



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102244172 A

(43) 申请公布日 2011. 11. 16

(21) 申请号 201110124931. 9

H01L 33/00 (2010. 01)

(22) 申请日 2011. 05. 11

(30) 优先权数据

10-2010-0044171 2010. 05. 11 KR

10-2010-0102832 2010. 10. 21 KR

(71) 申请人 三星 LED 株式会社

地址 韩国京畿道水原市

(72) 发明人 高炯德 杨丁子 金裕承 成演准

郑守珍 金大天 李秉权

(74) 专利代理机构 北京铭硕知识产权代理有限公司

11286

代理人 薛义丹 韩明星

(51) Int. Cl.

H01L 33/32 (2010. 01)

H01L 33/20 (2010. 01)

H01L 33/02 (2010. 01)

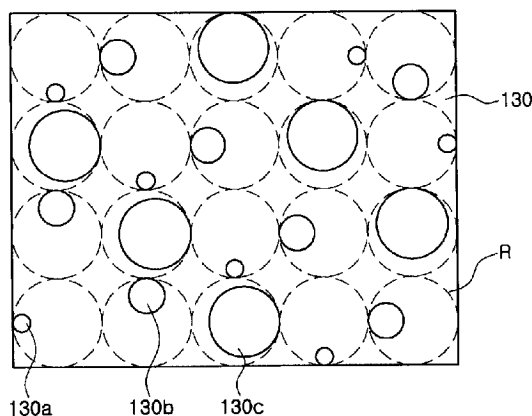
权利要求书 2 页 说明书 9 页 附图 8 页

(54) 发明名称

半导体发光器件及其制造方法

(57) 摘要

本发明提供了一种半导体发光器件及其制造方法。半导体发光器件包括发光结构和图案。发光结构包括第一导电类型半导体层、活性层和第二导电类型半导体层。图案形成在所述发光结构的表面中的至少一个光出射表面上。所述图案具有形状相似的多多个凸起部件或凹进部件。上面形成有所述图案的所述光出射表面具有多个虚拟参考区域，参考区域尺寸相同并以规则的方式布置。凸起部件或凹进部件设置在参考区域中，使得凸起部件或凹进部件的边缘的一部分与所述多个虚拟参考区域中的一个虚拟参考区域的轮廓线接触。



1. 一种半导体发光器件,所述半导体发光器件包括:
发光结构,包括第一导电类型半导体层、活性层和第二导电类型半导体层;
图案,形成在所述发光结构的表面中的至少一个光出射表面上,所述图案具有形状相似的多个凸起部件或凹进部件,
其中,上面形成有所述图案的所述光出射表面具有多个虚拟参考区域,参考区域尺寸相同并以规则的方式布置,凸起部件或凹进部件设置在参考区域中,使得凸起部件或凹进部件的边缘的一部分与所述多个虚拟参考区域中的一个虚拟参考区域的轮廓线接触。
2. 根据权利要求1所述的半导体发光器件,其中,所述多个凸起部件或所述多个凹进部件中的沿一个方向布置的凸起部件或凹进部件以围绕参考区域的中心沿顺时针或逆时针方向旋转的方式顺序设置在参考区域中。
3. 根据权利要求1所述的半导体发光器件,其中,所述发光结构形成在基底上,所述图案形成在所述基底上。
4. 根据权利要求1所述的半导体发光器件,其中,所述图案形成在所述第二导电类型半导体层上。
5. 根据权利要求1所述的半导体发光器件,其中,通过蚀刻所述第二导电类型半导体层的一部分形成所述图案。
6. 根据权利要求1所述的半导体发光器件,其中,所述第二导电类型半导体层掺杂有n型或p型杂质。
7. 根据权利要求1所述的半导体发光器件,其中,所述参考区域的尺寸等于或大于所述参考区域与所述凸起部件或所述凹进部件之间的接触表面的尺寸。
8. 根据权利要求1所述的半导体发光器件,其中,所述参考区域与所述凸起部件或所述凹进部件之间的接触表面具有不同的尺寸。
9. 根据权利要求8所述的半导体发光器件,其中,以与所述参考区域的接触表面的尺寸的升序布置所述凸起部件或所述凹进部件以构成组,所述组以重复的方式设置。
10. 根据权利要求1所述的半导体发光器件,其中,参考区域具有圆形形状。
11. 根据权利要求10所述的半导体发光器件,其中,参考区域具有 $0.1\mu\text{m}$ 至 $5\mu\text{m}$ 的直径。
12. 根据权利要求10所述的半导体发光器件,其中,参考区域之间的间隔等于或小于 $0.5\mu\text{m}$ 。
13. 根据权利要求1所述的半导体发光器件,其中,所述参考区域与所述凸起部件或所述凹进部件之间的接触表面具有圆形形状。
14. 根据权利要求13所述的半导体发光器件,其中,所述参考区域与所述凸起部件或所述凹进部件之间的接触表面具有 $0.1\mu\text{m}$ 至 $5\mu\text{m}$ 的直径。
15. 根据权利要求1所述的半导体发光器件,其中,所述凸起部件或所述凹进部件具有与半球形形状和圆锥形形状中的一种相似的形状。
16. 根据权利要求1所述的半导体发光器件,其中,所述参考区域与所述凸起部件或所述凹进部件之间的接触表面具有相同的形状。
17. 一种制造半导体发光器件的方法,所述方法包括:
在生长基底上形成包括第一导电类型半导体层、活性层和第二导电类型半导体层的发

光结构；

在所述发光结构上形成导电基底；

去除所述生长基底；

在通过去除所述生长基底暴露的所述发光结构的表面中的至少一个光出射表面上形成图案,所述图案具有多个形状相似的凸起部件或凹进部件,

其中,上面形成有所述图案的所述光出射表面具有尺寸相同并以规则的方式布置的多个虚拟参考区域,所述凸起部件或所述凹进部件设置在参考区域中,使得所述凸起部件或所述凹进部件的边缘的一部分与所述多个虚拟参考区域中的一个虚拟参考区域的轮廓线接触,所述图案的形成通过干蚀刻工艺执行。

18. 一种制造半导体发光器件的方法,所述方法包括:

在生长基底上形成包括第一导电类型半导体层、活性层和第二导电类型半导体层的发光结构;

在所述发光结构的表面中的至少一个光出射表面上形成图案,所述图案具有多个形状相似的凸起部件或凹进部件,

其中,上面形成有所述图案的所述光出射表面具有尺寸相同并以规则的方式布置的多个虚拟参考区域,所述凸起部件或所述凹进部件设置在参考区域中,使得所述凸起部件或所述凹进部件的边缘的一部分与所述多个虚拟参考区域中的一个虚拟参考区域的轮廓线接触,所述图案的形成通过干蚀刻工艺执行。

19. 根据权利要求 17 或 18 所述的方法,其中,所述多个凸起部件或所述多个凹进部件中的沿一个方向布置的凸起部件或凹进部件以围绕参考区域的中心沿顺时针或逆时针方向旋转的方式顺序设置在参考区域中。

半导体发光器件及其制造方法

[0001] 本申请要求于 2010 年 5 月 11 日在韩国知识产权局提交的第 10-2010-0044171 号韩国专利申请和于 2010 年 10 月 21 日在韩国知识产权局提交的第 10-2010-0102832 号韩国专利申请的优先权,所述申请的公开通过引用包含于此。

技术领域

[0002] 本发明涉及半导体发光器件,更具体地讲,涉及一种半导体发光器件及其制造方法。

背景技术

[0003] 通常,发光二极管(LED)利用化合物半导体的特性将电能转换成红外线信号、可见射线信号或光信号。发光二极管是一种电致发光(EL)器件,并且实际正被使用的是基于第 III-V 族化合物半导体的发光二极管。第 III 族氮化物基化合物半导体为直接跃迁半导体。由于第 III 族氮化物基化合物半导体可以以稳定的方式进行工作,所以第 III 族氮化物基化合物半导体被广泛地用于诸如发光二极管(LED)和激光二极管(LD)的发光器件。

[0004] 正在进行通过在发光器件的光提取区域中形成凹凸结构来提高半导体发光器件的发光效率(即,光提取效率)的研究。在具有不同折射率的材料层之间的界面处,光的传播受到限制。当光从高折射率($n > 1$)的半导体层传播到低折射率($n = 1$)的空气层时,所述光必须以小于与界面的垂直方向所成的预定角度(临界角)入射到平坦的界面上。如果光以大于相对于界面的垂直方向的预定角度入射到界面上,则在平坦界面上发生全反射,因此显著降低光提取效率。为了防止出现这样的问题,已经尝试在界面中引入凹凸结构。

发明内容

[0005] 本发明的一方面提供了一种具有提高的外部光提取效率的半导体发光器件。

[0006] 根据本发明的一方面,提供了一种半导体发光器件,所述半导体发光器件包括:发光结构,包括第一导电类型半导体层、活性层和第二导电类型半导体层;图案,形成在所述发光结构的表面中的至少一个光出射表面上,所述图案具有形状相似的多个凸起部件或凹进部件,其中,上面形成有所述图案的所述光出射表面具有多个虚拟参考区域,参考区域尺寸相同并以规则的方式布置,凸起部件或凹进部件设置在参考区域中同时与参考区域的轮廓线接触。

[0007] 所述多个凸起部件或所述多个凹进部件中的沿一个方向布置的凸起部件或凹进部件可以以围绕参考区域的中心沿顺时针或逆时针方向旋转的方式顺序设置在参考区域中。

[0008] 所述发光结构可形成在基底上,所述图案可形成在所述基底上。

[0009] 所述图案可形成在所述第二导电类型半导体层上。

[0010] 可通过蚀刻所述第二导电类型半导体层的一部分形成所述图案。

[0011] 所述第二导电类型半导体层可掺杂有 n 型或 p 型杂质。

[0012] 所述参考区域的尺寸可等于或大于所述参考区域与所述凸起部件或所述凹进部件之间的接触表面的尺寸。

[0013] 所述参考区域与所述凸起部件或所述凹进部件之间的接触表面可具有不同的尺寸。

[0014] 可以以与所述参考区域的接触表面的尺寸的升序布置所述凸起部件或所述凹进部件以构成组,所述组可以以重复的方式设置。

[0015] 参考区域可具有圆形形状。

[0016] 参考区域可具有 $0.1\ \mu\text{m}$ 至 $5\ \mu\text{m}$ 的直径。

[0017] 参考区域之间的间隔可等于或小于 $0.5\ \mu\text{m}$ 。

[0018] 所述参考区域与所述凸起部件或所述凹进部件之间的接触表面可具有圆形形状。

[0019] 所述参考区域与所述凸起部件或所述凹进部件之间的接触表面可具有 $0.1\ \mu\text{m}$ 至 $5\ \mu\text{m}$ 的直径。

[0020] 所述凸起部件或所述凹进部件可具有与半球形形状和圆锥形形状中的一种相似的形状。

[0021] 所述参考区域与所述凸起部件或所述凹进部件之间的接触表面可具有相同的形状。

[0022] 根据本发明的另一方面,提供了一种制造半导体发光器件的方法,所述方法包括:在生长基底上形成包括第一导电类型半导体层、活性层和第二导电类型半导体层的发光结构;在所述发光结构上形成导电基底;去除所述生长基底;在通过去除所述生长基底暴露的所述发光结构的表面中的至少一个光出射表面上形成图案,所述图案具有多个形状相似的凸起部件或凹进部件,其中,上面形成有所述图案的所述光出射表面具有尺寸相同并以规则的方式布置的多个虚拟参考区域,所述凸起部件或所述凹进部件设置在参考区域中同时与参考区域的轮廓线接触,所述图案的形成通过干蚀刻工艺执行。

[0023] 根据本发明的另一方面,提供了一种制造半导体发光器件的方法,所述方法包括:在生长基底上形成包括第一导电类型半导体层、活性层和第二导电类型半导体层的发光结构;在所述发光结构的表面中的至少一个光出射表面上形成图案,所述图案具有多个形状相似的凸起部件或凹进部件,其中,上面形成有所述图案的所述光出射表面具有尺寸相同并以规则的方式布置的多个虚拟参考区域,所述凸起部件或所述凹进部件设置在参考区域中同时与参考区域的轮廓线接触,所述图案的形成通过干蚀刻工艺执行。

[0024] 所述多个凸起部件或所述多个凹进部件中的沿一个方向布置的凸起部件或凹进部件可以以围绕参考区域的中心沿顺时针或逆时针方向旋转的方式顺序设置在参考区域中。

附图说明

[0025] 通过下面结合附图的详细描述,本发明的以上和其它方面、特征和其它优点将被更清楚地理解,在附图中:

[0026] 图 1 是根据本发明的第一示例性实施例的半导体发光器件的透视图;

[0027] 图 2 是示出根据本发明的示例性实施例的形成在图 1 中的半导体发光器件的发光结构上的图案的俯视图;

- [0028] 图 3 是示出根据本发明的另一示例性实施例的形成在半导体发光器件的发光结构上的图案的俯视图；
- [0029] 图 4 是示出根据本发明的示例性实施例的图 1 中的半导体发光器件的图案的透视图；
- [0030] 图 5 是示出根据本发明的另一示例性实施例的半导体发光器件的图案的透视图；
- [0031] 图 6 是示出根据本发明的另一示例性实施例的半导体发光器件的图案的透视图；
- [0032] 图 7 是根据本发明的第二示例性实施例的半导体发光器件的透视图；
- [0033] 图 8 是根据本发明的第三示例性实施例的半导体发光器件的透视图；
- [0034] 图 9 是示出根据凸起部件的形状的光提取效率的模拟结果的曲线图；
- [0035] 图 10A、图 10B 和图 10C 是形成在发光结构上的图案的照片；
- [0036] 图 11 中的 (a)、(b) 和 (c) 是示出图 10A、图 10B 和图 10C 中的图案的光能 (optical power) 之间的比较的曲线图；
- [0037] 图 12 是示出根据参考区域之间的间隔的光提取效率的模拟结果的曲线图；
- [0038] 图 13 是示出根据本发明的示例性实施例的具有图案的半导体发光器件的光能与具有以规则间隔布置的图案的半导体发光器件的光能之间的比较的曲线图；
- [0039] 图 14 是示出了根据图案之间的直径的差异的光提取效率的模拟结果的曲线图；
- [0040] 图 15 是示出了根据图案的深度的光提取效率的模拟结果的曲线图。

具体实施方式

[0041] 现在将参照附图详细描述本发明的示例性实施例。然而，本发明可以以许多不同的形式来实施，并不应该被解释为限于在此阐述的实施例。相反，提供这些实施例是为了使本公开将是彻底的和完整的，并将把本发明的范围充分地传达给本领域的技术人员。在附图中，为了清晰起见，夸大了层和区域的厚度。附图中相同的标号表示相同的元件，因此将省略对它们的描述。

[0042] 图 1 是根据本发明的第一示例性实施例的半导体发光器件的透视图。

[0043] 参照图 1，在根据本发明的第一示例性实施例的半导体发光器件 100 中，包括活性层 122 的发光结构 120 形成在基底 110 上，具有多个凸起部件 130a、130b 和 130c 的图案 130 形成在发光结构 120 上。发光结构 120 包括顺序堆叠的第一导电类型半导体层 121、活性层 122 和第二导电类型半导体层 123。

[0044] 在该实施例中，发光结构 120 的第一导电类型半导体层 121 和第二导电类型半导体层 123 可分别为 p 型半导体层和 n 型半导体层，并且可由氮化物半导体形成；然而，本发明不限于此。在该实施例中，可以理解的是，第一导电类型和第二导电类型分别为 p 型和 n 型。第一导电类型半导体层 121 和第二导电类型半导体层 123 具有组成式 $Al_xIn_yGa_{(1-x-y)}N$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1$ 和 $0 \leq x+y \leq 1$)，并且诸如 GaN、AlGa_N 和 InGa_N 的材料可对应于上述组成式。形成在第一导电类型半导体层 121 和第二导电类型半导体层 123 之间的活性层 122 通过电子-空穴复合而发射特定能量的光。活性层 122 可具有多量子阱 (MQW) 结构 (例如，InGa_N/Ga_N 结构)，在该结构中，量子阱层和量子垒层交替堆叠。第一导电类型半导体层 121 和第二导电类型半导体层 123 可通过诸如 MOCVD (金属有机化学气相沉积)、MBE (分子束外延) 和 HVPE (混合气相外延) 的半导体生长工艺形成。

[0045] 基底 110 可包括导电基底。如果基底 110 是导电基底,则基底 110 可用作激光剥离工艺中支撑发光结构 120 的支撑构件,所述激光剥离工艺为从具有第一导电类型半导体层 121、活性层 122 和第二导电类型半导体层 123 的顺序堆叠件的发光结构 120 去除半导体生长基底(未示出),并且基底 110 可包含包括 Au、Ni、Al、Cu、W、Si、Se 和 GaAs 中的任何一种的材料,例如,掺杂有 Al 的 Si 基底。在该实施例中,导电基底 110 可通过导电粘合层(未示出)作为媒介而结合到发光结构 120。例如,导电粘合层可包括诸如 AuSn 的共熔合金(eutectic alloy)。

[0046] 基底 110 不限于导电基底。基底 110 可包括其上顺序堆叠有第一导电类型半导体层 121、活性层 122 和第二导电类型半导体层 123 的生长基底,例如,由蓝宝石、SiC、MgAl₂O₄、MgO、LiAlO₂、LiGaO₂ 或 GaN 形成的基底。

[0047] 具有凸起部件 130a、130b 和 130c 的图案 130 可包括透明导体或透明绝缘体。透明绝缘体可包括诸如 SiO₂、SiN_x、Al₂O₃、HfO、TiO₂ 或 ZrO 的材料。透明导体可包括透明的导电氧化物(TCO),例如,含有 ZnO 或添加剂(例如, Mg、Ag、Zn、Sc、Hf、Zr、Te、Se、Ta、W、Nb、Cu、Si、Ni、Co、Mo 和 Cr)的氧化铟(In)。

[0048] 电连接到第二导电类型半导体层 123 的第二导电类型电极 123a 可形成在图案 130 的顶表面上。第二导电类型电极 123a 可形成在图案 130 的顶表面的任何区域上。第二导电类型电极 123a 可形成在图案 130 的中心上,以使传输到第二导电类型半导体层 123 的电流分布均匀化。另外,如果第二导电类型电极 123a 形成在与图案 130 的表层凸起部件 130a、130b 和 130c 叠置的区域上,则因为第二导电类型电极 123a 的接触表面由于表层凸起部件而具有表面粗糙度,所以会劣化电学特性,即,通过第二导电类型电极 123a 流入第二导电类型半导体层 123 的电流的阻力会增大。因此,第二导电类型电极 123a 可形成在不与凹凸图案叠置的区域上。因此,如图 1 所示,第二导电类型电极 123a 可形成在通过蚀刻图案 130 的一部分而被暴露的第二导电类型半导体层 123 上;然而,本发明不限于此。如果图案 130 包括透明导电氧化物,则第二导电类型电极 123a 可形成在图案 130 上。

[0049] 图 2 是示出了根据本发明示例性实施例的图 1 中的形成在半导体发光器件的发光结构 120 上的图案 130 的俯视图。

[0050] 为了更清楚地示出图案 130,省略了形成在发光结构 120 的顶表面上的电极 123a 的形状的图示。图案 130 提高了在发光结构 120 的活性层 122 中产生的光通过折射水平比空气高的第二导电类型半导体层 123 发射到外部的效率。图案 130 包括以规则方式设置的多个凸起部件 130a、130b 和 130c。

[0051] 具体地讲,其上形成有图案 130 的光出射表面具有多个虚拟参考区域 R,所述虚拟参考区域 R 尺寸相同并以规则方式布置,凸起部件(130a、130b 和 130c)设置在参考区域 R 中同时接触参考区域 R 的轮廓线。参考区域 R 的轮廓线指的是参考区域 R 的封闭曲线的内部和外部之间的边界线。如图 2 所示,如果参考区域 R 具有圆形形状,则参考区域 R 的轮廓线为圆周。在多个凸起部件 130a、130b 和 130c 中,沿一个方向布置的凸起部件以围绕参考区域 R 的中心沿顺时针方向或逆时针方向旋转的方式顺序地设置在参考区域 R 中;然而,本发明不限于此。如果凸起部件仅设置在参考区域 R 中同时接触参考区域 R 的轮廓线,则凸起部件不限于沿一个方向布置。另外,如图 2 所示,凸起部件 130a、130b 和 130c 可这样形成,即,凸起部件的底部边界接触参考区域 R 的轮廓线。

[0052] 参照图 2, 图案 130 包括三种具有不同尺寸的圆形凸起部件 130a、130b 和 130c, 并且可在一个参考区域 R 中设置一个图案。因此, 在这个实施例中, 参考区域 R 的尺寸可等于或大于每个图案 130a/130b/130c 的尺寸。具体地讲, 参考区域可形成为具有 $1\ \mu\text{m}$ 至 $3\ \mu\text{m}$ 的直径, 并且图案可形成为具有 $0.5\ \mu\text{m}$ 至 $2\ \mu\text{m}$ 的直径。另外, 在这个实施例中, 示出的是, 凸起部件 130a、130b 和 130c 具有不同的尺寸。然而, 图案 130 可形成为具有一种具有同一尺寸的凸起部件。

[0053] 可选地, 凸起部件 130a、130b 和 130c 的边缘的一部分可与所述多个虚拟参考区域 R 中的一个虚拟参考区域 R 的轮廓线接触。参考区域 R 的尺寸可等于或大于参考区域 R 与凸起部件或凹进部件之间的接触表面的尺寸。或者, 参考区域 R 与凸起部件或凹进部件之间的接触表面可具有不同的尺寸, 以与参考区域 R 的接触表面的尺寸的升序布置凸起部件或凹进部件以构成组, 所述组以重复的方式设置。可选地, 参考区域 R 与凸起部件或凹进部件之间的接触表面可具有圆形形状, 并且参考区域 R 与凸起部件或凹进部件之间的接触表面可具有 $0.1\ \mu\text{m}$ 至 $5\ \mu\text{m}$ 的直径。在另一实施例中, 凸起部件或凹进部件具有与半球形状和圆锥形状中的一种相似的形状。可选地, 参考区域与凸起部件或凹进部件之间的接触表面可具有相同的形状。

[0054] 在这个实施例中, 示出的是, 参考区域 R 相互接触。然而, 参考区域 R 可以以规则的间隔设置。例如, 参考区域 R 之间的间隔可等于或小于 $0.5\ \mu\text{m}$ 。随着参考区域 R 之间的间隔减小, 图案 130 的填充率增大。因此, 随着参考区域 R 之间的间隔减小, 光提取效率可增大。凸起部件 130a、130b 和 130c 可设置成接触参考区域 R 的轮廓线。另外, 凸起部件 130a、130b 和 130c 可按照这样的方式设置, 即, 围绕参考区域 R 的中心沿顺时针方向旋转 90° 。在这个实施例中, 凸起部件 130a、130b 和 130c 可按照它们的尺寸的升序布置以构成组, 并且可以以重复的方式设置所述组。然而, 本发明不限于这种布置顺序。具有不同尺寸的图案可被布置成构成组, 并且可以以重复的方式设置所述组。在所述组中凸起部件 130a、130b 和 130c 的布置顺序不限于特定的顺序。

[0055] 与这个实施例不同, 凸起部件 130a、130b 和 130c 可按照这样的方式设置, 即, 围绕参考区域 R 的中心沿逆时针方向旋转, 并且凸起部件 130a、130b 和 130c 可包括三种或更多种不同尺寸的凸起部件。另外, 每个图案的旋转角度不限于 90° 。即, 只有保持恒定的角度, 任何角度都可以。当与具有相同尺寸和形状的图案以规则的方式按规则的间隔形成的情况相比, 根据该实施例的半导体发光器件可以提高其光提取效率。另外, 由于图案的不规则性可以提高光提取效率, 并且由于图案的规则布置可以改善光分布效果。即, 如果图案以十分不规则的方式形成, 则由于图案的不规则性会提高光提取效率。然而, 由于光出射表面上的局部蚀刻程度不同会劣化光分布, 从而导致光的均匀性的问题。根据本发明的示例性实施例, 可通过图案的随机性来提高光提取效率, 并且可通过改善的光分布来提高光的均匀性。

[0056] 图 3 是示出了根据本发明另一示例性实施例的形成在半导体发光器件的发光结构上的图案 131 的俯视图。

[0057] 根据该实施例, 图案 131 具有多个凸起部件 131a、131b 和 131c, 所述多个凸起部件 131a、131b 和 131c 具有相同的形状而尺寸不同。凸起部件 131a、131b 和 131c 接触尺寸相同且以规则的方式布置的虚拟参考区域 R 的边界。另外, 凸起部件 131a、131b 和 131c 以这样的方式设置在参考区域 R 中, 即, 围绕参考区域 R 的中心沿预定方向旋转。与图 2 中示出

的实施例不同,每个凸起部件的底表面具有菱形形状,并且参考区域 R 也具有菱形形状。根据该实施例,凸起部件 131a、131b 和 131c 与参考区域 R 具有相同的形状,但具有不同的尺寸。然而,图案 131a、131b 和 131c 与参考区域 R 可具有不同的形状。尽管未示出,但是图案和参考区域可具有诸如圆形、椭圆形、菱形和方形的各种形状。

[0058] 图 4 是示出了根据本发明示例性实施例的图 1 中的半导体发光器件 100 的图案 130'' 的透视图。图 5 是示出了根据本发明的另一示例性实施例的半导体发光器件的图案的透视图。

[0059] 如图 4 所示,构成图案的凸起部件 130a''、130b'' 和 130c'' 可具有圆锥形形状。另外,如图 5 所示,凸起部件 130a'、130b' 和 130c' 可具有半球形形状。根据本发明的半导体发光器件的图案 130'' 和 130' 可通过干蚀刻工艺形成。通常,使用诸如 KOH 的溶液的湿蚀刻工艺被用于形成表层凹凸结构。然而,当利用干蚀刻工艺时,由于可精确地控制凹凸结构的尺寸和形状,所以可形成期望形状的凹凸结构。图 9 示出了在凸起部件具有圆柱形/圆锥形形状的情况下光提取效率的模拟的结果。如图 9 所示,可以看出,当凹凸部件具有圆锥形形状时,外部光提取效率显著提高。

[0060] 图 6 是示出了根据本发明的另一示例性实施例的半导体发光器件的图案的透视图。

[0061] 参照图 6,与图 5 中示出的实施例不同,图案 130'' 可具有凹进部件的形状。构成图案 130'' 的凹进部件 130a''、130b'' 和 130c'' 可形成为具有图 6 中示出的半球形形状。可利用干蚀刻工艺来形成半球形形状。另外,与这个实施例不同,凹进部件 130a''、130b'' 和 130c'' 可具有诸如半球形、圆锥形和棱锥形的各种形状。

[0062] 图 7 是根据本发明第二示例性实施例的半导体发光器件的透视图。

[0063] 参照图 7,在根据本发明的第二示例性实施例的半导体发光器件 200 中,包括活性层 222 的发光结构 220 形成在基底 210 上,凹凸结构可形成在发光结构 220 的一部分上。发光结构 220 可包括顺序堆叠的第一导电类型半导体层 221、活性层 222 和第二导电类型半导体层 223。构成发光结构 220 的第一导电类型半导体层 221 和第二导电类型半导体层 223 可分别为 n 型半导体层和 p 型半导体层,并且可由氮化物半导体形成。在这种情况下,发光结构 220 可具有与第一实施例中的组成和结构相似的组成和结构。

[0064] 根据该实施例,与图 1 中示出的实施例不同的是,可通过蚀刻发光结构 220 的第一导电类型半导体层 221 的一部分来形成图案,而不是在发光结构 220 上设置单独的层。在这种情况下,图案可形成为具有与第一实施例中的规则相同的规则。不同的仅仅是图案形成材料。即,形成在第一导电类型半导体层 221 上的凹凸结构可以通过减小第一导电类型半导体层 221 对从发光结构 220 的活性层 222 发射的光的全反射率来提高外部光提取效率。可选地,通过蚀刻第二导电类型半导体层的一部分形成图案。与图 7 中的图示不同,图案可具有诸如圆锥形状的各种形状。

[0065] 与第一实施例不同,基底 210 可包括氮化物半导体生长基底。具体地讲,氮化物半导体生长基底可包括包含诸如蓝宝石、SiC、MgAl₂O₄、MgO、LiAlO₂、LiGaO₂ 和 GaN 的材料的基底。即,可通过蚀刻第一导电类型半导体层 221 的暴露到发光结构 220 的外部的一部分来形成图案 230,其中,发光结构 220 包括顺序形成在由蓝宝石形成的氮化物生长基底 210 上的第一导电类型半导体层 221、活性层 222 和第二导电类型半导体层 223。另外,如图 7 所

示,第二导电类型电极 223a 可形成在通过蚀刻活性层 222 和第一导电类型半导体层 221 而被暴露的第二导电类型半导体层 223 上,并且第一导电类型电极 221a 可形成在第一导电类型半导体层 221 的顶表面上,从而可通过第一导电类型电极 221a 和第二导电类型电极 223a 从外部施加电信号。

[0066] 图 8 是根据本发明第三示例性实施例的半导体发光器件的透视图。

[0067] 参照图 8,根据本发明第三示例性实施例的半导体发光器件 300 可包括发光结构 320,所述发光结构 320 包括形成在基底 310 上的第一导电类型半导体层 321、活性层 322 和第二导电类型半导体层 323;并且根据本发明示例性实施例的图案 330 可形成在基底 310 的表面上。另外,第二导电类型电极 323a 可形成在通过蚀刻发光结构 320 的第二导电类型半导体层 323 的一部分、活性层 322 和第一导电类型半导体层 321 而被暴露的第二导电类型半导体层 323 的表面上;并且第二导电类型电极 321a 可形成在第一导电类型半导体层 321 的顶表面上。根据该实施例,具有凹进部件的图案 330 形成在发光结构 320 的多个表面中的至少一个光出射表面上。因此,对于从发光结构 320 的活性层 322 发射到基底 310 的光,由于图案 330 的表面折射和漫射减小了半导体层中的吸收率,从而提高了外部光提取效率。

[0068] 在下文中,将详细描述用于制造半导体发光器件 100 的工艺。首先,通过诸如 MOCVD、MBE 和 HVPE 的半导体生长工艺顺序地在生长基底(未示出)上形成第一导电类型半导体层 121、活性层 122 和第二导电类型半导体层 123,以形成发光结构 120。在这种情况下,在结构方面,发光结构 120 被定义为包括第二导电类型半导体层 123、活性层 122 和第一导电类型半导体层 121 的结构。然而,在生长/蚀刻工艺方面,还可以将缓冲层(未示出)看作构成发光结构的元件。

[0069] 半导体生长基底可包括包含诸如蓝宝石、SiC、 $MgAl_2O_4$ 、MgO、 $LiAlO_2$ 、 $LiGaO_2$ 和 GaN 的材料的基底。在这种情况下,蓝宝石是 Hexa-Rhomb R3c 对称晶体,其 c 轴晶格常数为 13.001\AA 且 a 轴晶格常数为 4.758\AA ,并且包括 C(0001) 面、A(1120) 面和 R(1102) 面。在这种情况下,由于 C 面相对易于氮化物层的生长并且在高温下稳定,所以 C 面主要用作氮化物生长基底。缓冲层可包括由氮化物形成的未掺杂的半导体层,并且可以减少在其上生长的发光结构的晶格缺陷。

[0070] 导电基底 110 附于发光结构 120 的顶表面上。导电基底 110 可用作用于去除生长基底的激光剥离工艺中的支撑构件,并且第一导电类型半导体层 121 的电极可形成在导电基底的底表面上。导电基底 110 可包括含有 Au、Ni、Al、Cu、W、Si、Se 和 GaAs 中的任何一种的材料,例如,掺杂有 Al 的 Si 基底。另外,导电基底 110 可通过导电粘合层(未示出)作为媒介结合到发光结构 120,并且可通过诸如溅射工艺和沉积工艺的适合的工艺来形成。例如,导电粘合层可包括诸如 AuSn 的共熔合金。当导电基底 110 结合到发光结构时,物理冲击可作用于发光结构,并且会从导电粘合层发生漫射。

[0071] 如上所述,可通过激光剥离工艺或化学剥离工艺来去除半导体生长基底。图案 130 可形成在形成生长基底后暴露的第二导电类型半导体层 123 上。为了形成具有多个凸起部件 130a、130b 和 130c 的图案 130,可涂覆或沉积透明导体或透明绝缘体。沉积工艺可包括 PECVD(等离子体增强化学气相沉积)工艺、LPCVD(低压 CVD) 工艺和溅射工艺。具有凸起部件 130a、130b 和 130c 的图案 130 可包括透明导体或透明绝缘体。透明绝缘体可包括诸

如 SiO_2 、 SiN_x 、 Al_2O_3 、 HfO 、 TiO_2 或 ZrO 的材料。透明导体可包括透明的导电氧化物 (TCO)，例如，含有 ZnO 或添加剂（例如， Mg 、 Ag 、 Zn 、 Sc 、 Hf 、 Zr 、 Te 、 Se 、 Ta 、 W 、 Nb 、 Cu 、 Si 、 Ni 、 Co 、 Mo 和 Cr ）的氧化铟 (In)。

[0072] 如图 1 所示，可通过干蚀刻工艺将透明导体或透明绝缘体蚀刻成具有直径为 $0.5\ \mu\text{m}$ 至 $2\ \mu\text{m}$ 的圆锥形状。干蚀刻工艺可包括 RIE（反应离子蚀刻）工艺或 ICP-RIE（诱发耦合等离子体 RIE）工艺。干蚀刻工艺（而不是利用 KOH 溶液的湿蚀刻工艺）可用来形成更精确的凹凸结构，并可用来形成如图 1 所示的圆锥状的凹凸结构。

[0073] 与此不同的是，可通过与上述工艺相同的工艺在发光结构 120 上形成凹凸图案 130，而不是将导电基底 110 附于发光结构 120 的顶表面，其中，发光结构 120 包括顺序形成在生长基底 110 上的第一导电类型半导体层 121、活性层 122 和第二导电类型半导体层 123。这里，第一导电类型半导体层 121 可包括掺杂有 n 型杂质的氮化物半导体。可在第二导电类型半导体层 123 上形成第二导电类型电极。可在通过台面蚀刻第二导电类型半导体层 123 的一部分、活性层 122 和第一导电类型半导体层 121 而被暴露的第一导电类型半导体层 121 上形成第一导电类型电极。

[0074] 图 9 是示出了在利用具有相同直径的圆柱形 / 圆锥形形状的凹凸结构的情况下光提取效率的模拟结果的曲线图。

[0075] 在图 9 中，横坐标轴表示参考区域的直径，纵坐标轴表示光能。从图 9 中的曲线图可以看出，相对于直径相同的凹凸图案，作为圆柱形凹凸图案的光提取效率和圆锥形凹凸图案的光提取效率的比较结果，无论参考区域的尺寸如何，在整个区域上设置圆锥形的凹凸图案会显著提高光提取效率。

[0076] 图 10A、图 10B 和图 10C 是形成在发光结构上的图案的照片。图 11 中的 (a)、(b) 和 (c) 是示出图 10A、图 10B 和图 10C 中的图案的光能之间的比较的曲线图。

[0077] 在图 11 中的 (a)、(b) 和 (c) 中，纵坐标轴表示通过利用 KOH 溶液的湿蚀刻工艺形成完全随机图案的情况的光能为 100 时的相对光能。图 10A 示出了相同尺寸的凸起部件被以规则的方式按规则的间隔布置的结构的照片。图 10B 示出了本发明的结构的照片，在本发明的结构中，以规则的方式布置相同尺寸的参考区域，多个凸起部件以围绕参考区域的中心沿预定方向旋转的方式设置在参考区域中同时接触参考区域的边界，并且凸起部件具有相同的尺寸。图 10C 示出了根据本发明示例性实施例的结构的照片，在该结构中，设置了多个尺寸不同的圆形图案，以规则的方式布置相同尺寸的参考区域，图案以围绕参考区域的中心沿顺时针方向旋转的方式设置在参考区域中同时接触参考区域的边界。在图 10A 至图 10C 中，示出的图案具有相同的平均直径。参照图 11 中的 (a)、(b) 和 (c)，可以看出，当与图 10A 中示出的凹凸图案相比时，根据本发明的凹凸图案可显著提高光能。

[0078] 图 12 是示出根据参考区域之间的间隔的光提取效率的模拟结果的曲线图。

[0079] 在该实施例中，参考区域具有圆形，并且图案包括具有不同尺寸的三种圆形凸起部件，并且图案的平均直径为 $1\ \mu\text{m}$ 。凸起部件以围绕参考区域的中心沿顺时针方向旋转 90° 的方式顺序地设置在参考区域中同时接触参考区域的轮廓线。在图 12 中，横坐标轴表示参考区域的直径，纵坐标轴表示光提取效率。曲线“a”表示参考区域之间的间隔为 $0\ \mu\text{m}$ 的情况下光提取效率的测量结果；曲线“b”表示参考区域之间的间隔为 $0.2\ \mu\text{m}$ 的情况下光提取效率的测量结果；曲线“c”表示参考区域之间的间隔为 $0.5\ \mu\text{m}$ 的情况下光提取效率的

测量结果。参照图 12,可以看出,随着参考区域之间的间隔的减小,光提取效率增大。

[0080] 图 13 是示出根据本发明的示例性实施例的具有图案的半导体发光器件的光能与具有以规则间隔布置的图案的半导体发光器件的光能之间的比较的曲线图。

[0081] 在图 13 中,横坐标轴表示图案的直径,纵坐标轴表示光能。对比示例 1 至对比示例 3 表示以规则间隔布置相同尺寸的图案的情况下的光能。这里,改变图案之间的间隔同时保持其它条件。对比示例 1 表示图案之间的间隔为 $0\ \mu\text{m}$ 的情况下的光能;对比示例 2 表示图案之间的间隔为 $0.2\ \mu\text{m}$ 的情况下的光能;对比示例 3 表示图案之间的间隔为 $0.4\ \mu\text{m}$ 的情况下的光能。在示例性实施例中,具有不同尺寸的三种图案设置在参考区域中同时接触参考区域的轮廓线;图案之间直径的差为 $0.4\ \mu\text{m}$;并且横坐标轴上表示的图案的直径基于具有最大直径的图案。即,如果图案的直径表示为 $1\ \mu\text{m}$,则直径为 $1\ \mu\text{m}$ 的图案、直径为 $0.6\ \mu\text{m}$ 的图案和直径为 $0.2\ \mu\text{m}$ 的图案布置在参考区域中,并且参考区域的直径等于最大图案的直径。参照对比示例 1 至对比示例 3,可以看出,图案之间的间隔影响光能。具体地讲,可以看出,随着图案之间的间隔减小,光能增大。根据示例性实施例,由于图案具有不同的直径并且图案设置在参考区域中同时接触参考区域的轮廓线,所以图案之间的间隔范围在 $0\ \mu\text{m}$ 至 $2\ \mu\text{m}$ 。如从图 13 中可以看出的,当与图案之间的间隔最小的对比示例 1 相比时,示例性实施例可在整个区域中提供较高的光能。

[0082] 图 14 是示出了根据图案之间的直径的差异的光提取效率的模拟结果的曲线图。

[0083] 在图 14 中,横坐标轴表示参考区域的直径,纵坐标轴表示光能。在示例性实施例 1 和示例性实施例 2 中,最大图案的直径等于参考区域的直径。在示例性实施例 1 中,图案之间直径的差为 $0.2\ \mu\text{m}$ 。在示例性实施例 2 中,图案之间直径的差为 $0.4\ \mu\text{m}$ 。例如,如果在示例性实施例 1 和 2 中参考区域的直径为 $2.0\ \mu\text{m}$,则在该实施例中,直径为 $1.6\ \mu\text{m}$ 的图案、直径为 $1.8\ \mu\text{m}$ 的图案和直径为 $2.0\ \mu\text{m}$ 的图案设置在参考区域中,并且在示例性实施例 2 中直径为 $1.2\ \mu\text{m}$ 的图案、直径为 $1.6\ \mu\text{m}$ 的图案和直径为 $2.0\ \mu\text{m}$ 的图案设置在参考区域中。参照图 13,可以看出,随着图案之间的直径的差增大,即,随着随机性提高,光能增大。

[0084] 图 15 是示出了根据图案的深度的光提取效率的模拟结果的曲线图。

[0085] 在图 15 中,横坐标轴表示凸起部件的高度(对应于图案的深度),纵坐标轴表示光能。示例性实施例 1 和 2 将比较根据本发明的示例性实施例的图案的凸起部件的高度变化时的光能。具体地讲,示例性实施例 1 表示设置在参考区域中的凸起部件的高度为 $1\ \mu\text{m}$ 的情况下的光能,示例性实施例 2 表示设置在参考区域中的凸起部件的高度为 $2\ \mu\text{m}$ 的情况下的光能。除了凸起部件的高度之外的其它条件相同。参照图 15,可以看出,由于随着凸起部件的高度增大,光折射率/漫射率增大,所以外部光提取效率增大。

[0086] 如上所述,相对于从活性层发射的光,本发明可以通过半导体层上的凹凸部件来提高光发射到外部的比率,从而能够提高半导体发光器件的光提取效率。另外,本发明可以改善光分布,从而能够提高光的均匀性。

[0087] 尽管已经结合示例性实施例示出和描述了本发明,但是本领域技术人员应该清楚的是,在不脱离由权利要求限定的本发明的精神和范围的情况下,可以做出修改和改变。

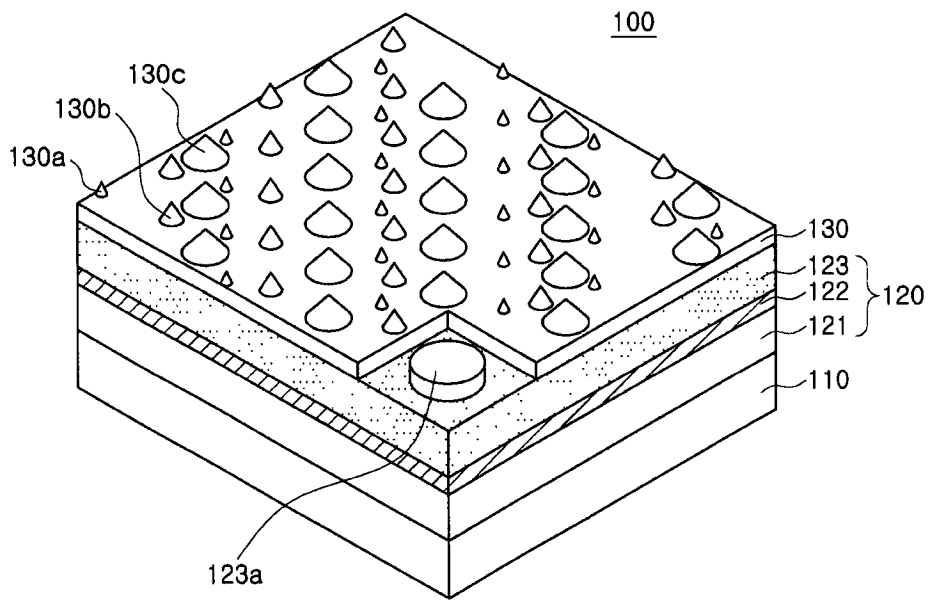


图 1

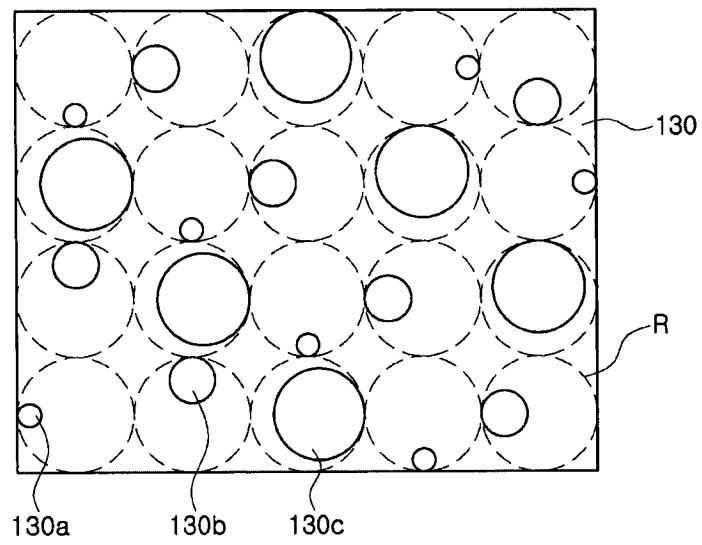


图 2

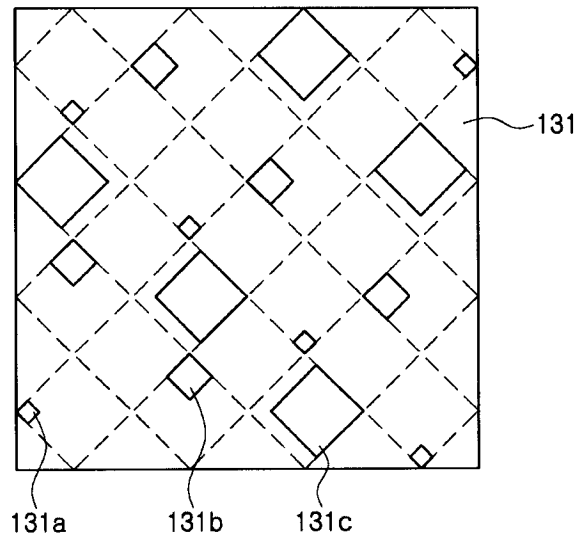


图 3

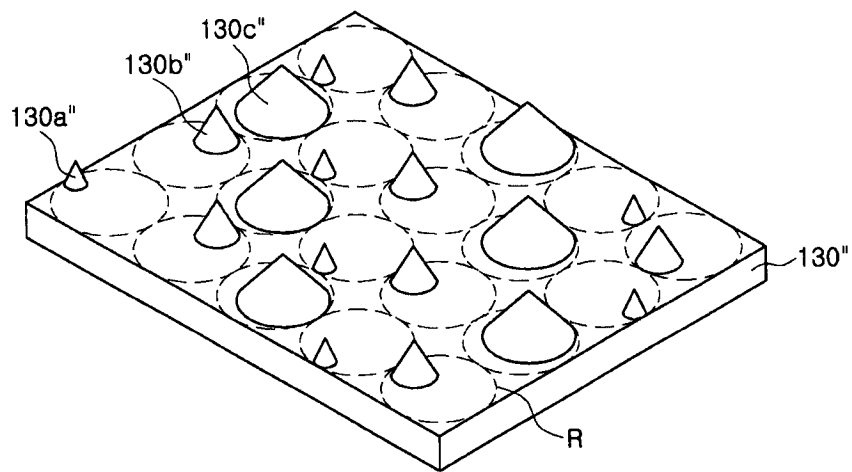


图 4

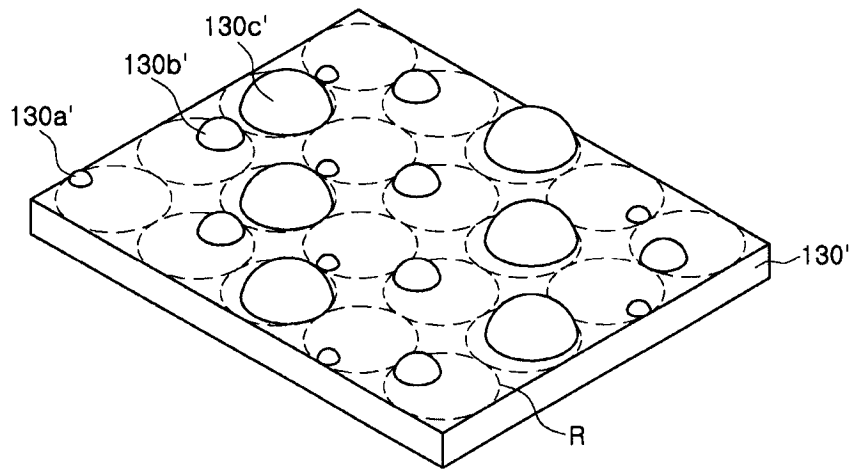


图 5

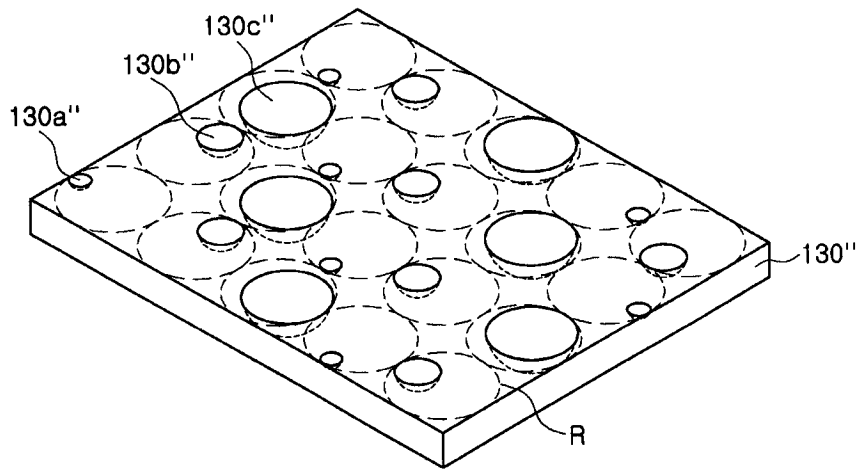


图 6

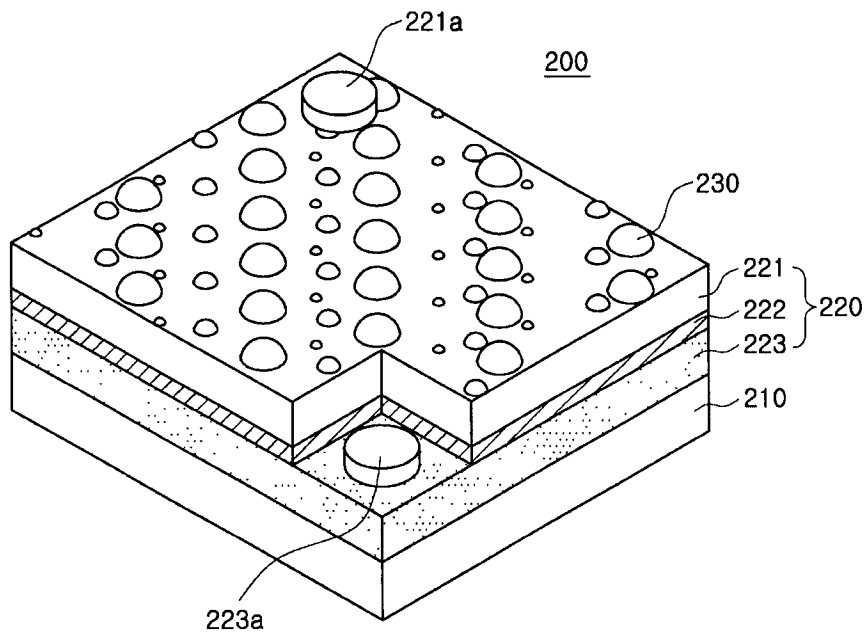


图 7

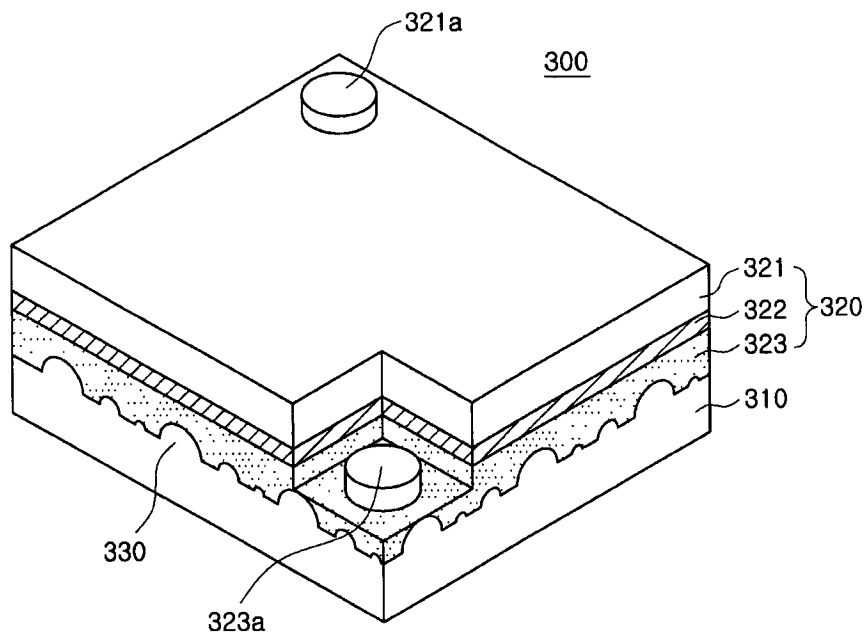


图 8

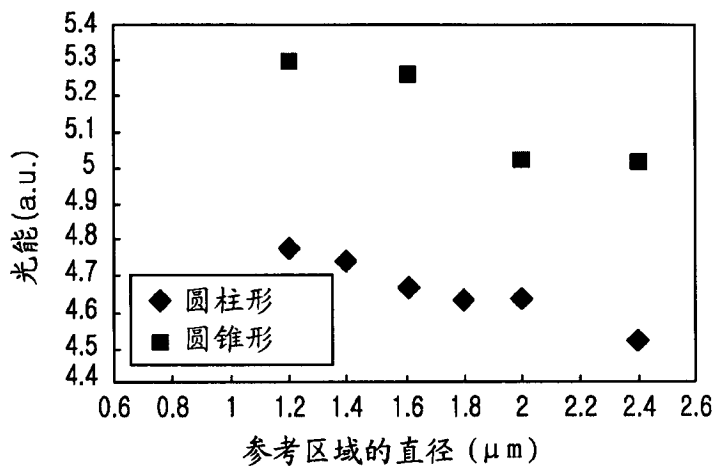


图 9

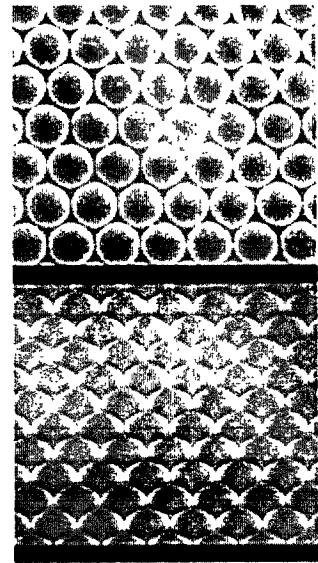


图 10A

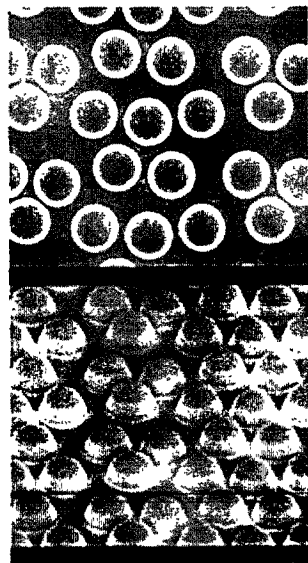


图 10B

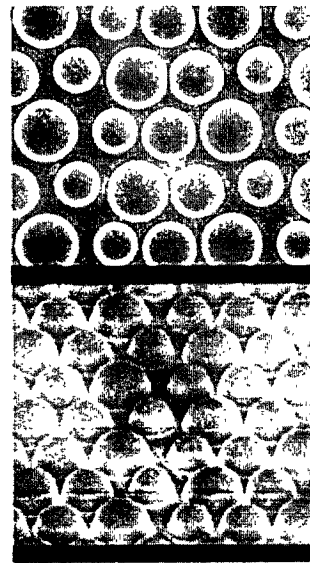


图 10C

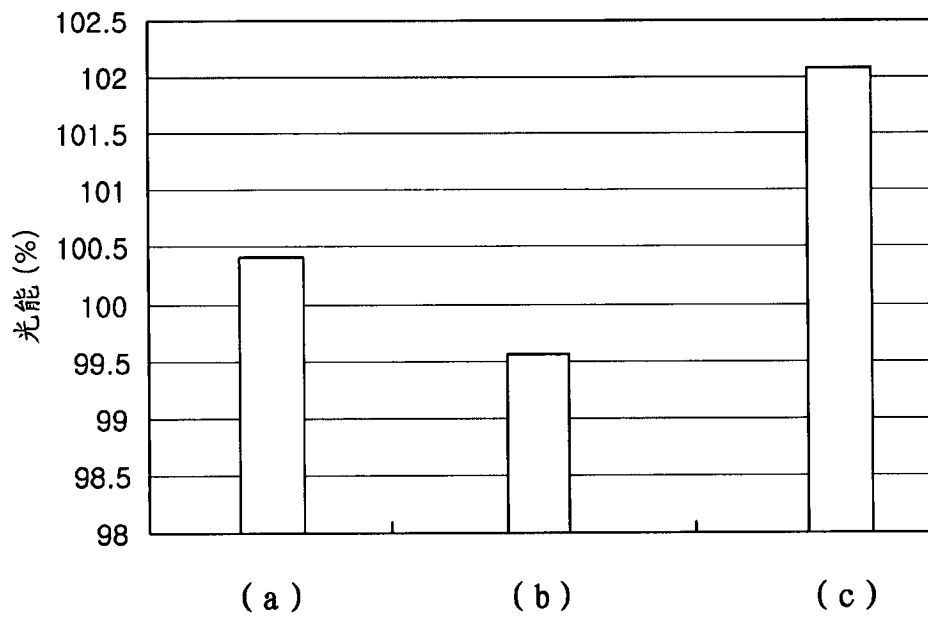


图 11

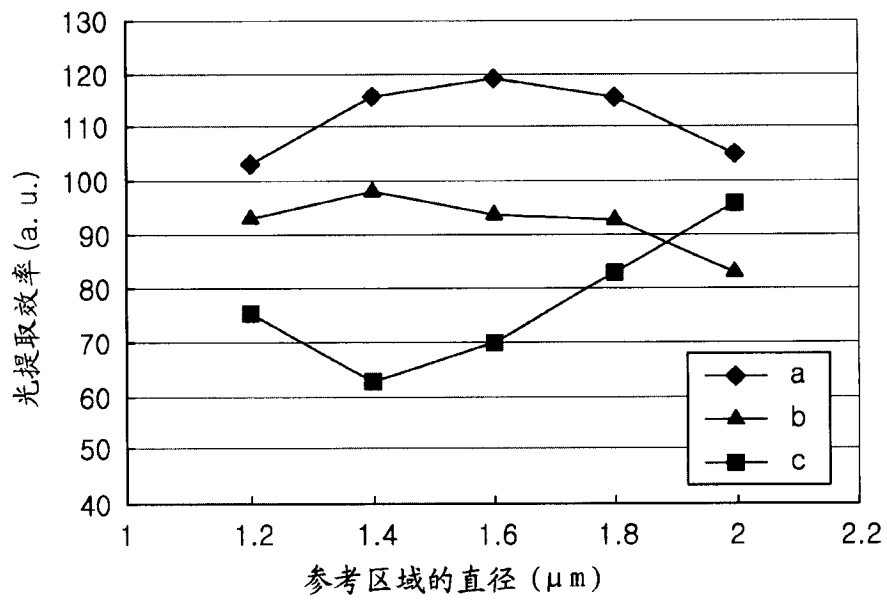


图 12

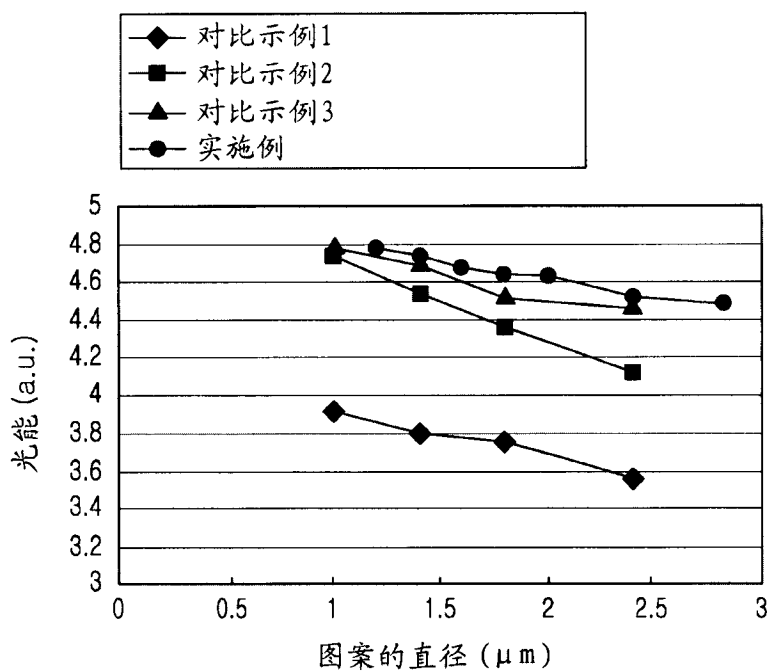


图 13

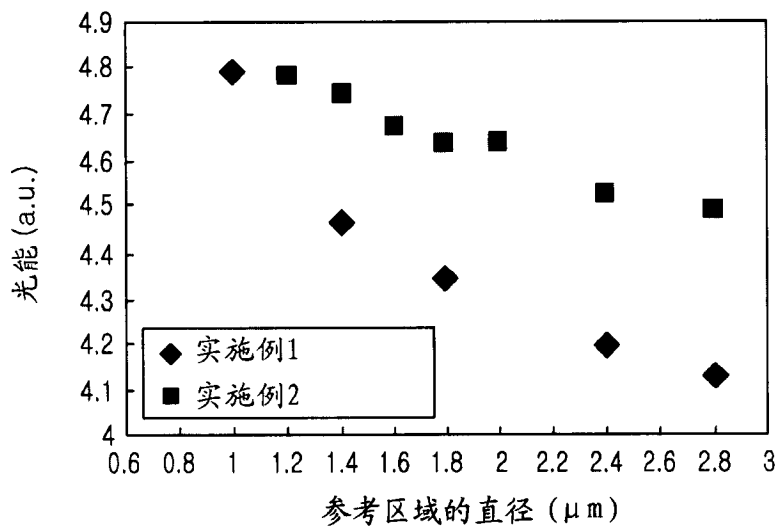


图 14

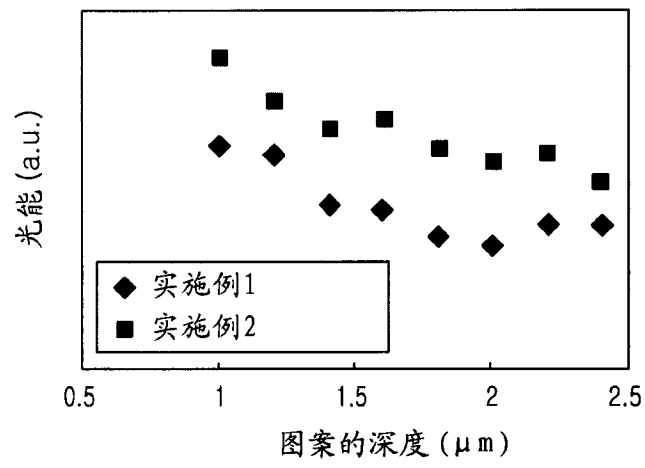


图 15