

레이저빔질의 M^2 인자측정방법에 대한 연구

박 현 철

레이저응용에서 빔질을 정확히 측정하는것은 중요한 문제로 나선다.

단일방식레이자인 경우에도 물론이지만 실천적으로 많이 리용되고있는 다방식레이자의 빔질을 정확히 평가하는것은 레이자에 의한 구멍뚫기, 유리내부새김, 열처리, 측정용레이자와 같은 공업적응용과 레이자빛과 물질과의 호상작용을 연구하는데서 선차적인 문제로 제기된다.

레이자빔질은 빔전파비라고 하는 무본량 M^2 으로써 평가한다.[2]

레이자빔이 공간속으로 전파될 때 D_{00} 을 빔의 허리부분크기, λ 를 파장이라고 하면 발산각은 $\theta_{00} = 4\lambda/(\pi D_{00})$ 와 같고 다방식빔인 경우에는 $\theta_0 = M^2 4\lambda/(\pi D_0)$ 으로 된다. 여기서 D_0 은 다방식빔의 직경이다.

한편 단일가로방식레이자의 경우에는 빔분포가 정확히 가우스형이므로 자름면상에서 세기분포를 측정하여 빛반점의 직경과 퍼짐각을 쟈수 있다. 그러나 빔분포가 가우스함수와 유사한 다방식레이자의 경우에는 M^2 인자로서 그 빔질과 퍼짐각을 평가한다. 일반적으로 M^2 은 단일빔분포측정으로부터 결정할수 없다. 최근에 칼날법, 실틈주사법, 가변개구법을 비롯하여 M^2 을 측정하는 여러가지 방법들이 나오고있다.[1-3] 칼날법은 신호대잡음비가 높고 조작이 쉬운 우점이 있으나 척도인자를 구하는것이 매우 어려운 결함이 있으며 실틈주사법은 칼날법보다 정확도는 비교적 높지만 조작이 불편하고 자료처리가 복잡하며 배경잡음이 생기기때문에 그 영향을 고려하여야 하며 실틈의 크기를 적당히 선택해야 한다. 이 방법들의 결함은 측정정밀도는 비교적 높지만 조작이 불편하고 배경잡음이 생기기때문에 자료해석이 복잡하며 그것들의 영향을 고려해야 하는 문제들이 제기된다.

우리는 현장조건에서 쉽게 응용할수 있는 간단한 측정체계에 의하여 빔질을 측정하기 위한 한가지 방법에 대하여 연구하였다.

레이자출구거울의 위치를 원점으로 잡고 거울앞의 z_1, z_2 위치에서의 빔너비를 W_1, W_2 이라고 하자. 그러면 다방식전파리론[2]에 의하여 W_1, W_2 은 다음식을 만족시킨다.

$$W_1^2 = \frac{\lambda}{\pi} M^2 z_R \left[1 + \left(\frac{z_M + z_1}{z_R} \right)^2 \right] \quad (1)$$

$$W_z^2 = \frac{\lambda}{\pi} M^2 z_R \left[1 + \left(\frac{z_M + z_2}{z_R} \right)^2 \right] \quad (2)$$

여기서 z_M 은 빔허리에서부터 출구거울까지 거리이고 z_R 은 레일리거리이다.

또한 $z_R z_R = \pi W_0^2 / (\lambda M^2)$ 이며 W_0 은 빔허리반경이다.

한편 곡면거울의 반경을 R 라고 하면 다음식이 성립한다.

$$R = z_M (1 + (z_R / z_M)^2) \quad (3)$$

식 (1)–(3)으로부터 다음식을 얻을수 있다.

$$z_R^2 = \frac{W_2^2 (z_1 + z_M)^2 - W_1^2 (z_2 + z_M)^2}{W_1^2 - W_2^2} \quad (4)$$

$$z_M = \frac{W_2^2 z_1^2 - W_1^2 z_2^2}{R(W_1^2 - W_2^2) - 2(W_2^2 z_1 - W_1^2 z_2)} \quad (5)$$

$$M^2 = \frac{\pi(W_2^2 - W_1^2)z_R}{\lambda(z_2 - z_1)(2z_M + z_1 + z_2)} \quad (6)$$

또한 산란각은 $\theta = 2M\sqrt{\lambda/(\pi R)}$ 로 된다. 즉 z_1, z_2 에서의 빔너비 W_1, W_2 를 측정하면 빔질을 평가하는 M^2 인자와 산란각 θ 를 구할수 있다.

우리는 He–Ne 평면, 구면공진기레이자의 빔질측정실험을 하였다. 출구거울에 허리면 이 생기므로 이 출구거울로부터 각각 $z_1=250\text{mm}$, $z_2=500\text{mm}$ 인 위치들에서 CCD로 빛반점들을 찍고 이 영상들을 가우스함수에 적합시켜 W_1, W_2 을 계산하였다. z_1, z_2 에서 찍은 반점모양과 세기분포는 각각 그림 1, 2와 같다.

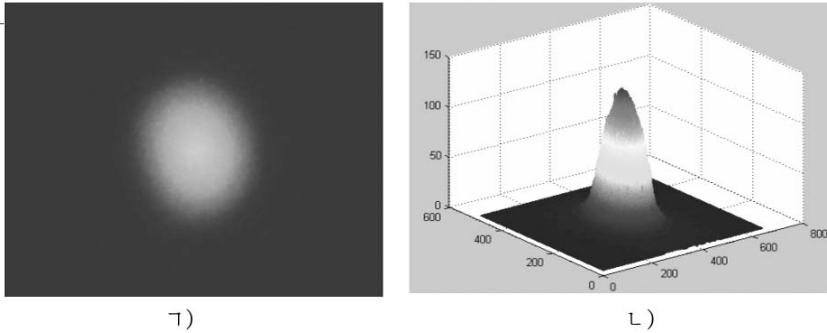


그림 1. $z_1=250\text{mm}$ 에서의 빛점의 모양(ㄱ))과 세기분포(ㄴ))

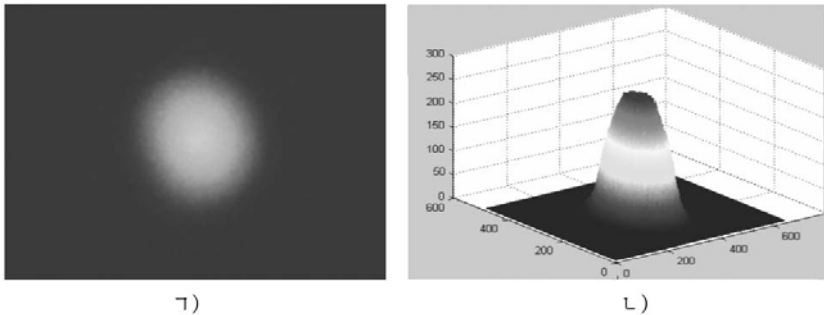


그림 2. $z_2=500\text{mm}$ 에서의 빛점의 모양(ㄱ))과 세기분포(ㄴ))

실험결과 $M^2=(32.91 \pm 0.04)$, $\theta=(0.660 \pm 0.002)\text{mrad}$ 이며 이 결과로부터 우리의 방법은 임의의 편속레이자의 빔질을 충분히 평가할수 있다는것을 알수 있다.

맺는말

1) 전파방향의 임의의 두 위치에서의 빔반경을 CCD를 리용하여 측정하고 그것에 기초하여 M^2 인자를 결정하는 방법을 확립하였다.

2) 측정체계로는 감쇠기로서 평면완전반사거울을 리용하였으며 CCD(640pixel×480pixel, ANC, 30LX)를 리용하였다.

참고문헌

- [1] V. Magni; Appl. Opt., 25, 1, 107, 1986.
- [2] J. Zheg; Optics & Laser Technology, 33, 213, 2001.
- [3] 王字兴; 激光技术, 6, 405, 2000.

주체104(1015)년 1월 5일 원고접수

Measuring Method of M^2 Factors of Laser Beam Quality

Pak Hyon Chol

We measured the beam radius in a certain two positions of wave direction using CCD and established a simple method for measurement of M^2 factor based on it.

Measuring system used plane complete mirror and CCD(640pixel×480pixel, ANC, 30LX) as attenuator.

Key word: laser beam