

激光二极管本征像散补偿法

鄢 雨 徐德衍 严琪华

(中国科学院上海光学精密机械研究所, 上海 201800)

摘 要 报道了一种用共轴全对称光学系统补偿激光二极管本征像散的新方法, 该方法结构简单, 易制造, 且费用低。文中还给出了几种准直和聚焦的光学系统。

关键词 激光二极管, 本征像散。

1 引 言

激光二极管具有许多优点, 但气体激光器发射的几乎是“理想的”平行光束, 而激光二极管发射的则是一种具有本征像散性的非对称发散光锥。激光二极管要替代气体激光器必须借助于光学系统对其“准直”, 准直光学系统的数值孔径 NA 大于 0.5 或其 F 数小于 1。准直后的远场光斑为椭圆形, 且长宽比约为 3:1。这种非对称的椭圆光斑可以通过光束遮拦、复合棱镜和柱面镜的一维扩束变为圆形光斑^[1, 2]。

激光二极管的本征像散表现为平行和垂直于 pn 跃迁平面的两个发散光束的光腰不在同一位置。具有本征像散的激光二极管不能用普通光学系统对其高精度准直, 亦不能对其聚焦成衍射极限的光斑。当本征像散小于 $5.5 \mu\text{m}$, 平行和垂直于 pn 跃迁平面的两个发散波面的波差小于 $\lambda/10$ ($\lambda = 800 \text{ nm}$)^[1] 时, 在可见光谱区的激光二极管, 其本征像散在 $10 \sim 40 \mu\text{m}$ 之间, 为了获得好的准直和聚焦效果, 必须在准直和聚焦光学系统中引入像散补偿元件。用柱面微透镜^[1~3] 能校正激光二极管的本征像散, 并整形光斑, 但这种微透镜必然要引入附加像差, 且安装要求苛刻。

本文报道了一种激光二极管本征像散补偿的新方法, 并介绍了几种准直和聚焦的光学系统。

2 本征像散补偿

由像差理论可知, 共轴全对称光学系统对轴上物点成像只产生球差和色差, 对轴外物点成像除产生轴外球差和由此而引起的色变化外, 还产生像散。考虑到入射光束本身具有像散, 经共轴全对称光学系统后, 其像散可表示为^[4]:

$$n_k u_k u_k' (s_k - t_k) - n_1 u_1 u_1' (s_1 - t_1) = \sum_1^k S_{\text{III}}$$

$$S_{\Sigma} = \frac{1}{2} h h_s n^2 \sin^2 I_s \left[\left(\frac{1}{n' s'} - \frac{1}{n s} \right) + \left(\frac{1}{n' t'} - \frac{1}{n t} \right) \right]$$

当共轴全对称光学系统所产生的像散与入射光束的本征像散相消时，出射光束则为无像散光束。

Dyson 介绍了一种共轴全对称光学系统^[5]，该系统由两个共球心的半球透镜和凹反射镜组成，凹反射镜的球面半径是半球透镜的球面半径的 $n/(n - 1)$ 倍， n 为半球透镜的折射率。物/像共面，且与光轴相交于公共球心。Dyson 系统除高级像散外，完全消除了球差、彗差、Petzval 场曲和畸变。Wynne 建议^[6]将 Dyson 系统的半球透镜改成由一平凸透镜和一弯月透镜组成的胶合透镜，如图 1 所示。弯月透镜的折射率高于平凸透镜的折射率，适当选择胶合透镜的两球面半径，可以校正像散。

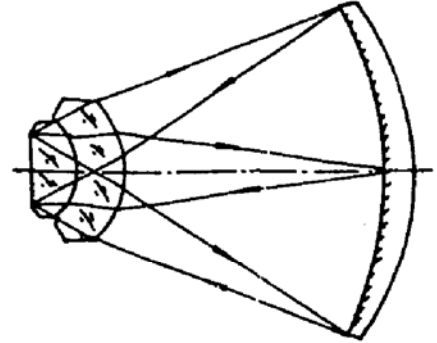


Fig. 1 The Wynne-Dyson lens system

例如，激光二极管 ($\lambda = 670 \text{ nm}$) 的本征像散为 $40 \text{ }\mu\text{m}$ ，图 1 所示的补偿光学系统的结构数据可选为：

Table 1.

	R	D	n
plane-convex lens	∞	13.9	K9
	15.966		
meniscus-lens	15.966	13	ZF6
	28.97		
concave-mirror	108.16	79. .	

系统的像散如图 2 所示。可见，在 t 线的拐点附近 2 mm 的范围内，像散变化很小，这大大降低了安装精度。激光二极管的本征像散补偿后，像散的残余量所产生的波差小于 $\lambda/10$ 。图中阴影区域离光轴较远，这有利于缩小光学系统的体积。

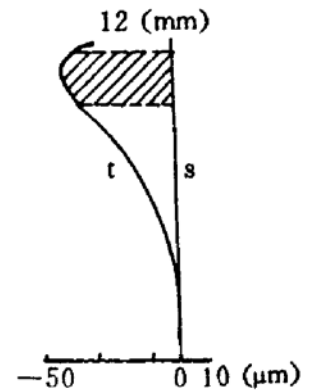


Fig. 2 Theoretical field curves for the Wynne-Dyson Lens

3 准直和聚焦光学系统

设计高质量的激光二极管准直和聚焦光学系统，首先选择结构参数，如数值孔径(光束收集角)、焦距、工作距和光斑大小等；其次校正像差，使球差和像散引起的波差小于 $\lambda/10$ 。在高数值孔径的系统中，激光二极管的窗玻璃所产生的球差也是不容忽视的。

在图 1 像散补偿光学系统中，引入一定的辅助光学元件，适当改变像散补偿光学系统的结构形式，便可得到准直和聚焦的光学系统，图 3 示出了图 1 出射光束那部分放大图，其中 (a)、(b) 是引入一小透镜得到准直及聚焦光束，(c)、(d) 表示在原平凸透镜的平面适当位置制成凹球面而得到准直和聚焦光束。同样地，采用光束遮拦，复合棱镜和柱面镜一维扩束，可以获得无像散的圆形光斑。

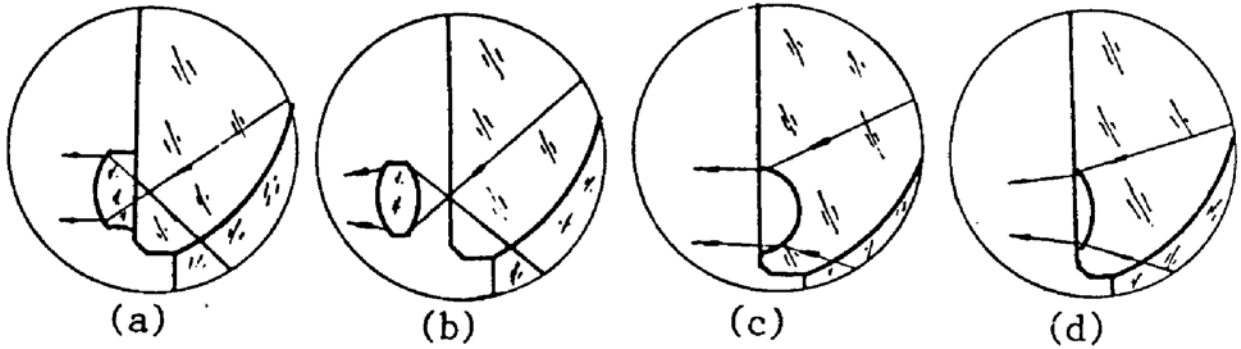


Fig. 3 Some sort of collimating and refocusing optics

结 论 采用上述本征像散补偿法, 补偿光学系统能在很高数值孔径(大收集角)的情形除了产生一定量的像散来补偿激光二极管的本征像散外, 不引入其它任何单色像差, 因而在光束质量方面该补偿法优于微柱面镜。在本征像散补偿光学系统中引入光学元件或作适当改变, 可获得消像散的准直或聚焦光学系统, 这是以前文献中无法实现的。

参 考 文 献

- [1] D. Kuntz, Specifying laser diode optics. *Laser Focus World*, 1984, 20(3): 44~55
- [2] J. J. Snyder, A. E. Cable, Cylindrical microlenses improve laser-diode beams. *Laser Focus World*, 1993, 20(4): 97~100
- [3] T. M. Baer, J. J. Snyder, Method for fabrication of cylindrical microlenses of selected shape. 1992, *US Patent* 5, 080, 706
- [4] 王之江, 光学设计理论基础. 北京, 科学出版社, 1965, 149
- [5] J. Dyson, Unit magnification optical system without Seidel aberrations. *J. Opt. Soc. Am.*, 1959, 49(7): 713~716
- [6] G. Wynne, Monocentric telescopes for microlithography. *Opt. Engng.*, 1987, 26(4): 300~303

Correcting for Laser-Diode Astigmatism

Yan Yu Xu Deyan Yan Qihua

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

(Received 15 April 1994; revised 24 May 1994)

Abstract A new method based on the symmetrical optical system is described for correcting laser-diode astigmatism. Some of the collimating and refocusing optics are given.

Key words laser-diode, eigen astigmatism.