



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106229394 B

(45)授权公告日 2019.06.07

(21)申请号 201610910337.5

(22)申请日 2016.10.19

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 106229394 A

(43)申请公布日 2016.12.14

(73)专利权人 武汉华星光电技术有限公司  
地址 430070 湖北省武汉市东湖开发区高  
新大道666号生物城C5栋

(72)发明人 梁博 王威

(74)专利代理机构 深圳市威世博知识产权代理  
事务所(普通合伙) 44280

代理人 钟子敏

(51)Int.Cl.

H01L 33/00(2010.01)

H01L 33/20(2010.01)

(56)对比文件

CN 102544279 A,2012.07.04,  
CN 103035808 A,2013.04.10,  
CN 104112802 A,2014.10.22,  
US 2015/0325745 A1,2015.11.12,  
CN 105932121 A,2016.09.07,

审查员 罗晓雅

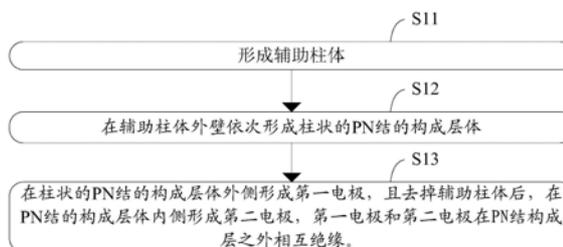
权利要求书1页 说明书5页 附图5页

(54)发明名称

微发光二极管及其制造方法和显示器

(57)摘要

本发明公开了一种微发光二极管及其制备方法  
和显示器,该方法包括:形成缓冲层柱体;在  
缓冲层柱体外壁依次形成PN结的构成层体;在PN  
结的构成层体外侧形成第一电极,且去掉缓冲层  
柱体后,在PN结的构成层体内侧形成第二电极,  
第一电极和第二电极在PN结的构成层之外相互  
绝缘。通过上述方法制成的微发光二极管为管状  
结构,管状微发光二极管结构能有效降低第一  
电极和第二电极之间经由PN结的构成层通路的  
阻抗,从而提高导电率,增加微发光二极管的发  
光效率;同时,其微米管/纳米管的结构增加了PN  
结的有效作用面积,增加电流密度,从而有效提  
高微发光二极管的发光效率,改善微发光二极管  
的单色性。



1. 一种微发光二极管的制备方法,其特征在于,包括:  
形成缓冲层柱体;  
在所述缓冲层柱体外壁依次形成PN结的构成层体;  
在所述PN结的构成层体外侧形成第一电极,且去掉所述缓冲层柱体后,在所述PN结的构成层体内侧形成第二电极,所述第一电极和第二电极在所述PN结的构成层之外相互绝缘。
2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述形成缓冲层柱体包括:  
提供一基底;  
在所述基底上沉积而形成第一缓冲层;  
对所述第一缓冲层的预定位置进行蚀刻,以在所述预定位置暴露出所述基底;  
在所述基底的所述预定位置处生长出中空微米管/纳米管,以得到所述缓冲层柱体。
3. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,所述基底是Si掺杂的n-GaN/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>基底,所述第一缓冲层是SiO<sub>2</sub>层。
4. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述缓冲层柱体是ZnO微米管/纳米管,所述在所述缓冲层柱体外壁依次形成PN结的构成层体包括:  
在所述ZnO微米管/纳米管外壁生长n-GaN层;  
在所述n-GaN层上沉积而形成第二缓冲层;  
对所述第二缓冲层进行蚀刻以暴露出一部分所述n-GaN层;  
在所述n-GaN层上依次形成多重量子阱层、p-GaN层。
5. 根据权利要求4所述的方法,其特征在于,所述在所述n-GaN层上依次形成多重量子阱层、p-GaN层过程中,在每两相邻层之间均进一步进行以下处理:  
形成第三缓冲层以覆盖遮挡较下层的结构;  
刻蚀掉一部分所述第三缓冲层。
6. 根据权利要求5所述的方法,其特征在于,所述多重量子阱层是 $\mu$ -In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N/ $\mu$ -GaN多重量子层,所述p-GaN是掺Mg的p-GaN层。
7. 根据权利要求4所述的方法,其特征在于,所述在n-GaN层上依次形成多重量子阱层、p-GaN层后包括:在惰性气体氛围中退火。
8. 根据权利要求1至7任一项所述的方法,其特征在于,所述在所述PN结的构成层体外侧形成第一电极包括:  
在所述基底及所述PN结的构成层体上涂布并固化PI液;  
将所述PN结的构成层体的上端的所述PI液蚀刻掉,暴露出所述PN结的构成层体;  
在所述基底及所述PN结的构成层体上沉积金属Ni/Au层和Ag层,以得到所述第一电极;  
所述去掉所述缓冲层柱体后,在所述PN结的构成层体内侧形成第二电极包括:  
去掉所述基底;  
刻蚀掉作为牺牲层的所述第一缓冲层和所述缓冲层柱体;  
将所述PN结的构成层体翻转,并沉积金属Ti/Au层和ITO层,以得到所述第二电极。

## 微发光二极管及其制造方法和显示器

### 技术领域

[0001] 本发明涉及半导体技术领域,尤其涉及一种微发光二极管及其制造方法和显示器。

### 背景技术

[0002] 微发光二极管(Micro LED)显示器的结构是微型化LED阵列,也就是将LED结构设计进行薄膜化、微小化与阵列化,将像素点距离从毫米级降低至微米级,同大尺度的户外LED显示屏一样,每一个像素可定址、单独驱动点亮;而与同样是自发光显示的OLED显示器相比,微发光二极管显示器还具有材料稳定性更好、寿命更长等优点。

[0003] 目前,微发光二极管发光单元有两种基本结构,平面结构和垂直结构,垂直结构的微发光二极管与平面结构的微发光二极管相比,可以提供更大发光面积,增加输出耦合效率。不过垂直结构的微发光二极管由于其复杂的几何结构,使得调节微发光二极管的颜色成为难点,且单色性容易变差。

### 发明内容

[0004] 本发明主要解决的技术问题是提供一种微发光二极管及其制造方法,能够增加发光效率和改善现有技术中单色性的问题。

[0005] 为了解决上述技术问题,本发明采用的第一个技术方案是:提供一种微发光二极管的制备方法,包括:形成缓冲层柱体;在缓冲层柱体外壁依次形成PN结的构成层体;在PN结的构成层体外侧形成第一电极,且去掉缓冲层柱体后,在PN结的构成层体内侧形成第二电极,第一电极和第二电极之间绝缘。

[0006] 其中,形成缓冲层柱体包括:提供一基底;在基底上沉积而形成第一缓冲层;对第一缓冲层的预定位置进行蚀刻,以在预定位置暴露出基底;在基底的预定位置处生长出缓冲层柱体。

[0007] 其中,基底是Si掺杂的n-GaN/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>基底,第一缓冲层是SiO<sub>2</sub>层。

[0008] 其中,缓冲层柱体是ZnO微米管/纳米管,在缓冲层柱体外壁依次形成PN结的构成层体包括:在ZnO微米管/纳米管外壁生长n-GaN层;在n-GaN层上沉积而形成第二缓冲层;对第二缓冲层进行蚀刻以暴露出一部分n-GaN层;在n-GaN层上依次形成多重量子阱层、p-GaN层。

[0009] 其中,在n-GaN层上依次形成多重量子阱层、p-GaN层过程中,在每两相邻层之间均进一步进行以下处理:形成第三缓冲层以覆盖遮挡较下层的结构;刻蚀掉一部分第三缓冲层。

[0010] 其中,多重量子阱层是 $\mu$ -In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N/ $\mu$ -GaN多重量子阱层,p-GaN 是掺Mg的p-GaN层。

[0011] 其中,在n-GaN层上依次形成多重量子阱层、p-GaN层后包括:在惰性气体氛围中退火。

[0012] 其中,在PN结的构成层体外侧形成第一电极包括:在基底及PN结的构成层体上涂布并固化PI液;将PN结的构成层体的上端的PI液蚀刻掉,暴露出PN结的构成层体;在基底及PN结的构成层体上沉积金属Ni/Au层和Ag层,以得到第一电极。

[0013] 去掉缓冲层柱体后,在PN结的构成层体内侧形成第二电极包括:去掉基底;刻蚀掉作为牺牲层的第一缓冲层和缓冲层柱体;将PN结的构成层体翻转,并沉积金属Ti/Au层和ITO层,以得到第二电极。

[0014] 为解决上述技术问题,本发明采用的第二个技术方案是:提供一种微发光二极管,包括:第一电极和套设于第一电极的第二电极,且第一电极和第二电极之间绝缘;填充于第一电极和第二电极之间的PN结的构成层体。

[0015] 其中,PN结的构成层体进一步包括:由内向外依次生长的n-GaN层、多重量子阱层、p-GaN层。

[0016] 为解决上述技术问题,本发明采用的第三个技术方案是:提供一种微发光二极管显示器,包括:如上所述的微发光二极管。

[0017] 本发明的有益效果是:通过在缓冲层柱体外壁依次形成PN结的构成层体后,在PN结的构成层体外侧形成第一电极,且去掉缓冲层柱体后在PN结的构成层体内侧形成第二电极,第一电极和第二电极在PN结的构成层之外相互绝缘,其制成的微发光二极管为管状结构。管状微发光二极管结构能有效降低第一电极和第二电极之间经由PN结的构成层通路的阻抗,从而提高导电率,增加微发光二极管的发光效率;同时,其微米管/纳米管的结构增加了PN结的有效作用面积,增加电流密度,从而有效提高微发光二极管的发光效率,改善微发光二极管的单色性。

## 附图说明

[0018] 图1是本发明微发光二极管制造方法第一实施例的流程示意图;

[0019] 图2是图1中步骤S11的流程示意图;

[0020] 图3是图1中步骤S12的流程示意图;

[0021] 图4是图1中步骤S13的流程示意图;

[0022] 图5是图4中步骤S130的流程示意图;

[0023] 图6是图4中步骤S131的流程示意图;

[0024] 图7是本发明微发光二极管制造方法第二实施例的流程示意图;

[0025] 图8是本发明微发光二极管一实施例的结构示意图;

[0026] 图9是本发明微发光二极管显示器的结构示意图。

## 具体实施方式

[0027] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述。

[0028] 如图1所示,本发明微发光二极管第一实施例的流程示意图,包括:

[0029] S11:形成缓冲层柱体。

[0030] 采用低温生长或蚀刻等方式形成缓冲层柱体。其中,缓冲层柱体既能有效解决基底材料和n-GaN层材料之间晶格常数和热膨胀系数失配造成的困难,同时,也能为形成PN结

的构成层体起到辅助支撑的作用。

[0031] S12:在缓冲层柱体外壁依次形成PN结的构成层体。

[0032] 通过MOCVD (Metal-organic Chemical Vapor Deposition,金属有机化合物化学气相沉淀)等方式在缓冲层柱体外壁依次形成PN结的构成层体,层体包围缓冲层柱体。

[0033] S13:在PN结的构成层体外侧形成第一电极,且去掉缓冲层柱体后,在PN结的构成层体内侧形成第二电极,第一电极和第二电极之间绝缘。

[0034] 可以看出,本实施例通过在缓冲层柱体外壁依次形成PN结的构成层体后,在PN结的构成层体外侧形成第一电极,且去掉缓冲层柱体后在PN结的构成层体内侧形成第二电极,第一电极和第二电极在PN结的构成层之外相互绝缘,其制成的微发光二极管为管状结构。管状微发光二极管结构能有效降低第一电极和第二电极之间经由PN结的构成层通路的阻抗,从而提高导电率,增加微发光二极管的发光效率;同时,其微米管/纳米管的结构增加了PN结的有效作用面积,增加电流密度,从而有效提高微发光二极管的发光效率,改善微发光二极管的单色性。

[0035] 如图2所示,在具体实施例中,图1中步骤11的流程包括:

[0036] S110:提供一基底。基底材料可以是蓝宝石( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )、硅(Si)或者碳化硅(SiC),优选地,使用Si掺杂的n-GaN/ $\text{Al}_2\text{O}_3$ 作为MOVPE (Metal-organic Vapor-phase Epitaxy)基底。

[0037] S111:在基底上沉积而形成第一缓冲层。第一缓冲层是 $\text{SiO}_2$ 层,通过PECVD (Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition,等离子体增强化学气相沉积法)在Si掺杂的n-GaN/ $\text{Al}_2\text{O}_3$ 基底上沉积而形成 $\text{SiO}_2$ 层,在一应用例中, $\text{SiO}_2$ 层的厚度可以为50~200nm,例如100nm。

[0038] S112:对第一缓冲层的预定位置进行蚀刻,以在预定位置暴露出基底。通过匀胶、曝光、显影、刻蚀等方式制作出所需的 $\text{SiO}_2$ 图案,以供在特定位置生长缓冲层柱体,其中图案形状可根据后续所需生长的缓冲层柱体形状面设定,具体不作限制。

[0039] S113:在基底的预定位置处生长出缓冲层柱体。缓冲层柱体材料可以是AlN(氮化铝)、GaN(氮化镓)、SiC(碳化硅)和ZnO(氧化锌),优选地,缓冲层柱体是ZnO微米管/纳米管。通过PVD (Physical Vapor Deposition,物理气相沉积)等方式在基底的预定位置生长ZnO微米管/纳米管,且多个ZnO微米管/纳米管结构间相互间隔设置,其中ZnO微米管/纳米管结构形状与 $\text{SiO}_2$ 图案的形状相同。在一应用例中,多个ZnO微米管/纳米管结构可为周期性点阵结构,实现多个ZnO微米管/纳米管结构的均匀设置,保证多个ZnO微米管/纳米管结构分布的均匀,从而保证微发光二极管的出光均匀。

[0040] 如图3所示,在具体实施例中,图1中步骤12包括:

[0041] S120:在ZnO微米管/纳米管外壁生长n-GaN层。通过MOCVD (Metal-organic Chemical Vapor Deposition,金属有机化合物化学气象沉淀)等方式在ZnO微米管/纳米管外壁生长n-GaN层。

[0042] S121:在n-GaN层上沉积而形成第二缓冲层;对第二缓冲层进行蚀刻以露出一部分n-GaN层。在n-GaN层上沉积而形成第二缓冲层包括:在n-GaN层上沉积一定厚度的 $\text{SiO}_2$ ,在一应用例中,厚度可以为50~200nm,例如为50nm,并将上面一部分 $\text{SiO}_2$ 刻蚀,露出一部分n-GaN;用一定厚度的PMMA (polymethyl methacrylate,聚甲基丙烯酸甲酯,俗称有机玻璃)覆盖遮挡ZnO/n-GaN/ $\text{SiO}_2$ ,在一应用例中,PMMA的厚度为1 $\mu\text{m}$ ,刻蚀掉上面一部分PMMA。

其中, SiO<sub>2</sub>层和PMMA层起掩模的作用, 蚀刻后只遮挡一部分n-GaN层, 不保留在最终微发光二极管结构中。多重量子阱层、p-GaN层依次形成于n-GaN层暴露的部分上。

[0043] S122: 在n-GaN层上依次形成多重量子阱层、p-GaN层。通过 MOCVD在n-GaN层上依次形成多重量子阱层、p-GaN层过程中, 在每两相邻层之间均进一步进行以下处理: 形成第三缓冲层以覆盖遮挡较下层的结构; 刻蚀掉一部分第三缓冲层, 以在多重量子阱层暴露的部分上形成p-GaN层。

[0044] 在本实施例中, 第一缓冲层、第二缓冲层和第三缓冲层使得由内而外形成的n-GaN/多重量子阱层/p-GaN层所暴露出的高度不同。

[0045] 其中, MQWs是 $\mu$ -In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N/ $\mu$ -GaN MQWs, p-GaN是掺Mg的 p-GaN层。在n-GaN层上依次形成MQWs、p-GaN层后包括: 在惰性气体氛围中退火, 如: 氮气。

[0046] 如图4所示, 在具体实施例中, 图1中步骤13包括:

[0047] S130: 在PN结的构成层体外侧形成第一电极。

[0048] S131: 去掉缓冲层柱体后, 在PN结的构成层体内侧形成第二电极。其中, 第一电极为沉积的金属Ni/Au层和Ag层, 第二电极为沉积的金属Ti/Au层和ITO层。

[0049] 如图5所示, 在具体实施例中, 图4中步骤S130进一步包括:

[0050] S1300: 在基底及PN结的构成层体上涂布并固化PI液。在基底及 PN结的构成层体上涂布PI (Polyimide, 聚酰亚胺) 液并使其固化, 用于隔绝PN结的构成层体外侧形成第一电极和PN结的构成层体内侧形成第二电极, 使第一电极和第二电极绝缘, 且起到固定的作用, 从而控制微发光二极管光的方向。

[0051] S1301: 将PN结的构成层体的上端的PI液蚀刻掉, 暴露出PN结的构成层体。

[0052] S1302: 在基底及PN结的构成层体上沉积金属Ni/Au层和Ag层, 以得到第一电极。在一实施例中, 金属Ni/Au层的厚度可以为5~20nm, 例如10nm, Ag层的厚度为几个微米。

[0053] 如图6所示, 在具体实施例中, 图4中步骤S131进一步包括:

[0054] S1310: 去掉基底。

[0055] S1311: 刻蚀掉作为牺牲层的第一缓冲层和缓冲层柱体。从而形成中空的ZnO微米管/纳米管结构。

[0056] S1312: 将PN结的构成层体翻转, 并沉积金属Ti/Au层和ITO层, 以得到第二电极。在一应用例中, 金属Ti/Au层的厚度为2~5nm, ITO 层的厚度为800~1200nm。

[0057] 上述说明中各层的厚度、各层的沉积方式以及金属电极层材料仅为示例, 实际应用可根据需要决定。

[0058] 在其他实施例中, N型半导体层和P型半导体层材料可以是InGaN、AlGaInP、GaAlAs或其任一两者之间的组合, 但不仅限于此。

[0059] 通过上述实施例的实施, 在缓冲层柱体外壁依次形成PN结的构成层体后, 在PN结的构成层体外侧形成第一电极, 且去掉缓冲层柱体后在PN结的构成层体内侧形成第二电极, 从而制成具有金属电极与中空的微米管/纳米管结构的微发光二极管。微发光二极管利用中空的几何形貌制备金属电极, 有效降了金属电极间的阻抗, 从而提高导电率, 增加微发光二极管的发光效率; 同时, 其微米管/纳米管的结构增加了p-n结有效作用面积, 增高电流密度, 从而有效提高微发光二极管的发光效率, 改善微发光二极管单色性。

[0060] 如图7所示, 本发明微发光二极管制造方法的第二实施例的流程示意图, 包括:

- [0061] S71:提供一基底。
- [0062] S72:在基底上沉积而形成第一缓冲层。
- [0063] S73:对第一缓冲层的预定位置进行蚀刻,以在预定位置暴露出基底。
- [0064] S74:在基底的预定位置处生长出缓冲层柱体。
- [0065] S75:在缓冲层柱体外币生长n-GaN层。
- [0066] S76:在n-GaN层上依次形成多重量子阱层、p-GaN层。
- [0067] S77:在基底及PN结的构成层体上涂布并固化PI液,将PN结的构成层体的上端的PI液蚀刻掉,暴露出PN结的构成层体。
- [0068] S78:在基底及PN结的构成层体上形成第一电极。
- [0069] S79:去掉基底,刻蚀掉作为牺牲层的第一缓冲层和缓冲层柱体后,将PN结的构成层体翻转,在PN结的构成层体内侧形成第二电极。
- [0070] 本实施例中各层的材料、功能、厚度具体可参考本发明微发光二极管制造方法第一实施例中的描述,在此不再重复。其中,各层的厚度、各层的沉积方式以及金属电极层材料仅为示例,实际应用可根据需要决定。在其他实施例中,n型半导体层和p型半导体层材料可以是InGaN、AlGaInP、GaAlAs或其任一两者之间的组合,但不仅限于此。
- [0071] 如图8所示,本发明微发光二极管一实施例的结构示意图,包括:第一电极810、第二电极82、PI层83、PN结的构成层体84。
- [0072] 第二电极82套设于第一电极810;PI层83位于第二电极82的上方,使得第一电极810和第二电极82之间绝缘;PN结的构成层体84填充于第一电极810和第二电极82之间。
- [0073] 第一电极为沉积的金属Ti/Au层和ITO层;第二电极为金属Ni/Au 层820和Ag层821;PN结的构成层体84进一步包括由内而外依次生长n-GaN层840、多重量子阱层841、p-GaN层842。
- [0074] 本实施例中各层的材料、功能、厚度具体可参考本发明微发光二极管制造方法第一实施例中的描述,在此不再重复。其中,各层的厚度、大小及位置仅为示意,实际应用可根据需要决定。在其他实施例中,n 型半导体层和p型半导体层材料可以是InGaN、AlGaInP、GaAlAs或其任一两者之间的组合,但不仅限于此。
- [0075] 如图9所示,本发明微发光二极管显示器一实施例的结构示意图,包括:基板90;设置于基板90上的子像素区域91;设置于子像素区域 91内的微发光二极管92。
- [0076] 其中,子像素区域91阵列排布;微发光二极管92的结构如图8所示。
- [0077] 图中子像素区域91和微发光二极管92的大小以及相对位置关系仅为示意,实际应用可根据需要决定。
- [0078] 在此基础上,以上所述仅为本发明的实施例,并非因此限制本发明的专利范围,凡是利用本发明书及附图内容所作的等效结构或等效流程变换,例如各实施例之间技术特征的相互结合,或直接或间接运用在其他相关的技术领域,均同理包括在本发明的专利保护范围内。

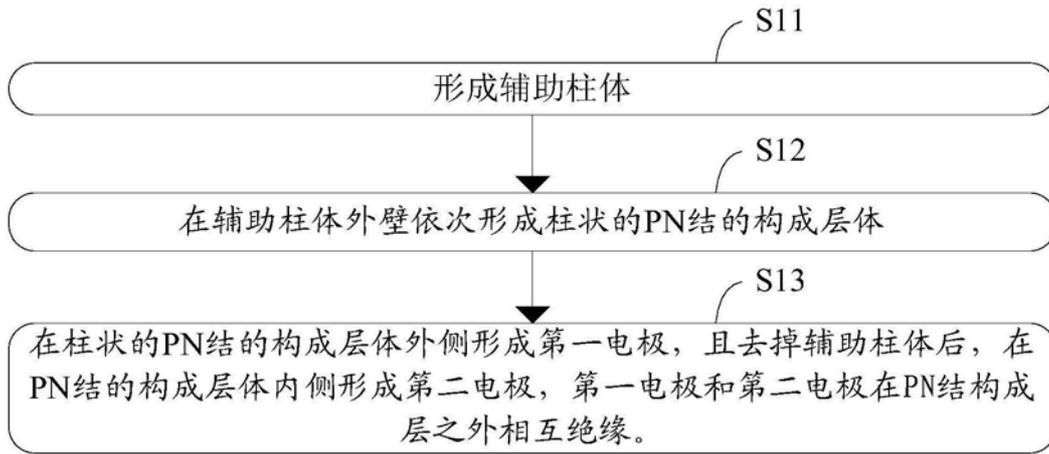


图1

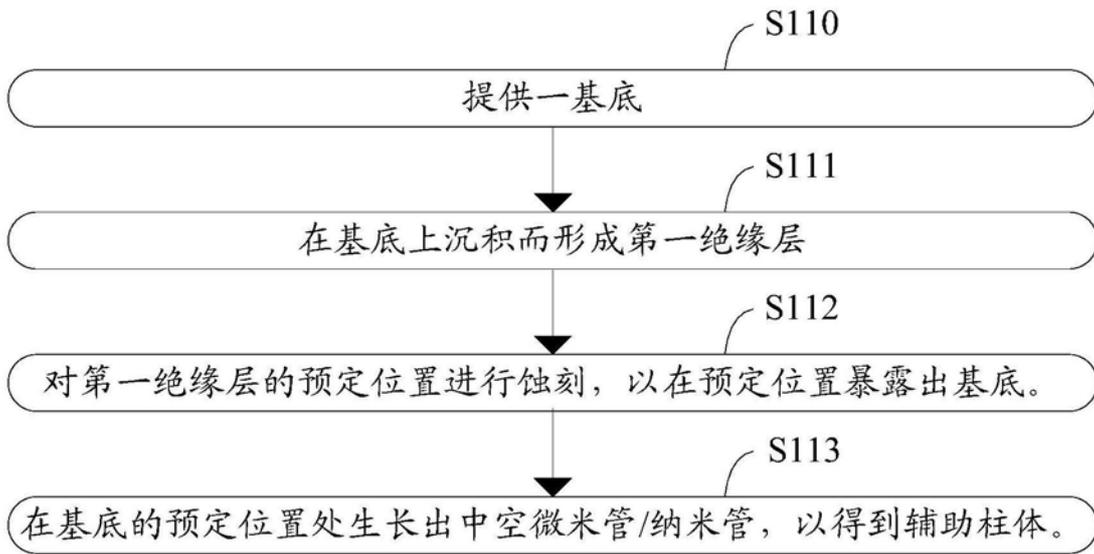


图2

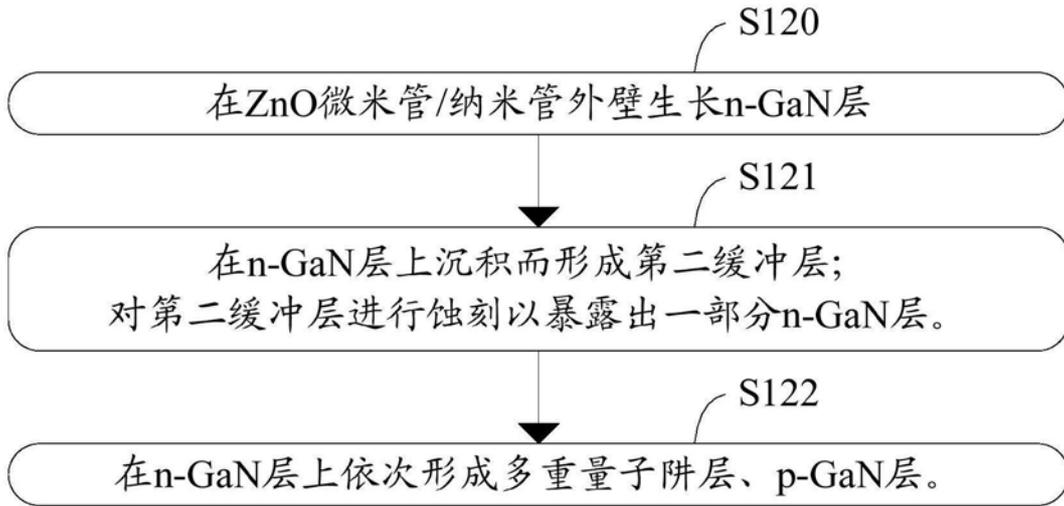


图3

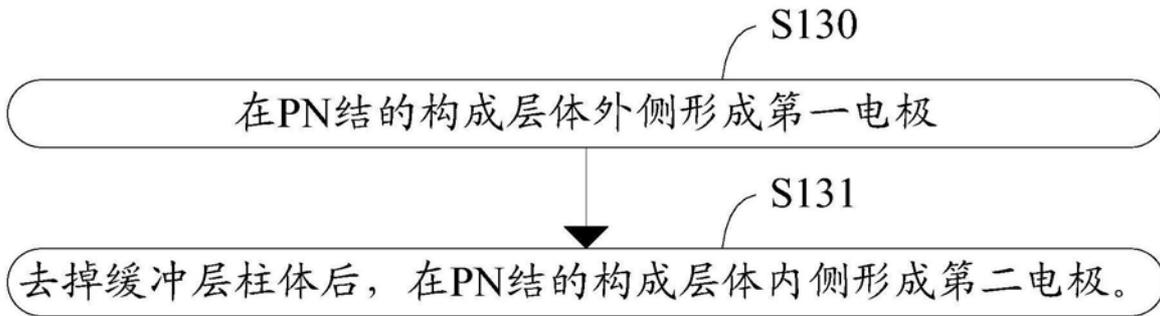


图4

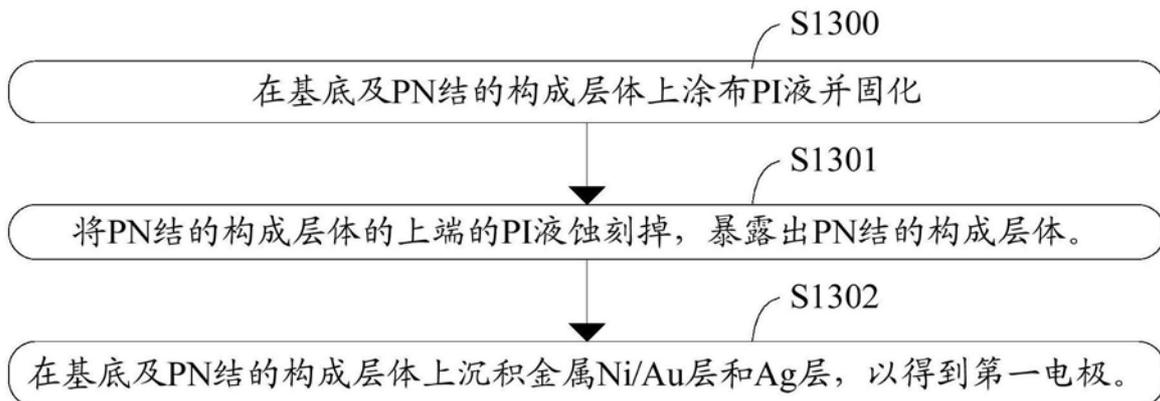


图5

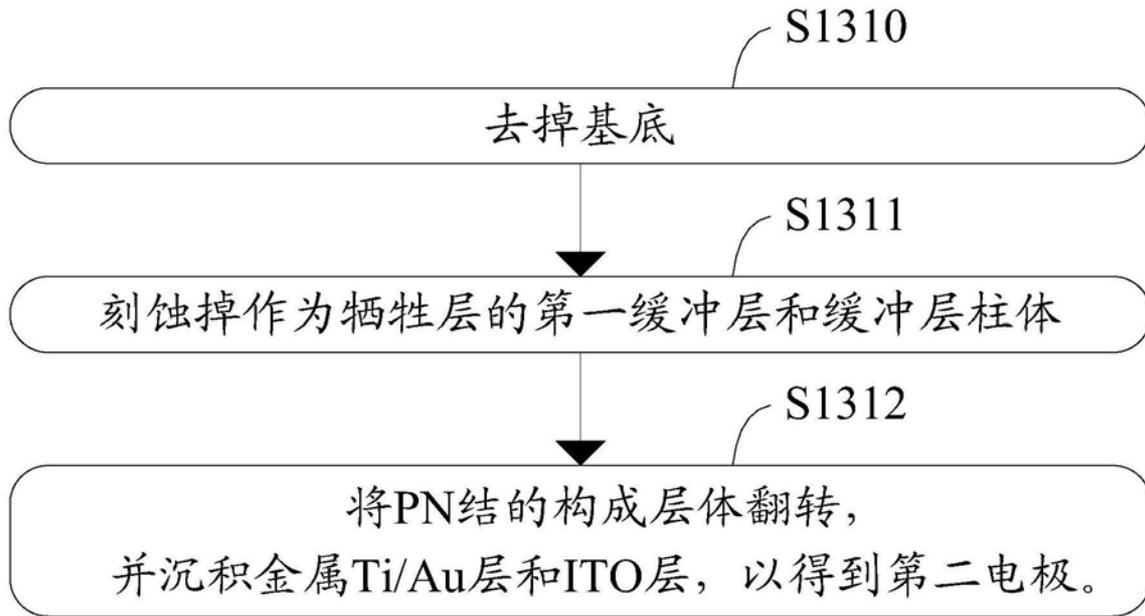


图6

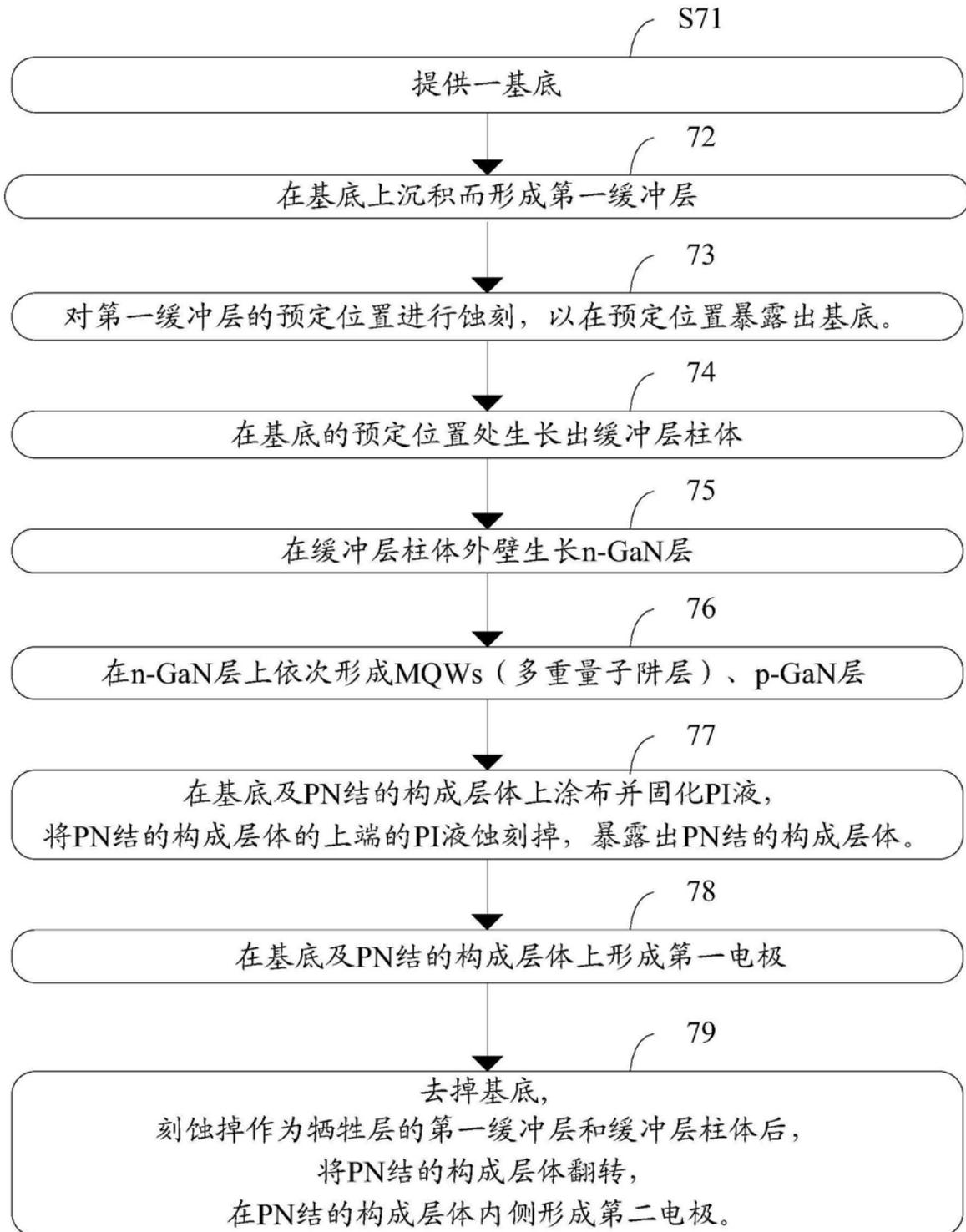


图7

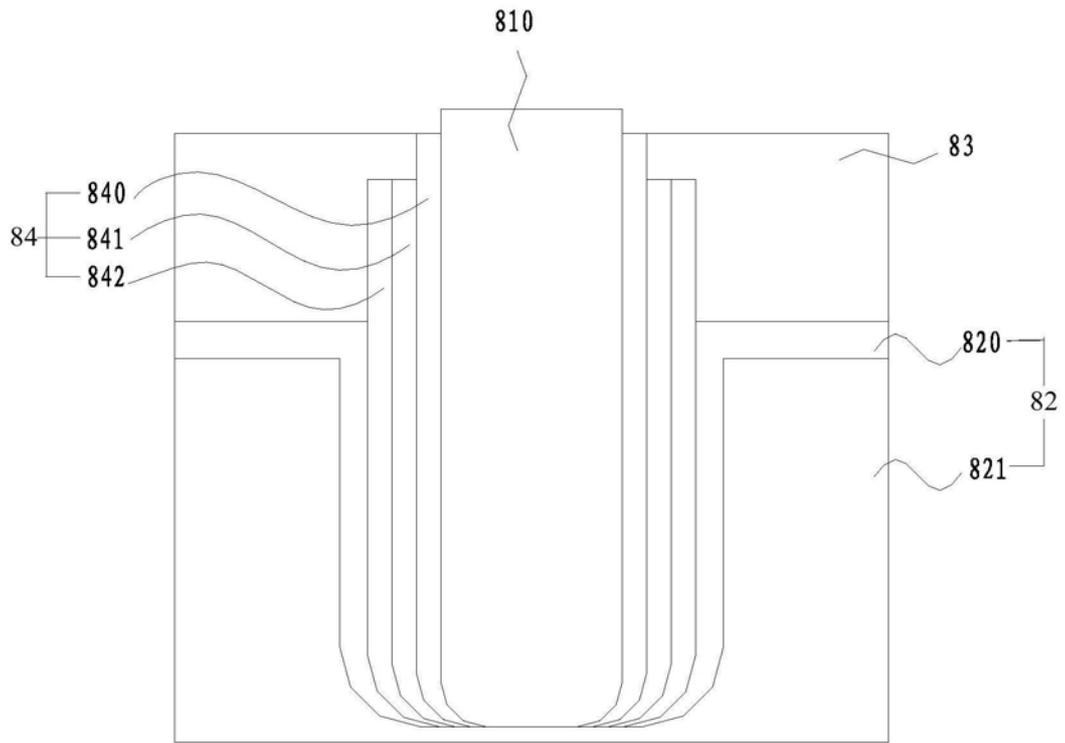


图8

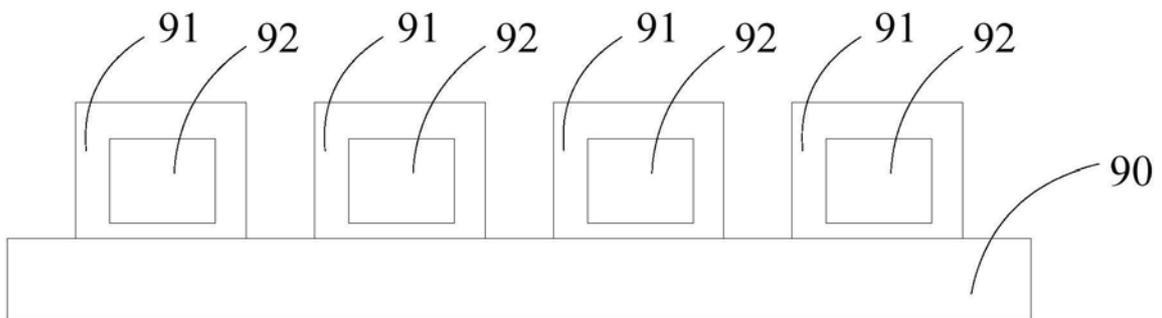


图9

|                |  |         |            |
|----------------|--|---------|------------|
| 专利名称(译)        | 微发光二极管及其制造方法和显示器   |         |            |
| 公开(公告)号        | <a href="#">CN106229394B</a>   | 公开(公告)日 | 2019-06-07 |
| 申请号            | CN201610910337.5   | 申请日     | 2016-10-19 |
| [标]申请(专利权)人(译) | 武汉华星光电技术有限公司   |         |            |
| 申请(专利权)人(译)    | 武汉华星光电技术有限公司   |         |            |
| 当前申请(专利权)人(译)  | 武汉华星光电技术有限公司   |         |            |
| [标]发明人         | 梁博<br>王威   |         |            |
| 发明人            | 梁博<br>王威   |         |            |
| IPC分类号         | H01L33/00 H01L33/20  |         |            |
| CPC分类号         | H01L33/007 H01L27/156 H01L33/06 H01L33/20 H01L33/24 H01L33/325 H01L33/42 |         |            |
| 审查员(译)         | 罗晓雅  |         |            |
| 其他公开文献         | CN106229394A   |         |            |
| 外部链接           | <a href="#">Espacenet</a> <a href="#">SIPO</a>                           |         |            |

摘要(译)

本发明公开了一种微发光二极管及其制备方法和显示器，该方法包括：形成缓冲层柱体；在缓冲层柱体外壁依次形成PN结的构成层体；在PN结的构成层体外侧形成第一电极，且去掉缓冲层柱体后，在PN结的构成层体内侧形成第二电极，第一电极和第二电极在PN结的构成层之外相互绝缘。通过上述方法制成的微发光二极管为管状结构，管状微发光二极管结构能有效降低第一电极和第二电极之间经由PN结的构成层通路的阻抗，从而提高导电率，增加微发光二极管的发光效率；同时，其微米管/纳米管的结构增加了PN结的有效作用面积，增加电流密度，从而有效提高微发光二极管的发光效率，改善微发光二极管的单色性。

