



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105339996 A

(43) 申请公布日 2016. 02. 17

(21) 申请号 201480034717. 6

H01L 25/075(2006. 01)

(22) 申请日 2014. 06. 09

H01L 33/50(2006. 01)

(30) 优先权数据

13/920, 912 2013. 06. 18 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2015. 12. 17

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2014/041487 2014. 06. 09

(87) PCT国际申请的公布数据

W02014/204694 EN 2014. 12. 24

(71) 申请人 勒克斯维科技公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 A·比布尔 K·麦格罗迪

(74) 专利代理机构 北京市金杜律师事务所

11256

代理人 王茂华 庞淑敏

(51) Int. Cl.

G09F 9/00(2006. 01)

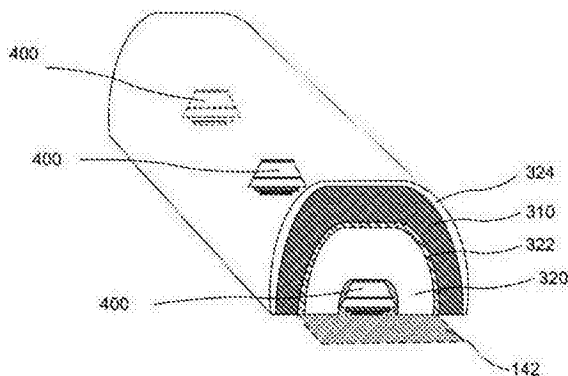
权利要求书2页 说明书25页 附图36页

(54) 发明名称

具有波长转换层的LED显示器

(57) 摘要

本发明描述了一种显示器及其制造方法。该显示器可包括衬底,该衬底包括像素阵列,其中每个像素包括多个子像素,并且像素内的每个子像素针对不同的颜色发射光谱而设计。在每个子像素内安装微型LED器件对阵列,以提供冗余。波长转换层阵列包括在微型LED器件对阵列上方形成的用于可调谐的颜色发射光谱的荧光体颗粒。



1. 一种显示面板,包括:

显示器衬底,所述显示器衬底包括像素阵列,每个像素包括多个子像素,其中所述子像素中的每个子像素针对不同的颜色发射光谱而设计;

微型 LED 器件对阵列,其中在每个子像素内安装一对微型 LED 器件;和

波长转换层阵列,所述波长转换层阵列包括所述微型 LED 器件对阵列上方的荧光体颗粒。

2. 根据权利要求 1 所述的显示面板,其中所述波长转换层阵列包括多组波长转换层,其中每组波长转换层被设计成发射不同的颜色发射光谱,并且不同组的波长转换层被分隔到不同的子像素中。

3. 根据权利要求 2 所述的显示面板,其中波长转换层不形成于用于所述子像素中的一个子像素的微型 LED 器件对上方。

4. 根据权利要求 2 所述的显示面板,其中所述微型 LED 器件对阵列被设计成发射单个颜色发射光谱。

5. 根据权利要求 1 所述的显示面板,其中所述微型 LED 器件对阵列包括多组微型 LED 器件对,其中每组微型 LED 器件对被设计成发射不同的颜色发射光谱,并且不同组的微型 LED 器件对被分隔到不同的子像素中。

6. 根据权利要求 5 所述的显示面板,其中波长转换层形成于第一子像素中的第一组微型 LED 器件对上方,并且波长转换层不形成于第二子像素中的第二组微型 LED 器件对上方。

7. 根据权利要求 1 所述的显示面板,其中每个波长转换层形成于仅单个微型 LED 器件上方。

8. 根据权利要求 1 所述的显示面板,其中每个波长转换层形成于微型 LED 器件对上方。

9. 根据权利要求 1 所述的显示面板,其中所述波长转换层是圆顶形的。

10. 根据权利要求 9 所述的显示面板,其中所述波长转换层具有选自由以下各项组成的组的形状:半球形外表面和细长圆顶形。

11. 根据权利要求 1 所述的显示面板,还包括位于所述波长转换层阵列和对应的微型 LED 器件对之间的光分布层阵列。

12. 根据权利要求 11 所述的显示面板,其中所述光分布层是光管,每个光分布层被表征为具有大于所述光分布层的厚度的横向长度。

13. 根据权利要求 1 所述的显示面板,其中所述荧光体颗粒是量子点。

14. 根据权利要求 1 所述的显示面板,其中不为量子点的所述荧光体颗粒由于其组分而表现出发光性。

15. 根据权利要求 1 所述的显示面板,其中所述微型 LED 器件各自具有 $1\ \mu\text{m}$ - $100\ \mu\text{m}$ 的最大宽度。

16. 根据权利要求 1 所述的显示面板,还包括与每个子像素对应的反射堤层,其中每个反射堤层能够从所述显示器衬底内的工作电路独立寻址。

17. 根据权利要求 1 所述的显示面板,还包括位于所述显示器衬底上或内的接地线。

18. 根据权利要求 17 所述的显示面板,还包括一个或多个顶部电极层,所述一个或多个顶部电极层将所述微型 LED 器件对阵列电连接到所述接地线。

19. 根据权利要求 18 所述的显示面板,其中所述一个或多个顶部电极层包括第一顶部

电极层和独立顶部电极层,所述第一顶部电极层将微型 LED 器件对中的第一微型 LED 器件电连接到所述接地线,所述独立顶部电极层将所述微型 LED 器件对中的第二微型 LED 器件连接到所述接地线。

20. 根据权利要求 12 所述的显示面板,其中呈所述光管形式的每个光分布层跨越在多于一个子像素和被安装在所述多于一个子像素内的所述微型 LED 器件对上方。

21. 根据权利要求 12 所述的显示面板,其中呈所述光管形式的每个光分布层跨越在对应像素内的所有所述多个子像素和被安装在所述像素的所述多个子像素内的所述微型 LED 器件对上方。

22. 根据权利要求 12 所述的显示面板,其中呈所述光管形式的每个光分布层跨越在不超过一个子像素和被安装在所述子像素内的所述微型 LED 器件对上方。

具有波长转换层的 LED 显示器

技术领域

[0001] 本发明涉及微型 LED 器件。更具体地,本发明的实施例涉及一种用于将微型 LED 器件集成到具有可调谐的颜色发射光谱的衬底上的方法和结构。

背景技术

[0002] 量子点是可被调谐成在整个可见光谱和红外光谱中发射光的半导体纳米晶体。由于尺寸小到 1nm 到 100nm,更典型地为 1nm 到 20nm,因此量子点显示与对应块体材料那些光学属性不同的独特光学属性。光发射的波长并且因此颜色强烈依赖于量子点的尺寸。对于示例性硒化镉 (CdSe) 量子点,可将光发射从 5nm 直径的量子点的红色区域逐渐调谐到 1.5nm 量子点的紫色区域。通常存在用于量子点 (QD) 激励的两种方案。一种方案使用光激励,并且另一种方案使用直接电激励。

[0003] 一种所提出的量子点具体实施是集成到液晶显示器 (LCD) 面板的背光中。用于 LCD 面板的当前的白色发光二极管 (LED) 背光技术利用多个蓝色发光 LED 芯片上方的掺杂铈的 YAG:Ce (钇铝石榴石) 下转换荧光体层。组合来自 LED 芯片的蓝光和来自 YAG:Ce 荧光体的宽谱黄光发射得到了接近白色的光。已提出利用量子点的共混物来替代 YAG:Ce 荧光体以实现白色背光。美国专利 8,294,168 描述了在封装上方布置量子点密封封装,包括边缘型背光单元光源模块中的一排光发射设备。光源模块被定位在 LED 显示面板的边缘处,使其通过 LED 显示面板后的导光板的侧表面发光,其中光朝 LCD 显示面板被反射。

发明内容

[0004] 本发明公开了一种具有一个或多个波长转换层和冗余方案的显示面板。在一个实施例中,显示面板包括显示器衬底,该显示器衬底包括像素阵列,其中每个像素包括多个子像素,并且每个子像素针对不同的发射光谱而设计。例如,此类配置可以是红-绿-蓝 (RGB) 像素,该 RGB 像素包括针对红光发射设计的子像素、针对绿光发射设计的子像素和针对蓝光发射而设计的子像素。在每个子像素内安装微型 LED 器件对阵列,以形成冗余方案,并且包括荧光体颗粒的波长转换层阵列形成于微型 LED 器件对阵列上方。示例性荧光体颗粒包括量子点以及由于其组分不能成为量子点而表现出发光性的颗粒。示例性微型 LED 器件可具有 $1\ \mu\text{m}$ - $100\ \mu\text{m}$ 的最大值。波长转换层阵列可包括多组波长转换层,其中每组波长转换层被设计成发射不同的颜色发射光谱。不同组的波长转换层可被分隔到不同的子像素中。例如,在 RGB 像素布置中,不同组的波长转换层可被设计用于红光发射、绿光发射和蓝光发射,并将其分别分隔到红光发射子像素、绿光发射子像素和蓝光发射子像素中。

[0005] 在一些实施例中,波长转换层不形成于每个微型 LED 器件上方。例如,一些微型 LED 器件可以是“裸露”的,并且不需要利用波长转换层来转换微型 LED 器件的发射光谱。微型 LED 器件可全都具有相同的颜色发射光谱,或者微型 LED 器件阵列可包括被设计成发射不同的颜色发射光谱的多组微型 LED 器件,其中不同的微型 LED 器件组被分隔到不同的子像素中。微型 LED 器件颜色发射光谱和波长转换层光谱的各种组合是可用的。例如,作

为形成具有冗余对的 RGB 像素布置的几种方式中的一种方式的实例,像素可包括红色子像素中的一对“裸露”的红光微型 LED 器件、绿色子像素中的蓝色微型 LED 器件上方的绿色发光波长转换层,以及蓝色子像素中的“裸露”的蓝光微型 LED 器件。

[0006] 也可改变波长转换层的尺寸和形状。在一些实施例中,每个波长转换层形成于仅单个微型 LED 器件上方。每个波长转换层还可形成于子像素中的微型 LED 器件冗余对的两个微型 LED 器件上方。波长转换层可采用圆顶形状配置,诸如半球形外表面,并可缩窄或平坦化。波长转换层还可采用细长形状,诸如细长圆顶形状。光分布层可形成于对应的微型 LED 器件和波长转换层之间。在一些实施例中,光分布层是光管形式的,可以大于光分布层的厚度的横向长度或宽度来表征。每个光管可跨越单个子像素或多个子像素。例如,每个光管可跨越不多于一个子像素以及被安装在子像素内的微型 LED 器件对。例如,每个光管可跨越多于一个子像素以及被安装在多于一个子像素内的微型 LED 器件对。每个光管可跨越对应像素内的所有多个子像素以及被安装在像素的多个子像素内的微型 LED 器件对。

[0007] 可在每个子像素内形成反射堤层,其中每个反射堤层可从衬底内的工作电路被独立寻址。例如,显示器衬底可以是薄膜晶体管衬底。可在显示器衬底上或内形成接地线。可形成一个或多个顶部电极层以将微型 LED 器件对阵列电连接到接地线。在一个实施例中,第一顶部电极层将一对微型 LED 器件中的第一微型 LED 器件连接到接地线,并且独立的顶部电极层将该对中的第二微型 LED 器件连接到接地线。在一个实施例中,微型 LED 器件不规则部件在微型 LED 器件对阵列内。示例性不规则部件可以是缺失、缺陷或受污染的微型 LED 器件,并且可在多个不规则部件上方形成钝化层,以使它们与一个或多个顶部电极层电绝缘,该顶部电极层形成于不规则部件正上方或被调节,使得它们不形成于不规则部件正上方。可在与多个微型 LED 器件不规则部件对应的子像素内形成修复微型 LED 器件。

附图说明

[0008] 图 1A 是根据本发明的实施例的有源矩阵显示面板的示意性顶视图图示。

[0009] 图 1B 是根据本发明的实施例的在转移一对微型 LED 器件之前沿线 X-X 和 Y-Y 截取的图 1A 的有源矩阵显示面板的示意性侧视图图示。

[0010] 图 1C 是根据本发明的实施例的在转移一对微型 LED 器件之后沿线 X-X 和 Y-Y 截取的图 1A 的有源矩阵显示面板的示意性侧视图图示。

[0011] 图 1D 是根据本发明的实施例的在转移一对微型 LED 器件之后沿线 X-X 和 Y-Y 截取的类似于图 1A 的有源矩阵显示面板的示意性侧视图图示。

[0012] 图 2A-图 2D 是根据本发明的实施例的被安装在子像素的反射堤层内的微型 LED 器件的布置的等轴视图图示。

[0013] 图 3A-图 3C 是根据本发明的实施例的被安装在子像素的反射堤层内的微型 LED 器件的布置的等轴视图图示,该子像素具有在单独的微型 LED 器件上方形成的独立波长转换层。

[0014] 图 4A-图 4C 是根据本发明的实施例的被安装在子像素的反射堤层内的微型 LED 器件的布置的等轴视图图示,该子像素具有在微型 LED 器件上方形成的单个波长转换层。

[0015] 图 5 是根据本发明的实施例的被安装在子像素的反射堤层内的微型 LED 器件的布置的等轴视图图示,该子像素具有在反射堤结构和微型 LED 器件上方形成的单个波长转换

层。

[0016] 图 6A-图 6C 是根据本发明的实施例的被安装在子像素的反射堤层内的微型 LED 器件的布置的等轴视图图示,该子像素具有在微型 LED 器件上方形成的细长圆顶形波长转换层。

[0017] 图 7A 是根据本发明的实施例的被安装在子像素的反射堤层内的微型 LED 器件的布置的等轴视图图示,该子像素具有在微型 LED 器件上方形成的单个细长圆顶形波长转换层。

[0018] 图 7B 是根据本发明的实施例的被安装在子像素的反射堤层内的微型 LED 器件的布置的等轴视图图示,该子像素具有在反射堤结构和微型 LED 器件上方形成的单个细长圆顶形波长转换层。

[0019] 图 8A 是根据本发明的实施例的包括形成于多个子像素上方的细长圆顶形波长转换层的像素的等轴视图图示。

[0020] 图 8B 是根据本发明的实施例的包括形成于多个子像素上方的细长圆顶形波长转换层和形成于单个子像素上方的细长圆顶形波长转换层的像素的等轴视图图示。

[0021] 图 9A 是根据本发明的实施例的多个微型 LED 器件周围的光管和光管上方的波长转换层的组合视图图示。

[0022] 图 9B 是根据本发明的实施例的一对微型 LED 器件周围的光管和光管上方的波长转换层的横截面侧视图图示。

[0023] 图 9C-图 9D 是根据本发明的实施例的一对微型 LED 器件周围的渐缩光管和渐缩光管上方的波长转换层的横截面侧视图图示。

[0024] 图 10A 是根据本发明的实施例的一对微型 LED 器件周围的光管和该对微型 LED 器件上方的一对反射层的组合视图图示。

[0025] 图 10B 是根据本发明的实施例的波长转换层和光管上方的一对反射层的横截面侧视图图示。

[0026] 图 10C 是根据本发明的实施例的光管上方和波长转换层下方的一对反射层的横截面侧视图图示。

[0027] 图 10D 是根据本发明的实施例的一对微型 LED 器件周围的光管和该对微型 LED 器件上方的一对反射层的组合视图图示。

[0028] 图 10E 是根据本发明的实施例的波长转换层和光管上方的一对反射层的横截面侧视图图示。

[0029] 图 10F 是根据本发明的实施例的光管上方和波长转换层下方的一对反射层的横截面侧视图图示。

[0030] 图 11A 是根据本发明的实施例的包括多个微型 LED 器件和该多个微型 LED 器件上方的多个光管和波长转换层的显示器的组合视图图示。

[0031] 图 11B-图 11E 是根据本发明的实施例的像素的示意性侧视图图示。

[0032] 图 11F 是根据本发明的实施例的包括多个微型 LED 器件和多个微型 LED 器件周围的多个光管和波长转换层的显示器的组合视图图示。

[0033] 图 11G-图 11J 是根据本发明的实施例的像素的示意性侧视图图示。

[0034] 图 12A 是根据本发明的实施例的反射堤结构上方的光管和波长转换层的横截面

侧视图图示。

[0035] 图 12B 是与图 12A 中的横截面侧视图正交的横截面侧视图图示,该横截面侧视图示出了根据本发明的实施例的在一对微型 LED 器件上方形成的顶部电极层。

[0036] 图 12C 是与图 12A 中的横截面侧视图正交的横截面侧视图图示,该横截面侧视图示出了根据本发明的实施例的在一对微型 LED 器件上方形成的一个或多个顶部电极层。

[0037] 图 12D 是与图 12A 中的横截面侧视图正交的横截面侧视图图示,该横截面侧视图示出了根据本发明的实施例的在多个微型 LED 器件上方形成的顶部电极层。

[0038] 图 12E 是与图 12A 中的横截面侧视图正交的横截面侧视图图示,该横截面侧视图示出了根据本发明的实施例的在一对微型 LED 器件上方形成的一个或多个顶部电极层。

[0039] 图 12F 是根据本发明的实施例的在多个反射堤结构内具有顶部触件和底部触件的多个微型 LED 器件以及多个微型 LED 器件上方的光管和波长转换层的横截面侧视图图示。

[0040] 图 13A-图 13B 是根据本发明的实施例的在反射堤结构内具有底部触件的多个微型 LED 器件以及多个微型 LED 器件上方的光管和波长转换层的横截面侧视图图示。

[0041] 图 13C 是根据本发明的实施例的在多个反射堤结构内具有底部触件的多个微型 LED 器件以及多个微型 LED 器件上方的光管和波长转换层的横截面侧视图图示。

[0042] 图 14A 是根据本发明的实施例的用于在子像素之间的黑矩阵和微型 LED 器件上方施加波长转换层的单侧方式的图示。

[0043] 图 14B 是根据本发明的实施例的用于在子像素之间的黑矩阵和微型 LED 器件上方施加波长转换层的上压下方式的图示。

[0044] 图 15 是根据本发明的实施例的在包括各种配置的微型 LED 器件阵列上方形成的顶部电极层的顶部示意图图示。

[0045] 图 16 是根据本发明的实施例的在包括各种配置的微型 LED 器件阵列上方形成的多个独立顶部电极层的顶部示意图图示。

[0046] 图 17 是根据本发明的实施例的在包括各种配置的微型 LED 器件阵列上方形成的多个独立顶部电极层的顶部示意图图示。

[0047] 图 18 是根据本发明的实施例的划线顶部电极层的顶部示意图图示。

[0048] 图 19 是根据本发明的实施例的划线底部触件层的顶部示意图图示。

[0049] 图 20 是根据本发明的实施例的包括冗余和修复部位配置的智能像素显示器的顶部示意图图示。

[0050] 图 21 是根据本发明的实施例的显示系统的示意图图示。

具体实施方式

[0051] 本发明的实施例描述了一种显示器,其中显示器衬底包括像素阵列,其中每个像素包括多个子像素,并且像素内的每个子像素针对不同的颜色发射光谱而设计。该显示器包括微型 LED 器件对阵列,其中一对微型 LED 器件被安装在每个子像素内。包括荧光体颗粒的波长转换层阵列被形成在微型 LED 器件对阵列上方。在一个实施例中,波长转换层包括聚合物或玻璃基体以及基体内的荧光体颗粒(例如,由于其尺寸而表现出发光性的量子点,以及由于其成分而表现出发光性的颗粒)的分散体。这样,可将光发射精确地调谐到颜

色光谱中的特定颜色,该颜色光谱改善的色域。此外,可根据本发明的实施例的对微型 LED 器件的结合用于将基于晶片的 LED 器件的性能、效率和可靠性与薄膜电子器件的高产出率、低成本、混合材料组合,以用于照明应用和显示应用。在美国专利申请 8,426,227、美国公开 2013/0126081、美国专利申请 13/458,932、美国专利申请 13/711,554 和美国专利申请 13/749,647 中描述了可用于本发明的一些实施例的示例性微型 LED 器件,上述所有专利申请以引用方式并入本文。该微型 LED 器件在光发射方面可以是高效的并且与 10 英寸对角 LCD 显示器或 OLED 显示器为 5 瓦 -10 瓦相比消耗极少的功率(例如,对于 10 英寸的对角显示器而言为 250mW),使得能够减小结合微型 LED 器件和波长转换层的示例性显示面板的功率消耗。

[0052] 在一个方面,本发明的实施例提供了一种配置,该配置允许不同发射光谱的荧光颗粒彼此独立,同时仍然提供观看者感知到的良好的颜色混合。在每个子像素中将荧光体颗粒彼此分开可防止从用于发射不同光谱的荧光体颗粒发射的光的二次吸收(例如,发红光的荧光体颗粒吸收发绿光的荧光体颗粒发射的绿光)。这样可提高效率并且减少不期望的色移。在根据本发明的实施例的微型 LED 器件系统中,不同的颜色发射区域(例如,子像素)之间的空间颜色分离可足够小(例如,大致 100 μm 或更小)而将不会被人眼感知到。这样,“微型”LED 器件的尺度使得能够在人眼感知不到空间颜色分离的相邻微型 LED 器件或子像素之间布置间距足够小(例如,大致 100 μm 或更小)的微型 LED 器件、光分布层和包括荧光体颗粒的波长转换层。在此类配置中,可避免通常与非微型 LED 器件系统相关联的光源的空间不均匀颜色。

[0053] 在另一方面,本发明的实施例描述了一种形成于一个或多个微型 LED 器件上方的光分布层,该光分布层允许从微型 LED 器件发射的光在进入波长转换层之前扩散开,并且还降低了进入波长转换层(和滤色器)中的光的光密度。扩散光可实现在透明光分布层上方形成来自波长转换层的更均匀的发射。因此,减小光密度可减少波长转换层中的荧光体颗粒的热劣化,从而延长光发射设备的寿命。这还可提高波长转换层中的荧光体颗粒的颜色转换的机会,而无需提高波长转换层中的荧光体颗粒的体积加载。扩散光并降低光密度还可减少被微型 LED 器件吸收的来自波长转换层的背反射量和发射量。根据本发明的实施例,包括光分布层可增加总的光发射、提高发射均匀性、并提高显示器的颜色光谱的锐利度。

[0054] 在另一方面,本发明的实施例描述了可提高微型 LED 器件、包括微型 LED 器件的像素或子像素的填充因子的光管配置。可将基于晶片的 LED 器件表征为点源,其中光发射占据很小区域,并具有集中的输出。如果基于晶片的 LED 器件固定得足够分散使得它们能够被人眼感知到(例如,大致 100 μm 或更大),则从各个 LED 器件发射的光可能被感知成小点。根据本发明的实施例描述的光管配置可被用于提高微型 LED 器件、包括微型 LED 器件的像素或子像素的填充因子,使得各个微型 LED 器件不能被人眼区分开且觉察不到小点。

[0055] 在另一方面,本发明的实施例描述了一种冗余方案,其中有多键合部位可用于键合每个子像素内例如子像素的每个堤开口内的多个微型 LED 器件。在一个实施例中,该冗余方案包括堤开口内的一对键合部位(或更多)处的键合层(例如,钢柱),其中每个键合层被设计成接收独立的微型 LED 器件。在一个实施例中,该冗余方案还可包括大到足以接收微型 LED 器件的堤开口内的修复键合部位。该修复键合部位还可任选地包括键合层。

这样,在一个实施例中,每个堤开口可对应于子像素的单个发射颜色,并接收发射颜色的多个微型 LED 器件。如果被安装在子像素内的一对微型 LED 器件的一个微型 LED 器件有缺陷,则另一个微型 LED 器件补偿有缺陷的微型 LED 器件。此外,如果需要,修复键合部位可被用于键合附加微型 LED 器件。在一个实施例中,将冗余和修复配置集成到背板结构中,这样可改善显示面板上方的发射均匀性,而无需改变已并入常规有源矩阵有机发光二极管 (AMOLED) 显示器中的底层薄膜晶体管 (TFT) 架构。因此,本发明的实施例可与 AMOLED 显示器的常规 TFT 背板技术兼容,其中微型 LED 器件替代 AMOLED 显示技术的有机发光层。

[0056] 在各种实施例中,参照附图进行描述。然而,某些实施例可在不存在这些具体细节中的一个或多个具体细节的情况下或者在与其他已知的方法和配置相结合的情况下被实施。在以下的描述中,阐述许多具体细节诸如特定配置、尺寸和工艺等以提供对本发明的彻底理解。在其他情况下,未对熟知的半导体工艺和制造技术进行特别详细地描述,以免不必要地模糊本发明。在整个说明书中所提到的“一个实施例”是指结合实施例所描述的特定特征、结构、配置或特性被包括在本发明的至少一个实施例中。因此,在整个说明书中多处出现短语“在一个实施例中”不一定是指本发明的相同实施例。此外,特定特征、结构、配置或特性可以任何适当的方式被组合在一个或多个实施例中。

[0057] 本文所使用的术语“跨越”、“在……上方”、“到”、“在……之间”和“在……上”可指一层相对于另一层的相对位置。一层“跨越”另一层、在另一层“上方”或在另一层“上”或者键合“到”另一层可为与其他层直接接触或可具有一个或多个中间层。一层在多层“之间”可为与该多层直接接触或可具有一个或多个中间层。

[0058] 现在参考图 1A-图 1D,其提供了根据本发明的实施例的有源矩阵显示面板的示意性顶视图和侧视图。在此类实施例中,下方的 TFT 衬底 102 可类似于包括工作电路(例如, T1、T2) 的典型 AMOLED 背板中的那些 TFT 衬底。参考图 1A,面板 100 通常可包括像素区域 104 和工作电路,该像素区域 104 包括被布置成矩阵的像素 106 和子像素 108,该工作电路连接到每个子像素以用于驱动和切换该子像素。非像素区域通常包括使得数据信号 (Vdata) 能够被传输到子像素的被连接到每个子像素的数据线的数据驱动器电路 109、使得扫描信号 (Vscan) 能够被传输到子像素的被连接到子像素的扫描线的扫描驱动器电路 112、向 TFT 传输电力信号 (Vdd) 的电源线 114、以及将接地信号 (Vss) 传输到子像素阵列的接地环 116。如图所示,数据驱动器电路、扫描驱动器电路、电源线和接地环全部连接到柔性电路板 (FCB) 113,该柔性电路板包括用于向电源线 114 供应电力的电源以及被电连接到接地环 116 的电源接地线。根据本发明的实施例,可利用对应的下方 TFT 电路来对子像素 108 中的每个子像素逐个寻址,同时向像素区域 104 的顶部供应统一的接地信号。

[0059] 现在参考图 1B-图 1D,可在平面化层 122 中形成开口 131 以接触工作电路。示例性平面化材料包括苯并环丁烯 (BCB) 和丙烯酸树脂。工作电路可包括传统的 2T1C(两个晶体管,一个电容器) 电路,该传统的 2T1C 电路包括开关晶体管、驱动晶体管和存储电容器。应当理解,2T1C 电路意在为示例性的并且根据本发明的实施例设想其他类型的电路或对传统 2T1C 电路的修正。例如,更复杂的电路可被用于补偿驱动器晶体管和微型 LED 器件的工艺变化或用于补偿其不稳定性。此外,尽管相对于 TFT 衬底 102 中的顶栅极晶体管结构描述和示出了本发明的实施例,但本发明的实施例还设想使用底部栅极晶体管结构。类似地,尽管相对于顶部发射结构描述和示出了本发明的实施例,但本发明的实施例还设想使用底

部发射结构、或顶部发射结构和底部发射结构两者。此外，下文具体相对于高侧驱动配置描述和示出了本发明的实施例，该高侧驱动配置包括接地联络线和接地环。在高侧驱动配置中，LED 可在 PMOS 驱动器晶体管的漏极侧或 NMOS 驱动器晶体管的源极侧，使得电路推动电流通过 LED 的 p 端子。不受此限制的本发明的实施例也可利用低侧驱动配置来实施，在这种情况下，接地联络线和接地环变成平面中的电源线并且通过 LED 的 n 端子拉动电流。

[0060] 在平面化层 122 上方形成包括堤开口 128 的图案化堤层 126。堤层 126 可由多种技术形成，诸如喷墨印刷、丝网印刷、层合、旋涂、CVD 和 PVD。堤层 126 对可见波长可以是不透明的、透明的或半透明的。堤层 126 可由各种绝缘材料形成，该绝缘材料诸如但不限于光可界定的丙烯酸树脂、光致抗蚀剂、氧化硅 (SiO_2)、氮化硅 (SiN_x)、聚(甲基丙烯酸甲酯) (PMMA)、苯并环丁烯 (BCB)、聚酰亚胺、丙烯酸酯、环氧树脂和聚酯。在一个实施例中，堤层由不透明材料诸如黑色矩阵材料形成。示例性绝缘黑色矩阵材料包括有机树脂、玻璃体浆料和树脂或浆料，该树脂和浆料包括黑色颜料、金属颗粒(诸如镍、铝、钼及其合金)、金属氧化物颗粒(例如氧化铬)或金属氮化物颗粒(例如，氮化铬)。

[0061] 根据本发明的实施例，相对于以下附图描述的堤层 126 的厚度和堤开口 128 的宽度可取决于待被安装在开口内的微型 LED 器件的高度、用于转移微型 LED 器件的转移头部的高度以及显示面板的分辨率。在一个实施例中，显示面板的分辨率、像素密度和子像素密度可考虑堤开口 128 的宽度。对于具有 40PPI(每英寸像素)和 $211\ \mu\text{m}$ 子像素间距的示例性 55 英寸电视，堤开口 128 的宽度可以是几微米到 $206\ \mu\text{m}$ 之间的任何值，以适应堤开口 128 之间的围绕堤结构的示例性的 $5\ \mu\text{m}$ 的宽度。对于具有 440PPI 和 $19\ \mu\text{m}$ 子像素间距的示例性显示面板，堤开口 128 的宽度可以是几微米到 $14\ \mu\text{m}$ 之间的任何值，以适应围绕堤结构的示例性的 $5\ \mu\text{m}$ 的宽度。堤结构(即，堤开口 128 之间)的宽度可以是任何适当的尺寸，只要该结构支持所需的工艺并且可缩放到所需的 PPI。

[0062] 表 1 提供了根据本发明的实施例的针对具有 1920×1080 分辨率和 2560×1600 分辨率的各种红-绿-蓝(RGB)显示器的示例性具体实施的列表。在示例性实施例中，40PPI 像素密度可对应于 55 英寸 1920×1080 分辨率的电视，并且 326 像素密度和 440PPI 像素密度可对应于具有 RETINA(RTM) 显示器的手持设备。应当理解，本发明的实施例不限于 RGB 颜色方案或 1920×1080 分辨率或 2560×1600 分辨率，并且具体分辨率和 RGB 颜色方案仅用于示例性目的。

[0063] 表 1。

[0064]

显示器衬底	像素间距(x,y)	子像素间距(x,y)	每英寸的像素数(PPI)	可能的转移头部阵列间距
55" 1920×1080	(634 μm , 634 μm)	(211 μm , 634 μm)	40	X: 211 μm 的倍数或分数 Y: 634 μm 的倍数或分数
10" 2560×1600	(85 μm , 85 μm)	(28 μm , 85 μm)	299	X: 28 μm 的倍数或分数 Y: 85 μm 的倍数或分数
4" 640×1136	(78 μm , 78 μm)	(26 μm , 78 μm)	326	X: 26 μm 的倍数或分数 Y: 78 μm 的倍数或分数
5" 1920×1080	(58 μm , 58 μm)	(19 μm , 58 μm)	440	X: 19 μm 的倍数或分数 Y: 58 μm 的倍数或分数

[0065] 根据本发明的实施例,堤层 126 的厚度不太厚,以便堤结构起作用。厚度可由微型 LED 器件高度和预先确定的视角确定。例如,在堤开口 128 的侧壁与平面化层 122 形成角度的情况下,更小的角度可与系统的更宽的视角相关。在一个实施例中,堤层 126 的示范性厚度可在 $1\ \mu\text{m}$ - $50\ \mu\text{m}$ 之间。在一个实施例中,堤层 126 的厚度在微型 LED 器件 400 的厚度的 $5\ \mu\text{m}$ 内。

[0066] 然后,在图案化堤层 126 上方形成图案化导电层。在一个实施例中,图案化导电层包括形成于堤开口 128 内的反射堤层 142 并与工作电路进行电接触中。例如,可针对每个子像素形成反射堤层 142,其中每个反射堤层充当底部电极,并可以独立于衬底内的工作电路被寻址。因此,键合到子像素的一个反射堤层的所有微型 LED 器件一起寻址。图案化导电层还可任选地包括接地联络线 144 和 / 或接地环 116。如本文所用,术语接地“环”不需要圆形图案,或完全围绕对象的图案。此外,尽管以下实施例是相对于在三个侧面上至少部分地围绕像素区域的接地环 116 的形式的接地线描述和示出的,但应当理解,也可以利用沿像素区域的一侧(例如左侧、右侧、底部、顶部)或两侧(左侧、右侧、底部、顶部的组合)延伸的接地线来实施本发明的实施例。因此,应当理解,在以下描述中,对接地环的引用和例示可能潜在地被系统需求许可所处的接地线替代。

[0067] 图案化导电层可由若干导电材料和反射材料形成,并且可包括多于一层。在一个实施例中,图案化导电层包括金属膜诸如铝、钼、钛、钛-钨、银、金或它们的合金。在应用中,图案化导电层可包括层或金属膜的堆栈。图案化导电层可包括导电材料(诸如非晶硅)、透明导电氧化物(TCO)(诸如铟锡氧化物(ITO)和铟锌氧化物(IZO)、碳纳米管膜、或透明导电聚合物(诸如聚(3,4-乙烯乙二氧噻吩)(PEDOT)、聚苯胺、聚乙炔、聚吡咯和聚噻吩)。在一个实施例中,图案化导电层包括导电材料和反射导电材料的堆栈。在一个实施例中,图案化导电层包括 3 层堆栈,该 3 层堆栈包括顶部层和底部层以及中间反射层,其中顶部层和底部层中的一者或两者是透明的。在一个实施例中,图案化导电层包括导电氧化物-反射金属-导电氧化物 3 层堆栈。该导电氧化物层可以是透明的。例如,图案化导电层可包括 ITO-银-ITO 层堆栈。在此类配置中,顶部 ITO 层和底部 ITO 层可防止反射金属(银)层的扩散和 / 或氧化。在一个实施例中,图案化导电层包括 Ti-Al-Ti 堆栈,或 Mo-Al-Mo-ITO 堆栈。在一个实施例中,图案化导电层包括 ITO-Ti-Al-Ti-ITO 堆栈。在一个实施例中,图案化导电层的厚度为 $1\ \mu\text{m}$ 或更小。可使用合适的技术诸如但不限于 PVD 来沉积图案化导电层。

[0068] 在形成反射堤层 142、接地联络线 144 和接地环 116 之后,然后可任选地在 TFT 衬底 102 上方形成用于覆盖图案化导电层的侧壁的绝缘体层 146。绝缘体层 146 可至少部分地覆盖堤层 126 和反射堤层 142、接地联络线 144 和 / 或接地环 116。在所示的实施例中,绝缘体层 146 完全覆盖接地环 116,然而这是任选的。

[0069] 在一个实施例中,通过使用合适的技术进行毯式沉积来形成绝缘体层 146,该合适的技术诸如层合、旋涂、CVD 和 PVD,并且然后使用合适的技术诸如平版印刷被图案化以形成用于暴露反射堤层 142 的开口和用于暴露接地联络线 149 的开口 149。在一个实施例中,可无需平版印刷,而使用喷墨印刷或丝网印刷来形成绝缘体层 146 和该绝缘体层中的开口。绝缘体层 146 可由各种材料形成,该各种材料诸如但不限于 SiO_2 、 SiN_x 、PMMA、BCB、聚酰亚胺、丙烯酸酯、环氧树脂和聚酯。例如,绝缘体层 146 厚度可以是 $0.5\ \mu\text{m}$ 。绝缘体层 146

可在形成于堤开口 128 内的反射堤层 142 的侧壁上方的位置是透明的或半透明的,以免显著降低成品系统的光发射提取。也可控制绝缘体层 146 的厚度以提高光提取效率,并且还不会在向反射堤结构转移光发射设备阵列期间干扰转移头部阵列。如在以下描述中将变得更加显而易见的,图案化绝缘体层 146 是任选的并且表示用于电隔离导电层的一种方式。

[0070] 在图 1B-图 1C 所示的实施例中,反射堤层 142、接地联络线 144 和接地环 116 可由相同的导电层形成。在另一个实施例中,接地联络线 144 和 / 或接地环 116 可由与反射堤层 142 不同的导电材料形成。例如,接地联络线 14 和接地环 116 可由导电性高于反射堤层 142 的材料形成。在另一个实施例中,接地联络线 14 和 / 或接地环 116 也可形成于与反射堤层不同的层内。接地联络线 144 和接地环 116 也可形成于图案化堤层 126 内或下方。例如,可在形成接地联络线 144 和接地环 116 时通过图案化堤层 126 形成开口。也可通过图案化堤层 126 和平面化层 122 来形成开口以接触接地联络线 144。在一个实施例中,接地环和接地联络线 144 可以是在形成 TFT 衬底 102 的工作电路期间形成的。因此,应当理解,形成接地联络线 144 和接地环 116 存在若干种可能性。

[0071] 参考图 1B 所示的实施例,可在反射堤层 142 上形成多个键合层 140 以促进键合微型 LED 器件。在所示的特定实施例中示出了用于键合一对微型 LED 器件的两个键合层 140。在一个实施例中,针对其通过键合机制与微型 LED 器件(尚未放置)上的键合层相互扩散的能力来选择键合层 140,该键合机制诸如低共熔合金键合、瞬态液相键合、或固态扩散键合,如美国专利申请 13/749,647 中所述的。在一个实施例中,键合层 140 可具有 250°C 或更低的熔点。例如,键合层 140 可包括焊料材料,诸如锡(232°C)或铟(156.7°C)或它们的合金。键合层 140 也可以是其高度大于宽度的柱形。根据本发明的一些实施例,较高的键合层 140 可在微型 LED 器件转移操作期间针对系统组分流平(诸如微型 LED 器件阵列和 TFT 衬底的平面性)以及在键合期间(诸如在低共熔合金键合和瞬态液相键合期间)针对液化键合层扩散到表面上方时由于该液化键合层的高度改变所导致的微型 LED 器件的高度的变化来提供附加自由度。键合层 140 的宽度可小于微型 LED 器件的底表面的宽度,以防止微型 LED 器件的侧壁周围的键合层 140 发生毛细作用以及防止短接量子阱结构。

[0072] 图 1C 是根据本发明的实施例的在转移一对微型 LED 器件 400 之后沿线 X-X 和 Y-Y 截取的图 1A 的有源矩阵显示面板的示意性侧视图图示。可使用各种技术来转移微型 LED 器件 400 并作为微型 LED 器件 400 阵列的一部分键合到衬底 102,该各种技术包括转移键合工艺、使用弹性冲模的转移或使用静电转移头部阵列的转移和键合,如以下专利申请中的任一个专利申请所述的:美国专利申请 8,333,860、美国专利申请 8,349,116、美国专利申请 8,415,771、美国专利申请 8,415,767 或美国专利申请 8,415,768。在以下实施例中,相对于特定的垂直微型 LED 器件 400 结构进行描述。应当理解,所示出的特定微型 LED 器件 400 是示例性的,并且本发明的实施例不受限制。例如,也可利用不是垂直 LED 器件的 LED 器件来实施本发明的实施例。在示出的特定实施例中,微型 LED 器件 400 包括底部触件 404 和顶部触件 402 之间的微型 p-n 二极管。在一个实施例中,微型 p-n 二极管有几个微米厚,诸如 30 μm 或更小,或者甚至 5 μm 或更小,并且顶部触件 402 和底部触件 404 为 0.1 μm -2 μm 厚。微型 p-n 二极管可包括 n 掺杂层 409、p 掺杂层 405 以及 n 掺杂层和 p 掺杂层之间的一个或多个量子阱层 416。在图 1C 所示的特定实施例中,n 掺杂层 409 被示出为在 p 掺杂层 405 上方。另选地,p 掺杂层 405 可在 n 掺杂层 409 上方。微型 LED 器件 400 可具有平直

或倾斜的侧壁 406 (从顶部到底部)。顶部触件 402 和底部触件 404 可包括一个或多个层,并且可由包括金属、导电氧化物和导电聚合物的各种导电材料形成。顶部触件 402 和底部触件 404 对于可见波长光谱 (例如 380nm-750nm) 可以是透明的或半透明的,或者是不透明的。顶部触件 402 和底部触件 404 可任选地包括反射层诸如银层。在一个实施例中,可沿 p-n 二极管的侧壁 406 任选地并沿微型 p-n 二极管的顶部表面或底部表面任选地形成保形电介质阻挡层 407,以使量子阱 416 电学钝化。保形电介质阻挡层 407 可比 p-n 二极管薄,使其形成其被形成所在的 p-n 二极管的拓扑的轮廓。例如,保形电介质阻挡层 407 可以是约 50 埃-600 埃的氧化铝。可将键合层 414 定位于微型 LED 器件 400 和反射堤层 142 之间,以促进将微型 LED 器件 400 的底部触件 404 键合到反射堤层 142 或其他中间层。在一个实施例中,键合层 414 包括材料诸如铜、金、银、钼、锡、铝、硅或合金或它们的合金。键合层 414 可以是微型器件键合层和键合层 140 的合金或金属间化合物。

[0073] 除了键合层 140 之外,图 1A-图 1C 所示的实施例包括每个堤开口 128 内的修复键合部位 401,该堤开口足够大以接收微型 LED 器件。这样,多个键合层 140 和修复键合部位 401 在每个堤开口 128 内生成冗余和修复配置。在图 1A-图 1C 所示的特定实施例中,修复键合部位 401 被示出为反射堤层 142 上的裸露表面。然而,本发明的实施例并不限于该情况。在其他实施例中,修复键合部位 401 还可包括键合层 140,该键合层类似于针对先前存在的冗余方案所述和所示的其他两个键合层 140。因此,在一些实施例中,在冗余方案中的所有预期的微型 LED 器件的部位处以及在修复部位 401 处的反射堤层 142 上提供键合层 140。

[0074] 在所示的实施例中,接地联络线 144 的布置可在显示面板 100 的像素区域 104 中的堤开口 128 之间延伸。此外,多个开口 149 暴露多个接地联络线 144。开口 149 的数量可与堤开口 128 的 (从顶部到底部) 列的数量具有或不具有 1:1 的相关性。例如,在图 1A 所示的实施例中,针对每列堤开口 128 来形成接地联络开口 149,然而这不是必须的,并且接地联络开口 149 的数量可多于或少于堤开口 128 的列的数量。类似地,接地联络线 144 的数量可与堤开口的 (从左到右) 行的数量具有或不具有 1:1 的相关性。例如,在所示的实施例中,针对每两行堤开口 128 来形成接地联络线 144,然而这不是必须的,并且接地联络线 144 的数量可与堤开口 128 的行的数量 (n) 具有 1:1 的相关性或任何 1:n 的相关性。

[0075] 尽管已利用在显示面板 100 上方从左到右水平延伸的接地联络线 144 描述和示出了以上实施例,但实施例并不受此限制。在其他实施例中,接地联络线可垂直延伸或既水平延伸又垂直延伸,以形成栅格。根据本发明的实施例设想了若干个可能的变型。根据本发明的实施例,接地联络线形成于像素区域中的堤开口 128 之间并且电连接到非显示区域中的接地环 116 或接地线。这样,可向子像素的矩阵更均匀地应用接地信号,从而实现显示面板 100 上方的更均匀的亮度。此外,通过利用导电率好于顶部电极层 (尚未形成) 的材料来形成接地联络线 144,这样可减小电接地路径的接触电阻。

[0076] 应当理解,图 1A-图 1C 中所示的垂直微型 LED 器件 400 和接地联络线 144 的具体布置是示例性的,并且也可利用其他微型 LED 器件来实施本发明的实施例。例如,类似于上文相对于图 1C 所述的,图 1D 示出了被转移和键合到显示器衬底 102 的另选微型 LED 器件 400。类似于图 1C 的微型 LED 器件,图 1D 中的微型 LED 器件包括微型 p-n 二极管,该微型 p-n 二极管包括与一个或多个量子阱层 416 相对的掺杂层 405, 409。与图 1C 的微型 LED 器

件不同,图 1D 中的微型 LED 器件包括至两个掺杂层 405, 409 的底部触件。例如,底部触件 404 形成于掺杂层 405 上,并且底部触件 403 形成于掺杂层 409 上。还可任选地在图 1D 的微型 LED 器件上形成保形电介质阻挡层 407,这尤其用于保护包括一个或多个量子阱层 416 的侧壁 406。由于图 1D 的微型 LED 器件 400 包括针对 n 掺杂和 p 掺杂层两者的底部触件,因此也可将反射层 142 分隔到两个电独立层中,以分别与底部触件 404, 403 进行电接触。因此,可在本发明的实施例中实施图 1D 的微型 LED 器件,其中不需要具有顶部触件和底部触件,并且微型 LED 器件可与底部触件可操作地连接。

[0077] 现在参考图 2A-图 2D 等轴视图,其提供了根据本发明的实施例的被安装在子像素 108 的反射堤层内的微型 LED 器件的布置。如上所述,图 2A 示出了沿堤开口 128 的侧壁和底表面以及部分地沿与堤开口 128 相邻的图案化堤层 126 的顶表面形成的反射堤层 142。在图 2A 所示的实施例中,在反射堤层 142 内安装一对微型 LED 器件 400,使得它们沿堤开口的长度与相对的侧壁均匀间隔。因此,图 2A 对于示例性微型 LED 器件冗余方案是示例性的。在图 2B 所示的实施例中,在反射堤层 142 内安装一对微型 LED 器件 400,使得有空间用于修复键合部位 401 处的附加微型 LED 器件。因此,图 2B 对于具有修复部位的示例性微型 LED 器件冗余方案是示例性的。

[0078] 在实际应用中,不期望始终实现 100%地从承载衬底向显示器衬底 102 成功地转移微型 LED 器件 400 并且具有没有缺陷、缺失或受污染的微型 LED 器件。根据本发明的实施例,微型 LED 器件的尺寸可为 $1\ \mu\text{m}$ 到 $100\ \mu\text{m}$,例如最大宽度为约 $20\ \mu\text{m}$ 、 $10\ \mu\text{m}$ 或 $5\ \mu\text{m}$ 。制造此类微型 LED 器件使得它们保持平衡,以用于使用静电转移头部阵列来从承载衬底拾取显示器衬底并被转移到显示器衬底。有缺陷的微型 LED 器件可能起因于各种原因,诸如污染、应力断裂和导电层之间的短接。在转移操作期间,由于各种原因也可能不会拾取微型 LED 器件,该各种原因诸如承载衬底的非平面性、污染(例如,微粒)或将微型 LED 器件不规则粘附到承载衬底。在完成微型 LED 器件 400 转移操作之后,可执行测试以检测有缺陷、缺失或受污染的微型 LED 器件并确定是否需要执行任何修复操作。

[0079] 图 2C-图 2D 示出了在检测有缺陷、缺失或受污染微型 LED 器件之后在修复部位处放置附加微型 LED 器件的示例性应用。例如,在如图 2B 所示转移并键合微型 LED 器件 400 之后,可检查被转移到显示器衬底的微型 LED 器件。如果发现微型 LED 器件 400X 有缺陷或者被污染,则可如图 2C 所示的在修复部位 401 处键合修复微型 LED 器件 400。另选地,如果发现未将微型 LED 器件转移到预期键合部位,则可如图 2D 所示的在修复部位 401 处键合修复微型 LED 器件 400。

[0080] 现在参考图 3A-图 3C 等轴视图,其示出了根据本发明的实施例的被安装在子像素的反射堤层内的微型 LED 器件的布置,该子像素具有在单独的微型 LED 器件上方形成的独立波长转换层。如图 3A 所示,在一对微型 LED 器件的各个微型 LED 器件 400 中的每个微型 LED 器件上方形成独立波长转换层 310。如图 3B 所示,已将修复微型 LED 器件 400 转移到反射堤层 142,并在在一对微型 LED 器件的各个微型 LED 器件 400 中的每个微型 LED 器件上方形成独立波长转换层 310。在这种配置中,未在有缺陷或受污染的微型 LED 器件 400X 上形成波长转换层 310。图 3C 类似于图 3B,只是未在与缺失的微型 LED 器件对应的键合层 140 上方形成波长转换层。

[0081] 图 4A-图 4C 示出了根据本发明的实施例的被安装在子像素的反射堤层内的微型

LED 器件的布置的等轴视图,该子像素具有在微型 LED 器件上方形成的单个波长转换层。图 4A-图 4C 中的微型 LED 器件的布置与图 3A-图 3C 中所示的示例性布置相同,其中差别在于在子像素内或在反射堤层 142 内的所有微型 LED 器件 400 上方形成单个波长转换层 310。如图 4B-图 4C 所示的,也可在有缺陷或受污染的微型 LED 器件 400X 或与缺失微型 LED 器件对应的键合层 140 上方形成波长转换层 130。

[0082] 在图 4A-图 4C 所示的实施例中,波长转换层 130 被示出为在子像素内的反射堤层 142 内,然而在其他实施例中,波长转换层 130 形成于整个反射堤层 142 上方,如图 5 中所示。在其他实施例中,在反射堤层 142 的至少底表面和侧壁上方形成波长转换层 130。可在图案化堤层 126 的顶部上形成的反射堤层 142 的部分上方形成黑矩阵材料或白矩阵材料。这样,从观察者能够看到的反射堤层 142 内的微型 LED 器件发射的所有光通过波长转换层。此外,此类配置需要来自其他光源(诸如,位于显示器外部)的反射光通过波长转换层 310。应当理解,尽管图 5 示出了图 2B 的微型 LED 器件 400 对配置,但可在被安装在被反射堤层 142 内的任何微型 LED 器件配置上方形成图 5 的波长转换层 310,该波长转换层 310 例如包括前面在图 2A、图 2C 和图 2D 中示出的那些波长转换层。

[0083] 到目前为止,已将图 3A-图 5 中的波长转换层 130 示出为圆顶形配置,该圆顶形配置可由波长转换层 130 和任选的附加层形成。例如,可在波长转换层下方形成光分布层,如以下描述中将要更加详细描述的那样。圆顶形轮廓可以是半球形的、平坦的或狭窄的。例如,半球形轮廓可改善光提取并产生 Lambertian 发射图案。可使用对圆顶轮廓的平坦化或窄化来调节光发射设备的视角。根据本发明的实施例,可调节各层的厚度和轮廓以便改变来自微型 LED 器件的发射光束轮廓,以及可能与边缘效应相关的显示器的角度特性方面的颜色。

[0084] 现在参考图 6A-图 8B,其示出了包括细长圆顶形波长转换层的各种配置,该各种配置可由波长转换层 130 以及任选的附加层形成。例如,可在波长转换层下方形成光分布层,如以下描述中将要更加详细描述的那样。这样,光分布层可充当光管,以提高反射堤层内的微型 LED 器件的填充因子。

[0085] 图 6A-图 6C 示出了根据本发明的实施例的被安装在子像素的反射堤层内的微型 LED 器件的布置的等轴视图,该子像素具有在微型 LED 器件上方形成的单个细长波长转换层。图 6A-图 6C 中的微型 LED 器件的布置与图 3A-图 3C 中所示的示例性布置相同,其中差别在于在子像素内或反射堤层 142 内的所有微型 LED 器件 400 上方形成单个细长波长转换层 310。如图 6B-图 6C 所示,也可在有缺陷或受污染微型 LED 器件 400X 或与缺失微型 LED 器件对应的键合层 140 上方形成细长波长转换层 130。

[0086] 在图 6A-图 6C 所示的实施例中,波长转换层 130 被示出为仅在子像素内的反射堤层 142 的底表面上。图 7A 示出了其中在反射堤层 142 的至少底表面和侧壁上方形成波长转换层 130 的实施例。图 7B 示出了其中在整个反射堤层 142 上方形成波长转换层 130 的实施例。这样,从观察者能够看到的反射堤层 142 内的微型 LED 器件发射的所有光通过波长转换层。图 7B 中所示的配置需要源自除微型 LED 器件之外的光源(诸如,在显示器外部)的被反射堤层 142 反射的光通过波长转换层 310。在图 6A-图 6C 和图 7A 中所示的配置中,可在图案化堤层 126 的顶部上形成的反射堤层 142 的部分上方形成黑矩阵材料或白矩阵材料。应当理解,尽管图 7A-图 7B 示出了图 2B 的微型 LED 器件 400 对配置,但可在被安装在

反射堤层 142 内的任何微型 LED 器件配置上方形成图 7A- 图 7B 的波长转换层 310, 该波长转换层 310 例如包括前面在图 2A、图 2C 和图 2D 中示出的那些波长转换层。

[0087] 到目前为止, 已示出了在单个反射堤层 142 上方形成波长转换层的配置。在图 8A- 图 8B 所示的实施例中, 波长转换层被示出为形成于多个反射堤层 142 上方或跨越多个反射堤层 142。例如, 每个反射堤层 142 可对应于像素内的子像素。图 8A 是示出了根据本发明的实施例的包括形成于与多个子像素对应的多个反射堤层 142 上方的细长圆顶形波长转换层 310 的像素的等轴视图。如图所示, 波长转换层 310 可形成于像素内的所有反射堤层 142 上方。图 8B 是示出了根据本发明的实施例的包括形成于与多个子像素对应的多个反射堤层 142 上方的细长圆顶形波长转换层 310 和形成于与单个子像素对应的单个反射堤层 142 上方的细长圆顶形波长转换层 310 的像素的等轴视图。

[0088] 到目前为止, 已将波长转换层 310 示出为单层系统。在一些实施例中, 若干个附加层可形成于波长转换层下方或上方。例如, 波长转换层可被包括在微型透镜配置中, 可设定该波长转换层的形状以改变来自微型 LED 器件 400 的光发射光束轮廓。

[0089] 现在参考图 9A, 其提供了根据本发明的实施例的微型 LED 器件周围的光管形式的光分布层以及光管上方的波长转换层的组合视图。图 9A 被称为组合视图, 因为它包括针对微型 LED 器件位置的等轴视图、平面图以及层的横截面视图的特性。在以下实施例中, 相对于特定的垂直微型 LED 器件 400 的结构进行描述。应当理解, 所示出的具体微型 LED 器件 400 是示例性的, 并且本发明的实施例不受限制。例如, 也可利用 LED 器件诸如参照图 1D 所述和所示的那些 LED 器件来实施本发明的实施例。还相对于光管形式的光分布层 320 进行以下描述。应当理解, 除了别的之外, 选择此类配置是为了充分描述层和形状的多种可能布置, 并且也可使用层的布置来形成前述任何轮廓, 诸如圆顶形和细长圆顶形。

[0090] 如图 9A 所示, 在形成波长转换层 320 之前, 在一个或多个微型 LED 器件 400 周围任选地形成光分布层 320。如本文所述, 可横向地形成微型 LED 器件“周围”的层以到达微型 LED 器件或在其上方或下方。因此, 术语微型 LED 器件“周围”不需要层位于相对于微型 LED 器件的所有方向处。相反, 术语“周围”只在表示相邻区域, 来自微型 LED 器件的发射光束路径被设计成穿过该相邻区域。在图 9A 所示的特定实施例中, 微型 LED 器件 400 周围的光管既在横向上到达微型 LED 器件又在其上方。

[0091] 可设定光管形式的光分布层 320 的形状, 以既允许来自微型 LED 器件 400 的入射光从光管并且朝波长转换层 310 折射出去, 又使得来自微型 LED 器件 400 的入射光在光分布层 320 内发生内反射和横向扩散。光分布层 320 可比微型 LED 器件 400 厚。在一个实施例中, 光分布层 320 的厚度是 $1\ \mu\text{m}$ - $100\ \mu\text{m}$ 。光分布层的横向长度 / 宽度可大于光分布层的厚度, 以便支持入射光的横向扩散。在一个示例性实施例中, 考虑 $100\ \mu\text{m}\times 100\ \mu\text{m}$ 宽的子像素, 光分布层 320 可具有 $100\ \mu\text{m}$ 的横向长度, $100\ \mu\text{m}$ 的横向宽度, 并且高度等于或小于最大横向长度或宽度。

[0092] 光分布层 320 也可以是圆顶形的, 以产生从光管折射出来的径向扩散。圆顶形的形状轮廓可以是半球形。圆顶形也可以是平坦的或狭窄的。在一些实施例中, 光分布层 320 是细长的圆顶形。在一个实施例中, 光分布层 320 的厚度和轮廓提供了一种基础结构, 在该基础结构上形成微型透镜结果, 以便改变来自微型 LED 器件 400 的发射光束轮廓, 以及可能与边缘效应相关的显示器的角度特性方面的颜色。光分布层 320 可由各种透明材料诸如环

氧树脂、硅树脂和丙烯酸树脂形成,该各种透明材料在标称 590nm 波长下具有以下所报告的折射率 (n) : $n = 1.51-1.57$ (环氧树脂), $n = 1.38-1.58$ (硅树脂), $n = 1.49$ (丙烯酸树脂)。在一个实施例中,光分布层 320 是通过喷墨印刷形成的。在一个实施例中,通过施加熔融的玻璃来形成光分布层 320。玻璃组分可以是各种组分,该各种组分在丙烯酸树脂玻璃、冕牌玻璃、燧石玻璃,和硼硅玻璃的范围内,它们的折射率可匹配形成波长转换层 310 的基体材料,诸如环氧树脂、硅树脂或丙烯酸树脂。可通过若干种处理技术来生成光分布层 320 的特定轮廓。一种方式是调节喷墨印刷的材料上的表面张力。也可使用平版印刷或其他晶片级光学技术,诸如用于形成微型透镜的那些技术。也可使用物理技术诸如模制或压印平版印刷。

[0093] 图 9B 是示出了根据本发明的实施例的微型 LED 器件周围的光管形式的光分布层以及光管上方的波长转换层的横截面侧视图。如图 9B 所示,从微型 LED 器件 400 发射的入射光既能够从光分布层 320 折射出来并进入波长转换层 310 中,又能够在光分布层 320 内发生内反射,使得来自微型 LED 器件的入射光横向扩散,其中反射光最终折射离开光分布层 320 并进入波长转换层 310。图 9C-图 9D 是示出了根据本发明的实施例的光管形式的并且具有渐缩轮廓的光分布层的横截面侧视图。在图 9C 所示的特定实施例中,光分布层 320 朝横向边缘渐缩,使得光分布层在边缘处比中间薄。使光分布层 320 的厚度呈渐缩可获得更高的反射,使得光最终通过光分布层的顶表面而非通过边缘折射。在图 9D 所示的实施例中,将该对微型 LED 器件放置得更接近光分布层 320 的一个边缘,该光分布层 320 从一侧向另一侧渐缩。这样,光分布层 320 可将光从光分布层的一侧引导到另一侧,在另一侧处,光通过光分布层的顶表面而不是通过侧面折射。

[0094] 除了允许来自微型 LED 器件 400 的入射光折射和反射之外,光分布层 320 还可允许从微型 LED 器件 400 发射的光在进入波长转换层 310 之前扩散开,这样降低了进入波长转换层中的光的光密度。在一个方面,内反射光允许微型 LED 器件 400、像素或包括微型 LED 器件的子像素的改善的填充因子。在另一方面,扩散光(包括未反射的入射光以及反射光)可使得在光分布层上方形成来自波长转换层 310 的更均匀的发射。在另一方面,光分布层 320 可用于增加光在发射之前在器件中行进的长度。这样可减小光密度并减少波长转换层中的荧光体颗粒的热劣化,从而延长显示设备的寿命。这还可提高波长转换层中的荧光体颗粒的颜色转换的机会,而无需提高波长转换层中的荧光体颗粒的体积加载。在另一方面,扩散光并降低光密度可减少来自波长转换层的以其他方式可被微型 LED 器件 400 重新吸收的背反射量。根据本发明的实施例,光分布层 320 可提高填充因子、增加总的光发射、提高发射均匀性,并提高显示设备的颜色光谱的锐利度。光分布层的厚度和轮廓还可提供一种基础结构,由该基础结构来形成微型透镜结构,以便改变来自微型 LED 器件 400 的光发射光束轮廓,以及可能与边缘效应相关的显示器的角度特性方面的颜色。

[0095] 在形成任选的光分布层 320 之后,可在形成波长转换层 310 之前在光分布层 320 上方任选地形成匹配层 222。匹配层 222 可用于匹配光分布层 320 和波长转换层 310 的折射率,以减少光的背反射。例如,在层 320, 310 例如由具有不同折射率的环氧树脂、硅树脂、丙烯酸树脂或玻璃形成的情况下,匹配层 222 由折射率介于层 320, 310 之间的环氧树脂、硅树脂、丙烯酸树脂或玻璃形成。根据本发明的实施例,聚合物基体形成层 320, 310 是相同的,并且层 320, 310 具有相同的折射率。在另一个实施例中,层 320, 310 的折射率在 0.3 内,或

更具体地,在 0.1 内。在一个实施例中,匹配层的厚度为 2 μm 或更小。在一个实施例中,匹配层 322 的固化可以是热固化或 UV 固化。

[0096] 根据本发明的实施例,波长转换层 310 形成于微型 LED 器件 400 上方和任选的光分布层 320 和匹配层(如果有的话)上方。在一个实施例中,波长转换层包括荧光体颗粒,以控制光发射光谱。在一个实施例中,波长转换层包括不同的荧光体颗粒(在设计尺寸或形状或组分上不同),以用于混合的颜色发射光谱(例如,红色、蓝色、绿色、黄色等中的任一者的组合)。在另一个实施例中,波长转换层包括针对单个颜色发射光谱(例如红色、蓝色、绿色、黄色等)而设计的荧光体颗粒。

[0097] 在一个实施例中,波长转换层 310 由荧光体颗粒形成。例如,通过喷雾沉积方法然后去除溶剂来形成波长转换层。在一个实施例中,波长转换层包括荧光体颗粒在基体材料诸如聚合物或玻璃基体材料中的分散体。也可在基体内或者在没有基体材料的情况下的荧光体颗粒自身之间散布其他填充材料诸如颜料、染料或散射颗粒。在一个实施例中,波长转换层 310 是通过喷墨印刷形成并通过 UV 固化的。在一个实施例中,波长转换层 310 是通过施加熔融玻璃形成的,其中填料在熔融玻璃中是热学稳定的和化学稳定的。调谐波长转换层 310 的厚度以及填料例如荧光体颗粒、颜料、染料或光散射颗粒的浓度,以实现必要的颜色光谱。例如,在一个实施例中,调谐厚度和浓度以使从微型 LED 器件通过波长转换层的渗色最小化,并使荧光体颗粒的发射最大化。波长转换层 310(以及光分布层)的厚度也可部分地由微型 LED 器件之间的间距来确定。例如,与照明应用相比,在高分辨率显示应用中,微型 LED 器件可更密集地分布在一起。在一个实施例中,对于示例性的 5 μm 宽,3.5 μm 高的微型 LED 器件 400,波长转换层 310 为 5 μm -100 μm 厚,或者更具体地,30 μm -50 μm 厚。在一些实施例中,可设计波长转换层的厚度和填料的浓度,以允许来自微型 LED 器件 400 的一些光穿过所得的微型 LED 器件光谱和转换光谱的混合光谱,以实现混合发射光谱,例如白光。颜色转换材料(例如,荧光体颗粒、颜料等)的浓度以及各层的厚度可取决于光发射设备的特定应用,例如是否要进行全色转换(例如,从蓝到红,或从蓝到绿等),是否会从下方的微型 LED 器件发生光泄露或渗透,或者是否采用转换材料的混合物。在进行全色转换(例如,从蓝到红或从蓝到绿等)的实施例中,大于 50% 体积加载百分比的颜色转换材料可被包括在波长转换层中。在一个实施例中,波长转换层包括大于 50% 体积加载的荧光体颗粒。光分布层 320 可用于增大光被发射之前在器件中行进的长度,以便提高波长转换层 310 中的荧光体颗粒进行颜色转换的机会,而无需增大波长转换层中的荧光体颗粒的体积加载。

[0098] 根据本发明的实施例,术语“荧光体”可指将以一个波长来吸收光并以另一个波长来发射光的任何类型的波长转换材料。一种荧光体颗粒是量子点。量子点是一种半导体材料,其中结构的尺寸足够小(小于几十纳米),由于量子约束效应,使得电学特性和光学特性与体特性不同。例如,除了其组分之外,量子点的发射特性还与其尺寸和形状相关。量子点的荧光性质是如下原理的结果:通过吸收特定波长来激励价电子,接着在被激励电子返回到基态时以光子的形式发射更低的能量。量子约束使得价带和导带之间的能量差异基于量子点的尺寸和形状而变化,这表示所发射的光子的能量和波长由量子点的尺寸和形状来确定。量子点越大,其荧光谱的能量越低。因此,更小的量子点发射更蓝的光(更高能量),并且更大的量子点发射更红的光(更低能量)。这允许在具有锐利的发射光谱和高量子效

率的可见光谱内对半导体光致发光发射波长进行取决于尺寸的调谐。

[0099] 量子点材料的实例包括但不限于 II-VI、III-V、IV-VI 族半导体材料。一些示例性化合物半导体包括 CdS、CdSe、CdTe、ZnS、ZnSe、ZnTe、GaAs、GaP、GaAs、GaSb、HgS、HgSe、HgTe、InAs、InP、InSb、AlAs、AlP、AlSb。一些示例性合金半导体包括 InGaP、ZnSeTe、ZnCdS、ZnCdSe 和 CdSeS。多核结构也是可能的。示例性多核配置可包括半导体核材料、保护内核以防止氧化并辅助晶格匹配的薄金属层,以及增强发光性的外壳。外壳可用于在与量子点的发射光谱不同的特定光谱处吸收光。内核和外壳层可由相同材料形成并可由任何上文列出的示例性化合物半导体或合金半导体形成。金属层通常包括 Zn 或 Cd。

[0100] 根据本发明的实施例,一种类型的荧光体颗粒是由于其组分而表现出发光性的颗粒。由于其组分而发光的一些示例性荧光体颗粒包括基于硫化物、铝酸盐、氧化物、硅酸盐、氮化物、YAG(任选地掺有铈)和铽铝石榴石(TAG)的材料。其他示例性材料包括发黄-绿光的荧光体:(Ca, Sr, Ba)Al₂O₄:Eu(绿)、(Lu, Y)₃Al₅O₁₂:Ce³⁺(LuAG, YAG)(黄-绿)、Tb₃Al₅O₁₂:Ce³⁺(TAG)(黄-绿);发橙-红光的荧光体:BaMgAl₁₀O₁₇:Eu²⁺(Mn²⁺)、Ca₂Si₅N₈:Eu²⁺(橙-红)、(Zn, Mg)S:Mn(绿-红)、(Ca, Sr, Ba)S:Eu²⁺(红);吸收紫外-深蓝光的荧光体,以用于蓝光和黄-绿光的发射:(Mg, Ca, Sr, Ba)₂SiO₄:Eu²⁺(紫外-蓝光激励,发黄光)、(Mg, Ca, Sr, Ba)₃Si₂O₇:Eu²⁺(紫外-深蓝光激励,发蓝-绿光)、Ca₈Mg(SiO₄)₄Cl₂:Eu²⁺(紫外-深蓝光激励,发蓝光);以及根据组分和处理而可在整个可见光谱上发光的荧光体(Sr, Ca, Ba)Si_xO_yN_z:Eu²⁺(y>0 绿光, y = 0 红光)、Y₂O₂S:Eu³⁺(蓝-绿)、(Ca, Mg, Y)_wSi_wAl_xO_yN_z:Eu²⁺(黄-绿-红)。在一些实施例中,用于此类荧光体颗粒的颗粒尺寸可以从 1 μm 到 20 μm。在其他实施例中,用于此类荧光体颗粒的颗粒尺寸可以从 100nm 到 1 μm 的纳米颗粒。荧光体颗粒还可包括 1 μm 到 20 μm 颗粒和 100nm 到 1 μm 纳米颗粒的共混物。纳米颗粒例如可用于减少在固化或去除溶剂之前在波长转换层的基体材料内散布时的沉淀量,这可实现纳米颗粒和光发射设备的光发射的更均匀的分布。

[0101] 也可在波长转换层内散布其他材料。例如,可在基体材料诸如波长转换层的玻璃或聚合物基体内散布其他材料。在一个实施例中,在波长转换层内散布光散射剂诸如 TiO₂ 颗粒或 Al₂O₃ 颗粒。此类光散射剂可具有通过增加波长转换层内的散射光来提高荧光体颗粒效率的效果。此类光散射剂可另外具有减少微型 LED 器件发射的光通过波长转换层渗透的效果。还可使用光散射颗粒来控制何时以及从哪里从微型透镜结构发射光。例如,可在微型透镜结构的末端例如在波长转换层的横向边缘处放置更高浓度的光散射颗粒,以将光引导出去。在一个实施例中,可在波长转换层 310 内散布颜料或染料。这样可具有向波长转换层中并入滤色器的效果。在一个实施例中,颜料或染料的颜色类似于荧光体颗粒的发光波长。这样,颜料或染料可吸收除从荧光体颗粒发射的那些波长之外的波长,从而进一步使组件的发射光谱锐利。例如,在特定实施例中,微型 LED 器件 400 为基于氮化镓(GaN)的材料,并且发射蓝光(例如,450nm-495nm)或深蓝光(例如,420nm-450nm)。可将为发射红光而设计的量子点散布于波长转换层 310 内,以便吸收来自微型 LED 器件 400 的蓝色发射或深蓝发射并将发射波长转换成红色。在此类实施例中,也可在波长转换层 310 内散布红色颜料或染料,以便还吸收除红色之外的颜色。这样,红色颜料或染料可吸收附加的蓝色光或深蓝光,由此减少未转换的蓝色光或深蓝色光的渗透。示例性颜料包括立索尔宝红(lithol rubine)(红)、B-酞菁铜(B-copper thalocyanine)(蓝)和苯胺黄(diarylide yellow)

(黄)。应当理解,蓝光微型 LED 器件和具有红色颜料或染料的红色荧光体颗粒是示例性的并且,针对微型 LED 器件和波长转换层(如果有的话)的各种发射光谱配置都是可能的。

[0102] 根据本发明的一些实施例,形成波长转换层 310 的聚合物基体可以是氧气或水分可渗透的。在一个实施例中,在形成波长转换层 310 之后,可任选地形成氧气阻挡膜 324,以便保护波长转换层 310 不受氧气或水分吸收的影响。例如,在波长转换层 310 包括量子点的情况下,氧气阻挡膜 324 可充当量子点吸收氧气或水分的屏障,由此延长显示设备中的量子点的寿命。用于氧气阻挡膜 324 的适当材料包括但不限于 Al_2O_3 、 SiO_2 、 SiN_x 和玻璃。用于氧气阻挡膜 324 的沉积方法可以是低温方法,以便不会使量子点或其他填料热劣化。示例性的保形沉积方法包括原子层沉积 (ALD)、溅射、旋涂和层合。也可在整个衬底上方或在所有微型 LED 器件上方毯式沉积氧气阻挡膜。在一个实施例中,通过原子层沉积 (ALD) 来沉积 Al_2O_3 氧气阻挡膜。

[0103] 现在参考图 10A-图 10C,针对在微型 LED 器件 400 正上方包括反射层 330 的实施例提供了组合和横截面侧视图,其中光分布层 320 为光管形式。可在不同位置提供反射层 330,这样可对光管和波长转换层配置带来不同的效果。在图 10B 中所示的一个实施例中,反射层 330 形成于波长转换层 310 上方。这样,反射层可阻挡从微型 LED 器件 400 发射的入射光在距微型 LED 器件最近的位置处通过波长转换层 310 渗透,其中光强度可以是最大的。入射光的反射还可具有横向地扩散光从而改善填充因子的效果。反射层 330 的另一个效果还可以是增加入射光通过波长转换层的次数。例如,示出了其中入射光三次和五次通过波长转换层 310 的情况。在每次通过时都激励荧光体颗粒并发射所转换的光谱。这样,可改善波长转换层 310 中的荧光体颗粒的效率,由此增大系统的所转换的光谱光强度,同时还改善填充因子,并提供来自波长转换层 310 的更均匀的发射。

[0104] 在图 10C 中所示的另一个实施例中,在光分布层 320 和波长转换层 310 之间形成反射层 330。在此类配置中,反射层可影响入射光的横向扩散,并改善填充因子。此类配置还可阻挡入射光在距微型 LED 器件最近的位置处进入波长转换层 310,其中光强度可以是最大的。这样,可减少入射光通过波长转换层 310 的渗透。这种配置还可增加荧光体颗粒的寿命,尤其是在光强度将最大的情况下。

[0105] 图 10D-图 10F 示出了类似于相对于图 10A-图 10C 所示和所述的那些实施例的实施例。在图 10D-图 10F 所示的实施例中,在包括修复微型 LED 器件的微型 LED 器件 400 对上方形成反射层 330,并任选地不在缺失、有缺陷或受污染的微型 LED 器件 400X 上方形成反射层。另选地,也可在缺失、有缺陷或受污染的微型 LED 器件 400X 上方形成反射层。

[0106] 上文所述且图 10A-图 10F 所示的反射层 330 被示出为平坦层。然而,并不要求反射层 330 是平坦的。任何配置都是可能的,并且可设定反射层 330 的形状以控制光发射方向。还不需要在微型 LED 器件正上方形成反射层 330,并可在其他位置处形成,诸如沿光管或波长转换层的横向边缘形成。

[0107] 根据本发明的实施例,可将包括微型 LED 器件和波长转换层的光发射设备配置并入各种显示设备中。示例性显示应用包括显示标牌、显示面板、电视机、平板电脑、电话、膝上型电脑、计算机监视器、信息亭、数码相机、手持式游戏机、媒体显示器、电子书显示器或大面积标牌显示器。

[0108] 可设计波长转换层以全部发射相同颜色的发射光谱,或者可将波长转换层分成多

组波长转换层,其中每组波长转换层被设计成发射不同颜色的发射光谱。这样,显示器可根据微型 LED 器件和波长转换层的布置和内容来发射任何颜色或颜色图案。在一个实施例中,可通过在定位于蓝光发射(例如,450nm-495nm)微型 LED 器件上方的波长转换层中并入红色(例如,620nm-750nm)发光荧光体颗粒和绿色(例如,495nm-570nm)发光荧光体颗粒来生成白光。在另一个实施例中,可通过向像素中并入多个微型 LED 器件来生成白光,其中每个微型 LED 器件被设计成发射相同的发射光谱(例如,可见光谱或紫外光谱),并且不同的波长转换层被设计成转换颜色发射。这样,通过在每个光分布层上方包括单个颜色发射光谱的荧光体颗粒,从而避免了从不同荧光体颗粒的不同发射光谱发射的光被二次吸收。这样可提高效率并且减少不期望的色移。

[0109] 现在参见图 11A,提供了一种显示器的组合视图,该显示器包括键合到显示器衬底 102 的多个微型 LED 器件 400、形式为多个微型 LED 器件 400 周围的光管的多个光分布层 320,以及多个光分布层 320 上方的多个波长转换层 310。在所示的特定实施例中,像素 106 包括光分布层 320 内的多个微型 LED 器件 400 以及被设计成转换发射(例如,以 RGB 子像素布置)的波长转换层 310。在一个实施例中,可以在衬底 102 上方和光管之间形成黑矩阵材料 202,以吸收光并防止渗色到相邻像素 106 或子像素 108 中。另选地,可以利用白矩阵材料替换黑矩阵材料 202,以反射光,并防止渗色到相邻像素 106 或子像素 108 中。

[0110] 在布置成像素配置时,每个子像素 108 可以包含单个荧光体颜色发射(如果有的话)。每个子像素可以类似包含不同的荧光体颜色发射(如果有的话)。这样,能够避免从发射不同光谱的荧光体颗粒发射的光被二次吸收(例如,发红光的荧光体颗粒吸收发绿光的荧光体颗粒发射的绿光)。这样可以提高效率并且减少不期望的色移。可使用此类像素和子像素配置来实现白光或任何其他颜色的光的最终输出。

[0111] 例如,像素可包含 3 个光管中的 3 个微型 LED 器件或每个光管中的一对微型 LED 器件,其中所有微型 LED 器件被设计成发蓝光,其中一个光管上方是一个发红光的波长转换层,第二光管上方是一个发绿光的波长转换层,并且第三光管上方不包括波长转换层或者在其上方包括发蓝光的波长转换层。在一个实施例中,可通过向像素中并入多个微型 LED 器件来生成白光,其中每个微型 LED 器件被设计成发射紫外光,其中第一光管上方具有一个发红光的转换层,第二光管上方具有一个发绿光的波长转换层,并且第三光管上方具有一个发蓝光的波长转换层。在另一个实施例中,可通过并入针对不同发射光谱而设计的微型 LED 器件和不同波长转换层的组合来生成白光,或者不并入波长转换层。在另一个示例性实施例中,可利用以下各项来生成白光:针对发红光而设计的微型 LED 器件周围的没有上方波长转换层的光管、针对发蓝光设计的微型 LED 器件周围的具有针对发绿光而设计的上方波长转换层的光管、以及针对发蓝光而设计的微型 LED 器件周围的没有上方波长转换层的光管。

[0112] 在以上示例性实施例中,获得了一种红-绿-蓝(RGB)子像素布置,并且每个像素包括分别发射红光、绿光和蓝光的三个子像素。应当理解,RGB 布置是示例性的并且实施例不受限制。可利用的其他子像素布置的实例包括但不限于红-绿-蓝-黄(RGBY)、红-绿-蓝-黄-青(RGBYC)或红-绿-蓝-白(RGBW)或其他子像素矩阵方案,其中像素可具有不同数量的子像素,诸如以商品名 PenTile. RTM 制造的显示器。

[0113] 图 11B-图 11E 是示出了根据本发明的实施例的各种像素配置的示意性侧视图。尽

管未特别示出,但每个微型 LED 器件 400 可以是安装在子像素 108 的反射堤层 142 内的一对微型 LED 器件 400 中的一个微型 LED 器件,如上文相对于图 1A- 图 1D 所示和所述的。

[0114] 图 11B 是示出了根据本发明的实施例的像素 106 的示意性侧视图。如图 11B 所示,每个微型 LED 器件 400 被设计成发射深蓝 (DB) 颜色光谱。在此类实施例中,可设计不同的波长转换层 310 以在 RGB 子像素布置中发射红 (R) 光、绿 (G) 光和蓝 (B) 光。

[0115] 图 11C 是示出了根据本发明的实施例的像素 106 的示意性侧视图。如图 11C 所示,每个微型 LED 器件 400 被设计成发射蓝色 (DB) 颜色光谱。在此类实施例中,可设计不同的波长转换层 310 以发射红 (R) 光和绿 (G) 光。不在第三光分布层 320 上方形成波长转换层 310。这样,实现了 RGB 子像素布置,而无需转换来自发蓝光子像素的蓝光。在一个实施例中,可将第三光分布层 320 制造成比其上形成波长转换层 310 的其他两个光分布层 320 更厚,以便实现类似的微型透镜特性。例如,第三光分布层 320 的厚度可类似于第一光分布层 320 和第一红色波长转换层 310 (和任何中间层) 的总厚度。

[0116] 图 11D 是示出了根据本发明的实施例的像素 106 的示意性侧视图。如图 11D 所示,每个微型 LED 器件 400 被设计成发射紫外 (UV) 颜色光谱。在此类实施例中,可设计不同的波长转换层 310 以发射红 (R) 光、绿 (G) 光和蓝 (B) 光。

[0117] 图 11E 是示出了根据本发明的实施例的像素 106 的示意性侧视图。如图 11E 所示,像素 106 包括被设计成发射红色 (R) 颜色发射光谱或蓝色 (B) 颜色发射光谱的微型 LED 器件 400。如图所示,在发蓝光的微型 LED 器件 400 中的一个微型 LED 器件周围的光分布层 320 中的一个光分布层上方形成发绿光 (G) 的波长转换层 310,并且不需要在发红光的微型 LED 器件 400 或其他发蓝光的微型 LED 器件 400 周围形成的光分布层 320 上方形成波长转换层 310。例如,在可制造并集成比发绿光的微型 LED 器件效率更高的发蓝光的微型 LED 器件和发红光的微型 LED 器件时,可实现此类配置。在此类实施例中,利用波长转换层将蓝光转换成绿光可能效率会更高。在约 555nm 的视觉响应峰处提供宽光谱时,此类配置可能也是有用的。例如通过使用来自微型 LED 器件的窄红光 (或蓝光) 发射光谱而非更宽的荧光体颗粒发射光谱,此类配置也可用于提高颜色再现指数 (CRI)。此类配置还可允许控制光发射设备的相关控制温度 (CCT),因而控制温暖程度,而不会由于红色光谱中的转换而失去光通量。如上文相对于图 11C 所述的,可使图 11E 中的形成于发红光的微型 LED 器件或其他发蓝光的微型 LED 器件周围的光分布层 320 比其上形成波长转换层的其他光分布层更厚,以便实现类似的微型透镜特性。

[0118] 现在参考图 11F- 图 11J,其示出了类似于上文相对于图 11A- 图 11E 所示和所述的那些像素配置的各种像素配置,其中一个差异在于光管形式的每个光分布层 320 跨越像素 108 内的多个子像素。例如,图 11F 中所示的实施例可以是一种示例性 RGB 子像素布置,其中在像素 204 的每个子像素中的微型 LED 器件对周围形成光管 320,然而,其他子像素布置也是可能的,诸如但不限于 RGBY、RGBYC、RGBW 等。在所示的特定横截面中,仅示出了一对微型 LED 器件中的单个微型 LED 器件 400。在此类布置中,跨越像素内的多个子像素的光管允许在子像素之间的颜色混合。可在微型 LED 器件或子像素分开足够远使得它们以其他方式被人眼感知到 (例如,约 100 μm 或更大) 并被感知为小点的应用中可使用此类配置。与图 11F- 图 11J 的光管配置相关联的颜色混合可用于混合微型 LED 器件发射,使得它们不会被人眼感知到。一种可能的应用可以是在观察距离短的平视显示器中,观察者更可能能够察

觉到来自单个子像素或微型 LED 器件的发射光谱。

[0119] 尽管未特别示出,但图 11G-图 11J 中的每个微型 LED 器件 400 可以是被安装在子像素 108 的反射堤层 142 内的一对微型 LED 器件 400 中的一个微型 LED 器件,如上文相对于图 1A-图 1D 所示和所述的。针对微型 LED 器件 400 和波长转换层 310 的发射光谱的布置类似于图 11B-图 11E,其中一个差异在于波长转换层 310 仅形成于光管 320 中的由像素 108 中的微型 LED 器件 400 共享的特定部分上方。还可向图 11G-图 11J 中所示的配置中并入附加修改。可以在特定微型 LED 器件 400 上方改变光管 320 的轮廓。例如,可在其上方未形成波长转换层 310 的“裸露”微型 LED 器件 400 上方将光管 320 做得更粗。图 11A-图 11J 的光管 320 也可以是渐缩的,例如如前面相对于图 9C-图 9D 所述的,或者包括反射层,如前面相对于图 10A-图 10F 所述的。

[0120] 现在参考图 12A-图 12F,其描述了用于实现微型 LED 器件的各种配置。相对于图 12A-图 12F 所示和所述的实施例可与本文描述的其他配置组合。例如,可将相对于图 12A-图 12E 所示和所述的配置与上文相对于图 11A-图 11E 所述的像素布置组合,并且可将相对于图 12F 所示和所述的配置与上文相对于图 11F-图 11J 所述的像素布置组合。

[0121] 图 12A 示出了跨越图 7B 中所示的矩形反射堤层 142 的较短宽度的横截面侧视图,而图 12B 是图 7B 所示的矩形反射堤层 142 的较长宽度(与较短宽度正交)的图示。应当理解,提供图 12A-图 12F 中所示的特定实施例是为了示出冗余和修复方案中的用于集成微型 LED 器件的特定实例,该微型 LED 器件与用于可调谐颜色发射光谱的波长转换层相组合。所示的特定实施例包括形成于光管形式的细长圆顶形光分布层 320 上方的波长转换层 310,其中波长转换层 310 还形成于反射堤层 142 上方。此外,图 12A-图 12F 示出了各种顶部电极配置。然而,如上面实施例和附图中先前所述的,本发明的实施例不受此限制。因此,本发明的实施例不限于图 12A-图 12F 中所示的顶部电极配置和冗余及修复方案的特定组合。

[0122] 在一个实施例中,将一对微型 LED 器件 400 键合到包括下层电路 210 的衬底 102 上或内的反射堤层 142。如前所述,可使用各种技术转移微型 LED 器件 400 并作为微型 LED 器件 400 阵列的一部分键合到衬底 102,所述技术包括转移键合工艺、使用弹性冲模的转移或使用静电转移头部阵列的转移和键合。在转移工艺之后,并在形成图 12A-图 12F 中所示的钝化层 316 和顶部电极层 318 之前,可检查显示器衬底 102 以发现有缺陷、缺失或受污染的微型 LED 器件。这样,可使用对有缺陷、缺失或受污染的微型 LED 器件的检测以潜在地改变钝化层 316 和顶部电极层 318 以及波长转换层的沉积模式,并在需要时潜在地转移替换微型 LED 器件。

[0123] 仍然参考图 12A-图 12B,可在微型 LED 器件 400 的侧壁周围形成侧壁钝化层 316。在微型 LED 器件 400 为垂直 LED 器件的实施例中,侧壁钝化层 316 覆盖并跨越量子阱结构 408。根据本发明的实施例,侧壁钝化层 316 对于可见波长光谱可以是透明或半透明的,以便不会显著劣化从微型 LED 器件 400 的侧壁提取光的效率。侧壁钝化层 316 可由各种材料形成,诸如但不限于环氧树脂、硅树脂、丙烯酸树脂、聚(甲基丙烯酸甲酯)(PMMA)、苯并环丁烯(BCB)、聚酰亚胺和聚酯。在一个实施例中,通过喷墨印刷来在光发射设备 400 周围形成侧壁钝化层 316,接着进行固化。在一个实施例中,尽管也可执行热固化,但利用紫外(UV)光对侧壁钝化层 316 进行固化,以使固化造成的体积变化最小化并保护微型 LED 器件和反射堤层 142 之间的键合的完整性。也可使用其他技术来沉积侧壁钝化层 316,诸如狭缝

涂覆、电介质材料诸如氮化物或氧化物的物理气相沉积或化学气相沉积、旋涂技术诸如旋涂玻璃、或喷涂,然后进行溶剂蒸发。在一个实施例中,侧壁钝化层是键合微型 LED 器件 400 之前已形成于衬底 102 上方的 a 级涂层或 b 级涂层,其中微型 LED 器件在转移操作和键合操作期间穿透涂层,然后在键合微型 LED 器件 400 之后固化涂层。

[0124] 在一个实施例中,侧壁钝化层 316 至少部分地覆盖反射堤层 142。侧壁钝化层可完全覆盖反射堤层 142,然而这不是必须的。可使用其他绝缘层的任意组合来将反射堤层 142 与其他导电层电绝缘。例如,可在反射堤层 142 的边缘上方沉积绝缘体层 146。反射堤层 142 可以是不连续的,例如使得侧壁不会电连接到与微型 LED 器件 400 电连通的反射堤层 142 的底表面。根据本发明的实施例,在沿微型 LED 器件 400 的侧壁存在保形电介质阻挡层 107 的情况下,可不需要侧壁钝化层 316。另选地,可与现有的保形电介质阻挡层 107 组合形成侧壁钝化层 316。

[0125] 在包括垂直微型 LED 器件对的实施例中,在形成任选的侧壁钝化层 316 之后,在微型 LED 器件 400 对上形成顶部电极层 318 并与顶部触件 402 和接地联络线 144 电接触。根据特定的应用,顶部电极层 318 对可见波长可为不透明的、透明的或半透明的。示例性的透明导电材料包括非晶硅、透明导电氧化物 (TCO) (诸如铟锡氧化物 (ITO) 和铟锌氧化物 (IZO))、碳纳米管膜、或透明导电聚合物 (诸如聚 (3,4- 乙烯乙二氧噻吩) (PEDOT)、聚苯胺、聚乙炔、聚吡咯和聚噻吩)。在一个实施例中,顶部电极层 318 是约 50nm-1 μm 厚的 ITO- 银 -ITO 堆栈,其中银层足够薄,以对于可见波长光谱是透明的。在特定实施例中,顶部电极层 318 是由喷墨印刷形成的。在一个实施例中,顶部电极层 318 是约 50nm-1 μm 厚的 PEDOT。根据要涂覆的期望区域和任何热约束,其他形成方法可包括化学气相沉积 (CVD)、物理气相沉积 (PVD)、或旋涂。

[0126] 根据本发明的实施例,可使用一个或多个顶部电极层 318 来将微型 LED 器件 400 对从子像素阵列电连接到接地联络线 144。具有不同冗余度和修复配置的各种配置都是可能的。为了清晰起见,图 12A- 图 12E 被限于单个子像素内的示例性顶部电极层 318 配置,并且图 12F 示出了单个像素内的示例性顶部电极层 318 配置。针对像素区域内的各种顶部电极层配置,相对于图 15- 图 19 提供了更详细的描述。

[0127] 再次参考图 12B,在一个实施例中,单个顶部电极层被示出为将该对的两个微型 LED 器件 400 连接到地 144/116。例如,在确定两个微型 LED 器件 400 已被转移到显示器衬底并且没有缺陷或被污染时,可使用此类配置。参考图 12C,其示出了一个实施例,其中确定微型 LED 器件 400X 是有缺陷的或受污染的。在所示的实施例中,修复微型 LED 器件 400 然后被键合到反射堤层 142,并且然后仅在可操作微型 LED 器件 400 对上方形成一个或多个顶部电极层 318,以将它们电连接到地 144/116。在图 12D- 图 12E 所示的实施例中,可在有缺陷或受污染的微型 LED 器件 400X 上方或缺失的微型 LED 器件的键合层 140 上方形成钝化层 316。在图 12D 中所示的实施例中,在可操作的和有缺陷、受污染或缺失的微型 LED 器件上方形成单个顶部电极层 318,其中钝化层 316 防止与有缺陷、受污染或缺失的微型 LED 器件电接触。在图 12E 中所示的实施例中,仅在可操作的微型 LED 器件上方形成一个或多个顶部电极层 318。

[0128] 然后可如上文相对于图 9A 所述的,形成任选的波长分布层 320、任选的匹配层 322、波长转换层 310 和任选的阻挡层 324。简单地重新参考图 11A、图 11F,在反射堤层 142

之间示出了黑矩阵（或另选的黑矩阵）材料 202，以便遮挡光透射，并分开相邻子像素之间的光渗透。可基于所用的材料以及已形成的层的组分，使用适当的方法来形成黑（或白）矩阵 202。形成方式也可由是以单侧方式（参考图 14A）还是上压下方方式（参考图 14B）形成黑（或白）矩阵来确定。例如，可使用喷墨印刷、溅射和蚀刻、具有剥离的旋涂或印刷方法来应用黑（或白）矩阵 202。在一些实施例中，通过喷墨印刷来形成黑（或白）矩阵 202 并进行紫外固化，以便不会使已形成的波长转换层 110 中的荧光体颗粒热劣化。示例性黑矩阵材料包括碳、金属膜（例如，镍、铝、钼及它们的合金）、金属氧化物膜（例如，氧化钼）和金属氮化物膜（例如氮化铬）、有机树脂、玻璃浆和包括黑色颜料或银颗粒的树脂或浆料。示例性白矩阵材料包括加载在例如聚合物、有机树脂或玻璃浆料中的金属颗粒或 TiO_2 颗粒。

[0129] 再次参考图 12A-图 12E，可任选地在波长转换层 310 上方形成滤色器层 328，以过滤掉通过波长转换层 310 发射的除那些期望颜色之外的颜色，并使光发射设备的发射光谱锐利。例如，可在包括发红光荧光体颗粒的波长转换层 310 上方放置红色滤色器层 328，以便过滤掉除红色之外的颜色，可在包括发绿光荧光体颗粒的波长转换层 310 上方放置绿色滤色器层 328，以便过滤掉除绿色之外的颜色，并可在包括发红蓝荧光体颗粒的波长转换层 310 上方放置蓝色滤色器层 328，以便过滤掉除蓝色之外的颜色。重新参考图 11B，在一个实施例中，蓝色波长转换层 310 上方可能不需要蓝色滤色器，其中下方的微型 LED 器件 400 发射深蓝光。重新参考图 11C，在一个实施例中，在裸露（例如，没有波长转换层）发蓝光的下方微型 LED 器件 400 上方可能不需要蓝色滤色器。应当理解，这些配置是示例性的，并且根据期望的光发射光谱，各种配置是可能的。用于滤色器的合适的材料包括如前所述的颜料或染料。在一个实施例中，滤色器层 328 包括散布于透明基体材料中的颜料或染料。在一个实施例中，基体材料是用于波长转换层 310 的相同的聚合物，诸如环氧树脂、硅树脂或丙烯酸树脂。类似地，可使用类似的技术诸如具有紫外固化的喷墨印刷来形成滤色器。在一个实施例中，波长转换层 310 的折射率在波长转换层 310 的折射率的 0.3 内，或者更特定地，在 0.1 内。在图 12A-图 12E 中所示的实施例中，在黑矩阵 202 之后形成滤色器层 328。在其他实施例中，在黑矩阵 202 之前形成滤色器层 328。

[0130] 现在参考图 12F，其提供了根据本发明的实施例的在多个反射堤结构内具有顶部触件和底部触件的多个微型 LED 器件周围的光管，以及光管上方的波长转换层的横截面侧视图。图 12F 中示出的配置类似于图 12A，其中差别在于光管 320 形成于像素中的多个子像素上方，其中每个反射堤层 142 对应于可由其下方电路 210 独立寻址的独立子像素。类似于其他配置，波长转换层 310 可比包括多个反射堤层 142 的图案化堤层 304 中的开口更宽。

[0131] 图 13A-图 13B 是示出了根据本发明的实施例的在反射堤结构内具有底部触件的多个微型 LED 器件周围的光管以及光管上方的波长转换层的横截面侧视图。图 13C 是示出了根据本发明的实施例的在多个反射堤结构内具有底部触件的多个微型 LED 器件周围的光管以及光管上方的波长转换层的横截面侧视图。图 13A-图 13C 类似于图 12A-图 12B 和图 12F，其中一个差别在于微型 LED 器件 400 包括底部触件 404，403，而不是既有底部触件又有顶部触件。作为结果，可能不需要形成顶部电极层以接触接地联络线 144。也可省去侧壁钝化层 316，并且光管 320 或其他层可将反射堤结构 142A，142B 和量子阱结构 408 电绝缘。如图所示，反射堤结构层 142A，142B 彼此电绝缘。

[0132] 现在参考图 14A-图 14B，其描述并示出了根据实施例的用于封装显示器的替代盖

设计。图 14A 是根据一个实施例的用于在子像素之间应用波长转换层和黑（或白）矩阵的单侧制造方式的图示。如图所示，在光发射设备上方应用盖 500 之前，在衬底 102 上形成波长转换层 310 和矩阵 202。盖 500 可以是刚性或柔性的，并可通过各种方式被应用。在一个实施例中，盖 500 是透明塑料材料，并且被层合到显示器衬底 102 上。在一个实施例中，盖 500 是刚性玻璃板，该刚性玻璃板在光显示器衬底 102 上方被应用并利用密封剂密封于显示器衬底 102 的周边边缘附近。可任选地在包含微型 LED 器件和波长转换层 310 的密封区域内部放置吸气材料以吸收水分，尤其是在波长转换层包括量子点的情况下。

[0133] 图 14B 是根据一个实施例的用于在子像素之间应用波长转换层和黑（或白）矩阵的上压方式的图示。在图 14B 所示的实施例中，在盖 500 上形成矩阵 202、波长转换层 310、氧气阻挡膜 324 和任选的滤色器层 328，并在微型 LED 器件 400 和光分布层 320 的阵列上方下压。在一个实施例中，图 14B 的盖 500 是刚性玻璃板，并且利用密封剂密封于显示器衬底 102 的周边边缘附近。可任选地在包含微型 LED 器件和波长转换层 310 的密封区域内部放置吸气剂材料，以吸收水分，尤其是如果波长转换层包括量子点的情况下。在形成本文所述和所示的显示设备时，可使用图 14A- 图 14B 的盖配置中的任一种盖配置。

[0134] 图 15 是示出了根据本发明的实施例的包括图 12A- 图 12F 中所述的各种配置的微型 LED 器件阵列的示意顶视图。在图 15 所示的特定实施例中，在多个堤开口 128 上方形成并可在多个子像素或像素 106 上方形成顶部电极层 318。在一个实施例中，在像素区域中的所有微型 LED 器件 400 上方形成顶部电极层 318。

[0135] 图 12B 所示的实施例是在标记的像素 106 中示出的，其中转移微型 LED 器件 400 对，而不检测任何缺失、有缺陷或受污染的微型 LED 器件。在该实施例中，修复微型 LED 部位 401 是开放的，并且未转移修复微型 LED 器件。

[0136] 图 12D 中所示的实施例也被示出为图 15 中的包括修复微型 LED 器件的发红光子像素中的一个发红光子像素，其中顶部电极层 318 形成于发红光的微型 LED 器件 400 和有缺陷或受污染的微型 LED 器件 400X 两者上方，其中利用钝化层 316 来覆盖有缺陷或受污染的微型 LED 器件 400X。

[0137] 类似地，针对图 15 中包括修复微型 LED 器件的发蓝光子像素中的一个发蓝光子像素示出了一个实施例，其中顶部电极层 318 形成于发蓝光微型 LED 器件 400 和与缺失微型 LED 器件对应的键合层 140 两者上方。

[0138] 图 16 是示出了根据本发明的实施例的包括图 12A- 图 12F 中所述的各种配置的微型 LED 器件阵列的示意顶视图。在图 16 所示的特定实施例中，微型 LED 器件 400 的布置与上文相对于图 15 所述的那些布置相同。图 16 中所示的实施例与图 15 中所示的那些实施例的不同之处尤其在于多个独立顶部电极层 318 的形成。在一个实施例中，诸如在标记的像素 106 中所示的那些实施例中，未在修复键合部位 401 上放置微型 LED 器件 400，不需要在其上形成顶部电极层 318。因此，可基于是否添加了替换微型 LED 器件来确定顶部电极层 318 的长度。顶部电极层 318 也可形成于键合部位 401 上方。

[0139] 在一些实施例中，顶部电极层 318 是通过喷墨印刷或丝网印刷形成的。喷墨印刷尤其可能是适合的，因为它是一种非接触印刷方法。常规的 AMOLED 背板处理序列通常在沉积室中毯式沉积顶部电极层，接着从较大的衬底分离单个背板。根据本发明的实施例，可在转移微型 LED 器件阵列之前从较大衬底分离显示器衬底 102。在一个实施例中，喷墨印刷或

丝网印刷为单个顶部电极层的构图提供可行的方法,而无需冗余和修复方案中的用于每种特定配置的独立掩蔽层。根据应用,顶部电极层 118 的线宽也可改变。例如,线宽可接近于像素区域的线宽。另选地,该线宽可以是最小值。例如,利用市售的喷墨打印机可实现低到约 15 微米的线宽,并且利用市售的丝网打印机可实现低到约 30 微米的线宽。因此,线宽可大于或小于微型 LED 器件的最大宽度。

[0140] 图 17 是示出了根据本发明的实施例的包括图 12A-12F 中所述的各种配置的微型 LED 器件阵列的示意顶视图。在图 17 所示的特定实施例中,微型 LED 器件 400 的布置与上文相对于图 15-图 16 所述的那些布置相同。图 17 中所示的实施例与图 16 中所示的那些实施例的不同之处尤其在于顶部电极层 318 的形成。图 16 所示的实施例被示出为改变顶部电极层 318 的长度,而图 17 所示的实施例被示出为改变顶部电极层 318 的路径和 / 或顶部电极层 318 的数量。例如,图 17 中所示的顶部电极层 318 可对应于图 12C 和图 12E 中所示的那些顶部电极层。在图 17 中,针对发红光微型 LED 器件和发绿光微型 LED 器件所示的示例性实施例中,可针对子像素中的每个微型 LED 器件 400 来形成独立顶部电极层 318。在最下方的发蓝光子像素中所示的实施例中,可针对子像素中的多个微型 LED 器件 400 来形成单个顶部电极层 318,其中调节路径以避免键合层 140,或者另选地避开有缺陷或受污染的微型 LED 器件。这样,可使用对顶部电极层 318 的路径的调节来替代或补充钝化层 316 的沉积的调节,以覆盖有缺陷或受污染的微型 LED 器件或缺失的微型 LED 器件的键合部位。

[0141] 形成一个或多个独立顶部电极层 318 可在形成顶部电极层 318 之后对显示器衬底 102 进行电学测试期间提供附加有益效果。例如,在形成顶部电极层 318 之前,可能还不能检测到导致微型 LED 器件 400S 短接的特定缺陷。牵涉到短接的微型 LED 器件 400S 可能会导致暗的子像素,其中所有电流流经短接的微型 LED 器件 400S,而不流经子像素中的其他微型 LED 器件中的任一个微型 LED 器件。在图 18 所示的实施例中,使用合适的技术诸如激光划线来切割连接到短接的微型 LED 器件 400S 的顶部电极层 318。这样,可能能够在电学测试期间在形成顶部电极层 318 之后通过显示器施加电流来检测到在前述集成测试方法期间未被检测到的电短路。在此类实施例中,如果微型 LED 器件 400S 短接,可切割连接到微型 LED 器件 400S 的顶部电极层 318,从而允许冗余和 / 或修复微型 LED 器件从子像素提供发射。

[0142] 图 19 示出了另选的实施例,其中并未切割或划割顶部电极层 318,可形成反射堤层 142 以包括多个底部触件区域 124,可使用合适的技术诸如激光划线来切割多个底部触件区域以分离出不规则的微型 LED 器件。在所示出的特定实施例中,底部触件区域 124 包括用于微型 LED 器件的独立着陆区域。在所示出的特定实施例中,使用合适的技术诸如激光划线来切割支撑微型 LED 器件 400S 的底部触件区域 124,以分离出不规则的微型 LED 器件,使得不规则的微型 LED 器件不会通过填充的开口 131 与下方的 TFT 电路电连通。

[0143] 到目前为止,已经利用包括下方电路 210 的显示器衬底 102 示出和描述了本发明的实施例。然而,本发明的实施例并不限于该情况。例如,可在衬底顶部以微芯片的形式提供电路。图 20 是示出了根据本发明的实施例的包括冗余和修复部位配置的智能像素显示器的顶部示意图。如图所示,显示面板 200 包括衬底 201,该衬底可以是不透明的、透明的、刚性的或柔性的。智能像素区域 206 可包括不同发光颜色的独立子像素,以及微型控制器芯片 208,该微型控制器芯片 208 包括上文相对于 TFT 衬底所述的工作电路。这样,并不在

包括工作电路的 TFT 衬底上形成像素区域,微型 LED 器件 400 和微型控制器芯片 208 均被转移到衬底 201 的同一侧或同一表面。类似于 TFT 衬底,电分布线路可将微型控制器芯片 208 连接到数据驱动器电路 109 和扫描驱动器电路 112。同样,类似于上文针对 TFT 衬底所述的,可在衬底 201 上形成反射堤层结构,以包含微型 LED 器件 400 和修复键合部位 401。类似地,类似于上文相对于 TFT 衬底配置所述的,顶部电极层 318 或独立的顶部电极层 318 可将微型 LED 器件 400 连接到接地联络线 144 或接地环 116。也可在微型 LED 器件 400 上方形成波长转换层和其他任选层,以生成如上所述确定的彩色发光光谱。因此,可利用上文相对于 TFT 衬底配置所述的智能像素配置来形成类似的彩色发光配置,该类似的彩色发光配置包括波长转换层、冗余和修复部位配置。

[0144] 图 21 示出了根据一个实施例的显示系统 2100。显示系统容纳处理器 2110、数据接收器 2120、显示器 2130 和一个或多个显示器驱动器 IC2140,该显示器驱动器 IC 可以是扫描驱动器 IC 和数据驱动器 IC。数据接收器 2120 可被配置为通过无线方式或有线方式来接收数据。可在若干个无线标准或协议的任一者中实现无线方式,该若干个无线标准或协议包括但不限于 Wi-Fi (IEEE 802.11 系列)、WiMAX (IEEE 802.16 系列)、IEEE 802.20、长期演进 (LTE)、Ev-DO、HSPA+、HSDPA+、HSUPA+、EDGE、GSM、GPRS、CDMA、TDMA、EDCT、蓝牙、它们的衍生物,以及被指定为 3G、4G、5G 和更高版本的任何其他无线协议。一个或多个显示驱动器 IC 2140 可以物理地耦接至且电耦接至显示器 2130。

[0145] 在一些实施例中,显示器 2130 包括根据上述本发明的实施例形成的一个或多个微型 LED 器件 400 和波长转换层 310。例如,显示器 2130 可包括多个微型 LED 器件、微型 LED 器件周围的多个光分布层以及光分布层上方的多个波长转换层。

[0146] 根据其应用,显示系统 2100 可包括其他部件。这些其他部件包括但不限于存储器、触摸屏控制器和电池。在各种具体实施中,显示系统 2100 可以是电视机、平板电脑、电话、膝上型电脑、计算机监视器、信息亭、数字相机、手持式游戏机、媒体显示器、电子书显示器或大的区域标牌显示器。

[0147] 在利用本发明的各个方面的过程中,对本领域技术人员显而易见的是,对于将微型 LED 器件和波长转换层集成到显示应用,以上实施例的组合或变型是可能的。尽管以特定于结构特征和 / 或方法行为的语言对本发明进行了描述,但应当理解,所附权利要求书中限定的本发明并不一定限于所描述的特定特征或行为。本发明所公开的特定特征和行为被理解为受权利要求书保护的本发明的特定的适当具体实施以用于示出本发明。

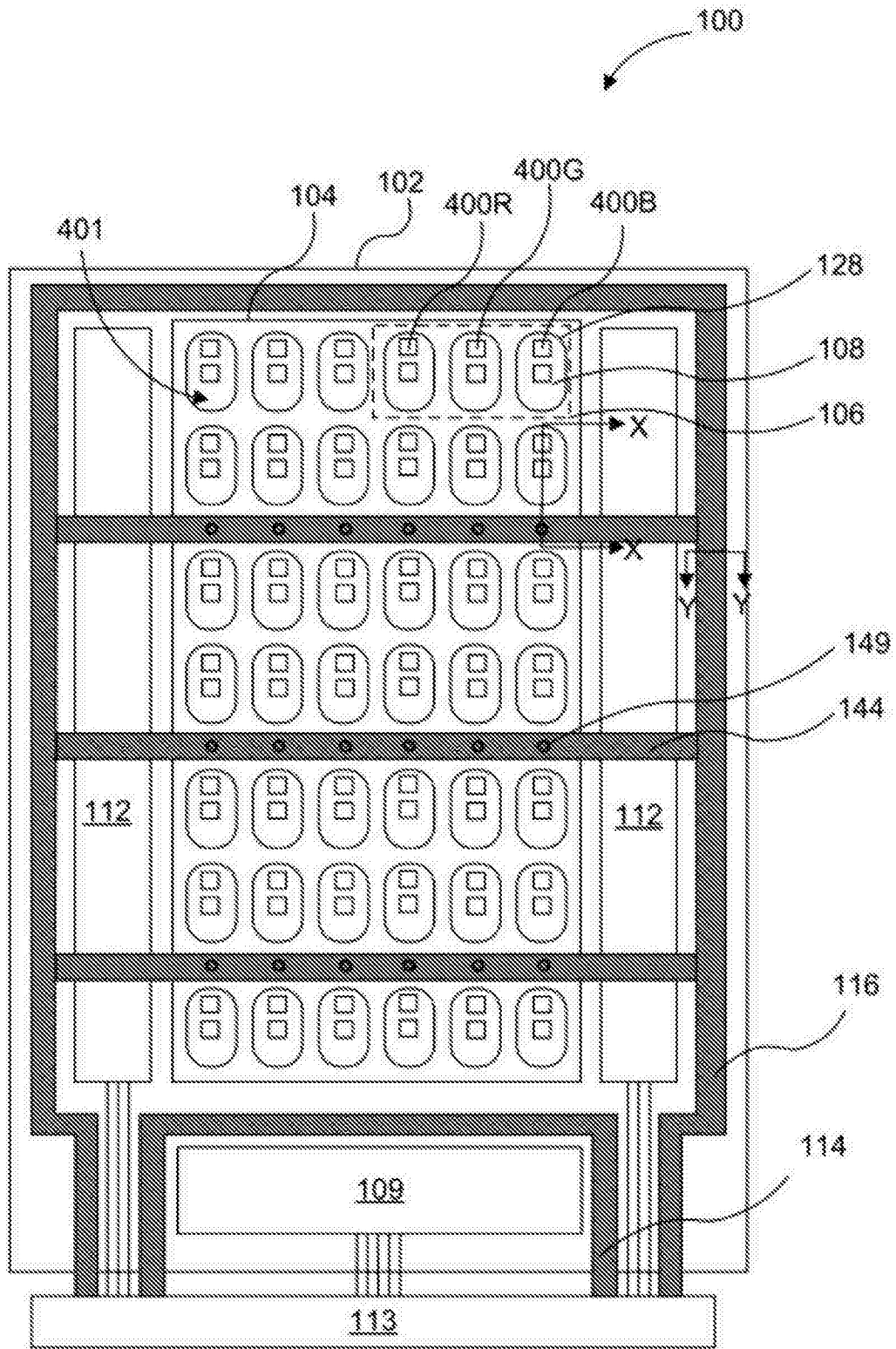


图 1A

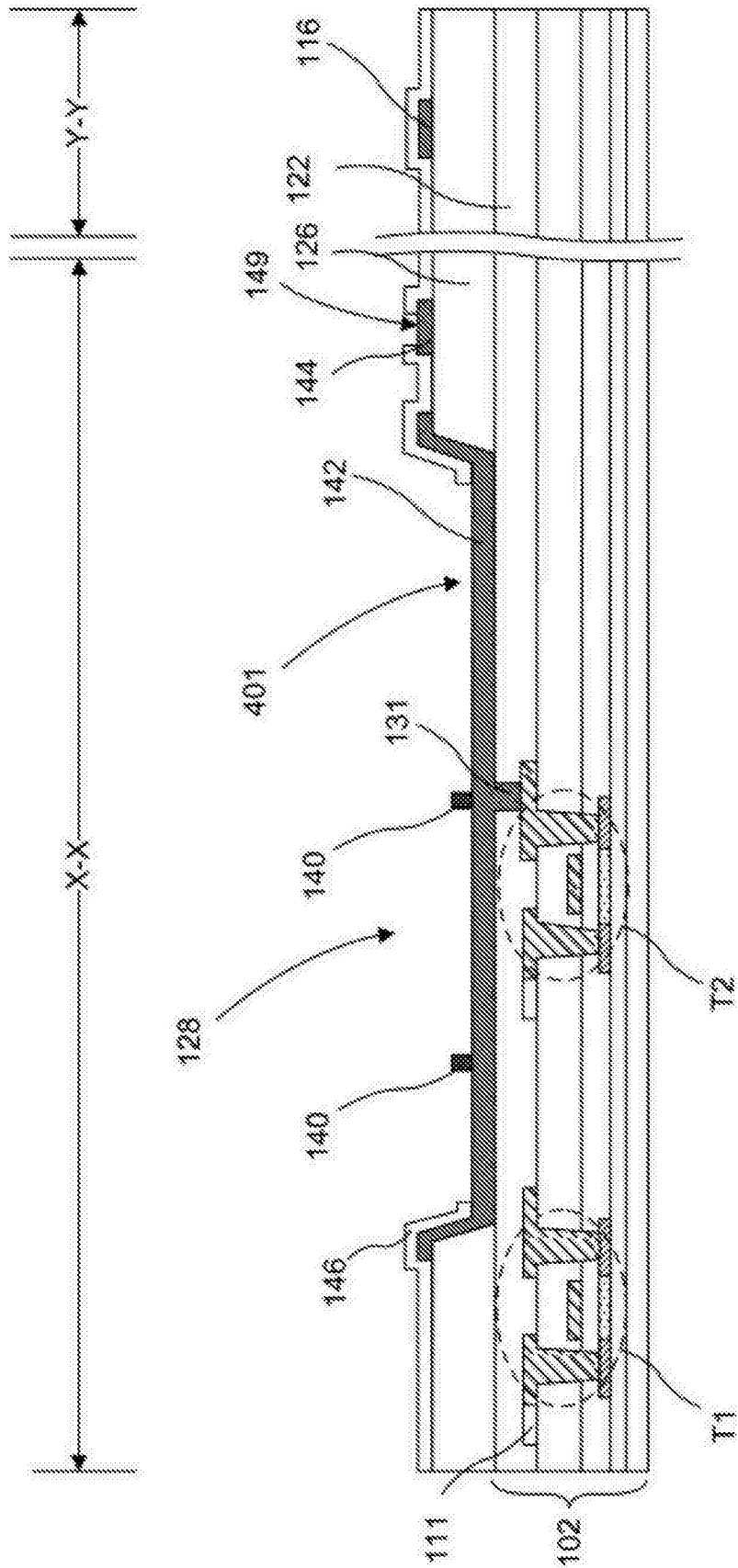


图 1B

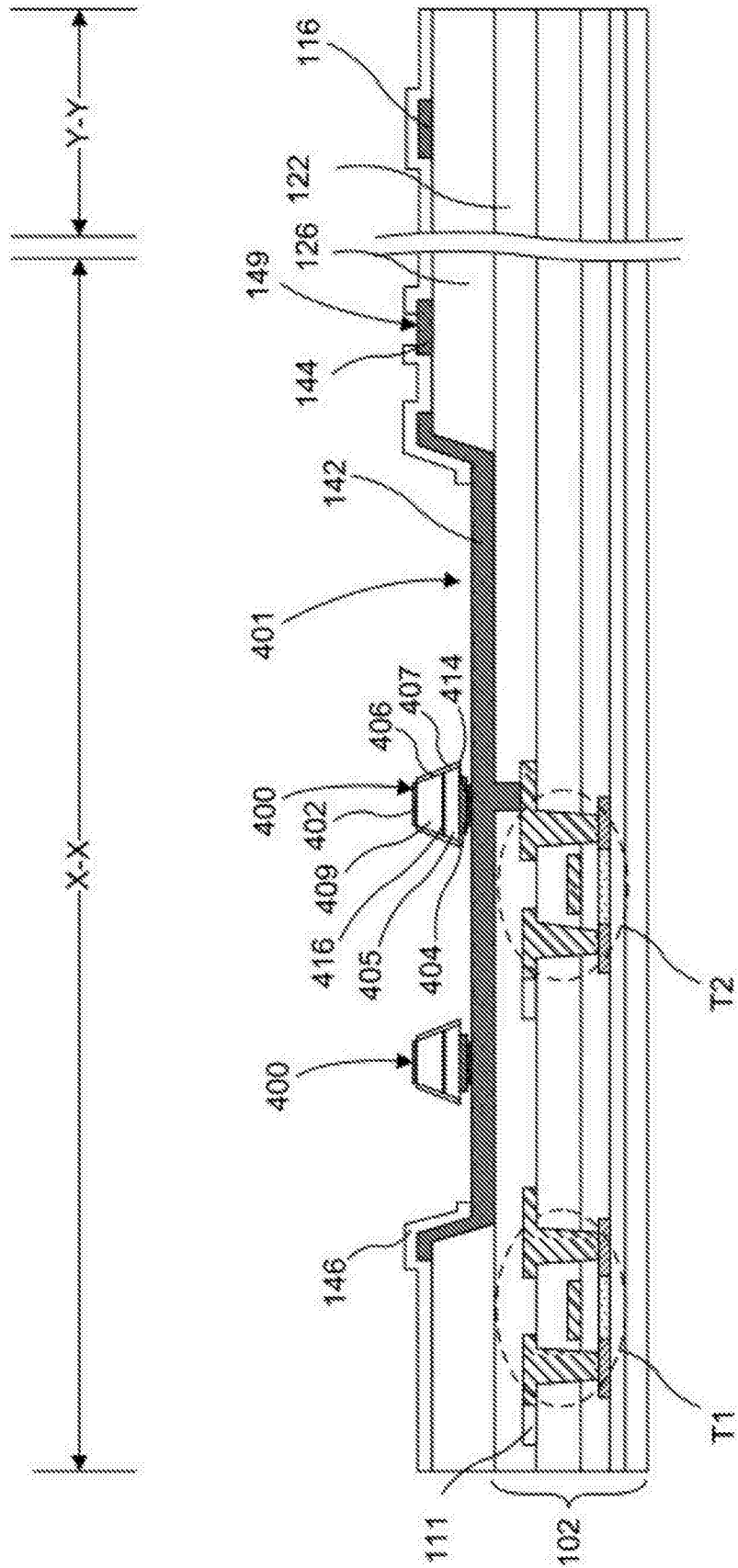


图 1C

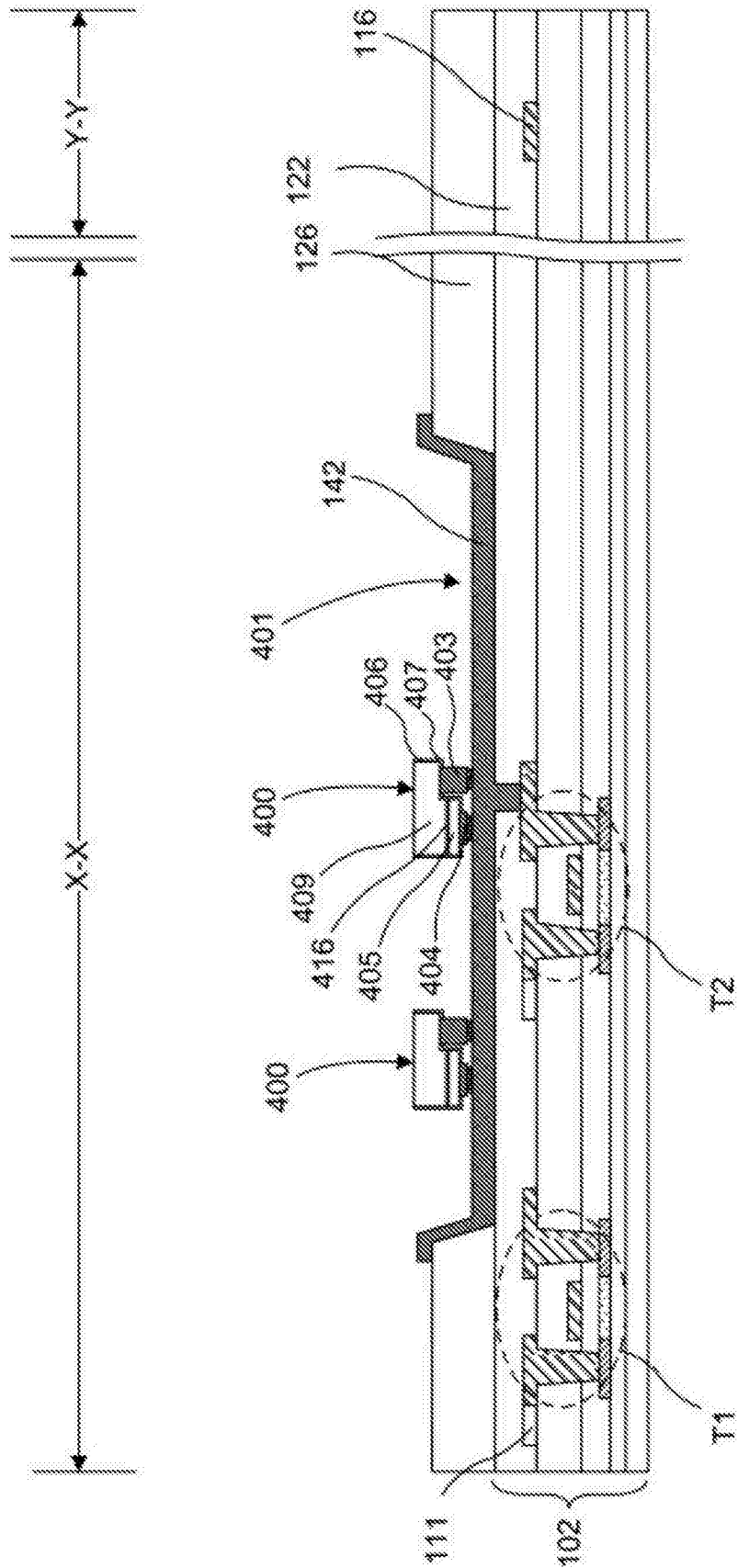


图 1D

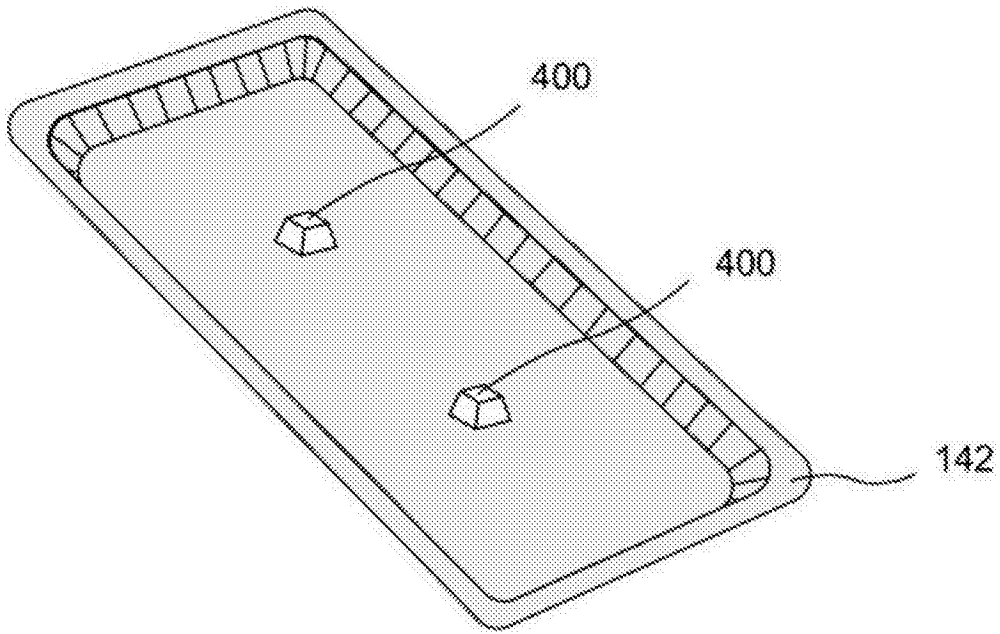


图 2A

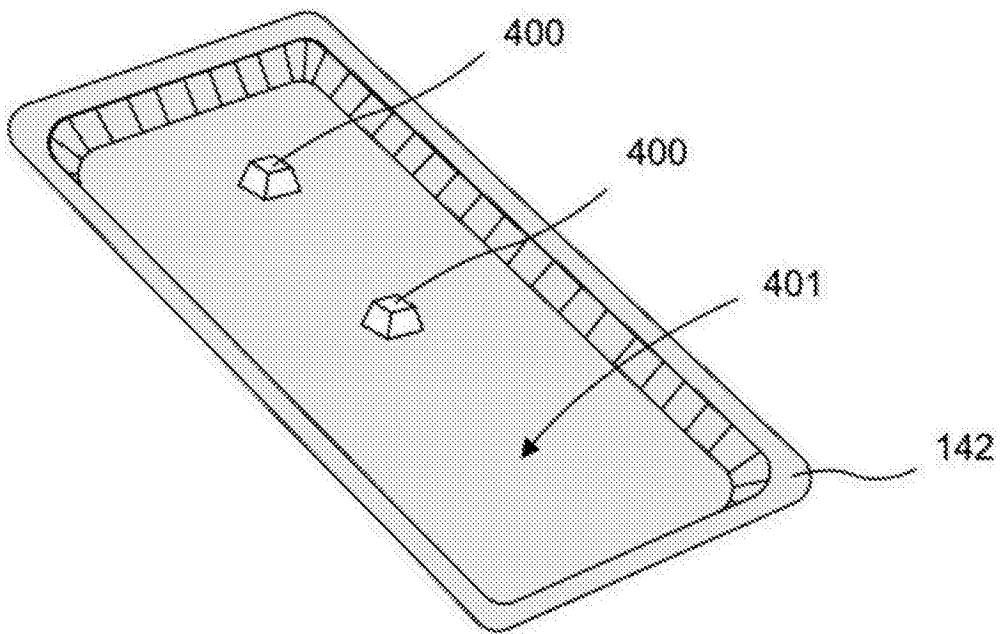


图 2B

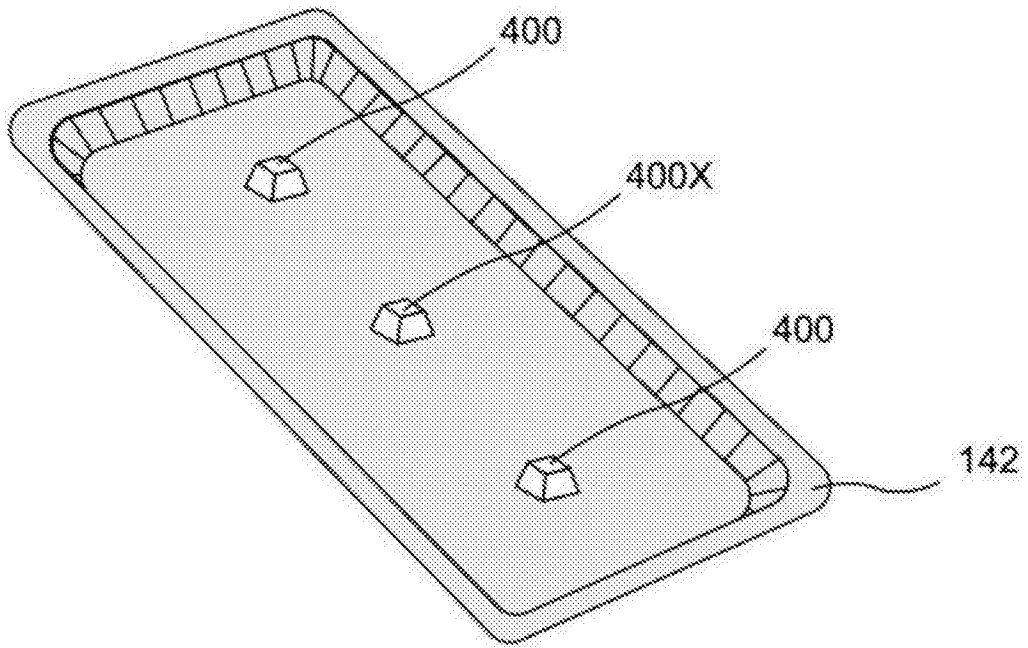


图 2C

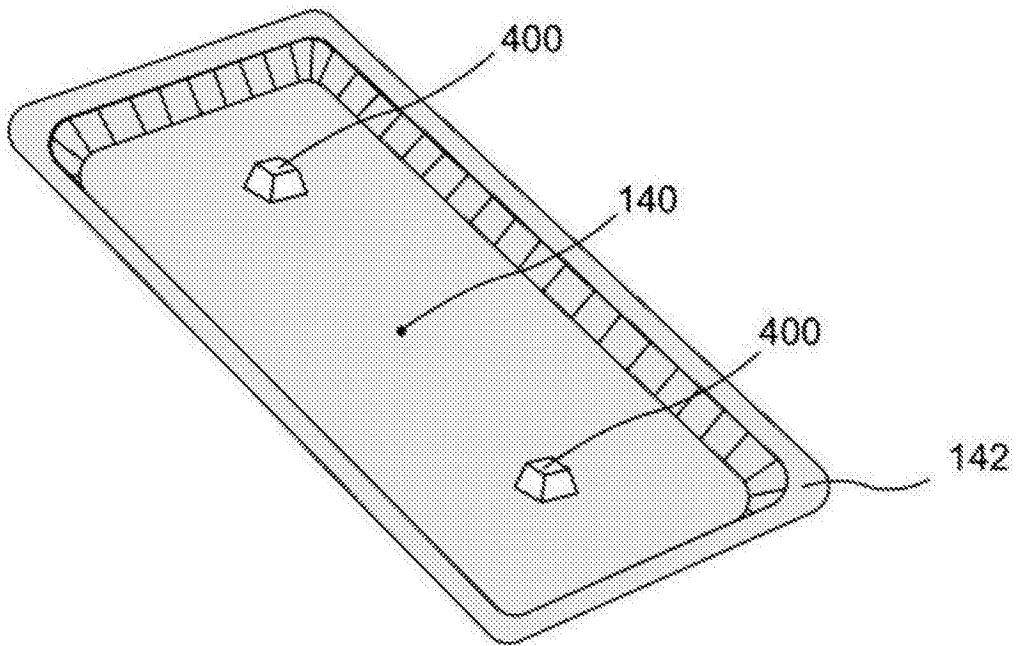


图 2D

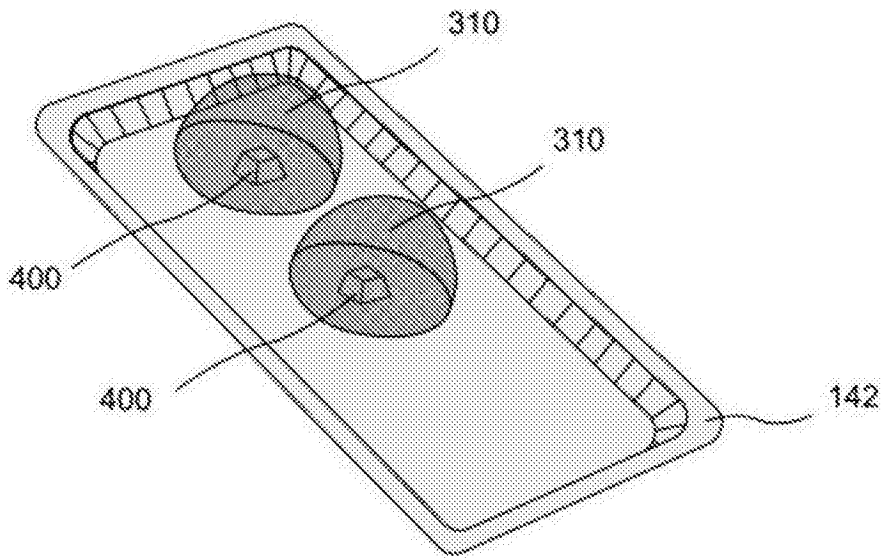


图 3A

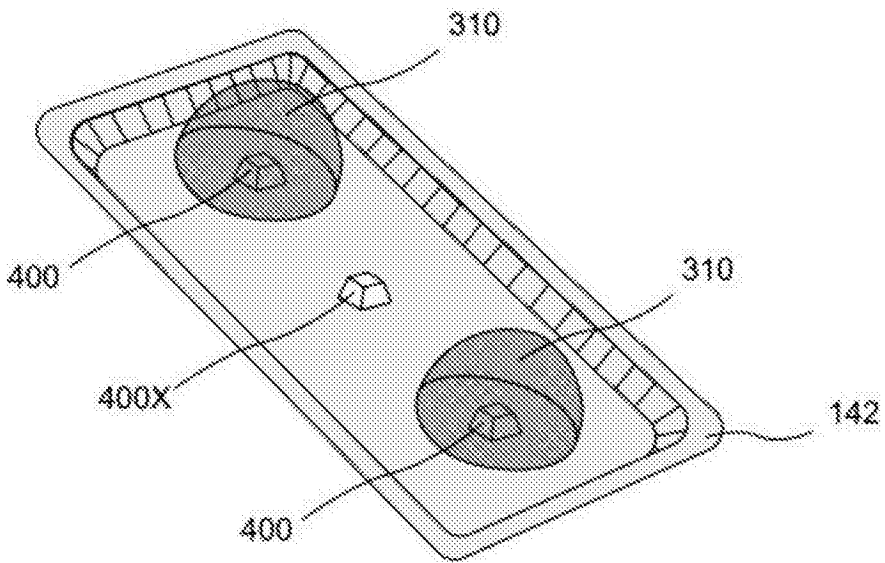


图 3B

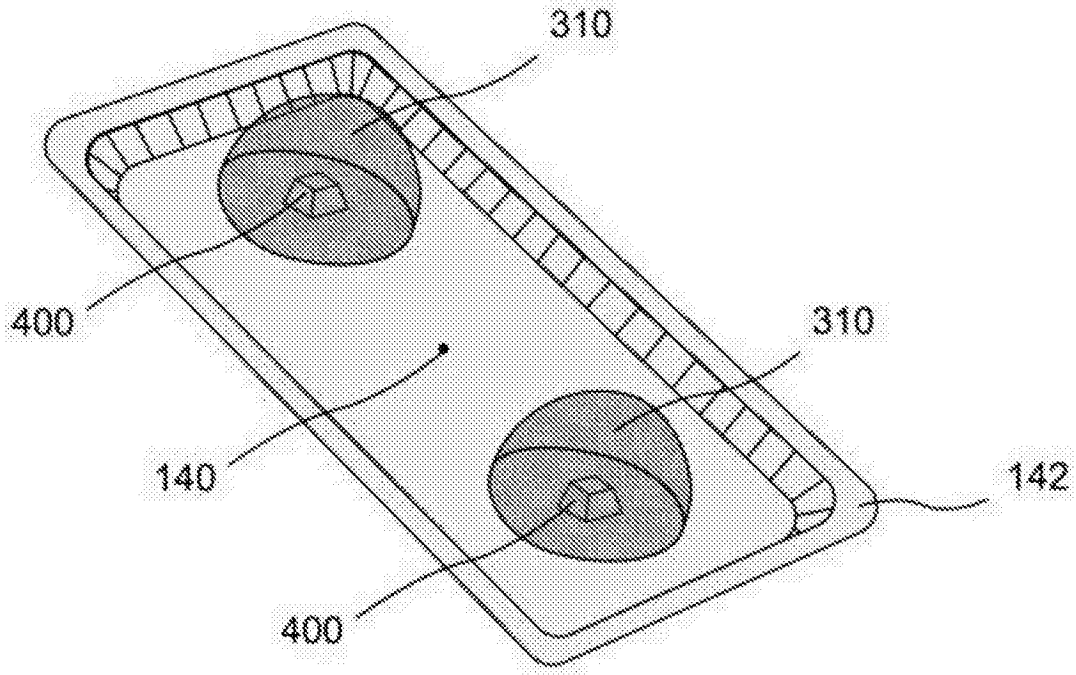


图 3C

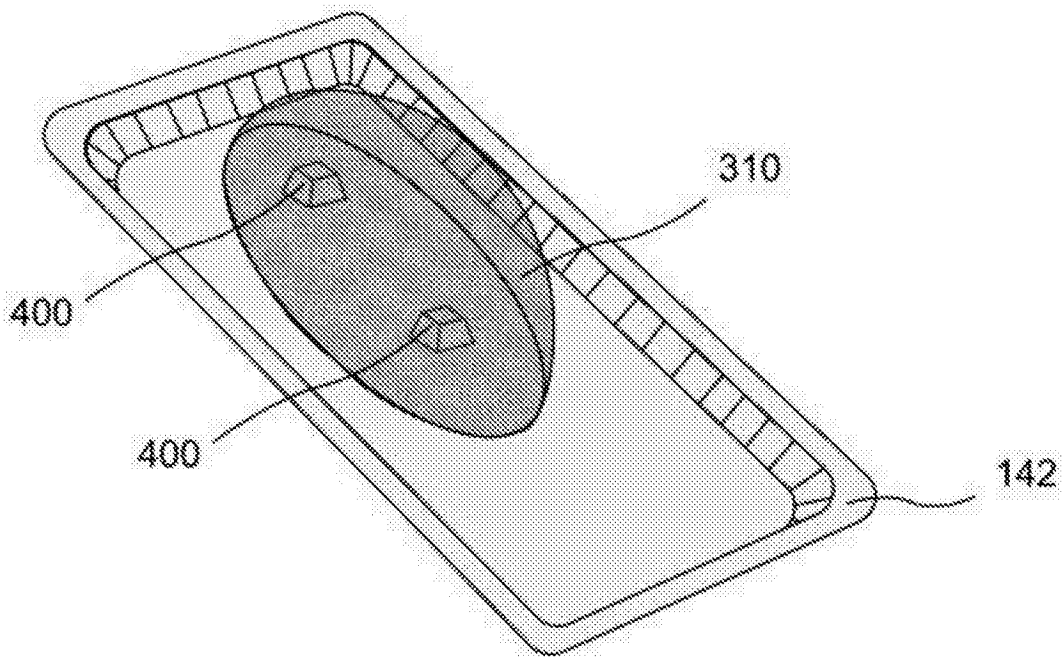


图 4A

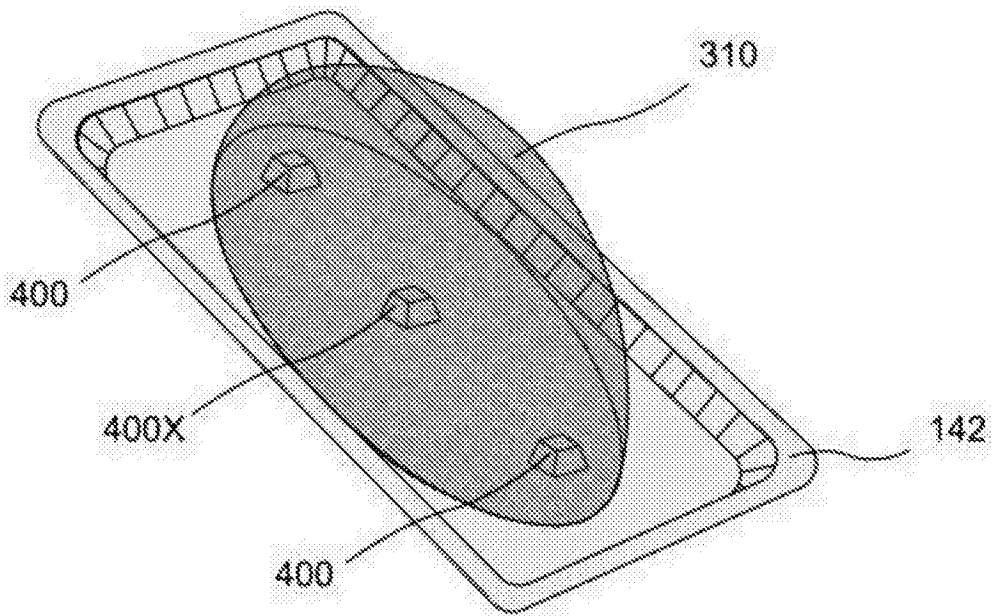


图 4B

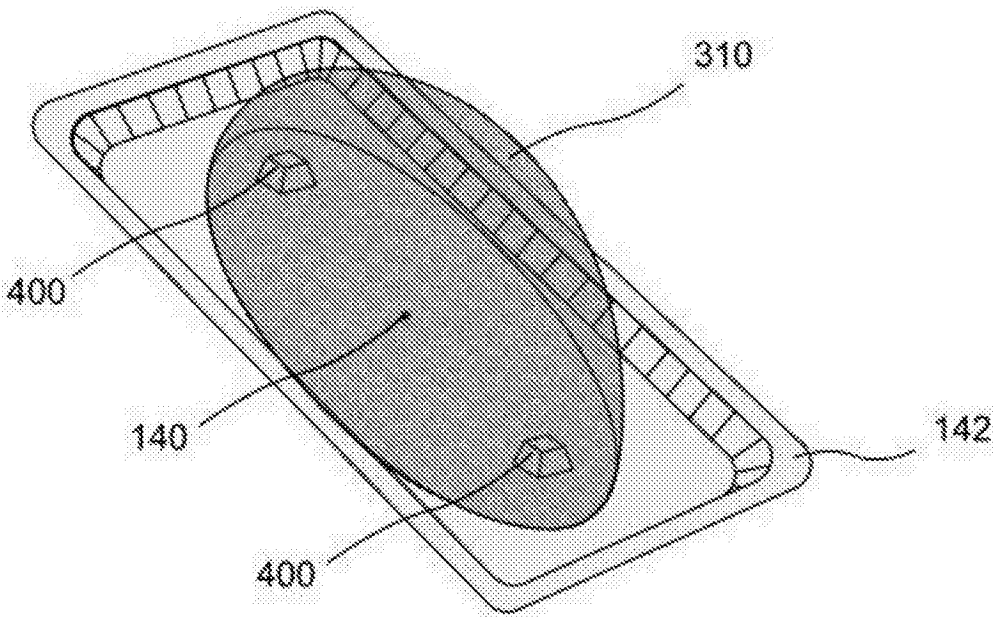


图 4C

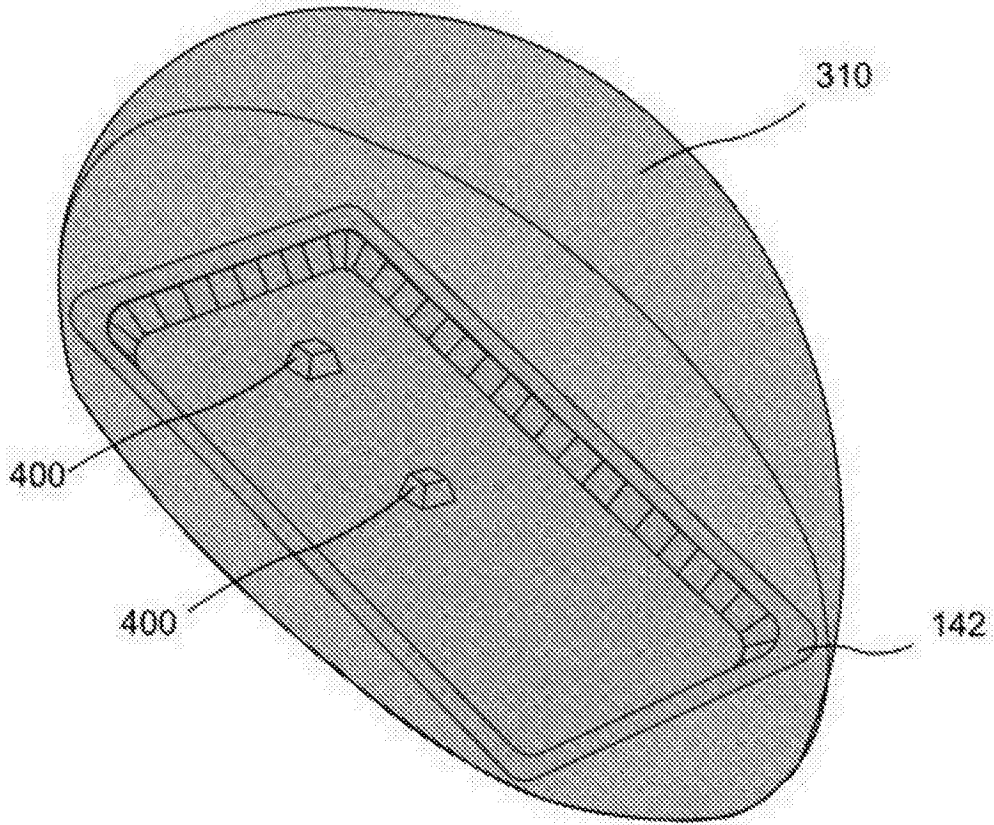


图 5

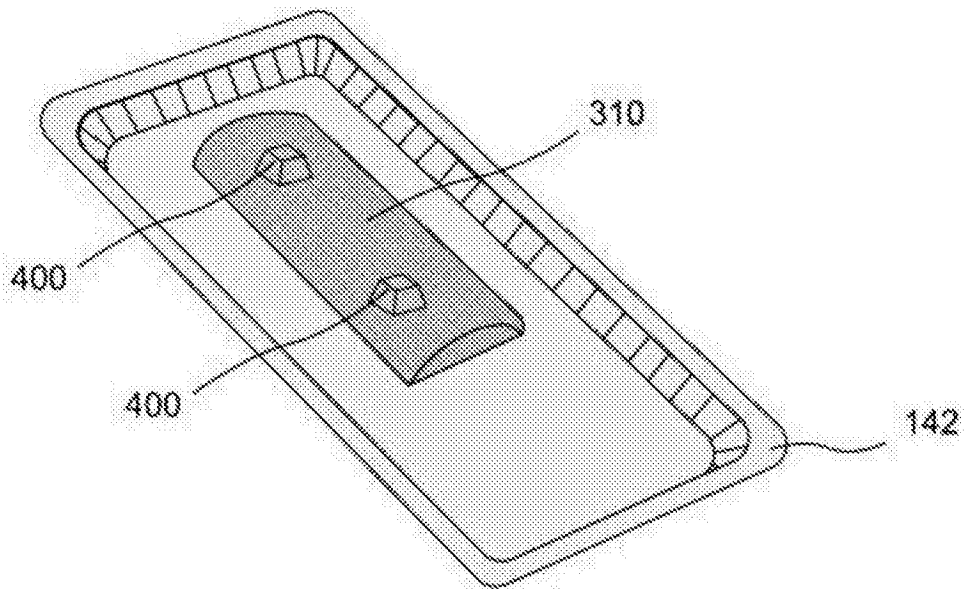


图 6A

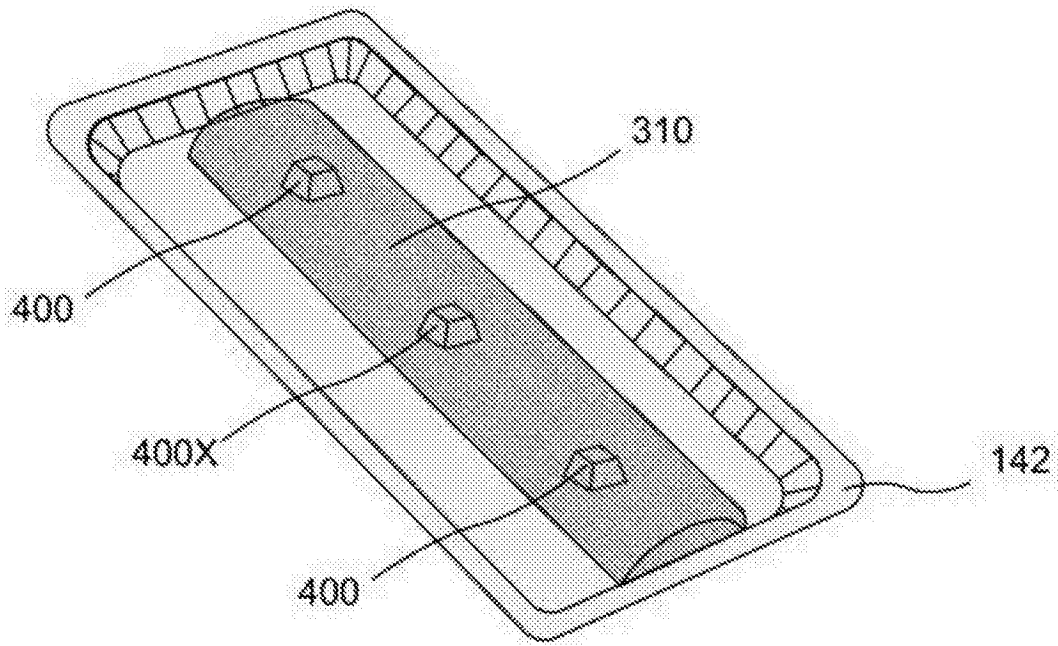


图 6B

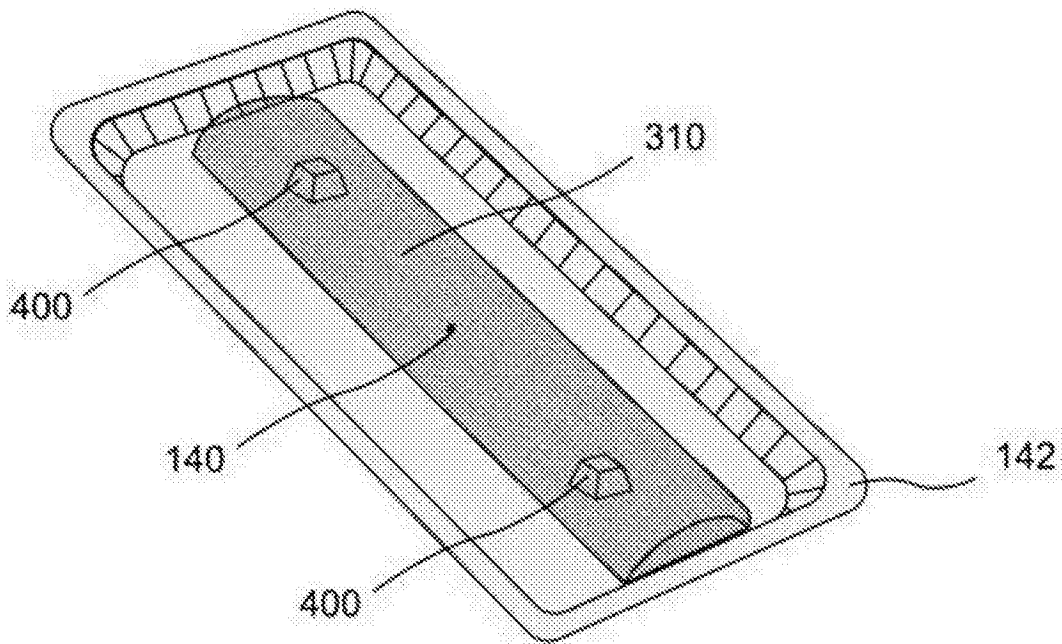


图 6C

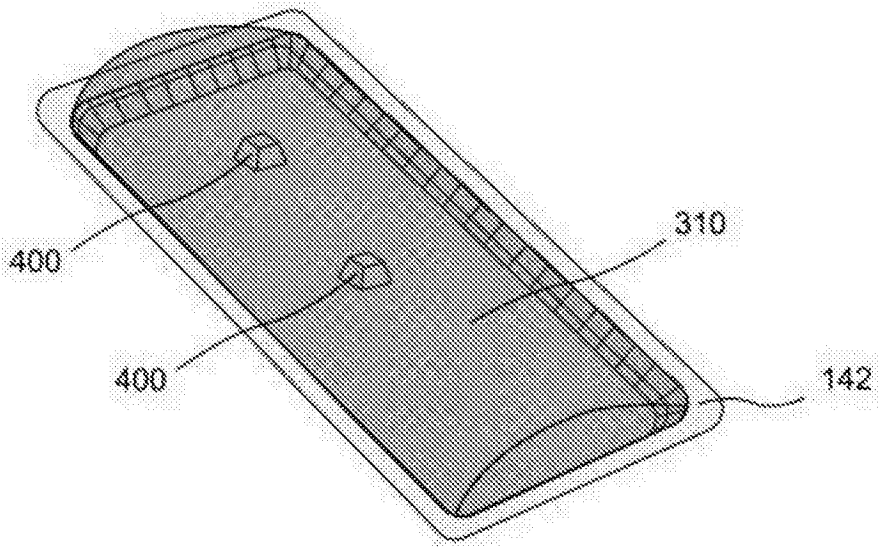


图 7A

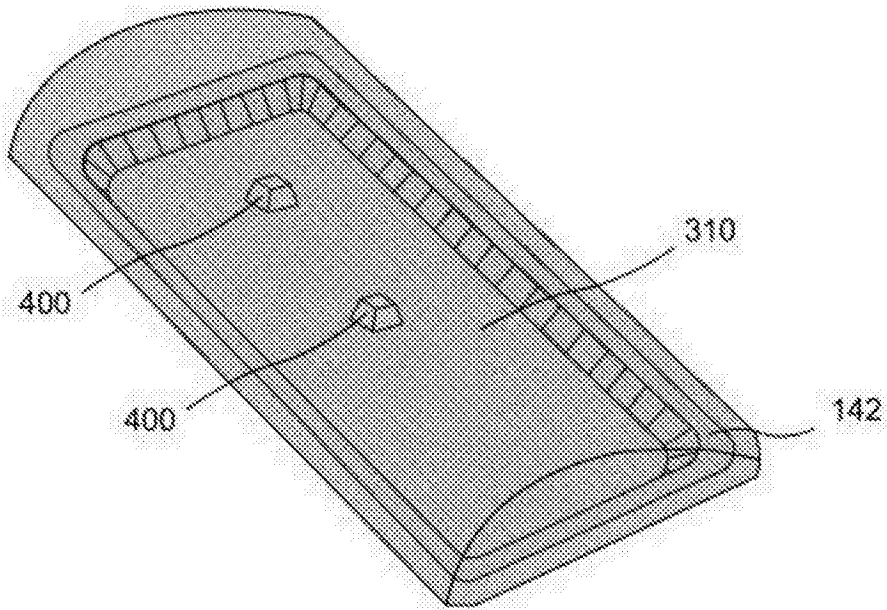


图 7B

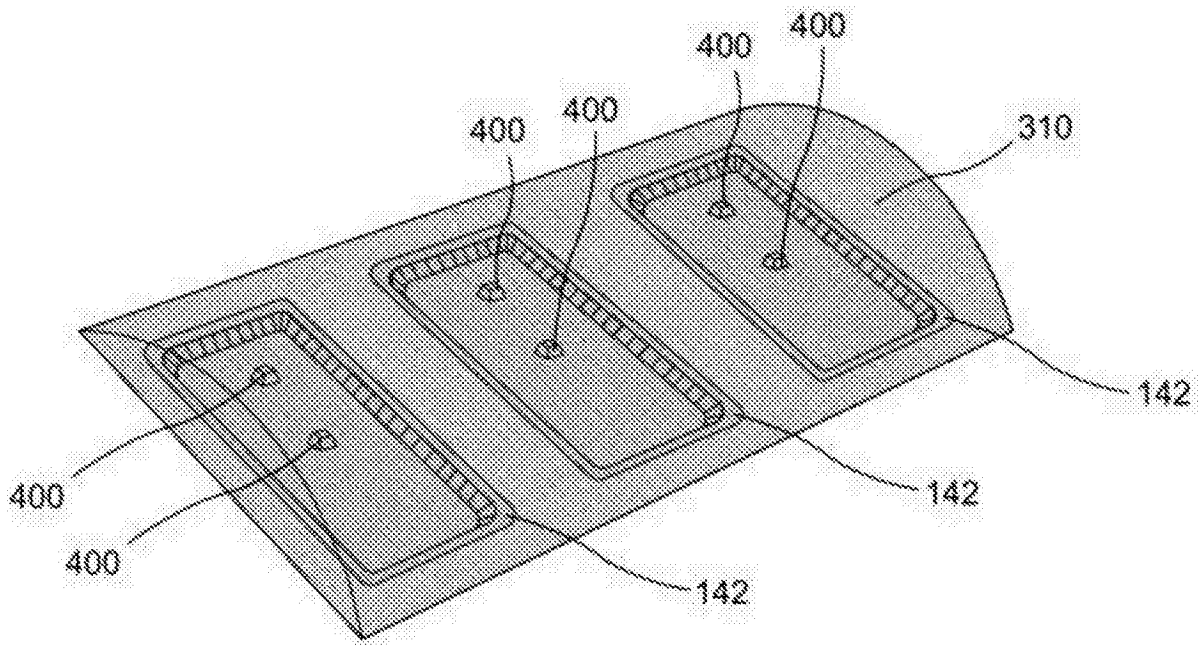


图 8A

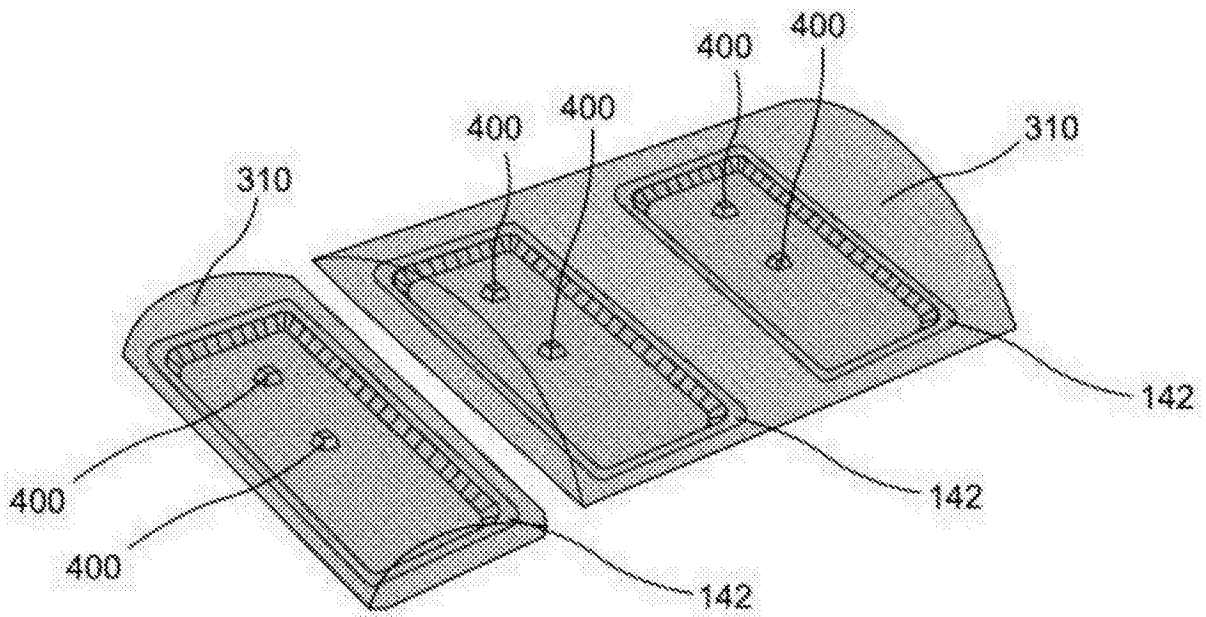


图 8B

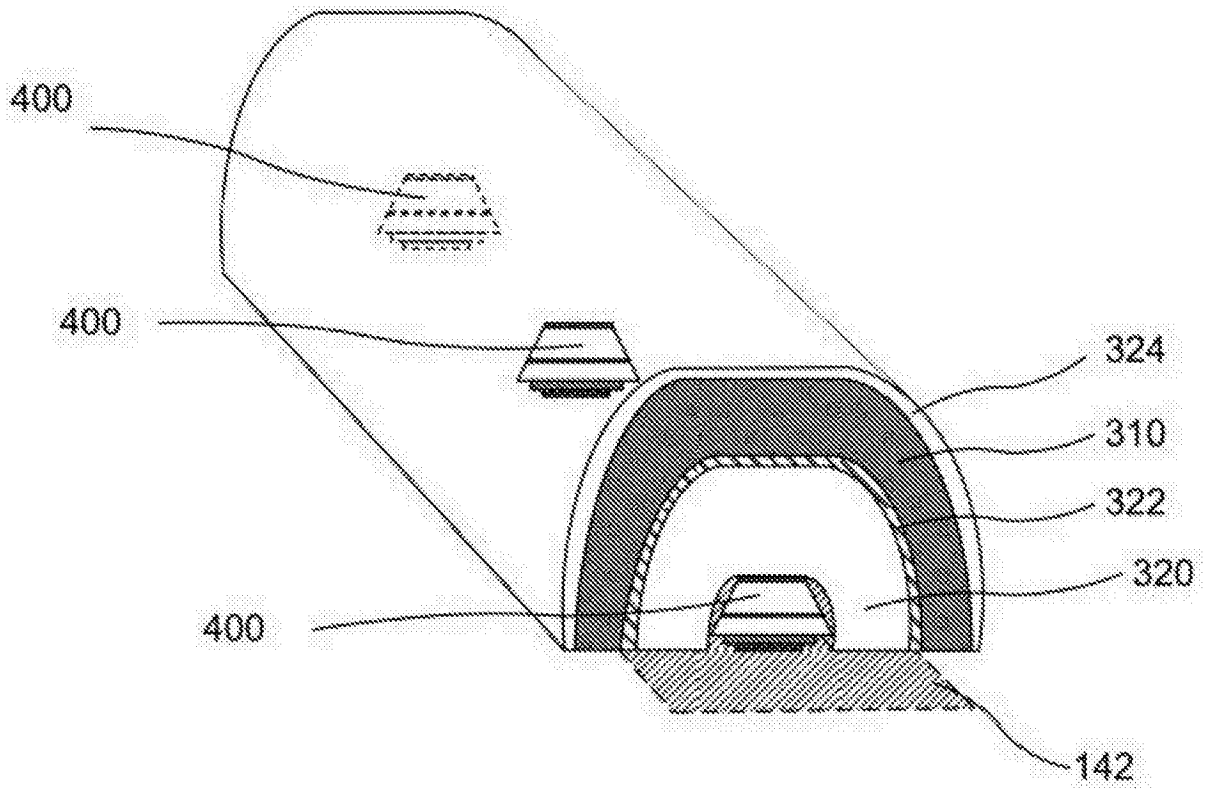


图 9A

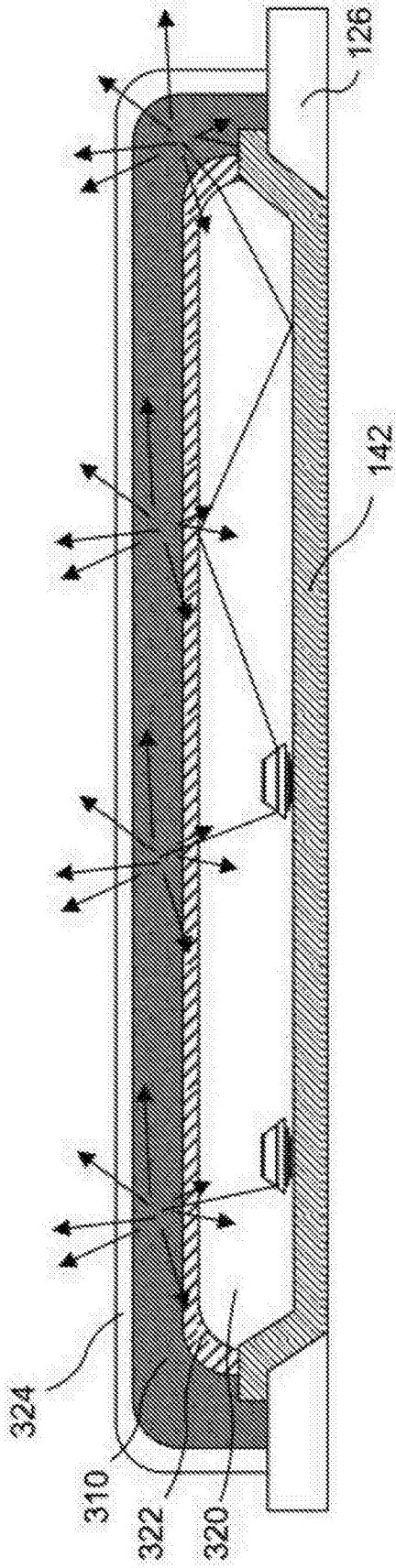


图 9B

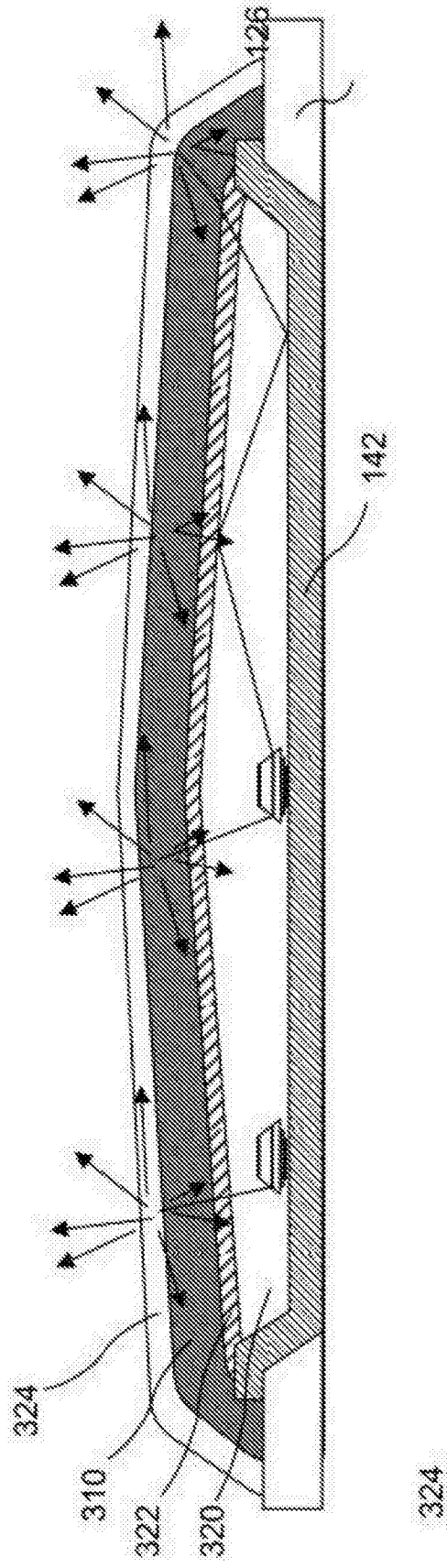


图 9C

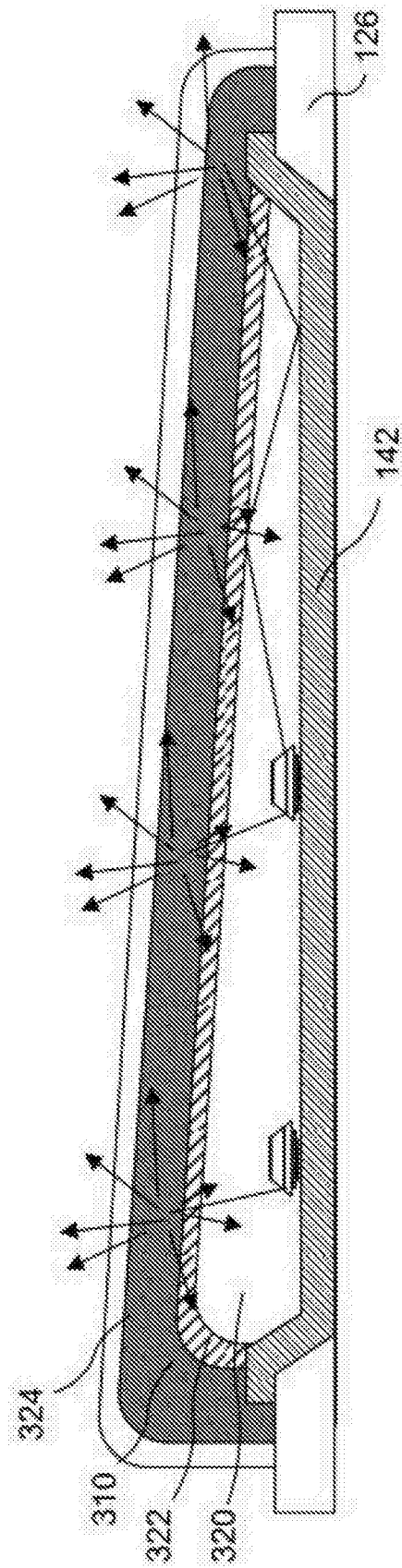


图 9D

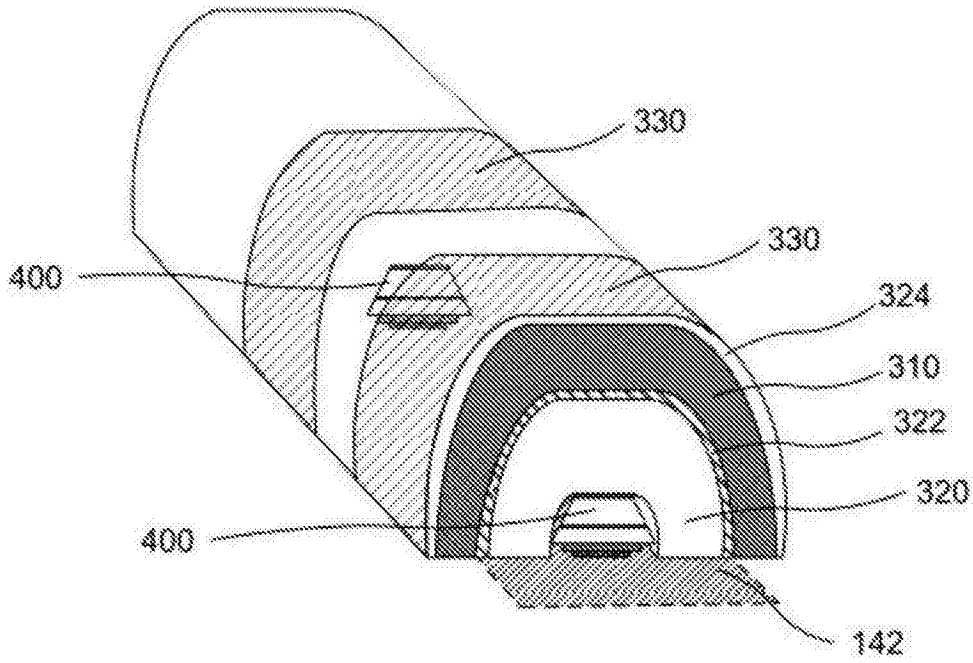


图 10A

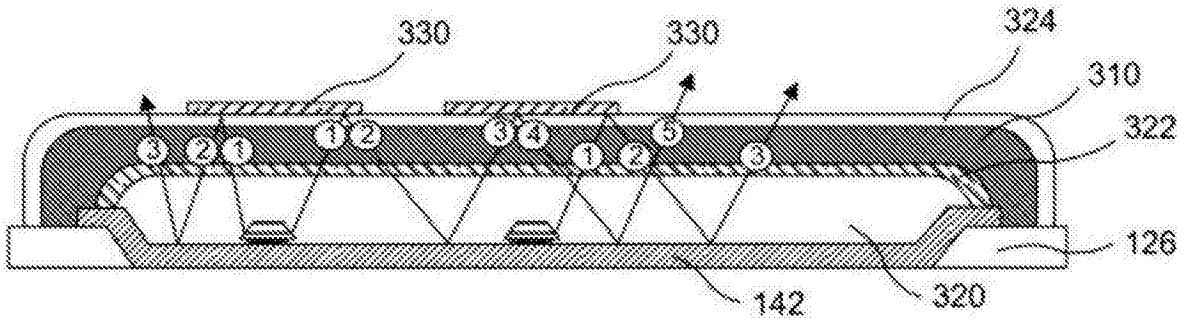


图 10B

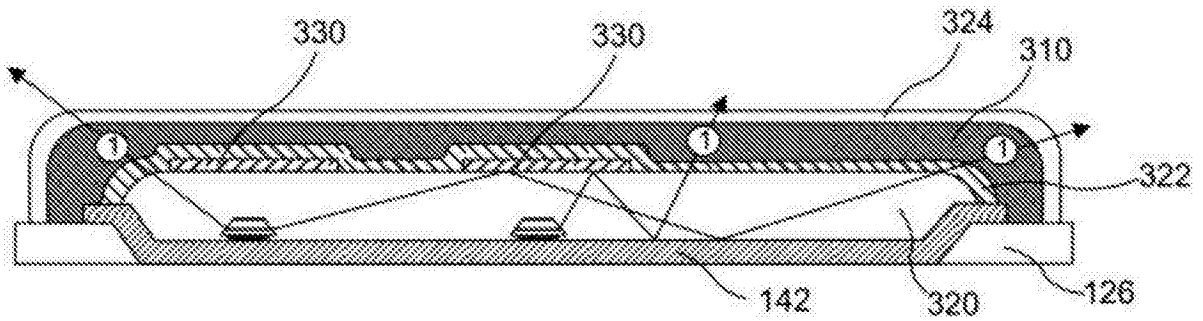


图 10C

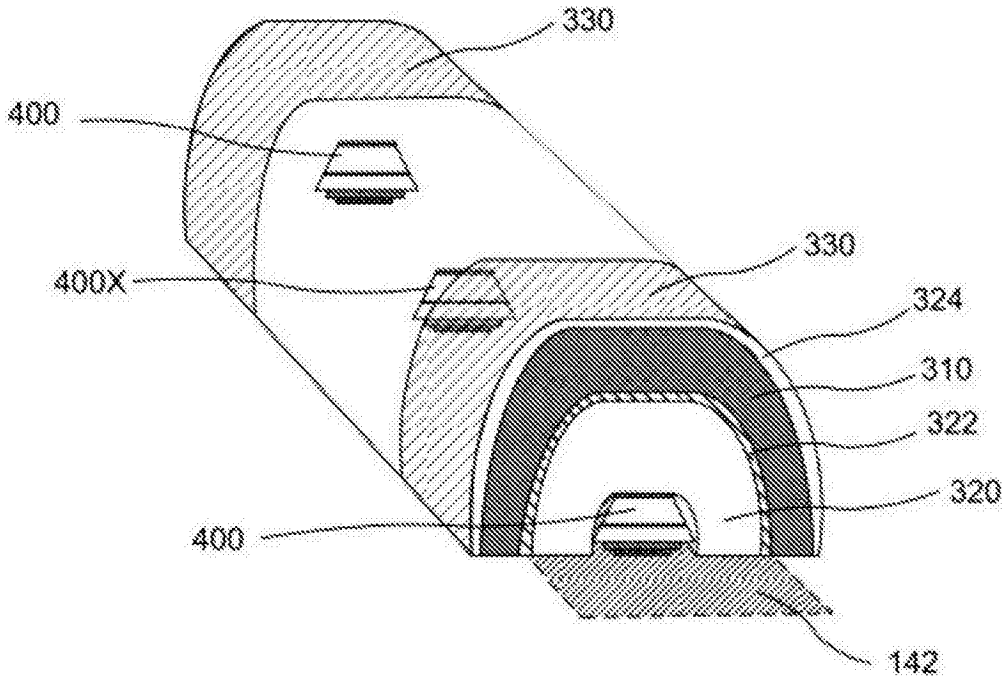


图 10D

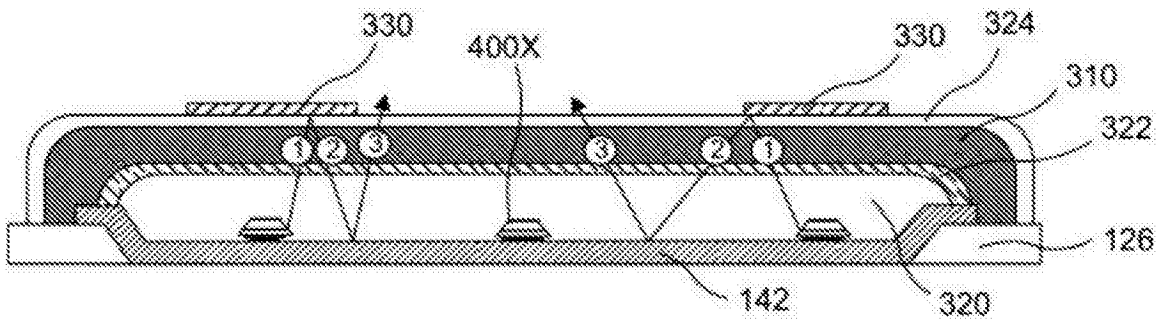


图 10E

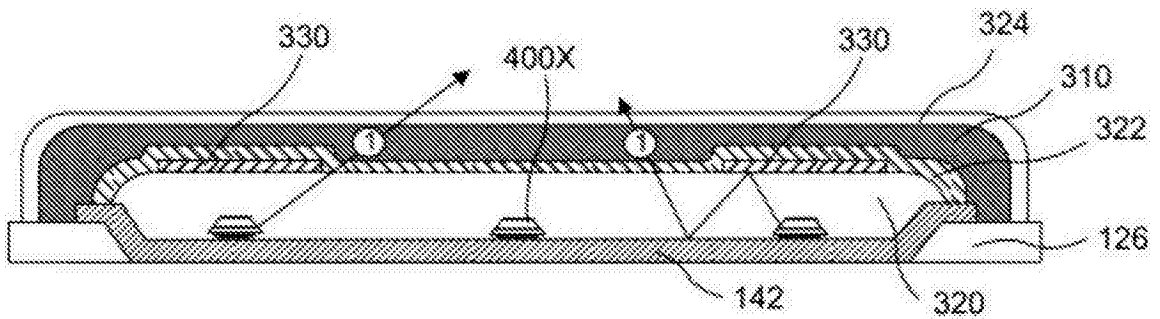


图 10F

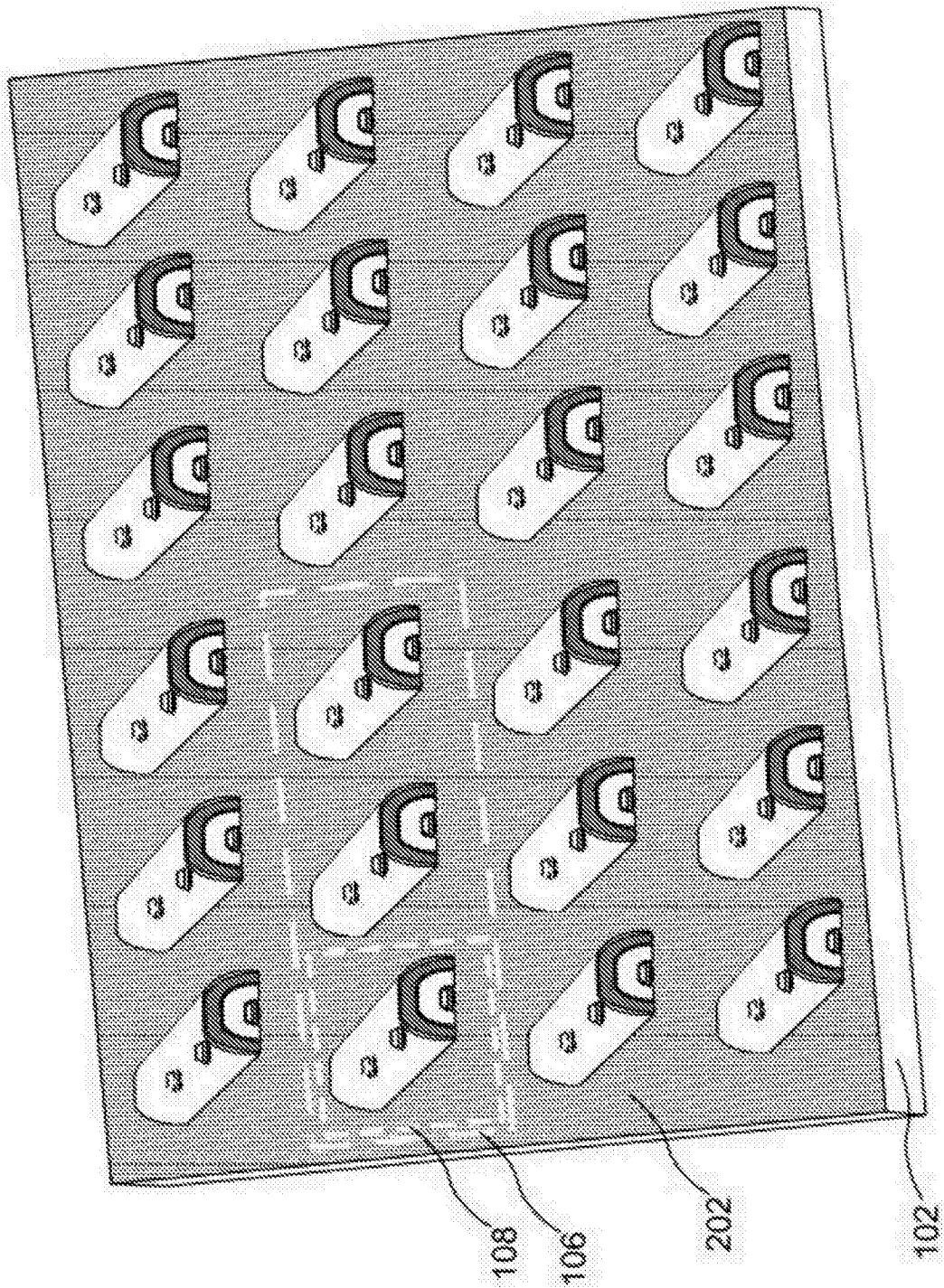


图 11A

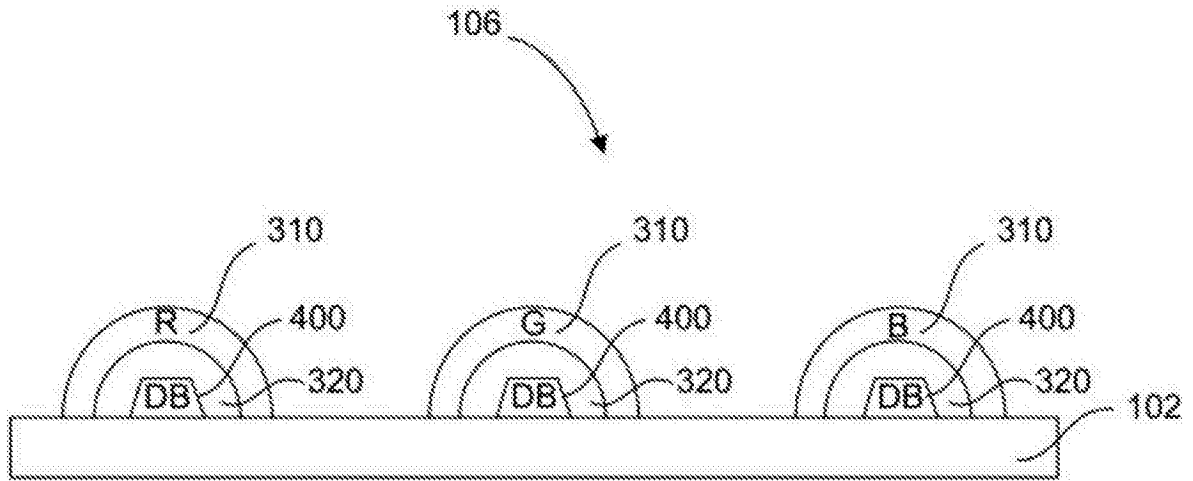


图 11B

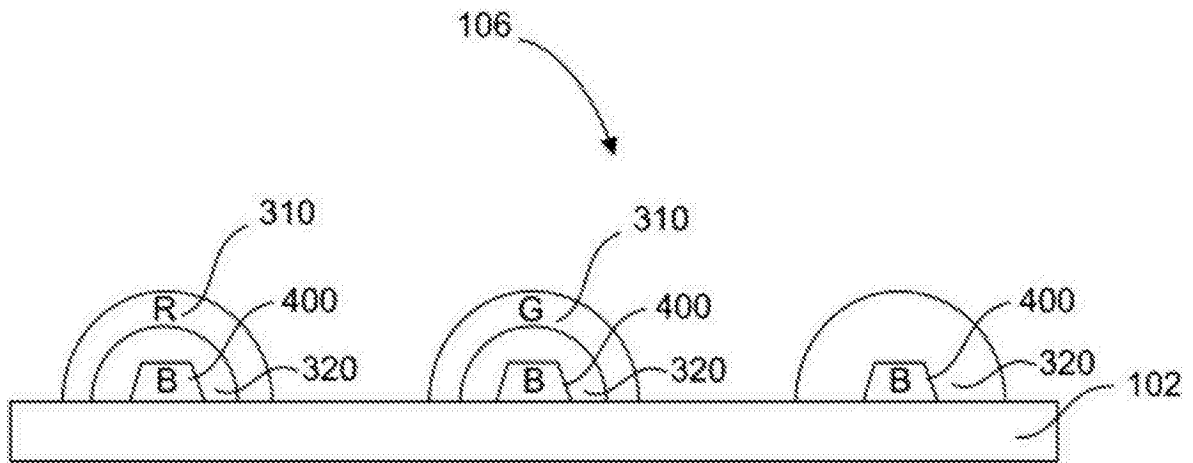


图 11C

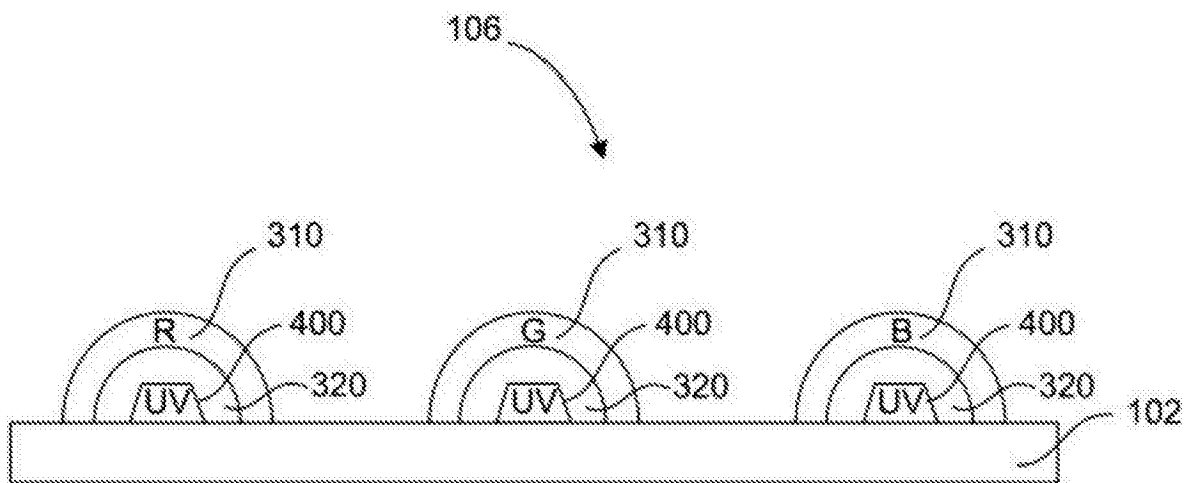


图 11D

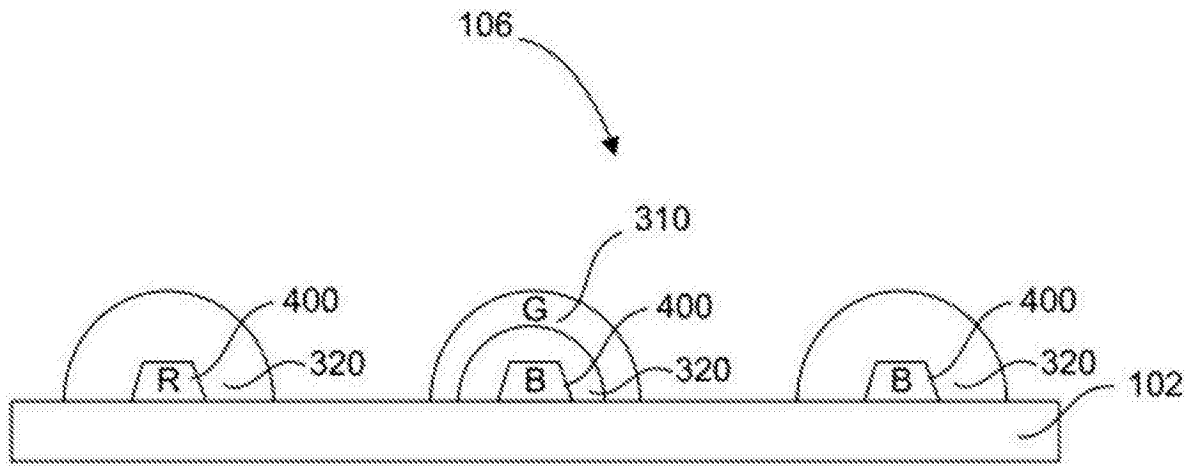


图 11E

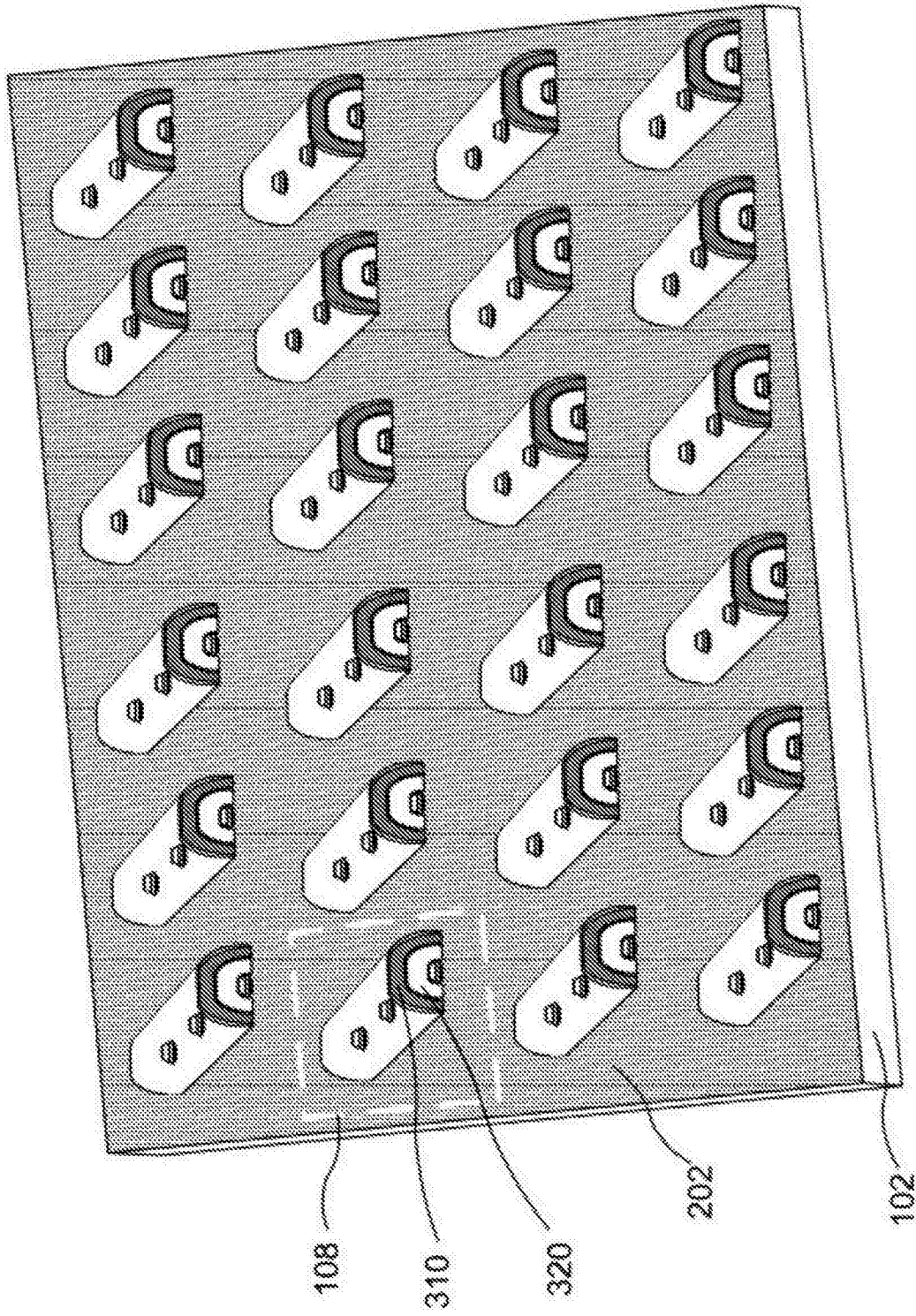


图 11F

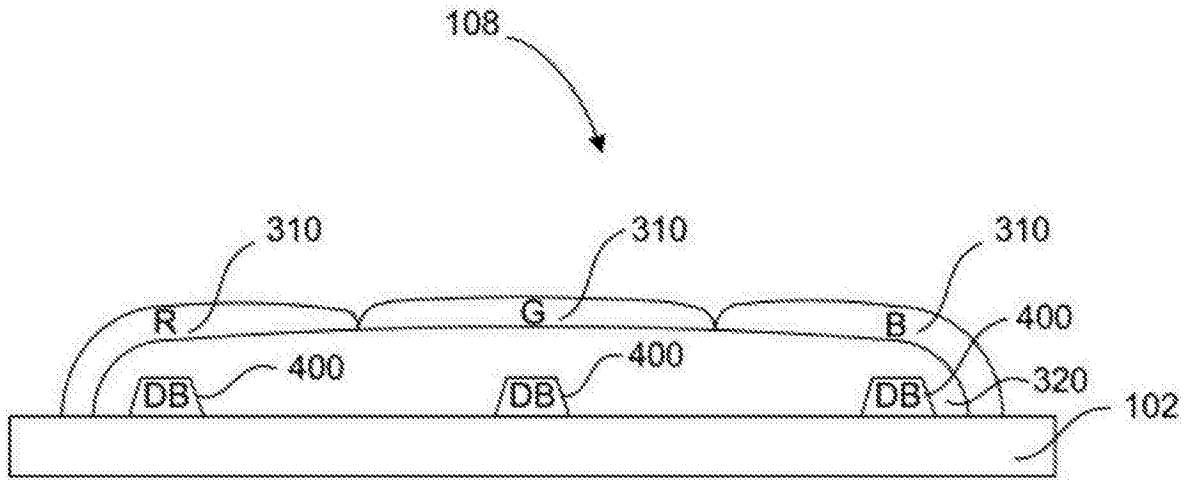


图 11G

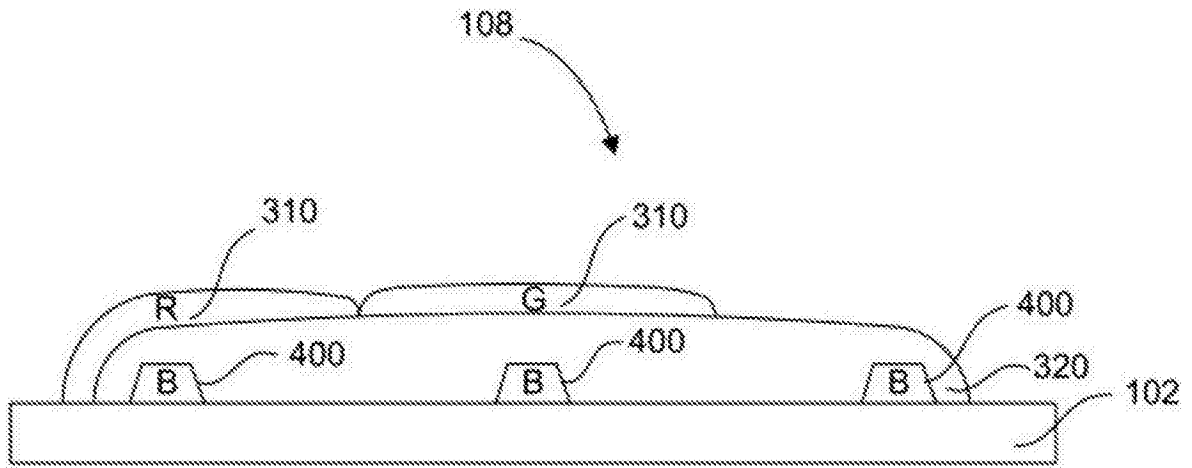


图 11H

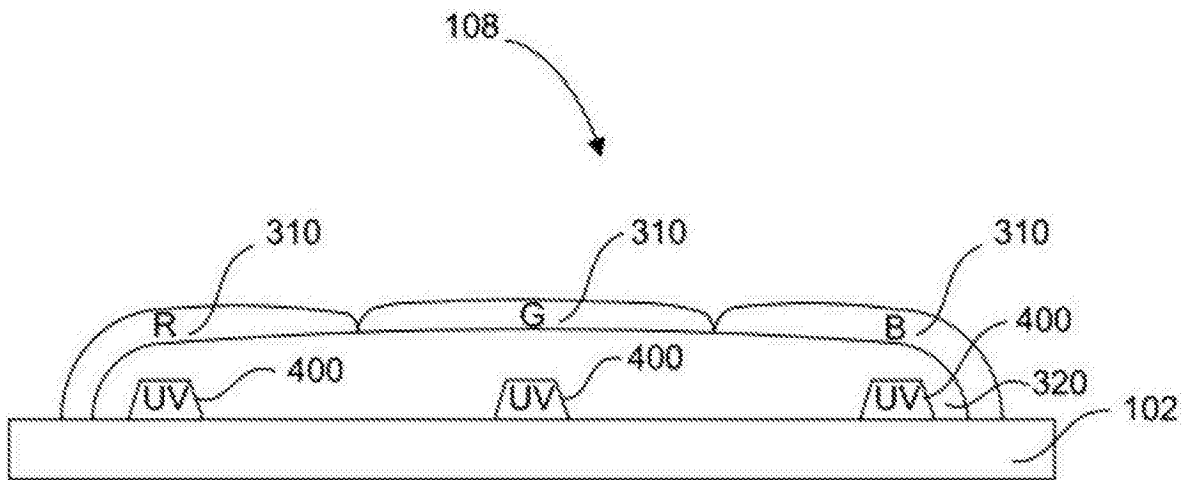


图 11I

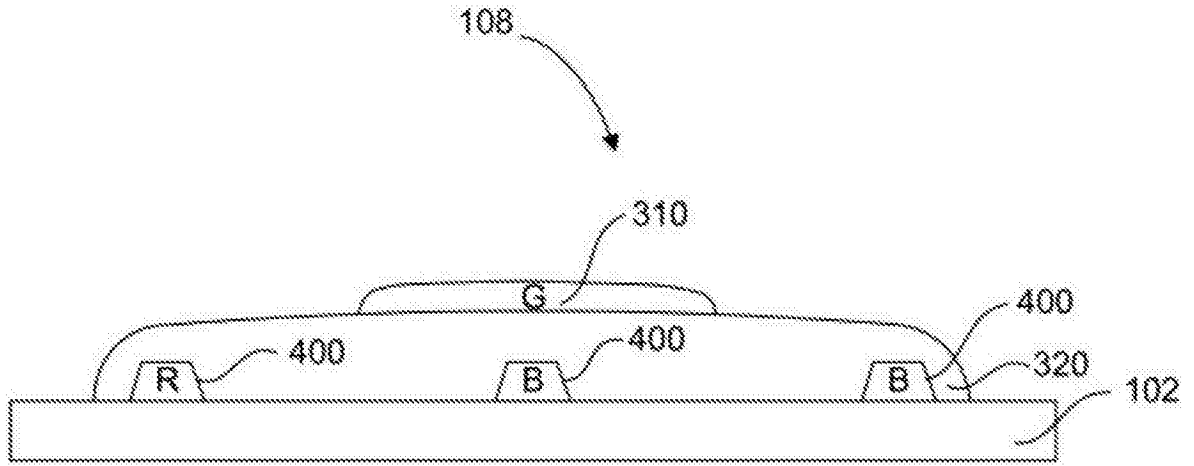


图 11J

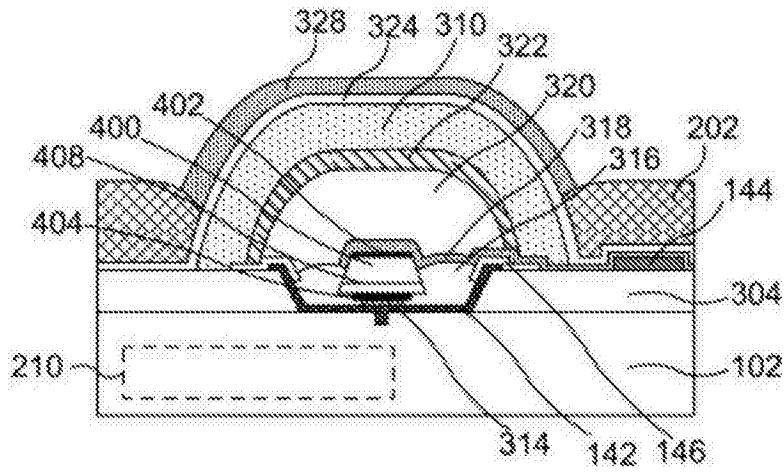


图 12A

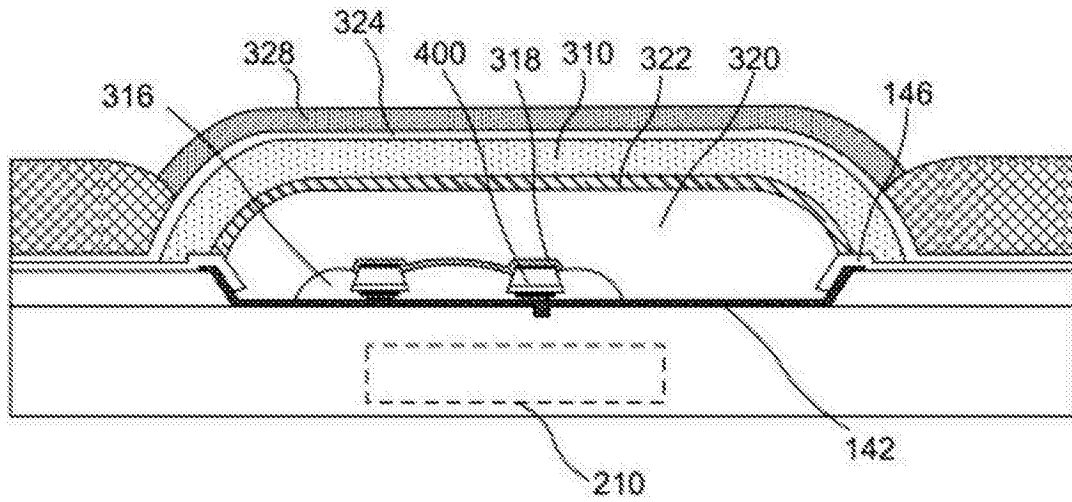


图 12B

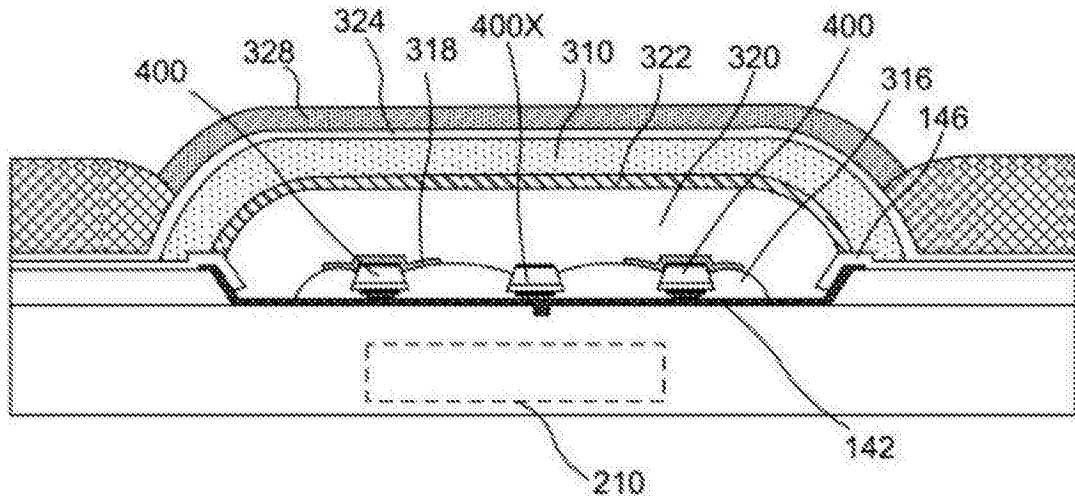


图 12C

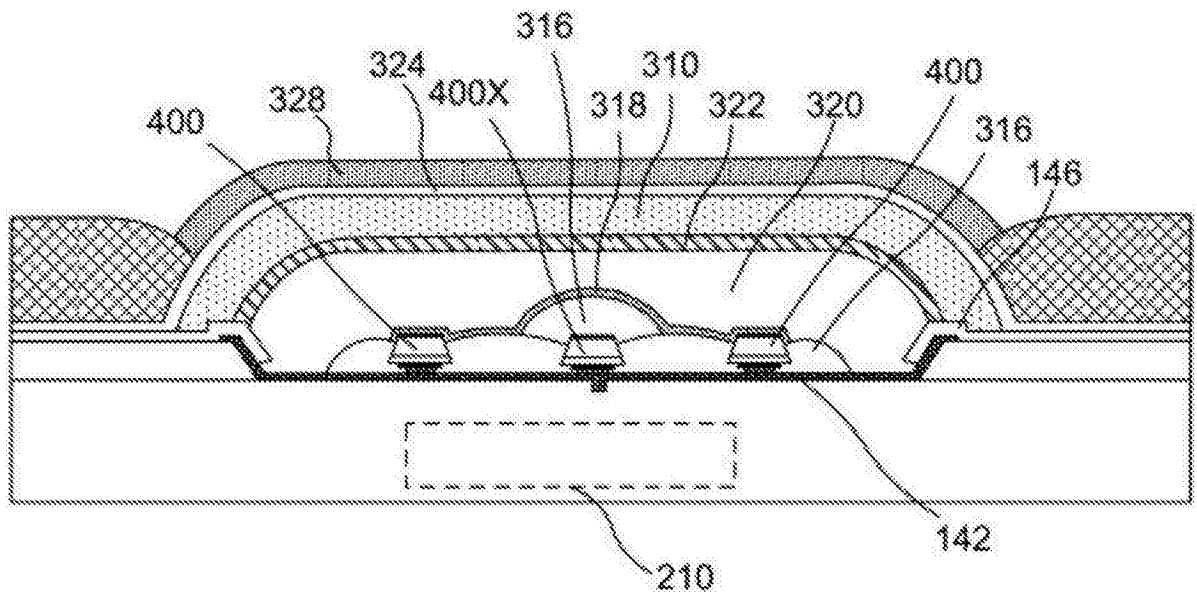


图 12D

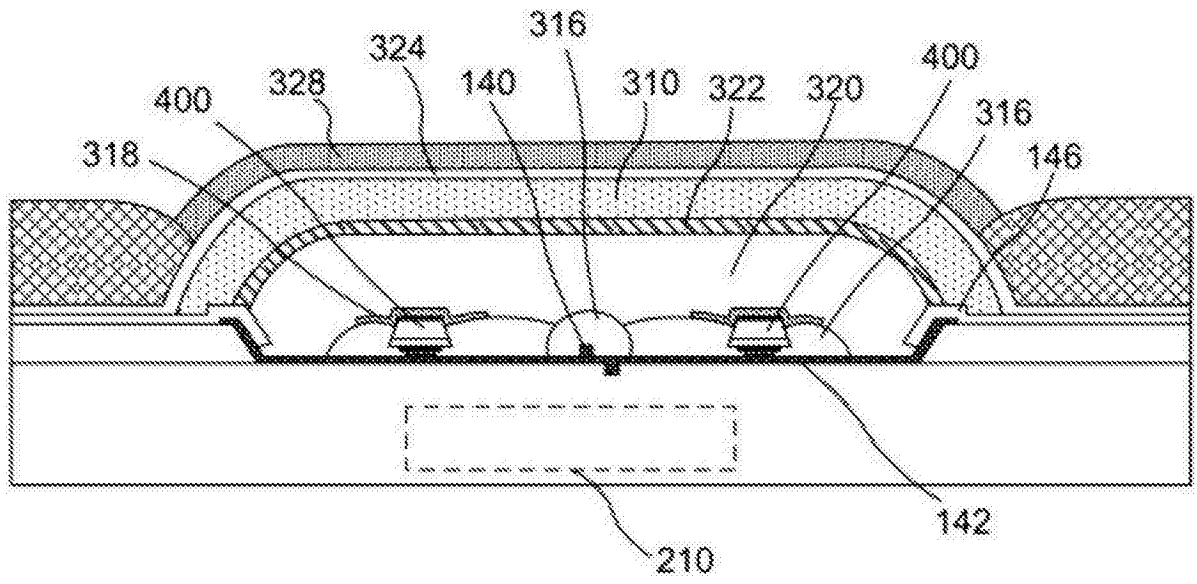


图 12E

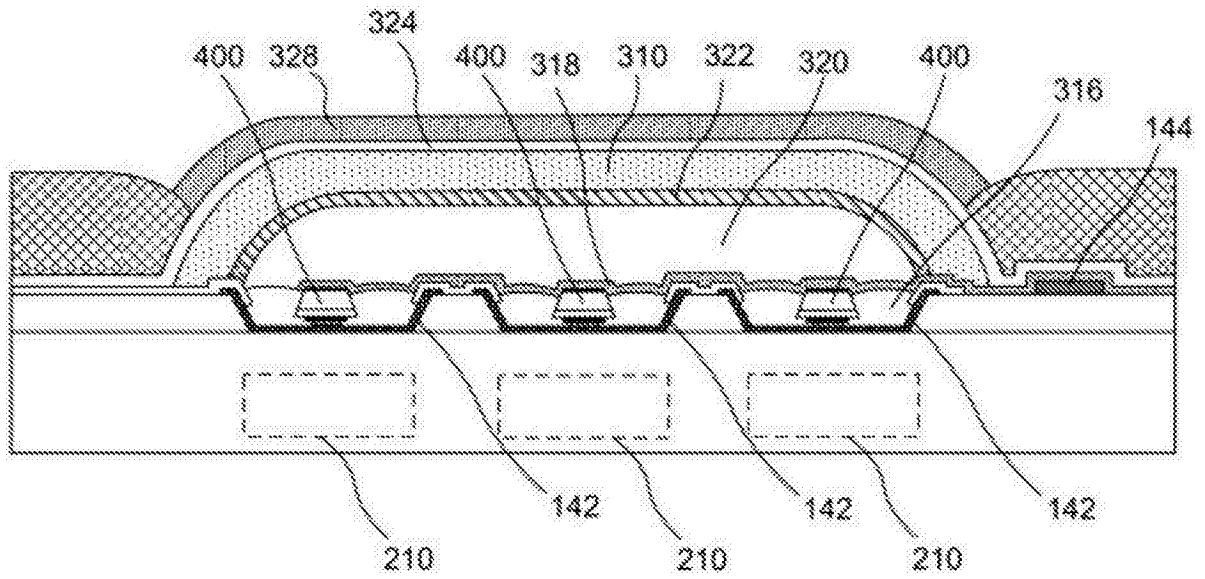


图 12F

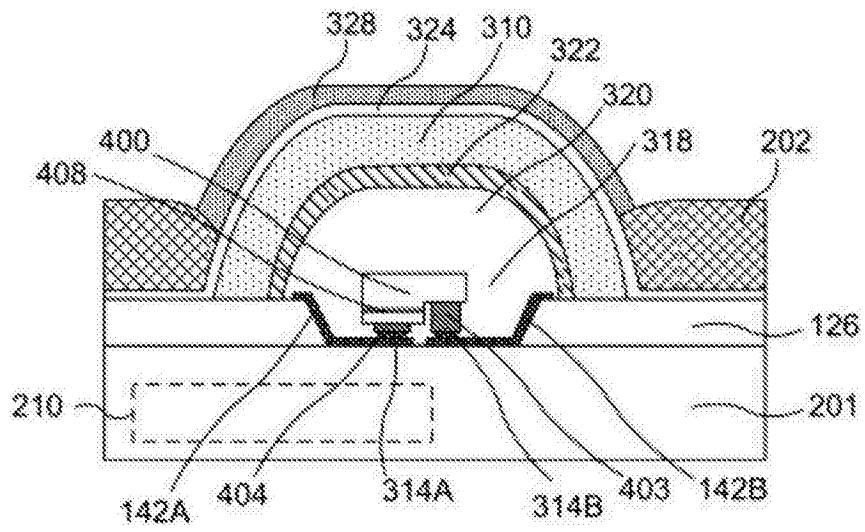


图 13A

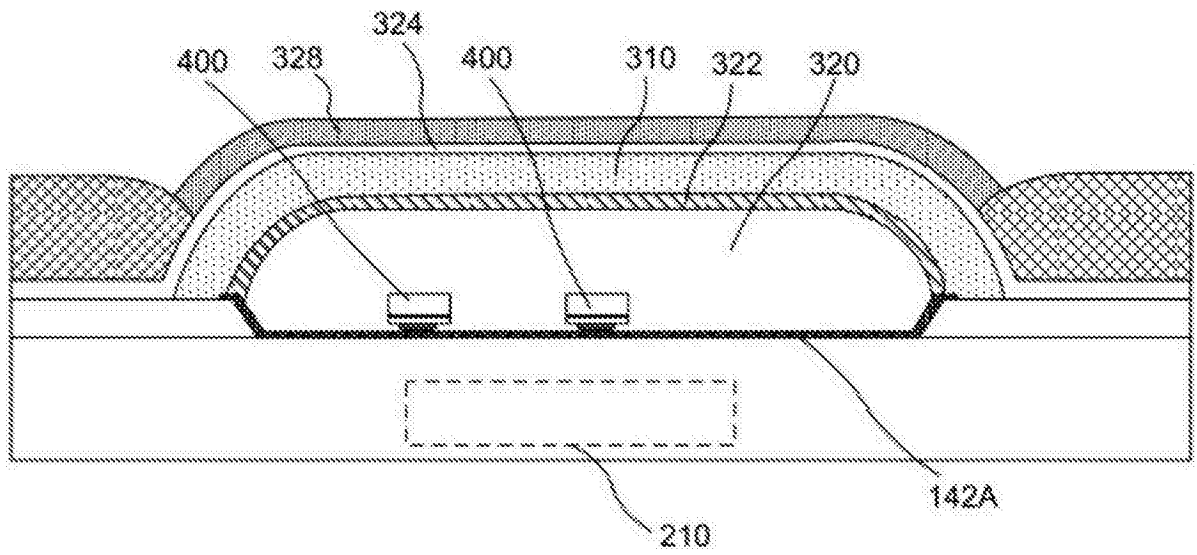


图 13B

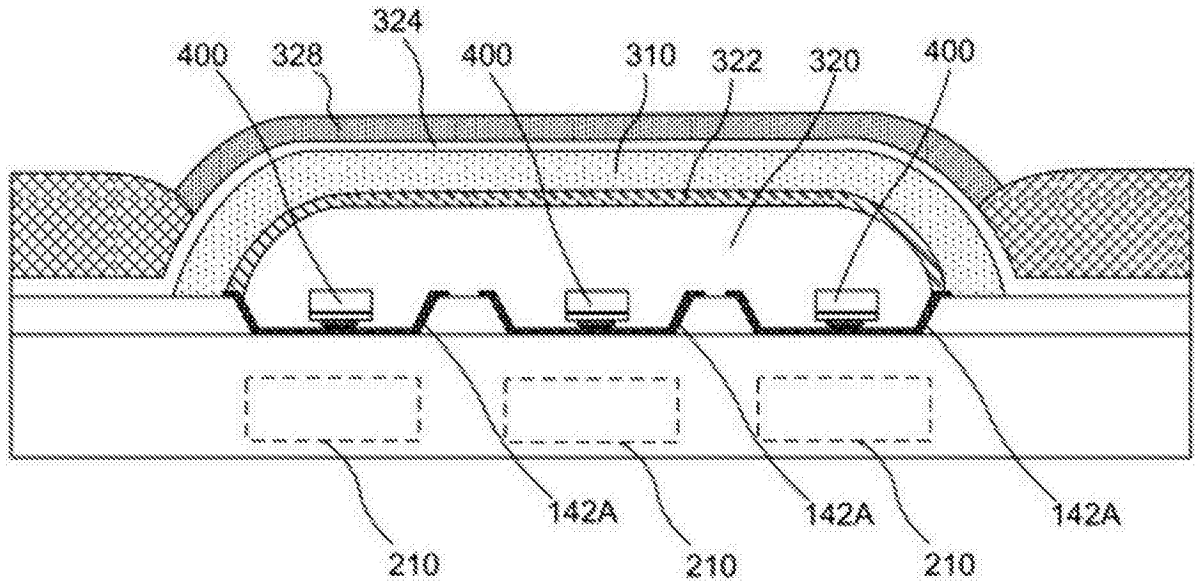


图 13C

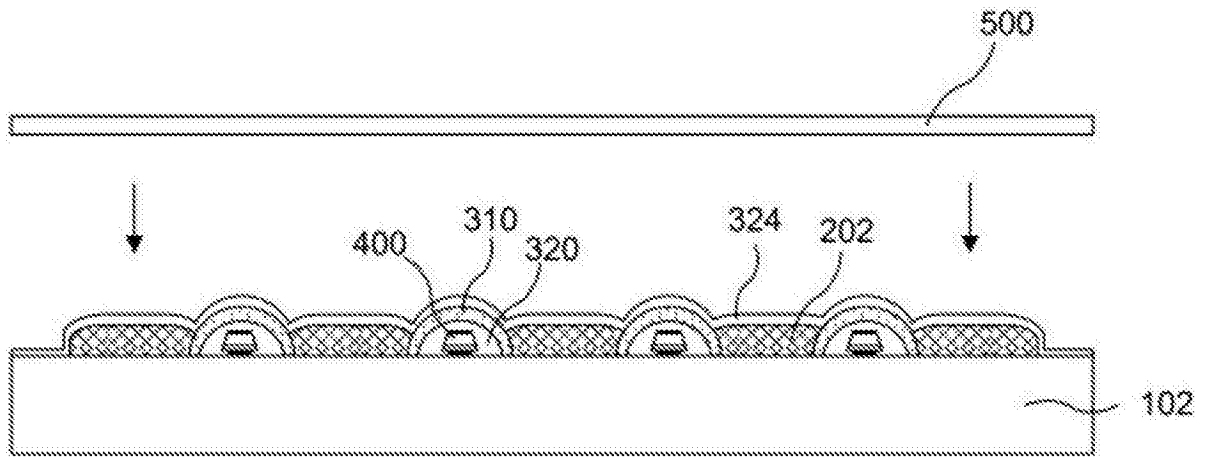


图 14A

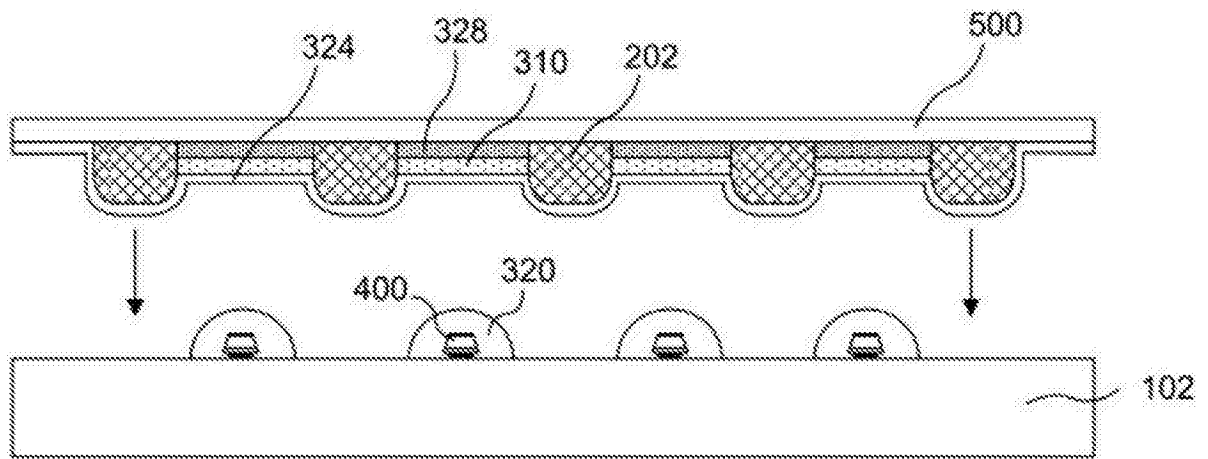


图 14B

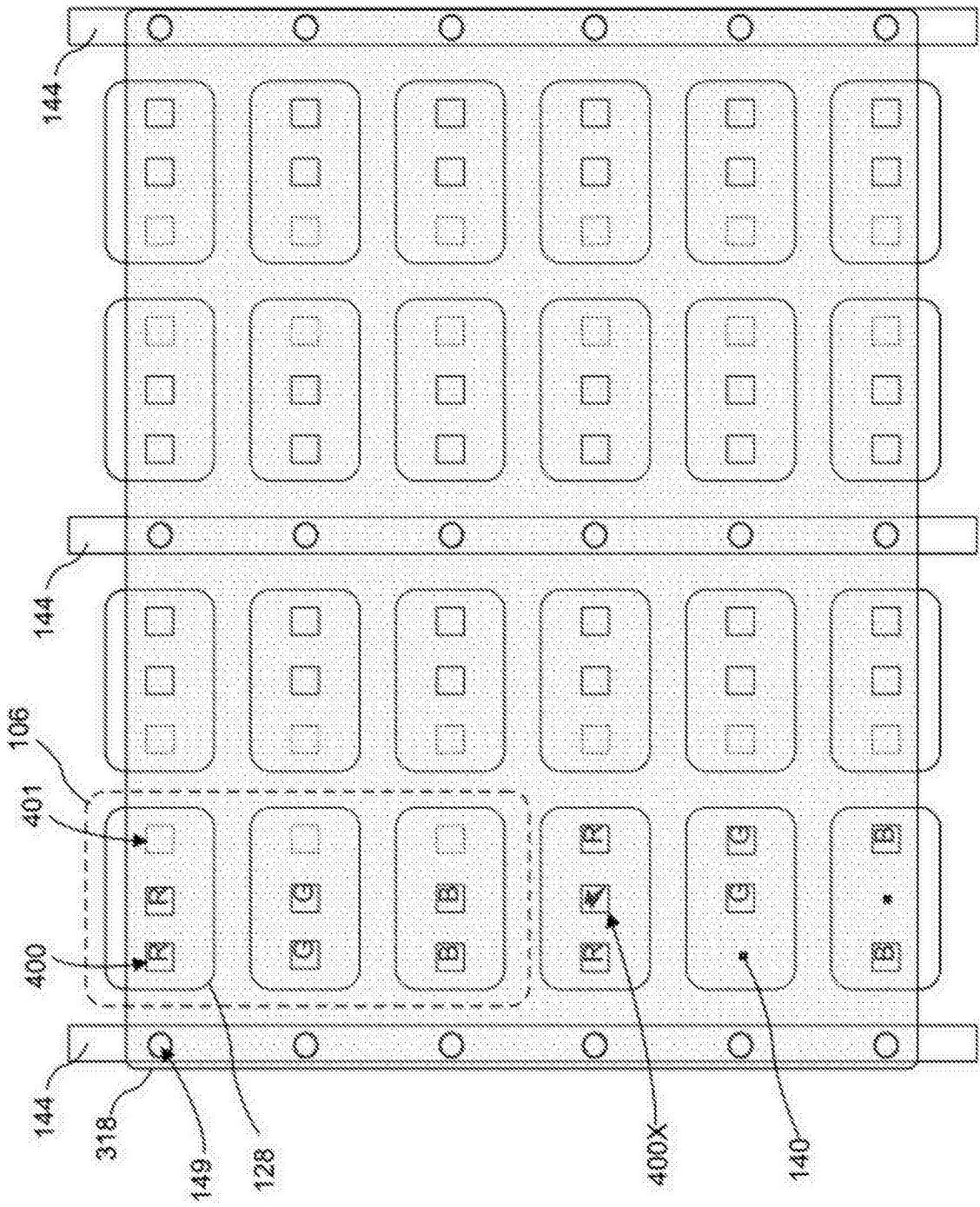


图 15

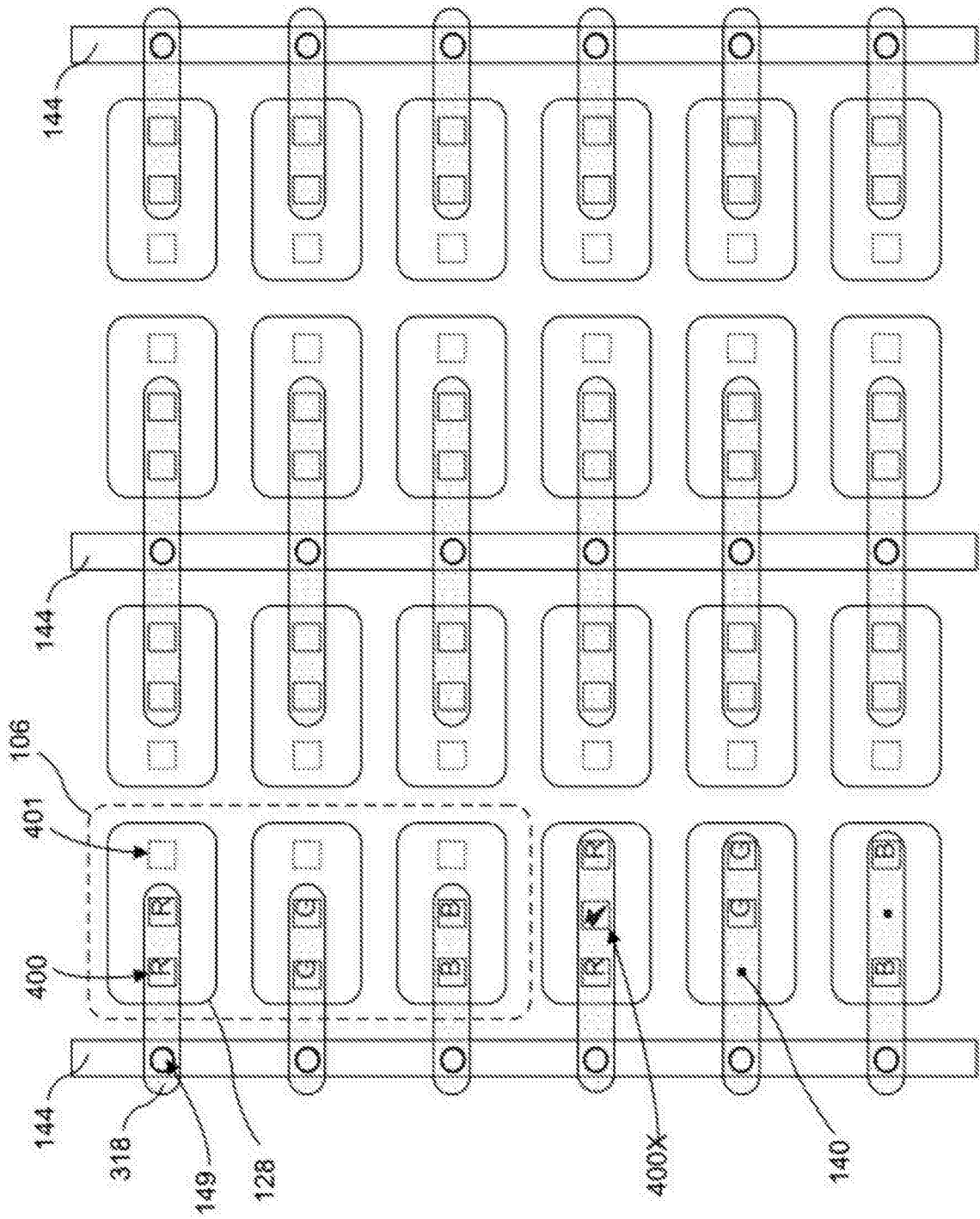


图 16

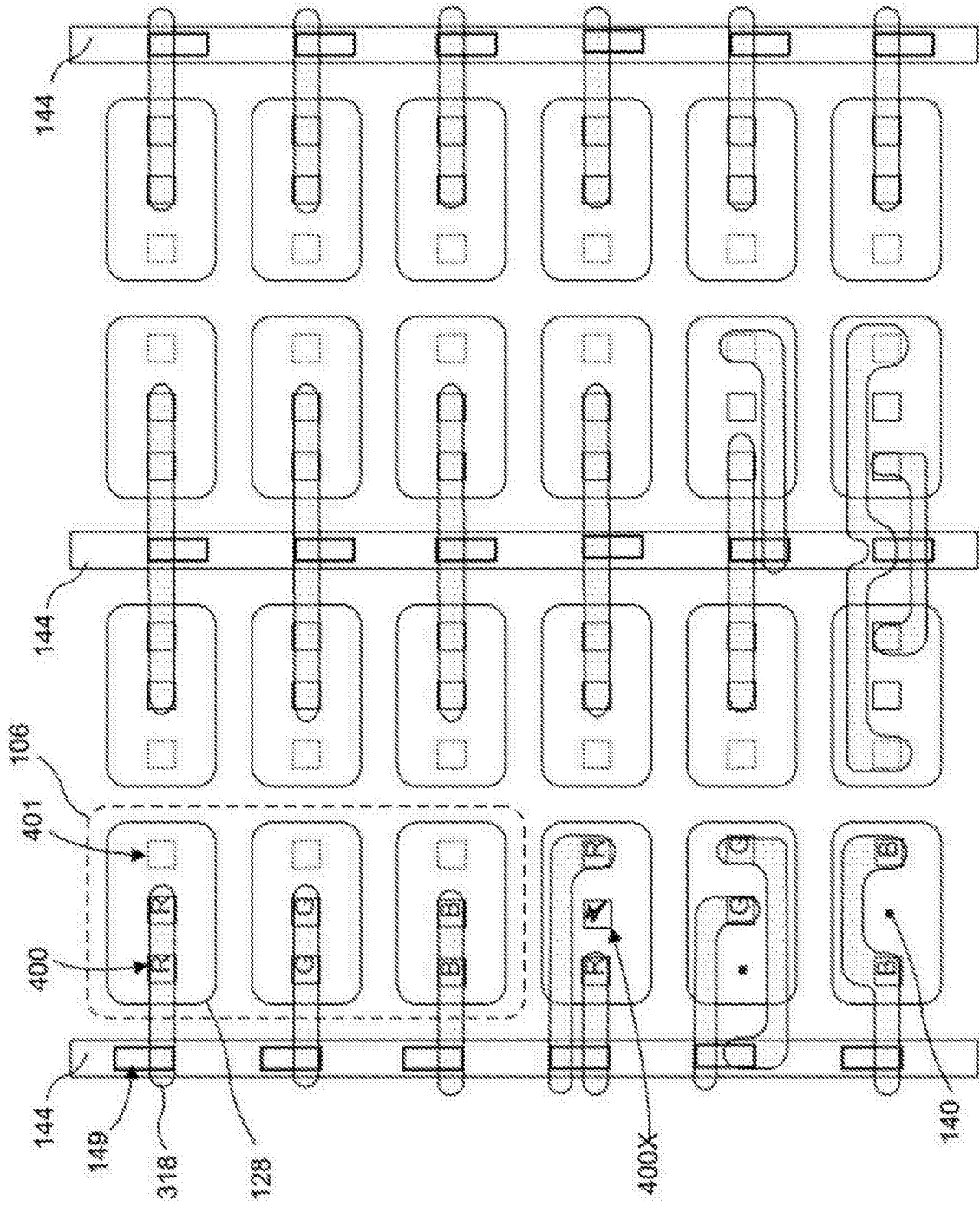


图 17

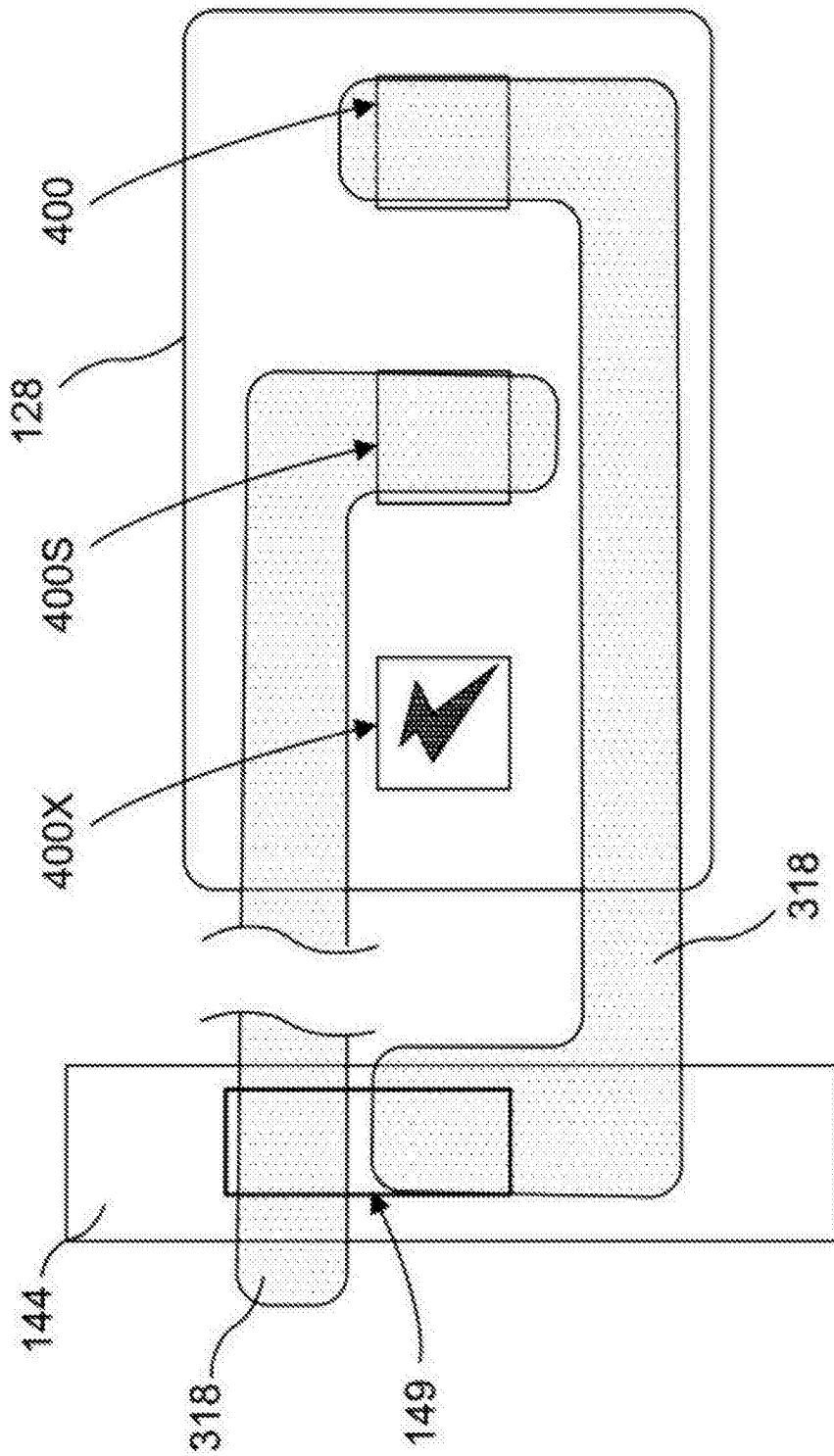


图 18

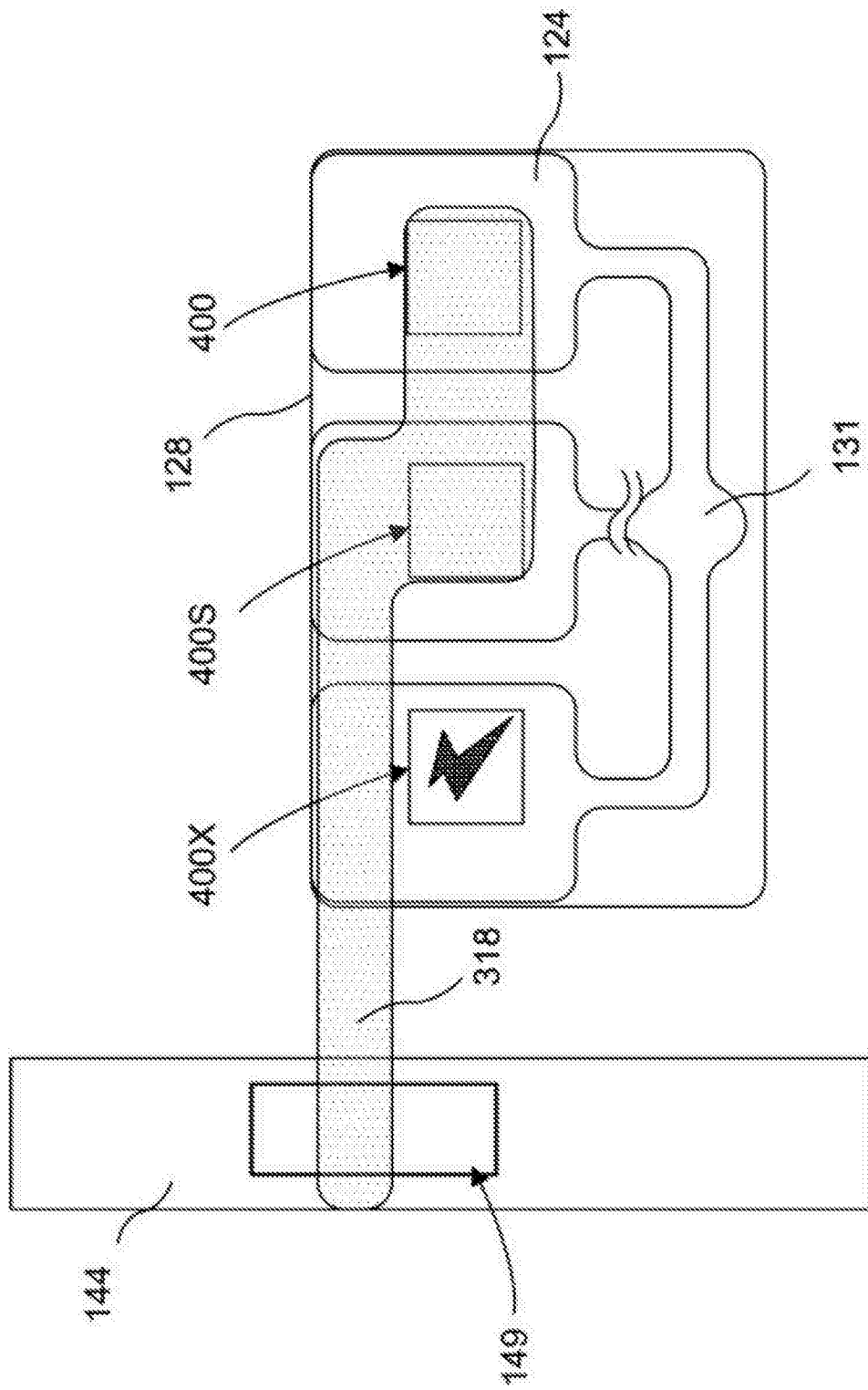


图 19

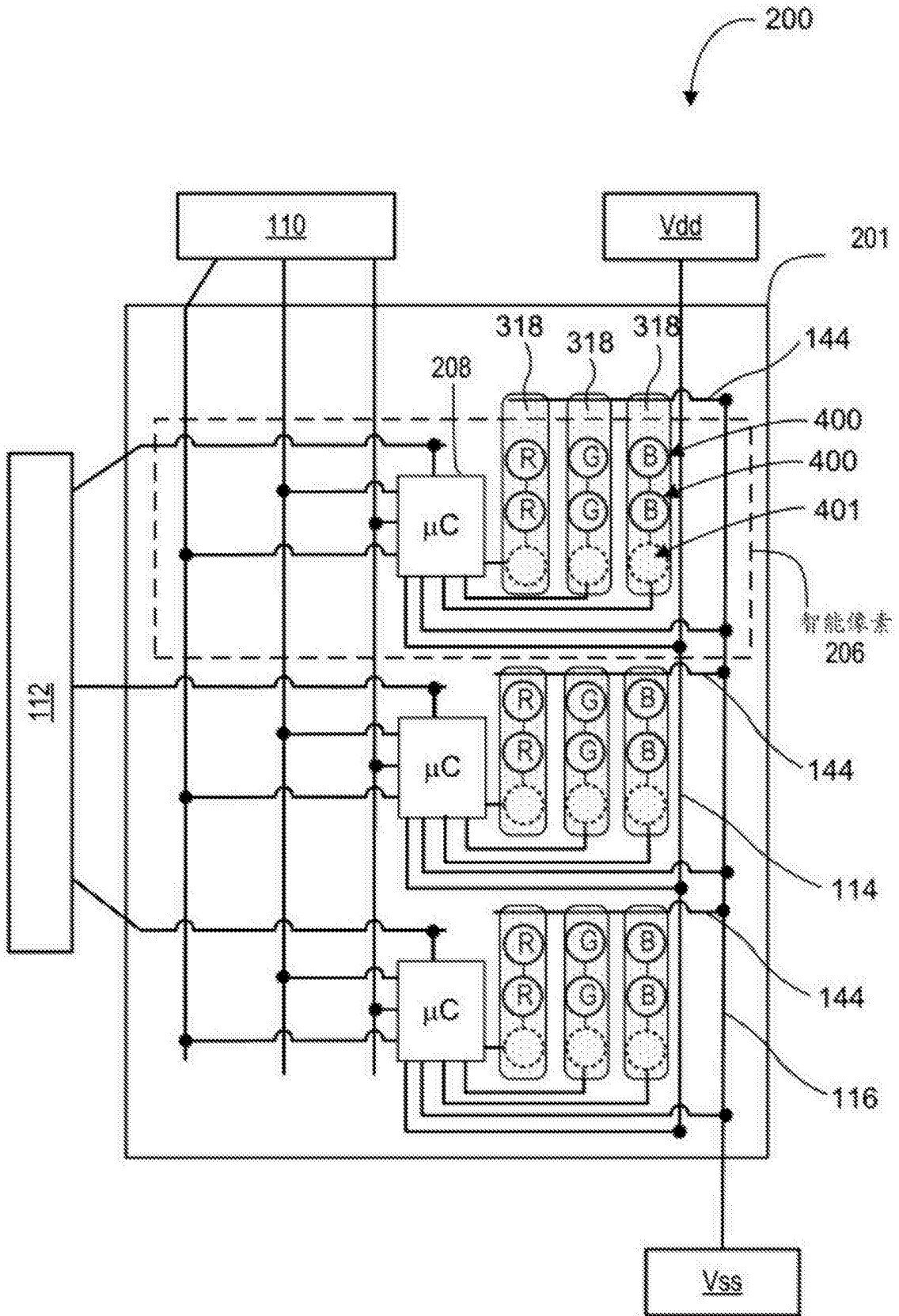


图 20

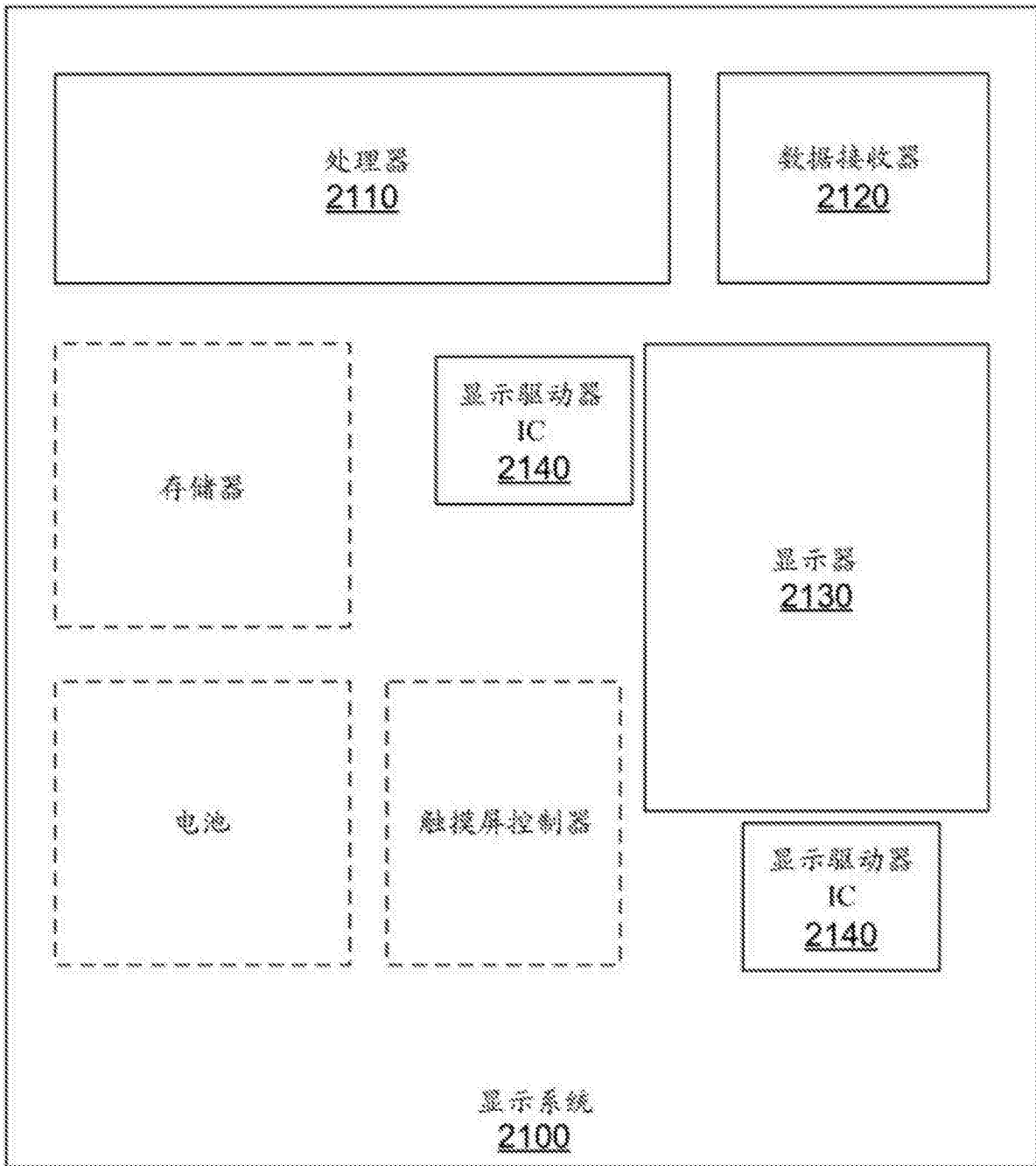


图 21