

# 칼날 주사와 Lens를 이용한 Z-scan 방법에 의한 Gaussian 빔 반경의 측정

## Determination of Gaussian Beam Waists by Knife Edge Scanning and Lens Z-scan Methods

이상조, 우성용, 황 응, 곽종훈  
영남대학교 물리학과  
[silee91@vumail.ac.kr](mailto:silee91@vumail.ac.kr)

레이저 빔의 세기 분포를 측정하는 knife edge 방법은 레이저의 발명과 함께 시작 되었다. 사용이 편리한 카메라를 이용한 레이저 빔의 세기 분포 측정 장치에 비해, 진행 방향과 수직인 방향에 대해 대칭성을 가져야만 적용이 가능한 knife edge 방법이 지금까지도 사용되는 이유는 높은 공간 분해능(spatial resolution) 때문이다.

Z-scan 방법은<sup>[1-2]</sup> 렌즈로 집광시킨 빔의 초점 영역에 샘플을 두고, 샘플을 빔의 진행 방향으로 이동시키면서, 샘플의 두께에 비해 먼 영역에 있는 작은 개구를 통해 측정된 빔의 투과도를 샘플이 없을 때의 투과도로 규격화하여 나타낸 것이다. Z-scan 방법은 단일 빔을 이용하여 간단한 실험장치로 높은 정밀도의 비선형 굴절률을 얻을 수 있어, 비선형 굴절률 측정에 많이 이용되고 있다. 본 연구에서는 두 가지 다른 측정 방법을 이용한 Gaussian 빔 반경을 측정하고 비교, 분석하였다.

### i) Knife edge 방법을 이용한 빔 반경 측정

Knife edge 방법을 이용하여 초점에서의 빔 반경을 측정하기 위하여, 평행하게 진행하는 8.3 mW의 파워를 가지는 633 nm의 He-Ne 레이저를 초점 거리 150 mm인 렌즈로 집광시키고, 초점 근처에서 빔이

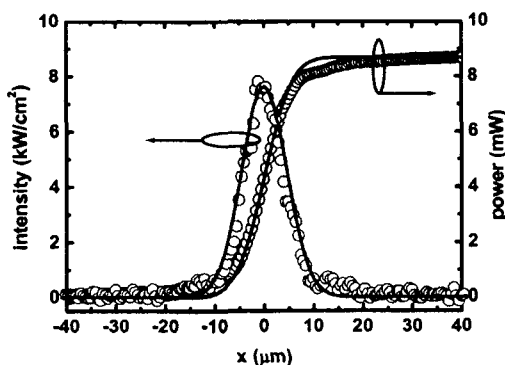


그림 1. 초점 근처에서 빔 파워 변화와 세기 분포.

진행하는 방향에 수직인 방향으로 칼날을 이동시키면서 레이저 파워를 측정하였다. 초점 영역에서의 빔 반경을 관측하기 위해서, 파워 변화가 가장 급격히 변화하는 z-축 영역에서 주로 관측하였다. 그림 1은 초점 근처에서 칼날의 위치에 따른 빔의 파워 변화와, 파워 변화를 칼날이 이동하는 방향 즉, x 축에 대해서 미분하여 구한 Gaussian 빔의 세기 분포를 실험곡선과 이론곡선으로 나타낸 것이다. 그림 2는 초점 근처에서 knife edge 방법으로 측정된 Gaussian 빔의 반경을 나타낸다. 초점에서 Gaussian 빔의 반경과 세기, 회절 거리는 각각

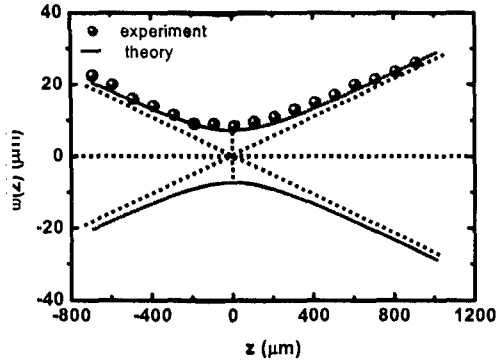


그림 2. 초점 근처에서 Gaussian 빔의 반경.

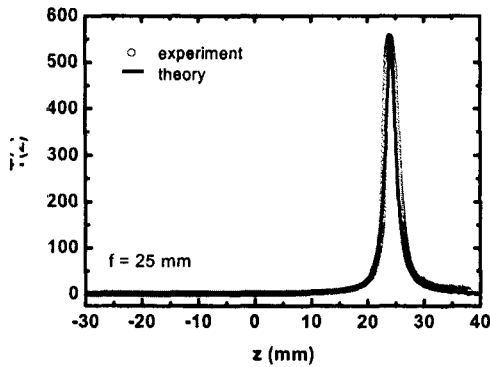


그림 3. 렌즈를 이용하여 측정된 Z-scan 투과도.

$\omega_0 = 8.5 \mu\text{m}$ ,  $I_0 = 10 \text{ kW/cm}^2$ ,  $z_0 = 360 \mu\text{m}$  로서 나타났다.

ii) 얇은 렌즈를 이용한 Z-scan 방법으로 빔 반경 측정 Knife edge 방법에서 사용한 것과 동일한 초점 거리 150 mm의 렌즈를 이용하여 633 nm의 He-Ne 레이저를 집광시키고, Z-scan 방법으로 초점 거리 25 mm인 얇은 렌즈 (Edmund Science)를 빔이 진행하는 방향으로 이동시키면서 투과도를 측정하였다. 그림 3은 얇은 렌즈를 이용하여 측정된 Z-scan 투과도의 실험곡선과 이론곡선을 나타낸다. 렌즈를 이용한 Z-scan 방법으로 측정된 최대 투과도와 투과도의 반치폭(FWHM)을 이용하여 측정된 집광된 Gaussian 빔의 반경, 회절 거리, 얇은 렌즈의 초점은 각각 15.0  $\mu\text{m}$ , 1.1 mm, 26.2 mm 등으로 나타났으며, knife edge 방법으로 측정된 빔 반경과는 6.5  $\mu\text{m}$ 의 오차가 발생하였다. 이는 렌즈를 이용한 투과도에서 렌즈로 인해 발생하는 빔의 반사와 흡수를 고려하지 않았기 때문으로 생각된다. 정확한 초점을 찾기 위해서 여러 번의 과정을 필요로 하는 knife edge 방법은 sub- $\mu\text{m}$ 의 정확성을 가지

고. 렌즈를 이용한 Z-scan 방법은 한번의 측정치로 간단히 빔 반경을 측정할 수 있다.

본 연구는 2002년도 한국과학재단 목적기초연구(R05-2002-000-00875-0)의 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

[1] M. Sheik-Bahae *et al.*, IEEE J. Quantum Electron. 26, 760-769 (1990).  
 [2] C. H. Kwak, Y. L. Lee and S. G. Kim, J. Opt. Soc. Am. B 16, 600-604 (1999).