



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110880522 A

(43)申请公布日 2020.03.13

(21)申请号 201910972267.X

(22)申请日 2019.10.14

(71)申请人 厦门大学

地址 361000 福建省厦门市思明南路422号

(72)发明人 黄凯 黄长峰 李金钗 康俊勇

(74)专利代理机构 厦门市首创君合专利事务所
有限公司 35204

代理人 张松亭 游学明

(51)Int.Cl.

H01L 27/15(2006.01)

H01L 33/00(2010.01)

H01L 33/04(2010.01)

H01L 33/32(2010.01)

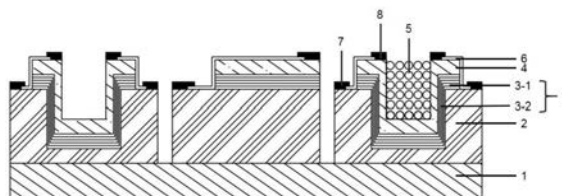
权利要求书2页 说明书4页 附图3页

(54)发明名称

基于极性面和非极性面生长的微型LED集成
全色显示芯片及其制备方法

(57)摘要

本发明公开了一种基于极性面和非极性面生长的微型LED集成全色显示芯片及其制备方法,其器件结构包括:衬底,图形化的n型氮化镓层,多量子阱有源层,p型氮化镓层,绝缘层,n型电极和p型电极,红光波长转换材料。在图形化的n型氮化镓层的极性面和非极性面上同时外延多量子阱有源层,分别获得绿光和蓝光微型LED发光单元。每个像素单元包含一个绿光微型LED发光单元和两个蓝光微型LED发光单元,通过使用红光波长转换材料将其中一个蓝光微型LED发光单元转换为红光微型LED发光单元,从而在同一晶圆上得到红绿蓝RGB模块,集成RGB像素单元,并将该结构倒装结合至集成电路控制板,实现全色显示。



1. 一种基于极性面和非极性面生长的微型LED集成全色显示芯片,其特征在于:包括衬底、位于衬底上的图形化的n型氮化镓层、在n型氮化镓层的极性面外延获得的绿光微型LED发光单元、在n型氮化镓层非极性面外延获得的蓝光微型LED发光单元和位于蓝光微型LED发光单元内的使用红光波长转换材料得到的红光微型LED发光单元;

每个像素单元包含一个绿光微型LED发光单元和两个蓝光微型LED发光单元,通过使用红光波长转换材料将其中一个蓝光微型LED发光单元转换为红光微型LED发光单元。

2. 如权利要求1所述的微型LED集成全色显示芯片,其特征在于,所述微型LED的外延片生长衬底为蓝宝石衬底,或者硅衬底,或者碳化硅衬底,或者同质氮化镓衬底。

3. 如权利要求1所述的微型LED集成全色显示芯片,其特征在于,所述n型氮化镓层进行图形化处理,形成微米凹槽。

4. 如权利要求3所述的微型LED集成全色显示芯片,其特征在于,所述微米凹槽的深度为500-2500纳米,长度为5-50微米,宽度为0.5-10微米,间距为20-200微米。

5. 如权利要求1所述的微型LED集成全色显示芯片微型LED,其特征在于,所述微型LED在图形化的n型氮化镓层的极性面和非极性面同时生长 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}/\text{GaN}$ 多量子阱有源层;所述极性面上生长的 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}/\text{GaN}$ 多量子阱有源层为1-20个周期,其阱层和垒层的厚度分别为2-8纳米和10-20纳米,x值为0.15-0.35;所述非极性面上生长的 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}/\text{GaN}$ 多量子阱有源层为1-20个周期,其阱层和垒层的厚度分别为1-5纳米和10-20纳米,x值为0.15-0.35;在n型氮化镓层的极性面上生长的多量子阱有源层发绿光,作为绿光微型LED发光单元,在n型氮化镓层的非极性面上生长的多量子阱有源层发蓝光,作为蓝光微型LED发光单元。

6. 如权利要求1所述的微型LED集成全色显示芯片,其特征在于,所述红光波长转换材料包含量子点或钙钛矿在内的红光波长转换材料。

7. 如权利要求6所述的微型LED集成全色显示芯片,其特征在于,所述红光波长转换材料,使用包括蒸镀法或喷墨打印法在内的填充方法,填充于每个像素单元中的一个蓝光微型LED发光单元中,将蓝光转换为红光,得到红光微型LED发光单元。

8. 如权利要求7所述的微型LED集成全色显示芯片,其特征在于,所述的红光微型LED发光单元,是通过蓝光微型LED发光单元对红光量子点进行泵浦,使红光量子点发出红光。

9. 如权利要求1所述的微型LED集成全色显示芯片,其特征在于,所述像素单元中的微型LED发光单元其尺寸为1-100微米,间距为5-100微米。

10. 如权利要求1所述的微型LED集成全色显示芯片,其特征在于,所述微型LED集成全色显示芯片通过在n型氮化镓层的极性面和非极性面同时生长 $\text{InGa}_1\text{N}/\text{GaN}$ 多量子阱有源层以及使用红光波长转换材料,提供绿光、蓝光、红光微型LED发光单元,从而在同一晶圆上得到红绿蓝RGB模块,集成RGB像素单元,并将该结构倒装结合至集成电路控制板,实现全色显示。

11. 基于极性面和非极性面生长的微型LED集成全色显示芯片制备方法,其特征在于,步骤如下:

(1) 在衬底表面生长n型氮化镓层;

(2) 对n型氮化镓层进行图形化处理,形成微米凹槽;

(3) 在n型氮化镓层的极性面和非极性面上同时生长 $\text{InGa}_1\text{N}/\text{GaN}$ 多量子阱有源层,得到绿光和蓝光发光单元;

- (4) 在多量子阱有源层上生长p型氮化镓层；
- (5) 在每个像素单元中的一个蓝光发光单元凹槽中填充红光波长转换材料；
- (6) 将绿光、蓝光、红光三个发光单元隔离；
- (7) 刻蚀微型LED台面；
- (8) 沉积绝缘层,在制备电极处刻蚀开孔；
- (9) 沉积n型电极和p型电极,并退火形成欧姆接触；
- (10) 将像素单元倒装结合至集成电路控制板。

基于极性面和非极性面生长的微型LED集成全色显示芯片及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明属于半导体光电子技术领域,具体涉及一种基于极性面和非极性面生长的微型LED集成全色显示芯片及其制备方法。

背景技术

[0002] 微型LED即将LED微小化,使其尺寸缩小至100微米以下。微型LED集低功耗、高亮度、高分辨率、高色彩饱和度、反应速度快、寿命较长、效率较高等优点于一身,在多个应用领域表现出良好的应用前景,如显示技术领域、光通信领域、光遗传学领域等,微型LED更是被广泛认为是显示技术领域的下一大趋势。对于显示应用而言,每一个微型LED可视为一个像素,可单独驱动点亮,当整个模组变小,像素点数大量增加,其亮度、画质、反应速度都能有更好的提升。

[0003] 目前,将微型LED应用于全色显示仍然存在量产的问题,其原因主要是由于用于全色显示的微型LED设置复杂,需要将不同颜色的微型LED经多次转移,使其与电路基板键合,巨量转移难度大,此外,对于键合的精度要求高,导致产品良品率低,量产困难。

发明内容

[0004] 本发明针对现有技术的问题,提供一种基于极性面和非极性面生长的微型LED集成全色显示芯片及其制备方法。

[0005] 本发明的目标通过以下技术方案实现:

[0006] 基于极性面和非极性面生长的微型LED集成全色显示芯片,包括衬底、位于衬底上的图形化的n型氮化镓层、在n型氮化镓层的极性面外延获得的绿光微型LED发光单元、在n型氮化镓层非极性面外延获得的蓝光微型LED发光单元和位于蓝光微型LED发光单元内的使用红光波长转换材料得到的红光微型LED发光单元;每个像素单元包含一个绿光微型LED发光单元和两个蓝光微型LED发光单元,通过使用红光波长转换材料将其中一个蓝光微型LED发光单元转换为红光微型LED发光单元。

[0007] 所述的微型LED的外延片生长衬底为蓝宝石衬底,或者硅衬底,或者碳化硅衬底,或者同质氮化镓衬底。

[0008] 所述的n型氮化镓层进行图形化处理,形成微米凹槽。

[0009] 所述的微米凹槽深度为500-2500纳米,长度为5-50微米,宽度为0.5-10微米,间距为20-200微米。

[0010] 所述的微型LED在图形化的n型氮化镓层的极性面和非极性面同时生长 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}/\text{GaN}$ 多量子阱有源层;所述极性面上生长的 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}/\text{GaN}$ 多量子阱有源层为1-20个周期,其阱层和垒层的厚度分别为2-8纳米和10-20纳米,x值为0.15-0.35;所述非极性面上生长的 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}/\text{GaN}$ 多量子阱有源层为1-20个周期,其阱层和垒层的厚度分别为1-5纳米和10-20纳米,x值为0.15-0.35;在n型氮化镓层的极性面上生长的多量子阱有源层发绿光,作为绿

光微型LED发光单元,在n型氮化镓层的非极性面上生长的多量子阱有源层发蓝光,作为蓝光微型LED发光单元。

[0011] 所述的红光波长转换材料包含量子点或钙钛矿或其它红光波长转换材料。

[0012] 所述的量子点或钙钛矿或其它红光波长转换材料,填充于每个像素单元中的一个蓝光微型LED发光单元中,将蓝光转换为红光,得到红光微型LED发光单元。

[0013] 所述的红光微型LED发光单元,是通过蓝光微型LED发光单元对红光量子点进行泵浦,使红光量子点发出红光。

[0014] 所述像素单元中的微型LED发光单元其尺寸为1-100微米,间距为5-100微米。

[0015] 所述的微型LED集成全色显示芯片,通过在n型氮化镓层的极性面和非极性面上同时生长多量子阱有源层以及使用红光波长转换材料,提供绿光、蓝光、红光微型LED发光单元,从而在同一晶圆上得到红绿蓝RGB模块,集成RGB像素单元,并将该结构倒装至集成电路控制板,实现全色显示。

[0016] 基于极性面和非极性面生长的微型LED集成全色显示芯片制备方法,其特征在于,步骤如下:

[0017] (1) 在衬底表面生长n型氮化镓层;

[0018] (2) 对n型氮化镓层进行图形化处理,形成微米凹槽;

[0019] (3) 在n型氮化镓层的极性面和非极性面上同时生长InGa_N/Ga_N多量子阱有源层,得到绿光和蓝光发光单元;

[0020] (4) 在多量子阱有源层上生长p型氮化镓层;

[0021] (5) 在每个像素单元中的一个蓝光发光单元凹槽中填充红光波长转换材料;

[0022] (6) 将绿光、蓝光、红光三个发光单元隔离;

[0023] (7) 刻蚀微型LED台面;

[0024] (8) 沉积绝缘层,在制备电极处刻蚀开孔;

[0025] (9) 沉积n型电极和p型电极,并退火形成欧姆接触;

[0026] (10) 将像素单元倒装结合至集成电路控制板。

[0027] 由上述对本发明的描述可知,与现有技术相比,本发明具有如下有益效果:本发明提供的基于极性面和非极性面生长的微型LED集成全色显示芯片及其制备方法,在材料生长层面,通过利用n型氮化镓层的极性面和非极性面同时进行多量子阱有源层(In_xGa_{1-x}N/GaN, $x=0.15-0.35$)的生长,在极性面上外延的多量子阱有源层发出绿光,作为绿光微型LED发光单元,在非极性面上外延的多量子阱有源层,其生长速率低于极性面,外延的多量子阱阱宽变窄,致使其发光波长蓝移,可发出蓝光,作为蓝光微型LED发光单元。通过对于多量子阱有源层生长条件的操控,直接集成绿光微型LED发光单元和蓝光微型LED发光单元,再者,将红光波长转换材料填充于蓝光微型LED发光单元中,通过蓝光微型LED发光单元对红光量子点进行泵浦,使红光量子点发出红光,将蓝光转换为红光,得到红光微型LED发光单元,从而集成RGB像素单元,以实现全色显示。

[0028] 本发明提供的基于极性面和非极性面生长的微型LED集成全色显示芯片及其制备方法,避免了使用多个颜色的微型LED集成转移的问题,制备工艺简单,易于生产。

附图说明

[0029] 图1为本发明实施例的一种基于极性面和非极性面生长的微型LED集成全色显示芯片制备方法的步骤1示意图。

[0030] 图2为本发明实施例的一种基于极性面和非极性面生长的微型LED集成全色显示芯片制备方法的步骤2示意图。

[0031] 图3为本发明实施例的一种基于极性面和非极性面生长的微型LED集成全色显示芯片制备方法的步骤3示意图。

[0032] 图4为本发明实施例的一种基于极性面和非极性面生长的微型LED集成全色显示芯片制备方法的步骤4示意图。

[0033] 图5为本发明实施例的一种基于极性面和非极性面生长的微型LED集成全色显示芯片制备方法的步骤5示意图。

[0034] 图6为本发明实施例的一种基于极性面和非极性面生长的微型LED集成全色显示芯片制备方法的步骤6示意图。

[0035] 图7为本发明实施例的一种基于极性面和非极性面生长的微型LED集成全色显示芯片制备方法的步骤7示意图。

[0036] 图8为本发明实施例的一种基于极性面和非极性面生长的微型LED集成全色显示芯片制备方法的步骤8示意图。

[0037] 图9为本发明实施例的一种基于极性面和非极性面生长的微型LED集成全色显示芯片制备方法的步骤9示意图。

[0038] 在图1-图9中,各标记为:1表示衬底,2表示n型氮化镓层,3表示多量子阱有源层(其中3-1表示在n型氮化镓层的极性面上外延的绿光多量子阱有源层,3-2表示在n型氮化镓层的非极性面上外延的蓝光多量子阱有源层),4表示p型氮化镓层,5表示红光波长转换材料,6表示绝缘层,7表示n型电极,8表示p型电极。

具体实施方式

[0039] 以下通过具体实施方式对本发明作进一步的描述。本发明的各附图仅为示意以更容易了解本发明,其具体比例可依照设计需求进行调整。文中所描述的图形中相对元件的上下关系,在本领域技术人员应能理解是指构件的相对位置而言,对应的,以元件在上一面为正面、在下一面为背面以便于理解,因此皆可以翻转而呈现相同的构件,此皆应同属本说明书所揭露的范围。

[0040] 本发明的基于极性面和非极性面生长的微型LED集成全色显示芯片,其器件结构包括:衬底1,图形化n型氮化镓层2,多量子阱有源层3(在n型氮化镓层的极性面上外延的绿光多量子阱有源层3-1,在n型氮化镓层的非极性面上外延的蓝光多量子阱有源层3-2),p型氮化镓层4,红光波长转换材料5,绝缘层6,n型电极7和p型电极8。

[0041] 本发明所述的衬底1为蓝宝石衬底,或者硅衬底,或者碳化硅衬底,或者同质氮化镓衬底。

[0042] 本发明所述的图形化n型氮化镓层2,其形成的微米凹槽深度为500-2500纳米,长度为5-50微米,宽度为0.5-10微米,间距为20-200微米。

[0043] 本发明所述的多量子阱有源层3包括绿光多量子阱有源层3-1和蓝光多量子阱有

源层3-2,其中,在极性面上生长的 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}/\text{GaN}$ 绿光多量子阱有源层3-1为1-20个周期,其阱层和垒层的厚度分别为2-8nm和10-20nm,x值为0.15-0.35;在非极性面上生长的 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}/\text{GaN}$ 绿光多量子阱有源层3-2为1-20个周期,其阱层和垒层的厚度分别为1-5nm和10-20nm,x值为0.15-0.35。

[0044] 本发明所述的红光波长转换材料5包括量子点或钙钛矿或其它红光波长转换材料。

[0045] 本发明所述的绝缘层6包括二氧化硅、氮化硅等透明绝缘氧化物或氮化物。

[0046] 本实施例中,衬底1为蓝宝石衬底,红光波长转换材料5为CdSe/ZnS红光量子点,绝缘层6为二氧化硅绝缘层。

[0047] 本发明的基于极性面和非极性面生长的微型LED集成全色显示芯片及其制备方法,具体制备如下:

[0048] (1) 使用MOCVD方法在蓝宝石衬底1的(0001)面上生长n型氮化镓层,见图1;

[0049] (2) 对n型氮化镓层进行光刻处理,得到图形化的n型氮化镓层2,形成深度为500-2500纳米,长度为5-50微米,宽度为0.5-10微米,间距为20-200微米的微米凹槽,见图2;

[0050] (3) 使用MOCVD方法在图形化的n型氮化镓层3的极性面和非极性面上同时生长多量子阱有源层3(InGaN/GaN 多量子阱结构),其中,在极性面上外延的绿光多量子阱有源层3-1发出绿光,作为绿光发光单元,在非极性面上外延的蓝光多量子阱有源层3-2发出蓝光,作为蓝光发光单元,见图3;

[0051] (4) 使用MOCVD方法在多量子阱有源层3上生长p型氮化镓层4,见图4;

[0052] (5) 在每个像素单元中的一个蓝光发光单元凹槽中,使用喷墨打印法填充CdSe/ZnS红光量子点5,通过蓝光发光单元对其进行泵浦,使得发出红光,作为红光发光单元,见图5;

[0053] (6) 使用ICP-RIE刻蚀技术刻蚀,从p型氮化镓层4顶部刻蚀到蓝宝石衬底1的上表面,将绿光、蓝光、红光三个发光单元隔离,见图6;

[0054] (7) 使用ICP-RIE刻蚀技术刻蚀蓝光、绿光、红光三个微型LED发光单元台面,从p型氮化镓层4顶部刻蚀到n型氮化镓层2的上表面,见图7;

[0055] (8) 使用PECVD方法,在p型氮化镓层4顶部、n型氮化镓层2顶部以及两者的竖直连接面处沉积二氧化硅绝缘层6,并在n型氮化镓层2顶部开孔(开孔处用于形成n型电极7),和在p型氮化镓层4顶部开孔(开孔处用于形成p型电极8),见图8;

[0056] (9) 使用物理气相沉积磁控溅射工艺,在n型氮化镓层2上沉积n型电极7,在p型氮化镓层4上沉积p型电极8,并退火以形成n型、p型欧姆接触,见图9;

[0057] (10) 将像素单元倒装结合至集成电路控制板。

[0058] 上述仅为本发明的具体实施方式,但本发明的设计构思并不局限于此,凡利用此构思对本发明进行非实质性的改动,均应属于侵犯本发明保护范围的行为。

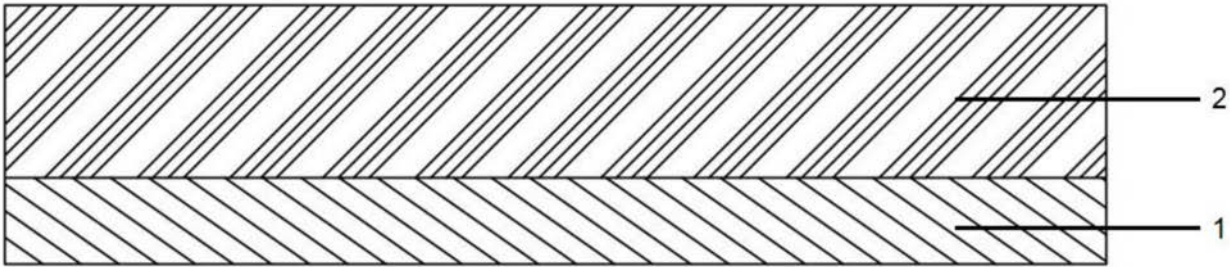


图1

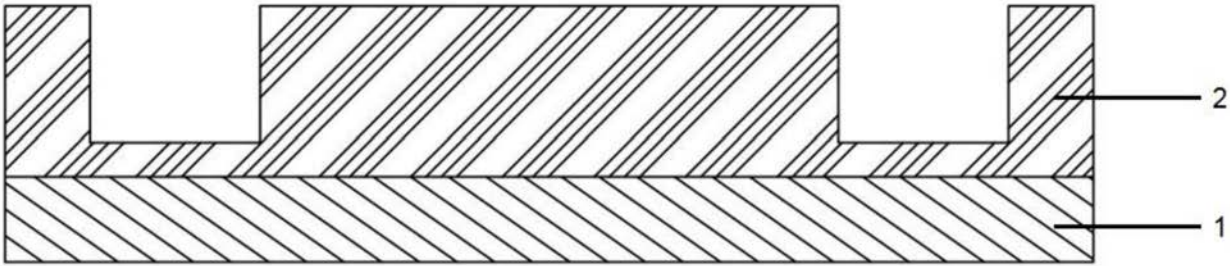


图2

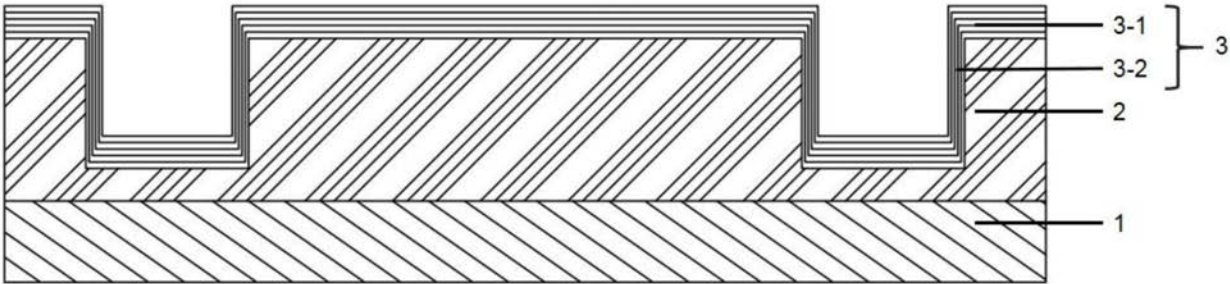


图3

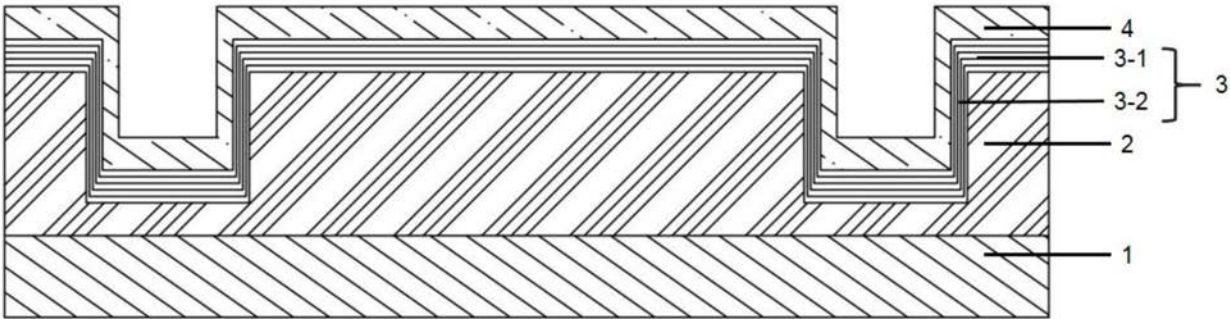


图4

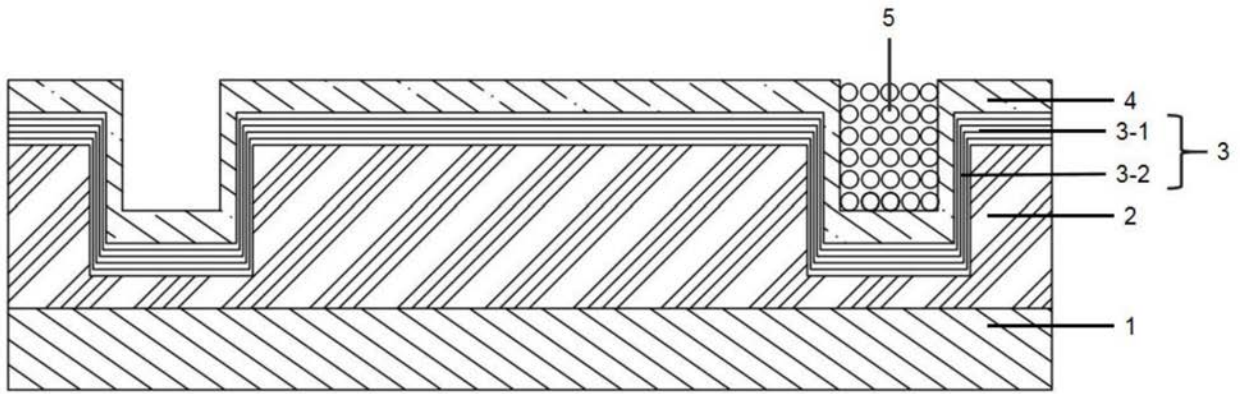


图5

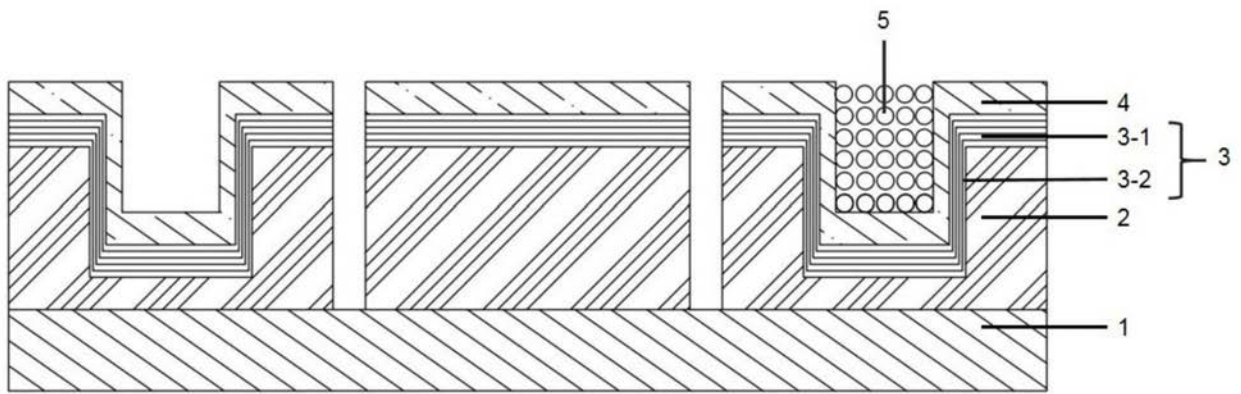


图6

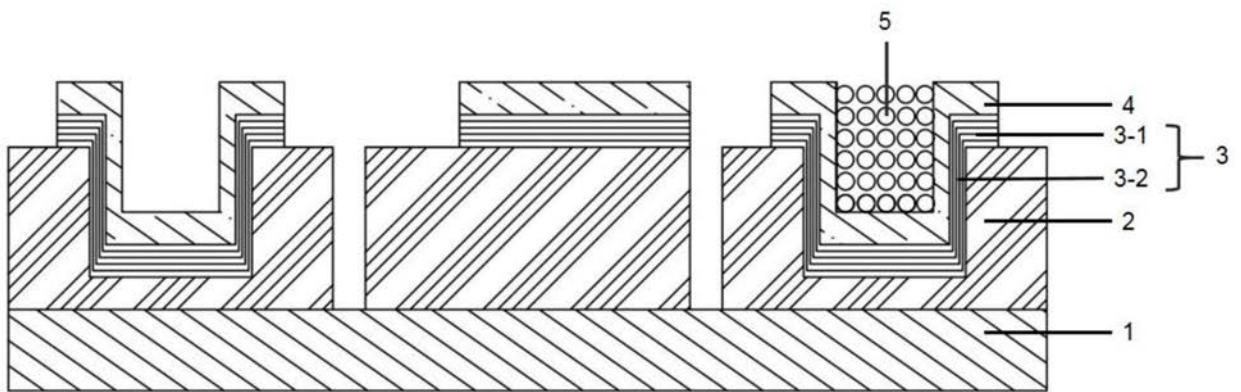


图7

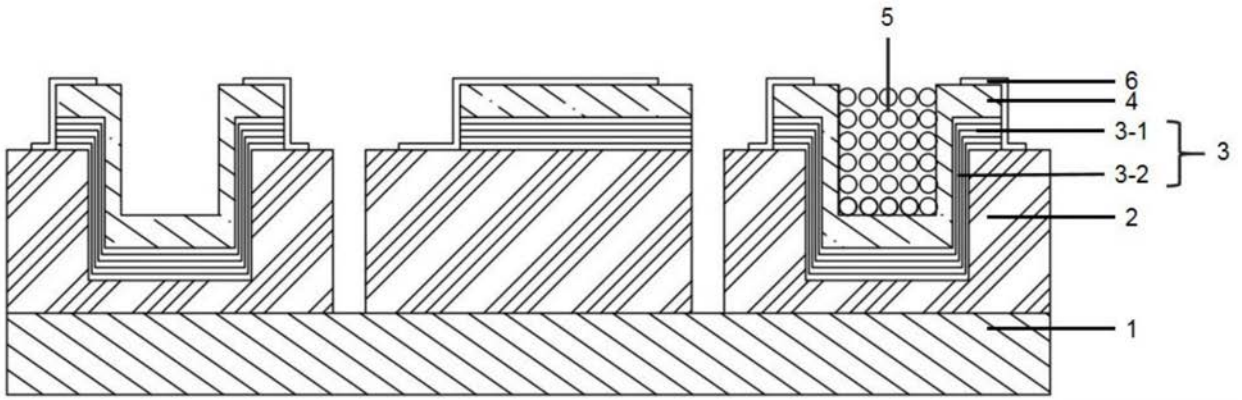


图8

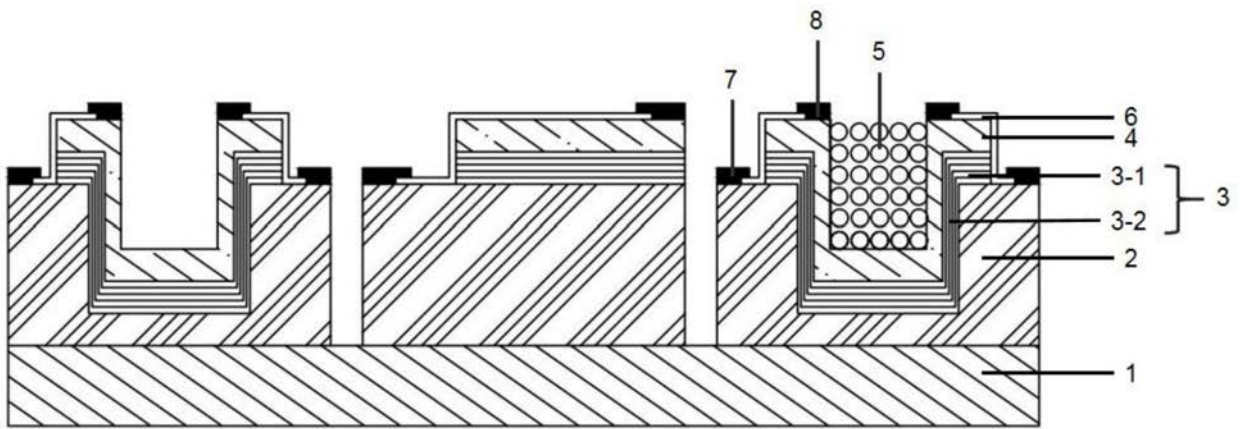


图9

专利名称(译)	基于极性面和非极性面生长的微型LED集成全色显示芯片及其制备方法		
公开(公告)号	CN110880522A	公开(公告)日	2020-03-13
申请号	CN201910972267.X	申请日	2019-10-14
[标]申请(专利权)人(译)	厦门大学		
申请(专利权)人(译)	厦门大学		
当前申请(专利权)人(译)	厦门大学		
[标]发明人	黄凯 黄长峰 李金钊 康俊勇		
发明人	黄凯 黄长峰 李金钊 康俊勇		
IPC分类号	H01L27/15 H01L33/00 H01L33/04 H01L33/32		
CPC分类号	H01L27/156 H01L33/04 H01L33/32		
代理人(译)	张松亭		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明公开了一种基于极性面和非极性面生长的微型LED集成全色显示芯片及其制备方法，其器件结构包括：衬底，图形化的n型氮化镓层，多量子阱有源层，p型氮化镓层，绝缘层，n型电极和p型电极，红光波长转换材料。在图形化的n型氮化镓层的极性面和非极性面上同时外延多量子阱有源层，分别获得绿光和蓝光微型LED发光单元。每个像素单元包含一个绿光微型LED发光单元和两个蓝光微型LED发光单元，通过使用红光波长转换材料将其中一个蓝光微型LED发光单元转换为红光微型LED发光单元，从而在同一晶圆上得到红绿蓝RGB模块，集成RGB像素单元，并将该结构倒装结合至集成电路控制板，实现全色显示。

