

편광 변조 분광법과 포화 흡수 분광법을 이용한 La I의

초미세 구조 연구

Hyperfine Structures of La I by using Saturation Absorption Spectroscopy and Polarization Intermodulated Excitation method

채인옥, 박현민, 이미란, 정의창, 이용주, 이종민
 한국원자력연구소 양자광학기술개발팀
 hmpark@kaeri.re.kr

최근 들어 희토류 원소(Rare earth elements)에 대한 학문적 가치와 산업적 응용에의 중요성에 대한 인식이 증대되면서 이들 원소에 대한 분광학적 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 란타늄족 원소(Lantanoid)로도 일컬어지는 6주기 3족 원소(원자번호 57~71번)인 희토류 원소들은 일반적으로 녹는점 및 끓는점이 상대적으로 높고 보다 복잡한 원자 구조를 가지고 있으므로 원자 분광학적 연구가 쉽지 않다. 따라서 이들 원소들에 대한 분광학적 정보를 얻기 위해서는 고효율의 원자 시료 발생 방법 및 고분해능의 원자 분광법이 요구된다⁽¹⁾.

본 논문에서는, 희토류 원소중 원자번호가 57번인 란타늄(La I)원소를 선택하여 고 정밀 분광상수 측정 연구를 수행하였고 그 연구 방법에 있어서 고 분해능 Doppler-free 분광법을 이용하였다. 펌프광과 조사광을 이용하는 Doppler-free 분광법은 강한 펌프광에 의한 원자 증기의 velocity-selective optical saturation과 조사광의 velocity-selective detection에 기초를 두고 있으며, 서로 반대 방향으로 입사되는 펌프광과 조사광의 조합에 따라 다양한 분광학적 결과를 도출해 낼 수 있다. 우리는 여러 도플러 효과 제거 분광법중 Lorentzian shape 의 Lamb-dip을 검지하는 포화 분광법(Saturation spectroscopy)과 펌프광의 편광을 변조시켜 매질의 dichroism과 birefringence를 분리하여 측정하는 편광 변조 분광법(Polarization intermodulated excitation)을 이용하여 란타늄에 대한 원자 분광 상수를 측정하였다.

실험의 구성도는 그림 1과 같다. 광원으로는 670nm 부근에서 파장을 가변할 수 있는 External cavity laser diode (4 MHz linewidth in 5sec)를 사용하였고 레이저 출력을 증폭시키기 위하여 Diode power amplifier를 이용하였다. 레이저 파장의 변화는 FSR이 300MHz 인 F-P spectrum analyzer 로 측정하였다. 란타늄 원소의 증기화를 위해서는 공동 음극 방전(Hollow cathode discharge lamp : HCL)을 이용하였는데, 이 장치는 원자증기를 만들고자 하는 원자를 속이 빈 형태로 만들어 이를 전기방전의 음극으로 이용하고, 불활성 기체를 매개로 방전을 일으켜 증기를 발생시키는 장치이다. 한편, 편광 변조 분광법에 이용한 E-O 변조기(Quantum technology Inc. model 23-100)는 DC에서 25MHz까지 변조가 가능하며, E-O 변조기의 변조 주파수와 펄스폭을 조절하기 위하여 펄스 발생기를 동기시켰다.

란타늄의 665.081nm, 669.287nm, 674.813nm, 675.304nm 에 해당하는 전이선에 대한 스펙트럼을 측정함에 있어서, 포화 분광법은 이들 전이선에 대해 모두 실행하였고, 그 중 675.304nm 전이선에 대해서는 편광 변조 분광법도 실행하여 두 분광법에 따른 스펙트럼 특성을 비교 분석하였다. HCL은 매우 간편한 원자 증기화 장치이나, 그 속에서의 변속충돌(Velocity-changing collision)등의 여러 복잡한 충돌 메카

다짐으로 인해 자칫 넓은 선폭의 스펙트럼을 얻을 수 있다는 단점이 있다. 이 변속충돌의 영향을 최소화하기 위해 고안된 분광법중의 하나인 편광 변조 분광법은 그림 2에서 볼 수 있는 것처럼 포화분광법으로 얻은 스펙트럼에 비해 Gaussian 배경이 거의 제거된 고분해능의 스펙트럼을 얻을 수 있다⁽²⁾.

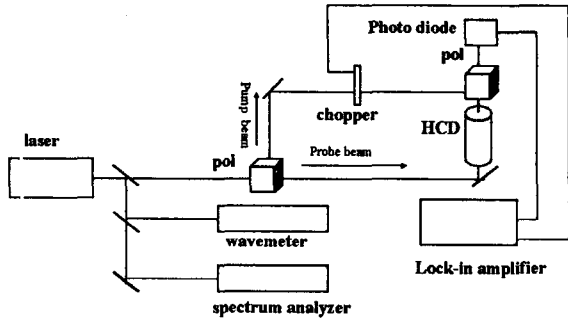


그림 1-(a). 포화 분광법 실험장치도

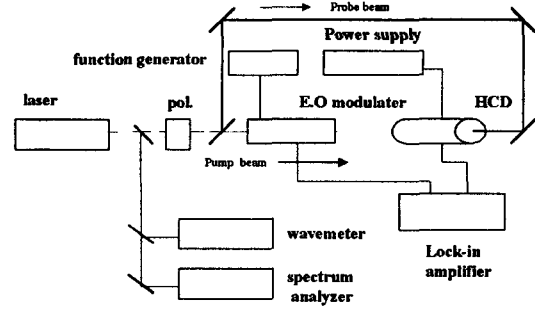


그림 1-(b). 편광 변조 분광법 실험장치도

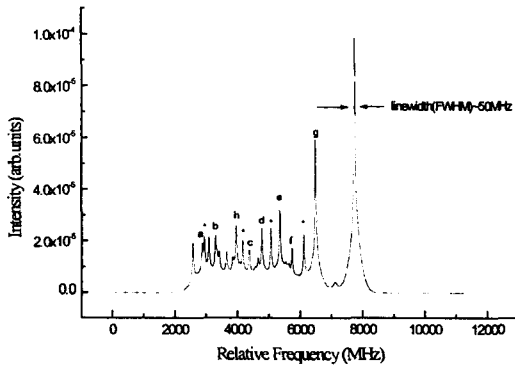


그림 2-(a) 포화 분광법을 통해 얻은 스펙트럼

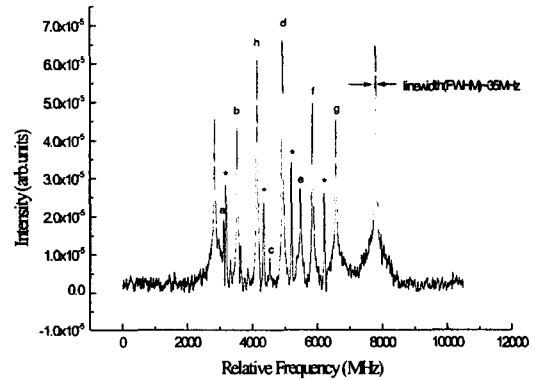


그림 2-(b) 편조 분광법을 통해 얻은 스펙트럼

결론적으로 본 연구를 통해 우리는 란타넘 원소의 665.081nm, 669.287nm, 674.813nm, 675.304nm 전이선에 대한 초미세 구조를 정밀하게 측정할 수가 있었으며, 결과를 분석하여 초미세구조 상수 A, B를 구하였다. 각각의 전이선에 대한 측정값은 다음과 같다.

- 665.081 nm : A = 676.51 MHz , B = 22.90 MHz ;
- 669.287 nm : A = 221.79 MHz , B = 722.12 MHz ;
- 674.813 nm : A = 995.96 MHz , B = 0 MHz ;
- 675.304 nm : A = - 326.39 MHz , B = - 7354.41 MHz

[참고문헌]

1. Hyunmin Park, Miran Lee, E. C. Jung, Jonghoon Yi, Yongjoo Rhee, and Jongmin Lee, J. Opt. Soc. Am. B, Vol. 16, No. 7, 1169 (1999)
2. E. C. Jung, D. Y. Jeong, K. S. Dong, J. M. Lee, Opt. Com. 141, 83 (1997)