUV source. Two simulation codes were used to investigate proper DPP elec-

trode shape and plasma conditions for EUV radiation. To understand z-pinch plasma which generates EUV radiation, its dynamics was numerically studied using one-dimensional Lagrangian code. This code solves ionization balance equation joined with single fluid, two-temperature magnetohydrodynamics (MHD) equation. In case of Xe plasma, transition of Xe¹⁰⁺ from 4d to 5f state radiates 13.5nm EUV. Plasma parameters such as plasma temperature, density of each ionized state and pinch time which gives maximum Xe¹⁰⁺ density were evaluated using this code. OOPIC program was used to find proper electrode structure and pulse shape, which make the plasma having plasma parameter coincident with the results of one dimensional Lagrangian code. *Work partly supported by Small and Medium Business Administration and BK21.

Hp-083 Inductively coupled rf plasma에서 antenna의 높이가 plasma에 미치는 영향 엄 정환, 인 정환, 이 현수, 장 홍영 (한국과학기술원 저온플라즈마연구소, 물리학과.) 현재 반도체 에칭공정은 높은 전자 밀도와 낮은 온도로 인하여 CCP type에서 ICP type으로 변화하고 있다. Inductively coupled rf plasma에서는 antenna와 plasma 사이의 거리에 따라 plasma의 발생효율과 전자밀도와 같은 plasma parameter들이 달라진다. 이런 현상이 발생하는 이유는 ICP의 특성으로 antenna의 electromagnetic field가 plasma 발생에 영향을 미치므로, antenna의 높이에 따라서 field의 세기가 변하기 때문이다. 테프론으로 안테나의 높이와 power, pressure, frequency를 변화시키면서 플라즈마의 변화를 분석하고, ICP에서 plasma가 발생하는 최적 조건을 찾아보았다. 또한 전자기장 시뮬레이션을 통하여 electromagnetic field를 통하여 plasma와 antenna의 관계를 알아보았다. 본 연구를 통하여 dielectric과 antenna사이의 거리가 가까울수록 plasma 효율이 좋을 것으로 예상하였지만, 최적 거리가 존재한다는 것과 power가 높아질수록 antenna 높이에 따른 전자밀도의 변화량이 커지는 것으로 밝혀졌다.

Hp-084 세 층 전자석 구조를 가진 소형 원통형 홀 추력기의 개발 및 성능 연구 이 종섭, 임 유봉, 서 미희, 선 중호¹, 최 원호 (한국과학기술원, 물리학과. ¹썬트랙아이.) 낮은 전력에서 구동하는 소형 홀 추력기는 그 크기가 작아짐에 따라 증가된 부피에 대한 표면적 비로 인해 추력효율이 낮은 것으로 보고되고 있다. 이러한 단점을 극복하기 위한 최근 많은 연구가 진행되고 있으며, 채널 코어부분의 길이를 줄여 기존의

고리형태 방전채널을 원통형태로 바꾸어 부피에 대한 표면적 비를 줄이는 방법은 이미 좋은 결과를 보여주고 있다. 원통형 홀 추력기는 채널 입구 영역에서 반경방향 자기장으로만 전자를 구속하던 기존의 고리형 홀 추력기와는 달리, 양극에 가까운 채널 안쪽 영역에 강한 축방향 자기장에 의한 거울효과 또한 전자를 구속하는데 도움을 주고 있는 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 반경방향 및 축방향 자기장 성분각각에 따른 추력 효율 및 방전특성을 알아보기 위하여, 채널 입구 영역의 반경방향 자기장은 유지하면서 채널 안쪽 영역의 축방향 자기장을 변화시킬 수 있도록 세 층 전자석 구조를 가진 소형 원통형 홀 추력기(채널 지름 28 mm, 길이 23 mm)를 개발하였으며, 각각 전자석의 전류 세기 및 방향을 바꾸어가며 방전실험을 통해 원통형 홀 추력기에서 최적화된 자기장 구조를 찾는 연구를 수행하였다. 개발된 진자 형태의 추력 측정장치로 추력을 측정 한 결과, 270 V, 1 A, 6 sccm 유량의 조건에서 발생한 아르곤 플라즈마에서 약 7.84 mN으로, Xe을 이용한 다른 연구그룹에서 얻은 값과 대등한 값을 얻었다. 측정된 추력값은 Faraday probe와 RPA(Retarding Potential Analyzer)를 이용해 측정된 이온의 전류밀도와 에너지를 통해 계산된 추력값과 비교하여 그 신뢰성을 확인하였다.

Hp-085 광방출 분광법을 이용한 소형 원통형 홀 추력기의 플라즈마 plume 분석 서 미희, 이 종섭, 임 유봉, 선 종호¹, 최 원호(한국과학기술원, 물리학과. ¹썬트렉아이.) 플라즈마 plume 분석의 퍼짐 정도를 보여주는 plume 각도는 홀 추력기의 성능을 결정하는 중요한 변수 중의 하나이다. 본 연구에서는 광방출 분광법을 이용하여 KAIST에서 개발된 소형 원통형 홀추력기에서 발생된 플라즈마 plume의 여기온도 공간분포를 측정하고, 이를 통해서 plume 각도를 측정하였다. 방전 전압이 220 V, 전류가 0.9 A, 그리고 아르곤 개스의 유량이 6 sccm일 때 아르곤 플라즈마 plume의 가장 밝은 부분을 측정해 본 결과, 아르곤 이온(Ar II)의 여기온도는 5.6 eV, 아르곤 원자(Ar I)의 여기온도는 1.4 eV 였다. 이때 사용되는 광방출 분광법은 플라즈마에 전혀 섭동을 주지 않으며 실시간으로 플라즈마를 관찰할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 홀 추력기의 자기장 세기 및 모양, 방전전압, 기체유량 등의 방전조건을 달리 해 가면서 추력과 plume 각도를 측정하고, 추력이 최대가 될 때 최적화된 plume 각도를 찾아보았다. 또한 랑뮈어 탐침을 이용하여 plume의 전자온도를 진단하고, 광방출 분광법으로 측정된 여기온도와의 상관관계를 알아보았다.

Hp-086 Experimental Study on EUV Conversion

Efficiency by Z-pinch* 이 동협, 나 채현, 문 성익, 고 경보, 김 지현, 김 동수¹, 조 무현, 남궁 원(포항공과대학교, 물리학과. ¹Vacuum and Measurement Technology.) An extreme ultraviolet (EUV) source of ~13.5nm is required for lithography under 50nm line definition in the near future. One of the important issues in EUV light source development is the high conversion efficiency (CE). Since discharge-produced plasma (DPP) is a leading technology for higher CE, we adopted Z-pinch plasma to study the characteristics of EUV generation. For the experimental study of Z-pinch plasmas, we try to find optimized experimental conditions such as gas pressure, dI/dt of the discharge current pulse, electrode configuration and etc using the optical emission spectroscopy. In this paper, we present part of our experimental result mainly focused on the relationship between dI/dt waveform and light emission intensity.

*Work partly supported by Small and Medium Business Administration and POSTECH Physics BK21.

Hp-087 Discharge Current Fluctuation Study in Hall Thruster Plasmas 임 유봉, 이 종섭, 서 미희, 선 종호¹, 최 원호(한국과학기술원. ¹Satrec Initiative.) Discharge current fluctuation in Hall thruster plasmas has been studied through experiments and modeling since this may affect thruster efficiency. Experiments were performed to examine the influence of magnetic field shape and thruster channel dimension on the discharge current fluctuation in two different types of Hall thrusters, a conventional annular SPT-100 type thruster and a 28 mm diameter compact cylindrical thruster. The fluctuation in discharge current and emission intensity was observed by electrical and optical measurements, respectively. The fluctuation in emission intensity appeared at the same fundamental frequency with that of the discharge current, 10 kHz in the SPT-100 type and 30 kHz in the cylindrical type, respectively. Moreover, several frequency harmonics were also observed. To understand the physics, an electron ring model was set up in which ExB drifted electrons in the azimuthal direction are considered as several discrete electron rings. The electron rings interact with each other under a repulsive force among the rings (rings with the same current direction) and an attractive force toward the anode direction, showing harmonic oscillation motion. The modeling result demonstrates that the electron rings form a standing wave-like motion in the axial direction along the thruster channel and make discrete fluctuation mode.

Hp-088**Measurement of excitation temperatures**

for super-large area plasma diagnostics 박 호용, 인 정 환, 안 승규, 장 흥영, 최 원호(KAIST, 물리학과.) In recent years there have been interests in the optical emission spectroscopic methods using emission spectra from plasmas to diagnose the plasma characteristics due to their non-intrusive nature and possible in-situ monitoring of the plasmas. In this work, a study was performed to investigate the relation between the excitation temperature (obtained by OES) and the electron temperature (obtained by a Langmuir probe) in various plasma conditions such as low pressure argon CCPs, large area ICPs, magnetron direct current plasmas, high frequency CCPs, and so on. The experimental results show that the excitation temperature exhibits the same tendency with the electron temperature as the power and pressure were varied. Based on the results, the measured excitation temperatures could be used as an indicator of electron temperature variation and the excitation temperatures could be also used as a direct measurement tool for electron temperatures under the specific experimental conditions. Furthermore, it may be worth pointing out that the measurement of spatial uniformity of excitation temperature for super large area plasma such as for LCD processing and next generation >300 mm semiconductor processing is possible. To examine the spatial uniformity of excitation temperatures the study is being performed to measure the spectra from argon plasmas, which will be compared with the results of tomographic imaging diagnostics.

Hp-089**RF 마그네트론 반응성 스퍼터링 방법**

으로 증착시킨 PtO_x 박막의 특성에 관한 연구 박 현재, 강 남준, 박 정훈, 오 수기(아주대학교 에너지시스템학부.) Platinum group metal oxides는 산소 분포 지수에 따른 저항 값 변화와 높은 화학적 안정성으로 인해 많은 관심을 끌고 있다. 기존의 PtO_x 생성 연구는 RF 마그네트론 반응성 스퍼터링 과정에서의 아르곤과 산소 비율을 조절함으로써 산소 분포 지수를 변화 시키려고 하였으나, 본 연구에서는 RF 마그네트론 반응성 스퍼터링과 ICP 안테나를 이용하여 PtO_x를 실리콘 기판 위에 증착 시키는데 있어 안테나에 인가되는 전력량과 산소의 비율을 달리 하였으며 증착된 박막의 특성이 어떤 한지 알아 보았다. 실험은 RF 전력과 압력을 일정하게 유지 시킨 상태에서, 타겟과 기판 사이에 설치된 ICP 안테나의 전력을 0watt에서 30watt, 산소의 분압을 0%에서 10%까지 변화시켜가며 각 상태에서 PtO_x 박막

을 증착하였다. 각각의 박막에 대해 XPS, probe station 및 분광타원해석기 등으로 분석함으로써 ICP 안테나가 플라즈마 및 박막에 미치는 영향에 대해 조사하였다. Probe station으로 측정한 박막 저항 값의 경우 안테나에 인가되는 전력량이 0watt일 때는 선형적으로 증가하였으나 안테나에 전력이 인가 될 경우 산소 비율이 7%에서 저항 값이 순간 크게 증가함을 볼 수 있었다. 실험 결과에 대한 원인을 광학적인 방법과 분석 장비를 이용하여 조사하였다.

Hp-090**Removal of the Algae by Pulsed Spark**

Discharges in Water LEE Han Yong, LEE Chae Bog¹, NA Young Ho¹, KIM Sang Sik¹, UHM Han Sup(Ajou University, Department of Molecular Science and Technology. ¹Plasma Technology Center, Institute for Advanced Engineering.) Drinking water pollution by the blue-green algae occurs every year in Korea. The pulsed discharge technology was used to remove algae. The pulsed spark discharge in water can produce shockwaves, ultraviolet radiations and radical species. Using the characteristics of an pulsed spark discharge in water, we removed the blue-green algae and the green algae. A 10 kW pulsed high-voltage discharge system was used to generate spark discharge in water. The spark discharge was generated by applying a pulsed voltage 10 - 40 kV to a stainless steel electrodes. Three kinds of algae (Microcystis aeruginosa, Eudorina unicocca, and Stichococcus sp.) were used as subjects for pulsed spark discharges in water. The chlorophyll-a-method was used to measure removal rate of algae. The results show that algae cells could be effectively eliminated by shockwaves generated from pulsed discharges in water. With the pulsed spark discharge set by 25 kV, 30 Hz for 1 min, more than 80 % algae were removed.

Hp-091**Comparison of atmospheric pressure LF**

and RF micro jet plasmas produced in a single electrode configuration 김 단비, 이 준규, 권 보미, 문 세 연, 최 원호(한국과학기술원.) Non-thermal atmospheric pressure micro jet plasmas were generated in a single electrode system using either LF (several tens of kHz) or RF (13.56 MHz) power sources, and the characteristics of the produced plasmas were compared. A copper electrode with radius of about 360 μm was placed in a dielectric tube with radius of 3 mm, and the main gas was helium. The plasma characteristics, such as physical appearance, electrical properties, and

temperature, were measured by various means. The position of the pin electrode with respect to the dielectric tube was designed to be adjusted, and it was observed that the position significantly affected the plasma characteristics. For instance, the LF plasma breakdown voltage was decreased, and the length was increased as the pin electrode was placed deeper in the dielectric tube. The RF plasma maintained about the same plasma length while its breakdown voltage was a little decreased for the same condition. The typical pin electrode position was about -5 mm with respect to the tube end. In that case, the LF plasma shown to be about 50 mm long on the average, and its temperature, measured with a fiber thermometer, was as low as about the room temperature. Also, the plasma was maintained with up to 1 % of oxygen gas mixed. On the other hand, the RF plasma was about 5 mm long at the most, but it was thicker in radius than the LF plasma. The temperature was also as low as about the room temperature. The emission spectrum of RF plasma was more intense with a larger number of He I lines. Both plasmas exhibited similar and different characteristics, and thus, a further study would define their advantages and disadvantages and thus match appropriate applications for each.

Hp-092 **Temperatures of Atmospheric MSRR-MIP Discharges by OES Method*** 도 희진, 김 지현, 박 병재, 조 무현, 남궁 원(포항공과대학교) Microwave induced atmospheric micro-plasma sources can be used for portable plasma systems. Gas temperature of Micro-strip Split Ring Resonator Microwave Induced Plasma (MSRR-MIP) was obtained by the Optical Emission Spectroscopy (OES) measurement in comparison with the synthetic spectra of OH. In addition, this experiment describes vibration, excitation, and also electron temperatures of MSRR-MIP. Atmospheric Argon discharges are operated with 2.45 GHz, 5 W microwaves. In this paper, we present design of the MSRR-MIP device and operational characteristics in detail.

*Work partly supported by BK21 and MOST

Hp-093 **레이저 굴절을 이용한 대기압 마이크로 플라즈마 밀도 진단** 정 희수, 이 승현, 김 정희, 방 성근¹, 최 원호(한국과학기술원, 물리학과. ¹한림대학교, 정보통신공학부.) 플라즈마를 통과하는 레이저 빔은 플라즈마 내 전자밀도의 값이 위치에 따라 다

르면 유전상수, 즉 굴절률이 다름으로 인해 진행하면서 휘게 된다. 이때 레이저 빔의 굴절된 각을 측정함으로써 플라즈마의 전자밀도 분포를 측정할 수 있다. 본 연구에 사용한 레이저 굴절 진단계는 저출력 He-Ne 레이저, 위치민감형 광다이오드 검출기(Position Sensitive Detector)와 전증폭기, 그리고 관련 광학부품들로 구성되어 있으며, mm과나 FIR 레이저를 이용한 간섭계와 같은 다른 밀도 진단 방법들에 비해 비교적 구성이 단순하고 얼라인먼트가 쉽다는 장점이 있다. 구성한 진단계를 비교적 밀도가 높아 레이저 빔의 굴절각이 클 것으로 예상되는 대기압 마이크로 플라즈마에 적용시켜 전자밀도 진단을 수행하였다. 레이저 굴절법으로 측정된 전자밀도를 수소 스타크 선폴폭짐을 이용한 광방출 분광법으로 측정된 값과 비교한 결과, 약 10^{15} cm^{-3} 로 거의 일치하는 것을 확인할 수 있었다.

Hp-094 **Surface Modification of Polyimide Films by Large-area Nitrogen Dielectric Barrier Discharge Plasma and Their Resulting Wettability** 조 순천, 홍 용철, 김 종현, 엄 환섭(분자과학기술학과.) This study demonstrates the by N_2 -dielectric barrier discharge (DBD) plasma with the long slit of 16 cm at atmospheric-pressure and the application to the hydrophilic coating using the plasma system. The effect of N_2 -DBD plasma treatment on the surface of polyimide films was investigated in terms of total surface free energy by measuring the contact angles with probe liquids. The surfaces of plasma-treated polyimide film were basically characterized by observing the surface morphologies and measuring contact angles with water. The contact angles of the samples were plotted in terms of recovery time and plasma power, showing that the plasma-treated surface at 700 W had the small contact angle (15°) and the least recovery. The total surface free energies of the polyimide film before and after the plasma modification estimated from the Owens-Wendt equation increased from 44.88 mN/m to 79.75 mN/m, showing the significant improvement of hydrophilicity of polyimide film surfaces treated by N_2 -DBD plasma.

Hp-095 **Direct Synthesis and Characterization of CdO Nano-Cubes** 김 종현, 조 순천, 홍 용철, 엄 환섭(분자과학기술학과.) A method to directly synthesize single crystalline cadmium oxide (CdO) nano-cubes in an atmospheric-pressure microwave-plasma is presented. The advantages of rapid synthesis within a few seconds and of template- or catalyst-free synthesis provide a

chance of practical production and application of CdO nano-particles. The oxygen microwave plasma evaporates cadmium granules instantaneously in the plasma reactor and produces CdO nano-cubes through explosive oxidation of Cd molecules with oxygen radicals. The structural characteristics and morphologies of the as-synthesized samples were investigated by X-ray diffraction (XRD), scanning electron microscopy (SEM), transmission electron microscope (TEM) and Brunauer-Emmett-Teller (BET).

Hp-096 Feasibility of plasma sterilization using

RF atmospheric pressure glow plasmas 권 보미, 김 단비, 이 준규, 문 세연, 강 방권¹, 최 원호(한국과학기술원, 물리학과. ¹Atmospheric Process Plasma Inc.) A feasibility study of E-coli sterilization was performed using atmospheric pressure argon and helium plasmas produced at the ambient air. To find the optimized plasma condition for sterilization, plasma characteristics were investigated through electrical and optical diagnostics for a volumetric (105×40×4 mm) RF plasma (MyPL; www.applasma.com). The main discharge device has a conducting rod as a powered electrode, which is covered with a dielectric material and placed between two ground electrodes. A flow of the main supply gas (Ar, He) is provided onto the conducting rod. The plasma length is extendable by having a longer rod. The gas temperature measured by a thermocouple and a fiber thermometer was between 30 and 140°C for the input power range of 40 and 100 W. The gas temperature was shown to be somewhat different depending on the supply gas type although the temperature was less than 75°C. At the proper temperature range in which thermal effect was negligible, plasma sterilization was performed. An E-coli sample was treated with the plasma by varying treatment time, applied RF power, treatment position etc. After the plasma treatment, the E-coli sample was cultured for 12 hours to study the plasma effects. In general, 10 seconds was enough for sterilization, i.e., the sterilization effect was more or less constant after 10 seconds, However, unlike the sterilization time, the applied RF power affected the number of colonies.

Hp-097 Dynamics of Mode Competition in Gigawatts-class Magnetically Insulated Transmission Line Oscillator 정 희천, 민 선홍, 신 상호, 김 대호, 이 문

종, 박 건식, 김 천호¹, 임 동우¹(서울대학교 물리천문학부. ¹국방과학연구소) A mode competition phenomenon of gigawatts-nanoseconds magnetically insulated transmission line oscillator (MILO) is experimentally investigated. A pulsed power system of 500kV-35kA and 130ns pulse length is used for generating the relativistic electron beam. The microwave with peak power of 2.8GW, pulse duration of 70ns, and frequency of 1.14GHz is observed. A spatiotemporal measurement using RF B-dot probe is in a reasonable agreement with a numerical simulation using a particle-in-cell(PIC) code confirming mode competition between axial modes.

Hp-098 자성체가 포함된 시스템의 자기장 계산 유 광일, 이 덕교, 박 병호(핵융합연구센터.) 현재 KSTAR (Korea Superconducting Tokamak Advanced Research)의 장치완성을 눈앞에 두고 있다. 공사가 완공되면서 KSTAR 본체의 주변에 많은 부가 구조물들을 설치하고 있다. 이 구조물들은 보통 자성체로서 상대 자화율은 작게는 1근처에서 보통은 수천까지이다. 이렇게 KSTAR 주변에 자성체가 들어있을 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 (homemade) 3-D 코드를 사용하고 있다. 이 코드는 비오-사바르 법칙을 이용하여 임의의 모양의 전류분포에서 형성되는 자기장과 이에 관련된 문제들을 해결하고있다. 하지만, 아직까지는 자성체가 들어있는 경우는 계산할 수 없는 상태이다. 이 논문에서는 이 MAFLO코드를 확장해 자성체의 magnetization vector를 직접 계산하여, 자성체를 포함하는 시스템에서도 상용 코드를 사용하지않고 자기장 계산을 비교적 빠르고 정확하게 할 수 있음을 보여준다.

Hp-099 Design Study of Terahertz Photonic Crystal Reflex Klystron 원 종효, 장 규하, 소 진규, 박 건식(서울대학교 물리천문학부.) High order mode reflex klystron is employed to demonstrate the possibility of realizing the miniaturized high frequency vacuum devices. If we are able to oscillate a cavity's high order mode (ex. TM_{m0}) using multi-beam, the output power will be increased $m \times n$ times and also the cavity size becomes larger at the same frequency, which makes the circuit fabrication easier and provides a higher power capability. A photonic crystal cavity is adopted for high

order mode reflex klystron resonator, in which TM_{m0} mode can be stably supported and coupled to an external system without distortion of the high order resonance mode. In this case, the high order TM_{m0} mode interact dominantly with the multiple electron beams.

Hp-100 **Experimental investigation on high-order-mode reflex klystron using photonic crystal structure and carbon nanotube electron gun** 장 규하, 김 준규, 원 종효, 신 영민, SRIVASTAVA A, 박 건식(서울대학교 물리천문학부.) Owing to its simple scheme and no magnet requirement, a reflex klystron is considered as a suitable device for a compact, high frequency vacuum electron device.. To increase the output power, our research group has devised a photonic crystal reflex klystron which employs a high-order-mode resonator and multi-electron beams. Here a photonic crystal resonator with TM_{330} mode is employed in a reflex klystron for X-band proof-of-principle experiment. For the electron beam generation, carbon nanotube cathode is used as multi-beam (3x3 beams) source.

Hp-101 **Experimental Study on Electron Gun with High Current Density Beam for terahertz electron devices** SRIVASTAVA A., 소 진규, 장 규하, 원 종효, SATTOROV M. A., 박 건식, SHARMA R. K.¹, JOSHI S. N.¹, WANG Y.², WANG J.²(서울대학교 물리천문학부. ¹Central Electronics Engineering Research Institute (CEERI). ²Beijing University of Technology.) The next generation high frequency terahertz vacuum electron devices require a much higher current density electron beam than ever used previously(>50A/cm²). Currently the electron guns with a thermionic cathode (scandate doped matrix impregnated) and field emission cathodes (carbon nanotube) are being developed. The details will be discussed.

Hp-102 **Experimental Study on Two-Step LIGA-based Millimeter and Submillimeter Vacuum Electron Devices** 소 진규, 장 규하, 원 종효, SRIVASTAVA A., SATTOROV M. A., 박 건식, 신 영민¹, 김 종현², 장 석상²(서울대학교 물리천문학부. ¹University of California. ²Pohang Accelerator Laboratory, POSTECH.) Recent advances in MEMS technologies have enabled the miniaturization of conventional vacuum electron devices (VEDs) to the unprecedented level which conventional

machining couldn't reach. Sub micron precision provided by MEMS technologies together with VED's superior characteristics to solid state devices such as the lack of ohmic loss and high breakdown strength is envisioning the realization of sub-THz and THz vacuum electronic devices with high efficiency and power-density. Our laboratory has adopted X-ray LIGA to achieve the required microstructures for high frequency VEDs such as folded-waveguide, coupled cavities, etc. Currently, two 100GHz Two-step LIGA-fabricated backward wave oscillators, FWBWO and CCBWO, are developed and a new experimental setup is being constructed to resolve the beam transmission issue. Also 300GHz circuit is considered for next fabrication using a two-step LIGA process.

Hp-103 **Study on dynamics of diode impedance in gigawatts-nanoseconds magnetically insulated transmission line oscillator.** 신 상호, 정 희천, 김 대호, 민 선홍, 박 건식(서울대학교 물리천문학부.) In gigawatts-nanosecond magnetically insulated transmission line oscillator (MILO) experiment with the cylindrical diode, the diode impedance dynamically changes during the rise of the 500kV-35kA pulse. The study on the electron beam dynamics in the high current cylindrical diode is carried out using the MAGIC code. The detailed results will be discussed.

Hp-104 **Study on coupling of photonic crystal cavity** 주 영도, SATTOROV M. A., 박 건식, 신 영민¹(서울대학교 물리천문학부. ¹University of California, Davis, CA.) The coupling of photonic crystal (PC) cavity is studied. Finite-difference-time-domain simulation and experimental measurement exhibit that cavity quality factor which is strongly dependent on the coupling strength of TM_{130} PC cavity mode, is determined by the position of coupling hole. It can be applied to the design of passive and active photonic devices.

Hp-105 **Experimental Study on X-band Relativistic Backward Wave Oscillator** 민 선홍, 정 희천, 신 상호, 이 문종, 박 건식, 이 우상¹, 김 준연¹, 소 준호¹(서울대학교 물리천문학부. ¹국방과학연구소.) A Relativistic backward wave oscillator (RBWO) is a reliable source of a high power electromagnetic wave (HPWM). The RBWO is capable of high efficiency by a relatively long

interaction region between a backward wave and an electron beam. But the pulse shortening problem occurs frequently in experiments of RBWO because of the mode competition, the RF breakdown and so on. After this mode competition between axial modes of TM01, the RF power is vanished. There also occurs a mode competition between TM01 and TM02 when the radii of the hollow electron beam are smaller than a critical value. Mode competition which is one of the main causes of pulse shortening is found to be very sensitive to the position of the electron beam in this RBWO device. Experimental study is done on 100MW RBWO and in progress on several hundreds MW RBWO.

Hp-106 Experimental Study on 0.5 THz Super-radiant Smith-Purcell Radiation 소 진규, 장 규하,

SRIVASTAVA A., SATTOROV M. A., 박 건식, 신 영민¹(서울대학교 물리천문학부. ¹University of California, Davis.) Since it was first discovered, Smith-Purcell radiation (SPR) from electrons moving over a grating has been noted for its simple radiation mechanism and adopted for the generation of radiation which covers wide range of electromagnetic spectrum. These days' growing interest in Terahertz frequency regime, 0.3-3 THz, and the lack of compact tunable sources in this spectral range are attracting more attention to SPR and various attempts have been made to improve the weak intensity of spontaneous Smith-Purcell radiation. Adopting quasi-optical Fabry-Perot cavity, backward wave interaction, pre-bunched electron beam, and photonic crystals are such examples. Here, we present another way of enhancing the Smith-Purcell radiation intensity by the use of counter-streaming electron beams and 1D slit array.

■ SESSION: P2

4월 20일 (금), 11:00 - 12:45

스키하우스

Ip-001

Synthesis and luminescent properties of nanocrystalline $Y_3Al_5O_{12}:Eu^{3+}$ thin films grown by pulsed laser deposition

정 예란, 심 규성, 양 현경, 정 종원, 문 병기, 최 병춘, 정 중현, 이 성수¹, 김 중환²(부경대학교, 물리학과. ¹신라대학교, 전자재료공학과. ²동의대학교 물리학과.) Nanostructured $Y_3Al_5O_{12}:Eu^{3+}$ (YAG:Eu³⁺) phosphor thin films preserving the garnet phase of nanocrystalline YAG have been prepared by pulsed laser deposition. Nano-sized YAG:Eu³⁺ powder samples were synthesized by using coprecipitation method and combining stoichiometric ratios of $Y(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$, $Eu(NO_3)_3$ and $5H_2O$, $Al(OR)_3$ precursors. After sintering at the temperature of 900°C for 3h, YAG:Eu³⁺ nano particles with single phase were obtained. The ceramic target annealed at 1600°C for 4h show YAG phase in the XRD patterns. The films were grown on Al_2O_3 (0001) substrate at the various substrate temperatures and oxygen pressures. The crystallinity, surface morphology and photoluminescent characteristics of thin films were investigated by using X-ray diffraction (XRD), scanning electron microscopy (SEM) and luminescence spectrophotometer, respectively. The photoluminescence spectra show the red emission radiated by the transitions from 5D_0 excited states to 7F_J ($J=1, 2$) ground states of Eu^{3+} ions. The crystallinity, surface morphology and photoluminescence spectra of thin-film phosphors were highly dependent on the deposition conditions, in particular, the substrate temperature and oxygen pressure. The surface roughness and photoluminescence intensity of the films exhibited similar behavior as a function of substrate temperature and oxygen pressure.

Ip-002

Eu^{3+} ion concentration dependency on the luminescent characteristics of $Y_{(1-x)3}Al_5O_{12}:Eu^{3+}$ ceramics

정 종원, 심 규성, 양 현경, 정 예란, 문 병기, 최 병춘, 정 중현, 이 성수¹, 김 중환²(부경대학교, 물리학과. ¹신라대학교, 전자재료공학과. ²동의대학교 물리학과.) Rare-earth ion doped phosphors have been attracted for the application of flat panel display. Among the rare-earth ions, Eu^{3+} ion is one of the most popular activators for red emission phosphors. In this study, Eu -doped $Y_{(1-x)3}Al_5O_{12}$ luminescent ceramics were developed using a solid state reaction technique. The Eu^{3+}

concentration was varied from 1.0 to 7.0 mol %. The structural, surface morphology characteristics, chemical states, and photoluminescence properties of Eu -doped $Y_{(1-x)3}Al_5O_{12}$ ceramics were analyzed using X-ray diffraction, atomic force microscope, X-ray photoelectron spectroscopy, and spectrophotometer, respectively. The ceramics with different Eu^{3+} concentration show different crystallinity, surface morphology, and luminescent characteristics. The photoluminescence spectra measured at room temperature were dominated by the red emission peak at 591 nm radiated from the transition of $^5D_0 \rightarrow ^7F_1$. We found that the crystallinity, the surface roughness, and the luminescence spectra of the ceramics are highly dependent on the Eu^{3+} concentration; in particular, the sintering temperature.

Ip-003

Luminescence Properties of Er^{3+} ions doped in Calcium Niobium Gallium Garnet Crystal

김 은식, 장 경혁, 김 경향, SHI Liang, TSUBOI Taiju¹, SHIMAMURA Kiyoshi², 서 효진(부경대학교 물리학과. ¹Faculty of Engineering, Kyoto Sangyo University. ²Optronic Materials Center, National Institute for Materials Science.) Luminescence properties of Er^{3+} ions doped in Calcium Niobium Gallium Garnet ($Ca_3(NbGa)_{2-x}Ga_3O_{12}$; CNGG) crystal are investigated by laser excitation spectroscopy in the temperature region 15 K – room temperature. Emission spectra of Er^{3+} in this crystal are obtained together with the luminescence decay under the 355 nm pulsed laser excitation which excites the Er^{3+} ions from the $^4I_{15/2}$ state to the $^4G_{9/2}$ state. Emission bands are observed in the wavelength region 407-437, 520-560, 640-685, and 810-840 nm corresponding to the $^4F_{3/2,5/2} \rightarrow ^4I_{15/2}$, $^2H_{11/2}$, $^4S_{3/2} \rightarrow ^4I_{15/2}$, $^4F_{9/2} \rightarrow ^4I_{15/2}$, and $^4I_{9/2} \rightarrow ^4I_{15/2}$ transitions, respectively. Each emission band shows two types of temporal behaviours. The emission band of 810-840 nm, for example, has three peaks at 817, 831, and 839 nm in which the 817 nm emission shows rise in the initial stage while the 831 and 839 nm emissions exhibit fast decay without rise in the initial state. This indicates that there exist different sites for the Er^{3+} ions and energy transfer occurs between the Er^{3+} ions at the different sites. In the garnet expressed by the chemical formula $C_3A_2D_3O_{12}$ like CNGG ($Ca_3(NbGa)_{2-x}Ga_3O_{12}$), the C, A, and D ions occupy the different crystallographic sites. The Er^{3+} ions in CNGG can occupy the Ca^{2+} , Ga^{2+} , and Nb^{5+} lattice sites. In this presentation, the results are discussed in relation with structural properties of the CNGG lattice.

P2

포
스
터
세
션

Ip

Ip-004

Resonant transmission of evanescent electromagnetic waves through Fibonacci dielectric multilayers

유 종환, 김 기홍(아주대 에너지시스템학부.) We consider multilayered structures made of two kinds of dielectric materials A and B. We assume that low refractive index layers made of A and high refractive index layers made of B are arranged following the Fibonacci sequence, which is one of the representative quasi-periodic sequences. The whole structure is surrounded by media the refractive index of which is higher than that of A, but smaller than that of B. Then the incident electromagnetic wave becomes evanescent in A layers when the incident angle is bigger than some critical angle. Using the invariant imbedding theory of wave propagation, we have calculated the transmittance as a function of the incident angle for various generations of the Fibonacci sequence. We find that there are sharp transmission peaks even above the critical angle for both s and p waves. We have also calculated the phase of the reflection and transmission coefficients near the angles where the transmittance takes local maximum values. We find that the phase changes abruptly near the peak points. In addition, we have calculated the electric field distribution inside the quasi-periodic structure and found that there is a giant enhancement of the field when the incident angle corresponds to the transmission peaks. We compare the field distributions for Fibonacci multilayers with different generation numbers and find that there is a unique structure where the field is strongest.

Ip-005

Exact calculation of the Goos-Hanchen shift and the Brewster angle in nonlinear dielectric media

KHUONG Phung Duy, 김 기홍, 임 한조¹(아주대 에너지시스템학부. ¹아주대 전자공학부.) We consider simple multilayered structures made of nonlinear dielectric materials the dielectric permittivity of which depends on the electric field intensity. Using the invariant imbedding theory generalized to the nonlinear case, we calculate the Goos-Hanchen shift of incident s and p wave beams as functions of the wave intensity and the incident angle, for both focusing and defocusing nonlinearities. For p-polarized incident waves, we also calculate the Brewster angle at which the reflectance vanishes, as a function of the wave intensity for both focusing and defocusing nonlinearities. We give detailed quantitative predictions and discuss the feasibility of ob-

serving these phenomena in experiments.

Ip-006

Behavior of the phase of the transmission coefficient in one-dimensional disordered medium

이 광진, 김 기홍(아주대 에너지시스템학부.) We develop an invariant imbedding method of wave propagation in disordered one-dimensional media. Using the method, we calculate the exact probability distribution of the phase of the transmission coefficient associated with the wave propagating in one-dimensional media with delta function correlated Gaussian disorder. We find that the phase distribution is highly nonuniform and our exact results are distinctly different from previous calculations based on the random phase approximation and the widely-accepted Dorokhov-Mello-Pereyra-Kumar (DMPK) equation. We discuss the limitations and the applicability of these approximate theories in detail.

Ip-007

Eu 이온이 첨가된 SrF₂ 나노 형광체

시료의 레이저 분광학적 특성 장 경혁, 김 은식, 김 경향, SHI Lianga, 홍 병철¹, KAWANO Katsuyasu¹, TSUBOI Taiju², 서 효진(부경대학교 물리학과, 대한민국. ¹Department of Electronic Engineering, The University of Electro-Communications, Japan. ²Faculty of Engineering, Kyoto Sangyo University, Japan.) Eu 이온이 첨가된 SrF₂ 나노 형광체를 합성하고 레이저 분광학적 특성을 조사하였다. 시료는 600 및 800 °C에서 TCRA (Thermal Carbon Reducing Atmosphere) 방법으로 환원하였다. 합성된 나노 형광체를 Nd:YAG 레이저로 펄핑한 355 nm 펄스 레이저 (펄스 폭 5ns, 주기 10 Hz, 에너지 8 mJ)를 사용하여 형광의 방출 스펙트럼과 수명시간을 측정하였다. 시료의 측정 온도는 15 K 및 295 K 였다. TCRA 방법으로 600 °C에서 2시간 처리한 SrF₂ 나노 형광체는 미약한 형광 신호를 나타냈지만 800 °C에서 2시간 처리한 SrF₂ 나노 형광체는 측정온도 15 K에서 Eu²⁺의 5d → 4f 의 형광 밴드 (400 nm - 480 nm)와 Eu³⁺의 ⁵D₀ → ⁴F₇ 전이에 의한 방출 피크들이 관측되었다. Eu 이온이 첨가된 SrF₂ 나노 형광체 시료가 TCRA 과정을 거쳐 Eu³⁺가 Eu²⁺로 환원됨을 알 수 있었다.

Ip-008

Ag:TiO₂ nanocomposite films fabricated using sol-gel method

HWANG Jisoo, JEONG Mi-Yun, WU J. W.(Ewha womans Univ..) We fabricated Ag:TiO₂ nanocomposite films with various Ag concentrations of 0 M%, 5 M%, 10 M%, 15 M%, 20

M%, 30 M% by using sol-gel method. The morphology of Ag nanostructure was examined with field emission scanning electron microscope. The size of Ag nano-clusters was found to be dependent on the concentration of Ag in Ag:TiO₂ nanocomposite films; the diameters of Ag nanoclusters are ~30 nm for the 5 M% film and ~100 nm for the 30 M% film. From measured absorption spectra of Ag:TiO₂ nanocomposite films, we observed surface plasmon resonance around 415 nm which Ag nanostructure exhibits. The correlation between the magnitude of surface plasmon resonance peak and the concentration of Ag was investigated. We expect that the optical properties and their application of Ag:TiO₂ nanocomposite films supported by surface plasmon resonance will be able to be investigated through optical measurement methods such as attenuated total reflection technique and pump-probe measurement.

Ip-009 Carrier-Envelope Phase Of Ti:sapphire Oscillator Using The Phase Locked Loop Method
 KIM Tae Keun, VETRIVEL L.¹, LEE Yong Soo, NAM Chang Hee (Department of Physics and Coherent X-ray Research Center, KAIST, 373-1 Guseong-dong, Yuseong-gu, Daejeon 305-701, Korea. ¹Present address : Department of Applied Physics and Chemistry, Institute for Laser Science, The University of Electro-Communications, Tokyo 182-8585, Japan.)
 The progress in femtosecond laser technology has made it possible to produce few-cycle laser pulses. The electric field profile can be strongly dependent on the phase between the carrier wave and envelope of the laser pulse, or carrier-envelope phase (CEP). CEP is an important parameter in the light-matter interaction with few-cycle laser pulses. However, continual CEP drift is a main obstacle in observing reproducible interaction results. Consequently, the control and stabilization of CEP is one of the most important research subjects in ultrafast optical science. The phase locked loop (PLL) technique has become a standard method in frequency metrology for CEP control and stabilization. We will present the CEP control result of a femtosecond Ti:sapphire oscillator and a high power femtosecond Ti:sapphire laser obtained using a PLL equipment developed at KAIST.

Ip-010 분광타원법을 이용한 ZnO 박막의 성장 특성에 관한 연구 장 한오, 강 만일, 김 경남, 류 지욱, 김 용기(공주대학교, 물리학과) 본 연구에서는 ZnO 박막의 성장특성을 알아보기 위해 RF스퍼터링 시

스템으로 corning glass에 0%~40%의 산소 분압비로 100W와 150W의 RF 파워로 제작하였다. 구조적 특성의 분석을 위해 SEM과 XRD 측정을 실시하여 시료의 표면 및 결정 상태의 변화를 알아보았고, 위상변조방식의 분광타원법을 이용하여 1.5~4.0eV 범위에 걸쳐 타원 상수를 측정하였다. 측정된 타원상수의 분석을 위해 Tauc-Lorentz 분산관계식을 이용하여 최적맞춤 하였다. 최적맞춤 결과 1.5~4.0eV 범위에 걸쳐 ZnO 박막의 복소굴절률 스펙트럼을 얻었다. 또한, 가시/자외선 분광광도계를 이용한 투과스펙트럼의 측정을 통해 산소 분압비와 RF 파워에 따른 광학적 특성의 변화를 알아보았다.

BIp-011 열처리에 따른 ZnO 박막의 광학적 특성 변화에 관한 연구 강 만일, 장 한오, 류 지욱, 김 용기(공주대학교, 물리학과) 본 연구에서는 열처리에 온도에 따른 ZnO 박막의 구조적 변화에 의한 광학적 특성의 변화를 알아보기 위해 RF스퍼터링 시스템으로 corning glass에 0%~40%의 산소 분압비로 150W의 RF 파워로 제작하였다. 시료에 대한 열처리 온도는 200°C, 400°C로 하였다. 구조적 특성의 분석을 위해 SEM과 XRD 측정을 실시하여 시료의 표면 및 결정 상태의 변화를 알아보았고, 위상변조방식의 분광타원법을 이용하여 ZnO 박막의 복소굴절률 스펙트럼의 변화를 분석하였다. 스펙트럼의 분석에는 Tauc-Lorentz 분산관계식을 이용한 최적맞춤을 통하여 산소분압비와 열처리 온도에 따른 광흡수 특성의 변화를 분석하였고, 가시/자외선 분광광도계를 이용한 투과스펙트럼의 측정을 통해 광흡수 특성의 변화를 확인하였다.

Ip-012 coherent population trapping 신호를 이용한 마이크로파 진동자 김 휘동, 임 신혁¹, 조 동현¹ (고려대학교 물리학과 대학원. ¹고려대학교 물리학과) 레이저다이오드의 주입전류를 direct modulate하는 방법으로, coherent population trapping (CPT) 현상을 이용해서 루비듐 원자의 바닥상태 초미세구조에 해당하는 마이크로파 주파수에서 진동하는 active filter를 제작하였다. 주입전류의 modulation에 의해서 레이저 다이오드에서 출력된 광선이 sideband를 가지고 있으면, CPT 현상에 의해서 루비듐 증기 셀의 투과도가 초미세구조의 공진주파수에서 최대가 된다. 투과된 광선을 fast photodiode로 검색해서 마이크로파의 beating 신호를 얻고, 이를 증폭해서 주입전류에 되먹임하는 방법으로 진동자를 구성할 수 있다. 특히 초미세구조의 주파수에 해당하는 free spectral range를 갖는 extended cavity 형태의 다이오드 레이저를 이용함으로써 modulation 효율을 극대화할 수 있다. 본 연구에서는 질량수 85인 루비듐 동위원

소의 초미세구조 주파수인 3.036 GHz 근처에서 진동하는 진동자를 제작했으며, 795 nm의 D1 전이를 이용했다.

Ip-013 **위상이동 Twyman-Green type 간섭계를 이용한 박막 두께 측정** 윤 혁, 김 득수, 박 종주, 남 창희(한국과학기술원 물리학과.) 532 nm 파장의 레이저와 Twyman-Green type 간섭계를 이용하여 실리콘 웨이퍼에 증착된 금속 박막의 표면을 측정하였다. 간섭계의 한쪽 팔은 구면거울을 사용하여 구면 위상 파면을 갖는 기준파면을 발생시켰고, 다른쪽 팔에 알루미늄 박막을 두어 간섭시켰다. 기준파면이 지나는 광경로에는 150 μm 두께의 유리를 광진행 방향에 수직하게 설치한 후 회전시켜, 회전 각도에 따른 두께가 변하는 정도에 따라 추가적인 위상이동을 가할 수 있게 하였다. 4-step 위상이동 간섭무늬로부터 측정하려는 파면의 위상정보를 추출하여 박막의 표면을 측정하였다.

Ip-014 **Carrier-envelope-phase stabilization of a high-power femtosecond laser with a slow feedback signal generated from a spectral interferometer** LEE Jaehwan, IMRAN Tayyab, LEE Yong Su, PARK Juyun, NAM Chang Hee(Department of Physics and Coherent X-ray Research Center, KAIST, Daejeon 305-701, Korea.) The shift of carrier-envelope phase (CEP) between successive amplified femtosecond laser pulses can be measured by employing a spectral interferometer (SI). CEP of oscillator pulses was stabilized using the direct locking method developed in our laboratory. The CEP drift of high-power femtosecond laser pulses, generated in a chirped-pulse amplification kHz Ti:sapphire laser, was compensated using a slow feedback loop from the SI signal.

Ip-015 **Zn_{0.95}Cd_{0.05}Te를 이용한 Acousto-Optic Modulator** 전 용석, 오 수현¹, 강 현식¹(전주대학교, 전기전자정보통신공학부. ¹전북대학교, 물리교육과.) Acousto-Optic (A-O) 변조는 탄성파가 결정내에서 진행하면 결정내의 각 부분의 굴절율이 탄성파의 주기에 따라 변화하는 현상이다. 633 nm 파장에서 초고속 electro-optic 변조에 뛰어난 특성을 보인 Zn_{0.95}Cd_{0.05}Te 단결정을 성장시켜 Acousto-Optic 변조 특성을 조사하였다. 변조기는 단결정 시료의 (110)면을 약 10mm 정도로 벽 개한 후 가로, 세로, 높이를 약 5 - 8 mm가 되도록 연마하여 제작하였다. Piezo electro actuator를 사용하여 구면 탄성파를 단결정에 입사시키면서, 633 nm 파장의

레이저 광을 polarizer에 통과 시킨 후 변조기에 입사하게 하였다. 변조기를 통과한 광은 $\lambda/4$ plate 와 analyzer를 차례로 통과하게 한 후 focusing lens 로 모아 검출기 (DET210)로 레이저 광의 강도 변화를 측정하였다. 구면 탄성파와 평면 탄성파를 단결정 시료에 입사시켰을 때 변조된 빛의 파형, 탄성파의 진동수에 (100Hz, 200Hz, 500Hz, 1kHz, 5kHz) 따른 변조 신호 변화, Laser 광의 강도에 따른 변조 신호 변화, 그리고 탄성파의 강도에 따른 변조 신호 크기 변화 등을 조사하였고, 평면 탄성파를 이용한 스펙트럼에서 공명 진동수를 조사하였다.

Ip-016 **T-ray Emitters and Sensors** 전 용석, 강 현식¹(전주대학교, 전기전자정보통신공학부. ¹전북대학교, 물리교육과.) Ti-sapphire을 이용한 펄스 레이저가 시판되면서 Terahertz (THz) 전자파를 이용한 연구가 활발히 진행되고 있다. Zn_{1-x}Cd_xTe 전기광학 단결정이 820 nm의 펄스 레이저가 만든 THz 전자파에 대하여 포켈스효과를 이용한 THz 전자파 센싱에 아주 우수하다는 것이 밝혀졌다. 또 Zn_{1-x}Cd_xTe 단결정이 광학적 정류 원리 (optical rectification) 에 의하여 THz 전자파를 발진시키는 데도 아주 유용하다는 것이 알려졌다. 본 연구에서는 수직 Bridgman 전기로에서 개선된 단결정 성장법에 따라 성장시킨 Zn_{1-x}Cd_xTe 단결정을 이용하여 T-ray를 발진시키고 센싱하여 THz 신호를 수집하였다. 이들 결정계의 성분비 x에 따른 T-ray 에미터 및 센서의 신호 크기 변화를 조사하였고, 이들 중 가장 성분비가 큰 Zn_{0.95}Cd_{0.05}Te 단결정으로 T-ray 에미터 및 센서 device를 규격적으로 제작하였다. 또한 에미터 및 센서의 두께에 따른 신호 크기 변화, 시간 지연 관계를 조사하였고, 에미터에 입사하는 laser 파장과 단결정의 성분비 관계를 위상정합 조건으로부터 계산 하였고, 그동안 조사한 에미터 실험 결과로부터 에미터 및 센서의 제원을 결정하였다.

Ip-017 **다양한 모체 물질 내에 첨가된 Sm의 환원이 광학적 특성에 미치는 효과에 대하여** 장 기완, 김 상수, 김 일곤, 이 호섭, 조 은진, 서 효진¹, HUANG Yanlin²(창원대학교 물리학과. ¹부경대학교 물리학과. ²Soocho University.) BO₄를 기본 구조로 하고 있는 SrB₄O₇ 결정과 BO₄ 와 BO₃ 를 기본구조로 이뤄져 있는 SrB₆O₁₀ 결정을 비롯하여 유리 내에 희토류 금속 이온 중의 하나인 Sm 이 첨가된 시료를 제조하여 환원법에 따른 이들의 광학적 특성을 조사하였다. 환원법으로는 공기 중에서의 열처리, X-선 조사, K와 같은 증감제의 첨가 등을 통해 최종적으로 Sm²⁺가 첨가된 다양한 종류의 물질을 제조하였다. 광학적 특성의 조사는 준비된 시료에 아르곤이온 레이저의 488nm 빛을 조사하여

나오는 발광 특성과 photobleaching 실험을 통하여 이뤄졌다. 실험결과 X-선 조사를 통한 환원과정에 대해서는 같은 종류의 희토류 금속이온(Sm)을 모체 물질에 첨가한다 하더라도 Sm³⁺가 Sm²⁺로의 환원이 모체 물질의 성분과 매우 밀접하게 반응한다는 것도 알게 되었다. 이러한 광학적 특성의 차이를 모체물질의 종류 및 X-선 조사에 의해 모체 내에 형성된 결함의 종류와 연관지어 설명하고자 한다.

Ip-018 평판 디스플레이용 광학 시스템의 최적 설계에 대한 고찰 김 원년, 김 광철, 허 용정, 김 광선, 지 이권¹(한국기술교육대학교 ¹오에프티(주)) 평판 디스플레이, 즉 PDP, TFT-LCD, OLED, ELD, FED 용 반도체 장비 제조에 많은 비중을 차지 해온 광학 시스템을 광 리소그래피라 할 수 있다. 최근에 PDP, LCD인 경우 대화면 및 화소의 집적화로 인하여 회로 패턴이 미세화되어, 이런 공정에 반드시 요구되는 것이 광원을 이용해 원하는 곳에 미세한 패턴을 형성하는 기술 즉, 광 미세 가공 기술(광 리소그래피)이다. 특히, 광 리소그래피 작업 중에서 매우 중요한 부분을 차지하는 것은 노광 기술이라고 할 수 있다. 따라서, 본 연구는 몬테-칼로 광선 추적 프로그램의 시뮬레이션 과정을 통하여 평판 디스플레이용 광학 시스템을 최적 설계하고 이에 필요한 조건들을 살펴보고자 한다.

Ip-019 Sidewall angle dependency on haze defect in the 45 nm node att.PSM 강 영민, 장 욱, 김 용철, 김 민구, 박 승욱, 오 혜근(한양대학교, 응용물리학과) 현재 우리가 사용하고 있는 lithography 공정은 crystal growth나 haze와 같은 mask에서 발생하는 몇 가지의 문제점들을 안고 있다. 248 nm에서 193 nm로 넘어오면서 pattern 형성시 mask 표면에 생성되는 불순물들에 의한 mask defect이 증가하는 것을 알 수 있었고, 그 외 여러 환경적인 요인들로 인해 생기는 오염을 haze라 한다. 이런 haze defect의 크기에 따라서 패턴에 미치는 영향을 알아보기 위해 본 연구에서는 45nm 선폭의 att.PSM을 193 nm 에서 축적되는 노광 에너지를 변화시켜 실험하여 haze defect의 크기를 달리 하였다. 그리고 각 경우에서 diffusion length에 따른 sidewall angle를 보면서 haze defect의 투과율과 위상 변화가 패턴에 미치는 영향을 Synosys 사의 Solid-E로 전산모사 하여 알 수 있었다. 전반적인 결과로 haze defect의 크기가 커지면서 패턴에 영향을 미치는 정도가 커짐을 알 수 있었다. 특히 haze defect의 크기와 함께 민감하게 반응한 것은 haze의 투과율이다. 투과율이 50 % 이하로 줄어들게 되면 diffusion length가 20 nm 근처에서 패턴이 전혀 생성되지 않는 것을 알 수 있었다. 반면에 위

상 변화에 따른 영향은 haze defect의 크기에 크게 달라지지 않았지만 위상 변화에 따른 패턴의 형성 한계는 diffusion length가 25 nm 일 때를 전후로 패턴이 형성되지 않음을 알 수 있었다. 결과적으로 diffusion length의 한계점은 최대 25 nm로 볼 수 있을 것이다.

Ip-020 45 nm Attenuated Phase Shift Mask 에서의 Haze Defect의 수에 따른 Normalized ImageLog Slope 값과 Contrast값의 비교 김 용철, 강 영민, 강 해리, 김 민구, 김 명례, 박 승욱, 오 혜근(한양대학교, 응용물리학과) KrF (248nm) 에서 ArF (193nm) 파장으로 넘어오면서 점점 더 작은 선폭을 구현하게 되었다. 이렇듯 선폭이 작아지면서 mask 표면에 불순물들로 인한 defect의 영향이 증가하게 되고 그 외 환경적인 요인들로 인하여 오염이 발생하게 되는데 이것을 haze라 한다. 현재까지 알려진 haze defect을 발생시키는 원인에는 공정 중 유입되는 sulfate ion, ammonia ion과 mask의 pellicle에서 발생하는 플루오르(F)를 비롯한 여러 물질들이 있다. ArF (193 nm) lithography 공정에 있어서 mask나 wafer 상의 haze defect의 발생 원인을 파악하고자 하는 연구가 활발하게 진행되고 있다. 하지만 잡기 출현, 증가하는 haze defect을 완벽히 제거하기는 어렵다는 결정을 내릴 수 있다. 그래서 우리는 Synosys사의 SOLID-E를 통해 45 nm급 attenuated phase shift mask 에 의한 선폭을 구현하여 mask에 haze defect의 수를 변화시켜 가면서 전산 모사해 보았다. 그 결과로 haze defect의 수에 따른 각각 패턴에 대한 NILS (Normalized Image Log Slope) 값과 contrast 값의 비교를 통하여 전체적인 경향성을 알아보고 mask 패턴에도 어떠한 영향을 주는지 분석해 보았다.

Ip-021 Influence of Acid Diffusion Length in EUV Lithography 김 은진, 장 욱¹, 강 영민¹, 김 차미¹, 박 승욱¹, 오 혜근¹(한양대학교 물리학과, ¹한양대학교 응용물리학과) 여러 가지 차세대 리소그래피 기술 중 EUVL (Extreme Ultra-Violet Lithography, 13.5 nm 파장) 은 half-pitch 32 nm 이하의 선폭 (CD) 을 갖는 반도체 소자를 만들 수 있는 기술이다. 따라서 이러한 기술을 적용시키기 많은 연구가 진행되어지고 있는 상황인데, 노광 공정의 가장 기본적인 photoresist (PR) 공정에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있으나, 안정된 패턴을 구현할 수 있는 EUV 노광 공정을 찾지 못하고 있는 현실이다. 특히 패턴을 형성함에 있어 영향을 미치는 여러 공정 변수들 중 산 확산 길이 (acid diffusion length) 를 줄어야만 더 작은 패턴 형성이 가능하기 때문에 이에 대한 연구가 절실하다. 현재 acid diffusion length를 20 nm 이하로 줄이는 연구가 진행 중이다. 이

연구에서는 EUV 리소그래피 에서 특히, acid diffusion length 가 패턴 형성에 미치는 영향을 확인해 보았다. 패턴의 크기와 모양, flare, PEB (post exposure bake) 등과의 관계를 확인해 이를 통하여 acid diffusion length 를 줄이는 것이 얼마나 중요하며, half-pitch 32 nm 패턴 형성을 위한 acid diffusion length 의 목표치를 제시해 보고자 한다.

Ip-022 Flare 현상의 이해와 Extreme Ultra-Violet

Photoresist의 방향 장 옥, 강 영민, 김 은진, 김 보배, 박 승욱, 오 혜근(한양대학교, 응용물리학과.) Flare 현상은 파장의 영향을 받기 때문에 기존의 KrF, ArF 보다 차세대기술인 극자외선(extreme ultra-violet, EUV)에서 더 큰 영향을 미칠 것이다. EUV 기술 도입을 눈앞에 두고 있는 시점에서 현재 EUV 장비에서의 flare는 10~20 % 정도이다. Flare 현상은 photoresist (PR) thickness를 증가시키고, 선폭을 짧게 만들기 때문에 우리가 원하는 선폭에서 벗어나게 만든다. 이러한 영향을 미치는 flare에 대해 Synopsys사의 Solid-EUV를 이용하여 값을 변화시키며 resist profile에 미치는 영향을 알아보았다. ITRS roadmap에 따르면 2004년 이후 resist 분야의 관심이 계속 증가되어왔고, 그에 따른 EUV PR 개발이 한창이다. EUV source, optics, system 전분야에 걸쳐 문제점들이 조금씩 해결되는 이 시점에서 EUV PR 개발이 마지막 난제로 남아있다. Diffusion parameter, thickness loss 와 Dill B값 등에 초점을 맞춰 flare의 해결 방안을 알아보면서 EUV PR의 나아갈 방향에 대해 제시해 보았다.

Ip-023 질소 퍼지 여부에 관한 Pellicle의 Lifetime

연구 김 민구, 강 영민, 김 용철, 강 해리, 김 명례, 박 승욱, 오 혜근(한양대학교, 응용물리학과.) 현재 ArF (193 nm) 파장대의 lithography에서 45 nm 급의 작은 선폭을 구현함에 있어서 pattern 형성 시 인접 패턴 간의 영향과 표면에 생성되는 불순물들에 의한 defect의 영향이 증가하고 있다. 또한, 그 외 여러가지 환경적인 요인들로 인해 defect이 생성된다. 이러한 defect이 mask 표면에서 형성되는 것을 최대한 방지하기 위한 방법으로 pellicle 사용이 있으며 이러한 pellicle은 마스크 위에 부착되어 공기 중 또는 다른 여러 오염 원인으로부터 마스크 패턴을 보호하는 역할을 하고 있다. 이 논문에서는 이러한 pellicle의 lifetime을 질소 퍼지 상태와 질소를 사용하지 않은 상태로 구분하여 실험함으로써 pellicle lifetime에 영향을 미치는 여러 변수들과 조건들을 찾아 연구 하였다. 그 결과 질소 퍼지를 하였을 경우, 질소 퍼지를 하지 않았을 경우에 비해 pellicle의 lifetime이 10배 이상 길어지는 것을 알 수 있었다. 이런 결과

를 바탕으로 같은 실험 조건에서 pellicle의 out-gassing에 의한 mask 표면의 defect의 생성정도가 pellicle이 없을 경우와 어떻게 다른지 계속 연구해 볼 계획이다.

Ip-024 EUV PR에서 Pattern collapse 현상과

최적의 변수 찾기 김 보배, 장 옥, 강 영민, 김 은진, 박 승욱, 오 혜근(한양대학교, 응용물리학과.) Pattern collapse 현상은 패턴이 구부러지고, 떨어지고, 부러지는 현상을 말한다. 이는 lithography 과정 중에서 development 과정 이후 건조하는 단계에서 발생한다. Pattern collapse의 주요 원인은 패턴 사이에 고여 있는 rinse liquid의 표면장력에 의한 압력으로 알려져 있다. Pattern collapse 현상에 접근하는 방법은 물리적인 방법과 화학적인 방법이 있는데, 여기서는 이 두 가지 모두에 대하여 계산을 통해 알아보았다. EUV PR은 DUV의 경우보다 PR의 adhesion이 작다고 알려져 있다. 그러므로 PR adhesion 차이에 따른 패턴의 변형 정도에 대하여 보았다. 또한 패턴에 가장 큰 영향을 미치는 aspect ratio, surface tension, contact angle을 변화시켜 가며 그에 따른 변화를 관찰하였다.

Ip-025 EUV 마스크에서 Defect 위치에 따른

패턴의 변화 김 차미, 김 은진¹, 김 보배, 박 승욱, 오 혜근(한양대학교 응용물리학과. ¹한양대학교 물리학과.) Extreme Ultraviolet Lithography (EUVL)은 13.5 nm의 파장의 극 자외선을 이용해서 45 nm 이하의 패턴을 만들 수 있는 차세대 노광 기술(Next Generation Lithography: NGL) 이다. Lithography 공정 중에서 defect 이 없는 mask 는 EUVL 을 위한 가장 이상적인 mask 이다. Lithography 공정 중 mask 에 생기는 defect 은 패턴 형성에 영향을 끼친다. 하지만, 실제로는 defect 이 없는 mask 를 만드는 것은 거의 불가능하기 때문에 defect 의 위치를 미리 예상해서 패턴에 끼치는 나쁜 영향을 미연에 방지하는 과정이 필요하다. EUVL 에서는 45 nm 이하의 작은 패턴을 만들어야 하기 때문에, defect 에 의한 영향은 상대적으로 크므로 이에 대한 연구가 절실하다. Defect 이 발생하는 위치는 일정하지 않으며, 크기 또한 일정하지 않다. 때문에 이러한 조건들에 대한 연구가 선행되어야 한다. 본 연구는 32 nm 패턴 형성 과정에서 mask 위에 발생하는 defect 에 대하여 시뮬레이션 해보았다. 특히 multilayer 의 내부 defect 이 패턴에 미치는 영향과, patterning 하기 전/후 발생하는 defect 이 32 nm 패턴 형성에 미치는 영향에 대해 연구해 보았다. 이 연구는 Synopsys 사의 SOLID-EUV 시뮬레이션을 사용하였다.

Ip-026**Chromeless Phase Lithography**에서의

Pitch 값에 따른 최적의 공정 여유도 연구 강 해리, 강 영민, 김 용철, 김 민구, 김 명례, 박 승욱, 오 혜근 (한양대학교 응용물리학과.) 현재 ArF lithography는 65 nm급 이하의 선폭 구현을 위한 노력이 계속되고 있다. 하지만, 선폭이 작아지면서 근접 패턴간의 영향에 의한 여러 문제점들이 나타나고 있다. 이러한 optical lithography의 한계를 극복하기 위해 optical proximity correction (OPC), phase shift mask (PSM), off axis illumination (OAI) 와 같은 resolution enhancement technology (RET)의 개발이 중요해지고 있다. 특히 strong PSM의 하나인 chromeless phase lithography (CPL)은 낮은 mask error enhancement factor (MEEF)로 작은 선폭의 구현이 가능하다. 또한 chrome을 대신하여 MoSi 등을 shifter물질로 사용하는 다른 PSM보다 제작과 측정 정도가 간단하다. 이 논문에서 우리는 전산 모사를 통한 65 nm 선폭의 CPL을 구현하였다. 이에 대하여, 1:1부터 1:3에 이르는 pitch 값에 따라 각각의 contrast, exposure latitude (EL), process window (PW) 등의 값들을 구하여 최적의 공정여유도를 찾고자 하였다.

Ip-027**ArF lithography**에서 65 nm 선폭을 갖는

Attenuated Phase Shift Mask에서의 투과율과 Pitch 변화에 따른 **Normalized Intensity Log Slope** 값 연구 김 명례, 강 영민, 김 용철, 김 민구, 강 해리, 박 승욱, 오 혜근 (한양대학교 응용물리학과.) 최근들어 65 nm 이하 선폭의 ArF lithography에서 위상반전 마스크 (phase shift mask)에 관한 패턴 연구가 활발하다. 위상반전 마스크는 기존 binary intensity mask에 비해 인접 패턴 간의 위상을 반전시킴으로써 해상력을 높일 수 있기 때문이다. 보통 CLM(chromeless mask)이 위상반전 마스크 중에 해상력을 높이는데 가장 좋은 해결책으로 알려져 있다. 하지만 기존에 설명된 해상력을 높인(광근접효과보정을 이용한) CLM은 제조하기가 복잡하다는 단점을 가지고 있다. 그래서 이번에 새롭게 구현한 attenuated phase shift mask (att.PSM)는 이런 단점을 보완할 수 있는 가능성을 가지고 있다. Lithography 과정을 최적화 하는 데에는 많은 변수들이 작용한다. 그 변수들을 계산하는 데에는 많은 시간이 소요된다. 최적의 lithography을 위해 요구되는 조건중 하나는 aerial image이다. 이 aerial image에 따라 NILS (normalized image log-slope) 값이 정해진다. 따라서 이 논문은 NILS 값을 이용해 Synosys사의 Solid-E를 전사모사하여 최적의 패턴을 구현하였다. att.PSM을 6, 8, 10, 20 과 30 %로 투과율을 변화시켜 투과율에 따른 NILS 값을 비교하였다. 또한 각 피치에 따른 NILS 값을 defocus 별로 비교하였다. 투과율과 피치에 따른 NILS 값의 경향

성을 알아보고 65 nm 이하의 선폭에서의 최적의 패턴 형성을 할 수 있는 방법을 찾고자 하였다.

Ip-028**ArF Contact Hole의 Reflow후 60 nm급**

패턴을 만들기 위한 OPC 조건 박 준민, 박 승욱, 오 혜근(한양대학교 응용물리학과.) 100 nm 이하급 Contact Hole (CH)을 만드는 것은 반도체 공정의 가장 어려운 것 중 하나이다. CH의 해상력을 향상시키는 방법 중 Resist Reflow Process(RRP)를 통해 Contact Hole Shrink 현상에 대해 연구했다. RRP는 Hard Bake 공정에서 Glass Transition Temperature 이상의 온도를 가열하였을 때, Resist가 유동성을 가지게 되어 흐름으로써 결과적인 선폭 (Critical Dimension)이 감소되는 효과를 이용한 Resolution Enhancement Technique (RET)이다. 이 기술은 다른 공정과 비교해 볼 때 Process Margin의 감소 없이 높은 해상력을 얻을 수 있다. 그러나 RRP가 포함하고 있는 많은 물리적, 화학적 변수들이 있기 때문에 RRP후의 결과를 예측하기 어려우므로, Simulation을 통하여 예측해 보고자 했다. Modeling 과정에서 Navier-Stokes equation을 이용하였고, Viscosity와 Surface Tension의 효과를 고려했다. 뿐만 아니라, Adhesion의 효과를 적용시켜, 그 결과를 확인한 후 uniformity한 패턴을 얻기 위한 OPC 조건을 찾았다

Ip-029**ArF Contact Hole의 조명계 및 마스크**

설계에서의 편광효과 연구 강 동욱, 박 준민, 박 승욱, 오 혜근(한양대학교 응용물리학과.) 100 nm 이하급 Contact Hole (CH)을 만드는 것은 반도체 공정의 가장 어려운 것 중 하나이다. CH의 해상력을 향상시키는 방법 중에 OPC나 PSM과 같이 또 다른 process를 통한 방법은 노력과 시간이 너무나 많이 드는 반면에 균일한 CH를 만드는데 있어 너무나 rule base하지 못하다. 그래서 지금까지의 상식적인 방법이 아니라 좀 더 쉬우면서 획기적인 방법이 될 수도 있지 않을까 하여 보통의 TE 모드의 편광을 이용하는 것을 회절 효과가 패턴 형성에 많은 영향을 미치는 CH 제작에선 TM 모드의 편광을 이용해 보았다. Line & space에서와 같이 빛의 발산이 간섭에 영향을 주어 coherence 값을 높여주는 효과가 CH에서 한 쪽 방향에 보강간섭을 시켜 aerial image가 상하 좌우 대칭이 되지 않는 결과를 낳았다. 그래서 CH 패턴을 그릴 때의 조명계를 quadrupole를 쓰거나 quasar를 사용한다. 이러한 성질과 마찬가지로 편광효과에서 TM 모드를 이용하여 빛의 회절 효과가 aerial image에서의 threshold 값을 명확하게 해 줄 수 있을 것이라 기대했고, 그에 따라 CH를 만드는 조명계와 마스크 설계에서의 최적화 조건을 찾았다

Ip-030 이동전하 및 디지털 카메라 대응 LED

FLASH 광학 모듈 김 재범, 김 재필, 김 영우, 황 남, 정 창섭¹, 박 성종²(¹한국광기술원 조명모듈팀, ²전남대학교 물리학과, ³청암대학교 안경공학과.) 카메라 Flash 용 LED 는 가능한 최소 크기내에 최대한의 광효율과 목표하는 지향각(대각 65도 수준)이 만족되어야 한다. 이를 위해 별도의 부가적인 광학렌즈를 사용하지 않고 패키지내에 광학렌즈를 포함하며 chip 의 봉지를 일체화 할 수 있는 구조를 갖고, 패키지 측면 반사코팅의 낮은 반사율로 인한 효율 감소를 최소화하기 위해 렌즈를 굴절과 반사기능을 동시에 수행할 수 있도록 복합화한 구성을 설계 하였다. 제작된 시제품은 1A pulse driving 에서 66.4lux-1m 의 높은 조도값을 갖게 되었다

Ip-031 고온 열처리된 TiO₂ 박막의 특성 분석

최 원석, 정 종민, 이 가은, 성 승기, 한 성홍, 김 의정¹, 이 동렬(¹울산대학교 물리학과, ²울산대학교 생명화학공학과.) 본 연구는 전자빔 증착법을 이용하여 TiO₂ 박막을 제작하고, 제작된 TiO₂ 박막의 광학적, 구조적 특성을 분석 하였다. 박막 증착 조건으로 박막의 두께는 300 nm, 증착시 기판의 온도는 200 °C, 초기 진공도는 6 × 10⁶ Torr를 유지하였으며 산소를 주입하지 않은 TiO₂ 박막, reactive gas (O₂) 가 각각 3 × 10⁵ Torr, 4 × 10⁵ Torr, 그리고 5 × 10⁵ Torr까지 주입한 TiO₂ 박막을 제작하였다. 각각의 조건에서 제작된 박막을 700 °C, 900 °C, 그리고 1100 °C의 온도에서 1시간동안 열처리 한 후, UV-Visible spectrophotometer, XRD, 사용하여 박막의 광학적, 구조적 특성을 분석하였고, X-ray Photoelectron Spectroscopy를 사용하여 TiO₂ 박막의 화학적 결합구조를 분석하였다. UV-Visible spectrophotometer를 이용하여 측정된 결과 각각의 박막 흡수단은 열처리 온도가 높을수록 장파장으로 이동하였고 산소 분압 5 × 10⁵ Torr까지 주입한 TiO₂ 박막은 1100 °C 열처리 후 XRD 측정 결과 아나타제 상에서 루타일 상으로의 상전이가 일어나지 않았다. 1100 °C 열처리된 TiO₂ 박막은 XPS 분석 결과 산소를 주입하지 않은 경우 Ti³⁺ 이온이 있음을 확인 하였다. 이와 같이 전자빔 증착 법으로 제작된 TiO₂ 박막은 열처리 온도에 따라 광학적 특성, 구조적 특성이 변화하는 것을 확인 할 수 있다.

Ip-032 유한 물점에 대한 가우스 팔호법을 이용한 N군 줌렌즈의 조출량 계산

이 도경, 유 남준, 조 재홍, 류 재명¹, 이 해진¹, 강 건모¹(¹한남대, 광.전자물리학과, ²(주)삼성테크윈.) 가우스 팔호법을 이용하여 유한 물점과 무한 물점 모두에서 사용가능한 줌렌즈의 제적을 구하는 알고리즘을 세웠으며, 이 공식을 행렬로

표현하여 각 요소의 값들과 이들의 변화값을 구하였다. 또한 군의 수가 많아지는 경우 spline interpolation 또는 linear interpolation으로 구현하는 알고리즘을 이용하여 해결하였으며 이를 컴퓨터로 구현하여 계산을 단순화시켰다. 이때 물체거리에 따른 상면 위치의 이동을 막기 위한 특정군의 이동량인 조출량의 변화를 가우스 팔호법을 이용한 알고리즘을 이용하여 물체로부터 1군의 주요점까지 거리가 주어질 경우와 배율이 주어질 경우로 나누어서 계산하였다.

Ip-033 13.5 nm 파장에서 다공성 TiO₂ 박막의

광학 상수 결정 강 희영, 장 대호, 이 장훈, 황보 창권(¹한대, 물리학과.) 일반적으로 TiO₂ 박막은 Ru 박막에 비해 화학적으로 산소와 반응이 적고, 산소와 탄소의 확산을 막아주며 좋은 광촉매이기 때문에 최근 극자외선 리소그래피 반사형 위상 반전 마스크 구조에서 보호막으로 연구되고 있다. 그러나 극자외선 영역($\lambda = 13.5$ nm)에서 TiO₂는 Ru에 비해 굴절률은 높으나 소멸계수가 크므로 2 nm 이하의 두께로 설계에 적용해야만 빛의 흡수를 감소시켜 높은 반사율을 얻을 수 있다. 그러므로 소멸계수를 인위적으로 줄여 두꺼운 박막으로도 설계에 적용될 수 있도록 TiO₂를 다공성으로 제작하여 원자 밀도를 줄이는 방법을 고안하였다. 본 연구에서는 다공성 TiO₂ 제작을 위하여 전자 빔 증착장비를 이용하여 경사 입사 증착법(GLAD)을 사용한 TiO₂ 박막을 Si 웨이퍼 위에 제작하였고, 이를 러더퍼드 후방산란 분석법과 X-선 반사율 측정 장비를 사용하여 13.5 nm에서의 광학상수(n, k)를 결정하였다. 그 결과 다공성 TiO₂ 박막은 증착 각도가 증가할수록 원자 밀도가 감소함을 보였고, 13.5 nm에서 굴절률은 증가하고 소멸계수는 감소하였다. 이는 경사 입사 TiO₂가 증착 시 그림자 효과 때문에 다공성한 박막으로 증착되기 때문이다. 위 결과로부터 증착 각도를 조절함으로써 TiO₂ 박막의 광학상수를 조절할 수 있음을 확인하였다. 이를 이용하면 극자외선에서 사용하는 다층 박막 설계 시 원하는 위상과 반사율을 가지도록 알맞은 광학상수를 조정할 수 있으므로 극자외선 리소그래피 위상 반전 마스크 제작에 유용하게 이용될 수 있을 것으로 판단된다.

Ip-034 위성사진기용 3반사광학계의 형상설계에 대한 연구

이 종용, 유 승문(¹청주대학교 레이저 광정보공학과.) 위성용 광학계는 요구되는 시야 내에서 완벽히 수차가 보정되어야 하고, 최소한의 광학요소를 사용하여 가능한 작은 공간에 설치될 수 있어야 한다. 원추곡면 3반사광학계는 3매의 거울만으로 구면수차, 코마, 비점수차, 그리고 페츠발 상면만곡의 보정이 가능하여 수차면 에서는 매우 좋은 광학계이나, 반드시

사경을 사용하여야 하므로 콤팩트한 구성을 위하여서는 구조적인 제약이 많이 따른다. 본 연구에서는 제1면(주경)의 F-수, 제2면(부경)에 의한 광선차폐율, 광학계의 전장(제2면에서 제3면까지의 거리)를 변화시키면서, 구면수차, 코마, 비점수차, 그리고 페츠발 상면만곡이 보정된 원추곡면 3반사경계의 형태 변화와 잔류 왜곡수차를 분석하여 구조적인 측면에서 적절한 해를 가지는 영역을 조사하였다.

*본 연구는 2006년 표준과학연구원의 전문연구시험사업의 위탁과제로 수행되었음.

Ip-035 Mobile Phone Camera용 inline 3군 4배

줌 광학계의 설계 이 종용, 송 천호(청주대학교 레이저 광정보공학과) 현재 mobile phone camera는 고정 초점렌즈가 주를 이루고 있으나, 앞으로는 줌 기능을 채용한 고성능렌즈로 대체될 것으로 예상되고 있고 이에 대한 활발한 연구개발이 이루어지고 있다. Mobile phone camera용 줌 렌즈는 직각 프리즘을 사용하여 소요공간을 최소화한 folding 방식과 각 군이 일렬로 배치되는 inline 방식이 있다. 지금까지 folding 방식, inline 방식 모두 3군으로 구성된 3배 줌 렌즈가 개발된 바 있다. 본 연구에서는 3군 구성의 4배 줌 렌즈를 inline 방식으로 설계하는 연구를 수행하였다. 이 구성에서는 전체길이가 길어지는 문제점이 있고, 설계과정에서 가능한 이를 최소화하도록 노력하였다.

Ip-036 자발형성 나노패턴을 이용한 고효율

광결정 LED 제작연구 박 준모, 송 광민, 오 진경, DANG Hoang Long, 류 상완, 이 준기¹, 권 광우²(전남대학교 물리학과. ¹전남대학교 신소재공학과. ²주)나인백스) 화합물반도체위에 수십 나노의 광결정을 만들면 포토닉밴드갭이 생성하여 LED의 광효율을 올릴 수 있다는 연구가 있다. 알루미늄을 양극산화 하면 50~200 nm 간격의 육방격자의 다공성구조물인 양극산화알루미늄(Anodic Aluminum Oxide, AAO)이 만들어진다. AAO의 나노패턴은 매우 균일하며 또한 제어하기 간편하고 작은 규모의 장비만으로도 쉽게 대량생산이 가능하다. 그래서 양극산화알루미늄을 사용하여 나노패턴을 만드는 것이 장래에 매우 유용성이 있다고 생각되어 AAO를 이용한 기판표면에 나노패턴을 형성하는 것을 연구하였다. 전자선 증착방법을 사용하여 SiO₂/GaN/Sapphire에 1 μm 알루미늄을 코팅하였고 이것을 양극산화하여 만들어진 양극산화알루미늄의 포어(pore)간의 간격과 포어의 크기를 조절하였다. 그리고 50 nm 두께의 SiO₂ 층에 패턴을 전사하였고 다시 이것을 GaN층에 전사하였다. 육방격자의 패턴이 전사된 GaN/Sapphire을 n-GaN, 다중양자우물층, P-GaN순으로 결정성장한 다음 LED공

정을 하여 광결정 LED를 만들었다. 이것의 방사무늬(Radiation Pattern)를 측정하였고 광출력을 측정한 결과 20%의 광효율이 향상되는 광결정효과를 관찰하였다.

Ip-037 Rod형 비구면 렌즈를 사용한 광통신용

collimator의 성능 계산 강 석봉, 강 은경, 황보 창권(인하대학교 물리학과) 광통신용 콜리메이터 렌즈는 광통신 시스템에서 광섬유의 송신단과 수신단에 사용되는 부품으로 집광 및 발산 기능을 가지며 각 광학 소자들이 높은 효율로 구동할 수 있도록 해 주는 역할을 한다. 현재 콜리메이터용 렌즈로는 볼렌즈(ball lens), GRIN 렌즈, 비구면 렌즈 등이 사용되고 있으며, 볼 렌즈와 GRIN 렌즈가 많이 사용되고 있으며 비구면 렌즈의 경우 가공의 어려움 때문에 많이 사용되지 않고 있었지만, 현재 GMP공법에 의해 초소형의 글라스 비구면 렌즈를 쉽고 정확하게 대량으로 생산해 낼 수 있게 되었다. 비구면 렌즈의 경우 다른 종류의 렌즈에 비해 3차 구면수차를 효과적으로 제거할 수 있다는 장점이 있으며 볼 렌즈와 GRIN 렌즈를 사용한 기존의 광통신 시스템의 경우 효율의 저하를 일으키는 요인이 주로 3차 구면수차임을 감안해 볼 때, 비구면 렌즈를 이용한 콜리메이터 시스템은 기존의 시스템보다 더 좋은 성능을 가짐을 예상할 수 있다. 위 사항을 기반으로 설계한 콜리메이터의 성능은 스칼라 회절 이론에 근거하여 계산할 수 있으며, 이를 통해서 콜리메이터의 효율은 렌즈의 파면수차에 의존함을 보았으며, 3차 수차를 조절하여 높은 성능의 콜리메이터 효율과 각 종류별 수차를 적절히 조절하여 상쇄시킴으로서 콜리메이터 렌즈의 정렬시 발생할 수 있는 정렬오차에 둔감한 렌즈를 설계할 수 있다는 것을 보았다.

Ip-038 BLU의 최적화된 패턴설계및 제작

김 두희, 정 윤모, 황보 창권, 고 영욱¹, 안 영주¹(인하대학교 물리학과. ¹KDT.) LCD는 자체적으로 발광할 수 없기 때문에 후면에서 Lighting-Generation 역할을 하는 BackLight-Unit(BLU)을 꼭 필요로 한다. BLU의 가장 큰 목적은 Uniform하면서도, 좀 더 높은 Brightness를 갖는 평면광을 LC로 이동시키는 것이다. BLU의 구조에 따라 크게 두가지로 보면, 광원을 BLU하부에 위치시키고 직접 광을 위로 전달시키는 Direct-lit형과 광원을 Side에 위치시켜 Light Guide plate(LGP)을 통해 광을 뒤로 전달시키는 Edge-lit형으로 구분할 수 있다. 본 연구에서는 Edge-lit형 구조로 이루어진 BLU의 LGP내에 최적화된 Pattern을 설계하여 제작하는데 중점을 두고 있다. 면광원의 Active Area은 3.5"로 하였으며, 5개의 LED를 측면에 위치시키고 LGP상단에 확산시트와 BEF를 위치시키는 조건을 가지고 본 연구를 진행하였

으며, 80%이상의 균일도를 갖도록 설계하였다.

Ip-039 광학박막을 이용한 디스플레이의 원편

광 분리소자 설계 및 제작 박 용준, 황보 창권(인하대학교 물리학과) 경사입사 증착방법을 이용하여 나선형구조로 박막을 증착할 경우 회전속도와 증착률을 제어함으로써 박막의 다공성 미세구조를 조절하여 원편광을 분리시킬 수 있다. 또한 증착하는 박막의 두께를 조절함에 따라 박막의 광학두께(에 의하여 원편광을 분리시키고자 하는 파장을 선택할 수 있다. 원편광 분리소자를 제작하기 위해 증착하는 동안 증착률과 회전속도를 조절하여 10개의 pitch를 갖는 박막을 제작하였다. 박막의 이러한 pitch의 두께와 굴절률을 알 수 있다면, 원편광이 분리되는 파장을 계산할 수 있으며, 역으로 정확한 pitch의 두께를 알 수 있다면 굴절률을 계산할 수 있다. 제작된 박막의 투과율을 측정된 결과 원형 편광된 빛이 박막에 수직으로 입사하면서 특정파장에 대해 좌원 편광된 빛과 우원 편광된 빛으로 분리되는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 나선형 구조로 증착하는 광학박막을 이용하여 기판에 수직으로 입사하는 빛에 대해 원형 편광된 빛을 좌원 편광된 빛과 우원 편광된 빛으로 분리시킬 수 있는 디스플레이의 응용이 가능한 원편광 분리소자를 제작하였다.

Ip-040 경사입사 증착법을 이용한 NBPF 습도

센서의 설계 및 제작 장 대호, 박 용준, 황보 창권(인하대학교) 경사입사 증착방법(glancing angle deposition, GLAD)은 증발입자를 기판에 대해 경사각으로 입사시킴으로써 박막의 기동미세구조를 조절할 수 있는 증착방법으로 그림자 효과에 의해 다공성 미세구조를 만들 수 있다. 본 연구에서는 GLAD를 좁은대역 투과필터(narrow band pass filter, NBPF)에 적용, 습도에 대해 투과파장이 이동하는 광학적 습도 센서를 설계하고 제작하였다. NBPF는 일반적으로 간격층(spacer)의 광학두께(에 의해 최대 투과 중심 파장이 결정된다. 따라서 기판을 고정하고 증착한 TiO₂ 박막(조밀한 구조)을 간격층으로 사용한 경우와 기판을 기울여서 회전하여 증착한 TiO₂ 박막(나선형 구조)을 사용한 경우로 나누어 각각 설계 및 제작하였다. 제작된 필터의 투과스펙트럼 측정은 분광광도계를 이용하여 습도에 대한 중심파장 이동을 측정하였다. 간격층을 0°로 증착한 NBPF의 경우 변화가 없음을 알 수 있었고, 반면 간격층을 60°로 증착한 경우에는 투과 스펙트럼이 이동하는 것을 확인할 수 있었다. 결론적으로 GLAD TiO₂ 박막의 미세구조를 조절함으로써 박막의 다공성을 조절할 수 있었으며, 이를 NBPF에 적용하여 습도에 대해 투과 파장이 이동함을 이용한 습도센서로 응용이 가능하다.

Ip-041 Applications of Optical Monitoring Method

Using of Admittance 정 성구, 정 부영, 이 장훈, 황보 창권(인하대학교, 물리학과) 높은 광학적 성능을 갖는 광학박막필터에 대한 요구가 증대되면서 복잡한 구조를 갖는 박막필터의 정밀한 증착에 대한 필요성이 대두되고 있다. 본 연구에서는 광학박막의 어드미턴스 이론을 적용한 광학적 두께 제어 방법을 제안하였으며, 광통신용 band split filter(BSF)와 IR-cutoff filter에 적용하여 오차 보상효과를 확인하였다. 제안된 모델과 single-wavelength monitoring method에 대하여 각각 무작위 5% 두께 에러에 대한 simulation과 박막필터를 제작하여 결과를 비교하였다. Single-wavelength monitoring method를 적용한 BSF의 경우 투과대역에서 97.16%의 투과율과 5.9 nm의 edge shift를 보였고, 제안된 모델의 BSF는 97.44%의 투과율과 0.8 nm의 edge shift를 보임으로서 기존 방법이 적용되었을 경우보다 향상된 광학적 특성을 보였다. IR-cutoff filter에 제안된 모델을 적용하여 전산가능한 경우에도 single-wavelength monitoring method에 비하여 투과대역에서의 투과율과 양단에서의 edge shift가 더욱 향상된 결과를 확인하였다. 따라서 어드미턴스 이론을 적용한 광학적 두께 제어 방법이 보다 정밀하고 복잡한 박막필터 제작에 유용할 것으로 예상되어진다.

Ip-042 Modeling of ion transport using the

drift-diffusion equation in a reflective liquid crystal microdisplay SUNG HEE Hwang, KANGBAEK Kim, DONG-SOO Shin(한양대학교, 응용물리학과) Reflective liquid crystal (LC) microdisplays consist of reflective aluminum, indium-tin oxide (ITO) on the glass plate, the polyimide alignment layer, and LC filled in between. Most LCs contain ionic impurities. The built-in potential in the reflective LC on Si (LCoS) cell exists due to the work function difference between the Al and the ITO layers. When an electric field is applied to the LCoS cell, the ions move towards electrodes across the cell gap, eventually piling up near the electrodes. As a consequence, the ion transport influences the change in internal electric field with time. The simulation of ion transport in the LC is essential in understanding and measuring the degree of ionic movement in the LCoS cell. The change of ion concentration through time is represented by a differential equation combining the drift along the electric field and the diffusion due to gradients in ion concentration. The electric field distribution due to the change of local ion concentration is calculated through charge density with

Gauss law using the finite difference method.

Ip-043 레이저 펄스 반복율에 따른 pit 주위 열분포 분석 김 영섭, 최 은서, 박 소희, 최 영희, 신 용진(조선대학교, Laser Imaging Laboratory.) 본 연구는 레이저의 조사 반복률에 따른 시료에서의 열분포 및 pit의 형성을 관찰하였다. 본 실험에서는 동일한 총에너지를 조사하되 다른 펄스 반복율로 시료에 조사하였을 때 발생하는 시료 변형의 차이점과 열전달에 의한 영향이 어떻게 달라지는가를 분석하였다. 펄스 형태의 1064, 532 및 355 nm의 Nd:YAG 레이저 광을 유기물질인 ABS 플라스틱 시료 표면에 조사하여 pit를 형성하였다. 각각의 파장에 대해 조사되는 총 에너지는 동일하게 유지하면서 펄스 반복율을 1, 5, 10 및 20 Hz로 바꿔가면서 시료에 조사 하였다. 형성된 pit는 광학 실체 현미경으로 시료 표면에서의 rim과 열영향층 변화를 관측하였고 OCT를 이용하여 광학적으로 비절개적인 방법을 통해 시료 내부의 변형과 열영향층 변화를 관측하였다. 또한 수치해석을 통해 시료에 조사되는 레이저 반복률 차이에 따른 열분포 차이와 그에 따른 pit를 형성 과정을 전산모사를 통해 계산하였다. 전산모사를 통하여 레이저 조사 조건에 따른 가공 형태와 시료 내의 heat flux의 흐름을 예측할 수 있었으며 계산된 열영향층이 실험 결과와 일치함을 확인 할 수 있었다.

Ip-044 Linear and nonlinear optical properties of metallodielectric photonic band gap structures 이 건준, 이 영백, 김 선만¹, 박 인규¹, 정 성구², 정 부영², 황보 창권²(한양대학교 양자광기능물성연구센터. ¹서울시립대학교 물리학과. ²인하대학교 물리학과.) The linear and nonlinear optical properties of metallo-dielectric photonic band gap (MD-PBG) structures were studied by using linear absorption spectroscopy and femtosecond nonlinear transmission method. The MD-PBG structures were prepared by evaporating dielectric and metal layers alternately onto the glass plate. It was found that the optical transmission spectra of the prepared MD-PBG structures exhibited several pass bands and a broad photonic band gap. The observed transmission spectra could be described by applying the optical transfer matrix formalism to the periodic metallodielectric multilayer. The enhanced optical nonlinearity is attributed to the modification of PBG by saturable absorption of each metallic layers.

Ip-045 3차원 산란체 도광판 표면의 그리드

패턴에 의한 밝기 성능 분석 최 영희, 김 영섭, 박 소희, 최 은서, 신 용진(조선대학교, Laser Imaging Laboratory.) 본 연구에서는 레이저에 의해서 PMMA 시료내에 유도된 3차원 산란체를 이용하는 도광판의 밝기 효율을 증대시키기 위해 도광판 표면에 산란패턴을 추가함으로써 평균밝기 및 밝기의 균일성이 향상 시킬 수가 있었다. 본 실험실에서 개발 중인 새로운 형태의 도광판은 Q-switched 2nd harmonic Nd:YAG laser engraving system (l=532nm)를 이용하여 PMMA 시료 내부에 형성된 3차원 미세 산란 패턴을 이용하였다. 그 결과 기존의 표면 패턴에 비해서 40% 향상된 성능을 보였다. 본 실험에서는 제작된 3차원 산란체를 이용하는 도광판의 밝기 및 균일성을 보다 향상시키고 도광판 표면 즉, 하단부와 측면부로 손실되는 빛의 활용을 최대한 활용하기 위해 CO₂ laser (l=10.64 mm)를 이용하여 PMMA의 각 표면을 그리드 형태로 가공하였다. 실험에서 제작된 도광판의 성능을 면회도 측정기를 이용하여 측정하였고 이 결과를 가지고 새로운 도광판의 평균밝기의 증대와 밝기 분포의 균일성을 분석하였다. 또한 추가된 표면가공의 효율성을 검증하기 위해서 표면만 가공된 도광판과 내부에 3차원으로만 가공된 도광판과의 밝기에 대한 성능을 서로 비교하였다. 그 결과 새롭게 제시한 형태의 도광판이 더 향상된 밝기 분포의 균일성과 효율을 보였으며 이 방법을 기존의 도광판에 적용한다면 BLU에서의 빛의 효율을 더 높일 수 있을 것이라고 기대된다.

Ip-046 고분자와 인광염료간의 여기자분리 및 전하이동 현상 규명 이 창렬, 변 지수¹, 이 종민¹, GREENHAM Neil²(광주과학기술원 고등광기술연구소 / Cavendish Laboratory, University of Cambridge, U.K. ¹광주과학기술원 고등광기술연구소. ²Cavendish Laboratory, University of Cambridge, U.K.) 유기물 기반의 photovoltaic 소자에서 삼중항의 역할은 소자의 효율을 높일 수 있는 한 방법으로 연구되고 있다. 두꺼운 유기박막은 적절한 광 흡수를 통하여 소자의 효율을 증가시킬 수 있으나, 여기자의 mobility와 lifetime에 의존하는 여기자 확산거리를 제한 하기도 한다. 그러므로 유기물 기반의 photovoltaic 소자는 높은 여기자 mobility와 긴 lifetime을 가진 삼중항 활성의 유기물을 이용함으로써 여기자 확산 거리를 늘릴 수 있다. 본 연구에서는 인광물질인 PtOEP와 F8BT 폴리머 혼합물의 photoluminescence 특성과 PIA (Photo-induced Absorption) 결과를 분석함으로써 인광물질과 폴리머간의 삼중항을 통한 여기자 분리와 전하이동 현상이 소자의 성능에 미치는 영향을 연구하였다.

Ip-047 양자점 감광계가 혼합된 광굴절 폴리

머 소자의 광학적 특성 변 지수, 고 도경, 이 종민, BINKS David¹, O'BRIEN Paul²(광주과학기술원 고등광 기술연구소 ¹School of Physics, University of Manchester, U.K. ²School of Chemistry, University of Manchester, U.K.) 광여기에 의해서 발생하는 전하의 재분배에 의한 굴절 율의 변화는 3D 홀로그램 등의 고집적 정보저장 소자 나 display, Imaging 등에 응용될 수 있는 광기능성 소자 개발을 가능케 한다. 저차원의 양자점과 폴리머의 혼합은 광여기 에너지의 효율적인 흡수와 이를 통한 전하의 이동도를 증가시켜 소자의 성능을 향상 시킬 수 있다. 본 연구에서는 기존의 광굴절 폴리머에 CdSe 기반의 양자점 감광제를 첨가하여 박막 형태의 소자를 제작하였고, 광여기에 의한 흡수, 발광 특성 등을 연구하였다. 또한, 펄초레이저를 여기 광원으로 시간상단단 일광자계수법을 통하여 여기상태의 시간적 소멸을 측정 하였다.

Ip-048 양자 카르노 맵을 이용한 $\wedge_m(U)$ 게이트의 네트워크 시뮬레이션 방법과 네트워크의 최소화 를 위한 설계 방법 배 진호, 안 도열(서울 시립대학교, 전자전기컴퓨터.) 양자 전산에서 자주 쓰이는 $\wedge_m(U)$ 게이트는 모든 입력 비트를 AND한 값이 '1'일 때 만 출력 비트에 유니타리 연산자(unitary operator)를 실행하는 게이트이다. 본 논문에서는 양자 카르노 맵을 이용해서 $\wedge_m(U)$ 게이트를 2-비트 게이트들로만 구성된 네트워크로 형성해가는 과정을 보여주고 그 과정에서 n-비트 $\wedge_m(U)$ 게이트의 최소화된 네트워크를 설계하는 방법에 대해서 제시하였다. 카르노 맵은 고전적인 로직 디자인에서 매우 효율적인 방법이다. 이를 수정한 양자 카르노 맵은 양자 로직 회로와 고전적인 로직 회로의 차이점을 고려하여 양자 로직 회로 설계에 적합하게 만들어진 것으로 이러한 방법은 양자 네트워크 설계의 매우 효율적인 도구가 될 것으로 예상된다.

Ip-049 레이저 열전사를 위한 레이저 빔의 공간 분포 성형 박 일현, 이 강인, 권 진혁, 이 종훈(영남대학교) 공심형 광섬유를 이용하여 레이저 빔의 공간적 분포를 레이저 열전사에 적합한 형태로 성형하였다. 가우시안에 가까운 레이저 빔은 공심형 광섬유를 통과한 다음에 도넛 형이 되고 다시 렌즈에 의하여 성형되어 가운데가 움푹 파지고 가장자리의 강도가 큰 모양의 분포로 변화되었다. 빔의 공간적 분포는 Lightools 소프트웨어를 이용하여 계산하여 실험과 비교하였다. 이 레이저빔은 f-theta 렌즈를 이용하여 시료 표면에 집속시켰으며 컴퓨터로 제어되는 거울을 이용하여 임의의 2차원 형상을 가공하도록 하였다.

Ip-050 레이저 유도된 대전된 입자 검출을 위한 CR-39에 나타난 track에 관한 연구. 이 지영, 박 성희¹, 이 기태¹, 정 영욱¹, 이 용우¹, 예 권해¹, 차 용호¹, 조 재홍(한남대학교, 물리학과. ¹한국원자력연구소, 양자 광학기술개발부) 대전 입자의 레이저 가속 실험에서 CR-39 플라스틱은 에너지 스펙트럼뿐만 아니라 flux를 측정하는데 널리 사용된다. 이것은 실시간으로 측정 할 수 없지만 다루기에 안전하다는 장점이 있다. 이 CR-39는 대전된 입자에는 반응하지만 light, X-rays, gamma-rays, electron에서는 반응하지 않는다. 우리는 Track Analysis Systems Ltd at Bristol University에서 제조한 50 x 50 cm²의 크기와 0.75 mm 두께를 갖는 TASTRAK (CR-39) 플라스틱을 사용하여 대전 입자의 에너지와 Etching 조건에 따른 손상된 트랙의 발달을 조사하였다. 또한 5.4 MeV alpha source인 Polonium-210을 사용하여 6N NaOH의 다른 etching 조건에서 TASTRAK (CR-39)의 검출 효율을 보정하였다. 우리는 다른 실험 set-up과 실험 결과를 위한 최적화된 etching 조건을 이론적인 분석과 비교하여 설명하였다.

Ip-051 Observation of Intense Terahertz Radiation from Laser-Produced Relativistic Plasma Generated on Metal and Plastic Solid Targets 문 정호, 예 권해, 정 영욱, 이 용우, 안 필동, 이 기태, 이 지영¹, 차 용호, 차 혁진, 박 성희, 이 병철(한국원자력연구소. ¹한남대학교, 물리학과.) Terahertz (THz) pulses from solid targets, such as Al and a strong polyester film (Mylar), irradiated by ultra intense laser pulses were measured by a liquid-helium-cooled Ge:Ga detector. The irradiating intensity of the Ti:Sapphire laser was more than 10¹⁸ W/cm². The typical pulse energy and pulse duration on the target were 200 mJ and 30 fs, respectively. To prevent UV, visible and near-infrared (NIR) radiation from being measured by the detector, we used polyethylene (PE) plates and ITO films as selective windows and mirrors for the THz radiation, respectively. The reflectivity of the ITO film for the THz radiation is 10 times higher than that for the visible and NIR wavelength range. The radiated THz wave from a laser-induced plasma has a linear component of the polarization, which can be explained by linear mode conversion from a laser wakefield. This intense and wide-band radiation could be a useful source for various THz applications as well as a real-time diagnostics for the plasma in which particles are accelerating.

Ip-052 정상파 조건을 만족하는 결합광에서

전자기유도투과신호 변화 김민경, 이림, 이주희, 김증복(한국교원대학교 물리교육과.) 세슘(Cs)원자를 이용한 Λ -형 전자기유도투과(EIT; electromagnetically induced transparency) 구도에서 결합광이 정상파(standing wave)조건을 만족할 때, 전자기유도투과(EIT) 신호의 일부가 사라져서 투과되지 못하는 현상을 관측하였다. 본 연구에서는 조사광의 주파수변조 범위(detuning)와 광의 세기에 따른 전자기유도투과의 신호 변화를 측정하였으며 이를 계산결과와 비교하였다.

Ip-053 광선 추적법을 이용한 대구경 Nd:Glass

레이저 막대 증폭기 설계 김현수, 양정문, 박종락, 박시현, 김진태, 임창환¹(조선대학교, 광기술공학과. ¹원자력연구소, 양자광학팀.) 직경 40 mm, 길이 360 mm Nd:Glass 레이저 막대 증폭기에 대한 레이저 공동 설계를 수행하였다. 광선 추적 방법을 이용해 플래시 램프의 기하학적 위치에 따른 레이저 막대 상의 펄프광의 흡수 분포도를 계산하고 최적 조건을 구하였다. 또한 레이저 막대의 흡수율에 따른 흡수 분포도를 구해 균일 펄핑을 위한 레이저 막대의 흡수율 조건을 구했다.

Ip-054 Photodiode-based characterization of amplified

spontaneous emission in a 10-TW Ti:sapphire laser 이용우, 차용호, 남성모, 한재민, 이용주, 유병덕, 정영욱, 차형기(한국원자력연구소.) 고출력 티타늄 사파이어 레이저의 중요한 요소인 amplified spontaneous emission (ASE)을 photodiode를 사용하여 측정하였다. Photodiode를 사용하여 주 증폭 펄스와 ASE를 함께 측정하는 기존의 방식 대신, 증폭과정에서 생기는 ASE만을 스펙트럼 영역에서 따로 분리하여 측정하였다. 주 증폭 펄스로부터 ASE가 분리되었기 때문에, 비교적 쉽게 정량적인 분석이 가능하였으며, 주 증폭 펄스 전, 후에 걸친 ASE를 모두 측정할 수 있었다. 이 방법을 이용하여 10 TW 급의 티타늄 사파이어 레이저에서 생성된 ASE를 측정한 결과, ASE의 최대 순간 출력은 0.2 MW로 주 증폭 펄스대비 $\sim 2 \times 10^8$ 였으며, 주 증폭 펄스 전에 존재하는 ASE의 총 에너지는 약 1 mJ이었다.

Ip-055 Broadband amplification in a silver-mirror-

based Ti:sapphire multipass amplifier 이용우, 차용호, 남성모, 한재민, 이용주, 유병덕, 정영욱, 차형기(한국원자력연구소.) 티타늄 사파이어 예비 증폭기에서 발생하는 gain narrowing과 dispersion을 최소화하기 위해 기존의 dielectric 코팅 광학거울 대신, silver 코

팅이 되어 있는 광학거울을 사용하여 다중통과 예비 증폭기를 구성하였다. Silver 코팅 광학거울은 dispersion이 거의 없고, 근적외선 영역에서 고른 반사율을 가지기 때문에, 증폭 스펙트럼 폭이 광학거울의 반사대역에 의해 제한되지 않으며, dispersion 변형도 거의 없는 장점이 있다. 이러한 silver 코팅 광학거울을 사용하여 8-pass 증폭기를 구성한 결과, 50 mJ 펄핑에서 3.5 mJ 이상의 증폭에너지를 생성할 수 있었으며, -25 dB level에서 160 nm, 반치폭 65 nm의 광대역 증폭 스펙트럼이 생성되었다. 이러한 결과는 gain narrowing과 gain saturation을 고려한 전산시뮬 결과와 잘 일치하였다.

Ip-056 이중 스펙클 간섭계를 이용한 스트레

인의 연속측정 윤병곤, 윤재선(강릉대학교, 물리학과.) 단일 노출방법과 기준물체를 사용한 스펙클 간섭계를 사용하여 실험하였다. 기존의 이중 노출방법을 사용한 간섭계의 경우 물체변형의 최종상태만을 관찰할 수 있었는데 비해 이 간섭계를 사용할 경우 변형되어가는 과정의 스트레인을 단계별로 연속적으로 측정할 수 있다.

Ip-057 공초점법과 Z-scan 방식을 이용한 글루

코오스의 농도 측정에 대한 연구 김종배, 김경호, 남기중, 서운학¹, 이대철¹, 권남익²(고등기술연구원 레이저초정밀공정팀. ¹(주)아텍. ²한국의국어대학교 물리학과.) 현재 광을 이용한 무체혈 혈당 측정에 관한 많은 연구가 이루어지고 있다. 본 연구에서는 공초점현미경의 원리와 Z-scan 방식을 사용하여 글루코오스와 수분의 농도를 측정하였다. 광학계는 공초점현미경을 사용하였고, 혈관에서의 광반사 신호를 측정하기 위해 Z-scan 방법을 이용하였다. 시료는 병원에서 사용하는 포도당을 이용하였고, 0.01% 농도까지 측정하여 보았다. 실험은 두 개의 슬라이드글라스 사이에 약 200 μm 의 틈을 만들어 주고 여기에 시료를 주입한 후, 레이저를 조사하여 위쪽의 슬라이드 글라스와 아래쪽 슬라이드 글라스에서 반사되는 레이저 세기의 차이를 측정하여 농도에 따른 글루코오스와 수분의 선형성을 측정하였다. 포도당의 변화는 1550 nm 다이오드 레이저로 측정하여 농도가 증가할수록 반사량의 차이도 증가함을 확인하였다. 수분의 변화는 980 nm 다이오드 레이저로 측정하였으며, 농도가 증가할수록 감소함을 확인하였다. 이로서 공초점법과 Z-scan 방식으로 조직 내의 혈당을 측정에 관한 가능성을 확인하였다.

Ip-058 몬테 카를로 모델에 의한 인체의 폐조

직내에서 방출되는 형광 강도 분석 정민우, 김경찬, 도영국, 김명화¹, 이창섭¹(계명대학교 물리학과. ¹계명

대학교 화학과.) 질병을 조기에 진단하고 치료하는 기술에 PDT(photodynamic therapy)와 OCT(optical coherent tomography)가 있다. 이 기술들의 가장 중요한 점은 생체조직에 빛을 조사한 후 방출되는 빛을 관찰하는 것이다. 하지만 생체조직에 빛을 조사하기에는 시간적, 공간적 제약이 많고, 상당한 비용이 든다. 그래서 생체조직내부에서 발생하는 형광과 광자의 움직임을 간단하게 측정할 수 있는 MonteCarlo 모델을 제시하였고, 시뮬레이션 구현은 Visual Basic.NET과 GDI+ 그래픽을 사용하였다. 인체의 폐조직의 광학계수를 사용하여 시뮬레이션을 수행하여 조직내부에서 발생하는 형광의 분포, 조직 표면으로 방출되는 형광의 세기, 조직의 깊이에 따른 반치폭을 구하였다. 형광 실험장치를 이용하여 실제 쥐의 폐조직에서 발생하는 형광을 측정하였다. 이 결과로 인체의 폐조직에 대한 몬테카를로 시뮬레이션 실험결과와 그래프로 비교하였다. 조직내부에서 발생한 형광은 조직표면으로 방출될 때 입사된 광자의 좌표를 기준으로 정규분포를 나타내었다. 조직의 깊이가 깊어짐에 따라 형광의 반치폭은 지속적으로 증가하였다. 그리고 시뮬레이션 결과와 실험결과를 비교했을 때 그래프 형태가 같게 나타났다.

Ip-059 **임플란트 응용을 위한 골조직 레이저 드릴링 가공 및 OCT 기반의 광학적 진단** 최은서, 김영섭, 최영희, 최성휴, 신용진(조선대학교, Laser Imaging Laboratory.) 본 논문에서는 치아 임플란트 응용을 위한 레이저 드릴링 방법을 소개하고자 한다. 치과 분야에서 레이저는 충치 제거와 치아 미백과 같은 치료 수단 뿐만 아니라 치아 조기 진단하기 위한 진단 방법으로도 활용되고 있다. 증가되는 활용도로 인해서 레이저 치의학은 지속적으로 많은 관심 속에 활발하게 연구되고 있다. 본 연구에서는 치과 임플란트에서의 사용되는 기계적인 드릴링을 대체하고 보다 효율적인 골조직 가공을 수행하기 위해 레이저를 활용하여 골조직의 레이저 드릴링을 수행하고 이 결과를 광학적으로 진단한 결과를 제시하고자 한다. 골조직 가공을 위해서는 CO₂ 레이저, Nd:YAG 레이저 그리고 Ti:Sapphire 펄스 레이저를 이용하여 다양한 파장대역과 펄스폭에 대한 골조직의 가공성을 비교하였다. 가공된 조직의 손상을 최소화하며 실시간 평가하기 위해서 비파괴적인 광학적 단면 이미징 방법인 OCT를 활용하여 가공 단면의 모양과 가공 주위 조직의 변화를 시각화하여 가공성을 평가하는데 이용하였다. 본 연구결과를 바탕으로 환자 편의가 향상된 임플란트 기술을 위한 레이저 기반의 골조직 가공 및 진단이 가능할 것으로 예상되는 바이다.

Ip-060 **Imaging of Lymphatic Vessels by DMD**

Confocal Microscope LEE Changhoon, KIM Jung-Dae, KIM Jai Soon, SOH Kwang-Sup(Seoul National University.) The Confocal microscopy is very powerful method for imaging of biological samples, especially 3D imaging because of its good axial resolution. To overcome its low scan rate we used the digital micro-mirror device and we built up the DMD confocal microscope. We imaged the lymph vessels by the DMD confocal microscope in order to investigate the structure of them.

Ip-061 **Cr⁴⁺:YAG 레이저의 광 빔 선폭 특성 분석** Characteristics analysis of optical comb line-width of Cr⁴⁺:YAG laser 이종민, 유한영¹, 전민용, 서호성¹(충남대학교 물리학과, ¹한국표준과학연구원.) 광통신 영역에서 동작하는 Cr⁴⁺:YAG 레이저는 극초단 펄스 생성이 가능하고 고반복률의 주기적인 펄스 생성이 가능하기 때문에 광주파수 절대 측정을 위한 고정밀 측정 수단으로써 사용될 수 있다. 주파수 영역에서 발생된 주기적 펄스열의 선폭이 협소할수록 광주파수 절대 측정을 위한 비팅으로 광주파수 스펙트럼을 분석하는데 유리하다. 본 논문에서는 펄스초 Cr⁴⁺:YAG 레이저를 이용하여 발생된 광빔(optical comb)의 선폭을 크게 3가지의 경우에 대해 분석하였다. 우선 모드잠금이 이루어지지 않았을 때의 선폭, 모드잠금이 됐을 때 선폭 그리고 비선형광섬유를 통과했을 때 발생된 초연속스펙트럼의 선폭을 비교 분석하였다. 레이저가 모드잠금됐을 때 광빔 선폭은 1 kHz 이하의 선폭을 가지며 잠금이 풀렸을 때는 모드들의 위상이 랜덤하고 주파수 요동으로 인해 수십 kHz 선폭을 가짐을 확인하였다. 또한 초연속스펙트럼의 선폭은 모드잠금된 광빔선폭에 의존한 특성을 보임을 확인하였다.

Ip-062 **다중파장으로 동작하는 광섬유 링 레이저의 출력특성 분석** Output Characteristics analysis of Fiber Ring Laser with Multi-Wavelength Operation 이성현, 유한영¹, 김용평, 서호성¹(경희대학교, ¹표준과학연구원.) 광섬유 레이저는 이득매질에 따라 다양한 파장대의 스펙트럼을 구현할 수 있는데, 어븀첨가 광섬유(erbium-doped fiber; EDF)는 광통신 영역에서 가장 많이 사용되는 이득매질로써 1500 ~ 1600 nm 대역에서 동작이 가능하다. 광섬유레이저 제작에 있어 이득매질로 많이 사용하는 EDF는 균질선폭 및 비균질 선폭 퍼짐의 특성을 가지고 있어 광섬유레이저 공진기 내에 선폭이 충분히 좁은 대역의 에탈론 필터나 FBG 필터를 사용하여 비균질 선폭퍼짐을 억제함으로써 레이저 출력이 단일 종모드 발진을 이룰 수 있다. 반대로 다중파장

의 광섬유 레이저를 구현하기 위해서는 균질선폭퍼짐을 억제해야 하는데, 레이저에서 다중 파장을 얻기 위해서 기존에 사용했던 방법은 EDF를 액체질소를 사용하여 냉각시켜 균질선폭퍼짐을 억제하는 방법이었다. 하지만 이 방법은 레이저 제작이 너무 번거롭다는 단점을 가지고 있어, 최근에는 음향 광주파수 변환기(Acousto-Optics frequency shifter; AOFM)을 이용하여 보다 쉽게 상온에서 다중파장으로 동작하는 레이저를 구현하였다. 본 논문에서는 다중파장 광섬유 레이저를 구현하기 위해 다른 곱기(finesse)와 자유분광너비(FSR)를 갖는 에탈론 필터(etalon filter)를 적용하고 단일모드발진을 억제하기 위해 AOM을 이용하여 다중파장으로 발진하는 어븀 첨가 광섬유 링 레이저를 구현하고 그의 각종 출력특성을 비교분석 하였다.

Ip-063 **요오드안정화 헬륨-네온 레이저 절대 측정과 국제비교 Absolute Measurement and International Comparison of I₂ stabilization He-Ne laser** 서 호성, 이 원규, FELDER R., ROBERTSON L.¹, HUSSEIN A.²(한국표준과학연구원. ¹BIPM. ²RIS.) 길이 측정에 가장 많이 사용되는 레이저 간섭계의 광원은 파장 633 nm에서 동작하는 헬륨-네온 레이저이다. 1983년 미터정의가 빛 속도를 기준으로 하여 정의되고, 이후, 길이 정의를 현시를 위해 원자나 분자에 안정화된 레이저 복사선이 국제적 또는 국가적 광주파수 및 파장 표준기로 사용되고 있다. 요오드 분자의 초미세 구조선에 안정화된 633 nm의 헬륨-네온 레이저의 레이저 주파수 절대 측정과 최근의 국제비교결과를 보고한다.

■ SESSION: P2

4월 20일 (금), 11:00 - 12:45

스키하우스

Jp-001

DNA 손상 연구를 위한 3-Hydroxytetrahydrofuran과 H₂O 박막의 낮은 에너지 전자 포획 단면적 측정 박연수, 노형아, 조혁, BASS A.¹, SANCHE L.¹ (충남대. ¹U. Sherbrooke.) 몸속의 생체분자들은 하루에도 수없이 많은 방사선 입자에 노출되어 직접 혹은 간접적으로 손상을 입는다. 이러한 손상의 과정 중 최근 관심을 갖는 것은 생체분자의 이온화 에너지 보다 작은 에너지를 갖는 전자에 의한 DNA 단일가닥파괴, 이중가닥파괴, 유전자 이상과 같은 손상이다. DNA 손상 메커니즘을 알기 위해 3-Hydroxytetrahydrofuran 분자의 박막을 만들어 낮은 에너지의 전자(0~9 eV)와 충돌시켰다. 이때 임의의 에너지를 갖는 전자는 3-Hydroxytetrahydrofuran과의 상호작용으로 분자내에 포획된다. 포획된 전자들과 금속판과의 포텐셜 차이를 측정하여 charging coefficient (CC)를 구할 수 있고 이를 통해 특정 에너지의 전자가 포획되는 단면적을 구할 수 있다. 또 생체내에서 물의 영향을 고려하기 위하여 3-Hydroxytetrahydrofuran과 물을 이용한 서로 다른 배열의 박막에 대한 포획 단면적도 측정하였다. 이러한 일련의 실험들을 통하여 우리는 방사선에 의해 생성되는 2차종들 특히 낮은 에너지의 전자에 의한 DNA 손상 메커니즘을 규명할 수 있고 이를 유전자 치료 혹은 유전자 이상으로 인한 질병예방에 도움이 될 것으로 기대한다.

Jp-002

Determination of absolute orientations of hemicyanine dyes incorporated into the channels of silicalite-1 films MIN Haesik, JEON Yoonnam, SEOK Sangjune, KIM Doseok¹, KIM Hyunsung², YOON Kyungbyung², KIM Hyunsung³ (Department of Physics, Sogang University. ¹Department of Physics and Interdisciplinary Program of Integrated Biotechnology, Sogang University. ²Center for Microcrystal Assembly, Department of Chemistry and Interdisciplinary Program of Integrated Biotechnology, Sogang University. ³Department of Chemistry, Sogang University.) Hemicyanine dyes can be incorporated into silicalite-1 channels in uniform orientations.¹ To elucidate the underlying mechanism, two different hemicyanine dyes having a long hydrophobic C₁₈-alkyl chain on opposite ends of the dipolar nonlinear optical chromophore were adsorbed into the vertically oriented channels of silicalite-1 films supported on glass plate. Second-harmonic phase measurement revealed that the above two molecules in the silicalite-1 channels were indeed oppositely oriented. A

Langmuir monolayer of a hemicyanine was used as a reference sample to determine the absolute orientation of the dyes in the above samples, which allowed us to confirm that the dyes prefer to enter zeolite channels with the hydrophobic tail part first.

Jp-003

이차 조화파 발생에서 광 주파수 비의 초정밀 측정 이원규, 이대수, 서호성, 박창용, 박상언, 유대혁 (한국표준과학연구원) 광빔(optical frequency comb)을 매개로 하여 이차 조화파 발생에서 이차 조화파의 주파수와 기본 주파수의 광 주파수 비를 높은 정밀도로 측정하였다. 1542 nm의 파장을 가지는 아세틸렌 분자의 P(16) 전이선에 안정화된 다이오드 레이저의 출력을 에르븀 첨가 광섬유 증폭기(EDFA)로 증폭한 후, 주기적으로 분극된 리튬니오브산염(PPLN; periodically poled LiNbO₃) 도파관에 통과시켜 이차 조화파(771 nm)를 얻었다. 1542 nm의 빛은 펨토초 광섬유 레이저의 출력의 일부를 사용하여 측정하였고, 771 nm의 빛은 위의 펨토초 광섬유 레이저의 이차 조화파를 광결정 광섬유(photonic crystal fiber)로써 스펙트럼을 넓힌 광빔으로 측정하였다. 두 주파수 측정은 서로 동기된 두 개의 주파수 계수기로 동시에 70000 초 동안 이루어졌다. 광빔의 반복율(f_{rep})과 오프셋 주파수(f_{ceo})는 수 소메이저에서 공급된 10 MHz 신호에 위상잠금하였다. 이차 조화파와 기본 광 주파수의 주파수 비는 $2.000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000 \pm 2.5 \times 10^{-17}$ 으로 측정되었다.

Jp-004

⁸⁷Rb 원자의 고 분해능 주파수 변조전달 분광신호를 이용한 반도체 레이저 주파수 안정화 윤두성, 윤태현(고려대학교, 물리학과) 본 논문에서는 전기 광학적 위상 변조기를 사용해서 위상을 변조시킨 반도체 레이저를 이용해 795 nm ⁸⁷Rb 원자의 D₁ 초미세 구조 전이선을 대상으로 주파수 변조전달 분광 실험 및 주파수 안정화 결과를 보고한다. 주파수 변조전달 분광법은 지금까지 알려진 분광법 중에서 가장 민감도가 뛰어나고 도플러 효과가 없는 이상적인 대칭적 주파수 분별곡선을 얻을 수 있는 고 분해능 분광법이다. 실험에서는 795 nm ⁸⁷Rb 원자 D₁ 전이선의 F = 2 ↔ F' = 2 및 F = 1 ↔ F' = 2 초미세 구조선에 대한 Doppler-free 분광신호를 얻었다. 측정된 주파수 분별신호를 이용하여 자체 제작한 795 nm 외부 공진기형 반도체 레이저의 주파수를 안정화하였다. 앞으로 우리는 변조전달 분광법으로 주파수 안정화된 레이저를 기준 레이저로 삼아 ⁸⁷Rb 원자의 냉각과 포획 실험 및 펄스형 결맞음밀도포획(Coherent population trapping) 원자시계 실험에 활용할 계획이다. 학회 발표에서 우리는 ⁸⁷Rb 원자에 대한 주파수 변조전달 분광 실험결과와 주파수

안정도에 대한 분석 결과를 보고 할 것이다.

Jp-005 **Comparison of the Dependence of Saturated Absorption Signals of Rb D₂ line on the Beam diameter and the Intensity** 문 걸, DO Huy Diep, 노 흥렬(전남대, 물리학과.) We measured the SAS spectra by varying the size and the intensity of the pump beam. Although two effects give the similar spectra, we can find the difference for the SAS signal for the F_g=2 → F_e=3 closed transition line by using the rate equation theoretically. When the intensity of the pump beam increases, the dip at this frequency changes to the sharp peak superposed on the broad dip signal. This is because the population at |F_g=3, m=3> increases as the pump intensity increase(saturation effect). However, as the size of the pump beam increases, the saturation effect does not occur, which results in the dip for the signal at this frequency.

Jp-006 **Intensity Dependence of the Velocity-Selective-Optical-Pumping of Thallium Atoms in a Vapor Cell** 고 광훈, 정 도영, 박 현민, 유 길상¹, 임 권, 차 용호, 김 택수(한국원자력연구소, ¹한남대학교, 물리학과.) 준안정 준위로 광펌핑된 탈륨 원자를 흡수 분광법을 사용하여 광펌핑 특성을 조사하였다. 광펌핑 광원과 조사 광원은 서로 반대방향으로 진행시켰으며, EIT(Electromagnetically Induced Transparency)의 영향을 받지 않는 전이선을 선택하여 흡수 스펙트럼을 측정하였다. 약 570 °C의 탈륨 오븐에서 발생된 도플러 선폴이 약 1 GHz 인 탈륨 증기에서 실험이 수행되었다. 탈륨 원자의 광펌핑 광원으로는 고리형 티타늄 사파이어 레이저에서 발생하는 단일 종모드 레이저광의 제 2 고조파(378 nm)를 사용하였으며, 제 2 고조파는 고리형 공진기를 사용하여 발생시켰다. 이 때, 광펌핑 광원의 세기는 최대 약 1200 mW/cm² 이었다. 조사광원으로는 파장 1070 nm 인 다이오드 레이저광을 PPLN 결정에 단일 통과시켜 제 2 고조파를 발생시켰으며, 세기는 약 수십 uW 이었다. 흡수 스펙트럼의 광펌핑광의 세기의 의존성에 대한 실험결과와 함께 계산결과를 발표한다.

Jp-007 **N₂O분자 광흡수단면적 측정** 김 현(충남대학교 물리학과.) N₂O분자의 광흡수단면적을 Double Ion Chamber(DIC)를 이용하여 파장영역 30 nm - 200 nm에서 측정하였다. 광원은 포항가속기연구소 3B1 NIM beam line의 resolution 0.06 nm인 방사광을 이용하였다. 광이온이 생성되는 영역에서는 DIC방법과

attenuation방법으로 광흡수단면적을 측정하여 서로 비교하였으며 photon energy가 문턱에너지보다 낮은 영역에서는 attenuation방법으로 광흡수단면적을 구하여 L. C. Lee et al. [L. C. Lee and Masako Suto J. Chem. Phys. 80, 4718 (1984)]의 광흡수단면적값과 비교하였다.

Jp-008 **Irregularity of autoionizing Rydberg series in photoionization leading to the Si³⁺ 3l states from the ground state of Mg-like Si²⁺ ion** 김 대성, 김 영순¹(경기공업대학, e-비즈니스과, ¹명지대학교, 물리학과.) The autoionizing Rydberg series leading to the Si³⁺ 3l states from the ¹S ground state of the Mg-like Si²⁺ reveals significant irregularities in the resonance structures, owing to the interlopers which converge to the different ionization thresholds. As a result, there exists an abnormal inflection point in the photoionization spectra. We have identified the major resonances using the ideas of eigenphase sum gradients. The present results extend and improve upon earlier calculations. We hope that the detailed calculations presented here will stimulate future experiments to corroborate our claim of accuracy.

Jp-009 **헬륨원자의 3차원에서의 광이온화 전 단면적** 변 창우, 최 낙렬, 이 민호(금오공과대학교) 삼체문제 중에 가장 간단한 구조를 가진 헬륨원자에 대해 기존에 연구되어 왔던 1차원을 벗어나 각운동량이 존재하는 3차원 구조에 대해 광이온화 전단면적(TPICS)을 연구한다. 현재 이런 구조를 가진 실험이 행해져 있으며, 이 결과의 푸리에 변환은 고전역학을 이용한 스케일된 작용량(action) 값과 일치함을 보이고, 에너지가 전자 탈출에너지에 도달할때 TPICS의 요동(fluctuation)은 에너지에 대해서 특정한 지수(exponent)를 보이는 것을 증명한다. 이 지수는 에너지가 0보다 큰 경우에 해당하는 Wannier 지수와는 다른 결과이다.

Jp-010 **효율적 광 이온화를 위한 Yb 원자 전이선 (6s6p ³P₁ → 5d6s ³D₁) 의 동위원소 이동 및 초미세 구조 연구** 김 복실, 박 현민¹, 한 재민¹, 고 광훈¹, 정 도영¹(충남대학교 물리학과, ¹KAERI.) Yb 원자의 효율적 광 이온화를 위하여 (6s6p ³P₁ → 5d6s ³D₁) 전이선에 대한 동위원소 이동 측정 및 초미세 구조 연구가 수행되었다. 원자 증기로서는 Hollow Cathode Discharge Lamp가 사용되었고, 여기광원으로써는 중심 파장이 1539 nm 인 Littman형 다이오드 레이저가 사용되었다. 고분해 분광 스펙트럼을 얻기 위해서 포화 흡수 분광법을 이용하였다. 실험 결과, 각 Yb 동위원소들

의 동위원소 이동값을 측정하였으며, 홀수 동위원소인 ^{171}Yb , ^{173}Yb 에 대해서는 초미세 구조를 측정하였다. 측정된 결과를 기존 연구 결과로부터 유추된 자료와 비교 분석하였으며, Yb의 효율적 광 이온화를 위한 전이선 탐색에 활용하였다.

Jp-011 원자 결맞음 고분해 분광을 위한 반도체 레이저의 주입-잠금 문 한섭, 배 인호(부산대학교 물리학과) 우리는 반도체 레이저의 주입-잠금을 하기 위해 주레이저로서 일반적인 반도체 레이저의 단점을 보완한 Littman형 외부공진기 레이저를 사용하여 선풍이 좁고 출력이 안정적인 시스템을 구성하였고 종레이저로는 상용 반도체 레이저를 사용하였다. 주레이저는 6.8 GHz 전기광학 변조기(EOM)를 지나면서 변조되어 옆띠들을 가지게 되고 종레이저는 주레이저에서 6.8 GHz떨어진 곳에서 발진하게 되어있다. 이 때 변조된 주레이저가 종레이저에 주입되어지면 종레이저의 주파수는 6.8 GHz 차이가 나고 주레이저와 위상-결맞는 광원이 된다. 이러한 반도체 레이저의 주입-잠금을 이용하여 Rb 원자의 D1-전이선에서 결맞음 밀도 포획에 대한 고분해 분광 연구를 할 것이다.

Jp-012 556 nm 레이저를 이용한 Yb 원자의 2차 자기광 포획을 위한 1112 nm 반도체 레이저의 2차 조화파 발생 이 진용, 윤 태현(고려대학교 물리학과) Yb 원자의 $^1S_0 - ^3P_0$ 상호결합 전이선을 이용한 광격자 시계 구현을 위해서는 먼저 $^1S_0 - ^1P_1$ 전기쌍극자 전이선을 이용한 1차 냉각이 선행되어야 한다. 그리고 $^1S_0 - ^3P_1$ 상호결합 전이선을 이용한 2차 냉각으로 10 μK 정도의 극저온 Yb 원자를 만들어 매직 파장 광격자에 포획하여야 한다. 본 논문에서는 Yb 원자의 2차 자기광 포획을 위해 555.8 nm $^1S_0 - ^3P_1$ 상호결합 전이선 근처에서 발진하는 레이저 제작에 대해서 발표한다. 실험에서는 1112 nm 파장에서 300 mW 출력을 가진 외부 공진기형 반도체 레이저를 사용하였다. 556 nm 2차 조화파 발생을 위하여 4개의 거울로 이루어진 외부 공진기를 만들고 크기의 LBO 비선형 결정을 온도조절기 내에 설치하여 공진기의 초점에 위치시켰다. 입력 거울의 반사율은 비선형 결정의 흡수와 2차 조화파 발생에 의한 손실을 고려하여 2 %의 투과율을 갖도록 1112 nm에서 유전체 코팅을 하였다. 그리고 공진기에 사용되는 다른 2개의 구면 거울과 1개의 평면 거울은 1112 nm에 대해서는 고반사율을 갖고 556 nm에 대해서는 무반사 특성을 갖는 이색 유전체 코팅을 하였다. 제작한 556 nm 2차 조화파 레이저의 주파수를 Yb 원자의 555.8 nm $^1S_0 - ^3P_1$ 상호결합 전이선 근처에서 안정화 되도록 요오드 분자(I_2)의 초미세 구조선에 대한

Doppler-free 분광 신호를 검출하는 실험이 진행 중에 있다. 학회 발표에서는 556 nm 2차 조화파 반도체 레이저의 출력 및 주파수 가변 특성 실험 결과와 555.8 nm 근처에서 요오드 분자의 Doppler-free 분광 신호에 주파수 안정화 시키는 실험 결과를 보고할 것이다.

Jp-013 모드록된 반도체 레이저를 이용한 ^{87}Rb 원자의 결맞음밀도포획 공명신호 관측 장 광훈, 윤 두성, 송 민수, 윤 태현(고려대학교, 물리학과) 증기 셀 안에 있는 원자를 대상으로 결맞음밀도포획(Coherent population trapping; CPT) 공명신호를 얻기 위해서는 일반적으로 위상 관계가 있는 두 대의 레이저가 사용된다. 우리는 CPT 공명신호 관측에 필요한 두 대의 레이저를 한 대의 능동적으로 모드록된 반도체 레이저를 이용하여 만들었다. 또한 CPT 공명신호 관측에 적합하도록 무자장 내에서 온도조절과 정자장을 발생시킬 수 있는 증기 셀 시스템을 제작하였다. ^{87}Rb 원자의 D₁ 전이선 주파수인 795 nm 근처에서 모드록된 반도체 레이저의 스펙트럼은 펄스의 반복 주파수 525.7 MHz의 정수배에 해당하는 광주파수 빔으로 구성되며 수십 GHz의 선풍을 갖는다. 따라서 ^{87}Rb 원자의 바닥상태 초미세구조선의 분리 주파수가 6.835 GHz이므로 모드록된 레이저의 광주파수 빔 중에서 모드간격이 6.835 GHz인 두 모드를 선택하여 CPT 실험을 할 수 있다. 실험에서는 반도체 레이저와 회절격자를 이용하여 28.5 cm의 공진 길이를 갖는 외부 공진기형 반도체 레이저를 만들고 반도체 레이저의 전류를 525.7 MHz로 변조하여 능동 모드록된 레이저를 만들었다. 그리고 내경이 6 cm이고 길이가 24 cm인 증기 셀 시스템 주위에 20 cm 길이의 솔레노이드를 감았으며 그 위에 세 겹의 뮤 금속을 감싸 외부의 자기장이 증기 셀에 영향을 주지 않도록 하였다. 또한 증기 셀 외부에 히터를 부착하여 80 °C까지 온도 조절이 가능하게 하였다. 현재 음향-광학적 변조기를 이용하여 펄스형 CPT 공명신호 관측 실험이 진행 중이며 학회에서 이에 대한 기초적인 실험결과를 보고할 것이다.

Jp-014 Semiclassical Theory of Sub-Doppler Forces in an Asymmetric Magneto-Optical Trap with Unequal Detunings 노 흥렬, 제 원호¹(전남대, 물리학과. ¹서울대, 물리천문학부) We present semiclassical theory of the sub-Doppler forces and the resulting array of sub-Doppler traps (SDTs), observed in the six-beam magneto-optical trap under asymmetric trap conditions of unequal trap-laser frequencies. To solve the optical Bloch equations containing explicit time dependence unlike the symmetric case of equal laser detunings, we

have developed a convenient and efficient method to calculate the atomic forces at various oscillating frequencies for each atomic density matrix element. In particular, we find that the distances between SDTs are proportional to the relative detuning differences, in good agreement with experimental results.

Jp-015 Zeeman 감속기를 이용한 Yb 열 원자 빔 종속도 조절 송 민수, 이 진용, 윤 태현(고려대학교, 물리학과.) 최근에 제안된 ^{174}Yb 원자의 $^1\text{S}_0 - ^3\text{P}_0$ 상호결합 전이선을 기준 진동자로 사용하는 광격자 시계를 구현하기 위해서는 자기광 포획 기술을 이용하여 원자의 온도를 수십 μK 까지 냉각 및 포획하는 실험이 선행되어야 한다. 그리고 Yb 원자를 효율적으로 자기광 포획하기 위해서는 200 m/s 정도의 속도를 갖는 Yb 열 원자빔의 속도를 자기광 포획 장치에 포획될 정도의 최종속도 30 m/s를 갖도록 감속하여야 한다. 본 논문에서는 ^{174}Yb 원자의 $^1\text{S}_0 - ^1\text{P}_1$ 399 nm 전기쌍극자 전이선을 이용한 Zeeman 감속기의 설계 및 종속도 조절 특성에 대한 실험 결과를 보고한다. Zeeman 감속기는 공간적으로 다른 기울기를 가지는 외부 자기장으로 원자의 에너지 준위 분리를 제어하여, 원자와 레이저의 상호 작용에 의한 Doppler 냉각을 연속적으로 유지시켜서 원자의 속도를 조절하는 장치이다. 감속기의 길이는 20 cm로 설계하였고, 이 조건에서 σ 편광이 된 감속용 레이저를 사용했을 때 필요한 자기장의 공간적 기울기를 계산하였다. 계산된 자기장 공간 분포에 맞는 자기장을 실험적으로 생성하기 위해 공간적으로 감은 수가 달라지는 솔레노이드 1차 코일을 설계 및 제작하였다. 1차 코일에 2.1 A의 전류를 가해 감속기 출구에서 320 G의 자기장을 생성하였고, 최대 기울기는 37 G/cm였다. 균일한 자기장을 발생시킬 수 있는 2차 코일을 감속기 외부에 설치하여 반대 방향의 자기장을 생성시켜서 자기장의 최대값을 조절할 수 있었다. 제작한 Zeeman 감속기를 이용하여 초속도가 200 m/s 이하인 원자들의 최종속도를 10 ~ 30 m/s까지 자유롭게 조절할 수 있었다. 또한 약 30 W를 소모하는 두 코일들을 수랭식 냉각 방법을 통하여 열에 의한 물리적 변형과 코일의 저항 변화에 의한 전류 변화를 방지하였다. 학회 발표에서는 400 °C까지 가열 가능한 오븐에서 발생한 확산형 Yb 열 원자빔을 Zeeman 감속한 실험 결과와 종속도 분포 측정 및 조절에 대한 결과를 보고할 것이다.

Jp-016 Quantum Learning Machine LEE Jinhyoung, BANG Jeongho, LIM James(Department of Physics, Hanyang University.) We consider a novel approach of automatic control for quantum information

processing. Based on the quantum automatic control theory, we propose a quantum learning machine(QLM) which can be used to develop a quantum algorithm. The proposal for QLM is based on the following hypotheses : H.1) QLM is non-deterministic. H.2) QLM eventually works a given task as maximizing the fidelity for the target states, and H.3) when the fidelity is optimized, the operation that QLM does will be a quantum algorithm for the given task. As an example, we illustrate that QLM finds Deutsch algorithm that is different from but equivalent to the original one. In this work, we introduce the optimal learning method and examine that the QLM can give the single quantum gates, especially Not-gate, and Controlled-Not gate. And going one step forward, we show that the QLM can find Deutsch algorithm for given input and target quantum states.

Jp-017 Nonlocality For A Complex System With Many Configurations Of Measurements LEE Jinhyoung, RYU Junghee(Department of Physics, Hanyang University.) Quantum nonlocality conflicts with any local-realistic theories. It is at the heart of quantum mechanics and also plays essential roles in quantum information processing. In 1964, Bell show that there is an upper limit to the correlation between distant events which must be obeyed by any local-realistic theories but violated by quantum mechanics. In this time, we investigate the nonlocality of complex system, which is multipartite, many configuration and high dimension. For the purpose propose a generic Bell's inequality, is based on GHZ nonlocality. We show that it is violated by quantum mechanics. We also discuss the structure of the presently derived inequality.

Jp-018 Quantum Interface Of SPPs And Photons At Otto's Configuration LEE Jinhyoung, LEE chanyoung, TAME Mark¹(Department of Physics, Hanyang University. ¹School of Mathematics and Physics, Queen's University.) One of the most desired requirements in quantum information technology is to interconvert between flying qubits and stationary qubits. As an intermediate study, we consider the composite system of surface plasmon polaritons (SPP), quantum lights and their interconversion for a quantum interface. Otto's configuration is proposed for the purpose. We show that the composite system can approximately be modelled as an operation consisting of two consecutive splittings: One

splitting of incident light to reflected radiation and evanescent field. and other splitting of the evanescent field to a perturbed radiation and SPP excitation. We formulate and analyze the present study in the framework of quantum theory.

Jp-019 **Secure Quantum Key Expansion Between Two Parties Sharing a Key** 지 세완, 이 해웅(*Department of Physics, KAIST*.) We investigate a quantum key expansion scheme by which the length of the key shared by two parties can be securely increased. The scheme is based on a previously proposed quantum key distribution scheme that does not require public announcement of bases. A theoretical analysis of the scheme and its security is presented.

Jp-020 **Study of the response of Rabi oscillation to pulsed perturbation** 김 기나, 최 재민, 조 동현(*고려대학교 물리학과*.) We study the dynamics of Rabi oscillation between sublevels of cesium ground hyperfine structures under a periodical magnetic pulse. When the pulse height and duration are set such that a fictitious spin precesses 2π or its integer multiple with respect to the quantization axis defined by a static magnetic field, a fictitious spin will evolve as if there were no pulsed perturbation. In this case, there is no resonance frequency shift. In this experiment, magneto-optically trapped cesium atoms which are spin polarized to the extreme magnetic quantum state are used to investigate the effect of a pulsed magnetic field on the hyperfine transition. This study also has possible applications in metrology with atoms trapped in a pulsed optical trap

to avoid the frequency shift and inhomogeneous broadening due to ac Stark shift.

Jp-021 **빛의 상대적 입자성과 비고전성** 신성국, 노재우, 김기식(*인하대학교 물리학과*.) 빛의 입자성이 가장 두드러지게 나타나는 빛의 수상태는 광통계나 상관함수 관계 등에서 고전적 파동성과 크게 구별되는 가장 비고전적인 빛의 상태로 간주되고 있다. 진공 상태에서부터 수상태를 낳는 연산자 과정을 임의의 결맞음 상태에서부터 상대적 수상태를 낳는 연산자 과정으로 확장시키고, 이렇게 얻는 상대적 수상태의 비고전성을 정량적으로 조사하였다. 또한, 연산자 과정을 임의의 순수 상태를 기준으로 선정하여 적용할 수 있는가를 논의하였다.

Jp-022 **Novel In-cell Retardation Layer for a Spontaneously Aligned Liquid Crystal Displays** LIM YONG-WOON, KWAK CHANG-HWAN, LEE SIN-DOO(*서울대학교 전기공학부*.) For a better optimization and no parallax of the reflective and the transmissive liquid crystal displays (LCDs), an optical retardation layer is interposed in the inner part of the LC cell. A photo-polymerizable liquid crystalline material was made good use as a resist for a novel fabrication method, soft-lithography process. The optical retardation was measured by photo-elastic modulation (PEM) technique and the optical anisotropy was verified through polarized optical microscopy. Moreover, the one-dimensional microgrooves of microstructure embossed on glass substrates provide the spontaneous alignment of the LC molecules without extra coated alignment layer in the LC cell.

■ SESSION: P2

4월 20일 (금), 11:00 - 12:45

스키하우스

Lp-001

A Cosmic-ray Detector for the educational outreach program

이 만우, 성 기웅¹, 이 종선², 김 경숙, 김 광수, 김 귀년(경북대학교 물리학과. ¹경북대학교 전자공학과. ²대구과학고등학교.) We describe a cosmic-ray detector which will be used for the educational outreach program. The detector consists of three pairs of scintillators and photo-multipliers, three co-incident signal processing boards, and a control board. The data output comprises three counter displays, three arrow LED displays for the direction, and a standard USB interface for further data processing. There are two modes to operate the detector: one is manual mode and the other computer mode based on the internet. We tested the distribution and the transmission of cosmic-ray in the air and the shield material with the cosmic-ray detector.

*This work is partly supported by the R&E program of the KOSEF and by the BK21 of the KRF.

Lp-002

Study on Instability of AdS soliton spacetime

오 창현, 강 궁원¹, 이 철훈(한양대학교. ¹KISTI.) In 1998, Horowitz and Myers proposed a new positive energy theorem conjecture. It states that the AdS soliton spacetime has the least energy among all spacetime configurations which are asymptotically AdS. This spacetime can be regarded as a solitonic object having its gravitational energy confined within a compact region, possessing neither any curvature singularity nor an event horizon inside. We have been investigating various properties of this spacetime in numerical methods. It is believed that this spacetime must be stable under small perturbations at least in order to serve as a ground state. In this work, as a first step, we check the stability of the spacetime in the consideration under a rather restricted class of perturbations having circular symmetry. Our numerical results seem to indicate that the AdS soliton spacetime is stable under such perturbations.

Lp-003

원시성 B335의 밀리미터 연속복사와

H2CO 선 관측 최 민호(한국천문연구원.) 원시성 B335에서 나오는 1.3 mm 연속복사와 H2CO 312-211 방출선을 약 8초의 각해상도로 관측하였다. 먼지에서

나오는 연속복사로 검출된 안쪽 껍질의 질량은 태양질량의 약 0.021 배이다. 원시성 위치의 H2CO 스펙트럼은 파란 쪽으로 비스듬한 이중 봉우리 윤곽을 보이는데, 이것은 안쪽 껍질의 속도구조에서 가장 중요한 성분이 유입운동임을 뜻한다. 그러나 청색이동된 봉우리와 적색이동된 봉우리를 따로 영상화하면, 가장 밝은 점들 사이에 동서방향으로 작은 차이가 보인다. 이 위치차이는 H2CO 방출선의 일부가 분출류에서 나온다는 것을 시사한다. 유입되는 껍질과 분출류가 복합적으로 복사 전달에 주는 효과를 검토하였다. 유입만을 생각한 모형에 비해서, 이러한 복합적인 모형이 선윤곽 비대칭에 미치는 효과가 더욱 클 것으로 예상된다.

Lp-004

확률적 중력파동배경과 약한 중력렌즈

송 두중(한국천문연구원.) 확률적 중력파동 배경(SGWB) 속을 여행하는 빛의 진파를 선형 건드림된 프리이드만 시공간과 약한 중력렌즈(WGL) 수식화 바탕 위에서 다루었다. 텐서형 건드림으로 대표되는 SGWB의 렌즈확대행렬을 약한 중력렌즈 수식화 과정을 통해 기술하였고, 영사막 위의 입체각의 변형의 맥스펙트럼을 계산함으로써 SGWB의 맥스펙트럼과 연결되는 공식을 구하였다. SGWB의 기원을 천체물리학적 GW 샘으로 생각하고, 그 중에서 밀집성 쌍성계가 GW 샘이 되는 경우 SGWB의 맥스펙트럼을 계산함으로써 입체각 변형의 맥스펙트럼을 살펴보았다.

Lp-005

Non-flat universe and interacting dark energy model

서 민건, 김 경이, 이 형원, 명 연수(인제대학교 컴퓨터 응용과학부 & 수리과학연구소.) For non-flat spacetime of $k \neq 0$, we investigate a model of the interacting holographic dark energy with cold dark matter(CDM). There exists a mixture of two components arisen from decaying of the holographic dark energy into CDM. In this case we use the effective equations of state ($\omega_{\text{eff}}^{\Lambda}$, ω_{eff}^m) instead of the native equations of state (ω_{Λ} , ω_m). Consequently, we show that any interacting holographic energy model in non-flat universe cannot accommodate a transition from the dark energy to the phantom regime

Lp-006

브레인 우주론에서 상호작용하는 암흑

에너지 모델 김 경이, 이 형원, 명 연수(인제대학교 컴퓨터 응용과학부 & 수리과학연구소.) 본 논문에서는 브레인 우주론을 도입하여 bulk와 4D 브레인 내에 존재

하는 암흑에너지와의 상호작용 효과를 고려한다. 여기에 암흑에너지는 holographic 법칙에 의해 얻어진 holographic 암흑에너지를 도입하였다. 또한 동일한 상호작용 효과를 bulk와 4D 브레인 내에 존재하는 냉암흑물질(CDM)와의 상호작용 효과를 고려하여 현재에 가속팽창하는 우주에 어떻게 영향을 주는지를 각각을 비교하여 살펴보고자한다. 이를 위하여 각각에 3개의 비선형미분방정식을 구하고 이를 수치적인 방법으로 풀었다. 이러한 수치적인 방법을 통하여 살펴본 결과 상태방정식이 phantom 구간인 -1 보다 작은 값은 나타나지 않음을 확인할 수 있었다.

Lp-007

Very Long Baseline Interferometry Observations of Be Star-Compact Star Binary System KIM Soon-Wook, KIM Jeong-Sook¹(*Korea Astronomy and Space Science Institute. ¹Kyunghee University, Department of Astronomy and Space Science.*) Many massive star-compact star binary systems are known. In particular, massive Be or B[e]-type companions have been found together with compact objects. However, the nature of compact ob-

jects in these systems are often unknown. We therefore propose to observe these systems with very long baseline interferometry to find out the nature of the compact objects. One of proposals has recently been accepted, and the observations are being scheduled.

Lp-008

Interferometric Radio Observations of Microquasar KIM Jeong-Sook, KIM Soon-Wook¹(*Kyunghee University, Department of Astronomy and Space Science. ¹Korea Astronomy and Space Science Institute.*) Microquasars have displayed complex flares with relativistic jets, but have been rarely observed in detail with interferometric observation, in particular, at high frequency radio waveband. We propose to observe long term behaviors of flaring activities and associated jet images for microquasars with very long baseline interferometry. One of our proposals has recently been accepted, and the observations are on going since the early 2007.