(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111164770 A
(43)申请公布日 2020.05.15

(21)申请号 201980003480.8

(22)申请日 2019.12.31

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2020.01.17

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/CN2019/130724 2019.12.31

(71)申请人 重庆康佳光电技术研究院有限公司
地址 402760 重庆市璧山区璧泉街道鹤山路69号(1号厂房)

(72)发明人 杨顺贵 黄嘉宏 林雅雯 洪茂嘉

(74)专利代理机构 深圳市君胜知识产权代理事务所(普通合伙) 44268
代理人 王永文

(51)Int.Cl.
H01L 33/46(2010.01)
H01L 33/00(2010.01)
H01L 25/16(2006.01)

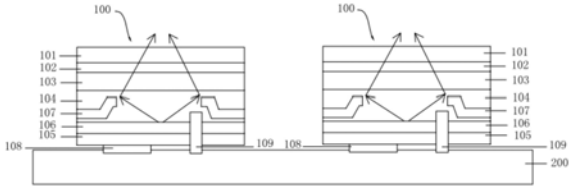
权利要求书1页 说明书7页 附图4页

(54)发明名称

一种微型发光二极管芯片及其制作方法和显示装置

(57)摘要

本发明公开了一种微型发光二极管芯片及其制作方法和显示装置,该微型发光二极管芯片包括:依次层叠设置的第一类型半导体层、发光层和第二类型半导体层,所述发光层位于所述第一类型半导体层和第二类型半导体层之间;以及,设置在所述发光层的出光侧的反射层,所述反射层用于阻挡所述发光层往所述微型发光二极管芯片的边缘发射的光。本发明通过在第一类型半导体层上设置具有高反射率结构的反射层,能够对发光层往所述微型发光二极管芯片的边缘发射的光进行阻挡,以减小光的发散,可以使相邻两个微型发光二极管芯片的距离更小,且不会出现Light cross现象,从而能够提高显示器的分辨率。



CN 111164770 A

1.一种微型发光二极管芯片,其特征在于,包括:

依次层叠设置的第一类型半导体层、发光层和第二类型半导体层,所述发光层位于所述第一类型半导体层和第二类型半导体层之间;

以及,设置在所述发光层的出光侧的反射层,所述反射层用于阻挡所述发光层往所述微型发光二极管芯片的边缘发射的光。

2.根据权利要求1所述的微型发光二极管芯片,其特征在于,所述反射层内嵌于所述第一类型半导体层的边缘位置。

3.根据权利要求2所述的微型发光二极管芯片,其特征在于,所述反射层为布拉格反射镜结构。

4.根据权利要求1-3任一项所述的微型发光二极管芯片,其特征在于,所述第一类型半导体层为N类型半导体层,所述第二类型半导体层为P类型半导体层,所述反射层设置在所述N类型半导体层中;或者所述第一类型半导体层为P类型半导体层,所述第二类型半导体层为N类型半导体层,所述反射层设置在所述P类型半导体层中。

5.根据权利要求2所述的微型发光二极管芯片,其特征在于,所述微型发光二极管芯片还包括衬底,所述第一类型半导体层设置在所述衬底上,所述反射层位于所述衬底和所述发光层之间。

6.根据权利要求5所述的微型发光二极管芯片,其特征在于,所述微型发光二极管芯片还包括LT-GaN低温磊晶层和不掺杂GaN层,所述LT-GaN低温磊晶层设置在所述衬底上,所述不掺杂GaN层设置在所述LT-GaN低温磊晶层上。

7.一种微型发光二极管芯片的制作方法,其特征在于,包括:

在衬底上生长第一类型半导体层;

采用黄光微影及蚀刻制程方法,在所述第一类型半导体层上做出凹槽;

在所述第一类型半导体层的所述凹槽底部采用光阻将所述凹槽进行隔离;其中,所述光阻与所述凹槽的侧壁具有间距;

在所述第一类型半导体层上生长具有高反射率结构的反射层;

去除所述光阻;

继续在所述凹槽内以及所述发射层上生长所述第一类型半导体层,以将所述反射层包裹在所述第一类型半导体层中;

在所述第一半类型导体层上依次生长发光层和第二类型半导体层。

8.根据权利要求7所述的微型发光二极管芯片的制作方法,其特征在于,在所述在衬底上生长第一类型半导体层的步骤之前还包括:

在所述衬底上依次生长LT-GaN低温磊晶层和不掺杂GaN层;

所述在衬底上生长第一类型半导体层包括:

在所述不掺杂GaN层上生长第一类型半导体层。

9.根据权利要求8所述的微型发光二极管芯片的制作方法,其特征在于,所述反射层为布拉格反射镜结构。

10.一种显示装置,其特征在于,包括显示面板和权利要求1-6任一项所述的微型发光二极管芯片,所述微型发光二极管芯片呈阵列排布并间隔设置在所述显示面板上。

一种微型发光二极管芯片及其制作方法和显示装置

技术领域

[0001] 本发明涉及微型发光二极管技术领域,尤其涉及的是一种微型发光二极管芯片及其制作方法和显示装置。

背景技术

[0002] 一般的发光二极管(Light-emitting diode,LED)芯片包含基板和磊晶层(Epitaxy),其厚度约在100-500μm,且尺寸介于100-1000μm。目前正在进行的微发光二极管(Micro Light Emitting Diode Display,Micro LED)研究中,致力于将Micro LED芯片表面厚约4-5μm磊晶层用物理或化学机制剥离(Lift-off),再移植至电路基板上。在Micro LED的研究中,综合了薄膜晶体管液晶显示器(Thin Film TransistorLiquid Crystal Display,TFT-LCD)和LED的两大技术特点,具有低功耗、高亮度、超高分辨率与色彩饱和度、反应速度快、超省电、寿命较长、效率较高的优势,其功率消耗量约为TFT-LCD的10%、有机发光二极管(Organic Light-Emitting Diode,OLED)的50%,更节能省电,还具有自发光、无需背光源的特性。在材料、制程、设备的发展较为成熟,产品规格远高于目前的TFT-LCD或OLED,应用领域更为广泛,包含了软性、透明显示器,是一种可行性较高的次世代平面显示器技术。

[0003] 目前制作Micro LED需要通过磊晶完成的外延片,在用光阻(PR)定义Micro LED芯片所需要的尺寸后,再在每颗芯片上做正负电级,最后切割成独立的一颗颗芯片。如图1与图2所示,但传统微型发光二极管芯片100在切割后的微型发光二极管芯片100所发出的光型为散光反射(Lambertian)。因此,在微型发光二极管芯片100焊在显示面板200上后,相邻两颗微型发光二极管芯片100所发出的光会因散光反射现象而互相干扰,产生光柱(Light cross),若在小尺寸面板上相邻两颗微型发光二极管芯片100距离更近,则Light cross现象越严重。传统微型发光二极管芯片100为了解决Light cross现象,一般将相邻两个微型发光二极管芯片100的距离变远,以减少Light cross现象,但这种方式会导致显示面板200的分辨率变差,另外,传统技术还通过在相邻两个微型发光二极管芯片100之间涂上一层吸光黑色胶,通过吸光黑色胶来吸收两侧光源,虽然此种方式具有减少Light cross现象的效果,但是若相邻两个微型发光二极管芯片100的距离较近时,吸光黑色胶不易填入缝隙中并容易粘至微型发光二极管芯片100的表面上导致光强度下降。

[0004] 因此,现有技术还有待于改进和发展。

发明内容

[0005] 鉴于上述现有技术的不足,本发明的目的在于提供一种微型发光二极管芯片及其制作方法和显示装置,以解决在微型发光二极管芯片焊在显示面板上后,相邻两颗微型发光二极管芯片所发出的光会因散光反射现象而互相干扰,产生Light cross现象的问题。

[0006] 本发明的技术方案如下:

[0007] 一种微型发光二极管芯片,该微型发光二极管芯片包括:

[0008] 依次层叠设置的第一类型半导体层、发光层和第二类型半导体层，所述发光层位于所述第一类型半导体层和第二类型半导体层之间；

[0009] 以及，设置在所述发光层的出光侧的反射层，所述反射层用于阻挡所述发光层往所述微型发光二极管芯片的边缘发射的光。

[0010] 本发明的进一步设置，所述反射层内嵌于所述第一类型半导体层的边缘位置。

[0011] 本发明的进一步设置，所述反射层为氧化物层或氮氧化物层。

[0012] 本发明的进一步设置，所述反射层为布拉格反射镜结构。

[0013] 本发明的进一步设置，所述第一类型半导体层为N类型半导体层，所述第二类型半导体层为P类型半导体层，所述反射层设置在所述N类型半导体层中；或者所述第一类型半导体层为P类型半导体层，所述第二类型半导体层为N类型半导体层，所述反射层设置在所述P类型半导体层中。

[0014] 本发明的进一步设置，所述微型发光二极管芯片还包括衬底，所述第一类型半导体层设置在所述衬底中，所述反射层位于所述衬底和所述发光层之间。

[0015] 本发明的进一步设置，所述微型发光二极管芯片还包括LT-GaN低温磊晶层和不掺杂GaN层，所述LT-GaN低温磊晶层设置在所述衬底上，所述不掺杂GaN层设置在所述LT-GaN低温磊晶层上。

[0016] 本发明的进一步设置，所述微型发光二极管芯片还包括还包括N电极和P电极，所述N电极设置在所述N类型半导体层上，所述P电极设置在P类型半导体层上。

[0017] 一种微型发光二极管芯片的制作方法，该方法包括：

[0018] 在衬底上生长第一类型半导体层；

[0019] 采用黄光微影及蚀刻制程方法，在所述第一类型半导体层上做出凹槽；

[0020] 在所述第一类型半导体层的所述凹槽底部采用光阻将所述凹槽进行隔离；其中，所述光阻与所述凹槽的侧壁具有间距；

[0021] 在所述第一类型半导体层上生长具有高反射率结构的反射层；

[0022] 去除所述光阻；

[0023] 继续在所述凹槽内以及所述发射层上生长所述第一类型半导体层，以将所述反射层包裹在所述第一类型半导体层中；

[0024] 在所述第一类型半导体层上依次生长发光层和第二类型半导体层。

[0025] 本发明的进一步设置，在所述在衬底上生长第一类型半导体层的步骤之前还包括：

[0026] 在所述衬底上依次生长LT-GaN低温磊晶层和不掺杂GaN层；

[0027] 所述在衬底上生长第一类型半导体层包括：

[0028] 在所述不掺杂GaN层上生长第一类型半导体层。

[0029] 本发明的进一步设置，在所述第一半类型导体层上依次生长发光层和第二类型半导体层的步骤之后还包括步骤：

[0030] 在所述第一类型半导体层上蒸镀第一电极，在所述第二类型半导体层上蒸镀第二电极。

[0031] 本发明的进一步设置，所述第一类型半导体层为N类型半导体层，所述第二半导体层类型为P类型半导体层，所述反射层生长在所述N类型半导体层上；所述第一电极为N电

极，所述第二电极为P电极，所述N电极蒸镀于所述N类型半导体层上，所述P电极蒸镀于所述P类型半导体层上。

[0032] 本发明的进一步设置，所述第一类型半导体层为P类型半导体层，所述第二类型半导体层为N类型半导体层，所述反射层生长在所述P类型半导体层上；所述第一电极为P电极，所述第二电极为N电极，所述P电极蒸镀于所述P类型半导体层上，所述N电极蒸镀于所述N类型半导体层上。

[0033] 本发明的进一步设置，所述反射层为氧化物层或氮氧化物层。

[0034] 本发明的进一步设置，所述反射层为布拉格反射镜结构。

[0035] 一种显示装置，包括显示面板和所述的微型发光二极管芯片，所述微型发光二极管芯片呈阵列排布并间隔设置在所述显示面板上。

[0036] 本发明所提供的一种微型发光二极管芯片及其制作方法和显示装置，该微型发光二极管芯片包括：依次层叠设置的第一类型半导体层、发光层和第二类型半导体层，所述发光层位于所述第一类型半导体层和第二类型半导体层之间；以及，设置在所述发光层的出光侧的反射层，所述反射层用于阻挡所述发光层往所述微型发光二极管芯片的边缘发射的光。本发明通过在第一类型半导体层上设置具有高反射率结构的反射层，能够对发光层往所述微型发光二极管芯片的边缘发射的光进行阻挡，以减小光的发散，可以使相邻两个微型发光二极管芯片的距离更小，且不会出现Light cross现象，从而能够提高显示器的分辨率。

附图说明

[0037] 为了更清楚的说明本发明实施例或现有技术中的技术方案，下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例，对于本领域普通人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图示出的结构获得其他的附图。

[0038] 图1是传统微型发光二极管芯片的光型示意图。

[0039] 图2是传统微型发光二极管芯片在显示面板上的光型示意图。

[0040] 图3是本发明中在微型发光二极管芯片焊接在显示面板上的结构示意图。

[0041] 图4是本发明中将反射层嵌入在第一类型半导体层中的结构示意图。

[0042] 图5是本发明中在微型发光二极管芯片的光型示意图。

[0043] 图6是本发明中在微型发光二极管芯片制作电极的结构示意图。

[0044] 图7是本发明中微型发光二极管芯片的外延片的结构示意图。

[0045] 图8是本发明中微型发光二极管芯片在第一类型半导体层上开槽的结构示意图。

[0046] 图9是本发明中在微型发光二极管芯片在第一类型半导体层上的凹槽进行隔离的示意图。

[0047] 图10是本发明中在微型发光二极管芯片在第一类型半导体层上生长反射层的结构示意图。

[0048] 附图中各标记：100、微型发光二极管芯片；101、蓝宝石基底；102、LT-GaN低温磊晶层；103、不掺杂GaN层；104、第一类型半导体层；105、第二类型半导体层；106、发光层；107、反射层；108、第一电极；109、第二电极；110、光阻；200、显示面板。

具体实施方式

[0049] 因传统的微型发光二极管芯片在切割后所得的芯片所发出的光型为发散光型，那么当芯片焊接在显示面板上时，相邻两颗微型发光二极管芯片所发出的光会互相干扰，产生Light cross现象。本发明提供一种微型发光二极管芯片及其制作方法和显示装置，以解决相邻两颗微型发光二极管芯片产生Light cross现象的问题，因小尺寸面板上相邻两颗微型发光二极管芯片的距离更近，因而本发明特别适用于小尺寸面板的显示器。为使本发明的目的、技术方案及效果更加清楚、明确，以下参照附图并举实例对本发明进一步详细说明。应当理解，此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明，并不用于限定本发明。

[0050] 在实施方式和申请专利范围中，除非文中对于冠词有特别限定，否则“一”与“所述”可泛指单一个或复数个。

[0051] 另外，若本发明实施例中有涉及“第一”、“第二”等的描述，则该“第一”、“第二”等的描述仅用于描述目的，而不能理解为指示或暗示其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至少一个该特征。另外，各个实施例之间的技术方案可以相互结合，但是必须是以本领域普通技术人员能够实现为基础，当技术方案的结合出现相互矛盾或无法实现时应当认为这种技术方案的结合不存在，也不在本发明要求的保护范围之内。

[0052] 请同时参阅图3至图10，本发明提供了一种微型发光二极管芯片的较佳实施例。

[0053] 请参阅图3，一种微型发光二极管芯片，其应用于显示面板200上，该微型发光二极管芯片100包括衬底、第一类型半导体层104、第二类型半导体层105、发光层106以及反射层107。具体地，所述衬底为蓝宝石基底101，在所述蓝宝石基底101上还生长有LT-GaN低温磊晶层102和不掺杂GaN层103，通过将所述LT-GaN低温磊晶层102生长在所述蓝宝石基底101上，也即在蓝宝石基底101上作晶种层让有利于后续成长高质量磊晶层，通过将所述不掺杂GaN层103生长在所述LT-GaN低温磊晶层102上，也即在蓝宝石基底101上成长高质量磊晶层后有利于后续成长高质量LED磊晶层结构。所述第一类型半导体层104设置在所述不掺杂GaN层103上，所述发光层106设置在所述第一类型半导体层104中，所述第二类型半导体层105设置在所述发光层106中，也即，所述发光层106位于所述第一类型半导体层104和第二类型半导体层105之间，所述反射层107设置在所述蓝宝石基底101和所述发光层106之间，其中，所述反射层107可以设置在所述第一类型半导体层104中，还可以设置在发光层106的出光侧的其他半导体层上，例如，LT-GaN低温磊晶层102和不掺杂GaN层103等。

[0054] 相比于现有技术，本发明不需要将相邻两个微型发光二极管芯片100的距离变远，以及在相邻两个微型发光二极管芯片100之间涂上一层吸光黑色胶，本发明通过在蓝宝石基底101和所述发光层106之间设置具有高反射率结构的反射层107，能够对发光层106往所述微型发光二极管芯片100的边缘发射的光进行阻挡，以减小光的发散，使发光层106发出来的光反射集中不发散，以使得光型从发散型变成火炬型，因而可以使相邻两个微型发光二极管芯片100的距离更小，且不会出现Light cross现象，从而能够提高显示面板200的分辨率。需要说明的是，所述微型发光二极管芯片100的形状可以是方形、圆形等形状，微型发光二极管芯片100的实际形状可根据实际需求设置，本发明对微型发光二极管芯片100的形状不作限定。

[0055] 请参阅图4与图5，在一个实施例的进一步地实施方式中，所述反射层107内嵌于所

述第一类型半导体层104的边缘位置。具体地，所述反射层107内嵌在靠近衬底的所述第一类型半导体层104的边缘位置，当发光层106发出的光朝向第一类型半导体层104发散时，所述反射层107对发光层106发出的光具有阻挡作用，能够将发光层106发出的光斜向上发射，从而将原本光型由发散型变成火炬型，即能够减小光的发散。

[0056] 其中，所述反射层107为氧化物层或氮氧化物层，例如，SiOx、SiNx、Ta2O5与NOx等。另外，所述反射层107为布拉格反射镜结构(Distributed Bragg Reflector,DBR)，DBR结构为两种材料折射率差异的重复性堆栈结构,DBR结构具有特定波长高反射率之特性。其工作原理为：在两材料的每个界面处都发生菲涅尔反射。在工作波长时，两个相邻界面处反射光的光程差为半个波长，另外，界面处的反射系数的符号也会发生改变。因此，在界面处的所有反射光发生相消干涉，得到很强的反射。其中，反射率是由材料的层数和材料之间的折射率差决定的，反射带宽则主要由折射率差决定。

[0057] 在一个实施例的进一步地实施方式中，所述第一类型半导体层104为N类型半导体层，所述第二类型半导体层105为P类型半导体层，所述反射层107设置在所述N类型半导体层中。具体地，因所述发光层106设置在所述第一类型半导体层104和第二类型半导体层105之间，也即设置在N类型半导体层和P类型半导体层之间，且发光层106的发光方向也是朝向N类型半导体层，因而反射层107需要设置在N类型半导体层中，以起到阻挡发光层106的光发散的作用，并让发光层106所产生的光源依照不同元件结构制造下穿过未镀N型半导体而产生火炬光场。

[0058] 请参阅图5，在一个实施例的进一步地实施方式中，所述微型发光二极管芯片100还包括第一电极108和第二电极109，所述第一电极108为N电极，所述第二电极109为P电极，所述N电极设置在所述N类型半导体层上，所述P电极设置在P类型半导体层上。

[0059] 本发明还可以设置为：所述第一类型半导体层104为P类型半导体层，所述第二类型半导体层105为N类型半导体层，所述反射层107设置在所述P类型半导体层中。所述发光层106设置在所述第一类型半导体层104和第二类型半导体层105之间，也即设置在P类型半导体层和N类型半导体层之间，且发光层106的发光方向也是朝向P类型半导体层，因而反射层107需要设置在P类型半导体层中，以起到阻挡发光层106的光发散的作用，并让发光层106所产生的光源依照不同元件结构制造下穿过未镀P型半导体而产生火炬光场。

[0060] 请同时参阅图4至图10，本发明还提供了一种微型发光二极管芯片的制作方法，该方法包括：

[0061] 步骤1、提供一衬底，在所述衬底上依次生长LT-GaN低温磊晶层102、不掺杂GaN层103以及第一类型半导体层104；其中，所述第一类型半导体层104的厚度为1-2.5um，以使微型发光二极管芯片的厚度薄型化；其中，所述衬底为蓝宝石基底101；

[0062] 步骤2、采用黄光微影及蚀刻制程方法，在所述第一类型半导体层104上做出凹槽；具体地，通过黄光微影及蚀刻制程方法在所述第一类型半导体层104上做出呈梯形的凹槽；

[0063] 步骤3、在所述第一类型半导体层104的所述凹槽底部采用光阻110将所述凹槽进行隔离，其中，所述光阻110与所述凹槽的侧壁具有间距；具体地，将光阻110设置在所述凹槽的中间位置，并使得光阻110与凹槽的侧壁之间留有一定空间；

[0064] 步骤4、在所述第一类型半导体层104上生长具有高反射率结构的反射层107，即在除光阻110所占空间上生长反射层107；

[0065] 步骤5、去除所述光阻110；

[0066] 需要说明的是，光阻(PR)为黄光微影制程中所需要定义元件尺寸及制造元件正负极的一种方法，本发明中在将光阻(PR)在元件上的位置定义后，使后续的反射层107不完全镀在第一类型半导体层104上，只镀在第一类型半导体层104的两侧，这样可让元件发光源从发光层106(MQW)从中间通过(未镀反射层)而产生火炬型光场；

[0067] 步骤6、继续在所述凹槽内以及所述发射层上生长所述第一类型半导体层104，以将所述反射层107包裹在所述第一类型半导体层104中；

[0068] 步骤7、在所述第一类型半导体层104上依次生长发光层106和第二类型半导体层105；其中，所述第二类型半导体层105的厚度为0.5-1.5um，以使MICRO-LED芯片减少吸光效果；

[0069] 步骤8、在所述第一类型半导体层104上蒸镀第一电极108，在所述第二类型半导体层105上蒸镀第二电极109。

[0070] 在一个实施例的进一步地实施方式中，所述第一类型半导体层104为N类型半导体层，所述第二半导体层类型为P类型半导体层，所述反射层107生长在所述N类型半导体层上。

[0071] 在一个实施例的进一步地实施方式中，所述第一电极108为N电极，所述第二电极109为P电极，所述N电极蒸镀于所述N类型半导体层上，所述P电极蒸镀于所述P类型半导体层上。

[0072] 本发明还可以设置为：所述第一类型半导体层104为P类型半导体层，所述第二类型半导体层105为N类型半导体层，所述反射层107生长在所述P类型半导体层上。并且，所述第一电极108为P电极，所述第二电极109为N电极，所述P电极蒸镀于所述P类型半导体层上，所述N电极蒸镀于所述N类型半导体层上。

[0073] 在一个实施例的进一步地实施方式中，所述反射层107为氧化物层或氮氧化物层。另外，所述反射层107为布拉格反射镜结构(Distributed Bragg Reflector,DBR)，布拉格反射镜结构为两种材料折射率差异的重复性堆栈结构。

[0074] 请同时参阅图3至图10，本发明还提供了一种显示装置，该显示装置包括显示面板200和微型发光二极管芯片100，所述微型发光二极管芯片100呈阵列排布并间隔设置在所述显示面板200上。其中，所述微型发光二极管芯片100包括：第一类型半导体层104；发光层106，所述发光层106设置在所述第一类型半导体层104中；第二类型半导体层105，所述第二类型半导体层105设置在所述发光层106中；以及反射层107，所述反射层107设置设置在所述发光层106的出光侧，用于阻挡所述发光层106发射的光发散。具体如上所述，在此不再赘述。

[0075] 综上所述，本发明所述提供的一种微型发光二极管芯片及其制作方法和显示装置，该微型发光二极管芯片包括：依次层叠设置的第一类型半导体层、发光层和第二类型半导体层，所述发光层位于所述第一类型半导体层和第二类型半导体层之间；以及，设置在所述发光层的出光侧的反射层，所述反射层用于阻挡所述发光层往所述微型发光二极管芯片的边缘发射的光。本发明通过在第一类型半导体层上设置具有高反射率结构的反射层，能够对发光层往所述微型发光二极管芯片的边缘发射的光进行阻挡，以减小光的发散，可以使相邻两个微型发光二极管芯片的距离更小，且不会出现Light cross现象，从而能够提高

显示器的分辨率。

[0076] 应当理解的是，本发明的应用不限于上述的举例，对本领域普通技术人员来说，可以根据上述说明加以改进或变换，所有这些改进和变换都应属于本发明所附权利要求的保护范围。

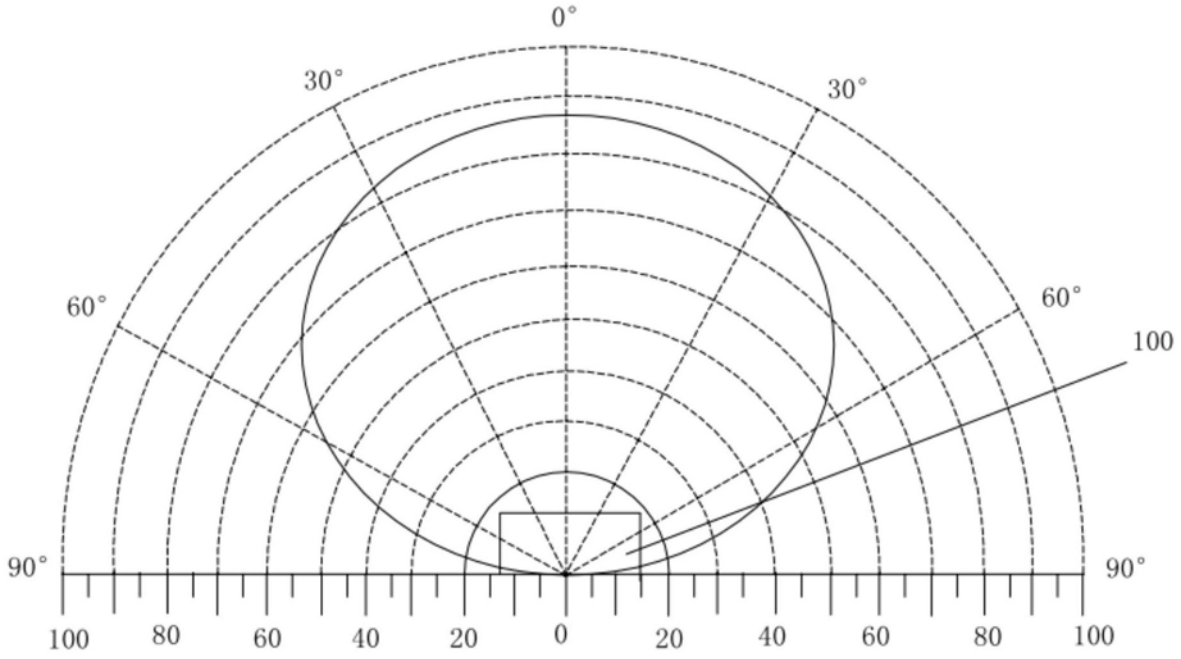

0°
30°
30°
60°
60°
100
90°
90°
100
80
60
40
20
0
20
40
60
80
100

图1

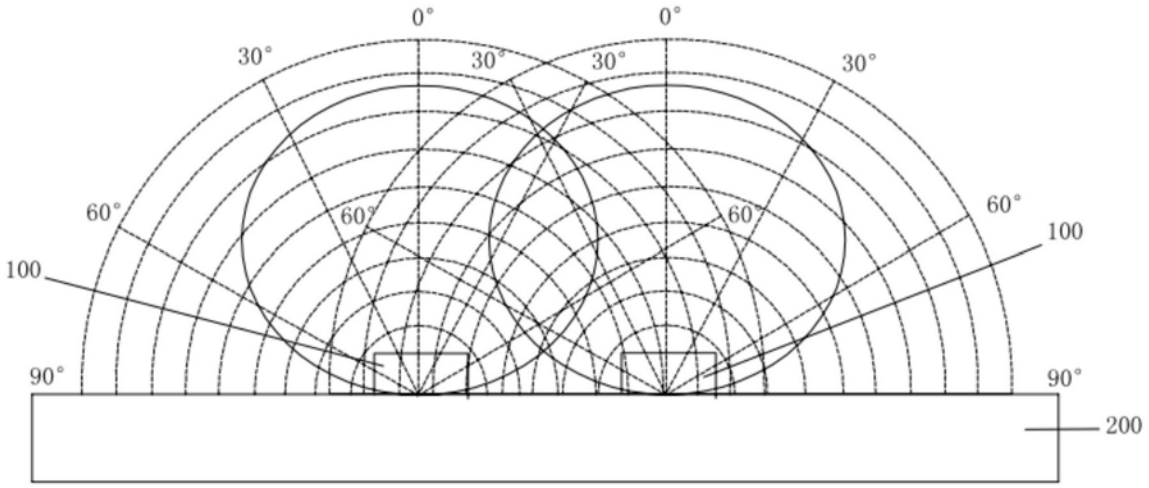

0°
0°
30°
30°
30°
30°
60°
60°
60°
60°
100
100
90°
90°
200

图2

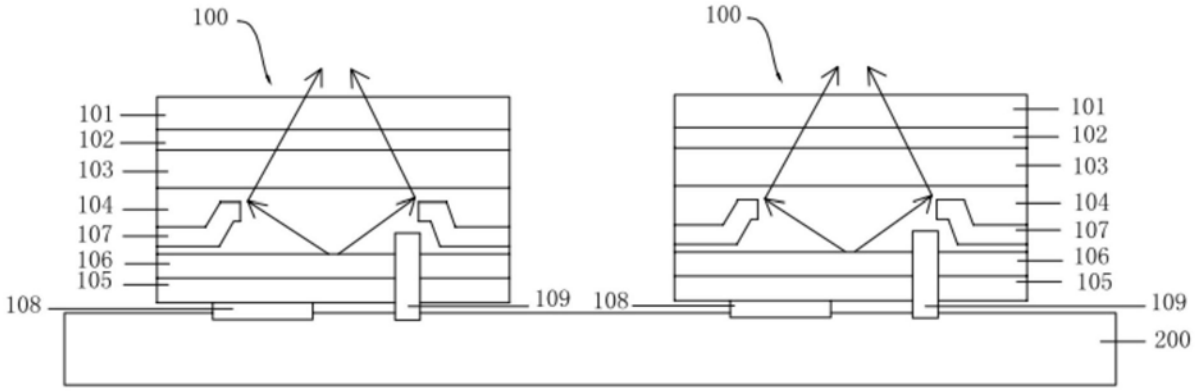

100
101
102
103
104
107
106
105
108
109
100
101
102
103
104
107
106
105
108
109
200

图3

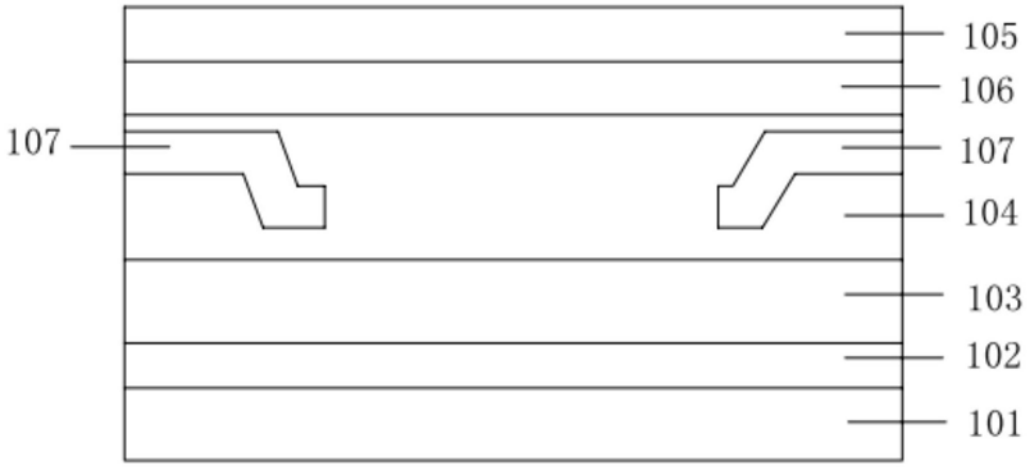

105
106
107
107
104
103
102
101

图4

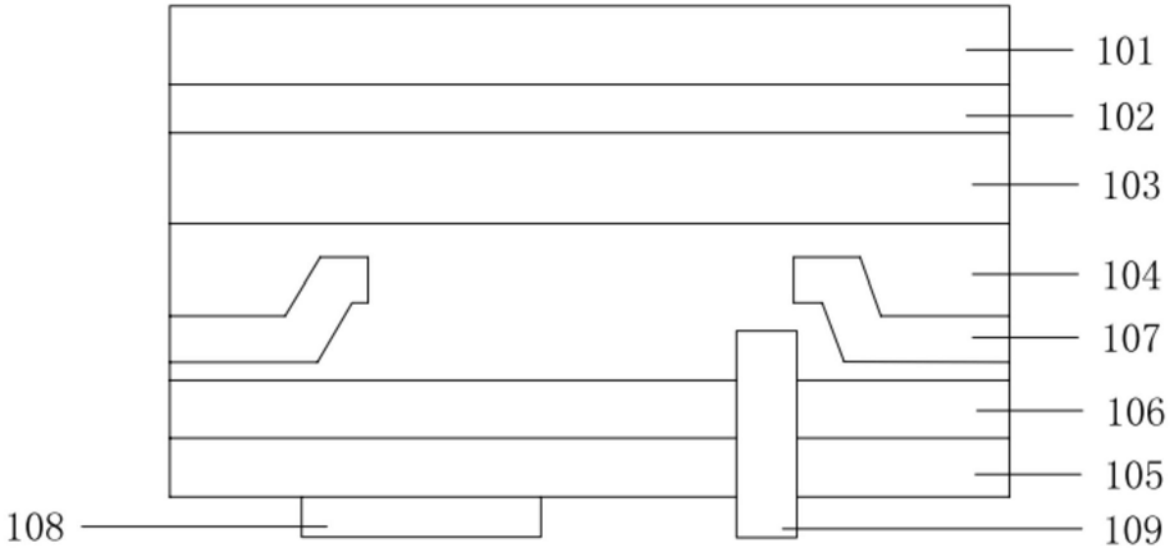

101
102
103
104
107
106
105
108
109

图5

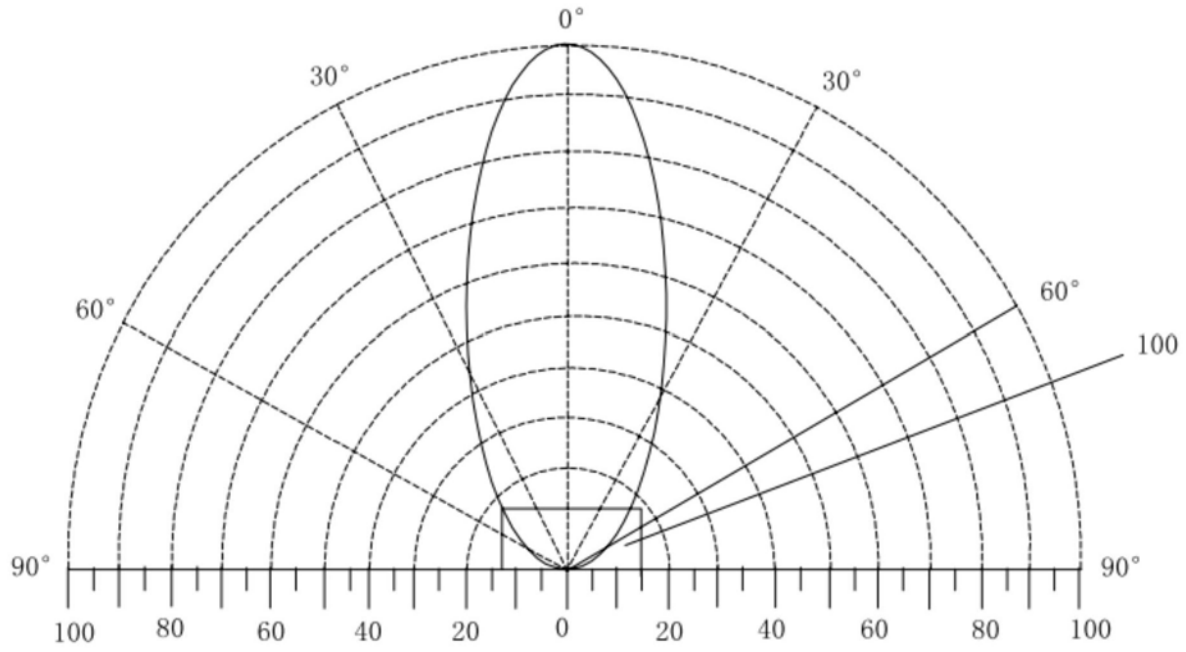

0°
30°
30°
60°
60°
100
90°
90°
100
80
60
40
20
0
20
40
60
80
100

图6

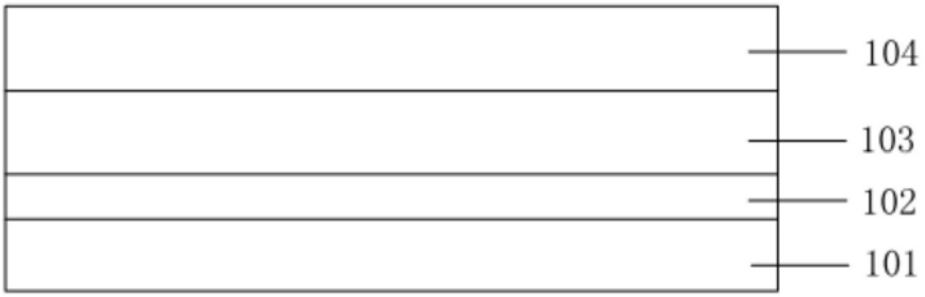

104
103
102
101

图7

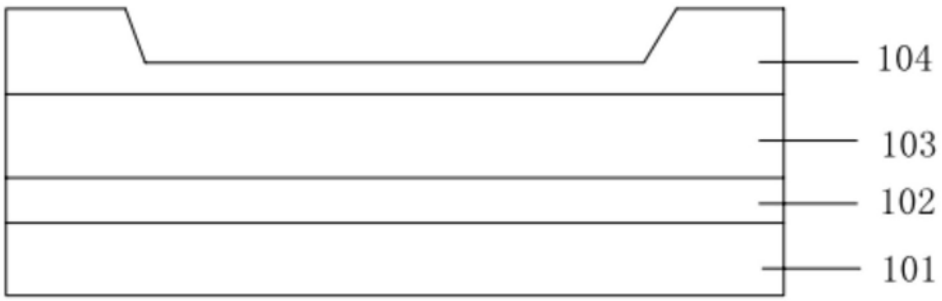

104
103
102
101

图8

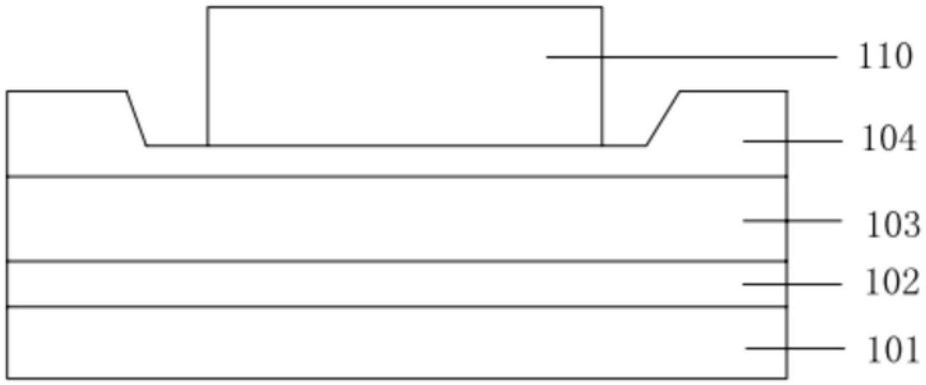


图9

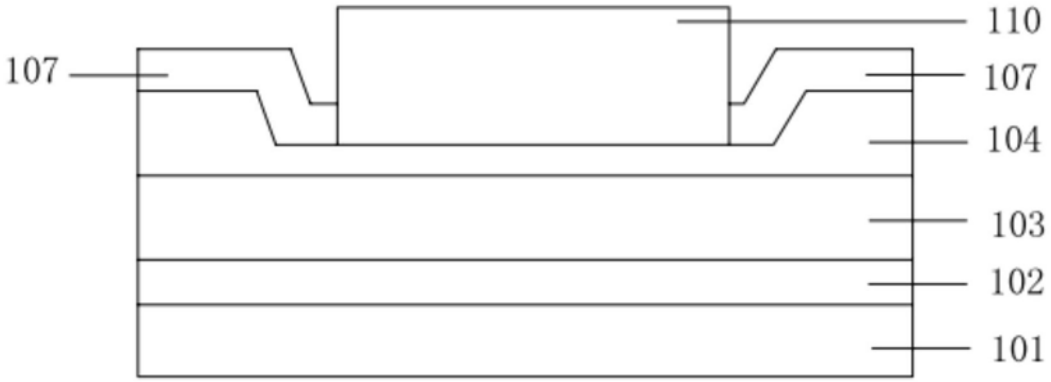


图10