

두개의 렌즈형 레이저 막대들로 구성된 대칭형 공진기의 안정도 및 빔질의 수치적 분석

김현수[†]

조선대학교, 광기술공학과

Ⓣ 501-759 광주광역시 동구 서석동 375 번지

(2004년 8월 10일 받음, 2004년 10월 20일 수정본 받음)

두개의 렌즈형 레이저 막대들로 구성된 대칭형 레이저 공진기의 안정도와 빔질 특성을 분석하고 열 복굴절 보상 특성을 수치적으로 분석하였다. 공진기는 열 효과에 의한 이중초점을 제거하기 위한 90° 회전자가 두개의 렌즈형 레이저 막대 사이에 삽입된 구조로 되어있다. 수치 분석을 통해 레이저 막대를 오목렌즈로 만들 경우 고출력 영역에서 안정도가 증가하고 빔질이 향상됨을 보였다. 또한 두개의 레이저 막대를 서로 맞댄 공진기 구조에서 열 복굴절이 잘 보상될 수 있음을 보였다.

주제어 : Nd:YAG, thermal birefringence, resonator, stability, mode volume.

I. 서 론

빔질과 공진기 안정도가 좋은 고출력 고체 레이저는 많은 연구자에 의해 개발되었다.^[1-3] 두개의 레이저 헤드를 이용한 공진기는 구조가 간단하고 제작이 용이하기 하기 때문에 고출력 고체 레이저 공진기로 많은 연구가 이루어졌다.^[2,3] 특히 두개의 레이저 헤드를 공진기 내에서 대칭형으로 배열하면 빔질과 공진기의 안정도가 우수해진다고 알려져 있다.^[1,3] 산업용으로 많이 활용되는 연속 발진 Nd:YAG 고체 레이저의 경우, 대칭형 공진기로 설계된 경우가 많다. 대칭형 공진기는 여러 가지 장점을 가지고 있지만 레이저 막대의 열 효과에 의해 출력 빔의 이중 초점 문제와 열 복굴절에 의한 편광왜곡 등의 문제를 가지고 있다. 이러한 문제들을 개선하기 위해 열 효과 제거를 위한 몇 가지 광학 소자가 추가적으로 대칭형 공진기에 삽입된다.

열 효과를 제거하기 위해 주로 사용되어지는 광소자로는 Faraday 회전자, 90° 석영 회전자 등이 있다.^[1-4] Faraday 회전자는 고유한 길이 때문에 공진기 내에 충분한 여유 공간이 있어야하고 광 정렬에 매우 민감하다. 반면에 석영 회전자는 크기가 작아 공진기 내에 설치가 용이하며 레이저 공진기의 구조를 간단히 할 수 있어 고출력 레이저에 많이 이용된다. 90° 석영 회전자를 이용한 열 복굴절 보상 공진기는 두 개의 동일한 레이저 헤드를 이용하며, 두 헤드 사이에 회전자를 삽입하면 한 쪽 레이저에서 발생된 위상차를 다른 쪽 레이저 헤드에서 보상된다. 즉, 레이저 매질 단면 각 지점에서 나오는 임의의 편광에 대하여 회전자가 편광을 90° 회전시켜 다른 쪽 매질에서 위상이 반대가 되도록 함으로써 보상하는 방법이다. 이러한 회전자를 이용한 레이저 공진기는 많은 과학자에 의해 연구되어져 있다. 또한 열 효과 보상 공진기에서

보다 더 고품질, 고출력의 레이저 빔을 얻기 위해서 몇몇 과학자들은 공진기 내에 렌즈를 설치하여 레이저 막대 내에서 저차모드의 모드 부피를 증가시키고 고출력 영역에서 레이저가 발진할 수 있도록 하는 연구를 했다.^[3,5] 대표적으로 제안된 공진기 구조는 레이저 막대와 레이저 거울 사이에 오목렌즈를 삽입한 공진기와 오목렌즈로 가공된 레이저 막대를 이용한 공진기 등이 있다.

본 연구에서는 이론적 분석이 많이 되어있지 않은 두개의 렌즈형 레이저 막대로 구성된 레이저 공진기에 대한 안정도 및 빔질 특성 등을 이론적으로 분석하였다. 분석은 주어진 공진기 길이에 대하여 두개의 레이저 막대사이의 거리 변화와 레이저 막대 중심부와 가장자리의 온도차 변화에 대한 공진기 안정도, M², 모드 부피, 공진 모드 대칭성 등의 고찰을 통해 이루어졌다.

II. 렌즈형 레이저 막대로 구성된 공진기의 ABCD 광선 전달 행렬

공진기 내의 빔의 모드 형태와 안정도는 ABCD 광선 전달 행렬을 이용하여 계산할 수 있으며, 분석 방법은 광선이 공진기 내를 한번 왕복했을 때 광선이 지나간 각 광학소자의 ABCD를 행렬을 곱해서 구한 최종 행렬을 이용하여 분석하는 방법이다. 대부분의 광학소자의 ABCD 행렬은 잘 알려져 있다. 다만 레이저 막대에 대한 광선 전달행렬은 온도의 함수로 형태가 복잡한 함수로 되어있다. 보통 레이저 막대의 끝면이 평평한 레이저 막대의 경우 ABCD 광선 전달 행렬 (M_{r,φ})는 다음과 같다.^[6]

$$M_{r,\phi} = \begin{bmatrix} \cos \Gamma_{r,\phi} l_r & (n_0 \Gamma_{r,\phi})^{-1} \sin \Gamma_{r,\phi} l_r \\ -(n_0 \Gamma_{r,\phi}) \sin \Gamma_{r,\phi} l_r & \cos \Gamma_{r,\phi} l_r \end{bmatrix} \quad (1)$$

[†] E-mail: hskim21@chosun.ac.kr

여기서, l_r 는 레이저 막대의 길이, $\Gamma_{r,\phi} \equiv (\Delta n_{r,\phi}/n_0)^{1/2}$ 이며 $\Delta n_{r,\phi}$ 는 다음과 같이 된다.

$$\Delta n_{r,\phi} = n_0 \frac{4\Delta T}{R_0^2} \left(\frac{1}{2n_0} \frac{dn}{dT} + n_0^2 \alpha C_{r,\phi} \right) \quad (2)$$

여기서, n_0 는 중심의 굴절률, dn/dT 는 굴절률의 온도 변화 계수, α 는 열 팽창계수, R_0 는 레이저 막대의 반경, $C_{r,\phi}$ 는 r 편광과 ϕ 편광에 대한 광탄성 효과를 나타내는 계수이다. ΔT 는 레이저 막대의 중심과 가장자리와의 온도차이로 레이저 막대의 열 렌즈 초점거리를 측정함으로써 구할 수 있다. 계산에 사용한 Nd:YAG에 대한 물리 상수 값은 표 1과 같다.

표 1. Nd:YAG 막대의 물리 상수 값^[7]

물리 상수	값
$\alpha (W^{-1})$	7.5×10^{-6}
n_0	1.82 at 1.064 μm
$dn/dT (^\circ C^{-1})$	7.3×10^{-6}
$C_{r,\phi}$	0.017, -0.0025

레이저 막대에 대한 광선 전달 행렬을 r 편광과 ϕ 편광에 대해 분리한 이유는 레이저 막대가 편평광을 흡수한 후 발생된 열에 의한 스트레스가 r 방향과 ϕ 방향에서 각기 다르기 때문이다. 이로 인해 r 편광과 ϕ 편광에 대한 굴절률이 각각 달라 각 편광에 대한 ABCD 행렬이 다르게 된다.

식 (1)은 레이저 막대의 끝면 효과가 미소하기 때문에 끝면 효과를 무시하고 유도한 식이다.^[6] 본 연구에서 분석하고자 하는 공진기는 레이저 막대의 끝면에 오목 렌즈로 가공된 경우(그림 1(b) 참조)이므로 끝면의 효과를 고려해야 한다. 레이저 막대 끝면의 곡률을 고려하기 위해서는 두 가지 요인을 고려해야 한다. 첫 번째는 ΔT 에 의한 레이저 막대 단면의 중심과 가장자리의 선팽창량 차로 발생한 곡률 변화이다. 선 팽창 변화량 차이는 다음과 같이 주어진다.

$$\Delta l(R) = \frac{\alpha \Delta T(R)}{2} \quad (3)$$

여기서 R 은 레이저 막대 중심에서부터 가장자리 방향으로의 거리이다.

두 번째는 가공된 레이저 막대의 곡률에 의한 것이며 가공된 레이저 막대 곡률에 의한 레이저 막대 길이의 변화는 다음과 같다.^[5]

$$\Delta l_{curv}(R) \approx \frac{1}{2} \frac{R^2}{R_{curv}} \quad (4)$$

여기서 R_{curv} 는 가공된 레이저 끝면의 곡률이다. 식 (3)과 식 (4)를 이용한 레이저 끝면의 유효곡률은 다음과 같이 주

어진다.

$$R_{eff} \approx \frac{R_0^2}{\alpha \Delta T + \frac{R_0^2}{R_{curv}}} \quad (5)$$

레이저 막대의 끝면은 식 (5)와 같은 곡률을 갖는 오목 평면 렌즈로 가정할 수 있고 끝면에 대한 ABCD 행렬은 다음과 같이 주어진다.

$$F = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -(n_0 - 1)/R_{eff} & 1 \end{bmatrix} \quad (6)$$

그림 1(a)는 분석에 사용된 공진기의 구조이다. 최종 레이저 막대의 ABCD 행렬 [M_{rod}]은 그림 1(b)와 같이 두개의 얇은 렌즈와 끝면 효과가 없는 레이저 막대로 구성되어 있다고 가정하고 구했다. 분석에 사용된 공진기의 안정도를 구하기 위해서는 광선이 공진기를 한번 왕복했을 때의 ABCD 행렬을 구해야 된다. 행렬의 형태는 다음과 같이 주어진다.

$$M_{tot} \equiv \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \equiv \begin{bmatrix} d[F][M_{r,\phi}][F][l][F][M_{\phi,r}][F][2d] \\ [F][M_{\phi,r}][F][l][F][M_{r,\phi}][F][d] \end{bmatrix} \quad (7)$$

여기서 $[l]$ 과 $[d]$ 는 거리 l 과 d 에 대한 ABCD 행렬이다. 행렬 곱 M_{tot} 을 이용하여 공진기 안정 조건과 빔질을 구할 수 있다. 회전자의 효과를 고려해 주기위해 식 (7)에서 7번째와 11번째 행렬 ($M_{\phi,r}$)과 3번째와 15번째 행렬 ($M_{r,\phi}$)이 서로 수직한 편광에 대한 행렬이 되도록 했다. 그리고, 90° 회전자의 두께에 의한 광로정의 차는 작다고 가정하였다. 식 (7)을 이용한 공진기의 안정조건은 다음과 같이 주어진다.^[8]

$$-1 \leq \frac{A+D}{2} \leq 1 \quad (8)$$

그리고, 공진기에서 발생할 수 있는 빔의 최대 전파 인자 (M^2)는 다음과 같은 간단한 식으로 구할 수 있다.^[8]

$$M^2 = \frac{R_0^2}{\omega_R^2} \quad (9)$$

여기서 ω_R 는 레이저 매질 내에서 기본 모드의 최대 반경이다. 식 (8)과 식 (9)을 이용해 렌즈형태로 가공된 레이저 막대들로 이루어진 레이저 공진기의 안정도와 빔질 특성 결과를 분석하였다.

III. 대칭 구조에서 레이저 공진기의 안정 조건과 빔질 요소(M^2) 분석

계산에 이용되는 공진기 구조는 그림 1(a)와 같다. 고정된 공진기 길이에 대해 두 개의 레이저 헤드 사이의 거리를 변화 시키면서 안정 조건과 빔질 요소를 분석하였다. 단일 레

이러한 공진기에서 얻을 수 있는 TEM₀₀ 모드의 최대 반경은 약 1.1 mm이기 때문에 대부분의 연구에서 고품위, 고풍출력 레이저를 얻기 위해서 일반적으로 레이저 막대의 직경을 3~4 mm로 선택한다.^[9] 본 연구에서는 레이저 막대의 직경을 3 mm로 선택하였다. 레이저 막대의 길이는 5 cm로 고정하고 레이저 공진기 길이는 20 cm와 30 cm 두 가지 경우에 대해 조사하였다. 레이저 막대의 끝면 곡률은 -50 cm, -100 cm, ∞ cm인 3가지의 경우에 대하여 조사하였다.

대칭 구조에서의 식 (7)은 r 편광, ϕ 편광에 대해 다음과 같이 주어진다.

$$M_{tot}(r) = [d][F][M_r][F][l][F][M_\phi][F][2d][F][M_\phi][F][l][F][M_r][F][d] \quad (10a)$$

$$M_{tot}(\phi) = [d][F][M_\phi][F][l][F][M_r][F][2d][F][M_r][F][l][F][M_\phi][F][d] \quad (10b)$$

식 (10)에서 r 편광에 대한 행렬은 ϕ 편광에 대한 행렬과 순열로 배치된 관계이기 때문에 행렬의 대각선 상의 항들의 합 (A+D)은 두 편광에 대하여 같은 값을 갖는다. 따라서 식 (4)에 의해 두 편광에 대한 안정 조건은 같게 된다. 또한 r 편광에 대한 레이저 공진기 모드의 모양은 ϕ 편광에 대한 모드 모양에 대해 공진기 중심을 기준으로 대칭 형태를 이루어 지게 되기 때문에 식 (9)에 의한 r 편광에 대한 빔질 요소는 ϕ 편광에 대한 빔질 요소와 같은 결과의 값을 가지게 된다. 따라서 본 연구에서는 r 편광에 대해서만 공진기의 특성 분석을 하였다.

그림 2는 빔질을 나타내는 M² 값과 안정영역을 ΔT와 l의 함수로 그린 것이다. 그림에서 회색 영역 부분이 레이저가 발진하지 않는 불안전 영역이다. 그림 2의 왼쪽 그림들은 레이저 막대 길이를 제외한 공진기 길이가 20 cm인 경우이고 오른쪽 그림은 30 cm인 경우이다. 공진기 길이가 길면 안정

영역은 줄어드는 반면 M² 값이 감소함을 알 수 있다. 그림 2의 윗 그림((a), (b)), 중간 그림 ((c), (d)) 아랫 그림 ((e), (f))은 레이저 막대 끝면의 곡률이 각각 ∞ cm, -100 cm, -50 cm에 해당한다. 곡률이 감소할수록 안정 영역이 전체적으로 우측으로 이동함을 알 수 있다. ΔT는 레이저 막대에 공급되는 펌프 광 세기에 비례하기 때문에 안정영역이 우측으로 이동하였다는 것은 레이저 막대에 공급하는 펌프 광의 세기를 증가시킬 수 있다는 것을 의미한다. 그림 2에서 알 수 있듯이 안정 영역의 경계에서 M² 값이 작은 값을 갖고 있다. 즉, 레이저의 빔질을 향상시키기 위해서는 안정영역 경계에서 레이저를 동작해야 한다. 그러나 안정 영역의 경계 값 ΔT_{max}가 작은 값을 갖으면 레이저 막대에 공급해줄 수 있는 펌프 광의 세기가 작은 양으로 제한되어 레이저가 저출력으로 동작하게 된다. 이러한 문제를 해결하고 고품질, 고풍출력의 레이저 공진기를 설계할 수 있는 방법이 그림 2와 같이 레이저 막대의 끝면에 곡률을 주어 안정 영역을 우측으로(즉, ΔT_{max}가 증가하는 방향으로) 이동시키는 것이다.

식 (9)의 M² 값은 주어진 공진기 조건에서 최대 가능한 공진기 모드 수를 의미한다. 실제 실험에서는 공진기 내부의 모드들 간에 경쟁의 의해 이보다 작은 값을 가질 수 있다. 따라서 고품질, 고풍출력의 레이저를 설계하기 위해서는 공진기 내에서 저차모드(TEM₀₀ 모드)가 레이저 막대 내부에서 어느 정도의 부피를 가지고 발진하는지도 고려해야 한다. 그림 3은 두 레이저 막대 내에서 TEM₀₀ 모드의 부피를 계산한 것이다. 그림 3의 모드 부피에 관한 등고선은 그림 2의 M² 값의 변화와 유사한 경향을 보임을 알 수 있다. 공진기 길이가 증가할 때 모드 부피가 많이 증가함을 알 수 있다. 일반적으로 공진기 길이가 증가할수록 레이저 빔의 모드가 좋아지는 실험 결과와 일치한다.^[1]

레이저 막대의 열 효과에 의한 이중 초점 문제는 그림 1(a)와 같이 90° 석영 회전자를 삽입하면서 해결되지만 열 복굴절 효과는 단순한 회전자의 삽입으로는 모든 공진기의 안정영역에서 보상되지 않는다. 열 복굴절이 두 개의 레이저 막대에서 보상되기 위해서는 각각의 레이저 막대에서의 모드 분포가 서로 대칭이 되어야 한다. 공진기 안정영역에서 모드의 대칭 영역을 찾기 위해 다음과 같은 모드 대칭 정도(DSMV)를 나타내는 식을 이용했다.^[10]

$$DSMV = \frac{\left| \pi \int_0^{l'} \omega_0^2(z) dz_{rod1} - \pi \int_0^{l'} \omega_0^2(z) dz_{rod2} \right|}{\left| \pi \int_0^{l'} \omega_0^2(z) dz_{rod1} + \pi \int_0^{l'} \omega_0^2(z) dz_{rod2} \right|} \quad (11)$$

여기서 ω₀는 레이저 막대에서의 TEM₀₀의 빔 반경이다. DSMV 값이 0이면 모드의 완전 대칭을 의미하고 DSMV가 0에서 1사이면 부분 대칭을 의미한다. 그리고 DSMV가 1이면 공진기 모드가 완전 비대칭을 의미한다. 레이저 막대에서 형성되는 열 복굴절을 제거하기 위해서는 DSMV가 0에 가까운 값을 가져야 한다. 그림 3은 여러 가지 공진기 구조에 따른 DSMV 값을 구한 것이다.

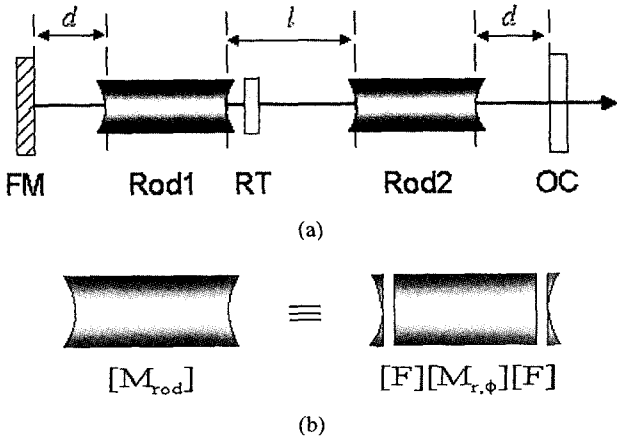


그림 1. 두 개의 렌즈형 레이저 막대로 구성된 공진기 구성도 (a), 렌즈형 레이저 막대의 등가 구성도 (b).
FM: Full Mirror, RT: 90°-Rotator, OC: Output Coupler.

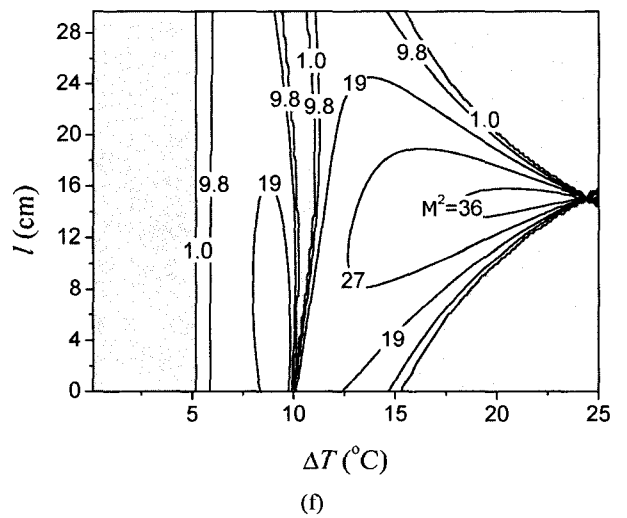
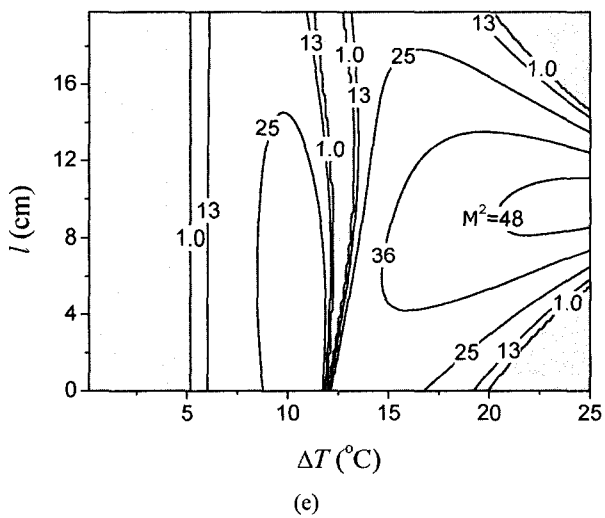
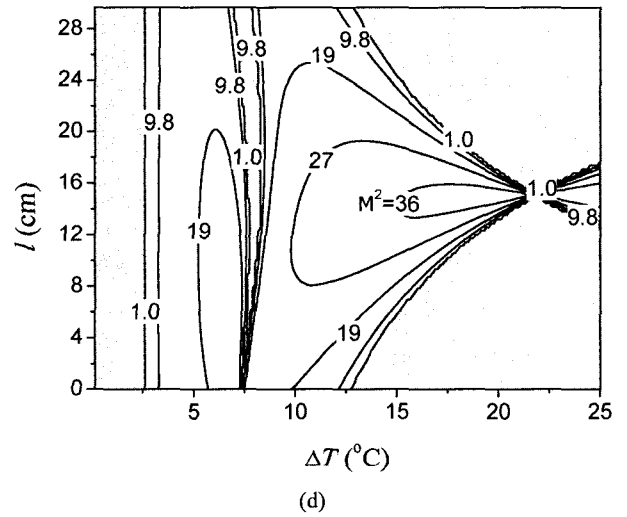
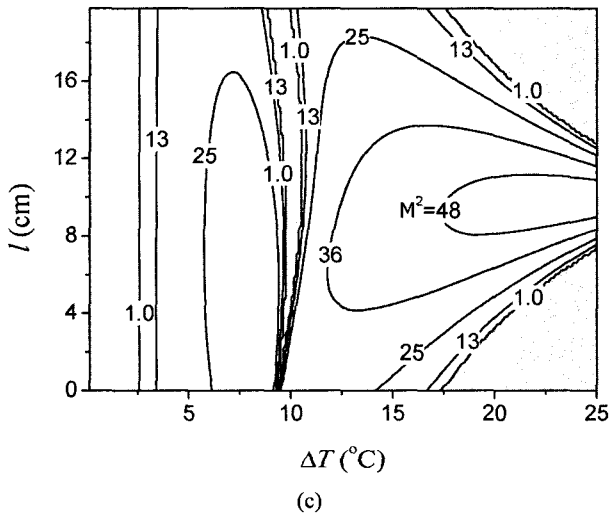
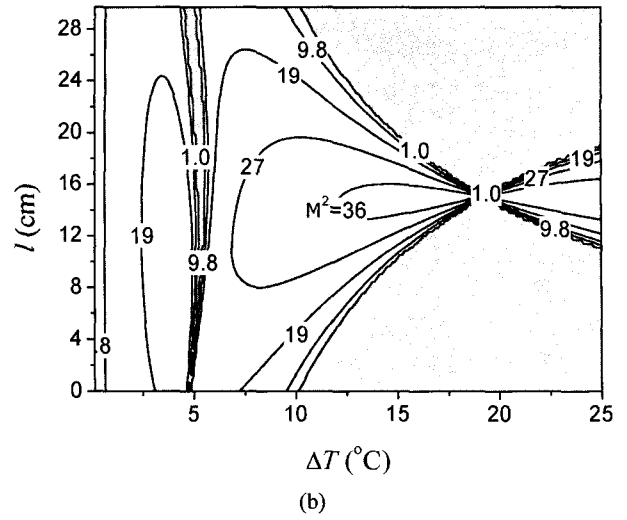
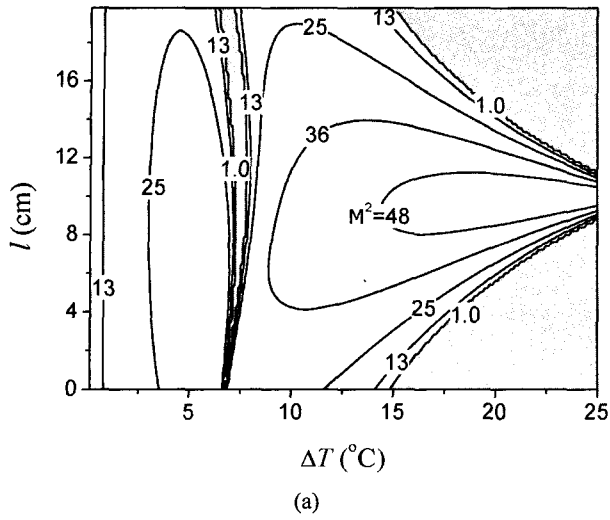


그림 2. 계산된 레이저 공진기의 M^2 값. (a) $R_{\text{curve}} = \infty$ cm와 $l = 20$ cm 인 경우, (b) $R_{\text{curve}} = \infty$ cm와 $l = 30$ cm 인 경우, (c) $R_{\text{curve}} = -100$ cm와 $l = 20$ cm 인 경우, (d) $R_{\text{curve}} = -100$ cm와 $l = 30$ cm 인 경우, (e) $R_{\text{curve}} = -50$ cm와 $l = 20$ cm 인 경우, (f) $R_{\text{curve}} = -50$ cm와 $l = 30$ cm 인 경우.

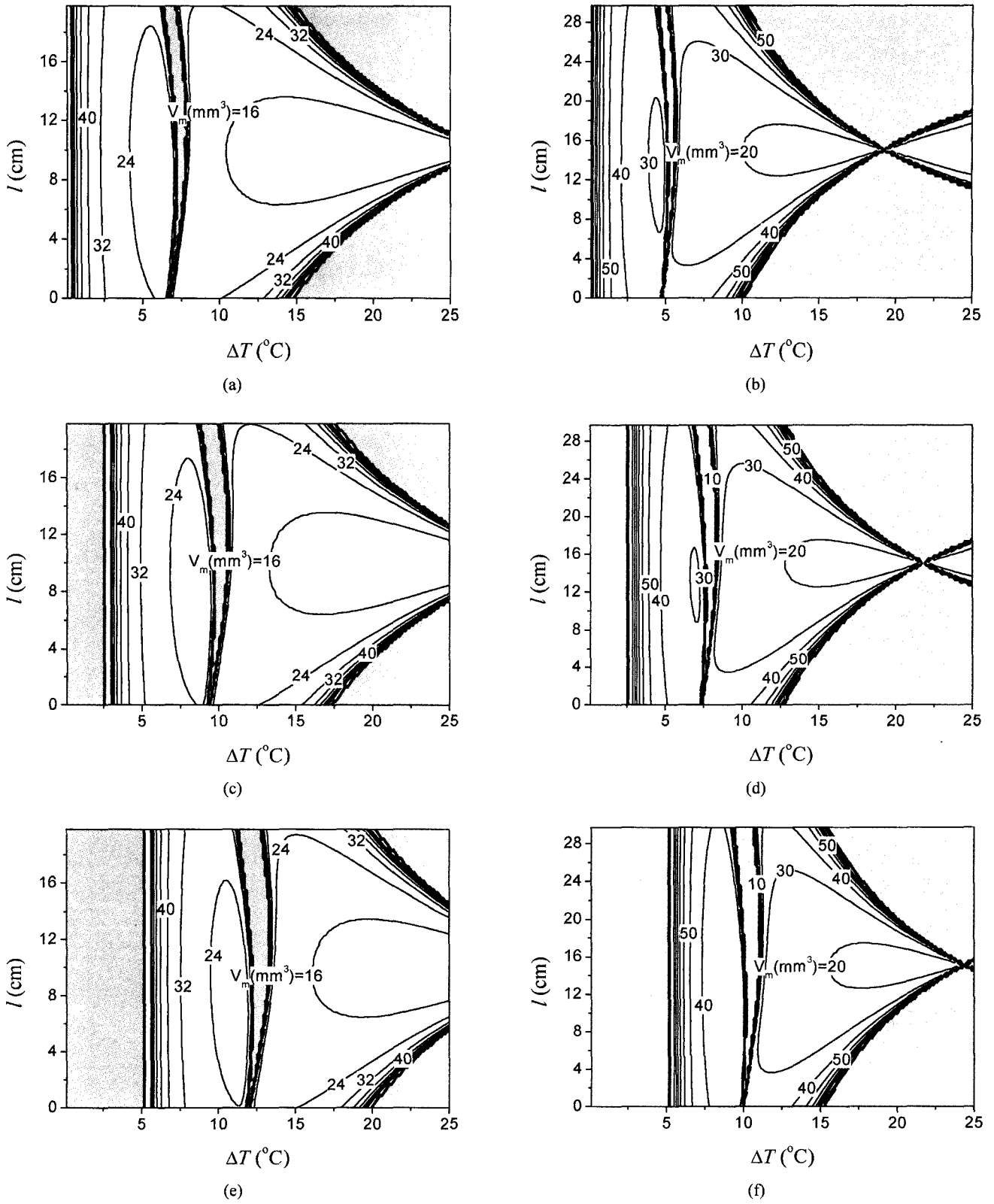
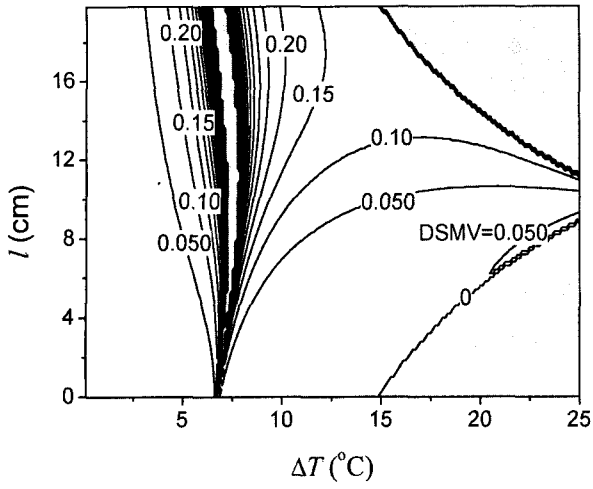
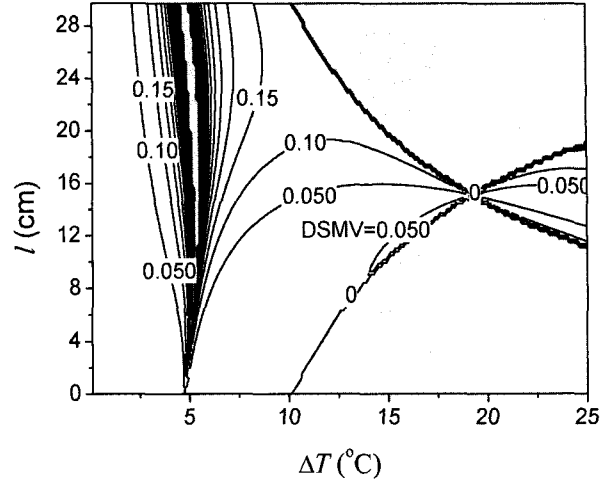


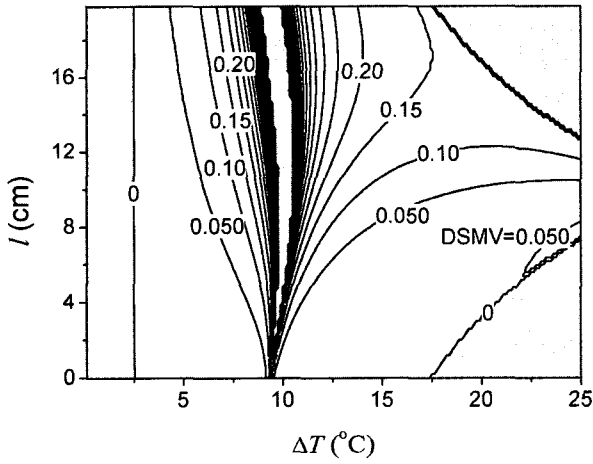
그림 3. 계산된 레이저 막대에서의 TEM₀₀ 모드 부피. (a) $R_{\text{curve}} = \infty$ cm와 $l = 20$ cm 인 경우, (b) $R_{\text{curve}} = \infty$ cm와 $l = 30$ cm 인 경우, (c) $R_{\text{curve}} = -100$ cm와 $l = 20$ cm 인 경우, (d) $R_{\text{curve}} = -100$ cm와 $l = 30$ cm 인 경우, (e) $R_{\text{curve}} = -50$ cm와 $l = 20$ cm 인 경우, (f) $R_{\text{curve}} = -50$ cm와 $l = 30$ cm 인 경우.



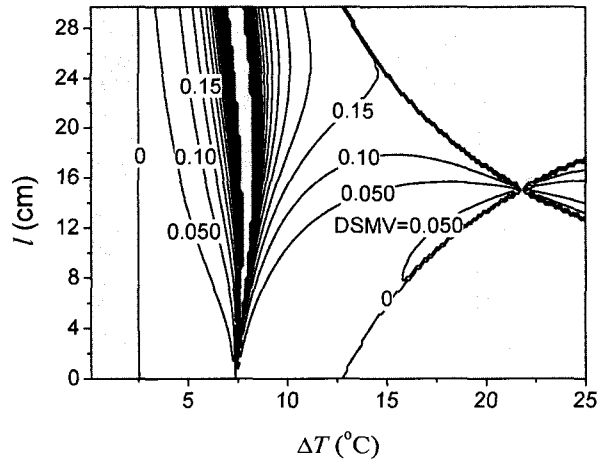
(a)



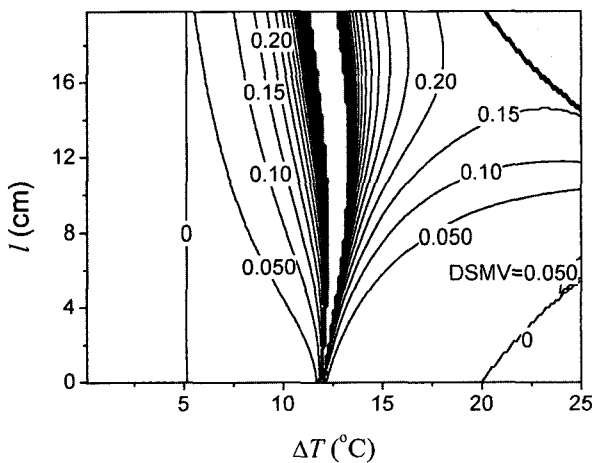
(b)



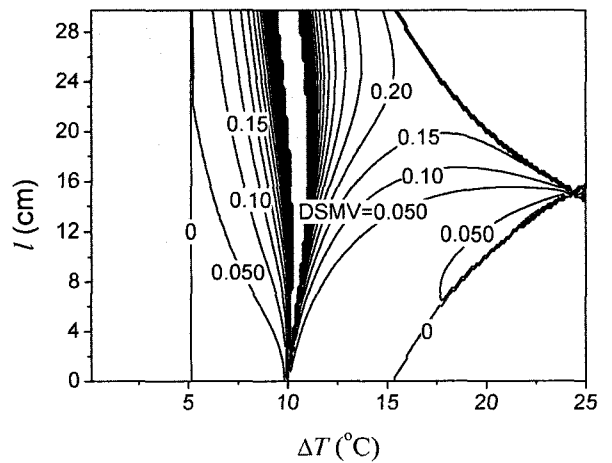
(c)



(d)



(e)



(f)

그림 4. 계산된 레이저 공진기 내 모드 대칭도 (DSMV). (a) $R_{\text{curve}} = \infty$ cm와 $l = 20$ cm 인 경우, (b) $R_{\text{curve}} = \infty$ cm와 $l = 30$ cm 인 경우, (c) $R_{\text{curve}} = -100$ cm와 $l = 20$ cm 인 경우, (d) $R_{\text{curve}} = -100$ cm와 $l = 30$ cm 인 경우, (e) $R_{\text{curve}} = -50$ cm와 $l = 20$ cm 인 경우, (f) $R_{\text{curve}} = -50$ cm와 $l = 30$ cm 인 경우.

그림 3에서 알 수 있듯이 모드의 대칭성 결과는 M^2 와 모드 부피의 결과들이 보여주는 경향과는 다르게 나타났다. M^2 와 모드 부피의 결과에서는 두 개의 레이저 막대를 서로 맞댄 경우($l=0$)와 최대로 떨어트린 경우의 결과($l=l_{max}$)가 비슷했다. 그러나 그림 3의 결과는 두 개의 레이저 막대를 서로 맞댄 경우가 두 막대사이를 최대로 떨어트려 놓는 경우보다 모드의 대칭성이 우수함을 보여 주었다. 특히 막대의 끝면의 곡률이 감소할수록 $l=0$ 와 $l=l_{max}$ 의 공진기에 대한 DSMV는 차이가 많이 생겼다. 이 결과로부터 렌즈형 레이저 막대들로 구성된 대칭형 공진기가 열 복굴절이 보상된 고품질의 레이저 빔을 얻기 위해서는 두 개의 레이저 막대를 서로 맞댄 공진기 구조로 설계되어야 함을 알 수 있다.

IV. 결 론

고품질 고출력 레이저로 활용되는 두 개의 렌즈형 레이저 막대들로 구성된 대칭형 레이저 공진기의 출력 특성을 이론적으로 분석하였다. 분석을 통해 레이저 막대의 끝면을 오목 렌즈형으로 가공하면 레이저가 고출력 영역에서보다 더 안정적으로 동작할 수 있음을 보였다. 또한 열 복굴절 효과가 제거된 고품질의 레이저 빔은 두 개의 레이저 막대를 서로 맞댄 공진기 구조의 레이저에서 얻을 수 있음을 보였다.

감사의 글

본 연구는 2004년도 조선대학교 학술연구비의 지원을 받아 수행되었습니다.

참고문헌

[1] N. Hodgson and H. Weber, *Optical resonators* (Springer-

Verlag, London, UK, 1997), pp. 367-443.
 [2] Y. Hirano, Y. Koyata, S. Yamamoto, K. Kasahara, and T. Tajime, "208-W TEM₀₀ operation of a diode-pumped Nd:YAG rod laser," *Opt. Lett.*, Vol. 24, pp. 679-681, 1999.
 [3] K.P. driedger, R. M. Infflander, and H. Weber, "Multirod resonators for High-power Solid-state lasers with improved beam quality," *IEEE J. Quantum Electron.*, Vol. 24, pp. 665-674, 1988.
 [4] J. Y. Lee, H. S. Kim, K. Y. Um, J. R. Park, and H. J. Kong, "Compensation of polarization distortion of a laser beam in a four-pass Nd:glass amplifier by using a Faraday rotator," *Trends Opt. Photon.*, Vol. 1, pp. 216-221, 1996.
 [5] M. P. Murdough and C. A. Denman, "Mode-volume and pump-power limitations in injection-locked TEM₀₀ Nd:YAG rod lasers," *Appl. Opt.*, vol. 35, pp. 5925-5956, 1996.
 [6] J. R. Park, J. Y. Lee, H. S. Kim, K. Y. Um, and H. J. Kong, "Characteristics of a birefringence compensation scheme in Nd³⁺:YAG rods using a polarization rotator and an imaging optics," *Opt. Re.*, vol. 4(1B), pp. 170-175, 1997.
 [7] W. Koechner, *Solid-state Laser Engineering 4th ed.* (Springer-Verlag, Berlin, 1996), pp 400.
 [8] H. S. Kim, S. Lee, D-K. Ko, and B. H. Cha, "Dependence of the stability and the beam quality on the distance between two rods in a double laser-head resonator," *Opt. Commun.*, Vol. 15, pp. 381-389, 2002.
 [9] G. Cerullo, S. D. Silvestri, V. Magni, O. Svelto, "Output power limitations in CW single transverse mode Nd:YAG lasers with a rod of large cross-section," *Opt. & Quantum Electron.*, vol. 25, pp. 489-500, 1993.
 [10] H. S. Kim, J. T. Kim, and J. R. Park, "Stable range enhancement in a symmetric confocal two-rod resonator with 90°-optical rotator," *IEEE J. Quantum Electron.*, vol. 39, pp. 1594-1599, 2003.

Numerical analysis of resonator stability and beam quality in a thermal-birefringence compensated symmetric resonator consisting of two laser rods with rod-end curvatures

Hyun Su Kim[†]

*Dept. of Photonic Engineering, Chosun University,
375 Seosuk-dong, Dong-gu, Gwangju, 501-759, Republic of Korea*

[†]*E-mail: hskim21@chosun.ac.kr*

(Received August 10, 2004, Revised manuscript October 20, 2004)

We analyse the beam characteristics of the thermal-birefringence compensated symmetric resonator which consists of two laser rods with rod-end curvatures. The numerical results show that the stability and the beam quality can be improved in high power operation region when the rod-ends are made in the form of a negative lens. The thermal birefringence of the symmetric two-rods resonator is shown to be well compensated when the two rods closely contact each other.

OCIS Codes : 140.3530, 140.4780, 140.6810.