

가우시안빔에 대한 공간주파수여과기 성능평가

홍 경 희, 박 성 찬, 이 상 수
 육군사관학교, 한국과학기술원

Assessment of Spatial Filter for Gaussian Beam

Kyung Hee Hong, Sung Chan Park, Sang Soo Lee

Korea Military Academy,

Korea Advanced Institute of Sciences and Technology

Abstract

Spatial filters were designed for 1 TW high power phosphate glass laser development. Laser beam should be expanded from 1 mm diameter to 200mm diameter. Pin hole size should be determined and most of incident energy should be transmitted through out to final spatial filter. Each pin hole size is determined by calculating encircled energy for Gaussian beam from the oscillator. The optical tube length of each spatial filter is corrected to have the best collimating quality by scw raytracing trough the total system.

1. 서 론

1 TW 고출력 PHOSPHATE GLASS LASER 의 개략적인 계통은 FIG.1 에서 보는바와 같다.

광계통을 설계할 때에는 통상 균일한 강도분포의 평행광선이 조명되는 조건하에 출발한다. 본 연구에서는 OSCILLATOR에서 발생된 레이저광을 증폭하는 과정에서 공간주파수여과와 광축을 확대할 필요성 때문에 가우시안빔 특성을 갖는 레이저광 조명하에서 공간주파수여과기를 설계해야 한다.

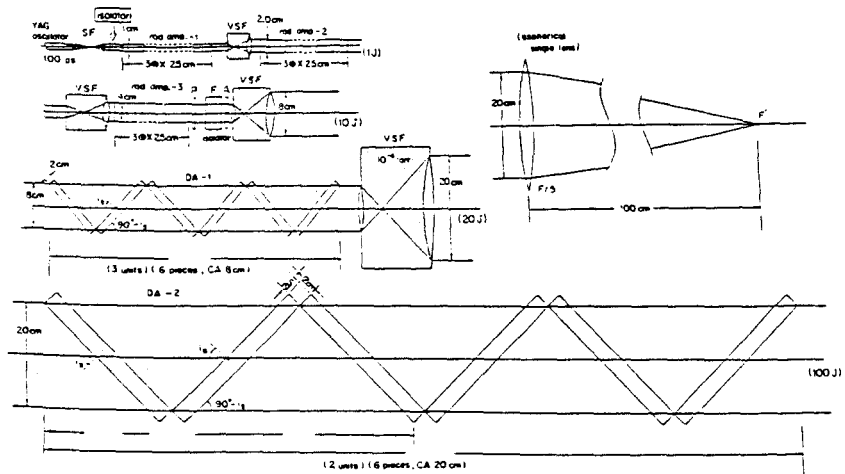


Fig.1. Schematic diagram of the 1 TW high power laser.

따라서 초기에 균일한 조명하에서 설계된 광계통을 가우시안 빔에 대해 그 성능을 평가하며 설계제원을 수정하였다. 공간주파수 여과시 초점에 광이 집속되는 성능을 조사하여 바늘구멍 직경을 결정하기 위해 ENCIRCLED ENERGY를 계산하였다. 각 공간주파수 여과기에 대해 초점이동에 따른 변화를 살펴서 바늘구멍의 위치를 조정하였다. 아울러 증폭기를 통과하는 동안 에너지 손실을 최소로 제한하기 위해 광속 확대시 평행도를 높이기도 하였다. 렌즈의 구면수차를 최소화하고 광통길이를 조금씩 변화시켜 가며 Y-축에 대한 방향여현을 계산하여 평행도를 평가하였다.

11. ENCIRCLED ENERGY 계산

TANGENTIAL RAY 를 추적하며 초평면상에 도달하는 위치를 조사할 때 입사동의 면적성분에 가우시안빔의 강도분포인자를 곱하여 줌으로써 실제적 강도분포를 계산하였다. 가우시안빔의 강도분포가 $EXP(-X^2/\sigma)$ 에 비례하며 본 연구에서 사용할 OSCILLATOR의 $\sigma=0.08MM^2$ 이다. 10개의 광선을 추적하였고 최초 OSCILLATOR로부터 첫번째 공간주파수 여과기의 첫번째 렌즈간 거리는 2CM로 하고 각 공간주파수 여과기간의 거리는 증폭기 길이에 작업의 편의성을 고려하여 잠정적으로 정하였다.

균일강도분포에 대한 설계제원은 이미 발표한 바 있으며, 이 때의 BEST OF FOCUS를 기준하여 앞뒤로 초점이동하였을 때의 ENCIRCLED ENERGY를 서로 비교하여 FIG.2 부터 FIG.6 에 제시하였다.

FIG.2에서 보는 바와 같이 0.002CM 뒤로 초점이동했을 때가 가장 좋은 특성을 보여주고 있으며 SPOT의 반경이 17.1 μ M이다. RAYLEIGH의 기준에 의해 분해능을 고려하면, $1.22 \lambda \times F/\#$ 에서 $\lambda=1.054\mu M, F/\#=10.0$ 이므로 12.86 μ M이 된다. 회절에 의한 영향을 대략적으로 고려하면 SPOT의 반경은 약 30 μ M이다. 바늘구멍의 직경은 공차를 고려한다면 100.0 μ M이면 충분하다.

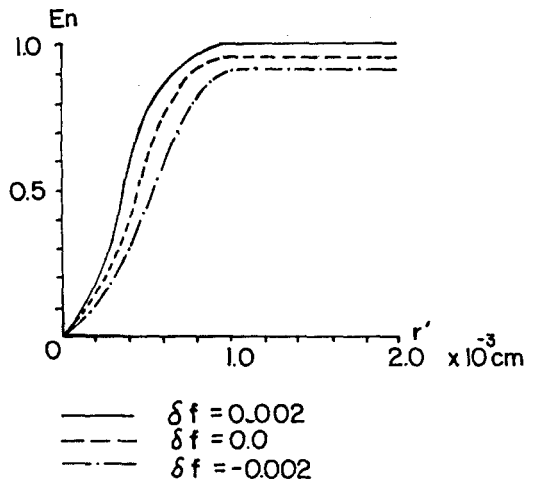


Fig.3. Encircled energies of SF2 at various focus.

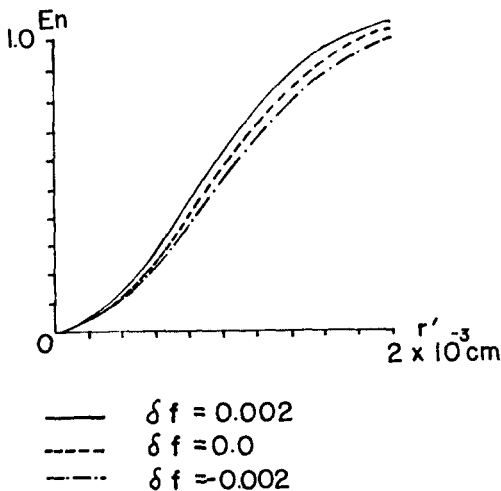


Fig.2. Encircled energies of SF1 at various focus.

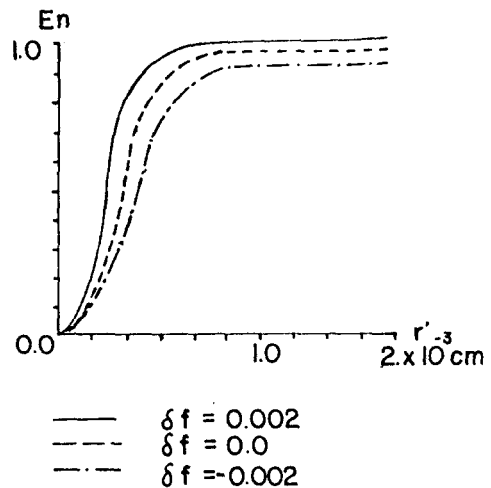


Fig.4. Encircled energies of SF3 at various focus.

FIG.3에는 2번째 공간주파수여과기의 ENCIRCLED ENERGY를 보여주고 있으며 첫번째와 마찬가지로 2 μ m 뒤로 이동한 때가 가장 좋은 특성을 보여주고 있다. SPOT의 반경이 8.10 μ m이며 분해능을 고려하면 1.22 X 1.054 X 5.0=6.43 μ m이다. 바늘구멍의 직경은 공차를 고려해도 50.0 μ m이면 충분하다.

FIG.4에는 3번째 공간주파수여과기의 ENCIRCLED ENERGY를 보여주고 있으며 20 μ m 뒤로 이동하였을 때 SPOT의 반경이 7.60 μ m이므로 바늘구멍의 직경은 50.0 μ m이면 충분하다.

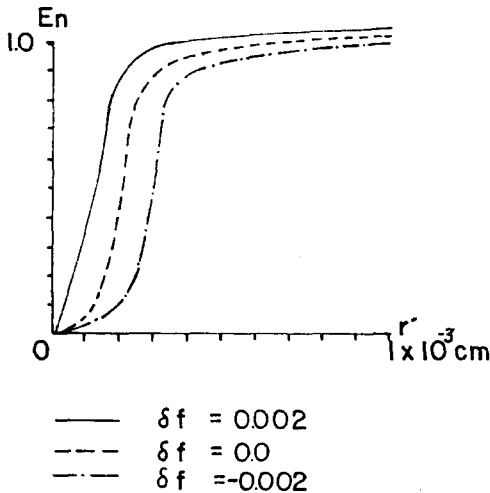


Fig.5. Encircled energies of SF4 at various focus.

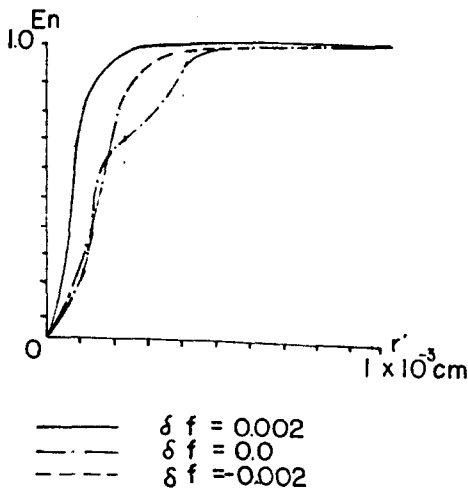


Fig.6. Encircled energies of SF5 at various focus.

FIG.5에는 4번째 공간주파수여과기의 ENCIRCLED ENERGY이며 20 μ m 뒤로 초점이동할 때 SPOT의 반경이 4.6 μ m이며 바늘구멍의 직경은 50 μ m이면 충분하다.

FIG.6에는 5번째 공간주파수여과기의 ENCIRCLED ENERGY이며 뒤로 20 μ m 초점이동시 SPOT의 반경이 2.0 μ m이고 바늘구멍의 직경은 30 μ m이면 충분하다.

III. 광속의 평행도평가

OSCILLATOR에서 발생되는 레이저 광이 2MM RAD의 각도로 발산하고 있으므로 최초 완전 평행광에 대해 평행도를 우수하게 설계한 초기설계를 수정하였다. 각 렌즈계통의 수차특성은 최선으로 보정되었기 때문에 여기서는 광통길이를 조정함으로써 평행도를 높일 수가 있었다.

첫번째 공간주파수여과기부터 광통길이를 조정하여 평행도를 높였고, 그 뒤에 증폭기 유리를 및 작업공간을 통과한 후 제2공간주파수여과기를 거치기 때문에, 이들 모두를 포함시켜 차례 차례로 광선추적을 하며 각 광통 길이를 조정하였다. 여기서 광통길이는 공간주파수여과기의 입사광면 렌즈군의 마지막면에서부터 출사광면 렌즈군의 첫번째면까지의 거리를 뜻하고 있으며, 실제의 광통 길이가 아님을 알려둔다. FIG.7에서부터 FIG.11까지에는 각 공간주파수 여과기를 출사할 때의 방향여현 (L,M,N) 중에서 M을 최초 입사동의 위치에 대하여 나타낸 것이다. FIG.7에서 보는 바와 같이 첫번째 공간주파수에서는 광통길이 T=10.518CM로 하였을 때 가장 평행도가 높으며 M이 6.5E-6이하이다. 즉 Y-축과의 방향여현이 6.5/1000000이하이다.

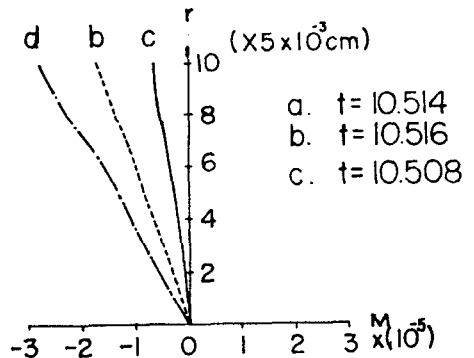


Fig.7. Direction cosine M values of SF1 for various optical tube lengths.

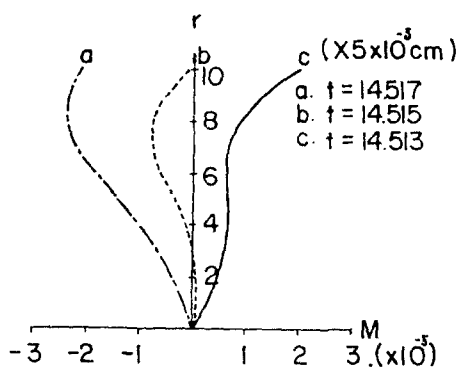


Fig.8. Direction cosine M values of SF2 for various optical tube lengths.

FIG.8에는 2번째 공간주파수여과기를 통과후의 평행도이며 $T=14.515\text{CM}$ 일 때가 가장 평행도가 높고 이 때에는 M이 $-7.7\text{E}-6$ 이상으로 절대값으로 보면 $7.7\text{E}-6$ 이하이다.

FIG.9에는 3번째 공간주파수 여과기를 통과후의 평행도를 나타낸 것이며 $T=29.447\text{CM}$ 일 때 M이 $8.9\text{E}-6$ 이하로 가장 평행도가 높다.

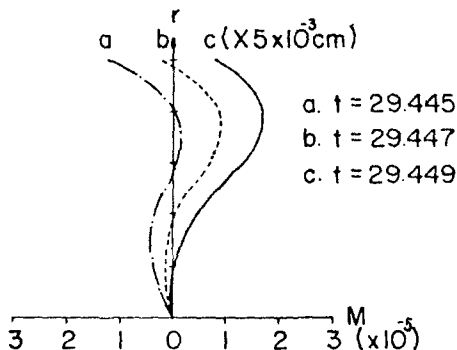


Fig.9. Direction cosine M values of SF3 for various optical tube lengths.

FIG.10에는 4번째 공간주파수여과기를 통과후의 평행도이며 $T=58.873\text{CM}$ 일 때가 가장 평행도가 높고 이 때 M값은 $9.1\text{E}-6$ 이하이다.

FIG.11에는 5번째 공간주파수여과기를 통과후의 평행도가 제시되어 있다. $T=136.436\text{CM}$ 일 때 가장 평행도가 높다고 볼 수 있으며 M의 절대값은 $1.41\text{E}-5$ 이하로 이정도이면 평행도가 매우 우수하다.

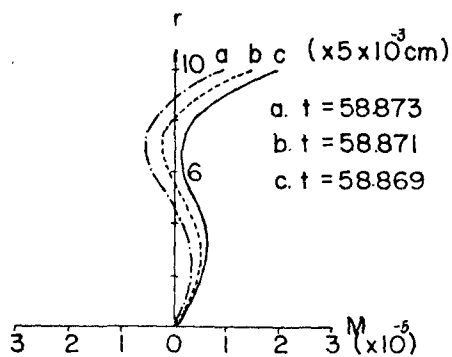


Fig.10. Direction cosine M values of SF4 for various optical tube lengths.

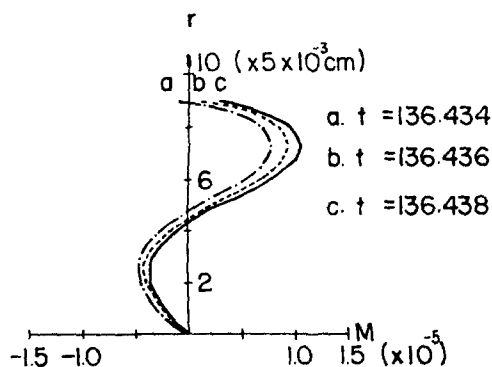


Fig.11. Direction cosine M values of SF5 for various optical tube lengths.

IV. 결 론

ENCIRCLED ENERGY와 방향여현 M으로 공간주파수 여과기의 성능을 평가한 결과 광의집속이나 평행도가 매우 높다. OSCILLATOR에서 발생한 레이저 광속은 최초 입사동 1.0MM의 직경으로 통과하는 모든 에너지를 손실없이 100% 통과시킬 수 있다. 늘구멍의 직경도 결정되었고 ITW 고풍력PHOSPHATE GLASS 레이저를 개발하기 위한 광학계의 기본설계는 성공적으로 완성되었다. 증폭기나 ISOLATOR의 정확한 제원이 결정되면 같은 방법으로 계산하여 수정하면 된다.

v. 참 고 문 헌

1. K.H.Hong, S.Y.Rah and S.S.Lee, " Optical System Design of the Beam Expanders with Spatial Filters for High Power Laser Phosphate Glass Amplifier Systems ", Proceedings 1988 KIEE ANUAL CONFERENCE INTERNATIONAL SESSIONS, November 25 - 26 , 1988 , Korea Military Academy, Seoul. pp251 -pp255.
2. James A.Glaze, William W.Simmons and Wilhelm F.Hagen, " Status of Large Neodymium Glass Lasers", Proceedings of SPIE vol.76, March 22-23,1976, Reston, Virginia. pp7 - pp14.

본 연구는 정부출연 연구과제 "1 TW 고출력 레이저 개발연구" 의 일부입니다.