



## (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112234076 A

(43) 申请公布日 2021.01.15

(21) 申请号 202011118790.5

(22) 申请日 2015.11.18

(30) 优先权数据

1420452.3 2014.11.18 GB

(62) 分案原申请数据

201580073686.X 2015.11.18

(71) 申请人 脸谱科技有限责任公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 詹姆斯·罗纳德·博纳

加雷思·约翰·瓦伦丁

史蒂芬·沃伦·戈顿

(74) 专利代理机构 北京安信方达知识产权代理

有限公司 11262

代理人 周靖 杨明钊

(51) Int.Cl.

H01L 27/15 (2006.01)

H01L 33/00 (2010.01)

H01L 33/50 (2010.01)

H01L 33/58 (2010.01)

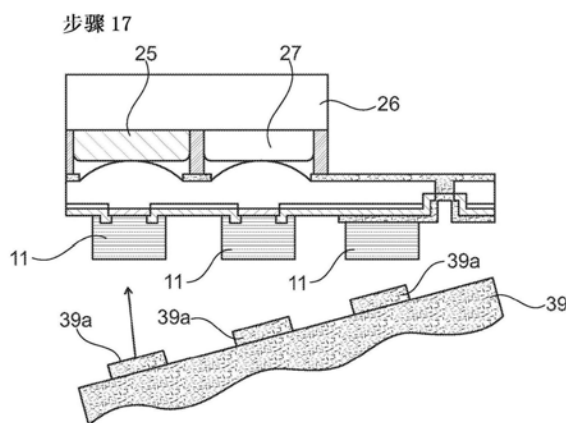
权利要求书3页 说明书16页 附图21页

(54) 发明名称

集成彩色LED微显示器

(57) 摘要

本申请涉及集成彩色LED微显示器。本文描述了一种低功耗高亮度显示器。更具体而言,描述了一种集成LED微显示器和制造该集成LED微显示器的方法。描述了一种发光二极管显示器,包括:颜色转换器、微LED阵列以及用于所述微LED阵列的背板控制,所述颜色转换器配置为改变光的波长,所述颜色转换器包括:颜色转换层;以及所述颜色转换层上的长通滤光片,其中,所述长通滤光片允许由所述色转换层转换的光通过,以及重新利用未转换的光;所述微LED阵列配置为将光泵浦到所述颜色转换器中,其中,所述阵列包括尺寸在 $0.5\mu\text{m}$ 至 $100\mu\text{m}$ 之间的多个LED;所述颜色转换器的所述颜色转换层产生比从所述微LED阵列所泵浦的光更长波长的光。



(39) 对齐和接合电子驱动层 (CMOS、TFT 或其他)

1. 一种发光二极管LED显示器,包括:  
颜色转换器,所述颜色转换器配置为改变光的波长,所述颜色转换器包括:  
颜色转换层;以及  
所述颜色转换层上的长通滤光片,其中,所述长通滤光片允许由所述颜色转换层转换的光通过,以及  
重新利用未转换的光;  
微LED阵列,所述微LED阵列配置为将光泵浦到所述颜色转换器中,其中,所述微LED阵列包括尺寸在 $0.5\mu\text{m}$ 至 $100\mu\text{m}$ 之间的多个LED;以及  
用于所述微LED阵列的背板控制,所述颜色转换器的所述颜色转换层产生比从所述微LED阵列所泵浦的光更长波长的光。
2. 根据权利要求1所述的LED显示器,其中,所述颜色转换器包括衬底,并且所述颜色转换层在所述衬底上。
3. 根据权利要求2所述的LED显示器,其中,所述衬底由玻璃、蓝宝石、硅、氮化镓(GaN)或碳化硅制成。
4. 根据权利要求2所述的LED显示器,其中,所述颜色转换器包括在所述衬底上的透明层。
5. 根据权利要求4所述的LED显示器,还包括在所述颜色转换层和所述透明层之间的掩模,所述掩模是不透明的或反射的。
6. 一种发光二极管LED显示器,包括:  
颜色转换器,所述颜色转换器配置为改变光的波长,所述颜色转换器包括:  
颜色转换层;以及  
所述颜色转换层上的长通滤光片,其中,所述长通滤光片允许由所述颜色转换层转换的光通过,以及  
重新利用未转换的光;  
微LED阵列,所述微LED阵列配置为将光泵浦到所述颜色转换器中,其中,所述微LED阵列包括产生基本上蓝色或紫外(UV)的光的多个LED,并且所述颜色转换器将由所述微LED阵列产生的光转换成基本上红色的光;以及  
用于所述微LED阵列的背板控制。
7. 根据权利要求6所述的LED显示器,其中,所述颜色转换器包括在所述颜色转换层上与所述长通滤光片相对的侧上的短通滤光片,所述短通滤光片将所述基本上蓝色或紫外的光发射到所述颜色转换层并且反射所述基本上红色的光。
8. 根据权利要求6所述的LED显示器,其中,所述颜色转换层包括磷光体、量子点或有机物中的至少一种。
9. 根据权利要求6所述的LED显示器,其中,所述颜色转换器包括透明层和在所述透明层上的短通滤光片,所述短通滤光片将所述基本蓝色或紫外的光发射到所述透明层并且反射所述基本红色的光。
10. 根据权利要求6所述的LED显示器,其中,所述颜色转换器包括透明层和吸收所述颜色转换层与所述透明层之间的光的蚀刻的硅区域。
11. 一种发光二极管LED显示器,包括:

颜色转换器,所述颜色转换器配置为改变光的波长,所述颜色转换器包括:

颜色转换层;以及

所述颜色转换层上的长通滤光片,其中,所述长通滤光片允许由所述颜色转换层转换的光通过,以及

重新利用未转换的光;

微LED阵列,所述微LED阵列配置为将光泵浦到所述颜色转换器中,其中,所述微LED阵列包括产生基本上蓝色或紫外(UV)的光的多个LED,并且所述颜色转换器将由所述微LED阵列产生的光转换成基本上绿色的光;以及

用于所述微LED阵列的背板控制。

12. 根据权利要求11所述的LED显示器,其中,所述颜色转换器包括衬底,所述衬底包括在未修改折射率层之间的修改折射率层,以限定用于来自所述颜色转换层的所述基本上绿色的光的波导。

13. 根据权利要求11所述的LED显示器,其中,所述颜色转换器包括在所述衬底与所述颜色转换层相对的侧上的所述未修改折射率层上的不透明/反射特征件。

14. 根据权利要求11所述的LED显示器,其中,所述颜色转换器包括在所述颜色转换层与所述长通滤光片相对的侧上的短通滤光片,所述短通滤光片将所述基本上蓝色或紫外的光发射到所述颜色转换层并且反射所述基本上绿色的光。

15. 根据权利要求11所述的LED显示器,其中,所述颜色转换器包括透明层和在所述透明层上的短通滤光器,所述短通滤光器将所述基本上蓝色或紫外的光发射到所述透明层并且反射所述基本上绿色的光。

16. 一种发光二极管LED显示器,包括:

第一微LED阵列,所述第一微LED阵列配置为将光泵浦到颜色转换器中,其中,所述第一微LED阵列产生基本上蓝色或紫外(UV)的光,并且所述颜色转换器将由所述第一微LED阵列产生的所述光转换成基本上红色的光;

第二微LED阵列,所述第二微LED阵列产生基本上蓝色的光;以及

所述颜色转换器包括:颜色转换层,所述颜色转换层将由所述第一微LED阵列产生的光的至少一部分转换为基本上红色的光;透明层,所述透明层发射来自所述第二微LED阵列的基本上蓝色的光的至少一部分,以及吸收所述颜色转换层和所述透明层之间的光的蚀刻的硅区域;

其中,来自所述第一微LED阵列的所转换的光对应于红色的子像素,来自所述第二微LED阵列的光对应于蓝色的子像素,并且红色和蓝色的子像素组合以形成所述LED显示器的显示像素。

17. 根据权利要求16所述的LED显示器,其中,所述第一微LED阵列包括具有光抽取特征件的氮化镓GaN层。

18. 根据权利要求17所述的LED显示器,其中,所述第一微LED阵列的GaN层包括用于LED的凸出的发光表面。

19. 根据权利要求17所述的LED显示器,其中,所述第一微LED阵列的GaN层包括用于LED的粗糙化的发光表面。

20. 根据权利要求17所述的LED显示器,其中,所述第一微LED阵列的GaN层包括在所述

抽取特征件之间的柱。

## 集成彩色LED微显示器

[0001] 本申请是申请日为2015年11月18日,申请号为201580073686.X,发明名称为“集成彩色LED微显示器”的申请的分案申请。

### 技术领域

[0002] 本发明涉及一种低功耗高亮度显示器。更具体而言,本发明涉及一种集成彩色LED微显示器和一种制造该集成彩色LED微显示器的方法。

### 背景技术

[0003] 虽然有许多彩色微显示器,许多现有技术的彩色微显示器有许多缺点。

[0004] 有大量的文献报道了使用诸如OLED、液晶和MEMS的技术的微显示器的发展。后两者基于模式生成器,模式生成器位于永久全亮的光源之外,因此需要额外的组件来形成微显示器。然后进一步的基本缺点涉及功耗,因为所有像素都必须用光来寻址,即使它们不用于显示图像。这些显示器的对比率也受到损害。

[0005] OLED技术是一种发射技术,简单来说是基于围绕荧光发射层的阳极和阴极。这些技术通常使用具有彩色滤光片的白光用于小像素形成。因此,大约60%至70%的白色像素的光谱范围损耗/不需要用来在RGB显示中实现色域。另外,虽然OLED本身的效率比单色OLED要低,但是最终实际上只有10%到20%的发射光可被使用。这不考虑整体OLED结构的效能或者光如何被抽取。

[0006] 此外,OLED结构也更复杂,涉及电子传输层、空穴阻挡层和电子阻挡层,其厚度和折射率都被仔细控制。这对于改进显示器的性能很重要,因为电掺杂电子和空穴传输层可实现增强电荷注入和低工作电压。电荷阻挡层有助于约束发射层内的电荷载流子。此外,其他问题涉及在蓝色OLED波长区域的低效率和有限的寿命,并且与低亮度水平耦合意味着该显示器在性能上具有根本的限制。

[0007] 存在技术以提供单独LED的表面安装接合。通常,拾取和放置技术可仅用于大型LED。因此限制显示器每英寸的像素数。这也意味着每个像素需要两个电接触。对于前一点,已经开发了用于拾取和放置微LED的技术。但是,提供电接触对于需要后处理的小像素间距提出挑战。

[0008] 这样的系统的缺点可总结如下:

[0009] • 制造-每个倒装芯片(flip-chip)接合的时间,每个像素的同时n和p连接以及放置具有<10 $\mu$ m尺寸的像素的能力;

[0010] • 使用半导体处理技术对拾取和放置微LED进行后处理。跨LED阵列提供正形接触层以形成次全局接触。或者提供在其上形成图案化的接触层的平面化结构的平面化技术的组合。需要提供用于光逸出或随后的接触层图案化的透明接触层以实现这一点。需要提供与控制背板的电气连接。

[0011] • 性能-具体而言是绿色LED器件的选择,在驱动电流和温度上具有小的色彩变化。要求每个绿色LED发射波长紧密分布,由于眼睛对其视觉响应(即,绿色)的峰值附近的

波长的小的变化的敏感性。

[0012] 本发明的至少一个方面的目的在于消除或缓解至少一个或多个上述问题。

[0013] 提供低功耗高亮度显示器和制造所述显示器的方法是本发明的至少一个方面的进一步目的。

## 发明内容

[0014] 根据本发明的第一方面,提供一种制造集成LED微显示器的方法,包括:

[0015] 提供能够改变光的波长的颜色转换器;

[0016] 提供连接到所述颜色转换器的微LED阵列并且所述微LED阵列能够形成电连接,并将光泵到所述颜色转换器中;以及

[0017] 以电子驱动层的形式提供背板控制;

[0018] 其中,所述微LED阵列生成泵浦光,该泵浦光的波长小于从所述颜色转换器发射的光,从而产生较长波长的光。

[0019] 制造工艺涉及多个不同的阶段,这些阶段陈述如下。在各种实施例中也应明显的是,参考附图进行描述。但是,某些实施例可在没有这些一个或多个具体细节来实现,或者以和其他已知的方法和配置组合来实现。

[0020] 首先,可提供包括p和n掺杂的Ga<sub>N</sub>区域的Ga<sub>N</sub>层和针对高效光生成而优化的层,在其顶部上有欧姆电流扩散层和二氧化硅层。位于Ga<sub>N</sub>层以下,可能有一个衬底层,该衬底层比其他层明显厚。欧姆电流扩散层可具有20nm的厚度。二氧化硅层可具有约200nm的厚度。衬底层可具有约200μm的厚度。衬底层可以是任何合适的材料,诸如蓝宝石、硅、Ga<sub>N</sub>或碳化硅。用于欧姆电流扩散层的实例材料可以是Ni/Au或Ni/Pt或Au/Pt或Pt/Ni/Au Ni/Ag或Pd或ITO或Ni/ITO。

[0021] 该工艺可从p-Ga<sub>N</sub>的选择性去激活开始以形成像素或像素阵列。这可描述如下:

[0022] • 第一扩散层沉积在Ga<sub>N</sub>层的顶部,例如Ni/Au

[0023] • 然后将图案化的掩模特征件(例如,光致抗蚀剂)沉积在扩散层上

[0024] • 所述结构件然后暴露于诸如Ar的等离子体以去除扩散,然后是Cl<sub>2</sub>以向下蚀刻n-Ga<sub>N</sub>约1μm,(该工艺可能在所述工艺的后一阶段)。

[0025] • 然后图案化的掩模特征件(例如光致抗蚀剂)沉积用于像素定义

[0026] • 然后将层状结构件暴露于蚀刻剂(等离子体或干燥),以便从不被掩模保护的区域去除第一扩散层,诸如Ar

[0027] • 然后将所述结构件暴露于诸如CHF<sub>3</sub>的等离子体

[0028] • 然后可执行图案化特征件的移除

[0029] • 然后对所述结构件退火,以便在暴露于等离子体的区域形成高电阻层,同时在由掩模保护的层上保留导电(例如欧姆接触)以形成像素或像素阵列

[0030] 可替代地-该工艺可从使用p-Ga<sub>N</sub>物理蚀刻的像素或像素阵列的形成开始。这可描述如下:

[0031] • 第一扩散层沉积在Ga<sub>N</sub> p层的顶部,例如Ni/Au

[0032] • 然后将图案化的掩模特征件(例如,光致抗蚀剂)沉积在扩散层上

[0033] • 然后将所述结构件暴露于诸如Cl<sub>2</sub>的等离子体以便对n-Ga<sub>N</sub>向下蚀刻约1μm,以

## 离开像素

[0034] • 然后执行图案化特征件的移除

[0035] • 然后对所述结构件退火,以便在像素或像素阵列处形成导电(例如欧姆接触)

[0036] 然后像素顶部的二氧化硅层可被去除,然后以二氧化硅的完整层的形式进行沉积。完整的二氧化硅层可具有约200nm的厚度,并且可使用任何合适的技术(诸如PECVD)进行沉积。

[0037] 然后可将像素上方的二氧化硅完整层的区域蚀刻掉以形成欧姆电流扩散层的窗口以及要形成公共接触的窗口。在该实施例中,这是公共n接触区域。对于去激活工艺,二氧化硅必须在侧壁形成,以提供钝化。对于经物理蚀刻的像素或像素阵列,当n接触区域被局部蚀刻,需要侧壁的钝化处理。另外,可在蚀刻区域中沉积n接触金属层。n接触金属可以是Ti/Au,并且可具有约50/250nm的厚度。n接触金属层可形成全局接触,并且具有电气功能和/或用作控制制造工艺中的进一步的蚀刻步骤(蚀刻中止)的指导。

[0038] 然后可沉积接合焊盘以形成n和p接触。接合焊盘可具有约2 $\mu$ m的高度和约8 $\mu$ m $\times$ 8 $\mu$ m的横截面。意图是具有相同高度的p和n接合焊盘。此外,接合焊盘可在掩模层上形成,使得金属在任何地方沉积。这是,其随后提供了用于器件的化学抛光的方式,以提供具有金属和电介质平面的平顶层。然后这样的顶部结构提供了在同一高度用于统一接合的方式(p和n接合焊盘堆叠)。因此,一系列接合技术可用于GaN到背板控制(CMOS、TFT或NMOS层),包括但不限于倒装芯片凸点接合和基于范德华力的直接接合。后者是特别有意义的,因为它允许在低温下以非常小的接合力接合。随着LED阵列尺寸的增加,所需的总接合力成为重要的特征并且可能导致对于阵列尺寸的物理限制。也因为低温接合,可使用TFT背板结构,该结构与Active Matrix OLED (AMOLED) 控制背板本质上相似。这降低了成本、复杂性并提供了到具有较大物理尺寸的显示器的途径。

[0039] 由硅制成的临时晶片可与GaN晶片接合。该临时晶片可具有约500 $\mu$ m的厚度,并且明显比GaN层厚。

[0040] 可用任何合适的技术(诸如激光剥离)将衬底层除去。在衬底层是硅的情况下,化学机械抛光和蚀刻或者这些技术的组合是可能的。这具有在可用于整体设计的硅衬底上形成微米特征件的附加能力。

[0041] 然后,可蚀刻该缓冲区或n-GaN层以形成光学特征件,其在优选实施例中可以是微透镜的形式。光学特征件可以是凸形形状,以最大化发射和最小化像素之间的光学串扰。光学特征件可具有约8 $\mu$ m的宽度。

[0042] 在替代方案中,蚀刻工艺可在像素附近形成粗糙化的区域。1 $\mu$ m深的粗糙化区域可用来改善光抽取。

[0043] 在进一步的替代方案中,可存在其中可形成GaN柱的矩阵蚀刻工艺(matrix etching process)。GaN柱可具有约2 $\mu$ m的高度。GaN柱在形状上也优选被截顶,以最大化LED像素输出之间的光学隔离以减少光学串扰。

[0044] 可通过蚀刻晶片的另一侧的n接触金属层来准确地控制n侧蚀刻工艺,以提供合适的蚀刻中止。通过使用诸如端点检测的实时等离子体监测技术,蚀刻深度可相对于GaN量子阱的位置被准确地控制。

[0045] 在进一步的替代方案中,n接触层可用作蚀刻中止来控制透镜厚度。可在透镜蚀刻

期间使用端点检测,以便同时打开通过n接触金属层,并提供透镜厚度的控制。

[0046] 然后可存在沉积步骤,在该步骤中,可能存在导电金属网格和/或不透明层的沉积。导电金属网格和/或不透明层可减少n接触电阻,因此具有屏蔽效果。金属网格和/或不透明层可具有约200nm的厚度并且可使用任何合适的技术沉积。

[0047] 在替代方案中,可沉积ITO导电层而不是金属,以创建透明导电层。合适的ITO的厚度选择可产生抗反射涂层以增加光透射率。

[0048] 在进一步的替代方案中,如果形成GaN柱,则它们可涂覆有n金属层以覆盖侧壁,以最小化串扰。金属层可具有约200nm的厚度。

[0049] SiO<sub>2</sub>层或任何其它合适类型的单层或多层涂层也可沉积在GaN透镜和n金属层的表面。这提供了GaN表面的保护和抗反射功能,因为它减少了菲涅耳反射。该涂层可具有约80nm的厚度。

[0050] 在进一步的替代方案中,只有光学特征件的弯曲区域、或粗糙化区域可覆盖有电介质涂层。电介质涂层可由二氧化硅制成,并且可具有约80nm的厚度。

[0051] 在进一步的替代方案中,可沉积涂层。因此可能存在多层电介质涂层。可能只有一个涂层或另外的涂层或具有提供以下功能的层,即,短通波长滤光片功能。涂层可被图案化以仅覆盖光学特征件或者可覆盖全部表面。短通滤光片可被设计成允许蓝光离开GaN,但反射更长的波长(即,由颜色转换层生成的红色或绿光)。

[0052] 该工艺还需要使用颜色转换器,颜色转换器在一些实施例中可具有靠近子像素的高反射层,以提高颜色转换效率和显示对比度。颜色转换器包括颜色转换层、衬底、透明层和掩模。颜色转换层可由磷光体、量子点、有机物质或其组合制成。颜色转换层可具有约1-20μm的厚度或优选地约为1-10μm。衬底可由玻璃、蓝宝石、硅或任何其他适合的材料制成。如果使用蓝光来光学泵浦颜色转换器,那么没有必要为了显示器的蓝色子像素转换入射光。因此,在蓝色单元或透明层中可能没有材料可由硅树脂制成,并且允许蓝光离开,或者可替代地可提供扩散或散射功能,以便提供与红色和绿色磷光体类似的光束轮廓。掩模可以是不透明/黑色矩阵树脂(通常用于LCD显示器)或反射的,并且可由Au、Al或Ag制成。

[0053] 在替代的颜色转换器中,可存在蚀刻的硅衬底。颜色转换器可包括颜色转换层、透明层和蚀刻的硅区域。

[0054] 在替代的颜色转换器中,可存在短通滤光片,其允许蓝光进入,但反射更长的转换光(诸如绿色和红色)。

[0055] 在进一步的替代方案中,可存在颜色转换器,其可描述为像波导一样操作。像以前一样,存在颜色转换层、透明层和掩模。另外,存在不透明/反射特征件、提供光波导功能的修改的折射率透明层和未修改的折射率层。

[0056] 在进一步的替代方案中,存在颜色转换器,其可描述为长通滤光片。颜色转换器可具有位于颜色转换层下方的长通滤光片。长通滤光片可允许转换的光离开,但重新利用模糊的未转换的光。

[0057] 在该工艺的下一步中,颜色转换器被升高并与所述LED层对齐。

[0058] 然后可将颜色转换器附接到器件的其余部分。在优选实施例中,可用蓝光泵浦颜色转换器,并且存在作为磷光体层的红/绿色颜色转换层。可替代地,所述层可以是量子点或透明/扩散层(蓝色)或其混合。从玻璃衬底竖直向下延伸可能存在不透明/黑色掩模或反



射掩模。反射掩模可以是优选的,因为其具有再循环光、最小化串扰和增强显示对比度的能力。因此,当滤光片放置在透射层之前时,反射掩模具有透射蓝光并反射红光的能力。在替代方案中,如果滤光片放置在透射层之后,那么将重新循环蓝光,并透射红色和绿光。

[0059] 在该工艺的下一阶段,临时层可被移除。

[0060] 然后可将电子驱动层提高并对准并附接到所述LED上的金属接合焊盘。接合层堆叠可包括低温焊料材料,诸如锡或铟,或其合金。GaN p层的平面度还提供使用低温直接接合的能力,包括范德华力,氢键和强大的共价键。电子驱动层可以是CMOS、TFT或NMOS NMOS层。具体而言,使用直接接合技术的能力允许适应薄膜晶体管技术的能力,所述薄膜晶体管技术应用于矩阵有机发光二极管(AMOLED)微显示器。

[0061] 集成彩色LED微显示器可具有像素布局实现方式。在一个实施例中,三个子像素可布置在 $20 \times 20$ 微米的单元内,其中接合焊盘被定位成远离所述像素。

[0062] 在替代的实施例,像素布局实现可包括每个像素中包括的四个子像素,其中接合焊盘定位在所述像素上方。

[0063] 集成彩色LED微显示器可包括红色颜色转换单元、绿色颜色转换层和没有颜色转换单元的蓝色像素(其可包括透明/扩散层)。

[0064] 在替代的集成彩色LED微显示器中,存在不透明/反射矩阵。

[0065] 在替代的集成彩色LED微显示器中,可存在红色颜色转换单元、绿色颜色转换单元和没有颜色转换单元的蓝色像素的矩阵。

[0066] 在又一个替代的集成彩色微显示器中,可存在红色颜色转换单元、绿色颜色转换单元、没有颜色转换单元的蓝色像素的矩阵和不透明/反射矩阵。

[0067] 根据本发明的第二方面,存在集成彩色LED微显示器,包括:

[0068] 能够改变光的波长的颜色转换器;

[0069] 连接到所述颜色转换器的微LED阵列并且所述微LED阵列能够形成电连接,并将光泵到所述颜色转换器中;以及

[0070] 电子驱动层形式的背板控制;

[0071] 其中,所述LED泵浦光,该泵浦光的波长短于从所述颜色转换器发射的光,从而产生较长波长的光。

[0072] 一般而言,本发明因此在于提供集成彩色LED微显示器,该显示器提供低功耗高亮度显示器。

[0073] 集成彩色LED微显示器可如在第一方面所定义的那样形成。

[0074] 颜色转换器可包括颜色转换层、衬底、透明层和掩模。颜色转换层可由磷光体、量子点、有机物质或其组合制成。颜色转换层可具有约 $5\text{--}20\mu\text{m}$ 的厚度或优选地为约 $10\text{--}12\mu\text{m}$ 的厚度。衬底可由玻璃、蓝宝石、硅或任何其它合适的材料制成。透明层可允许蓝光离开或者可替代地可提供扩散或散射功能。掩模可以是不透明/黑色的或发射的。

[0075] LED可包括透镜形式的光学特征件。光学特征件可以是凸形的,并且可最大化发射和最小化光谱串扰。

[0076] LED还可包括可以是不透明/黑色或反射的掩模,并且可由诸如Al或树脂/聚合物的金属制成。

[0077] LED还可包括被沉积以形成n和p接触的接合焊盘。所述接合焊盘可具有约 $2\mu\text{m}$ 的高

度和约 $8\mu\text{m}\times 8\mu\text{m}$ 的横截面。

[0078] 背板控制可包括具有接合焊盘的电子驱动层。电子驱动层可以是CMOS、TFT或NMOS NMOS层。

[0079] 背板控制上的接合焊盘附接至所述LED上的接合焊盘上。

[0080] 具体地,本申请涉及以下内容:

[0081] 1) 一种制造集成LED微显示器的方法,包括:

[0082] 提供能够改变光的波长的颜色转换器;

[0083] 提供连接到所述颜色转换器的微LED阵列,并且所述微LED阵列能够形成电连接并将光泵到所述颜色转换器中;以及

[0084] 以电子驱动层的形式提供背板控制;

[0085] 其中,所述微LED阵列生成波长短于从所述颜色转换器发射的光的泵浦光,从而产生波长较长的光。

[0086] 2) 根据1)所述的制造集成LED微显示器的方法,其中,使用蓝光泵浦所述颜色转换器,并且所述微LED阵列生成绿光和红光,从而提供红色、绿色和蓝色子像素的阵列,用于全色能力。

[0087] 3) 根据前述中任一项所述的制造集成LED微显示器的方法,其中,所述颜色转换器被光学泵浦(例如UV光),以将颜色转换为红光、绿光和蓝光。

[0088] 4) 根据前述中任一项所述的制造集成LED微显示器的方法,其中,所述集成LED微显示器是集成的全色LED微显示器。

[0089] 5) 根据前述中任一项所述的制造集成LED微显示器的方法,其中,提供了GaN层,在所述GaN层的顶部具有欧姆电流扩散层。

[0090] 6) 根据5)所述的制造集成LED微显示器的方法,其中,所述衬底层由蓝宝石、硅、GaN或碳化硅制成。

[0091] 7) 根据5)和6)中任一项所述的制造集成彩色LED微显示器的方法,其中,所述欧姆电流扩散层由Ni/Au或Ni/Pt或Au/Pt或Pt/Ni/Au Ni/Ag或Pd或ITO或Ni/ITO或类似材料制成,以形成欧姆接触。

[0092] 8) 根据前述中任一项所述的制造集成LED微显示器的方法,其中,等离子体处理用于创建导电区域和绝缘区域。

[0093] 9) 根据前述中任一项所述的制造集成LED微显示器的方法,其中,执行蚀刻工艺以产生蚀刻区域,在所述蚀刻区域中,所述GaN层被蚀刻以提供接触区域和/或蚀刻中止。

[0094] 10) 根据5)至9)中任一项所述的制造集成LED微显示器的方法,其中,光刻和蚀刻技术用于形成实现电接触的开口。

[0095] 11) 根据5)至10)中任一项所述的制造集成LED微显示器的替代方法,其中,蚀刻工艺在GaN层中执行以形成蚀刻的像素。

[0096] 12) 根据前述中任一项所述的制造集成LED微显示器的方法,其中,所述像素以二维阵列图案形成。

[0097] 13) 根据9)所述的制造集成LED微显示器的方法,其中,n接触金属层沉积在蚀刻区域中。

[0098] 14) 根据13)所述的制造集成LED微显示器的方法,其中,所述n接触金属层形成全

局接触并具有电气功能和/或用作控制制造工艺中进一步的蚀刻步骤的指导。

[0099] 15) 根据14)所述的制造集成LED微显示器的方法,其中,然后沉积接合焊盘以形成n接触和p接触。

[0100] 16) 根据16)所述的制造集成LED微显示器的替代方法,其中,以平面化的n接触和p接触形成光滑平坦的表面。

[0101] 17) 根据15)或16)所述的制造集成LED微显示器的方法,其中,然后用诸如激光剥离的任何合适的技术去除所述衬底层。

[0102] 18) 根据16)所述的制造集成LED微显示器的方法,其中,存在蚀刻的硅衬底以形成与像素相邻的非吸收区域。

[0103] 19) 根据17)所述的制造集成LED微显示器的方法,其中,临时晶片被附接到经处理的顶层。

[0104] 20) 根据19)所述的制造集成LED微显示器的方法,其中,所述GaN层然后被蚀刻以形成光学特征件,例如透镜。

[0105] 21) 根据20)所述的制造集成LED微显示器的方法,其中,所述光学特征是凸面形状,以最大化发射并最小化光谱串扰。

[0106] 22) 根据20)所述的制造集成LED微显示器的方法,其中,在替代方案中,形成蚀刻工艺粗糙化区域以形成用于改善光抽取的散射表面。

[0107] 23) 根据19)至22)中任一项所述的制造集成LED微显示器的方法,其中,在替代方案中,存在蚀刻工艺,在所述蚀刻工艺中,GaN侧壁形成在子像素之间。

[0108] 24) 根据19)至23)中任一项所述的制造集成LED微显示器的方法,其中,所述蚀刻工艺涉及蚀刻穿透所述GaN层以形成到所述n接触金属层的蚀刻。

[0109] 25) 根据19)至24)中任一项所述的制造集成LED微显示器的方法,其中,在替代方案中,所述n接触层用作蚀刻中止。

[0110] 26) 根据20)至25)中任一项所述的制造集成LED微显示器的方法,其中,然后存在沉积步骤,在所述沉积步骤中,存在导电金属网格和/或不透明层的沉积,其中,所述导电金属网格和/或不透明层减少了偏压并且具有屏蔽效果。

[0111] 27) 制造根据20)至26)中任一项所述的制造集成LED微显示器的方法,其中,在替代方案中,代替金属,沉积诸如ITO的透明导电材料以创建透明导电层。

[0112] 28) 根据27)所述的制造集成LED微显示器的方法,其中,所述透明导电层的厚度被仔细地选择以用作针对所述LED的单层抗反射涂层。

[0113] 29) 根据24)所述的制造集成LED微显示器的方法,其中,在替代方案中,所述GaN侧壁涂有n金属层并且还覆盖所述侧壁以最小化串扰。

[0114] 30) 根据25)至29)中任一项所述的制造集成LED微显示器的方法,其中,SiO<sub>2</sub>层或任何其它合适类型的单层或多层涂层然后沉积在所述光学特征件(例如透镜)的表面以及所述n金属层上。

[0115] 31) 根据30)所述的制造集成LED微显示器的方法,其中,在替代方案中,只有所述光学特征的弯曲区域或粗糙化区域被电介质涂层覆盖。

[0116] 32) 根据31)所述的制造集成LED微显示器的方法,其中,沉积多层电介质涂层。

[0117] 33) 根据32)所述的制造集成LED微显示器的方法,其中,所述图层被图案化以仅覆

盖所述光学特征件或覆盖具有操作为短通滤光片的功能的全部表面。

[0118] 34) 根据21)至32)中任一项所述的制造集成LED微显示器的方法,其中,在颜色转换子组件中存在短通滤光片,所述短通滤光片允许蓝光进入但反射诸如绿光和红光的较长转换光。

[0119] 35) 根据34)所述的制造集成LED微显示器的方法,其中,在替代方案中,颜色转换器作为波导操作并且具有不透明/反射特征件,提供光波导功能的修改的折射率透明层,和未修改的折射率层。

[0120] 36) 根据34)所述的制造集成LED微显示器的方法,其中,在替代方案中,颜色转换器是长通滤光片并且所述长通滤光片位于所述颜色转换器层以下。

[0121] 37) 根据36)所述的制造集成LED微显示器的方法,其中,所述长通滤光片允许经转换的光离开,但是重新利用蓝色未转换的光。

[0122] 38) 根据34)至37)中任一项所述的制造集成LED微显示器的方法,其中,在工艺中的下一步骤中,抬高所述颜色转换器以与所述LED层对齐并与所述LED层结合。

[0123] 39) 根据38)所述的制造集成LED微显示器的方法,其中,所述颜色转换子组件附接到所述器件的其余部分。

[0124] 40) 根据39)所述的制造集成LED微显示器的方法,其中,所述颜色转换子组件以蓝光泵浦并且存在红色/绿色颜色转换层。

[0125] 41) 根据40)所述的制造集成LED微显示器的方法,其中,所述颜色转换子组件以蓝光泵浦并且存在磷光体或量子点或有机染料或它们的组合或透明/扩散层(蓝色)。

[0126] 42) 根据41)所述的制造集成LED微显示器的方法,其中,从透明衬底向下竖直延伸,存在不透明/黑色掩模或反射掩模。

[0127] 43) 根据42)所述的制造集成LED微显示器的方法,其中,所述反射掩模具有再循环光、最小化串扰和增强显示对比度的能力。

[0128] 44) 根据41)所述的制造集成LED微显示器的方法,其中,所述颜色转换器具有具备发射蓝光并反射红色和绿光的能力的层。

[0129] 45) 根据42)和43)中任一项所述的制造集成LED微显示器的方法,其中,在替代方案中,在所述滤光片位于所述颜色转换层的情况下,蓝光将被再循环并且红色和绿光被透射。

[0130] 46) 根据42)至45)中任一项所述的制造集成LED微显示器的方法,其中,所述临时层然后被移除。

[0131] 47) 根据46)所述的制造集成LED微显示器的方法,其中,然后使所述电子驱动层抬高以与所述LED上的金属接合焊盘对齐并附接到所述金属接合焊盘。

[0132] 48) 根据47)所述的制造集成LED微显示器的方法,其中,所述金属接合层由低温焊料形成。

[0133] 49) 根据48)所述的制造集成LED微显示器的方法,其中,直接分子接合用来创建所述低温接合。

[0134] 50) 根据47)至49)所述的制造集成LED微显示器的方法,其中,所述电子驱动层是CMOS、TFT或NMOS层。

[0135] 51) 根据前述中任一项所述的制造集成LED微显示器的方法,其中,所述集成LED微

显示器包括红色颜色转换单元、绿色颜色转换单元和无颜色转换材料的蓝色像素(所述蓝色像素可能包括透明/扩散层)。

[0136] 52) 根据51) 中任一项所述的制造集成LED微显示器的方法, 其中, 所述集成彩色LED微显示器具有不透明/反射矩阵。

[0137] 53) 根据前述任一项所述的制造集成LED微显示器的方法, 其中, 所述集成LED微显示器具有红色颜色转换单元、绿色颜色转换单元和具有包含颜色转换材料的单元的蓝色像素的矩阵。

[0138] 54) 根据前述中任一项所述的制造集成彩色LED微显示器的方法, 其中, 所述集成LED微显示器具有红色颜色转换单元、绿色颜色转换单元、带有颜色转换单元的蓝色像素的矩阵, 以及不透明/反射矩阵。

[0139] 55) 一种集成LED微显示器, 包括:

[0140] 颜色转换器, 所述能够改变光的波长;

[0141] 微LED阵列, 连接到所述颜色转换器, 并且所述微LED阵列能够形成电连接并将光泵到所述颜色转换器中; 以及

[0142] 电子驱动层形式的背板控制;

[0143] 其中, 所述LED对波长短于从所述颜色转换器发射的光的光进行泵浦, 从而产生较长波长的光。

[0144] 56) 根据55) 所述的集成LED微显示器, 其中, 所述集成LED微显示器根据1至54中任一项形成。

[0145] 57) 根据55) 和56) 中任一项所述的集成LED微显示器, 其中, 所述颜色转换器包括颜色转换层、衬底、透明层和掩模。

[0146] 58) 根据57) 所述的集成LED微显示器, 其中, 所述颜色转化层由磷光体、量子点、有机物或它们的组合制成。

[0147] 59) 根据57) 至58) 中任一项所述的集成彩色LED微显示器, 其中, 所述衬底由玻璃、蓝宝石、硅、GaN、碳化硅或任何其它合适的材料制成。

[0148] 60) 根据57) 至59) 中任一项所述的集成LED微显示器, 其中, 所述透明层允许蓝光离开, 或者替代地, 提供扩散或散射功能。

[0149] 61) 根据57) 至60) 中任一项所述的集成LED微显示器, 其中, 所述掩模是不透明/黑色或反射的。

[0150] 62) 根据55) 至61) 中任一项所述的集成LED微显示器, 其中, 所述LED包括光学特征件, 例如以透镜的形式。

[0151] 63) 根据62) 所述的集成LED微显示器, 其中, 所述光学特征件是凸面的形状, 并且所述光学特征件最大化发射并最小化光谱串扰。

[0152] 64) 根据55) 至63) 中任一项所述的集成LED微显示器, 其中, 所述LED包括沉积以形成n接触和p接触的接合焊盘。

[0153] 65) 根据55) 至64) 中任一项所述的集成彩色LED微显示器, 其中, 所述背板控制包括具有接合焊盘的电子驱动层。

[0154] 66) 根据55) 至65) 中任一项所述的集成彩色LED微显示器, 其中, 所述电子驱动层是基于CMOS、TFT、NMOS或BJT的层。

[0155] 67) 根据65) 和66) 中任一项所述的集成彩色LED微显示器,其中,所述背板控制上的接合焊盘附接至所述LED上的接合焊盘。

[0156] 68) 一种如前面所述和/或在图1至41中任意一个图中所示的集成彩色LED微显示器。

## 附图说明

[0157] 现在将参考附图仅以实例的方式描述本发明的实施例,在所述附图中:

[0158] 图1表示根据本发明的实施例的GaN层,在该层顶部存在欧姆电流扩散层和二氧化硅层,并且在其下方存在蓝宝石衬底层;

[0159] 图2表示根据本发明的实施例的替代的加工方法,其中,GaN层具有包括二氧化硅层和欧姆电流扩散层的蚀刻像素;

[0160] 图3表示根据本发明的实施例的在图1中示出的器件上执行的蚀刻工艺;

[0161] 图4表示根据本发明的实施例的在图2中示出的替代器件,该器件在像素周围的GaN层中蚀刻以形成蚀刻区域;

[0162] 图5表示根据本发明的实施例的进一步的蚀刻工艺,其中,欧姆电流扩散层和二氧化硅层被蚀刻掉,以便形成像素;

[0163] 图6表示根据本发明的实施例的用来创建导电和绝缘区域的等离子体处理;

[0164] 图7表示根据本发明的实施例的二氧化硅层,在其顶部像素被移除,然后以完整的二氧化硅层的形式重新沉积;

[0165] 图8表示根据本发明的实施例的完整的二氧化硅层区域,在其上方,像素被蚀刻掉以形成接触窗口;

[0166] 图9表示根据本发明的实施例的沉积以形成n和p接触的接合焊盘;

[0167] 图10表示根据本发明的实施例的移除的衬底层;

[0168] 图11表示根据本发明的实施例的被蚀刻以形成光学特征件的GaN层;

[0169] 图12表示根据本发明的实施例的形成粗糙化区域的替代蚀刻方法;

[0170] 图13表示根据本发明的实施例的蚀刻方法的进一步替代方案,其中,矩阵刻蚀工艺形成GaN柱;

[0171] 图14表示根据本发明的实施例的蚀刻方法的进一步替代方案,其中,GaN层被蚀刻穿以形成到n接触金属层的蚀刻;

[0172] 图15表示根据本发明的实施例的进一步替代方案,其中n接触层用作控制透镜厚度的蚀刻中止;

[0173] 图16表示根据本发明的实施例的沉积步骤,其中存在导电金属网格和/或不透明层的沉积;

[0174] 图17表示根据本发明的实施例的替代沉积步骤,其中ITO导电层而不是金属被沉积以形成透明导电层;

[0175] 图18表示根据本发明的实施例的进一步的替代方案,其中GaN柱涂覆有金属层;

[0176] 图19是根据本发明的实施例的图16中示出的器件的上透视图;

[0177] 图20表示根据本发明的实施例的工艺,其中,在GaN透镜和n金属层的表面上方沉积SiO<sub>2</sub>层或者任何其它合适类型的单层或多层涂层;

- [0178] 图21表示根据本发明的实施例的进一步替代方案,其中,仅光学特征件的弯曲区域覆盖有电介质涂层;
- [0179] 图22表示是根据本发明的实施例的进一步替代方案,其中涂层被沉积以具有提供短通波长滤光片功能的功能;
- [0180] 图23表示根据本发明的实施例的颜色转换器;
- [0181] 图24表示根据本发明实施例的存在蚀刻的硅衬底的替代颜色转换器;
- [0182] 图25表示根据本发明的实施例的作为短通滤光片的进一步的替代颜色转换器;
- [0183] 图26表示根据本发明的实施例的可被描述为像波导一样操作的进一步的替代颜色转换器;
- [0184] 图27表示根据本发明的实施例的可被描述为长通滤光片的进一步的替代颜色转换器;
- [0185] 图28表示根据本发明的实施例的被抬起并与LED层对齐的颜色转换器;
- [0186] 图29表示在上面与所述LED层的剩下部分对齐的颜色转换层的进一步的视图;
- [0187] 图30表示根据本发明的实施例的附接到器件的其余部分的颜色转换器;
- [0188] 图31表示根据本发明的实施例的被移除的临时层;
- [0189] 图32表示根据本发明的实施例的被抬起并与金属接合焊盘对齐的电子驱动层;
- [0190] 图33表示根据本发明的实施例的附接到接合焊盘的金属接合焊盘;
- [0191] 图34和35表示根据本发明的实施例的像素布局实现的平面图;
- [0192] 图36和37表示根据本发明的实施例的进一步的像素布局实现的平面图;
- [0193] 图38表示根据本发明的实施例的红色颜色转换单元、绿色颜色转换层和没有颜色转换单元的蓝色像素;
- [0194] 图39表示根据本发明的实施例的其中存在不透明/反射矩阵的颜色转换单元;
- [0195] 图40表示根据本发明的实施例的红色颜色转换单元、绿色颜色转换单元和没有颜色转换单元的蓝色像素的矩阵;以及
- [0196] 图41表示根据本发明的实施例的红色颜色转换单元、绿色颜色转换单元、没有颜色转换单元的蓝色像素的矩阵和不透明/反射矩阵。

## 具体实施方式

- [0197] 一般来说,本发明在于提供一种低功耗高亮度显示器。
- [0198] 图1至图41示出了根据本发明的制作微显示器的工艺。这在下文讨论。
- [0199] 图1示出了发光GaN层3,在其顶部存在欧姆电流扩散层2和二氧化硅层1。位于GaN层3的下方,存在衬底层4,其比其他层显著更厚。欧姆电流扩散层2具有约20nm的厚度。二氧化硅层1具有约200nm的厚度。衬底层4具有约200 $\mu$ m的厚度。衬底层4可以是任何合适的材料,诸如蓝宝石、硅、GaN和碳化硅。欧姆电流扩散层2的实例材料是Ni/Au或Ni/Pt或Au/Pt或Pt/Ni/Au Ni/Ag或Pd或ITO或Ni/ITO。
- [0200] 图2表示替代的工艺方法,其中,GaN层3具有蚀刻的像素,该蚀刻的像素包括二氧化硅层1和欧姆电流扩散层2。这是形成LED像素的标准技术。在图2中,扩展层2通常被定义为与最终像素尺寸具有相同的尺寸。
- [0201] 在图3中,在图1所示的器件上执行蚀刻工艺,其是GaN修改工艺。该蚀刻产生蚀刻

区域5,在该区域GaN层3被蚀刻。蚀刻工艺使用任何合适的蚀刻工艺执行,但优选的是通过使用CF<sub>3</sub>的等离子体蚀刻,但是可使用其他技术,诸如湿法蚀刻。向下蚀刻到n材料可通过使用利用C1的等离子体执行。

[0202] 在图4中,在图2中示出的替代器件在像素周围的GaN层3中被蚀刻,以形成蚀刻区域5。

[0203] 如图5所示,然后涂覆掩模以实现像素形成。存在进一步的蚀刻工艺,其中欧姆电流扩散层2和二氧化硅层1被蚀刻掉以形成像素6。蚀刻工艺使用任何合适的等离子体蚀刻工艺执行,诸如CHF<sub>3</sub>。像素6可以以矩阵图案形成。这使得像素的尺寸在0.5μm至100μm之间。通常的尺寸是约3μm。

[0204] 在图6所示的工艺步骤中,存在用于创建导电和绝缘区域的等离子体处理7。未受保护的GaN暴露于GaN修改工艺,例如诸如CHF<sub>3</sub>的等离子体。然后可执行图案化特征的去除,随后对结构进行退火,以便在暴露于等离子体的区域中形成高电阻层,同时在由掩模保护的层处保持导电(例如欧姆接触)以形成像素或像素阵列。

[0205] 在图7中,形成掩模层。在像素6顶部上的二氧化硅层1被移除,然后仅以光致抗蚀剂或电介质的完整层8的形式重新沉积,所述电介质例如SiO<sub>2</sub>,具有光致抗蚀剂在顶部以图案化所述SiO<sub>2</sub>层。

[0206] 在图8中,然后在n接触区域和扩展材料的上方打开掩模。然后沉积导电材料,例如Ti: Au或其他组合。应该明显的是,n接触区域处的蚀刻侧壁在侧壁上具有电绝缘层以防止跨p-n结短路。像素6上方的二氧化硅完整层8的区域也被蚀刻掉以形成下方的欧姆电流扩散层2的接触窗口10,以创建接触。另外,在蚀刻区域5中沉积n接触金属层9。n接触金属层9形成全局接触并且具有电功能和/或作为用于控制制造工艺中进一步蚀刻步骤的指导。

[0207] 在图9中,沉积接合焊盘11以形成n和p接触。这可使用同一掩模层或者新的掩模。p和n接合焊盘具有以下优点:具有相同的高度,因此可提高LED阵列成功接合的可能性。n焊盘蚀刻深度可用作以后的工艺的精确蚀刻中止,即,当从GaN侧蚀刻时,暴露之后激光剥离,并且作为一种手段,提供在晶片背面的分布式电接触的连接。此外,用于形成接合焊盘金属的掩模层可提供没有拓扑的层并且诸如CMP-化学机械抛光(damscene)这样的工艺可用来将金属平面化到掩模层的顶部。这种抛光工艺然后可实现具有平坦的接合表面的能力。因此,可能使用一系列的接合工艺,包括但不限于倒装芯片凸点接合(热超声或热压缩),或直接接合或任何形成对于背板的机械和电气接合的其他技术,例如CMOS、TFT或NMOS层。

[0208] 如图10所示,用诸如激光剥离的任何合适的方法去除衬底层4。然后,衬底层4可经受硅树脂、化学机械抛光和硅树脂蚀刻。衬底(蓝宝石等)上的GaN然后接合到临时晶片,GaN表面与该层接触。可使用工业标准技术从衬底分离GaN层。在这个具体实例中,使用激光剥离。可替代地,可使用CMP去除硅或GaN。然后这可与衬底的蚀刻组合使得特征件可以被蚀刻到衬底中。如后所示(图13)柱可离开Si,以便在子像素之间提供隔离。临时晶片13具有比GaN层3显著更厚的厚度。

[0209] 在图11中,既然GaN层在背面暴露,可在该结构中形成一系列特征件。这可提供抽取更多光和/或提供特征件以减少子像素之间的光学串扰的方式。GaN层3被蚀刻以形成透镜形式的光学特征件14。光学特征件14是凸形的并最大化发射和最小化光谱串扰。也可能在这些特征上沉积层(诸如SiO<sub>2</sub>)以用作抗反射涂层。在这个具体的特征件中,形成透镜(可



通过使用蚀刻中止来精确地确定高度),以增加光抽取和减少子像素之间的光学串扰。

[0210] 如图12所示,在替代方案中,蚀刻可用于形成粗糙化区域15。粗糙化区域15可用来改善光抽取。在这种情况下散射表面从蚀刻形成。和图11一样,可沉积一层或多层以减少菲涅尔反射。

[0211] 图13是进一步的替代方案,其中,在矩阵蚀刻工艺中形成GaN柱16。如图10所示,因此,柱16可形成在光抽取特征件(在本例中为透镜)之间。这可使用标准技术与光抽取特征件同时在GaN中形成。可替代地,柱16可在原始衬底(图10中的描述)中形成,或者它们可在颜色转换衬底中形成(在图23中描述)。柱16理想地具有光滑的表面和高反射结构,与技术无关。

[0212] 如图14所示的工艺然后涉及进一步的蚀刻工艺,其中GaN层3被蚀刻穿以在蚀刻区域5上方的n接触金属层9形成蚀刻区域17。在该具体情况下,光抽取特征件(透镜)和n开口可同时形成。通过任何合适的蚀刻技术执行蚀刻。

[0213] 图15示出了一种替代方案,其中n接触层9用作蚀刻中止以控制透镜厚度。在透镜蚀刻18期间使用端点检测,以便同时打开到n接触金属层9以及提供对透镜厚度的控制。如图9所述,图14工艺的优选实施例是n接触可用作蚀刻中止,以便精确地控制透镜的蚀刻深度,从而使其接近QW层。

[0214] 图16然后示出了存在沉积步骤,其中存在导电金属网格和/或不透明层19的沉积。这类似于图9中所描述的以及描述的在暴露的GaN面上形成分布式电接触的能力。在这种情况下,这形成了接合焊盘和导电GaN面之间的电桥。在这种情况下,使用不透明导体。因此,这不会沉积在光抽取特征件上方。导电金属网格和/或不透明层40减少偏压并具有屏蔽效果。

[0215] 图17表示一种替代方案,其中,ITO导电层20而不是金属被沉积,以创建透明导电层20。选择合适的ITO厚度可能导致抗反射涂层。像图16一样,可形成分布式n接触。但是,在这种情况下,透明ITO层可均匀地沉积在表面上(也可被图案化以便不覆盖光抽取特征件)。这也可以被设计成具有减小菲涅尔反射的厚度。

[0216] 图18是进一步的替代方案,其中GaN柱16涂覆有n金属层21并且还可覆盖侧壁以最小化串扰。这是图10和17的组合,其中金属可被图案化以提供分布式电接触并且还提供反射柱。

[0217] 图19是示出形成光抽取特征件、蚀刻中止、分布式n接触并且全部接合到诸如硅的临时载体晶片的原理的示意图。这总结了完成的GaN芯片,该芯片然后可集成到背板控制衬底和颜色转换衬底。

[0218] 在图20中,可在GaN透镜14和n金属层19的表面上沉积SiO<sub>2</sub>层或任何其它合适类型的单层或多层涂层22。这提供了保护和抗反射功能。

[0219] 在图21中,存在进一步的实施例,其中,只有光学特征件14(或粗糙化区域15)的弯曲区域覆盖有电介质涂层23。因此图案化仅用于在光抽取区域上沉积。

[0220] 在图22中,存在进一步的替代方式,其中可沉积涂层24a,24b。因此,可存在多层电介质涂层。可仅存在一个涂层或另外的涂层或具有以下功能的层,即,提供短通波长滤光片功能。涂层24a,24b可被图案化以仅覆盖光学特征件14,或者其可覆盖全部表面。短通滤光片可被设计为允许蓝光离开GaN但反射更长的波长(即,由颜色转换层生成的红色或绿光)。

像图20和21一样,本技术的一个重大优点是许多不同的层可在光抽取区域上沉积。在这个具体的布置中,使用短通滤光片。这有效地传输在泵浦波长区域中的光,例如蓝色。然后它反射更长的波长,即绿色和红色,使得返回GaN表面的转换的光具有在最终用户的方向上离开的较高可能性。

[0221] 在图23中示出了现在已经制备了GaN层,下一阶段是形成颜色转换器区域。优选的途径是使用单独的衬底,因为这提供了增强的灵活性,尽管颜色转换器可被放置在GaN表面上。在这种情况下,颜色转换器可以是磷光体、量子点、有机物质或组合。颜色转换器衬底可以是诸如玻璃、蓝宝石、硅树脂等的一系列材料。在这种情况下,每个颜色转换器提供子像素并且被光学地泵浦(蓝色优选或UV光)。在使用蓝色泵浦波长的情况下,蓝色子像素没有颜色转换器物质,但是可具有模拟颜色转换器的材料,使得其具有类似的发射特性,例如,光束发散角。在每个LED泵浦都是UV的情况下,存在用于红色、绿色和蓝色的颜色转换器。在子像素之间还形成矩阵以用于改善的对比度并防止光泄漏到相邻像素中。这可以是黑矩阵或反射结构。通常,在颜色转换衬底上形成矩阵。颜色转换器包括颜色转换层25、衬底26、透明层27和掩模28。衬底26可由玻璃、蓝宝石、硅或任何其它合适的材料制成。

[0222] 图24表示用于形成颜色转换器区域的矩阵的选项。在使用硅衬底途径上的GaN的情况下,可能容易地抛光和蚀刻硅衬底(对于诸如蓝宝石或SiC的其它衬底,这是一个更加困难的工艺)。因此,可能使用湿蚀刻或干蚀刻将矩阵蚀刻到硅中。使用蚀刻技术可形成具有高纵横比(即,结构高宽比)的矩阵。硅将吸收可见光波长区域的光,从而增强对比度。也可能对硅矩阵进行金属化以提供反射并增强光转换/输出。颜色转换器包括颜色转换层25、透明层27和蚀刻硅区域29。

[0223] 图25是进一步的替代的颜色转换器。为了提高性能,可能在颜色转换器层上包含滤光片。短通滤光片透射蓝光并反射更长的波长,即绿色和红色。为了简单起见,可在所有单元上形成多层涂层。因此,在本质上是各向同性的被转换的光被反射并将沿预定方向离开。在蓝色发射像素的情况下,可能适合具有滤光片或可能不适合具有滤光片。如果以UV光泵浦,则滤光片将放置在所有单元上,并具有透射UV泵浦但反映更长波长的性质。

[0224] 图26是可以被描述为像波导一样操作的进一步的替代颜色转换器。如前所述,存在颜色转换层25、透明层27和掩模28。另外,存在不透明/反射特征件33、提供光波导功能的修改的折射率透明层34、和未修改折射率层35。对于颜色转换器透明衬底(在其上形成颜色转换器和矩阵),可能修改透明层27。这样可使得与衬底平面垂直的波导形成。因此,较高的折射率层将增强光波导,并使光以较低的发散度离开。衬底的折射率作为实例可通过激光诱导效应来修改以形成波导,或者可通过使用较高折射率材料的蚀刻和填充来形成。可能使用0.5-2mm的标准厚度的透明层34。此外,可能使用厚度低至20 $\mu$ m的衬底层34。

[0225] 图27是可被描述为长通滤光片的另一个替代颜色转换器。在颜色转换器被沉积在衬底上之前,颜色转换器透明衬底的进一步选项/实施例是也沉积长通滤光器。这个工作方式与图24类似,除了在该布置中,未转换的蓝光被反射回到颜色转换区域。图案化颜色转换器以便不覆盖蓝色子像素。颜色转换器具有位于颜色转换层25下方的长通滤光片31。长通滤光片31允许转换的光离开,但重新利用蓝色未转换的光。图27还示出了长通滤光片32不会沉积在蓝色像素上以允许蓝光透射。

[0226] 在图28所示的下一步骤中,升高颜色转换器使之与LED层对齐。在该图中,颜色转

换层因此与LED衬底对齐。这准备用于两个结构的接合,并且以使得GaN子像素LED与各个颜色转换区域对齐的方式完成。

[0227] 在图29中,存在颜色转换层在上方与LED层的其余部分对齐的进一步的视图。这是图28的示意图。这突出了颜色转换层的透明衬底和用于支撑薄GaN LED层的临时晶片。

[0228] 在图30中,颜色转换器附接到器件的其余部分。因此,一旦适当的对齐完成,使得这两层接触并接合在一起。作为实例,这可以是环氧型接合工艺。也可能执行这种层的接合以在两个衬底之间提供局部密封,因此提供对颜色转换层的增强的保护。在优选实施例中,用蓝光泵浦颜色转换器,并且存在作为磷光体层的红/绿色颜色转换层。可替代地,该层是量子点或透明/扩散层(蓝色)或其混合。图30示出了从玻璃衬底垂直向下延伸的存在不透明/黑色掩模或反射掩模28。反射掩模28是优选的,因为它具有使光再循环、最小化串扰和增强显示对比度的能力。因此,当滤光片被放置在层之前时,反射掩模28具有透射蓝光并反射红色和绿光的能力。在替代方案中,如果滤光片放置在层之后,那么蓝光就会再循环,红色和绿光被透射。

[0229] 在图31中,临时层13从组合层去除。这可以通过加热、溶剂和或任何其他标准技术来实现。

[0230] 在图32中,升高电子驱动层39使之与金属接合焊盘11对齐。电子驱动层39是CMOS、TFT或NMOS层。在图中,为了清楚起见,显示了具有拓扑结构的接合堆叠。在优选实施例中,GaN修改的LED可与平面化的表面一起使用。(图9描述是提供平坦光滑表面的方法)。在没有或几乎没有拓扑结构的情况下,可将一系列不同的控制背板接合到GaN表面,包括但不限于CMOS、NMOS,TFT等。

[0231] 在图33中,金属接合焊盘39a附接到接合焊盘11。这是完成了的微型显示结构,该结构突出了提供显示能力所需的许多特征件。

[0232] 图34是布局A中的像素布局实现的平面图。在所示的实施例中,三个子像素43被布置在 $20 \times 20$ 微米的单元中。这突出了GaN LED子像素的可能布局。在这个具体的配置中,三个LED 43放置在例如 $20\mu\text{m} \times 20\mu\text{m}$ 的像素区域。

[0233] 在图35中,接合焊盘39a被示出为远离像素43定位。与每个LED子像素相关联的接合焊盘通常较大。这可分散接合力并减少物理损坏的可能性。此外,可通过增加接合焊盘尺寸来减小电阻。使用诸如子像素的GaN模式定义的技术导致改善的性能,因为它减少了GaN表面上的拓扑,并且可为LED子像素提供良好定义的隔离层。

[0234] 图36是布局B中的像素布局实现的平面图。在所示的实施例中,每个像素中包括四个子像素44。这与图34类似,但是在这种情况下,四个GaN LED子像素44定义在 $20\mu\text{m} \times 20\mu\text{m}$ 像素区域内。

[0235] 在图37中,接合焊盘46可位于像素44的上方。这与图35相似,在图36所示的每个子像素上具有较大的接合焊盘。

[0236] 在图38中,存在红色颜色转换单元47、绿色颜色转换层48和没有颜色转换单元49的蓝色像素(其可包括透明/发散层)。这表示相对于图34的子像素布局的颜色转换层的布局。

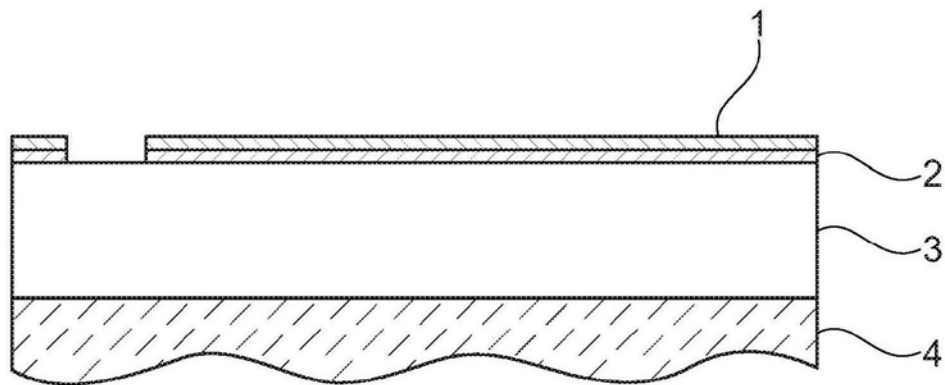
[0237] 在图39中示出了不透明/反射矩阵50。这与图38相似,也示出了隔离每个子像素的矩阵。

[0238] 在图40中,存在红色颜色转换单元47、绿色颜色转换单元48和没有颜色转换单元的蓝色像素49的矩阵。这示出了相对于图36中的子像素布局的颜色转换层的布局。

[0239] 在图41中,存在红色颜色转换单元47、绿色颜色转换单元48、没有颜色转换单元的蓝色像素49的矩阵和不透明/反射矩阵50。这与图40类似,并示出了隔离每个子像素的矩阵。

[0240] 虽然上面已经描述了本发明的具体实施例,应当理解,与所描述的实施例的偏离可能仍然落入本发明的范围内。例如,可使用任何合适类型的颜色转换器和任何合适类型的LED。

## 步骤 1



- (1) 二氧化硅
- (2) 欧姆电流扩散层
- (3) GaN 层
- (4) 衬底：蓝宝石、硅或碳化硅（弯曲的线表示比其他层显著更厚）

图1

选择：蚀刻像素

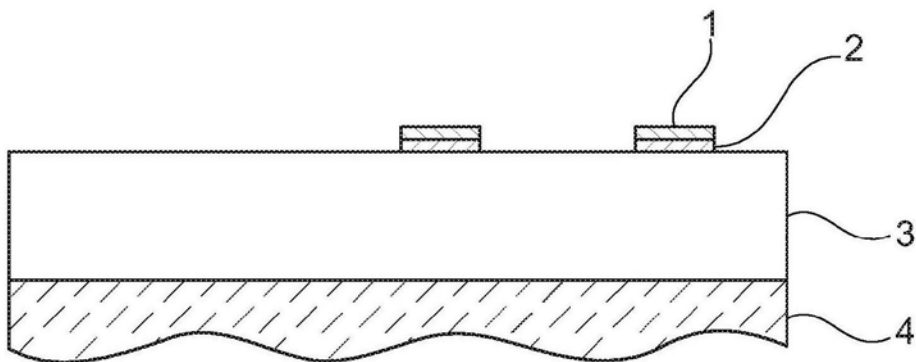
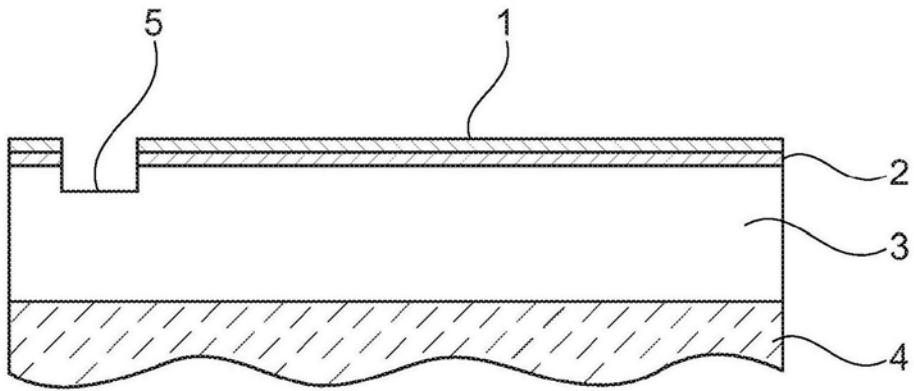


图2

步骤 2



(5) GaN 蚀刻

图3

选择：蚀刻像素

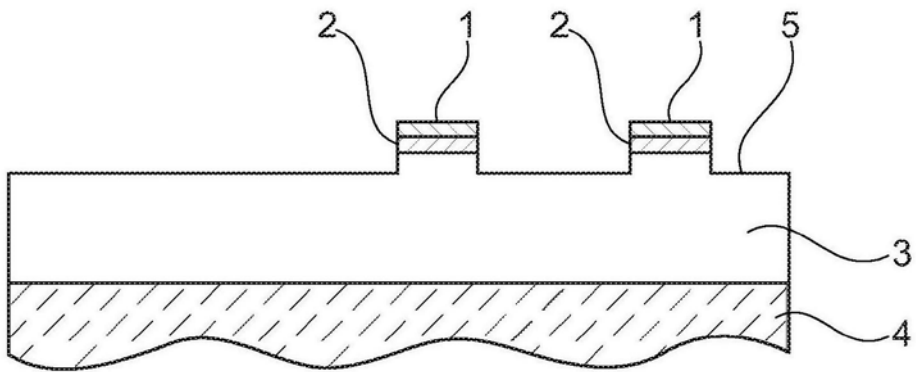
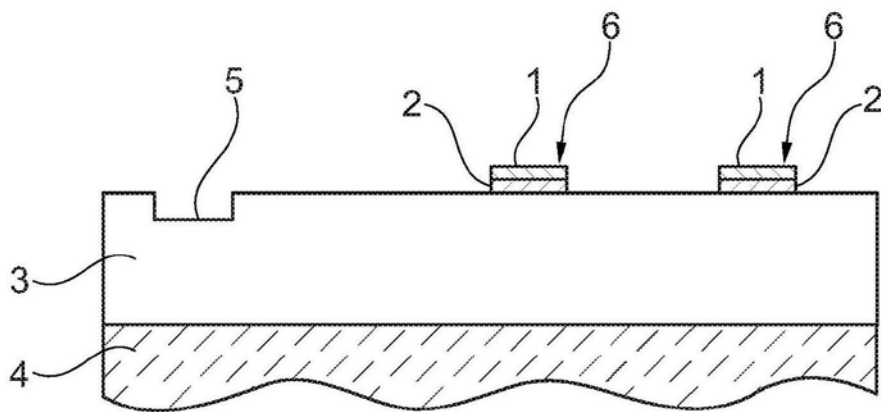


图4

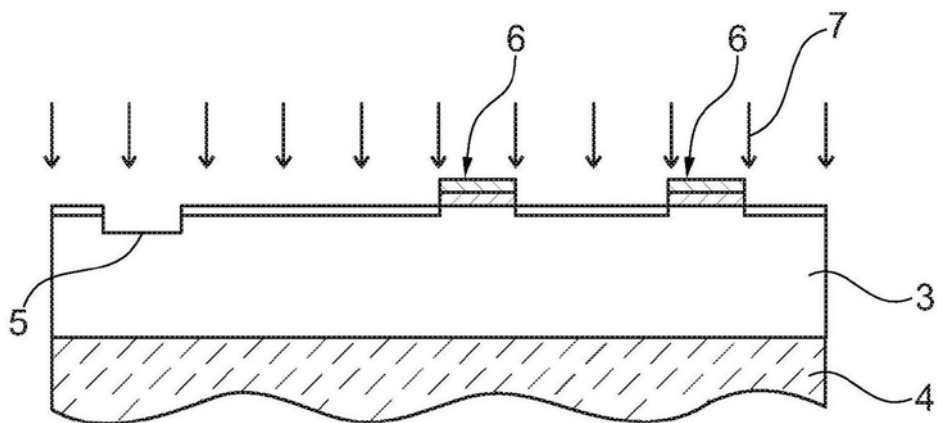
## 步骤 3



(6) 蚀刻以定义像素的二氧化硅和欧姆层

图5

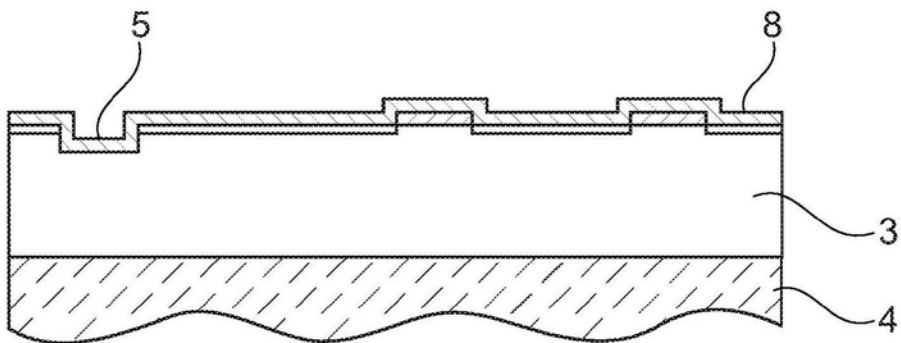
## 步骤 4



(7) 创建导电和绝缘区域的等离子体处理

图6

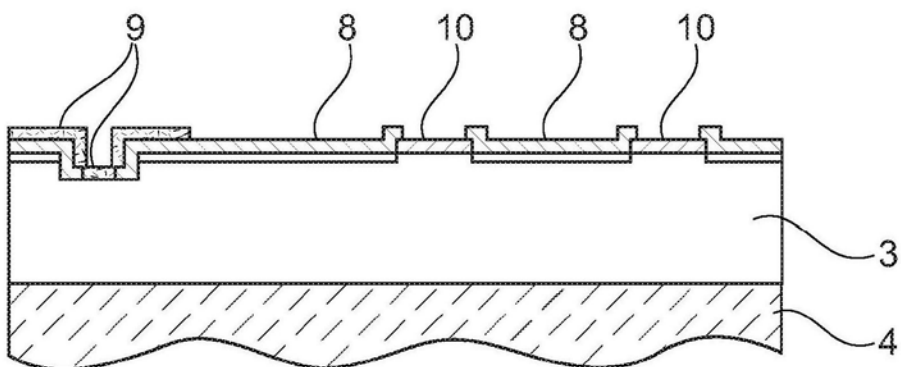
## 步骤 5



## (8) 移除和沉积二氧化硅层

图7

## 步骤 6



## (9) 沉积金属层 (n 接触)

## (10) 蚀刻硅树脂以创建与像素的接触

图8



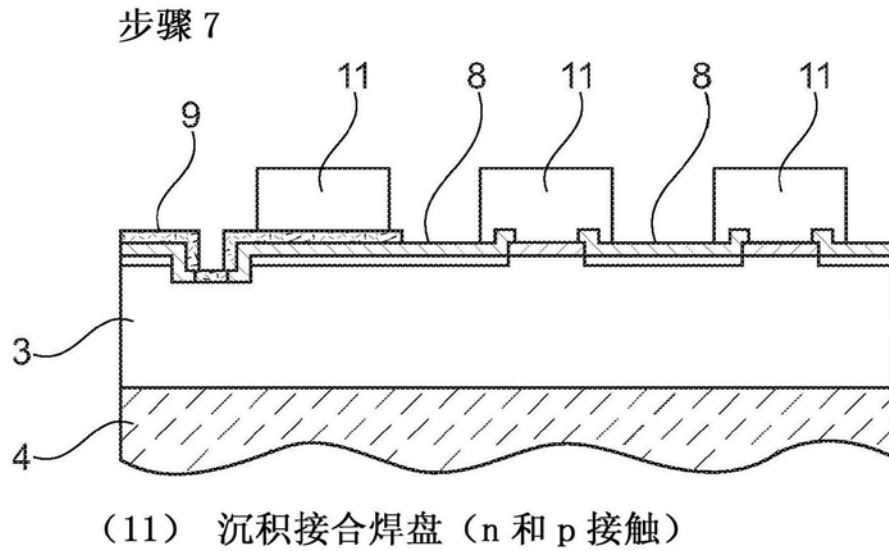


图9

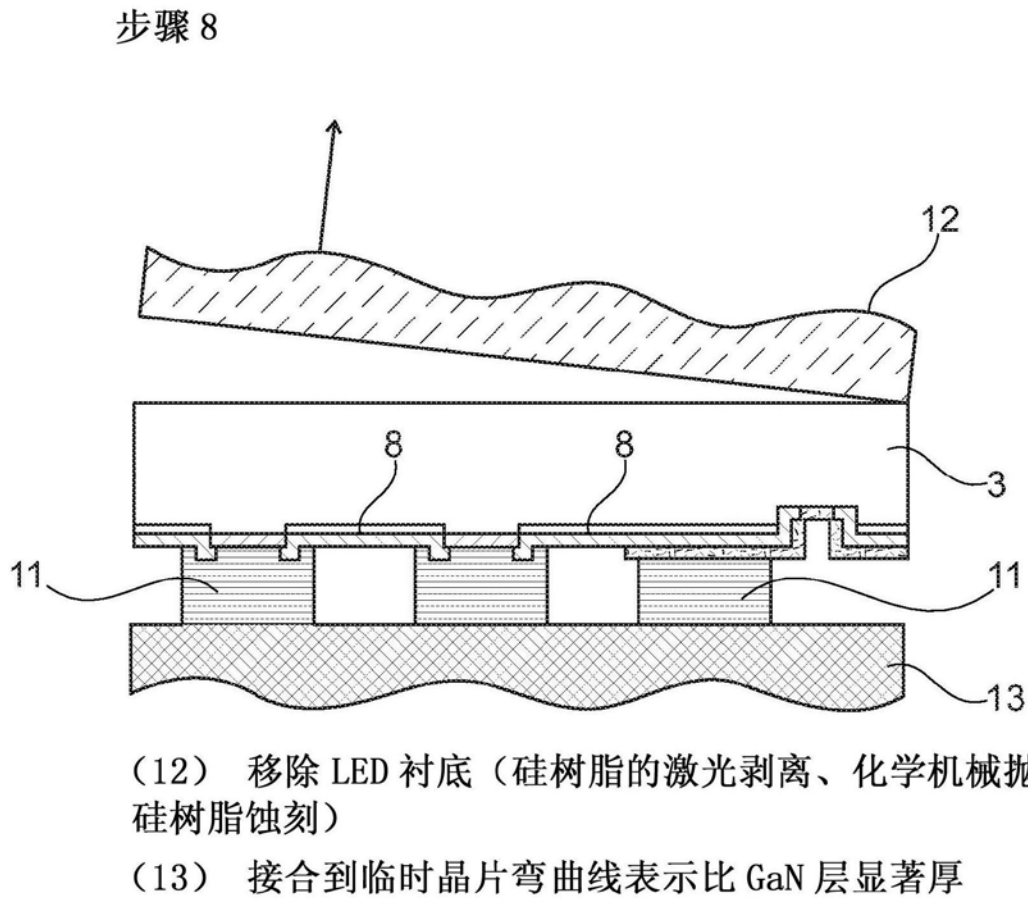
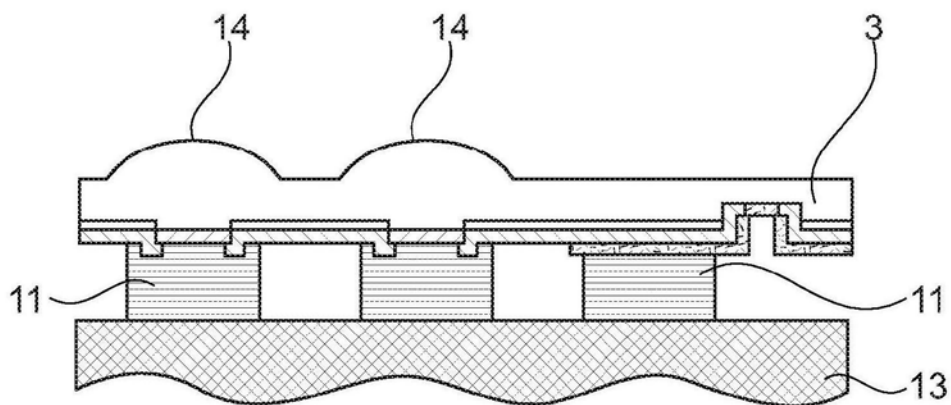


图10

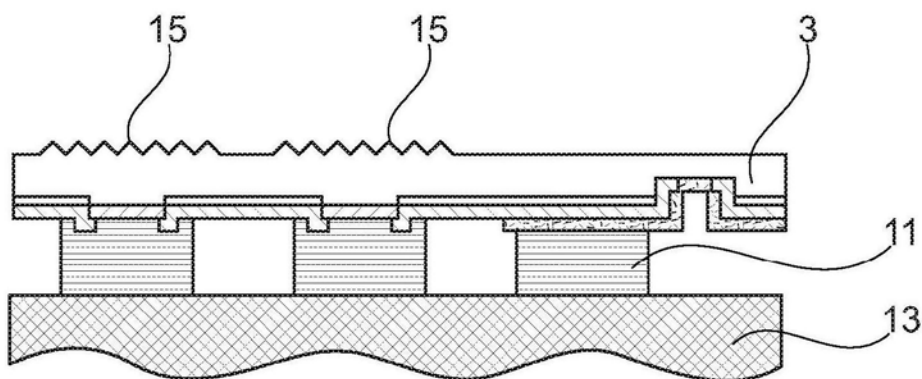
## 步骤 9



(14) 蚀刻 GaN 以形成光学特征件 (透镜)

图11

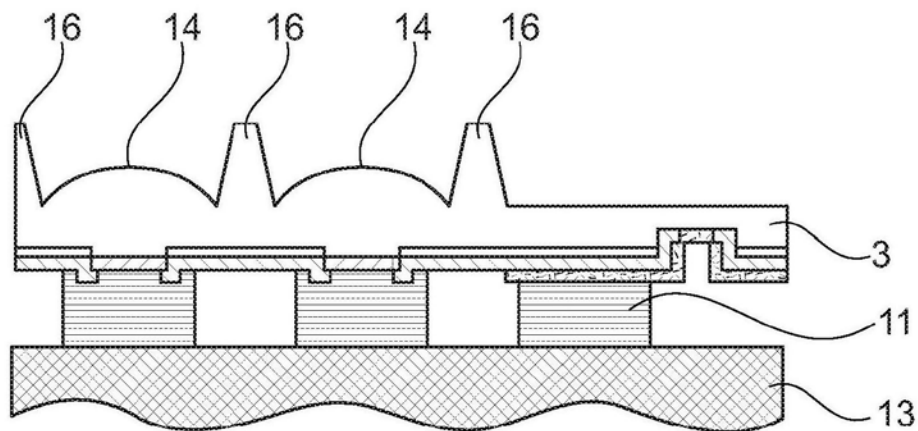
## 步骤 9 选项: 粗糙化 GaN



(15) 粗糙化 GaN 表面以提高光抽取

图12

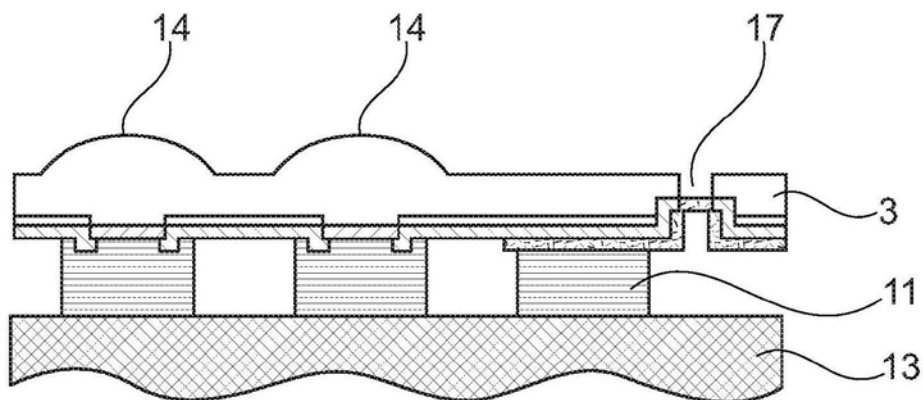
## 步骤9 选项：GaN 层中的矩阵形成



(16) 在蚀刻工艺期间创建 GaN 柱以便在 LED 像素输出之间提供光学隔离并减少光学串扰

图13

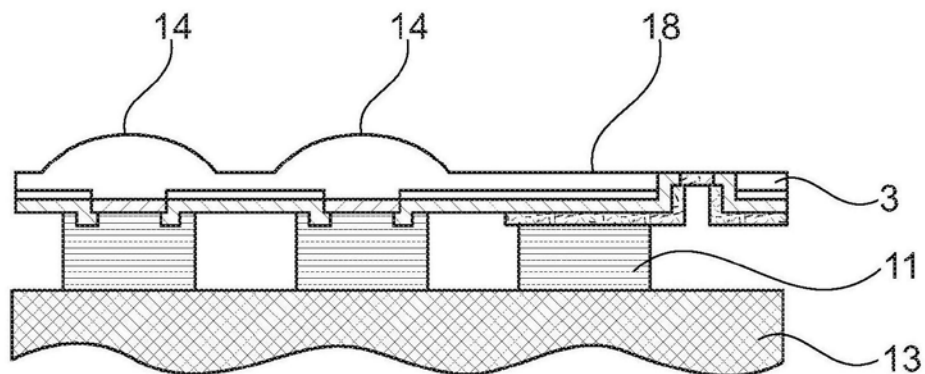
## 步骤 10



(17) 穿透 GaN 蚀刻以在 n 接触上蚀刻中止

图14

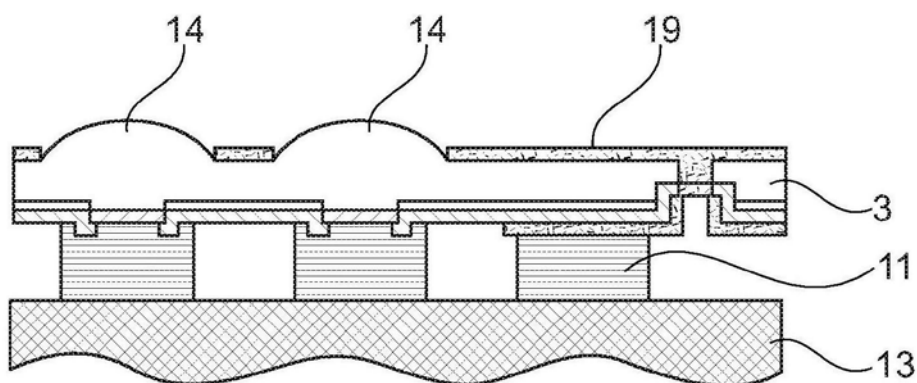
步骤 10 选项：使用 n 接触蚀刻中止来控制透镜厚度



(18) 在透镜蚀刻期间使用端点检测以便同时打开穿透 n 接触并提供透镜厚度的控制

图15

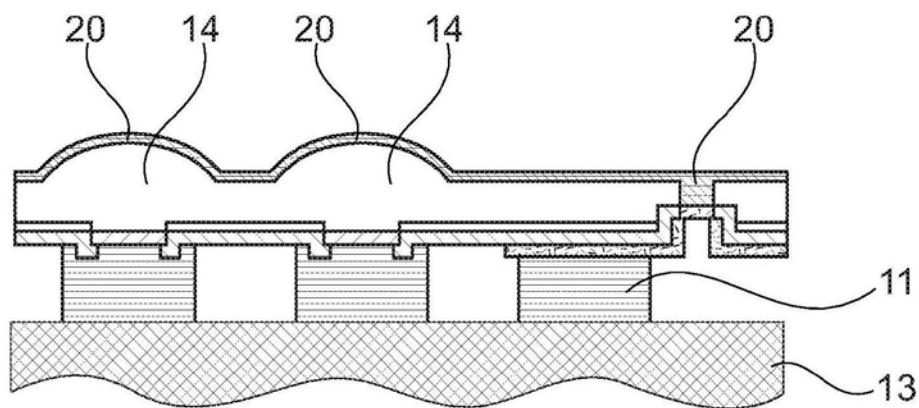
步骤 11



(19) 沉积导电金属网格和 / 或不透明层

图16

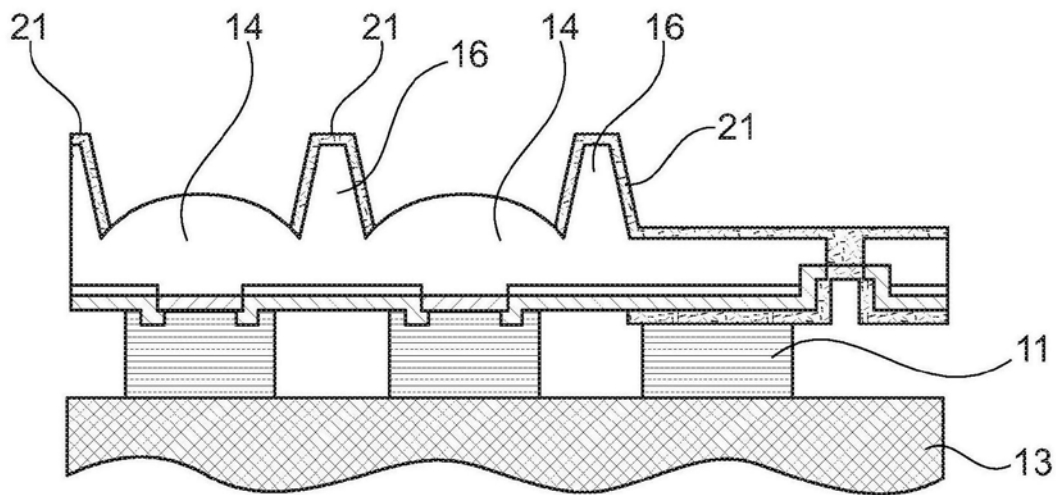
## 步骤 11 选项：ITO 导电层



(20) 可沉积 ITO 而不是金属，以创建透明导体层。  
选择合适的 ITO 厚度可导致抗反射功能

图17

## 步骤 11 选项：使用 n 金属以创建像素隔离矩阵



(21) 如果实施矩阵，沉积的 n 金属也可覆盖侧壁减少串扰

图18

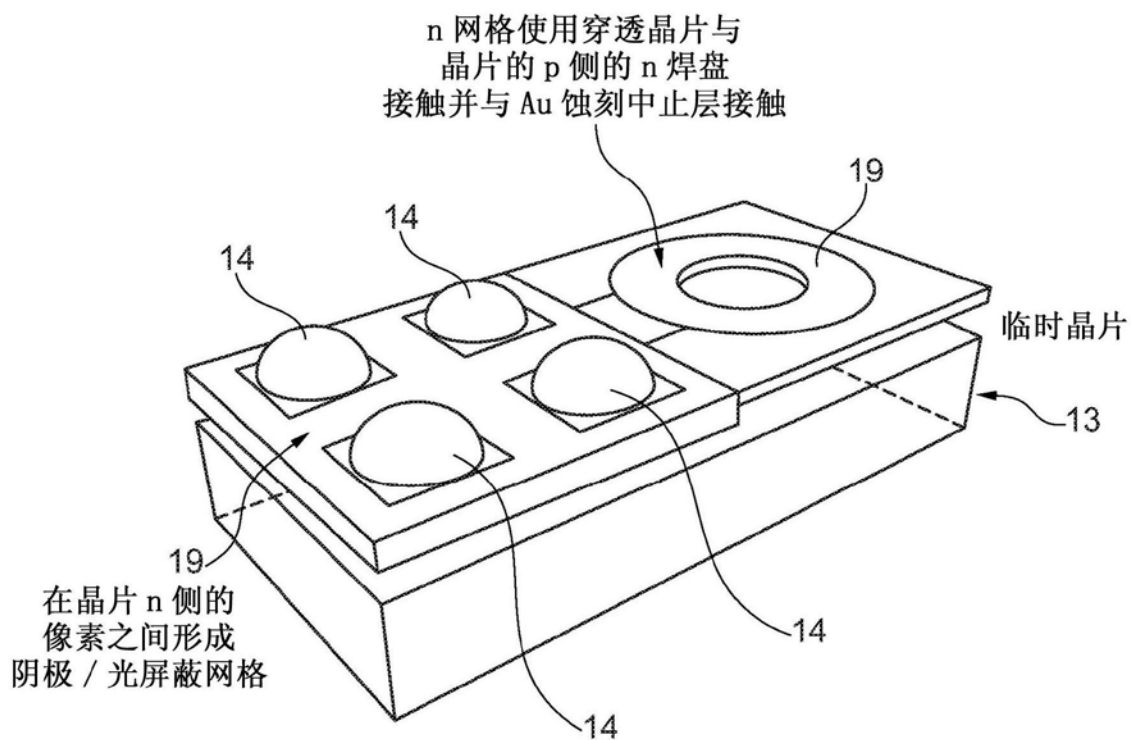
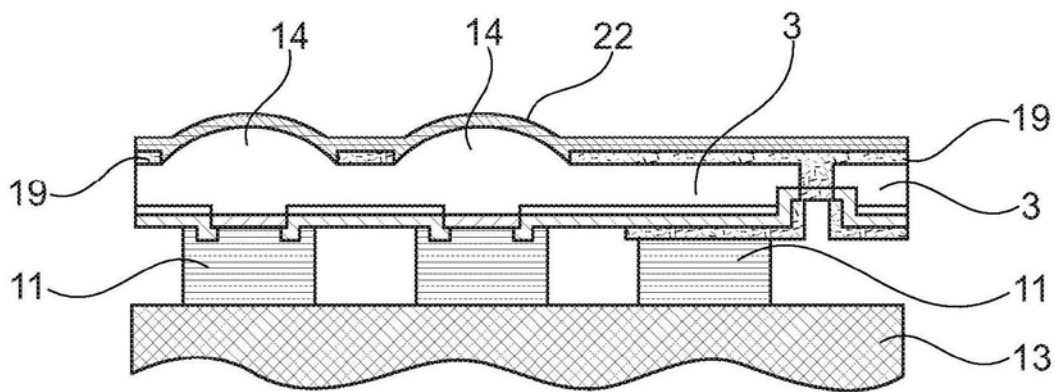


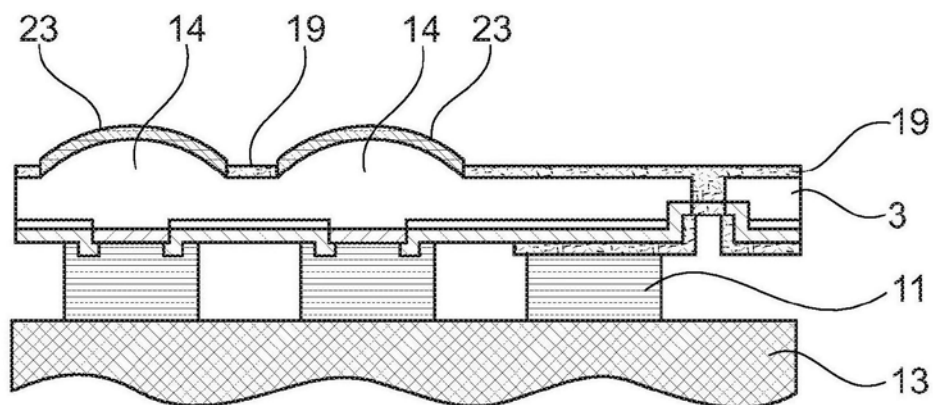
图19

## 步骤 12



(22)  $\text{SiO}_2$  或其他单层或多层涂层可沉积在 GaN 透镜和 n 金属的表面。这提供了保护和抗反射目的

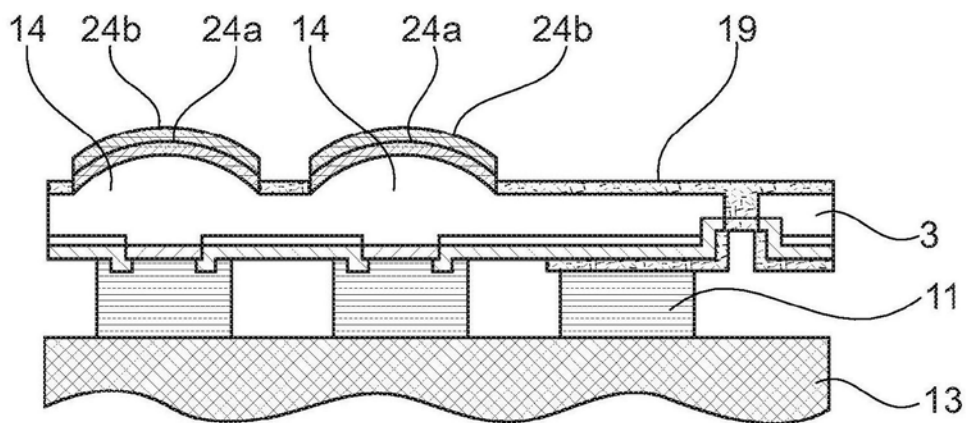
图20

步骤 12 选项：图案化 SiO<sub>2</sub>

(23) 可将电介质涂层图案化使得仅覆盖 GaN 透镜（或粗糙化表面）

图21

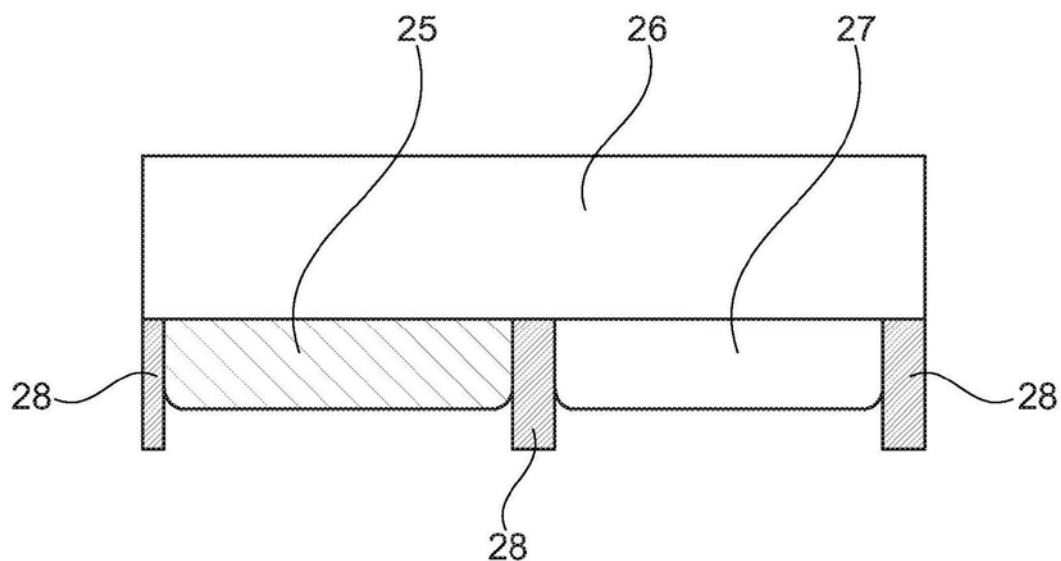
## 步骤 12 选项：短通滤光片（例如，多层电介质涂层）



(24) 可涂覆或沉积不同的或另外的涂层以提供短通波长滤光片功能。其可被图案化以仅覆盖透镜或者可覆盖全部表面。短通滤光片被设计为允许蓝光离开 GaN 但反射更长的波长（即，由颜色转换层生成的红色或绿色光）

图22

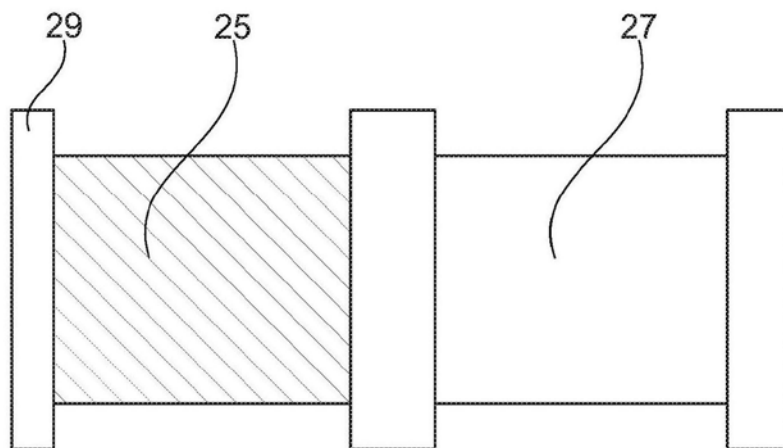
## 步骤 13



- (25) 颜色转换层 - 例如磷光体、量子点、有机物质或组合  
 (26) 衬底 - 玻璃、蓝宝石、硅或其他  
 (27) 允许蓝色光离开的透明层 - 也可提供扩散或散射功能  
 (28) 不透明 / 黑色掩模或反射掩模

图23

## 步骤 13 选项：硅衬底

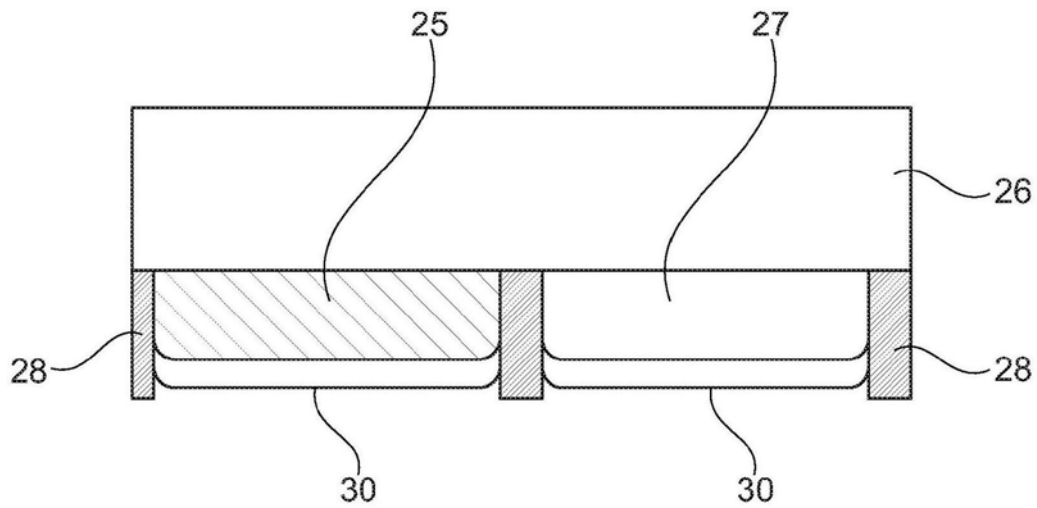


(29) 经蚀刻的硅衬底

图24



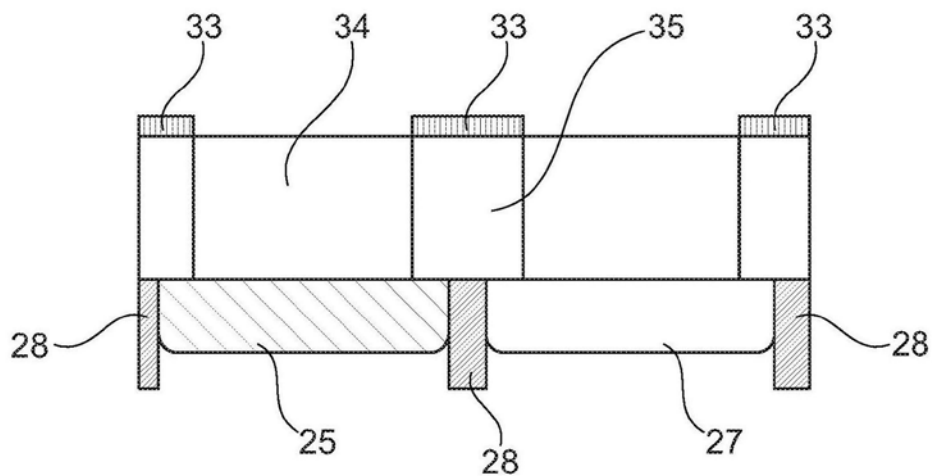
## 步骤 13 选项：短通滤光片



(30) 允许蓝色光进入但反射诸如绿色和红色的更长的转换光的短通滤光片

图25

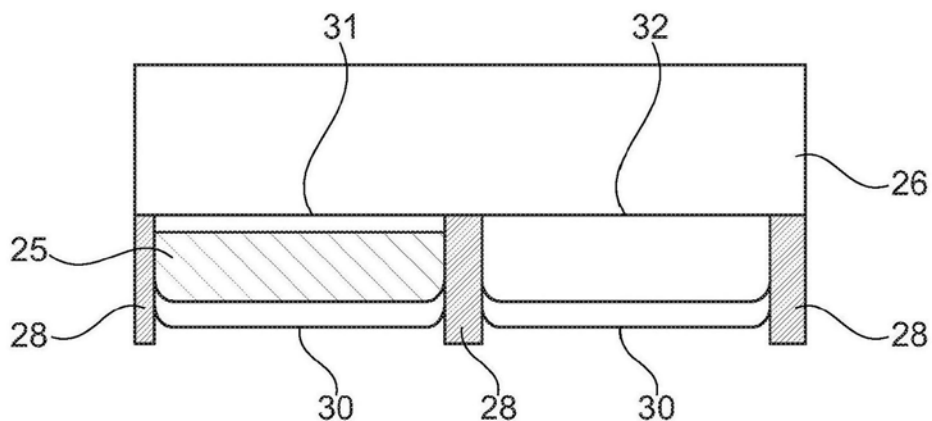
## 步骤 13 选项：波导



(33) 不透明 / 反射特征件  
 (34) 透明层的修改的折射率以提供光波导功能  
 (35) 未修改的折射率

图26

## 步骤 13 选项：长通滤光片

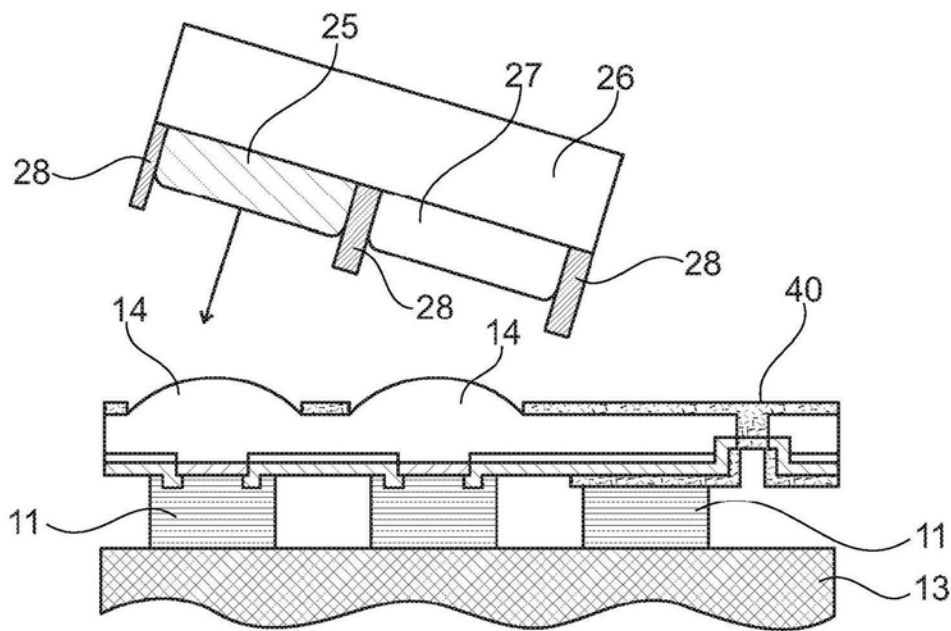


(31) 置于颜色转换层下方的长通滤光片 - 允许转换的光离开但重新利用蓝色未转换的光

(32) 长通滤光片不会沉积在蓝色像素以允许蓝色光透射

图27

## 步骤 14



(36) 将颜色转换层与 LED 层对齐

图28

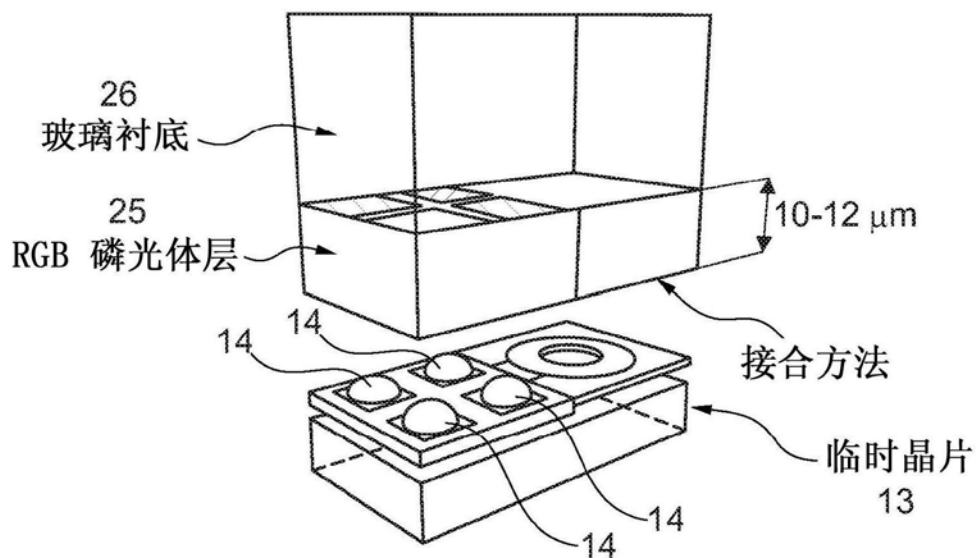
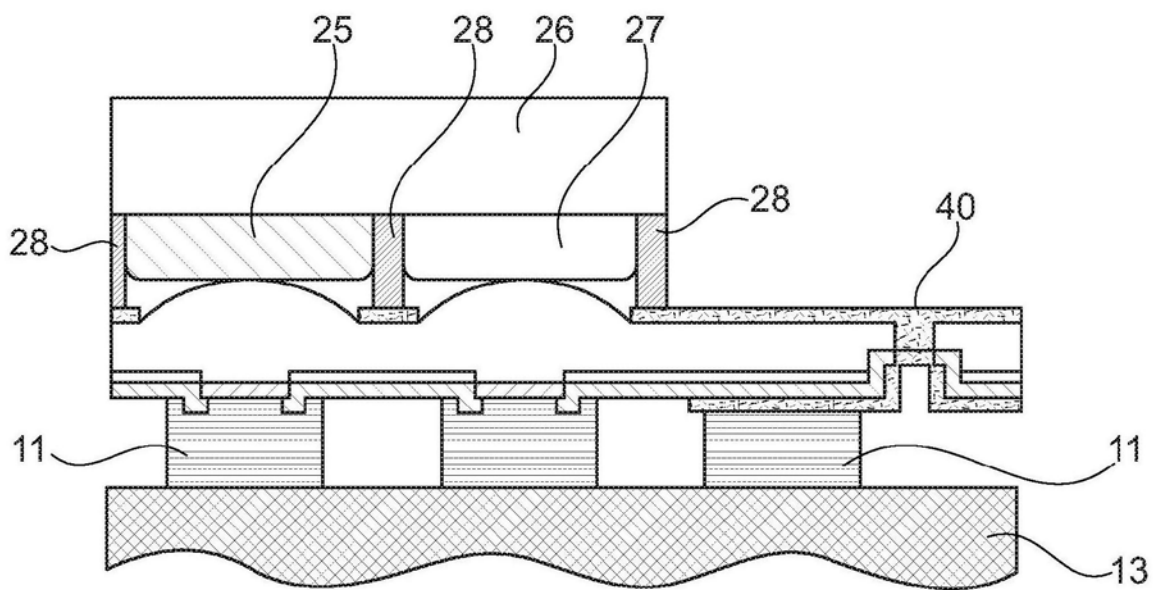


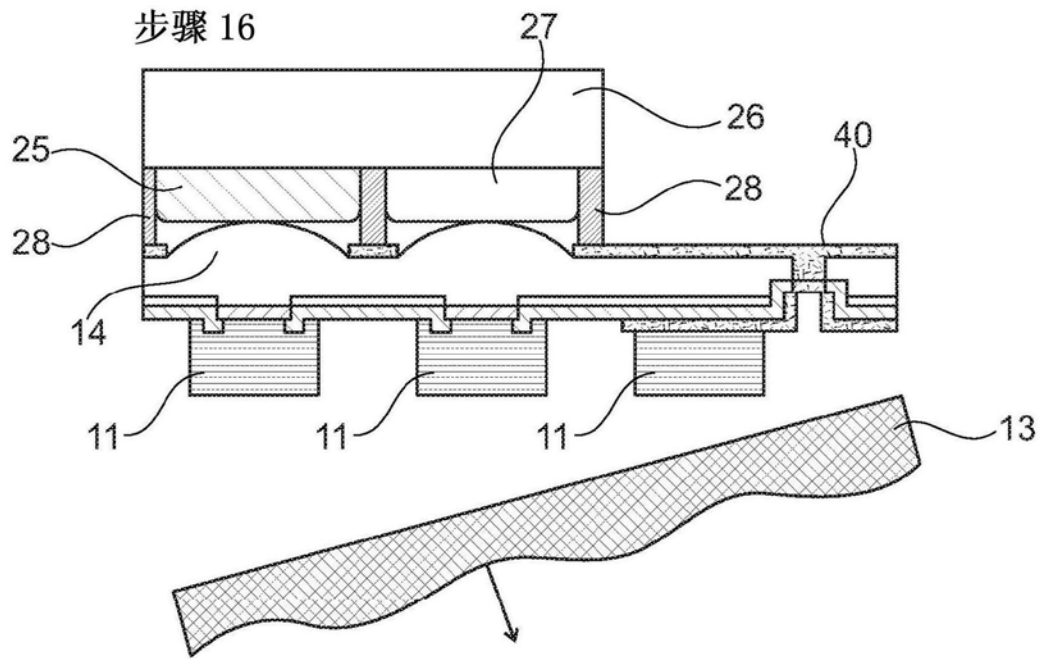
图29

步骤 15



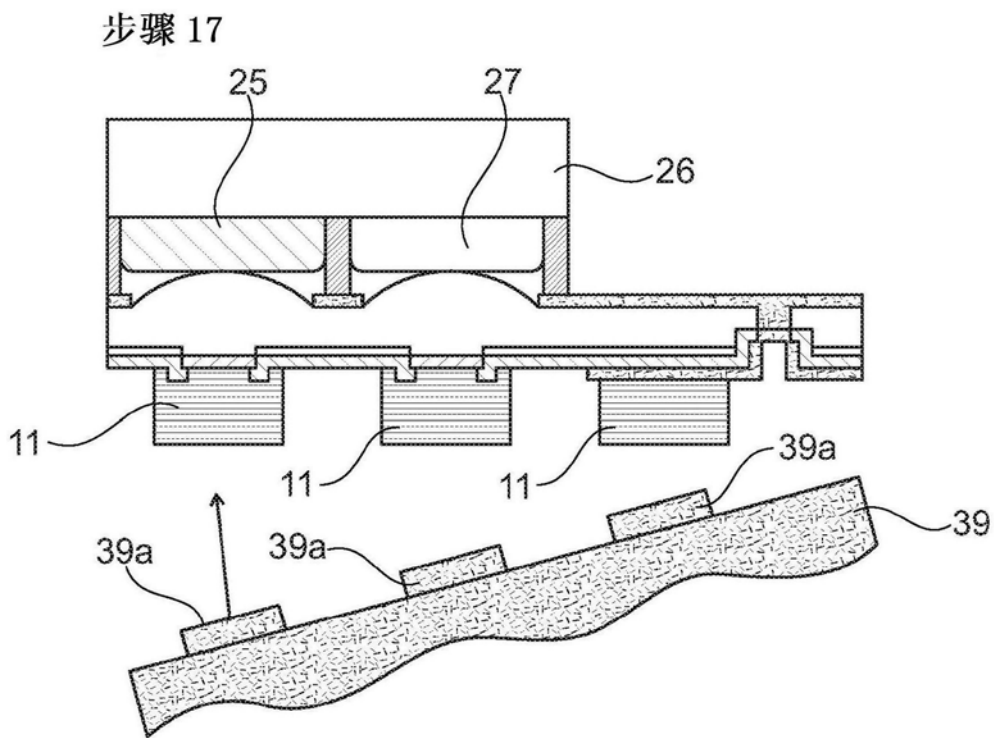
(37) 颜色转换层接合到 LED 层

图30



(38) 移除临时层

图31



(39) 对齐和接合电子驱动层 (CMOS、TFT 或其他)

图32

## 步骤 18

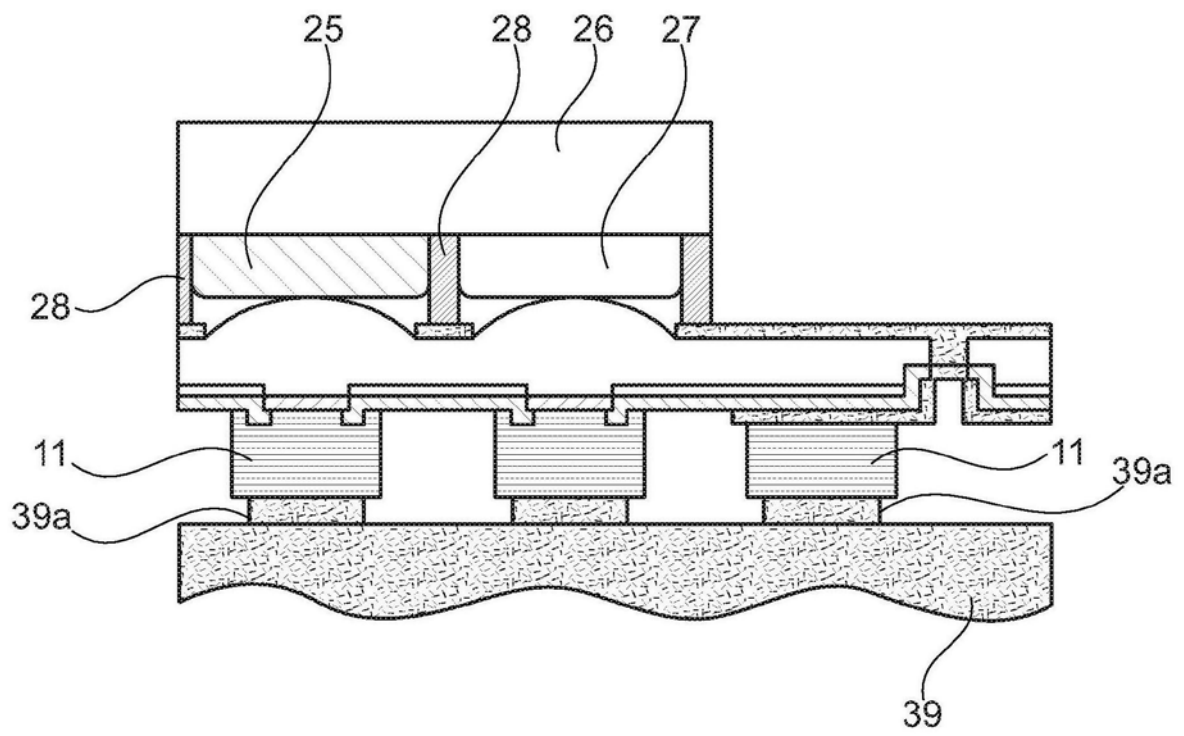
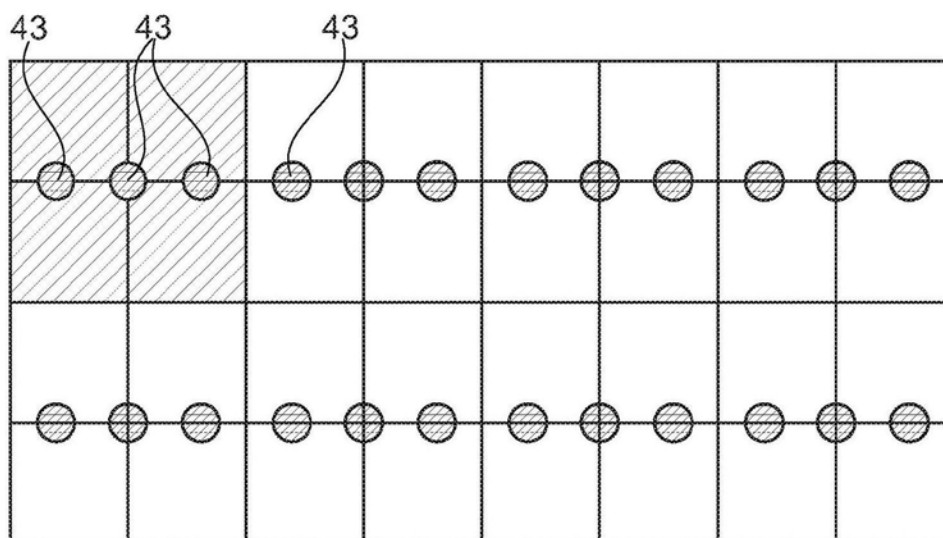


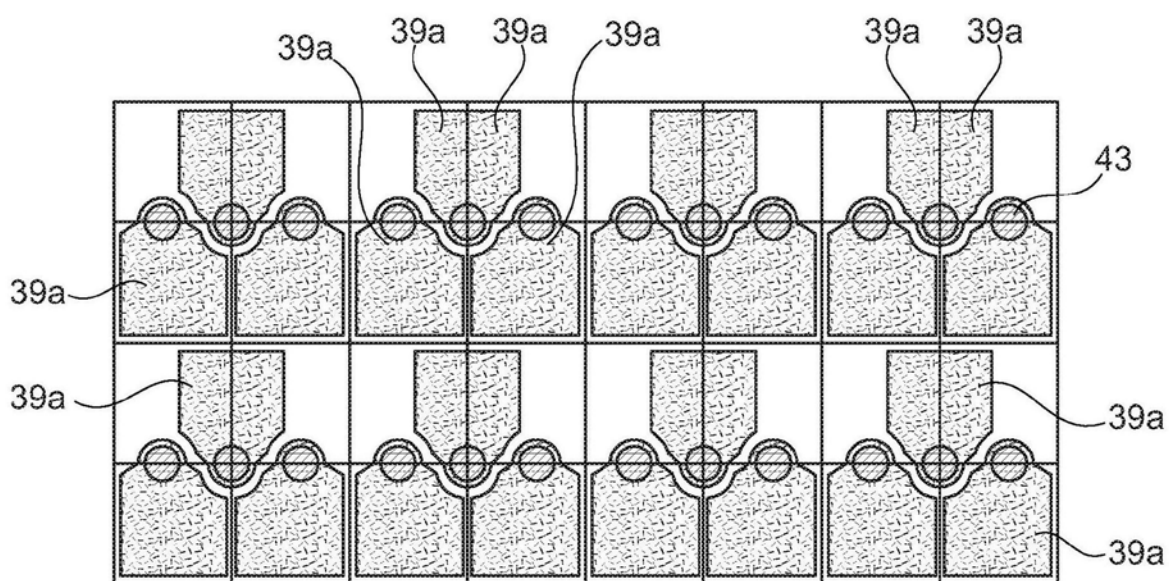
图33

平面图  
布局 A



(43) 可使用各种像素布局实现。在该实例中三个子像素布置在每个  $20 \times 20$  微米的像素单元

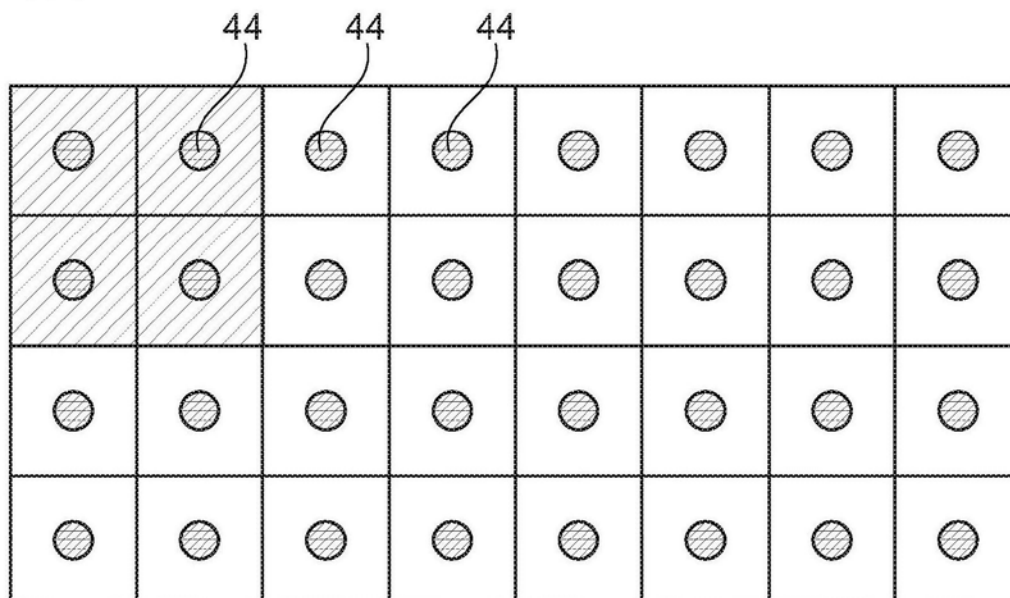
图34



(45) 接合焊盘可置于远离像素

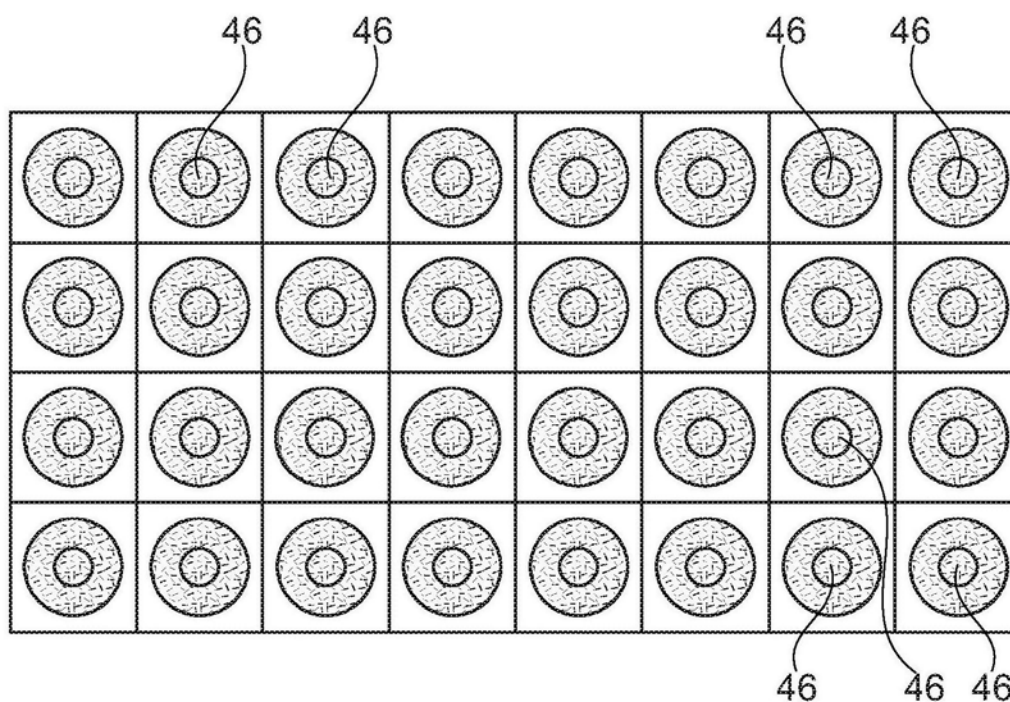
图35

布局 B



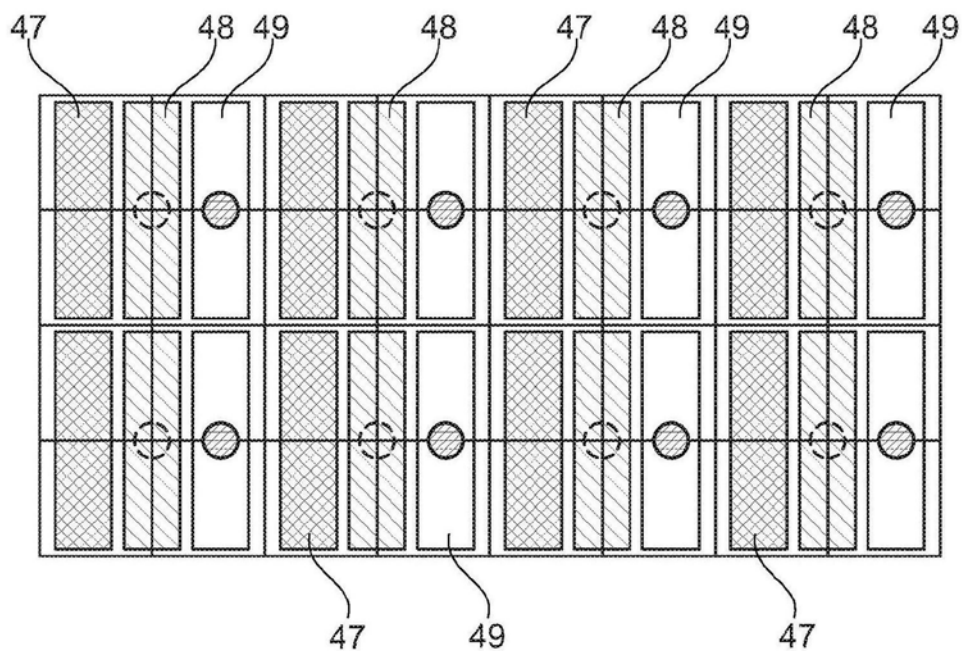
(44) 在该替代布局中，四个子像素包括在每个像素中

图36



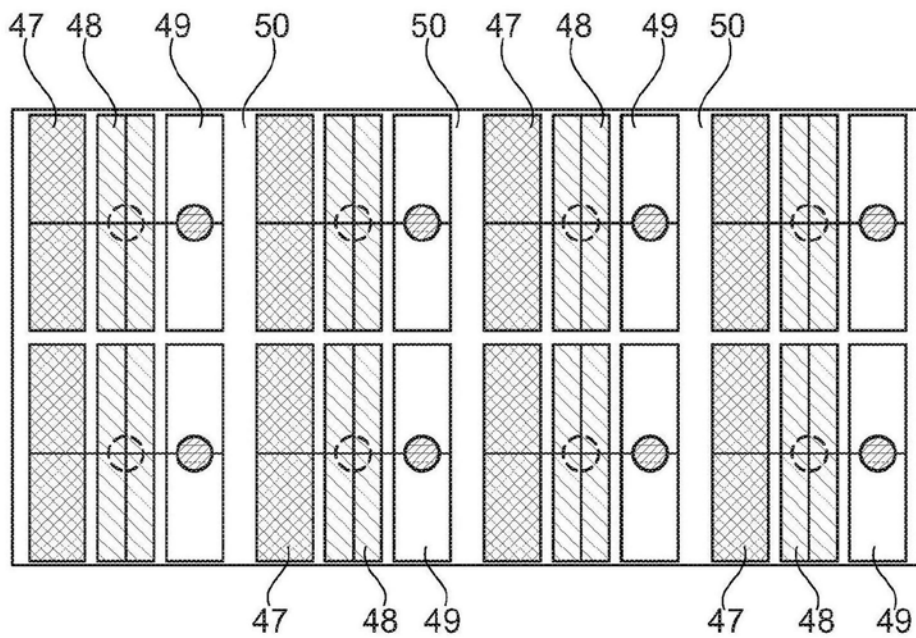
(46) 接合焊盘可置于像素上

图37



- (47) 红色颜色转换单元  
 (48) 绿色颜色转换单元  
 (49) 没有颜色转换单元的蓝色像素  
 (可包括透明 / 扩散层)

图38



- (50) 不透明 / 反射矩阵

图39



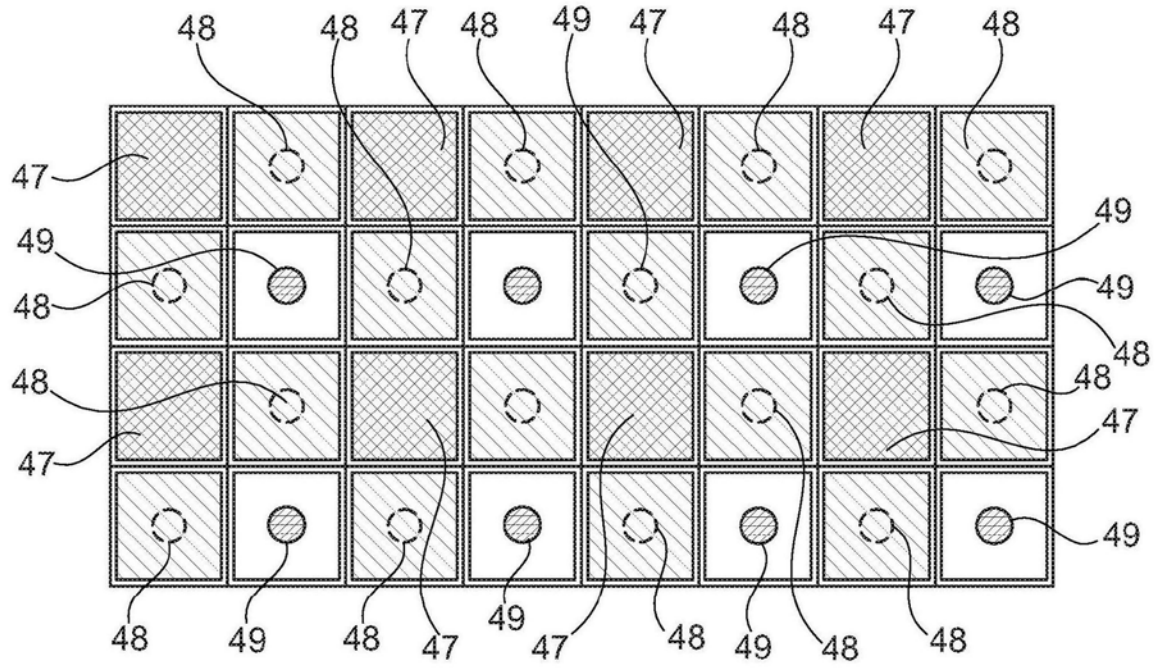


图40

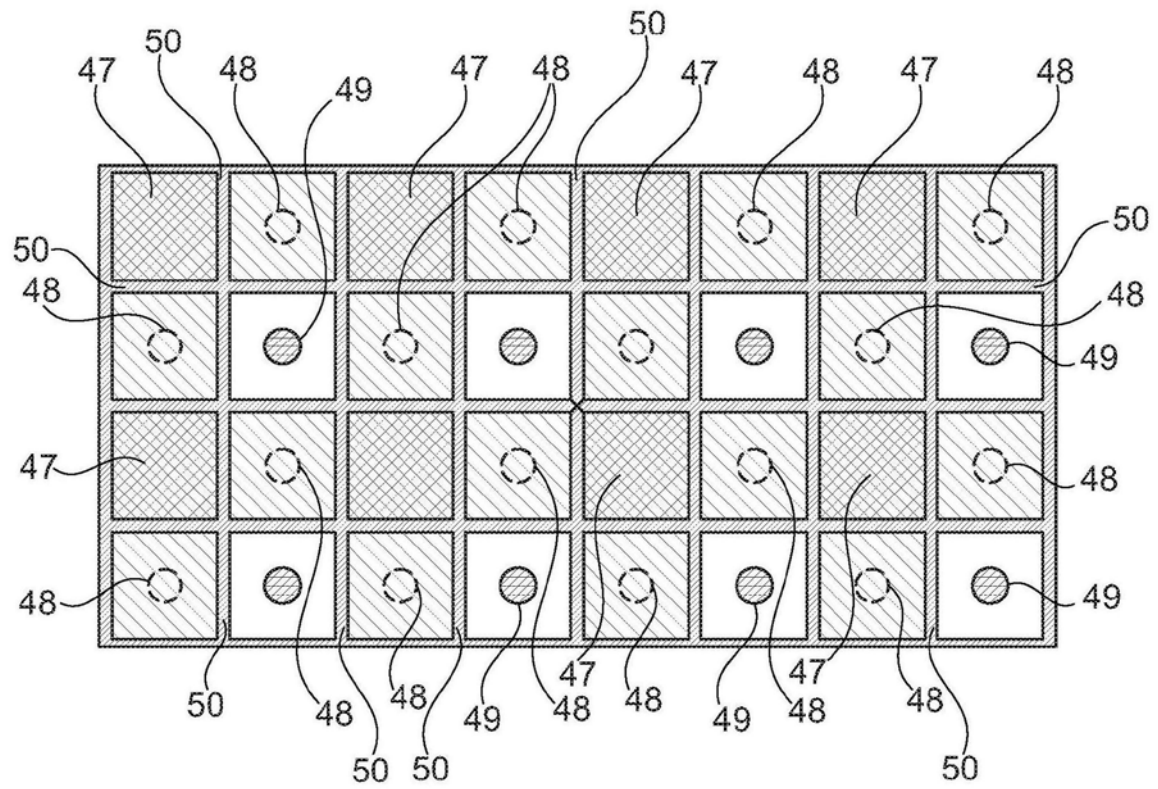


图41