

# 板条激光器的像散补偿

鄢雨 徐德行 严琪华 邹海兴

(中国科学院上海光机所, 上海 201800)

**提要** 报道了一种板条激光器的像散补偿方法, 分析了板条激光器像散补偿后的高斯光束特性。

**关键词** 板条激光器, 像散补偿, ABCD 定律

## 1 引言

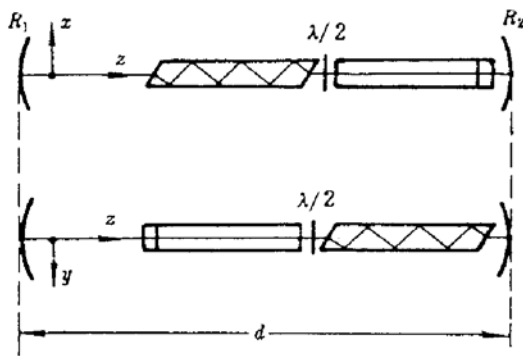


Fig. 1 Schematic of astigmatic compensation for solid-state slab lasers

板条激光器因输出功率高、热效应对光束的影响小、容易获得高质量激光输出而受到人们的重视。对板条激光器边缘效应、端面效应和温度分布等引起的光学畸变的研究<sup>[1~4]</sup>, 充分显示出板条激光器的发展潜力。

板条激光器是一种全内反射面泵浦的激光器, 其之字型光路如图 1 所示。非轴对称的板条产生像散, 使光束在两个垂直方向有不同的光斑大小、光腰位置和波面曲率<sup>[5]</sup>。折叠谐振腔<sup>[6]</sup>和环形谐振腔<sup>[7,8]</sup>的像散补偿已有研究, 板条激光器的像散补偿尚未见报道。因此, 研究板条激光器的像散补偿对进一步

提高光束质量具有十分重要的意义。

## 2 像散补偿法

在板条激光器谐振腔外或谐振腔内(如图 1 所示)引入两个光学元件——二分之一波片和与原板条结构参数完全相同的补偿块, 图中  $x, y, z$  为坐标系, 从坐标方位可看出两块板条相互之间的位置关系。激光束经二分之一波片, 激光束的偏振态改变  $90^\circ$ , 此偏振态的光全部透过补偿块。由板条产生的像散激光束经二分之一波片和补偿块后, 变为无像散光束, 从而达到校正像散的目的。

为了便于说明, 我们只讨论板条激光器腔内补偿前后的基模情形, 此时补偿块为激光介质的一部分。腔外补偿的分析原理与腔内补偿一样, 为充分利用补偿块, 可将补偿块作为激光放

大的介质。

由 ABCD 定律,在板条激光器腔内考查面  $M$  的光斑大小和波面曲率分别为

$$\omega = \sqrt{\frac{2\lambda B}{\pi \sqrt{-4BC - (A - D)^2}}}$$

$$\rho = \frac{D - A}{2B}$$

像散补偿前考查面  $M$  的 ABCD 矩阵为

$$M_i = \begin{pmatrix} 1 & l - z \\ 0 & 1 \end{pmatrix} T_i \begin{pmatrix} 1 & d - l - l' \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{2}{R_2} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & d - l - l' \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$T_i \begin{pmatrix} 1 & l \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{2}{R_1} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & z \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

( $i = x, y$ )

式中

$$T_x = \begin{pmatrix} 1 & t_x \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \quad T_y = \begin{pmatrix} 1 & t_y \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$t_x = \frac{Nhn^2 \cos^2 \theta_1}{(n^2 - \sin^2 \theta_1)^{3/2} \sin(\theta_1 - \theta_1') \cos \theta_1'}$$

$$t_y = \frac{Nh}{(n^2 - \sin^2 \theta_1)^{1/2} \sin(\theta_1 - \theta_1') \cos \theta_1'}$$

$$\theta_1' = \arcsin\left(\frac{1}{n} \sin \theta_1\right)$$

$$l' = Nh \operatorname{ctg}(\theta_1 - \theta_1')$$

$N$  为光束在板条内的反射次数,  $h$  为板条的高度,  $n$  为板条的折射率,  $\theta_1$  为板条的端面法线与光轴的夹角,  $l$  为板条端面与  $R_1$  的距离,  $z$  为考查面与  $R_1$  的距离,  $R_1$  和  $R_2$  为谐振腔的半径,  $d$  为  $R_1$  和  $R_2$  的间距。

像散补偿后考查面  $M$  的 ABCD 矩阵为

$$M_i = \begin{pmatrix} 1 & l - z \\ 0 & 1 \end{pmatrix} T_i \begin{pmatrix} 1 & d - l - l' \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{2}{R_2} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & d - l - l' \\ 0 & 1 \end{pmatrix} T_i \begin{pmatrix} 1 & l \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{2}{R_1} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & z \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

( $i = x, y$ )

式中

$$T_x = T_y = \begin{pmatrix} 1 & \frac{t_x + t_y}{2} \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

### 3 实例分析

设板条激光器的工作波长  $\lambda = 1.06 \mu\text{m}$ , 谐振腔  $R_1 = \infty$ ,  $R_2 = 1.5 \text{ m}$ , 间距  $d = 1.4 \text{ m}$ , 板条的高度  $h = 6 \text{ mm}$ , 折射率  $n = 1.83$ ,  $N = 20$ ,  $\theta = 61.35^\circ$ 。板条激光器像散补偿前后高斯光束

的特性如图 2 所示,显然像散补偿前光束在谐振腔内子午和孤矢方向有不同的光斑大小,采用上述像散补偿方法后,光束在谐振腔内子午和孤矢方向有相同的光斑大小,从而提高了板条激光器的光束质量。

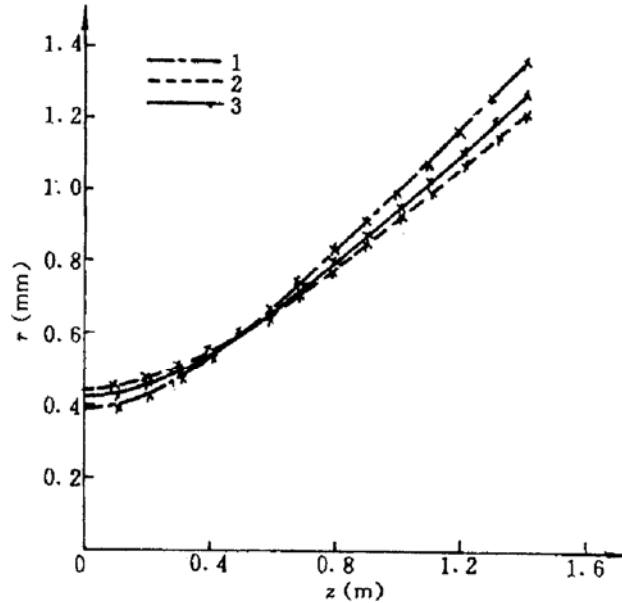


Fig. 2 Propagation characteristics of Gaussian beam with the cavity astigmatism compensated or not, 1 is Tangential ( $x$ ), 2 is Sagittal ( $y$ ), 3 is astigmatically compensated ( $x$  and  $y$ )

### 参 考 文 献

- 1 J. M. Eggleston, T. J. Kane, K. Kuhn *et al.*. The slab geometry laser-part I; Theory. *IEEE J. Quant. Electr.*, 1984, **QE-20**(3): 289
- 2 T. J. Kane, J. M. Eggleston, R. L. Byer. The slab geometry laser-part II; Thermal effects in a finite slab. *IEEE J. Quant. Electr.*, 1985, **QE-21**(8): 1195
- 3 顾绍庭, 张国轩, 黄周松. 玻璃板条激光器的热应力. *物理学报*, 1989, **43**(3): 399
- 4 廖 严, 何慧娟, 李永春 等. 固体激光器板状介质的三维温度分布. *中国激光*, 1992, **19**(1): 5
- 5 陆璇辉, 王绍民. 片状固体激光器的基模. *中国激光*, 1988, **15**(6): 371
- 6 H. W. Kogelnik, E. P. Ippen, A. Dienes *et al.*. Astigmatically compensated cavities for CW dye laser. *IEEE J. Quant. Electr.*, 1972, **QE-8**(3): 373
- 7 W. W. Rigrod. The optical ring resonator. *Bell Sys. Tech. J.*, 1965, **44**: 907
- 8 Xinglong Wang, Yu Li, Guojiang Hu *et al.*. Numerical method of astigmatic compensation and stability regions of folded or ring cavity. *Chinese J. of Laser*, 1992, **1**(1): 37

## Asitgmatic Compensation for Solid-state Slab Geometry Lasers

Yan Yu Xu Deyan Yan Qihua Zou Haixing

(Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica, Shanghai 201800)

**Abstract** An analysis is given of the propagation characteristics of Gaussian beams for solid-state slab geometry lasers with astigmatism compensated or not. A method of compensating the astigmatism of the solid-state slab geometry laser is described.

**Key words** solid-state slab geometry lasers, astigmatic compensation, ABCD law