



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108364972 A

(43)申请公布日 2018.08.03

(21)申请号 201810290560.3

(22)申请日 2018.04.03

(71)申请人 中山大学

地址 510275 广东省广州市新港西路135号

(72)发明人 张佰君 杨杭 王玲龙

(74)专利代理机构 广州粤高专利商标代理有限公司 44102

代理人 陈伟斌

(51)Int.Cl.

H01L 27/15(2006.01)

H01L 33/00(2010.01)

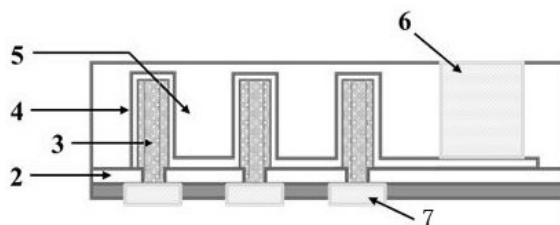
权利要求书2页 说明书4页 附图5页

(54)发明名称

柔性薄膜GaN基纳米柱LED阵列微显示器件及其制作方法

(57)摘要

本发明涉及半导体发光器件的技术领域,更具体地,涉及柔性薄膜GaN基纳米柱LED阵列微显示器件及其制作方法。柔性薄膜GaN基纳米柱LED阵列微显示器件,其中,包括衬底、设于衬底上的带周期性排布开孔的掩蔽膜、设于带周期性排布开孔的掩蔽膜上的纳米柱结构微型LED阵列、设于纳米柱结构微型LED阵列上的透明导电层,覆盖整个样品表面的柔性薄膜材料,柔性薄膜材料上设有正电极,与正电极垂直的负电极。制备的纳米柱LED不存在器件的表面损伤,能实现超低的漏电流和超低功耗。纳米柱LED大小可以通过改变掩蔽膜的形貌进行调控,能够更容易地实现纳米尺度的显示像元,达到超高分辨率的要求。通过衬底剥离将器件制备在柔性薄膜材料上,实现GaN基LED阵列微显示器件的柔性显示。



1. 柔性薄膜GaN基纳米柱LED阵列微显示器件,其特征在于,包括衬底(1)、设于衬底(1)上的带周期性排布开孔的掩蔽膜(2)、设于带周期性排布开孔的掩蔽膜(2)上的纳米柱结构微型LED阵列(3)、设于纳米柱结构微型LED阵列(3)上的透明导电层(4),覆盖整个样品表面的柔性薄膜材料(5),柔性薄膜材料(5)上设有正电极(6),与正电极(6)垂直的负电极(7)。

2. 柔性薄膜GaN基纳米柱LED阵列微显示器件的制作方法,其特征在于:包括以下步骤:

(A) 在衬底(1)上沉积介质掩蔽膜,通过湿法腐蚀的方法把介质掩蔽膜制备成周期性排布开孔的掩蔽膜(2);

(B) 在带周期性排布开孔的掩蔽膜(2)的衬底(1)上选择性区域一步外延生长纳米柱结构的微型LED阵列(3);

(C) 在纳米柱结构微型LED阵列(3)表面制备透明导电层(4),再将柔性薄膜材料(5)覆盖整个样品表面;

(D) 在柔性薄膜材料上制备正电极(6),正电极(6)与透明导电层(4)互联,实现每一行纳米柱结构微型LED阵列(3)的行互联;

(E) 用湿法腐蚀的方法移除衬底(1)材料,并在背面制备负电极(7),负电极(7)与正电极(6)相互垂直,实现每一列纳米柱结构微型LED阵列(3)的列互联,最后打通孔将负电极(7)引到样品正面。

3. 根据权利要求2所述的柔性薄膜GaN基纳米柱LED阵列微显示器件的制作方法,其特征在于:所述的纳米柱结构微型LED阵列(3)是通过金属有机物化学气相沉积MOCVD选择性区域一步外延生长在带周期性排布开孔的掩蔽膜(2)的衬底(1)上,其形貌为圆柱状或者六棱柱状,材料结构从里到外由下到上依次为AlGaN成核层、n型GaN纳米柱结构、InGaN/GaN多量子阱发光层和p型GaN层,或者依次为AlGaN成核层、n型GaN纳米柱结构、n型AlGaN过渡层、GaN/AlGaN多量子阱发光层和p型AlGaN层;而且纳米柱结构微型LED阵列(3)的生长位置和直径由带周期性排布开孔的掩蔽膜(2)的窗口区域位置和窗口直径控制。

4. 根据权利要求2所述的柔性薄膜GaN基纳米柱LED阵列微显示器件的制作方法,其特征在于:所述的纳米柱结构微型LED阵列(3)构成的单一显示像元直径大小为10~500nm。

5. 根据权利要求2所述的柔性薄膜GaN基纳米柱LED阵列微显示器件的制作方法,其特征在于:所述的带周期性排布开孔的掩蔽膜(2)的材料为二氧化硅或者氮化硅,其沉积方法为等离子体增强化学气相沉积PECVD或磁控溅射,其厚度范围在10nm~500nm。

6. 根据权利要求2所述的柔性薄膜GaN基纳米柱LED阵列微显示器件的制作方法,其特征在于:所述的透明导电层(4)厚度为10~200nm,覆盖单个LED纳米柱结构,并且有小部分向外延伸,以保证与正电极(6)良好接触。

7. 根据权利要求2所述的柔性薄膜GaN基纳米柱LED阵列微显示器件的制作方法,其特征在于:所述的柔性薄膜材料(5)厚度为1~10 μ m,具有一定的粘附力和透光率,以保证纳米柱结构微型LED阵列(3)的发光效率。

8. 根据权利要求2所述的柔性薄膜GaN基纳米柱LED阵列微显示器件的制作方法,其特征在于:所述的正电极(6)是制备在样品正面,有柔性薄膜材料(5)的一侧,与透明导电层互联,而且不阻挡纳米柱结构微型LED阵列(3)的发光,每一行LED纳米柱结构共用一个正电极(6)。

9. 根据权利要求2所述的柔性薄膜GaN基纳米柱LED阵列微显示器件的制作方法,其特

征在于:所述的衬底(1)为可以通过腐蚀或刻蚀工艺移除的材料,并且其腐蚀或刻蚀工艺具有一定的选择性,不会损害其他重要的器件结构。

10.根据权利要求2所述的柔性薄膜GaN基纳米柱LED阵列微显示器件的制作方法,其特征在于:所述的负电极(7)制备在样品背面,没有柔性薄膜材料(5)的一侧,与正电极(6)相互垂直,并打通孔把负电极(7)引导样品正面,每一列的LED纳米柱结构共用一个负电极(7),实现纳米柱结构微型LED阵列(3)的矩阵寻址。

柔性薄膜GaN基纳米柱LED阵列微显示器件及其制作方法

技术领域

[0001] 本发明涉及半导体发光器件的技术领域,更具体地,涉及柔性薄膜GaN基纳米柱LED阵列微显示器件及其制作方法。

背景技术

[0002] III族氮化物GaN(禁带宽度3.4eV)、AlN(禁带宽度6.2eV)、InN(禁带宽度0.7eV)及其组成的合金禁带宽度覆盖了从红外到可见光、紫外光的能量范围,因此在半导体发光器件的领域有着广泛的应用。近年来,随着电子产业的发展与工业技术的进步,基于III族氮化物的微型发光器件发展迅速,开拓了III族氮化物基发光器件的新应用领域。

[0003] 目前,微显示器件已经凭借其独特的优势成为各国关注的热点,LED微显示器件具有许多独特的优点,如主动发光、超高亮度、长寿命、工作电压低、发光效率高、响应速度快、性能稳定可靠、工作温度范围宽等。传统的LED微显示器件是在LED外延片上采用自上至下的制备方法,通过电感耦合等离子体(ICP)刻蚀隔离并制备各个独立的微型LED芯片,然后将多个微型LED芯片进行引线 and 封装制备成阵列结构的LED微显示器件。受ICP刻蚀工艺的精度限制,此方法制作的显示器件的发光像元尺寸难以做小,因此分辨率受到一定限制,并不适应今后的小型化、清晰化的发展需要。另一方面,ICP刻蚀会导致微型LED芯片表面形成大量的晶格损伤,引入大量的漏电通道,影响了器件的发光效率。此外,传统的LED微显示器件由于不能弯曲的特点很大程度上限制了其应用范围。因此,将MOCVD的选择性区域外延生长技术与柔性薄膜半导体工艺制备技术相结合应用在LED阵列微显示器件上具有广阔的产业前景。

发明内容

[0004] 本发明为克服上述现有技术所述的至少一种缺陷,为解决LED微显示器件的漏电问题,难以实现小尺寸发光像元的限制以及缺乏柔性显示的特性,提供柔性薄膜GaN基纳米柱LED阵列微显示器件及其制作方法,采用该方法能制造出超低漏电流和超低功耗的柔性薄膜LED阵列微显示器件,而且微显示器件显示像元尺度可以达到纳米尺度。

[0005] 本发明的技术方案是:柔性薄膜GaN基纳米柱LED阵列微显示器件,其中,包括衬底、设于衬底上的带周期性排布开孔的掩蔽膜、设于带周期性排布开孔的掩蔽膜上的纳米柱结构微型LED阵列、设于纳米柱结构微型LED阵列上的透明导电层,覆盖整个样品表面的柔性薄膜材料,柔性薄膜材料上设有正电极,与正电极垂直的负电极。

[0006] 柔性薄膜GaN基纳米柱LED阵列微显示器件的制作方法,其中:包括以下步骤:

(A) 在衬底上沉积介质掩蔽膜,通过湿法腐蚀的方法把介质掩蔽膜制备成周期性排布开孔的掩蔽膜;

(B) 在带周期性排布开孔的掩蔽膜的衬底上选择性区域一步外延生长纳米柱结构的微型LED阵列;

(C) 在纳米柱结构微型LED阵列表面制备透明导电层,再将柔性薄膜材料覆盖整个样品

表面;

(D) 在柔性薄膜材料上制备正电极,正电极与透明导电层互联,实现每一行纳米柱结构微型LED阵列的行互联;

(E) 用湿法腐蚀的方法移除衬底材料,并在背面制备负电极,负电极与正电极相互垂直,实现每一列纳米柱结构微型LED阵列的列互联,最后打通孔将负电极引到样品正面。

[0007] 进一步的,所述的纳米柱结构微型LED阵列是通过金属有机物化学气相沉积MOCVD选择性区域一步外延生长在带周期性排布开孔的掩蔽膜的衬底上,其形貌为圆柱状或者六棱柱状,材料结构从里到外由下到上依次为AlGaIn成核层、n型GaIn纳米柱结构、InGaIn/GaIn多量子阱发光层和p型GaIn层,或者依次为AlGaIn成核层、n型GaIn纳米柱结构、n型AlGaIn过渡层、GaIn/AlGaIn多量子阱发光层和p型AlGaIn层;而且纳米柱结构微型LED阵列的生长位置和直径由带周期性排布开孔的掩蔽膜的窗口区域位置和窗口直径控制。

[0008] 进一步的,所述的纳米柱结构微型LED阵列构成的单一显示像元直径大小为10~500nm。所述的带周期性排布开孔的掩蔽膜的材料为二氧化硅或者氮化硅,其沉积方法为等离子体增强化学气相沉积PECVD或磁控溅射,其厚度范围在10nm~500nm。所述的透明导电层厚度为10~200nm,覆盖单个LED纳米柱结构,并且有小部分向外延伸,以保证与正电极良好接触。

[0009] 所述的柔性薄膜材料厚度为1~10 μ m,具有一定的粘附力和透光率,以保证纳米柱结构微型LED阵列的发光效率。

[0010] 所述的正电极是制备在样品正面,有柔性薄膜材料的一侧,与透明导电层互联,而且不阻挡纳米柱结构微型LED阵列的发光,每一行LED纳米柱结构共用一个正电极。

[0011] 进一步的,所述的衬底为可以通过腐蚀或刻蚀工艺移除的材料,并且其腐蚀或刻蚀工艺具有一定的选择性,不会损害其他重要的器件结构。所述的负电极制备在样品背面,没有柔性薄膜材料的一侧,与正电极相互垂直,并打通孔把负电极引导样品正面,每一列的LED纳米柱结构共用一个负电极,实现纳米柱结构微型LED阵列的矩阵寻址。

[0012] 与现有技术相比,有益效果是:

1. 采用基于选择性区域一步外延生长技术的自下至上的构建工艺,不存在器件的表面损伤,能够实现超低的漏电流和超低功耗。

[0013] 2. 柔性薄膜GaIn基纳米柱LED阵列微显示器件的显示像元采用的是基于选择性区域外延生长技术制备而成的纳米柱结构微LED,其大小可以通过改变掩蔽膜的形貌进行调控,能够更容易地实现纳米尺度的显示像元,达到超高分辨率的要求。

[0014] 3. 通过衬底剥离将器件制备在柔性薄膜材料上,实现GaIn基LED阵列微显示器件的柔性显示。

附图说明

[0015] 图1-5为本发明实施例1 提供的柔性薄膜GaIn基纳米柱LED阵列微显示器件制备流程图的正视图。

[0016] 图6-10为本发明实施例1 提供的柔性薄膜GaIn基纳米柱LED阵列微显示器件制备流程图的俯视图。

[0017] 图11为本发明实例2提供的柔性薄膜GaIn基纳米柱LED阵列微显示器件制备示意图

的正视图。

[0018] 图12为本发明实例2提供的柔性薄膜GaN基纳米柱LED阵列微显示器件制备示意图的俯视图。

[0019] 图13为本发明实例2提供的柔性薄膜GaN基纳米柱LED阵列微显示器件制备示意图的侧视图。

具体实施方式

[0020] 附图仅用于示例性说明,不能理解为对本专利的限制;为了更好说明本实施例,附图某些部件会有省略、放大或缩小,并不代表实际产品的尺寸;对于本领域技术人员来说,附图中某些公知结构及其说明可能省略是可以理解的。附图中描述位置关系仅用于示例性说明,不能理解为对本专利的限制。

[0021]

实施例1

如图1-10所示,1-硅衬底,2-带周期性排布开孔的SiO₂掩蔽膜,3-纳米柱结构微型LED阵列,4-ITO透明导电层,5-柔性薄膜材料,6-正电极,7-负电极。

[0022] 如图1-10所示,提供了一种基于选择性区域一步外延生长技术的柔性薄膜GaN基纳米柱LED阵列微显示器件制作方法,包括下列步骤:

(A) 在硅衬底上用PECVD沉积100nm厚的SiO₂介质掩蔽膜,通过化学湿法腐蚀的方法把介质掩蔽膜制备成周期性排布开孔的SiO₂掩蔽膜,开孔直径50nm;

(B) 在带周期性排布开孔的SiO₂掩蔽膜的衬底上用MOCVD选择性区域一步外延生长高约400nm直径约80nm的纳米柱结构的微型LED阵列;

(C) 在纳米柱结构微型LED阵列的表面制备50nm厚的ITO透明导电层,再将1μm厚的柔性薄膜材料覆盖整个样品表面;

(D) 在柔性薄膜材料上制备正电极,正电极与ITO透明导电层互联,实现每一行纳米柱结构微型LED阵列的行互联;

(E) 用化学湿法腐蚀的方法移除硅衬底材料,并在背面制备负电极,负电极与正电极相互垂直,实现每一列纳米柱结构微型LED阵列的列互联,最后打通孔将负电极引到样品正面。

[0023] 通过上述制备步骤,成功制备出矩阵寻址的、像元直径为80nm的柔性薄膜GaN基纳米柱LED阵列微显示器件。

[0024]

实施例2

本实施例与实施例1类似,如图11,图12和图13所示,基本一致的外延结构、器件结构和制备流程,其中把实施例1中的纳米柱结构微型LED阵列替换为实施例2中的六棱柱状微型LED阵列。

[0025]

显然,本发明的上述实施例仅仅是为清楚地说明本发明所作的举例,而并非是对本发明的实施方式的限定。对于所属领域的普通技术人员来说,在上述说明的基础上还可以做出其它不同形式的变化或变动。这里无需也无法对所有的实施方式予以穷举。凡在本发明

的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明权利要求的保护范围之内。

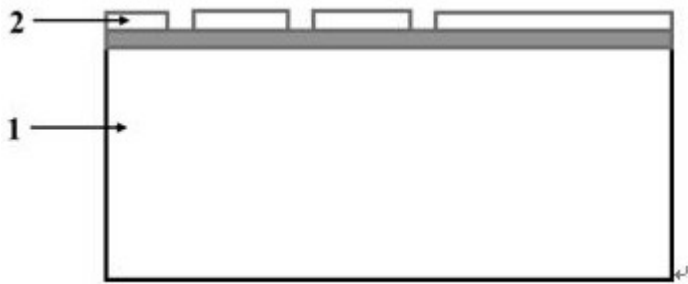


图1

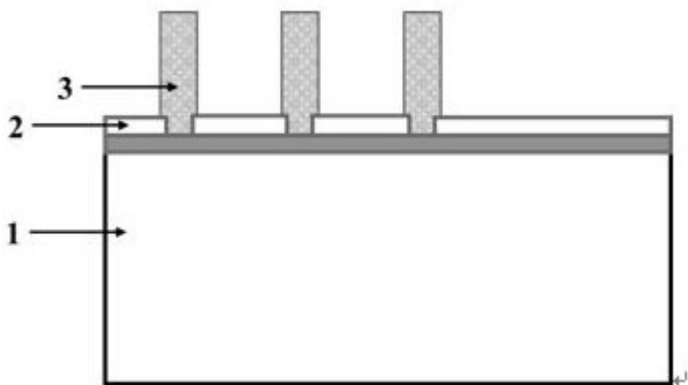


图2

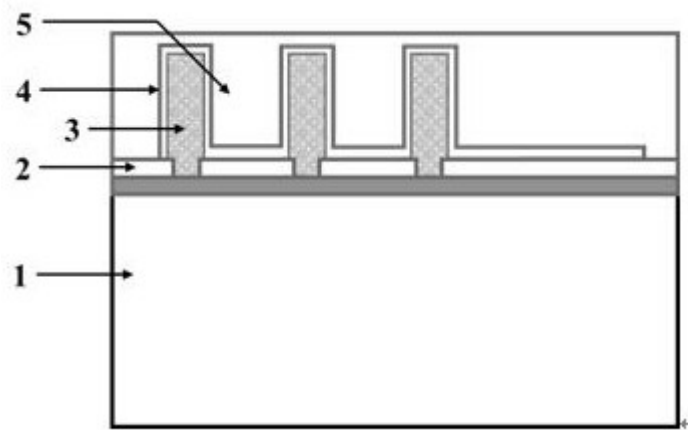


图3

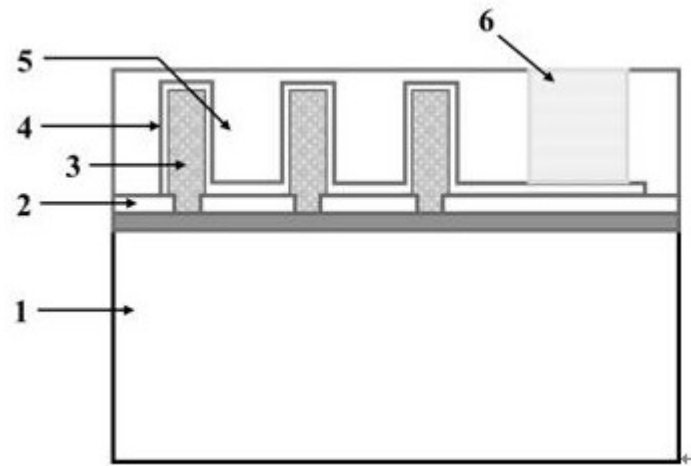


图4

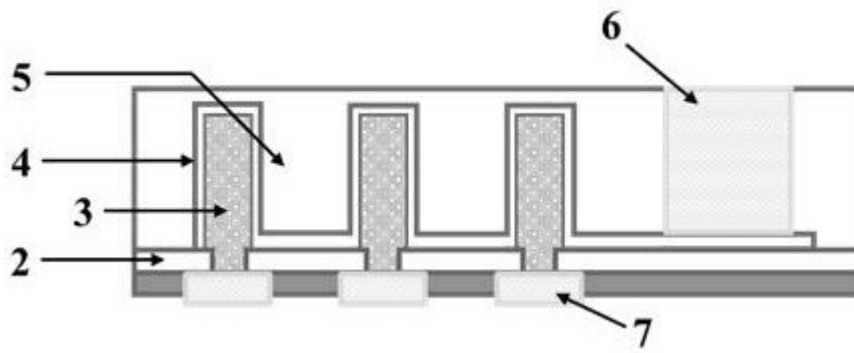


图5

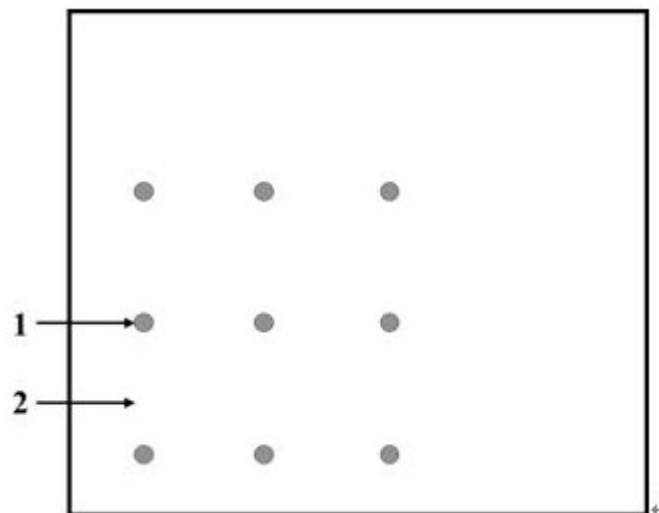


图6

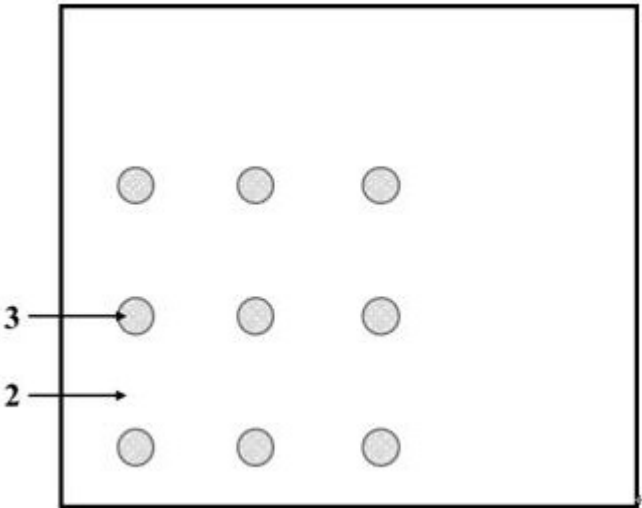


图7

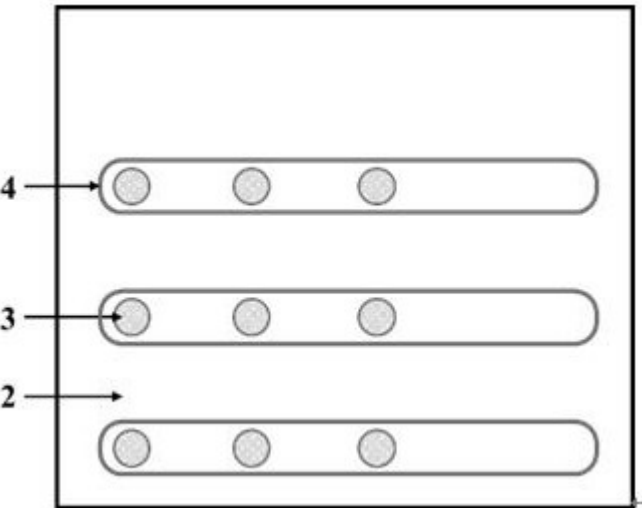


图8

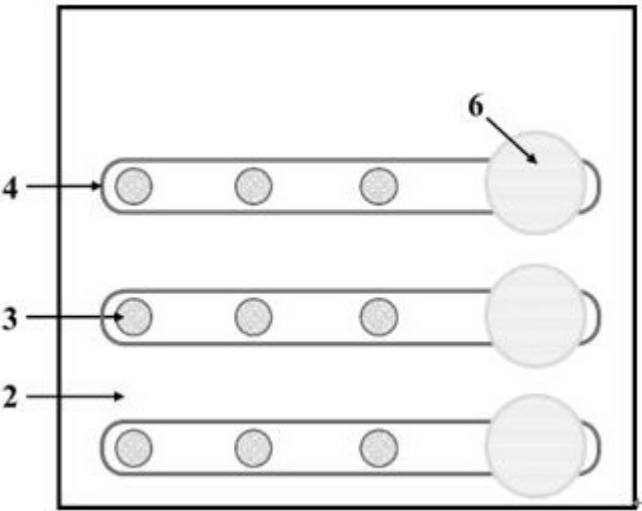


图9

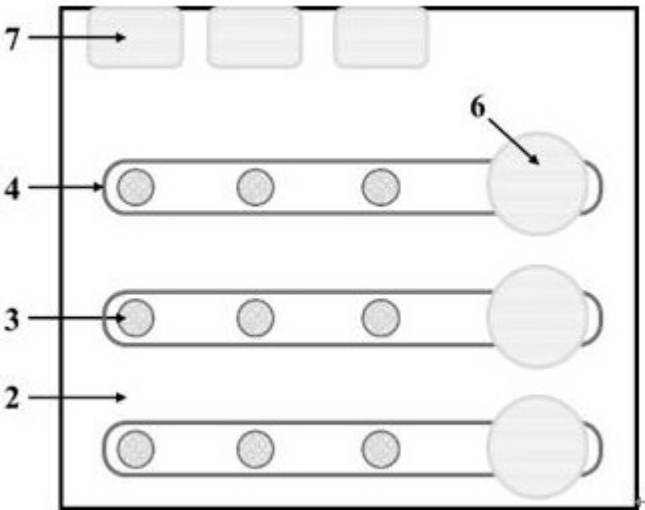


图10

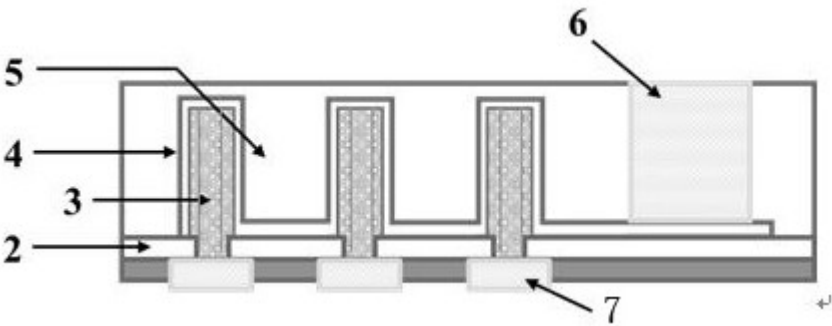


图11

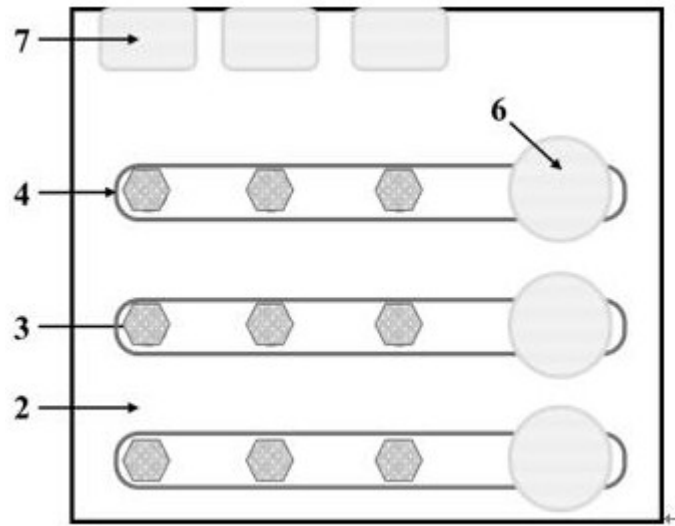


图12

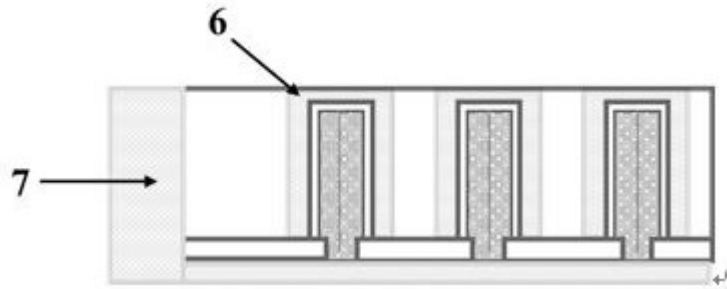


图13

专利名称(译)	柔性薄膜GaN基纳米柱LED阵列微显示器件及其制作方法		
公开(公告)号	CN108364972A	公开(公告)日	2018-08-03
申请号	CN201810290560.3	申请日	2018-04-03
[标]申请(专利权)人(译)	中山大学		
申请(专利权)人(译)	中山大学		
当前申请(专利权)人(译)	中山大学		
[标]发明人	张佰君 杨杭 王玲龙		
发明人	张佰君 杨杭 王玲龙		
IPC分类号	H01L27/15 H01L33/00		
CPC分类号	H01L27/156 H01L33/0093		
代理人(译)	陈伟斌		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明涉及半导体发光器件的技术领域，更具体地，涉及柔性薄膜GaN基纳米柱LED阵列微显示器件及其制作方法。柔性薄膜GaN基纳米柱LED阵列微显示器件，其中，包括衬底、设于衬底上的带周期性排布开孔的掩蔽膜、设于带周期性排布开孔的掩蔽膜上的纳米柱结构微型LED阵列、设于纳米柱结构微型LED阵列上的透明导电层，覆盖整个样品表面的柔性薄膜材料，柔性薄膜材料上设有正电极，与正电极垂直的负电极。制备的纳米柱LED不存在器件的表面损伤，能实现超低的漏电流和超低功耗。纳米柱LED大小可以通过改变掩蔽膜的形貌进行调控，能够更容易地实现纳米尺度的显示像元，达到超高分辨率的要求。通过衬底剥离将器件制备在柔性薄膜材料上，实现GaN基LED阵列微显示器件的柔性显示。

