

# 단일 종모드 고출력 반도체 레이저의 제 2 고조파 발생 및 원자 흡수 스펙트럼 측정

## Second-harmonic generation of a high power, single-mode semiconductor laser and its application for measuring atomic absorption spectra

정의창, 고도경, 김현수, 차병현, 이종민

한국원자력연구소 양자광학팀

ecjung@nanum.kaeri.re.kr

증기상태의 원자밀도를 측정하기 위해 레이저를 이용한 원자흡수분광법 (AAS, Atomic Absorption Spectroscopy)이 사용된다. 특히, 자외선 (200-400 nm) 영역의 흡수 스펙트럼은 금속증기 증착 제어 (thickness and composition control in physical metal vapor deposition) 등의 산업 분야에 유리하게 이용될 수 있다. 이는 대부분의 원자 전이선 (atomic transition line) 들이 가시광선 또는 근적외선 영역보다 자외선 영역에서 대개 10-100 배 이상 큰 흡수단면적 (absorption cross section)을 가지고 있기 때문이다.

제 2 고조파 발생 (SHG, Second Harmonic Generation) 방법을 통해 반도체 레이저의 근적외선 파장을 자외선 파장으로 변환시켜 AAS의 광원으로 사용하는 것은 전체 시스템의 소형화, 낮은 전력 소모, 이동의 손쉬움 등의 장점 때문에 많은 연구가 되고 있다. 그러나 반도체 레이저 (특히, 외부 공진기 구조의 단일 종모드 레이저)의 낮은 출력 (수~수십 mW)이 자외선 발생에 제한을 주고 있다. 이를 극복하기 위해, 비선형 결정을 포함한 외부 공진기 (power build-up cavity)를 구성하는 방법<sup>(1)</sup>과 넓은 면적의 이득매질을 가진 반도체 증폭기를 사용해 MOPA (Master-Oscillator Power-Amplifier) 구조의 고출력 (~수백 mW) 레이저를 구성하는 방법<sup>(2)</sup>이 개발되고 있다.

이 발표에서는 후자의 방법으로 선폭이 수 MHz 정도인 자외선 파장을 발생시켜 gadolinium (Gd) 원자의 흡수 스펙트럼을 측정한 결과를 보고한다. 그림 1에서 보인 MOPA 시스템에서 ~630 mW 출력, ~3 MHz 선폭의 레이저빔을 발생시켰다. 이를 10 mm 길이의 LiIO<sub>3</sub> 결정에 입사시켜 ~30 μW (파장 390-395 nm)의 제 2 고조파 출력을 얻었다. 그림 2에 보인 곡선에서 변환효율은  $1.08 \times 10^{-4}/W$ 로 측정되었다. 그림 3은 방전을 이용하여 발생시킨 Gd 원자의 흡수 스펙트럼을 측정한 결과로서, 영문자 A-E는 각각 0, 215, 533, 999, 1719 cm<sup>-1</sup>의 에너지 준위에서 시작되는 전이선에 해당한다. 흡수 스펙트럼을 분석해 준위 밀도를 구했고, 이로부터 원자들뜸온도 (atomic excitation temperature)를 알았다.

1. W. J. Joo, C. H. Oh, P. S. Kim, and S. H. Song, J. Korean. Phys. Soc. **33**, 31 (1998).
2. Jeffrey P. Koplrow, Dahv A. V. Kliner, and Lew Goldberg, Appl. Opt. **37**, 3954 (1998).

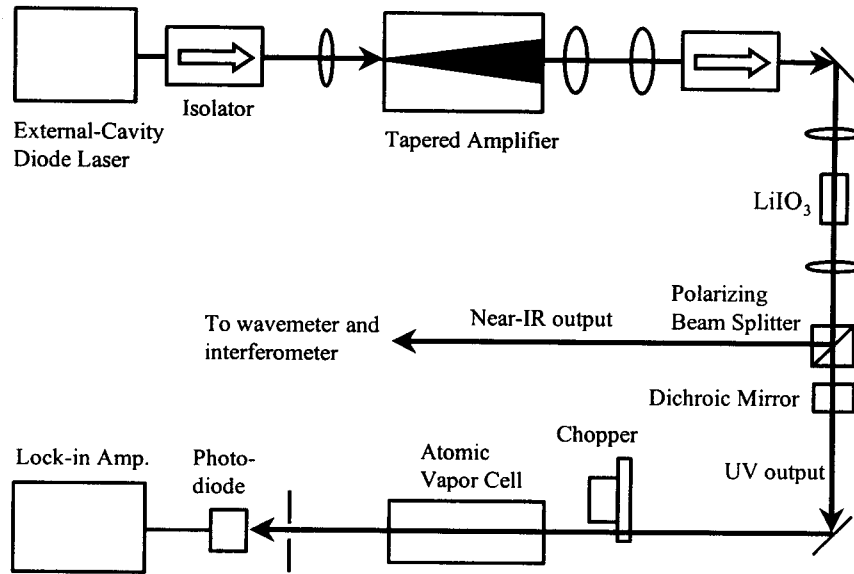


그림 1. SHG 실험장치 및 원자 흡수 스펙트럼 측정장치 구성도.

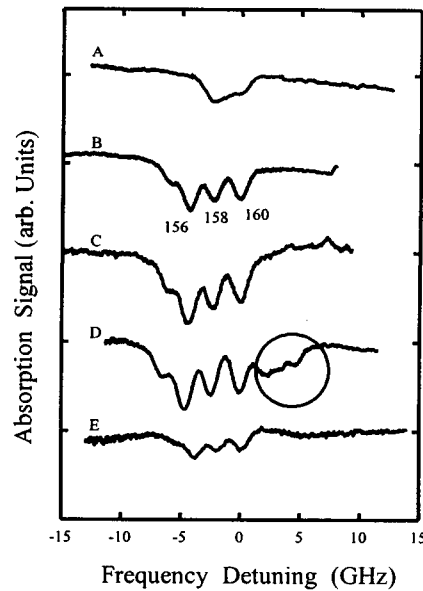
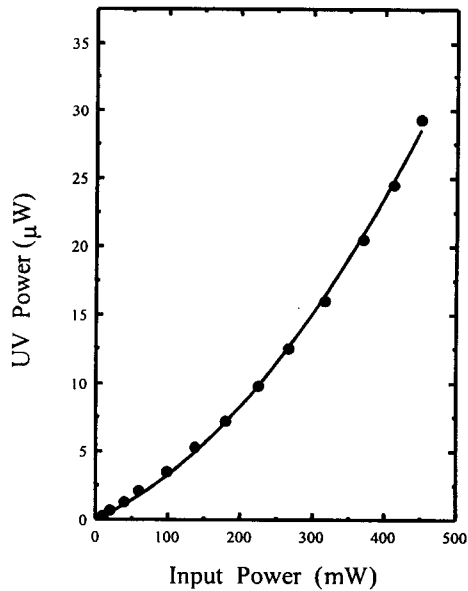
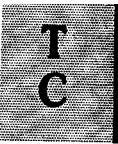


그림 2. Near-IR 출력과 UV 출력의 관계. 그림 3. Gadolinium 원자의 흡수스펙트럼.