



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106716641 A

(43)申请公布日 2017.05.24

(21)申请号 201480082031.4

(51)Int.Cl.

(22)申请日 2014.10.17

H01L 27/32(2006.01)

H01L 51/50(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日  
2017.03.17

(86)PCT国际申请的申请数据  
PCT/US2014/061052 2014.10.17

(87)PCT国际申请的公布数据  
W02016/060676 EN 2016.04.21

(71)申请人 英特尔公司  
地址 美国加利福尼亚

(72)发明人 P·L·张

(74)专利代理机构 永新专利商标代理有限公司  
72002

代理人 陈松涛 王英

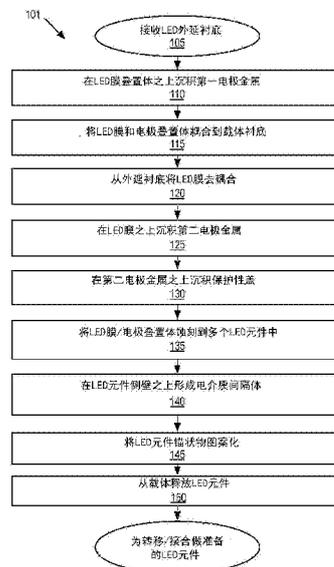
权利要求书5页 说明书22页 附图20页

(54)发明名称

微型LED显示器和组装

(57)摘要

本发明描述了结晶(微)LED显示器组装、制造这样的显示器组装的方法、结晶LED源衬底(由此,(微)LED可以被转移到显示器组装)、以及制造这样的源衬底的方法。LED元件可以准备用于通过拾取-放置或其他方式来转移到接合衬底。锚状物和释放结构使LED元件能够被附接并电耦合到具有导电聚合物的接合衬底。LED元件可以为转移到接合衬底做准备,自对准LED电极金属化结构使元件能够利用粘合剂被附接到接合衬底并且与自对准的局部互连金属化耦合。在附接LED元件之后,材料可以内建在LED元件周围并且显示器组装与接合衬底分隔开。



1. 一种结晶LED显示器,包括:

显示器底板接口,其包括多个底板金属互连件;

多个LED元件,所述多个LED元件中的每个LED元件进一步包括:

半导体LED膜叠置体;

位于所述LED膜叠置体的第一表面上的第一金属LED电极;以及

位于所述半导体膜叠置体的第二表面上的第二金属LED电极,所述第二表面与所述第一表面相对;以及

多个导电聚合物元件,所述导电聚合物元件中的每一个导电聚合物元件将所述第一金属LED电极电耦合到所述底板金属互连件中的至少一个底板金属互连件。

2. 根据权利要求1所述的结晶LED显示器,其中,所述显示器底板接口进一步包括第二金属互连件的阵列;并且

所述显示器进一步包括多个光传输的导电互连件,每个光传输的互连件电耦合到所述LED元件中的至少一个LED元件的第二金属电极,并且电耦合到所述第二金属互连件中的至少一个金属互连件。

3. 根据权利要求2所述的结晶LED显示器,其中:

所述导电聚合物具有小于 $1\text{ohm-cm}$ 的电阻率;

所述多个LED元件中的每个LED元件具有不大于 $5\mu\text{m}$ 的长度;并且

所述显示器进一步包括设置在所述多个LED元件之上、与所述显示器底板接口相对的光传输盖。

4. 根据权利要求1所述的结晶LED显示器,其中:

每个LED元件进一步包括位于所述LED膜叠置体的所有半导体侧壁之上、位于所述第一金属LED电极的所有侧壁之上、以及位于所述第二金属LED电极的所有侧壁之上的电介质侧壁间隔体;并且

内建材料包围所述电介质侧壁间隔体。

5. 一种结晶LED显示器,包括:

显示器底板接口,其包括多个底板金属互连件;

多个LED元件,所述多个LED元件中的每个LED元件进一步包括:

半导体LED膜叠置体;

位于所述LED膜叠置体的第一表面上的第一金属LED电极;

位于所述半导体膜叠置体的第二表面上的第二金属LED电极,所述第二表面与所述第一表面相对;以及

位于所述LED膜叠置体的半导体侧壁之上、位于所述第一金属LED电极的金属侧壁之上、以及位于所述第二金属LED电极的金属侧壁之上的电介质侧壁间隔体;

包围所述电介质侧壁间隔体的内建材料。

6. 根据权利要求5所述的结晶LED显示器,其中:

每个LED元件进一步包括多个LED,所述多个LED耦合到通过导电聚合物和光传输导电互连件进行电并联的第一金属互连件和第二金属互连件;以及

LED元件内的每个LED包括与所述第一金属LED电极直接接触并通过所述侧壁间隔体电介质与所述元件内的其它LED横向间隔开的所述LED膜叠置体的柱状物。

7. 一种结晶LED接合源衬底,包括:

载体;

设置在所述载体之上的多个LED元件,其中,每个LED元件进一步包括:

半导体LED膜叠置体,其至少包括设置在第一金属LED电极与第二金属LED电极之间的第一掺杂半导体区域和第二掺杂半导体区域,所述第一金属LED电极面对所述载体并与所述载体间隔开自由空间空位;以及

侧壁电介质涂层,其设置在所述LED膜叠置体、所述第一金属LED电极、以及所述第二金属LED电极的侧壁之上;以及

设置在沟槽内的多个锚状物,所述沟槽将每个LED元件与相邻的LED元件分隔开,所述锚状物中的每个锚状物着陆在所述载体上并由所述自由空间空位包围。

8. 根据权利要求7所述的LED接合源衬底,其中:

所述自由空间空位在所述LED元件的整体面积之上延伸;

所述多个锚状物中的每个锚状物包括接触至少两个相邻的LED元件的侧壁电介质的聚合物柱体。

9. 根据权利要求7所述的LED接合源衬底,其中:

所述侧壁电介质的表面与所述第一金属电极的暴露表面成平面;并且

所述多个锚状物中的每个锚状物接触至少两个相邻的LED元件的侧壁电介质。

10. 根据权利要求9所述的LED接合源衬底,其中:

由所述第一金属电极占据的占用空间与所述LED半导体膜叠置体和第二电极的占用空间相一致。

11. 根据权利要求7所述的LED接合源衬底,其中:

每个LED进一步包括与所述第一金属电极接触的多个LED,每个LED包括所述LED半导体膜叠置体的柱体并通过元件内沟槽与相邻的LED分隔开,所述元件内沟槽延伸穿过所述第二金属电极和所述LED半导体膜叠置体并且着陆在所述第一金属电极上;并且

所述电介质侧壁涂层回填所述元件内沟槽。

12. 根据权利要求7所述的LED接合源衬底,其中:

所述LED半导体膜叠置体包括III-N半导体;

所述载体包括结晶硅衬底;并且

所述LED元件中的每个LED元件具有不大于5 $\mu\text{m}$ 的横向长度。

13. 一种结晶LED显示器,包括:

光传输盖;

显示器底板接口,其具有布置在与所述盖相对的表面之上的多个金属底板互连件;

多个LED元件,其设置在所述显示器底板接口与所述盖之间,所述多个LED元件中的每个LED元件进一步包括:

外延的半导体LED膜叠置体;

第一金属LED电极,其与所述底板互连件中的一个底板互连件和所述LED膜叠置体的第一掺杂半导体区域电接触;以及

第二金属LED电极,其与所述LED膜叠置体的第二掺杂半导体区域接触,所述第二金属LED电极形成与所述LED元件相邻并通过中间的电介质间隔体与所述第一金属LED电极间隔

开的侧壁；

多个金属盖侧互连件，每个金属盖侧互连件设置在相邻的LED元件之间；以及

多个金属局部互连件，每个局部互连件电耦合到每个LED元件的所述第二金属电极，并且电耦合到所述盖侧互连件中的至少一个盖侧互连件。

14. 根据权利要求13所述的显示器，进一步包括：

光传输的粘合元件，其设置在所述第一金属LED电极与所述盖之间。

15. 根据权利要求13所述的显示器，其中，所述底板互连件中的每个底板互连件包括至所述第一金属LED电极的未着陆的接触部，所述未着陆的接触部悬于所述第一金属LED电极之上并通过中间的电介质层与所述第二金属LED电极分隔开。

16. 根据权利要求13所述的显示器，其中，所述局部互连件接触所述第二掺杂半导体区域的侧壁和所述第二金属LED电极的侧壁。

17. 根据权利要求13所述的显示器，进一步包括设置在所述LED元件与所述盖之间的一个或多个触摸传感器层，并且其中：

光传输的粘合元件设置在所述第一金属LED电极与所述触摸传感器层之间；

所述盖侧互连件设置在所述触摸传感器层上；并且

所述局部互连件在所述触摸传感器层之上延伸。

18. 根据权利要求13所述的显示器，进一步包括设置在所述触摸传感器层之上的IC芯片或传感器的至少其中之一，其中，光传输的粘合元件设置在所述IC芯片或传感器与所述触摸传感器层之间。

19. 一种结晶LED接合源衬底，包括：

载体；

多个LED元件，其设置在所述载体之上，其中，每个LED元件进一步包括：

外延的半导体LED膜叠置体，其至少包括第一掺杂半导体区域和第二掺杂半导体区域；

第一金属LED电极，其与所述第一掺杂半导体区域接触；

电介质侧壁间隔体，其位于所述第一金属LED电极和所述第一掺杂半导体区域的侧壁周围；以及

第二金属LED电极，其进一步包括与所述电介质间隔体相邻并与所述第二掺杂半导体区域电接触的金属间隔体；以及

设置在沟槽内的多个锚状物，所述沟槽将每个LED元件与相邻的LED元件分隔开，所述锚状物中的每个锚状物着陆在所述载体上并且由所述载体与LED元件之间的自由空间空位包围。

20. 根据权利要求19所述的LED接合源衬底，其中：

所述自由空间空位在所述LED元件的整体面积之上延伸；

所述多个锚状物中的每个锚状物包括接触至少两个相邻的LED元件的电介质侧壁间隔体或金属侧壁间隔体的聚合物柱体。

21. 根据权利要求19所述的LED接合源衬底，其中：

所述电介质侧壁间隔体与所述第一金属电极的暴露表面成平面；

所述第二金属电极被凹进到所述第一金属电极的暴露表面下方；并且

所述多个锚状物中的每个锚状物接触至少两个相邻的LED元件的第二金属电极。

22. 根据权利要求19所述的LED接合源衬底,其中:

所述电介质侧壁间隔体包围所述第一金属LED电极的周围;并且

所述第二金属电极包围所述电介质侧壁间隔体的周围。

23. 根据权利要求19所述的LED接合源衬底,其中:

每个LED元件进一步包括与所述第一掺杂半导体区域接触的多个LED,每个LED包括所述LED半导体膜叠置体的柱体并通过元件内沟槽与相邻的LED分隔开,所述元件内沟槽延伸穿过所述第一金属电极和所述第一掺杂半导体区域并且着陆在所述第二掺杂半导体区域上;并且

所述电介质侧壁间隔体设置在所述元件内沟槽的两个相对侧壁上;并且

所述金属侧壁间隔体设置在所述第二掺杂半导体区域的位于与所述电介质侧壁间隔体相邻的所述元件内沟槽内的部分上。

24. 根据权利要求19所述的LED接合源衬底,其中:

所述LED半导体膜叠置体包括III-N半导体;

所述载体包括结晶硅衬底;并且

所述LED元件中的每个LED元件具有不大于 $5\mu\text{m}$ 的横向长度。

25. 一种LED元件,包括:

外延的半导体LED膜叠置体,其至少包括第一掺杂半导体区域和第二掺杂半导体区域;

第一金属LED电极,其与所述第一掺杂半导体区域接触;

电介质侧壁间隔体,其位于所述第一金属LED电极和所述第一掺杂半导体区域的侧壁周围;以及

第二金属LED电极,其进一步包括与所述电介质侧壁间隔体相邻并与所述第二掺杂半导体区域电接触的金属侧壁间隔体。

26. 根据权利要求25所述的LED元件,其中:

所述第一金属LED电极具有至少 $1\mu\text{m}^2$ 的占用空间;

所述电介质侧壁间隔体具有小于 $0.1\mu\text{m}$ 的横向宽度;并且

所述金属侧壁间隔体具有小于 $0.1\mu\text{m}$ 的横向宽度。

27. 根据权利要求25所述的LED元件,其中:

所述电介质侧壁间隔体与所述第一金属电极的暴露表面成平面;并且

所述第二金属电极被凹进到所述第一金属电极的表面下方。

28. 根据权利要求25所述的LED元件,其中:

所述电介质侧壁间隔体包围所述第一金属LED电极的周围;并且

所述金属侧壁间隔体包围所述电介质间隔体的周围。

29. 根据权利要求25所述的LED元件,其中:

所述LED元件进一步包括与所述第一掺杂半导体区域接触的多个LED,每个LED包括所述LED半导体膜叠置体的柱体并通过元件内沟槽与相邻的LED分隔开,所述元件内沟槽延伸穿过所述第一掺杂半导体区域并且着陆在所述第二掺杂半导体区域上;

所述电介质侧壁间隔体设置在所述元件内沟槽的两个相对侧壁上;并且

所述金属侧壁间隔体设置在所述第二掺杂半导体区域的位于与所述电介质侧壁间隔体相邻的所述元件内沟槽内的部分上。

30. 根据权利要求29所述的LED元件,其中,所述金属侧壁间隔体回填电介质侧壁间隔体的相邻区域之间的空间。

## 微型LED显示器和组装

### 背景技术

[0001] 近年来显示器技术作为电子设备的重要用户界面快速进步。目前,液晶显示器(LCD)技术对看,于大幅面(例如电视)和移动设备具有主导显示器技术。然而,当前的基于LCD的显示器仅通过5%的来自背光源(例如,LED或CFL等)的光,从而导致低功率效率、不足的日光显示照明、以及低视角。

[0002] 重要的研究和开发已经在有机发光二极管(OLED)显示器技术上扩展。OLED显示器提高了显示器功率效率,尽管相对于LCD并未显著提高显示器功率效率。OLED技术当前还经历褪色,从而导致减少的显示器耐久力/使用寿命。

[0003] 在调查研究中的另一种下一代显示器技术是结晶LED,其还被称为无机LED(iLED)。结晶LED显示器依赖于结晶半导体LED芯片的阵列。例如,结晶LED显示器可以利用用于一个图片元素、或像素的一个LED芯片。结晶LED的功率效率比OLED的功率效率更有效一个数量级,然而大量的制造工艺并未展示显示器应用。结晶LED的一种技术挑战在于大量的非常小的结晶LED需要从单片生长/制造介质转移到空间上较大的阵列中,所述阵列以实现受控光发射的方式进行电互连。对于当前的显示器分辨率(例如HD),可以期望在1平方的显示面积内的成百上千的结晶LED,其中每个结晶LED元素处于微米级(例如,5 $\mu\text{m}$ 或在一侧上更小的)。大量的器件及其小尺寸使得微米级组装成为在单片器件与常规的毫米拾取-放置组装之间有挑战的机制。

[0004] 如此,结晶LED显示器和用于这种显示器的组装的技术将是有利的。

### 附图说明

[0005] 在附图中通过示例而非限制的方式例示了本文所描述的材料。为了说明的简单和清楚,附图中所例示的元件不一定按比例绘制。例如,为了清楚起见,一些元件的尺寸可以相对于其它元件被放大。此外,在被认为适当的情况下,在附图中重复附图标记以指示对应的或类似的元件。在附图中:

[0006] 图1是根据实施例的例示将适合于组装的结晶LED元件制造到显示器中的方法的流程图;

[0007] 图2A、2B、2C、2D、2E、2F、以及2G是根据实施例的在执行图1A中所示的方法的说明性操作时的示例性结晶LED元件的截面视图;

[0008] 图2H是根据实施例的在图2G中所描绘的结晶LED元件的平面视图;

[0009] 图2I是根据实施例的在执行图1A中所示的方法的说明性操作时的示例性结晶LED元件的截面视图;

[0010] 图2J是根据实施例的在图2I中所描绘的结晶LED元件的平面视图;

[0011] 图2K是根据实施例的在完成图1A中所示的方法之后的示例性结晶LED元件的截面视图;

[0012] 图3A、3B、3C、3D、以及3E是根据替代的实施例的在执行图1A中所示的方法的说明性操作时的示例性结晶LED元件的截面视图;

- [0013] 图4是根据实施例的例示将结晶LED元件组装到显示器中的方法的流程图；
- [0014] 图5A、5B、5C、5D、以及5E是根据实施例的在执行图4中所示的方法的说明性操作时被组装到显示器中的示例性结晶LED元件的截面视图；
- [0015] 图6是根据替代的实施例的例示将适合于组装的结晶LED元件制造到显示器中的方法的流程；
- [0016] 图7A、7B、7C、7D、7E、以及7F是根据实施例的在执行图6中所示的方法的说明性操作时的示例性结晶LED元件的截面视图；
- [0017] 图7G是根据实施例的在图7F中所描绘的结晶LED元件的平面视图；
- [0018] 图7H是根据实施例的在执行图6中所示的方法的说明性操作时的示例性结晶LED元件的截面视图；
- [0019] 图7I是根据实施例的在图7H中所描绘的结晶LED元件的平面视图；
- [0020] 图7J是根据实施例的在完成图6中所示的方法之后的示例性结晶LED元件的截面视图；
- [0021] 图8A是根据替代的实施例的在执行图6中所示的方法的说明性操作时的示例性结晶LED元件的截面视图；
- [0022] 图8B是根据实施例的在图8A中所描绘的结晶LED元件的平面视图；
- [0023] 图8C是根据替代的实施例的在完成图6中所示的方法之后的示例性结晶LED元件的截面视图；
- [0024] 图9是根据替代的实施例的例示将结晶LED元件组装到显示器中的方法的流程图；
- [0025] 图10A、10B、10C、10D、10E、10F、以及10G是根据实施例的在执行图9中所示的方法的说明性操作时被组装到显示器中的示例性结晶LED元件的截面视图；以及
- [0026] 图11例示了根据实施例的并入结晶LED显示器的移动计算设备的前视图和后视图。

### 具体实施方式

[0027] 参考附图描述了一个或多个实施例。虽然详细地描绘并讨论了具体的构造和布置，但是应当理解这只是为了说明的目的。相关领域的技术人员将认识到，其它构造和布置也是可能的，而不脱离本描述的精神和范围。对于相关领域的技术人员来说将显而易见的是，本文所描述的技术和/或布置可以用于不同于本文中详细描述的那些的各种其它系统和应用中。

[0028] 在下文的具体实施方式中参考附图，附图形成具体实施方式的一部分并且例示了示例性实施例。此外，应当理解可以利用其它实施例，并且可以进行结构和/或逻辑改变，而不脱离所要求保护的的主题的范围。还应当注意，例如上、下、顶部、底部等方向和参考可以仅用于帮助描述图中特征。因此，下文的具体实施方式不应被视为具有限制意义，并且所要求保护的的主题的范围仅由所附权利要求和其等同物限定。

[0029] 在下文的描述中，阐述了许多细节。然而，对于本领域技术人员来说将显而易见的是，可以在没有这些具体细节的情况下实践本发明的实施例。在一些情况下，以框图形式而不是详细地示出公知的方法和装置，以避免模糊本发明。贯穿本说明书对“实施例”或“一个实施例”的引用意味着结合实施例描述的特定特征、结构、功能或特性包括在本发明的至少

一个实施例中。因此,贯穿本说明书的各个地方中出现的短语“在实施例中”或“在一个实施例中”不一定指的是本发明的同一实施例。此外,在一个或多个实施例中,特定特征、结构、功能或特性可以以任何适当的方式组合。例如,在与两个实施例相关联的特定特征、结构、功能或特性不相互排斥的任何地方,第一实施例可以与第二实施例组合。

[0030] 除非上下文中另有明确说明,否则在说明书和所附权利要求书中使用的单数形式“一”和“所述”也意在包括复数形式。还将理解,如本文所使用的术语“和/或”是指并且包括一个或多个相关联的所列项目的任何和所有可能的组合。

[0031] 本文可以使用术语“耦合”和“连接”,以及它们的派生物来描述部件之间的功能或结构关系。应当理解,这些术语不意在作为彼此的同义词。相反,在特定实施例中,“连接”可以用于指示两个或更多元件彼此直接物理、光学或电气接触。“耦合”可以用于指示两个或更多元件直接或间接(在它们之间具有其它中间元件)彼此物理或电接触,和/或两个或更多元件彼此协作或交互(例如,在因果关系中)。

[0032] 本文使用的术语“在……之上”、“在……之下”、“在……之间”以及“在……上”指的是一个部件或一种材料相对于其它部件或材料的相对位置,其中这种物理关系是值得注意的。例如,在材料的上下文中,一种材料或材料设置在另一种材料之上或之下可以直接接触或可以具有一种或多种中间材料。此外,设置在两种材料或材料之间的一种材料可以直接与两层接触,或者可以具有一个或多个中间层。相反,第二材料或材料“上”的第一材料或材料直接与该第二材料/材料接触。在部件组装的上下文中将进行类似的区分。

[0033] 如说明书中和权利要求书中所使用的,通过术语“至少一个”或“一个或多个”连接的一系列项目可以表示所列术语的任何组合。例如,短语“A、B或C中的至少一个”可以表示:A;B;C;A和B;A和C;B和C;或A、B和C。

[0034] 本文中描述的是结晶(微型)LED显示器组装、制造这样的显示器组装的方法、结晶LED源衬底(由此LED可以被转移到显示器组装)、以及制造这样的源衬底的方法。技术和显示组装对于将成百上千至数百万的 $\mu$ LED集成到显示器中是特别有利的。 $\mu$ LED(在本文中也被称为LED)具有微米级的最大横向尺寸,并且有利地具有不超过 $5\mu\text{m}$ 的最长横向长度。显示器组装实施例、源衬底实施例、以及本文中所例示的制造技术是适合于LED的在例如 $1-5\mu\text{m}$ 范围内高度可缩放的。尽管为了清楚的目的本文中所描述的是在几个或甚至单个LED的背景下,但源衬底实施例及所例示的技术还被理解为可适用于大量LED的同时制造/组装。

[0035] 图1是根据实施例的例示将适合于组装的结晶LED元件制造到显示器中的方法101的流程图。方法101可以用于制造LED源衬底,由此可以转移LED元件以组装结晶LED显示器。图2A-2K是根据实施例的在执行方法101的说明性操作时的示例性结晶LED元件的截面视图和平面视图。

[0036] 方法101涉及晶圆级处理,其适合于在操作105由半导体LED膜叠置体产生LED源衬底。半导体LED膜叠置体可以是覆盖外延衬底以形成单片主体(例如,LED外延晶圆)的邻接的膜。通常,可以利用任何已知的半导体LED膜叠置体。在图2A中所示的示例性实施例中,外延晶圆201包括外延衬底205、缓冲层206以及在缓冲层206上外延生长的半导体LED膜叠置体207。在实施例中,LED膜叠置体207包括一个或多个半导体异质结,例如形成量子阱等。半导体LED膜叠置体207包括至少两个互补型掺杂半导体区域(层);在二极管叠置体架构中的p型掺杂层和n型掺杂层。在具体的实施例中,半导体LED膜叠置体207是异质外延的III-V半

导体膜叠置体,例如包括GaN和/或其合金(例如InGaN)。然而,半导体LED膜叠置体207的成分取决于所需的发射带,并且本文中的实施例并不局限于这个方面。

[0037] 外延衬底205可以是适合于生长LED半导体膜叠置体的任何已知的衬底。例如,衬底205可以是各种材料,举例来说其包括但不限于:硅、锗、SiGe、如同GaAs、InP之类的III-V化合物、如同GaN之类的III-N化合物、3C-SiC、以及蓝宝石。(多个)缓冲层206可以是适合于从外延衬底205的成分/微结构过渡到LED膜叠置体207的成分/微结构的任何已知的架构。

[0038] 回到图1,方法101在操作110继续,其中电极金属沉积在LED膜叠置体之上。电极金属的成分可以随着LED膜叠置体的功能而变化,例如以用于提供适合于提供欧姆接触、隧穿接触等的所需金属加工。在一个示例性实施例中,在操作110所沉积的金属是适合于与LED膜叠置体的p型掺杂半导体层进行接触的p型金属。可以在操作110利用任何已知的沉积技术,例如但不限于PVD、CVD、电镀或化学镀。如图2B中进一步所示的,p型金属膜210被覆盖式沉积在LED膜叠置体207的p型掺杂的半导体层之上。还如图2B中所示,接合/释放材料层212(例如,诸如SiO<sub>x</sub>之类的电介质)可以进一步沉积在p型金属膜210之上。

[0039] 回到图1,方法101在操作115继续,其中LED膜和金属电极叠置体耦合到载体。在操作120,LED和金属电极叠置体从LED外延衬底去耦合。操作115和120实现了晶圆级薄膜转移,其允许LED膜叠置体被夹在两个相对的金属电极之间。如果在操作105所接收的LED外延衬底已经包括埋设在LED膜叠置体下方的金属电极膜,则可以不需要晶圆级膜转移操作115和120。作为一个示例,可以在方法101的上游(upstream)执行在操作115和120的背景下此处所描述的晶圆级薄膜转移。在操作115,本领域中已知的任何技术可以用于将LED膜和电极叠置体耦合到载体。在一个实施例中,耦合是长期稳定的,例如在LED膜和电极叠置体到载体之间使用任何(热)压缩接合。在另一个实施例中,耦合是较短期的,例如在LED膜和电极叠置体与载体之间使用静电耦合。在操作120,本领域中已知的任何技术可以用于将LED膜和电极叠置体从外延衬底去耦合。例如激光器启动或CMP/研磨和清洁可以用于去除外延衬底。在图2C中所示的示例性实施例中,接合材料层212(例如,SiO<sub>x</sub>粘合剂)与载体220压缩/热/UV接合,载体220还包括另一种接合材料层214(例如,SiO<sub>x</sub>粘合剂)。替代地,仅可以存在接合材料212或214中的一种材料。载体220可以是任何金属、半导体、或具有足够平坦度的电介质材料,并且LED元件从载体220的后续体转移可以由载体220的较大平坦度促进。在一个有利的实施例中,载体220是(单)晶硅衬底,例如用于IC制造的类型晶圆。如图2D中进一步所示的,LED膜从外延衬底205的去耦合(例如,通过激光器启动)暴露了LED膜叠置体207的第二掺杂半导体区域(例如,n型掺杂层)。

[0040] 回到图1,方法101在操作125继续,其中第二金属电极膜沉积在由操作120暴露的LED膜叠置体的表面之上。第二电极金属的成分可以随着LED膜叠置体的功能而变化,例如以用于提供适合于提供欧姆接触、隧穿接触等的所需金属加工。在一个示例性实施例中,在操作125所沉积的金属是适合于与LED膜叠置体的n型掺杂半导体层进行接触的n型金属。可以在操作125利用任何已知的沉积技术,例如但不限于PVD、CVD、电镀或化学镀。如图2E中进一步所示的,n型金属膜225被覆盖式沉积在LED膜叠置体207的n型掺杂的半导体层之上。

[0041] 回到图1,方法101在操作130继续,其中保护性电介质帽盖材料沉积在第二金属电极膜之上。操作130是可选的,但在后续处理期间有利地保护LED电极免于腐蚀。电介质帽盖材料可以由适合于该目的的本领域中已知的任何材料组成。在操作130,可以利用任何已知

的沉积技术,例如但不限于PVD和CVD。如图2F中进一步所示的,碳掺杂的氮化硅(CDN)膜227被覆盖式沉积在n型金属LED电极膜225之上。

[0042] 回到图1,方法101在操作135继续,其中多个LED元件通过蚀刻沟槽被形成为LED半导体膜叠置体。在操作135,可以利用任何已知的光刻掩模图案化和薄膜蚀刻工艺。在操作135,掩模特征的尺寸大体上设置了LED元件的尺寸,所述LED元件将被并入到显示器中。在有利的实施例中,蚀刻操作135蚀刻穿过第一金属电极膜、穿过第二金属电极膜、并且穿过位于两个电极之间限定每个LED元件的侧壁是整个半导体LED膜叠置体。利用该技术,第一金属电极的占用空间至少等于被LED半导体膜叠置体和第二电极占用的面积(即,LED电极都具有相同的占用空间并且与半导体膜叠置体一致)。在操作140,电介质侧壁间隔体形成在LED元件侧壁之上。任何已知的电介质材料(例如但不限于 $\text{SiO}_x$ 、 $\text{SiON}$ 、 $\text{SiN}$ 、 $\text{CDO}$ 、以及 $\text{CDN}$ )可以共形地沉积在LED元件之上。使用本领域中已知的适合于所选择的电介质材料的任何各向异性蚀刻工艺来执行各向异性蚀刻,以在每个LED元件的金属和半导体侧壁之上形成至少部分自对准的侧壁涂层。如以下进一步描述的,电介质间隔体侧壁涂层实现了独立于LED封装的后续锚定工艺。由电介质间隔体侧壁涂层提供的自由度还可以实现在例如锚定材料也用于LED封装的情况下将锚定力调制为低于其可能的强度。

[0043] 图2G是结晶LED元件230的在操作135对其的描绘和在操作140由电介质间隔体的封装之后的截面视图。在示例性实施例中,每个LED元件230的横向元件宽度 $W_e$ 被图案化为不大于 $5\mu\text{m}$ 。如进一步所描绘的,间隔体电介质235(例如, $\text{CDN}$ )用作在LED元件230上的自对准侧壁电介质涂层。在包括帽盖层227的实施例中,可以通过一种或多种电介质材料(例如, $\text{CDN}$ )在5/6侧上对LED元件230进行封装。在有利的实施例中,用于间隔体形成的电介质材料的厚度被选择为确保电介质间隔体235具有横向厚度或宽度 $W_s$ , $W_s$ 小于在操作135(图1)被蚀刻到LED膜叠置体中的沟槽232的标称横向宽度 $W_i$ 的一半。对间隔体宽度的限制确保位于相邻LED元件上的两个电介质间隔体留下衬底材料(例如,接合材料212)在沟槽232的底部上暴露的部分。图2H是根据实施例的在与图2G相同的阶段的结晶LED元件230的自上而下的平面视图。尽管在图2G中所示的示例性实施例中LED元件230是矩形的(例如方形),但LED元件230可以被图案化为具有替代的形状(例如,圆形占用空间)。

[0044] 回到图1,方法101在操作145继续,其中LED元件锚状物被图案化以为LED元件从载体的受控释放做准备。LED元件锚状物形成在沟槽(在操作135蚀刻的)内,从而使LED元件侧壁的部分相交,同时还留下用于底切LED元件的脱离剂的入口。在存在LED元件的电介质间隔体涂层侧壁的情况下,LED锚状物可以独立于与LED元件的封装相关联的关系而形成。在图2I中所示的示例性实施例中,至少一部分的一种或多种接合材料层212、214被凹进。在这种实施例中,材料层212、214在功能上是接合层和释放层。在替代的实施例中,作为LED元件锚定操作的部分凹进的释放层与接合层不同。释放层可以利用覆盖式蚀刻工艺凹进到电介质间隔体235下方,覆盖式蚀刻工艺由电介质间隔体235和保护LED元件230的帽盖材料227遮蔽。在所示实施例中,穿过材料层212、214的各向异性蚀刻停止于载体220。然后,另一种材料被沉积到相邻LED元件230之间的凹进沟槽中,至少填充凹进释放层和沟槽由电介质间隔体内衬的部分。锚状物材料可以被回填到沟槽中,对LED元件230的顶表面进行平面化,例如利用旋涂工艺。然后,平面化锚状物材料可以被图案化到多个分离的锚状物中。由电介质间隔体侧壁涂层提供的自由度可以实现在例如锚定材料也用于LED封装的情况下通过将锚

定点降低到低于其可能的点来调制锚定力。在一个有利的实施例中，锚状物材料是旋涂到沟槽中的光敏聚合物材料(例如，光致抗蚀剂)。然后，光致抗蚀剂可以被光刻地图案化(即，暴露和显影)到单独的LED元件锚状物245中从而填充沟槽并且在如图2J中进一步所示的相邻LED元件230中维持间隔，图2J是根据实施例的在图2I中所描绘的结晶LED元件230的平面视图。

[0045] 回到图1，方法101在操作150继续，其中锚定的LED元件是可控地从载体释放的。在释放操作150之后，LED元件仅由在操作145形成的锚状物保持依附于载体。在实施例中，LED元件通过横向蚀刻设置在LED元件与载体之间的释放层由载体释放。图2K是根据实施例的在完成方法101之后的结晶LED接合源衬底250的截面视图。如所示的，例如利用底切多个结晶LED元件230的任何各向同性干法或湿法化学腐蚀剂(例如HF)来横向蚀刻源LED接合/释放层212、214。然后，着陆在载体220上的锚状物245被自由空间的空位249包围，空位249在每个LED元件230的整个横向面积或占用空间内延伸。在示例性实施例中，其中光敏聚合物用于锚状物材料，每个锚状物245是接触侧壁电介质(间隔体235)的聚合物柱，侧壁电介质涂覆至少两个相邻的LED元件230(例如，由每个锚状物245连接的四个最接近的LED元件230)。在示例性实施例中，其中电介质帽盖材料被施加在第二金属LED电极225之上，可以去除这个电介质帽盖材料以重新暴露第二金属LED电极225以为将LED元件转移到显示器组装做准备。如图2K中进一步示出的，在去除电介质帽盖材料227之后，侧壁电介质235的顶表面与第一金属电极210的暴露表面以及第二金属电极227的暴露表面成平面。根据用于去除帽盖材料的技术的选择性，如图2K中所描绘的，锚状物245可以在第二金属电极227的暴露表面上方延伸。替代地，锚状物245可以凹进或与第二金属电极227的暴露表面大体上成平面。金属101继而大体上用LED元件来完成以为拾取和接合到LED显示器组装做准备。

[0046] 在另外的实施例中，方法101可以被轻微地修改为：为了足以避免电测试每个LED元件的需要的电冗余的目的将上述每个LED元件分为多个LED。给出电测试每个元件的每个LED元件的微米横向尺寸可能是不切实际的，然而任何给出的LED元件不可操作作为LED元件产量的功能(例如，由于有缺陷的半导体LED膜叠置体)。在有利的实施例中，因此一个或多个元件内沟槽被蚀刻穿过第二金属电极膜和以上所述的每个LED元件的LED半导体膜叠置体。LED元件由此被分为足量的LED，从而每个LED元件中的至少一个LED具有非常高的运转概率。每个元件内所需的LED数量是缺陷密度/群集的函数。元件内的沟槽停止于第一金属LED电极，从而使每个元件内的所有LED由第一金属LED电极并联电耦合。对于这样的实施例，沟槽蚀刻操作135可以涉及两个掩蔽操作：一个操作限定了以上所描述的元件间沟槽，并且另一个操作限定了元件内沟槽。可以以本领域中已知的任何方式来执行两个掩模蚀刻。在两个阶段的沟槽蚀刻操作之后，在操作140的电介质间隔体形成还用于完全回填元件内沟槽。

[0047] 图3A、3B、3C、3D、以及3E是根据替代的实施例的在执行方法101的说明性操作时的示例性结晶LED元件的截面视图，其中每个LED元件被分为多个LED。图3A示出了描绘单独LED元件的第一掩蔽沟槽蚀刻。掩模331限定了将相邻LED元件230分隔开的元件间沟槽332的位置。元件间沟槽蚀刻大体上可以作为在操作135的背景下如上所述的内容，然而蚀刻在清洁LED元件叠置体之前停止(例如，停止于第一金属电极膜210)。图3B示出了描绘每个LED元件内的单独LED柱的第二掩蔽沟槽蚀刻。掩模333限定了将每个LED元件230内的相邻LED

柱330分隔开的元件内沟槽334的位置。掩模333的特征可以具有例如亚微米机制中的横向CD。元件内沟槽蚀刻大体上可以作为在操作135的背景下如上所述的内容,然而蚀刻在清洁LED元件叠置体之前停止(例如,停止于第一金属电极膜210)。掩模333留下了打开的元件间沟槽332,沟槽332内的蚀刻前部在元件内沟槽的蚀刻期间继续穿过第一金属电极膜210,由此完成对LED元件230的描绘。图3C还示出了电介质间隔体形成(例如,在图1中的操作140执行的)。在有利的实施例中,其中元件内沟槽334具有横向宽度 $W_i$ , $W_i$ 小于侧壁电介质间隔体235的横向宽度 $W_s$ 的两倍,电介质间隔体235回填元件内沟槽334。元件间沟槽332不用间隔体电介质完全回填,并且因此接合/释放材料层212/214可以在形成LED元件锚状物期间凹进,LED元件锚状物是大体上如上所述的和进一步如图3D和3E所描绘的。如图3E中所示的,结晶LED接合源衬底350具有以上针对结晶LED接合源衬底250所述的结构特征中的许多特征,其中在每个元件230中添加了冗余LED 330。方法101再次大体上用LED接合源衬底350的LED元件来完成以为拾取/接合到LED显示器组装做准备。冗余LED对于修理缺陷是有用的。在检查时,可以通过利用聚焦离子束去除至顶部电极的金属连接来断开有缺陷的LED 330。电流将重新分布在剩余的良好LED中。电流继而将设置独立于有缺陷的元件的光发射。

[0048] 图4是根据实施例的例示将结晶LED元件组装到显示器中的方法401的流程图。在方法401中利用的LED元件可以拾取和/或从LED接合源衬底(例如LED接合源衬底250(图2K)或LED接合源衬底350(图3E))转移。图5A、5B、5C、5D和5E是根据实施例的在执行方法401的说明性操作时被组装到显示器中的示例性结晶LED元件的截面视图。

[0049] 参考图4,方法401在操作460开始,其中接收LED接合衬底。接合衬底505可以是用于内建显示器的显示器衬底或临时衬底。图5A还例示临时衬底的实施例。接合衬底505用释放层514覆盖,释放层514可以是任何电介质(例如粘合聚合物)。在内建之后,可以在释放层514去除LED显示器组装并且然后在释放之后重新使用接合衬底505。因此,接合衬底505可以是本领域中已知的任何衬底材料,其适合于具有针对所采用的LED接合工艺的足够平坦度并且具有用于容纳所需显示面积的足够大的面积(例如,大幅面)的内建。一种示例性接合衬底材料是玻璃。图5A中所示的示例性实施例还包括电介质保护层527,电介质保护层527用于在内建和释放之后保护LED显示器组装。示例性保护层材料包括SiON、SiN和CDN。在替代的实施例中,未采用电介质保护层527。

[0050] 沉积在接合材料衬底之上的是具有第一底板金属互连件的显示器底板接口,第一底板金属互连件用于将第一LED电极与显示器底板(例如,驱动电路、存取晶体管和/或分立式电子器件等)接口连接。在图5A中所示的示例性实施例中,第一底板金属互连件540是布置在接合衬底505之上的焊盘。对于LED显示器包括 $5\mu\text{m} \times 5\mu\text{m}$  LED元件的阵列的示例性实施例,第一底板金属互连件540可以是具有约 $25\mu\text{m}$ 的节距的 $10\mu\text{m}$ 金属焊盘。第二底板互连件545也是布置(例如,具有类似的节距但更小的焊盘尺寸)在接合衬底505之上金属焊盘。第二底板互连件545电耦合到第二LED电极,并且因此与第一底板金属互连件540电隔离。第一和第二底板金属互连件540、545可以被接收为接合衬底起始材料的特征(即,方法401的制造上游),或被沉积和图案化为LED组装内建的部分(例如,使用任何已知的金属沉积工艺来沉积任何已知的互连金属化)。

[0051] 回到图4,方法401在操作465继续,其中导电聚合物被施加到接合衬底的区域。导电聚合物用于在LED显示器组装被内建在LED元件周围时将LED元件附接到接合衬底,并且

用于将底板金属互连件中的一个电连接到LED元件的第一/背面上的金属电极。在一个有利的实施例中,导电聚合物是光敏导电膜(例如导电光致抗蚀剂)。这种材料的示例是用导电聚合物(例如聚苯胺)掺杂的低级光致抗蚀剂(例如,SU-8 25)。一些导电光致抗蚀剂的形成以技术文献的方式被描述为具有在1ohm-cm的范围内的电阻率。在该电阻率下,根据本文中的实施例所采用的可归因于大约0.5 $\mu\text{m}$ 厚的导电聚合物的寄生电阻对于5 $\mu\text{m}$ ×5 $\mu\text{m}$  LED元件被期望为处于~200ohm的范围内。这还比对于该尺寸的元件的典型的(p型)接触电阻(例如,>2kohm)小得多。

[0052] 导电聚合物可以旋涂在接合衬底之上,并且如图5A中所示,被图案化到导电聚合物元件550中,导电聚合物元件550位于第一底板金属互连件540上。导电聚合物元件的图案化和对准对于10 $\mu\text{m}$ 金属互连焊盘是不重要的,导电聚合物元件可以具有在25 $\mu\text{m}$ 节距上的10-15 $\mu\text{m}$ 的横向尺寸。导电光致抗蚀剂实施例可以有利地用直接光刻曝光/显影工艺来在光学上描绘。非光敏导电聚合物实施例还可以依赖于光刻掩蔽工艺和后续蚀刻/溶剂溶解工艺以将导电聚合物图案化到元件中。

[0053] 参考图4,方法401在操作470继续,其中多个LED元件被附接到导电聚合物。更具体地,每个LED元件的第一金属LED电极被放置在具有导电聚合物的电接触部中。导电聚合物用于将第一金属LED电极耦合到显示器底板金属互连件。在图5B中所示的示例性实施例中,LED元件230被施加有与导电聚合物550直接接触的第一金属LED电极210。LED元件230与导电聚合物元件550之间的对准是不重要的并且可以使用任何转移打印/拾取-放置接合技术将LED元件230从LED结晶LED接合源衬底转移。例如,多个LED元件可以由源衬底拾取,打印印记或拾取-放置头具有面对印记/头的金属LED电极225。对于多个元件中的每个元件的金属电极210继而与导电聚合物和由多个LED元件分隔开的拾取-放置头接触。在一个有利的实施例中,室温压缩接合用于将(多个)第一金属LED电极附接到导电聚合物元件550。在另外的实施例中,室温接合用于初始接合,随后进行高温(例如140-180 $^{\circ}\text{C}$ )固化和/或导电聚合物的固化。

[0054] 图5A和5B例示了示例性实施例,其中在将多个LED元件230附接到导电聚合物之前,导电聚合物被图案化到多个单独的导电聚合物元件550中。然而,在替代的实施例中,在接合LED元件230之后执行导电聚合物的图案化。例如,整片曝光可以用于以自对准的方式去除不接合LED元件的所有导电聚合物。对于非光敏导电聚合物实施例,可以在将LED元件附接到导电聚合物之后执行自对准的导电聚合物蚀刻/溶剂溶解。

[0055] 回到图4,方法401在操作475继续,其中LED显示器组装用电耦合到第二金属LED电极的至少导电互连件来内建。在有利的实施例中,其中第二金属LED电极被设置在LED元件的发光表面之上,也被设置在LED元件的发光表面之上的导电互连件的至少一部分在LED元件的发射带内进行光传输。在图5C中所示的一个示例性实施例中,接触金属LED电极225的导电互连件560为ITO。光传输的互连件继而电耦合(例如通过任何常规的内建互连技术)到第二底板金属互连件545。LED元件230和互连金属化被封装在内建电介质265中,内建电介质265可以是任何已知的材料,例如但不限于热固性环氧树脂和/或内建电介质膜(例如,Ajinomoto内建膜等)。在另外的实施例中,LED显示器组装还包括触摸半导体层,包括例如用于电容式、电感式、光学或其它已知的触摸传感器网络的金属化。如图5C中进一步所示,触摸传感器层570被设置在封装LED元件230的内建电介质265之上。

[0056] 回到图4,方法401在操作480继续,其中显示器盖附接到LED组装并且从显示器组装去除接合衬底。在图5D中所示的示例性实施例中,显示器盖575设置在触摸传感器层570之上并且可以是在LED元件的发射带内进行光传输的任何材料,例如但不限于玻璃、或蓝宝石(氧化铝 $Al_2O_3$ )。根据显示器盖575的厚度,LED显示器组装501在去除接合衬底505时可以是柔性或刚性的。例如在显示器盖575处于几十微米的量级的情况下,LED显示器组装502可以是柔性的,其中曲率半径主要是盖厚度的函数。在显示器盖575为LED显示器组装501提供结构支持的情况下,接合衬底505可以由内建电介质565分隔开,内建保留显示器底板接口(例如,金属互连件540、545)和多个LED元件230。例如,激光器启动/去接合工艺可以用于在释放层514和保护层527的接口处引导分隔。方法401继而大体上用LED显示器组装来完成,如图5D中所描绘的,LED显示器组装现在大体上布置了成百上千或数百万个LED元件。显示器组装继而为安装/集成到电子器件(例如,移动计算平台/听筒)中做准备。图5E例示了替代的实施例,其中方法401利用源衬底350来形成LED显示器组装502,LED显示器组装502是在LED显示器组装501的背景下大体上如上所述的。

[0057] 图6是根据替代的实施例的例示制造结晶LED接合源衬底的方法602的流程。方法602是对于制造LED源衬底的方法101(图1)的替代方案,由此LED元件可以被转移以组装结晶LED显示器组装。在方法101提供了具有相对的两个侧的金属LED电极(LED元件的前部和后部)的LED元件时,方法601提供了具有单侧金属LED电极(LED元件的前部或后部)的LED元件。自对准图案化技术用于维持具有最小关键图案化/覆盖需要的小LED元件占用空间。

[0058] 方法601包括晶圆级处理,其适合于由在操作605接收的半导体LED膜叠置体产生LED源衬底。半导体LED膜叠置体可以是覆盖外延衬底以形成单片主体(例如,LED外延晶圆)的邻接的膜。通常,可以利用任何已知的半导体LED膜叠置体。在图7A中所示的示例性实施例中,外延晶圆701包括外延衬底205、缓冲层206以及在缓冲层206上外延生长的半导体LED膜叠置体707,半导体LED膜叠置体707包括至少第一掺杂半导体区域706和第二互补型掺杂半导体区域708。在实施例中,LED膜叠置体707包括一个或多个半导体异质结,例如形成量子阱等。在示例性实施例中,第一掺杂半导体区域706是n型掺杂层,并且半导体区域708是完成二极管叠置体架构的p型掺杂层。在具体的实施例中,半导体LED膜叠置体707是异质外延的III-N半导体膜叠置体,例如包括GaN和/或其合金(例如InGaN)。然而,半导体LED膜叠置体707的成分取决于所需的发射带,并且本文中的实施例并不局限于这个方面。

[0059] 如上所述,外延衬底205可以是适合于生长LED半导体膜叠置体的任何已知的衬底。例如,衬底205可以是各种材料,举例来说其包括但不限于:硅、锗、SiGe、如同GaAs、InP之类的III-V化合物、如同GaN之类的III-N化合物、3C-SiC、以及蓝宝石。(多个)缓冲层206可以是适合于从外延衬底205的成分和微结构过渡到LED膜叠置体207的成分和微结构的任何已知的架构。还如图7A中所示,接合材料层712(例如,诸如 $SiO_x$ 之类的电介质)还可以沉积在掺杂半导体层708之上。

[0060] 回到图6,方法601在操作610继续,其中LED膜叠置体被转移到载体衬底。如果在操作605所接收的LED外延衬底是LED接合源衬底的适合支架,则晶圆级膜转移操作610可能是不需要的。例如,如果在操作605所接收的外延衬底已经包括位于适当平坦的载体(例如,硅晶圆)之上的正确层序列(例如,位于p型掺杂层之上的n型掺杂层)的LED半导体膜叠置体,所述平坦的载体接下来从制造在膜叠置体(例如,包括释放层)LED元件去耦合。对于膜转移

是有利的示例性实施例,在遵循本领域中已知的任何技术的操作610,LED半导体叠置体可以耦合到载体。在一个实施例中,耦合是长期稳定的,例如在LED膜与载体之间使用任何(热)压缩接合。在另一个实施例中,耦合是较短期的,例如在载体与LED膜-电极叠置体之间使用临时粘合聚合物和/或静电耦合。同样,在操作610,本领域中已知的任何技术可以用于将LED膜叠置体从外延衬底去耦合。例如激光器启动或CMP/研磨和清洁可以用于去除外延衬底。在图7B中所示的示例性实施例中,接合材料712用存在于载体720上的接合材料层(例如, $\text{SiO}_x$ )来压缩接合。然后去除外延衬底,从而暴露互补型掺杂LED半导体区域或层706,如图7C中进一步所示的。

[0061] 回到图6,方法601在操作615继续,其中电极金属沉积在LED膜叠置体之上。电极金属的成分可以随着LED膜叠置体的功能而变化,例如以用于提供适合于提供欧姆接触、隧穿接触等的所需金属加工。在一个示例性实施例中,在操作615所沉积的金属是适合于与n型掺杂半导体层进行接触的n型金属。在一些实施例中,n型接触金属形成电极叠置体,其中金属材料沉积在接触金属上。可以在操作615利用任何已知的沉积技术,例如但不限于PVD、CVD、电镀或化学镀。如图7D中进一步所示的,n型金属膜被沉积在n型掺杂的半导体层706之上并且被图案化到布置在LED膜叠置体之上的多个第一金属LED电极710中。可以在操作615利用任何已知的光刻图案化和掩蔽蚀刻工艺或掩蔽电镀工艺。在一个示例性实施例中,操作615涉及镀Cu电极710。

[0062] 回到图6,方法601在操作620继续,其中多个LED元件或由蚀刻沟槽形成为LED半导体膜叠置体。沟槽蚀刻停止于埋设的第二掺杂半导体区域。可以掩蔽蚀刻,其中相同的图案用于蚀刻第一金属LED电极(例如,沟槽蚀刻在电极蚀刻之后而不去除限定电极的光致抗蚀剂)和/或第一金属LED电极可以被用作沟槽蚀刻的掩模。沟槽描绘了LED元件,并且因此与第一金属LED电极自对准。因此,LED元件的发光表面积可以约等于第一金属LED电极的面积。在沟槽蚀刻操作620之后,在操作625,电介质间隔体形成在第一金属LED电极和第一掺杂半导体区域的侧壁周围。任何已知的电介质材料(例如但不限于 $\text{SiO}_x$ 、 $\text{SiON}$ 、 $\text{SiN}$ 、 $\text{CDN}$ 以及 $\text{CDN}$ )可以共形地沉积在LED元件之上。继而对于所选择的电介质材料使用本领域中已知的任何各向异性蚀刻工艺来执行各向异性蚀刻。

[0063] 图7E是结晶LED元件730的在操作620对其的描绘和在操作625由电介质间隔体的封装之后的截面视图。在示例性实施例中,LED元件的横向元件宽度 $W_e$ 被图案化为不大于 $5\mu\text{m}$ 。如进一步所描绘的,间隔体电介质735(例如, $\text{CDN}$ )用作LED元件730的自对准侧壁电介质涂层。在有利的实施例中,用于间隔体形成的电介质材料的厚度被选择为确保电介质间隔体735具有横向厚度或宽度 $W_s$ , $W_s$ 小于在操作620(图6)被蚀刻到LED膜叠置体中的沟槽732的标称横向宽度 $W_t$ 的一半。在示例性实施例中, $W_s$ 小于 $0.1\mu\text{m}$ 。间隔体宽度继而确保位于相邻的LED元件上的两个电介质间隔体留下掺杂半导体区域708暴露在沟槽732的底部的部分。

[0064] 回到图6,方法在操作630继续,其中第二金属LED电极膜被沉积为与在相邻的LED元件之间暴露的LED膜叠置体的第二掺杂半导体区域接触。金属电极膜利用共形沉积工艺被覆盖式沉积在LED元件之上以确保金属电极膜跟随间隔体电介质侧壁。第二电极金属的成分可以随着LED膜叠置体的功能而变化,例如以用于提供适合于提供欧姆接触、隧穿接触等的所需金属加工。在一个示例性实施例中,在操作630所沉积的金属是适合于与p型掺杂半导体层进行接触的p型金属。在另外的实施例中,p型金属可以是多金属叠置体中的一种

材料。在一个实施例中，p型金属是铝，在另一种实施例中，p型金属是在镍(Ni)层之上的金(Au)。可以在操作630利用适合共形的任何已知的沉积技术，例如但不限于CVD和ALD电镀、或化学镀。

[0065] 第二电极金属膜继而由各向异性地覆盖式沉积以至少部分地将金属LED电极间隔体与在操作625形成的电介质间隔体自对准。在示例性实施例中，不用附加的光刻掩模来蚀刻金属LED电极膜以形成与电介质间隔体相邻的完全自对准的金属电极间隔体。对于所利用的(多个)特定p型金属，各向异性蚀刻工艺可以是任何已知的工艺。例如，可以用氯基干法蚀刻工艺来对Al和Cu进行蚀刻，而留下Cu电极710和SiN间隔体电介质735未被蚀刻。在操作625所形成的自对准金属电极维持到LED叠置体的第二掺杂半导体区域的接触(例如，p接触)。在有利的实施例中，其中自对准金属电极具有的横向宽度小于两个相邻的电介质侧壁间隔体之间的沟槽宽度的一半，可以通过利用与第二金属LED电极自对准的蚀刻继续沟槽蚀刻穿过第二掺杂的半导体层来完成对LED元件的描绘。

[0066] 在图7F中所示的示例性实施例中，p型金属膜的各向异性蚀刻形成了围绕金属电极710周围的金属电极740。金属电极740与电介质侧壁735自对准并且与电介质侧壁735接触。在金属电极膜的未掩蔽的各向异性蚀刻之后，金属电极740被凹进到低于金属LED电极710的z高度。电介质侧壁间隔体735将两个电极710、740分隔开。在有利的实施例中，用于自对准的p接触的金属电极材料的厚度被选择为确保金属电极740具有的横向厚度或宽度 $W_m$ 小于在两个厚度的间隔体电介质735填充在操作620(图6)沟槽被蚀刻到LED膜叠置体中的部分之后沟槽732保持的标称横向宽度 $W_{t2}$ 的一半。金属电极宽度继而确保位于相邻LED元件上的两个自对准金属电极留下掺杂半导体区域708暴露在沟槽732的底部的部分。金属电极740的自对准部分可以例如具有小于 $0.1\mu\text{m}$ 的横向宽度，并且有利地仅几百纳米。沟槽蚀刻继而清洁掺杂的半导体区域708并且还可以有利地蚀刻穿过释放层712的至少部分厚度。在所实施例中，穿过释放层712的各向异性蚀刻停止于载体720。图7G是根据实施例的在图7F中描绘的结晶LED元件的平面视图。在图7G中所示的示例性实施例中，LED元件730是矩形的(例如方形)。然而，LED元件730可以具有替代的形状(例如，圆形占用空间)。图7G还例示了金属LED电极740如何围绕金属电极710形成周围接触部，电介质间隔体735设置在其间。

[0067] 回到图6，方法601在操作645继续，其中LED元件锚状物形成在将相邻LED元件分隔开的沟槽内。锚状物被图案化以为LED元件从载体的受控释放做准备。LED元件锚状物形成在沟槽内，所述沟槽在操作620和635被蚀刻，从而使LED元件侧壁的部分相交，同时还留下了用于释放剂以底切LED元件的入口。如图7H中进一步所示的，锚状物材料继而被沉积到相邻LED元件之间的沟槽内，从而至少填充凹进的释放层和沟槽由金属LED电极740内衬的部分。锚状物材料可以被回填到沟槽732中，利用LED元件730的顶表面进行平面化，例如利用旋涂工艺。经平面化的锚状物材料继而可以被图案化到多个单独的锚状物745中。在一个有利的实施例中，锚状物材料是旋涂到沟槽732中的光敏聚合物材料(例如光致抗蚀剂)。根据实施例，如图71中进一步所示的，光致抗蚀剂继而被光刻地图案化(即，曝光和显影)到单独的LED元件锚状物745中，从而填充沟槽并且维持相邻LED元件730之间的间隔，图71是图7H中所描绘的结晶LED元件730的平面视图。

[0068] 回到图6，方法601在操作650继续，其中锚定LED元件由载体可控地释放。在释放操作650之后，LED元件通过在操作645形成的锚状物来保持附接到载体。在实施例中，通过横

向蚀刻设置在LED元件与载体之间的释放层,LED元件由载体释放。图7J是根据实施例的在完成方法601之后结晶LED接合源衬底750的截面视图。如所示的,例如利用底切多个结晶LED元件730的任何各向同性干法或湿法化学腐蚀剂(例如HF)来横向蚀刻源LED接合/释放层712。然后,着陆在载体720上的锚状物745被自由空间的空位749包围,空位749在每个LED元件730的整个横向面积或占用空间内延伸。在示例性实施例中,其中光敏聚合物用于锚状物材料,每个锚状物745是接触至少两个相邻LED元件730(例如,由每个锚状物745连接的四个最接近的LED元件730)的金属电极740的聚合物柱。在一些实施例中,锚状物745可以放置在LED 730的边缘或所选择的成对角上。方法601继而用LED元件来完成以为转移/接合到LED显示器组装做准备。

[0069] 图8A是根据替代的实施例的在执行方法601的说明性操作时的示例性结晶LED元件的截面视图,其中每个LED元件被分为多个LED。图8B是在图8A中所描绘的结晶LED元件的平面视图。图8C是根据替代的实施例的在完成方法601之后的示例性结晶LED元件的截面视图,其中每个LED元件被分为多个LED。

[0070] 图8A例示了描绘单独LED元件的元件间沟槽。可以在形成元件内沟槽834之后形成元件间沟槽,元件内沟槽834描绘了在每个LED元件730内冗余的LED。在操作620所利用的蚀刻掩模(未描绘的)还可以限定将相邻的LED分隔开的元件内沟槽834以及元件间元件沟槽832的位置。元件间沟槽834可以限定具有以例如亚微米机制的横向CD的LED柱。元件内沟槽蚀刻在清洁LED膜叠置体之前停止,例如停止于(p型)掺杂的半导体层708。电介质间隔体735和自对准的金属LED电极740是如上所述形成的。在有利的实施例中,其中元件内沟槽834具有的横向宽度 $W_i$ 大于侧壁电介质间隔体735的横向宽度 $W_s$ 的两倍,金属电极740回填元件内沟槽834,如果其厚度大于沟槽中的电介质间隔体725之间的沟槽834中保留的空间的一半。元件间沟槽832不完全用自对准间隔体电介质、或自对准电极金属来回填。因此,接合/释放材料层712可以是凹进的并且LED元件锚状物是大体上如上所述形成的并且如图8B和图8C中进一步描绘的。如图8C中所示的,结晶LED接合源衬底850具有针对结晶LED接合源衬底750的上述结构特征中的许多特征,以及在每个元件730中添加了冗余的LED 830。方法601再次大体上用LED接合源衬底850的LED元件来完成以为拾取/接合到LED显示器组装做准备。冗余LED 830和用于修理冗余LED 830的程序的优点与针对冗余LED 330上述的内容相同。

[0071] 图9是根据替代的实施例的例示将结晶LED元件组装到显示器中的方法901的流程图。方法901中所利用的LED元件可以从某些LED接合源衬底拾取和/或转移,例如LED接合源衬底750(图7J)或LED接合源衬底850(图8C)。图10A-10G是根据实施例的在执行方法901的说明性操作时被组装到显示器中的示例性结晶LED元件的截面视图。

[0072] 参考图9,方法在操作960开始,其中接收LED接合衬底。在操作965,光传输的粘合剂被施加到接合衬底。如图10A中进一步所示的,接合衬底1005被释放层1014覆盖,释放层1014可以是任何电介质(例如, $\text{SiO}_x$ )。接合衬底1005起临时支架的作用,在其上内建LED显示器组装。在内建之后,可以在释放层1014和接合衬底1005去除LED显示器组装,然后在释放之后重新使用。因此接合衬底1005可以是适合于内建的本领域中已知的任何衬底材料,所述内建对于所采用的LED转移工艺具有足够的平坦度并且对于所需显示面积具有足够表面积(例如大幅面)。一种示例性接合衬底材料是玻璃。

[0073] 在实施例中,盖沉积在接合衬底的释放层之上。在显示器组装与接合衬底分开之后,盖用作LED显示器盖。图10A例示了示例性盖层1075并且可以是适合于显示器盖应用的已知任何材料,例如但不限于玻璃和蓝宝石( $Al_2O_3$ )。在另外的实施例中,并且还如图10A中所示的,接合衬底1005还包括触摸传感器层1070并且可以包括与例如任何已知的电容式、电感式、或光学触摸技术兼容的一个或多个图案化材料层。

[0074] 在实施例中,金属盖侧互连件设置在接合衬底之上。金属盖侧互连件可以是用于向金属LED电极提供互连件的金属焊盘和/或导线。在图10A中所示的示例性实施例中,金属盖侧互连件1040是以给定横向节距(例如,  $25\mu m$ )在接合衬底1005之上布置的给定横向尺寸(例如,  $1\mu m$ )的焊盘以在相邻的金属盖侧互连件1040之间容纳LED元件。

[0075] 在图10A中进一步所示的实施例中,光传输粘合剂1045被施加到接合衬底1005(例如,以与盖侧互连件1040的节距可比的节距布置的)之上的区域。任何技术可以用于施加粘合剂并且粘合剂材料可以是任何商业上可获取的产品,并且实施例并不局限于这个方面。

[0076] 参考图9,方法901在操作970继续,其中LED元件被附接到接合衬底。例如,压缩接合和/或热UV接合/固化技术可以用于将LED元件附接到粘合区域。通过从具有转移打印/拾取-放置头等的源衬底(例如,源衬底750或850)拾取多个LED元件,可以从LED接合源衬底转移LED元件。对于一个示例性实施例,金属LED电极将面对打印头并且LED膜叠置体的掺杂半导体(例如,p型)层被放置为与接合衬底接触,其中金属膜暴露于顶侧。方法901继续操作975,其中金属膜沉积在LED元件以及接合衬底表面的剩余部分之上。LED元件的暴露电极以及存在于接合衬底上的任何暴露的盖侧互连件将还用金属膜覆盖,在操作975金属膜被沉积。在有利的实施例中,利用提供良好阶梯覆盖性(例如,共形沉积工艺)的技术来沉积金属膜。在金属沉积之后可以执行金属膜的图案化,例如使用任何已知的光刻图案化和对于特定金属成分已知的金属蚀刻工艺。图案化操作用于将金属点与LED元件隔离,从而从非LED区域(例如1C、传感器等接合到接合衬底的区域)去除金属膜。金属图案化操作还可以使相邻的LED元件相互电隔离。金属图案化的不关键性在于:对于示例性  $1-5\mu m \times 1-5\mu m$  LED元件,金属图案化的横向尺寸处于微米范围并且覆盖  $2-5\mu m$  范围内的容限。

[0077] 图10B例示了在完成操作975之后的一个示例性实施例。两个LED元件730通过光传输粘合剂1045被附接(例如,利用任何转移打印或拾取-放置技术)到接合衬底1005,掺杂半导体层708与粘合剂1045接触。1C 1031还利用光传输粘合剂1045被附接到接合衬底1005。设置在LED元件730之上的是金属局部互连件1060,金属局部互连件1060至少接触金属LED电极740和盖侧互连件1040的侧壁,局部互连件1060还设置在第二掺杂半导体区域708上、电介质间隔体735之上、以及金属LED电极710上。如图10B中进一步所示的,已经将金属局部互连件1060图案化以从1C 1031去除互连金属膜并且使相邻LED元件之间的局部互连件电隔离。每个局部互连件1060将一个金属LED电极740耦合到一个盖侧互连件1040(虽然局部互连件1060的其它图案化和互连是可能的)。

[0078] 回到图9,方法901在操作980继续,其中通过将第一电介质沉积在LED元件周围并且将电介质凹进到LED元件的顶部部分下方来保护局部互连件接触金属LED电极的部分和盖侧互连件。如此,电介质可以有利地用作自对准非牺牲性掩模以用于局部互连件未被保护的后续蚀刻。在一个有利的实施例中,旋涂电介质可以用于平面化到高于LED电极中的一个电极而非其它LED电极的水平。在图10C中所示的示例性实施例中,电介质1065沉

积在局部互连件1060之上,局部互连件1060覆盖第二掺杂半导体区域708的侧壁、金属LED电极740的侧壁、电介质间隔体735、以及金属电极710,但平面化工艺将电介质1065凹进到金属LED电极710以及电介质间隔体735的至少一部分下方。

[0079] 回到图9,方法901在操作985继续,其中暴露在电介质上方的局部互连金属被蚀刻。金属蚀刻用于将LED电极相互隔离而不打断LED电极中的一个电极与盖侧互连件之间的自对准电互连。可以在操作985利用向金属LED电极710提供足够选择度的任何金属蚀刻工艺。作为一个示例,操作985涉及对于局部互连金属有选择性的湿法化学蚀刻。在金属蚀刻之后,在操作987沉积第二电介质。该电介质覆盖局部互连件的暴露边缘(即,在终止蚀刻操作985时金属蚀刻前部所处的位置)。在图10D所示的示例性实施例中,金属蚀刻操作985包含从金属LED电极710并且从电介质间隔体735的至少一部分去除金属局部互连件1060。电介质1067继而沉积和平面化在LED元件730周围(以及1C 1031周围),包围金属LED电极710的侧壁和/或与金属LED电极710的侧壁相邻的电介质间隔体735的部分。在一个有利的实施例中,电介质1067是旋涂材料,其可以是与电介质1065相同或不同的成分。

[0080] 回到图9,方法在操作990继续,其中互连件电耦合到最终LED电极。在有利的实施例中,操作990涉及依赖于在操作987所施加的用作停止层的第二电介质来将未着陆的接触部形成到LED电极,从而将未着陆的互连件与局部互连金属和/或其它LED电极电隔离。可以以任何方式执行未着陆的互连件。在一个示例性实施例中,电介质内建在平面化LED元件和开口之上,所述开口被蚀刻穿过内建电介质。蚀刻停止于下层电介质和LED电极金属。在图10E中所示的示例性实施例中,未着陆的接触部1085将金属LED电极710与金属底板互连件1090电耦合。未着陆的接触部1085延伸穿过设置在电介质1067之上的内建电介质1080。未着陆的接触部横向悬于LED电极之上,但不延伸穿过电介质1067并且避免与局部互连件1060的短路,这证实了对于未着陆的接触部1085,电介质1067起蚀刻停止的作用。如果需要的话,处于互连件1090的水平其它互连件可以通过单独的过孔制造工艺(图10E中未示出)接触互连件1040/1060。

[0081] 回到图9,方法在操作993继续,其中,电介质和互连件内建例如利用ABF或替代的材料继续以通过引线键合或焊接接合来进一步并入任何显示器底板接口和/或成分立式电路元件(例如电容器、电感器、或传感器)到显示器底板接口。在图10F所示的示例性实施例中,分立式电容器1095被焊接接合到内建部1092中的互连件。回到图9,方法901在操作995继续,其中使用适合于在方法901所采用的特定类型的耦合衬底的任何已知技术将LED内建部与接合衬底分隔开。例如,在图10G所示的实施例中,采用激光去接合/切割工艺以将衬底1005(例如玻璃)与显示器盖1075在释放层1014(图10F)处分隔开以达到所示的结晶LED显示器组装1050。根据显示器盖1075的厚度和机械特性和各种电介质内建材料,结晶LED显示器组装1050可以是柔性的、能够在基本上取决于显示器盖厚度的曲率半径的范围内。如图10G中所示,LED光可以穿过光透明的粘合剂而无穿过透明导电电极的额外光损耗。这对于显示器的功率消耗是有益的。方法901继而大体上用结晶LED显示器组装1050来完成以为直接安装到电子器件(例如,移动手持设备)中做准备。

[0082] 如上所述,LED显示器组装501或LED显示器组装1050可以并入到以各种物理样式或形状因子嵌入的电子设备中。图11例示了根据实施例的并入结晶LED显示器的移动计算手持式设备的前视图和后视图。在实施例中,例如,设备1100可以被实施为具有无线能力的

移动计算设备。移动计算设备可以指的是具有处理系统和移动电源或供应(例如一个或多个电池)的任何设备。移动计算设备的示例可以包括超级笔记本电脑、平板电脑、触摸板、便携式计算机、手持式计算机、掌上型计算机、个人数字助理(PDA)、蜂窝电话、组合式蜂窝电话/PDA、电视、智能设备(例如,智能电话、平板电脑或智能电视)、移动互联网设备(MID)、通讯设备、数据通信设备等。移动计算设备的示例还可以包括被配置为由人穿戴的计算机和/或媒体采集/传输设备,例如腕式计算机、手指式计算机、指环式计算机、眼镜式计算机、皮带夹式计算机、臂带式计算机、鞋式计算机、服装计算机以及其它可穿戴式计算机。在各种实施例中,例如,移动计算设备可以被实施为能够执行计算机应用以及语音通信和/或数据通信的智能电话,尽管一些实施例可以被描述有以示例的方式被实施为智能电话的移动计算设备,但可以理解的是也可以使用其它无线移动计算设备来实施其它实施例。实施例并不局限于上下文。

[0083] 如图11中所示,移动手持设备1100可以包括具有前部1101和后部1102的外壳。设备1100包括根据上述示例性实施例结晶的LED显示器组装1104。设备1100还包括输入/输出(I/O)设备1106和集成天线1108。设备1100还可以包括导航特征1112。I/O设备1106可以包括用于将信息输入到移动计算设备中的任何适合的I/O设备。I/O设备1106的示例可以包括字母表键盘、数字键盘、触摸板、输入键、按钮、开关、麦克风、扬声器、语音识别设备和软件等。信息还可以通过麦克风(未示出)的方式被输入到设备1100中,或者可以由语音识别设备进行数字化。实施例并不局限于上下文。被集成到至少后部1102的是相机1105(例如,包括透镜、孔、以及成像传感器)以及闪光灯1110,这两者都可以是CM的部件,借此视频流被显示到LED显示器组装1104上。

[0084] 尽管已经参照各实施方式描述了本文中所阐述的某些特征,但该描述并非旨在以限制性的意义来解释。因此,对本文中所描述的实施方式以及其它实施方式(其对于本公开内容涉及的领域中的技术人员来说是显而易见的)的各种修改被认为落在本公开内容的精神和范围内。

[0085] 将认识到,本发明的范围并不限于如此描述的实施例,但是可以利用修改和改变来实践本发明,而不脱离所附权利要求的范围。例如,以上实施例可以包括如下面进一步提供的特征的具体组合。

[0086] 在一个或多个第一实施例中,一种结晶LED显示器包括显示器底板接口,其包括多个底板金属互连件。所述显示器还包括多个LED元件。所述多个LED元件中的每个LED元件还包括:半导体LED膜叠置体;位于所述LED膜叠置体的第一表面上的第一金属LED电极;以及位于所述半导体膜叠置体的第二表面上的第二金属LED电极,所述第二表面与所述第一表面相对。所述显示器还包括多个导电聚合物元件,所述导电聚合物元件中的每一个导电聚合物元件将所述第一金属LED电极电耦合到所述底板金属互连件中的至少一个底板金属互连件。

[0087] 在第一实施例的进一步实施中,所述显示器底板接口还包括第二金属互连件的阵列。所述显示器还包括多个光传输的导电互连件,每个光传输的互连件电耦合到所述LED元件中的至少一个LED元件的第二金属电极,并且电耦合到所述第二金属互连件中的至少一个金属互连件。

[0088] 在紧接上述实施例的进一步实施例中,所述导电聚合物具有小于1ohm-cm的电阻

率。所述多个LED元件中的每个LED元件具有不大于5 $\mu$ m的长度。所述显示器还包括设置在所述多个LED元件之上、与所述显示器底板接口相对的光传输盖。

[0089] 在第一实施例的进一步实施中,每个LED元件还包括位于所述LED膜叠置体的所有半导体侧壁之上、位于所述第一金属LED电极的所有侧壁之上的电介质侧壁间隔体,并且内建材料包围所述电介质侧壁间隔体。

[0090] 在一个或多个第二实施例中,一种结晶LED显示器包括显示器底板接口,其包括多个底板金属互连件。所述显示器还包括多个LED元件。所述多个LED元件中的每个LED元件还包括:半导体LED膜叠置体;位于所述LED膜叠置体的第一表面上的第一金属LED电极;位于所述半导体膜叠置体的第二表面上的第二金属LED电极,所述第二表面与所述第一表面相对;以及位于所述LED膜叠置体的半导体侧壁之上、位于所述第一金属LED电极的金属侧壁之上、以及位于所述第二金属LED电极的金属侧壁之上的电介质侧壁间隔体。所述显示器还包括包围所述电介质侧壁间隔体的内建材料。

[0091] 在紧接上述实施例的进一步实施中,每个LED元件还包括多个LED,所述多个LED耦合到通过导电聚合物和光传输导电互连件进行电并联的第一金属互连件和第二金属互连件。LED元件内的每个LED包括与所述第一金属LED电极直接接触并且通过所述侧壁间隔体电介质与所述元件内的其它LED横向间隔开的所述LED膜叠置体的柱体。

[0092] 在一个或多个第三实施例中,一种结晶LED显示器组装方法包括接收接合衬底,其包括布置在所述衬底之上的多个第一金属互连件。所述方法包括施加与所述第一金属互连件直接接触的导电聚合物。所述方法包括将多个LED元件附接到所述导电聚合物,每个LED元件的第一金属LED电极与导电聚合物电接触。所述方法包括将所述导电聚合物图案化到多个单独的导电聚合物元件中,每个聚合物元件至少接触一个LED元件和第一金属互连件中的至少一个金属互连件。所述方法包括内建所述接合衬底,导电互连件与每个LED元件的第二金属电极电接触。所述方法包括将盖附接到内建部,所述盖在所述LED元件的发射带内进行光传输。所述方法包括将所述接合衬底与内建部分隔开,内建部保留了多个LED元件。

[0093] 在紧接上述实施例的进一步实施中,将所述导电聚合物图案化到多个单独的导电聚合物元件中还包括在所述接合衬底之上沉积光敏导电膜,并且将光敏导电膜光描绘到与第一金属互连件对准的导电聚合物元件中。

[0094] 在第三实施例的进一步实施中,在将所述多个LED元件附接到所述导电聚合物之前执行将所述导电聚合物图案化到所述多个单独的导电聚合物元件。

[0095] 在第三实施例的进一步实施中,所述多个LED元件中的每一个元件还包括半导体LED膜叠置体,所述第一金属LED电极位于所述LED膜叠置体的第一侧上,所述第二金属LED电极位于与第一侧相对的LED膜叠置体的第二侧上,并且所述显示器底板接口还包括布置在所述衬底之上的多个第二金属互连件。

[0096] 在紧接上述实施例的进一步实施中,将所述LED元件附接到所述多个导电聚合物元件中的每个元件还包括第一金属LED电极与导电聚合物的室温压缩接合。

[0097] 在第三实施例的进一步实施中,将所述LED元件附接到多个导电聚合物元件中的每个元件还包括从具有转移打印头的源衬底拾取多个LED元件,每个LED元件的第二金属电极面对打印头,接触具有导电聚合物的每个LED元件的第一金属电极,并且将打印头与所述多个LED元件分隔开。

[0098] 在紧接上述实施例的进一步实施例中,所述源衬底还包括附接到载体的多个LED元件,锚状物设置在所述多个LED元件中的相邻元件之间。所述源衬底还包括设置在每个LED元件的半导体侧壁、第一金属电极的侧壁、以及第二金属电极的侧壁之上的电介质侧壁间隔体,电介质涂层位于锚状物与LED元件之间。源衬底还包括位于第一金属电极与载体之间的自由空间空位,所述空位包围锚状物中的每一个。

[0099] 在一个或多个第四实施例中,一种结晶LED接合源衬底包括:载体;以及设置在所述载体之上的多个LED元件。每个LED元件还包括:半导体LED膜叠置体,其至少包括设置在第一金属LED电极与第二金属LED电极之间的第一掺杂半导体区域和第二掺杂半导体区域,所述第一金属LED电极面对所述载体并且与所述载体间隔开自由空间空位。每个LED元件还包括:侧壁电介质涂层,其设置在所述LED膜叠置体、所述第一金属LED电极、以及所述第二金属LED电极的侧壁之上。所述结晶LED接合源衬底还包括设置在沟槽内的多个锚状物,所述沟槽将每个LED元件与相邻的LED元件分隔开,所述锚状物中的每个锚状物着陆在所述载体上并且由所述自由空间空位包围。

[0100] 在第四实施例的进一步实施中,所述自由空间空位在所述LED元件的整体面积之上延伸。所述多个锚状物中的每个锚状物包括接触至少两个相邻的LED元件的侧壁电介质的聚合物柱体。

[0101] 在第四实施例的进一步实施中,所述侧壁电介质的表面与所述第一金属电极的暴露表面成平面;并且所述多个锚状物中的每个锚状物接触至少两个相邻的LED元件的侧壁电介质。

[0102] 在紧接上述实施例的进一步实施例中,由所述第一金属电极占据的占用空间与所述LED半导体膜叠置体和第二电极的占用空间相一致。

[0103] 在第四实施例的进一步实施中,每个LED还包括与所述第一金属电极接触的多个LED,每个LED包括所述LED半导体膜叠置体的柱体并且通过元件内沟槽与相邻的LED分隔开,所述元件内沟槽延伸穿过所述第二金属电极和所述LED半导体膜叠置体并且着陆在所述第一金属电极上;并且所述电介质侧壁涂层回填所述元件内沟槽。

[0104] 在第四实施例的进一步实施中,所述LED半导体膜叠置体包括III-N半导体;所述载体包括结晶硅衬底;并且所述LED元件中的每个LED元件具有不大于5 $\mu$ m的横向长度。

[0105] 在一个或多个第五实施例中,一种制造结晶LED接合源衬底的方法包括在覆盖外延衬底的半导体LED膜之上沉积第一金属电极膜。所述方法包括将所述LED膜和电极叠置体转移到载体,所述第一金属电极膜面对所述载体。所述方法包括将第二金属电极膜沉积在LED膜叠置体。所述方法还包括通过将沟槽蚀刻到LED膜叠置体、第一金属电极膜、以及第二金属电极膜来形成多个LED元件,每个LED元件具有由沟槽蚀刻限定的侧壁。所述方法还包括在LED元件侧壁之上形成电介质侧壁。所述方法还包括在所述沟槽内形成LED元件锚状物,所述锚状物与所述LED元件侧壁的部分相交。所述方法还包括通过横向蚀刻LED元件与载体之间的释放层来从载体释放除锚状物以外的LED元件。

[0106] 在第五实施例的进一步实施中,通过蚀刻来形成多个LED元件包括执行掩蔽蚀刻穿过第二金属电极膜、LED膜叠置体以及第一金属电极膜。在所述沟槽内形成LED元件锚状物还包括在由电介质间隔体掩蔽的沟槽的底部处凹进释放层,并且将锚状物沉积到沟槽中,从而至少填充凹进的释放层和沟槽由电介质间隔体内衬的一部分。

[0107] 在第五实施例的进一步实施中,将所述锚状物材料沉积到沟槽中还包括将光致抗蚀剂施加到LED元件之上。形成LED元件锚状物还包括将光致抗蚀剂光刻地图案化到锚状物中。

[0108] 在第五实施例的进一步实施中,所述方法还包括将保护性电介质材料沉积在第二金属电极膜之上,并且在从所述载体释放LED元件之后去除保护性电介质材料层。

[0109] 在第五实施例的进一步实施中,所述方法还包括将每个LED元件分为多个LED,所述多个LED具有蚀刻穿过第二金属电极膜和LED半导体膜叠置体的一个或多个元件内沟槽,所述元件内沟槽停止于所述第一金属电极膜。将所述电介质间隔体形成在所述LED侧壁之上回填所述元件内沟槽。

[0110] 在一个或多个第六实施例中,一种结晶LED显示器包括光传输盖。所述LED显示器还包括显示器底板接口,其具有布置在与所述盖相对的表面之上的多个金属底板互连件。所述LED显示器还包括多个LED元件,其设置在所述显示器底板接口与所述盖之间。所述多个LED元件中的每个LED元件进一步包括外延的半导体LED膜叠置体。所述多个LED元件中的每个LED元件还包括第一金属LED电极,其与所述底板互连件中的一个底板互连件和所述LED膜叠置体的第一掺杂半导体区域电接触。所述多个LED元件中的每个LED元件还包括第二金属LED电极,其与所述LED膜叠置体的第二掺杂半导体区域接触,所述第二金属LED电极形成与所述LED元件相邻并通过中间的电介质间隔体与所述第一金属LED电极间隔开的侧壁。所述显示器还包括多个金属盖侧互连件,每个金属盖侧互连件设置在相邻的LED元件之间。所述显示器还包括多个金属局部互连件,每个局部互连件电耦合到每个LED元件的所述第二金属电极,并且电耦合到所述盖侧互连件中的至少一个盖侧互连件。

[0111] 在第六实施例的进一步实施中,所述显示器还包括光传输粘合元件,其设置在所述第一金属LED电极与所述盖之间。

[0112] 在第六实施例的进一步实施中,所述底板互连件中的每个底板互连件包括至所述第一金属LED电极的未着陆的接触部,所述未着陆的接触部悬于所述第一金属LED电极之上并通过中间的电介质层与所述第二金属LED电极分隔开。

[0113] 在第六实施例的进一步实施中,所述局部互连件接触所述第二掺杂半导体区域的侧壁和所述第二金属LED电极的侧壁。

[0114] 在第六实施例的进一步实施中,所述显示器还包括设置在所述LED元件与所述盖之间的一个或多个触摸传感器层。可选光传输粘合元件设置在所述第一金属LED电极与所述触摸传感器层之间。所述盖侧互连件设置在所述触摸传感器层上。所述局部互连件在所述触摸传感器层之上延伸。

[0115] 在第六实施例的进一步实施中,所述显示器还包括设置在所述触摸传感器层之上的IC芯片或传感器的至少其中之一,其中,光传输的粘合元件设置在所述IC芯片或传感器与所述触摸传感器层之间。

[0116] 在一个或多个第七实施例中,一种结晶LED显示器组装方法包括接收LED接合衬底。所述方法包括将多个LED元件附接到具有光传输粘合剂的接合衬底。LED元件中的每个元件还包括:外延的半导体LED膜叠置体;第一金属LED电极,其与LED膜叠置体的第一掺杂半导体区域电接触,以及第二金属LED电极,其与LED膜叠置体的第二掺杂半导体区域接触,所述第二金属LED电极围绕LED元件形成外围并且通过中间的电介质间隔体与第一金属LED

电极间隔开。所述方法还包括在所述第一金属LED电极和第二金属LED电极之上沉积金属膜。所述方法还包括通过围绕LED元件平面化第一电介质来保护金属膜接触第二金属电极和盖侧互连件的部分。所述方法还包括通过蚀刻金属膜暴露在平面化电介质上方的未被保护的部分从所述第一金属LED电极凹进金属膜。所述方法还包括通过围绕LED元件平面化第二LED元件来掩蔽凹进的金属膜。所述方法还包括在平面化LED元件之上内建电介质,金属底板互连件接触第一金属LED。所述方法还包括从所述LED内建部去除接合衬底。

[0117] 在第七实施例的进一步实施中,接合衬底包括金属盖侧互连件的阵列,并且每个LED元件与盖侧互连件中的一个相邻。在所述第一和第二金属LED电极之上沉积金属膜还包括在所述LED膜叠置体的第二掺杂半导体区域的侧壁上、在第二金属LED电极的侧壁上、在所述电介质间隔体之上、在至少一个盖侧互连件上、以及在第一金属LED电极上沉积金属膜。

[0118] 在紧接上述实施例的进一步实施中,保护所述金属膜接触第二金属电极和盖侧互连件的部分还包括在所述LED膜叠置体的第二掺杂半导体区域的侧壁之上、在第二金属LED电极的侧壁上、在所述电介质间隔体之上、以及在第一金属LED电极上沉积第一电介质。保护金属膜接触第二金属电极和盖侧互连件的部分还包括将所述第一电介质凹进到第一金属电极、以及至少一部分电介质间隔体下方。

[0119] 在第七实施例的进一步实施中,蚀刻金属膜未被保护的部分还包括从第一金属LED电极和电介质间隔体的至少一部分去除金属膜。围绕LED元件平面化第二电介质还包括在金属膜未被蚀刻的部分和电介质间隔体的未被暴露的一些部分之上沉积第二电介质。

[0120] 在第七实施例的进一步实施中,围绕LED元件平面化第二电介质还包括包围所述第一金属LED电极的侧壁。在平面化LED元件之上内建电介质而使金属底板互连件接触第一金属LED电极还包括在第二电介质之上以及第一金属LED电极之上内建电介质,蚀刻开口穿过内建电介质,蚀刻停止于第二电介质和第一金属LED电极,并且将由开口暴露的第一金属LED电极与底板互连件耦合。

[0121] 在紧接上述实施例的进一步实施中,所述方法还包括利用光传输粘合剂来将一个或多个IC或传感器附接到与所述LED元件相邻的接合衬底。所述方法还包括通过光刻掩模和金属蚀刻从一个或多个IC或传感器去除金属膜。所述方法还包括蚀刻开口穿过内建电介质,还包括蚀刻第二开口穿过暴露一个或多个IC或传感器的内建电介质。所述方法包括将由第二开口暴露的一个或多个IC或传感器与底板互连件耦合。

[0122] 在第七实施例的进一步实施中,所述方法还包括从结晶LED接合源衬底去除多个LED元件,其包括可去除地锚定到载体的多个LED元件。

[0123] 在紧接上述实施例的进一步实施中,所述方法还包括制造结晶LED接合源衬底,所述制造包括形成与LED膜叠置体的第一掺杂半导体区域接触的第一金属LED电极,通过将沟槽蚀刻到LED半导体膜叠置体中形成多个LED元件,所述蚀刻停止于所述第二掺杂半导体区域,围绕第一金属LED电极和第一掺杂半导体区域的侧壁形成电介质间隔体,沉积第二金属LED电极膜以与LED膜叠置体的第二掺杂半导体区域接触,通过执行第二金属LED电极膜的未掩蔽的蚀刻来将第二金属LED电极与电介质间隔体自对准,并且通过横向蚀刻第二掺杂半导体区域与载体之间的释放层来从载体释放LED元件。

[0124] 在一个或多个第八实施例中,一种结晶LED接合源衬底包括载体;以及设置在所述

载体之上的多个LED元件。每个LED元件进一步包括：外延的半导体LED膜叠置体，其至少包括第一掺杂半导体区域和第二掺杂半导体区域；第一金属LED电极，其与所述第一掺杂半导体区域接触；电介质侧壁间隔体，其位于所述第一金属LED电极和所述第一掺杂半导体区域的侧壁周围；以及第二金属LED电极，其进一步包括与所述电介质间隔体相邻并与所述第二掺杂半导体区域电接触的金属间隔体。所述LED接合源衬底还包括设置在沟槽内的多个锚状物，所述沟槽将每个LED元件与相邻的LED元件分隔开，所述锚状物中的每个锚状物着陆在所述载体上并且由所述载体与LED元件之间的自由空间空位包围。

[0125] 在第八实施例的进一步实施中，所述自由空间空位在所述LED元件的整体面积之上延伸，所述多个锚状物中的每个锚状物包括接触至少两个相邻的LED元件的电介质侧壁间隔体或金属侧壁间隔体的聚合物柱体。

[0126] 在第八实施例的进一步实施中，所述电介质侧壁间隔体与所述第一金属电极的暴露表面成平面。所述第二金属电极被凹进到所述第一金属电极的暴露表面下方。所述多个锚状物中的每个锚状物接触至少两个相邻的LED元件的第二金属电极。

[0127] 在第八实施例的进一步实施中，所述电介质侧壁间隔体包围所述第一金属LED电极的周围。所述第二金属电极包围所述电介质侧壁间隔体的周围。

[0128] 在紧接上述实施例的进一步实施例中，每个LED元件还包括与所述第一掺杂半导体区域接触的多个LED，每个LED包括所述LED半导体膜叠置体的柱体并通过元件内沟槽与相邻的LED分隔开，所述元件内沟槽延伸穿过所述第一金属电极和所述第一掺杂半导体区域并且着陆在所述第二掺杂半导体区域上。所述电介质侧壁间隔体设置在所述元件内沟槽的两个相对侧壁上。所述金属侧壁间隔体设置在所述第二掺杂半导体区域的位于与所述电介质侧壁间隔体相邻的所述元件内沟槽内的部分上。

[0129] 在第八实施例的进一步实施中，所述LED半导体膜叠置体包括III-N半导体；所述载体包括结晶硅衬底；并且所述LED元件中的每个LED元件具有不大于5 $\mu$ m的横向长度。

[0130] 在一个或多个第九实施例中，制造结晶LED接合源衬底的方法包括在覆盖载体的连续的外延半导体LED膜叠置体之上沉积第一金属电极膜，所述LED膜叠置体至少包括第一和第二互补型掺杂半导体区域。所述方法还包括将第一金属电极膜图案化到多个第一金属LED电极中。所述方法还包括通过蚀刻沟槽到LED半导体膜叠置体来形成多个LED元件，蚀刻停止于第二掺杂半导体区域。所述方法还包括围绕第一金属LED电极和第一掺杂半导体区域的侧壁形成电介质侧壁间隔体。所述方法还包括在电介质侧壁间隔体之上并且与LED膜叠置体的第二掺杂半导体区域接触来沉积第二金属LED电极。所述方法还包括通过执行第二金属LED电极膜的未掩蔽的蚀刻来将第二金属LED电极与电介质侧壁间隔体自对准，第二金属LED电极形成与电介质侧壁间隔体相邻的金属侧壁间隔体。所述方法还包括在沟槽内形成LED锚状物，所述锚状物与相邻的LED元件相交。所述方法还包括通过蚀刻穿过LED膜叠置体的第二掺杂半导体区域并且横向蚀刻第二掺杂半导体区域与载体之间的释放层来从除了锚状物以外的载体释放LED元件。

[0131] 在第九实施例的进一步实施中，所述方法还包括执行第二金属LED电极膜的未掩蔽的各向异性蚀刻，使得第二金属LED电极凹进到第一金属LED电极下方。

[0132] 在第九实施例的进一步实施中，所述方法还包括接收单片LED外延衬底，其包括覆盖衬底的连续外延半导体LED膜叠置体，以及利用设置在载体与LED膜叠置体之间的释放层

将LED半导体膜叠置体转移到载体。

[0133] 在紧接上述实施例的进一步实施例中,将锚状物材料沉积到沟槽中还包括在LED元件之上施加光致抗蚀剂,并且形成LED元件锚状物还包括光刻地图案化光致抗蚀剂到锚状物中。

[0134] 在第九实施例的进一步实施中,所述方法还包括将每个LED元件分为多个LED,所述多个LED具有蚀刻穿过第一金属电极膜和LED膜叠置体的至少第一掺杂半导体区域的一个或多个元件内沟槽,所述元件内沟槽停止于LED膜叠置体的第二掺杂区域。所述方法还包括在LED元件侧壁之上形成电介质侧壁间隔体,LED元件侧壁暴露电介质侧壁间隔体的相邻部分之间的LED膜叠置体的第二掺杂区域的部分。所述方法还包括将第二金属LED电极与电介质侧壁间隔体自对准,其用第二金属LED电极回填第二掺杂区域的暴露部分。

[0135] 在一个或多个第十实施例中,一种LED元件包括外延的半导体LED膜叠置体,其至少包括第一掺杂半导体区域和第二掺杂半导体区域。所述LED元件还包括第一金属LED电极,其与所述第一掺杂半导体区域接触。所述LED元件还包括电介质侧壁间隔体,其位于所述第一金属LED电极和所述第一掺杂半导体区域的侧壁周围。所述LED元件还包括第二金属LED电极,其进一步包括与所述电介质侧壁间隔体相邻并与所述第二掺杂半导体区域电接触的金属侧壁间隔体。

[0136] 在第十实施例的进一步实施中,所述第一金属LED电极具有至少 $1\mu\text{m}^2$ 的占用空间。所述电介质侧壁间隔体具有小于 $0.1\mu\text{m}$ 的横向宽度。所述金属侧壁间隔体具有小于 $0.1\mu\text{m}$ 的横向宽度。

[0137] 在第十实施例的进一步实施中,所述电介质侧壁间隔体与所述第一金属电极的暴露表面成平面。所述第二金属电极被凹进到所述第一金属电极的表面下方。

[0138] 在第十实施例的进一步实施中,所述电介质侧壁间隔体包围所述第一金属LED电极的周围;并且所述金属侧壁间隔体包围所述电介质间隔体的周围。

[0139] 在第十实施例的进一步实施中,所述LED元件还包括与所述第一掺杂半导体区域接触的多个LED,每个LED包括所述LED半导体膜叠置体的柱体并通过元件内沟槽与相邻的LED分隔开,所述元件内沟槽延伸穿过所述第一掺杂半导体区域并且着陆在所述第二掺杂半导体区域上。所述电介质侧壁间隔体设置在所述元件内沟槽的两个相对侧壁上。所述金属侧壁间隔体设置在所述第二掺杂半导体区域的部分上、与所述电介质侧壁间隔体相邻的所述元件内沟槽内。

[0140] 在紧接上述实施例的进一步实施例中,所述金属侧壁间隔体回填电介质侧壁间隔体的相邻区域之间的空间。

[0141] 在一个或多个第十一实施例中,一种制造结晶LED的方法包括在设置在沉积之上的连续的外延半导体LED膜叠置体之上沉积第一金属电极,所述LED膜叠置体包括至少第一和第二互补型掺杂半导体区域。所述方法还包括将第一金属电极膜图案化到多个第一金属LED电极中。所述方法还包括通过蚀刻沟槽到LED半导体膜叠置体中来形成多个LED元件,蚀刻停止于第二掺杂半导体区域。所述方法还包括形成围绕第一金属LED电极和第一掺杂半导体区域的侧壁形成电介质侧壁间隔体。所述方法还包括在电介质侧壁间隔体之上并且与LED膜叠置体的第二掺杂半导体区域来沉积第二金属LED电极膜。所述方法还包括通过执行第二金属LED电极膜的未掩蔽的蚀刻来将第二金属LED电极膜与电介质侧壁间隔体自对准,

第二金属LED电极膜的未掩蔽的蚀刻形成了与电介质侧壁间隔体相邻的金属侧壁间隔体。

[0142] 在紧接上述实施例的进一步实施例中,执行第二金属LED电极膜的未掩蔽的蚀刻将第二金属LED电极凹进到第一金属LED电极下方。

[0143] 在第十一实施例的进一步实施中,所述方法还包括将每个LED元件分为多个LED,所述多个LED具有蚀刻穿过第一金属电极膜和LED膜叠置体的至少第一掺杂半导体区域的一个或多个元件内沟槽,所述元件内沟槽停止于LED膜叠置体的第二掺杂区域。在LED元件侧壁之上形成电介质侧壁间隔体暴露了电介质侧壁间隔体的相邻部分之间的LED膜叠置体的第二掺杂区域的部分。将第二金属LED电极与电介质侧壁间隔体对准用第二金属LED电极回填了第二掺杂区域的暴露部分。

[0144] 然而,实施例不限于上述示例,并且在各种实施方式中,上述实施例可以包括仅实施这样的特征的子集、实施这样的特征的不同组合、实施这样的特征的不同组合和/或实施除了那些明确列出的特征之外的附加特征。因此,本发明的范围应当参考所附权利要求以及为这些权利要求赋予权力的等同物的全部范围来确定。

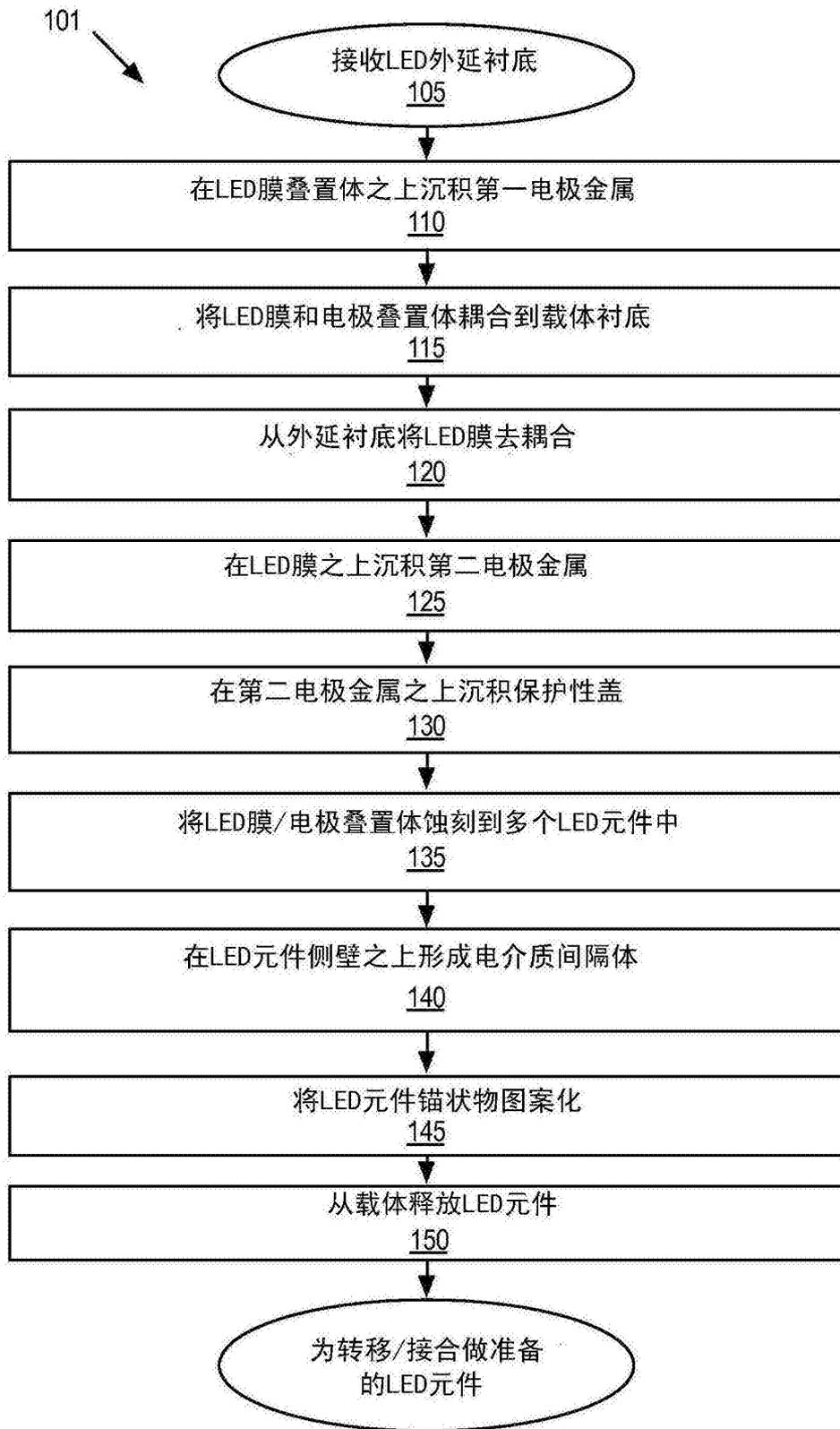


图1

201

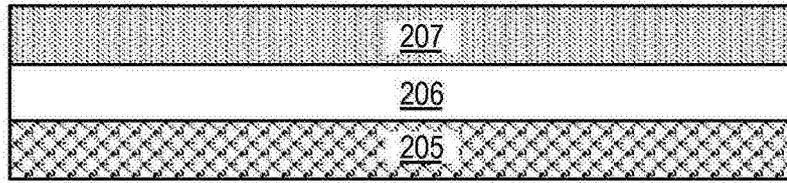


图2A

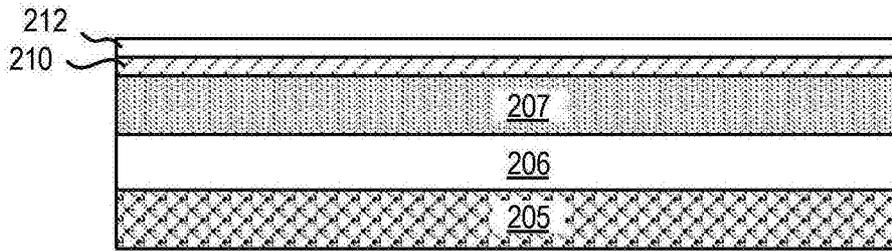


图2B

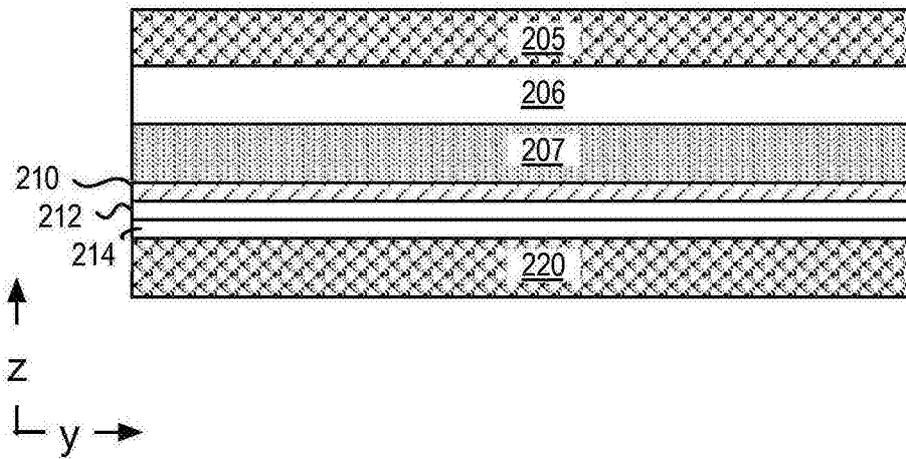


图2C

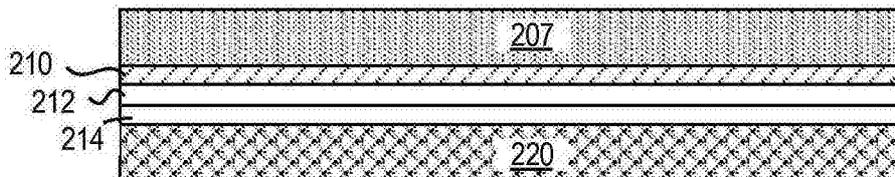


图2D

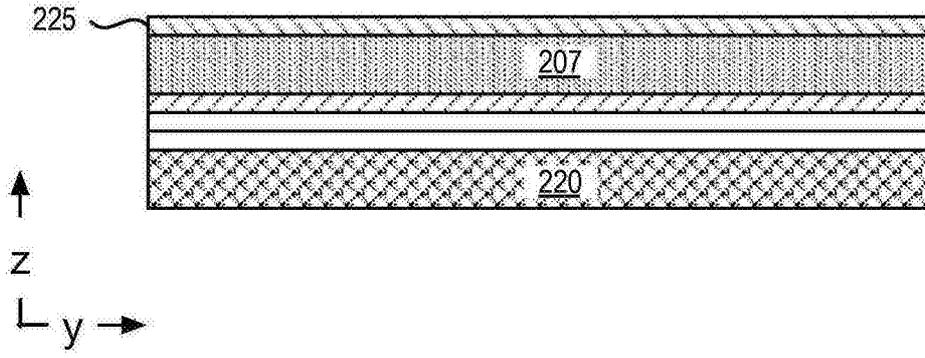


图2E

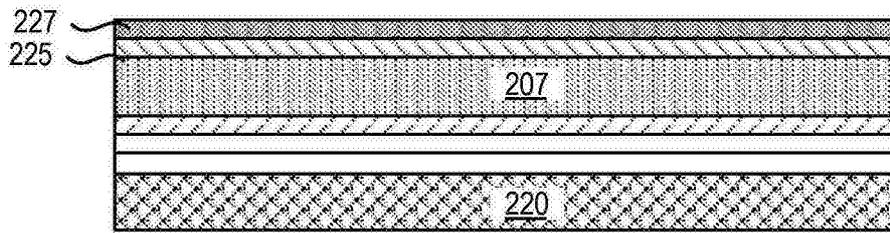


图2F

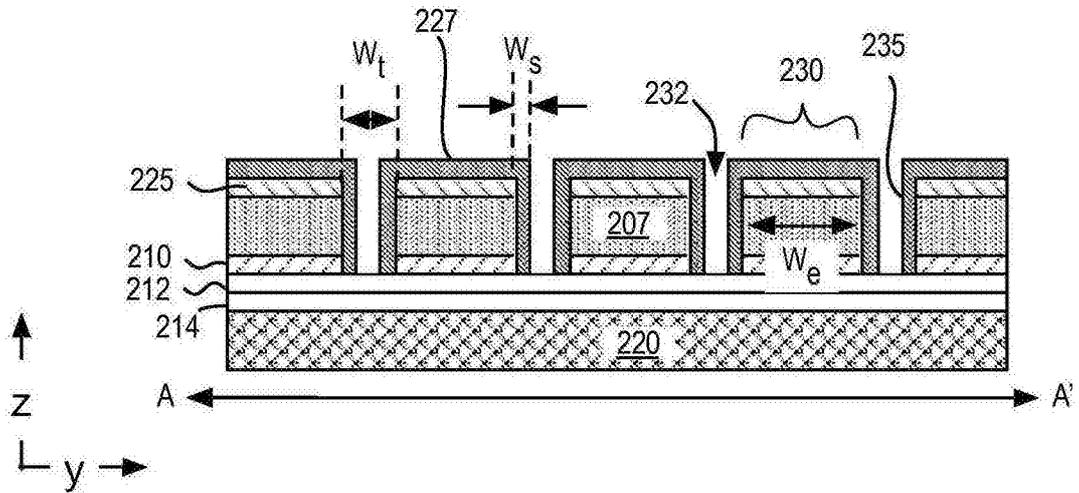


图2G

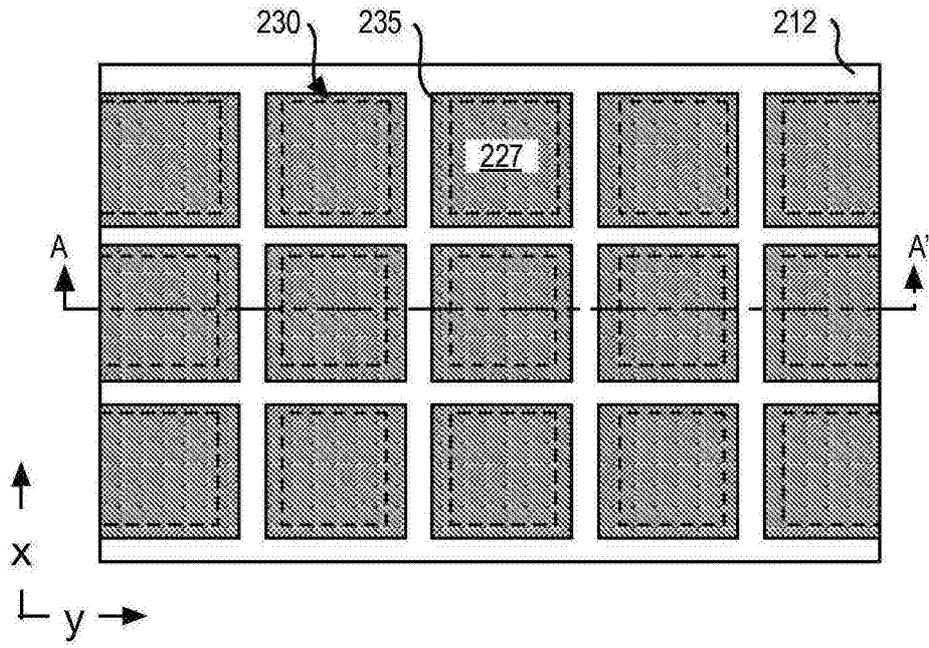


图2H

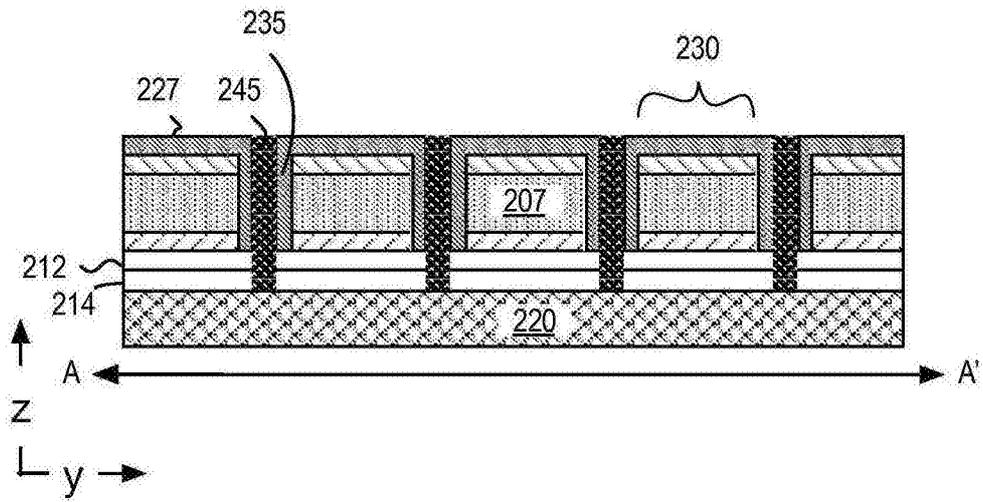


图2I

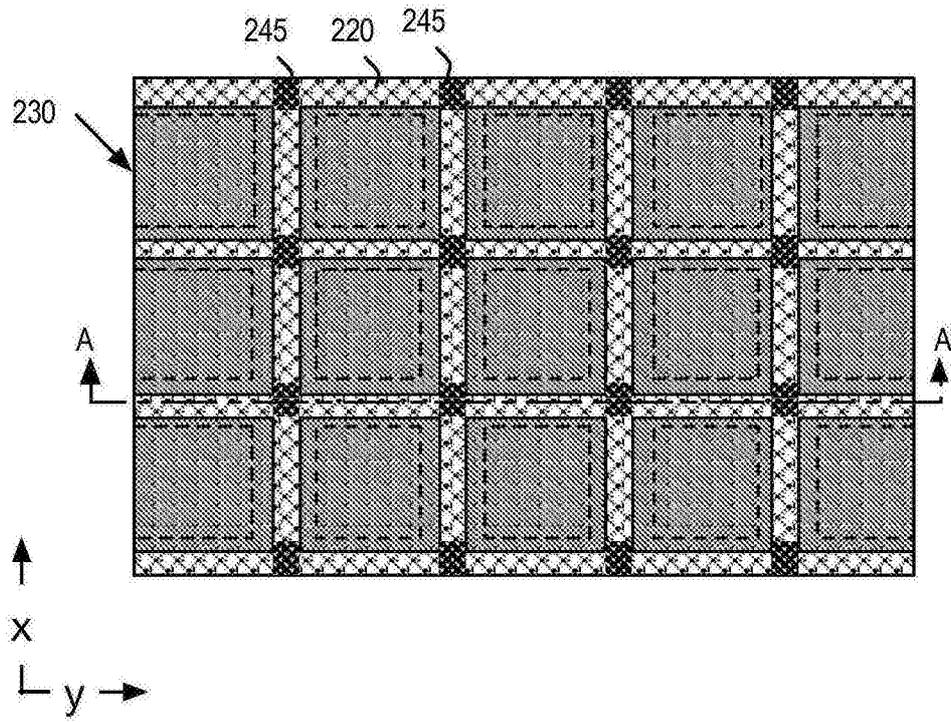


图2J

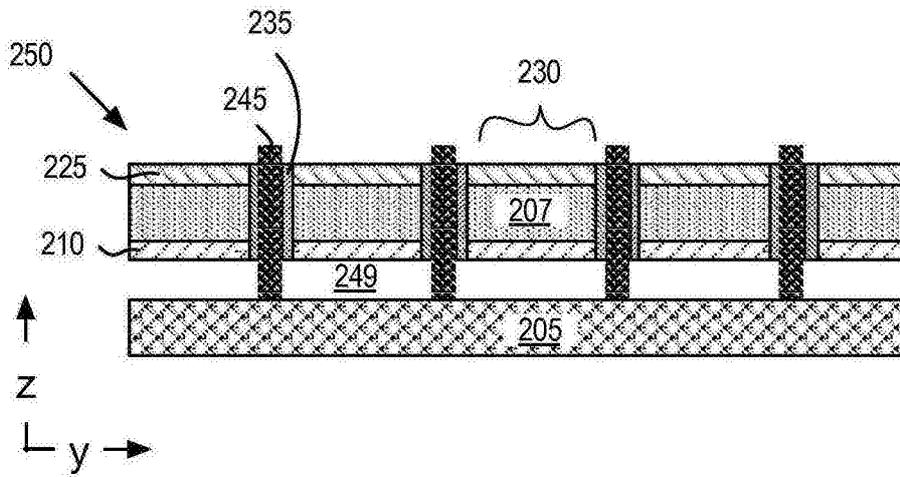


图2K

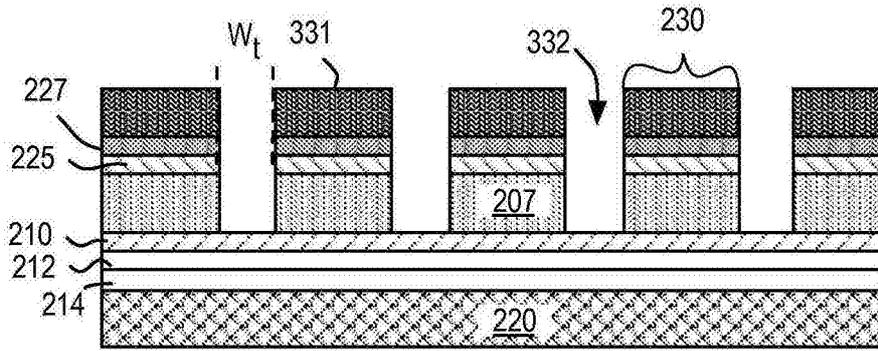


图3A

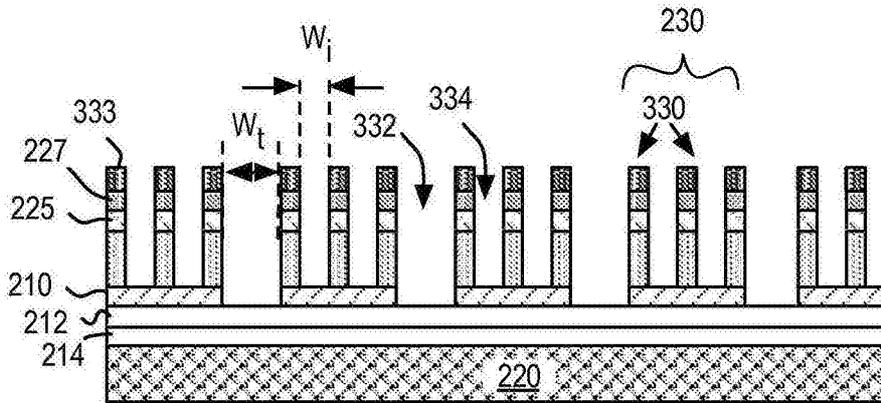


图3B

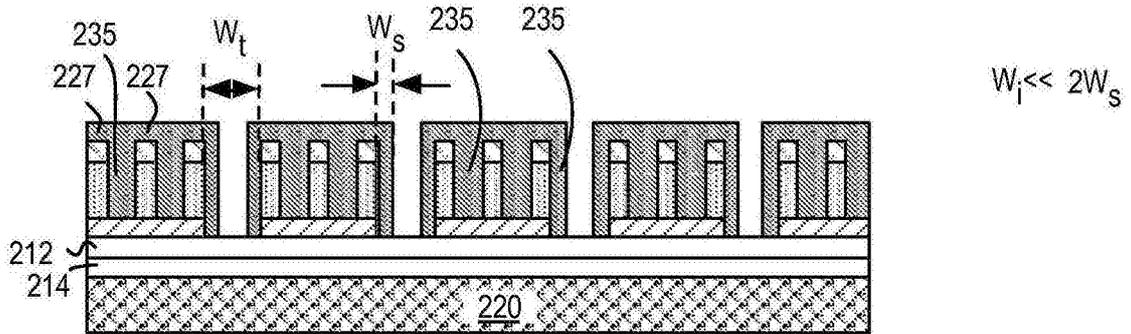


图3C

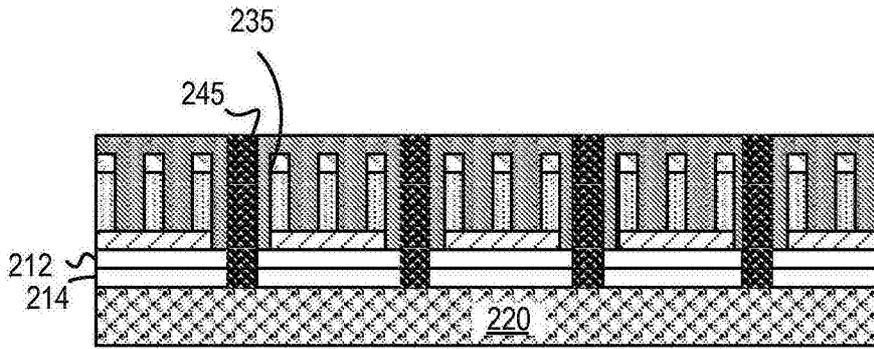


图3D

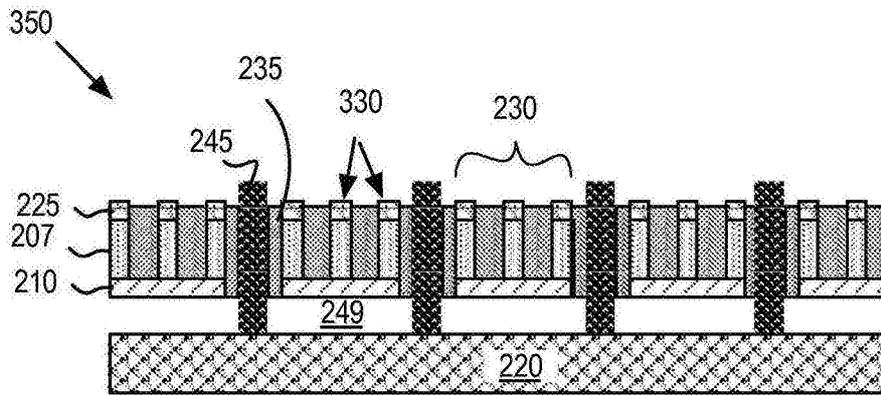


图3E

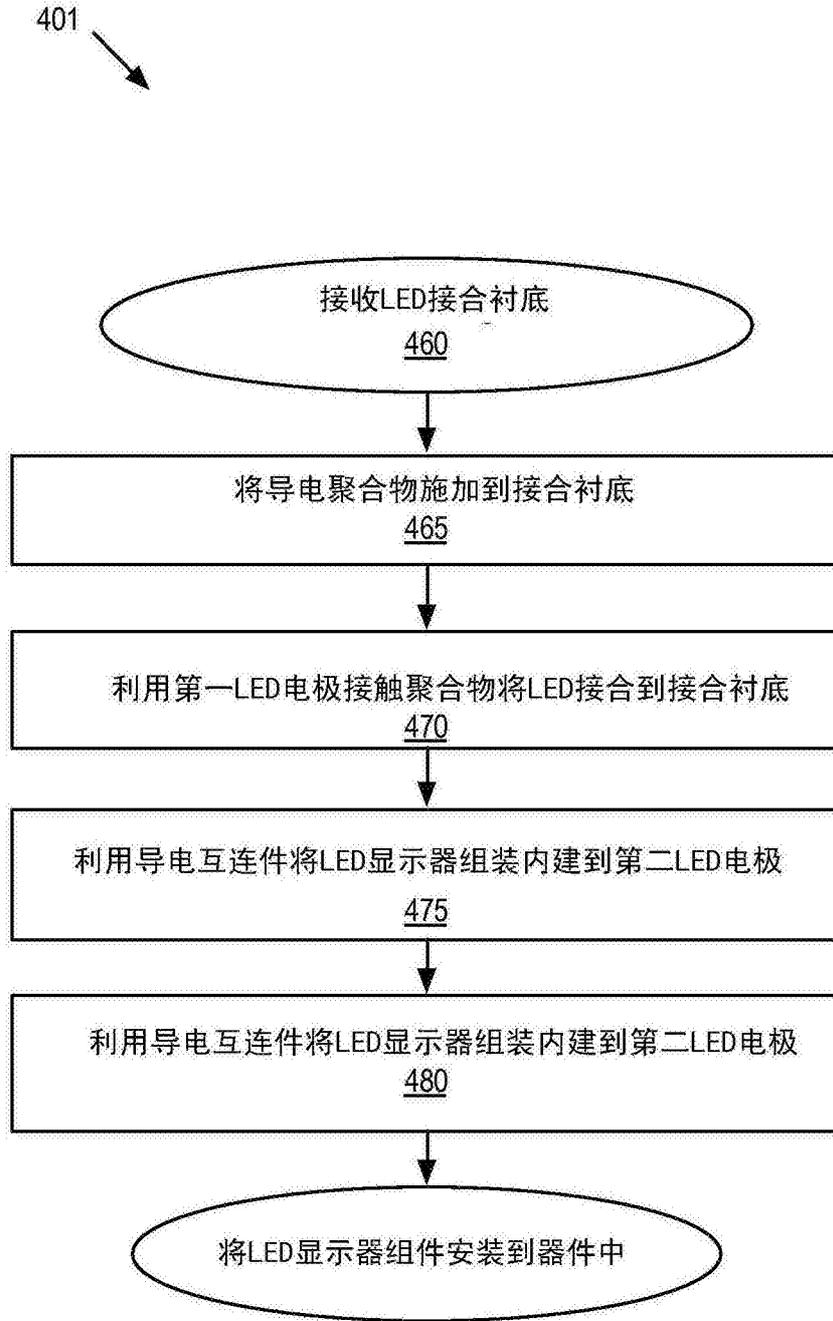


图4

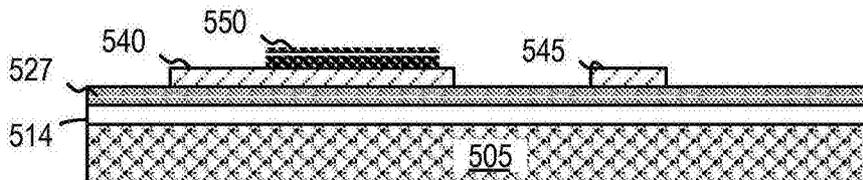


图5A

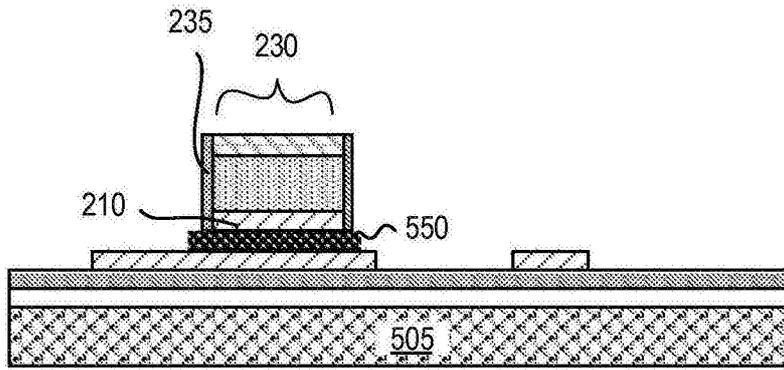


图5B

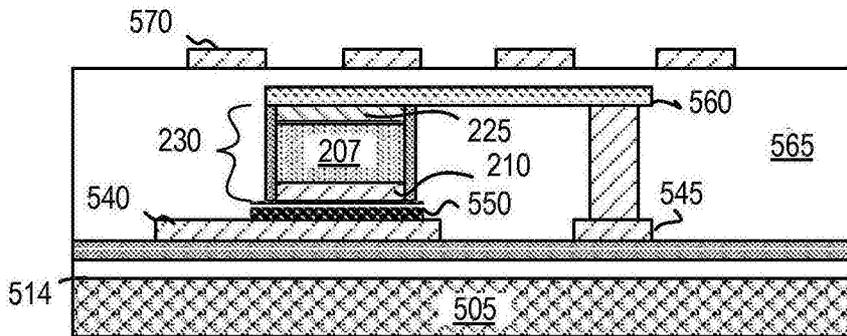


图5C

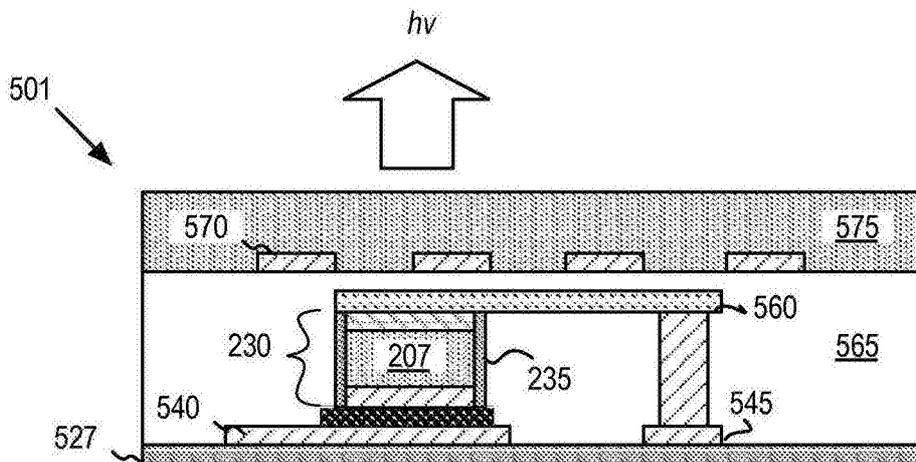


图5D

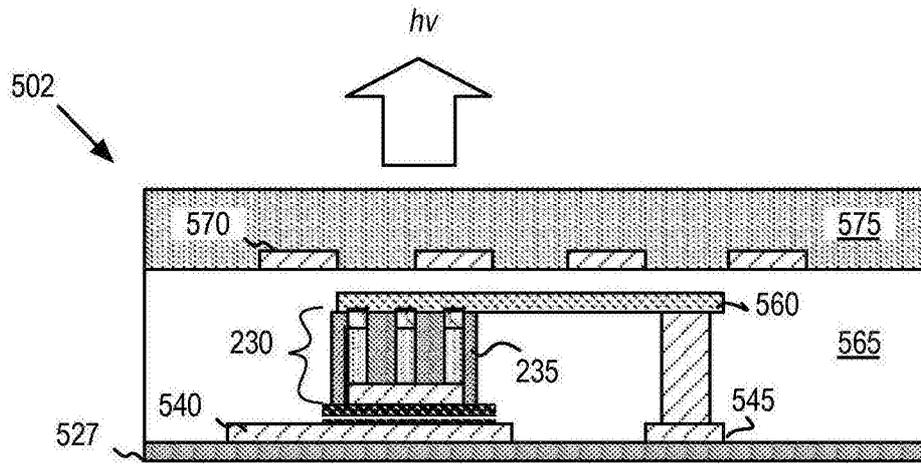


图5E

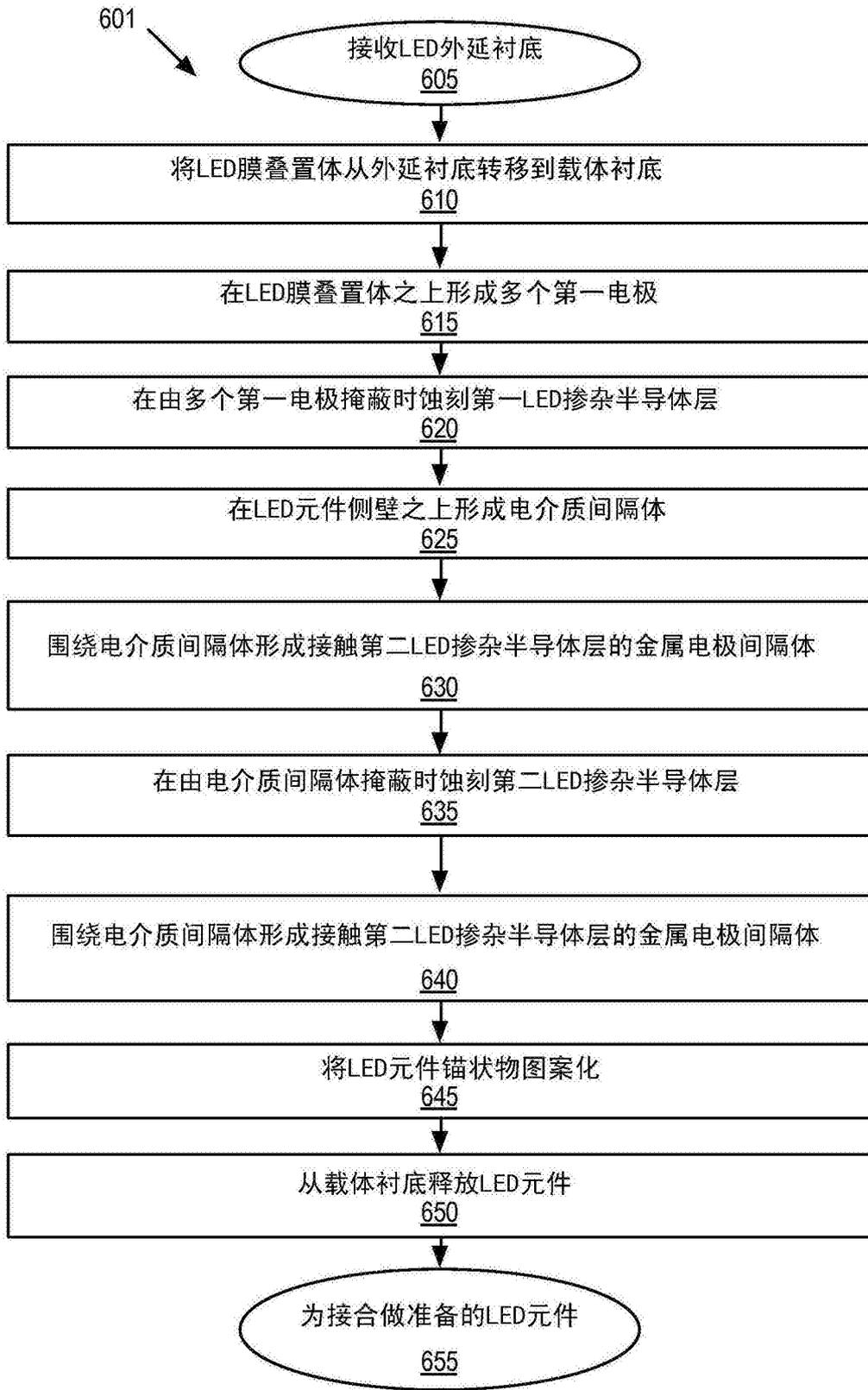


图6

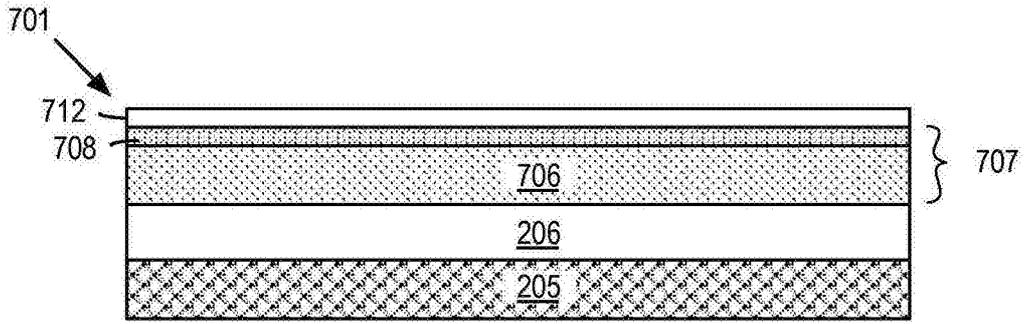


图7A

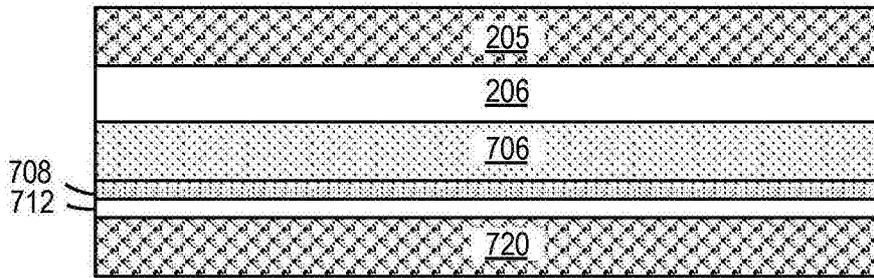


图7B

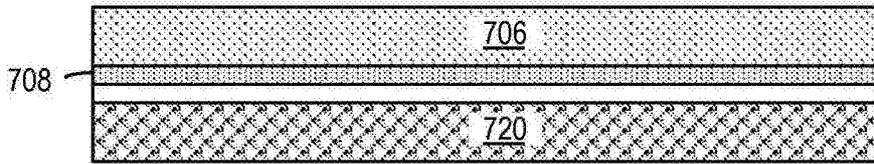


图7C

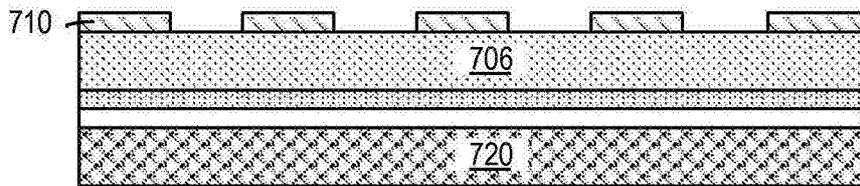


图7D

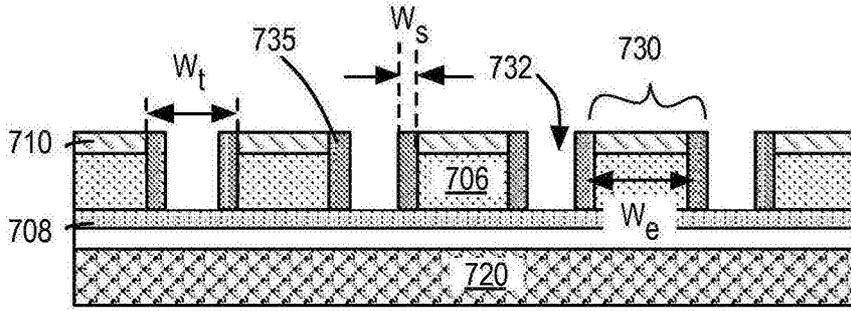


图7E

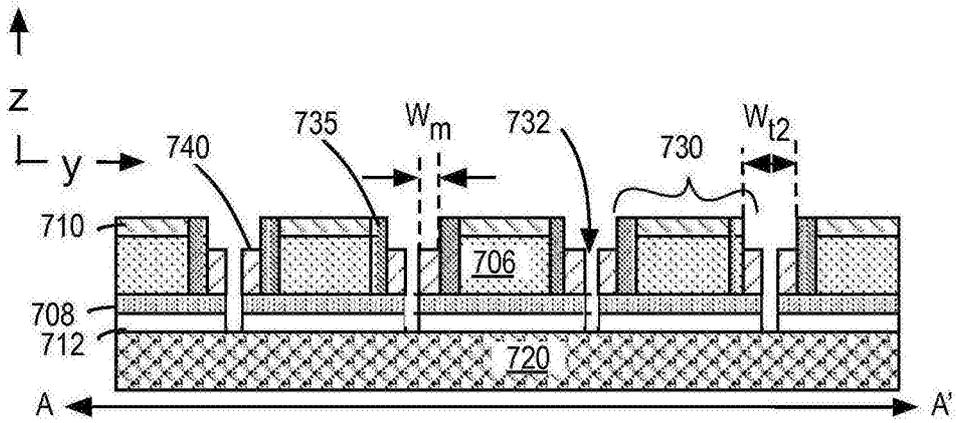


图7F

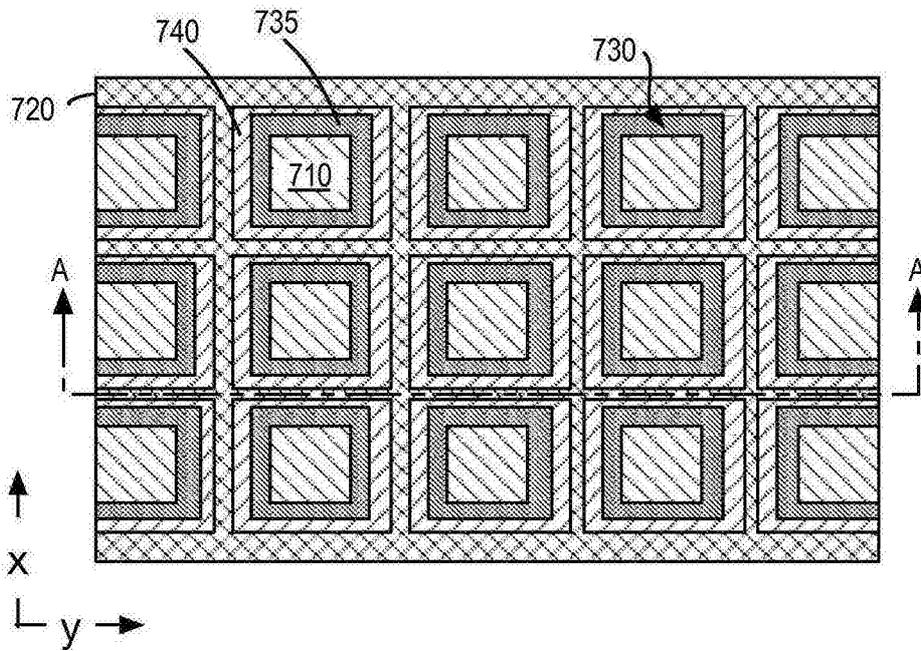


图7G

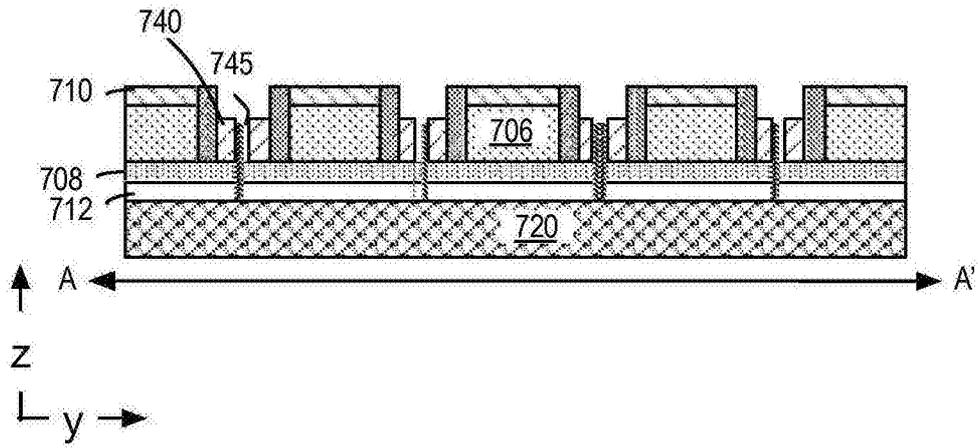


图7H

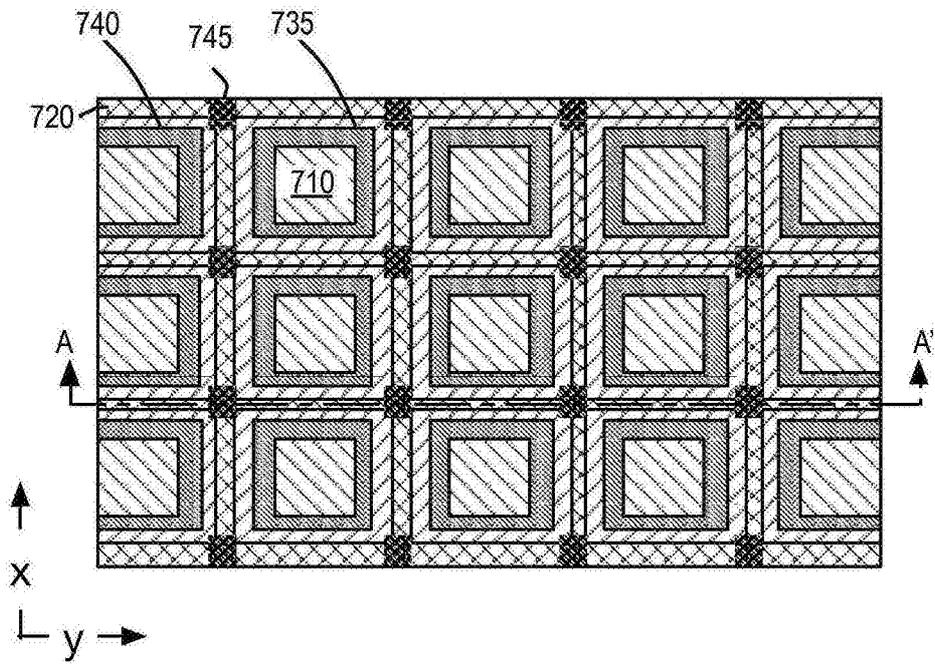


图7I

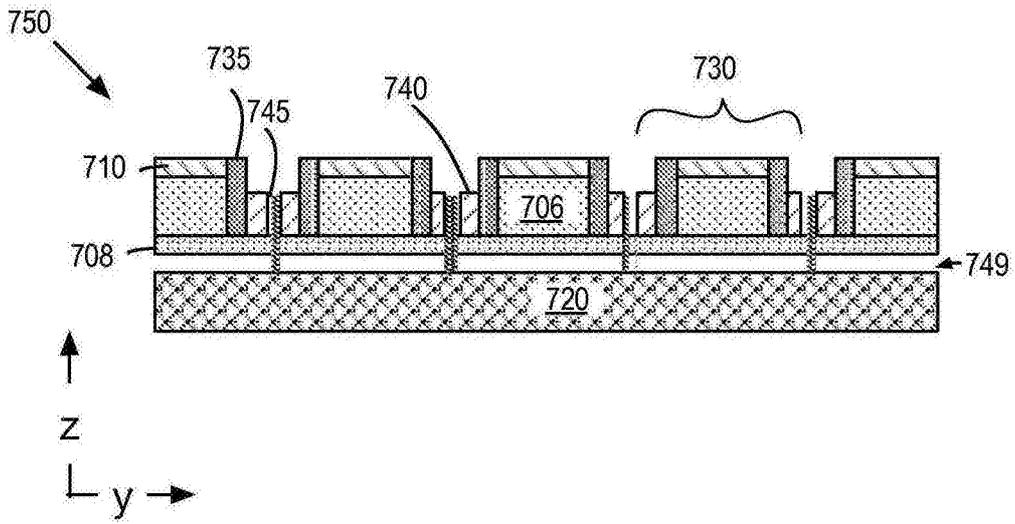


图7J

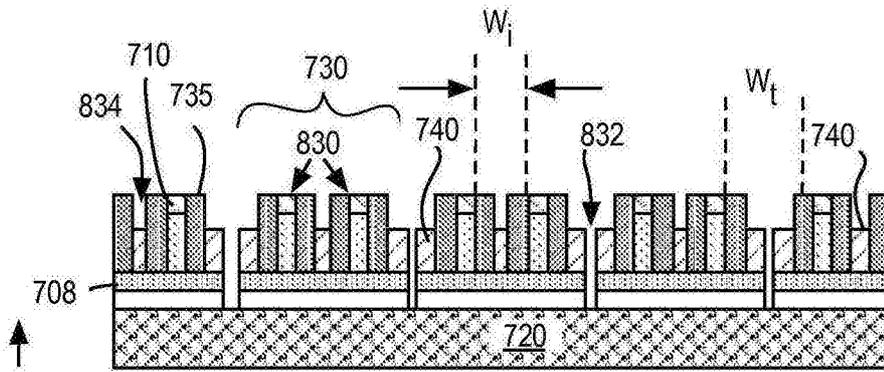


图8A

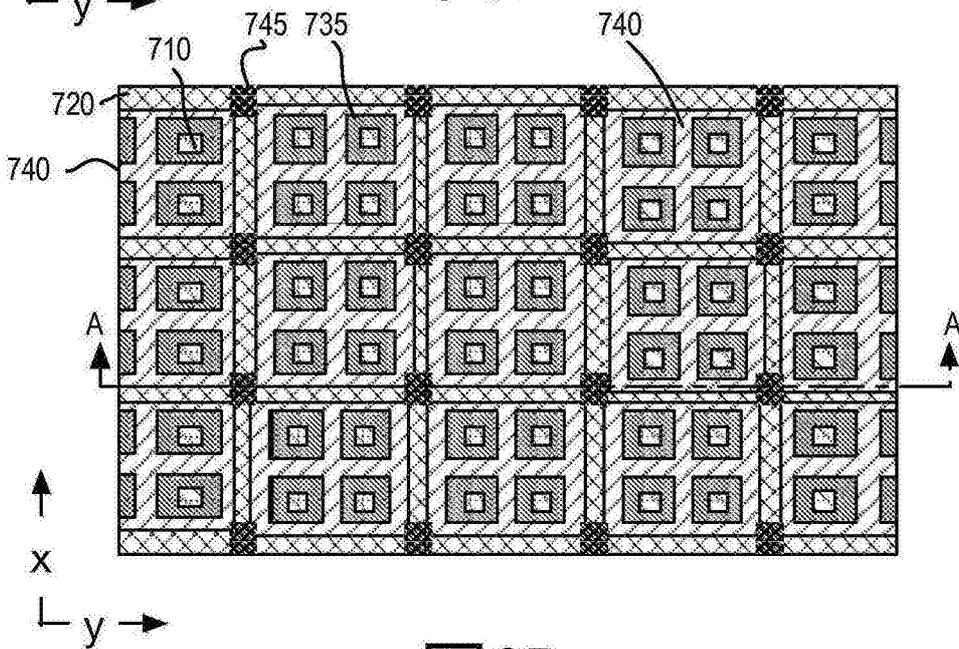


图8B

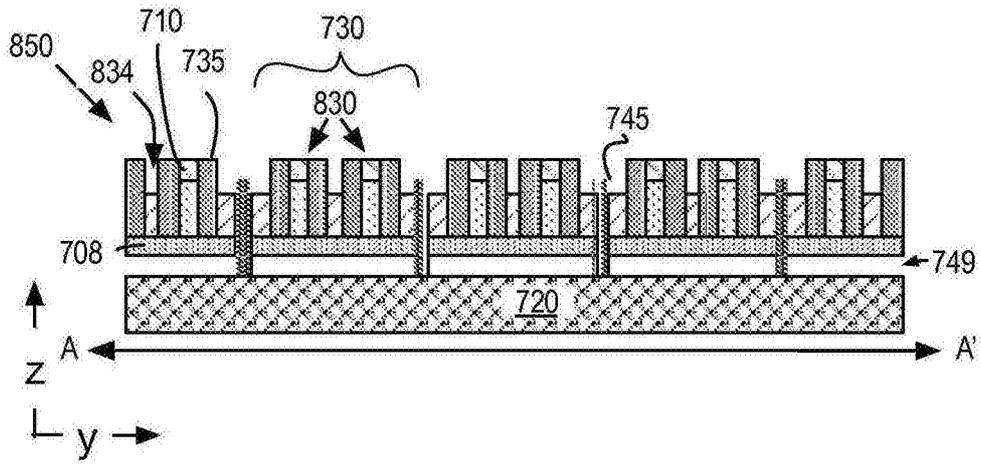


图8C

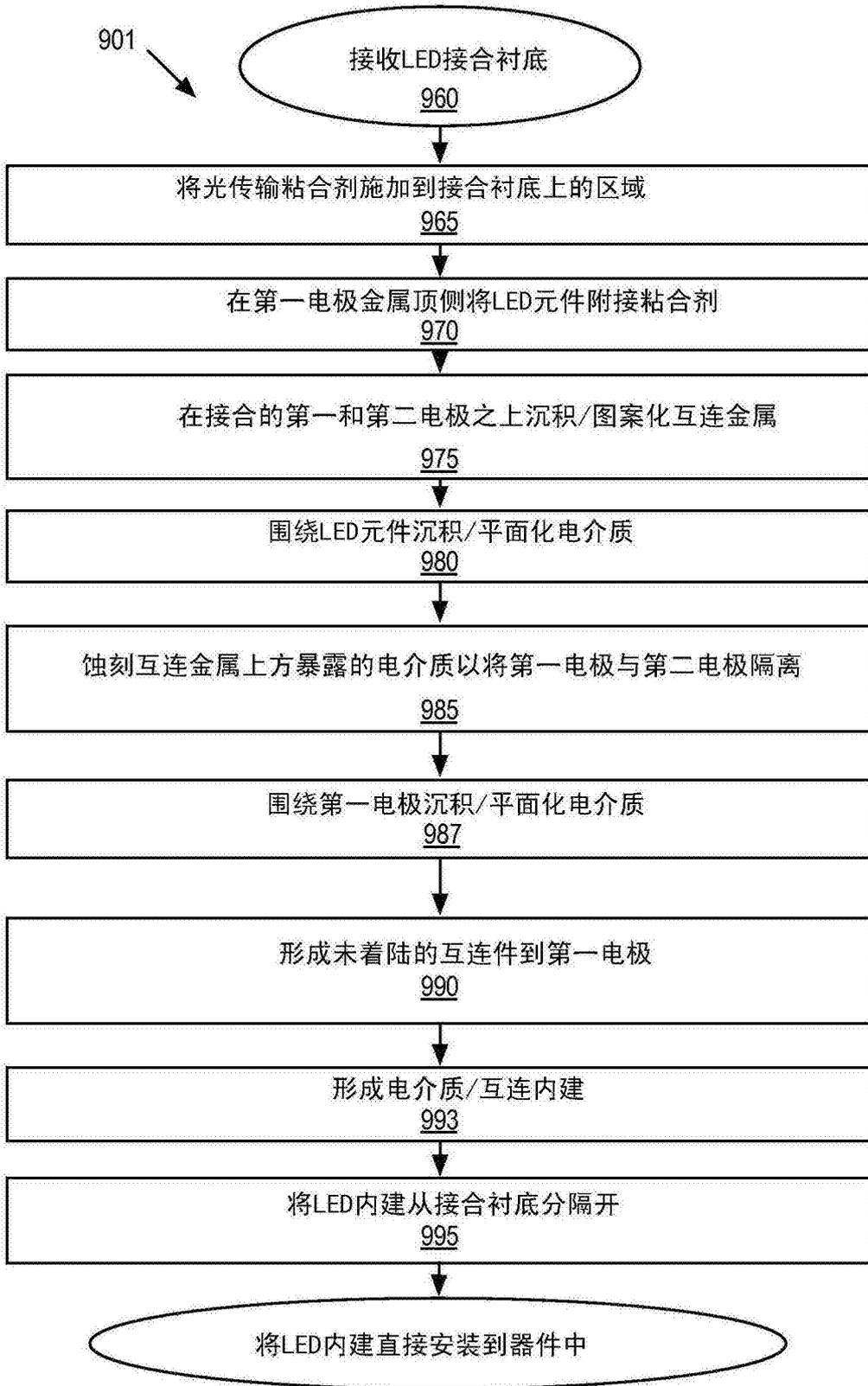


图9

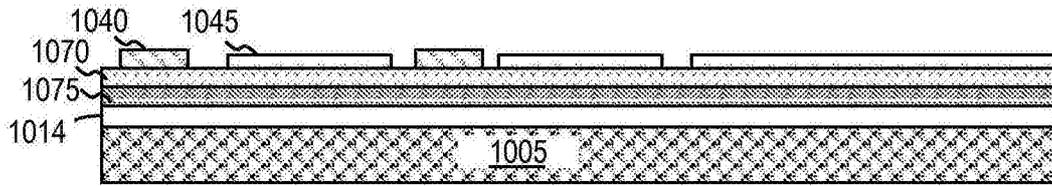


图10A

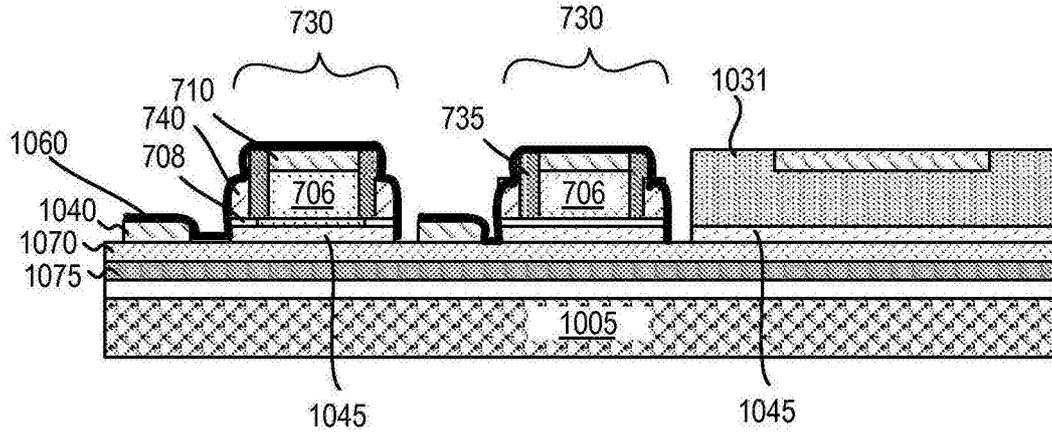


图10B

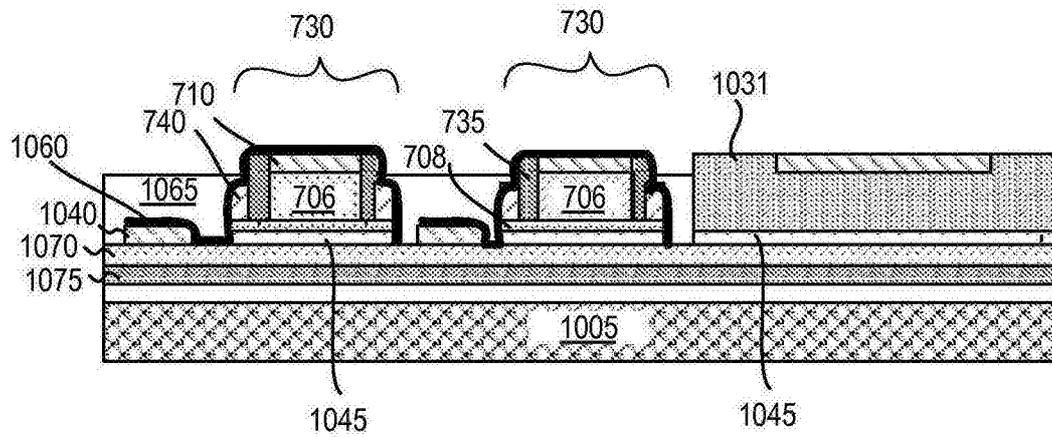


图10C

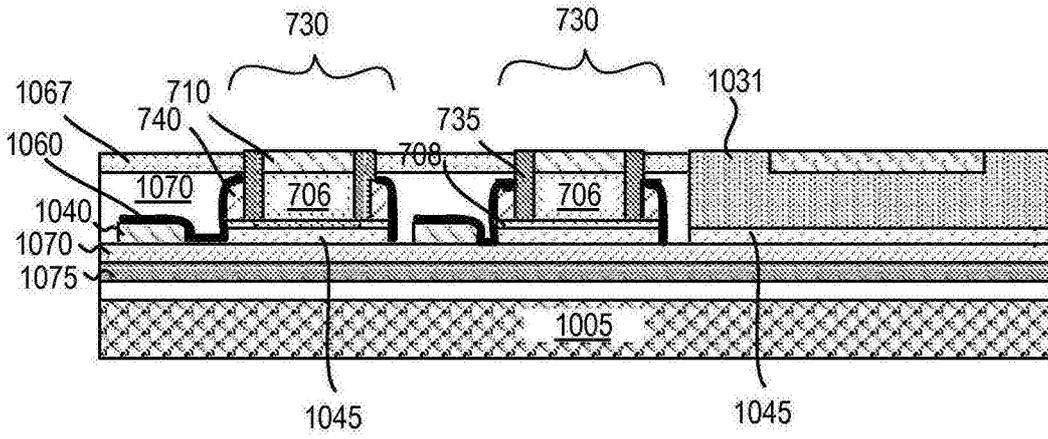


图10D

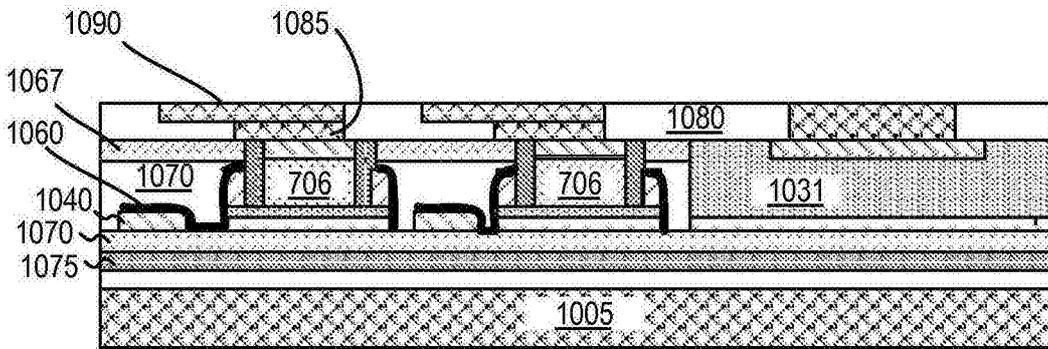


图10E

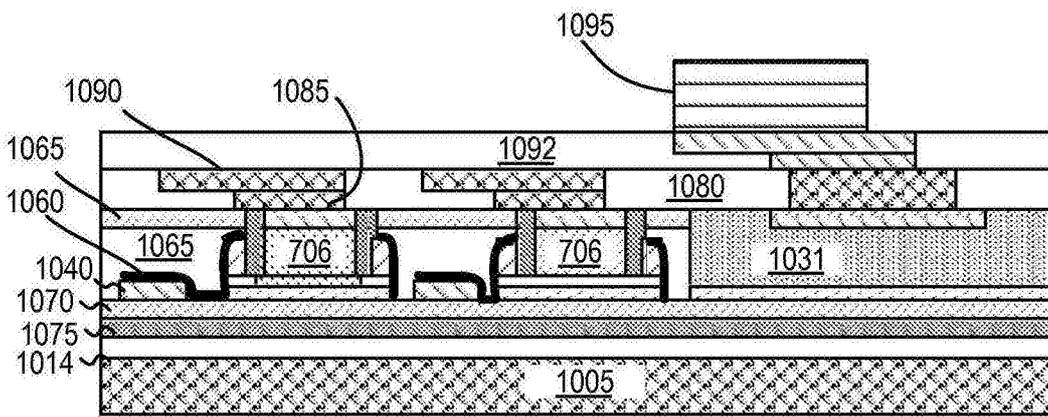


图10F

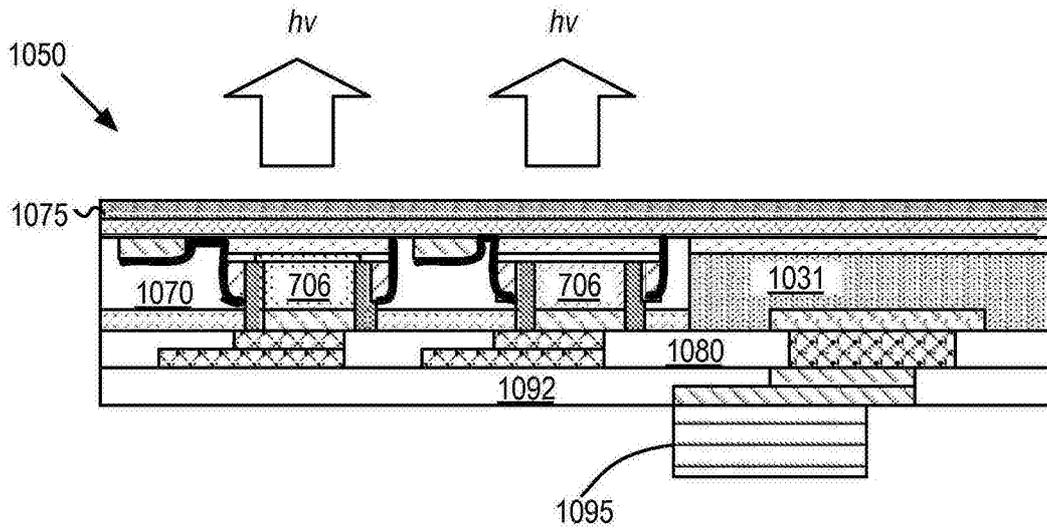


图10G

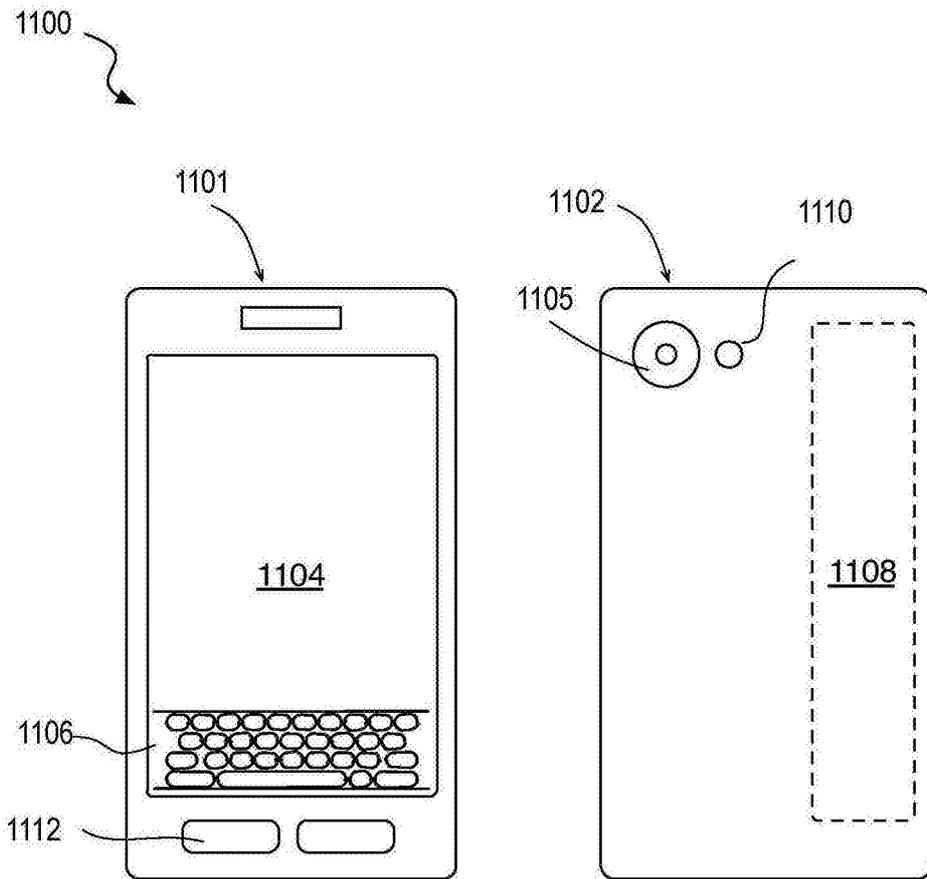


图11

专利名称(译)	微型LED显示器和组装		
公开(公告)号	<a href="#">CN106716641A</a>	公开(公告)日	2017-05-24
申请号	CN201480082031.4	申请日	2014-10-17
[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	PL张		
发明人	P·L·张		
IPC分类号	H01L27/32 H01L51/50		
CPC分类号	H01L27/156 H01L33/385 H01L33/0093 H01L33/36 H01L33/56 H01L33/62		
代理人(译)	陈松涛 王英		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>	<a href="#">SIPO</a>	

摘要(译)

本发明描述了结晶(微)LED显示器组装、制造这样的显示器组装的方法、结晶LED源衬底(由此，(微)LED可以被转移到显示器组装)、以及制造这样的源衬底的方法。LED元件可以准备用于通过拾取-放置或其它方式来转移到接合衬底。锚状物和释放结构使LED元件能够被附接并电耦合到具有导电聚合物的接合衬底。LED元件可以为转移到接合衬底做准备，自对准LED电极金属化结构使元件能够利用粘合剂被附接到接合衬底并且与自对准的局部互连金属化耦合。在附接LED元件之后，材料可以内建在LED元件周围并且显示器组装与接合衬底分隔开。

