

## 집속광학계의 설계

### Design of a Focusing Optical System

이동희

서울보건대학 안경광학과

dhlee@www.shjc.ac.kr

본 연구에서 목표로 하는 집속광학계는 레이저 다이오드의 emitting area가  $50\mu\text{m} \times 1.0\mu\text{m}$  이고 pumping 매질인 crystal의 TEM<sub>00</sub> mode 발생을 위한 최소 입사빔의 단면도가 단축과 장축의 직경이 각각  $206\mu\text{m}$ ,  $204\mu\text{m}$ 인 타원이어야 하기 때문에 수직 방향으로 200배 수평 방향으로 4배의 확대를 할 수 있는 광학계 이어야 한다. 일반적으로 레이저 다이오드용 집속광학계는 레이저다이오드의 수직 수평 emitting area가 다르기 때문에 실린더형, 원통형 또는 toroidal형의 렌즈를 조합하여 구성한다. 그러나 우리의 경우는 emitting area의 수직 수평비 즉 집속광학계의 수직 수평의 굴절능 (power)의 비가 50:1 이어야 하기 때문에 그림1과 같은 일반적인 실린더형, 원통형 또는 toroidal형의 렌즈의 조합으로 집속광학계를 구성하기에는, 렌즈 power비를 50:1로 하기 위해 필요로 하는 공간이( 첫번 렌즈와 마지막 렌즈까지의 거리 ) 커지는 점, 필요로 하는 렌즈의 매수가 많아지는 점, 집속 beam의 형상 즉 단면의 이심률이 커져서 pumping에 비효율적이라는 점 등에서, 부적절하다.

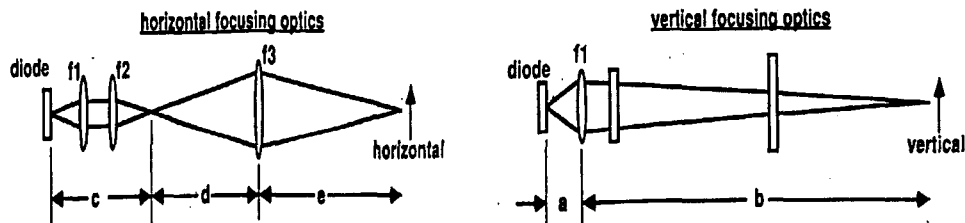


Fig 1. System configurations for magnifying the two dimensions of a laser diode differently.

따라서 이러한 문제점을 극복하고자 우리는 일반적인 방법 외에 레이저 다이오드의 광학적 특성을 이용해서 적절한 집속광학계를 설계하고자 한다. 설계용 레이저 다이오드의 emitting area의 Width(∥)가  $50\mu\text{m}$ 이나 발산각( $\theta_{\parallel}$ )은  $12^\circ$ 이고 Height(⊥)가  $1.0\mu\text{m}$ 이나 발산각은  $32^\circ$  이다. 이 때 집속광학계의 배율을 4배로 하고, 발산각  $12^\circ$ 까지는 잔류 수차( coma수차의 발생량이 작기 때문에 주로 구면 수차만 고려하면 된다. )를  $6\mu\text{m}$  정도로 하고, 발산각  $32^\circ$ 까지는 잔류수차를  $200\mu\text{m}$ 정도 발생시키면 원하는 pumping beam의 단면 크기  $206\mu\text{m} \times 204\mu\text{m}$ 로 만들 수가 있게 된다. 본 집속광학계에서는 pumping beam의 선폭 (linewidth)을 줄여서 pumping효과를 높이기 위해 etalon을 사용하는 것으로 한다. 따라서 본 광학계는

두 부분으로 나누어 생각하기로 한다. 즉 레이저 다이오드에서의 발산광을 평행하게 etalon에 입사시키기 위한 collimator part와 etalon을 통과한 beam을 집속하기 위한 objective part로 나누어서 고려한다. 이 때 objective part의 초점거리를 collimator part의 초점거리보다 4배 크게 하여 전체적인 배율을 -4배로 하면 우리가 원하는 1차 기하광학적 조건을 충족시키게 된다. collimator part의 설계는 구면 수차를 거의 영으로 해서 etalon으로의 입사 beam의 평행-직진성을 높일 필요가 있다. 일반적으로 굴절율이 높은 glass의 렌즈일수록 구면 수차량이 작게 나타나며, 3차 구면 수차를 영으로 하기 위해선 glass가 BK7(  $n_d = 1.51680$  )인 경우는 4매의 렌즈가 필요하고 굴절율이  $n=2$  정도에서는 3매, 굴절율이  $n=3$  정도에서는 2매의 렌즈가 필요한 것으로 알려져 있다.<sup>(1,2)</sup> 국내에서 구매할 수 있는 glass중에서 비교적 굴절율이 높은 것이 HOYA-FD10 으로 파장  $\lambda = 810\text{nm}$  에서 굴절율  $n=1.71068$  이다. 이상의 논의를 따라 집속광학계의 glass를 FD10으로하고 collimator part는 3매의 렌즈로 구성하기로 한다. objective part의 설계는 FD10의 glass로 3매의 렌즈에서 출발하여 먼저 설계된 collimator part를 포함하는 광학계 전체에서 수차 문제를 고려하였다. 우리가 원하는 TEM<sub>00</sub> 모드 발진을 위한 적절한 pumping area 유지하기 위해선 레이저 다이오드에서 집속광학계로 입사되는 beam중 입사각 0°에서 ±6°까지는 광학계의 잔류 구면 수차가 ±3μm을 유지해야하고 ±6°에서 ±16°까지에는 광학계의 잔류 구면수차 ±100μm를 유지해야 한다. 따라서 objective part의 설계에서 NA( of object )가 0.105일 때까지의 구경에서는 잔류 구면수차량을 점진적으로 증가시켜 gaussian image plane에서 ±3μm에 이르게 하였고 다음 NA( of object )가 0.287일 때까지는 잔류 구면수차량을 더욱 점진적으로 증가시켜 ±100μm에 이르도록 하였다. 이상과 같은 사항을 고려하여 설계된 집속광학계의 system configuration은 그림 2에 나와 있다.

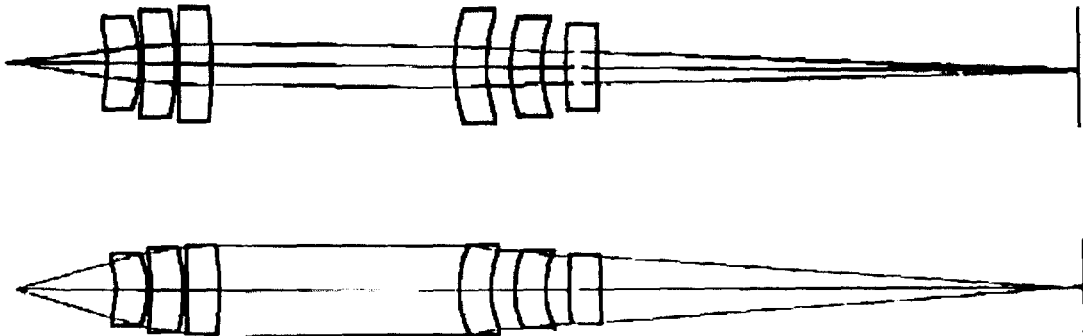


Fig. 2. Configurations of the focusing optical system with ray tracings of incidence beams of which divergence angle is 12°, 32° respectively.

(참고문헌)

1. R Kingslake, Lens Design Fundamentals, Academic Press, 1978.
2. R E Fischer and K L Mason, "Spherical Aberration-Further Fascinating Observations", Proc SPIE V1013, p156 - 167, 1988.