[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
H01S 5/10 (2006.01)
H01S 5/12 (2006.01)
H01S 5/34 (2006.01)
H01L 33/00 (2006.01)

[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 02805119.X

[45] 授权公告日 2006 年 6 月 28 日

[11] 授权公告号 CN 1262053C

[22] 申请日 2002.2.15 [21] 申请号 02805119.X
[30] 优先权
[32] 2001.2.16 [33] GB [31] 0103838.9
[86] 国际申请 PCT/GB2002/000808 2002.2.15
[87] 国际公布 WO2002/067392 英 2002.8.29
[85] 进入国家阶段日期 2003.8.18
[71] 专利权人 格拉斯哥大学理事会
地址 英国格拉斯哥
[72] 发明人 约翰·H·马什 金新成
审查员 肖 霞

[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所
代理人 李晓舒 魏晓刚

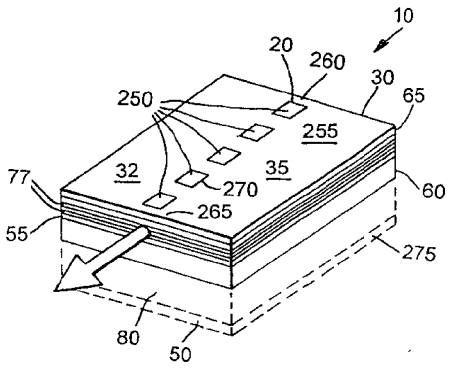
权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图 3 页

[54] 发明名称

包括多个光学有源区的半导体激光器

[57] 摘要

本发明公开了一种改进的半导体激光器件，并且特别是一种具有单叶远场图案的大面积半导体激光器。 已知的大面积激光器使用于高功率应用，但存在诸如丝化现象、横模不稳、以及较差的远场特性等许多问题。 本发明通过提供半导体大面积激光器件解决上述问题，该器件包括：多个光学有源区、以及沿激光器的光轴按基本上线性关系排列的多个光学无源区，每个光学有源区包括量子阱结构，相邻的光学有源区彼此通过各量子阱混合光学无源区隔开，每个光学无源区形成衍射区，其作为空间模式滤波器，从而通过对更高阶模式的衍射损失选择性地导致基本单横模的输出。 相邻光学有源区之间的间隔通常可称作“分段”。



1. 一种半导体大面积激光器件，包括：沿激光器的光轴按线性关系排列的多个光学有源区和多个光学无源区，

每个光学有源区包括量子阱结构，相邻的光学有源区彼此通过各量子阱混合光学无源区隔开，

每个光学无源区形成衍射区，其作为空间模式滤波器，从而通过对更高阶模式的衍射损失选择性地导致单横模的输出。

2. 如权利要求 1 所述的半导体大面积激光器件，其中每个光学有源区在工作中与各个电流注入区相联系。

3. 如权利要求 2 所述的半导体大面积激光器件，其中电流注入区在器件的表面上彼此成线性关系地排列。

4. 如权利要求 2 所述的半导体大面积激光器件，其中电流注入区一个距下一个的间隔相同。

5. 如权利要求 3 或 4 中任意一项所述的半导体大面积激光器件，其中第一和最后一个电流注入区每个都与器件的第一和第二端隔开。

6. 如权利要求 2 所述的半导体大面积激光器件，其中光学有源区设置于光学有源层中，有源层由包括生长所得的量子阱结构的有源激光发射材料构成。

7. 如权利要求 6 所述的半导体大面积激光器件，其中量子阱结构保留在光学有源层的与电流注入区相对应的区域中，而光学有源层的位于电流注入区之间的区域为量子阱混合的。

8. 如权利要求 6 所述的半导体大面积激光器件，其中多个电流注入区的第一个与器件的第一端之间和多个电流注入区的最后一个与器件的第二端之间的光学有源层的区域为量子阱混合的。

9. 如权利要求 7 或 8 的任意一项所述的半导体大面积激光器件，其中光学有源层的界定多个电流注入区的区域为量子阱混合的。

10. 如权利要求 1 所述的半导体大面积激光器件，其中光学有源区和光学无源区设置在第一与第二光学覆层之间的光导层中。

11. 如权利要求 10 所述的半导体大面积激光器件，其中脊形至少形成在第二覆层中，并且从器件的第一端纵向延伸至器件的第二端。

12. 如权利要求 1 所述的半导体大面积激光器件，其中量子阱混合区域具有比光学有源区更大的带隙。

13. 如权利要求 1 所述的半导体大面积激光器件，其中器件为单片构造，该器件包括其上分别设置有第一覆层、芯层和第二覆层的衬底层。

14. 如权利要求 1 所述的半导体大面积激光器件，其中该半导体激光器件在 III-V 族材料体系中制造。

15. 如权利要求 14 所述的半导体大面积激光器件，其中该 III-V 族材料体系从 GaAs、AlGaAs、AlGaInP 或 InP 中选取。

16. 如权利要求 14 所述的半导体大面积激光器件，其中量子阱混合光学无源区包括 InGaAs。

包括多个光学有源区的半导体激光器

技术领域

本发明涉及半导体激光器件，并且特别涉及具有单叶(single-lobed)远场图案的大面积半导体激光器，但不限于此。

本发明涉及由同一申请人提交的名为“半导体激光器中及相关的改进”，2001 年 1 月 23 日，号码为 GB 01 01 641.9 的待申请。

背景技术

大面积激光器用于高功率应用，但却存在诸如丝化现象(filamentation)、横模不稳(instability in the transverse mode)、以及较差的远场特性等许多问题。丝化形成的原因涉及到了宽带(broad stripe)半导体激光器增益部分中发生的自聚焦非线性行为。

本发明的目的在于消除或减轻前面提到的现有技术中的问题。

本发明的进一步的目的在于提供一种大面积半导体激光器，其表现出高功率输出功率而不会牺牲横向光束的品质。

J T Getty 等人在 “Monolithic series-connected 1.55 micron segmented-ridge lasers”，Electronic Letters Vol 35 No 15, July 1999 中描述了一组串联、窄（1.55 微米）波导、分段脊激光器的形成，其利用离子注入增强量子阱无序来形成隔离区。US5657157 公开了一种半导体光放大器，其使得交替的正和负非线性光学区自聚焦(self-focussing)。

发明内容

根据本发明，提供一种半导体大面积激光器件，包括：沿激光器的光轴按线性关系排列的多个光学有源区和多个光学无源区；每个光学有源区包括量子阱结构，相邻的光学有源区彼此通过各量子阱混合(QWI)光学无源区隔开；每个光学无源区形成衍射区，其作为空间模式滤波器，从而通过对更高阶模式的衍射损失选择性地导致单横模的输出。

相邻的光学有源区之间的间隔通常可称作“分段”。

优选每个光学有源区在工作中与各个电流注入区相联系。

优选电流注入区在器件的表面上彼此基本成线性关系地排列。

优选一个电流注入区距下一个的间隔基本相同。

优选第一和最后一个电流注入区每个都与器件的第一和第二端隔开。

优选光学有源区设置于有源层中，有源层由包括生长所得的量子阱(QW)结构的有源激光发射材料构成。

优选量子阱结构限制在光学有源层的与电流注入区相对应的区域中，而光学有源层的位于电流注入区之间的区域为量子阱混合(QWI)部。

还优选的是，多个电流注入区的第一个与器件的第一端之间和多个电流注入区的最后一个与器件的第二端之间的光学有源层的区域为量子阱混合(QWI)部。

还优选的是，光学有源层的界定多个电流注入区的区域为量子阱混合(QWI)部。

优选光学有源区和光学无源区设置在第一(下)与第二(上)光学覆层/电荷载流子限制层之间的芯层或导层中，其中导层可包括有源激光发射材料。

优选至少在第二覆层中形成脊形，并且脊形从器件的第一端纵向延伸至器件的第二端。

QWI 区可具有比有源区更大的带隙。

因此，QWI 区可具有比有源区更低的光吸收。

优选，该器件可为单片结构。

另外优选的是，器件可包括其上可分别设置有第一覆层、芯层和第二覆层的衬底层。

优选器件的一端或小面可包括半导体激光器件的输出部。

QWI 清除了芯层中阱的量子阱混合(QWI)限制。更加优选地，该 QWI 可以基本上无杂质。该 QWI 区域可被“蓝移”，即在以载流子泵浦时的光学有源区与光学无源区之间带隙存在通常大于 20 至 30meV，并且更典型地为 100meV 或更大的差异。因为更高阶的模式由于穿过第一成份无序激光发射材料传播而比基模经历了更大的衍射损失，因此光学无源区起到了空间模式滤波器的作用。由此，基模将具有与有源区的更大的重叠，并被选择性地放大。半导体激光器件因此可用于提供基本单模的输出。

优选半导体激光器件还包括接触器件表面与电流注入区相对应的部分

和衬底的相对面的接触材料(金属化部分)的各个层。该接触层可为光学有源或“增益”区提供驱动电流。

优选半导体激光器件在诸如砷化镓(GaAs)或如铝镓砷(AlGaAs)或铝镓铟磷(AlGaInP)的 III-V 族材料体系中制造，并因此可基本在 600 与 1300nm 之间的波长上发射激光。第一和第二成份无序材料基本可包括铟镓砷(InGaAs)。然而，可以理解的是，也可以采用其它的材料体系，例如磷化铟(InP)，并且因此可基本在 1200 与 1700nm 之间的波长上发射激光。

此处还公开了一种制造根据前述方面的半导体激光器件的方法，包括步骤:

(i)按顺序形成:

第一光学覆层/电荷载流子限制层;

芯(激光发射材料)层，其中形成量子阱混合(QWI)结构；以及

第二光学覆层/电荷载流子限制层;

(ii)在芯层中形成无源区。

该方法还可包括步骤:

(iii)从第二覆层的至少一部分形成脊形。

步骤(i)可通过诸如分子束外延(MBE)外延(MBE)或金属有机物化学汽相沉积(MOCVD)的已知生长技术执行。

步骤(ii)和步骤(iii)可交换，尽管优选执行步骤(ii)随后执行步骤(iii)。

优选无源区可通过量子阱混合(QWI)技术形成，该技术优选包括：在无源区中产生空位，或可替换地包括将离子注入或扩散入无源区中；以及，退火以建立具有比量子阱混合(QW)结构更大的带隙的芯层的成份无序区。

优选 QWI 技术可通过产生无杂质空位进行，并且更加优选地可使用损伤引入技术实现量子阱混合(QWI)。在此技术的优选实施方式中，该方法可包括步骤:

通过使用双极溅射器并且基本在氩气氛中、在半导体激光器件材料的表面的至少一部分上沉积诸如氧化硅(SiO_2)的介电层，从而将点结构缺陷至少引入材料与介电层相邻的部分中;

可选地通过诸如等离子体增强化学汽相沉积(PECVD)的非溅射技术在该材料表面的至少另一部分上沉积另外的介电层;

退火该材料，从而将离子或原子从该材料转移至该介电层中。此技术

在由本申请人在 2001 年 1 月 23 日提交的名为“制造光学器件的方法及相关改进”号码为 GB 01 01 635.1 的待申请中介绍，其内容在此作为参考引入。

优选在步骤(ii)中，无源区可通过 QWI 形成至该区域内以建立具有比量子阱(QW)结构更大的带隙的激光发射材料的成份无序区。

优选步骤(iii)可通过例如干法和/或湿法蚀刻的已知蚀刻技术实现。

优选该方法可包括首先设置其上分别生长第一覆层、芯层和第二覆层的衬底的步骤。

优选步骤(ii)可通过产生无杂质空位进行，并且更加优选地可使用损伤增强技术实现量子阱混合(QWI)。

多个光学有源区可包括宽度可沿器件的长度方向变化的增益段，例如该宽度可朝向器件的输出端变窄或变宽。

一个光学有源区与下一个光学有源区之间和下一个光学有源区与再下一个光学有源区之间的间隔可基本相同、或可为可变周期性的、非周期性的。

附图说明

下面将参照附图介绍仅按示例的方式给出的本发明的实施例，附图中：

图 1 为根据本发明第一实施例的半导体激光器由一侧至一端和上面的简化示意透视图；

图 2 为图 1 的半导体激光器件的平面图；

图 3 为根据本发明第二实施例的器件对于非量子阱混合(QWI)区和 QWI 区的光荧光谱；以及

图 4 为对于图 3 器件的光输出功率对电流的图。

具体实施方式

首先参照图 1 和 2，其示出了根据本发明实施例的半导体激光器件，通常表示为 10。

半导体激光器件 10 包括：多个光学有源区 240，每个光学有源区 240 都包括量子阱(QW)结构 77；相邻的光学有源区 240 由各个光学无源区 245 隔开，每个光学无源区 245 都为量子阱混合(QWI)。相邻光学有源区 240 之间的间隔传统地称为“分段”。

如图 1 和 2 可见，每个光学有源区 240 在工作中与各个电流注入区 250 相关联。电流注入区 250 在器件 10 的表面 255 上彼此基本成线性关系地排列。在此实施例中，电流注入区 250 的一个距下一个的间隔基本相同。

另外，第一和最后一个电流注入区 250 每个都分别从器件 10 的第一和第二端 30、50 隔开。

光学有源区 240设置在包括具有生长得到的量子阱(QW)结构 77 的有源激光发射材料的有源芯层 55 中。量子阱(QW)结构 77 保留在光学有源层 55 与电流注入区 250 相对应的区域中，而电流注入区 250 之间的光学有源层 55 的区域为量子阱混合(QWI)。

另外，分别在多个电流注入区 250 的第一个与器件 10 的第一端 30 之间以及多个电流注入区 250 的最后一个与器件 10 的第二端 50 之间的区域 260、265 为量子阱混合(QWI)。

另外，横向界定多个电流注入区 250 的光学有源层 55 的区域 32、35 也是量子阱混合(QWI)。

光学有源和无源区 240、245 设置于芯层或导层 55 中，芯层或导层 55 设置在第一与第二光学覆层 60、65 之间，导层 55 包括有源激光发射材料。

在一种改动中，可在至少第二覆层 65 中形成脊形波导，其中脊形从器件 10 的第一端 30 纵向延伸至器件 10 的第二端 50，或者至少为其间的一段，并且实际上可自身被分成段。

可以理解，QWI 区将具有比有源区更大的带隙。QWI 区因此也将具有比有源区更低的吸收。

图 1 的器件 10 基本上为单片结构，器件 10 形成于衬底 80 上，衬底 80 上分别生长了第一覆层 60、芯层 55 和第二覆层 65。

在此实施例中，器件 10 的第二端 50 包括半导体激光器件 10 的输出部。

半导体激光器件 10 还包括分别与器件 10 的表面 255 与电流注入区 250 相对应的部分和衬底 80 的相对表面相接触的接触材料(金属化部分)270、275。因此，在使用中，接触层 270、275 将驱动电流提供给了光学有源或增益区 240。

在一种改动中，多个光学有源区 240 包括器件 10 的增益段，并且增益段的宽度沿着器件 10 的长度变化。宽度可通过变化临近接触 270 的宽度而变化，并且可以朝向器件 10 的输出端变窄或变宽。

在另一种改动中，一个光学有源区 240 与下一个光学有源区 240 之间的间隔和该下一个光学有源区 240 与再下一个光学有源区 240 之间的间隔基本相同，或者周期性或非周期性地可变。

在此实施例中，半导体激光器件 10 在 III-V 族半导体材料体系中制造并且可以工作在 610 至 700nm 的波长范围内，该 III-V 族半导体材料体系包括铝镓铟磷(AlGaInP)。然而，可以理解，在其它的实施例中，可以在器件的制造中采用其它的 III-V 族半导体材料体系。

器件 10 根据如下的方法步骤制造:

(i)按顺序在衬底 80 上形成第一光学覆层 60、在第一光学覆层 60 上形成芯层 55(芯层 15 设置有量子阱(QW)结构 77)、并且在芯层 55 上形成第二光学覆层 65; 以及

(ii)在芯层 55 中形成无源区 245。

步骤(i)通常通过公知的生长技术实现，特别地，例如通过分子束外延(MBE)或金属有机物化学汽想沉积(MOCVD)。

在本实施例中，无源区 245 通过包括产生无杂质空位的量子阱混合(QWI)技术形成。QWI 技术的优选实施方式包括如下步骤:

通过在氩气氛下使用双极溅射器，在半导体激光器件 10 的表面 255 的至少一部分上沉积诸如氧化硅(SiO_2)的介电层，从而将点结构缺陷至少引入材料与介电层相邻的部分中;

可选地通过非溅射技术(如等离子体增强化学汽相沉积(PECVD))在器件 10 的表面的至少一部分上沉积另外的介电层;

退火器件 10，从而使镓离子或原子从器件材料中转移至介电层中。

可以理解的是，有源芯层 55、第一覆层 60、以及第二覆层 65，每个都将具有约 3.0 至 3.5 的折射率，芯层具有比覆层 60、65 更高的折射率。

示例

下面将给出作为改进的器件性能的示例的，在 InGaAsP/GaAs 材料体系中制造的根据本发明的分段的增益段激光器件的第二实施例。

晶片结构使用生长在与(111)A 方向偏离 10°的(100)硅掺杂 GaAs 衬底上的 670 双量子阱(QW)激光器层。确保了 AlGaInP 四元成分排序的偏向晶片被最小化，以确保良好激光器性能。在表 1 中列出了外延层结构。激光光谱在 1.987V 的启动电压下中心在 676nm。无限大腔长的典型的阈值电流密

度为 330A/cm^2。

制造的工艺步骤如下:

(a)为量子阱混合(QWI)而进行光致抗蚀剂构图;

(b)氧化硅溅射;

(c)氧化硅剥离;

(d)氧化硅电子束蒸镀;

(e)快速热退火;

(f)去除氧化硅;

(g)为 p 接触而进行光致抗蚀剂构图;

(h)氧化硅电子束蒸镀;

(i)氧化硅剥离;

(j)p 接触金属化;

(k)减薄; 以及

(l)n 接触金属化。

表 1

材料	厚度	用途	杂质	载流子浓度	附图标记
GaAs	300nm	帽层	Zn	$8\times10^{18}cm^{-3}$	---
$Ga_{0.5}In_{0.5}P$	20nm	平整层	Zn	$2\times10^{18}cm^{-3}$	---
$(Al_{0.7}Ga_{0.3})_{0.5}In_{0.5}P$	1000nm	上覆层	Zn	$8\times10^{17}cm^{-3}$	65
$(Al_{0.3}Ga_{0.7})_{0.5}In_{0.5}P$	300nm	波导芯层	未掺杂		55
$Ga_{0.41}In_{0.59}P$	6.5nm	QW	未掺杂		55
$(Al_{0.3}Ga_{0.7})_{0.5}In_{0.5}P$	15nm	中央垒	未掺杂		55
$Ga_{0.41}In_{0.59}P$	6.5nm	QW	未掺杂		55
$(Al_{0.3}Ga_{0.7})_{0.5}In_{0.5}P$	300nm	波导芯层	未掺杂		55
$(Al_{0.7}Ga_{0.3})_{0.5}In_{0.5}P$	1000nm	下覆层	Si	$8\times10^{17}cm^{-3}$	60
GaAs	500nm	缓冲层	Si	$3\times10^{18}cm^{-3}$	---
GaAs		衬底	Si	$2\times10^{18}cm^{-3}$	80

QWI 工艺包括在 750℃快速热退火 30 秒后溅射形成 20nm 的 SiO_2。混合工艺的抑制可通过在溅射阶段期间用光致抗蚀剂保护有源区而实现。随后通过在丙酮中进行剥离而去除光致抗蚀剂及覆盖在上面的层，并且通过电子束蒸镀在整个样品上涂覆以 200nm 的 SiO_2 层，用于在下面的退火期间

保护露出的区域。退火后，使用 77K 光荧光测量来确定无源区中获得的带隙移动，在此情况下，如图 3 所示为 30nm。

图 4 示出了器件的光-电流特性，具有 80μm 开孔，长 1500μm，以 100μm 为周期(每周期中增益段为 40μm、衍射段为 60μm)。在 4.5A 下测得 200mW 的脉冲输出功率。图 4 中的插图示出了横向远场分布，其近似为高斯分布。对于所有的功率水平，远场角度固定地保持为 2.6°(约为 4×衍射极限，但不包括校正透镜)。可以理解，对器件设计、包括可使用可变周期或非周期性分段的分段周期、以及工艺条件的优化将可以降低阈值电流并增大输出功率。

可以理解，此前介绍的本发明的实施例仅以示例的方式给出，而并不对其范围构成任何限制。

例如，有利的，增益段可为利用诸如脊形或埋入异质结构的各种指数引导的波导、或者为抗反射光波导(ARROW)。

另外，可以理解的是，在本发明中，量子阱混合(QWI)技术用于建立沿器件长度的带隙展宽的无源波导段。本发明涉及所有化合物半导体激光器结构，包括其中量子阱混合(QWI)分布可用量子阱混合(QWI)调整的量子阱(QW)。本发明中量子阱混合(QWI)的优点包括:

有源和无源波导的对准;

简化制造工序;

有源/无源区界面处可忽略的反射系数。

最后，有利的，如需要，根据本发明的半导体激光器件可与光栅结合。

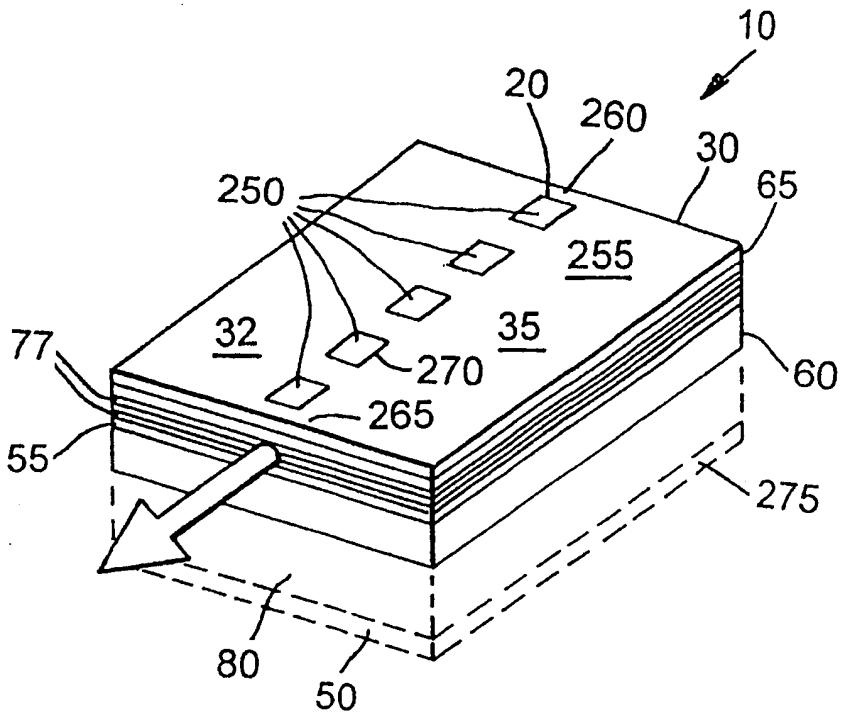


图 1

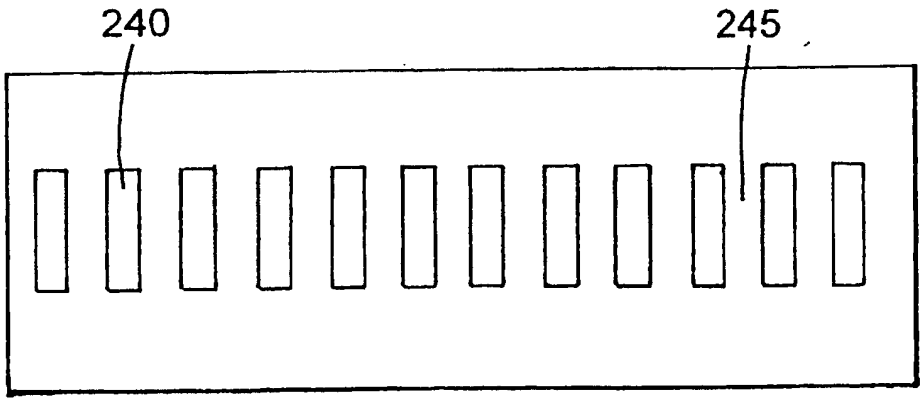


图 2

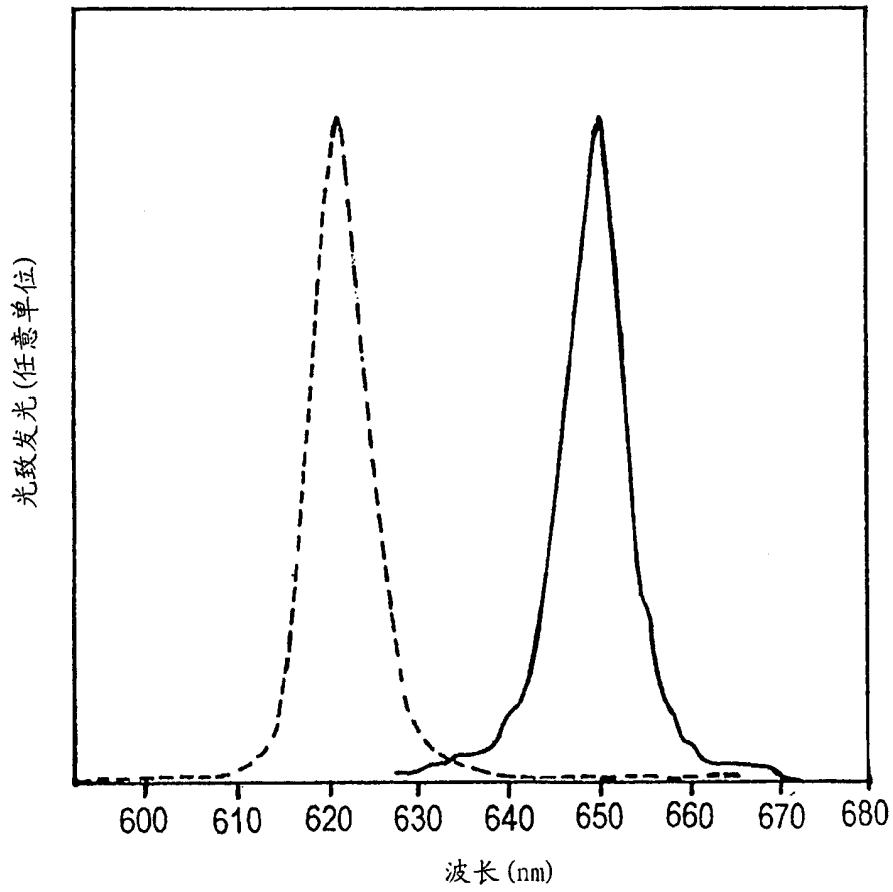


图 3

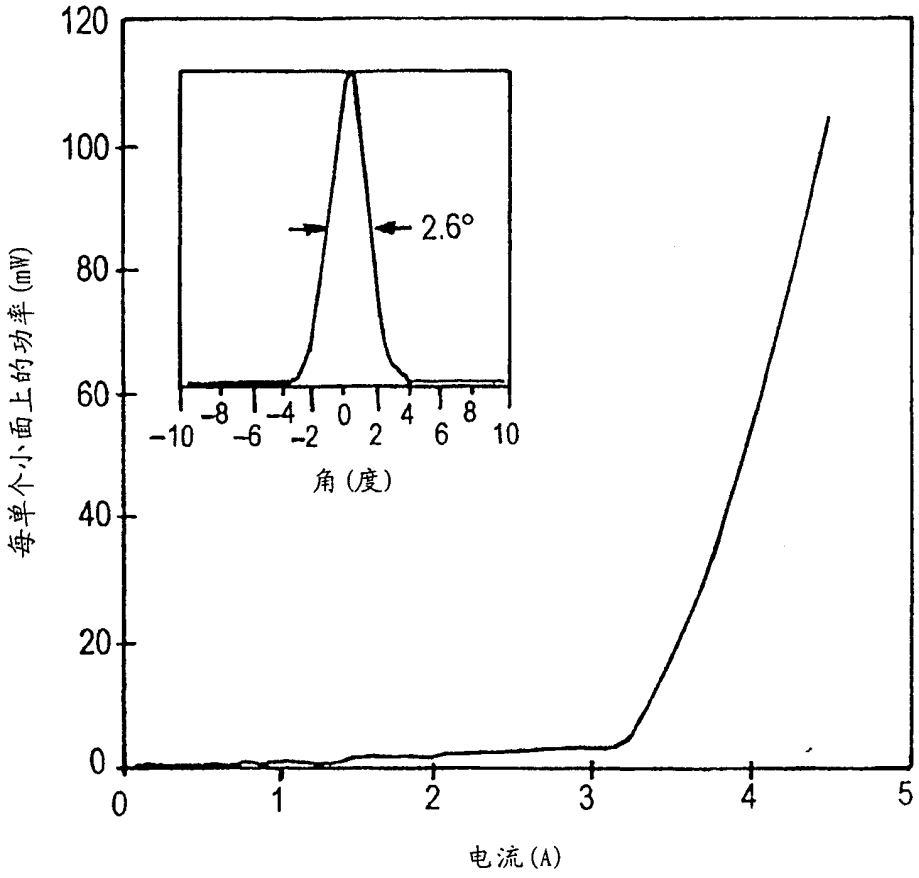

120
100
80
60
40
20
0
0
1
2
3
4
5
每单个小面上的功率(mW)
电流(A)
2.6°
-10
-8
-6
-4
-2
0
2
4
6
8
10
角(度)

图 4