

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl<sup>7</sup>  
H01L 31/00  
H01L 33/00



# [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 02120168.4

[43] 公开日 2003 年 7 月 23 日

[11] 公开号 CN 1431720A

[22] 申请日 2002.4.17 [21] 申请号 02120168.4

[30] 优先权

[32] 2002.1.10 [33] KR [31] 1431/2002

[71] 申请人 三星电子株式会社

地址 韩国京畿道

[72] 发明人 崔秉龙 南升浩 李银京 刘在镐  
金俊永

[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

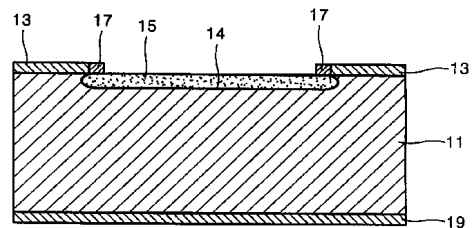
代理人 肖 鹏 陈小雯

权利要求书 3 页 说明书 10 页 附图 6 页

[54] 发明名称 硅光电器件以及利用这种器件的发光设备

[57] 摘要

本发明提供一种硅光电器件和利用此硅光电器件的发光设备。此硅光电器件包括：基于 n - 型或 p - 型硅的衬底；在衬底的一个表面上形成并用预定掺杂剂掺杂到超浅深度的掺杂区，上述预定掺杂剂为与衬底相反的类型，以便在掺杂区和衬底之间的 p - n 结通过量子约束提供光电转换效应；在衬底上形成并将与掺杂区电连接的第一和第二电极。此硅光电器件进一步包括在衬底的一个表面上形成的控制层，以便用作形成掺杂区中的掩模并且用于限制超浅的掺杂区的深度。硅光电器件具有优异性能并可以用作发光器件或光接收器件。由于光电器件采用硅作为基础原料，它可以以低成本制造。



ISSN 1008-4274

1. 一种硅光电器件，包括：  
基于 n-型或 p-型硅的衬底；
- 5 在衬底的一个表面上形成并用预定掺杂剂掺杂到超浅深度的掺杂区，上述预定掺杂剂为与衬底相反的类型，以便在掺杂区和衬底之间的 p-n 结中通过量子约束提供光电转换效应；  
在衬底上形成并将与掺杂区电连接的第一和第二电极。
2. 根据权利要求 1 的硅光电器件，其特征在于，进一步包括在衬底的一个表面上形成的控制层，以便作为形成掺杂区时的掩模并且限制超浅的掺杂区的深度。
3. 根据权利要求 2 的硅光电器件，其特征在于，控制层是适当厚度的氧化硅层，这样掺杂区可以形成为超浅的深度。
4. 根据权利要求 1 至 3 中任一项的硅光电器件，其特征在于，掺杂区  
15 通过预定掺杂剂的非均衡扩散形成。
5. 根据权利要求 4 的硅光电器件，其特征在于，预定掺杂剂包括硼和磷之一。
6. 根据权利要求 1 的硅光电器件，其特征在于，预定掺杂剂包括硼和磷之一。
- 20 7. 根据权利要求 1 至 3 中任一项的硅光电器件，其特征在于，在掺杂区和衬底之间的 p-n 结中形成产生和湮没电子空穴对的量子阱、量子点、量子线的至少一种。
8. 根据权利要求 7 的硅光电器件，其特征在于，当电流施加到第一和第二电极时，在所述量子阱、量子点、量子线的至少一种中出现电子空穴对的湮没而发光，这样此硅光电器件适用作发光器件。
- 25 9. 根据权利要求 8 的硅光电器件，其特征在于，进一步包括在掺杂区中的多个微孔，以增加所产生光的输出功率。
10. 根据权利要求 9 的硅光电器件，其特征在于，多个微孔向下延伸到 p-n 结中的发光区域。
- 30 11. 根据权利要求 9 的硅光电器件，其特征在于，多个微孔的尺寸为  $\lambda / (2n)$  或  $\lambda / (2n)$  的整数倍，其中  $\lambda$  是所产生光的具体波长， $n$  是微孔平均折射

系数。

12. 根据权利要求9的硅光电器件，其特征在于，多个微孔用能够吸收发出光的波长的材料填充。

13. 根据权利要求9的硅光电器件，其特征在于，多个微孔用空气填充。

5 14. 根据权利要求7的硅光电器件，其特征在于，通过掺杂区的入射光由在 p-n 结中形成的所述量子阱、量子点、量子线的至少一种吸收以产生电子空穴对，这样硅光电器件可用作光接收器件。

10 15. 根据权利要求14的硅光电器件，其特征在于，所述量子阱、量子点、量子线的至少一种具有足够大的次能带隙，以能够使硅光电器件用作 UV 检测器。

16. 根据权利要求15的硅光电器件，其特征在于，能够检测不长于150nm的UV范围。

17. 根据权利要求15的硅光电器件，其特征在于，第一电极形成在形成有掺杂区的衬底的一个表面上，第二电极形成在衬底的另一表面上。

15 18. 根据权利要求15的硅光电器件，其特征在于，第一和第二电极均形成在衬底的一个表面上，以与掺杂区电连接。

19. 根据权利要求1-6中任一项的硅光电器件，其特征在于，衬底是由硅、碳化硅、金刚石构成的组中选出的一种形成的。

20 20. 一种包括至少一个用作发光器件的硅光电器件的发光设备，此硅光电器件包括：

基于 n-型或 p-型硅的衬底；

在衬底的一个表面上形成并用预定掺杂剂掺杂到超浅深度的掺杂区，上述预定掺杂剂为与衬底相反的类型，以便在掺杂区和衬底之间的 p-n 结通过量子约束提供光电转换效应；

25 在衬底上形成并将与掺杂区电连接的第一和第二电极。

21. 根据权利要求20的发光设备，其特征在于，硅光电器件进一步包括在衬底的一个表面上形成的控制层，以便作为形成掺杂区中的掩模并且限制超浅的掺杂区的深度。

30 22. 根据权利要求20或21的发光设备，其特征在于，当电流施加到硅光电器件的第一和第二电极时，在掺杂区域和衬底之间的 p-n 结中出现电子空穴对湮灭以发光，发光设备可以用作显示系统，此系统中包括以二维阵列

方式设置的多个硅光电器件。

23. 根据权利要求 22 的发光设备, 其特征在于, 两维阵列包括在每个像素中设置的三个硅光电器件以发出不同颜色的光。

24. 根据权利要求 22 的发光设备, 其特征在于, 三个硅光电器件发出白光, 发光设备包括在两维阵列的硅光电器件的前表面上的二向色的滤色器。

25. 根据权利要求 20 或 21 的发光设备, 其特征在于, 当电流施加到硅光电器件的第一和第二电极时, 在掺杂区和衬底之间的 p-n 结中出现电子空穴对湮没以发光, 发光设备用作包括至少一个硅光电器件的照明设备。

## 硅光电器件以及利用这种器件的发光设备

## 5 技术领域

本发明涉及硅光电器件，尤其涉及低成本、高效率的硅光电器件以及采用这种器件的发光设备。

## 10 背景技术

可以高可靠地将硅半导体衬底用在高度集成的逻辑器件、操作机构器件、驱动器件中。由于硅价格便宜，因此和利用化合物半导体相比，可以在硅衬底上以低成本形成高度集成的电路。正因为如此，硅已经成为用于最集成的电路的基础材料。

基于硅的优点，已经研制出制造硅基发光器件的稳定成果，以便实现可以通过用于形成集成电路的一般工艺制造的低成本的光电器件。实验证实，多孔硅和毫微硅具有发光能力。这样，有关这些的研究正在继续。

图1显示出在体单晶硅的表面中形成的多孔硅区域的截面图以及在多孔硅区域中的价带和导电带之间的能带隙。

可以在含有例如氢氟酸（HF）溶液的电解液中、通过在体单晶硅（Si）的表面上的阳极电化学溶解而获得多孔硅。

对体硅在HF溶液中进行阳极电化学溶解的同时，具有许多孔1a的多孔硅区域1形成在体硅的表面中，如图1所示。在形成孔1a的区域中，和凸出区域1b中相比存在更多不溶解于氢氟酸的Si-H键。相对于多孔硅区域1的形状，将会相反的出现在价带（ $E_v$ ）和导电带（ $E_c$ ）之间的能带隙。

由凸出区域围绕并相应于由多孔硅区域1中的孔区域1a围绕的凸出区域1b的能带隙曲线中的凹进区域提供了量子约束效应，这样在此区域中的能带隙增长到高于体硅。而且，在此区域中捕获空穴和电子并发光。

30 例如，在多孔硅区域1中，由孔区域1a围绕的凸出区域1b作为单晶硅

的量子线形成以提供量子约束效应，由量子线捕获电子和空穴并使它们结合以发光。根据量子线的尺寸（宽和长），发光的波长在从接近红外线波长到蓝波长的范围内。这里，多孔区域 1a 的周期例如约为 5nm，多孔硅区域 1 具有例如 3nm 的最大厚度，例如图 1 所示。

5 因此，在制造多孔硅基发光器件之后，当预定电压施加于形成多孔硅区域 1 的发光器件时，依据多孔硅区域 1 的孔隙率可以发射出理想波长的光。

但是，正如上面所述，这种多孔硅基发光器件的作为发光器件还不是高度可靠的，具有低至 0.1% 的外部量子效率（EQE）。

图 2 是毫微晶体硅基发光器件的例子的截面图。参考图 2，毫微晶体硅基发光器件具有层状结构，包括 p-型单晶硅衬底 2、形成在硅衬底 2 上的非晶硅层 3、形成在非晶硅层 3 上的绝缘层 5、分别形成在硅衬底 2 的底部和绝缘层 5 的顶部的上下电极 6、7。在非晶硅层 3 中作为量子点形成毫微晶体硅 4。

15 当非晶硅层 3 在氧气气氛中迅速加热到 700℃ 以重结晶时，毫微晶体硅 4 以量子点的形式形成。这里，非晶硅层 3 的厚度为 3nm，毫微晶体硅 4 的尺寸约为 2-3nm。

在利用上述毫微晶体硅 4 的发光器件中，当经过上下电极 7、6 施加反偏电压时，在硅衬底 2 和毫微晶体硅 4 之间的非晶硅层 3 的端部产生强电场，这样产生了激发到高能级的电子和空穴。电子和空穴穿入毫微晶体硅 4 并在这里彼此耦合以发光。在毫微晶体硅基发光器件中，当毫微晶体硅量子点减少时，从那里产生的光的波长变短。

在利用上述毫微晶体硅 4 的发光器件中，很难控制毫微晶体硅量子点的尺寸和均一性，并且效率非常低。

25

## 发明内容

为了解决上述问题，本发明的目的是提供一种可作为发光器件或光接收器件的新型硅光电器件，和多孔硅基和毫微晶体硅基发光器件相比，它能够以低成本、高效率制造，本发明还提供一种利用此硅光电器件的发光设备。

30 为了实现本发明的目的，提供一种硅光电器件，包括：基于 n-型或 p-型硅的衬底；在衬底的一个表面上形成并用预定掺杂剂掺杂到超浅深度的掺

杂区，上述预定掺杂剂为与衬底相反的类型，以便在掺杂区和衬底之间的 p-n 结通过量子约束提供光电转换效应；在衬底上形成的第一和第二电极将与掺杂区电连接。

5 优选地，硅光电器件进一步包括在衬底的一个表面上形成的控制层，以便用作形成掺杂区中的掩模并且用于限制超浅的掺杂区的深度。更优选，控制层是适当厚的氧化硅层 ( $\text{SiO}_2$ )，使得掺杂区可以形成为超浅的深度。

优选地，掺杂区通过预定掺杂剂的非均衡扩散形成。更优选地，预定掺杂剂包括硼和磷之一。

10 优选地，在掺杂区和衬底之间的 p-n 结中形成产生和湮没电子空穴对的量子阱、量子点、量子线的至少一种。当电流施加到第一和第二电极时，在量子阱、量子点、量子线的至少一种中出现电子空穴对的湮没以发光，这样根据本发明的硅光电器件适用于发光器件。在这种情况下，硅光电器件进一步包括在掺杂区中的多个微孔以增加所产生光的输出功率。优选地，多个微孔向下延伸到 p-n 结中的发光区域。优选地，多个微孔的尺寸为  $\lambda/(2n)$  或  $\lambda/(2n)$  的整数倍，其中  $\lambda$  是所产生光的特殊波长， $n$  是微孔平均折射系数。

15 优选地，通过掺杂区的入射光由在 p-n 结中形成的量子阱、量子点、量子线的至少一种吸收以产生电子空穴对，这样硅光电器件可用作光接收器件。在这种情况下，量子阱、量子点、量子线的至少一种具有足够大的次能带隙，能够使硅光电器件用作 UV 检测器，优选地，能够检测不长于 150nm 的 UV 范围。优选地，第一电极形成在形成有掺杂区的衬底的一个表面上，第二电极形成在衬底的另一表面上。优选地，第一和第二电极均形成在将与掺杂区电连接的衬底的一个表面上。

对于根据本发明的硅光电器件，衬底是由硅、碳化硅、金刚石构成的组中选出的一种形成的。

25 本发明还通过包括至少一个用作发光器件的硅光电器件的发光设备来实现，此硅光电器件包括：基于 n-型或 p-型硅的衬底；在衬底的一个表面上形成并用预定掺杂剂掺杂到超浅深度的掺杂区，上述预定掺杂剂为与衬底相反的类型，以便在掺杂区和衬底之间的 p-n 结通过量子约束提供光电转换效应；在衬底上形成并将与掺杂区电连接的第一和第二电极。

30 在根据本发明的发光设备中，优选地硅光电器件进一步包括在衬底的一个表面上形成的控制层，以便用作形成掺杂区中的掩模并且用于限制超浅的

掺杂区的深度。当电流施加到硅光电器件的第一和第二电极时，在掺杂区域和衬底之间的 p-n 结中出现电子空穴对湮没而发光，发光设备可以用作显示系统，此系统中包括以两维阵列方式设置的多个硅光电器件。优选地，两维阵列包括在每个像素中设置的三个硅光电器件以发出不同颜色的光。

5 在根据本发明的发光设备中，优选地三个硅光电器件发出白光，发光设备包括在两维阵列的硅光电器件的前表面上的二向色的滤色器。

当电流施加到硅光电器件的第一和第二电极时，在掺杂区和衬底之间的 p-n 结中出现电子空穴对湮没而发光，发光设备可以用作包括至少一个硅光电器件的照明设备。

10

### 附图说明

本发明的上述目的和优点通过参考附图、对优选实施例的详细描述而将变得更为显而易见，其中

15 图 1 示出了在体单晶硅表面形成的多孔硅区域及在多孔硅区域中价带和导电带之间的能带隙的横截面图；

图 2 是毫微晶体硅基发光器件的例子的横截面图；

图 3 是根据本发明的硅光电器件的横截面图；

20 图 4A 示出当掺杂层 15 通过非均衡扩散形成成为超浅的深度时 p-n 结的结构。

图 4B 示出通过非均衡扩散在图 4A 的 p-n 结中形成的轴向和横向量子阱 (QW) 的能量带；

图 5 示出在衬底表面上形成的微空腔；

25 图 6 是根据本发明的硅光电器件的实施例的横截面图，减少了不垂直于器件表面的光传播的吸收，由此增加了发光效率。

图 7 是图 6 的掺杂区的局部平面图；

图 8 是采用根据本发明的硅光电器件的发光设备的实施例的平面图；

图 9 是采用根据本发明的硅光电器件的发光设备的另一实施例的平面图；

30 图 10 是根据用作光接收器件的本发明的硅光电器件的另一实施例的截面图；

图 11 说明了当本发明用作 UV 检测器时、在根据本发明的硅光电器件的量子阱的能量带中检测 UV 射线的原理。

### 具体实施方式

5

参考图 3, 根据本发明优选实施例的硅光电器件包括衬底 11、在衬底 11 的一个表面上形成的掺杂区 15、形成在衬底 11 上并将与掺杂区 15 电连接的第一和第二电极 17、19。优选地, 根据本发明的硅光电器件进一步包括在衬底 11 的一个表面上的控制层 13, 此控制层在形成掺杂区 15 中作为掩模并且能够使掺杂区 15 形成所希望的超浅的深度。在掺杂区 15 形成之后, 可以选择性地去除控制层 13。

衬底 11 是由包括硅的预定半导体材料形成, 例如硅、碳化硅或金刚石。衬底 11 用 n-型掺杂剂掺杂。

10 掺杂区 15 是通过预定掺杂剂例如硼或磷由控制层 13 中的开口向衬底 11 的非均衡扩散而形成的。掺杂区 15 用与衬底 11 相反的类型例如 p<sup>+</sup>型掺杂剂掺杂。

在掺杂掺杂区 15 中, 优选掺杂区 15 掺杂到所希望的超浅深度, 这样至少量子阱、量子点和量子线中的一种在掺杂区 15 和衬底 11 之间即在 p-n 结 14 中形成, 以便提供能够进行光电转换的量子约束效应。

20 量子阱主要地形成在 p-n 结 14 中, 但量子点或量子线可以形成在 p-n 结 14 中。量子阱、量子点和量子线的至少两种可以在 p-n 结 14 中一起形成。此后, 为了方便起见, 将以量子阱形成在 p-n 结 14 中的情况描述本发明。虽然以下描述的本发明是在量子阱形成在 p-n 结 14 中的情况, 但是很显然量子阱可以认为是量子阱、量子点和量子线中的至少一种。

25 图 4A 显示了当掺杂层 15 通过非均衡扩散以超浅的深度形成时 p-n 结 14 的结构。图 4B 显示了通过非均衡扩散在图 4A 的 p-n 结中形成的纵向和横向量子阱 (QW) 的能量带。在图 4B 中,  $E_c$  代表导电带能级,  $E_v$  代表价带能级、 $E_f$  代表费米能级。这些能级在半导体技术领域是众所周知的, 因此在此省略了它们的描述。

30 如图 4A 和 4B 所示, 在 p-n 结 14 附近, 交替地形成不同掺杂剂类型的掺杂层以提供量子阱结构。量子阱和下层势垒分别具有约 2nm 和 3nm 的深

度。

通过将控制层 13 的厚度和扩散工艺条件控制到最佳状态，可以实现掺杂 p-n 结 14 以形成量子阱为这种超浅的深度。

5 通过适当的扩散温度和衬底 11 表面上的变形电压，在扩散工艺期间可以将扩散轮廓的厚度调节到例如 10-20nm。结果，形成在这种超浅扩散轮廓中的量子阱系统。衬底 11 的表面通过最初控制层的厚度和预表面处理变形，且当加工时变形变得严重。

10 优选地，控制层 13 是预定厚度的氧化硅(SiO<sub>2</sub>)层，这样掺杂层 15 可以掺杂到超浅深度。作为例子，为了形成控制层 13，在衬底 11 的一个表面上形成氧化硅层，通过光刻法刻蚀氧化硅层以除去用于扩散的开口部分，由此构成具有掩模结构的控制层 13。

15 正如在扩散技术领域所知，如果氧化硅层的厚度超过适当厚度（数千埃）或者如果扩散温度低，通过空位影响扩散并导致深扩散轮廓。相反地，如果氧化硅层的厚度低于适当厚度，或者如果扩散温度高，通过硅的自填隙影响扩散并导致深扩散轮廓。因此，通过将氧化硅层形成适当的厚度，在此厚度硅的自填隙和空位以相同的比率产生并且彼此耦合，这样不会出现掺杂剂的扩散，可以实现超浅掺杂。在扩散技术领域中与空位和自填隙有关的物理性质是众所周知的，因此在此不在详细描述。

选择性地，衬底 11 可以用 p-型掺杂，掺杂层 15 可以用 n<sup>+</sup>-型掺杂。

20 在形成掺杂区 15 的衬底 11 的一个表面上形成第一电极 17，第二电极 19 形成在衬底 11 的底部。图 3 示出由非透明金属材料形成的第一电极 17 的例子，部分地与掺杂层 15 的边缘区接触。可以利用透明电极材料例如氧化铟锡 (ITO) 形成第一电极 17 以覆盖整个掺杂区 15。

25 在根据本发明的硅光电器件中，在掺杂区 15 和衬底 11 之间的 p-n 结 14 中形成在此处产生并湮没电子空穴对的量子阱。因此，根据本发明的硅光电器件可以用作发光器件或光接收器件。

30 例如，当 DC 电压（或电流）施加到第一电极 17 和第二电极 19 时，像这种电子和空穴的势垒被注入到在 p-n 结中的量子阱中并由于在量子阱中的次带能级重新结合（湮灭）。这里，根据势垒结合的状态出现不同波长的电致发光。

当根据本发明的硅光电器件用作发光器件时，如果电致发光的波长与由

在衬底 11 的表面（实际上，掺杂层 14 的表面）微缺陷引起的微空腔的共振频率匹配，电致发光的强度可以放大。通过调节在硅光电器件制造中微空腔的尺寸，获得了能够发射出从非常短的波长到长波长、尤其从紫外光（UV）到红外光（IR）范围内的光的发光器件。

5        由于变形的电位产生了微空腔。通过调节微空腔的尺寸，可以发射出特殊波长的光或宽波长范围的光。

当根据本发明的硅光电器件用作发光器件时，发光器件可以发出具有约 60% 的高外部量子效率（EQE）的宽波长范围的光。

10       当根据本发明的硅光电器件用作发光器件时，从超浅 p-n 结的量子阱发出的光向各个方向分散。当根据本发明的硅光电器件用作发光器件时，直接垂直于器件表面的可见范围的光大部分通过在表面中形成的微缺陷发出到器件之外。同时，以其它方向传播的大部分光在器件的内部发光部分附近即在衬底 11 被吸收，因此不能用于提高发光效率。

15       这是因为衬底 11 的硅对于可见范围的光具有高吸收率。硅的吸收系数（ $\alpha$ ）对于可见光在 3000 - 50000/cm 的范围内，对于 400 - 650nm 的光在 5000 - 30000/cm 的范围内。假设硅具有 2000/cm 的吸收系数（ $\alpha$ ），在硅中经过距离 x 之后光的强度通过以下公式（1）给出，其中  $I_0$  代表光的最初强度：

$$I = I_0 e^{(-\alpha x)} \quad \dots\dots (1)$$

20       根据上述公式（1），在光传播 20nm 之后光的吸收率远远低于 1%。考虑到掺杂区 15 具有 20 - 30nm 的厚度，可以发出在 99.9% 以上的垂直于器件表面的光。同时，光在其它方向上传播相对较长的距离，这样相当可观量的光由衬底 11 吸收。

25       图 6 中示出了根据本发明的硅光电器件的实施例，此实施例减少了不垂直于器件表面传播的光的吸收，由此提高了发光效率。图 7 是图 6 的掺杂区 15 的局部平面图。在图 6 中，与图 3 相同的参考标记代表与图 3 中的那些具有相同功能的元件。因此，可以参考上述相关描述，此处不再重复。

30       参考图 6 和 7，根据本发明的硅光电器件的实施例包括在掺杂区 15 表面中的微孔 25，对外发出一部分通常将由器件内部吸收的光，由此增加了此处产生的光的输出功率。优选地，微孔 25 向下延伸到在 p-n 结 14 中的发光部分。

结构，因此省略了对其的详细描述及图解。

同时，和如上所述的发光器件一样，根据本发明的硅光电器件还可以用作光接收器件。和硅光电器件用作发光器件相比，当由光照射用作光接收器件的硅光电器件时，电子和空穴将通过掺杂区 15 从入射光获得能量并产生  
5 电流、然后产生与照射光的量成比例的电信号。结果，硅光电器件可以用作光接收器件。

当电压垂直地或横向地施加于根据本发明的硅光电器件时，在 p-n 结 14 形成的量子阱中的次能带隙可以充分地增加，这样根据本发明的硅光电器件可以用作 UV 检测器。在具有其中在衬底 11 底部上形成第二电极 19 的结构  
10 的图 3 所示的硅光电器件中，电压可以垂直地施加到第一和第二电极 17 和 19 上。和图 3 的硅光电器件结构不同，在图 10 的硅光电器件中，代替了在衬底 11 的底部上形成第二电极，第一和第二电极 17 和 19 全部形成在衬底 11 形成掺杂区 15 的表面上，这样电压可以水平地施加于器件。在图 10 中，  
15 与图 3 相同的参考标记代表具有相同于或相似于图 3 中那些的元件，在此不再对其进行说明。

UV 射线涉及具有从 400nm 到 1nm(1keV)范围内的波长的电磁波，在此范围内“接近 UV”是指波长高于 300nm 的光，“真空 UV”是指低于 200nm 的波长的光。

下述检测器通常用于检测 UV 射线。

20 为了检测接近 UV 或长于 100nm 波长的光，调整用于检测可见光、例如光电二极管、光电管、光电倍增管的检测器以检测 UV 射线。相对于接近 X 射线的波长范围采用放射性射线检测器。

硅光电二极管用作接近 UV 的检测器。随着入射光波长变短，硅的光吸收率增加。因此，仅在检测器表面吸收 UV 射线。因此，需要减少结点以提高 UV 检测器的灵敏度。通常，硅检测器对在 200-1100nm 范围内的光敏感。  
25

在具有利用熟知的普通掺杂技术形成的掺杂区的普通检测器中，光在 p<sup>+</sup>(或 n<sup>+</sup>)掺杂层被吸收并分散，这样它不能形成由电极垂直提取的电子空穴对并用于电反应。具有掺杂区的普通检测器具有间接的带隙结构以仅检测由在掺杂区之下的损耗区域吸收的光作为电流信号，没有量子效应。这种间接  
30 的带隙结构减少了检测器的灵敏度和 UV 检测效率。

同时，在根据本发明的硅光电器件中，由于外部电压和电荷分布电位中

微孔 25 可以保持为空的以填充空气或能够吸收特殊波长的光的材料。

为了放大特殊波长的光，测定微孔 25 的尺寸为  $\lambda / (2n)$  或  $\lambda / (2n)$  的整数倍，此处  $\lambda$  是光的特殊波长， $n$  是相对于波长  $\lambda$  用于填充微孔 25 的材料或空气介质的有效折射率。

5 在掺杂区域 15 中具有微孔 25 的硅光电器件中，一部分以不垂直于器件表面的方向分散的光可以通过微孔 25 发射到器件之外，由此提高了发光效率。另外，当确定微孔 25 的尺寸以满足相对于上述特殊波长的光的条件时，放大了特殊波长的光。

10 如上所述，根据本发明的硅光电器件用作发光器件，因此它可以应用到发光设备，例如显示系统或照明设备。发光设备包括至少一个根据本发明的光电器件。

当采用根据本发明的硅发光器件的发光设备用于显示系统时，根据本发明的硅发光器件可以以 2 维方向排列，如图 8 和 9 所示，以构造发光设备。

15 利用半导体材料、通过应用于制造半导体器件的工艺可以制造出在尺寸上非常小的根据本发明的发光器件。因此，很明显，根据本发明的光电器件可以用于显示系统、特别是平板固态显示器。

20 图 8 示出在没有利用滤色器的条件下、能够实现 RGB 全色显示的发光设备，其中在每个像素 51 中设置了根据本发明的三个硅光电器件 55a、55b 和 55c 以发出例如颜色 R、G、B。很显然额外的滤色器可以安装到图 8 的发光设备中以实现非常清晰的颜色显示。

25 图 9 示出了能够利用在发白光的硅光电器件 75 的 2 维阵列 70 上设置的波长选择滤色器 80 实现全色显示的发光设备。优选地，根据本发明的、发白光的三个硅光电器件 75 设置在每个像素 71 中，分别与滤色器 80 的 R、G、B 元件对齐。此时，滤色器 80 的 R、G、B 元件的设置可以相同于或相似于图 8 中所示的硅光电器件 55a、55b 和 55c 的 2 维阵列 50。

硅光电器件的 2 维阵列 50 和/或用于实现全色显示的滤色器 80 的 R、G、B 元件的设置可以以许多不同的方式变化。

30 当采用根据本发明的硅光电器件的发光设备是照明系统时，至少一个根据本发明的硅光电器件用于构成发光设备，其中确定将采用的光电器件的数量以遵从照明系统的用途和其照明需要。

采用根据本发明的硅光电器件的上述发光设备足够于推断发光设备的

的局部变化，在超浅掺杂区 15 出现量子效应。同时，当施加外部电压时，次能量带形成在量子阱中，如图 11 所示。结果，掺杂区 15 的能量带隙变得足够宽以吸收高能 UV 射线，改变吸收系数的光谱，这样可以高效地检测 UV 射线。在图 11 中，参考标记 31 代表量子阱，参考标记 33 代表次能量带。

- 5 同样，“e”代表电子，“h”代表空穴，“p”代表光子。Ev 代表价带能级，Ec 代表导电带能级。

根据本发明的具有超浅掺杂区 15 的硅光电器件对于波长为 200-1100nm 的光具有高敏感度。同样，在量子阱中次能带隙大于硅的带隙，这样可以检测不长于 200nm 的非常短波长的 UV。

- 10 利用 UV 检测器所带来的问题在于 UV 射线相对于绝大部分材料是不透明的。通常，硅光电器件用透明窗封装，允许光从硅光电器件进入或射出。用于形成透明窗的玻璃 (SiO<sub>2</sub>) 仅能传播波长不短于 150nm 的 UV。

- 15 因此，当根据本发明的硅光电器件用作 UV 检测器时，优选 UV 检测器具有不形成玻璃窗的露出的窗结构，以面对光入射侧，这样可以检测不长于 150nm 波长的 UV。

如上所述，根据本发明的硅光电器件具有优异的效率，并可以用作发光器件或光接收器件。由于根据本发明的光电器件采用硅作为基础材料，因此它可以以低成本制造。

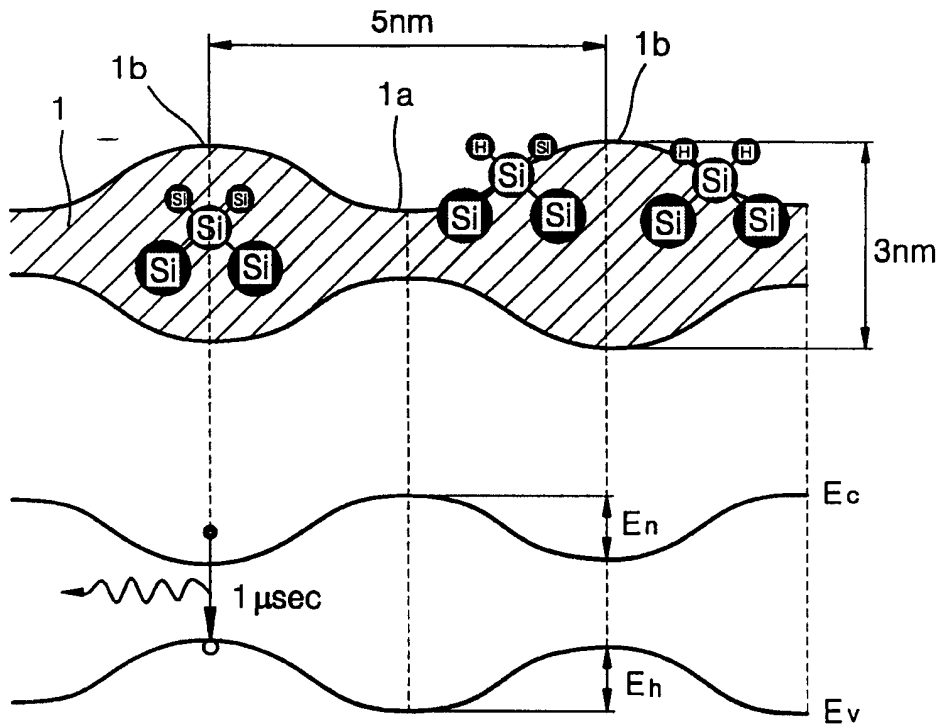


图 1

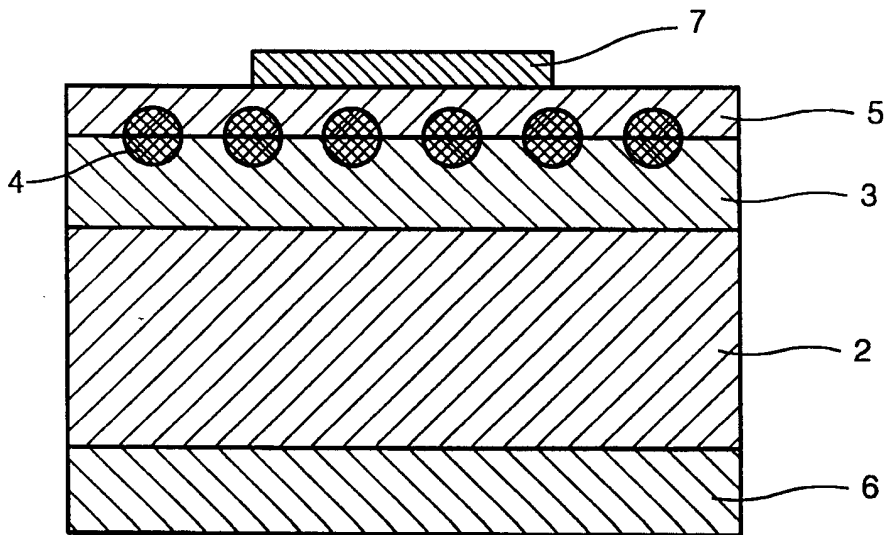


图 2

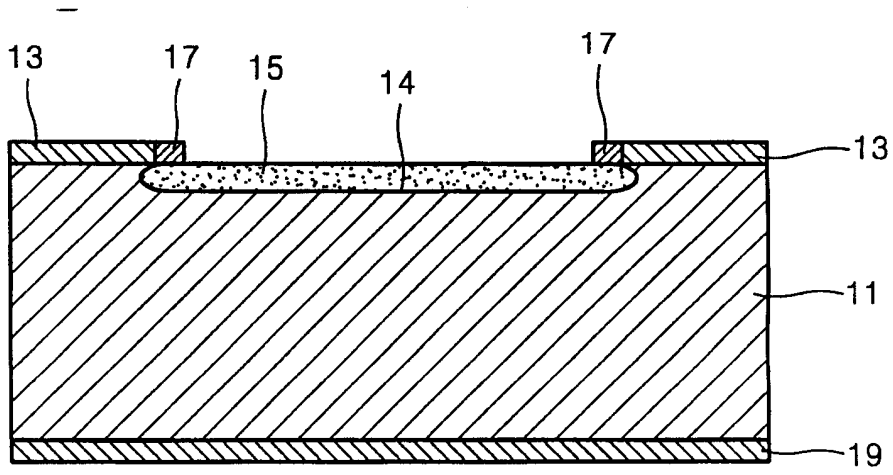


图 3

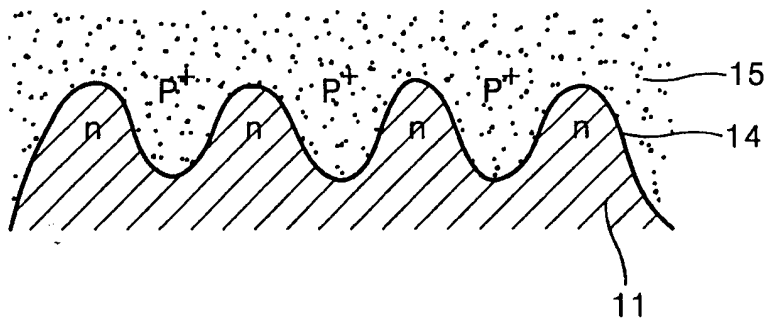


图 4A

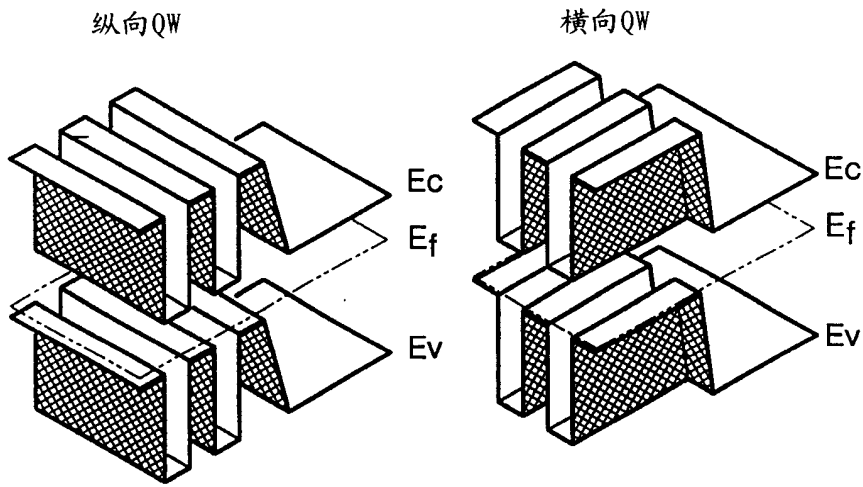


图 4B

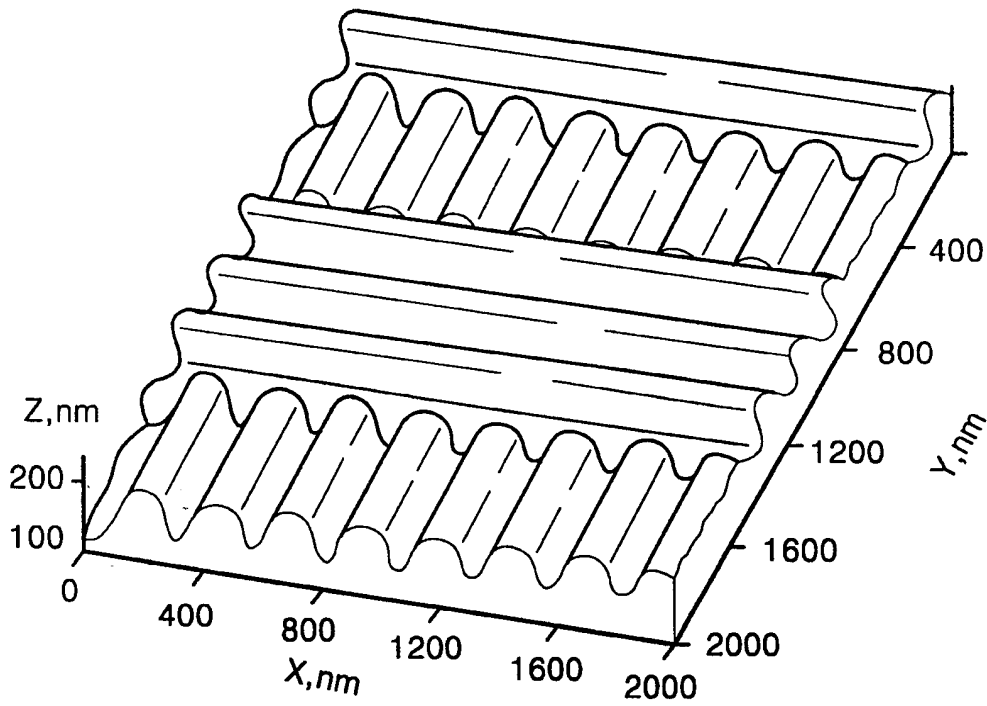


图 5

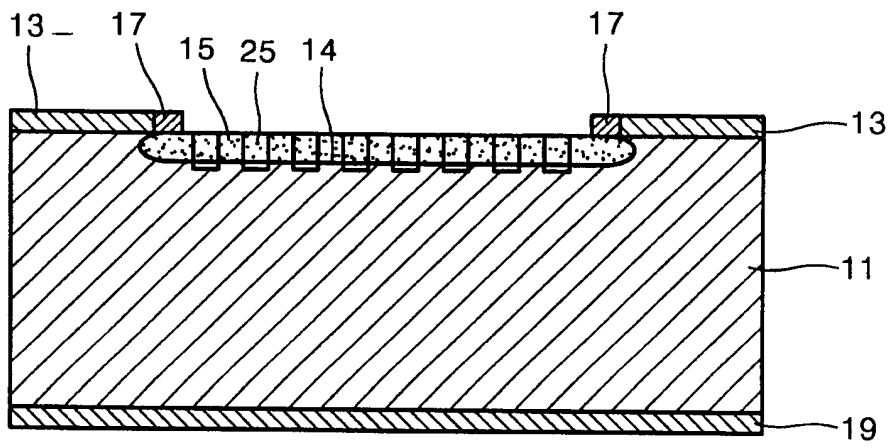


图 6

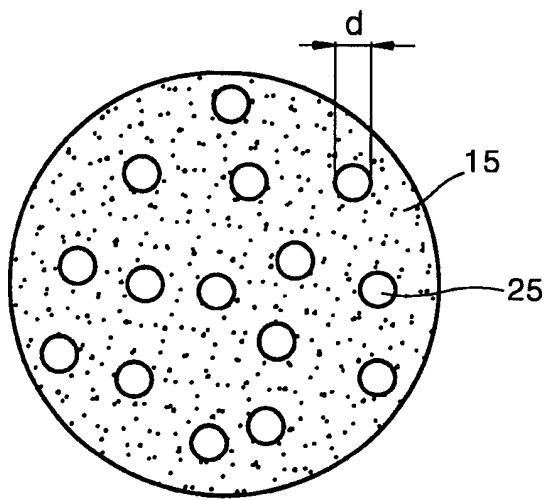


图 7

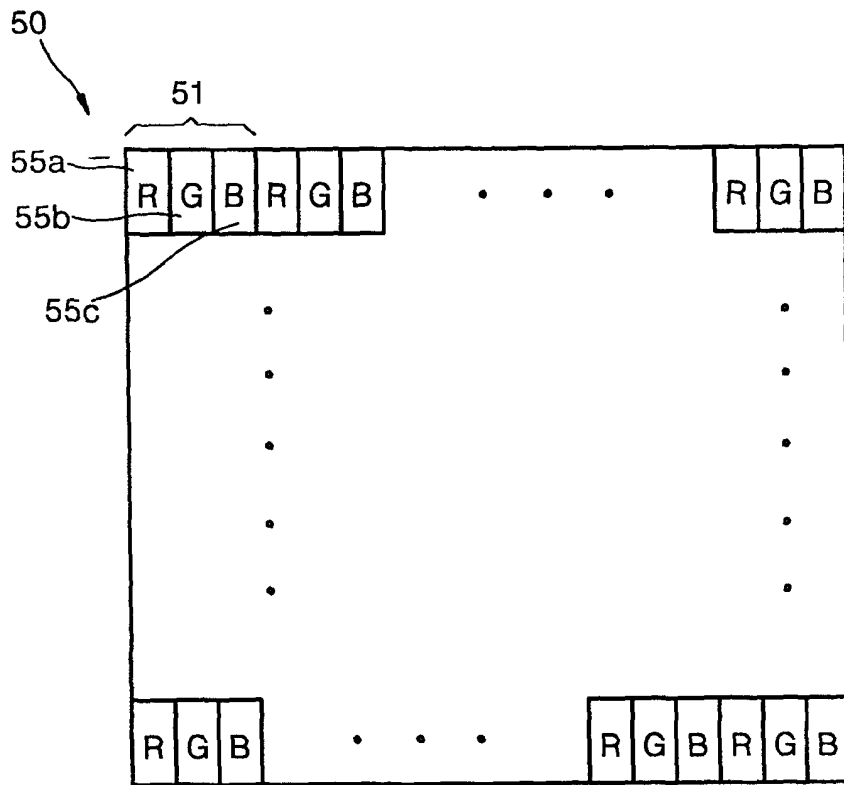


图 8

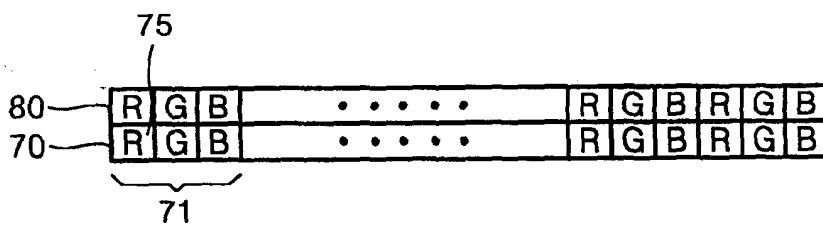


图 9

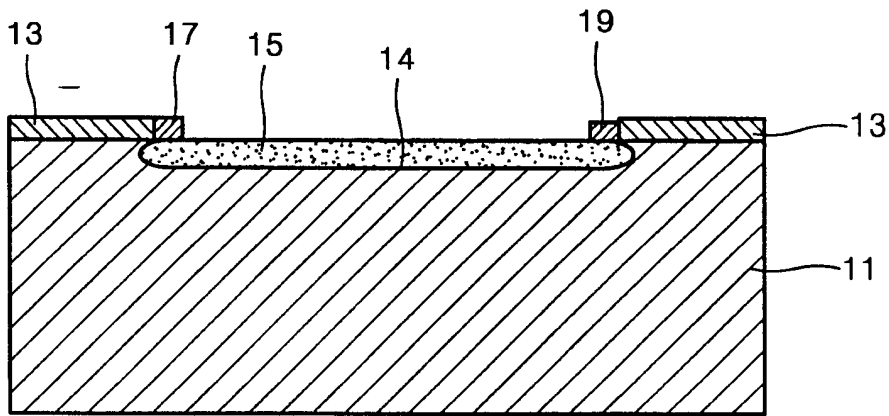


图 10

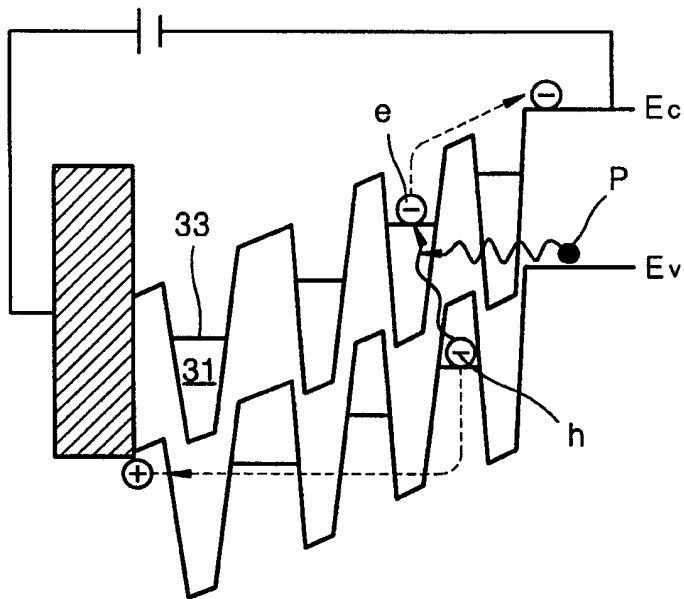


图 11