



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109256455 A

(43)申请公布日 2019.01.22

(21)申请号 201811093385.5

H01L 25/075(2006.01)

(22)申请日 2018.09.19

(71)申请人 福州大学

地址 350108 福建省福州市闽侯县福州地区大学新区学园路2号

(72)发明人 张永爱 吴艳 周雄图 郭太良  
严群 叶芸 翁徐阳

(74)专利代理机构 福州元创专利商标代理有限公司 35100

代理人 蔡学俊

(51)Int.Cl.

H01L 33/58(2010.01)

H01L 33/60(2010.01)

H01L 33/48(2010.01)

H01L 33/46(2010.01)

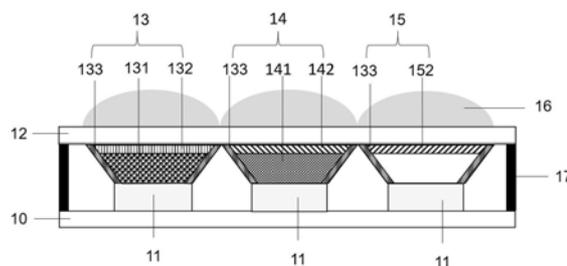
权利要求书3页 说明书8页 附图6页

## (54)发明名称

一种光效提取和无像素干扰的全彩化Micro-LED显示结构及其制造方法

## (57)摘要

本发明涉及一种光效提取和无像素干扰的全彩化Micro-LED显示结构及其制造方法,包括设置于一衬底表面且呈阵列排布的LED芯片阵列,设置于一透明基板上下表面的微透镜阵列以及与其一一对应的倒梯形微结构阵列,以及连接衬底和透明基板的封框体,倒梯形微结构阵列沿LED芯片的横向方向依次构成用于显示红光的R单元、用于显示绿光的G单元以及用于显示蓝光B单元。本发明利用蓝色LED芯片激发R单元内的红色/G单元内的绿色量子点层而转换为红光/绿光;同时,利用微结构中的分布式布拉格反射层,提高Micro-LED显示出光效率,还可利用微结构中的反射层和微透镜阵列提高垂直方向的出光效率和防止相邻像素色彩干扰,从而实现一种光效提取和无像素干扰的全彩化Micro-LED显示。



1. 一种光效提取和无像素干扰的全彩化Micro-LED显示结构,其特征在于:包括衬底、透明基板、设置于所述衬底表面且呈阵列排布的LED芯片阵列、分别设置于所述透明基板上、下两表面的微透镜阵列与倒梯形微结构阵列、以及连接所述衬底和透明基板的封框体;倒梯形微结构阵列中的每个倒梯形微结构与LED芯片阵列中的每个LED芯片一一对准并封装在一起;微透镜阵列中的每个微透镜与每个倒梯形微结构一一对应;

所述倒梯形微结构阵列由若干个倒梯形微结构构成,所述倒梯形微结构与LED芯片沿LED芯片的横向方向依次构成用于显示红光的R单元、用于显示绿光的G单元以及用于显示蓝光B单元;其中,R单元的倒梯形微结构顶部设置有分布式布拉格反射层,外周侧设置有反射层,内部填充有红色量子点层;G单元的倒梯形微结构顶部设置有分布式布拉格反射层,内部填充有绿色量子点层,外周侧设置有反射层;B单元的倒梯形微结构顶部设置有分布式布拉格反射层,外周侧设置有反射层。

2. 根据权利要求1所述的一种光效提取和无像素干扰的全彩化Micro-LED显示结构,其特征在于:所述LED芯片阵列由若干个蓝色Micro-LED芯片构成,每个蓝色Micro-LED芯片长度为1微米至50微米,宽度为1微米至50微米;相邻Micro-LED芯片的横向间距大于Micro-LED芯片长度,纵向间距大于LED芯片宽度,且横向间距/纵向间距小于100微米;所述蓝色Micro-LED芯片能够发出蓝光,所述蓝色Micro-LED芯片发出的蓝光经所述红色量子点层或绿色量子点层而转换为红光或绿光,实现彩色化Micro-LED显示。

3. 根据权利要求1所述的一种光效提取和无像素干扰的全彩化Micro-LED显示结构,其特征在于:所述倒梯形微结构的底面开口长度小于或等于LED芯片长度,所述倒梯形微结构的底面开口宽度小于或等于LED芯片宽度;所述倒梯形微结构的顶部长度大于或等于LED芯片长度,并小于或等于相邻LED芯片的横向间距;所述倒梯形微结构的顶部宽度大于或等于LED芯片的宽度,并小于或等于相邻LED芯片的纵向间距,所述倒梯形微结构的深度为1微米至10微米。

4. 根据权利要求1所述的一种光效提取和无像素干扰的全彩化Micro-LED显示结构,其特征在于:所述红色量子点层采用II-VI族或III-V族材料混合而成,其厚度小于或等于所述倒梯形微结构的深度;所述绿色量子点层采用II-VI族或III-V族材料混合而成,其厚度小于或等于所述倒梯形微结构的深度。

5. 根据权利要求1所述的一种光效提取和无像素干扰的全彩化Micro-LED显示结构,其特征在于:所述分布式布拉格反射层由具有高折射率和低折射率的两层薄膜堆叠而成,各层薄膜厚度由 $nd \cos \theta = \frac{\lambda}{4} \cdot q$ 确定,而总厚度由R单元或G单元薄膜的堆叠对数m和B单元薄膜的堆叠对数t来确定,其中 $m > t$ ,n为薄膜折射率,d为薄膜厚度, $\theta$ 为光入射角, $\lambda$ 为中心波长,q为常数, $q \geq 0$ ,且当q为正奇数时,反射率有极值,m、t均为正整数或等于 $N+0.5$ ,N为正整数;

通过控制B单元内的分布式布拉格反射层的堆叠对数t,使蓝色Micro-LED芯片发出的蓝光部分透射;通过控制R单元或G单元内的分布式布拉格反射层的堆叠对数m,使蓝色Micro-LED芯片发出的蓝光激发所述红色量子点层或绿色量子点层发出的红光或绿光从顶部透过,而未被吸收的蓝光反射回倒梯形微结构内再次激发所述红色量子点层或绿色量子点发光层,增强红光或绿光的出射强度,从而提高Micro-LED显示的发光效率。

6. 根据权利要求1所述的一种光效提取和无像素干扰的全彩化Micro-LED显示结构,其特征在于:所述反射层采用厚度为20纳米至1微米的高反射率金属材料,通过调节反射层的材料与厚度来控制光的反射,提高垂直方向光的出射和防止相邻像素出光的干扰。

7. 根据权利要求1所述的一种光效提取和无像素干扰的全彩化Micro-LED显示结构,其特征在于:所述微透镜阵列由若干个透明的方形凸透镜构成;所述方形凸透镜的长度与所述倒梯形微结构顶部长度一致,方形透镜的宽度与所述梯形微结构顶部宽度一致,方形透镜的曲率半径大于所述梯形微结构的深度。

8. 根据权利要求1所述的一种光效提取和无像素干扰的全彩化Micro-LED显示结构,其特征在于:所述封框体为透明材料,经印刷或喷墨打印涂覆在设置有阵列排布LED芯片的衬底四周,封框体的厚度为倒梯形微结构深度和芯片厚度之和的1-3倍。

9. 一种基于权利要求1-8任一项所述的光效提取和无像素干扰的全彩化Micro-LED显示结构的制造方法,其特征在于:包括以下步骤:

步骤S1:提供一蓝色Micro-LED芯片阵列,将蓝色Micro-LED芯片呈阵列排布设置于衬底表面;

步骤S2:在制作倒梯形微结构;

步骤S3:采用印刷或喷墨打印技术在没有倒梯形微结构的透明基板另一表面制备透明的方形微透镜阵列;所述方形凸透镜的长度与所述倒梯形微结构顶部长度一致,方形透镜的宽度与所述梯形微结构顶部宽度一致,方形透镜的曲率半径大于所述梯形微结构的深度;

步骤S4:采用印刷或喷墨打印技术在设置阵列排布LED芯片的衬底四周涂覆一层透明的封框体,封框体的厚度为梯形微结构深度和芯片厚度之和的1-3倍;

步骤S5:将所述LED芯片中心点和所述倒梯形微结构的底部中心点一一对准,排气封装。

10. 根据权利要求9所述的一种光效提取和无像素干扰的全彩化Micro-LED显示结构的制造方法,其特征在于:步骤S2具体包括以下步骤:

步骤S21:提供一透明基板,在透明基板表面涂覆一层保护层,采用光刻、激光加工、喷墨打印和喷砂技术将所述保护层制作图形化且呈阵列分布的梯形储液槽;所述梯形储液槽沿横向依次按R/G/B顺序依次排列,所述梯形储液槽的顶部开口长度小于或等于LED芯片长度,所述梯形储液槽的顶部开口宽度小于或等于LED芯片宽度;所述梯形储液槽的底部长度大于或等于LED芯片长度,并小于或等于相邻LED芯片间距;所述梯形储液槽的底部宽度大于或等于LED芯片的宽度,并小于或等于相邻LED芯片间距,所述梯形储液槽的深度为1微米至10微米;

步骤S22:采用物理气相或化学气相沉积的方法在所述R单元、G单元和B单元的梯形储液槽下表面镀制分布式布拉格反射层,通过调节分布式布拉格反射层的堆叠对数m和t来控制出射光的波长及反射光的波长;

步骤S23:利用喷墨打印技术在所述倒梯形储液槽R单元内填充红色量子点,形成红色量子点发光层,所述量子点厚度小于或等于所述梯形储液槽的深度;

步骤S24:利用喷墨打印技术在所述梯形储液槽G单元内填充绿色量子点,形成绿色量子点发光层,所述量子点厚度小于或等于所述梯形储液槽的深度;

步骤S25:去除梯形储液槽四周的保护层;

步骤S26:采用物理气相或化学气相沉积的方法在所述倒梯形微结构外周侧镀上一层反射层,形成所述R单元、G单元和B单元;所述反射层是厚度为20纳米至1微米高反射率金属材料,通过调节反射层材料与厚度来控制光的反射,提高垂直方向光的出射和防止相邻像素出光的干扰。

## 一种光效提取和无像素干扰的全彩化Micro-LED显示结构及其制造方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及半导体显示领域,特别是一种光效提取和无像素干扰的全彩化Micro-LED显示结构及其制造方法。

### 背景技术

[0002] Micro-LED显示是将传统LED微缩化后形成微米级间距LED阵列以达到超高密度像素分辨率。Micro-LED显示具备自主发光的特性,相比OLED和LCD显示, Micro-LED显示色彩更容易准确的调试,有更长的发光寿命和更高的亮度,同时更具轻薄及省电优势。由于其高密度小尺寸超多像素的特点, Micro-LED显示将成为以高真实度,互动和个性化显示为主要特点的第三代显示技术的引领者。

[0003] 目前, Micro-LED彩色化显示一般通过金属有机化学气相沉积(MOCVD)在GaN基底上进行外延生长,再通过芯片焊接、晶片焊接或薄膜转移等方式键接在驱动电路基板上形成显示像素。在彩色化技术方面,可以通过色彩转换法、RGB三色法、光学棱镜合成法以及通过控制LED结构和尺寸发射不同波长光等方法实现。其中,利用量子点实现色彩转换被认为是Micro-LED彩色化最具潜力的方法之一。然而,利用量子点实现彩色化技术难题是蓝光LED芯片激发量子点发光的色彩转换和光效提取效率低,为了提高效率,传统方法将量子点发光层的厚度设置很厚,才能将用于激发的蓝光完全吸收,该厚度将限制Micro-LED显示像素的进一步缩小,将会增加器件制作成本以及器件整体厚度。同时,量子点实现色彩转换后,相邻像素出光容易串扰,影响彩色化Micro-LED显示图像质量。

[0004] 现有技术工艺中,利用量子点技术实现Micro-LED全彩化显示是常见的一种工艺优化手段,而且目前工艺技术和制备方案也比较多。中国专利CN106356386A在蓝色Micro-LED芯片填充红色量子点和绿色量子点单元实现了全彩化显示,但是像素之间色彩容易串扰;此外,在芯片表面直接涂覆量子点,工艺不稳定,造成器件性能不佳,同时量子点图形化不宜控制,导致器件制作成本高;中国专利CN108257949A的一种可实现光效提取和色彩转换微米级LED显示装置,就是在微米级蓝色LED芯片表制备倒梯形储液槽,在倒梯形储液槽微结构依次填充红色和绿色量子点,沿LED芯片的横向方向依次构成R单元、G单元以及B单元,实现Micro-LED全彩化显示,同时利用微结构阵列提高器件的出光效率。但是,该方法的微结构直接制备在微米级LED芯片的表面,制作过程复杂,严重影响器件性能和制作成本;同时,量子点发光层容易暴露在大气中,在空气中水氧作用下,器件寿命严重下降;此外,器件表面垂直光线的方向无法控制,严重出现串扰。

### 发明内容

[0005] 有鉴于此,本发明的目的是提出一种光效提取和无像素干扰的全彩化Micro-LED显示结构及其制造方法,不仅可利用蓝色LED芯片激发R单元内的红色/G单元内的绿色量子点层而转换为红光/绿光;同时,利用倒梯形微结构使红光/绿光从顶部透过,未被吸收的蓝

光反射回来再次激发量子点发光层,提高Micro-LED显示出光效率,还可利用反射层和微透镜阵列提高垂直方向的出光效率和防止相邻像素色彩干扰,从而实现一种光效提取和无像素干扰的全彩化Micro-LED显示。

[0006] 本发明采用以下方案实现:一种光效提取和无像素干扰的全彩化Micro-LED显示结构,包括衬底、透明基板、设置于所述衬底表面且呈阵列排布的LED芯片阵列、分别设置于所述透明基板上、下两表面的微透镜阵列与倒梯形微结构阵列、以及连接所述衬底和透明基板的封框体;倒梯形微结构阵列中的每个倒梯形微结构与LED芯片阵列中的每个LED芯片一一对准并封装在一起;微透镜阵列中的每个微透镜与每个倒梯形微结构一一对应;

[0007] 所述倒梯形微结构阵列由若干个倒梯形微结构构成,所述倒梯形微结构与LED芯片沿LED芯片的横向方向依次构成用于显示红光的R单元、用于显示绿光的G单元以及用于显示蓝光B单元;其中,R单元的倒梯形微结构顶部设置有分布式布拉格反射层,外周侧设置有反射层,内部填充有红色量子点层;G单元的倒梯形微结构顶部设置有分布式布拉格反射层,内部填充有绿色量子点层,外周侧设置有反射层;B单元的倒梯形微结构顶部设置有分布式布拉格反射层,外周侧设置有反射层。

[0008] 进一步地,所述LED芯片阵列由若干个蓝色Micro-LED芯片构成,每个蓝色Micro-LED芯片长度为1微米至50微米,宽度为1微米至50微米;相邻Micro-LED芯片的横向间距大于Micro-LED芯片长度,纵向间距大于LED芯片宽度,且横向间距/纵向间距小于100微米;所述蓝色Micro-LED芯片能够发出蓝光,所述蓝色Micro-LED芯片发出的蓝光经所述红色量子点层或绿色量子点层而转换为红光或绿光,实现彩色化Micro-LED显示。

[0009] 进一步地,所述倒梯形微结构的底面开口长度小于或等于LED芯片长度,所述倒梯形微结构的底面开口宽度小于或等于LED芯片宽度;所述倒梯形微结构的顶部长度大于或等于LED芯片长度,并小于或等于相邻LED芯片的横向间距;所述倒梯形微结构的顶部宽度大于或等于LED芯片的宽度,并小于或等于相邻LED芯片的纵向间距,所述倒梯形微结构的深度为1微米至10微米。

[0010] 进一步地,所述红色量子点层采用II-VI族或III-V族材料混合而成,其厚度小于或等于所述倒梯形微结构的深度;所述绿色量子点层采用II-VI族或III-V族材料混合而成,其厚度小于或等于所述倒梯形微结构的深度。

[0011] 进一步地,所述分布式布拉格反射层由具有高折射率和低折射率的两层薄膜堆叠而成,各层薄膜厚度由 $nd \cos \theta = \frac{\lambda}{4} \cdot q$ 确定,而总厚度由R单元或G单元薄膜的堆叠对数m和B单元薄膜的堆叠对数t来确定,其中 $m > t$ ,n为薄膜折射率,d为薄膜厚度, $\theta$ 为光入射角, $\lambda$ 为中心波长,q为常数, $q \geq 0$ ,且当q为正奇数时,反射率有极值,m、t均为正整数或等于 $N+0.5$ ,N为正整数;

[0012] 通过控制B单元内的分布式布拉格反射层的堆叠对数t,使蓝色Micro-LED芯片发出的蓝光部分透射;通过控制R单元或G单元内的分布式布拉格反射层的堆叠对数m,使蓝色Micro-LED芯片发出的蓝光激发所述红色量子点层或绿色量子点层发出的红光或绿光从顶部透过,而未被吸收的蓝光反射回倒梯形微结构内再次激发所述红色量子点层或绿色量子点发光层,增强红光或绿光的出射强度,从而提高Micro-LED显示的发光效率。

[0013] 进一步地,所述反射层采用厚度为20纳米至1微米的高反射率金属材料,通过调节

反射层的材料与厚度来控制光的反射,提高垂直方向光的出射和防止相邻像素出光的干扰。

[0014] 进一步地,所述微透镜阵列由若干个透明的方形凸透镜构成;所述方形凸透镜的长度与所述倒梯形微结构顶部长度一致,方形透镜的宽度与所述梯形微结构顶部宽度一致,方形透镜的曲率半径大于所述梯形微结构的深度。

[0015] 进一步地,所述封框体为透明材料,经印刷或喷墨打印涂覆在设置有阵列排布LED芯片的衬底四周,封框体的厚度为倒梯形微结构深度和芯片厚度之和的1-3倍。

[0016] 本发明还提供了一种基于上文所述的光效提取和无像素干扰的色彩化Micro-LED显示结构的制造方法,具体包括以下步骤:

[0017] 步骤S1:提供一蓝色Micro-LED芯片阵列,将蓝色Micro-LED芯片呈阵列排布设置于衬底表面;

[0018] 步骤S2:在制作倒梯形微结构;

[0019] 步骤S3:采用印刷或喷墨打印技术在没有倒梯形微结构的透明基板另一表面制备透明的方形微透镜阵列;所述方形凸透镜的长度与所述倒梯形微结构顶部长度一致,方形透镜的宽度与所述梯形微结构顶部宽度一致,方形透镜的曲率半径大于所述梯形微结构的深度;

[0020] 步骤S4:采用印刷或喷墨打印技术在设置阵列排布LED芯片的衬底四周涂覆一层透明的封框体,封框体的厚度为梯形微结构深度和芯片厚度之和的1-3倍;

[0021] 步骤S5:将所述LED芯片中心点和所述倒梯形微结构的底部中心点一一对准,排气封装。

[0022] 进一步地,步骤S2具体包括以下步骤:

[0023] 步骤S21:提供一透明基板,在透明基板表面涂覆一层保护层,采用光刻、激光加工、喷墨打印和喷砂技术将所述保护层制作图形化且呈阵列分布的梯形储液槽;所述梯形储液槽沿横向依次按R/G/B顺序依次排列,所述梯形储液槽的顶部开口长度小于或等于LED芯片长度,所述梯形储液槽的顶部开口宽度小于或等于LED芯片宽度;所述梯形储液槽的底部长度大于或等于LED芯片长度,并小于或等于相邻LED芯片间距;所述梯形储液槽的底部宽度大于或等于LED芯片的宽度,并小于或等于相邻LED芯片间距,所述梯形储液槽的深度为1微米至10微米;

[0024] 步骤S22:采用物理气相或化学气相沉积的方法在所述R单元、G单元和B单元的梯形储液槽下表面镀制分布式布拉格反射层,通过调节分布式布拉格反射层的堆叠对数 $m$ 和 $t$ 来控制出射光的波长及反射光的波长;

[0025] 步骤S23:利用喷墨打印技术在所述倒梯形储液槽R单元内填充红色量子点,形成红色量子点发光层,所述量子点厚度小于或等于所述梯形储液槽的深度;

[0026] 步骤S24:利用喷墨打印技术在所述梯形储液槽G单元内填充绿色量子点,形成绿色量子点发光层,所述量子点厚度小于或等于所述梯形储液槽的深度;

[0027] 步骤S25:去除梯形储液槽四周的保护层;

[0028] 步骤S26:采用物理气相或化学气相沉积的方法在所述倒梯形微结构外周侧镀上一层反射层,形成所述R单元、G单元和B单元;所述反射层是厚度为20纳米至1微米高反射率金属材料,通过调节反射层材料与厚度来控制光的反射,提高垂直方向光的出射和防止相

邻像素出光的干扰。

[0029] 与现有技术相比,本发明有以下有益效果:

[0030] 1、本发明可利用蓝色LED芯片激发R单元内的红色/G单元内的绿色量子点层而转换为红光/绿光,实现全彩化Micro-LED显示。

[0031] 2、本发明利用量子点发光层上表面制作不同厚度分布式布拉格反射层,可使蓝色LED激发量子点发光层发出的光(红光或绿光)从顶部透过,而未被吸收的蓝光反射回储液槽内再次激发量子点发光层,增强Micro-LED显示的出光效率。

[0032] 3、本发明还可利用微结构中的反射层和微透镜阵列提高垂直方向的出光效率,防止相邻像素的色彩干扰,实现一种光效提取和无像素干扰的全彩化Micro-LED显示,对量子点在Micro-LED在全彩显示应用上具有重要的意义。

[0033] 4、本发明将量子点设置于倒梯形微结构中,并与LED芯片对准排气封装,减少氧气和水分对量子点的影响,提高Micro-LED显示的寿命。

## 附图说明

[0034] 图1为本发明实施例的光效提取和无像素干扰的全彩化Micro-LED显示结构示意图。

[0035] 图2为本实施例中一种光效提取和无像素干扰的全彩化Micro-LED显示的结构制造示意图。

[0036] 图3为本实施例中蓝色Micro-LED芯片的截面示意图。

[0037] 图4为本实施例中梯形微结构的制造示意图。

[0038] 图5为本实施例中梯形微结构的制造示意图。

[0039] 图6为本实施例中在衬底四周印刷封框体的结构示意图。

[0040] 图7为本实施例中在梯形微结构对面制备微透镜阵列的结构示意图。

[0041] 图8为本实施例中透明基板和衬底对准封装的结构示意图。。

[0042] 图中,10为衬底,11为蓝色Micro-LED芯片,12为透明基板,121为保护层,122/123/124为梯形储液槽,13为R单元,14为G单元,15为B单元,132/142/152为分布式布拉格反射层,133为反射层,131为红色量子点发光层,141为绿色量子点发光层,16为微透镜,17为封框体。

## 具体实施方式

[0043] 下面结合附图及实施例对本发明做进一步说明。

[0044] 为使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下将通过具体实施例和相关附图,对本发明作进一步详细说明。在图中,为了清楚,放大了层与区域的厚度,但作为示意图不应该被认为严格反映了几何尺寸的比例关系。在此,参考图是本发明的理想化实施例示意图,本发明的实施例不应该被认为仅限于图中所示的区域的特定形状,而是包括所得到的形状,比如制造引起的偏差。在本实施例中均以矩形或圆表示,图中的表示是示意性的,但这不应该被认为限制本发明的范围。本实施例中障壁起伏图案的大小与起伏周期有一定范围,在实际生产中可以根据实际需要设计起伏图案大小及其起伏周期,实施例中起伏周期的数值只是示意值,但这不应该被认为限制本发明的范围。

[0045] 如图1所示,本实施例提供了一种光效提取和无像素干扰的全彩化Micro-LED显示结构,包括衬底10、透明基板12、设置于所述衬底10表面且呈阵列排布的LED芯片阵列11、分别设置于所述透明基板上、下两表面的微透镜阵列16与倒梯形微结构阵列、以及连接所述衬底和透明基板的封框体17;倒梯形微结构阵列中的每个倒梯形微结构与LED芯片阵列中的每个LED芯片一一对准并封装在一起;微透镜阵列中的每个微透镜与每个倒梯形微结构一一对应;

[0046] 所述倒梯形微结构阵列由若干个倒梯形微结构构成,所述倒梯形微结构与LED芯片沿LED芯片的横向方向依次构成用于显示红光的R单元13、用于显示绿光的G单元14以及用于显示蓝光B单元15;其中,R单元的倒梯形微结构顶部设置有分布式布拉格反射层132,外周侧设置有反射层133,内部填充有红色量子点层131;G单元的倒梯形微结构顶部设置有分布式布拉格反射层142,内部填充有绿色量子点层141,外周侧设置有反射层133;B单元的倒梯形微结构顶部设置有分布式布拉格反射层152,外周侧设置有反射层133。

[0047] 在本实施例中,所述LED芯片阵列由若干个蓝色Micro-LED芯片构成,每个蓝色Micro-LED芯片长度为1微米至50微米,宽度为1微米至50微米;相邻Micro-LED芯片的横向间距大于Micro-LED芯片长度,纵向间距大于LED芯片宽度,且横向间距/纵向间距小于100微米;所述蓝色Micro-LED芯片能够发出蓝光,所述蓝色Micro-LED芯片发出的蓝光经所述红色量子点层或绿色量子点层而转换为红光或绿光,实现色彩化Micro-LED显示。

[0048] 在本实施例中,所述倒梯形微结构的底面开口长度小于或等于LED芯片长度,所述倒梯形微结构的底面开口宽度小于或等于LED芯片宽度;所述倒梯形微结构的顶部长度大于或等于LED芯片长度,并小于或等于相邻LED芯片的横向间距;所述倒梯形微结构的顶部宽度大于或等于LED芯片的宽度,并小于或等于相邻LED芯片的纵向间距,所述倒梯形微结构的深度为1微米至10微米。

[0049] 在本实施例中,所述红色量子点层采用II-VI族或III-V族材料混合而成,其厚度小于或等于所述倒梯形微结构的深度;所述绿色量子点层采用II-VI族或III-V族材料混合而成,其厚度小于或等于所述倒梯形微结构的深度。

[0050] 在本实施例中,所述分布式布拉格反射层由具有高折射率和低折射率的两层薄膜堆叠而成,各层薄膜厚度由 $nd \cos \theta = \frac{\lambda}{4} \cdot q$ 确定,而总厚度由R单元或G单元薄膜的堆叠对数 $m$ 和B单元薄膜的堆叠对数 $t$ 来确定,其中 $m > t$ , $n$ 为薄膜折射率, $d$ 为薄膜厚度, $\theta$ 为光入射角, $\lambda$ 为中心波长, $q$ 为常数, $q \geq 0$ ,且当 $q$ 为正奇数时,反射率有极值, $m$ 、 $t$ 均为正整数或等于 $N + 0.5$ , $N$ 为正整数;

[0051] 通过控制B单元内的分布式布拉格反射层的堆叠对数 $t$ ,使蓝色Micro-LED芯片发出的蓝光部分透射;通过控制R单元或G单元内的分布式布拉格反射层的堆叠对数 $m$ ,使蓝色Micro-LED芯片发出的蓝光激发所述红色量子点层或绿色量子点层发出的红光或绿光从顶部透过,而未被吸收的蓝光反射回倒梯形微结构内再次激发所述红色量子点层或绿色量子点发光层,增强红光或绿光的出射强度,从而提高Micro-LED显示的发光效率。

[0052] 在本实施例中,所述反射层采用厚度为20纳米至1微米的高反射率金属材料,通过调节反射层的材料与厚度来控制光的反射,提高垂直方向光的出射和防止相邻像素出光的干扰。

[0053] 在本实施例中,所述微透镜阵列由若干个透明的方形凸透镜构成;所述方形凸透镜的长度与所述倒梯形微结构顶部长度一致,方形透镜的宽度与所述梯形微结构顶部宽度一致,方形透镜的曲率半径大于所述梯形微结构的深度。

[0054] 在本实施例中,所述封框体为透明材料,经印刷或喷墨打印涂覆在设置有阵列排布LED芯片的衬底四周,封框体的厚度为倒梯形微结构深度和芯片厚度之和的1-3倍。

[0055] 如图2所示,本实施例还提供了一种基于上文所述的光效提取和无像素干扰的全彩化Micro-LED显示结构的制造方法,具体包括以下步骤:

[0056] 步骤S1:在衬底10表面提供一蓝色Micro-LED芯片11。所述LED芯片11沿横向和纵向均匀排列设置于衬底10表面,LED芯片长度为1微米至50微米,LED芯片宽度为1微米至50微米,相邻LED芯片横向间距大于LED芯片长度,纵向间距大于LED芯片宽度,且横向间距/纵向间距小于100微米。本实施例优选蓝色Micro-LED芯片长度与宽度均为30微米,横向和纵向相邻间距均为80微米,如图3所示;

[0057] 步骤S2:在制作倒梯形微结构;其制作流程如图4所示,制作过程如图5所示。

[0058] 步骤S3:采用印刷或喷墨打印技术在设置阵列排布LED芯片的衬底四周涂覆一层透明的封框体,封框体的厚度为梯形微结构深度和芯片厚度之和的1-3倍。本实施例优选印刷技术在设置阵列排布LED芯片11的衬底10四周涂覆一层厚度为10um透明的封框体17,如图6所示;

[0059] 步骤S4:采用印刷或喷墨打印技术在透明基板120表面(没有梯形微结构的那一面)制备透明的方形微透镜。所述方形凸透镜的长度与所述梯形微结构顶部长度一致,方形透镜的宽度与所述梯形微结构顶部宽度一致,方形透镜的曲率半径大于或等于所述梯形微结构的深度。本实施例优选喷墨打印技术制备长度和宽度都为80um,曲率半径为1mm的透明方向微透镜,如图7所示;

[0060] 步骤S5:将所述LED芯片中心点和所述梯形微结构的底部中心点一一对准,排气封装,形成如图8的一种光效提取和无像素干扰的色彩化Micro-LED显示装置。

[0061] 在本实施例中,步骤S2具体包括以下步骤:

[0062] 步骤S21:提供一透明基板12,在透明基板12表面涂覆一层保护层121,采用光刻、激光加工、喷墨打印和喷砂技术将所述保护层121制作图形化且呈阵列分布的倒梯形储液槽122/123/124,且所述倒梯形储液槽沿横向依次按R/G/B顺序依次排列;所述梯形储液槽的顶部开口长度小于或等于LED芯片长度,所述梯形储液槽的顶部开口宽度小于或等于LED芯片宽度;所述梯形储液槽的底部长度大于或等于LED芯片长度,小于或等于相邻LED芯片间距,所述梯形储液槽的底部宽度大于或等于LED芯片的宽度,小于或等于相邻LED芯片间距,所述梯形储液槽的深度为1微米至10微米。本实施例优选光刻工艺形成如图5中(a)的梯形储液槽,其中,每个梯形储液槽底部长度和宽度为80微米,每个储液槽顶部长度和宽度都为50微米,顶部长度和宽度都为80微米,深度为5微米;

[0063] 步骤S22:采用物理气相或化学气相沉积的方法在所述梯形储液槽122底部镀制分布式布拉格反射层132,通过调节分布式布拉格反射层的高低折射率薄膜的厚度来控制出射光的波长及反射光的波长。所述分布式布拉格反射层132是由具有高低折射率的两种薄膜堆叠而成,所述两种薄膜组合包括但不限于: $\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ 、 $\text{Ta}_2\text{O}_5/\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{HfO}_2/\text{SiO}_2$ ,前者为高折射率薄膜,后者为低折射率薄膜。所述分布式布拉格反射层各层薄膜厚度

由  $n d \cos \theta = \frac{\lambda}{4} \cdot q$  确定, 而总厚度由薄膜的堆叠对数  $m$  决定, 其中,  $n$  为薄膜折射率,  $d$  为薄膜厚度,  $\theta$  为光入射角,  $\lambda$  为中心波长,  $q$  为常数,  $q \geq 0$ , 且当  $q$  为正奇数时, 反射率有极值,  $m$  可以是正整数, 也可以是  $N+0.5$ ,  $N$  为正整数。本实施例优选 ALD 工艺在梯形储液槽 122 下表面镀制 4.5 个循环的  $\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  分布式布拉格反射层, 其中  $\text{TiO}_2$  厚度为 45nm,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  的厚度为 67nm, 如图 5 (b) 所示。4.5 个循环的  $\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  叠层结构组成的分布式布拉格反射层可使蓝色 LED 激发所述红色量子点发光层发出的光从顶部透过, 而未被吸收的蓝光反射回储液槽内再次激发红色量子点发光层, 增强出射光的强度, 从而提高 Micro-LED 显示出光效率;

[0064] 步骤 S23: 采用物理气相或化学气相沉积的方法在所述梯形储液槽 123 底部镀制分布式布拉格反射层 142, 通过调节分布式布拉格反射层的高低折射率薄膜的厚度来控制出射光的波长及反射光的波长。所述分布式布拉格反射 142 是由具有高低折射率的两种薄膜堆叠而成, 所述两种薄膜组合包括但不限于:  $\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ 、 $\text{Ta}_2\text{O}_5/\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{HfO}_2/\text{SiO}_2$ , 前者为高折射率薄膜, 后者为低折射率薄膜。所述分布式布拉格反射层各层薄膜厚度由

$n d \cos \theta = \frac{\lambda}{4} \cdot q$  确定, 而总厚度由薄膜的堆叠对数  $m$  决定, 其中,  $n$  为薄膜折射率,  $d$  为薄膜厚度,  $\theta$  为光入射角,  $\lambda$  为中心波长,  $q$  为常数,  $q \geq 0$ , 且当  $q$  为正奇数时, 反射率有极值,  $m$  可以是正整数, 也可以是  $N+0.5$ ,  $N$  为正整数。本实施例优选 ALD 工艺在梯形储液槽 123 下表面镀制 2.5 个循环的  $\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  分布式布拉格反射层, 其中  $\text{TiO}_2$  厚度为 45nm,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  的厚度为 67nm, 如图 5 (b) 所示。2.5 个循环的  $\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  叠层结构组成的分布式布拉格反射层可使蓝色 LED 激发所述绿色量子点发光层发出的光从顶部透过, 而未被吸收的蓝光反射回储液槽内再次激发绿色量子点发光层, 增强出射光的强度, 从而提高 Micro-LED 显示出光效率;

[0065] 步骤 S24: 采用物理气相或化学气相沉积的方法在所述梯形储液槽 124 底部镀制分布式布拉格反射层 152, 通过控制所述分布式布拉格反射层 152 的高低折射率薄膜的厚度, 可以调节 B 单元蓝光的透射率在 30%–80% 之间。本实施例优选梯形储液槽 124 下表面镀制 1.5 个堆叠的  $\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ , 其中  $\text{TiO}_2$  厚度为 45nm,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  的厚度为 67nm, 如图 5 (b) 所示。1.5 个堆叠的  $\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  叠层结构组成的分布式布拉格反射层可使调节 B 单元蓝光的透射率在 60%;

[0066] 步骤 S25: 在沉积布拉格反射层 132 的梯形储液槽 122 内, 利用喷墨打印技术填充红色量子点发光层 131。所述量子点发光层 131 的厚度小于或等于梯形储液槽 122 的深度。本实施例优选喷墨打印工艺将红色量子点打印在梯形储液槽 122 内, 量子点厚度为 5 微米, 放置在 40°C 的加热台上加热 20 分钟, 固化打印好的量子点, 如图 5 (c) 所示;

[0067] 步骤 S26: 在沉积布拉格反射层 142 的梯形储液槽 123 内, 利用喷墨打印技术填充绿色量子点发光层 141。所述量子点发光层 141 的厚度小于或等于梯形储液槽 123 的深度。本实施例优选喷墨打印工艺将绿色量子点打印在梯形储液槽 123 内, 量子点厚度为 5 微米, 放置在 40°C 的加热台上加热 20 分钟, 固化打印好的量子点, 如图 5 (d) 所示;

[0068] 步骤 S27: 采用物理气相或化学气相沉积的方法, 结合光刻和剥离技术在上述梯形微结构外四周镀上一层反射层 133, 所述反射层 133 可将蓝色 LED 激发量子点所发出的光沿梯形结构内侧反射, 增加垂直光的出射量, 同时减少相邻出射光的串扰; 所述反射层 133 为银、铝或其它高反射率的金属材料, 其厚度为 20 纳米至 1 微米。本实施例优选光刻、蒸镀和剥

离工艺在梯形结构外四周侧蒸镀厚度80nm的金属Ag层作为反射层133,具体工艺步骤如图5(e)所示;

[0069] 步骤S28:去除梯形储液槽四周的保护层,形成R单元13、G单元14和B单元15,如图5(f)所示。

[0070] 以上所述仅为本发明的较佳实施例,凡依本发明申请专利范围所做的均等变化与修饰,皆应属本发明的涵盖范围。

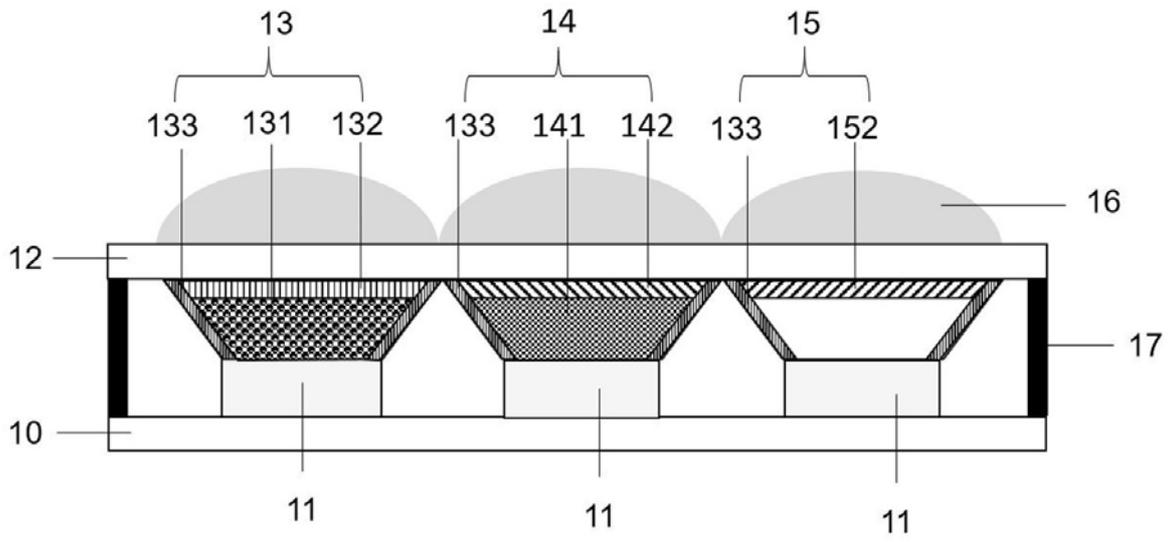


图1

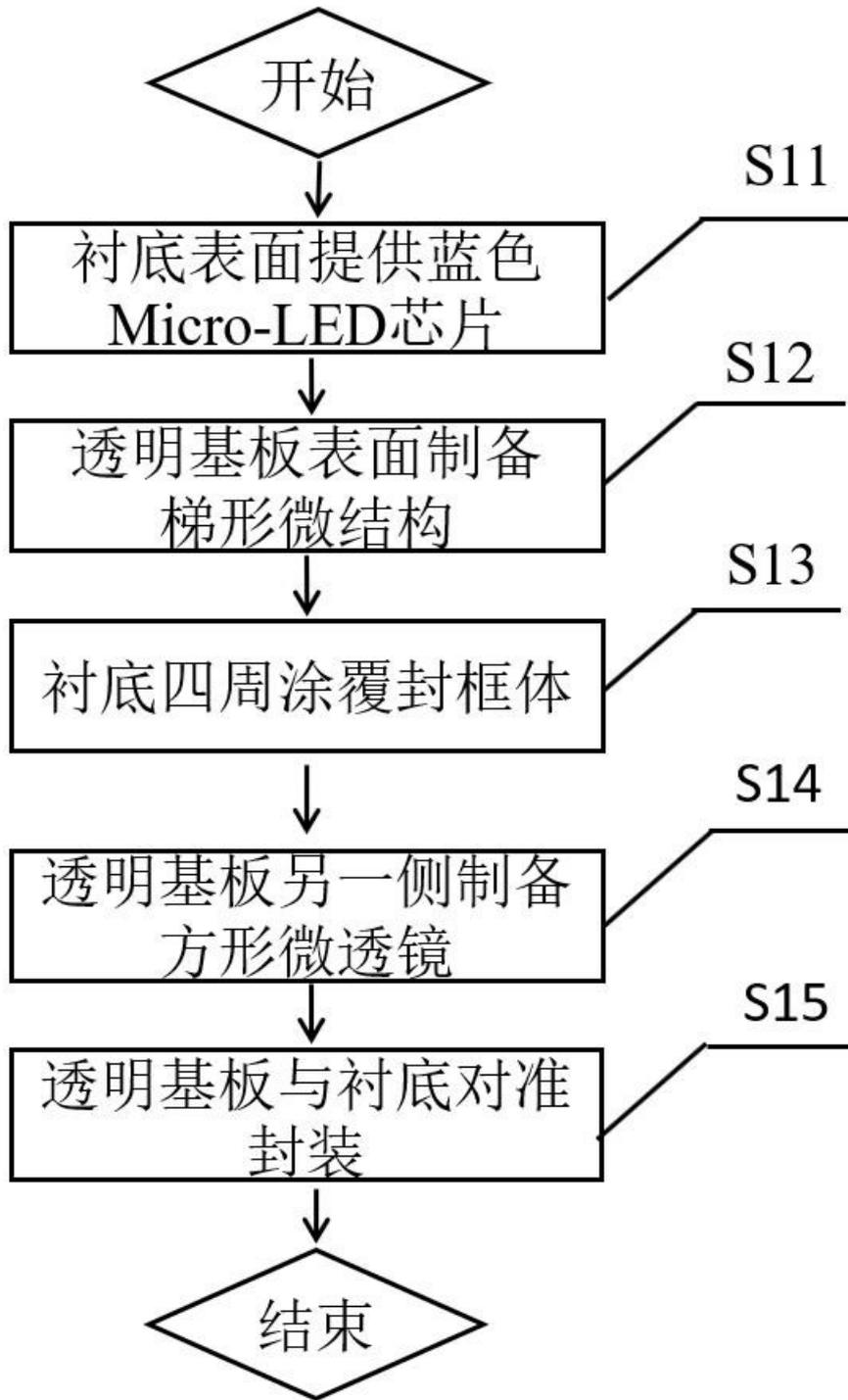


图2

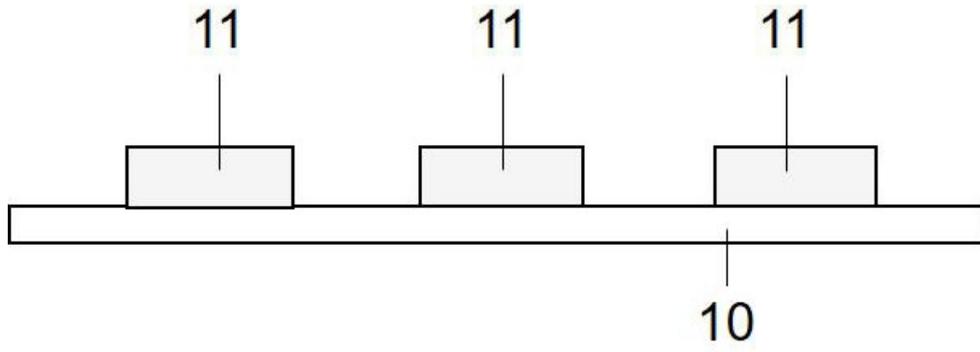


图3

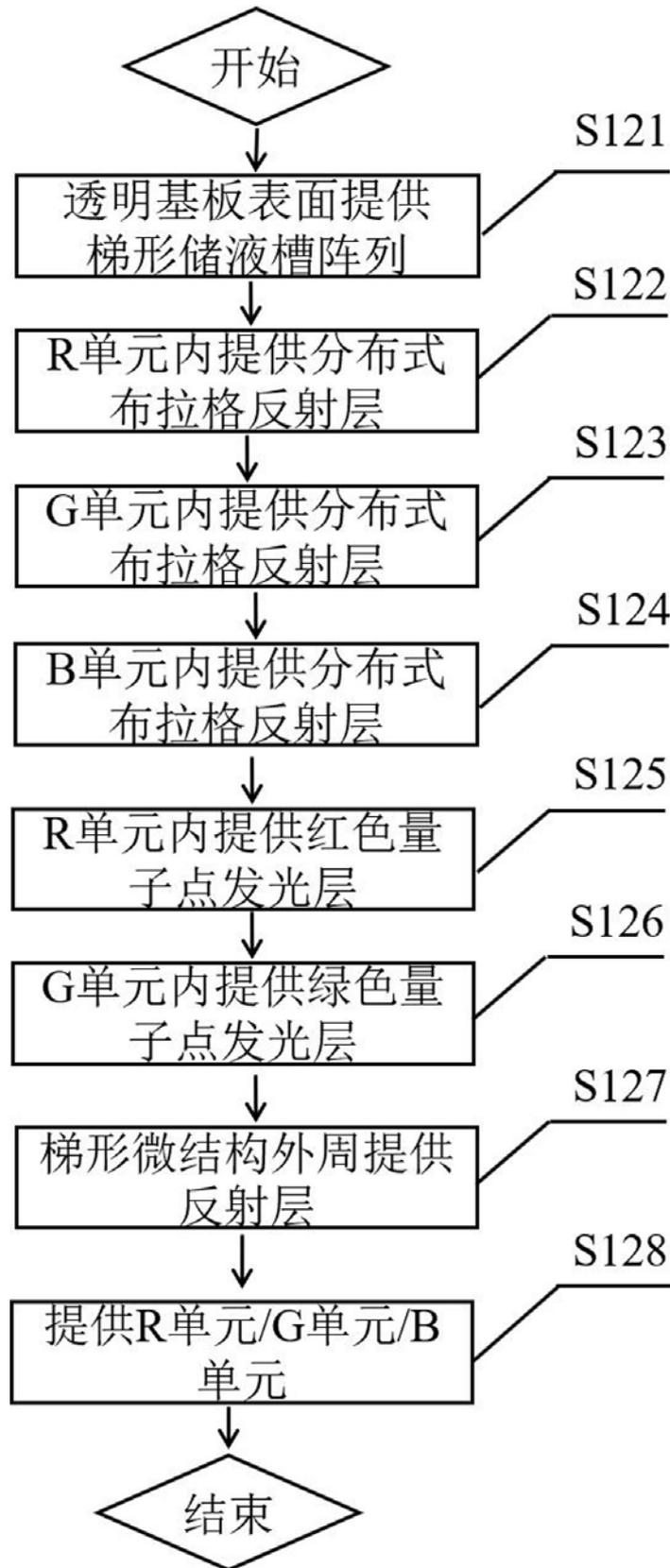


图4

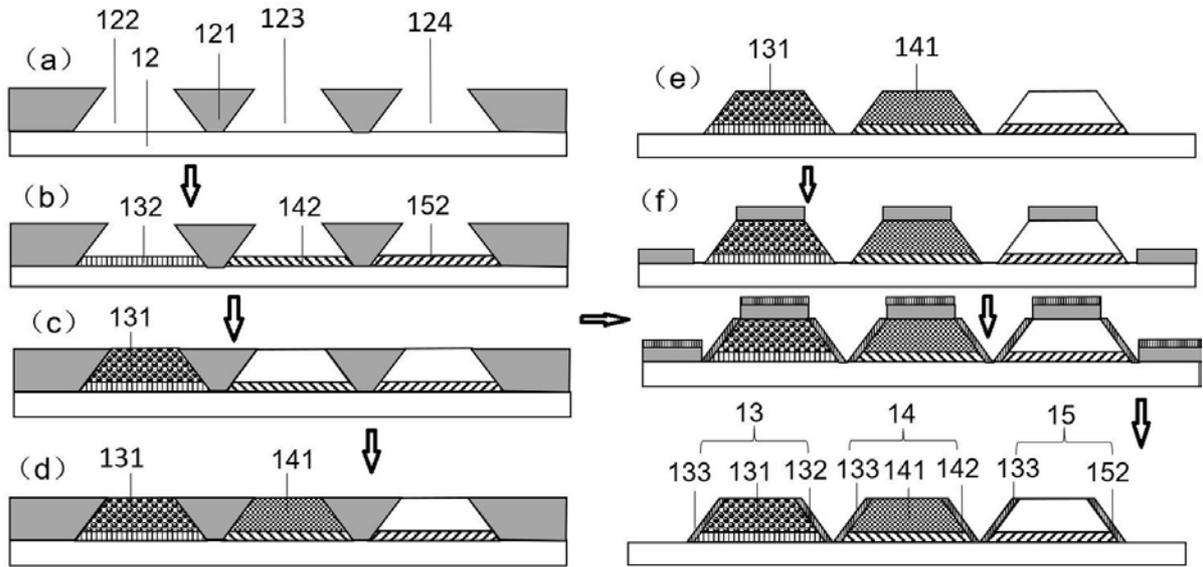


图5

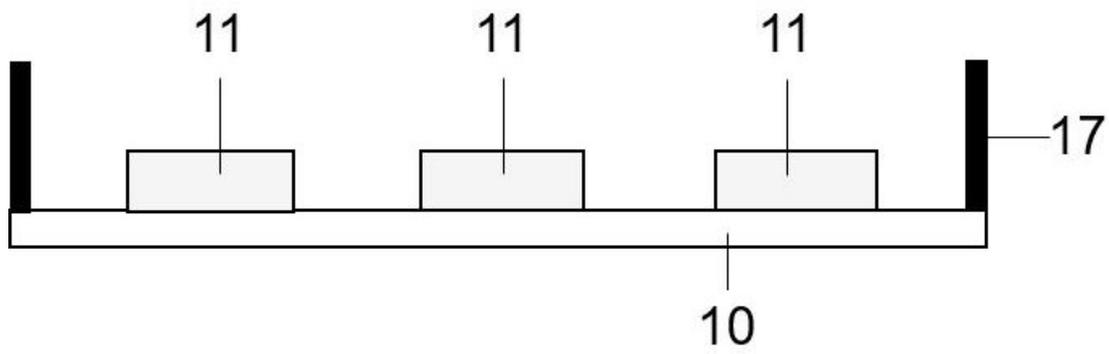


图6

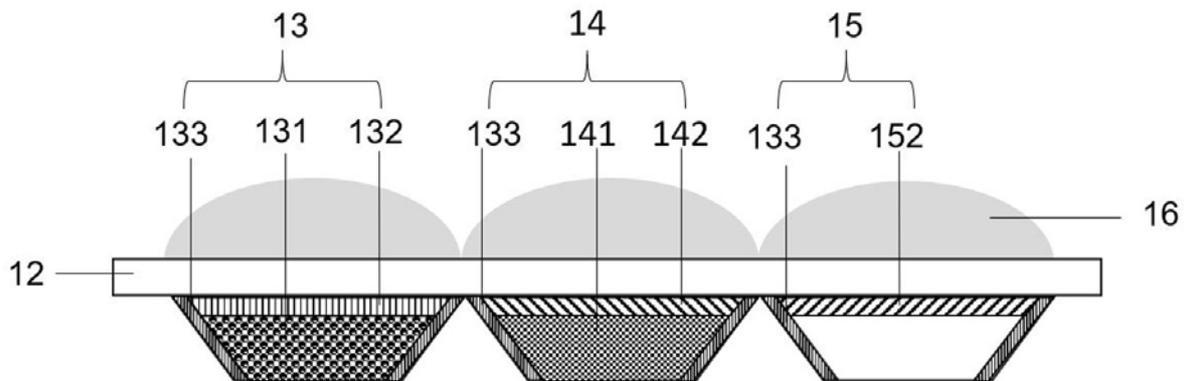


图7

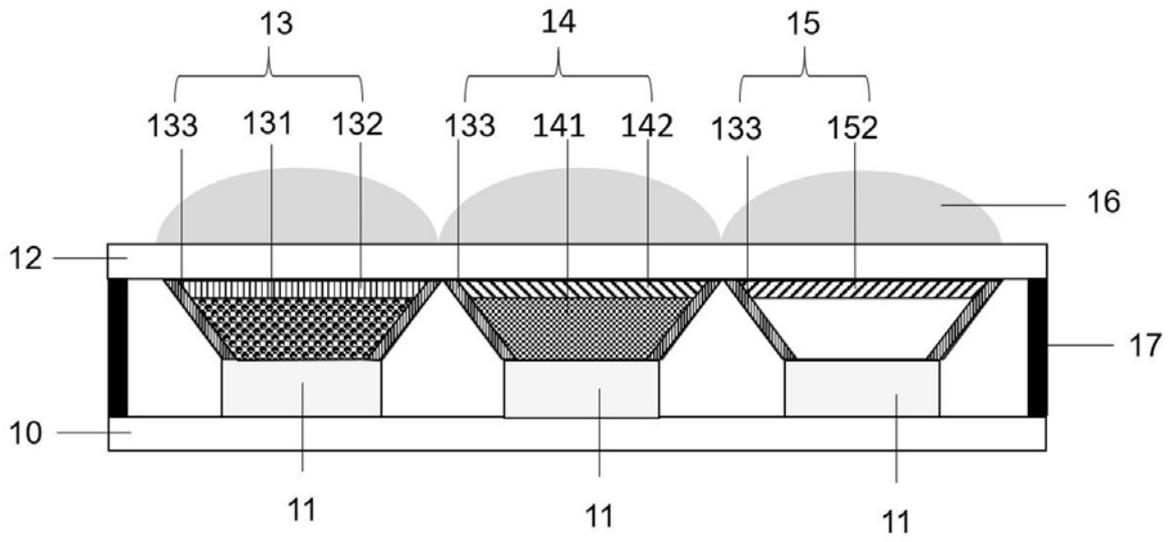


图8

专利名称(译)	一种光效提取和无像素干扰的全彩化Micro-LED显示结构及其制造方法		
公开(公告)号	<a href="#">CN109256455A</a>	公开(公告)日	2019-01-22
申请号	CN201811093385.5	申请日	2018-09-19
[标]申请(专利权)人(译)	福州大学		
申请(专利权)人(译)	福州大学		
当前申请(专利权)人(译)	福州大学		
[标]发明人	张永爱 吴艳 周雄图 郭太良 严群 叶芸 翁徐阳		
发明人	张永爱 吴艳 周雄图 郭太良 严群 叶芸 翁徐阳		
IPC分类号	H01L33/58 H01L33/60 H01L33/48 H01L33/46 H01L25/075		
CPC分类号	H01L25/0753 H01L33/46 H01L33/486 H01L33/58 H01L33/60 H01L2933/0025 H01L2933/005 H01L2933/0058		
代理人(译)	蔡学俊		
其他公开文献	CN109256455B		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a> <a href="#">SIPO</a>		

摘要(译)

本发明涉及一种光效提取和无像素干扰的全彩化Micro-LED显示结构及其制造方法，包括设置于一衬底表面且呈阵列排布的LED芯片阵列，设置于一透明基板上下表面的微透镜阵列以及与其一一对应的倒梯形微结构阵列，以及连接衬底和透明基板的封框体，倒梯形微结构阵列沿LED芯片的横向方向依次构成用于显示红光的R单元、用于显示绿光的G单元以及用于显示蓝光B单元。本发明利用蓝色LED芯片激发R单元内的红色/G单元内的绿色量子点层而转换为红光/绿光；同时，利用微结构中的分布式布拉格反射层，提高Micro-LED显示出光效率，还可利用微结构中的反射层和微透镜阵列提高垂直方向的出光效率和防止相邻像素色彩干扰，从而实现一种光效提取和无像素干扰的全彩化Micro-LED显示。

