



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102611002 A

(43) 申请公布日 2012. 07. 25

(21) 申请号 201210080117. 6

(22) 申请日 2012. 03. 23

(71) 申请人 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所

地址 130033 吉林省长春市东南湖大路
3888 号

(72) 发明人 杨晔 佟存柱 汪丽杰 王立军
曾玉刚 刘云

(74) 专利代理机构 长春菁华专利商标代理事务所 22210

代理人 南小平

(51) Int. Cl.

H01S 5/22 (2006. 01)

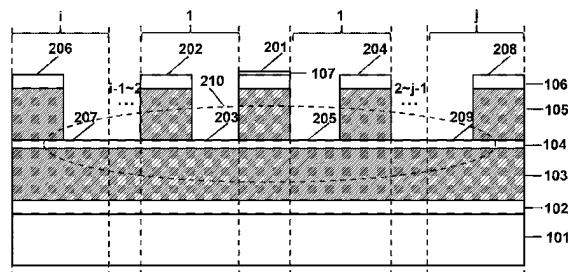
权利要求书 1 页 说明书 3 页 附图 5 页

(54) 发明名称

低发散角全布喇格反射波导半导体激光器阵列

(57) 摘要

低发散角全布喇格反射波导半导体激光器阵列，属于半导体激光器领域，为了降低纵向和横向发散角，以改善激光器的光束质量，获得高亮度激光输出，本发明设计了低发散角全布喇格反射波导半导体激光器阵列，该阵列纵向结构从下至上依次为：N型衬底、N型限制层、N型布喇格反射波导、有源区、P型布喇格反射波导、P型限制层、P型盖层，所述纵向结构中N型布喇格反射波导和P型布喇格反射波导分别至少由一对高、低折射率材料周期生长组成，该阵列横向结构包括电流注入区和其两侧的横向布喇格反射波导，所述两侧的横向布喇格反射波导分别至少由一对高、低脊形结构周期排列组成，所述低脊形部分紧挨电流注入区。本发明实现了高亮度激光输出。



1. 低发散角全布拉格反射波导半导体激光器阵列，该阵列的纵向结构从下至上依次为：N型衬底（101）、N型限制层（102）、N型布拉格反射波导（103）、有源区（104）、P型布拉格反射波导（105）、P型限制层（106）和P型盖层（107），所述纵向结构中N型布拉格反射波导（103）和P型布拉格反射波导（105）分别至少由一对高、低折射率材料周期生长组成，其特征在于，该阵列横向结构包括电流注入区（201）和电流注入区（201）两侧的横向布拉格反射波导，所述两侧的横向布拉格反射波导分别至少由一对高、低脊形结构周期排列组成，所述低脊形部分紧挨电流注入区（201）。

2. 根据权利要求1所述的低发散角全布拉格反射波导半导体激光器阵列，其特征在于，所述电流注入区（201）由下至上包括该阵列的整个纵向结构。

3. 根据权利要求1所述的低发散角全布拉格反射波导半导体激光器阵列，其特征在于，所述高、低脊形结构包括该阵列的纵向结构从下至上为N型衬底（101）至P型布拉格波导（105）和P型盖层（107）之间的任意一层结构，所述高脊形结构高于低脊形结构。

4. 根据权利要求1所述的低发散角全布拉格反射波导半导体激光器阵列，其特征在于，所述电流注入区（201）为多个。

低发散角全布拉格反射波导半导体激光器阵列

技术领域

[0001] 本发明涉及半导体激光器领域，特别涉及低发散角全布拉格反射波导半导体激光器阵列。

背景技术

[0002] 高亮度半导体激光器具有大功率、高光束质量等优势，在通信、医疗、材料加工、泵浦固体激光器和光纤激光器等领域有着重要的应用。目前在大功率半导体激光器的研制方面已经取得很大的进展，单管器件输出功率可达百瓦量级。实现高亮度的瓶颈主要是光束质量差的问题，传统的边发射半导体激光器发散角大，纵向（快轴）为45°，横向（慢轴）为10°。虽然可以通过光束整形的方法在一定程度上压缩半导体激光器的发散角，但是工艺复杂、成本高。

[0003] 为了从器件结构本身入手改善光束质量，可以在半导体激光器外延结构中引入纵向布拉格反射波导，采用光子禁带原理进行导波，是一种大光腔结构，使激光器的纵向发散角下降到10°以下。对于激光器的横向阵列结构，高、低脊形周期排列可以形成有效折射率的高、低变化，因此可以等效为横向的布拉格反射波导结构，使激光器的横向发散角下降到5°以下。这种纵、横两个方向上对折射率进行调制的全布拉格反射波导阵列，可以大大提高光束质量，并改善腔面灾变损伤、烧孔效应、灯丝效应等，实现高亮度激光输出。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供能够降低纵向和横向发散角的半导体激光器阵列结构，以改善激光器的光束质量，获得高亮度激光输出。

[0005] 为实现上述目的，本发明设计了低发散角全布拉格反射波导半导体激光器阵列，该阵列纵向结构从下至上依次为：N型衬底、N型限制层、N型布拉格反射波导、有源区、P型布拉格反射波导、P型限制层和P型盖层，所述纵向结构中N型布拉格反射波导和P型布拉格反射波导分别至少由一对高、低折射率材料周期生长组成，该阵列横向结构包括电流注入区和电流注入区两侧的横向布拉格反射波导，所述两侧的横向布拉格反射波导分别至少由一对高、低脊形结构周期排列组成，所述低脊形部分紧挨电流注入区。

[0006] 本发明的有益效果是：本发明提供的这种全布拉格反射波导半导体激光器阵列结构，由于电流注入区两侧为高、低脊形交替排列的周期性结构，可以等效为横向的布拉格反射波导，起到折射率调制作用，可以压缩阵列横向发散角；纵向波导结构为高、低折射率材料周期性排列的N型和P型布拉格反射波导，可以在纵向上进行折射率调制，从而实现纵向发散角的压缩；综上本发明的全布拉格反射波导半导体激光器阵列结构能够降低纵向和横向发散角，改善激光器的光束质量，获得高亮度激光输出。本发明提供的这种全布拉格反射波导半导体激光器阵列的制备方法，与半导体工艺兼容，制备工艺成熟，重复性好，易于产业化。

附图说明

- [0007] 图 1 为本发明低发散角全布拉格反射波导半导体激光器阵列的纵向结构示意图；
[0008] 图 2 为本发明低发散角全布拉格反射波导半导体激光器阵列的横向结构示意图；
[0009] 图 3 为本发明单电流注入区低发散角全布拉格反射波导半导体激光器阵列的制备工艺流程图；
[0010] 图 4(a)、(b) 分别为本发明单电流注入区低发散角全布拉格反射波导半导体激光器阵列二维基横模近场分布和二维远场分布示意图；
[0011] 图 5(a)、(b)、(c) 分别为本发明多电流注入区低发散角全布拉格反射波导半导体激光器结构示意图、二维基横模近场分布和二维远场分布示意图。

具体实施方式

- [0012] 下面结合附图和具体实施方式对本发明进行进一步详细的说明。
[0013] 如图 1 所示，本发明低发散角全布拉格反射波导半导体激光器阵列的纵向结构从下至上依次为：N型衬底 101、N型限制层 102、N型布拉格反射波导 103、有源区 104、P型布拉格反射波导 105、P型限制层 106、P型盖层 107。其中，N型布拉格反射波导 103 由 $n (n \geq 1)$ 对高、低折射率材料周期性排列组成，每个周期包括 N型高折射率层 108 和 N型低折射率层 109；P型布拉格反射波导 105 由 $m (m \geq 1)$ 对高、低折射率材料周期性排列组成，每个周期包括 N型高折射率层 110 和 N型低折射率层 111。
[0014] 如图 2 所示，本发明低发散角全布拉格反射波导半导体激光器阵列的横向结构包括电流注入区域 201 和高、低脊型周期性排列形成的横向布拉格反射波导。其中 $i (i \geq 1)$ 对高脊型 202 和低脊型 203 周期性排列组成的布拉格反射波导， $j (j \geq 1)$ 对高脊型 204 和低脊型 205 周期性排列组成的布拉格反射波导，分别位于电流注入区 201 的两侧。在全布拉格反射波导结构的作用下，该激光器阵列的光场被限制在 210 区域内。
[0015] 如图 3 所示，单电流注入区低发散角全布拉格反射波导半导体激光器阵列的制备工艺流程图。该结构的横向波导包括电流注入区域及其左右各一对的横向布拉格反射波导。电流注入区域宽度为 $5 \mu m$ ，高脊形和低脊形宽度均为 $5 \mu m$ 。图 3(a) 为该激光器的纵向结构示意图，N型布拉格反射波导 103 和 P型布拉格反射波导 105 均采用 6 对 $Al_{0.1}Ga_{0.9}As / Al_{0.3}Ga_{0.7}As$ 周期性波导，有源区 104 采用 $In_{0.2}Ga_{0.8}As / GaAs$ 双量子阱 (QWs) 结构，波长为 980nm。
[0016] 图 3(b) 为外延片 P 面上采用标准的光刻工艺进行第一次光刻，电流注入区域和横向波导的低脊形部分有光刻胶保护，横向波导的高脊形部分没有光刻胶。采用干法刻蚀或湿法腐蚀把没有光刻胶保护的 p 型盖层 107 除去，制备出高脊形部分。
[0017] 图 3(c) 为去除光刻胶后，采用标准的光刻工艺进行第二次光刻，电流注入区域和横向波导的高脊形部分有光刻胶保护，横向波导的低脊形部分没有光刻胶。采用干法刻蚀或湿法腐蚀把没有光刻胶保护的 P 型盖层 107、P 型限制层 106 和 P 型布拉格反射波导 105 除去，制备出低脊形部分。
[0018] 图 3(d) 为去除光刻胶后，在外延片 P 面大面积生长绝缘介质膜 301，绝缘介质是 SiO_2 、 SiN_x 。
[0019] 图 3(e) 为采用标准的光刻工艺进行第三次光刻，电流注入区 201 没有光刻胶保

护。采用干法刻蚀或湿法腐蚀把没有光刻胶保护的绝缘介质膜除去,形成电流注入窗口。

[0020] 图 3(f) 为去除光刻胶后,在外延片 P 面大面积生长导电金属膜,制备 P 面电极 302。减薄、抛光外延片的 N 型衬底后,大面积生长导电金属膜,制备 N 面电极 303。其中 P 面金属膜为 Ti/Pt/Au, N 面金属膜为 Au/Ge/Ni。

[0021] 如图 4(a)、4(b) 所示为单电流注入区全布拉格反射波导半导体激光器阵列的二维基横模近场分布和二维远场分布示意图。从图 4(a) 中可以看出,本发明激光器整列的横向和纵向模式尺寸大大增加。从图 4(b) 中可以看出,横向和纵向远场发散角 $\theta_{//}$ 和 θ_{\perp} 非常低,半高全宽 FWHM 分别仅为 2.9° 和 5.4° 。如图 5(a) 所示,为一种多电流注入区的全布拉格反射波导半导体激光器阵列(波长为 980nm)的结构示意图。该激光器的纵向结构为:N 型布拉格反射波导 103 和 P 型布拉格反射波导 105 均采用 6 对 $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{As}/\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ 周期性波导,有源区 104 采用 $\text{In}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{As}/\text{GaAs}$ 双量子阱 (QWs)。该激光器的横向波导包括双电流注入区 201 及其左右各两对的横向布拉格反射波导。电流注入区 201 宽度为 $5 \mu\text{m}$,两个电流注入区间的距离为 $5 \mu\text{m}$,高脊形和低脊形宽度均为 $5 \mu\text{m}$ 。如图 5(b)、5(c) 所示为该多电流注入区的全布拉格反射波导半导体激光器阵列的二维基横模近场分布和二维远场分布示意图。从图 5(b) 中可以看出,本发明激光器阵列的横向和纵向的模式尺寸大大增加,从图 5(c) 中可以看出,横向和纵向远场发散角 $\theta_{//}$ 和 θ_{\perp} 非常低,半高全宽 FWHM 分别仅为 1.8° 和 5.4° 。

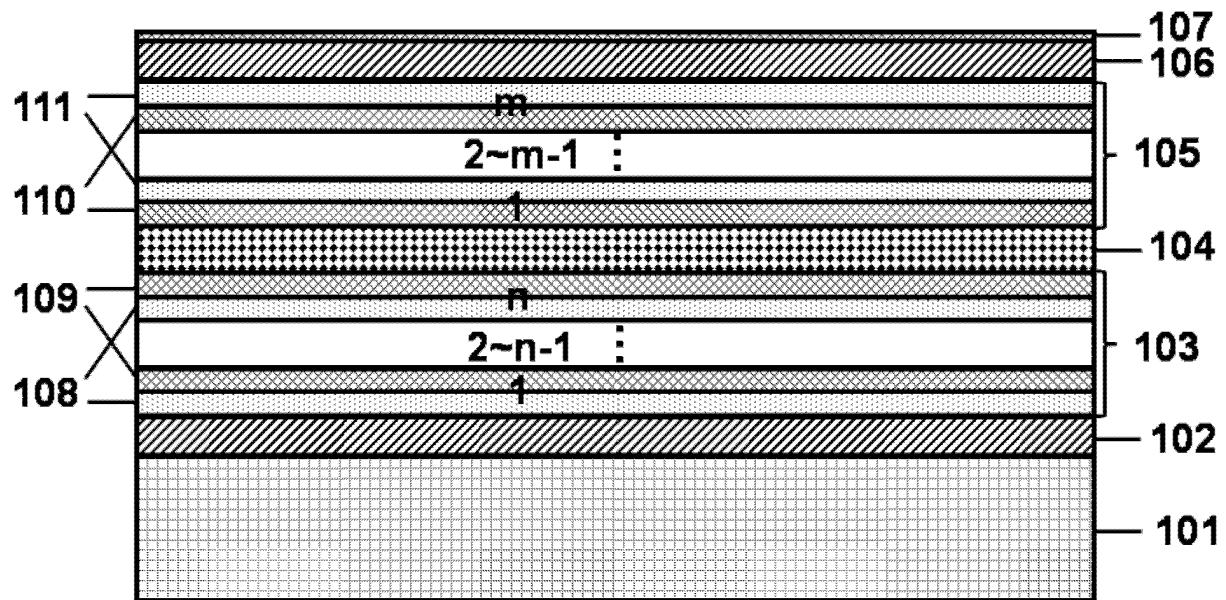


图 1

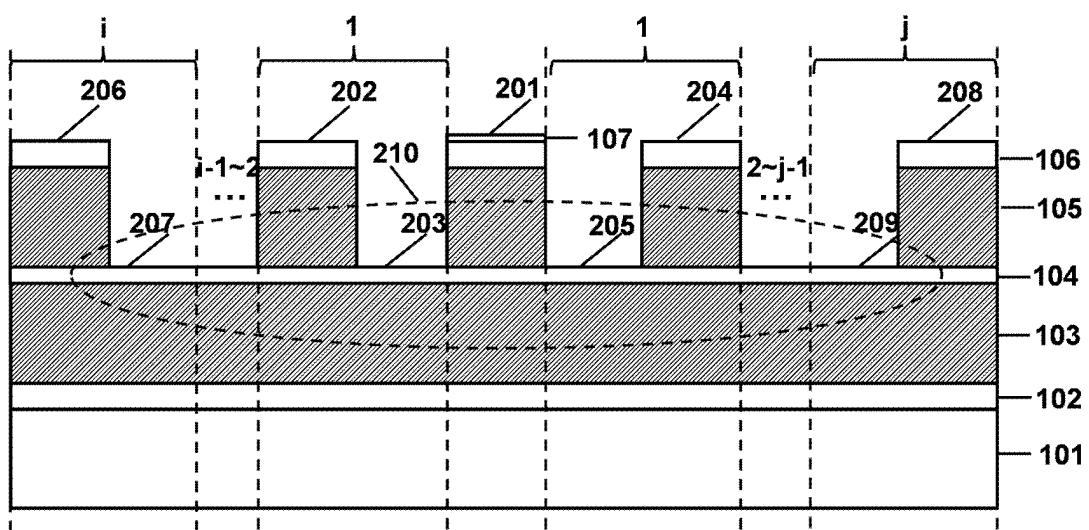


图 2

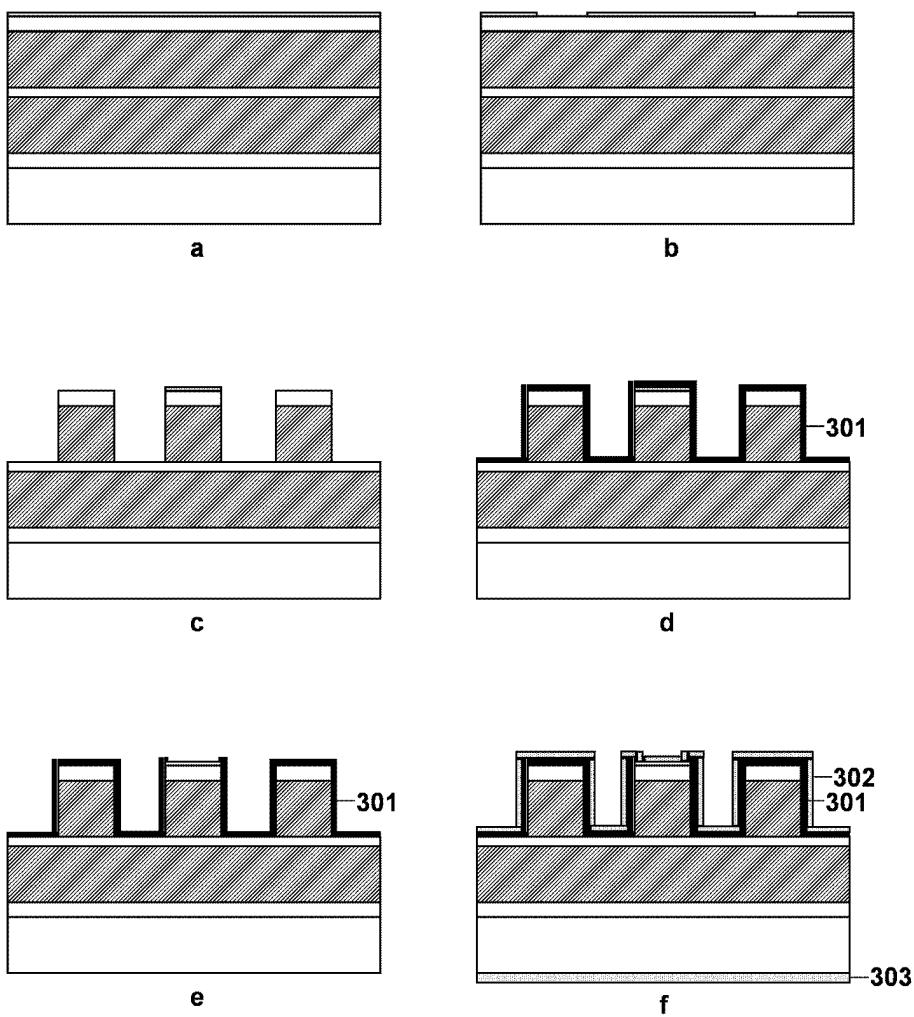


图 3

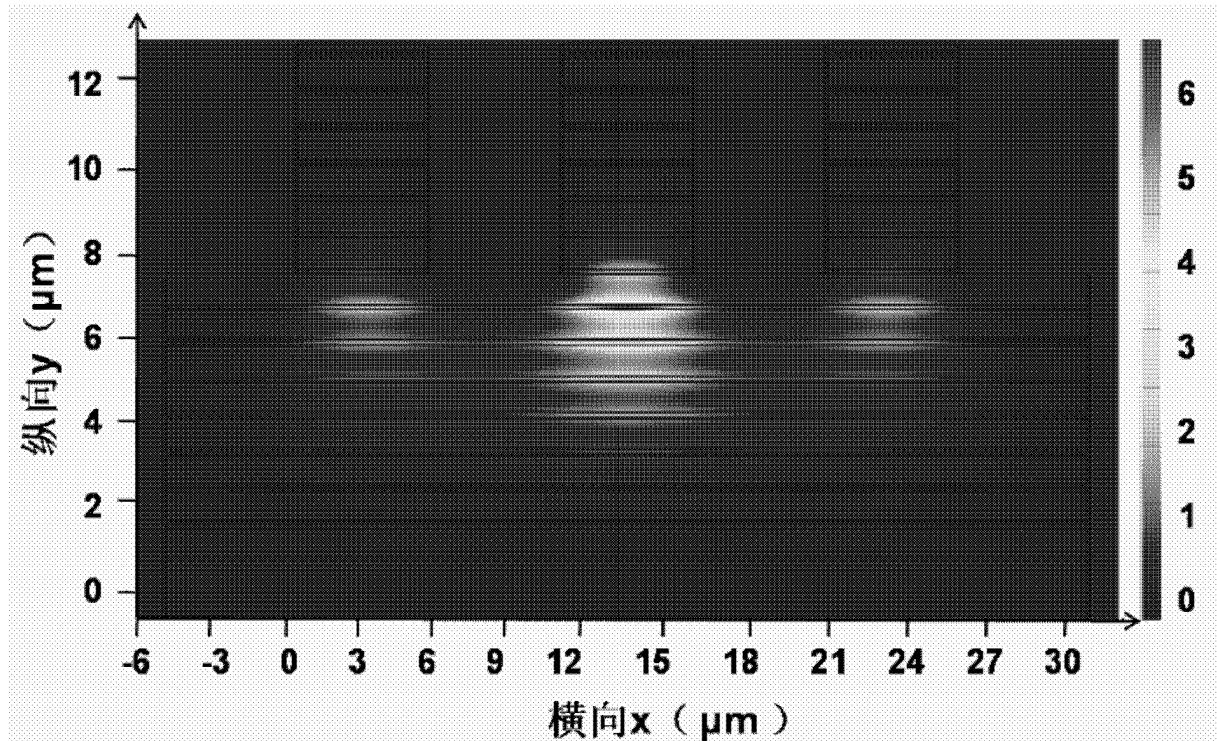


图 4(a)

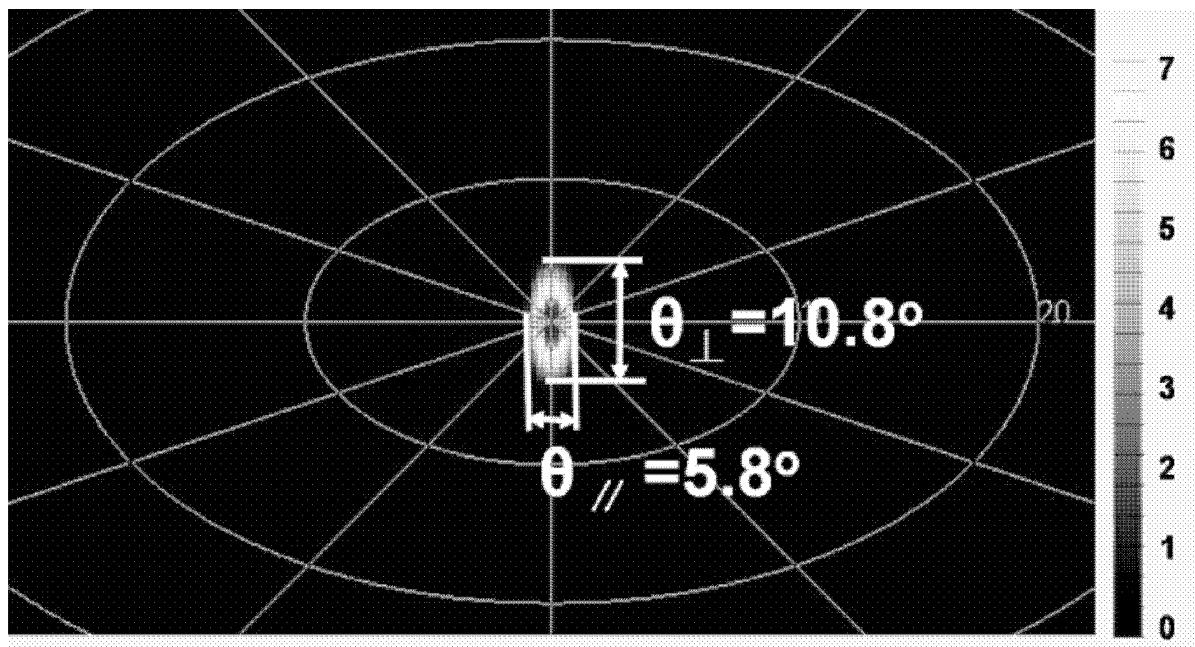


图 4(b)

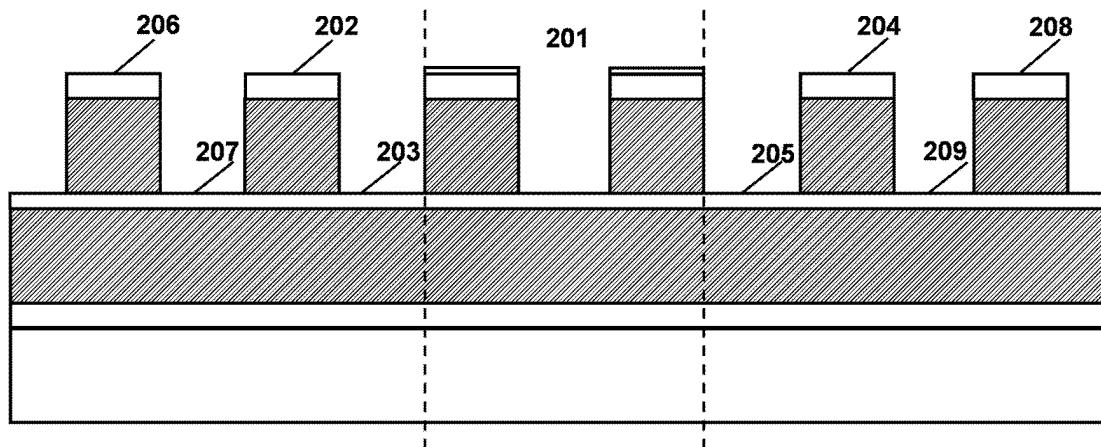


图 5(a)

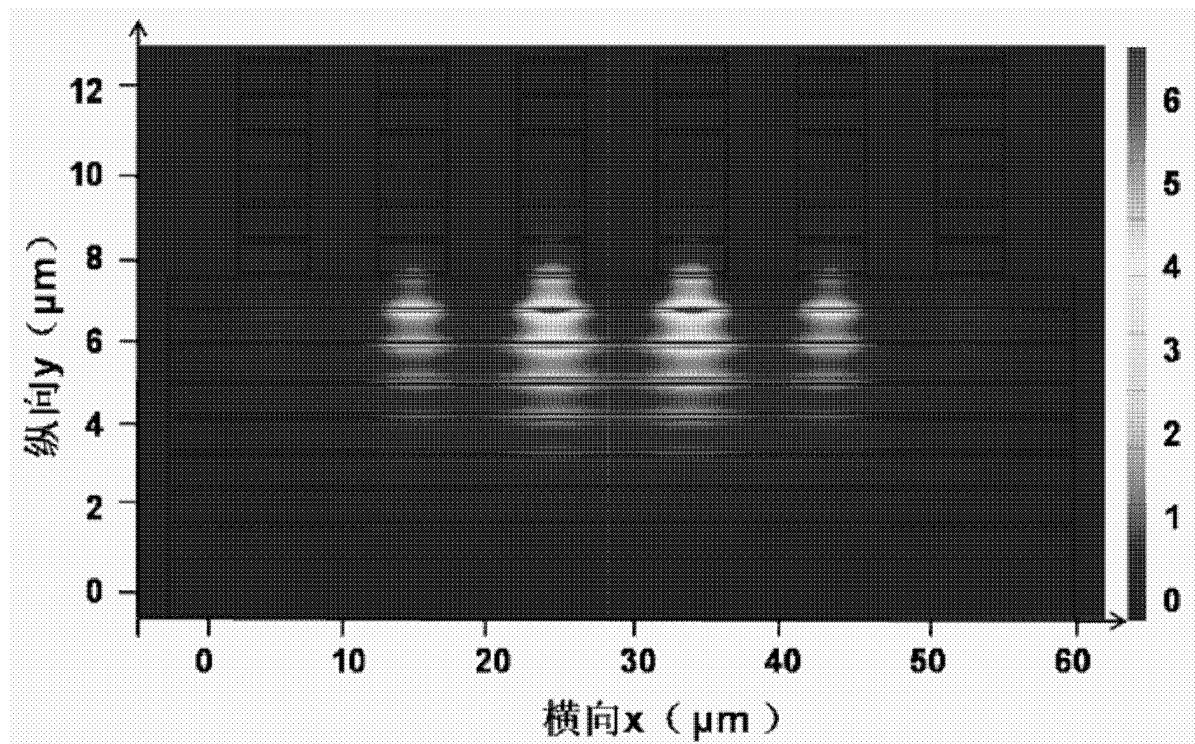


图 5(b)

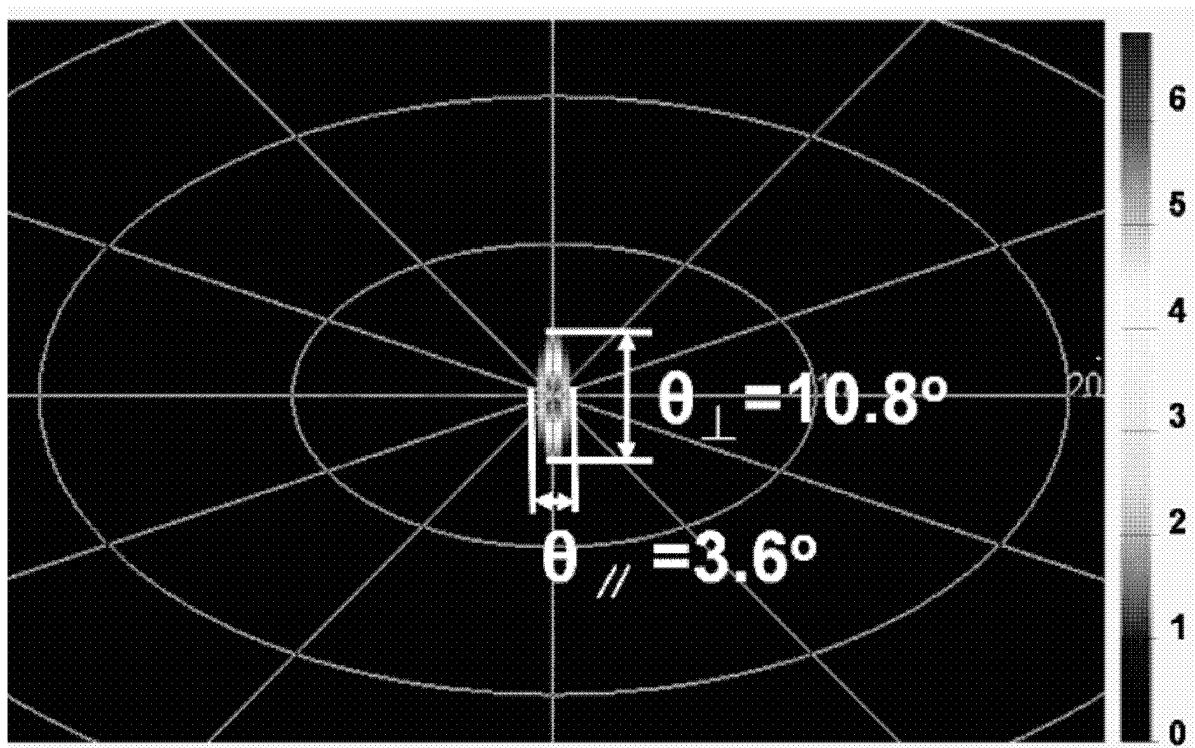


图 5(c)