

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
H01L 33/00 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200510107621.0

[45] 授权公告日 2008 年 7 月 30 日

[11] 授权公告号 CN 100407458C

[22] 申请日 2005.9.29

[21] 申请号 200510107621.0

[30] 优先权

[32] 2004.10.5 [33] JP [31] 292326/04

[73] 专利权人 斯坦雷电气株式会社

地址 日本东京

[72] 发明人 笹仓贤 川口惠藏 小野华子

[56] 参考文献

JP2002-344013A 2002.11.29

JP2002-94109A 2002.3.29

US6298079B1 2001.10.2

JP8-97502A 1996.4.12

US6549552B1 2003.4.15

审查员 黄道许

[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

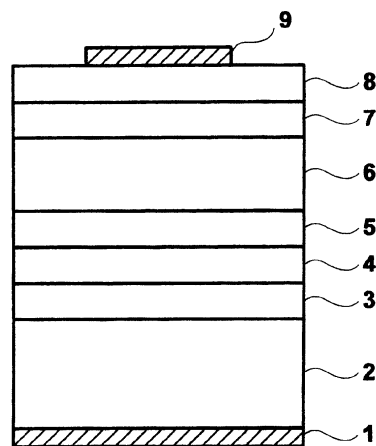
权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 5 页

[54] 发明名称

具有窄辐射光谱的半导体发光器件

[57] 摘要

本发明涉及一种半导体发光器件。当从电极向有源层注入电流时产生辐射。一对包层设置为夹持有源层，所述包层具有比有源层带隙宽的带隙。光吸收层设置在一对包层中至少一个包层外部。光吸收层具有比有源层带隙宽且比包层带隙窄的带隙。能够使辐射光的光谱扩展变窄。



1. 一种半导体发光器件，其包括：

基于电流注入用于发射光的有源层；

一对夹持所述有源层的包层，所述包层具有比所述有源层的带隙宽的带隙；

设置在所述一对包层中至少一个包层的外部的光吸收层，所述光吸收层具有比所述有源层的所述带隙宽且比所述包层的所述带隙窄的带隙；以及用于注入电流到所述有源层中的电极；

其中所述光吸收层的所述带隙比对应一波长的带隙窄，在该波长处强度为所述有源层的辐射光谱的最大值的 10%，该波长位于比所述辐射光谱具有所述最大值处的波长短的波长范围内。

2. 根据权利要求 1 所述的半导体发光器件，其中所述有源层的所述带隙与所述光吸收层的所述带隙之间的差为 0.11eV 或更小。

3. 根据权利要求 1 所述的半导体发光器件，其中所述有源层由 InGaAs 制成并且所述光吸收层由 AlGaAs 制成。

4. 根据权利要求 1 所述的半导体发光器件，其中所述有源层的辐射光谱具有最大值处的波长在红外范围内，以及所述光吸收层的吸收光谱具有最大值处的波长在可见光范围内。

5. 根据权利要求 1 所述的半导体发光器件，其中由所述有源层发射的光通过所述光吸收层被输出到所述半导体发光器件外。

6. 一种半导体发光器件，其包括：

基于电流注入用于发光的有源层；

一对夹持所述有源层的包层；

设置在所述一对包层的至少一个包层外部的光吸收层，所述光吸收层具有一波长，在该波长处吸收光谱具有最大值，该波长比所述有源层的辐射光谱具有最大值处的波长短，而比强度变为所述有源层的辐射光谱的所述最大值的 10% 处且位于短于所述有源层的所述辐射光谱具有所述最大值处的波长的波长范围内的波长长；以及

用于注入电流到所述有源层中的电极。

7. 根据权利要求 6 所述的半导体发光器件，其中所述有源层的所述辐射

光谱具有所述最大值处的波长在红外范围内，以及所述光吸收层的所述吸收光谱具有所述最大值处的波长在可见光范围内。

8. 根据权利要求6所述的半导体发光器件，其中由所述有源层发射的光通过所述光吸收层被输出到所述半导体发光器件外。

9. 一种半导体发光器件，其包括：

具有存在重空穴和轻空穴的分裂能级的量子阱结构的有源层，所述有源层提供由于所述重空穴的能级和导带能级之间的跃迁所引起的辐射以及由于所述轻空穴的能级和所述导带能级之间的跃迁所引起的辐射；

一对夹持所述有源层的包层；

设置在所述一对包层的至少一个包层的外部的的光吸收层，所述光吸收层具有一带隙，该带隙具有所述有源层中所述重空穴的基础能级和所述导带的基础能级之间的能量差与所述轻空穴的基础能级和所述导带的基础能级之间的能量差之间的宽度；以及

用于注入电流到所述有源层中的电极。

10. 根据权利要求9所述的半导体发光器件，其中所述有源层的辐射光谱具有最大值处的波长在红外范围内，以及所述光吸收层的吸收光谱具有最大值处的波长在可见光范围内。

具有窄辐射光谱的半导体发光器件

技术领域

本发明涉及一种半导体发光器件(light emitting device),更特别地涉及一种能够使辐射光的光谱扩展(spread)变窄的半导体发光器件。

背景技术

可运用具有红外范围内带隙的半导体材料制造红外发光器件。JP2002344013 A 披露了一种用于红外空间光通讯的发光器件,其将 InGaAs 应力量子阱(strain quantum well)层用作有源层。该发光器件具有夹于一对 AlGaAs 载流子(carrier)限制层之间的 InGaAs 应力量子阱层,并且该叠层结构夹于 P 型 AlGaAs 包层和 N 型 AlGaAs 包层。

JP2002344013 A 中披露的发光器件的辐射光谱在红外波长范围内具有最大强度。可是,光谱的边缘(skirt)扩展至可见光范围(visual range)。因此,发光器件的辐射光略带微红色。如果辐射光包含可见光,则限制了发光器件的使用。例如,该发光器件不能用于禁止可见光发射的应用中。如果使发光器件发出的光谱扩展变窄,则能够抑制可见光的产生。

发明内容

本发明的一个目的时提供一种能够使辐射光的光谱扩展变窄的半导体发光器件。

根据本发明的一个方面,提供一种半导体发光器件,其包括:基于电流注入用于发射光的有源层;一对夹持有源层的包层,所述包层具有比有源层的带隙宽的带隙;设置在一对包层中至少一个包层外部的光吸收层,所述光吸收层具有比有源层带隙宽且比包层带隙窄的带隙;以及用于向有源层注入电流的电极。

根据本发明的另一方面,提供一种半导体发光器件,其包括:基于电流注入用于发射光的有源层;一对夹持有源层的包层;设置在一对包层中至少一个包层外部的光吸收层,所述光吸收层具有一波长,在该波长处吸收光谱

具有最大值,该波长比有源层的辐射光谱具有最大值处的波长短而比一波长范围内强度变为最大值的10%处的波长长,所述波长范围比有源层的辐射光谱具有最大值处的波长短;以及用于向有源层注入电流的电极。

仍根据本发明的另一方面,提供一种半导体发光器件,其包括:具有存在重空穴(heavy hole)和轻空穴(light hole)的分裂能级(separated level)的量子阱结构的有源层,所述有源层提供由于重空穴能级和导带能级之间跃迁所引起的辐射以及由于轻空穴能级和导带(conductive band)能级之间跃迁所引起的辐射;一对夹住有源层的包层;设置在一对包层中至少一个包层外部的光吸收层,所述光吸收层具有一带隙,其具有所述有源层中重空穴基础能级和导带基础能级之间的能量差与轻空穴基础能级和导带基础能级之间的能量差之间的宽度;以及用于向有源层中注入电流的电极。

有源层中产生的光谱扩展边缘处的光被光吸收层吸收。因而能抑制辐射光谱的扩展。

附图说明

图1为根据本发明第一实施例的半导体发光器件的示意截面图。

图2为示出了第一实施例的半导体发光器件的辐射光谱的图。

图3为示出了根据第二实施例的半导体发光器件的辐射光谱的图。

图4为根据第三实施例的半导体发光器件的示意截面图。

图5为示出根据第四实施例的半导体发光器件的辐射光谱的图。

具体实施方式

图1为根据第一实施例的半导体发光器件的示意截面图。在P型GaAs制成的半导体衬底2的主表面上,下包层3、有源层4、上包层5、电流扩散层6、光吸收层7和接触层8从底部以所列顺序叠置。

下包层3由Zn或Mg掺杂的P型AlGaAs制成并具有1至3 μm 的厚度。下包层3的Al的构成比例为0.3至0.4,而杂质浓度为 $1 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}$ 至 $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 。有源层4由P型GaAs制成并具有50至500nm的厚度。有源层4的杂质浓度为 $1 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 至 $5 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 。

上包层5由Si或Se掺杂的P型AlGaAs制成并具有1至3 μm 的厚度。上包层5的Al的构成比例为0.3至0.4,而杂质浓度为 $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 。电流扩

散层 6 由 n 型 AlGaAs 制成并具有 $4.5\mu\text{m}$ 的厚度。电流扩散层 6 的杂质浓度为 $1 \times 10^{16}\text{cm}^{-3}$ 至 $1 \times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ 。电流扩散层 6 的 Al 构成比例等于上包层 5 的 Al 构成比例。

光吸收层 7 由 n 型 AlGaAs 制成并具有 $0.1\mu\text{m}$ 或更厚且比 $5\mu\text{m}$ 薄的厚度。光吸收层 7 的杂质浓度为大约 $1 \times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ 。将在下文中说明 Al 的构成比例。接触层 8 由 n 型 GaAs 制成并具有大约 50nm 的厚度。接触层 8 的杂质浓度为大约 $2 \times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ 。

例如，可通过金属有机化学气相沉积 (MOCVD) 形成这些涂层。

由 AuZn 合金制成的下电极 1 形成在半导体衬底 2 的底面上。由 AuGe 合金制成的上电极 9 形成在接触层 8 的上表面上。例如，可通过真空气相沉积形成这些电极。通过从上电极 9 和下电极 1 向有源层 4 注入电流，有源层 4 中产生辐射。构图上电极 9 使得有源层 4 中产生的光可被输出至外部空间。

图 2 示出了从图 1 中所示的半导体发光器件发出的光的谱。横坐标表示以“nm”为单位的波长，而纵坐标表示将最大强度设为 1 以相对值表示的光强度。图 2 中所示的曲线 a、b 和 c 分别表示将光吸收层 7 的 Al 构成比例设为 0.1、0.07 和 0.03 的光谱。Al 构成比例被设为 0.1、0.07 和 0.03 的光吸收层 7 的带隙与 GaAs 层 4 的带隙之间的差分别为 0.11eV 、 0.072eV 和 0.031eV 。作为参考，由曲线 d 示出了没有光吸收层 7 的发光器件的辐射光谱。

所有曲线在大约 880nm 波长处的红外范围内具有最大强度。光谱具有最大值处的波长被称为“峰值波长”。应当理解，在比峰值波长短的波长范围内，通过插入光吸收层 7 而使得强度下降。这是因为有源层 4 中所产生的光的更短波长分量在光吸收层 7 吸收。随着光吸收层 7 的 Al 构成比例形成得小，强度开始变低的波长接近峰值波长。这是因为光吸收层 7 的吸收光谱的峰值接近有源层 4 的辐射光谱的峰值波长。

在第一实施例中，由于半导体衬底 2 和有源层 4 都由 GaAs 制成，故半导体衬底 2 吸收有源层 4 中产生的光。在成片工艺 (chipping process) 中利用硝酸完全移除由 GaAs 制成的接触层 8。

为了限制有源层 4 中的载流子并充分透射有源层 4 中产生的光，下包层 3 和上包层 5 由具有比有源层 4 的带隙宽的带隙的半导体制成。光吸收层 7 的带隙比有源层 4 的带隙宽而比上包层 5 和下包层 3 的带隙窄。因此，光吸收层 7 吸收产生于有源层 4 并且具有短于峰值波长范围内的波长的光分量。

由于光吸收层 7 的带隙比有源层 4 的带隙宽，故辐射光谱内峰值波长处的光在光吸收层 7 中比短于峰值波长的波长范围内的光具有更小的衰减量，并有效地辐射至外部空间。

如果光吸收层 7 的带隙和有源层 4 的带隙之间的差值太大，则较短波长一侧的辐射光谱边缘处的光几乎没有被吸收。例如，优选地将光吸收层 7 的带隙设置得比对应于短于峰值波长的波长范围内辐射光谱强度变成最大强度的 10% 处的波长的带隙窄。换句话说，光吸收层 7 的吸收光谱的峰值波长优选地比有源层 4 的辐射光谱的峰值波长短，而比在短于峰值波长的波长范围内强度变为最高强度的 10% 处的波长长。通常，视感度在较短波长处变得更高。因此，能够借助吸收辐射光谱中较短波长一侧的边缘处的分量来减少红光分量的效果。

即使是光吸收层 7 的带隙和有源层 4 的带隙之间的差值增大至 0.11eV，如图 2 中曲线 a 所示，也能看出可见光范围内吸收分量的效果。如果带隙差为 0.11eV 或更小，则能够增加使辐射光谱扩展变窄的效应。

如果光吸收层 7 太薄，则不能实现足够的光吸收。优选地，将光吸收层 7 的厚度设置为 0.1 μm 或更厚。如果光吸收层 7 太厚，则向外辐射的光的强度变得太弱。光吸收层 7 的厚度优选的薄于 5 μm 。

以下参照图 3，对根据第二实施例的半导体发光器件进行说明。在第一实施例中，图 1 中所示的有源层 4 由 P 型 GaAs 制成，而在第二实施例中，其由 P 型 InGaAs 制成。其他结构与第一实施例中的相同。

图 3 示出了第二实施例的半导体发光器件的辐射光谱。曲线 e 示出了第二实施例的半导体发光器件的辐射光谱。有源层 4 的 In 构成比例被设定为 0.045，而光吸收层 7 的 Al 构成比例被设定为 0.03。作为比较目的，由曲线 c 示出了第一实施例的半导体发光器件的辐射光谱。虚线 c_0 和 e_0 示出了在没有第一实施例和第二实施例的光吸收层情况下的半导体发光器件的辐射光谱。纵坐标表示将虚线 c_0 和 e_0 的最高值设为 1 时以相对比例表示的光强度。

由于 InGaAs 的带隙比 GaAs 的窄，故第二实施例的半导体发光器件的辐射光谱的峰值波长朝向比第一实施例的半导体发光器件的辐射光谱的峰值波长更长的波长一侧偏移。在第二实施例中，光吸收层 7 主要吸收光吸收层吸收之前有源层 4 的辐射光谱（对应虚线 e_0 ）的较短波长一侧边缘处的分量，并在接近峰值波长的波长范围内具有较小的吸收量。向外辐射光的光强

度为大约没有光吸收层时器件光强度的约 88%。

相反，第一实施例甚至在光吸收层 7 吸收之前的有源层 4 的光谱（对应虚线 c_0 ）的峰值波长附近的波长范围内具有大吸收量。因此，与第一实施例相比较，第二实施例具有通过光吸收层 7 的吸收的小衰减量。在第一实施例中，向外辐射光的光强度为没有光吸收层 7 时器件光强度的约 51%。如上所述，通过将有源层 4 的辐射光谱偏移到较长波长一侧，能够增加光输出效率。向外辐射光的红光分量能大大减少。

将有源层 4 的 In 构成比例和厚度设置成有源层能够在衬底上外延生长的程度。如果 In 构成比例被设置得太大，则外延生长的临界厚度(critical thickness)变薄。因此，优选地将 In 构成比例设定为 0.25 或更小。

图 4 为根据第三实施例的半导体发光器件的示意截面图。将针对与图 1 中所示第一实施例的半导体发光器件的不同点进行说明。在第三实施例中，半导体衬底 2 由对于有源层 4 的辐射波长范围内的光透明的材料，如 AlGaAs、GaP 和蓝宝石制成。因此，有源层 4 中产生的光也通过半导体衬底 2 向向外辐射。为了使通过半导体衬底 2 辐射的光的光谱扩展变窄，在半导体衬底 2 和下巴层 3 之间也插入光吸收层 10。光吸收层 10 由 P 型 AlGaAs 制成并与上光吸收层 7 具有相同的构成比例。

以下，对根据第四实施例的半导体发光器件进行说明。第四实施例的半导体发光器件使用与图 4 中所示第三实施例的半导体发光器件的有源层 4 相同的量子阱结构。更特别地，有源层 4 具有由 InGaAs 制成并具有 6nm 厚度的阱层夹在一对每个由 AlGaAs 制成且具有 50nm 厚度的势垒层(barrier layer)之间的结构。阱层的 In 构成比例为 0.18 并且势垒层的 Al 构成比例为 0.18。

图 5 示出了第四实施例和比较例的半导体发光器件的辐射光谱。图 5 中的曲线 f 表示第四实施例的半导体发光器件的辐射光谱。曲线 g 表示比较例中不具有图 4 中所示光吸收层 7 和 10 的半导体发光器件的辐射光谱。辐射光谱在大约 940nm 波长处具有最大值。该峰值对应需要重空穴能级的跃迁。比较例的半导体发光器件的辐射光谱的较短波长一侧的边缘比更长波长一侧边缘从峰值波长延伸至更远的波长范围。这是因为需要轻空穴能级的跃迁导致辐射发生。

应当理解，通过设置光吸收层 7 和 10，能够充分地吸收较短波长一侧边缘处的光且抑制边缘的扩展。因此，能够有效地衰减有源层 4 中产生的可见

光分量。进而能够抑制向外辐射的光的颜色。

为了有效地吸收由于轻空穴能级所产生的光，优选地光吸收层 7 和 10 的材料选择为使得光吸收层 7 和 10 的带隙变得比有源层 4 中重空穴基础能级(base level)与导带(conductive band)基础能级之间的能量差更宽，而比重空穴的基础能级与导带的基础能级之间的能量差更窄。

如果量子阱层中存在张应力(tensile strain)，则导带和轻空穴基础能级之间的跃迁波长变得比导带与重空穴基础能级之间的跃迁波长长。在此情况中，优选地光吸收层 7 和 10 的材料选择为使得光吸收层 7 和 10 的带隙变得比有源层 4 中重空穴的基础能级与导带基础能级之间的能量差窄，而比重空穴基础能级与导带基础能级之间的能量差宽。

即，在上述两种情况中，优选地光吸收层 7 和 10 的材料选择为使得光吸收层 7 和 10 的带隙处于有源层 4 中重空穴基础能级与导带基础能级之间的能量差和轻空穴基础能级与导带基础能级之间的能量差之间。

在该实施例中，尽管阱层的厚度被设定为 6nm 且势垒层的厚度被设定为 50nm，但阱层的厚度可被设置为 2 至 20nm 且势垒层的厚度可被设置为 10 至 200nm。可以使用具有多个阱层的多量子阱结构。图 1 中所示的叠层结构的有源层 4 可以是量子阱结构。

在第一至第四实施例中，如果有源层的辐射光谱的峰值波长处于红外范围内，则设置具有可见光范围内吸收光谱的峰值波长的光吸收层，从而可以抑制向外辐射的光的颜色。

在上述实施例中，已经说明了红外范围内的辐射。第一至第四实施例的技术思想也适用于具有其他波长范围内辐射的半导体发光器件。例如，蓝色发光二极管可以设置吸收紫外线波长范围内光的光吸收层，从而抑止向外部空间的紫外线辐射。

结合优选实施例已经描述了本发明。本发明不仅局限于上述实施例。本领域技术人员应当理解可以进行其他各种修改、改进、组合等。

本申请以 2004 年 10 月 5 日递交的日本专利申请 No.2004-292326 为基础并要求其优先权，其全部内容在此引作参考。

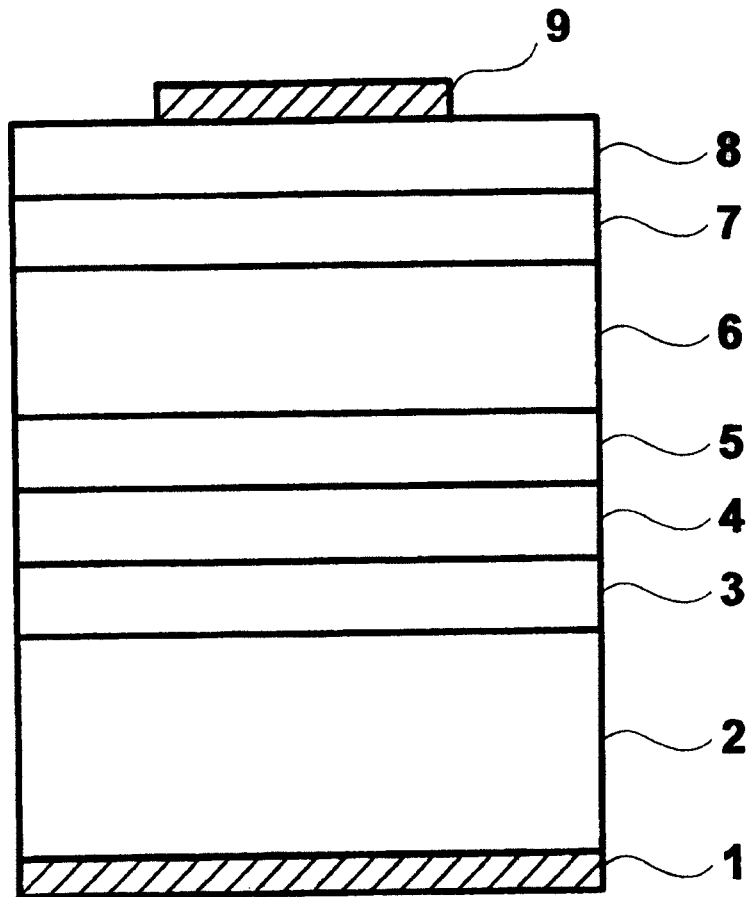


图 1

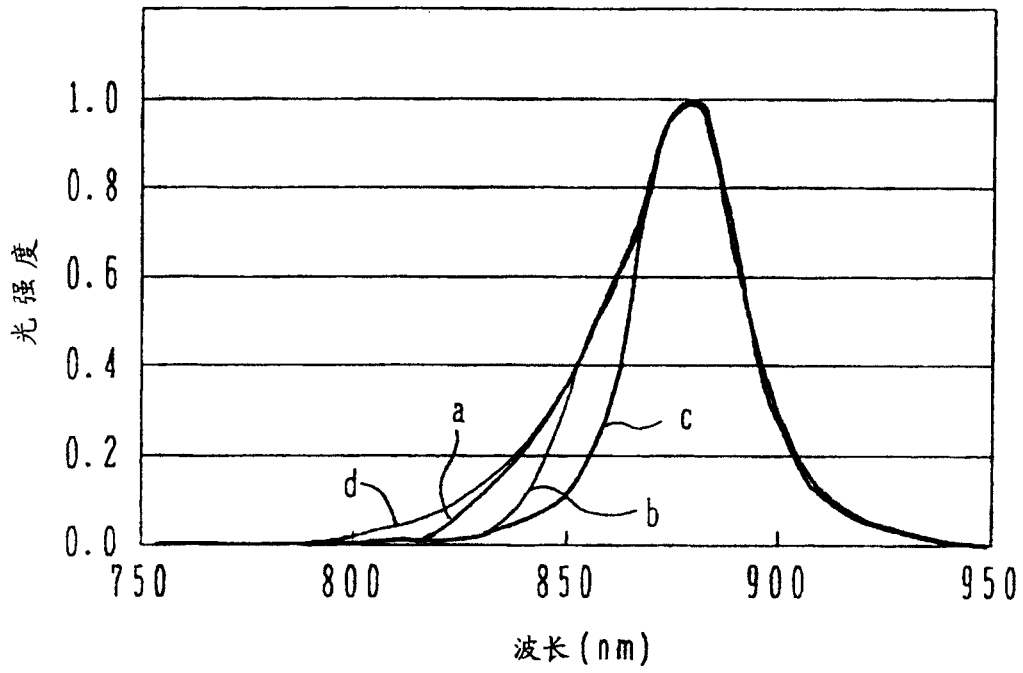


图 2

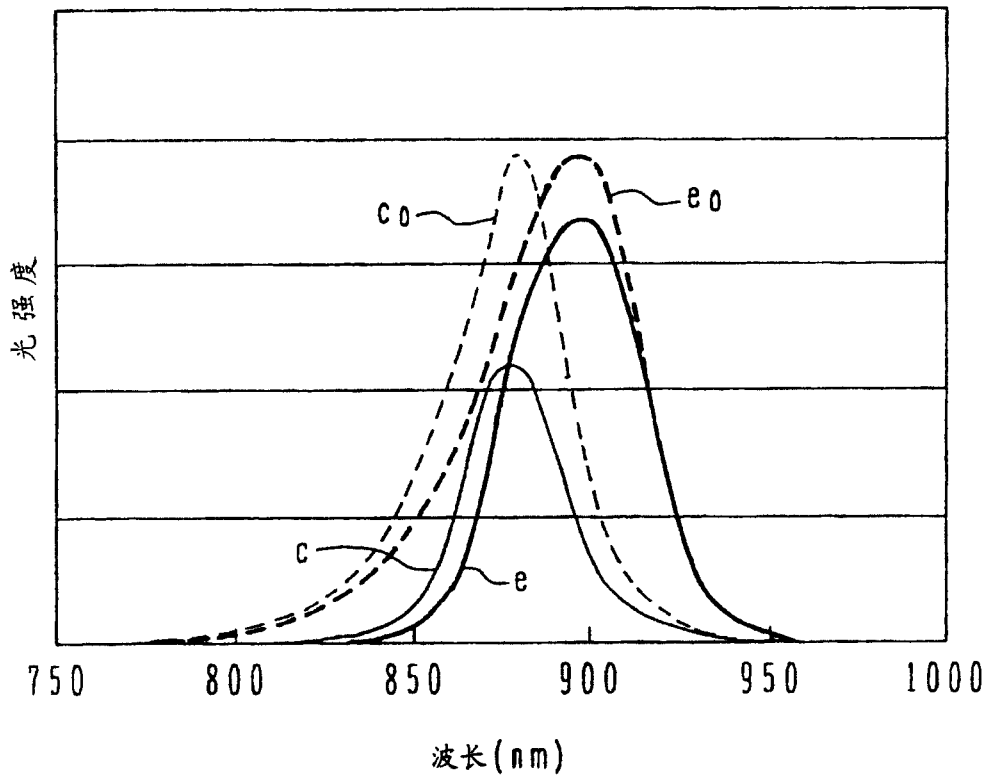


图 3

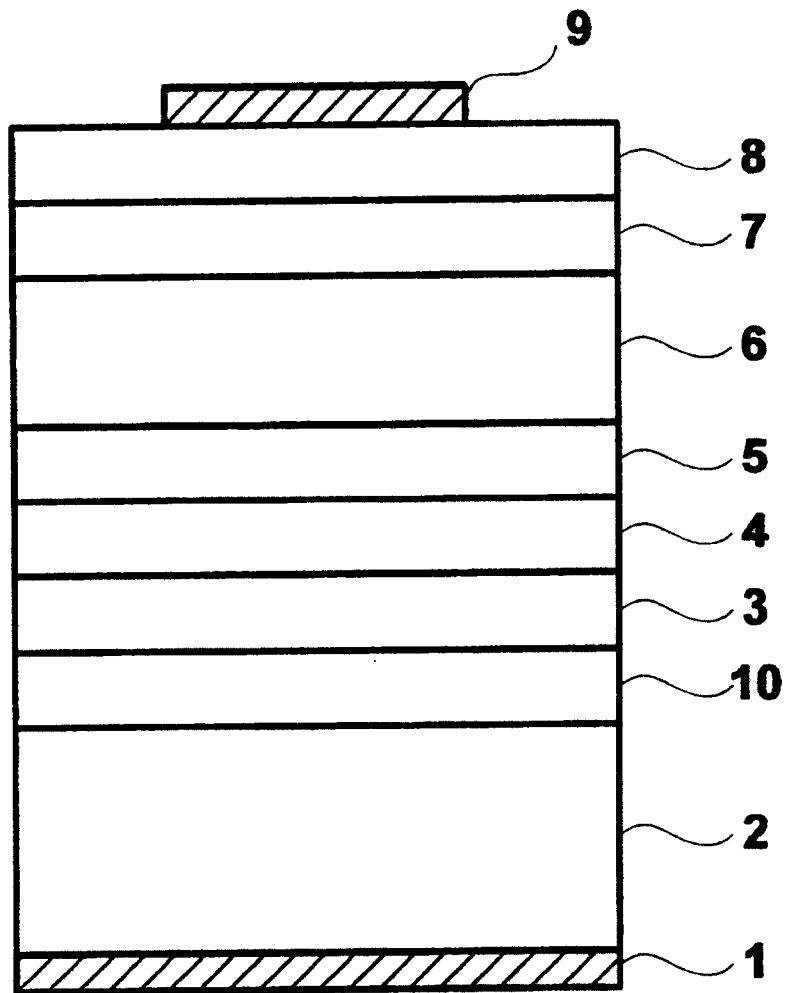


图 4

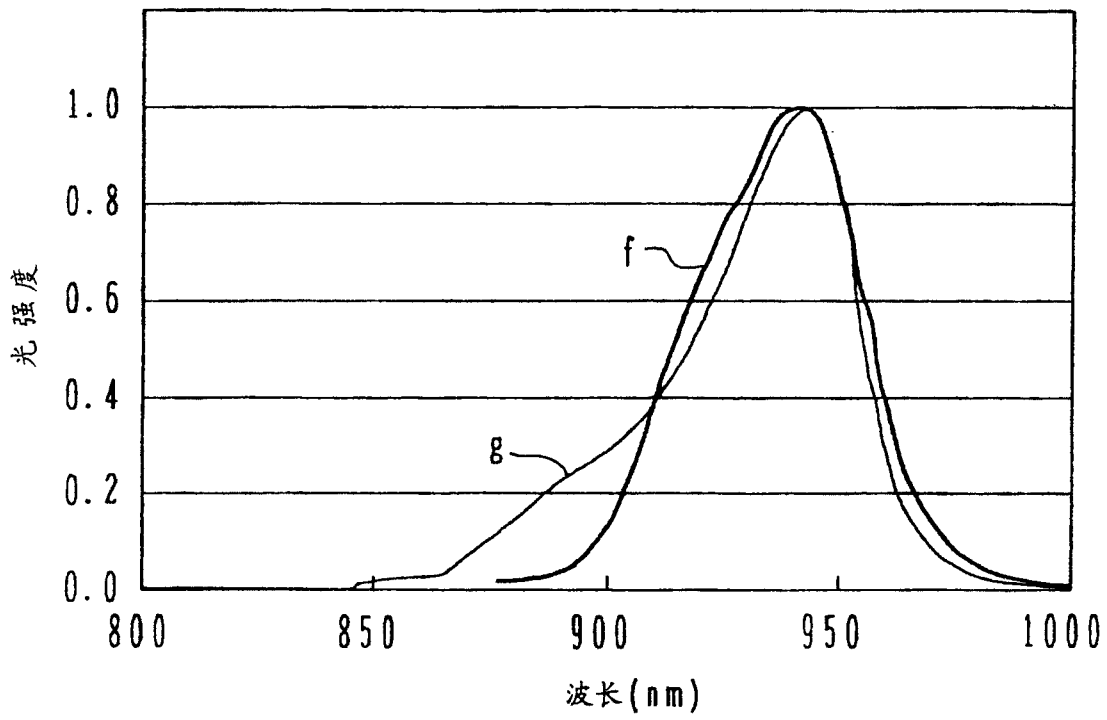


图 5