

文章编号 1004-924X(2008)09-1595-08

Bar 条不发光现象对半导体激光器阵列光束特性的影响

董丽丽^{1,2}, 许文海²

- (1. 哈尔滨工业大学 电气工程及自动化学院, 黑龙江 哈尔滨 150001;
2. 大连海事大学 信息科学技术学院, 辽宁 大连 116026)

摘要: 为了便于对半导体激光器阵列(LDA)光束整形系统的设计和光束质量的评价,研究了目前 LDA 应用时普遍存在的问题,即 Bar 条不发光现象对 LDA 光强分布等特性的影响。基于 LDA 中单个发光单元的远场双峰结构,建立了描述 LDA 远场分布的数学模型,在 LDA 能量分布 95% 的主要区域内,该理论模型拟合测量数据的误差 < 5%。结合该理论模型和对 LDA 光束特性的实验测试结果,分析了 Bar 条不发光对 LDA 光强分布模式以及其它光束特性的影响。结果表明,在传输达到一定距离后,单个或几个 Bar 条不发光不会改变 LDA 光强分布模式双峰结构的本质,但对于光强分布的其它特性,如峰值光强大小、峰值光强位置、中心轴光强大小都会产生影响。LDA 的功率特性与不发光 Bar 条的数目呈反比,与不发光 Bar 条的位置无关。

关键词: 半导体激光器阵列; Bar 条; 光强分布; 功率

中图分类号: TN248.4 **文献标识码:** A

Effects of non-luminescence of Bar on beam properties of laser diode array

DONG Li-li^{1,2}, XU Wen-hai²

- (1. School of Electrical Engineering and Automation, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China;
2. School of Information Science and Technology, Dalian Maritime University, Dalian 116026, China)

Abstract: In order to design the beam-shaping system of Laser Diode Arrays (LDA) and to evaluate the beam quality of LDA availablely, effects of non-luminescence of Bar on beam properties of LDA were studied. Based on far-field bi-peak structure of an emitter, a far-field expression model of LDA was proposed. The simulation results agree well with the measured data and the overall error of this model is less than 5% in the more than 95% power region. On the base of this theoretical model and measured data, effects of non-luminescence of Bar on intensity distribution and other properties of LDA were analyzed. The results show that non-luminescences of single Bar or several Bars can not change the far-field bi-peak of LDA after beam transmission exceeds a certain distance, but it can effect on other properties such as peak intensity, the position of peak intensity and the intensity on center axis. The power of LDA is inversely proportion to the number of non-luminescent Bars and do not be effected by position variety of non-luminescent bars.

Key words: Laser Diode Arrays(LDA); Bar; intensity distribution; power

收稿日期:2008-01-21;修订日期:2008-03-06.

基金项目:国家自然科学基金资助项目(No. 60774056)

1 引言

近几年,在很多应用领域中都要求半导体激光器有很大的输出功率,一般的单管半导体激光器(Laser Diode, LD)很难满足这一要求,因此,半导体激光器列阵(Laser Diode Arrays, LDA)应运而生,有关它的研究也广泛的开展起来。对于 LDA 的研究主要集中在热特性分析、封装技术研究、整形和耦合系统设计等方面^[1-3]。LDA 的光强分布特性是影响整形系统设计的关键。目前,生产的 LDA 都属于非相干叠加型,一个 LDA 由多个 Bar(一维线阵半导体激光器,简称 Bar)组成,每个 Bar 上包含多个发光单元。对于实际 LDA 来说,很难保证它包含的发光单元具有完全一致的良好特性。使用时,普遍存在的现象是由于某个发光单元的损坏而导致该发光单元所在的 Bar 整体不发光,这会减小 LDA 的输出功率,改变它的光强分布,从而影响 LDA 的应用和光束整形系统的设计等。因此,了解和掌握 Bar 条损坏对 LDA 光强分布特性的影响具有重要意义,但目前还未见这方面的研究报道。本文从理论和实验两方面分析了 LDA 中 Bar 条损坏对于其整体光束特性(包括功率、光束截面光强分布、峰值光强、中心轴上光强)的影响。

2 理论模型

LDA 简化结构如图 1 所示,它由 m 个 Bar 组成,Bar 间距为 h ;每个 Bar 上有 n 个发光单元,单元间隔周期为 l 。 x 为垂直 PN 结方向, y 为平行 PN 结方向, z 为光束传播方向。要建立 LDA

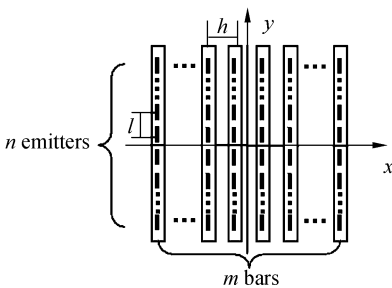


图 1 LDA 结构图

Fig. 1 Block diagram of LDA

的远场分布模型,首先要确定每个发光单元的远场分布特性。发光单元有源区尺寸小,工作在非基模状态下,测试表明,在远场它具有沿平行 PN 结方向的双峰结构。要描述该结构,假设该方向上发光模式由 2 个离心基模高斯分布叠加而成。每个高斯分布在发光表面的场分布为^[4-5]:

$$u_v(x', y') = u_{0v} \exp(-p|x'|) \times \exp(-q_v y'^2 + ik_v y') \quad (v=1, 2), \quad (1)$$

其中, p, q_v 是和波导结构有关的常数; k_v 表示高斯分布的离心参量。

单管 LD 远场分布可由亥姆霍兹方程在一定的边界条件下的严格解来描述^[6-8]:

$$E(x, y, z) = -\frac{iz \exp(ikr)}{\lambda r} \int_{-\infty-\infty}^{+\infty+\infty} \int u_0(x', y') \times \exp\left[-\frac{ik}{r}(xx' + yy')\right] dx' dy', \quad (2)$$

其中, x, y, z 方向同上; $r = (x^2 + y^2 + z^2)^{1/2}$, $k = 2\pi/\lambda$, $u_0(x', y')$ 是发光表面的场分布。

结合式(1)、(2)可得能描述发光单元双峰结构的远场模型,其远场光强分布为:

$$I(x, y, z) = \frac{z^2}{r^4} \left(\frac{\Gamma^2}{\Gamma^2 + x^2} \right)^2 \times \sum_{v=1}^2 \left\{ |A_v|^2 \times \exp\left[-\frac{2(ra_v - y)^2}{\Omega_v^2}\right] \right\}, \quad (3)$$

其中, $|A_v|^2 = u_{0v}^2 \frac{4\pi}{\lambda^2 p^2 q_v}$; $\Gamma^2 = \frac{p^2}{k^2} r^2$; $\Omega_v^2 = \frac{4q_v}{k^2} r^2$;

$a_v = \frac{k_v}{k}$; r 同上, $v=1, 2$ 。

图 1 中,如果以 LDA 发光端面的中心位置为原点建立坐标系,那么,以式(3)为基础,在坐标系 xyz 中, LDA 的光强分布为:

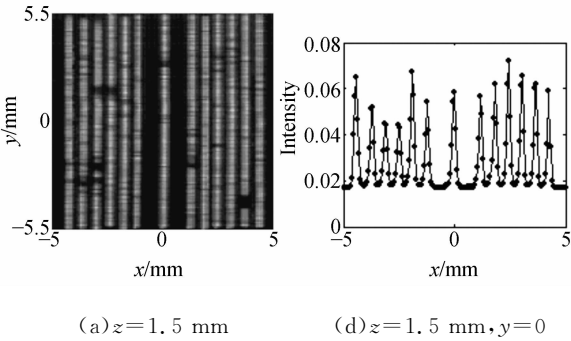
$$I_{\text{total}}(x, y, z) = \sum_{i=-m/2j=-n/2}^{m/2-1 \quad n/2-1} I_{ij}(x_i, y_j, z) = \frac{z^2}{r_{ij}^4} \left(\frac{\Gamma_{ij}^2}{\Gamma_{ij}^2 + x_i^2} \right)^2 \sum_{v=1}^2 \left\{ |A_v|^2 \times \exp\left[-\frac{2(r_{ij} a_{ijv} - y_j)^2}{\Omega_{ijv}^2}\right] \right\}, \quad (4)$$

其中, $x_i = x - (i + 0.5) \times h$; $y_j = y - (j + 0.5) \times l$; $r_{ij} = (x_i^2 + y_j^2 + z^2)^{1/2}$; $\Gamma_{ij}^2 = \frac{p_{ij}^2}{k^2} r_{ij}^2$; $\Omega_{ijv}^2 = \frac{4q_{ijv}}{k^2} r_{ij}^2$; 这里假设 m, n 都为偶数。

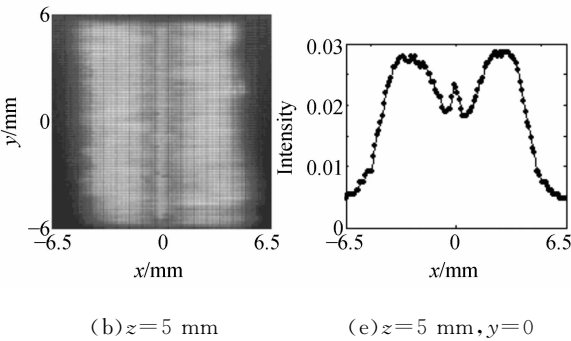
3 实验测试

选用中心波长 808 nm, 额定峰值功率

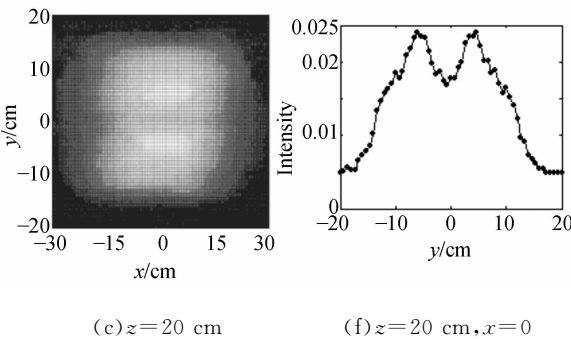
1 200 W 的 LDA 作为测试对象。它含有 15 个 Bar, 每个 Bar 上有 70 个发光单元, Bar 间距 $630 \mu\text{m}$, 单元间隔周期 $143 \mu\text{m}$; 单个发光单元的尺寸是 $1 \mu\text{m} \times 90 \mu\text{m}$, 功率是 1.4 W。



(a) $z=1.5 \text{ mm}$ (d) $z=1.5 \text{ mm}, y=0$



(b) $z=5 \text{ mm}$ (e) $z=5 \text{ mm}, y=0$



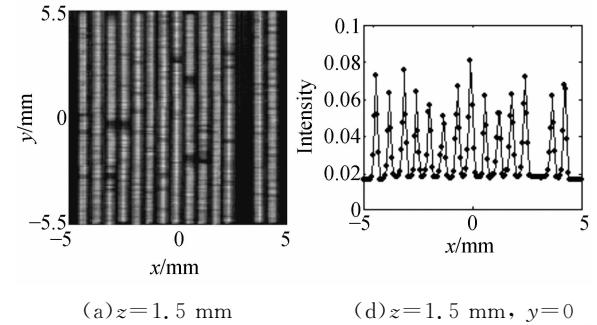
(c) $z=20 \text{ cm}$ (f) $z=20 \text{ cm}, x=0$

图 2 不同传输距离时, LDA₁ 的二维光强分布图和对应的轴线上的光强分布曲线

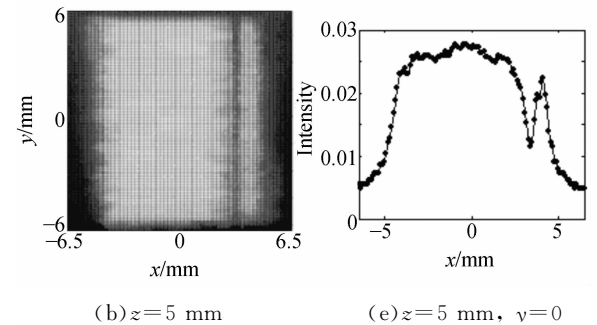
Fig. 2 2D intensity distribution graphs and corresponding intensity distribution curves of LDA₁ at different distances

分别取两个上述的 LDA 为测试对象, 测试条件为: 驱动电流为 35 A; 脉冲频率为 10 Hz; 脉宽为 $200 \mu\text{s}$ 。光强分布测试结果如图 2(LDA₁)、图 3(LDA₂)。其中, 图 2(a)、(b)、(c) 分别是 LDA₁ 在传输距离 $z=1.5 \text{ mm}$ 、 5 mm 、 20 cm 处的光束截面光强分布图, 图 2(d)、(e) 分别是图 2

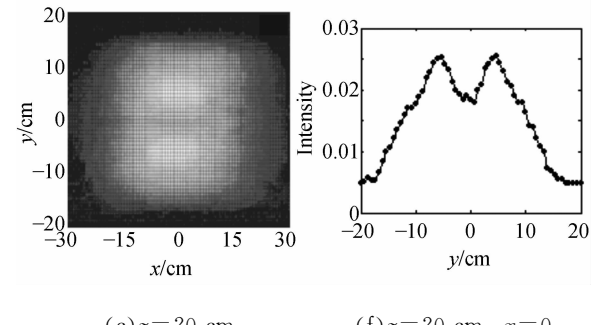
(a)、(b) 在 $y=0$ 轴线上的光强分布曲线, 图 2(f) 是图 2(c) 在 $x=0$ 轴线上的光强分布曲线。图 2(a)、(d) 显示 $z=1.5 \text{ mm}$ 时 LDA₁ 发出 13 条光带, 中间部分有两个相隔的暗条, 可见 LDA₁ 的 15 个 Bar 中有两个不发光。这使得 $z=5 \text{ mm}$ 时, LDA₁ 的光强分布在 x 轴方向有两个强峰值, 其之间还有一个小尖峰(图 2(b)、(e))。Bar 条损坏是否会使得 LDA 的远场光强分布一直呈现这种特性, 是影响 LDA 应用的关键。但是在 $z=20 \text{ cm}$ 处, 由图 2(c)、(f) 可见, 此时的光强分布与 $z=5 \text{ mm}$ 时具有完全不一致的特性, 仍然存在两个峰值, 只是双峰结构是沿 y 轴即平行 PN 结方向分布。



(a) $z=1.5 \text{ mm}$ (d) $z=1.5 \text{ mm}, y=0$



(b) $z=5 \text{ mm}$ (e) $z=5 \text{ mm}, y=0$



(c) $z=20 \text{ cm}$ (f) $z=20 \text{ cm}, x=0$

图 3 不同传输距离时, LDA₂ 的二维光强分布图和对应的轴线上的光强分布曲线

Fig. 3 2D intensity distribution graphs and corresponding intensity distribution curves of LDA₂ at different distances

图 3(a)、(b)、(c)是 LDA₂ 在 $z=1.5$ mm、5 mm、20 cm 处的光强分布图,图 3(d)、(e)分别对应图 3(a)、(b) $y=0$ 轴线上的光强分布,图 3(f)对应图 3(c) $x=0$ 轴线上的光强分布。由图 3(a)、(d)可见, LDA₂ 发出 14 条光带,右属第三个 Bar 不发光。使得 $z=5$ mm 时,如图 2(b)、(e),在激光分布区域的右边有一个暗条。随着传输距离继续增加,在 $z=20$ cm 处, LDA₂ 的光强分布如图 3(c)、(f)所示,同 LDA₁ 一样在 y 方向存在双峰结构,看不出 Bar 条不发光对此时光强分布的影响。

综合图 2、3 得出如下结论:(1)对于 LDA,存在某个或某几个 Bar 条不发光的现象较为普遍。(2)在光束光强分布形成固定模式前,Bar 条不发光对光强分布的影响很大。(3)在光束传输到达一定距离后, LDA 的光强分布会形成沿平行 PN 结方向的双峰结构, Bar 条不发光对此时光强分布模式的影响不很明显。但是,对比图 2(f)和图 3(f)可知,不发光 Bar 条的数目影响峰值光强的大小。

下面通过理论模型来分析 Bar 条完好时 LDA 的光强分布情况及 Bar 条损坏对远场双峰结构的影响。

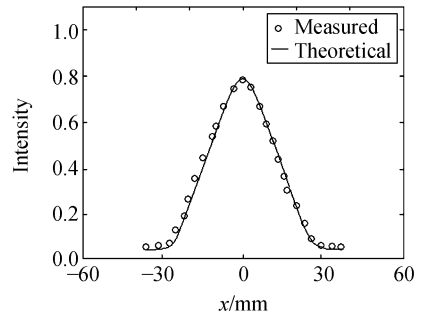
4 理论分析

4.1 模型参数的确定

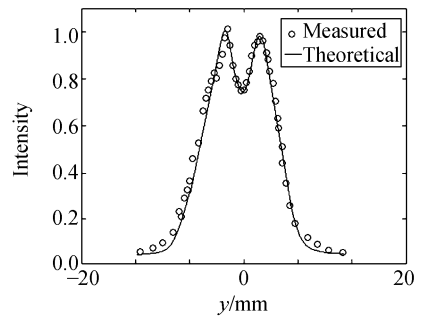
根据上述实际 LDA 的指标确定式(4)中部分参数如下: $h=630, l=143, m=15, n=70$ 。 p_{ij} 、 q_{ijv} 、 k_{ijv} 由实测数据通过最小二乘法确定,当 i, j 取不同值时,每组 p_{ij} 、 q_{ijv} 、 k_{ijv} 对应一个发光单元,为了简化大量复杂的运算工作,假定 LDA 中各发光单元具有完全一致的特性。

图 4(a)、(b)是在 $z=30$ mm 时,单管 LD 在 x (垂直结)、 y (平行结)方向上理论曲线与实测数据的对比图。图 4(a)表明理论曲线和测试数据在 x 方向具有很好的一致性,理论曲线拟合实测曲线的最大相对误差 $<4\%$ 。而图 4(b)表明理论曲线和测试数据在 y 方向的大部分区域也符合得很好,最大相对误差 $<5\%$;只是在光强较小的时效果不是很理想,最大相对误差 $>10\%$,但符合不好这部分区域的总能量不到 LD 总能量的 5% ,这一缺陷对用式(3)模型来描述 LD 的远场分布

影响并不是很大。因此,图 4 说明用式(3)模型可以较好地描述具有双峰结构的 LD 的远场分布。理论上式(4)可以描述 LDA 的远场分布,这在其它文献中进行了验证,不是本文的工作重点。



(a)垂直结平面方向
(a) Perpendicular to PN



(b)平行结平面方向
(b) Parallel to PN

图 4 $z=30$ mm 时, LD 理论模型和实验数据比较
Fig. 4 Comparison of theoretical profile with measured data for simplified LDA at $z=30$ mm

4.2 不同距离处光束截面光强分布的理论分析

如上所述,实验测试的对象是包含 15 个 Bar 的 LDA,如图 1 所示。假设图中 LDA 有 15 个 Bar,并把 15 个 Bar 由左到右依次编号为: M_{-7} 、 $M_{-6} \cdots M_{-1}$ 、 M_0 、 $M_1 \cdots M_6$ 、 M_7 。

为了便于比较实际测试结果和理论仿真结果的异同,参照上述对 LDA 的实测结果,做如下工作。在 z 分别为 1.5 mm、5 mm、20 cm 时,首先取式(4)中 $i=-7 \sim 7, i \neq -1, 1$,相当于图 1 中 M_{-1} 和 M_1 两个 Bar 条不发光,等同于图 2 情况,此时,得到光强分布仿真结果如图 5(a)、(b)、(c);再取 $i=-7 \sim 7, i \neq 5$,相当于图 1 中编号 M_5 的 Bar 条不发光,等同于图 3 情况,此时,得光强分布如图 5(d)、(e)、(f);如假设全部 15 个 Bar 条

都发光,得到光强分布如图 5(g)、(h)、(i)。

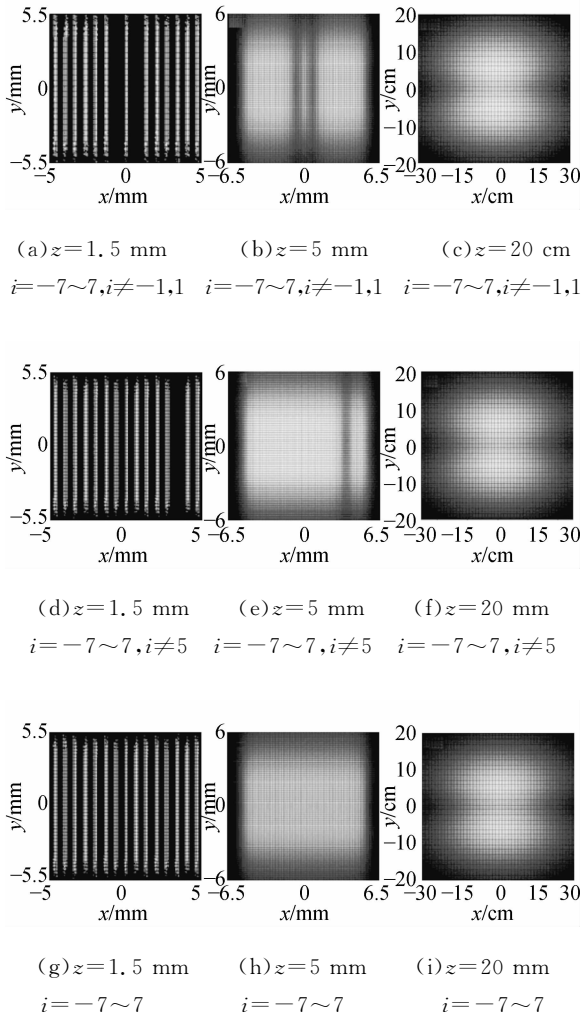


图 5 不同传输距离,不同情况时,LDA 二维光强分布图的仿真结果

Fig. 5 2D intensity distribution simulation results of LDA at different distances and different conditions

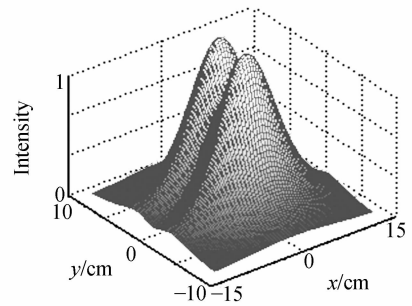
由图 5 可知,在一定的传输距离处,如 $z = 5 \text{ mm}$ 时,Bar 条的不发光会使光强分布区域产生明显的暗条(图 5(b)、(e));当传输距离较远,如 $z = 20 \text{ cm}$ 时,由图 5(g)、(h)、(i)可知,LDA 的光强分布都变成了沿平行 PN 结方向的双峰结构模式,受 Bar 条不发光的影响不明显,但仔细对比可以看出三幅图的光斑大小和明暗度稍有不同,这是由光强强度大小不同所致。此外,由图 2、3 和图 5 的对比可知,在 LDA 的 Bar 条不发光状态相同时,实测结果和理论结果很相近,只是理论图型比较规整,而测试图边界模糊、图形不很规整、分布不很均匀。这是因为理论仿真时假定 LDA 各

发光单元具有完全相同的特性。而实际 LDA 各发光单元的光强分布和强弱等特性难免各有差异,单元间隔周期和 Bar 间距也会存在加工误差。

4.3 不发光 Bar 条的数目对光束特性的影响

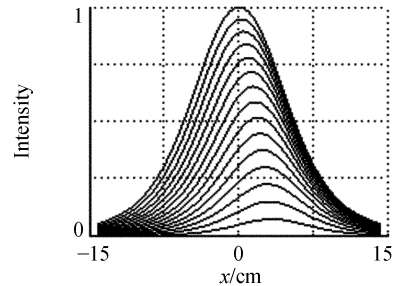
取 $z = 10 \text{ cm}$,比较不发光 Bar 条数目不同对此时光束特性的影响:包括光强分布模式变化、峰值光强变化、中心轴光强变化和功率变化。以下图和表中的光强和功率都作了归一化处理。

15 个 Bar 条都发光时,LDA 的三维光强分布如图 6(a),当某个或某些 Bar 条不发光时,光强分布与此类似。为了能够使对比的效果清晰可



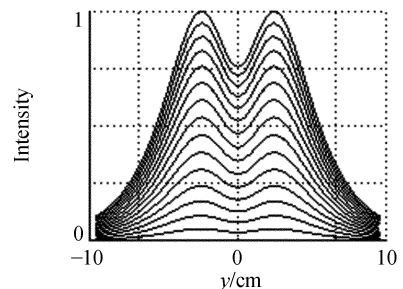
(a)LDA 三维光强分布

(a)3D intensity distribution simulation of LDA



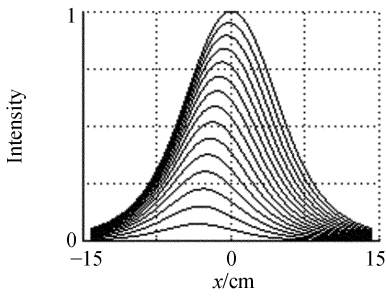
(b)垂直结平面方向(Bar 条损坏方向从左到右)

(b)Perpendicular to PN (Bad Bars from right to left)



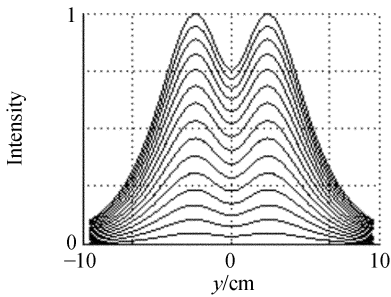
(c)平行结平面方向(Bar 条损坏方向从左到右)

(c) Parallel to PN (Bad Bars from right to left)



(d)垂直结平面方向(Bar条损坏方向从右到左)

(d) Perpendicular to PN(Bad Bars from left to right)



(e)平行结平面方向(Bar条损坏方向从右到左)

(e) Parallel to PN(Bad Bars from left to right)

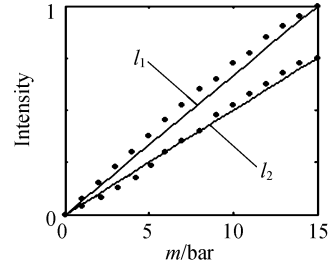
图 6 LDA 三维光强分布图和 Bar 条损坏数目不同时光强分布的仿真结果

Fig. 6 3D intensity distribution simulation graphs of LDA and intensity distribution simulation results of at different conditions of bad Bar numbers

见,首先假设 15 个 Bar 条从左到右依次出现下列情况:都没坏、坏 1 个、坏 2 个...直到仅剩最右边 1 个 Bar 发光,并把这 15 种情况时 LDA 的三维光强分布分别沿 x 方向和 y 方向投影,把它们放在同一个坐标系中,如图 6(b)、(c)所示;再假设 15 个 Bar 条沿相反的方向依次坏掉,并做上述同样处理,结果如图 6(d)、(e)。对比图 6(b)、(c)和图 6(d)、(e)可以得:不发光 Bar 条数目不同不会改变 LDA 的双峰结构,但会使峰值光强变弱;不会改变 y 轴方向上的光强分布模式,但会使峰值光强在 x 轴方向上的位置产生移动,移动方向与不发光 Bar 的位置呈反向,移动距离与不发光 Bar 的数目呈正比。

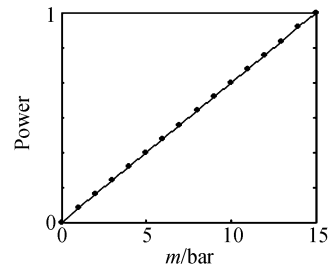
在上述假设的两种情况下的光强及功率变化完全相同,如图 7 所示。图 7(a)描述的是光强变化情况,横坐标是 LDA 中发光的 Bar 条数,纵坐

标是光强,曲线 l_1 表示的是发光 Bar 条数不同时峰值光强的变化, l_2 描述的是光束传输中心轴线光强的变化,可以看出,峰值光强和中心轴上的光强都随发光 Bar 条的增加而增大,但并不是线性关系,且两者的变化规律不同。图 7(b)描述的是 LDA 整体功率的变化,功率与发光的 Bar 条数呈严格的正比关系。



(a)光强变化曲线

(a) intensity variety curve



(b)功率变化曲线

(b) power variety curve

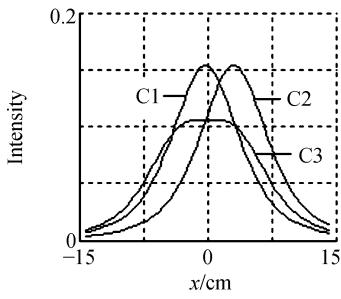
图 7 损坏 bar 条数目不同时,LDA 光强和功率变化情况

Fig. 7 Varieties of intensity and power of LDA at different conditions of bad Bar numbers

4.4 不发光 Bar 条的位置对光束特性的影响

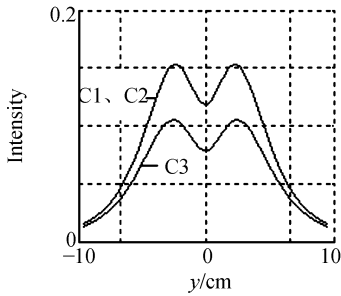
在两种情况下分析损坏 Bar 条位置对光束特性的影响:(1)只有两个 Bar 发光,此时,光强分布情况如图 8(a)、(b),3 对曲线 C_1 、 C_2 、 C_3 对应的 3 种 LDA 中发光 Bar 条的位置分别是: (M_{-1}, M_0) 、 (M_6, M_7) 和 (M_{-7}, M_7) 。(2)只有两个 Bar 不发光,光强分布如图 8(c)、(d),此时 3 对曲线 C_4 、 C_5 、 C_6 对应的 3 种 LDA 中不发光 Bar 条的位置分别是: (M_6, M_7) 、 (M_{-7}, M_7) 和 (M_{-1}, M_0) 。

上述 6 种情况下对应的 LDA 的光强、功率等列于表 1。综合表 1 和图 8 可得出如下结论:Bar 条损坏位置不同不会改变 LDA 光强分布的双峰结构模式,但会影响峰值光强大小、峰值光强位



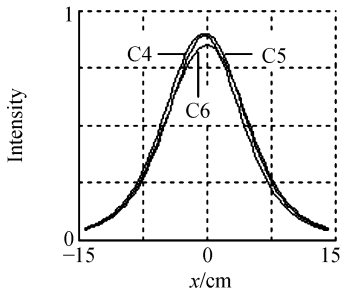
(a)垂直结平面方向(两个 Bar 发光时)

(a) Perpendicular to PN (when two Bars are luminous)



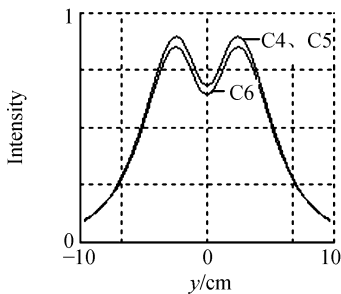
(b)平行结平面方向(两个 Bar 发光时)

(b) Parallel to PN (when two Bars are luminous)



(c)垂直结平面方向(两个 Bar 不发光时)

(c) Perpendicular to PN (when two Bars are bad)



(d)平行结平面方向(两个 Bar 不发光时)

(d) Parallel to PN (when two Bars are bad)

图 8 损坏 Bar 条位置和数目不同时,LDA 的光强变化曲线

Fig. 8 Intensity variety curves of LDA at different conditions of bad bar numbers and positions

置、中心轴光强大小;Bar 条损坏位置不同不改变 LDA 的总功率大小,但改变光束的分布区域。

表 1 损坏 Bar 条位置不同时,LDA 的光强、功率变化情况
Tab. 1 Varieties of intensity and power of LDA at different conditions of bad bar numbers

No	1	2	3	4	5	6
Intensity curves	C1	C2	C3	C4	C5	C6
Numbers of bad Bars	13	13	13	2	2	2
Positions of bad Bars	expect for M_{-1}, M_0	expect for M_6, M_7	Expect for M_{-7}, M_7	M_6, M_7	M_{-7}, M_7	M_{-1}, M_0
Peak intensities	0.153 2	0.153 2	0.105 2	0.9	0.9	0.85
Intensities of center axis	0.156 1	0.108 4	0.102 8	0.9	0.9	0.83
Powers	0.133 6	0.133 6	0.133 6	0.867	0.867	0.867

5 结 论

本文建立了 LDA 远场分布模型。通过对实际 LDA 的光强测试说明,Bar 条不发光现象在 LDA 应用时普遍存在。对比理论模型和实测结果得出:理论模型能够较好地描述 LDA 的远场分布;当传输距离达到一定距离后,LDA 光束光强分布形成固定的双峰模式;在传输过程中的某一段距离处(如 $z=5\text{ mm}$),Bar 条不发光对 LDA 光强分布产生明显影响,但在传输距离再增加时,不改变 LDA 的双峰结构模式。以理论模型为基础深入地分析了不发光 Bar 条的数量和位置对于 LDA 光束特性的影响。总之,Bar 条不发光现象普遍存在,而实际应用时 LDA 损坏的 Bar 条数量和位置又存在多种可能,了解 Bar 不发光时对 LDA 光束的影响,对 LDA 的应用、LDA 光束特性的研究以及整形系统的设计很有意义。

参考文献:

- [1] 辛国锋, 瞿荣辉, 陈高庭, 等. 大功率半导体激光器阵列的封装技术[J]. 激光与光电子学进展, 2005, 42(8):54-57. XIN G F, QU R H, CHEN G T, *et al.*. Packaging techniques of high power semiconductor laser arrays[J]. *Laser & Optoelectronics Progress*, 2005, 42(8):54-57. (in Chinese)
- [2] 李冬梅, 安振锋, 王晓燕, 等. 大功率半导体激光器阵列热特性分析[J]. 半导体技术, 2006, 31(11):843-846. LI D M, AN ZH F, WANG X Y, *et al.*. Thermal analysis of high power semiconductor laser arrays[J]. *Semiconductor Technology*, 2006, 31(11):843-846. (in Chinese)
- [3] 周崇喜, 刘银辉, 谢伟民, 等. 大功率半导体激光器阵列光束光纤耦合研究[J]. 中国激光, 2004, 31(11):1296-1300. ZHOU CH X, LIU Y H, XIE W M, *et al.*. Analysis and design of fiber coupled high-power laser diode array[J]. *Chinese Journal of Lasers*, 2004, 31(11):1296-1300. (in Chinese)
- [4] ZENG X D, NEQWI A. Far-field distribution of double-heterostructure diode laser beams[J]. *Appl. Opt.*, 1993, 32(24):4491-4494.
- [5] ZENG X D, FENG ZH J, AN Y J. Far-field expression of a high-power laser diode[J]. *Appl. Opt.*, 2004, 43(27):5168-5172.
- [6] CASEY H C, PANISH M B, MERZ J L. Beam divergence of the emission from double-heterostructure injection lasers[J]. *J. Appl. Phys.*, 1973(44):5470-5475.
- [7] CASEY H C. *Heterostructure Lasers*[M]. New York: Academic, 1978.
- [8] KRESSES H, BUTLER J K. *Semiconductor Lasers and Heterojunction LEDs*[M]. New York: Academic, 1977.

作者简介:董丽丽(1980—),女,黑龙江七台河人,博士研究生,主要从事光电检测技术方面的研究。E-mail: dll_lili@163.com
 许文海(1956—),男,吉林扶余人,教授,博士,主要从事光电信息技术、光纤通信、水下测量等方面的研究。E-mail: whxu@newmail.dlmu.edu.cn

● 下期预告

基于折/衍混合的长焦深成像物镜消色差方法

张 慧, 丁雪梅, 谭久彬

(哈尔滨工业大学 超精密光电仪器工程研究所, 黑龙江 哈尔滨 150001)

为兼顾成像系统消色差及扩展焦深的特性,提出了一种基于折/衍混合的长焦深成像物镜在可见光波段内消色差的方法。通过阐述对数光锥位相结构的特征,讨论长焦深元件的色散特性,并依据折/衍混合消色差原理,确定长焦深成像物镜中折射元件与衍射元件位相函数重新分配的原则;位相重新分配后,衍射元件在承担扩展焦深功能的同时增加了部分消色差光焦度,从而使长焦深元件获得消色差特性。理论和仿真分析表明,位相函数重新分配后得到的长焦深元件在中心波长 λ_d (587 nm) 时的轴向光强分布与原长焦深元件一致,而在波长为 λ_F (486 nm)、 λ_c (656 nm) 时的轴向光强分布区域重合,即在保留焦深扩展特性的同时,有效地校正了其在可见光波段内的初级色差。