

한국원자력연구소 주최, 제2회 레이저 분광학 심포지움

제2회 레이저 분광학심포지움이 한국원자력연구소 주관으로 지난해 11월3일부터 4일까지 양일간에 걸쳐 한국원자력연구소 원자력연수원에서 열렸다.

지난해 제1회 심포지움에 이어 올해에도 기대 이상의 많은 국내외 전문가들의 적극적인 참석하에 연구결과 발표 및 토론, 그리고 상호관심사항의 교환이 이루어졌다.

한편, 동 심포지움에서는 한국원자력연구소 신재인 소장의 환영사와 한국광학회 김웅 회장의 격려사에 이어 26 여편의 논문이 발표되었다.

이 중 본보에서는 △혼돈제어를 이용한 Q-Switching된 CO₂ 레이저의 출력안정화 △자기광학적 트랩을 이용한 Rb원자의 분광학 △펄스형 반도체레이저 단면여기 Nd:YAG레이저의 동작특성 초록과 함께 이날 발표된 논문목록을 게재하니 관심있는 독자제현의 많은 참고 바란다. — 편집자 주 —

혼돈제어를 이용한 Q-switching된 CO₂ 레이저의 출력 안정화

김철민, 김연수
(배제대학교 물리학과)
권오중(공주교대)

1990년에 Ott, Gre-bogy, Yorke(OGY)가 혼돈을 제어하는 이론을 제시한 이후로 그들의 방법을 실험적으로 구현하는 연구와 실제적인 응용을 추구하는 연구들이 다수 발표되었다. OGY 혼돈제어 방법은 혼돈끌개 안에 무한개의 불안정 주기궤도들이 있다는 사실을 인식함으로써 시작되었다.

OGY는 혼돈이란 섭동에 매우 민감하기 때문에 혼란스런 어떤 궤도를 이 중 하나의 불안정 주기궤도 위를 움직이게끔

만들기 위해서는 단지 아주 작은 섭동만으로 충분하다는 것에 착안하여 이를 공식화하였다. 만일 혼돈끌개의 포앙카레 단면이 일차원이라면 궤도를 바로 불안정 주기궤도 위에 올려 놓아야 된다. 그러나 이 단면이 이차원 이상일 경우에는 각 불안정 주기궤도는 반드시 하나 이상의 수렴다양체(stable invariant manifold)을 갖고 있으므로 이 위로 궤도를 올려 놓으면 된다.

이 방법은 Diode레이저로 들떠온 Nd:YAG 레이저의 2차 고조파 출력의 불안정성 즉 “녹색문제(green problem)”를 해결하여 이 레이저의 출력을 안정시키고 동시에 평균출력을 세배나 증가시켰다. 대부분의 레이저 출력의 불안정성

은 혼돈으로 알려져 있는데 이는 비율방정식(rate equation)이 비선형적이기 때문이다. 이 중 잘 알려진 레이저 출력의 불안정성 중 하나는 전기광학적이거나 음향광학적으로 이산화탄소 레이저를 Q-switching시킬 때 나타나는 혼돈이다.

전기광학적으로 이산화탄소 레이저를 Q-switching 시키면 이 레이저는 변조주파수의 증가에 따라 주기배가 갈래질을 통하여 혼돈에 이르며, 음향광학적으로 Q-switching시키면 변조주파수의 진폭 증가에 따라 주기배가 갈래질을 통하여 혼돈에 이른다고 알려져 있다. 그러므로 이 레이저도 변조주파수나 진폭을 OGY방법으로 조절하여 안정화시킬 수 있다.

여기서는 전산시뮬(computer simulation)을 통하여 Q-switching된 이산화탄소 레이저의 혼돈을 구하였고 또 일차원 단면의 포앙카레면에서의 혼돈끝개를 구하였으며 이 끝개 내부의 불안정점으로 작은 주파수변조를 통하거나 작은 진폭 변조를 통하여 이 레이저를 안정화시킬 수 있음을 보였다.

자기광학적 트랩을 이용한 Rb 원자의 분광학

노홍렬, 김재욱, 남동석, 제원호
(서울대학교 물리학과)

레이저 냉각 및 포획은 원자와 광자의 선형운동량과 에너지 교환으로 원자의 운동에너지를 감소시키고 공간에 포획하는 방법으로서 최근 활발한 연구가 계속되어 왔다. 본 연구에서는 공간적으로 선형으로 변화하는 자기장과 레이저의 산란힘(scattering force)의 결합으로 원자를 포획하는 방법인 자기광학적 트랩(Magneto-optical trap)에서 ^{85}Rb 원자를 분리, 냉각 및 포획하였다.

포획용, 펄스 레이저로는 grating을 사용하여 광되먹임시켜 선풍이 축소된 반도체 레이저($\lambda=780\text{nm}$)를 사용하였

다. 포획용 레이저는 ^{85}Rb 의 $5S_{1/2}$, $F=3 \rightarrow 5P_{3/2}$, $F'=4$ 천이선에서 약간 적색편이된 부분에, 포화 흡수분광신호를 이용하여 PZT전압에 servo-lock 장치를 이용하여 전기적 되먹임시켜서 주파수를 고정시켰고 원자가 $FS_{1/2}$, $F=2$ 준위에 쌓이는 현상을 방지하기 위한 펄스 레이저는 $5S_{1/2}$, $F=2 \rightarrow 5P_{3/2}$, $F'=3$ 천이선을 이용하였다. 포획용 레이저는 서로 직교하는 3개의 축으로 나뉘어 조사되고 각각 선형 편광자(LP)와 $\lambda/4$ 판을 통과하여 원편광이 되고 거울에 반사되어 되돌아오는 빛은 $\lambda/4$ 판을 한번 더 통과하여 원편광이 된다. 이렇게 6방향에서 조사된 레이저광은 중앙에서 교차하여 원하는 루비듐원자를 포획하게 된다. 서로 반대방향으로 전류가 흐르는 두 개의 coil로 구성되어 있는 Anti-Helmholtz coil을 사용하여 공간적으로 선형으로 변화하는 자기장을 만들었다. 포획된 원자의 온도는 Release & Recapture 방법을 사용하여 측정하였으며 한 개의 레이저광의 세기가 약 0.7mW, 광의 직경이 약 1cm이고 Z축 방향의 자기장 기울기가 $b=7.2 \text{ G/cm}$ 일 때 $T=500 \pm 300 \mu\text{K}$ 을 얻었다.

또한 루비듐 원자의 두가지 동위원소(질량수 85와 87)를 분리하기 위하여 한 대의 반도체 레이저의 전류를 마이크로파 변조하였다. 이것은 ^{85}Rb 원자를 한대의 레이저로 포획하기 위한 것으로서 원래의 레이저광 주파수에서 2.9GHz 이동된 sideband 출력광을 얻었다. 마이크로파는 YIG crystal (Avantek, AV-7124, 2~4 GHz)을 사용하여 얻었으며 최대 출력은 약 10mW이었고 grating에 의한 광되먹임된 반도체 레이저의 외부 공진길이는 5.14cm 이었다. 변조된 Sideband를 펄스 레이저의 외부 공진 길이는 5.14cm이었다. 변조된 sideband를 펄스 레이저로 사용하여 ^{85}Rb 원자를 한 대의 레이저를 사용하여 포획하였다. 이 연구결과는 ^{87}Rb 원자를 포획하기 위한 다른 레이저 장치를 추가로 사용하여 루비듐 원자의 동위원소 분리에 사용될 것이다.

펄스형 반도체레이저 단면 여기 Nd:YAG 레이저의 동작특성

김병태, 김대식, 이형권,
이종용, 정치섭
(청주대학교 광학공학과)

Quasi-cw형 GaAlAs 반도체 레이저로 단면여기(end pumping)되는 Nd:YAG 레이저를 설계 제작하여 발전특성

및 제 2고조파 변환특성을 조사하였다.

여기용 반도체레이저는 펄스당 1.5J/500ms까지 에너지를 낼 수 있고, 2nm의 스펙트럼 반치폭에 중심파장이 811nm로 설계된 것이다. 반도체레이저에서 출사한 광속을 Nd:YAG결정에 효과적으로 집광하여 레이저를 발진시키기 위한 집속광학계는

collimater 렌즈, anamorphic 프리즘 쌍 및 focusing 렌즈로 구성한다. 다이크로익 코팅된 Nd:YAG 막대(10×10mmφ)와 120mm의 곡률반경에 90%의 반사율을 갖는 출력거울로 공진기를 구성하였다.

Free running 동작에서 여기에너지 795μJ/ 300μS에 펄스당 270μJ의 출력에너지로

34%의 효율을 얻었고, slope 효율은 41.7%를 나타내었다. Q-스위치 동작에서는 KD* P를 사용한 전기광학 Q-스위치로 25ns의 펄스폭에 40μJ의 출력에너지를 얻었다. 두께 5mm의 KTP typeII를 사용하여 레이저강도 24 M W/cm²에서 약 14%의 제2고조파 변환효율을 얻었다.

제2회 레이저 분광학 심포지움 발표논문 목록

| No | 논 문 제 목 | 발 표 자 |
|----|--|---|
| 1 | 반도체 레이저를 이용한 원자 및 분자의 레이저 분광학 | 제원호(서울대) |
| 2 | 들뜬상태 산소원자의 optogalvanic 신호연구 | 권남익(한국외국어대) 윤영환, 제원호(서울대) |
| 3 | Yb원자에서의 Coherent한 2-색 2-단계 여기과정연구 | 박현민, 이종훈, 백대현, 이용주, 이종민(원자력연) 이재형, 장준성(서울대) |
| 4 | Quantum beat현상을 이용한 Yb bs6P 3P, 상태의 Lande g factor 측정 | 고광훈, 이재형, 장준성 (서울대) 박현민, 이종민(원자력연) |
| 5 | 자기광학적 트랩을 이용한 Rb 원자의 분광학 | 노홍렬, 김재욱, 남동석 제원호(서울대) |
| 6 | 반도체 레이저 단면 여기 Nd: YAG레이저의 출력특성 | 김병태(청주대) |
| 7 | CW빔에 의하여 Injection Locking된 펄스펌핑 고리형 공진기에 대한 분석 | 김재완, 이성우, 공홍진 (과기원) |
| 8 | 고출력 색소레이저용 색소셀내의 유속측정을 위한 Fiber-optic LDV의 설계 | 김중수, 김지택, 조재홍 장수(한남대) |
| 9 | Self-seeding in the tunable lasers | 고도경, 김성호, 차병현, 이종민(원자력연) |
| 10 | Upconversion Emission in Er ³⁺ : LinbO3 | 임기수(충북대) W · Jia, W · M · Yen (Univ of Georgia) |
| 11 | Laser-induced Fluorescence Excitation Spectroscopy of Fluorene and its Derivatives in Supersonic Free Jets | 부봉현, 강성권(충남대) 최영식, 김택수(인하대) |
| 12 | Complex Resonances in the Predissociation of CS ₂ | 김봉수(경북대) |

| No | 논 문 제 목 | 발 표 자 |
|----|---|---|
| 13 | Femtosecond Ti: Sapphire Laser 및 Regenerative Amplifier System을 이용한 비선형분광학 | 유성규, 추장희, 김동호 (표준과학연) |
| 14 | Dynamics of Solute-Solvent Interactions in the Glassy to Liquid Solution of Dimethyl-S-tetra Zine in Glycerol | 유종완(표준과학연) |
| 15 | 두 준위 모델원자의 양상블을 통한 공명다광자 과정의 해석 | 김영철, 성도현, 김기식 (인하대) |
| 16 | 168Yb 전야선에 공명인 레이저광과 상호작용하는 Yb매질 원소들의 원자수동력학 | 최안성, 유병덕, 이용주, 한재민, 이종민(원자력연) V.A.Mishin and M.A. Kuzmina(GPI, Russia) |
| 17 | Investigation of Self-absorption Phenomena in Laser-induced Plasma | 송규석, 차형기, 이종민 (원자력연) 이용일(건양대) 박민춘, 이계호(충남대) |
| 18 | Is it Possible to make portable high resolution spectrometer for isotope analyses? | 이상천(경남대) |
| 19 | The saturation Absorption spectroscopy of the 87Rb D ₂ line in Magnetic Fields | 박상언, 조혁(충남대) 이호성(표준과학원) 박종대, 권병국(배제대) |
| 20 | 포획된 세슘원자에서의 Parity Nonconservation 측정방법 | 조동현(고려대) |
| 21 | 광궤환을 이용한 다이오드레이저의 선폭축소 및 주파수 안정화 | 김중복(한국 교원대) |
| 22 | Two-step Two-photon-resonant Three-Photon Autoionization of a Divalent Aton | 남백일, 유성미, 김영순 (명지대) |
| 23 | 낮은 장벽 양자우물구조에서 관측되는 Excitation-transition의 온도 의존성 | 권오대, 박성수(포항공대) |
| 24 | Optical pressure on thin film caused by a Gaussian beam-generated evanescent wave | 장수, 조재홍(한남대) 이상수(과기원) |
| 25 | 혼돈제어를 이용한 Q-Switching된 Co ₂ 레이저의 출력 안정화 | 김철민, 김연수(배제대) 권오중(공주교대) |
| 26 | LIDAR방법에 의한 오존농도 계산 및 오차해석 | 홍석경, 김덕현, 송규석, 차형기, 이종민(원자력연) |