



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109979960 A

(43)申请公布日 2019.07.05

(21)申请号 201910341788.5

(22)申请日 2019.04.26

(71)申请人 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所

地址 130033 吉林省长春市东南湖大路3888号

(72)发明人 王惟彪 王家先 梁静秋 陶金  
李阳 赵永周 吕金光 秦余欣  
王浩冰

(74)专利代理机构 长春众邦菁华知识产权代理有限公司 22214

代理人 朱红玲

(51)Int.Cl.

H01L 27/15(2006.01)

H01L 33/50(2010.01)

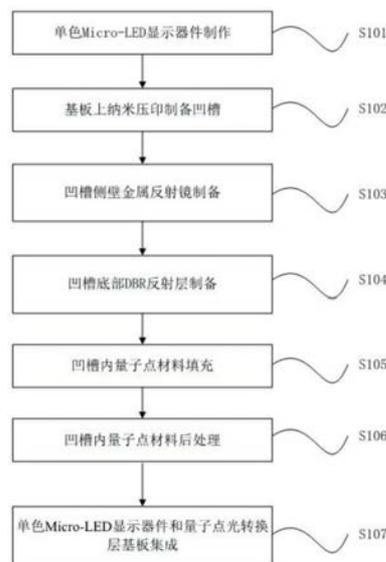
权利要求书2页 说明书5页 附图5页

## (54)发明名称

基于量子点光转换层的全彩Micro-LED显示器件的制作方法

## (57)摘要

基于量子点光转换层的全彩Micro-LED显示器件的制作方法,涉及显示器制备技术领域,解决现有量子点材料直接涂到Micro-LED表面,涂覆工艺完成后,相邻像素单元上方的量子点材料在低温热退火过程中会横向扩散,不同量子点材料的混合会造成严重的光串扰问题。光源阵列和量子点膜层紧密粘附在一起,存在难以分离的问题,通过将不同颜色的量子点材料分区涂覆到玻璃或聚合物基板不同位置处制备光转换层基板。将单色Micro-LED显示阵列与光转换基板粘合,实现Micro-LED的全彩显示。凹槽底部制备DBR反射镜抑制单色Micro-LED阵列光源出射,提高光源利用率。该法制备的全彩Micro-LED显示器件具备相邻像素光串扰少,激发光源利用率高,显示质量高的优点。



1. 基于量子点光转换层的全彩Micro-LED显示器件的制作方法,其特征是:该方法由以下步骤实现:

步骤一、选择单色Micro-LED阵列(3);提供基板,并在所述基板上制备凹槽阵列(5);所述凹槽阵列(5)中凹槽总数与单色Micro-LED阵列中Micro-LED芯片总数相同;

步骤二、在所述凹槽阵列(5)的每个凹槽侧壁蒸镀金属层(6),在每个凹槽底部镀膜制备DBR反射层(7);

步骤三、将红光量子点材料(8)按照每隔两列填充一列的方式填充到所述凹槽阵列(5)中的DBR反射层(7)上;

将绿光量子点材料(9)按照每隔两列填充一列的方式填充到所述凹槽阵列(5)中的DBR反射层(7)上;

步骤四、将量子点材料保护层(10)填充到所述凹槽阵列(5)中的每个凹槽内,获得量子点光转换层基板(16);

步骤五、将步骤四获得的量子点光转换层基板(16)倒扣于单色Micro-LED阵列(3)上方,制作完成全彩Micro-LED显示器件。

2. 根据权利要求1基于量子点光转换层的全彩Micro-LED显示器件的制作方法,其特征在于:步骤一中,所述单色Micro-LED阵列(3)的光源为蓝光。

3. 根据权利要求1基于量子点光转换层的全彩Micro-LED显示器件的制作方法,其特征在于:所述凹槽阵列(5)中每个凹槽的尺寸大于单色Micro-LED阵列(3)中单颗Micro-LED芯片的横向尺寸,每个凹槽的深度大于单颗Micro-LED芯片的高度。

4. 根据权利要求1基于量子点光转换层的全彩Micro-LED显示器件的制作方法,其特征在于:所述基板(4)为玻璃基板或聚合物基板,凹槽阵列(5)为采用刻蚀、纳米压印或借助Si模板倒模的方法制备。

5. 根据权利要求1基于量子点光转换层的全彩Micro-LED显示器件的制作方法,其特征在于:步骤二中,所述金属层(6)为金属材料Al或金属Ag材料;

采用碳颗粒掺杂的黑树脂制作的隔光黑矩阵材料替换金属层(6)。

6. 根据权利要求1基于量子点光转换层的全彩Micro-LED显示器件的制作方法,其特征在于:所述红光量子点材料(8)和绿光量子点材料(9)为量子点溶液、量子点粉末或量子点-聚合物粉末。

7. 根据权利要求1基于量子点光转换层的全彩Micro-LED显示器件的制作方法,其特征在于:

红光量子点材料(8)为CdSe、InP、ZnCuInS或钙钛矿量子点材料,采用的量子点材料为水相量子点或油相量子点;

绿光量子点材料(9)为CdSe、碳点、InP、ZnCuInS或钙钛矿量子点材料,采用的量子点材料为水相量子点或油相量子点。

8. 根据权利要求1基于量子点光转换层的全彩Micro-LED显示器件的制作方法,其特征在于:所述量子点材料保护层(10)采用聚合物材料旋涂或低温沉积SiO<sub>2</sub>进行封装。

9. 根据权利要求1基于量子点光转换层的全彩Micro-LED显示器件的制作方法,其特征在于:所述红光量子点材料(8)和绿光量子点材料(9)的填充通过转印、喷墨打印、雾化喷涂或旋涂的方式实现。

10. 根据权利要求1基于量子点光转换层的全彩Micro-LED显示器件的制作方法,其特征在于:步骤五中,量子点光转换层基板(16)和单色Micro-LED阵列(3)的集成采用显微镜对准,通过倒装焊设备压合。

## 基于量子点光转换层的全彩Micro-LED显示器件的制作方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及显示器制备技术领域，具体涉及一种基于量子点光转换层的全彩Micro-LED显示器件及其制作方法。

### 背景技术

[0002] Micro-LED是近年来随着微纳加工技术不断发展，传统LED进一步小型化的最新成果，传统LED的发光单元尺寸通常大于100 $\mu\text{m}$ ，而单颗Micro-LED的尺寸小于100 $\mu\text{m}$ 。Micro-LED显示器件就是在单片上集成高密度的像素发光单元所组成的二维阵列显示器件。Micro-LED显示器件对比LCD和OLED显示器件，其在功耗、使用寿命、响应度、可视角度上都具有优势，同时也具有优于LCD，接近OLED的显示质量。

[0003] 当前，单色Micro-LED显示器件的制作工艺研究有很多，制作工艺也较为成熟。全彩Micro-LED显示器件的制备当前主要有三种方式：三基色LED芯片拼装、荧光粉光转换层、三色投影。投影显示技术原理本身不适于平板显示，三基色拼装在巨量转移方面也面临巨大的难题。而借助量子点色转换层方案，是实现全彩显示的一种更便捷、可行的方法。

[0004] 量子点材料作为一种新型无机半导体纳米晶，具有发射光谱可调、宽激发光谱、窄半峰宽、光稳定性好、荧光产率高等优点。基于量子点材料优越的光致发光特性，将其作为光转换层材料，替代传统荧光粉，具有诸多优势。

[0005] 目前，基于Micro-LED和量子点材料制备显示器件的方法主要是直接采用喷墨打印和雾化喷涂的方式在Micro-LED芯片表面涂覆量子点材料，而相邻像素单元上方的量子点材料在低温热退火过程中会横向扩散，不同量子点材料的混合会造成严重的光串扰问题。涂覆工艺完成后，光源阵列就和量子点膜层紧密粘附在一起，难以分离。同时，量子点材料特性受温度和水汽影响很大，暴露在自然环境中时，量子点材料特性快速衰减。通用的量子点光转换材料平面打印后在实现后续封装处理时面临诸多工艺难题。

### 发明内容

[0006] 本发明为解决现有量子点材料直接涂到Micro-LED表面，涂覆工艺完成后，相邻像素单元上方的量子点材料在低温热退火过程中会横向扩散，不同量子点材料的混合造成严重的光串扰问题，光源阵列和量子点膜层紧密粘附难以分离的问题，提供一种基于量子点光转换层的全彩Micro-LED显示器件的制作方法。

[0007] 基于量子点光转换层的全彩Micro-LED显示器件的制作方法，该方法由以下步骤实现：

[0008] 步骤一、选择单色Micro-LED阵列；提供基板，并在所述基板上制备凹槽阵列；所述凹槽阵列中凹槽总数与单色Micro-LED阵列中Micro-LED芯片总数相同；

[0009] 步骤二、在所述凹槽阵列的每个凹槽侧壁蒸镀金属层，在每个凹槽底部镀膜制备DBR反射层；

[0010] 步骤三、将红光量子点材料按照每隔两列填充一列的方式填充到所述凹槽阵列中

的DBR反射层上；

[0011] 将绿光量子点材料按照每隔两列填充一列的方式填充到所述凹槽阵列中的DBR反射层上；

[0012] 步骤四、将量子点材料保护层填充到所述凹槽阵列中的每个凹槽内，获得量子点光转换层基板；

[0013] 步骤五、将步骤四获得的量子点光转换层基板倒扣于单色Micro-LED阵列上方，制作完成全彩Micro-LED显示器件。

[0014] 本发明的有益效果：

[0015] 本发明所述的全彩Micro-LED显示器件的制备方法，采用雾化喷涂或模板转印的方式将量子点材料涂覆于基板上均匀排布的凹槽内，主要具有以下优势：采用雾化喷涂和模板转印的方式都能够保证量子点的均匀性。同时，本发明对各凹槽内填充量子点材料的方式没有特殊要求，能够实现凹槽内量子点材料的精准涂覆即可。

[0016] 本发明设计制备的基板上均匀排布凹槽，凹槽内部填充不同颜色量子点材料，凹槽侧壁制备金属反射层，凹槽底部蒸镀分布布拉格反射层，既避免了不同量子点之间组分的交联，也抑制了相邻像素发光单元之间的光串扰，有效地提高彩色化显示质量。

[0017] 本发明所述的全彩Micro-LED显示器件的制备方法，通过将量子点材料制备于基板上，量子点材料未和阵列光源直接接触，将基板和单色Micro-LED阵列的背板对准压合即可制备得到全彩Micro-LED阵列光源。基板表面经过镀膜工艺处理，对不同色光有不同的透过率和反射率，提高了激发光源的利用率，也进一步滤除了部分对人眼有害光谱成分。同时，单色Micro-LED显示阵列背板与光转换基板粘合，光转换层基板也易于和光源基板分离，考虑到无机半导体阵列光源使用寿命远大于量子点光转换层材料，光源基本可以重复使用，因此，本发明可以降低全彩Micro-LED显示器件的成本。

## 附图说明

[0018] 图1为本发明所述的基于量子点光转换层的全彩Micro-LED显示器件的制作方法的流程图；

[0019] 图2为本发明所述的基于量子点光转换层的全彩Micro-LED显示器件的制作方法中单色Micro-LED制备简图，其中，图2a为外延片与背板键合的示意图，图2b为单色Micro-LED阵列剖面图，图2c为单色Micro-LED阵列俯视图。

[0020] 图3中图3a至图3g本发明所述的基于量子点光转换层的全彩Micro-LED显示器件的制作方法中制作基板的简图，其中，图3a为基板的结构示意图，图3b为在基板上制作凹槽阵列的示意图；图3c为金属层的示意图，图3d为DBR反射层的示意图，图3e为填充红光量子点材料的示意图，图3f为填充绿光量子点材料的示意图，图3g为填充量子点材料保护层的示意图；

[0021] 图4为采用本发明所述的基于量子点光转换层的全彩Micro-LED显示器件的制作方法，制作的全彩Micro-LED显示器件的剖面图；

[0022] 图5为量子点雾化喷涂设备工作原理示意图。

[0023] 图中：1、Si基CMOS有源驱动背板；2、GaN基LED外延片；3、单色Micro-LED阵列；4、基板；5、凹槽阵列；6、金属层；7、DBR反射层；8、红光量子点材料；9、绿光量子点材料；10、量子

点材料保护层;11、超声波发生器;12、N<sub>2</sub>源;13、超精细喷嘴;14、六轴精密步进电机;15、玻璃管或橡胶空心管;16、量子点光转换层基板;17、蓝宝石衬底。

### 具体实施方式

[0024] 以下将结合实施例和附图对本发明的构思、具体结构及产生的技术效果进行清楚、完整地描述,以充分地理解本发明的目的、特征和效果。显然,所描述的实施例只是本发明的一部分实施例,而不是全部实施例,基于本发明的实施例,本领域的技术人员在不付出创造性劳动的前提下所获得的其他实施例,均属于本发明保护的范围。

[0025] 具体实施方式一、结合图1至图4说明本实施方式,基于量子点光转换层的全彩Micro-LED显示器件的制作方法,该方法由以下步骤实现:

[0026] 步骤S101:提供蓝宝石衬底17的蓝光LED外延片、Si基CMOS无源驱动背板,单色Micro-LED显示器件制作;

[0027] 结合图2a,将蓝宝石衬底17的GaN基LED外延片2和Si基CMOS有源驱动背板1晶圆级键合后,激光剥离蓝宝石衬底17后,采用ICP刻蚀等技术制备出单像素可独立定址驱动的单色Micro-LED阵列3,图2b为单色Micro-LED阵列剖面图,图2c为单色Micro-LED阵列俯视图。

[0028] 所述单色Micro-LED阵列3的制备,也可采用转印工艺制备。将单颗蓝光Micro-LED芯粒采用转印的方法,逐颗依次或批量数次焊接到Si基CMOS有源驱动背板1上,采用磁控溅射、蒸镀、光刻等工艺制备公共端接地电极,制备出单像素可独立定址驱动的单色Micro-LED阵列3,制备好的单色Micro-LED阵列剖面图如图2b所示,Si基CMOS有源驱动背板1上的Micro-LED俯视图如图2c所示。

[0029] 步骤S102:提供基板,基板上纳米压印制备凹槽。

[0030] 结合图3,在基板4(如图3a)上依次制备出凹槽阵列5,如图3b;反光金属膜层6,如图3c;分布布拉格(DBR)反射层7,如图3d;红光量子点材料8,如图3e;绿光量子点材料9,如图3f;量子点保护层材料10,如图3g;所述反光金属膜层6与DBR反射层7在制备流程上无严格先后顺序。红光量子点材料8与绿光量子点材料9在分区涂覆流程上无严格先后顺序。其中,凹槽阵列5最先制备,量子点保护层材料10最后制备。

[0031] 结合图3b,所述制备的凹槽阵列5是二维凹槽阵列,二维凹槽阵列总数目与单色Micro-LED阵列3中LED单元数目相同,单色Micro-LED阵列3可以对应嵌入凹槽阵列5,如图4。

[0032] 结合图3a,所述基板4的材料为石英玻璃或其他玻璃或透明聚合物材料,当基板4材质为石英时,凹槽阵列5可采用倒模技术制备。当基板4材质为聚合物PMMA、PDMS等,采用金属纳米压印在聚合物材料表面压印出凹槽阵列5,也可采用倒模技术制备。凹槽阵列5的长宽尺寸大于单颗Micro-LED的横向尺寸,保证单颗Micro-LED像素可以嵌入凹槽阵列5,凹槽阵列5的深度比单颗Micro-LED的高度大,凹槽深度具体数值大于单颗Micro-LED、分布布拉格反射层7、红光量子点材料8、绿光量子点材料9、量子点保护层材料10的总厚度。

[0033] 步骤S103:提供磁控溅射设备,蒸镀金属反射镜。

[0034] 结合图3c,所述反光金属层6的材料为Al、Ag等。反光金属层6的材料也可以是挡光黑矩阵聚合物材料,以实现抑制相邻像素发光单元之间的光串扰,提高微阵列显示质量。具体而言,优选的是反光金属层6,反光金属层6也可以替换为碳颗粒掺杂的黑树脂制作的隔

光黑矩阵材料。

[0035] 步骤S104:提供镀膜设备,制备DBR反射层。

[0036] 结合图3d,所述基板凹槽阵列5凹槽底部DBR反射层7的制备采用镀膜工艺实现,凹槽底部DBR反射层7抑制了单色Micro-LED阵列光源3的蓝光出射,DBR反射层7对蓝光反射率高,透过率低,DBR反射层7对红光、绿光反射率低,透射率高。相邻凹槽内部蒸镀的DBR反射层7的材料组份、厚度可能不同,也可能不同。

[0037] 步骤S105:提供量子点材料、雾化喷涂设备或转印设备、将所述量子点材料填充到凹槽内。

[0038] 结合图3e,所述红光量子点材料8的分区涂覆采用两种方式实现,第一种为图4中的雾化喷涂方式,第二种为转印方式。所述红光量子点材料以传统的CdSe量子点为主,也可以是InP、ZnCuInS或钙钛矿等新式红光量子点材料。所述红光量子点材料为水相量子点或油相量子点材料。所述红光量子点材料8的转印或喷涂遵循列喷涂的原则,即每一列喷涂相同的红光量子点材料8。红光量子点材料8在平面凹槽阵列5中每隔两列喷涂或转印一列。

[0039] 结合图3f,所述绿光量子点材料9的分区涂覆采用两种方式实现,第一种为图4中的雾化喷涂方式,第二种为转印方式。所述绿光量子点材料以传统的CdSe量子点为主,也可以是碳点、InP、ZnCuInS或钙钛矿等新式绿光量子点材料。所述绿光量子点材料为水相量子点或油相量子点。所述绿光量子点材料9转印或喷涂时遵循列喷涂的原则,即每一列喷涂相同的绿光量子点材料9。绿光量子点材料9在基板凹槽阵列5中每隔两列喷涂或转印一列。

[0040] 结合图3f,所述红光量子点材料8和绿光量子点材料9喷涂或转印完成后,采用低温热蒸发的方式处理,使溶剂挥发,得到量子点固体颗粒。

[0041] 步骤S106:在每个凹槽内填充量子点保护层材料。

[0042] 结合图3g,所述量子点材料保护层10采用聚合物材料旋涂或低温沉积SiO<sub>2</sub>进行封装,实现量子点材料对水汽、氧气的隔离,保证量子点材料的高质量光致发光特性和长寿命。

[0043] 步骤S107:将所述单色Micro-LED显示器件和量子点光转换层基板对齐并结合,完成显示器件制备。

[0044] 结合图4,图4中为Si基CMOS有源驱动背板1、GaN基单色Micro-LED阵列3和量子点光转换层基板16集成后示意图。所述量子点光转换层基板16和单色Micro-LED阵列光源3的集成借助对准、压合设备实现,比如倒装焊设备、金相显微镜等,无需热处理工艺,实现单色Micro-LED阵列光源3、量子点光转换层基板16对准嵌合,当所述基板凹槽阵列5材料为聚合物时,低温热压,实现凹槽阵列5与单色Micro-LED阵列光源3的良好结合。当基板凹槽阵列5材料为玻璃时,在凹槽阵列5的四周喷涂少许透明润滑油,所述凹槽阵列5与单色Micro-LED阵列光源3对准压合即可实现良好结合。

[0045] 本实施方式中,4,所述单色Micro-LED阵列3工作寿命远大于所述量子点材料8和9,所述量子点材料特性衰减到无法满足全彩显示应用时,通过更换量子点光转换层基板16,实现单色Micro-LED阵列3的重复利用,从而极大地降低制作全彩Micro-LED阵列显示器件的成本。

[0046] 结合图5说明本实施方式,图5中为量子点雾化喷涂设备工作原理示意:超声雾化器11超声雾化水相量子点或油相量子点,N<sub>2</sub>源12产生N<sub>2</sub>气流充当载气,N<sub>2</sub>裹挟雾化后的量子

点材料通过玻璃管或橡胶空心管15到达超精细喷嘴13,超精细喷嘴13在六轴精密步进电机14的控制下实现量子点材料向凹槽阵列5内的精准定量涂覆。

[0047] 本实施方式中的量子点材料的高质量光致发光特性当前仍有待提高,其材料稳定性也依然有待改进,但随着量子点材料的不断发展成熟,同时,凭借其在光致发光方面:发射光谱可调、宽激发光谱、窄半峰宽、荧光产率高(QY)等优点,量子点材料在基于单色Micro-LED阵列制作全彩Micro-LED阵列显示器件方面将得到广泛应用。

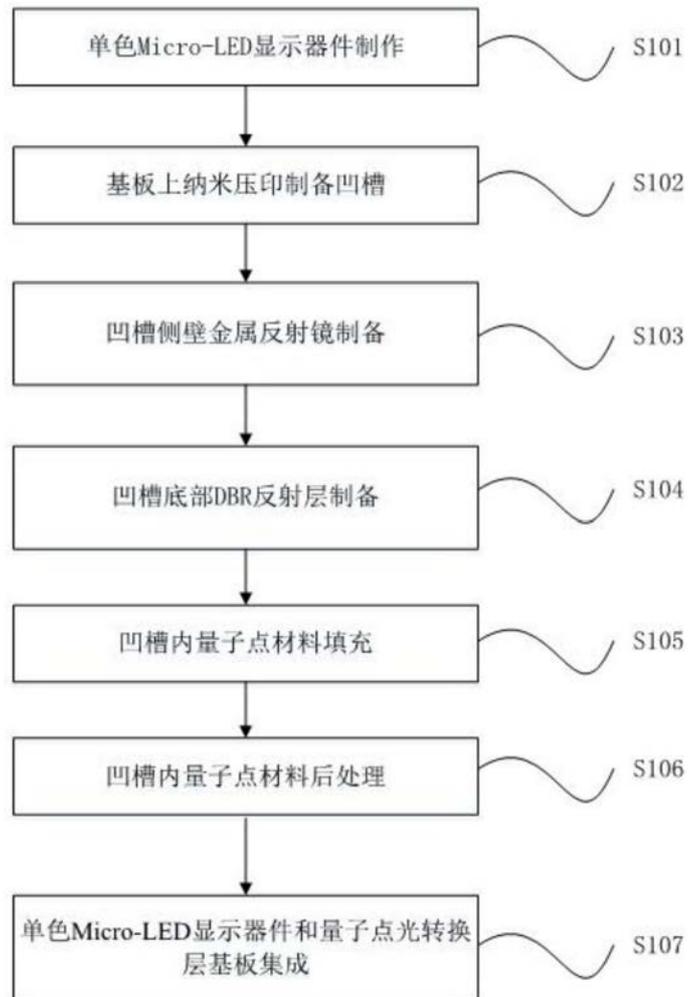


图1



图 2a

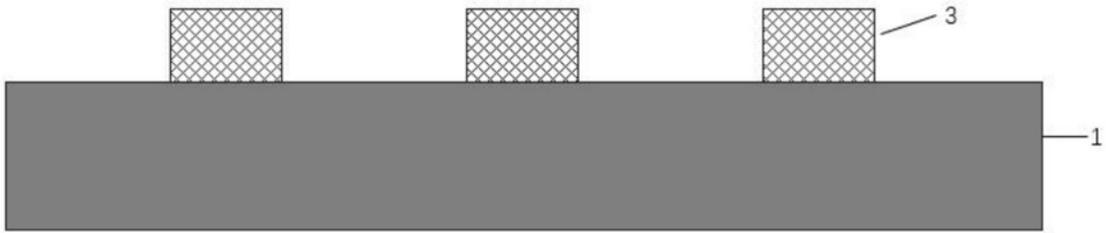


图 2b

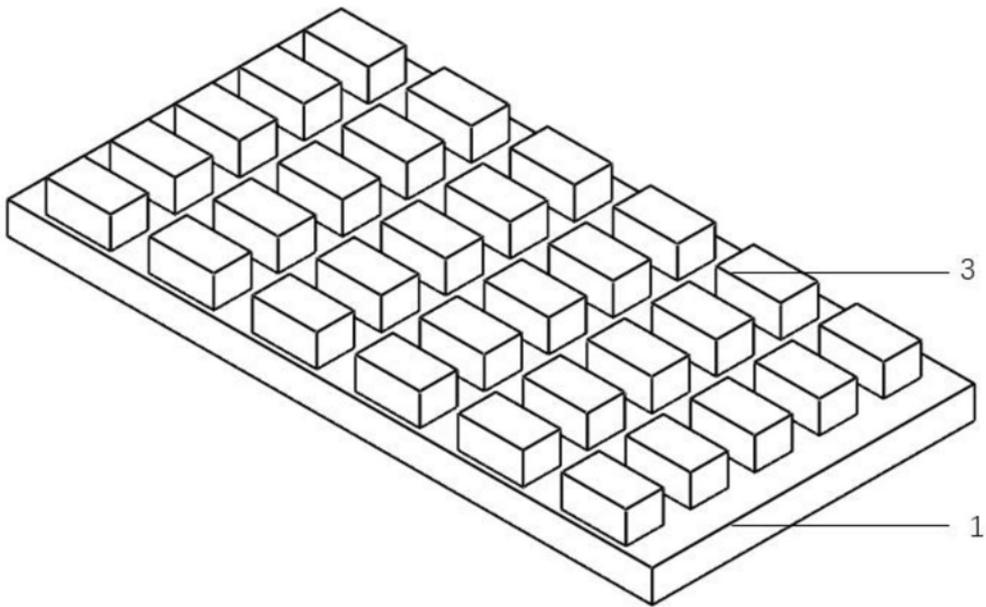


图 2c

图2



图 3a



图 3b

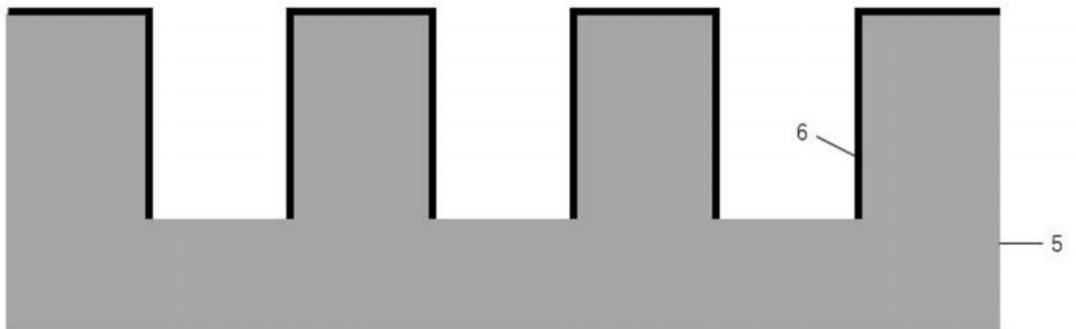


图 3c

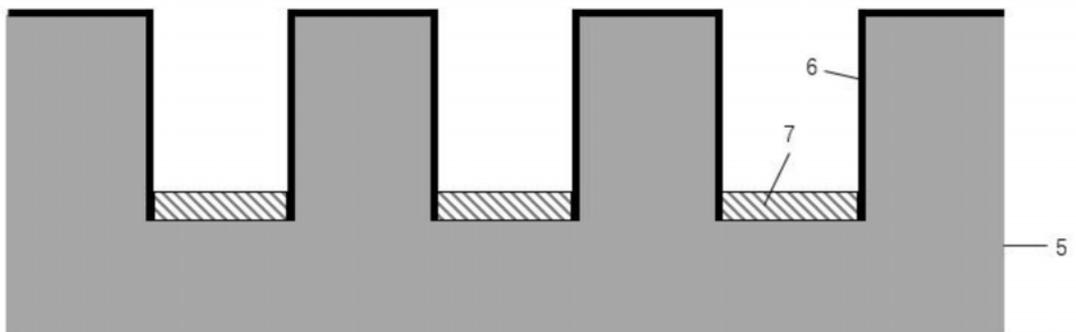


图 3d

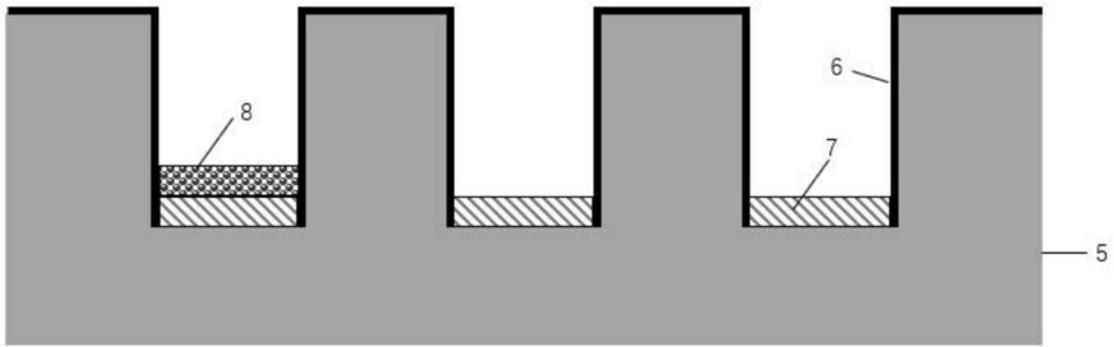


图 3e

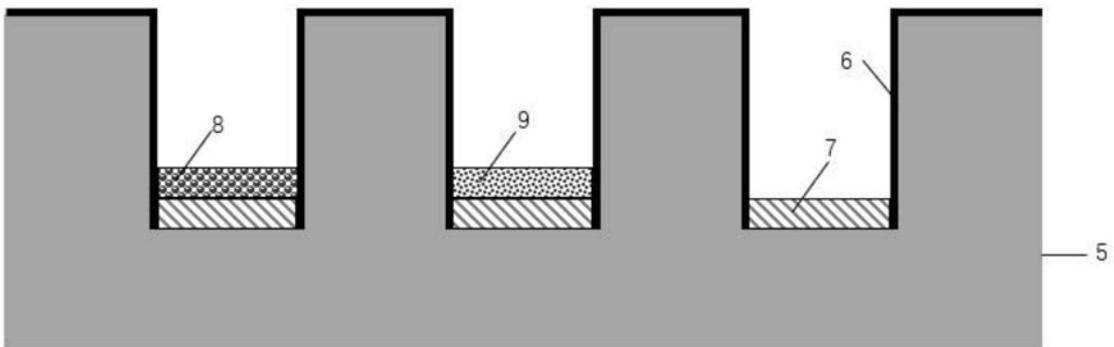


图 3f

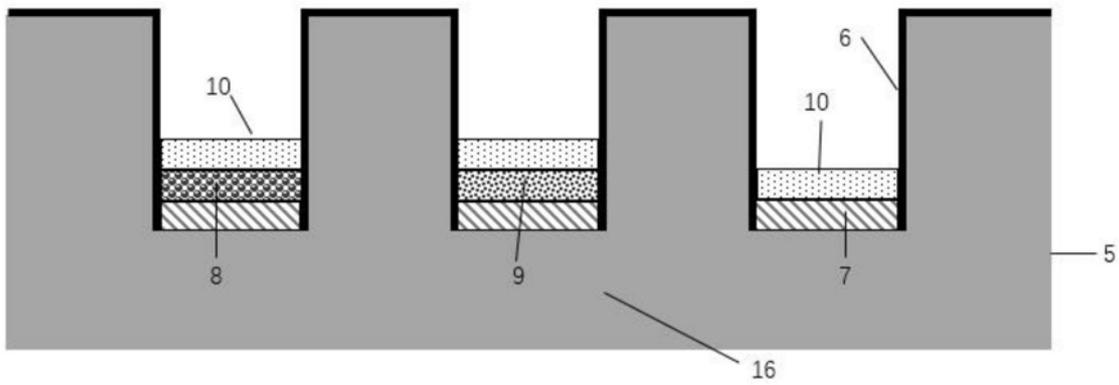


图 3g

图3

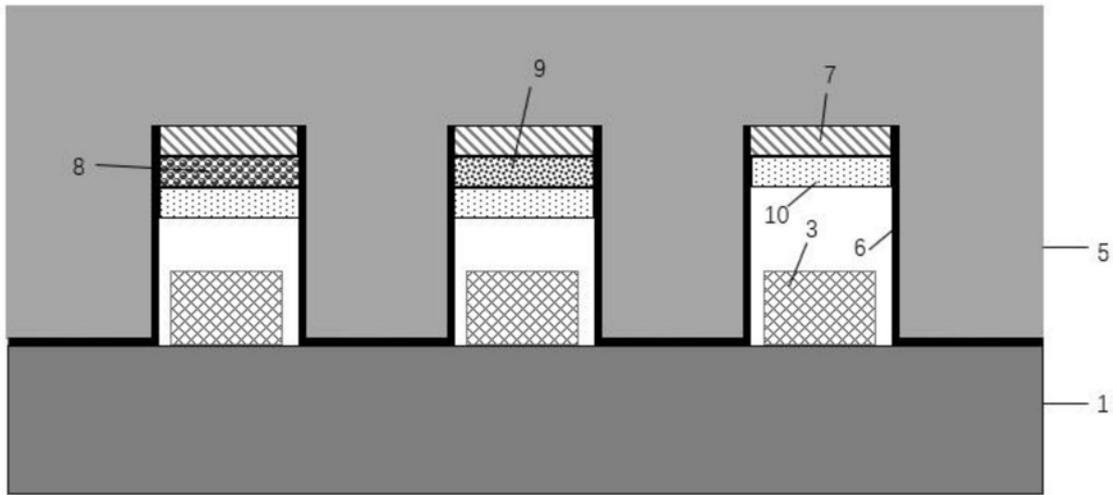


图4

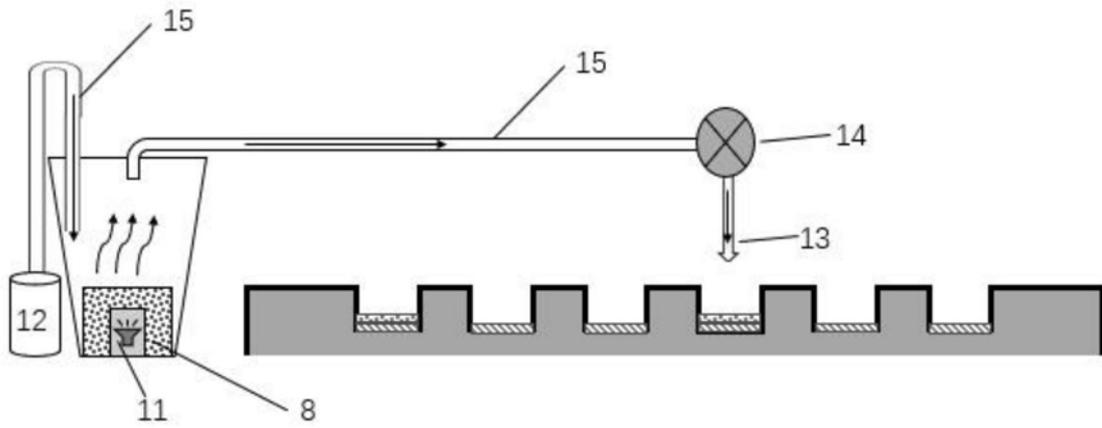


图5

专利名称(译)	基于量子点光转换层的全彩Micro-LED显示器件的制作方法		
公开(公告)号	<a href="#">CN109979960A</a>	公开(公告)日	2019-07-05
申请号	CN201910341788.5	申请日	2019-04-26
[标]申请(专利权)人(译)	中国科学院长春光学精密机械与物理研究所		
申请(专利权)人(译)	中国科学院长春光学精密机械与物理研究所		
当前申请(专利权)人(译)	中国科学院长春光学精密机械与物理研究所		
[标]发明人	王惟彪 梁静秋 陶金 李阳 赵永周 吕金光 秦余欣 王浩冰		
发明人	王惟彪 王家先 梁静秋 陶金 李阳 赵永周 吕金光 秦余欣 王浩冰		
IPC分类号	H01L27/15 H01L33/50		
CPC分类号	H01L27/156 H01L33/508 H01L2933/0041		
代理人(译)	朱红玲		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a> <a href="#">SIPO</a>		

摘要(译)

基于量子点光转换层的全彩Micro-LED显示器件的制作方法，涉及显示器制备技术领域，解决现有量子点材料直接涂到Micro-LED表面，涂覆工艺完成后，相邻像素单元上方的量子点材料在低温热退火过程中会横向扩散，不同量子点材料的混合会造成严重的光串扰问题。光源阵列和量子点膜层紧密粘附在一起，存在难以分离的问题，通过将不同颜色的量子点材料分区涂覆到玻璃或聚合物基板不同位置处制备光转换层基板。将单色Micro-LED显示阵列与光转换基板粘合，实现Micro-LED的全彩显示。凹槽底部制备DBR反射镜抑制单色Micro-LED阵列光源出射，提高光源利用率。该法制备的全彩Micro-LED显示器件具备相邻像素光串扰少，激发光源利用率高，显示质量高的优点。

