(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 109256456 A
(43)申请公布日 2019.01.22

(21)申请号 201811093873.6

(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 张桑玲 周雄图 郭太良 严群 叶芸

(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)
H01L 25/075(2006.01)

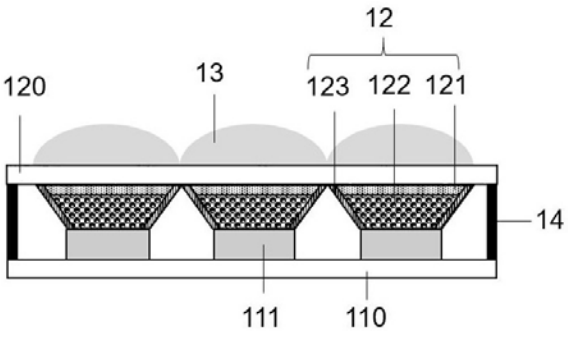
权利要求书2页 说明书7页 附图6页

(54)发明名称

一种实现Micro-LED显示出光效率提升和窜扰降低的微结构及其制造方法

(57)摘要

本发明涉及一种实现Micro-LED显示出光效率提升和窜扰降低的微结构及其制造方法，包括衬底、透明基板、LED芯片阵列、微透镜阵列、倒梯形微结构阵列、以及封框体；其中倒梯形微结构与LED芯片一一对准并封装在一起；倒梯形微结构的顶部为分布式布拉格反射层，外周侧为反射层，内部填充有量子点发光层；微透镜与倒梯形微结构一一对应，并与微结构粘在一起成为一个整体。本发明不仅可利用蓝色LED芯片激发红色/绿色量子点层而转换为红光/绿光，实现Micro-LED显示的色彩转换；同时，利用微结构中的分布式布拉格反射层，提高Micro-LED显示的出光效率，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，防止相邻像素的出光干扰，实现光效提取和窜扰降低的Micro-LED显示。



CN 109256456 A

1.一种实现Micro-LED显示出光效率提升和窜扰降低的微结构，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；

其中每个倒梯形微结构与每个LED芯片一一对准并封装在一起；所述倒梯形微结构的顶部为分布式布拉格反射层，外周侧为反射层，内部填充有量子点发光层；其中每个微透镜与每个倒梯形微结构一一对应，并与所述微结构粘在一起成为一个整体。

2.根据权利要求1所述的一种实现Micro-LED显示出光效率提升和窜扰降低的微结构，其特征在于：所述LED芯片为蓝色微米级LED芯片，其长度为1微米至50微米，宽度为1微米至50微米，相邻LED芯片之间的横向间距大于LED芯片的长度，纵向间距大于LED芯片的宽度，且横向间距/纵向间距小于100微米。

3.根据权利要求1所述的一种实现Micro-LED显示出光效率提升和窜扰降低的微结构，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，同时小于或等于相邻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芯片宽度，同时小于或等于相邻LED芯片纵向间距，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所述的一种实现Micro-LED显示出光效率提升和窜扰降低的微结构，其特征在于：所述量子点发光层为红色量子点发光层或绿色量子点发光层，且量子点发光层厚度小于倒梯形微结构的深度。

5.根据权利要求1所述的一种实现Micro-LED显示出光效率提升和窜扰降低的微结构，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，各层薄膜厚度由下式确定，而总厚度由薄膜的堆叠对数m决定，

$$nd\cos\theta=\frac{\lambda}{4}\cdot q\ ;$$

其中，n为薄膜折射率，d为薄膜厚度，θ为光入射角，λ为中心波长，q为常数，q≥0，且当q为正奇数时，反射率有极值，m为正整数或等于N+0.5，N为正整数；

通过控制分布式布拉格反射层的高低折射率薄膜的厚度，可使LED芯片发出的蓝光激发所述量子点发光层发出的红光或绿光从倒梯形微结构的顶部透过，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所述的一种实现Micro-LED显示出光效率提升和窜扰降低的微结构，其特征在于：所述反射层采用高反射率金属材料，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光的窜扰；所述反射层的厚度为20纳米至1微米。

7.根据权利要求1所述的一种实现Micro-LED显示出光效率提升和窜扰降低的微结构，其特征在于：所述微透镜为透明的方形凸透镜；所述方形凸透镜的长度与所述倒梯形微结构顶部的长度一致，方形透镜的宽度与所述倒梯形微结构顶部的宽度一致，所述方形透镜的曲率半径大于或等于所述倒梯形微结构的深度。

8.根据权利要求1所述的一种实现Micro-LED显示出光效率提升和窜扰降低的微结构，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的LED芯片的衬底四周，所述封框体的厚度为倒梯形微结构深度和LED芯片厚度之和的1-3倍。

9.一种基于权利要求1-8任一项所述的实现Micro-LED显示出光效率提升和窜扰降低的微结构的制造方法，其特征在于：包括以下步骤：

步骤S1：提供蓝色微米级Micro-LED芯片，所述蓝色微米级Micro-LED芯片呈阵列排布设置于衬底表面；

步骤S2：制作倒梯形微结构；

步骤S3：采用印刷或喷墨打印技术在透明基板的上表面制备透明的方形微透镜；所述方形微透镜的长度与所述倒梯形微结构顶部长度一致，方形微透镜的宽度与所述倒梯形微结构顶部宽度一致，方形微透镜的曲率半径大于或等于所述倒梯形微结构的深度；

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，封框体的厚度为倒梯形微结构深度和LED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，除气后封装。

10.根据权利要求9所述的一种实现Micro-LED显示出光效率提升和窜扰降低的微结构的制造方法，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，且小于或等于相邻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，且小于或等于相邻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；

步骤S23：利用喷墨打印技术在所述梯形储液槽内填充量子点发光层，所述量子点发光层为红色量子点发光层或绿色量子点发光层，所述量子点厚度小于所述梯形储液槽的深度；

步骤S24：去除倒梯形储液槽四周的保护层；

步骤S25：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；所述反射层为高反射率金属材料，可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，其厚度为20纳米至1微米，形成倒梯形微结构。

一种实现Micro-LED显示出光效率提升和窜扰降低的微结构及其制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及半导体显示领域，特别是一种实现Micro-LED显示出光效率提升和窜扰降低的微结构及其制造方法。

背景技术

[0002] Micro-LED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具备自发光的特性，相比OLED和LCD显示，Micro-LED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。在色彩转换技术方面，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色彩化最具潜力的方法之一。然而，利用量子点实现色彩转换的其中一个技术难题是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色彩转换和光效提取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或绿色量子点单元实现了色彩转换，但是像素之间色彩容易窜扰，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CN108281092A的一种微米级LED显示光效提取的微结构，就是在微米级蓝色LED芯片表制备倒梯形储液槽，利用倒梯形储液槽微结构能提高微米级LED显示的色彩转换和垂直方向光的出射效率。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，量子点发光层容易曝露在大气中，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实现Micro-LED显示出光效率提升和窜扰降低的微结构及其制造方法，该发明不仅可利用蓝色LED芯片激发红色/绿色量子点层而转换为红光/绿光，实现Micro-LED显示的色彩转换；同时，本发明利用量子点发光层上表面制作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，能够增强Micro-LED显示的出光效率，并且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，防止相邻像素的出光干扰，实现一种光效提取和窜扰降低的Micro-LED显示。

[0006] 本发明采用以下方案实现：一种实现Micro-LED显示出光效率提升和窜扰降低的微结构，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；

[0007] 其中每个倒梯形微结构与每个LED芯片一一对准并封装在一起；所述倒梯形微结构的顶部为分布式布拉格反射层，外周侧为反射层，内部填充有量子点发光层；其中每个微透镜与每个倒梯形微结构一一对应，并与所述微结构粘在一起成为一个整体。

[0008] 进一步地，所述LED芯片为蓝色微米级LED芯片，其长度为1微米至50微米，宽度为1微米至50微米，相邻LED芯片之间的横向间距大于LED芯片的长度，纵向间距大于LED芯片的宽度，且横向间距/纵向间距小于100微米。

[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，同时小于或等于相邻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芯片宽度，同时小于或等于相邻LED芯片纵向间距，所述倒梯形微结构的深度为1微米至10微米。

[0010] 进一步地，所述量子点发光层为红色量子点发光层或绿色量子点发光层，且量子点发光层厚度小于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，各层薄膜厚度由下式确定，而总厚度由薄膜的堆叠对数m决定，

[0012] $$nd\cos\theta=\frac{\lambda}{4}\cdot q\ ;$$

[0013] 其中，n为薄膜折射率，d为薄膜厚度，θ为光入射角，λ为中心波长，q为常数，q≥0，且当q为正奇数时，反射率有极值，m为正整数或等于N+0.5，N为正整数；

[0014] 通过控制分布式布拉格反射层的高低折射率薄膜的厚度，可使LED芯片发出的蓝光激发所述量子点发光层发出的红光或绿光从倒梯形微结构的顶部透过，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。

[0015] 进一步地，所述反射层采用高反射率金属材料，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光的窜扰；所述反射层的厚度为20纳米至1微米。

[0016] 进一步地，所述微透镜为透明的方形凸透镜；所述方形凸透镜的长度与所述倒梯形微结构顶部的长度一致，方形透镜的宽度与所述倒梯形微结构顶部的宽度一致，所述方形透镜的曲率半径大于或等于所述倒梯形微结构的深度。

[0017] 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的LED芯片的衬底四周，所述封框体的厚度为倒梯形微结构深度和LED芯片厚度之和的1-3倍。

[0018] 本发明还提供了一种基于上文所述的实现Micro-LED显示出光效率提升和窜扰降

低的微结构的制造方法，包括以下步骤：

[0019] 步骤S1：提供蓝色微米级Micro-LED芯片，所述蓝色微米级Micro-LED芯片呈阵列排布设置于衬底表面；

[0020] 步骤S2：制作倒梯形微结构；

[0021] 步骤S3：采用印刷或喷墨打印技术在透明基板的上表面(没有倒梯形微结构的那一面)制备透明的方形微透镜；所述方形微透镜的长度与所述倒梯形微结构顶部长度一致，方形微透镜的宽度与所述倒梯形微结构顶部宽度一致，方形微透镜的曲率半径大于或等于所述倒梯形微结构的深度；

[0022] 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，封框体的厚度为倒梯形微结构深度和LED芯片厚度之和的1-3倍；

[0023] 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，除气后封装。

[0024] 进一步地，步骤S2具体包括以下步骤：

[0025] 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，且小于或等于相邻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，且小于或等于相邻LED芯片间距，所述梯形储液槽的深度为1微米至10微米；

[0026] 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；

[0027] 步骤S23：利用喷墨打印技术在所述梯形储液槽内填充量子点发光层，所述量子点发光层为红色量子点发光层或绿色量子点发光层，所述量子点厚度小于所述梯形储液槽的深度；

[0028] 步骤S24：去除倒梯形储液槽四周的保护层；

[0029] 步骤S25：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；所述反射层为高反射率金属材料，可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，其厚度为20纳米至1微米，形成倒梯形微结构。

[0030] 与现有技术相比，本发明有以下有益效果：

[0031] 1、本发明在透明基板表面制作梯形状储液槽，有利于量子点发光层的图形化；且在透明基板另一面制作与倒梯形储液槽一一对应的微透镜阵列，有利于提高Micro-LED显示垂直方向出光效率，防止相邻像素的窜扰。

[0032] 2、本发明在倒梯形储液槽内周侧镀制金属反射层，经蓝光LED激发量子点发出的光是发散的，因此该反射层用于将四周出射的光反射回去，增强垂直方向的出光效率。

[0033] 3、由于蓝光LED具有很强的光强度，因此图形化的量子点需要很厚才有明显的色彩转换，将会增加器件制作成本以及器件整体厚度。本发明在量子点发光层上表面制作分布式布拉格反射层，通过控制分布式布拉格反射层的高低折射率薄膜的厚度，可使蓝色LED激发所述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，增强出射光的强度，从而有效地提高微米级LED显示的色彩转换和发光效率，对微米级LED在彩色显示应用上具有重要的意义。

[0034] 4、本发明的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，能够提高Micro-LED显示的寿命。

附图说明

[0035] 图1为本发明实施例的Micro-LED显示出光效率提升和窜扰降低的微结构的示意图。

[0036] 图2为本发明实施例的Micro-LED显示出光效率提升和窜扰降低的微结构的制造方法示意图。

[0037] 图3为本发明实施例的蓝色Micro-LED芯片的截面示意图。

[0038] 图4为本发明实施例的步骤S2倒梯形微结构制造流程示意图。

[0039] 图5为本发明实施例的倒梯形微结构制造过程示意图。

[0040] 图6为本发明实施例的在衬底四周印刷封框体的结构示意图。

[0041] 图7为本发明实施例的在倒梯形微结构对面制备微透镜的结构示意图。

[0042] 图8为本发明实施例的透明基板和衬底对准封装的结构示意图。

[0043] 图中，110为衬底，111为蓝色Micro-LED芯片，120为透明基板，1201为保护层，1202为梯形储液槽，12为倒梯形微结构，121为分布式布拉格反射层，122为量子点发光层，123为反射层，13为微透镜，14为封框体。

具体实施方式

[0044] 下面结合附图及实施例对本发明做进一步说明。

[0045] 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。需要注意的是，这里所使用的术语仅是为了描述具体实施方式，而非意图限制根据本申请的示例性实施方式。如在这里所使用的，除非上下文另外明确指出，否则单数形式也意图包括复数形式，此外，还应当理解的是，当在本说明书中使用术语“包含”和/或“包括”时，其指明存在特征、步骤、操作、器件、组件和/或它们的组合。

[0046] 如图1所示，本实施例提供了一种实现Micro-LED显示出光效率提升和窜扰降低的微结构，包括衬底、透明基板、设置于所述衬底110表面且呈阵列排布的LED芯片阵列111、分别设置于所述透明基板120上、下两表面的微透镜阵列13与倒梯形微结构阵列12、以及连接所述衬底和透明基板的封框体14；

[0047] 其中每个倒梯形微结构与每个LED芯片一一对准并封装在一起；所述倒梯形微结

构的顶部为分布式布拉格反射层121，外周侧为反射层123，内部填充有量子点发光层122；其中每个微透镜与每个倒梯形微结构一一对应，并与所述微结构粘在一起成为一个整体。

[0048] 在本实施例中，所述LED芯片为蓝色微米级LED芯片，其长度为1微米至50微米，宽度为1微米至50微米，相邻LED芯片之间的横向间距大于LED芯片的长度，纵向间距大于LED芯片的宽度，且横向间距/纵向间距小于100微米。

[0049] 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，同时小于或等于相邻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芯片宽度，同时小于或等于相邻LED芯片纵向间距，所述倒梯形微结构的深度为1微米至10微米。

[0050] 在本实施例中，所述量子点发光层为红色量子点发光层或绿色量子点发光层，且量子点发光层厚度小于倒梯形微结构的深度。

[0051] 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，各层薄膜厚度由下式确定，而总厚度由薄膜的堆叠对数m决定，

[0052] $$nd\cos\theta=\frac{\lambda}{4}\cdot q\ ;$$

[0053] 其中，n为薄膜折射率，d为薄膜厚度，θ为光入射角，λ为中心波长，q为常数，q≥0，且当q为正奇数时，反射率有极值，m为正整数或等于N+0.5，N为正整数；

[0054] 通过控制分布式布拉格反射层的高低折射率薄膜的厚度，可使LED芯片发出的蓝光激发所述量子点发光层发出的红光或绿光从倒梯形微结构的顶部透过，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。

[0055] 在本实施例中，所述反射层采用高反射率金属材料，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光的窜扰；所述反射层的厚度为20纳米至1微米。

[0056] 在本实施例中，所述微透镜为透明的方形凸透镜；所述方形凸透镜的长度与所述倒梯形微结构顶部的长度一致，方形透镜的宽度与所述倒梯形微结构顶部的宽度一致，所述方形透镜的曲率半径大于或等于所述倒梯形微结构的深度。

[0057] 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的LED芯片的衬底四周，所述封框体的厚度为倒梯形微结构深度和LED芯片厚度之和的1-3倍。

[0058] 如图2所示，本实施例还提供了一种基于上文所述的实现Micro-LED显示出光效率提升和窜扰降低的微结构的制造方法，包括以下步骤：

[0059] 步骤S1：提供蓝色微米级Micro-LED芯片，所述蓝色微米级Micro-LED芯片呈阵列排布设置于衬底表面；如图3所示，所述LED芯片111沿横向和纵向均匀排列设置于衬底110表面，LED长度为1微米至50微米，LED宽度为1微米至50微米，相邻LED横向间距大于芯片长度，纵向间距大于LED宽度，其间距小于100微米。本实施例优选蓝色微米级LED长度与宽度均为30微米，横向和纵向相邻间距均为80微米。

[0060] 步骤S2：制作倒梯形微结构；

[0061] 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,封框体的厚度为倒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111的衬底110四周涂覆一层厚度为10um透明的封框体14,如图6所示;

[0062] 步骤S4:采用印刷或喷墨打印技术在透明基板120表面(没有倒梯形微结构12的那一面)制备透明的方形微透镜13。所述方形凸透镜13的长度与所述倒梯形微结构12顶部长度一致,方形透镜13的宽度与所述倒梯形微结构12顶部宽度一致,方形透镜13的曲率半径大于或等于所述倒梯形微结构12的深度。本实施例优选喷墨打印技术制备长度和宽度都为30um,曲率半径为1mm的透明方向微透镜,如图7所示;

[0063] 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,形成如图8的一种实现Micro-LED显示出光效率提升和窜扰减少的装置的微结构。

[0064] 在本实施例中,如图4所示,步骤S2具体包括以下步骤:

[0065] 步骤S21:提供一透明基板120,在透明基板120表面涂覆一层保护层1201,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1202;所述梯形储液槽1202的顶部开口长度小于或等于LED芯片长度,所述梯形储液槽1202的顶部开口宽度小于或等于LED芯片宽度;所述梯形储液槽1202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1202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1202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(a)梯形储液槽1202。其中,水平与垂直方向的储液槽1202相距为100微米。每个储液槽12顶部长度和宽度都为30微米,底部长度和宽度都为80微米,深度为5微米;

[0066] 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1202底部镀制分布式布拉格反射层121,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,如图5(b)所示。所述分布式布拉格反射121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:TiO_2/Al_2O_3、TiO_2/SiO_2、Ta_2O_5/Al_2O_3、Hf_O2/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$ndcos\theta=\frac{\lambda}{4}\cdot q$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,θ为光入射角,λ为中心波长,q为常数,q≥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1202下表面镀制镀4.5个循环的TiO_2/Al_2O_3分布式布拉格反射层,其中TiO_2厚度为45nm,Al_2O_3的厚度为67nm,如图5(b)所示。3.5个循环的TiO_2/Al_2O_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;

[0067] 步骤S23:在沉积布拉格反射层121的倒梯形储液槽1202内,利用喷墨打印填量子点发光层122。所述量子点发光层122可为红色量子点发光层,也可为绿色量子点发光层,量子点发光层厚度小于或等于梯形储液槽1202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1202内,量子点厚度为5微米,放置在40℃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；

[0068] 步骤S24：去除倒梯形储液槽四周的保护层，形成如图5(d)梯形结构；

[0069] 步骤S25：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结构外四周镀上一层反射层123，所述反射层123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窜扰；所述反射层123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123，具体工艺步骤和形成的倒梯形微结构12如图5(e)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。

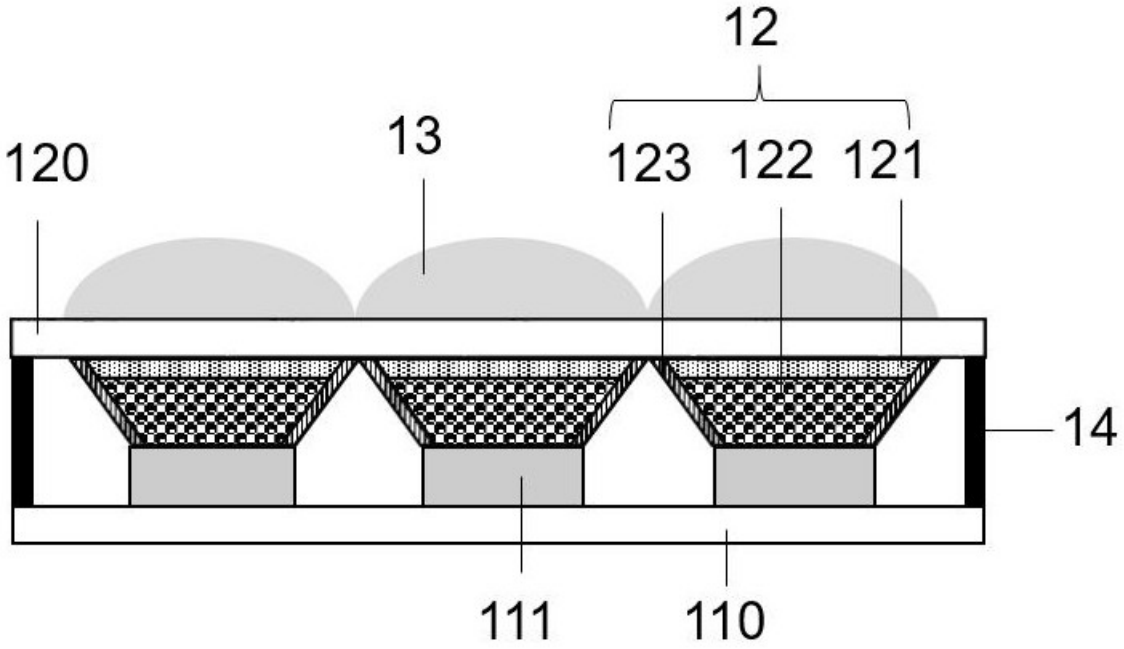


图1

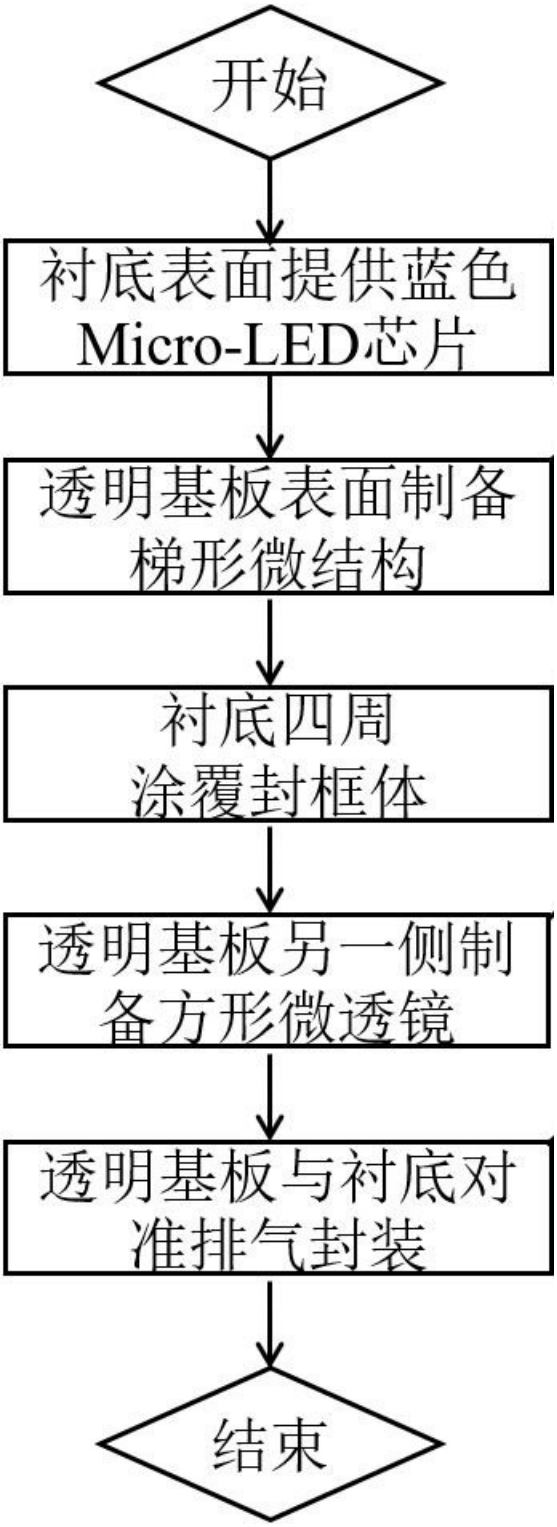

开始
衬底表面提供蓝色Micro-LED芯片
透明基板表面制备梯形微结构
衬底四周涂覆封框体
透明基板另一侧制备方形微透镜
透明基板与衬底对准排气封装
结束

图2

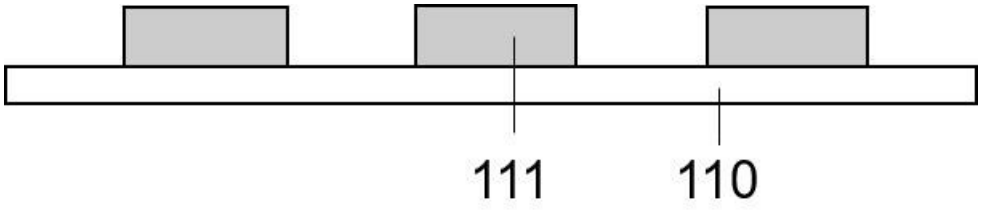


图3

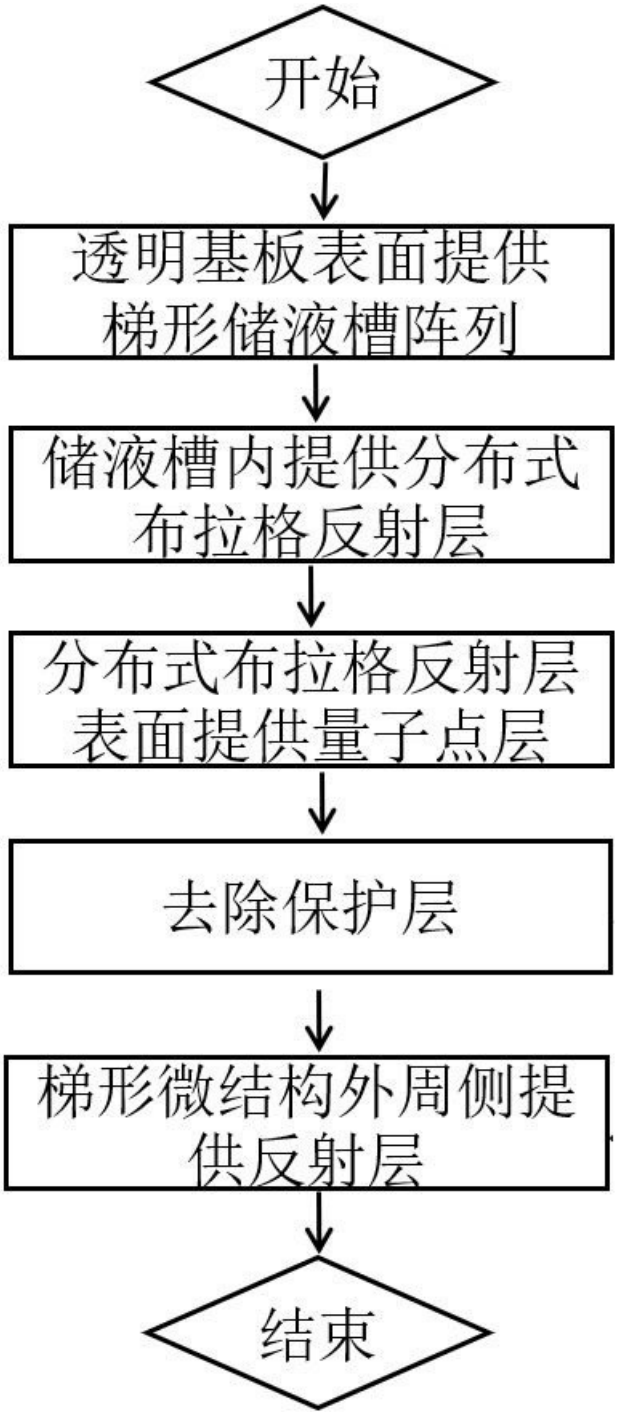

开始
透明基板表面提供梯形储液槽阵列
储液槽内提供分布式布拉格反射层
分布式布拉格反射层表面提供量子点层
去除保护层
梯形微结构外周侧提供反射层
结束

图4

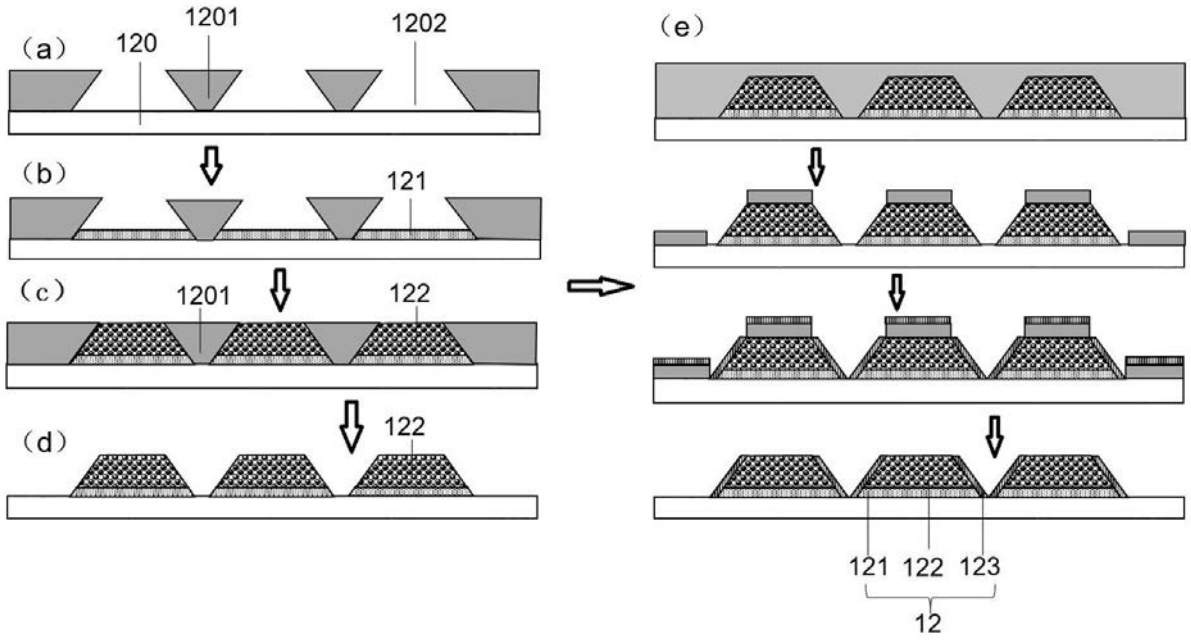

(a)
120
1201
1202
(b)
121
(c)
1201
122
(d)
122
(e)
121
122
123
12

图5

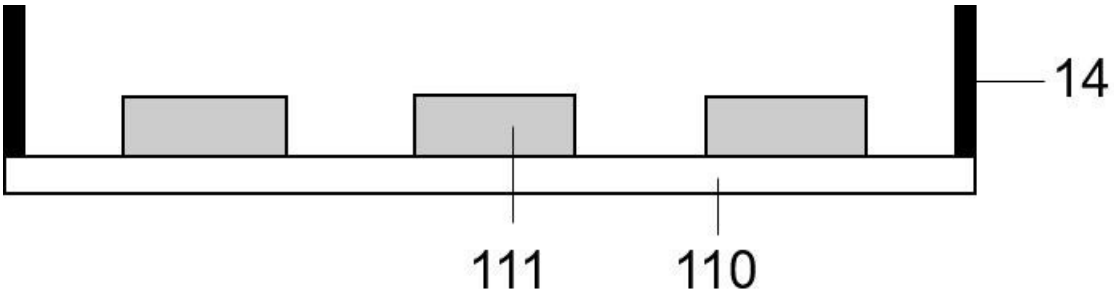

14
111
110

图6

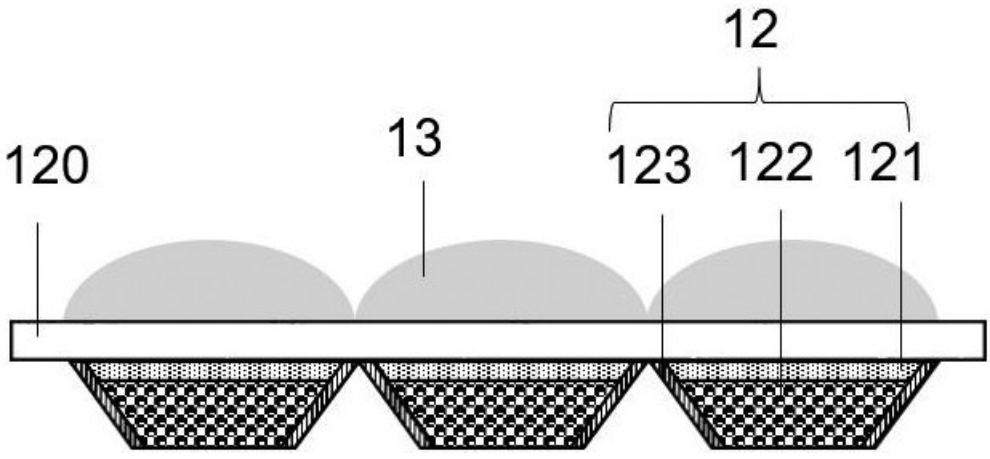

12
120
13
123
122
121

图7

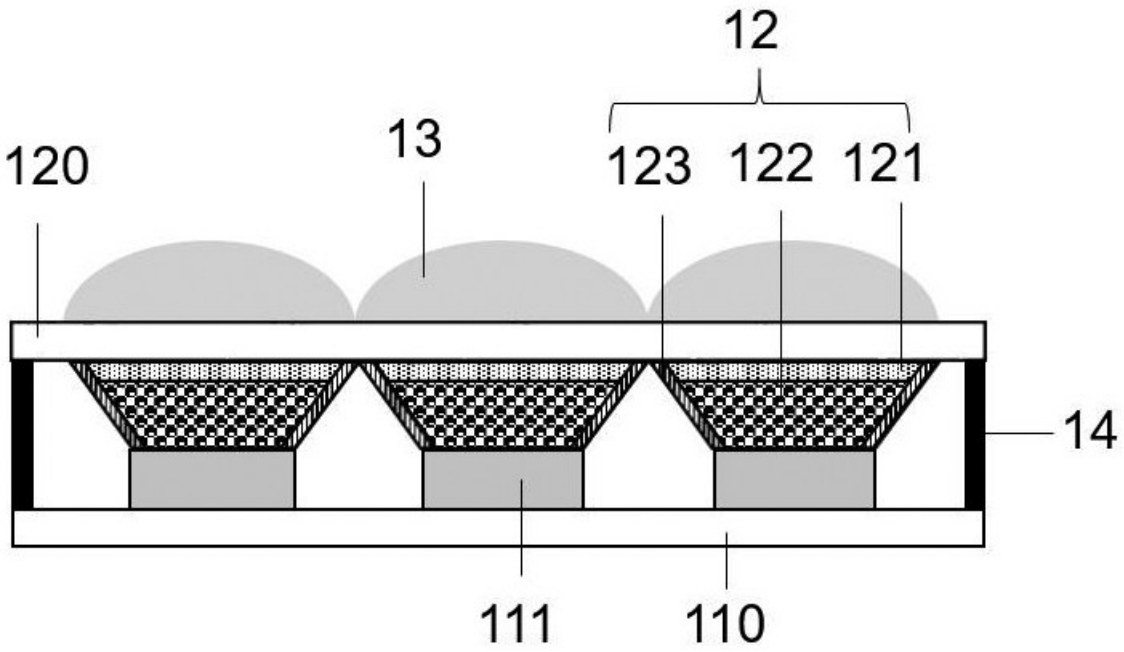
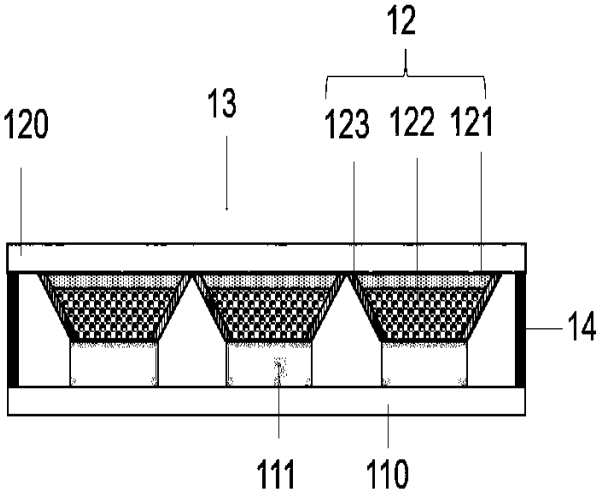


图8

专利名称(译)	一种实现Micro-LED显示出光效率提升和窜扰降低的微结构及其制造方法		
公开(公告)号	CN109256456A	公开(公告)日	2019-01-22
申请号	CN201811093873.6	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 张桑玲 周雄图 郭太良 严群 叶芸		
发明人	张永爱 张桑玲 周雄图 郭太良 严群 叶芸		
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	CN109256456B		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明涉及一种实现Micro-LED显示出光效率提升和窜扰降低的微结构及其制造方法，包括衬底、透明基板、LED芯片阵列、微透镜阵列、倒梯形微结构阵列、以及封框体；其中倒梯形微结构与LED芯片一一对准并封装在一起；倒梯形微结构的顶部为分布式布拉格反射层，外周侧为反射层，内部填充有量子点发光层；微透镜与倒梯形微结构一一对应，并与微结构粘在一起成为一个整体。本发明不仅可利用蓝色LED芯片激发红色/绿色量子点层而转换为红光/绿光，实现Micro-LED显示的色彩转换；同时，利用微结构中的分布式布拉格反射层，提高Micro-LED显示的出光效率，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，防止相邻像素的出光干扰，实现光效提取和窜扰降低的Micro-LED显示。