



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109411501 A

(43)申请公布日 2019.03.01

(21)申请号 201810941687.7

(22)申请日 2018.08.17

(30)优先权数据

15/681247 2017.08.18 US

(71)申请人 英特尔公司

地址 美国加利福尼亚州

(72)发明人 K.艾哈迈德 A.潘科利

A.卡基菲鲁茨

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 陈晓 闫小龙

(51)Int.Cl.

H01L 27/15(2006.01)

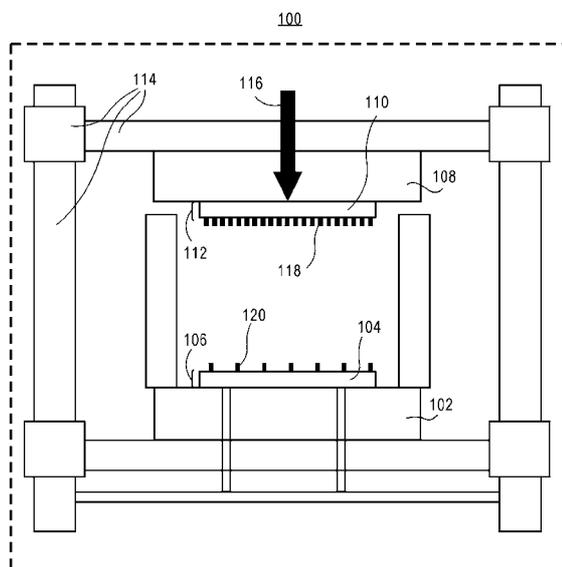
权利要求书2页 说明书16页 附图25页

(54)发明名称

微发光二极管(LED)元件和显示器

(57)摘要

本发明公开了微发光二极管(LED)元件和显示器。描述了微发光二极管(LED)显示器和组装设备。在示例中,用于微发光二极管(LED)显示面板的像素元件包括第一颜色纳米线LED、第二颜色纳米线LED以及一对第三颜色纳米线LED,其中,第二颜色与第一颜色不同,第三颜色与第一颜色和第二颜色不同。连续的绝缘材料层在横向上围绕第一颜色纳米线LED、第二颜色纳米线LED和一对第三颜色纳米线LED。



1. 一种用于微发光二极管(LED)显示面板的像素元件,所述像素元件包括:  
第一颜色纳米线LED;  
第二颜色纳米线LED,所述第二颜色与所述第一颜色不同;  
一对第三颜色纳米线LED,所述第三颜色与所述第一颜色和所述第二颜色不同;以及  
连续的绝缘材料层,其在横向上围绕所述第一颜色纳米线LED、所述第二颜色纳米线LED和所述一对第三颜色纳米线LED。
2. 根据权利要求1所述的像素元件,其中,所述第一颜色是红色,所述第二颜色是绿色,并且所述第三颜色是蓝色。
3. 根据权利要求1所述的像素元件,其中,所述第一颜色是红色,所述第二颜色是蓝色,并且所述第三颜色是绿色。
4. 根据权利要求1所述的像素元件,其中,所述第一颜色是蓝色,所述第二颜色是绿色,并且所述第三颜色是红色。
5. 根据权利要求1所述的像素元件,其中,从平面视图的角度看,所述第一颜色纳米线LED、所述第二颜色纳米线LED和所述一对第三颜色纳米线LED具有 $2 \times 2$ 布置。
6. 根据权利要求1所述的像素元件,其中,所述第一颜色纳米线LED、所述第二颜色纳米线LED和所述一对第三颜色纳米线LED包括氮化镓(GaN)芯。
7. 根据权利要求6所述的像素元件,其中,所述第一颜色纳米线LED、所述第二颜色纳米线LED和所述一对第三颜色纳米线LED包括铟镓氮(InGaN)壳。
8. 根据权利要求1所述的像素元件,其中,所述连续的绝缘材料层包括氧化硅或碳掺杂的二氧化硅。
9. 一种红色发光二极管结构,包括:  
基板上方的GaN纳米线;  
所述GaN纳米线上的InGaN壳层;以及  
所述InGaN壳层上的InGaN有源层,其中所述InGaN有源层具有比所述InGaN壳层更大的In浓度。
10. 根据权利要求9所述的红色发光二极管结构,其中,所述InGaN壳层是 $\text{In}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ 材料层。
11. 根据权利要求10所述的红色发光二极管结构,其中,所述InGaN有源层是 $\text{In}_{0.4}\text{Ga}_{0.6}\text{N}$ 材料层。
12. 根据权利要求9所述的红色发光二极管结构,还包括:  
所述InGaN有源层上的包覆层,所述包覆层包括p型GaN或p型ZnO。
13. 根据权利要求9所述的红色发光二极管结构,其中,所述InGaN有源层发射在610-630纳米的范围内的波长。
14. 根据权利要求9所述的红色发光二极管结构,其中,所述基板是硅基板或蓝宝石基板。
15. 一种红色发光二极管结构,包括:  
基板上方的InGaN纳米线;以及  
所述InGaN纳米线上的InGaN有源层,其中所述InGaN有源层具有比所述InGaN纳米线更大的In浓度。

16. 根据权利要求15所述的红色发光二极管结构,其中,所述InGaN纳米线是 $\text{In}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ 材料纳米线。

17. 根据权利要求16所述的红色发光二极管结构,其中,所述InGaN有源层是 $\text{In}_{0.4}\text{Ga}_{0.6}\text{N}$ 材料层。

18. 根据权利要求15所述的红色发光二极管结构,还包括:

所述InGaN有源层上的包覆层,所述包覆层包括p型GaN或p型ZnO。

19. 根据权利要求15所述的红色发光二极管结构,其中,所述InGaN有源层发射在610-630纳米的范围内的波长。

20. 根据权利要求15所述的红色发光二极管结构,其中,所述基板是硅基板或蓝宝石基板。

## 微发光二极管(LED)元件和显示器

### 技术领域

[0001] 本公开的实施例属于微LED显示器的领域。

### 背景技术

[0002] 具有微尺度发光二极管(LED)的显示器被称为微LED、mLED和 $\mu$ LED。顾名思义,微LED显示器具有形成各个像素元件的微LED的阵列。

[0003] 像素可以是显示屏上的微小照明区域,即构成图像的许多个之一。换句话说,像素可以是一起构成如显示器上的图像的小的分立元件。这些主要正方形或矩形形状的单元可以是图像中最小的信息项。像素通常以二维(2D)网格排列,并且使用点、正方形或矩形来表示。像素可以是显示器或数字图像的基本构建块并且具有几何坐标。

### 附图说明

[0004] 图1图示了根据本公开的实施例的显示器接合器设备的示意图的横截面视图。

[0005] 图2A-2C、图2D(1)、图2D(2)和图2E图示了根据本公开的实施例的将像素元件或RGB芯片从载体板转移到显示器背板的方法的横截面视图。

[0006] 图3图示了根据本公开的另一实施例的另一显示器接合器设备的示意图的横截面视图。

[0007] 图4A-4D图示了根据本公开的实施例的将像素元件或RGB芯片从硅晶片转移到显示器背板的方法的横截面视图。

[0008] 图5图示了根据本公开的实施例的说明如何在载体板晶片或硅晶片之上移动显示器背板以转移RGB像素(芯片)和相应像素区域的平面视图。

[0009] 图6是根据本公开的实施例的示出在各种条件下的计算的每个晶片的显示器数量的表。

[0010] 图7图示了根据本公开的实施例的具有三个纳米线LED的RGB芯片的横截面视图。

[0011] 图8A图示了根据本公开的实施例的基于GaN纳米线的LED的横截面视图,其突出了LED的某些层。

[0012] 图8B图示了根据本公开的实施例的基于InGaN纳米线的LED的横截面视图,其突出了LED的某些层。

[0013] 图8C图示了根据本公开的实施例的基于GaN纳米锥体的LED的横截面视图,其突出了LED的某些层。

[0014] 图8D图示了根据本公开的实施例的基于GaN轴向纳米线的LED的横截面视图,其突出了LED的某些层。

[0015] 图9是根据本公开的实施例的图示了RGB显示器生产过程的流程图。

[0016] 图10图示了根据本公开的实施例的LED像素在背板中的射流自组装的示意图。

[0017] 图11图示了根据本公开的实施例的具有处于不同着陆定向的LED像素的图10的背板。

- [0018] 图12图示了根据本公开的实施例的用于微LED的射流自组装设备的示意性视图。
- [0019] 图13图示了根据本公开的实施例的(a)非功能LED的标识和(b)功能LED在流体中的悬浮。
- [0020] 图14图示了根据本公开的实施例的其中具有微槽1402的载体1400的成角度视图。
- [0021] 图15图示了根据本公开的实施例的、在已经使用射流自组装将微LED芯片捕获到临时载体板上的微槽中之后将临时载体板中的微LED芯片接合到显示器背板的微凸块的过程的横截面视图。
- [0022] 图16图示了根据本公开的实施例的将微LED芯片直接组装在背板的微槽中的过程的横截面视图。
- [0023] 图17图示了根据本公开的实施例的涉及电泳的组装方法中的各种操作的横截面视图。
- [0024] 图18是根据本公开的实施例的显示器架构的示意性图示。
- [0025] 图19是根据本公开的实施例的具有显示器的电子装置。

### 具体实施方式

[0026] 描述了微发光二极管(LED)显示器和组装设备。在以下描述中,阐述了许多具体细节,诸如具体材料和结构状况,以便提供对本公开的实施例的透彻理解。对于本领域技术人员而言将明显的是,可以在没有这些具体细节的情况下实践本公开的实施例。在其他情况下,没有详细描述公知特征,诸如单镶嵌或双镶嵌处理,以免不必要地使本公开的实施例模糊。此外,要理解的是,图中示出的各种实施例是说明性表示,并且不一定按比例绘制。在一些情况下,各种操作将以最有助于理解本公开的方式被依次描述为多个分立操作,然而,描述的次序不应该被解释为暗示这些操作必然是次序相关的。特别地,这些操作不需要按呈现次序来执行。

[0027] 某些术语也可能在以下描述中使用以仅用于参考目的,并且因此不旨在是限制性的。例如,诸如“上”、“下”、“上方”、“下方”、“底部”和“顶部”的术语指代所参考的绘图中的方向。诸如“前”、“背”、“后”和“侧”的术语描述了在一致但任意的参考框架内组件的部分的定向和/或位置,其通过参考描述正在讨论的组件的文本和相关联绘图而是清楚的。这样的术语可以包括上面具体提到的词、其衍生词和类似意义的词。

[0028] 本文描述的一个或多个实施例涉及例如用于整合式移动性计算装置的低功率微LED显示器的制造。在实施例中,与有机LED(OLED)显示器相比,本文所描述的微LED显示器消耗的功率低两倍。这样的功耗降低可以提供附加的近似8小时的电池寿命。这样的平台甚至可以胜过基于低功耗中央处理单元(CPU)的平台。本文描述的实施例可以与一个或多个优点相关联,诸如但不限于高制造产量、高制造吞吐量(每小时的显示器)、以及针对具有在2英寸至11英寸的范围内的对角线尺寸的显示器的适用性。

[0029] 为了提供背景,制造微LED显示器的一种现有技术方法涉及从源到目标的直接转移。微LED器件被制造在源晶片上,然后被直接转移到目标基板,在目标基板中,微LED器件与驱动电子器件组装以提供显示器。然而,该方法缺乏顺应性,并且相关联的形貌对于与三种颜色或更多种的转移相关联的多次传递可能是有问题的。另一种现有技术方法涉及用模具转移。例如,模具从源晶片拾取并且转移到目标基板,在目标基板中,微LED器件与驱动电

子器件组装以提供显示器。然而,该方法要求对拾取、接合和释放机构的需要。该方法典型地是缓慢且昂贵的,并且要求独特的工具。

[0030] 为了提供进一步的背景,基于无机微LED( $\mu$ LED)的显示器对于新兴便携式电子设备和可穿戴计算机(诸如头戴式显示器和腕表)中的应用已经引起了越来越多的关注。微LED典型地首先被制造在(例如)蓝宝石或硅晶片上,然后被转移到显示器背板玻璃基板上,在那里在显示器背板玻璃基板上已经制造了有源矩阵薄膜晶体管。在这样的转移之后的可接受缺陷密度近似为1 ppm。这种低缺陷密度要求可以通过针对每种颜色(红色、绿色和蓝色)转移两个微LED来实现,即所谓的“冗余策略”。然而,为了冗余而转移更多的微LED导致更高的制造成本。

[0031] 根据本公开的实施例,解决成本和缺陷性要求两者,在晶片上制造单片红色、绿色和蓝色像素,然后作为整个像素转移,与转移具有不同颜色的单独的微LED相反。如本文所描述的,制造其上具有单独的红绿蓝(RGB)像素(芯片)的源晶片。然后实施晶片到晶片接合设备和工艺技术,以直接或通过中间载体板将微LED从源晶片转移到目标显示器背板基板。

[0032] 在第一示例中,图1图示了根据本公开的实施例的显示器接合器设备的示意图的横截面视图。

[0033] 参考图1,显示器接合器设备100包括用于将显示器背板基板104保持在第一位置106的第一支撑件102。第二支撑件108用于将载体板110保持在第二位置112。位置112在第一位置106之上。在一个实施例中,活塞114耦合到第二支撑件108。活塞114用于将载体板108从第二位置112朝向第一位置106移动。在另外的实施例中,活塞114将力116施加到载体板108,以将发光二极管(LED)像素元件118从载体板108转移并且接合到显示器背板基板104上的金属凸块120。

[0034] 在实施例中,载体板108使用接合层(例如,压敏粘合剂)将微LED 118保持在RGB微LED芯片所附接的地方。使接合层与具有金属凸块120的显示器背板基板104接触,使得微LED金属接触和背板金属凸块120彼此相对。在一个实施例中,接合过程涉及使两个基板(载体板和显示器基板)彼此平行定向,并且通过在载体板110的外表面上施加力116而将两个基板压制在一起。力116通常用活塞型机构被施加到堆叠的中心。接合器设备100可以提供精确的接合,并且可以适合于一次接合一个基板对。接合设备可以设置有真空腔室(或任何受控气氛)和对准器。基板104和110可以在对准器中对准、装载在受控气氛腔室中、然后彼此接合。

[0035] 在实施例中,显示器接合器设备100用于以下转移过程:其中整个微LED阵列粘附到压敏粘合剂(PSA)涂覆的载体板,该载体板然后极为接近地对准到目标基板。然后使用热压接合(TCB)将微LED接合到目标基板上的金属衬垫凸块。在将微LED RGB芯片从源晶片转移到第一目标显示器基板之后,使用例如机械力将微LED RGB芯片与PSA载体板分离(去接合)。使第二目标显示器基板极为接近载体板但是具有与源晶片上的RGB芯片间距基本上或完全等同的未对准,以便从源晶片拾取新的RGB芯片并且接合到第二目标显示器基板。在一个实施例中,使用红外成像或晶片到晶片接合器常用的其他光学或机械对准方法来执行适当的对准。

[0036] 图2A-2C、图2D(1)、图2D(2)和图2E图示了根据本公开的实施例的将像素元件或RGB芯片从载体板转移到显示器背板的方法的横截面视图。

[0037] 参考图2A,将所有微LED 200从晶片201(诸如硅晶片)转移到载体板202,例如转移到载体板202上的压敏粘合剂层204。然后,将载体板202对准到显示器背板206,例如,对准到显示器背板206的金属凸块208,如图2B所描绘的那样。参考图2C,对经对准的微LED 200和金属凸块208执行热压接合。在一个实施例中,参考图2D(1),使用机械力将接合的微LED芯片200与载体板202分离。在另一实施例中,参考图2D(1),使用穿过与显示器背板凸块208图案对准的掩模222的UV光220将接合的微LED芯片200与载体板202分离。在实施例中,参考图2E,在机械分离或UV分离之后,将剩余的微LED芯片200对准到新的显示器背板230。

[0038] 在实施例中,在25 °C至430 °C的范围内的温度下并且在1-2 MPa的范围内的压强下执行热压接合。在实施例中,将压敏粘合剂层204涂覆在载体板202上。在一个实施例中,粘合剂是具有大的耐热性(例如,高温内聚力)并且在严酷条件下也具有高粘附性的粘合剂。术语“压敏粘合剂”可以用于指代如下粘合剂:其能够粘附到表面并且还能够从表面剥离而不会将多于痕量的粘合剂转移到表面,并且还可以再粘附到同一表面或另一表面,因为粘合剂保留其一些或全部粘性和粘附强度。在特定实施例中,使用有机硅压敏粘合剂。

[0039] 在上面描述的方法的具体实施例中,微LED从“母晶片”转移到薄膜晶体管(TFT)背板。微LED晶片(例如硅)在器件侧接合到涂覆有具有金属颗粒的粘合剂或“导电粘合剂”的“透明”载体板。保持微LED的Si晶片的背面用红外IR激光照射,以将所有微LED释放到载体板。IR激光烧蚀用作用以生长纳米线LED的成核层的导电层。导电成核层可以用作如下可释放层:其能够使用低功率中IR辐射被基本上或完全烧蚀(汽化)以使器件从基板去接合。将诸如Cu、Au或Sn的金属沉积在微LED暴露的侧。执行载体板和TFT背板的对准,随后进行热压接合工艺。可以通过透明载体板局部地对接合到TFT背板的微LED执行使用脉冲IR或UV激光束进行的照射。微LED从载体板释放到TFT背板。

[0040] 在另一实施例中,提供具有RGB像素(芯片)的源晶片。实施晶片到晶片接合设备和工艺技术以将微LED从源晶片直接转移到目标显示器背板基板。

[0041] 在第二示例中,图3图示了根据本公开的另一实施例的显示器接合器设备的另一示意图的横截面视图。

[0042] 参考图3,显示器接合器设备300包括用于将显示器背板基板304保持在第一位置306的第一支撑件302。第二支撑件308用于将硅晶片310保持在第二位置312。位置312在第一位置306之上。在一个实施例中,活塞314耦合到第一支撑件302。活塞314用于将显示器背板基板304从第一位置306朝向第二位置312移动。此外,活塞314将力316施加到显示器背板基板304,以将硅晶片310上的发光二极管(LED)像素元件318接合到显示器背板基板304上的金属凸块320。在实施例中,显示器接合器设备还包括耦合到第二支撑件308的红外照射源330。

[0043] 在实施例中,显示器接合器设备300用于转移过程,其中使微LED源晶片与具有金属凸块的显示器基板接触,使得微LED金属接触和背板金属凸块彼此相对。接合过程涉及使两个基板(源晶片和显示器基板)彼此平行定向,并且通过在显示器基板的外表面上施加力316来将两个基板压制在一起。可以利用活塞型机构将力316施加到显示器基板的中心。接合器设备300可以提供精确的接合,并且可以适合于一次接合一个基板对。接合设备可以设置有真空腔室(或任何受控气氛)和对准器。基板可以在对准器中对准、装载在受控气氛腔室(真空/其他)中、此后彼此接合。

[0044] 图4A-4D图示了根据本公开的实施例的将像素元件或RGB芯片从硅晶片转移到显示器背板的方法的横截面视图。

[0045] 参考图4A,其上具有微LED像素元件402的硅晶片400与诸如显示器薄膜晶体管(TFT)背板的背板408的金属凸块406对准。然后对经对准的微LED像素元件402和金属凸块406执行热压接合,如图4B所描绘的那样。在一个实施例中,在25 °C至430 °C的范围内的温度下并且在1-2 MPa的范围内的压强下执行热压接合。参考图4C,使用穿过与背板408的金属凸块406对准的掩模422的IR光420将接合的微LED像素元件402与硅晶片400分离。在实施例中,参考图4D,剩余的微LED像素元件402与新的显示器背板430对准。

[0046] 在上面描述的方法的具体实施例中,源晶片在接合器工具300中极为接近地对准到目标基板。然后使用热压接合(TCB)将微LED接合到目标基板上的金属衬垫凸块。在来自硅源晶片的微LED RGB芯片接合到第一目标显示器基板之后,使用通过硅晶片的红外(IR)辐射将微LED RGB芯片与源晶片分离(去接合)。使第二目标显示器基板极为接近硅源晶片但是具有与源晶片上的RGB芯片间距等同的未对准,以便将新的RGB芯片从源晶片拾取到第二目标显示器基板。可以使用晶片到晶片接合器常用的红外成像、光学或机械方法来执行对准。在实施例中,IR激光烧蚀用作用以生长纳米线LED的成核层的导电层。导电成核层可以用作如下可释放层:其能够使用低功率中IR辐射被基本上或完全烧蚀(汽化)以使器件从基板去接合。

[0047] 图5图示了根据本公开的实施例的说明如何在载体板晶片或硅晶片上移动显示器背板以转移RGB像素(芯片)和相应的像素区域的平面视图。

[0048] 参考图5,晶片500具有与其对准的覆盖显示区域502。基于参数504提供每个晶片的显示器数量。在图5的左手侧示出了构成显示器502的多个微LED 506的放大视图。在所示出的特定实施例中,多个微LED 506包括红色微LED 506A、蓝色微LED 506B和绿色微LED 506C。像素508被示出为对4个微LED的 $2 \times 2$ 分组。

[0049] 如所示出的,在实施例中,像素508包括两个红色微LED、一个蓝色微LED和一个绿色微LED。在另一实施例中,像素508包括两个蓝色微LED、一个红色微LED和一个绿色微LED。在另一实施例中,像素508包括两个绿色微LED、一个红色微LED和一个蓝色微LED。

[0050] 图6是根据本公开的实施例的示出在各种条件下的计算的每个晶片的显示器数量的表600。参考表600,有可能依据晶片尺寸、显示器尺寸、显示器分辨率和微LED尺寸生成每个晶片9-75个显示器。要领会到的是,当将每个像素两个RGB芯片转移到显示器基板以保证高产量(冗余)时,可以获得每个晶片相对较少数量的显示器。

[0051] 图7图示了根据本公开的实施例的具有三个纳米线LED的RGB芯片的横截面视图。参考图7,尽管从一侧到另一侧被示出为三个不同颜色的微LED(例如,从左到右为蓝色、绿色、红色),但是这三个以这种方式示出以仅用于说明的目的。要领会到的是,对于诸如图5的 $2 \times 2$ 像素元件508的像素,对于给定的横截面,将仅可看到两个微LED。要领会到的是,微LED的各种布置可以适合于制作单个像素。在一个实施例中,三个微LED并排排列,如图7所描绘的那样。在另一实施例中,四个微LED以 $2 \times 2$ 布置排列,如图5所描绘的那样。在另一实施例中,九个微LED排列成 $3 \times 3$ 布置等。

[0052] 再次参考图7,在特定实施例中,源微LED晶片700(诸如硅晶片)具有在其上单片生长的“RGB芯片”。首先将硅晶片700涂覆有例如具有近似50纳米的厚度的氮化铝(AlN)缓冲

层702。AlN缓冲层702可以具有大约6 eV的带隙并且可以对红外辐射是透明的。然后将基于金属的成核层(MNL)704沉积在AlN缓冲层702上。MNL 704可以具有在50-100 nm的范围内的厚度,并且可以是晶体或多晶。然后在MNL上沉积氮化硅掩模706。然后可以使用光刻在氮化硅掩模706掩模中开孔,孔的直径被仔细选择以适应发射红颜色、绿颜色和蓝颜色的LED的随后形成。然后例如通过金属有机化学气相沉积(MOCVD)生长GaN纳米线芯,如从MNL 704接种。纳米线芯的直径在80 nm至200 nm的范围内。

[0053] 再次参考图7,例如使用MOCVD在GaN芯708周围生长铟镓氮(InGaN)壳710。InGaN壳710中的铟量取决于GaN芯直径。在实施例,较小的芯直径导致具有较小铟含量的InGaN壳的生长。较大的芯直径导致具有较大铟含量的InGaN壳的生长。对于蓝(B)颜色发射,铟含量近似为20%。对于绿(G)颜色发射,铟含量近似为30%。对于红(R)颜色发射,铟含量近似为40%。然后可以例如使用MOCVD在InGaN壳710周围形成p型GaN包覆层712。通过例如氧化硅(SiO<sub>x</sub>)层的绝缘材料层714覆盖芯-壳纳米线。然后可以使用光刻和刻蚀来暴露针对所有颜色芯-壳纳米线结构的p-GaN包覆层712。然后可以使用原子层沉积在p-GaN包覆层712上保形地沉积金属层716。然后可以执行金属填充工艺以填充用于三色LED结构的接触金属718。

[0054] 更一般地参考图7和图5的像素元件508,半导体结构包括硅晶片700和多个像素元件750。像素元件750中的每个包括第一颜色纳米线LED、第二颜色纳米线LED(第二颜色与第一颜色不同)和一对第三颜色的纳米线LED(第三颜色与第一颜色和第二颜色不同)。连续的绝缘材料层714在横向上围绕第一颜色纳米线LED、第二颜色纳米线LED和一对第三颜色纳米线LED。相邻的像素元件通过相应的连续的绝缘材料层714之间的沟槽720彼此分开。

[0055] 在实施例,对于像素元件750中的每个,第一颜色是红色,第二颜色是绿色,并且第三颜色是蓝色。在另一实施例,对于像素元件750中的每个,第一颜色是红色,第二颜色是蓝色,并且第三颜色是绿色。在另一实施例,对于像素元件750中的每个,第一颜色是蓝色,第二颜色是绿色,并且第三颜色是红色。在实施例,对于像素元件750中的每个,第一颜色纳米线LED、第二颜色纳米线LED和一对第三颜色纳米线LED从平面视图的角度看具有2×2布置,诸如与图5相关联地描述的那样。

[0056] 在实施例,对于像素元件750中的每个,第一颜色纳米线LED、第二颜色纳米线LED和一对第三颜色纳米线LED包括氮化镓(GaN)芯。在实施例,对于像素元件750中的每个,第一颜色纳米线LED、第二颜色纳米线LED和一对第三颜色纳米线LED包括铟镓氮(InGaN)壳。在实施例,对于像素元件750中的每个,连续的绝缘材料层包括氧化硅或碳掺杂的二氧化硅。

[0057] 在另一方面中,描述了用于微LED显示器的其他基于纳米线的LED。针对三色LED发射器的具有高功率效能的LED的制造可以利用微LED显示器实现功率降低。在实施例,描述了器件结构(例如,纳米线LED),以及用以制造对于红颜色、绿颜色和蓝颜色发射器同时具有高功率效能的器件结构的工艺技术。

[0058] 要领会到的是,InGaN可以是适合于在整个可见光光谱范围内开发各种光学器件的材料,至少部分是由于通过调整铟含量的对InGaN材料的带隙能量的可调性。例如,低In含量的基于InGaN的蓝色发光二极管(LED)可以呈现近似83%的外部量子效率(EQE)。然而,发射在绿色、黄色、橙色和红色区域中的光的长波长LED的EQE要低得多。因此,仍然需要长波长、高In含量的基于InGaN的LED以实现高效率。处理以上问题,在实施例,描述了氮化

物器件结构及其制造方法。

[0059] 为了提供背景,对于InGaN/GaN量子阱,峰值发射波长随着InGaN中的铟含量的增加而增加,直到其中发射波长再次开始减小的临界值。对于高铟含量(例如,大于总In和Ga浓度的40%),发射波长能够低于理论上根据带隙计算所预测的,因为量子限制可能占主导地位。应理解的是,In<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>N/In<sub>0.4</sub>Ga<sub>0.6</sub>N量子阱提供了一种针对非极性结构达到高效红色(例如,在610–630纳米的范围内的波长)LED的方式。不受理论束缚,但应理解的是,与在GaN上生长In<sub>0.4</sub>Ga<sub>0.6</sub>N层相反,能够在In<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>N上生长相对较厚的高质量In<sub>0.4</sub>Ga<sub>0.6</sub>N层。

[0060] 在实施例中,使用基于GaN的材料系统制造高效率红色发射结构。在一个这样的实施例中,在制造有序的n型GaN纳米线阵列之后,围绕纳米线在径向上生长LED结构的剩余部分。典型的结构包括壳层,该壳层包括n型GaN层和可以充当缓冲层的In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N下层,其中x在0.15–0.25的范围内。In<sub>y</sub>Ga<sub>1-y</sub>N层位于In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N下层上(并且可以包括在一组In<sub>y</sub>Ga<sub>1-y</sub>N/GaN多量子阱(MQW)有源层中),其中y在0.4–0.45的范围内。可以包括未掺杂的GaN层和/或AlGaN电子阻挡层作为接下来的外层。最后,可以包括p型GaN(或p型ZnO)包覆层。

[0061] 图8A图示了根据本公开的实施例的基于GaN纳米线的LED的横截面视图,其突出了LED的某些层。在图8A的示例性实施例中,LED 800包括在基板804上方的n型GaN纳米线802,基板804可以是Si(111)基板或蓝宝石基板。可以包括中间层806,诸如成核层。在n型GaN纳米线802上包括In<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>N壳“缓冲”层808。在In<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>N壳“缓冲”层808上包括有源In<sub>0.4</sub>Ga<sub>0.6</sub>N层810。在一个实施例中,In<sub>0.4</sub>Ga<sub>0.6</sub>N层810发射红颜色(例如,具有在610–630纳米的范围内的波长)。在In<sub>0.4</sub>Ga<sub>0.6</sub>N层810上包括p-GaN或p-ZnO包覆层812。

[0062] 在第二个这样的实施例中,在制造有序n型In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N(其中,x在0.15–0.25的范围内)纳米线阵列之后,围绕纳米线在径向上生长LED结构的剩余部分。In<sub>y</sub>Ga<sub>1-y</sub>N层位于In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N纳米线上(并且可以包括在一组In<sub>y</sub>Ga<sub>1-y</sub>N/GaN多量子阱(MQW)有源层中),其中y在0.4–0.45的范围内。可以包括未掺杂的GaN层和/或AlGaN电子阻挡层作为接下来的外层。最后,可以包括p型GaN(或p型ZnO)包覆层。

[0063] 图8B图示了根据本公开的实施例的基于InGaN纳米线的LED的横截面视图,其突出了LED的某些层。在图8B的示例性实施例中,LED 820包括在基板824上方的In<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>N纳米线822,基板824可以是Si(111)基板或蓝宝石基板。可以包括中间层826,诸如成核层。在In<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>N纳米线822上包括有源In<sub>0.4</sub>Ga<sub>0.6</sub>N层828。在一个实施例中,In<sub>0.4</sub>Ga<sub>0.6</sub>N层828发射红颜色(例如,具有在610–630纳米的范围内的波长)。在In<sub>0.4</sub>Ga<sub>0.6</sub>N层828上包括p-GaN或p-ZnO包覆层830。

[0064] 在两个上面描述的实施例中,InGaN层和p型GaN层可以在相对低的温度下(例如,在500–600摄氏度的范围内)生长。在一个实施例中,使用肼或肼-氨混合物作为氮源来生长InGaN层和p型GaN层。(例如,与使用氨作为氮源的常规生长相比)在相对低的温度下的生长可以抑制InGaN有源层的相分离。

[0065] 应理解的是,引起高In含量的基于InGaN的LED中的低效率的因素包括(1)由于In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N与GaN之间的晶格失配(例如,InN与GaN之间的晶格失配是11%)导致的InGaN有源层中的缺陷,或者(2)对于高铟含量,应变的InGaN有源层中的压电场变得非常大。由于InGaN多量子阱中的电子-空穴分离,压电场可能引起低内部量子效率。在实施例中,处理以上问题中的一个或多个,上面描述的且在图8A和8B中例示的结构可以提供以下益处中的一

个或多个：(1) InGaN有源层在纳米线LED中的高完整性(例如，没有相分离)，尤其是在高于30%的铟含量的情况下，(2)所产生的纳米线LED(包括针对红颜色和绿颜色)的高功率效能，(3)高功率效能导致更低的显示器功耗，这是与OLED显示器相比选择微LED显示器的考虑因素。

[0066] 要领会到的是，除了上面描述的纳米线之外的基本几何结构可以用于LED制造。例如，在另一实施例中，图8C图示了根据本公开的实施例的基于GaN纳米锥体的LED的横截面视图，其突出了LED的某些层。在图8C的示例性实施例中，LED 840包括在基板844上方的n-GaN纳米锥体842，基板844可以是Si(111)基板或蓝宝石基板。可以包括中间层846，诸如成核层。在GaN纳米锥体842上包括InGaN层848。在InGaN层848上包括p-GaN或p-ZnO包覆层852。

[0067] 在另一实施例中，图8D图示了根据本公开的实施例的基于GaN轴向纳米线的LED的横截面视图，其突出了LED的某些层。在图8D的示例性实施例中，LED 860包括在基板864上方的n-GaN轴向纳米线862，基板864可以是Si(111)基板或蓝宝石基板。可以包括中间层866，诸如成核层。在GaN轴向纳米线862上包括InGaN层868。在InGaN层868上包括p-GaN或p-ZnO包覆层872。

[0068] 在另一方面中，图9是根据本公开的实施例的图示RGB显示器生产过程的流程图900。参考流程图900，在操作902处，Si晶片具有在其上形成的成核层。在操作904处，使用亚100 nm光刻来对成核层上的层进行图案化，或者对成核层进行图案化。在操作906处，例如通过外延沉积在成核层上进行纳米线生长。在操作908处，将背板引入微LED组装过程中。在操作910处，制造驱动器电子器件。在操作912处，执行显示器组装以最终提供显示器。

[0069] 在另一方面中，使用射流自组装制造微LED显示器。根据本公开的实施例，提供具有RGB像素(芯片)的源晶片作为起始结构。使用射流自组装来将RGB像素从源晶片转移到显示器背板。

[0070] 图10图示了根据本公开的实施例的LED像素在背板中的射流自组装的示意图。参考图10，显示器背板1002中具有微槽1004。LED像素1006处于射流运动中并且被驱动以填充微槽1004。

[0071] 图11图示了根据本公开的实施例的具有处于不同着陆定向的LED像素的图10的背板。参考图11，LED像素1102以“期望的”定向着陆在背板1002的微槽1004中。另一LED像素1104以“不期望的”定向着陆在背板1002的微槽1004中。

[0072] 共同参考图10和图11，在射流自组装(FSA)中，待组装的芯片在合适的流体中混合，并且被允许在具有匹配凹槽的基板之上移动以进行其自组装。在示例中，梯形芯片通过射流和重力被捕获并组装在梯形凹槽中。梯形管芯防止倒置组装。通常要求芯片完全进入其凹槽中以避免成为其他芯片的障碍。

[0073] 图12图示了根据本公开的实施例的用于微LED的射流自组装设备1200的示意性视图。参考图12，罐1202保持基板1204。微LED芯片1206在流体1208中循环。流体流动1210由箭头描绘，用于使微LED芯片1206在基板1204的表面之上持续循环。基板1204可以是“临时载体板”或实际的显示器背板。气体入口1212提供气体(例如氮气)以生成流体流动。

[0074] 在实施例中，示例性处理方案包括以下操作：(1)在例如150 mm直径的蓝宝石晶片、200 mm直径的硅晶片或300 mm直径的硅晶片上制造微LED，然后(2)标识没有在工作的

微LED。可以根据以下方法标识非功能LED: (a) 在微LED晶片上照射UV光(例如,波长在200 nm-400nm的范围内), (b) 使用适当的成像技术(例如,CCD RGB相机)标识晶片上的“暗”点(其表示有缺陷的微LED), (c) 从微LED晶片的硅背面使用脉冲红外激光照射,以选择性地分离在(b)中标识的有缺陷的微LED,或者(d)从微LED晶片的蓝宝石背面使用脉冲UV激光照射,以选择性地分离在(b)中标识的有缺陷的微LED。示例性处理方案继续进行(3)在微LED晶片的背面上使用激光照射(例如,UV用于蓝宝石晶片,以及红外线用于硅晶片)以将“好的”微LED分离到填充有适当流体的容器中。

[0075] 图13图示了根据本公开的实施例的(a)对非功能LED的标识和(b)功能LED在流体中的悬浮。首先在源晶片1302上照射UV光,并且使用CCD相机拍摄图像。根据图像分析标识“暗”点的坐标。将脉冲红外激光照射施加到晶片的背面,以选择性地释放坏的或非功能管芯1304以便处置。再次施加脉冲红外激光照射以将好的或功能管芯1306释放到流体1308容器中,该容器包括用于射流自组装的流体1310。

[0076] 示例性处理方案继续进行(4)制造或提供具有适当尺寸(例如,宽度、长度和高度)的微槽的临时载体板,以接收来自流体的微LED。在实施例中,微槽具有特定形状以选择性地接收特定侧上的微LED。在一个实施例中,接触金属设置在用于微LED RGB像素捕获的一侧。图14图示了根据本公开的实施例的其中具有微槽1402的载体1400的成角度视图。

[0077] 示例性处理方案继续进行(5)将微LED悬浮液分配到显示器或临时载体板(TCP)上,直到TCP上的所有微槽都填充有微LED。在实施例中,填充率满足1 ppm缺陷率的标准。示例性处理方案继续进行(6)使显示器背板(例如,其上具有接触凸块)极为接近TCP。然后将接触凸块与TCP上的微LED对准。图15图示了根据本公开的实施例的、在已经使用流体自组装将微LED芯片1502捕获到临时载体板1500上的微槽1508中之后将临时载体板1500中的微LED芯片1502接合到显示器背板1506的微凸块1504的过程的横截面视图。

[0078] 示例性处理方案继续进行使用热压接合(TCB)将微LED接合到背板(例如,在小于近似400摄氏度的温度下),以及(8)在显示器背板上沉积阴极(例如,氧化铟锡(ITO)的覆盖膜)。

[0079] 在另一实施例中,直接在显示器背板上执行射流自组装。图16图示了根据本公开的实施例的将微LED芯片1602直接组装在背板1606的微槽1604中的过程的横截面视图。将在流体移动1609期间捕获微LED芯片1602的微槽1604直接制造在显示器背板1606上。在实施例中,微槽1604镶衬有导电电极材料1608,如所描绘的那样。

[0080] 在实施例中,使用射流自组装(FSA)方法提供更高的吞吐量、更高的转移产量和更低的设备开发风险。在实施例中,将射流自组装定义为如下组装方法:其中部件被设计成当它们例如典型地通过随机相互作用(诸如通过搅拌或振动组件)而被放在一起时自发地进行组装。在自组装过程中使用流体,以便为组装提供介质。在一个实施例中,流体减少摩擦并且能够用于使组件循环直到它们接触。在一个实施例中,射流自组装用于并行制造由许多小组件制成的器件。这样的自组装技术常常是大规模并行的,并且因此比串行拾取和放置组装更快且更便宜。

[0081] 在特定实施例中,使用电泳组装过程。要领会到的是,如本文所描述的射流自组装允许在生长的晶片上尽可能密集包装地制造基于GaN的微LED,以使被制成器件的晶片面积最大化。例如,能够从300 mm直径的晶片制成近似3000万个器件。微LED能够被分配在许多

显示器背板上,因为未使用的微LED可以被回收。在实施例中,微LED芯片(RGB像素)被分散在具有作为分散剂的表面活性剂的去离子水中。在特定的这样的实施例中,然后使用超声波浴在容器中对微LED和表面活性剂的悬浮液进行声处理,以便制备均匀的悬浮液。表面活性剂(例如分散剂)可以用于促进微LED分散。在实施例中,表面活性剂选自由十六烷基三甲基溴化铵、聚乙二醇辛基苯基醚(Triton X-100)和十二烷基苯磺酸钠(SDBS)组成的组。

[0082] 在实施例中,通过诸如过滤、浸涂、旋涂、电泳沉积或喷墨印刷的方法将微LED悬浮液沉积在临时载体(例如,具有多种类型的微槽)上作为膜。在特定实施例中,微LED被放置在覆盖临时载体板的溶液中。当显示器背板上的电极被设置有负电荷时,LED通过电泳传输到电极。

[0083] 在实施例中,在所有微槽都填充有微LED芯片(RGB像素)之后,使临时载体板与显示器背板紧密接触。显示器背板具有已经在一侧上制造的像素矩阵(例如,像素尺寸近似为 $40\ \mu\text{m}$ - $45\ \mu\text{m}$ ),其具有薄膜晶体管和用于微LED的“着陆”衬垫。可以使用例如红外成像技术来执行临时载体板和显示器背板之间的对准。然后将每个微LED与着陆衬垫对准。使用热压接合(TCB)或其他合适类型的接合方法来将微LED接合到背板。

[0084] 在实施例中,每个微槽能够接受单个RGB像素。在一个这样的实施例中,RGB像素包括以 $2\times 2$ 矩阵排列的四个微LED器件。每个微LED的尺寸近似为 $1\ \mu\text{m}\times 1\ \mu\text{m}$ 至 $10\ \mu\text{m}\times 10\ \mu\text{m}$ 。微LED可以通过尺寸在 $0.1$ - $1\ \mu\text{m}$ 的范围内的道路(street)分开。于是,在一个实施例中,RGB像素的尺寸近似为 $12\ \mu\text{m}\times 12\ \mu\text{m}$ 。在一个实施例中,每个微LED由微线LED的阵列组成。每个微线LED的直径近似为 $1\ \mu\text{m}$ 。例如,对于尺寸为 $5\ \mu\text{m}\times 5\ \mu\text{m}$ 的微LED,近似有20个并联连接的微线。这样的结构提供了在显示器上实现1 ppm的缺陷密度所需的冗余。

[0085] 在实施例中,存在三种类型的微LED(红色、绿色和蓝色)。在这种情况下,组装过程涉及具有多个至少三种类型的微槽的临时载体板。每个微槽类型均具有被定制成选择性地接受微LED器件的锥形形状,所述微LED器件可以发射至少红颜色、绿颜色和蓝颜色,并且被设计成对应于不同的微槽设计。在一个实施例中,具有特定类型(例如,发射特定颜色)的微LED分散在具有作为分散剂的表面活性剂的去离子水中。然后使用超声波浴在容器中对微LED和表面活性剂的悬浮液进行声处理,以便制备均匀的悬浮液。可以使用表面活性剂,其示例在上面被描述。然后使用诸如旋涂、电泳沉积或喷墨印刷的技术将微LED悬浮液沉积在临时载体(具有多种类型的微槽)上作为膜。在特定实施例中,具有最大尺寸的微LED类型、然后具有中等尺寸的微LED类型、然后具有最小尺寸的微LED类型按该次序分散,以确保用正确的微LED器件适当填充微槽。在另一实施例中,差分微槽和LED耦合是基于形状的,诸如用于微槽的重复暴露和LED耦合的正方形形状与六边形形状。

[0086] 图17图示了根据本公开的实施例的涉及直接在显示器背板上的电泳的组装方法中的各种操作的横截面视图。参考图17的部分(a),显示器背板1702上包括微凸块1704。然后在微凸块1702周围形成掩模1706。然后在图17的部分(b)的结构上沉积含有微LED的溶液1708。参考图17的部分(c),将负偏压施加到显示器背板,并且特别地,施加到微凸块1702。电流传递通过溶液并且在芯片表面处发生大量流体移动,并且将LED 1708移动到微凸块1702。参考图17的部分(d),压板1710可以用于确保微凸块1702到LED 1708的接合,诸如热压接合。

[0087] 在实施例中,电泳沉积涉及使用包裹有表面活性剂的微LED,该表面活性剂在水中

获取负电荷并且在DC电场下被吸引到电极的正侧。将微LED悬浮液沉积在导电基板上。临时载体板能够被制成具有微槽,该微槽具有由金属层制成的底部。微LED仅沉积在导电区域上。典型的沉积时间为仅几秒钟。

[0088] 图18是根据本公开的实施例的显示器架构的示意性图示。参考图18,微LED 1802以矩阵排列。微LED通过“数据驱动器”1804和“扫描驱动器”1806芯片驱动。薄膜晶体管1808用来制作用于每个微LED的“像素驱动电路”1810。在实施例中,微LED被制造在硅晶片上,然后被转移到被称为“背板”的玻璃基板,在玻璃基板中,已经使用薄膜晶体管制造了“像素驱动电路”1810。

[0089] 图19是根据本公开的实施例的具有显示器的电子装置。参考图19,电子装置1900具有显示器或显示面板1902,其具有微结构1904(例如,图5的像素元件508)。显示器还可以具有玻璃层和其他层、电路系统等等。显示面板1902可以是微LED显示面板。应该明显的是,为了清楚起见仅描绘了一个微结构1904,然而显示面板1902将具有包括纳米线LED的微结构的一个或多个阵列。

[0090] 电子装置1900可以是移动装置,诸如智能电话、平板电脑、笔记本电脑、智能手表等等。电子装置1900可以是计算装置、独立显示器、电视、显示监视器、车辆计算机显示器、类似物。实际上,电子装置1900通常可以是具有显示器或显示面板的任何电子装置。

[0091] 电子装置1900可以包括处理器1906(例如,中央处理单元或CPU)和存储器1908。存储器1908可以包括易失性存储器和非易失性存储器。处理器1906或其他控制器连同存储器1908中存储的可执行代码一起可以提供对显示器的触摸屏控制,并且也提供电子装置1900的其他特征和动作。

[0092] 此外,电子装置1900可以包括为包括显示面板1902的电子装置供电的电池1910。装置1900还可以包括网络接口1912,其用以提供电子设备到网络或因特网的有线或无线耦合。无线协议可以包括Wi-Fi(例如,经由接入点或AP)、Wireless Direct<sup>®</sup>、Bluetooth<sup>®</sup>等等。最后,明显的是,电子装置1900可以包括附加组件,该附加组件包括电路系统和其他组件。

[0093] 因此,本文描述的实施例包括微发光二极管(LED)显示器和组装设备。

[0094] 对所说明的本公开的实施例的实现方式的以上描述(包括摘要中所描述的内容)并非旨在是穷举的或将本公开限制为所公开的精确形式。虽然出于说明性目的在本文中描述了本公开的具体实现方式和示例,但是如相关领域的技术人员将认识到的,在本公开的范围各种等同修改是可能的。

[0095] 根据以上详细描述,可以对本公开做出这些修改。以下权利要求中使用的术语不应该被解释为将本公开限制为说明书和权利要求中公开的具体实现方式。相反,本公开的范围将完全由所附权利要求确定,该权利要求应该根据权利要求解释的既定原则来解释。

[0096] 示例实施例1:一种制造微发光二极管(LED)显示面板的方法,包括将载体板定位在显示器背板基板上方,所述载体板上具有多个发光二极管(LED)像素元件,以及所述显示器背板基板上具有多个金属凸块。所述方法还包括:将所述载体板朝向所述显示器背板基板移动,以将所述多个LED像素元件中的至少一部分耦合到所述多个金属凸块中的相应金属凸块;向所述载体板施加压力,以将所述多个LED像素元件中的所述一部分转移并且接合到所述多个金属凸块中的相应金属凸块;以及随后将所述载体板与所述显示器背板基板分

开。

[0097] 示例实施例2:根据示例实施例1所述的方法,其中,所述多个LED像素元件在所述载体基板上的间距小于所述显示器背板基板上的所述多个金属凸块的间距。

[0098] 示例实施例3:根据示例实施例1或2所述的方法,其中,所述多个LED像素元件中的所述至少一部分少于所述多个LED像素元件中的全部,所述方法还包括:将所述载体板定位在第二显示器背板基板上方,所述载体板上具有所述多个发光二极管(LED)像素元件的剩余部分;以及将所述多个LED像素元件的剩余部分中的至少一部分转移并且接合到所述第二显示器背板基板的多个金属凸块中的相应金属凸块。

[0099] 示例实施例4:根据示例实施例3所述的方法,其中,所述多个LED像素元件的剩余部分中的所述至少一部分少于所述多个LED像素元件的剩余部分中的全部,所述方法还包括:将所述载体板定位在第三显示器背板基板上方,所述载体板上具有所述多个发光二极管(LED)像素元件的第二剩余部分;以及将所述多个LED像素元件的第二剩余部分中的至少一部分转移并且接合到所述第三显示器背板基板的多个金属凸块中的相应金属凸块。

[0100] 示例实施例5:根据示例实施例1、2、3或4所述的方法,其中,使用压敏粘合剂层将所述多个LED像素元件粘附到所述载体基板。

[0101] 示例实施例6:根据示例实施例1、2、3、4或5所述的方法,其中,所述多个LED像素元件是多个基于纳米线的LED像素元件。

[0102] 示例实施例7:根据示例实施例6所述的方法,其中,所述多个基于纳米线的LED像素元件包括GaN纳米线。

[0103] 示例实施例8:根据示例实施例6所述的方法,其中,所述多个基于纳米线的LED像素元件包括InGaN纳米线。

[0104] 示例实施例9:一种显示器接合器设备,包括用于将显示器背板基板保持在第一位置的第一支撑件。第二支撑件用于将载体板保持在第二位置,所述第二位置在所述第一位置之上。活塞耦合到所述第二支撑件,所述活塞用于将所述载体板从所述第二位置朝向所述第一位置移动,并且所述活塞用于向所述载体板施加力,以将来自所述载体板的发光二极管(LED)像素元件接合到所述显示器背板基板上的金属凸块。

[0105] 示例实施例10:根据示例实施例9所述的显示器接合器设备,其中,所述活塞用于提供足以从接合到所述载体板的压敏粘合剂层释放所述LED像素元件的力。

[0106] 示例实施例11:一种制造微发光二极管(LED)显示面板的方法,包括将硅基板定位在显示器背板基板上方,所述硅基板上具有多个发光二极管(LED)像素元件,以及所述显示器背板基板上具有多个金属凸块。所述方法还包括将所述显示器背板基板朝向所述硅基板移动,以将所述多个LED像素元件中的至少一部分耦合到所述多个金属凸块中的相应金属块。所述方法还包括向所述显示器背板基板施加压力,以将所述多个LED像素元件中的所述至少一部分转移并且接合到所述多个金属凸块中的相应金属凸块。所述方法还包括随后将所述硅基板与所述显示器背板基板分开。

[0107] 示例实施例12:根据示例实施例11所述的方法,其中,所述多个LED像素元件在所述硅基板上的间距小于所述显示器背板基板上的所述多个金属凸块的间距。

[0108] 示例实施例13:根据示例实施例11或12所述的方法,其中,所述多个LED像素元件中的所述至少一部分少于所述多个LED像素元件中的全部,所述方法还包括将所述硅基板

定位在第二显示器背板基板上方,所述硅基板上具有所述多个发光二极管(LED)像素元件的剩余部分;以及将所述多个LED像素元件的剩余部分中的至少一部分转移并且接合到所述第二显示器背板基板的多个金属凸块中的相应金属凸块。

[0109] 示例实施例14:根据示例实施例13所述的方法,其中,所述多个LED像素元件的剩余部分中的所述至少一部分少于所述多个LED像素元件的剩余部分中的全部,所述方法还包括将所述硅基板定位在第三显示器背板基板上方,所述硅基板上具有所述多个发光二极管(LED)像素元件的第二剩余部分;以及将所述多个LED像素元件的第二剩余部分中的至少一部分转移并且接合到所述第三显示器背板基板的多个金属凸块中的相应金属凸块。

[0110] 示例实施例15:根据示例实施例11、12、13或14所述的方法,其中,所述多个LED像素元件生长在所述硅基板上。

[0111] 示例实施例16:根据示例实施例11、12、13、14或15所述的方法,其中,所述多个LED像素元件是多个基于纳米线的LED像素元件。

[0112] 示例实施例17:根据示例实施例16所述的方法,其中,所述多个基于纳米线的LED像素元件包括GaN纳米线。

[0113] 示例实施例18:根据示例实施例16所述的方法,其中,所述多个基于纳米线的LED像素元件包括InGaN纳米线。

[0114] 示例实施例19:一种显示器接合器设备,包括用于将显示器背板基板保持在第一位置的第一支撑件。第二支撑件用于将硅晶片保持在第二位置,所述第二位置在所述第一位置之上。活塞耦合到所述第一支撑件,所述活塞用于将所述显示器背板基板从所述第一位置朝向所述第二位置移动,并且所述活塞用于向所述显示器背板基板施加力,以将来自所述硅晶片的发光二极管(LED)像素元件接合到所述显示器背板基板上的金属凸块。

[0115] 示例实施例20:根据示例实施例19所述的显示器接合器设备,还包括耦合到所述第二支撑件的红外照射源。

[0116] 示例实施例21:一种制造微发光二极管(LED)显示面板的方法,包括将显示器背板基板定位在罐或容器中,所述显示器背板基板中具有微槽。所述方法还包括将流体添加到所述罐或容器,所述流体中包括发光二极管(LED)像素元件的悬浮液。所述方法还包括使所述流体在所述显示器背板基板之上移动。所述方法还包括将来自所述流体的LED像素元件组装到所述微槽中的相应微槽中。

[0117] 示例实施例22:根据示例实施例21所述的方法,其中,添加所述流体包括添加具有表面活性剂的流体。

[0118] 示例实施例23:根据示例实施例21或22所述的方法,其中,所述显示器背板基板的微槽中包括金属层。

[0119] 示例实施例24:根据示例实施例21、22或23所述的方法,其中,所述显示器背板基板的微槽是梯形的,并且所述LED像素元件的悬浮液是梯形LED像素元件的悬浮液。

[0120] 示例实施例25:根据示例实施例24所述的方法,其中,所述梯形微槽具有至少第一尺寸和第二尺寸,并且其中,所述梯形LED像素元件的悬浮液对应于所述第一尺寸而不是所述第二尺寸。

[0121] 示例实施例26:根据示例实施例21、22、23、24或25所述的方法,其中,所述LED像素元件的悬浮液是基于纳米线的LED像素元件的悬浮液。

[0122] 示例实施例27:根据示例实施例26所述的方法,其中,所述基于纳米线的LED像素元件的悬浮液包括Ga<sub>N</sub>纳米线或InGa<sub>N</sub>纳米线。

[0123] 示例实施例28:一种制造微发光二极管(LED)显示面板的方法,包括:将载体板定位在罐或容器中,所述载体板中具有微槽;将流体添加到所述罐或容器,所述流体中包括发光二极管(LED)像素元件的悬浮液;使所述流体在所述载体板之上移动;将来自所述流体的LED像素元件组装到所述微槽的相应微槽中;以及将组装的LED像素元件从所述载体板转移到显示器背板基板。

[0124] 示例实施例29:根据示例实施例28所述的方法,其中,添加所述流体包括添加具有表面活性剂的流体。

[0125] 示例实施例30:根据示例实施例28或29所述的方法,其中,所述载体板的微槽是梯形的,并且所述LED像素元件的悬浮液是梯形LED像素元件的悬浮液。

[0126] 示例实施例31:根据示例实施例30所述的方法,其中,所述梯形微槽具有至少第一尺寸和第二尺寸,并且其中,所述梯形LED像素元件的悬浮液对应于所述第一尺寸而不是所述第二尺寸。

[0127] 示例实施例32:根据示例实施例28、29、30或31所述的方法,其中,所述LED像素元件的悬浮液是基于纳米线的LED像素元件的悬浮液。

[0128] 示例实施例33:根据示例实施例32所述的方法,其中,所述基于纳米线的LED像素元件的悬浮液包括Ga<sub>N</sub>纳米线或InGa<sub>N</sub>纳米线。

[0129] 示例实施例34:一种制造微发光二极管(LED)显示面板的方法,包括将基板定位在罐或容器中,所述基板中具有微槽。所述方法还包括将流体添加到所述罐或容器,所述流体中包括发光二极管(LED)像素元件的悬浮液。所述方法还包括将电场施加到所述流体的基板。所述方法还包括将来自所述流体的LED像素元件组装到所述微槽的相应微槽中。

[0130] 示例实施例35:根据示例实施例34所述的方法,其中,所述基板是载体板,并且所述方法还包括将组装的LED像素元件从所述载体板转移到显示器背板基板。

[0131] 示例实施例36:根据示例实施例34所述的方法,其中,所述基板是显示器背板基板。

[0132] 示例实施例37:根据示例实施例34、35或36所述的方法,其中,添加所述流体包括添加具有表面活性剂的流体。

[0133] 示例实施例38:根据示例实施例34、35、36或37所述的方法,其中,所述LED像素元件的悬浮液是基于纳米线的LED像素元件的悬浮液。

[0134] 示例实施例39:根据示例实施例38所述的方法,其中,所述基于纳米线的LED像素元件的悬浮液包括Ga<sub>N</sub>纳米线。

[0135] 示例实施例40:根据示例实施例38所述的方法,其中,所述基于纳米线的LED像素元件的悬浮液包括InGa<sub>N</sub>纳米线。

[0136] 示例实施例41:一种用于微发光二极管(LED)显示面板的像素元件,包括:第一颜色纳米线LED;第二颜色纳米线LED,所述第二颜色与所述第一颜色不同;以及一对第三颜色纳米线LED,所述第三颜色与所述第一颜色和所述第二颜色不同。连续的绝缘材料层在横向上围绕所述第一颜色纳米线LED、所述第二颜色纳米线LED和所述一对第三颜色纳米线LED。

[0137] 示例实施例42:根据示例实施例41所述的像素元件,其中,所述第一颜色是红色,

所述第二颜色是绿色,并且所述第三颜色是蓝色。

[0138] 示例实施例43:根据示例实施例41所述的像素元件,其中,所述第一颜色是红色,所述第二颜色是蓝色,并且所述第三颜色是绿色。

[0139] 示例实施例44:根据示例实施例41所述的像素元件,其中,所述第一颜色是蓝色,所述第二颜色是绿色,并且所述第三颜色是红色。

[0140] 示例实施例45:根据示例实施例41、42、43或44所述的像素元件,其中,从平面视图的角度看,所述第一颜色纳米线LED、所述第二颜色纳米线LED和所述一对第三颜色纳米线LED具有 $2 \times 2$ 布置。

[0141] 示例实施例46:根据示例实施例41、42、43、44或45所述的像素元件,其中,所述第一颜色纳米线LED、所述第二颜色纳米线LED和所述一对第三颜色纳米线LED包括氮化镓(GaN)芯。

[0142] 示例实施例47:根据示例实施例41、42、43、44、45或46所述的像素元件,其中,所述第一颜色纳米线LED、所述第二颜色纳米线LED和所述一对第三颜色纳米线LED包括铟镓氮(InGaN)壳。

[0143] 示例实施例48:根据示例实施例41、42、43、44、45、46或47所述的像素元件,其中,所述连续的绝缘材料层包括氧化硅或碳掺杂的二氧化硅。

[0144] 示例实施例49:一种红色发光二极管(red-emitting diode)结构,包括基板上方的GaN纳米线、所述GaN纳米线上的InGaN壳层、以及所述InGaN壳层上的InGaN有源层,其中,所述InGaN有源层具有比所述InGaN壳层更大的In浓度。

[0145] 示例实施例50:根据示例实施例49所述的方法,其中,所述InGaN壳层是 $\text{In}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ 材料层。

[0146] 示例实施例51:根据示例实施例49或50所述的方法,其中,所述InGaN有源层是 $\text{In}_{0.4}\text{Ga}_{0.6}\text{N}$ 材料层。

[0147] 示例实施例52:根据示例实施例49、50或51所述的方法,还包括所述InGaN有源层上的包覆层,所述包覆层包括p型GaN或p型ZnO。

[0148] 示例实施例53:根据示例实施例49、50、51或52所述的方法,其中,所述InGaN有源层发射在610-630纳米的范围内的波长。

[0149] 示例实施例54:根据示例实施例49、50、51、52或53所述的方法,其中,所述基板是硅基板或蓝宝石基板。

[0150] 示例实施例55:一种红色发光二极管结构,包括基板上方的InGaN纳米线和所述InGaN纳米线上的InGaN有源层,其中,所述InGaN有源层具有比所述InGaN纳米线更大的In浓度。

[0151] 示例实施例56:根据示例实施例55所述的方法,其中,所述InGaN纳米线是 $\text{In}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ 材料纳米线。

[0152] 示例实施例57:根据示例实施例55或56所述的方法,其中,所述InGaN有源层是 $\text{In}_{0.4}\text{Ga}_{0.6}\text{N}$ 材料层。

[0153] 示例实施例58:根据示例实施例55、56或57所述的方法,还包括所述InGaN有源层上的包覆层,所述包覆层包括p型GaN或p型ZnO。

[0154] 示例实施例59:根据示例实施例55、56、57或58所述的方法,其中,所述InGaN有源

层发射在610-630纳米的范围内的波长。

[0155] 示例实施例60:根据示例实施例55、56、57、58或59所述的方法,其中,所述基板是硅基板或蓝宝石基板。

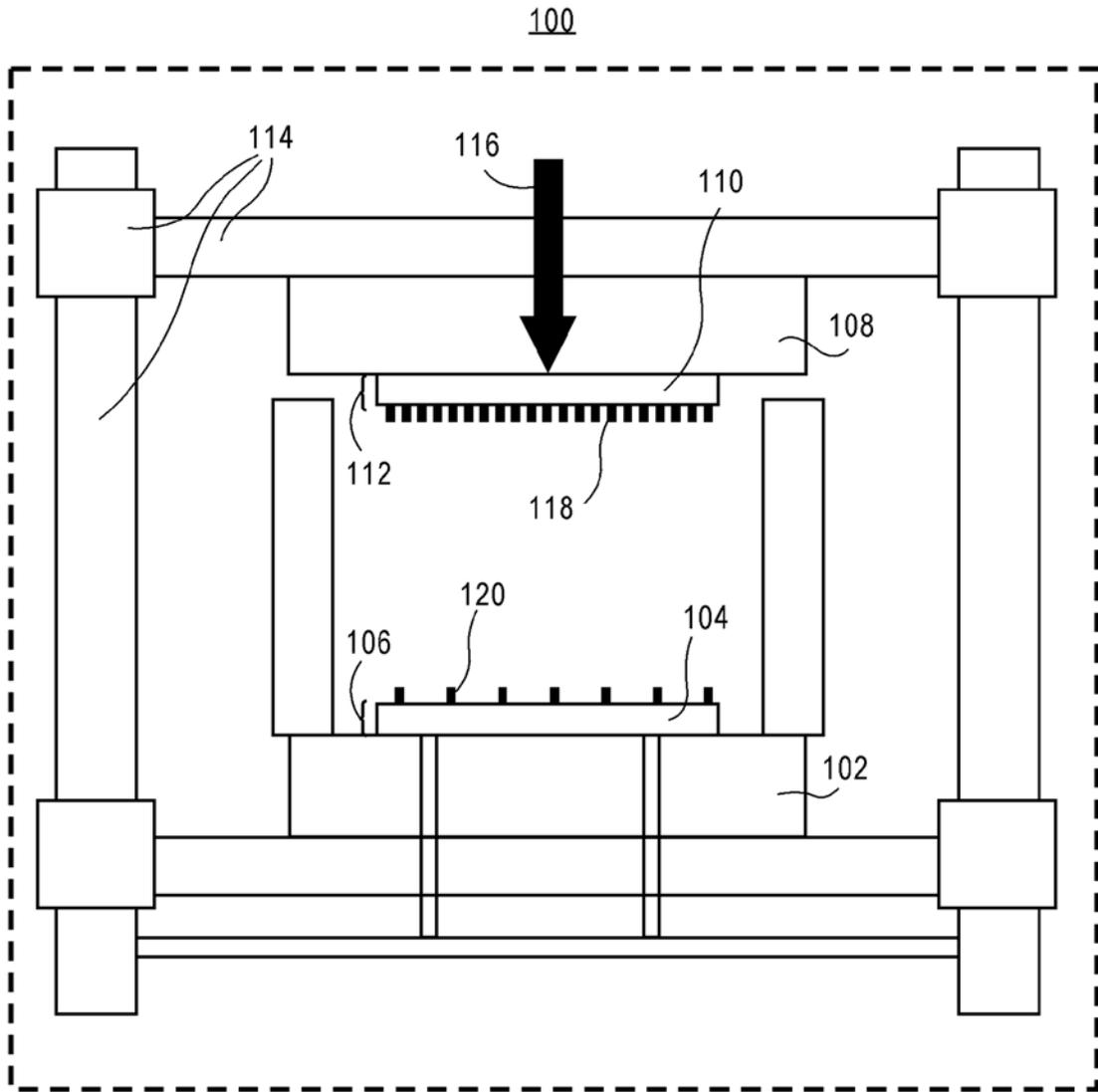


图 1

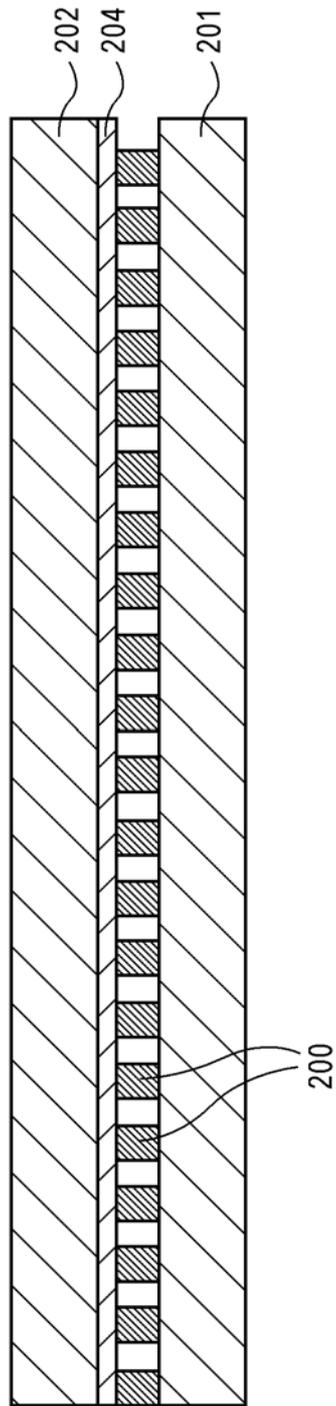


图 2A

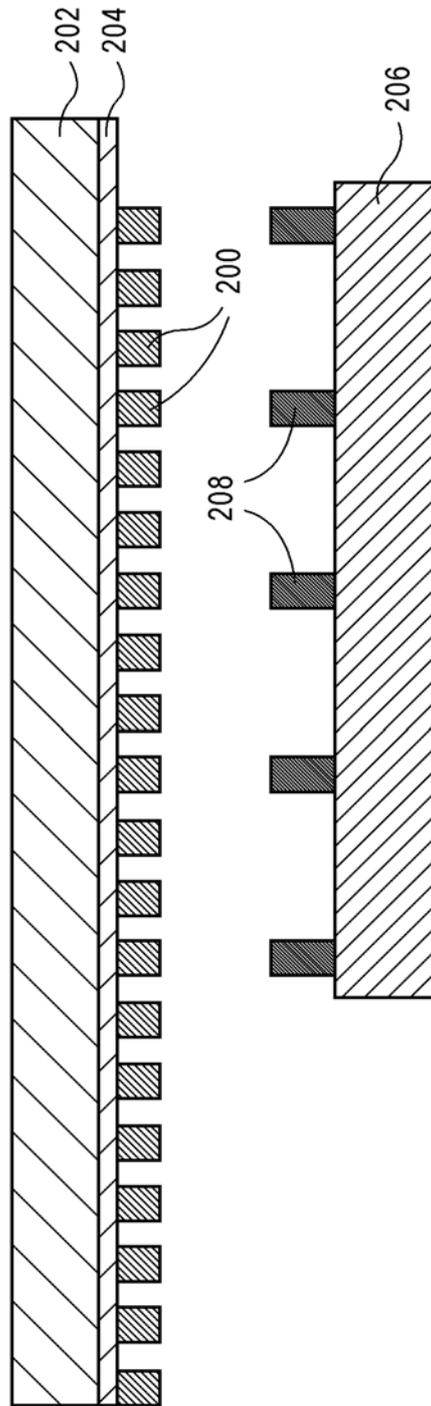


图 2B

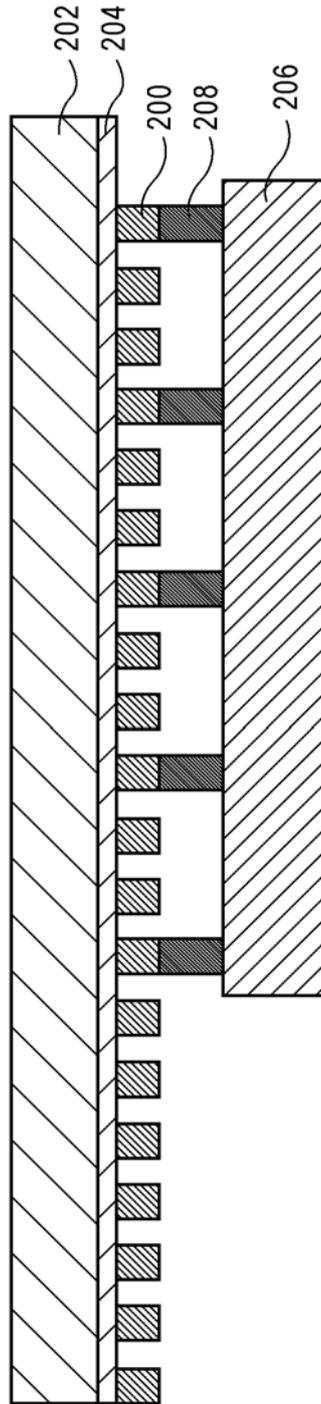


图 2C

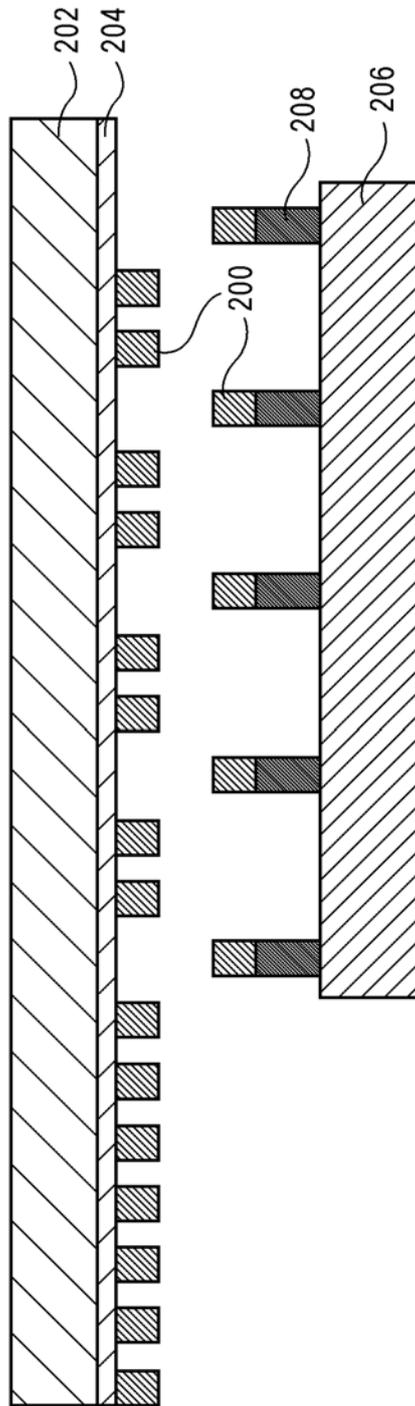


图 2D(1)

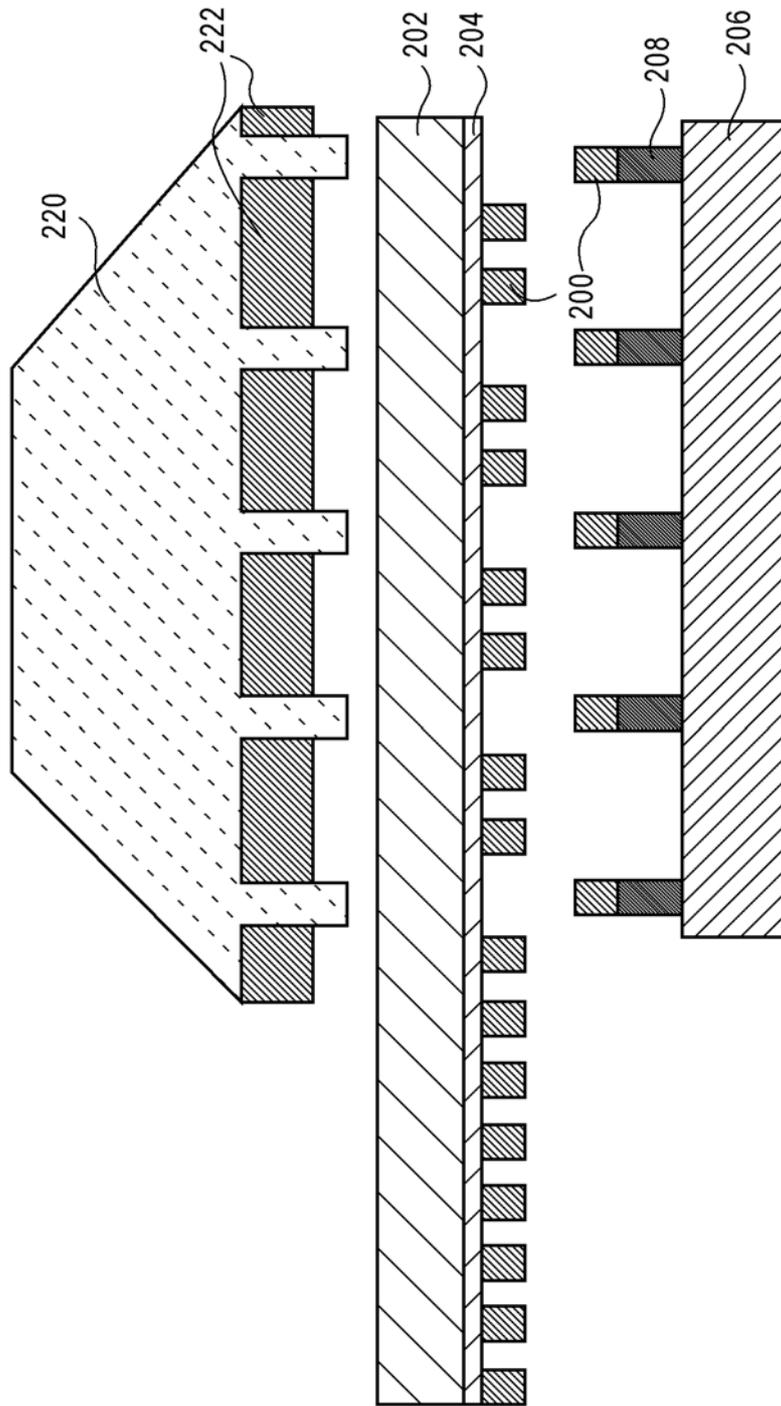


图 2D(2)

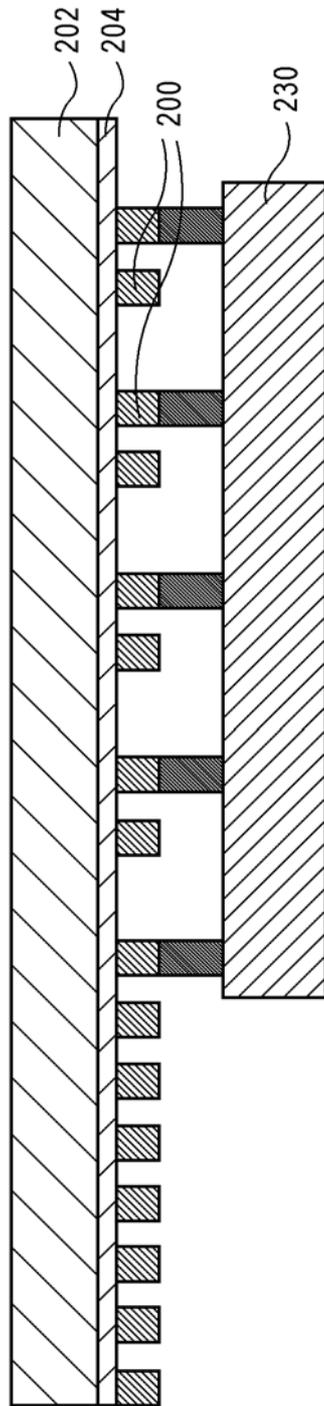


图 2E

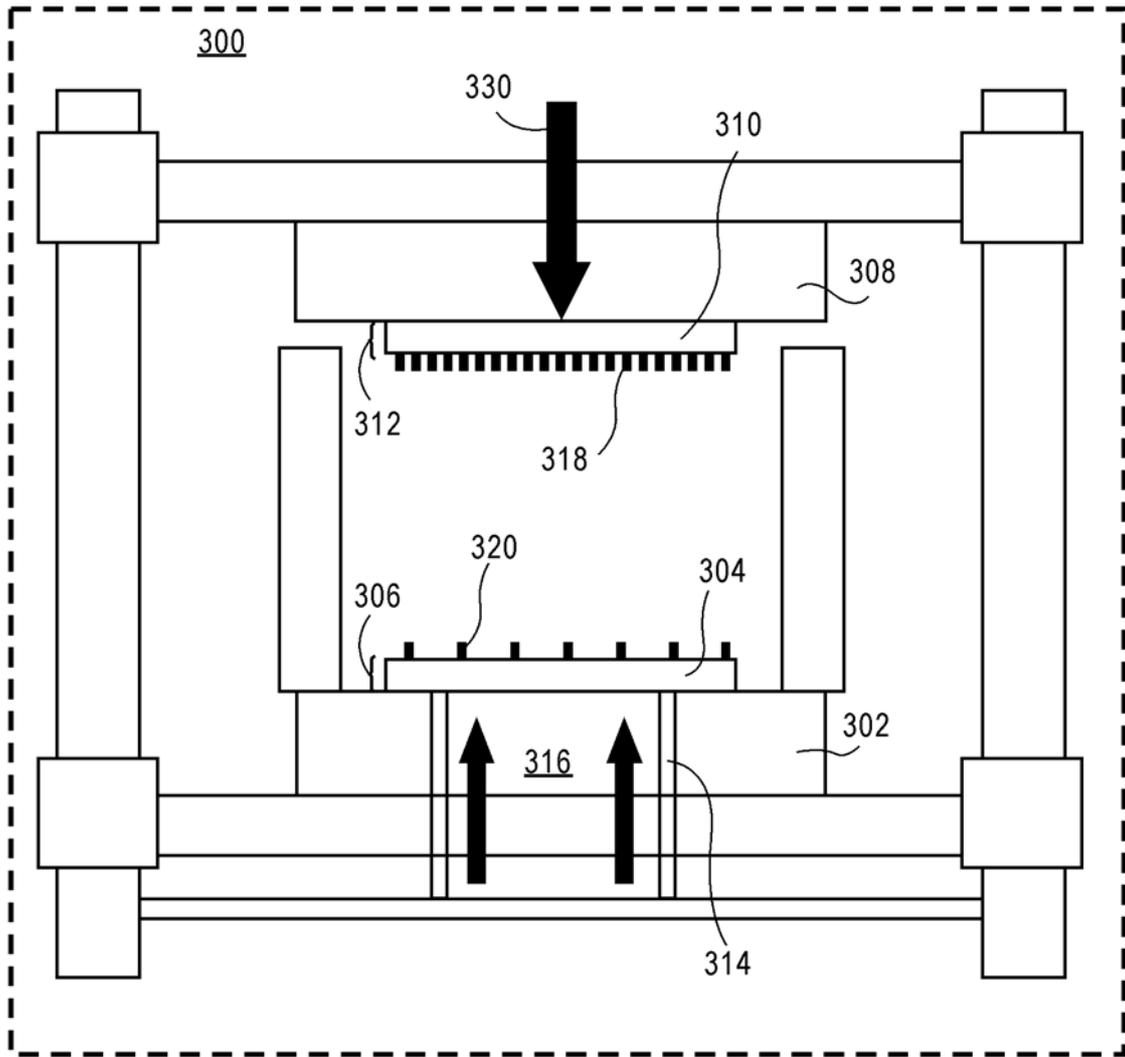


图 3

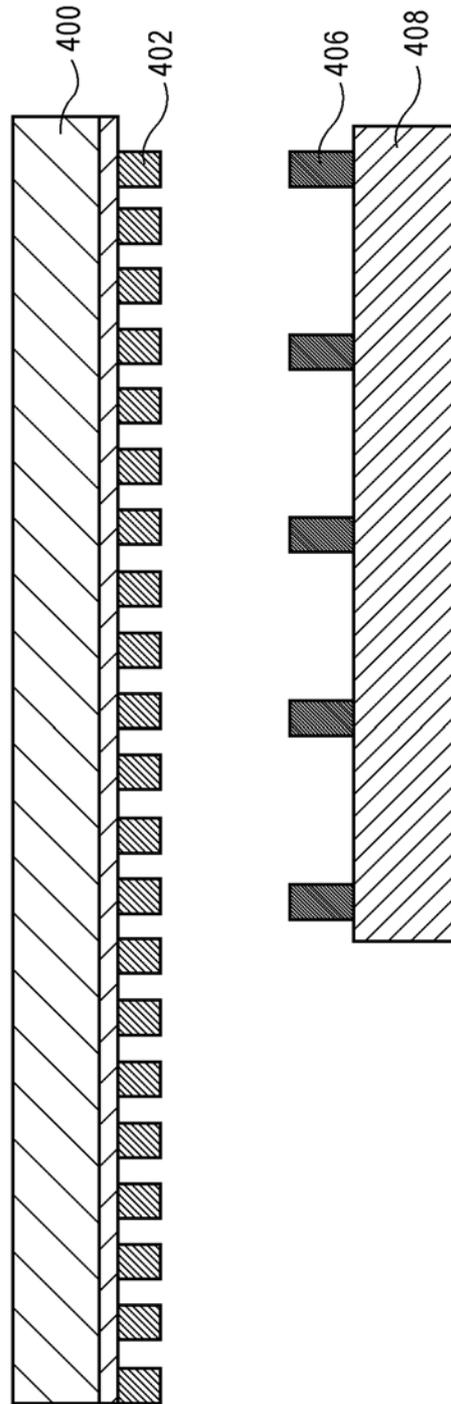


图 4A

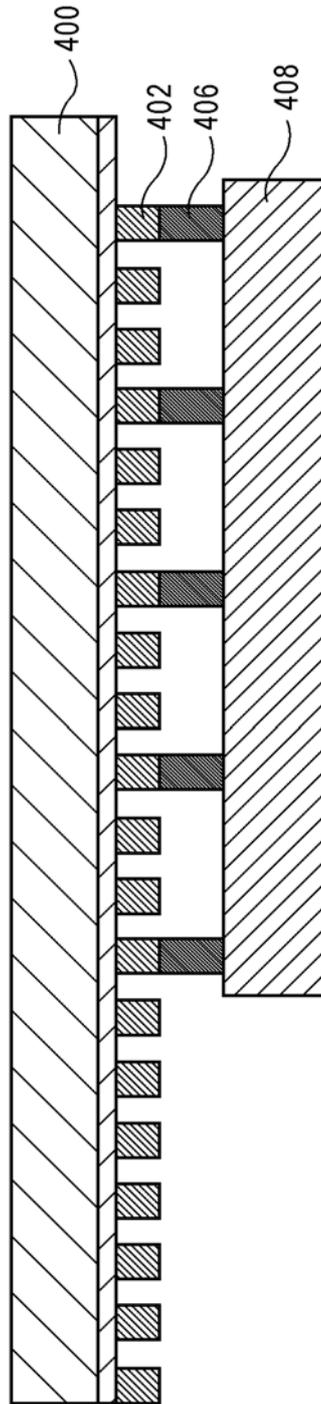


图 4B

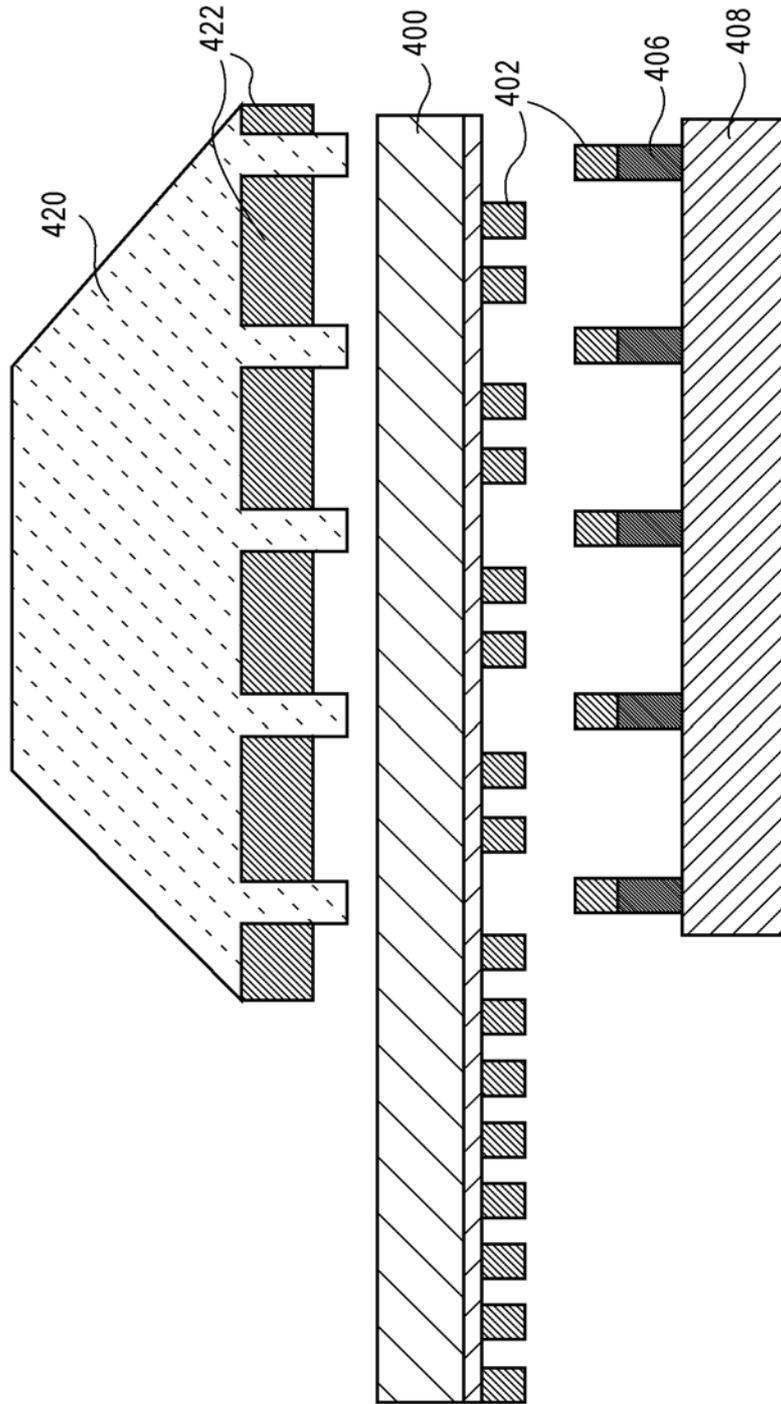


图 4C

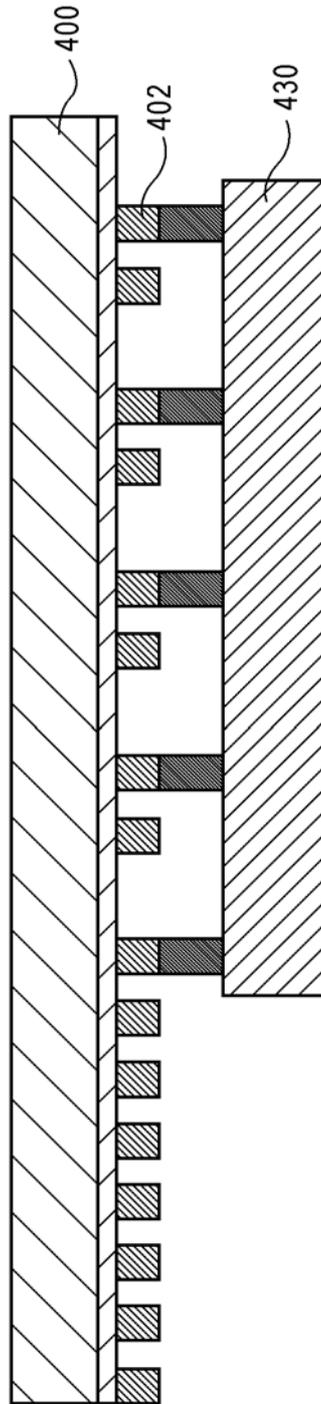


图 4D

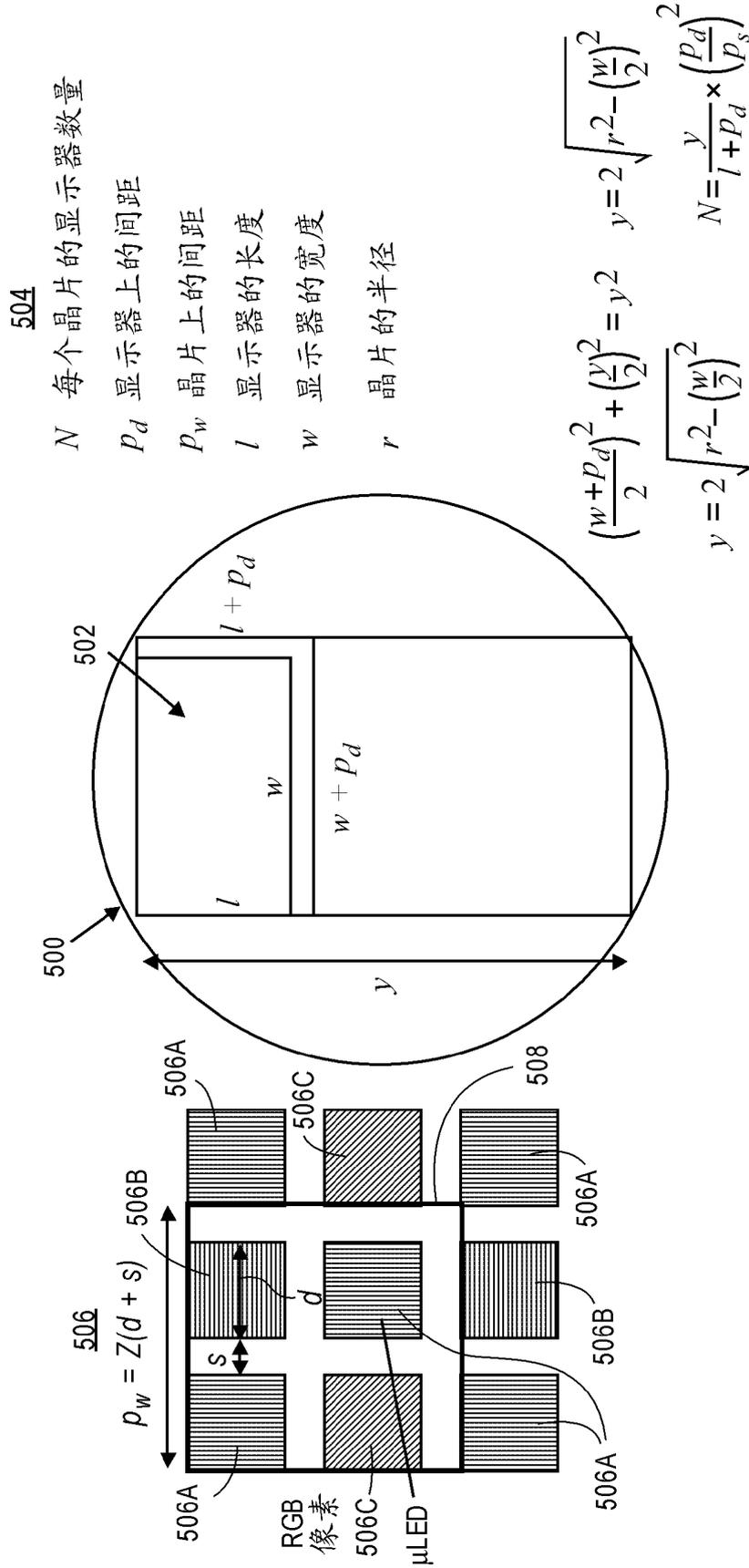


图 5

600

| 显示器<br>对角线<br>(英寸) | 晶片<br>直径 | w (mm) | l (mm) | H 像素 | V 像素 | pd(um) | uLED<br>尺寸<br>(um) | 道路<br>(um) | 冗余 | pw<br>(um) | ps/pw | N  |
|--------------------|----------|--------|--------|------|------|--------|--------------------|------------|----|------------|-------|----|
| 6.9                | 200      | 153    | 86     | 2560 | 1440 | 60     | 3.5                | 1          | 2  | 18         | 3     | 9  |
| 6                  | 300      | 133    | 75     | 2560 | 1440 | 52     | 3.5                | 1          | 2  | 18         | 2     | 12 |
| 7.5                | 200      | 166    | 93     | 2560 | 1440 | 65     | 3.5                | 1          | 2  | 18         | 3     | 9  |
| 6.9                | 200      | 153    | 86     | 2560 | 1440 | 60     | 3.5                | 1          | 1  | 9          | 6     | 36 |
| 6                  | 300      | 133    | 75     | 2560 | 1440 | 52     | 3.5                | 1          | 1  | 9          | 5     | 75 |
| 7.5                | 200      | 166    | 93     | 2560 | 1440 | 65     | 3.5                | 1          | 1  | 9          | 7     | 49 |

图 6



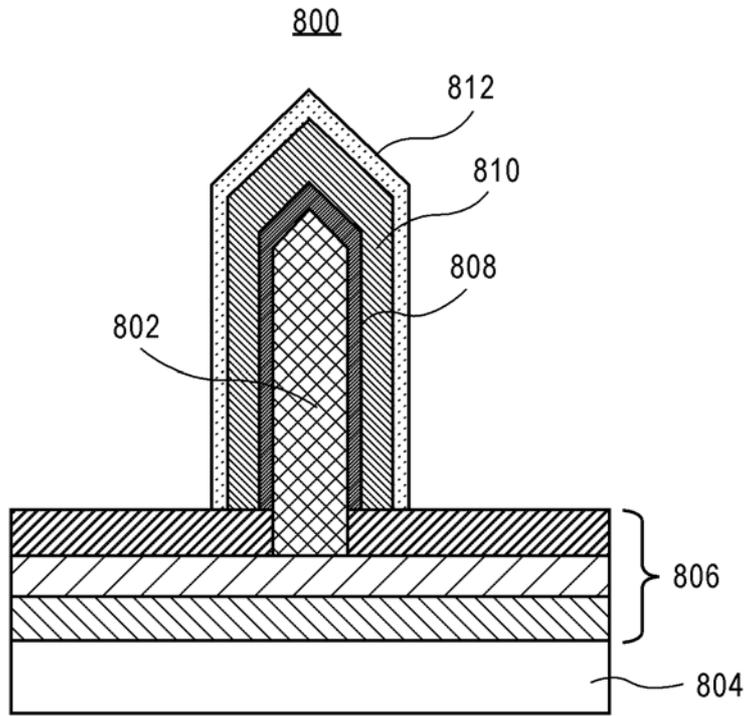


图 8A

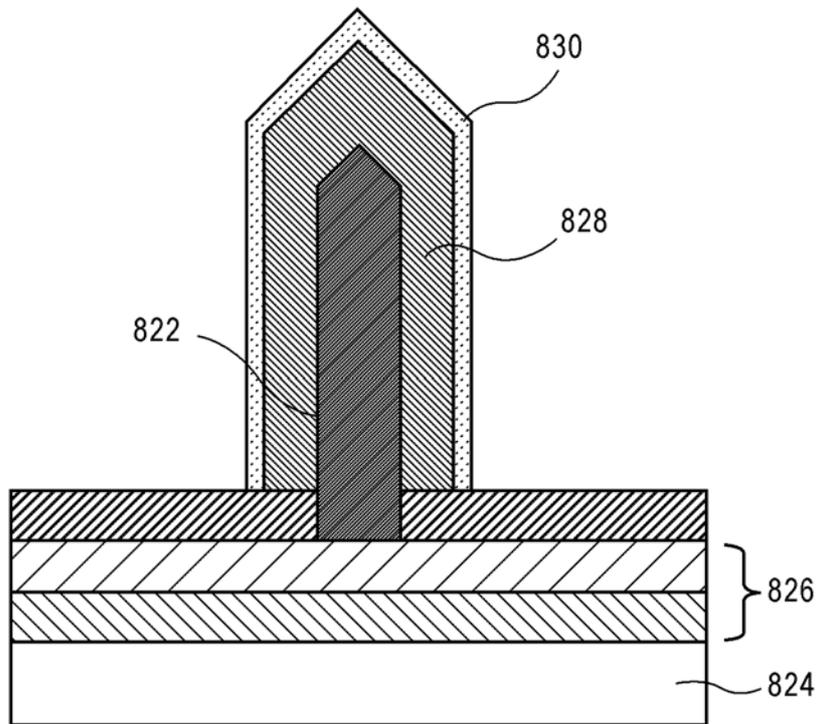


图 8B

840

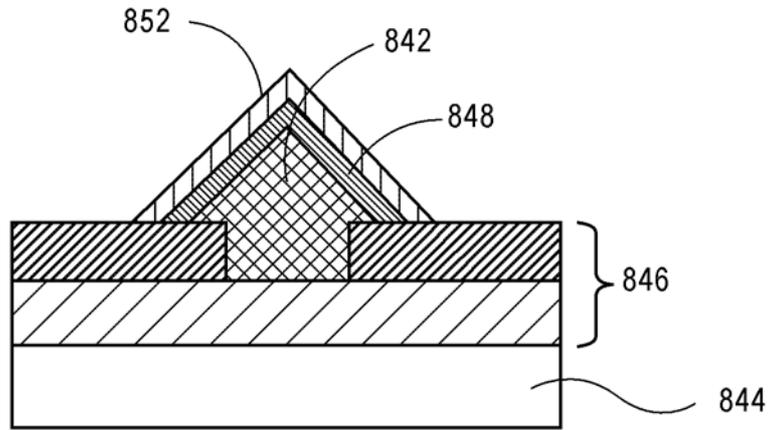


图 8C

860

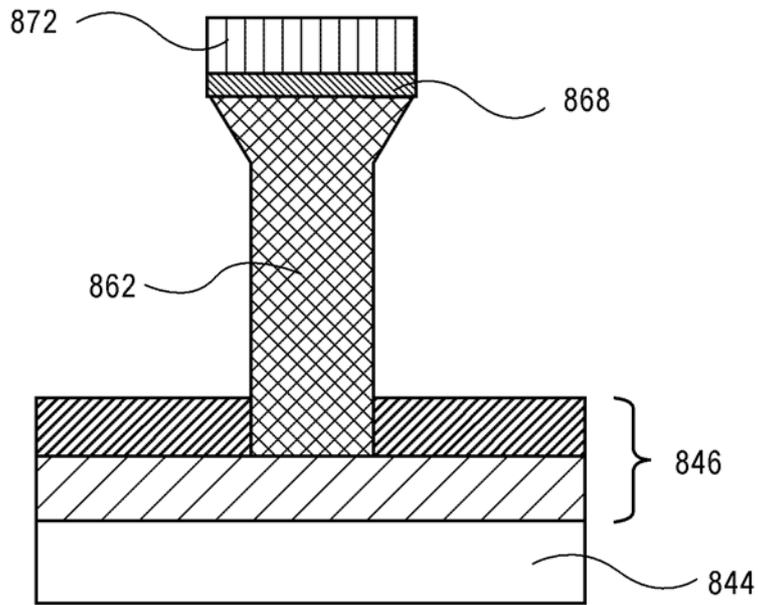


图 8D

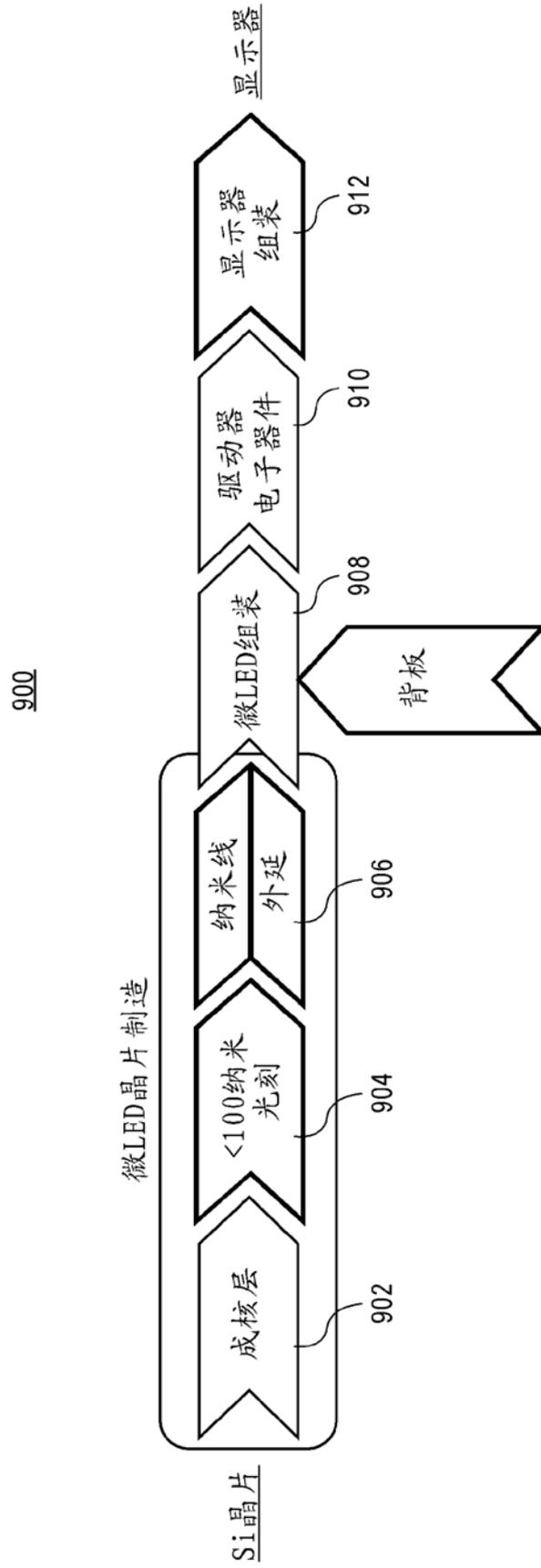


图 9

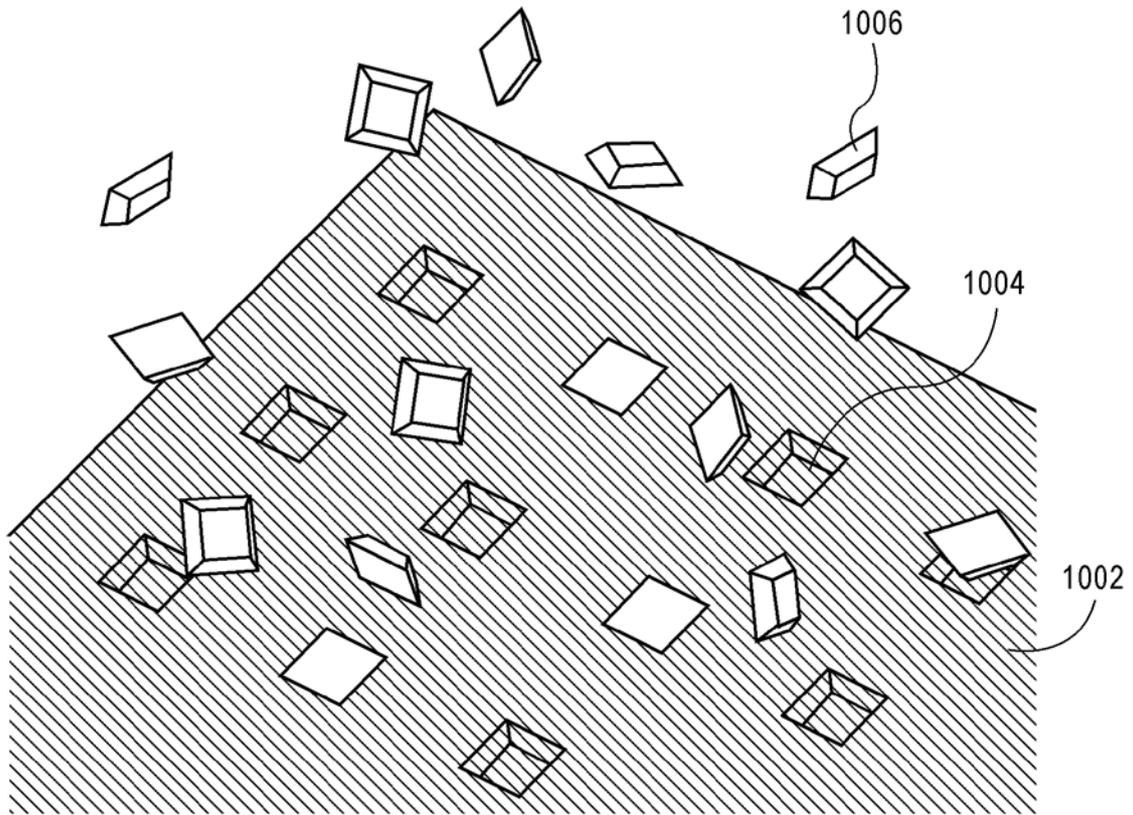


图 10

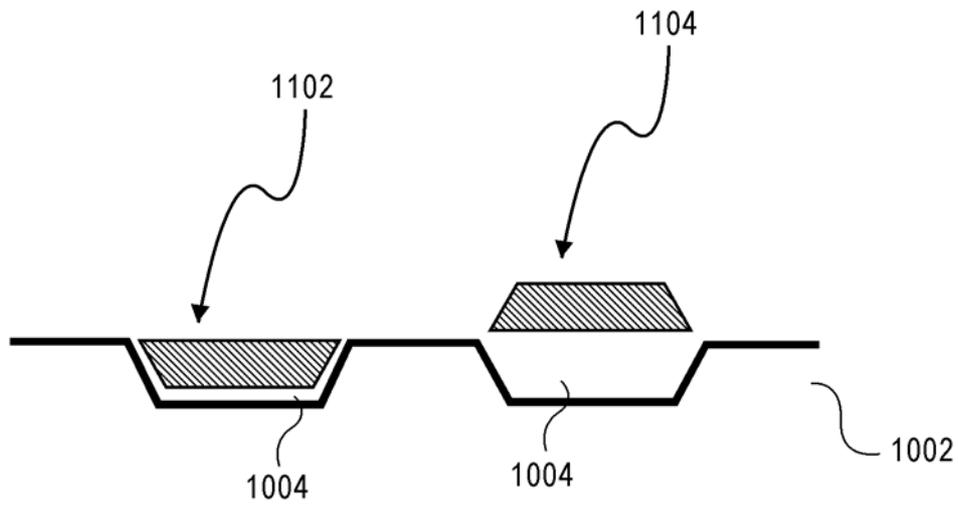


图 11

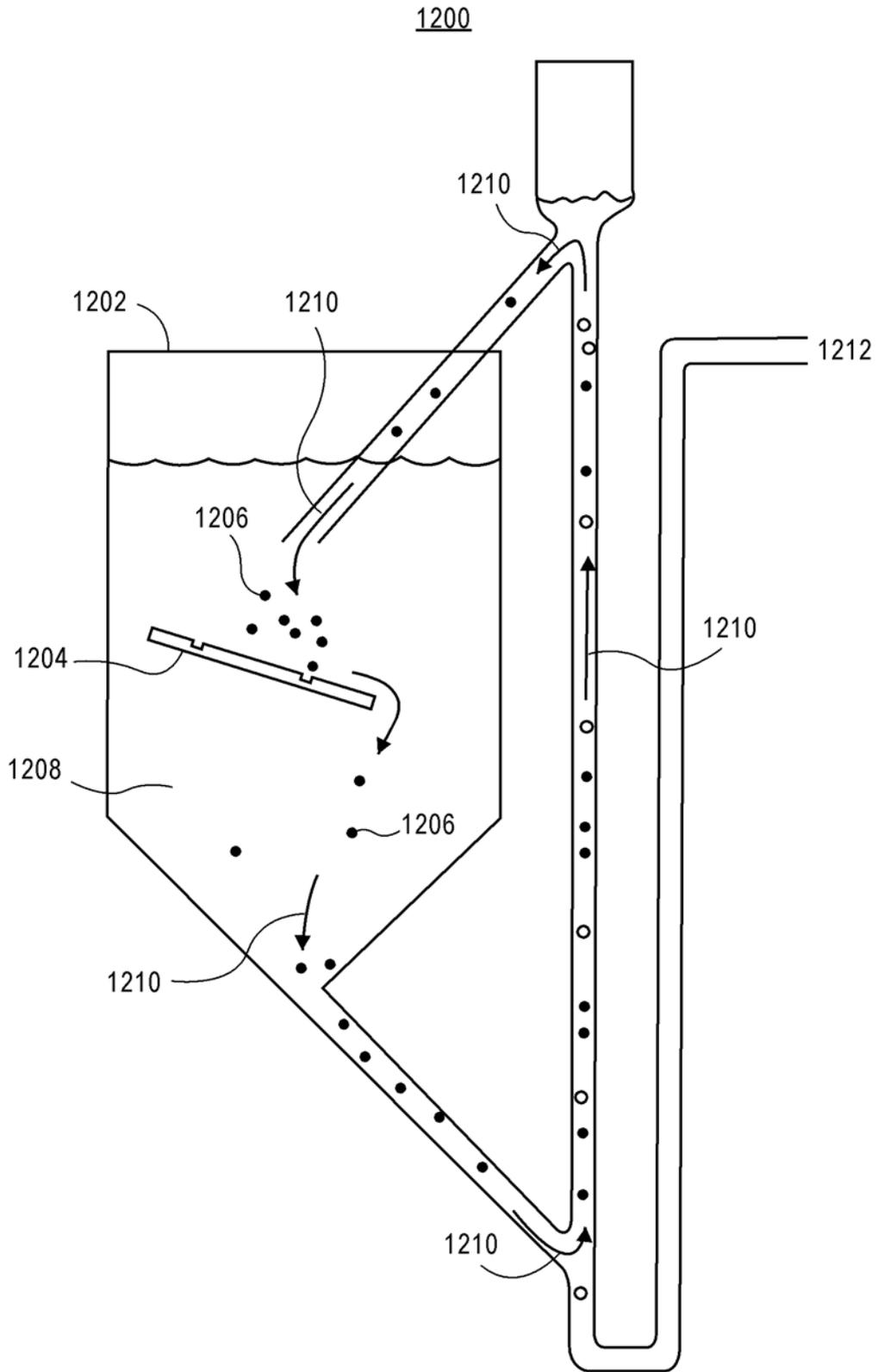


图 12

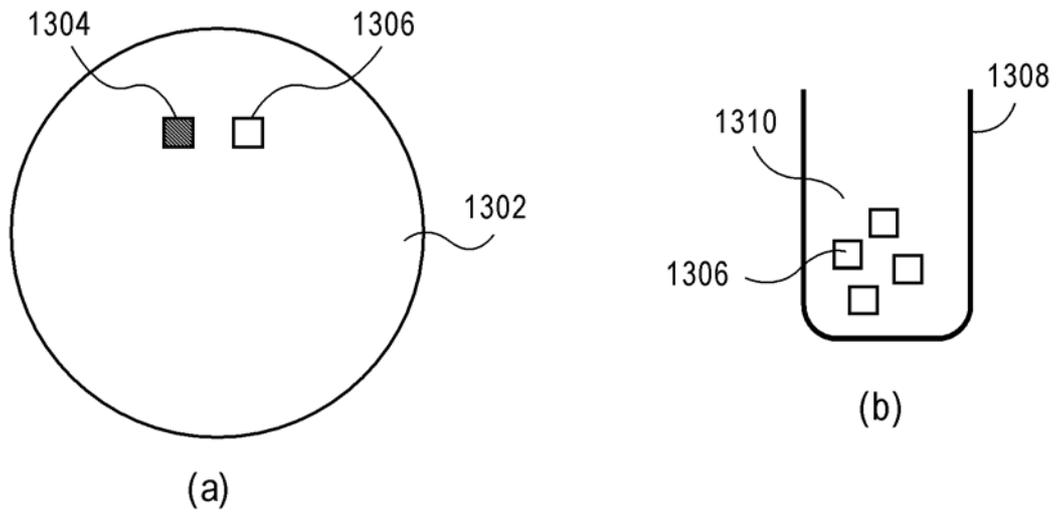


图 13

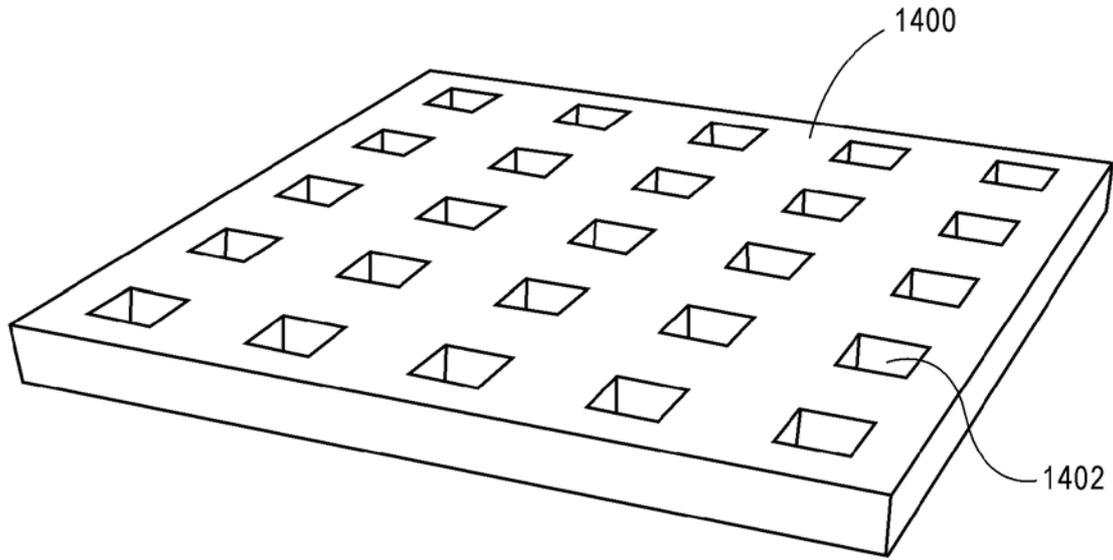


图 14

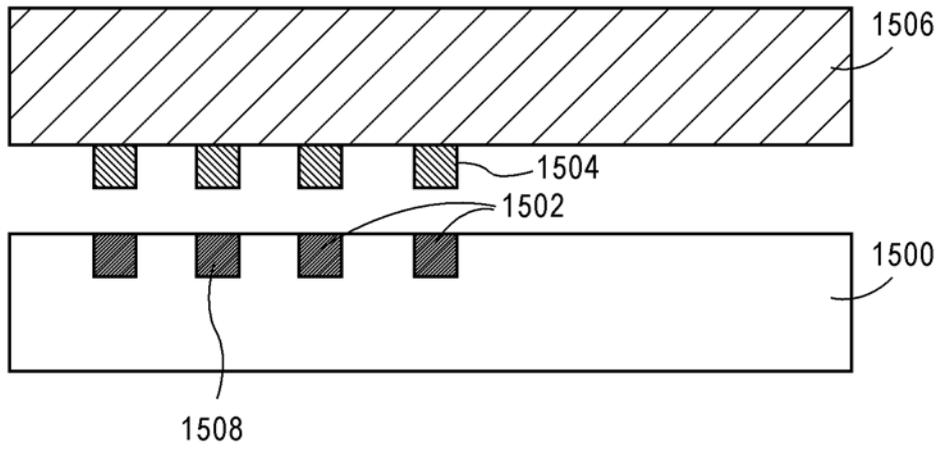


图 15

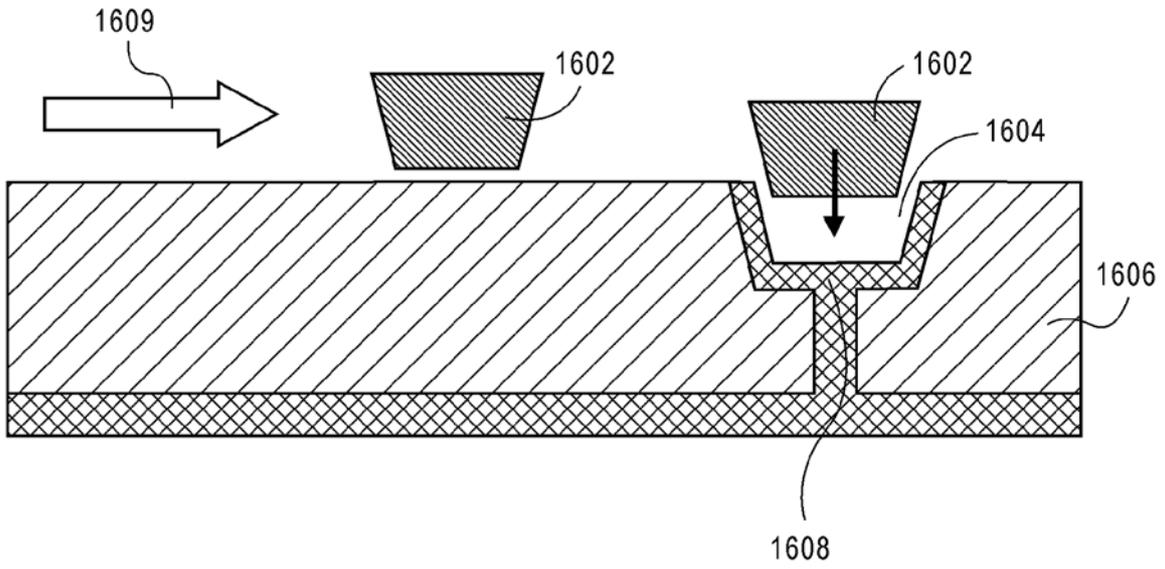


图 16

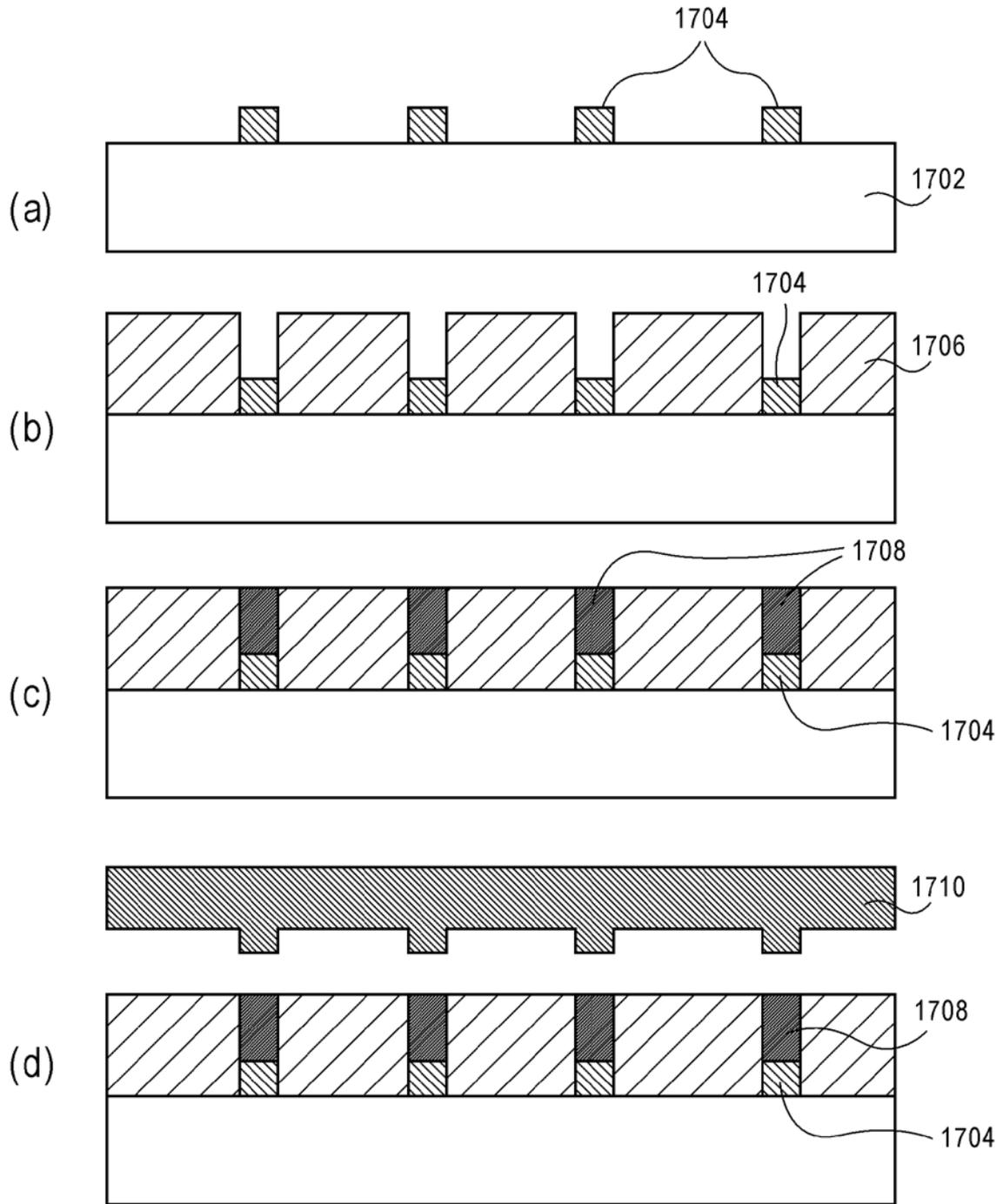


图 17

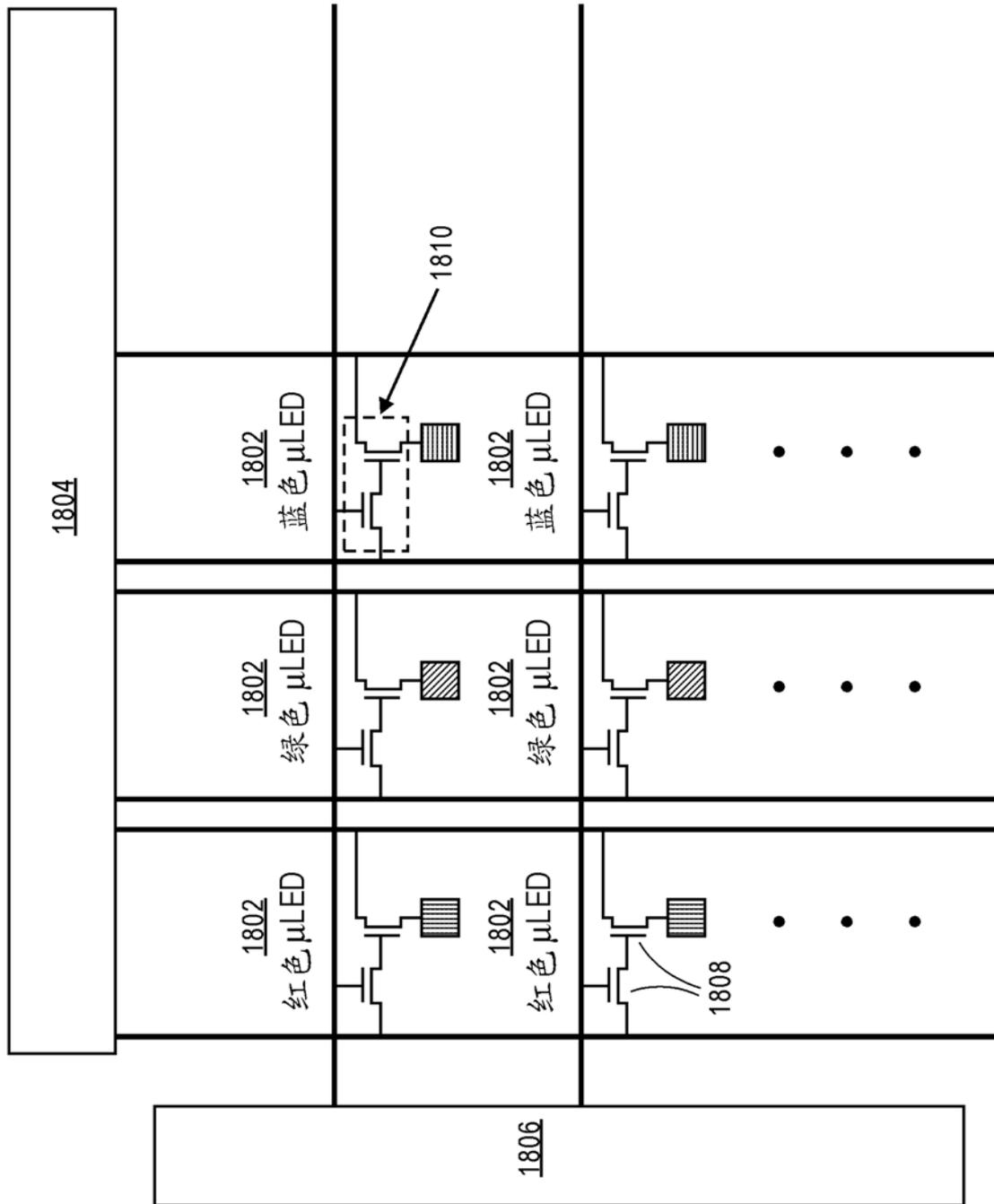


图 18

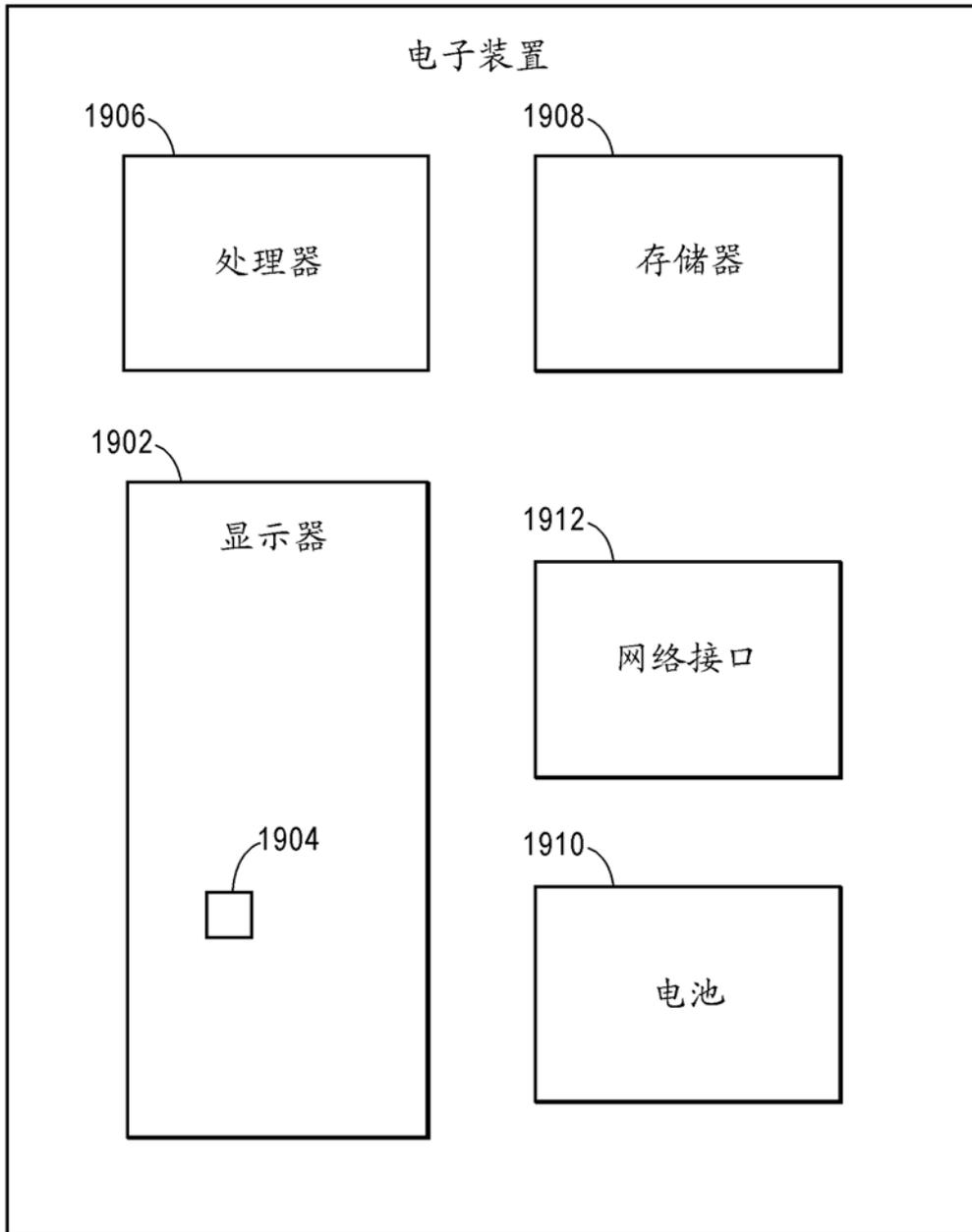


图 19

|                |   |         |            |
|----------------|---|---------|------------|
| 专利名称(译)        | 微发光二极管 ( LED ) 元件和显示器   |         |            |
| 公开(公告)号        | <a href="#">CN109411501A</a>  | 公开(公告)日 | 2019-03-01 |
| 申请号            | CN201810941687.7  | 申请日     | 2018-08-17 |
| [标]申请(专利权)人(译) | 英特尔公司   |         |            |
| 申请(专利权)人(译)    | 英特尔公司   |         |            |
| 当前申请(专利权)人(译)  | 英特尔公司   |         |            |
| [标]发明人         | A 卡基菲鲁茨   |         |            |
| 发明人            | K.艾哈迈德<br>A.潘科利<br>A.卡基菲鲁茨  |         |            |
| IPC分类号         | H01L27/15   |         |            |
| CPC分类号         | H01L27/156 H01L25/0753 H01L33/18 H01L33/32 H01L33/56 H01L33/02 H01L33/04 H01L33/06<br>H01L33/24 H01L33/38 H01L33/382 H01L33/385 |         |            |
| 代理人(译)         | 陈晓<br>闫小龙   |         |            |
| 优先权            | 15/681247 2017-08-18 US   |         |            |
| 外部链接           | <a href="#">Espacenet</a> <a href="#">SIPO</a>  |         |            |

摘要(译)

本发明公开了微发光二极管 ( LED ) 元件和显示器。描述了微发光二极管 ( LED ) 显示器和组装设备。在示例中，用于微发光二极管 ( LED ) 显示面板的像素元件包括第一颜色纳米线LED、第二颜色纳米线LED以及一对第三颜色纳米线LED，其中，第二颜色与第一颜色不同，第三颜色与第一颜色和第二颜色不同。连续的绝缘材料层在横向上围绕第一颜色纳米线LED、第二颜色纳米线LED和一对第三颜色纳米线LED。

