



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110112172 A

(43)申请公布日 2019.08.09

(21)申请号 201910428357.2

B82Y 30/00(2011.01)

(22)申请日 2019.05.22

(71)申请人 南京大学

地址 210093 江苏省南京市鼓楼区汉口路
22号

(72)发明人 余俊驰 刘斌 陶涛 郝勇
许非凡 周玉刚 谢自力 张荣
郑有焘

(74)专利代理机构 江苏斐多律师事务所 32332
代理人 张佳妮

(51)Int.Cl.

H01L 27/15(2006.01)

H01L 33/12(2010.01)

H01L 33/32(2010.01)

H01L 33/06(2010.01)

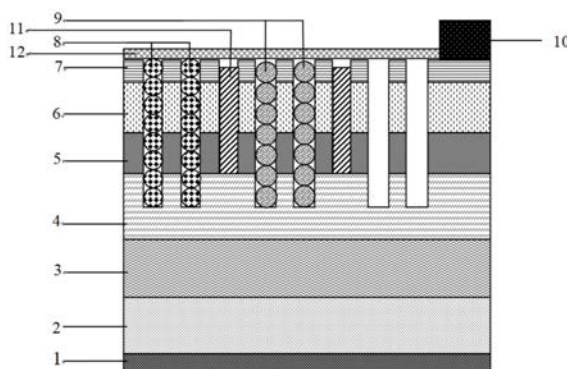
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54)发明名称

基于氮化镓纳米孔阵列/量子点混合结构的
全色微米LED显示芯片及其制备方法

(57)摘要

本发明公开了一种基于氮化镓纳米孔阵列/量子点混合结构的全色微米LED显示芯片。在硅基片的GaN蓝光LED外延层上,设有贯穿p型GaN层、量子阱有源层,深至n型GaN层的阵列式矩形台面结构,每个矩形台面结构构成一个RGB像素单元。在每个矩形像素单元中,都包含三块红光、绿光和蓝光矩形亚像素区域,相邻亚像素区域之间由隔离槽隔开。每个亚像素区域中设纳米孔阵列结构,并填充红色和绿色量子点,通过量子点颜色转换实现全色显示。还公开了其制备方法。该器件利用纳米孔结构提高量子点的稳定性与寿命,同时利用量子点间的能量共振转移,有效提高其内量子效率与色转换效率,能够实现高分辨、高色域、高对比度的全色显示。



1. 一种基于氮化镓纳米孔阵列/量子点混合结构的全色微米LED显示芯片,其结构自下而上包括:

- 一硅衬底;
- 一生长在硅衬底上的GaN缓冲层;
- 一生长在GaN缓冲层上的n型GaN层;
- 一生长在n型GaN层上的GaN量子阱有源层;
- 一生长在量子阱有源层上的p型GaN层;

所述LED显示芯片刻蚀形成贯穿p型GaN层、量子阱有源层,深至n型GaN层的阵列式矩形台面结构,各矩形台面之间相互隔离,每个矩形台面构成一个RGB像素单元,其特征在于:在每个RGB像素单元中,都包含三个矩形的亚像素点区域,分别发出红光、绿光、蓝光,在每个RGB像素单元的矩形亚像素点区域内,刻蚀深至p型GaN层/量子阱有源层/n型GaN层的纳米孔,形成纳米孔阵列,红光/绿光亚像素点区域内的纳米孔阵列中分别填充红光/绿光量子点;

还包括一p型阵列电极,蒸镀在LED显示芯片的p型GaN层上,一n型电极,蒸镀在n型GaN层上;

所述红光和绿光量子点采用高压静电吸附方式填充到纳米孔阵列结构中。

2. 根据权利要求1所述的全色微米LED显示芯片,其特征在于:在每个RGB像素单元内相邻的两个亚像素区域的矩形台面之间设有刻蚀到n型GaN层的长方形隔离槽,隔离槽中填充吸光材料,用来隔离光。

3. 根据权利要求2所述的全色微米LED显示芯片,其特征在于:所述隔离槽宽度为0.5~1 μ m,长度为8~10 μ m,深度为950nm,所述吸光材料为Vantablack或银。

4. 根据权利要求1-3中任一项所述的全色微米LED显示芯片,其特征在于:每个矩形RGB像素单元的宽度为12~15 μ m,长度为8~10 μ m,其中每个亚像素区域矩形台面结构的宽度为2~3 μ m,长度为8~10 μ m。

5. 根据权利要求4所述的全色微米LED显示芯片,其特征在于:所述纳米孔阵列的直径为100~260nm,周期为300~700nm。

6. 权利要求1-5中任一项所述的全色微米LED显示芯片的制备方法,其步骤包括:

(1) 使用MOCVD技术在硅衬底上依次生长一GaN缓冲层,一n型GaN层,一无掺杂的GaN多量子阱有源层,以及一p型GaN层,形成发出蓝光的GaN LED外延片;

(2) 利用PECVD技术在蓝光LED外延片上蒸镀一层介质层;

(3) 在介质层表面旋涂一层光刻胶层,并对其进行前烘,利用紫外光刻技术将光刻板上作为像素点的有序的矩形台面阵列图形、矩形台面中分隔相邻亚像素区域的隔离槽结构转移到光刻胶层上,然后显影、后烘;

(4) 采用RIE技术,去除经显影去除了大部分光刻胶的区域的少量光刻胶残余层,然后利用PVD工艺蒸镀一层镍掩膜层,再进行剥离,去除光刻胶层及光刻胶层上的镍薄膜层,得到有序矩形台面像素点阵列图形及亚像素点间的隔离槽图形;

(5) 采用RIE技术,以镍为掩膜纵向刻蚀介质层,将矩形台面阵列像素结构和亚像素点隔离槽结构转移至介质层;

(6) 采用ICP技术,以镍薄膜层为掩膜各向异性刻蚀p型GaN层和量子阱层,将矩形台面

阵列像素结构和亚像素点隔离槽结构转移至n型GaN层；

(7) 采用湿法腐蚀法，去除矩形台面阵列像素结构和亚像素点隔离槽结构上的镍薄膜层和介质层，形成相互隔离的GaN矩形台面阵列结构，并修复GaN及量子阱侧壁的刻蚀损伤；

(8) 在矩形台面阵列像素结构上蒸镀一层ITO层；

(9) 在每个像素结构中亚像素点区域的矩形台面结构的ITO层表面生长一层绝缘层，在绝缘层表面生长一层镍薄膜层，将SU8胶和紫外固化胶依次旋涂在镍薄膜层表面；

(10) 利用紫外纳米压印技术，使用软模板在紫外固化胶上形成全面积的有序纳米孔阵列；

(11) 利用RIE技术，刻蚀紫外固化胶的残余层，然后以紫外固化胶为掩膜，利用RIE技术，SU8层进行刻蚀，将纳米孔阵列结构转移至SU8层；

(12) 采用ICP技术刻蚀镍薄膜层，将纳米孔阵列结构转移至镍薄膜层，去除镍薄膜层纳米孔阵列表面表面的SU8胶；

(13) 采用RIE技术刻蚀绝缘层，使镍薄膜层的纳米孔阵列转移至绝缘层；采用ICP技术刻蚀ITO层，将纳米孔阵列结构从绝缘层转移至ITO层；

(14) 采用ICP技术，各向异性刻蚀p型氮化镓层、量子阱有源层、n型氮化镓层，形成贯穿ITO层、p型氮化镓层、量子阱有源层，深至n型氮化镓层的纳米孔阵列，将样品放置在无机酸、碱溶液水浴去除刻蚀损伤，然后去除残余的绝缘层；

(15) 再次在LED外延片上蒸镀一层介质层；

(16) 制备P型电极，重新旋涂一层光刻胶，利用紫外光刻技术使用光刻版在光刻胶上套刻形成p型电极图形；采用RIE技术，以光刻胶为掩膜刻蚀介质层薄膜，将p型电极图形转移至p型GaN层；然后采用PVD工艺蒸镀一层金属作为p型电极；利用湿法腐蚀去掉光刻胶及光刻胶层上的金属层，洗净并烘干样品；最后利用热退火实现金属与p型GaN的欧姆接触；

(17) 制备N型电极，采用PVD工艺，在硅衬底背面蒸镀一层金属作为n型电极；然后洗净并烘干样品；最后利用热退火实现金属与硅衬底的欧姆接触；

(18) 样品表面重新旋涂一层光刻胶，利用紫外光刻技术使用光刻板在光刻胶上套刻形成隔离槽图形；向样品表面旋涂一层吸光材料，没有光刻胶的区域吸光材料填充进入隔离槽内；然后利用湿法腐蚀去掉光刻胶及其上面的吸光材料，洗净并烘干样品；

(19) 在红色和绿色亚像素点区域旋涂一层PMMA聚合物结构，使用高压探针在红色或绿色亚像素区域加上50-100V的高偏压，同时硅衬底背面接地，随后喷涂红色或绿色量子点，利用静电吸附使量子点进入纳米孔结构中，再用丙酮溶液去除多余的量子点，然后对另一颜色的亚像素区域进行相同的处理，最后使用RIE技术去除表面的PMMA聚合物结构；

(20) 使用PECVD在像素单元区域表面覆盖一层SiO₂介质层以保护量子点。

7. 根据权利要求6所述的全色微米LED显示芯片的制备方法，其特征在于：所述n型电极为Ti/Al/Ni/Au金属，p型电极为Ni/Au金属，介质层厚度150~250nm，材质为SiO₂，镍薄膜层的厚度为30~100nm。

8. 根据权利要求7所述的混合型RGB微米孔LED阵列器件的制备方法，其特征在于：所述红光/绿光量子点为II-VI族核壳结构CdSe/ZnS量子点，核半径为1.3~2.5nm，壳层厚度为1.4~2.8nm，红光量子点发光波长为622nm~760nm，绿光量子点发光波长为492nm~577nm。

基于氮化镓纳米孔阵列/量子点混合结构的全色微米LED显示芯片及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种基于氮化镓纳米孔阵列/量子点混合结构的全色微米LED显示芯片及其制备方法,属于半导体显示技术领域。

背景技术

[0002] 微米LED技术是继液晶(LCD)显示技术、有机物发光二极管(OLED)显示技术之后的最新一代显示技术。微米LED指将单个LED的尺寸缩小到微米量级,再将大量的LED灯珠集成后做成阵列。由于单个微米LED像素的尺寸极小,只有几十甚至几个微米,因此利用这种技术可以实现1500ppi及以上的超高分辨显示。同时,由于微米LED显示芯片中的每一个像素点都是自发光的,并且可以单独控制与驱动,因此微米LED显示器可以实现极高的对比度、亮度、色域,而在功耗上却低于其他显示技术。微米LED技术由于其众多独特的优势,成为了当前显示领域一个重要的研究方向。

[0003] 然而,目前微米LED显示芯片的制造过程,面临着许多技术难题。其中最大的挑战,就是微米LED的“巨量转移”过程,即如何把数量极为庞大的微米级的LED晶粒高精度且高效率的移动到电路基板上。目前,微米LED制造过程中的巨量转移技术方案主要采用Pick&Place方法。Pick&Place方法顺延传统LED制造中利用“吸取”的方式进行转移的思路,通过静电力、范德华力、磁力等作用力抓取巨量的微米LED灯珠再精确释放到衬底上。Pick&Place在不计成本的情况下虽然可以有较高的良率,但其转移速度较慢,一小时只能转移1.5万至2万个灯珠,不适合量产大尺寸屏幕,且成本高昂,很难直接进入大众市场。另一类较为主流的方案是滚轴转印技术,利用滚轴对滚轴的方式将TFT元件与LED元件转写到基板上,该方案虽然可以大大提高转移速度,也有很大的空间降低成本,目前却很难克服良率的问题。同时,为了实现微米LED芯片的全色显示,目前通常使用的方法是量子点色转换技术。而这项技术也存在着量子点色转换效率低、稳定性差、寿命短等问题,进而导致微米LED显示芯片质量不高等问题。这些技术上的问题,都一定程度上制约了微米LED显示技术的发展。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种基于氮化镓纳米孔阵列/量子点混合结构的全色微米LED显示芯片,能够进行高效色转换。

[0005] 本发明的目的通过以下技术方案实现:

[0006] 一种基于氮化镓纳米孔阵列/量子点混合结构的全色微米LED显示芯片,其结构自下而上包括:

[0007] 一硅衬底;

[0008] 一生长在硅衬底上的GaN缓冲层;

[0009] 一生长在GaN缓冲层上的n型GaN层;

[0010] 一生长在n型GaN层上的GaN量子阱有源层；

[0011] 一生长在量子阱有源层上的p型GaN层；

[0012] 所述LED显示芯片刻蚀形成贯穿p型GaN层、量子阱有源层，深至n型GaN层的阵列式矩形台面结构，各矩形台面之间相互隔离，每个矩形台面构成一个RGB像素单元，其特征在于：在每个RGB像素单元中，都包含三个矩形的亚像素点区域，分别发出红光、绿光、蓝光，其中，蓝色区域自身发蓝光，红色和绿色区域通过量子点色转换发光，在每个RGB像素单元的矩形亚像素点区域内，刻蚀深至p型GaN层/量子阱有源层/n型GaN层的纳米孔，形成纳米孔阵列，红光/绿光亚像素点区域内的纳米孔阵列中分别填充红光/绿光量子点；

[0013] 还包括一p型阵列电极，蒸镀在LED显示芯片的p型GaN层上，一n型电极，蒸镀在n型GaN层上；

[0014] 所述红光和绿光量子点采用高压静电吸附方式填充到纳米孔阵列结构中。

[0015] 优选的，在每个RGB像素单元内相邻的两个亚像素区域的矩形台面之间设有刻蚀到n型GaN层的长方形隔离槽，隔离槽中填充吸光材料，用来隔离光。

[0016] 优选的，所述隔离槽宽度为 $0.5\sim 1\mu\text{m}$ ，长度为 $8\sim 10\mu\text{m}$ ，深度为 950nm ，所述吸光材料为Vantablack或银。

[0017] 优选的，每个矩形RGB像素单元的宽度为 $12\sim 15\mu\text{m}$ ，长度为 $8\sim 10\mu\text{m}$ ，其中每个亚像素区域矩形台面结构的宽度为 $2\sim 3\mu\text{m}$ ，长度为 $8\sim 10\mu\text{m}$ 。

[0018] 优选的，所述纳米孔阵列的直径为 $100\sim 260\text{nm}$ ，周期为 $300\sim 700\text{nm}$ 。

[0019] 本发明还公开了上述的全色微米LED显示芯片的制备方法，其步骤包括：

[0020] (1) 使用MOCVD技术在硅衬底上依次生长一GaN缓冲层，一n型GaN层，一无掺杂的GaN多量子阱有源层，以及一p型GaN层，形成发出蓝光的GaN LED外延片；

[0021] (2) 利用PECVD技术在蓝光LED外延片上蒸镀一层介质层；

[0022] (3) 在介质层表面旋涂一层光刻胶层，并对其进行前烘，利用紫外光刻技术将光刻板上作为像素点的有序的矩形台面阵列图形、矩形台面中分隔相邻亚像素区域的隔离槽结构转移到光刻胶层上，然后显影、后烘；

[0023] (4) 采用RIE技术，去除经显影去除了大部分光刻胶的区域的少量光刻胶残余层，然后利用PVD工艺蒸镀一层镍掩膜层，再进行剥离，去除光刻胶层及光刻胶层上的镍薄膜层，得到有序矩形台面像素点阵列图形及亚像素点间的隔离槽图形；

[0024] (5) 采用RIE技术，以镍为掩膜纵向刻蚀介质层，将矩形台面阵列像素结构和亚像素点隔离槽结构转移至介质层；

[0025] (6) 采用ICP技术，以镍薄膜层为掩膜各向异性刻蚀p型GaN层和量子阱层，将矩形台面阵列像素结构和亚像素点隔离槽结构转移至n型GaN层；

[0026] (7) 采用湿法腐蚀法，去除矩形台面阵列像素结构和亚像素点隔离槽结构上的镍薄膜层和介质层，形成相互隔离的GaN矩形台面阵列结构，并修复GaN及量子阱侧壁的刻蚀损伤；

[0027] (8) 在矩形台面阵列像素结构上蒸镀一层ITO(氧化铟锡)层；

[0028] (9) 在每个像素结构中亚像素点区域的矩形台面结构的ITO层表面生长一层绝缘层，在绝缘层表面生长一层镍薄膜层，将SU8胶和紫外固化胶依次旋涂在镍薄膜层表面；

[0029] (10) 利用紫外纳米压印技术，使用软模板在紫外固化胶上形成全面积的有序纳米

孔阵列；

[0030] (11) 利用RIE技术，刻蚀紫外固化胶的残余层，然后以紫外固化胶为掩膜，利用RIE技术，SU8层进行刻蚀，将纳米孔阵列结构转移至SU8层；

[0031] (12) 采用ICP技术刻蚀镍薄膜层，将纳米孔阵列结构转移至镍薄膜层，去除镍薄膜层纳米孔阵列表面表面的SU8胶；

[0032] (13) 采用RIE技术刻蚀绝缘层，使镍薄膜层的纳米孔阵列转移至绝缘层；采用ICP技术刻蚀ITO层，将纳米孔阵列结构从绝缘层转移至ITO层；

[0033] (14) 采用ICP技术，各向异性刻蚀p型氮化镓层、量子阱有源层、n型氮化镓层，形成贯穿ITO层、p型氮化镓层、量子阱有源层，深至n型氮化镓层的纳米孔阵列，将样品放置在无机酸、碱溶液水浴去除刻蚀损伤，然后去除残余的绝缘层；

[0034] (15) 再次在LED外延片上蒸镀一层介质层；

[0035] (16) 制备P型电极，重新旋涂一层光刻胶，利用紫外光刻技术使用光刻版在光刻胶上套刻形成p型电极图形；采用RIE技术，以光刻胶为掩膜刻蚀介质层薄膜，将p型电极图形转移至p型GaN层；然后采用PVD工艺蒸镀一层金属作为p型电极；利用湿法腐蚀去掉光刻胶及光刻胶层上的金属层，洗净并烘干样品；最后利用热退火实现金属与p型GaN的欧姆接触；

[0036] (17) 制备N型电极，采用PVD工艺，在硅衬底背面蒸镀一层金属作为n型电极；然后洗净并烘干样品；最后利用热退火实现金属与硅衬底的欧姆接触；

[0037] (18) 样品表面重新旋涂一层光刻胶，利用紫外光刻技术使用光刻板在光刻胶上套刻形成隔离槽图形；向样品表面旋涂一层吸光材料，没有光刻胶的区域吸光材料填充进入隔离槽内；然后利用湿法腐蚀去掉光刻胶及其上面的吸光材料，洗净并烘干样品；

[0038] (19) 在红色和绿色亚像素点区域旋涂一层PMMA聚合物结构，蓝色亚像素点区域可以覆盖，也可以不覆盖，使用高压探针在红色或绿色亚像素区域加上50-100V的高偏压，同时硅衬底背面接地，随后喷涂红色或绿色量子点，利用静电吸附使量子点进入纳米孔结构中，再用丙酮溶液去除多余的量子点，然后对另一颜色的亚像素区域进行相同的处理，最后使用RIE技术去除表面的PMMA聚合物结构；

[0039] (20) 使用PECVD在像素单元区域表面覆盖一层SiO₂介质层以保护量子点。

[0040] 优选的，所述n型电极为Ti/Al/Ni/Au金属，p型电极为Ni/Au金属，介质层厚度150~250nm，材质为SiO₂，镍薄膜层的厚度为30~100nm。

[0041] 优选的，所述红光/绿光量子点为II-VI族核壳结构CdSe/ZnS量子点，核半径为1.3~2.5nm，壳层厚度为1.4~2.8nm，红光量子点发光波长为622nm~760nm，绿光量子点发光波长为492nm~577nm。

[0042] 本发明在硅衬底上进行了微米LED结构、颜色转换层和电极的一体化制备，一定程度上避免了存在技术难题的“巨量转移”过程，大大缩短了微米LED显示芯片的制造时间，有效提高了制造效率。针对颜色转换过程中存在的难题，本发明利用紫外纳米压印技术，在微米LED结构表面制造了纳米孔阵列，并将量子点填充其中。纳米孔结构对量子点起到了有效的保护作用，提高了量子点的稳定性与寿命。同时，纳米孔中量子点的紧密排列增强了量子点的能量共振转移，从而有效提高了量子点的内量子效率与色转换效率，实现了高效的全色显示微米LED。通过采用高偏压下的静电吸附作用填充量子点的方式，可以有效的使量子点进入纳米孔结构中并形成紧密排列，并且具有很高的转移效率与良率。

附图说明

[0043] 图1为实施例中步骤(19)得到的全色微米LED显示芯片结构示意图。

[0044] 图2为实施例中步骤(20)得到的全色微米LED显示芯片结构示意图。

[0045] 图3为实施例中步骤(20)得到的全色微米LED显示芯片的俯视图。

[0046] 图中1为n型电极,2为Si衬底,3为GaN缓冲层,4为n型GaN层,5为GaN多量子阱有源层,6为p型GaN层,7为ITO层,8为红光量子点,9为绿光量子点,10为p型电极,11为隔离槽结构。

具体实施方式

[0047] 以下是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,显然,所描述的实施例仅是本发明的一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动的前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0048] 实施例1

[0049] 本基于III族氮化物半导体/量子点的混合型RGB微米孔LED阵列器件的制备方法,其步骤包括:

[0050] (1) 选择一块合适的硅基片2,进行标准清洁后,使用金属有机物化学气相沉积(MOCVD)技术在硅基片上依次生长一GaN缓冲层3,一n型GaN层4,一无掺杂的GaN多量子阱有源层5,以及一p型GaN层6,作为蓝光LED外延层;

[0051] (2) 采用等离子体增强化学气相沉积(PECVD)技术,在GaN蓝光LED外延片上蒸镀一层150nm厚的SiO₂介质层,PECVD生长SiO₂的方式为,向反应腔内通入5%SiH₄/N₂和N₂O的混合气体,流量分别为100sccm和450sccm,在压强300mTorr,功率10W,温度350℃的条件下,经过SiH_x+O→SiO₂(+H₂)反应在外延片表面沉积SiO₂,时间为7分10秒;

[0052] (3) 在SiO₂介质层表面旋涂一层光刻胶层,并对其进行90℃的前烘,时长为10分钟;然后利用紫外光刻技术将光刻板上作为像素点的有序的矩形台面阵列图形、矩形台面中分隔相邻亚像素区域的隔离槽结构转移到光刻胶层上,然后显影,110℃后烘1分钟;

[0053] (4) 采用反应离子刻蚀(RIE)技术,通入O₂,气流量为10sccm,压强3Pa,功率50W,经20秒去除光刻胶的残余层。然后利用物理气相沉积(PVD)工艺在样品表面蒸镀金属镍(Ni)30nm厚作为掩膜,蒸发速率为0.5Å/s。然后利用丙酮溶液超声10分钟剥离光刻胶层及光刻胶层上的金属镍薄膜,得到有序矩形台面像素点阵列图形及亚像素点间的隔离槽图形;

[0054] (5) 利用反应离子刻蚀(RIE)技术,向反应腔内通入CF₄和O₂的混合气体,气体的流量为:CF₄:30sccm,O₂:10sccm,功率为150W,压强4Pa,刻蚀时间3分钟,以金属镍为掩膜纵向刻蚀介质层SiO₂,将矩形台面阵列像素结构和亚像素点隔离槽结构转移至介质层;

[0055] (6) 采用电感耦合等离子体刻蚀(ICP)技术,向反应腔内通入Cl₂和BCl₃的混合气体,以金属掩膜层和介质层为掩膜各向异性刻蚀p型氮化镓层和量子阱层至n型氮化镓层,将矩形台面阵列像素结构和亚像素点隔离槽11结构转移至n型GaN层,刻蚀条件为Cl₂:24sccm,BCl₃:3sccm,ICP功率为600W,RF功率为10W,压强6.5mTorr,时间9分30秒;

[0056] (7) 采用湿法腐蚀,去掉金属掩膜层和介质层,具体方法为将样品先后放进硝酸水溶液和缓冲氧化物刻蚀液(BOE)中浸泡,时间分别为1分钟和40秒,浸泡过程中也可以减少

氮化镓及量子阱侧壁的刻蚀损伤；

[0057] (8) 利用电子束蒸发技术蒸镀一层ITO层7, 厚度为100nm, 接着将样品在快速退火炉(RTA)进行高温退火, 退火温度450℃, 时间为2分钟；

[0058] (9) 采用等离子体增强化学汽相沉积(PECVD)技术在每个像素结构中亚像素点区域的矩形台面结构的ITO层表面生长一层SiO₂层, 厚度为30nm, 采用物理气相沉积(PVD)技术在SiO₂层表面生长一层Ni金属膜层, 厚度为10nm, 将200nm厚的SU8胶和30nm厚的紫外固化胶依次旋涂在Ni金属膜层表面；

[0059] (10) 利用紫外纳米压印技术, 将事先制备好并做过防粘处理的软模板与器件紫外固化胶层表面紧密接触, 在紫外灯下充分曝光使紫外固化胶固化, 随后脱模, 使软模板与器件表面分开, 在器件表面的紫外固化胶层上形成全面积的有序纳米孔阵列；

[0060] (11) 利用RIE技术, 通入CHF₃和O₂的混合气体刻蚀紫外固化胶的残余层, 然后以紫外固化胶为掩膜, 利用RIE技术, 通入O₂对SU8层进行刻蚀, 将纳米孔阵列结构转移至SU8层；

[0061] (12) 采用ICP技术, 通入Ar气刻蚀Ni金属膜层, 将纳米孔阵列结构转移至Ni金属膜层, 采用光刻胶去胶液或者继续使用反应离子刻蚀技术, 去除金属膜层纳米孔阵列表面表面的SU8胶；

[0062] (13) 采用RIE技术, 通入CF₄和O₂的混合气体刻蚀绝缘层, 使Ni金属膜层的纳米孔阵列转移至绝缘层；采用ICP技术刻蚀ITO层, 将纳米孔阵列结构从绝缘介质层转移至ITO层；

[0063] (14) 采用ICP技术, 通入Cl₂和Ar的混合气体刻蚀p型氮化镓层、量子阱有源层、n型氮化镓层, 形成贯穿ITO层、p型氮化镓层、量子阱有源层, 深至n型氮化镓层的纳米孔阵列, 刻蚀条件为: Cl₂和Ar流量分别为15±10sccm和50±25sccm, 腔体气压: 10±5mTorr, DC偏压: 550±60V, RF功率150±30w, ICP功率: 300±200W, 频率13.56MHz, 刻蚀时间为2分钟；将样品放置在无机酸、碱溶液40摄氏度水浴加热5min去除刻蚀损伤, 然后使用氢氟酸去除残余的绝缘层；

[0064] (15) 采用等离子体增强化学气相沉积(PECVD)技术, 在样品表面蒸镀一层150nm厚的SiO₂介质层, 在反应腔内通入5% SiH₄/N₂和N₂O的混合气体, 流量分别为100sccm和450sccm, 压强300mTorr, 功率10W, 温度350℃, 时间为7分10秒, 经过SiH_x+O→SiO₂(+H₂)反应在样品表面沉积一层SiO₂；

[0065] (16) 制备p型电极10。在样品表面旋涂一层光刻胶, 90℃前烘10分钟, 利用紫外光刻技术将光刻版上的p型电极图形套刻到光刻胶上, 显影, 在110℃下后烘1分钟。利用反应离子刻蚀(RIE)技术, 向反应腔内通入CF₄和O₂的混合气体, 气体的流量为: CF₄: 30sccm, O₂: 10sccm, 功率为150W, 压强4Pa, 刻蚀时间3分钟, 以光刻胶为掩膜刻蚀SiO₂介质层薄膜, 将p型电极图形转移至p型氮化镓层。采用物理气相沉积(PVD)工艺在样品表面依次蒸镀镍(Ni)/金(Au)两种金属, 厚度分别为150nm/200nm, 作为p型电极。利用丙酮超声, 将光刻胶以及光刻胶层上的金属薄膜剥离, 洗净并烘干样品。最后在N₂, 温度750℃, 时间30秒的条件下热退火, 实现镍(Ni)/金(Au)金属与p型氮化镓的欧姆接触；

[0066] (17) 制备n型电极1。采用物理气相沉积(PVD)工艺在硅衬底背面依次蒸镀钛(Ti)/铝(Al)/镍(Ni)/金(Au)四种金属, 厚度分别为20nm/50nm/30nm/100nm, 作为n型电极。然后利用丙酮超声洗净并烘干样品。最后在N₂, 温度750℃, 时间30秒的条件下热退火, 实现钛(Ti)/铝(Al)/镍(Ni)/金(Au)金属与硅衬底的欧姆接触；

[0067] (18) 填充隔离槽11中的吸光材料。在样品表面重新旋涂一层光刻胶,90℃前烘10分钟,利用紫外光刻技术使用光刻板在光刻胶上套刻形成长方形隔离槽图形,显影,在110℃下后烘1分钟;向样品表面旋涂一层吸光材料Vantablack,没有光刻胶的区域吸光材料进入隔离槽内;然后利用湿法腐蚀,将样品放在缓冲氧化物刻蚀液(BOE)中浸泡1分钟,除去光刻胶及其上面的吸光材料,洗净并烘干样品;

[0068] (19) 创建颜色转换层。首先在红色和绿色亚像素区域覆盖一层PMMA聚合物结构,蓝色亚像素区域无需覆盖。使用高压探针在红色亚像素区域加上50-100V的高偏压(硅衬底背面接地),随后将II-VI族核壳结构CdSe/ZnS红光量子点8溶于甲苯溶剂中并喷涂在红色亚像素区域表面,利用静电吸附使量子点进入纳米孔结构中,再使用丙酮溶液去除多余的量子点。然后使用高压探针在绿色亚像素区域加上50-100V的高偏压,将II-VI族核壳结构CdSe/ZnS绿光量子点9溶于甲苯溶剂中并喷涂在绿色亚像素区域表面,利用静电吸附使量子点进入纳米孔结构中,再使用丙酮溶液去除多余的量子点。最后使用RIE技术去除表面的PMMA聚合物结构。

[0069] (20) 采用等离子体增强化学汽相沉积(PECVD)技术在每个矩形像素结构上生长一层SiO₂介质层12,厚度为30nm,以保护量子点。

[0070] 上述实施例为本发明较佳的实施方式,但本发明的实施方式并不受上述实施例的限制,其他的任何未背离本发明的精神实质与原理下所作的改变、修饰、替代、组合、简化,均应为等效的置换方式,都包含在本发明的保护范围之内。

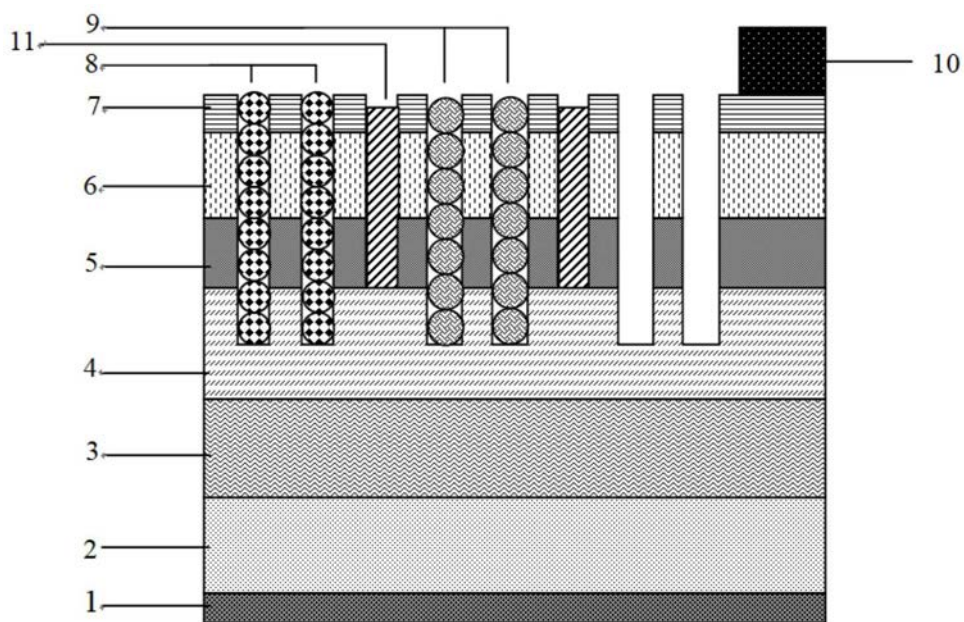


图1

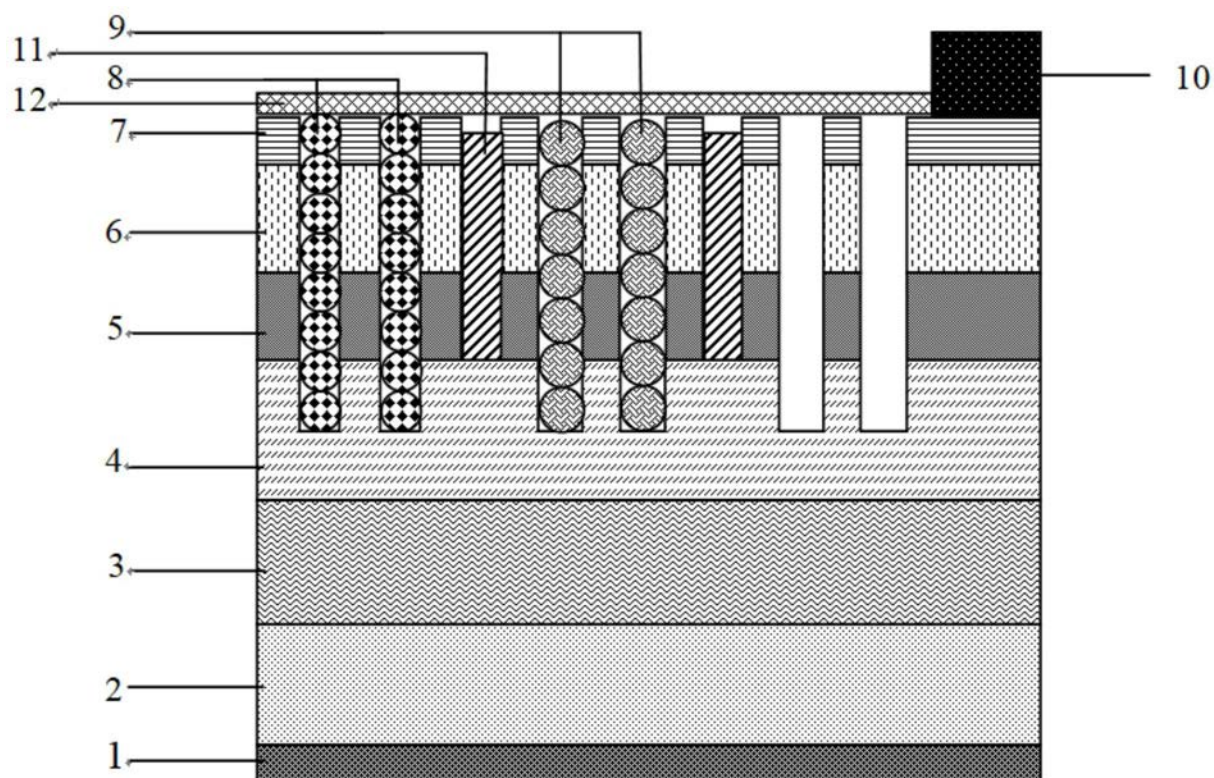


图2

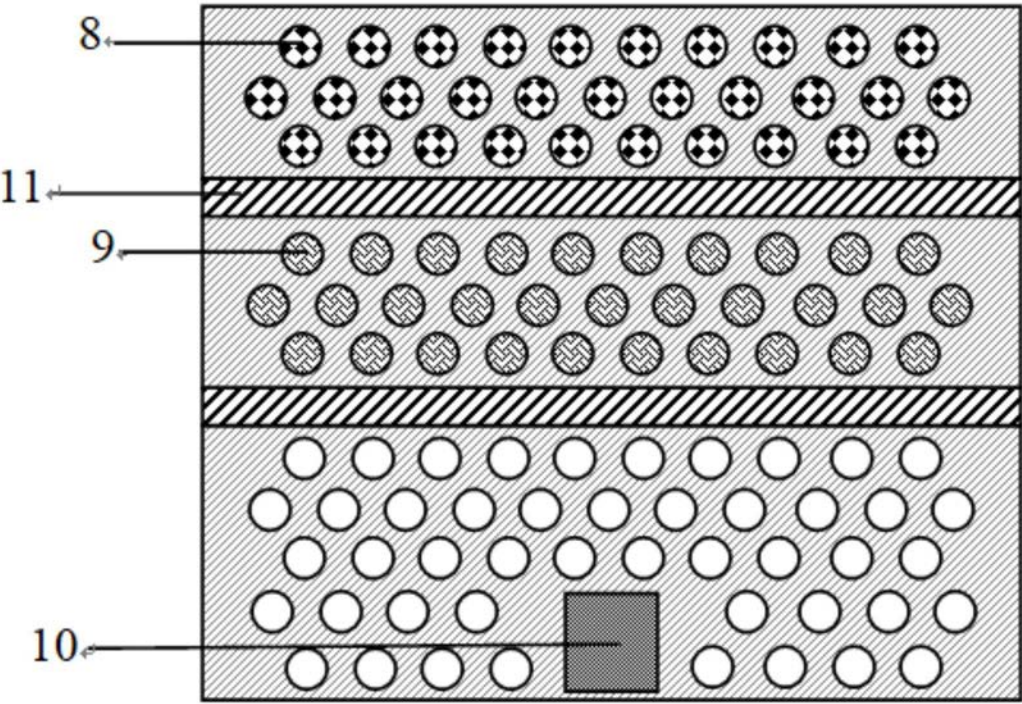


图3

专利名称(译)	基于氮化镓纳米孔阵列/量子点混合结构的全色微米LED显示芯片及其制备方法		
公开(公告)号	CN110112172A	公开(公告)日	2019-08-09
申请号	CN201910428357.2	申请日	2019-05-22
[标]申请(专利权)人(译)	南京大学		
申请(专利权)人(译)	南京大学		
当前申请(专利权)人(译)	南京大学		
[标]发明人	刘斌 陶涛 郝勇 许非凡 周玉刚 谢自力 张荣 郑有焘		
发明人	余俊驰 刘斌 陶涛 郝勇 许非凡 周玉刚 谢自力 张荣 郑有焘		
IPC分类号	H01L27/15 H01L33/12 H01L33/32 H01L33/06 B82Y30/00		
CPC分类号	B82Y30/00 H01L27/156 H01L33/06 H01L33/12 H01L33/32		
代理人(译)	张佳妮		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明公开了一种基于氮化镓纳米孔阵列/量子点混合结构的全色微米LED显示芯片。在硅基片的GaN蓝光LED外延层上，设有贯穿p型GaN层、量子阱有源层，深至n型GaN层的阵列式矩形台面结构，每个矩形台面结构构成一个RGB像素单元。在每个矩形像素单元中，都包含三块红光、绿光和蓝光矩形亚像素区域，相邻亚像素区域之间由隔离槽隔开。每个亚像素区域中设纳米孔阵列结构，并填充红色和绿色量子点，通过量子点颜色转换实现全色显示。还公开了其制备方法。该器件利用纳米孔结构提高量子点的稳定性与寿命，同时利用量子点间的能量共振转移，有效提高其内量子效率与色转换效率，能够实现高分辨、高色域、高对比度的全色显示。

