

文章编号: 1005-5630(2005)04-0065-04

半导体激光器光束的准直设计^{*}

何修军¹, 涂小强¹, 蒋孟衡¹, 严真旭²

(1 成都信息工程学院光电技术系, 四川 成都 610054;

2 中国电子技术标准化研究所, 北京 100007)

摘要: 利用计算机仿真, 设计了相互垂直的椭圆截面柱透镜组来准直半导体激光束。两个椭圆截面柱透镜分别对半导体激光器两个方向的光束进行准直, 采用自适应加权和法进行优化计算, 结果可达到 $50\mu\text{rad}$ 量级的发散角, 同时也可在远场形成圆形光斑。

关键词: 椭圆截面; 柱透镜; 计算机仿真; 准直

中图分类号: TN 364 2 **文献标识码:** A

Collimating the semiconductor laser beam with the elliptic section cylinder lenses

HE Xiu-jun¹, TU Xiao-qiang¹, JIAN Meng-heng¹, YAN Zhen-xu²

(1 Department of Optics and Electronics, Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225, China;

2 China Electronics Standardization Institute, Beijing 100007, China)

Abstract With the computer simulation, the elliptic section cylinder lenses have been designed and used to collimate the semiconductor laser beam. This lenses is made up of two mutually perpendicular cylinder lenses and they respectively collimate two directional semiconductor laser beams. By the self-adapting weighting method to optimize, divergence angle of $50\mu\text{rad}$ order can be reached through theoretical calculation, at the same time the circle pattern is obtained at the far field.

Key words: elliptic section; cylinder lenses; computer simulation; collimate

1 引言

半导体激光器具有体积小、重量轻、功耗低和可直接调制等优点, 在激光雷达、激光通信、固体激光器的抽运等方面得到了广泛的应用^[1,2]。由于半导体激光器的非对称激活通道, 使发出的光束在相互垂直的两个平面内具有较大的发散角, 远场平行和垂直于结平面方向的发散角分别约 10° 左右和 30° 左右, 所以在使用半导体激光器时, 需首先对其光束进行准直。而许多方法的准直结果仅达到 3mrad 左右的发散角, 它无法满足实际要求极小(微弧度数量级)的发散角, 如目前空间光通信已要求光束的发散角能达到 $50\mu\text{rad}$ 左右, 现对采用椭圆截面柱透镜^[3,4]准直法进行了计算机仿真实验计算和设计, 结果表明可达到 $50\mu\text{rad}$ 左右的发散角, 如此高质量的光束有着广泛的应用前景。

2 理论分析

根据半导体激光束的特点, 两个方向的发散角不同, 如图 1 所示采用相互垂直的椭圆截面柱透镜组分别对两个方向进行准直, 并让它们的间距取适当的值, 最后可在远场形成圆形光斑, 如图 1(a) (平面图), 垂直于结平面方向上的光束经第一个柱透镜后变成平行光, 第二个柱透镜可看作平行玻璃板, 不会改变发

* 收稿日期: 2004-12-05

作者简介: 何修军(1972-), 男, 四川成都人, 助教, 硕士, 主要从事光束质量处理方面的研究。

散角。图 1(b) 表示平行于结平面方向上的光束经第一个柱透镜时, 光束仅发生偏移, 发散角不会变化, 然后经第二个透镜后发散角得到大大压缩。

下面利用计算机仿真计算出该系统的准直结果。

设两柱透镜的厚度为 d_1, d_2 , 材料折射率为 n , 激光源离第一个柱透镜(平面侧)距离为 l , 两柱透镜的间距为 a , 激光束发散角为 α , 下面分别计算两个方向上光束的准直情形。

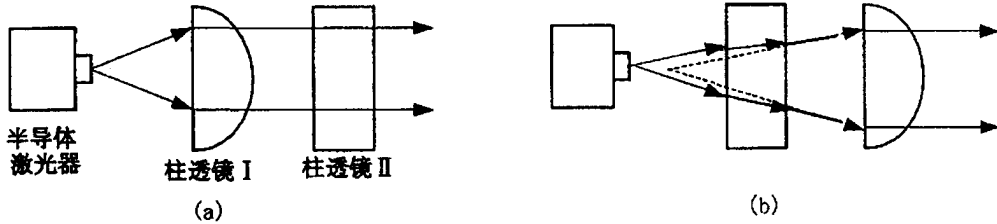


图 1 半导体激光束的准直系统

(a) 垂直结平面方向上的光束准直; (b) 平行结平面方向上的光束准直。

2.1 垂直于结平面方向情形

如图 2, 光束经柱透镜第一次折射后, 折射光线与法线的夹角为 β , 经过第二次折射后的光线与法线方向夹角为 ϕ , 法线与 x 轴的夹角为 θ , 经该柱透镜准直后的发散角为 δ 。

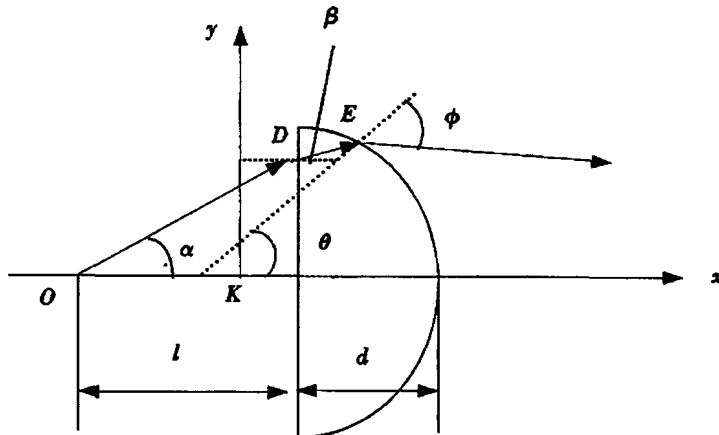


图 2 垂直于结平面方向上光束准直计算

如图 2, 由折射定律有:

$$\sin \alpha = n \sin \beta \quad (1)$$

$$n \sin (\theta - \beta) = \sin \phi \quad (2)$$

以椭圆中心 K 点为原点建立如图 2 所示坐标, 可得直线 DE 方程为:

$$y = x \operatorname{tg} \beta + l \operatorname{tg} \alpha - (a - d) \operatorname{tg} \beta \quad (3)$$

又曲面为椭圆, E 点坐标又满足 $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$, 则可求出 E 点坐标:

$$x_e = \frac{1}{b^2 + u^2} (-auw + ab \sqrt{b^2 + u^2 - w^2}) \quad (4)$$

$$y_e = x_e \operatorname{tg} \beta + w \quad (5)$$

其中 $u = a \operatorname{tg} \beta, w = l \operatorname{tg} \alpha - (a - d) \operatorname{tg} \beta$, 又 $\operatorname{ctg} \theta = - \left. \frac{dy}{dx} \right|_E$ (E 点法线的斜率), 得:

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{a^2 \sqrt{1 - \frac{x_e^2}{a^2}}}{bx_e} \quad (6)$$

由(2)式有

$$\phi = \arcsin [n \sin (\theta - \beta)] \quad (7)$$

其中 $\beta = \arcsin(\frac{\sin \alpha}{n})$, 由此便可得到角度差即为发散角:

$$\delta = \theta - \phi \quad (8)$$

另外平行于结平面方向上的计算同垂直时一样, 如图 3 所示, 只是将其中的 l 用 l' 代替, 且 $0 \leq \alpha \leq \frac{\theta}{2}$, 即

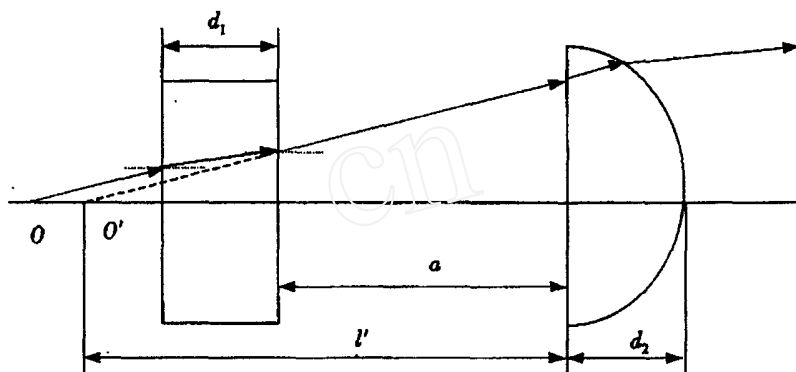


图 3 平行于结平面方向上光束准直计算

$$l' = l + A_s + \Delta + d + a \quad (9)$$

其中 A_s 为半导体激光器两个方向上的固有像散, Δ 为平行方向上的光束经第一个柱透镜的偏移量, 两柱透镜间的距离 a 可取适当的值以满足两个方向上出射宽度相等以便在远场形成圆形光斑。

3 数据优化和准直结果

根据上面的计算, 可以算出激光束在两个方向上通过两柱透镜的准直结果, 由于激光光源发出的光束经柱透镜组后不可能让每一条光线(平行光轴除外)都平行于光轴即发散角为零, 曲面始终存在象差, 故激光束经光学系统准直后, 不同角度的准直结果也不一样。当然应尽可能让所有发散角的光束, 经系统准直后都很小, 这属于多目标优化问题。

对于多目标的优化, 可采用主要目标法、方差法、线性加权法和法^[5,6], 这里运用线性加权法和法进行数据优化, 也就是对于多个目标, 建立评价函数 $\Phi(x) = \sum_{i=1}^m \lambda_i f_i(x)$, 其中 λ_i 表示加权系数, 它反映第 i 个目标在评价函数 $\Phi(x)$ 中所占的重要程度, 这样多目标的最优化问题就转换为数值函数的极小化问题, 即求解

$$\min \Phi(x) = \min \sum_{i=1}^m \lambda_i f_i(x) \quad (10)$$

这里还存在如何选取加权系数, 对于这个光学系统多目标的优化, 可以通过多目标结果优化值趋于一致来确定加权系数, 目标结果值大的而加权系数就大一点, 这样得到的多目标优化结果基本相差不大, 则有

$$\lambda_i = \frac{f_i(x)}{\sum_{i=1}^m |f_i(x)|} \quad (11)$$

根据(11)式可知, 加权系数随多目标值的变化而变化, 则此优化法可称为自适应加权法和。通过自适应加权法和法优化计算, 对于发散角为 $\theta = 10^\circ \sim 30^\circ$ 的半导体激光束, 得到椭圆截面柱透镜组系统的准直结果, 如图 3 所示, 由于对称性, 故这里只计算了一半的发散角的准直结果, 同时为了更好地说明它的准直效果, 图 4 给出了其它截面即圆、抛物线、双曲线的准直结果。

从图 3 可看出椭圆截面柱透镜组对激光束的准直结果可达到 $50 \mu\text{rad}$, 由图 4 可知其它截面柱透镜的准直结果仅达到毫弧度数量级, 远小于椭圆截面柱透镜的准直结果, 即使抛物面、双曲面柱透镜组也只有 3 个 mrad 左右。

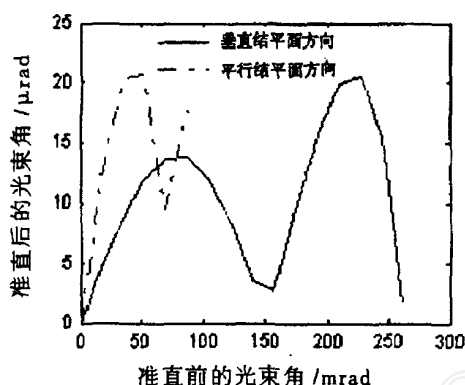


图 4 椭圆截面柱透镜组的准直结果

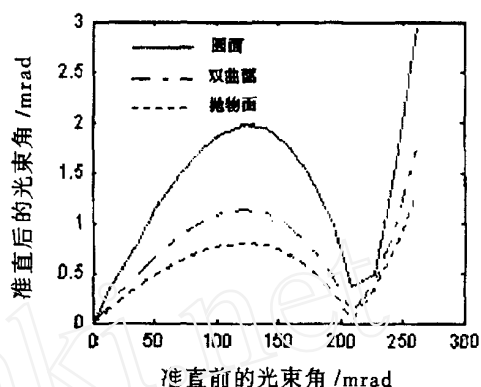


图 5 不同截面柱透镜组的准直结果

4 结 论

用椭圆截面柱透镜组对半导体激光束进行准直,通过仿真计算其结果可达到 $50\mu\text{rad}$ 左右,适当调整两镜距离还可在远场形成圆形光斑,这说明利用椭圆截面或椭球面透镜进行光束质量处理,较其它曲面透镜有很好的准直效果。

5 参考文献

- [1] 葛林,邱昆. 激光空间通信中的天线研究[J]. 电子科技大学学报, 1998, 27(4): 367~370.
- [2] 杨春平,吴健,何毅. 激光雷达在空间交会对接中的应用[J]. 电子科技大学学报, 1999, 28(4): 447~451.
- [3] Hunziker W, Bolz E, Melchior H. Cylindrically lensed polarization maintaining fibers[J]. *Electron Lett*, 1992, 28(17): 1654~1656.
- [4] Fu Y Q, Ngoi K A B. A novel one step integration of edge-emitting laser diode with micro-elliptical lens using focused ion beam direct deposition[J]. *Transactions on Semiconductor Manufacturing*, 2002, 15(1): 155~159.
- [5] 郭晶,赵红梅. MATLAB 6.5 辅助优化计算与设计[M]. 北京: 电子工业出版社, 2003: 115.
- [6] 傅英定,成孝予,唐应辉. 最优化理论与方法[M]. 成都: 电子科技大学出版社, 1996: 346~356.

消 息

四大公司联手研制纳米光刻技术 目标为线宽 22nm

著名的四大计算机芯片制造商将与纽约州合作,在今后 5 年内出资 5 亿美元,联合开发下一代计算机芯片光刻技术,研究线宽只有人头发丝千万分之一(22nm)的集成电路。IBM、超微(AMD)、美光(Micron)及德国英飞凌四家公司与纽约州不久前宣布了这一计划。

目前最先进的芯片采用线宽 90nm 的光刻技术,而芯片制造商希望 2006 年或 2007 年能生产出 65nm 线宽的芯片。但是,要生产线宽 45nm 的芯片,就要考虑使用一种被称为侵蚀法(Inversion)的新技术,即在投影镜片与硅片之间注入薄薄一层水,使光束聚焦更加精确,生产光刻设备的荷兰 ASML 公司可望明年开始销售侵蚀法设备,目前,该公司已在奥尼伯对这种设备进行初步测试。

但 ASML 公司说,要达到线宽 22nm,则要采用更先进的远紫外光刻技术,这种技术不能采用镜片,必须利用一组镜子,使光束更精确聚焦。

(摘自《科技日报》)