

(19)中华人民共和国国家知识产权局



(12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 207909908 U

(45)授权公告日 2018. 09. 25

(21)申请号 201820249131.7

(22)申请日 2018.02.12

(73)专利权人 厦门三安光电有限公司

地址 361100 福建省厦门市同安区洪塘镇
民安大道841-899号

(72)发明人 卓昌正 陈圣昌 邓和清

(74)专利代理机构 北京汉之知识产权代理事务
所(普通合伙) 11479

代理人 冯华

(51)Int.Cl.

H01L 33/06(2010.01)

H01L 33/48(2010.01)

(ESM)同样的发明创造已同日申请发明专利

权利要求书1页 说明书6页 附图4页

(54)实用新型名称

紫外发光二极管

(57)摘要

本实用新型提供一种紫外发光二极管,紫外发光二极管包括:缓冲层;n型层,位于所述缓冲层上;应力调变层,位于所述n型层上;量子阱发光层,位于所述应力调变层上;以及p型层,位于所述量子阱发光层上;所述应力调变层由晶格常数小于所述n型层、所述量子阱发光层及所述p型层的材料构成,用以调变所述紫外发光二极管外延结构的翘曲。本实用新型在外延结构的n型层与量子阱发光层之间引入 $Al_xGa_yIn_{1-x-y}N$ 应力调变层,将组分Al调整至70%以上,可以减少后续生长量子阱发光层时的翘曲,并同时改善该量子阱发光层的表面温度均匀性,进而提升外延结构发光波长均匀性。



1. 一种紫外发光二极管,其特征在于,包括:

缓冲层;

n型层,位于所述缓冲层上;

量子阱发光层,位于所述n型层上;以及

p型层,位于所述量子阱发光层上;

所述紫外发光二极管还包括应力调变层,其位置包括位于所述n型层内、位于所述n型层及所述量子阱发光层之间以及位于所述量子阱发光层内中的一种;所述应力调变层由晶格常数小于所述n型层、所述量子阱发光层及所述p型层的材料构成,用以调变所述紫外发光二极管外延结构的翘曲。

2. 根据权利要求1所述的紫外发光二极管,其特征在于:所述应力调变层的材料包含 $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$,其中 $x \geq 70\%$, $y \geq 0$, $x+y \leq 1$ 。

3. 根据权利要求1所述的紫外发光二极管,其特征在于:所述量子阱发光层的发光波长介于210nm~320nm之间。

4. 根据权利要求1所述的紫外发光二极管,其特征在于:所述应力调变层用以减小所述紫外发光二极管外延结构的凸翘曲。

5. 根据权利要求4所述的紫外发光二极管,其特征在于:所述缓冲层包含AlN层,所述n型层包含n型AlGaIn层。

6. 根据权利要求1所述的紫外发光二极管,其特征在于:所述应力调变层为单一组分层结构,其厚度介于一个原子层厚度至100nm之间。

7. 根据权利要求1所述的紫外发光二极管,其特征在于:所述应力调变层直接接触所述n型层与所述量子阱发光层。

8. 根据权利要求1所述的紫外发光二极管,其特征在于:所述应力调变层为n型掺杂,其掺杂浓度为 $1 \times 10^{17} \sim 5 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 。

9. 根据权利要求1所述的紫外发光二极管,其特征在于:所述紫外发光二极管还包括电子阻挡层,所述电子阻挡层位于所述量子阱发光层与所述p型层之间。

紫外发光二极管

技术领域

[0001] 本实用新型属于半导体照明器件设计及制造领域,特别是涉及一种紫外发光二极管。

背景技术

[0002] 发光二极管(Light-Emitting Diode,LED)是一种能发光的半导体电子元件。这种电子元件早在1962年出现,早期只能发出低光度的红光,之后发展出其他单色光的版本,时至今日能发出的光已遍及可见光、红外线及紫外线,光度也提高到相当的光度。而用途也由初时作为指示灯、显示板等;随着技术的不断进步,发光二极管已被广泛的应用于显示器、电视机采光装饰和照明。

[0003] 紫外发光二极管(UV Light Emitting Diode,UV-LED)是一种能够直接将电能转化为紫外光线的固态的半导体器件。随着技术的发展,紫外发光二极管在生物医疗、防伪鉴定、净化(水、空气等)领域、计算机数据存储和军事等方面有着广阔的市场应用前景。除此之外,紫外LED 也越来越受到照明市场的关注。因为通过紫外LED激发三基色荧光粉,可获得普通照明的白光。

[0004] 近年来紫外发光二极管随着产品功率提升与技术精进,加上寿命长、体积小等优势,已逐渐取代较低功率的汞灯。同时国际禁汞的《水俣公约》将于2020年生效,这一政策将加速紫外发光二极管规模化应用的到来。

[0005] 如图1~图4所示,目前深紫外发光二极管结构的制造工艺通常包括:

[0006] 1) 提供一衬底101,如图1所示。

[0007] 2) 于衬底101上形成AlN缓冲层102,如图2所示。

[0008] 3) 于AlN缓冲层102上形成n型AlGaIn层103,如图3所示。

[0009] 4) 于n型AlGaIn层103形成量子阱发光层104,以及于量子阱发光层104上形成p型AlGaIn层105,如图4所示。

[0010] 如图3所示,由于n型AlGaIn层103生长在AlN缓冲层102上,晶格失配会使n型 AlGaIn层103受到极大压应力(compressive strain),以致外延结构翘曲呈现凸起形状(convex profile),导致量子阱发光层104生长时表面温度不均匀,而影响波长均匀性。

[0011] 基于以上所述,提供一种可以有效防止紫外发光二极管翘曲的紫外发光二极管及其制作方法实属必要。

实用新型内容

[0012] 鉴于以上所述现有技术的缺点,本实用新型的目的在于提供一种紫外发光二极管及其制作方法,用于解决现有技术中紫外发光二极管容易发生翘曲的问题。

[0013] 为实现上述目的及其他相关目的,本实用新型提供一种紫外发光二极管,包括:缓冲层;n型层,位于所述缓冲层上;量子阱发光层,位于所述n型层上;以及p型层,位于所述量子阱发光层上;所述紫外发光二极管还包括应力调变层,其位置包括位于所述n型层内、

位于所述n型层及所述量子阱发光层之间以及位于所述量子阱发光层内中的一种;所述应力调变层由晶格常数小于所述n型层、所述量子阱发光层及所述p型层的材料构成,用以调变所述紫外发光二极管外延结构的翘曲。

[0014] 优选地,所述应力调变层的材料包含 $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$,其中 $x \geq 70\%$, $y \geq 0$, $x+y \leq 1$ 。

[0015] 优选地,所述量子阱发光层的发光波长介于210nm~320nm之间。

[0016] 优选地,所述应力调变层用以减小所述紫外发光二极管外延结构的凸翘曲。

[0017] 进一步地,所述缓冲层包含AlN层,所述n型层包含n型AlGaIn层。

[0018] 优选地,所述应力调变层为单一组分层结构,其厚度介于一个原子层厚度至100nm之间。

[0019] 优选地,所述应力调变层直接接触所述n型层与所述量子阱发光层。

[0020] 优选地,所述应力调变层为n型掺杂,其掺杂浓度为 $1 \times 10^{17} \sim 5 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 。

[0021] 优选地,所述紫外发光二极管还包括电子阻挡层,所述电子阻挡层位于所述量子阱发光层与所述p型层之间。

[0022] 本实用新型还提供一种紫外发光二极管的制作方法,包括步骤:1) 提供一衬底,于所述衬底上形成缓冲层以及n型层,所述缓冲层及所述n型层具有翘曲;2) 于所述n型层上形成应力调变层,以调变所述缓冲层及所述n型层的翘曲;3) 于所述应力调变层上形成量子阱发光层;以及4) 于所述量子阱发光层上形成p型层;其中,所述应力调变层由晶格常数小于所述n型层、所述量子阱发光层及所述p型层的材料构成。

[0023] 优选地,所述应力调变层的材料包含 $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$,其中 $x \geq 70\%$, $y \geq 0$, $x+y \leq 1$ 。

[0024] 优选地,所述应力调变层的晶格常数藉由生长通入的Al源、Ga源及In源的流量控制。

[0025] 优选地,所述量子阱发光层的发光波长介于210nm~320nm之间。

[0026] 优选地,步骤2) 中,所述应力调变层的生长温度介于1100℃~1300℃之间。

[0027] 优选地,步骤1) 所述缓冲层及所述n型层的翘曲为凸翘曲,步骤2) 所述应力调变层用以减小缓冲层及所述n型层的所述凸翘曲。

[0028] 进一步地,所述缓冲层包含AlN层,所述n型层包含n型AlGaIn层。

[0029] 优选地,所述应力调变层为单一组分层结构,其厚度介于一个原子层厚度至100nm之间。

[0030] 优选地,所述应力调变层直接接触所述n型层与所述量子阱发光层。

[0031] 优选地,所述应力调变层为n型掺杂,其掺杂浓度为 $1 \times 10^{17} \sim 5 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 。

[0032] 优选地,步骤3) 与步骤4) 之间还包括形成电子阻挡层的步骤。

[0033] 如上所述,本实用新型的紫外发光二极管及其制作方法,具有以下有益效果:

[0034] 本实用新型针对紫外发光二极管,尤其是针深紫外发光二极管,在外延结构的n型层与量子阱发光层之间引入 $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$ 应力调变层,将组分Al调整至70%以上,可以减少后续生长量子阱发光层时的翘曲,并同时改善该量子阱发光层的表面温度均匀性,进而提升外延结构发光波长均匀性。

附图说明

[0035] 图1~图4显示为现有技术中的紫外发光二极管的制作方法各步骤所呈现的结构

示意图,其外延结构具有较为严重的翘曲现象。

[0036] 图5~图9显示为本实用新型的紫外发光二极管的制作方法各步骤所呈现的结构示意图其中,图9显示为本实用新型的紫外发光二极管的结构示意图,本实用新型可有效改善外延结构的翘曲现象。

[0037] 图10显示为本实用新型的紫外发光二极管的制作方法的步骤流程示意图。

[0038] 图11显示为本实用新型的紫外发光二极管的扫描电镜图。

[0039] 元件标号说明

[0040]	201	衬底
[0041]	202	缓冲层
[0042]	203	n型层
[0043]	204	应力调变层
[0044]	205	量子阱发光层
[0045]	206	电子阻挡层
[0046]	207	p型层
[0047]	S11~S14	步骤

具体实施方式

[0048] 以下通过特定的具体实例说明本实用新型的实施方式,本领域技术人员可由本说明书所揭露的内容轻易地了解本实用新型的其他优点与功效。本实用新型还可以通过另外不同的具体实施方式加以实施或应用,本说明书中的各项细节也可以基于不同观点与应用,在没有背离本实用新型的精神下进行各种修饰或改变。

[0049] 请参阅图5~图11。需要说明的是,本实施例中所提供的图示仅以示意方式说明本实用新型的基本构想,遂图示中仅显示与本实用新型中有关的组件而非按照实际实施时的组件数目、形状及尺寸绘制,其实际实施时各组件的型态、数量及比例可为一种随意的改变,且其组件布局型态也可能更为复杂。

[0050] 实施例1

[0051] 如图5~图11所示,本实施例提供一种紫外发光二极管的制作方法,包括步骤:

[0052] 如图5~图7所示,首先进行步骤1) S11,提供一衬底201,于所述衬底201上形成缓冲层202以及n型层203,所述缓冲层202及所述n型层203具有翘曲。

[0053] 在本实施例中,所述衬底201为蓝宝石衬底,所述蓝宝石衬底可以是平片型蓝宝石衬底或者图形蓝宝石衬底,当然,也可以依据不同的需求选择其他种类的衬底,如Si衬底、SiC衬底、GaN衬底等,且并不限于此处所列举的示例。

[0054] 在MOCVD外延设备中,采用化学气相沉积工艺于所述衬底201沉积缓冲层202,所述缓冲层202的材料可以为AlN等,此时,所述衬底201及所述缓冲层呈凹翘曲,如图6所示,然后采用化学气相沉积法于所述缓冲层202上沉积n型层203,所述n型层203的材料可以为n型AlGaN等。由于n型AlGaN层生长在AlN缓冲层202上,晶格失配会使n型AlGaN层受到极大压应力,以致之前呈凹翘曲的外延结构翘曲转变呈现凸起形状,也即所述缓冲层202及所述n型层203的翘曲为凸翘曲。若在该具有翘曲的n型层203上直接生长量子阱层,由于翘曲导致n型层203各处高度不一致,会使得其表面生长的量子阱发光层205的生长温度存在较大的

偏差,导致发光波长均匀性严重下降。

[0055] 如图8所示,然后进行步骤2) S12,于所述n型层203上形成应力调变层204,以调变所述缓冲层202及所述n型层203的翘曲。

[0056] 在MOCVD外延设备中,采用化学气相沉积工艺于所述n型层203上形成应力调变层204,所述应力调变层204的生长温度介于1100℃~1300℃之间。

[0057] 为了获得较好的翘曲调变效果,所述应力调变层204由晶格常数小于所述n型层203、后续生长的量子阱发光层205及p型层207的材料构成,采用晶格常数小于所述n型层203的所述应力调变层204,可以减小缓冲层202及所述n型层203的所述凸翘曲,如图7所示,经过调变的各外延层基本呈一平面,可以有效改善后续量子阱发光层的表面温度均匀性,进而提升外延结构发光波长均匀性。

[0058] 优选地,所述应力调变层204的材料包含 $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$,其中 $x \geq 70\%$, $y \geq 0$, $x+y \leq 1$,较佳地, $x \geq 95\%$,所述应力调变层204的晶格常数藉由生长通入的Al源、Ga源及In源的流量控制,例如,所述应力调变层204的材料可以为 $\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.2}\text{In}_{0.1}\text{N}$ 、 $\text{Al}_{0.75}\text{Ga}_{0.2}\text{In}_{0.05}\text{N}$ 、 $\text{Al}_{0.8}\text{Ga}_{0.15}\text{In}_{0.05}\text{N}$ 、 $\text{Al}_{0.85}\text{Ga}_{0.1}\text{In}_{0.05}\text{N}$ 、 $\text{Al}_{0.9}\text{Ga}_{0.05}\text{In}_{0.05}\text{N}$ 、 $\text{Al}_{0.95}\text{Ga}_{0.05}\text{In}_{0.05}\text{N}$ 、 $\text{Al}_{0.98}\text{Ga}_{0.01}\text{In}_{0.01}\text{N}$ 等,且并不限于此处所列举的示例,通过控制所述应力调变层204的不同的组分,可以调变不同的外延结构的翘曲程度,实现工艺的灵活调整。

[0059] 在本实施例中,所述应力调变层204为单一组分结构,其厚度介于一个原子层厚度至100nm之间,采用单一组分结构可以在保证调变性能的同时,大大降低工艺难度及工艺成本。

[0060] 作为示例,所述应力调变层204直接接触所述n型层203与所述量子阱发光层205,以获得对所述n型层203与所述量子阱发光层205的翘曲直接调变的效果。

[0061] 所述应力调变层204为n型掺杂,其掺杂浓度为 $1 \times 10^{17} \sim 5 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$,以进一步降低其与n型层203及所述量子阱发光层205的接触电阻,降低外延结构的发热并节省电流。

[0062] 如图9所示,接着进行步骤3) S13,于所述应力调变层204上形成量子阱发光层205。

[0063] 在MOCVD外延设备中,采用化学气相沉积工艺于所述应力调变层204上形成量子阱发光层205。由于所述n型层203的翘曲在步骤2)中得以改善,本步骤生长的所述量子阱发光层205表面温度均匀性较高,可获得波长均匀的量子阱发光层205。

[0064] 作为示例,所述量子阱发光层205的发光波长介于210nm~320nm之间。本实用新型的 $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$ 应力调变层($x \geq 70\%$,较佳地, $x \geq 95\%$, $y \geq 0$; $x+y \leq 1$)与该波长范围的量子阱发光层205相结合,可以降低 $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$ 应力调变层对外延结构的电性能影响,获得良好的配合效果。

[0065] 如图9所示,接着进行步骤4) S14,于所述量子阱发光层205上形成电子阻挡层206,于所述电子阻挡层206上形成p型层207。

[0066] 在MOCVD外延设备中,采用化学气相沉积工艺于所述量子阱发光层205上形成电子阻挡层206,然后于所述电子阻挡层206上形成p型层207。

[0067] 所述电子阻挡层206可以降低电子载流子从量子阱发光层泄漏到p型层207,以改善发光效率。

[0068] 如图9所示,本实施例还提供一种紫外发光二极管,包括:衬底201、缓冲层202、n型层203、应力调变层204、量子阱发光层205、电子阻挡层206以及p型层207。

[0069] 所述衬底201为蓝宝石衬底,所述蓝宝石衬底可以是平片型蓝宝石衬底或者图形蓝宝石衬底,当然,也可以依据不同的需求选择其他种类的衬底,如Si衬底、SiC衬底、GaN衬底等,且并不限于此处所列举的示例。

[0070] 所述缓冲层202的材料可以为AlN等。

[0071] 所述n型层203位于所述缓冲层202上,用以提供发光用的电子。所述n型层203的材料可以为n型AlGaIn等。由于n型AlGaIn层生长在AlN缓冲层202上,晶格失配会使n型AlGaIn层受到极大压应力,以致外延结构翘曲呈现凸起形状,也即所述缓冲层202及所述n型层203的翘曲为凸翘曲。若在该具有翘曲的n型层203上直接生长量子阱层,由于翘曲导致n型层203各处高度不一致,会使得其表面生长的量子阱发光层205的生长温度存在较大的偏差,导致发光波长均匀性严重下降。

[0072] 所述应力调变层204位于所述n型层203上,用以调变外延片翘曲及表面温度均匀性。

[0073] 为了获得较好的翘曲调变效果,所述应力调变层204由晶格常数小于所述n型层203、后续生长的量子阱发光层205及p型层207的材料构成,采用晶格常数小于所述n型层203的所述应力调变层204,可以减小缓冲层202及所述n型层203的所述凸翘曲,以有效改善后续量子阱发光层的表面温度均匀性,进而提升外延结构发光波长均匀性。

[0074] 所述应力调变层204的材料包含 $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$,其中 $x \geq 70\%$, $y \geq 0$, $x+y \leq 1$,优选地, $x \geq 95\%$,例如,所述应力调变层204的材料可以为 $\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.2}\text{In}_{0.1}\text{N}$ 、 $\text{Al}_{0.75}\text{Ga}_{0.2}\text{In}_{0.05}\text{N}$ 、 $\text{Al}_{0.8}\text{Ga}_{0.15}\text{In}_{0.05}\text{N}$ 、 $\text{Al}_{0.85}\text{Ga}_{0.1}\text{In}_{0.05}\text{N}$ 、 $\text{Al}_{0.9}\text{Ga}_{0.05}\text{In}_{0.05}\text{N}$ 、 $\text{Al}_{0.95}\text{Ga}_{0.05}\text{In}_{0.05}\text{N}$ 、 $\text{Al}_{0.98}\text{Ga}_{0.01}\text{In}_{0.01}\text{N}$ 等,且并不限于此处所列举的示例,通过调整所述应力调变层204的不同的组分,可以调变不同的外延结构的翘曲程度,实现工艺的灵活调整。

[0075] 在本实施例中,所述应力调变层204为单一组分结构,其厚度介于一个原子层厚度至100nm之间,采用单一组分结构可以在保证调变性能的同时,提高电流的均匀性。

[0076] 作为示例,所述应力调变层204直接接触所述n型层203与所述量子阱发光层205,以获得对所述n型层203与所述量子阱发光层205的翘曲直接调变的效果。

[0077] 所述应力调变层204为n型掺杂,其掺杂浓度为 $1 \times 10^{17} \sim 5 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$,以进一步降低其与n型层203及所述量子阱发光层205的接触电阻,降低外延结构的发热并节省电流。

[0078] 所述量子阱发光层205位于所述应力调变层204上,电子和空穴复合发光的主要区域。例如,所述量子阱发光层205的发光波长可以介于210nm~320nm之间。

[0079] 所述电子阻挡层206位于所述量子阱发光层205上,用以阻挡电子载流子溢出。所述电子阻挡层206可以降低电子载流子从量子阱发光层泄漏到p型层207,以改善发光效率。

[0080] 所述p型层207位于所述电子阻挡层206上,用以提供发光用的空穴。

[0081] 图11显示为本实用新型的紫外发光二极管的扫描电镜图,由图可见,在外延结构的n型层203与量子阱发光层205之间引入 $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$ 应力调变层204可以减少后续生长量子阱发光层时的翘曲。

[0082] 实施例2

[0083] 本实施例提供一种紫外发光二极管,其基本结构如实施例1,其中,与实施例1的不同之处在于,所述应力调变层204位于所述n型层203内。

[0084] 实施例3

[0085] 本实施例提供一种紫外发光二极管,其基本结构如实施例1,其中,与实施例1的不同之处在于,所述应力调变层204位于所述量子阱发光层205内。

[0086] 如上所述,本实用新型的紫外发光二极管及其制作方法,具有以下有益效果:

[0087] 本实用新型针对紫外发光二极管,尤其是针深紫外发光二极管,在外延结构的n型层203 与量子阱发光层205之间引入 $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$ 应力调变层204,将组分Al调整至70%以上,可以减少后续生长量子阱发光层时的翘曲,并同时改善该量子阱发光层的表面温度均匀性,进而提升外延结构发光波长均匀性。

[0088] 所以,本实用新型有效克服了现有技术中的种种缺点而具有高度产业利用价值。

[0089] 上述实施例仅例示性说明本实用新型的原理及其功效,而非用于限制本实用新型。任何熟悉此技术的人士皆可在不违背本实用新型的精神及范畴下,对上述实施例进行修饰或改变。因此,举凡所属技术领域中具有通常知识者在未脱离本实用新型所揭示的精神与技术思想下所完成的一切等效修饰或改变,仍应由本实用新型的权利要求所涵盖。



图1



图2

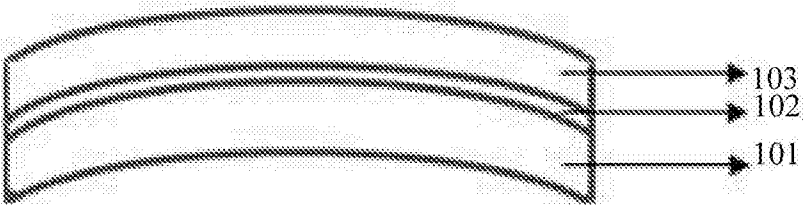


图3

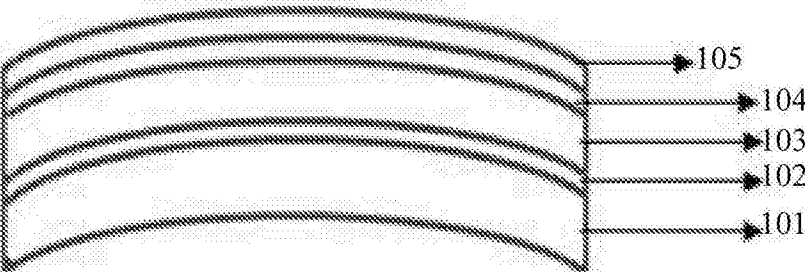


图4



图5

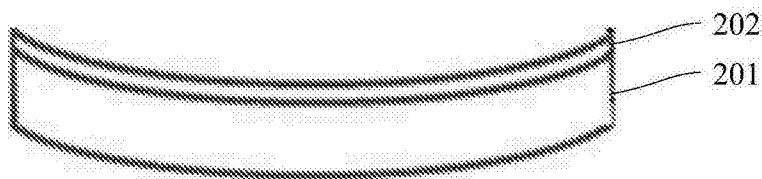


图6

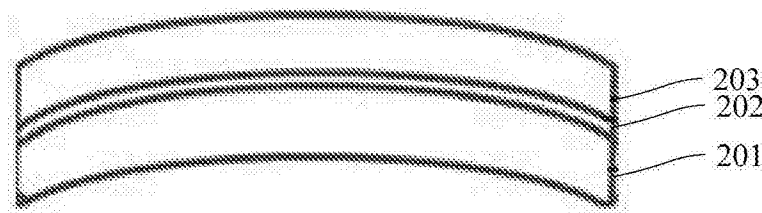


图7



图8

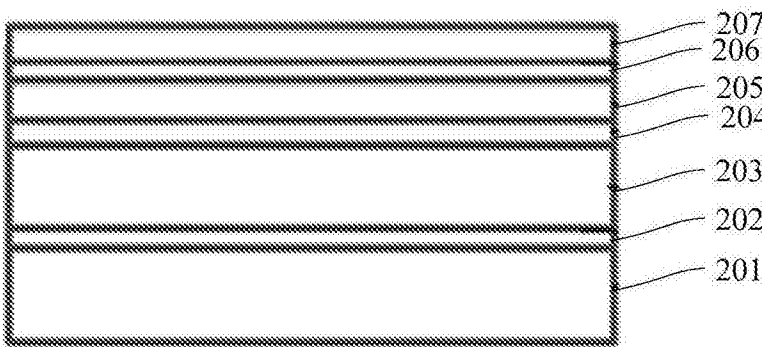


图9

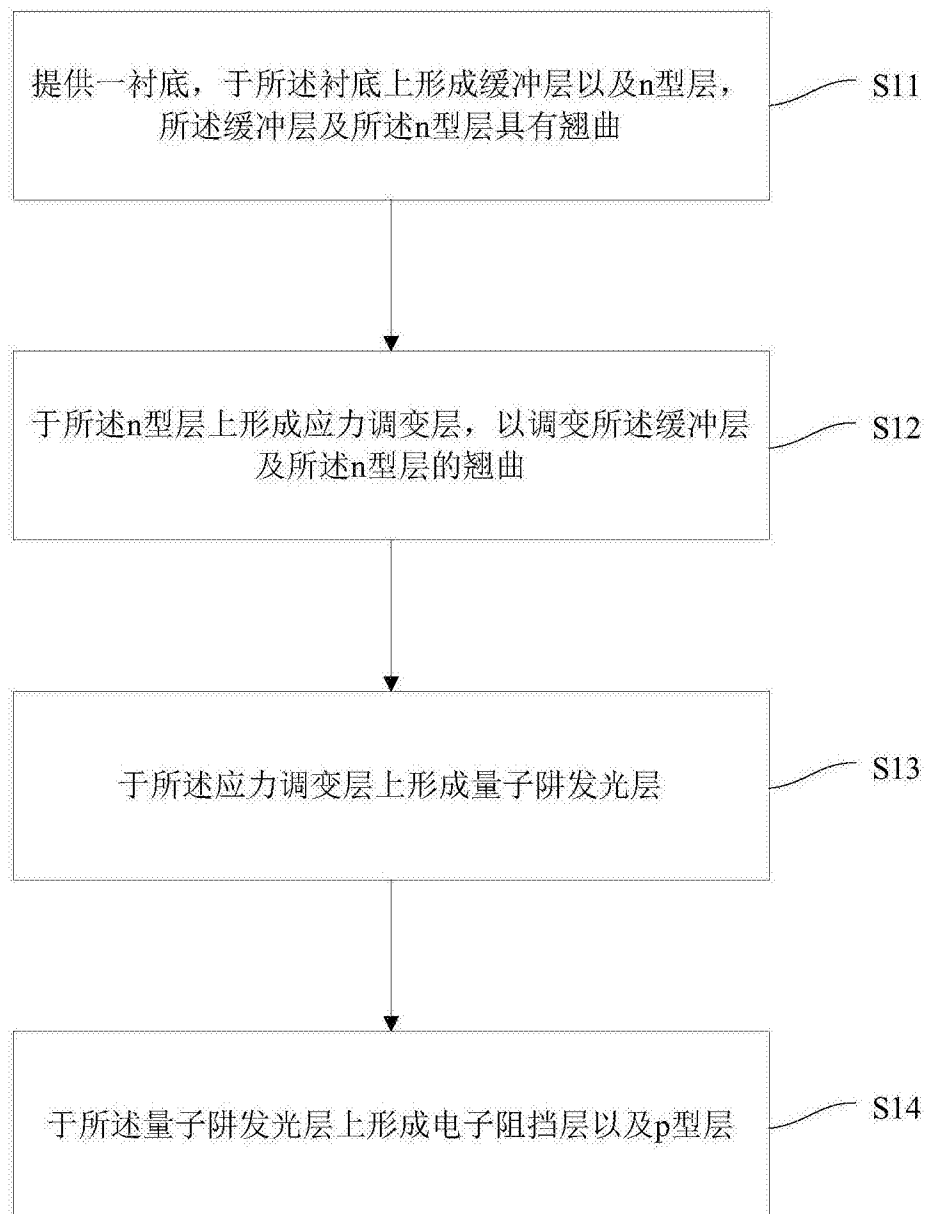


图10

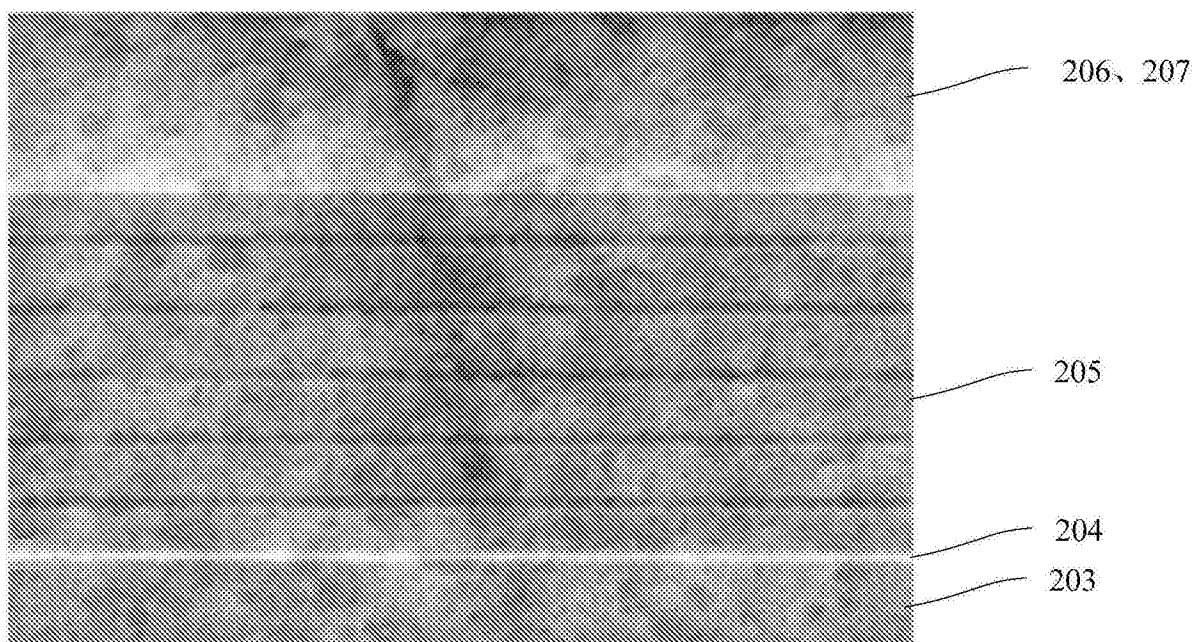


图11