



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104900775 A

(43) 申请公布日 2015. 09. 09

(21) 申请号 201410083089. 2

(22) 申请日 2014. 03. 06

(71) 申请人 比亚迪股份有限公司

地址 518118 广东省深圳市坪山新区比亚迪路 3009 号

(72) 发明人 张旺

(74) 专利代理机构 北京清亦华知识产权代理事

务所 (普通合伙) 11201

代理人 张大威

(51) Int. Cl.

H01L 33/14(2010. 01)

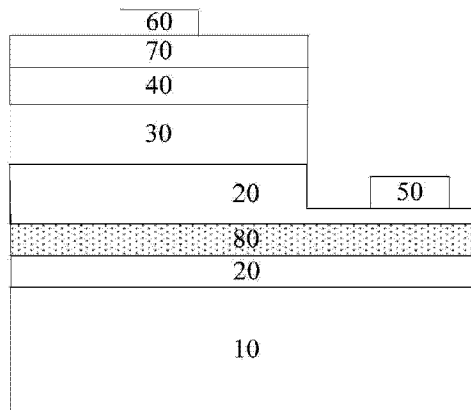
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

LED 结构及其形成方法

(57) 摘要

本发明公开了一种 LED 结构及其形成方法。其中该 LED 结构包括:衬底;位于衬底之上的第一掺杂类型氮化物半导体层,第一掺杂类型为 N 型和 P 型中的一种;位于第一掺杂类型氮化物半导体层之上的多量子阱发光层;位于多量子阱发光层之上的第二掺杂类型氮化物半导体层,第二掺杂类型与第一掺杂类型相反;与 N 型氮化物半导体层相连的 N 电极;与 P 型氮化物半导体层相连的 P 电极;位于 P 型氮化物半导体层和 P 电极之间的电流扩散层;以及位于 N 型氮化物半导体层之中的极化插入层,其中,极化插入层与 N 型氮化物半导体层具有晶格失配。本发明的 LED 结构及其形成方法,利用极化插入层降低了 N 型氮化物半导体层的电阻率,最终使发光效率得到提升。



1. 一种 LED 结构,其特征在于,包括:
 - 衬底;
 - 位于所述衬底之上的第一掺杂类型氮化物半导体层,所述第一掺杂类型为 N 型和 P 型中的一种;
 - 位于所述第一掺杂类型氮化物半导体层之上的多量子阱发光层;
 - 位于所述多量子阱发光层之上的第二掺杂类型氮化物半导体层,所述第二掺杂类型与所述第一掺杂类型相反;
 - 与 N 型氮化物半导体层相连的 N 电极;
 - 与 P 型氮化物半导体层相连的 P 电极;
 - 位于所述 P 型氮化物半导体层和所述 P 电极之间的电流扩散层;以及
 - 位于所述 N 型氮化物半导体层之中的极化插入层,其中,
所述极化插入层与所述 N 型氮化物半导体层具有晶格失配。
2. 如权利要求 1 所述的 LED 结构,其特征在于,所述极化插入层位于所述 N 型氮化物半导体层之中邻近所述多量子阱发光层的位置。
3. 如权利要求 1 所述的 LED 结构,其特征在于,所述极化插入层的厚度为 5-50nm。
4. 如权利要求 1 所述的 LED 结构,其特征在于,所述氮化物半导体为 GaN,并且所述极化插入层的材料为 InN、AlN、InGaN 或 AlGaIn。
5. 如权利要求 1 所述的 LED 结构,其特征在于,所述电流扩散层的材料为 ITO。
6. 一种 LED 结构的形成方法,其特征在于,包括以下步骤:
 - 提供衬底;
 - 在所述衬底之上形成第一掺杂类型氮化物半导体层,所述第一掺杂类型为 N 型和 P 型中的一种;
 - 在所述第一掺杂类型氮化物半导体层之上形成多量子阱发光层;
 - 在所述多量子阱发光层之上的第二掺杂类型氮化物半导体层,所述第二掺杂类型与所述第一掺杂类型相反;
 - 形成与 N 型氮化物半导体层相连的 N 电极,以及形成与 P 型氮化物半导体层相连的 P 电极;
 - 在形成 P 型氮化物半导体层和形成 P 电极的过程之间形成电流扩散层;以及
 - 在形成 N 型氮化物半导体层的过程中插入极化插入层,其中,
所述极化插入层与所述 N 型氮化物半导体层具有晶格失配。
7. 如权利要求 6 所述的 LED 结构的形成方法,其特征在于,所述极化插入层位于所述 N 型氮化物半导体层中邻近所述多量子阱发光层的位置。
8. 如权利要求 6 所述的 LED 结构的形成方法,其特征在于,所述极化插入层的厚度为 5-50nm。
9. 如权利要求 6 所述的 LED 结构的形成方法,其特征在于,所述氮化物半导体为 GaN,并且所述极化插入层的材料为 InN、AlN、InGaIn 或 AlGaIn。
10. 如权利要求 6 所述的 LED 结构的形成方法,其特征在于,所述电流扩散层的材料为 ITO。

LED 结构及其形成方法

技术领域

[0001] 本发明属于 LED 制造领域,具体涉及一种 LED 结构及其形成方法。

背景技术

[0002] 由于 LED 具有环保、节能、寿命长等优点,得到的广泛的应用。尤其是氮化镓(GaN)基 LED 可以发出紫光、蓝光等可见光中短波长的光线,从而使 LED 固态照明在生产生活中大量使用成为可能。目前 GaN 基 LED 芯片的基本结构自下而上为衬底、N 型 GaN 层、N 电极、多量子阱发光层、P 型 GaN 层、电流扩散层、P 电极等等。其中衬底通常可以采用碳化硅、蓝宝石、硅单晶等异质衬底。其中碳化硅衬底价格较高且其单晶生长技术尚未普及。硅单晶衬底由于晶格失配大,生长的 GaN 薄膜晶体质量不高。而蓝宝石由于其价格优势易于外延生产工艺相对成熟,仍是目前 GaN 基 LED 中最常使用的衬底。

[0003] 但是蓝宝石外延 GaN 仍有晶格失配,导热导电性差,从而只能制作水平结构 LED。蓝宝石外延 GaN 制成的水平结构芯片通常会由于电流拥挤效应导致发光效率不高。

发明内容

[0004] 本发明旨在至少在一定程度上解决上述发光效率低的技术问题。

[0005] 为此,本发明的目的在于提出一种发光效率高的 LED 结构及其形成方法。

[0006] 申请人通过研究得知:LED 结构中,位于 P 型 GaN 之上的电流扩散层的材料为导电材料氧化铟锡(ITO),电流扩散层的电阻率小于 N 型 GaN 层的电阻率,容易导致电流扩散不均、在靠近 N 电极部分电流密度较大。而多量子阱发光层具有 droop 效应,即在电流增大时发光效率下降,所以电流不均进一步导致发光效率降低,同时也会引起局部温度过高,诱发死灯漏电等不良结果。

[0007] 为实现上述目的,本发明第一方面提出一种 LED 结构,包括:衬底;位于所述衬底之上的第一掺杂类型氮化物半导体层,所述第一掺杂类型为 N 型和 P 型中的一种;位于所述第一掺杂类型氮化物半导体层之上的多量子阱发光层;位于所述多量子阱发光层之上的第二掺杂类型氮化物半导体层,所述第二掺杂类型与所述第一掺杂类型相反;与 N 型氮化物半导体层相连的 N 电极;与 P 型氮化物半导体层相连的 P 电极;位于所述 P 型氮化物半导体层和所述 P 电极之间的电流扩散层;以及位于所述 N 型氮化物半导体层之中的极化插入层,其中,所述极化插入层与所述 N 型氮化物半导体层具有晶格失配。根据本发明实施例的 LED 结构,利用极化插入层与 N 型氮化物半导体层的晶格失配产生极化场,从而在极化插入层中形成二维电子气结构。利用二维电子气在水平方向上的高迁移率,降低 N 型氮化物半导体层的电阻率,使电流在外延层中扩散更均匀,从而提高了 LED 结构的发光效率。

[0008] 为实现上述目的,本发明第二方面提出一种 LED 结构的形成方法,包括以下步骤:提供衬底;在所述衬底之上形成第一掺杂类型氮化物半导体层,所述第一掺杂类型为 N 型和 P 型中的一种;在所述第一掺杂类型氮化物半导体层之上形成多量子阱发光层;在所述多量子阱发光层之上的第二掺杂类型氮化物半导体层,所述第二掺杂类型与所述第一掺杂

类型相反；形成与N型氮化物半导体层相连的N电极，以及形成与P型氮化物半导体层相连的P电极；在形成P型氮化物半导体层和形成P电极的过程之间形成电流扩散层；以及在形成N型氮化物半导体层的过程中插入极化插入层，其中，所述极化插入层与所述N型氮化物半导体层具有晶格失配。

[0009] 根据本发明实施例的LED结构的形成方法，通过在N型氮化物半导体层中插入极化插入层，利用极化插入层与N型氮化物半导体层的晶格失配产生极化场，从而在极化插入层中形成二维电子气结构。然后，利用二维电子气在水平方向上的高迁移率，降低N型氮化物半导体层的电阻率，使电流在外延层中扩散更均匀，从而提高了LED结构的发光效率。

[0010] 本发明的附加方面和优点将在下面的描述中部分给出，部分将从下面的描述中变得明显，或通过本发明的实践了解到。

附图说明

[0011] 本发明的上述和/或附加的方面和优点从结合下面附图对实施例的描述中将变得明显和容易理解，其中：

[0012] 图1是本发明一个实施例的LED结构的结构示意图；

[0013] 图2是本发明另一个实施例的LED结构的结构示意图；

[0014] 图3是在N型GaN层中插入AlN层的能带示意图和结构示意图；

[0015] 图4是本发明第三实施例的LED结构的结构示意图；

[0016] 图5是本发明一个实施例的LED结构的形成方法的流程图。

具体实施方式

[0017] 下面详细描述本发明的实施例，所述实施例的示例在附图中示出，其中自始至终相同或类似的标号表示相同或类似的元件或具有相同或类似功能的元件。下面通过参考附图描述的实施例是示例性的，旨在用于解释本发明，而不能理解为对本发明的限制。

[0018] 在本发明的描述中，需要理解的是，术语“中心”、“纵向”、“横向”、“长度”、“宽度”、“厚度”、“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”、“内”、“外”、“顺时针”、“逆时针”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系，仅是为了便于描述本发明和简化描述，而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作，因此不能理解为对本发明的限制。此外，术语“第一”、“第二”仅用于描述目的，而不能理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量。由此，限定有“第一”、“第二”的特征可以明示或者隐含地包括一个或者更多个该特征。在本发明的描述中，“多个”的含义是两个或两个以上，除非另有明确具体的限定。

[0019] 在本发明中，除非另有明确的规定和限定，术语“安装”、“相连”、“连接”、“固定”等术语应做广义理解，例如，可以是固定连接，也可以是可拆卸连接，或一体地连接；可以是机械连接，也可以是电连接；可以是直接相连，也可以通过中间媒介间接相连，可以是两个元件内部的连通。对于本领域的普通技术人员而言，可以根据具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0020] 下面结合说明书附图详细介绍本发明的LED结构及其形成方法。

[0021] 图1为本发明一个实施例的LED结构的结构示意图，该LED结构从下至上包括：衬

底 10、N 型氮化物半导体层 20、多量子阱发光层 30、P 型氮化物半导体层 40、电流扩散层 70，与 N 型氮化物半导体层 20 直接相连的 N 电极 50、与 P 型氮化物半导体层 40 间接相连的 P 电极 60，以及，位于 N 型氮化物半导体层 20 之中的极化插入层 80。其中，极化插入层 80 与 N 型氮化物半导体层 20 具有晶格失配。

[0022] 需要说明的是，本发明实施例的 LED 结构除了可以为图 1 示出的 N 型氮化物半导体层 20 在下、P 型氮化物半导体层 40 在上的形式之外，也可以为 N 型氮化物半导体层 20 在上、P 型氮化物半导体层 40 在下的形式，这并不改变本发明的原理。以及，本发明实施例的 LED 结构除了可以为图 1 示出的水平结构之外，也可以为垂直结构，这也并不改变本发明的原理。例如图 2 所示，本发明另一实施例的 LED 结构从下至上包括：P 电极 60、衬底 10、P 型氮化物半导体层 40、多量子阱发光层 30、N 型氮化物半导体层 20、电流扩散层 70、N 电极 50，以及，位于 N 型氮化物半导体层 20 之中的极化插入层 80。

[0023] 需要说明的是，本领域技术人员还可以根据需要在以下可选结构以进一步改善 LED 结构的发光效果：缓冲层、本征氮化物半导体层、电子阻挡层、电流阻挡层等等。此为在本领域技术人员的已知技术，本文不赘述。

[0024] 由上可知，根据本发明实施例的 LED 结构，利用极化插入层 80 与 N 型氮化物半导体层 20 的晶格失配产生极化场，从而在极化插入层 80 中形成二维电子气结构。利用二维电子气在水平方向上的高迁移率，降低 N 型氮化物半导体层 20 的电阻率，使电流在外延层中扩散更均匀，从而提高了 LED 结构的发光效率。

[0025] 在本发明上述实施例的 LED 结构中，衬底 10 可以根据需要灵活选用硅衬底或蓝宝石衬底等等。其中，蓝宝石衬底具有常见易得、适合外延 GaN 材料的优点。

[0026] 在本发明上述实施例的 LED 结构中，当氮化物半导体为 GaN 时，极化插入层 80 的材料可以为 InN、AlN、InGaN 或 AlGaIn。以极化插入层 80 选用 AlN 为例，GaN 的 c 轴晶格常数为 3.19，AlN 的 c 轴晶格常数为 3.11，二者的晶格失配率较大，为 2.5%。因此在 N 型 GaN 层 20 中插入 AlN 层 80 时，容易由晶格失配产生极化场，并在 AlN 层中形成二维电子气结构，如图 3 所示。

[0027] 在本发明上述实施例的 LED 结构中，优选极化插入层 80 位于 N 型氮化物半导体层 20 之中邻近多量子阱发光层 30 的位置，如图 4 所示。这样可以保证电流从多量子阱发光层 30 流向 N 电极 50 时，必然穿经极化插入层 80，也就是说必然穿经形成的二维电子气，更好地实现本发明的效果。

[0028] 在本发明上述实施例的 LED 结构中，极化插入层 80 的厚度可以为 5-50nm，优选厚度为 20nm。极化插入层 80 厚度太薄将导致难以产生足够的二维电子气，厚度太厚则容易导致难以进一步继续生长 N 型氮化物半导体薄膜。

[0029] 在本发明上述实施例的 LED 结构中，电流扩散层 70 的材料可以为 ITO。ITO 具有透光率高、工艺成熟、成本较低等优点。

[0030] 如图 5 所示，根据本发明一个实施例的 LED 结构的形成方法，包括以下步骤：

[0031] S11. 提供衬底。

[0032] 具体地，可以提供可以根据需要灵活选用为硅衬底或蓝宝石衬底等等。其中，蓝宝石衬底具有常见易得、适合外延 GaN 材料的优点。

[0033] S12. 形成包括极化插入层的 N 型氮化物半导体层。

[0034] 具体地,可以在衬底之上形成先生长一层 N 型氮化物半导体层,然后插入一层较薄的极化插入层,随后再生长一层 N 型氮化物半导体层。其中,极化插入层的材料的极化效应强于 N 型氮化物半导体层的材料的极化效应,并且极化插入层与 N 型氮化物半导体层的晶格失配率大于预设失配率阈值。

[0035] S13. 形成多量子阱发光层。

[0036] 具体地,可以在 N 型氮化物半导体层的第一区域之上形成多量子阱发光层。

[0037] S14. 形成 P 型氮化物半导体层。

[0038] 具体地,可以在多量子阱发光层之上形成 P 型氮化物半导体层。

[0039] S15. 形成电流扩散层。

[0040] 具体地,可以在 P 型氮化物半导体层之上形成电流扩散层。

[0041] S16. 形成 P 电极和 N 电极。

[0042] 具体地,可以在电流扩散层之上形成 P 电极,以及在 N 型氮化物半导体层之上形成 N 电极。需要说明的是,通过调整 P 电极和 N 电极的形成工艺,可以根据需要形成水平结构的 LED 结构或者垂直结构的 LED 结构,这并不改变本发明的原理。

[0043] 需要说明的是,步骤 S12 和步骤 S14 的顺序可以对调。若先执行步骤 S14 后执行步骤 S12,最终可以得到 N 型氮化物半导体层在上、P 型氮化物半导体层在下的 LED 结构。

[0044] 需要说明的是,本领域技术人员还可以根据需要加入以下可选步骤以进一步改善 LED 结构的发光效果:增设缓冲层、增设本征氮化物半导体层、增设电子阻挡层、增设电流阻挡层等等。此为领域技术人员的已知技术,本文不赘述。

[0045] 由上可知,根据本发明实施例的 LED 结构的形成方法,通过在 N 型氮化物半导体层中插入极化插入层,利用极化插入层与 N 型氮化物半导体层的晶格失配产生极化场,从而在极化插入层中形成二维电子气结构。然后,利用二维电子气在水平方向上的高迁移率,降低 N 型氮化物半导体层的电阻率,使电流在外延层中扩散更均匀,从而提高了 LED 结构的发光效率。

[0046] 在本发明上述实施例的 LED 结构的形成方法中,当氮化物半导体为 GaN 时,极化插入层的材料可以为 InN、AlN、InGa_N 或 AlGa_N。以极化插入层选用 AlN 为例,GaN 的 c 轴晶格常数为 3.19,AlN 的 c 轴晶格常数为 3.11,二者的晶格失配率较大,为 2.5%。因此在 N 型 GaN 层中插入 AlN 层时,容易由晶格失配产生极化场,并在 AlN 层中形成二维电子气结构。

[0047] 在本发明上述实施例的 LED 结构的形成方法中,优选极化插入层位于 N 型氮化物半导体层之中邻近多量子阱发光层的位置。以生长多量子阱发光层之前生长 N 型氮化物半导体层的形成方法为例,需要在生长 N 型氮化物半导体层过程的后期插入极化插入层。这样可以保证电流从多量子阱发光层流向 N 电极时,必然穿经极化插入层,也就是说必然穿经形成的二维电子气,更好地实现本发明的效果。

[0048] 在本发明上述实施例的 LED 结构中,极化插入层的厚度可以为 5-50nm,优选厚度为 20nm。极化插入层厚度太薄将导致难以产生足够的二维电子气,厚度太厚则容易导致难以进一步继续生长 N 型氮化物半导体薄膜。

[0049] 在本发明上述实施例的 LED 结构中,电流扩散层的材料可以为 ITO。ITO 具有透光率高、工艺成熟、成本较低等优点。

[0050] 为使本领域技术人员更好地理解本发明,下面详细介绍一个 GaN 基 LED 结构的形

成过程。

[0051] A. 提供蓝宝石衬底。

[0052] B. 在蓝宝石衬底上利用 MOCVD 的方法外延生长缓冲层。

[0053] C. 在缓冲层上高温生长本征 GaN, 本征 GaN 的生长过程中通过对温度、压强、III/V 族化合物比例等工艺参数的控制实现高晶体质量的外延生长。

[0054] D. 在本征 GaN 上生长硅掺杂 N 型 GaN。具体地, 生长 80nm 厚的 N 型 GaN, 然后插入 20nm 厚的 AlN, 接着继续生长 80nm 厚的 N 型 GaN。

[0055] E. 生长 InGaN/GaN 多量子阱发光层。该多量子阱发光层包括 1-20 个周期的交替生长的阱层和垒层。每层 InGaN 阱层厚度为 2 ~ 3 纳米, 每层 GaN 垒层厚度为 8 ~ 15 纳米。多量子阱发光层的生长温度为 700 ~ 850°C。

[0056] F. 在多量子阱发光层上生长 AlGaIn 电子阻挡层。

[0057] G. 在 AlGaIn 电子阻挡层上生长镁掺杂的 P 型 GaN。随后, 对 P 型 GaN 中掺杂的 Mg 离子激活。激活可以采取在温度为 600-800°C 的真空或氮气氛围下退火的方式。

[0058] H. 在 P 型 GaN 上采用蒸镀溅镀等方法生长 ITO 透明导电层。

[0059] I. 采用 ICP 蚀刻和化学刻蚀等方法将部分区域蚀刻到 N 型 GaN 层。

[0060] J. 在 ITO 透明导电层上制备金属 P 电极, 以及在暴露的 N 型 GaN 层上制备金属 N 电极。电极可以为 Cr、Ti、Pt、Au 多层结构, 或者多种金属合金。

[0061] K. 在 ITO 透明导电层和外延层侧面采用 PECVD 方法镀上二氧化硅绝缘层。

[0062] 实验结果表明, 插入 AlN 层厚的 LED 结构的发光效率提升了 9%

[0063] 在本说明书的描述中, 参考术语“一个实施例”、“一些实施例”、“示例”、“具体示例”、或“一些示例”等的描述意指结合该实施例或示例描述的具体特征、结构、材料或者特点包含于本发明的至少一个实施例或示例中。而且, 描述的具体特征、结构、材料或者特点可以在任何的一个或多个实施例或示例中以合适的方式结合。尽管上面已经示出和描述了本发明的实施例, 但上述实施例不能理解为对本发明的限制, 本领域的普通技术人员在不脱离本发明的原理和宗旨的情况下在本发明的范围内可以对上述实施例进行变化、修改、替换和变型。

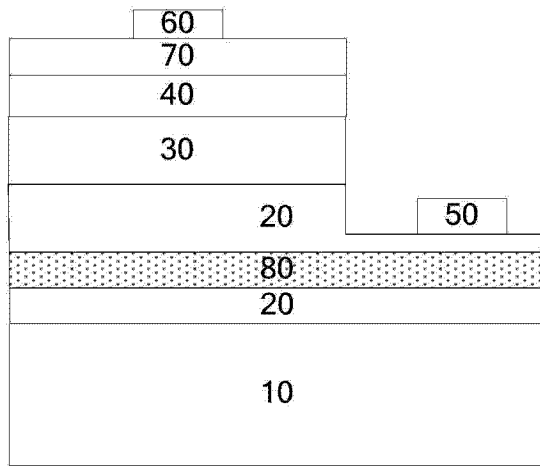


图 1

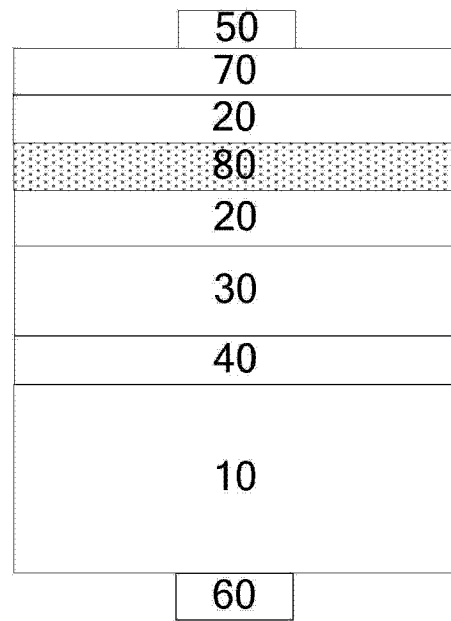


图 2

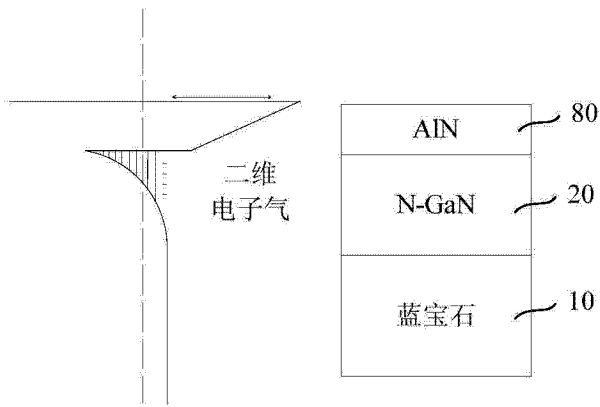


图 3

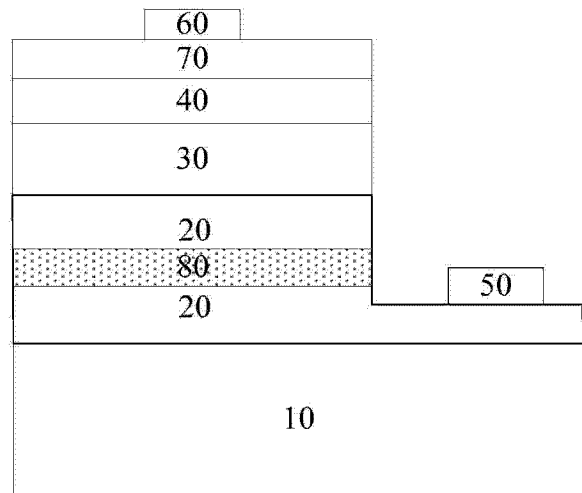


图 4

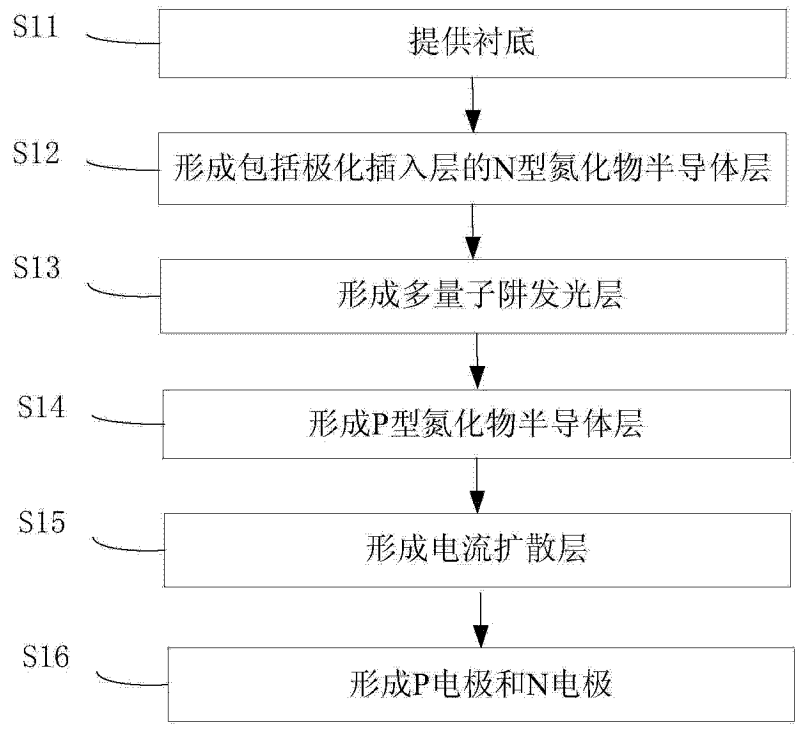


图 5