



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106206978 B

(45)授权公告日 2020.03.17

(21)申请号 201510261190.7

(22)申请日 2015.05.21

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 106206978 A

(43)申请公布日 2016.12.07

(30)优先权数据
14/641,095 2015.03.06 US

(73)专利权人 环球展览公司
地址 美国新泽西州

(72)发明人 瑞青·马 周朝群
格雷戈里·麦格劳 林世崇

(74)专利代理机构 北京律盟知识产权代理有限
责任公司 11287
代理人 王璐

(51)Int.Cl.

H01L 51/52(2006.01)

H01L 51/50(2006.01)

H01L 51/56(2006.01)

(56)对比文件

WO 2008139370 A1,2008.11.20,说明书第2
页第5行-第10页第15行,附图1a-4.

US 2008210950 A1,2008.09.04,全文.

US 2011297955 A1,2011.12.08,全文.

CN 103460084 A,2013.12.18,全文.

审查员 程健

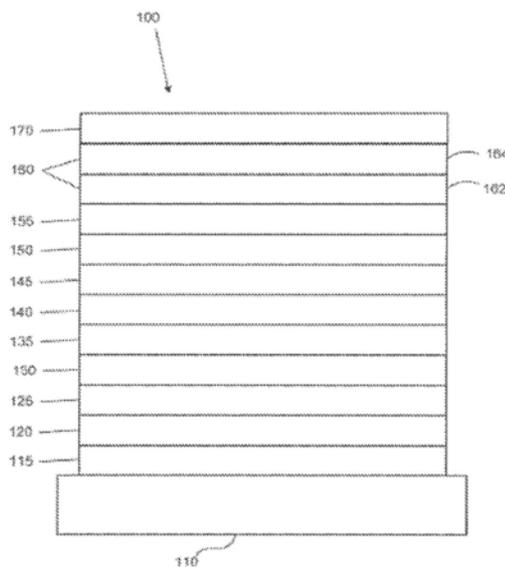
权利要求书2页 说明书18页 附图12页

(54)发明名称

用于高效OLED装置的新颖衬底和方法

(57)摘要

本发明涉及一种制造用于有机发光装置 OLED的衬底的方法,其通过将减容衬底材料涂覆到具有形貌特征的模具上来进行,所述方法在所述衬底的两侧上产生光滑但非平坦表面,所述表面可以增强构建在所述衬底的顶部上的OLED的光提取。所述所得衬底在第一衬底表面上包括与模具的所述表面特征互补的表面特征,例如球面透镜特征;并且在第二衬底表面上包括与所述第一衬底表面上的所述球面透镜特征的弯曲互补的表面特征,例如凹陷特征。



1. 一种制造发光装置的方法,其包含:

将减容材料沉积在具有表面特征的非平面表面上;

使所述减容材料固化以在所述非平面表面上形成保形衬底,所述保形衬底具有由所述非平面表面界定的轮廓,所述保形衬底至少具有第一表面和第二表面,其中所述第一表面和所述第二表面两者均具有形貌表面特征,所述第一表面上的形貌表面特征不同于所述第二表面上的形貌表面特征;和

在所述保形衬底的所述第一表面上的形貌表面特征上形成OLED同时将所述保形衬底安置在所述非平面表面上,

其中所述减容材料包含:

溶解于溶剂中的聚合物,其中所述减容材料固化包含从所述减容材料蒸发所述溶剂,并且

其中响应于减容材料的涂覆体积和所涂覆的减容材料的聚合物与溶剂比,在固化之后所述保形衬底的所述第二表面符合所述保形衬底的所述第一表面。

2. 根据权利要求1所述的方法,其进一步包含从所述非平面表面去除所述保形衬底,其中在从所述非平面表面去除所述保形衬底之后所述装置是柔性的。

3. 根据权利要求1所述的方法,其中所述保形衬底的所述轮廓包含选自由以下组成的群组的表面特征:球面透镜、非球面透镜、凹槽、棱镜和越接近于所述保形衬底的上面形成有所述OLED的表面具有越大尺寸的不规则特征。

4. 根据权利要求1所述的方法,其中所述OLED具有符合所述保形衬底的形状的轮廓。

5. 根据权利要求1所述的方法,其中所述非平面表面特征包含多个微孔。

6. 根据权利要求1所述的方法,其进一步包含向所述保形衬底的所述第一表面涂覆平面化层,其中所述平面化层具有大于或等于所述保形衬底的折射率的折射率。

7. 根据权利要求1所述的方法,其进一步包含在所述保形衬底的所述第一表面上的未被所述OLED覆盖的凹面特征上涂覆反射材料。

8. 根据权利要求1所述的方法,其进一步包含在所述保形衬底的所述第一表面上涂覆屏障层。

9. 根据权利要求1所述的方法,其中形成所述OLED包含使用有机气相沉积OVPD来沉积至少一个层。

10. 一种发光装置,其包含:

至少具有第一表面和第二表面的非平面衬底,其中所述第一表面和所述第二表面两者均具有形貌表面特征,所述第一表面上的形貌表面特征不同于所述第二表面上的形貌表面特征;和

形成于所述非平面衬底的所述第一表面上的所述形貌表面特征上的OLED,其中所述OLED具有符合所述非平面衬底的所述第一表面的形状的轮廓,

其中所述非平面衬底由减容材料形成,且所述减容材料包含:

溶解于溶剂中的聚合物,其中从所述减容材料蒸发所述溶剂,并且

其中响应于减容材料的涂覆体积和所涂覆的减容材料的聚合物与溶剂比,在固化之后所述非平面衬底的所述第二表面符合所述非平面衬底的所述第一表面。

11. 根据权利要求10所述的装置,其中所述非平面衬底包含聚合物。

12. 根据权利要求10所述的装置,其中所述非平面衬底的所述第二表面的所述形貌表面特征包含选自以下组成的群组的特征:球面透镜、非球面透镜、凹槽、棱镜和越接近于所述非平面衬底的上面形成有所述OLED的所述第一表面具有越大尺寸的不规则特征。

13. 根据权利要求10所述的装置,其进一步包含涂覆于所述非平面衬底的所述第一表面的平面化层,其中所述平面化层具有大于或等于所述非平面衬底的折射率的折射率。

14. 根据权利要求10所述的装置,其进一步包含涂覆在所述非平面衬底的所述第一表面上的未被所述OLED覆盖的凹面特征上的反射材料,所述凹面特征包含于所述形貌表面特征中。

15. 根据权利要求10所述的装置,其进一步包含涂覆在所述非平面衬底的所述第一表面上的屏障层。

16. 根据权利要求10所述的装置,其中所述装置具有弯曲刚度。

17. 根据权利要求10所述的装置,其中所述OLED使用有机气相沉积OVPD而形成。

18. 一种有机发光装置OLED,其包含:

具有多个非平面表面的衬底,其中所述衬底的至少第一表面和第二表面具有不同的形貌表面特征;

安置在所述衬底上的第一电极;

安置在所述第一电极上的有机发射堆叠;和

安置在所述有机发射堆叠上的第二电极,其中所述OLED具有符合所述衬底的所述形貌表面特征的一者的轮廓,

其中所述衬底由减容材料形成,且所述减容材料包含:

溶解于溶剂中的聚合物,其中从所述减容材料蒸发所述溶剂,并且

其中响应于减容材料的涂覆体积和所涂覆的减容材料的聚合物与溶剂比,在固化之后所述衬底的所述第二表面符合所述衬底的所述第一表面。

19. 根据权利要求18所述的有机发光装置OLED,其中:

所述衬底具有弯曲刚度;并且

所述衬底的所述第一表面符合模具的表面特征,并且所述衬底的所述第二表面包含选自以下组成的群组的特征:球面透镜、非球面透镜、凹槽、棱镜和越接近于所述衬底的上面形成有所述第一电极的所述第一表面具有越大尺寸的不规则特征。

用于高效OLED装置的新颖衬底和方法

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 这是2013年9月30日提交的名称是“制造柔性OLED照明装置的方法 (Methods to Fabricate Flexible OLED Lighting Devices)”的美国专利申请第14/042,194号和2013年12月13日提交的名称是“曲面衬底上的OLED (OLED on Curved Substrate)”的美国专利申请第14/106,274号的部分接续申请,所述申请的全部内容以引用的方式并入本文中。

[0003] 联合研究

[0004] 所要求的本发明是由达成联合大学公司研究协议的以下各方中的一或多者,以以下各方中的一或多者的名义和/或结合以下各方中的一或多者而作出:密歇根大学董事会、普林斯顿大学、南加州大学和环宇显示器公司 (Universal Display Corporation)。所述协议在所要求的本发明的有效申请日当天或之前就生效,并且所要求的本发明是因在所述协议的范围内进行的活动而作出。

技术领域

[0005] 本发明大体上涉及制造高效OLED装置,并且更具体来说涉及制造在衬底的两侧上都具有形貌特征或弯曲的OLED衬底。

背景技术

[0006] 出于若干原因,利用有机材料的光学电子装置变得越来越受欢迎。用以制造这样的装置的材料中的许多材料相对便宜,因此有机光学电子装置具有获得相对于无机装置的成本优势的潜力。另外,有机材料的固有性质(例如其柔性)可以使其非常适合具体应用,例如在柔性衬底上的制造。有机光学电子装置的实例包括有机发光装置 (OLED)、有机光电晶体管、有机光伏打电池和有机光检测器。对于OLED,有机材料还可以具有相对于常规材料的性能优点。举例来说,有机发射层发射光的波长通常可以容易地用适当的掺杂剂来调整。

[0007] OLED利用有机薄膜,其在电压施加于装置上时发射光。OLED正变为用于例如平板显示器、照明和背光应用中的越来越引人注目的技术。美国专利第5,844,363号、第6,303,238号和第5,707,745号中描述若干OLED材料和配置,所述专利的全部内容以引用的方式并入本文中。

[0008] 在当今工业中,OLED照明面板通常在平坦表面上制造,所述平坦表面例如玻璃或平面化柔性衬底,例如塑料和金属箔。在柔性衬底上构建柔性OLED照明装置既提供了益处也提供了挑战。与从常规玻璃衬底相比,更容易从透明塑性材料获得高折射率。这实现了塑料上的OLED的更佳耦出效率。然而,柔性塑料膜极难以处理。在制造过程期间保持其平坦可能会是一个挑战。塑料衬底的另一个挑战在于,其倾向于具有粗糙表面并且在表面上具有无规尖峰。这些缺陷可能易于导致生长于其上的OLED装置短路。此外,构建于平坦表面上的OLED照明装置可能不会展现最佳光提取。

发明内容

[0009] 根据所公开的标的物的实施例,提供一种实质上解决与现有技术相关的问题的系统和方法,并且提供制造高效OLED装置,并且更具体来说制造在两侧上具有形貌特征或弯曲的OLED衬底,和形成于其上并且符合所述衬底的所述形貌特征或弯曲的OLED装置。

[0010] 所公开的标的物的一些实施例提供一种在衬底上制造有机发光装置(OLED)的系统和方法,其包括以下步骤:提供具有表面特征的模具,在所述模具上形成衬底,在所述衬底上制造OLED同时所述衬底在所述模具中,和从有所述OLED制造于其上的所述衬底去除所述模具。

[0011] 所公开的标的物的一些实施例提供一种在衬底上制造有机发光装置(OLED)的系统和方法,其包括以下步骤:在模具上形成衬底,其中所述所得衬底在所述衬底的两侧上包括形貌特征或弯曲。

[0012] 所公开的标的物的一些实施例进一步提供一种在具有形貌特征的模具上使用减容材料制造衬底的系统和方法,其中最大沉积的材料区域经历最大减容,由此在所述所得衬底的顶部表面上产生特定弯曲区域,并且与所述模具的接触在所述所得衬底的底部表面上产生特定弯曲区域。

[0013] 所公开的标的物的一些实施例进一步提供一种使用减容衬底材料和具有微孔特征的模具制造衬底的系统和方法,产生在所述衬底的两侧上具有微孔特征或弯曲的衬底。

[0014] 所公开的标的物的一些实施例进一步提供一种使用减容衬底材料和具有半球面特征的模具制造衬底的系统和方法,产生在所述衬底的两侧上具有半球面特征或弯曲的衬底。

[0015] 所公开的标的物的一些实施例进一步提供一种使用减容衬底材料和具有正弦函数形状特征的模具制造衬底的系统和方法,产生在所述衬底的两侧上具有正弦函数形状特征或弯曲的衬底。

[0016] 在所公开的标的物的一些实施例中,衬底顶部表面弯曲可以在于所述衬底上制造OLED之前用平面化材料填充,所述平面化材料具有大于或等于所述衬底的折射率的折射率。

[0017] 在所公开的标的物的一些实施例中,衬底顶部表面弯曲可以在于所述衬底上制造OLED之前用保形涂层或材料填充,所述保形涂层或材料具有大于或等于所述衬底的折射率的折射率并且维持所述衬底顶部表面的一些形貌。

[0018] 在所公开的标的物的一些实施例中,衬底顶部表面弯曲可以在于所述衬底上制造OLED之前经金属化,使得所述衬底顶部表面形成相应凸面镜。

[0019] 在所公开的标的物的一些实施例中,衬底通过以下方式形成:在模具上涂覆减容衬底材料涂层,和随后使所述涂层固化以减小所述衬底的体积并且由此在制造OLED之前在所述所得衬底的顶部表面上产生特定弯曲区域。

[0020] 在所公开的标的物的一些实施例中,衬底的折射率大于1.6。在一些实施例中,衬底的折射率大于1.7。

[0021] 因此,提供一种系统和方法,其用于将减容衬底材料涂覆到具有形貌特征的模具上,其在所述衬底的两侧上产生光滑但非平坦表面,所述表面可以增强构建在所述衬底的顶部上的OLED的光提取。所述所得衬底在第一衬底表面上包括与所述模具的所述表面特征

互补的表面特征,例如球面透镜特征;并且在第二衬底表面上包括与所述第一衬底表面上的所述球面透镜特征的弯曲互补并且由加工所述减容衬底材料产生的表面特征,例如凹陷特征。

[0022] 进一步提供所述系统和方法,用于在所述第二衬底表面上涂覆平面化材料,其中所述平面化材料具有大于或等于所述衬底的折射率的折射率,并且其中所述第二衬底表面上的所述特征可以导致所述平面化材料具有与所述第二衬底表面上的所述特征互补的特征形成于其上。本发明的一些实施例进一步提供一种在第二衬底表面上涂覆金属化表面以在所述第二衬底表面上形成凸面镜特征的方法。

附图说明

[0023] 并入本文中并且形成本说明书的一部分的附图说明本发明的实施例,并且与所述描述一起进一步用以解释本发明的原理并且使相关领域的技术人员能够进行和使用本发明。

[0024] 图1展示了根据本发明的一些实施例的说明性有机发光装置。

[0025] 图2展示了根据本发明的一些实施例的不具有单独电子输送层的说明性倒转的有机发光装置。

[0026] 图3是根据本发明的一些实施例在模具上制造OLED的说明性方法的流程图。

[0027] 图4是根据本发明的一些实施例制造OLED的说明性方法的流程图。

[0028] 图5是根据本发明的一些实施例在模具上制造OLED的另一种说明性方法的流程图。

[0029] 图6A-6G是在根据本发明的一些实施例的在图5中所示的涂布方法OLED制造方法期间形成的瞬态结构的说明性视图。

[0030] 图7A和7B是说明根据本发明的一些实施例制造衬底的截面视图,其使用具有微孔特征的模具并且产生在衬底的两侧上具有形貌特征或弯曲的衬底。

[0031] 图8是说明根据本发明的一些实施例制造衬底的截面视图,其使用具有半球面特征的模具并且产生在衬底的两侧上具有形貌特征或弯曲的衬底。

[0032] 图9是说明根据本发明的一些实施例制造衬底的截面视图,其使用具有正弦函数形状特征的模具并且产生在衬底的两侧上具有形貌特征或弯曲的衬底。

[0033] 图10是说明根据本发明的一些实施例制造衬底的截面视图,其使用具有微孔特征的另一种模具并且产生在衬底的两侧上具有形貌特征或弯曲的衬底。

[0034] 图11A到11C是根据本发明的一些实施例的模具和去除方法的截面视图。

[0035] 图12A是说明根据本发明的一些实施例可以用平面化材料填充的衬底表面弯曲或凹陷的截面视图,所述平面化材料具有大于或等于衬底的折射率的折射率。

[0036] 图12B是说明根据本发明的一些实施例可以用保形涂层或材料填充的衬底表面弯曲或凹陷的截面视图,所述保形涂层或材料具有大于或等于衬底的折射率的折射率并且维持凹陷的衬底表面的一些形貌。

[0037] 图12C是说明根据本发明的一些实施例经金属化的衬底表面弯曲或凹陷的截面视图,所述金属化使得当从衬底的相对侧观察时沉积在每个凹陷上的反射表面形成相应凸面镜。

[0038] 图13是根据本发明的一些实施例在边界处具有对称条件的模拟衬底的简单单位晶胞的说明。

[0039] 图14是说明根据本发明的一些实施例凸面镜耦出器的效率作为 h/r 的函数的图。

[0040] 图15是说明根据本发明的一些实施例对于既定纵横比 r/R ,凸面镜阵列的效率作为镜的曲率半径的函数的图。

[0041] 图16A是根据本发明的一些实施例衬底的底部表面上的形貌特征或弯曲在低放大率下的扫描电子显微镜 (SEM) 图像。

[0042] 图16B是根据本发明的一些实施例图16A的衬底的底部表面上的形貌特征或弯曲在高放大率下的SEM图像。

[0043] 图17A是根据本发明的一些实施例图16A的衬底的顶部表面上的形貌特征或弯曲在低放大率下的SEM图像。

[0044] 图17B是根据本发明的一些实施例图16A的衬底的顶部表面上的形貌特征或弯曲在高放大率下的SEM图像。

[0045] 图18是制造OLED的一些实施例中所用的传送带制造设备的说明性视图。

具体实施方式

[0046] 一般来说, OLED包含至少一个有机层, 其安置在阳极与阴极之间并且与阳极和阴极电连接。当施加电流时, 阳极注入空穴并且阴极注入电子到这一(这些)有机层中。所注入的空穴和电子各自朝带相反电荷的电极迁移。当电子和空穴定位于同一分子上时, 形成“激子”, 其是具有激发能态的定域电子-空穴对。当激子经由光发射机制弛豫时, 发射光。在一些情况下, 激子可以定位于准分子或激发复合物上。还可能出现例如热弛豫的非辐射机制, 但通常认为它是不合需要的。

[0047] 初始OLED使用如例如美国专利第4,769,292号中公开的从其单重态发射光(“荧光”)的发射分子, 所述专利以全文引用的方式并入。荧光发射通常在小于10纳秒的时间段内发生。

[0048] 最近, 已经展示了具有从三重态发射光(“磷光”)的发射材料的OLED。实例包括巴尔多(Baldo)等人, “来自有机电致发光装置的高度有效磷光发射(Highly Efficient Phosphorescent Emission from Organic Electroluminescent Devices)”, 自然(Nature), 第395卷, 151-154, 1998(“巴尔多-I”); 和巴尔多等人, “基于电致磷光的极高效绿色有机发光装置(Very high-efficiency green organic light-emitting devices based on electrophosphorescence)”, 应用物理学快报 (Appl. Phys. Lett.), 第75卷, 第3, 4-6期(1999) (“巴尔多-II”), 所述文献以全文引用的方式并入。磷光更详细地描述于以引用的方式并入本文中的美国专利第7,279,704号的第5-6列中。

[0049] 如本文所用, 术语“有机”包括聚合材料以及小分子有机材料, 其可以用以制造有机光学电子装置。“小分子”是指不是聚合物的任何有机材料, 并且“小分子”可能实际上相当大。在一些情况下, 小分子可以包括重复单元。举例来说, 使用长链烷基作为取代基不会将分子从“小分子”类别中去除。小分子还可以并入到聚合物中, 例如作为聚合物主链上的侧基或作为主链的一部分。小分子还可以充当树枝状聚合物的核心部分, 所述树枝状聚合物由建立在核心部分上的一系列化学壳层组成。树枝状聚合物的核心部分可以是荧光或磷

光小分子发射体。树枝状聚合物可以是“小分子”，并且据信当前在OLED领域中使用的的所有树枝状聚合物都是小分子。

[0050] 如本文所用，“顶部”意指离衬底最远，而“底部”意指离衬底最近。在将第一层描述为“安置”在第二层“上”的情况下，第一层被安置为距衬底较远。除非规定第一层“与”第二层“接触”，否则第一与第二层之间可以存在其它层。举例来说，即使阴极和阳极之间存在各种有机层，仍可以将阴极描述为“安置在”阳极“上”。

[0051] 如本文所用，“溶液可处理”意指能够以溶液或悬浮液的形式在液体介质中溶解、分散或输送和/或从液体介质沉积。

[0052] 当据信配位体直接促成发射材料的光敏性质时，配位体可以称为“光敏性的”。当据信配位体并不促成发射材料的光敏性质时，配位体可以称为“辅助性的”，但辅助性的配位体可以改变光敏性的配位体的性质。

[0053] 如本文所用，并且如本领域技术人员一般将理解，如果第一能级较接近真空能级，那么第一“最高占用分子轨道”(HOMO)或“最低未占用分子轨道”(LUMO)能级“大于”或“高于”第二HOMO或LUMO能级。由于将电离电位(IP)测量为相对于真空能级的负能量，因此较高HOMO能级对应于具有较小绝对值的IP(负得较少的IP)。类似地，较高LUMO能级对应于具有较小绝对值的电子亲和性(EA)(负得较少的EA)。在常规能级图上，真空能级在顶部，材料的LUMO能级高于同一材料的HOMO能级。“较高”HOMO或LUMO能级表现为比“较低”HOMO或LUMO能级靠近这个图的顶部。

[0054] 如本文所用，并且如本领域技术人员一般将理解，如果第一功函数具有较高绝对值，那么第一功函数“大于”或“高于”第二功函数。因为通常将功函数测量为相对于真空能级的负数，因此这意指“较高”功函数负得较多。在常规能级图上，真空能级在顶部，将“较高”功函数说明为在向下方向上距真空能级较远。因此，HOMO和LUMO能级的定义遵循与功函数不同的惯例。

[0055] 可以在全部内容以引用的方式并入本文中的美国专利第7,279,704号中找到关于OLED和上文所述的定义的更多细节。

[0056] 图1展示了说明性有机发光装置100。图不一定按比例绘制。装置100可以包括衬底110、阳极115、空穴注入层120、空穴输送层125、电子阻挡层130、发射层135、空穴阻挡层140、电子输送层145、电子注入层150、保护层155、阴极160和屏障层170。阴极160是具有第一导电层162和第二导电层164的复合阴极。装置100可以通过依序沉积所描述的层来制造。在以引用的方式并入的美国专利第7,279,704号的第6-10列中更详细地描述这些各种层以及实例材料的性质和功能。

[0057] 这些层中的每一者有更多实例。举例来说，全部内容以引用的方式并入本文中的美国专利第5,844,363号中公开柔性并且透明的衬底-阳极组合。经p掺杂的空穴输送层的实例是以50:1的摩尔比率掺杂有F₄-TCNQ的m-MTDATA，如全部内容以引用的方式并入本文中的美国专利申请公开案第2003/0230980号中所公开。全部内容以引用的方式并入本文中的颁予汤普森(Thompson)等人的美国专利第6,303,238号中公开发射材料和主体材料的实例。经n掺杂的电子输送层的实例是以1:1的摩尔比率掺杂有Li的BPhen，如全部内容以引用的方式并入本文中的美国专利申请公开案第2003/0230980号中所公开。全部内容以引用的方式并入本文中的美国专利第5,703,436号和第5,707,745号公开了阴极的实例，其包括具

有例如Mg:Ag等金属薄层与上覆的透明、导电、经溅镀沉积的ITO层的复合阴极。全部内容以引用的方式并入本文中的美国专利第6,097,147号和美国专利申请公开案第2003/0230980号中更详细地描述阻挡层的原理和使用。全部内容以引用的方式并入本文中的美国专利申请公开案第2004/0174116号中提供注入层的实例。可以在全部内容以引用的方式并入本文中的美国专利申请公开案第2004/0174116号中找到保护层的描述。

[0058] 图2展示了倒转的OLED 200。所述装置包括衬底210、阴极215、发射层220、空穴输送层225和阳极230。装置200可以通过依序沉积所描述的层来制造。因为最常见OLED配置具有安置在阳极上的阴极,并且装置200具有安置在阳极230下的阴极215,所以装置200可以称为“倒转”OLED。在装置200的对应层中,可以使用与关于装置100所描述的材料类似的材料。图2提供了可以如何从装置100的结构省略一些层的一个实例。

[0059] 图1和2中所说明的简单分层结构是作为非限制实例而提供,并且应理解,可以结合各种各样的其它结构使用本发明的实施例。所描述的具体材料和结构本质上是说明性的,并且可以使用其它材料和结构。可以基于设计、性能和成本因素,通过以不同方式组合所描述的各个层来实现功能性OLED,或可以完全省略若干层。还可以包括未具体描述的其它层。可以使用不同于具体描述的材料。尽管本文所提供的实例中的许多实例将各种层描述为包含单一材料,但应理解,可以使用材料的组合(例如主体与掺杂剂的混合物)或更一般来说,混合物。并且,所述层可以具有各种子层。本文中给予各个层的名称不意欲具有限制性。举例来说,在装置200中,空穴输送层225输送空穴并且将空穴注入到发射层220中,并且可以被描述为空穴输送层或空穴注入层。在一个实施例中,可以将OLED描述为具有安置在阴极与阳极之间的“有机层”。此有机层可以包含单个层,或可以进一步包含例如关于图1和2所描述的不同有机材料的多个层。

[0060] 还可以使用未具体描述的结构和材料,例如包含聚合材料的OLED(PLED),例如全部内容以引用的方式并入本文中的颁予弗兰德(Friend)等人的美国专利第5,247,190号中所公开。作为另一实例,可以使用具有单个有机层的OLED。OLED可以堆叠,例如全部内容以引用的方式并入本文中的颁予福利斯特(Forrest)等人的第5,707,745号中所描述。OLED结构可以脱离图1和2中所说明的简单分层结构。举例来说,衬底可以包括有角度的反射表面以改进耦出(out-coupling),例如如颁予福利斯特等人的美国专利第6,091,195号中所述的台式结构,和/或如颁予布利维克(Bulovic)等人的美国专利第5,834,893号中所述的凹点结构,所述专利的全部内容以引用的方式并入本文中。

[0061] 除非另外规定,否则可以通过任何合适方法来沉积各种实施例的层中的任一者。对于有机层,优选方法包括热蒸发、喷墨(例如全部内容以引用的方式并入本文中的美国专利第6,013,982号和第6,087,196号中所述)、有机气相沉积(OVPD)(例如全部内容以引用的方式并入本文中的颁予福利斯特等人的美国专利第6,337,102号中所述)和通过有机蒸气喷射印刷(OVJP)的沉积(例如全部内容以引用的方式并入本文中的美国专利第7,431,968号中所述)。其它合适沉积方法包括旋涂和其它基于溶液的工艺。

[0062] 基于溶液的工艺优选在氮或其它惰性气氛中进行。对于其它层,优选方法包括热蒸发。优选的图案化方法包括通过掩模的沉积、冷焊(例如全部内容以引用的方式并入本文中的美国专利第6,294,398号和第6,468,819号中所述)和与例如喷墨和OVJD等沉积方法中的一些方法相关联的图案化。还可以使用其它方法。

[0063] 可以修改待沉积的材料,以使其与具体沉积方法相容。举例来说,可以在小分子中使用具支链或无支链并且优选含有至少3个碳的例如烷基和芳基等取代基,来增强其经受溶液处理的能力。可以使用具有20个或更多个碳的取代基,并且3-20个碳是优选范围。具有不对称结构的材料可以比具有对称结构的材料具有更好的溶液可处理性,因为不对称材料可以具有更低的再结晶倾向性。可以使用树枝状聚合物取代基来增强小分子经受溶液处理的能力。

[0064] 根据本发明实施例制造的装置可以进一步任选地包含屏障层。屏障层的一个用途是保护电极和有机层免于因暴露于环境中的有害物质(包括水分、蒸气和/或气体等)而受损。屏障层可以沉积在衬底、电极上,沉积在衬底、电极下或沉积在衬底、电极旁,或沉积在装置的任何其它部分(包括边缘)上。屏障层可以包括单个层或多个层。屏障层可以通过各种已知的化学气相沉积技术形成,并且可以包括具有单一相的组合物以及具有多个相的组合物。

[0065] 任何合适材料或材料组合都可以用于屏障层。屏障层可以并入有无机化合物或有机化合物或两者。优选的屏障层包含聚合材料与非聚合材料的混合物,如全部内容以引用的方式并入本文中的美国专利第7,968,146号、PCT专利申请第PCT/US2007/023098号和第PCT/US2009/042829号中所述。为了被视为“混合物”,构成屏障层的前述聚合材料和非聚合材料应在相同反应条件下和/或在同时沉积。聚合材料对非聚合材料的重量比率可以在95:5到5:95的范围内。聚合材料和非聚合材料可以由同一前体材料产生。在一个实例中,聚合材料与非聚合材料的混合物基本上由聚合硅和无机硅组成。

[0066] 在柔性衬底上构建柔性OLED照明装置既提供了益处也提供了挑战。与从常规玻璃衬底相比,更容易从透明塑性材料获得高折射率。这实现了塑料上的OLED的更佳耦出效率。然而,柔性塑料膜极难以处理。在制造过程期间保持其平坦可能会是一个挑战。塑料衬底的另一个挑战在于,其倾向于具有粗糙表面并且在表面上具有无规尖峰。这些缺陷可能易于导致生长于其上的OLED装置短路。然而,本文中所描述的方法克服了这些挑战。

[0067] 图3是在衬底上制造OLED的说明性方法的高级流程图,所述方法包括提供模具的步骤300,形成衬底的步骤310,制造OLED的步骤320,和将模具从衬底和OLED去除的步骤330。图3中所示的方法仅是说明性的并且可以包括额外步骤或更少步骤。

[0068] 步骤300包括提供模具。模具可以具有至少两个功能:i)在之后的方法步骤期间充当支撑物;和ii)在下一步骤中在待形成于模具上的柔性衬底上产生所要表面特征。因此,模具可以经设计以提供所要表面特征。表面特征优选地经设计以从OLED装置高效提取光。

[0069] 模具上的表面特征和衬底材料的组成经设计以在将在下一步骤中形成的衬底的顶部和/或底部表面上产生特征。底部衬底表面特征由于直接模具表面接触而制造,并且可以是球面透镜、非球面透镜、凹槽、棱镜、在底部具有更大尺寸的不规则特征或增强光提取的任何其它形貌特征。顶部衬底表面特征由于底部衬底表面特征的产生和衬底材料的减容组成而制造,并且可以是与底部衬底表面上的特征的弯曲互补的凹陷特征。这对于OLED照明装置是尤其有益的。在一些实施例中,透镜特征可以是围绕垂直于模具的平坦表面的轴径向对称的。球面透镜可以是 $H/R=1$ 的半球面形状,其中H和R是透镜的峰到谷高度和半径(在平面上)。非球面透镜形状可以由多项式,例如二次、三次、抛物线界定。非球面透镜可以经成形以使得透镜高度H超过半径R, $H/R>1$, $H/R>2$ 。

[0070] 在一些实施例中,表面特征的峰到谷高度H应至少与OLED装置的厚度(100nm)相当。在其它实施例中,H应至少与光在其后沉积的OLED装置中产生的衬底中的波长(真空中的波长除以衬底材料的折射率)相当或大于所述波长。举例来说,当衬底的折射率是2.0时,H应至少与200nm相当或200nm以上。因此,在一些实施例中,H可以是400nm或400nm以上。这些最小尺寸是优选的,因为在更小尺寸下,光学特性和耦出可能会不太合乎需要。还可以优选的是具有更大的最小尺寸以帮助在模具上制造表面特征。在所述实施例中,优选的H可以是至少1 μm 、至少5 μm 、至少10 μm 、至少50 μm 或至少100 μm 。H的这些最小值是优选的,因为随着最小值变得更大,变得更容易制造模具特征。但,可以使用与本段中公开的那些不同的最小值,取决于是否权衡光学考虑因素可接受和出于其它考虑因素易于制造。

[0071] 在一些实施例中,表面特征的峰到谷高度H应是至多300 μm ,并且优选地至多100 μm 。在更大H值下,可能会出现不合需要的效应。举例来说,如果使用单一厚涂层,那么可能会形成气泡。虽然这些效应可以通过使用多个涂布步骤或通过材料和方法参数选择而减轻,但此类减轻涉及其自身的权衡。此外,如果总体厚度变得过大,那么柔性可能降低,这对于一些用途可能是不合需要的。

[0072] 在一些实施例中,表面特征可以覆盖区域或形成区域阵列。优选地,相邻表面特征之间的中心到中心侧向距离不超过H值的十倍。

[0073] 表面特征可以规则地或无规地配置。大小可以是均匀或不同的。优选的是表面特征紧密填充在一起,填充因数是至少80%、至少90%或至少95%。此处填充因数定义为表面特征(底表面上的表面特征的突起)所占据的面积比底表面面积的比率。

[0074] 在一些实施例中,模具可以是刚性的。这意味着,模具刚性足够大,能够耐受与基于半导体或标准玻璃的平板显示器制造相关的正常处理而不显著弯曲或变形,即,模具可以易于拾取并且四处移动而不会断裂或显著折弯。这使得所述方法克服了在制造OLED期间保持形成于模具上的衬底平坦的挑战。模具的刚度可以通过计算其弯曲刚度D测定。这定义为将刚性结构折弯到单位曲率所需的力偶。对于均匀弹性材料的薄板,弯曲刚度可以在数学上在方程式(1)中描述为:

$$[0075] \quad D = Et^3/12(1-\mu^2) \quad (1)$$

[0076] 其中D是弯曲刚度(以Nm为单位),E是杨氏模量(以 Nm^{-2} 为单位), μ 是泊松比(Poisson's ratio),并且t是材料的厚度(以m为单位)。这个方程式描述于J.A. 罗格(J.A.Rogers),G.R. 博加特(G.R.Bogart),材料研究杂志(J.Mater.Res.),16(1),217,2001中。板柔性越大,弯曲刚度越低。如果杨氏模量、泊松比和衬底的厚度已知,那么理论上可以计算任何衬底的弯曲刚度。

[0077] 可能难以根据材料性质或根据教科书中提供的数据计算薄膜的弯曲刚度。这对于复合膜或多层膜尤其真实。然而,在对于具体结构进行测量后,弯曲刚度可以容易由本领域的技术人员通过调节例如厚度的参数以可合理预测的方式进行更改。此处,我们集中于测定弯曲刚度的悬臂方法。所需的设备是固定角挠度计。将矩形材料条带在垂直于平台边缘的方向上负载在水平平台上。使条带在其长度方向上延伸,以便增大的部分悬垂并且在其自身重量下向下折弯。当材料条带的尖端已经到达平面、通过平台的边缘并且以 $\theta = 41.5^\circ$ 的角倾斜到水平以下时,悬垂长度L等于试样的折弯长度C的两倍(在 $\theta = 41.5^\circ$ 下, $C = 0.5L$)。

[0078] 折弯长度(以m为单位)由C表示,其中C是弯曲刚度与材料的每单位面积的重量比率的立方根($D=WC^3$),其中W是每单位面积的重量(以 Nm^{-2} 为单位),其对于均匀条带由 $W=\rho tg$ 给出,在数学上在方程式(2)中描述为:

$$[0079] \quad D=WC^3=\rho tgC^3 \quad (2)$$

[0080] 其中 ρ 是密度(以 Kgm^{-3} 为单位), g 是重力加速度($9.81ms^{-2}$),并且 t 是衬底的厚度(以m为单位)。

[0081] 此处,我们使用方程式(1)和(2)两者来测定用于制造柔性电子装置的最佳模具衬底材料/厚度组合。一些实例展示于下表1中。 E 、 μ 和 ρ 是材料性质并且在材料被选择后进行测定。

[0082] 表1

[0083]

	E (GPa)	μ	t (mm)	D	ρ (Kg/m ³)	g (m/s ²)	C (m)
硼硅酸盐玻璃	65	0.2	0.7	2.015969	2230	9.81	0.50871
硼硅酸盐玻璃	65	0.2	0.5	0.734682	2230	9.81	0.406492
不锈钢	200	0.3	0.5	2.515799	8020	9.81	0.399903
不锈钢	200	0.3	0.33	0.723282	8020	9.81	0.303145
不锈钢	200	0.3	0.1	0.020126	8020	9.81	0.136765

[0084] 在平板显示器工业中使用0.7mm或0.5mm玻璃用于显示器制造是惯例。这意味着>0.7Nm的弯曲刚度对于所述方法是足够好的。因此,在一些实施例中,模具具有至少0.7Nm的弯曲刚度。当玻璃用作模具时,可以应用相同的玻璃厚度。

[0085] 当使用不同模具材料时,可以计算材料的厚度以确保实现类似弯曲刚度水平。如上表1中可见,具有0.33mm的厚度的不锈钢箔具有与0.5mm硼硅酸盐玻璃薄片类似的弯曲刚度。另一种决定模具材料的厚度的方式是使用类似折弯长度。类似厚度的不锈钢与玻璃给出类似折弯长度。

[0086] 在一些实施例中,模具具有大于衬底与OLED的组合件的弯曲刚度的弯曲刚度,包括当OLED包括硬涂层时。

[0087] 在一些实施例中,模具可以包括基层和具有表面特征的图样化层。在一些实施例中,基层具有大于图样化层的弯曲刚度的弯曲刚度。

[0088] 模具的材料可以取决于用以形成衬底的材料类型和脱模方法。模具可以由具有适用于所述方法的机械和光学性质的材料制造。所用的模具类型可以取决于所需的表面特征的类型和可用以制造表面特征的方法。如果激光用于使衬底脱模,那么需要透明模具材料,例如玻璃。

[0089] 在一些实施例中,模具可以使用例如机械加工或3D印刷的工艺直接制造。

[0090] 在其它实施例中,模具可以由具有与所要特征相同的形状的母板形成。母板可以使用多种多样的材料制造,所述材料包括传统地用于微型制造的半导体晶片和光致抗蚀剂。在使用母板时,模具本身可以通过将特征从母板转移到模具的多种方法中的任一者制造。举例来说,可以将液体涂覆在母板上,固化以凝固,并且去除。可以使用其它方法,包括本文中所述的由模具形成衬底的那些。

[0091] 模具所需的特征可以使用微机械加工技术直接机械加工到市售铝、硬化钢或不锈钢片上。这些技术可以包括常规CNC机械加工、激光切割和微放电机械加工(μ -EDM)。金属模

具还可以由浸没于电镀浴中的母板电成型。这些模具倾向于由元素金属,例如Ni制成。金属模具还可以用以将特征压印到已经通过暴露于热量或溶剂而软化的塑料薄片。当Si或玻璃用以制造模具时,表面特征可以通过标准半导体加工技术来界定。

[0092] 返回到图3,步骤310可以包括在模具上形成衬底。如本文中所示,术语“在……上”意味着如在从模具移开的方向上测量,在模具的具有表面特征的侧的方向上,即,与模具相距较远。术语在……上打算允许在模具与衬底之间有一或多个中间层。举例来说,在第一层描述为“安置在”或“形成于”第二层“上”时,第一层安置得与模具相距较远。除非规定第一层“与”第二层“接触”,否则在第一层与第二层之间可能存在其它层。举例来说,即使阴极与阳极之间存在各种有机层,阴极仍可以描述为“安置在”阳极“上”。

[0093] 在一些实施例中,步骤310包括将包括减容材料的液体涂层涂覆到模具上,并且加工或固化涂层以在模具上或顶部上形成衬底。在一些实施例中,衬底可以是透明的。在其它实施例中,步骤310包括将固体涂层涂覆到模具上,加热固体以形成熔融物,其中熔融物符合模具的形状,并且冷却熔融物以形成符合模具的固体衬底。在一些实施例中,涂层的材料和厚度产生在未被模具负载时柔性的衬底。举例来说,聚酯衬底可以通过熔融原材料(例如精对苯二甲酸(PTA))并且然后冷却以形成膜而形成。膜的厚度优选是大于表面特征的高度H,并且可以在5 μm 到几百 μm 范围内。在一些实施例中,减容材料可以用于具有形貌特征的模具上,其中最大沉积的材料的区域经历最大减容,由此在所得衬底的顶部表面上产生特定弯曲区域,并且与模具的接触在所得衬底的底部表面上产生特定弯曲区域。

[0094] 如本文中所示,“减容”材料是指一种材料,其可以例如通过固化、干燥、加热、蒸发等经处理以产生相对于在固化之前最初沉积的材料的体积具有减小的体积的固化材料。一种说明性减容材料是溶解于溶剂中的聚合物,但实施例并不限于此。在将溶剂加工、固化或以其它方式蒸发后,剩余材料损失体积并且在模具上形成聚合物涂层。所得聚合物涂层根据底层模具表面轮廓的轮廓线形成光滑层。层的具有最厚涂层材料的部分具有最大的其厚度减小,产生可通过涂布和固化条件控制的表面轮廓。

[0095] 在一些实施例中,衬底在无任何介入层的情况下直接形成于模具上,使得衬底直接接触模具。在其它实施例中,在模具与衬底之间可以存在一或多个介入层,例如脱模层。

[0096] 在一些实施例中,衬底材料的折射率可以与有机发射材料的折射率具有小于0.1或0.2的差异。高折射率(>1.6)对于更佳光提取效率是优选的。最优选的折射率是高于光产生层的折射率的值(>1.7)。

[0097] 步骤320可以包括在衬底上形成OLED,同时使衬底连接到模具。形成OLED的方法将在下文更详细地论述。在一些实施例中,在形成OLED之前,将屏障层涂覆在衬底上。在一些实施例中,在形成OLED之前,可以在衬底上制造总线线路。步骤330可以包括从具有OLED制造于其上的衬底去除模具。可以如下文更详细描述按多种不同方式从模具移开衬底和OLED。

[0098] 根据本发明的一些实施例,可以将衬底制造得在一或两侧上具有弯曲,并且然后将装置构建在衬底上,由此产生更佳光提取。衬底的一侧(称为顶侧)是非平坦的(具有弯曲)但具有光滑表面。这通过在具有形貌特征的模具上浇铸减容衬底材料而进行,其中最大沉积的材料的区域经历最大减容,由此在所得衬底的顶部表面上产生特定弯曲区域,并且与模具的接触在所得衬底的底部表面上产生特定弯曲区域。此新颖衬底可以增强OLED装

置的光提取。

[0099] 返回到图3,步骤300可以包括如上文关于图3所论述提供模具。如例如图6A中所示,这种模具600可以包括一或多个表面特征,例如凹面结构602。如本文中所示,术语“凹面”意味着向内弯曲的表面。举例来说,球面的外部表面是凸面的并且球面的内表面是凹面的。当凹面结构602经成形以在衬底上形成微球时,模具600可以类似于例如空蛋箱。

[0100] 步骤310可以包括在模具上形成衬底。如例如图6B中所示,衬底610可以比凹面结构602的深度更厚,使得衬底610的顶部表面是光滑并且连续的。这可以克服具有具备无规尖峰的粗糙表面的模具的挑战。如果衬底610的顶部表面不够光滑,那么可以在衬底上涂覆平面化层(未展示)。为了帮助防止任何湿气或其它有害气体/化学品迁移到OLED中,可以将屏障层(未展示)沉积在衬底的顶部上。此屏障层还可以在化学品用于以下步骤中时(例如,在光刻工艺中)保护底层衬底层。

[0101] 然而,在衬底的顶侧如图7B中所示是非平坦的(具有弯曲)但具有光滑表面时,可以将减容相符衬底材料705浇铸在具有形貌特征的模具700上,其中最大沉积的材料区域712经历最大减容,由此在所得保形衬底710的顶部表面上产生特定弯曲区域714,并且与模具的接触在所得保形衬底710的底部表面上产生特定弯曲区域。在所说明的实施例中,最大材料的区域712还用以在保形衬底710的底部表面上形成特定弯曲区域,在这种情况下是球面透镜特征,但实施例并不限于此。此新颖保形衬底710可以增强OLED装置的光提取。

[0102] 在图7A和7B中所说明的实施例中,首先将减容材料涂布在模具700的顶部上。一种说明性材料是溶解于溶剂中的聚合物,但实施例并不限于此。在将溶剂加工、固化或以其它方式蒸发后,涂层损失体积并且形成聚合物涂层。所得涂层根据底层模具700表面轮廓的轮廓线形成光滑层。如图7B中所示,层的具有最厚涂层材料的部分具有最大的其厚度减小,产生可通过涂布和固化条件控制的表面轮廓。

[0103] 然后可以在曲面的保形衬底710的顶部上以与图6A-6G中所示的在平坦衬底610的顶部上进行OLED制造实质上相同的方式制造OLED。如下文更详细地描述,可以将OLED制造得包括以下中的一些或全部:屏障层、阳极层、金属总线线路、HIL(空穴注入层)、HTL(空穴输送层)、EML(发射层)、HBL(空穴阻挡层)、EIL(电子注入层)、ETL(电子输送层)和EBL(电子阻挡层)、阴极、阻挡层和保护层。可以在装置制造之后使整个装置堆叠与在两侧上具有弯曲的保形衬底710一起从模具700脱模。还可以使保形衬底710在无装置制造的情况下从模具700脱模以用作单独组件。

[0104] 图6A-6G、7A和7B中的模具600、700具有凹入到减容衬底材料(即,705)中的半球面特征602、702,但实施例并不限于此,并且模具600、700的表面可以是任何形状。图8是另一种模具800的截面视图,其具有半球面特征并且产生在衬底的两侧上具有形貌特征或弯曲的衬底810。图9是另一种模具900的截面视图,其具有正弦函数形状特征,还产生在衬底的两侧上具有形貌特征或弯曲的衬底910。图10是另一种模具1002和1004的截面视图,其具有微孔特征,还产生在衬底的两侧上具有形貌特征或弯曲的衬底1010。

[0105] 使用在两侧上具有弯曲的衬底的益处是提高的光提取。举例来说,当使用尤其具有高折射率的曲面的衬底时,光提取对于衬底模式波导的光可以达到高达100%。本发明的实施例实现类似结果并且提供光滑得多的表面。

[0106] 在另一个实施例中,衬底具有预界定的总体非平面轮廓形状,并且第一有机发光

装置包括符合衬底的预界定的总体非平面轮廓形状的最终轮廓形状。当前OLED装置在其最初形成时是平面的，不包括使用柔性以在后来形成任何所要非平面形状的那些。在本发明的实施例中，衬底可以是任何预界定的总体非平面轮廓形状，例如杆状、立方体状、球状等等。第一有机发光装置构建在衬底上以具有符合衬底的预界定的总体非平面轮廓形状的最终轮廓形状。此类配置存在许多益处。举例来说，在大多数这些情况下，装置的外部区域将大于装置的内部区域。因此，可以将外部区域用以提供“蓝色”色彩，因为较大区域可以补偿寿命损失。还可以将个别装置制造成一个具有多个显示或照明表面的单一装置。举例来说，可以形成球状装置，其可以具有几乎完美的耦出产率。

[0107] 然后可以在曲面的保形衬底710的顶部上制造OLED，或可以使保形衬底710在无装置制造的情况下从模具700脱模以用作单独组件。图4说明了可以用于图3的制造OLED的步骤320中的说明性OLED制造方法321。方法321可以包括涂覆阳极的步骤322，涂覆有机材料的步骤323，涂覆阴极的步骤324，涂覆屏障层的步骤325，和涂覆硬涂层的步骤326。制造方法321仅是说明性的并且可以包括额外步骤或更少步骤。举例来说，其还可以包括在OLED装置100或200中形成存在的层的步骤，但在制造方法321中未加以规定。还可以将步骤的顺序重排。举例来说，如果需要倒转的OLED，例如关于图2描述者，那么可以对步骤322和324重排序。

[0108] 步骤322可以包括在衬底上涂覆阳极。可以使用任何适合方法，包括但不限于溅射、光刻和其它湿式或干式工艺。步骤323可以包括然后在阳极上涂覆有机材料。有机材料可以包括适合材料的一或多个层，包括但不限于HIL（空穴注入层）、HTL（空穴输送层）、EML（发射层）、HBL（空穴阻挡层）、EIL（电子注入层）、ETL（电子输送层）和EBL（电子阻挡层）。有机材料可以使用任何适合方法涂覆，所述方法包括但不限于热蒸发、喷墨印刷、有机气相沉积（OVPD）、通过有机蒸气喷射印刷（OVJP）沉积、旋涂和其它基于溶液的工艺。步骤324可以包括然后在有机材料上涂覆阴极。可以使用任何适合方法，包括但不限于溅射、光刻和其它湿式或干式工艺。

[0109] 步骤325可以包括在OLED上涂覆屏障层以封装OLED。在一些实施例中，屏障层是薄膜，以便OLED是柔性的。屏障层可以包括无机、有机和混杂材料。涂覆工艺可以包括但不限于溅射、等离子体增强化学气相沉积（PECVD）、原子层沉积（ALD）和其它薄膜沉积工艺。步骤326可以包括然后在屏障层上涂覆硬涂层，例如塑料膜，以向OLED提供额外保护。除了提供机械保护层之外，硬涂层可以促进将模具从衬底和OLED装置去除。

[0110] 图5是在衬底上制造柔性OLED的方法的说明性流程图，其可以包括先前关于图3和4描述的步骤中的一或多个者。所述方法可以包括提供模具的步骤500，形成衬底的步骤510，涂覆电极和有机物质的步骤520，涂覆屏障层的步骤530，涂覆第一硬涂层的步骤540，将模具从衬底和OLED去除的步骤550，和涂覆第二硬涂层的步骤560。图5的方法仅是说明性的并且可以包括额外或更少步骤。还可以将步骤的顺序重排。每个步骤的更详细论述连同随附图6A-6G的论述一起在下文中，其说明在图5中概述的方法的每个步骤之后形成的瞬态结构的视图。

[0111] 步骤500可以包括提供模具，并且可以对应于上文关于图3所论述的步骤300。步骤510可以包括在模具上形成衬底，并且可以对应于如上文关于图3所论述的步骤310。在一些实施例中，如例如图6B中所示，衬底610可以比凹面结构602的深度更厚，以便衬底610的顶

部表面是光滑并且连续的。在一些实施例中,如例如图7A和7B中所示,可以将减容衬底材料705浇铸在具有形貌特征的模具700上,其中最大沉积的材料的区域712经历最大减容,由此在所得保形衬底710的顶部表面上产生特定弯曲区域714,并且与模具的接触在所得衬底的底部表面上产生特定弯曲区域。

[0112] 在一些实施例中,保形衬底710的顶部表面上的特定弯曲区域714可以如图12A中所示在形成OLED之前用平面化材料填充,所述平面化材料具有大于或等于衬底的折射率的折射率。在其它实施例中,保形衬底710的顶部表面上的特定弯曲区域714可以如图12B中所示在形成OLED之前用保形涂层或材料填充,所述保形涂层或材料具有大于或等于衬底的折射率的折射率并且维持弯曲区域714的一些形貌。在其它实施例中,保形衬底710的顶部表面上的特定弯曲区域714如图12C中所示在形成OLED之前经金属化以形成凸面镜。此外,为了帮助防止任何湿气或其它有害气体/化学品迁移到OLED中,可以将屏障层(未展示)沉积在保形衬底610、710的顶部上。此屏障层还可以在化学品用于以下步骤中时(例如,在光刻工艺中)保护底层衬底层。

[0113] 步骤520可以包括涂覆电极和有机物质,并且可以对应于上文关于图3所论述的步骤322、323和324。在一些实施例中,如例如图6C中所示,可以形成OLED 620,其包含两个电极622和626,有机材料624夹在电极622与626之间。可以在保形衬底610、710上形成一或多个OLED 620。在一些实施例中,OLED 620可以是底部发射OLED,使得电极622是阳极并且电极626是阴极。在一些实施例中,阳极622是透明的,并且可以根据上文关于步骤322所论述的方法中的任一者涂覆在保形衬底610、710上。在一些实施例中,阳极层622可以经图案化和/或可以包括额外总线线路以帮助分布电流。在所述情况下,阳极层622可以包括用于图案化的绝缘材料和/或用于额外总线线路的额外导电材料。其可以使用标准光刻工艺或其它湿式或干式工艺形成。在形成阳极层622之后,可以根据上文关于步骤323所论述的工艺在阳极层622上形成一或多个有机层624。接着,可以根据上文关于步骤324所论述的工艺在有机层624上形成阴极层626。在一些实施例中,可以在阴极626上沉积额外层。举例来说,可以在阴极626上沉积缓冲层(未展示)。

[0114] 步骤530可以包括涂覆屏障层,并且可以对应于如上文关于图3所论述的步骤325。在一些实施例中,如例如图6D中所示,屏障层630沉积在OLED装置620上并且可以包括氧化物、氮化物、陶瓷或混杂材料。在一些实施例中,屏障层630厚度足够薄,以便OLED装置是柔性的。步骤540可以包括然后涂覆硬涂层,并且可以对应于如上文关于图3所论述的步骤326。在一些实施例中,如例如图6E中所示,硬涂层640可以经由胶层642连接到屏障层630。在一些实施例中,硬涂层640具有屏障性质以防止暴露于环境中的包括湿气、蒸气和/或气体的有害物质。用于硬涂层640的材料可以包括但不限于玻璃、金属箔或经屏障涂布的塑料膜。

[0115] 在一些实施例中,在步骤520、530或540之后,如例如分别图6C-6E中所示,存在瞬态结构,其包括具有表面特征的模具、形成于模具上的衬底和制造于衬底上的OLED。如上文所论述,保形衬底610、710可以是透明的,并且可以具有使得衬底在不存在模具下是柔性的厚度。这种瞬态结构在制造期间存在,并且在一些实施例中可以在执行剩余方法步骤(例如去除模具)之前以此状态装运或储存。

[0116] 步骤550可以包括从衬底和OLED去除模具,并且可以对应于上文关于图3所论述的

步骤330。在一些实施例中，如例如图6F中所示，可以将OLED 620与衬底的组合件650从模具移开。脱模步骤可以使用多种不同方式执行。在一些实施例中，移开包括施加力以将模具从组合件650分离。只要保形衬底610、710与模具600、700之间的粘着性在所有界面之中最弱，衬底就将从模具剥落。

[0117] 在一些实施例中，溶解模具，由此将模具从组合件650去除。举例来说，模具可以通过使用光致抗蚀剂在平坦玻璃片上形成形貌特征而制造。光致抗蚀剂是在光刻工艺中用于图案化目的的标准材料，并且可以易于在之后去除。举例来说，希普利(Shipley)提供的典型正抗蚀剂S1813可以在硬烘烤之前溶解于丙酮中。即使在硬烘烤、例如150°C烘烤之后，S1813仍可以通过希普利提供的光致抗蚀剂移除剂1165在高温下去除。

[0118] 在一些实施例中，可以采取热方法来执行去除。举例来说，可以加热和/或冷却组合件和模具。作为模具与衬底材料的热膨胀的任何不匹配的结果，衬底可以由模具分离。用于模具和衬底的一些材料的热膨胀系数(CTE)值展示于表2中。典型塑性材料具有极大CTE值。当与由低CTE材料(例如，Si、玻璃、不锈钢或钢)制成的模具配对时，塑性材料可以易于通过冷却整个组件，使得塑料收缩得实质上多于模具并且因此将其自身从模具分离，而从模具脱模。

[0119] 举例来说，假定在室温下在模具的顶部上涂覆100 μm 厚衬底涂层。CTE不匹配是约 $50 \times 10^{-6}/\text{K}$ (塑料在玻璃/Si模具上)。当将整个组件冷却20开氏温度(degree Kelvin)时，衬底与模具之间的尺寸改变是 $100 \times 50 \times 10^{-6} \times 20 = 0.1\mu\text{m}$ ，这是显著改变并且可以导致衬底从模具分离。

[0120] 表2

材料	Si	玻璃	不锈钢	典型塑料
CTE (ppm/K)	3	3~9	17	40~70

[0122] 光源也可以用以触发衬底的脱模。紫外、红外或可见光源(包括激光)可以用以局部加热衬底与模具之间的界面。为了促进此方法，可以在形成保形衬底610、710之前在步骤500与510之间沉积吸收光能的脱模涂层(未展示)。氧化物材料(例如 SiO_2 、 Al_2O_3)和透明导电氧化物材料ITO可以用以将光转化为热。涂覆的材料厚度可以在几nm到100nm范围内。

[0123] 在一些实施例中，衬底与模具之间的低粘着性可以通过以下方式实现：使用例如在步骤500与510之间向模具涂覆脱模涂层，来处理模具表面，使得其具有低表面能。低表面能脱模涂层可以包括但不限于氟化聚合物(例如，铁氟龙(Teflon))、硅氧烷或硅酮。在一些实施例中，当模具是Si(例如，氧化Si)或玻璃时，低表面能脱模涂层可以是氟化硅烷。

[0124] 在一些实施例中，液体或气体可以用以将模具从OLED装置与衬底的组合件去除。如图11A到11C中所示，模具600'可以具有多个延伸通过模具的整个厚度的孔洞604。这些或类似孔洞可以提供从模具的背侧接近保形衬底，例如610、710。在去除步骤550期间，液体或气态物质，例如化学品或水(呈液体或气体形式)可以行进通过孔洞并且改变保形衬底610、710与模具之间的界面粘着性以促进将模具从组合件650去除。在其它实施例中，机械力可以施加通过孔洞。此机械力可以例如通过使用固体物质(例如，销)、液体物质(例如，液压液体)或气态物质而施加。使用气体的一个实例可以包括传送高压气体通过孔洞以将保形衬底610、710从模具推开。

[0125] 在一些实施例中，孔洞的尺寸经设定大小以确保其不会过大，以便避免减小有效

透镜表面并且当形成衬底时最小化衬底通过孔洞的渗漏。在一些实施例中孔洞小于每个个别透镜的底面积的10%。举例来说,对于具有5 μ m半径的半球面透镜,孔洞半径应小于1.6 μ m。可以优选的是具有极小孔洞,使得涂层归因于涂布的材料表面张力而不会填充到穿透孔中。对于标准光刻工艺,次微米大小(例如,0.5 μ m)对于紫外光源是可能的。模具的表面可以经处理以促进此工艺。

[0126] 在一些实施例中,在去除模具后,具有OLED制造于其上的衬底是柔性的。举例来说,在一些实施例中,具有OLED制造于其上的衬底可以具有足够低的弯曲刚度,使得衬底可以围绕12英寸直径的辊包覆而不断裂。

[0127] 在一些实施例中,如例如图6F中所示,在去除模具后,衬底包括与模具(从其移开衬底)的表面特征互补或符合模具的表面特征的底部表面特征。举例来说,模具中的球面凹口将在类似半径的衬底上产生互补或相符的球面凸出。如本文中所示,“互补”和“相符”允许例如由具有一定厚度的脱模层的存在和衬底与模具之间的不规则性导致的微小差异。在一些实施例中,衬底上的至少一些表面特征是凸面的。

[0128] 衬底可以进一步包括与衬底底部表面特征互补的衬底顶部表面特征。举例来说,衬底的底部表面上的球面凸出将在类似位置的并且具有基于减容衬底材料的组成的特征的衬底的顶部表面上产生互补球面凹陷。

[0129] 返回到图5,步骤560可以包括在步骤550之后向装置的耦出侧涂覆第二硬涂层以提供额外机械保护和屏障保护。在一些实施例中,如例如图6G中所示,硬涂层660可以涂覆到衬底。玻璃或经屏障涂布的塑料的薄片可以用于硬涂层660。在一些实施例中,硬涂层660可以在两侧上具有抗反射涂层。硬涂层640和660可以通过胶层662连接在一起。在一些实施例中,胶层662是柔性的并且具有屏障性质。干燥材料可以包括于硬涂层640与660之间的组合件内以提供对湿气和氧气的额外防御。

[0130] 在一些实施例中,步骤500到550可以在如例如图18中所示的传送带设备上。站台1到6分别与步骤500到550对应,并且分别与图6A-6F中所示的结构对应。在所述实施例中,柔性模具600、700是优选的。在一些实施例中,模具600、700可以连接到传送带1080,并且随着模具随传送带移动,不同材料将沉积在模具上。在其它实施例中,传送带1080可以是模具600、700。在方法结束时,模具将围绕辊折弯,并且当衬底-模具界面是最弱界面时,衬底与OLED的组合件将从模具剥离。在所述实施例中,模具优选的比衬底与OLED的组合件柔性更大。这是因为硬涂层使得组合件比模具刚性更大。在所述实施例中,模具可以由更薄材料制成,如此其可以围绕传送带的辊折弯。

[0131] 在所述实施例中,对应设备可以包括传送带1080;用以移动传送带的机构,其可以是任何常规传送带驱动构件;和安置在传送带上的柔性模具,其中柔性模具具有表面特征。所述设备还可以沿着传送带路径以相继次序包括以下:连接到衬底材料的来源的分配器;适于处理衬底材料的能源,所述处理包括加工、去除和/或蒸发衬底涂层的溶剂以产生衬底的所要减容;多个连接到用于涂覆构成OLED的组件的材料的来源的分配器;和适于将衬底材料与OLED的组合件从安置在传送带上的模具移开的机构。在一些实施例中,如上文所述,当传送带围绕辊折弯时在衬底从模具剥离时,适于移开组合件的机构可以固定OLED装置。

[0132] 为了在模具上通过减容在保形衬底710的顶部表面上产生凹陷形成,一个实施例

使用与甲苯充分混合的14%重量比的聚(甲基丙烯酸甲酯)。固体与溶剂的混合物可以用磁棒搅拌1小时以产生均质涂层流体。此处所用模具700可以是具有50 μm 直径的倒转半球图案的镍板微透镜模具。脱模剂在涂布之前涂覆到MLA模具表面以确保容易进行衬底脱模。在进行涂布后,可以将经涂布的板加工、固化或加热以去除所要量的溶剂,例如通过将经涂布的板放置在110 $^{\circ}\text{C}$ 下的热表面上30分钟以促进溶剂从衬底中出来。归因于与模具上的倒转MLA特征相关的体积收缩,衬底的顶部表面展现凹陷图案,而衬底的底部表面展现由母板模具复制的微透镜阵列。以上形成操作可以在如图18中所示的传送带设备上进行,并且通过举例的方式提供,并且本发明并不限于此。

[0133] 图16A和16B是保形衬底710的底部表面上的形貌特征或弯曲的SEM图像,并且图17A和17B是衬底的顶部表面上的形貌特征或弯曲的SEM图像。形成于保形衬底710的底部表面上的微特征精确复制模具700的形状。每个微透镜的半球直径是约50 μm ,其中为了清楚起见仅标记一个微透镜。归因于固化工艺中的溶剂蒸发的性质,保形衬底710的顶部表面根据图16A和16B的倒转微透镜表面的弯曲形成图17A和17B的很好排序的凹陷图案。每个凹陷图案的半径小于形成于保形衬底710的底部上的微透镜的半径,其中为了清楚起见仅标记一个凹陷。通过控制溶液中固体的负载比率,可以易于获得多种几何形状的凹陷图案。

[0134] 如上所述,薄的携带微透镜的塑料衬底可以通过将溶解的聚合物膜浇铸在含有微孔图案的模具上而制造。随着溶剂蒸发并且其固化成固体,聚合物膜损失体积。这产生典型地集中在膜或保形衬底710的游离侧上每个微透镜的轴上的凹陷或其它形状。在一个实施例中,凹陷714可以如图12A中所示用具有高折射率的平面化材料或层716填充。图12A是说明可以用平面化材料填充的衬底表面弯曲或凹陷的截面视图,所述平面化材料具有大于或等于衬底的折射率的折射率。

[0135] 形成于浇铸衬底与平面化层之间的此额外非平面折射界面充当内部提取层。射线追迹模拟显示,具有折射率 $n=1.7$ 的微透镜衬底的耦出效率 η_0 可以通过使具有 $n=2.0$ 的材料保形衬底710的装置侧上的凹陷平面化而提高到 $\eta_0=39\%$ 。这与 $\eta_0=33\%$ 比较,其中邻接OLED的平面化涂层具有与衬底匹配的折射率。MLA的邻近间隔是 $R=1$ 中心到中心。微透镜的曲率半径也是 $R=1$ 并且纵横比 $H/R=0.8$,其中 H 是衬底平面上方的微透镜顶端的突出。内部提取层的透镜与外部提取层的透镜同轴,并且具有半径 $r=0.4$ 并且纵横比 $h/r=0.7$,其中 h 是内部提取层特征的突出。为了比较,具有折射率 $n=1.7$ 以及平面装置和空气界面两者的衬底具有耦出效率 $\eta_0=19\%$ 。

[0136] 在一些实施例中,所涂覆的高折射率材料可以不使保形衬底710的装置侧上的凹陷平面化。如图12B中所示,涂布有保形高折射率涂层718的衬底表面的装置侧维持凹陷的保形衬底710的形貌。有机发光装置不需要平坦生长衬底,如此因此可能使发射结构718生长在凹陷的保形衬底710表面上。有机装置层的保形沉积可以使用例如有机气相沉积(OVPD)的技术促进。这种结构的可能优势是装置具有更大发射表面积/横截面积。当与生长在平面化IEL上的装置相比时,其还提供改进的耦出。射线追迹模型化表明,如果如图12B中所示前一情况中的凹陷保形地涂布有具有折射率 $n=2.0$ 的高折射率材料,那么可以实现43%的 η_0 。模拟假定与前一情况相同的衬底710几何形状。在此情况下,安置在OLED的衬底与薄膜层之间的高折射率材料层718是保形涂层而非平面化层。与OLED层相邻的表面具有尺寸与其下面的衬底714上的凹陷相同的凹陷,使得 $r'=0.4$ 并且纵横比 $h'/r'=0.7$ 。保形

涂层718具有2.0的折射率。

[0137] 高折射率层可以具有平面化层716与保形涂层718的形状之间的中间形状。这种涂层使衬底部分平面化,以便OLED沉积表面上的凹陷减小但不消除, $h' < h$ 。这种结构的光学性能是具有平面化层结构的性能与具有保形高折射率层的结构的性能之间的中间性能。这种结构存在制造优势。衬底的整体平面化可能难以实现,而部分平面化可能足以促进OLED材料保形沉积在衬底表面上。

[0138] 由减容材料浇铸的微透镜阵列衬底上存在的凹陷还可以用作包含安置在衬底上的反射器的内部耦出结构的基础。举例来说,如果如图12C中所示保形衬底710的凹陷的部分经金属化,那么当从衬底的携带微透镜712的侧观察时,沉积在凹陷上的反射表面形成凸面镜720。凸面镜不发射光,并且其不由功能OLED表面覆盖,然而,OLED的阴极层可以用作其金属化。来自此结构的光由沉积在平面衬底表面上的OLED层围绕凸面反映的凹陷产生。

[0139] 凸面镜720可以将靠近衬底平面传播通过衬底的光线朝向法线方向重定向。这增加这些光线当其遇到衬底-空气界面时可以耦出的效率。具有半径 $R=1$ 并且纵横比 $H/R=0.8$ 的六边形堆积阵列球面微透镜阵列的耦出效率可以通过在衬底的相对表面上并入与微透镜同轴的凸面镜而从33%增加到59%。假定镜的半径 $r=0.4$ 并且纵横比 $h/r=0.7$,其中 h 是OLED的平面上方的凸面镜顶端的突出。

[0140] 尽管用以形成镜的凹陷可以形成微透镜阵列制造的副产物,但凸面镜阵列不需要微透镜阵列来改进从衬底的耦出。最近邻近间隔 $R=1$ 、半径 $r=0.4$ 并且纵横比 $h/r=0.7$ 的六边形凸面镜阵列可以将衬底的耦出 n_0 从19%增加到33%。如图14中所示,凸面镜耦出器的有效性取决于 h/r 。突出较少的特征(例如 $h/r=0.1$)是低效耦出器,而更高纵横比特征, $h/r > 0.35$ 更有效。对于有和无微透镜阵列的情况两者,最优纵横比是约 $h/r=0.7$ 。

[0141] 如图15中所示,对于既定纵横比,凸面镜阵列的耦出还取决于镜的曲率半径。如果衬底与空气界面是平面,那么越大凸面镜产生越好的耦出效率。在 $h/r=0.7$ 并且 $R=1$ 的六边形凸面微镜阵列的情况下,对于 $R=0.8$ 的镜,可以实现49%的耦出效率。对于相同中心到中心间隔下的更小凸面镜,耦出效率降低,因为其覆盖更少的衬底表面区域并且阵列具有更低填充因数。如果凸面镜阵列与微透镜阵列同轴使用,那么更小曲率半径是优选的。如果微透镜与凸面微镜的半径类似,那么与衬底的前侧与后侧的对应点上的耦出特征成切线的平面几乎与彼此平行。这减小两个耦出表面的有效性,因为衬底从在其内行进的光的角度变得局部平面。对于 $R=1$ 的微透镜阵列,使得 $r=0.4$ 的构型似乎是最优的。

[0142] 耦出通过射线追迹在TracePro(拉姆达研究(Lambda Research),利特顿(Littleton),马萨诸塞州(MA))中模型化。将衬底上的六边形堆积微透镜阵列处理为如图13中所示在四侧在其与邻近晶胞的界面处具有对称边界条件的简单重复晶胞。图13的视图(A)是模拟的衬底的晶胞的平面视图。微透镜712具有半径 $R=1.0$ 。晶胞具有尺寸 1.73×1.0 。长度以无量纲单位表示,因为射线追迹方法与长度尺度无关。

[0143] 图13的视图(B)是模拟的晶胞的截面视图。所有模拟的装置都假定衬底具有折射率 $n=1.7$ 。所有反射表面(包括凸面镜和OLED阴极两者)具有80%的反射率。假定来自发光表面的每个点的光线的角分布在半球上是均匀的,所述半球的底部在所述点与表面成切线。假定来自发光表面的光的强度是空间均匀的。

[0144] 根据本发明的实施例而制造的装置可以并入到各种各样的消费型产品中,包括平

板显示器、照明装置、计算机监视器、医疗监视器、电视机、告示牌、用于内部或外部照明和/或发信号的灯、平视显示器、全透明显示器、柔性显示器、激光印刷机、电话、手机、个人数字助理 (PDA)、膝上型计算机、数码相机、摄录像机、取景器、微显示器、3-D显示器、运载工具、大面积墙壁、剧院或体育馆屏幕,或指示牌。可以使用各种控制机制来控制根据本发明而制造的装置,包括无源矩阵和有源矩阵。意欲将所述装置中的许多装置用于对人类来说舒适的温度范围中,例如18°C到30°C,并且更优选在室温下(20°C到25°C),但可以在此温度范围外(例如-40°C到+80°C)使用。

[0145] 本文所述的材料和结构可以应用于不同于OLED的装置中。举例来说,例如有机太阳能电池和有机光检测器等其它光电子装置可以使用所述材料和结构。更一般来说,例如有机晶体管等有机装置可以使用所述材料和结构。

[0146] 应了解,【具体实施方式】章节而非【发明内容】和【摘要】章节意欲用以解释权利要求书。【发明内容】和【摘要】章节可以阐述本发明的如本发明人预期的一或多个但并非所有说明性实施例,并且因此并不打算以任何方式限制本发明和所附权利要求书。

[0147] 特定实施例的前述描述将充分地揭露本发明的一般性质,使得在不脱离本发明的一般概念的情况下,其它人可以通过应用本领域技术内的知识针对各种应用而易于修改和/或调适此类特定实施例,而无需进行不当实验。因此,基于本文所呈现的教导和指导,此类调适和修改意欲在所公开实施例的等效物的含义和范围内。应理解,本文的措词或术语出于描述而非限制的目的,使得本说明书的术语或措词待由熟练的业内人士按照所述教导和指导进行解译。

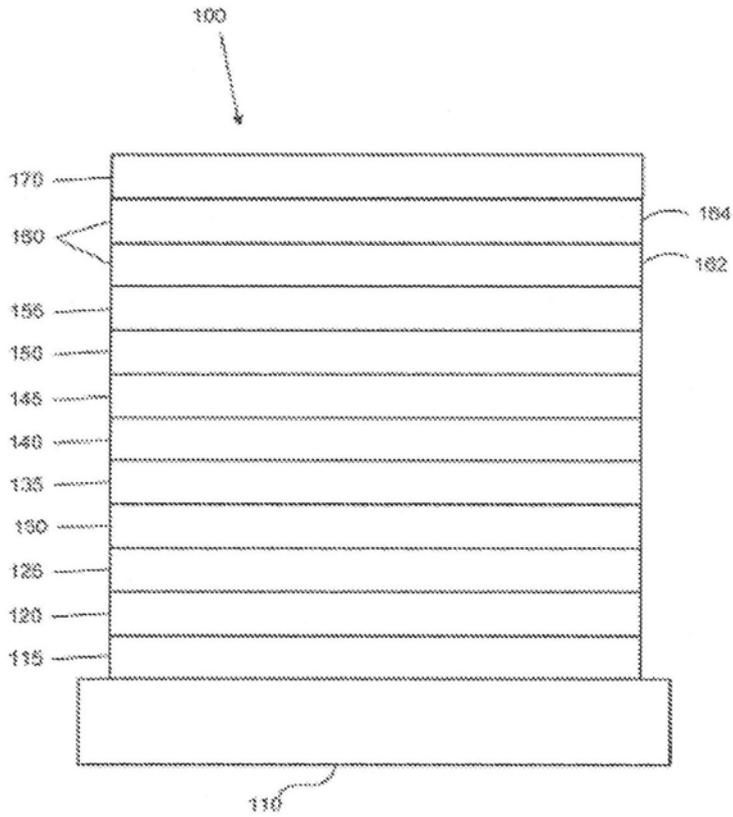


图1

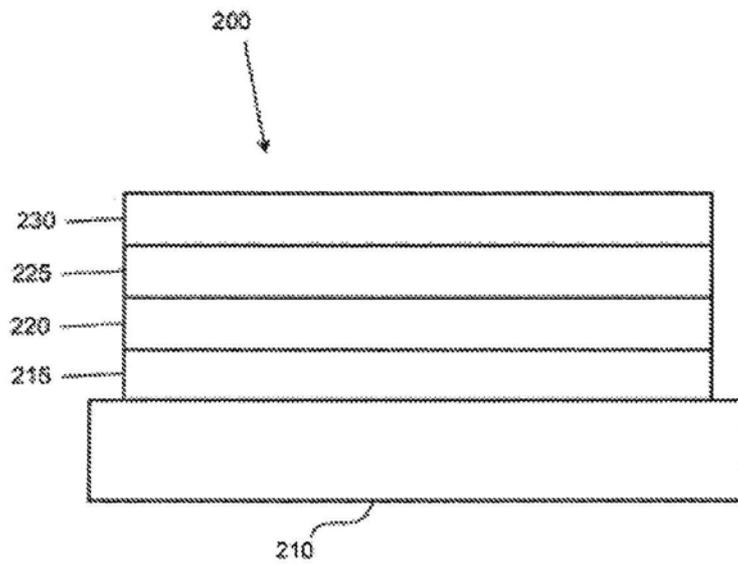


图2

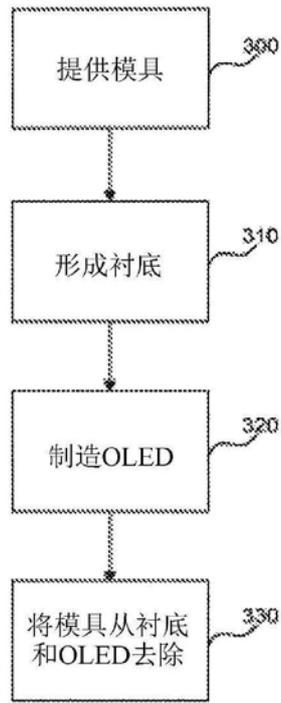


图3

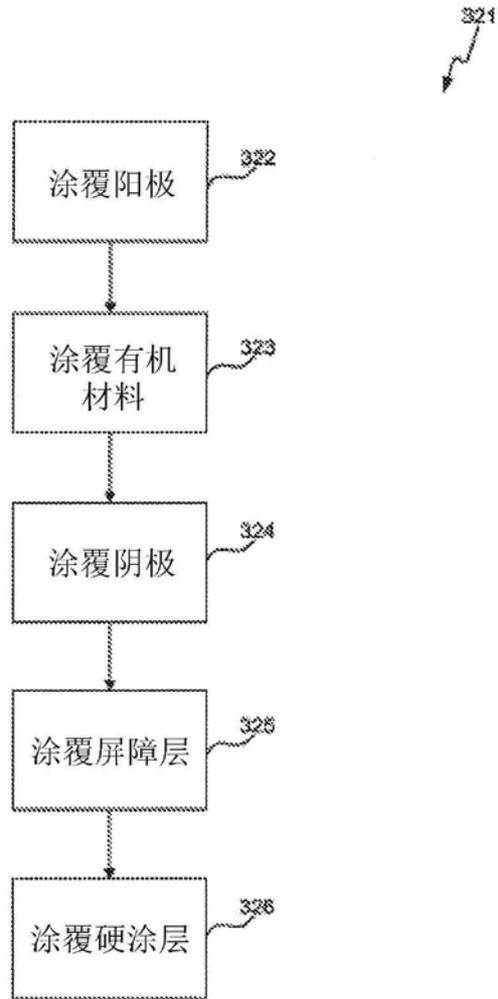


图4

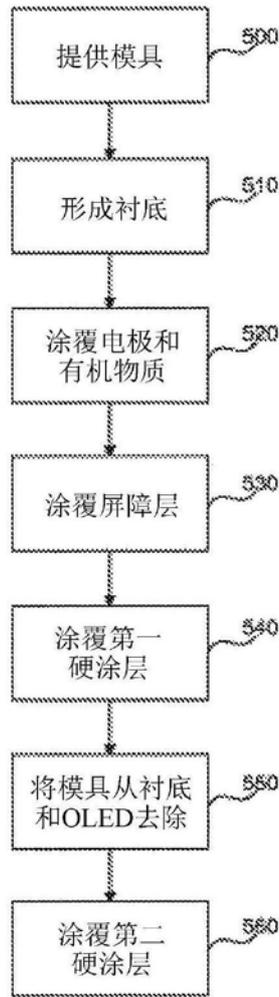


图5



图6A)



图6B)

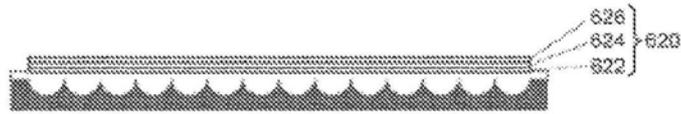


图6C)

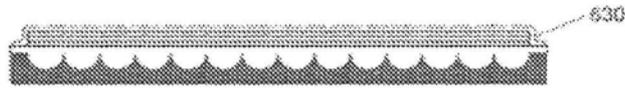


图6D)

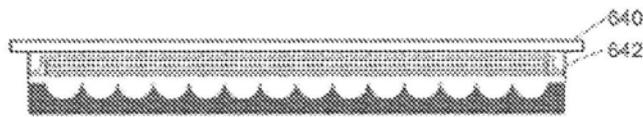


图6E)

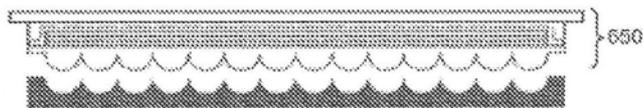


图6F)

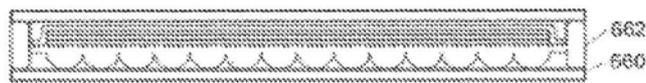


图6G)

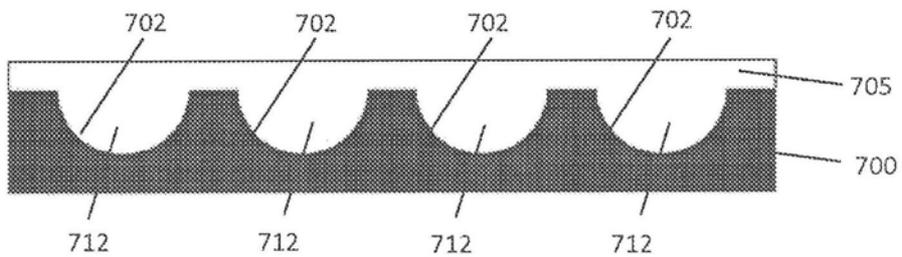


图7A

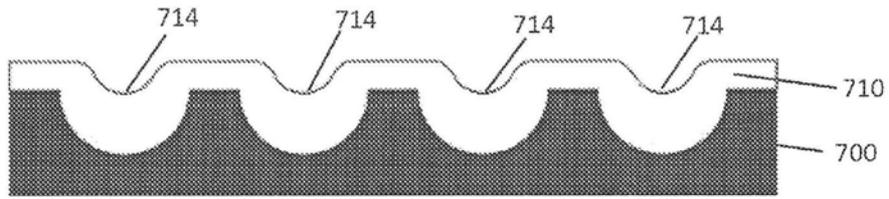


图7B

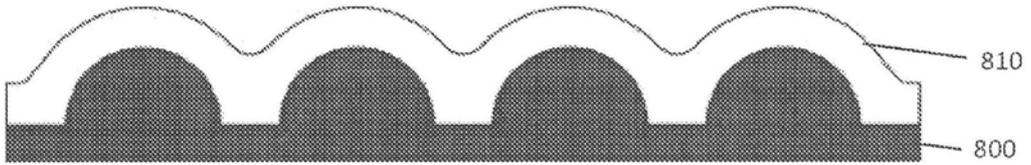


图8

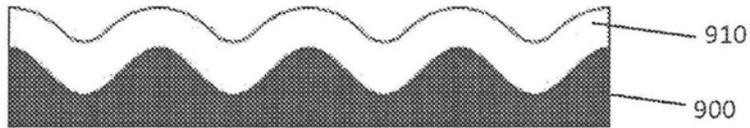


图9

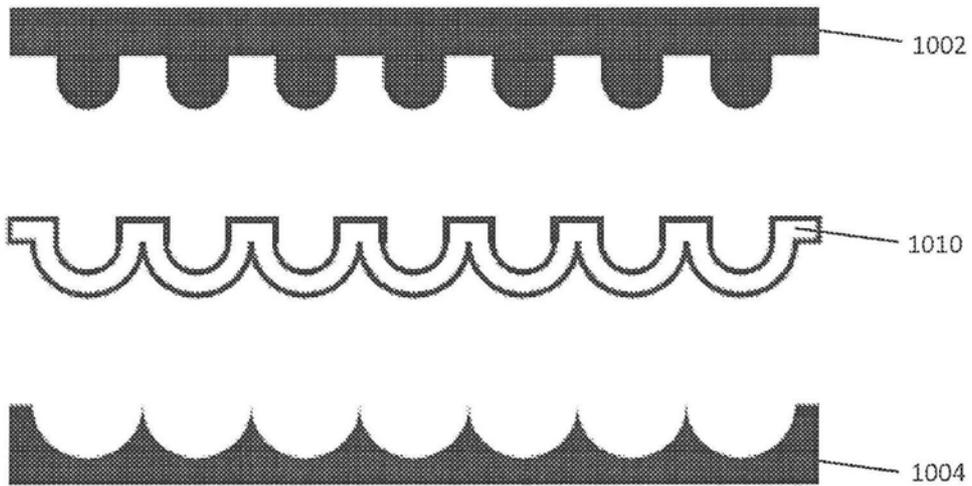


图10

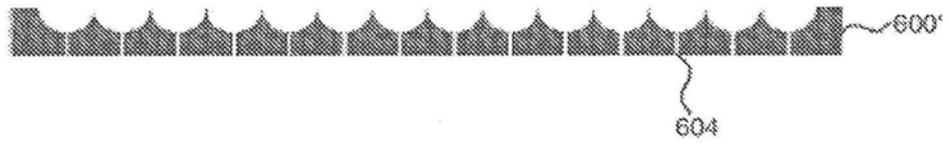


图11A

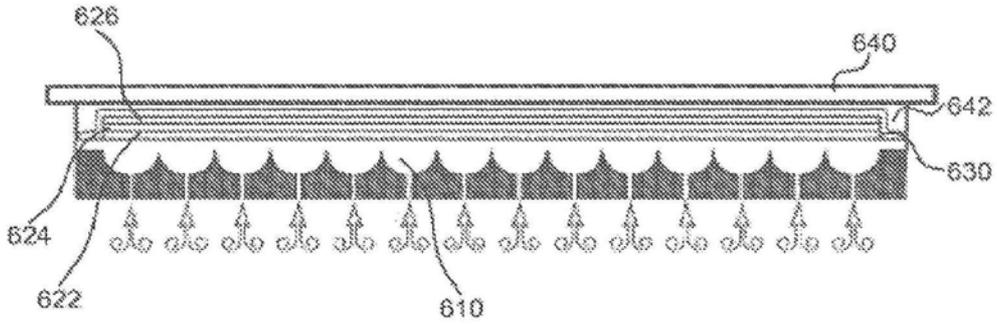


图11B

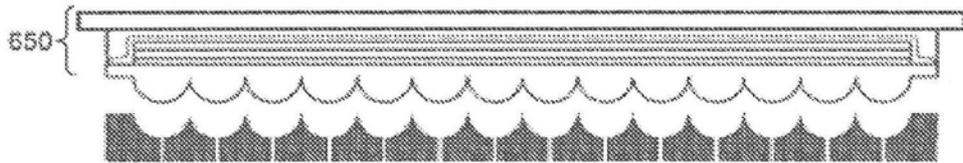


图11C

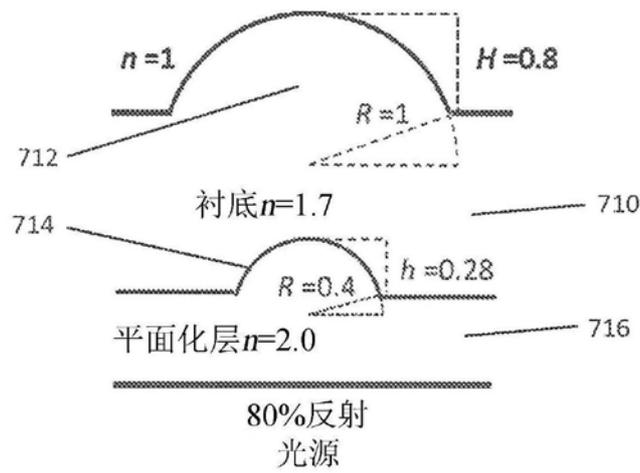


图12A

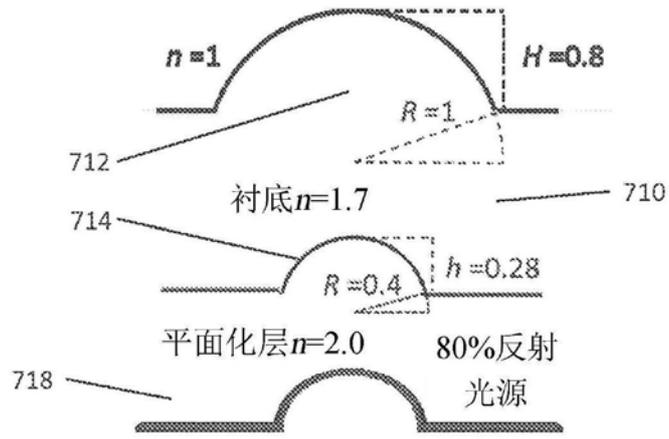


图12B

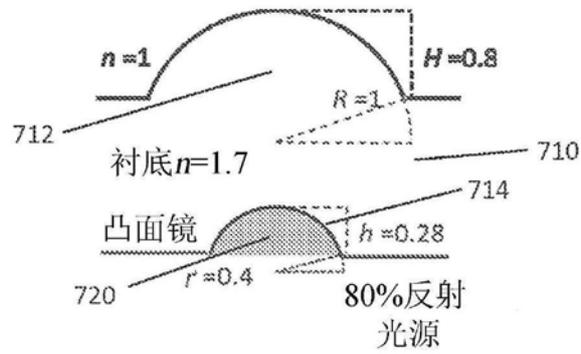


图12C

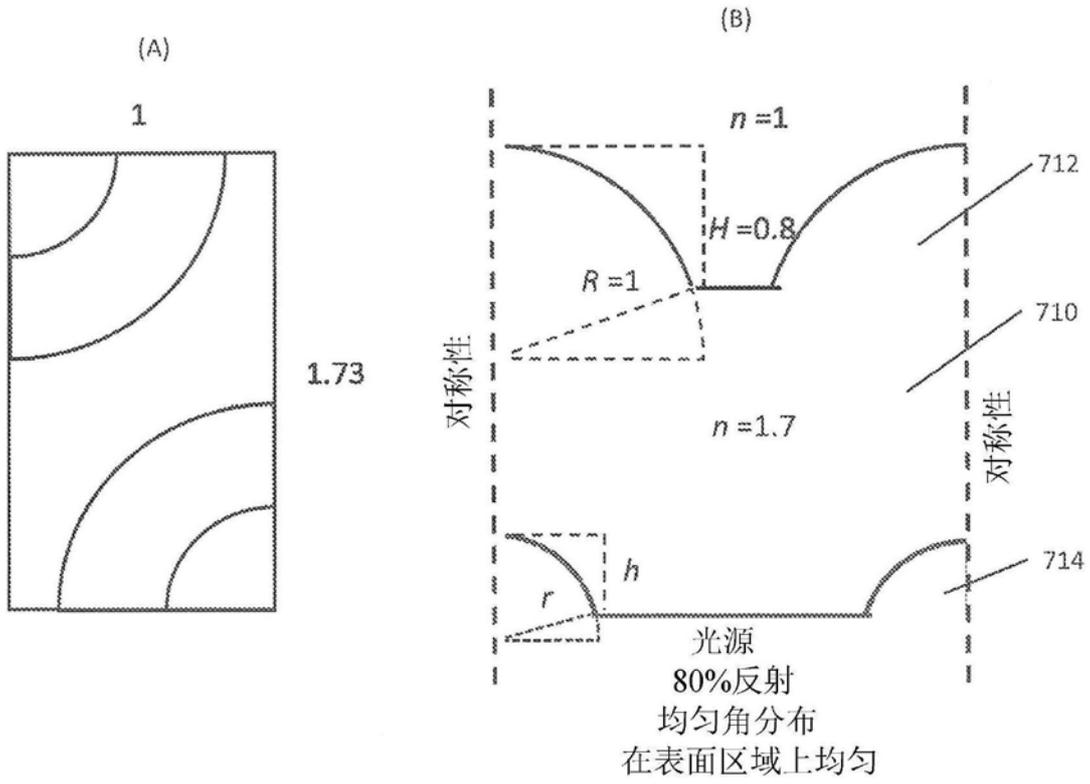


图13

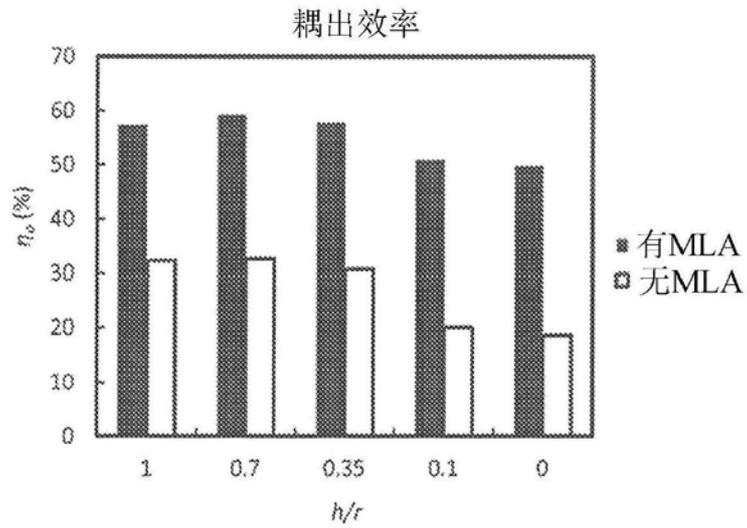


图14

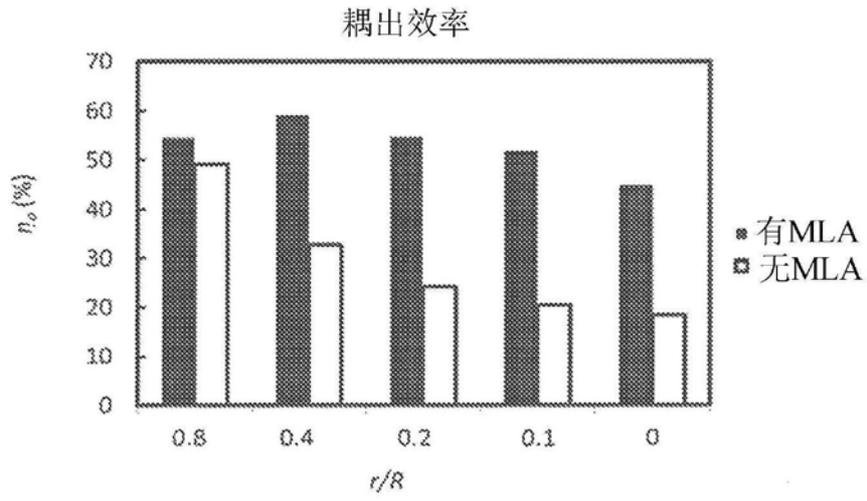


图15

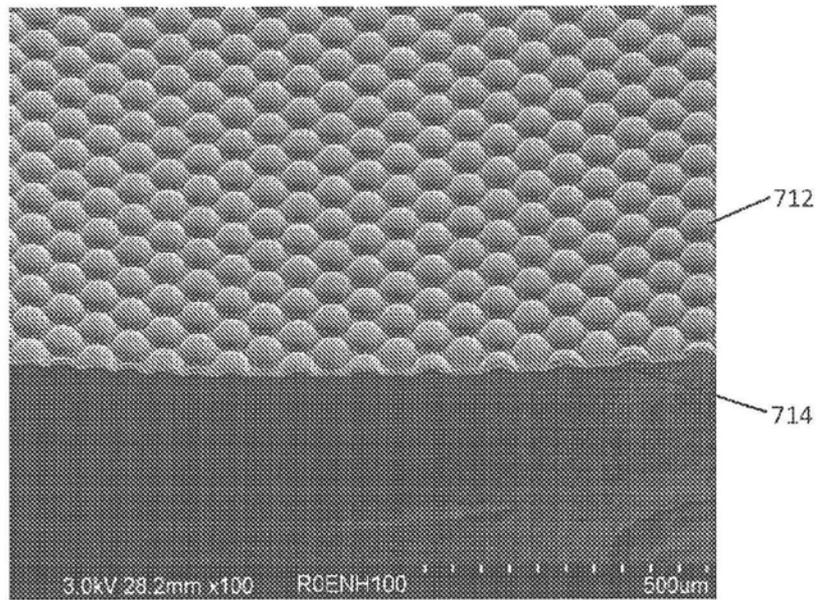


图16A

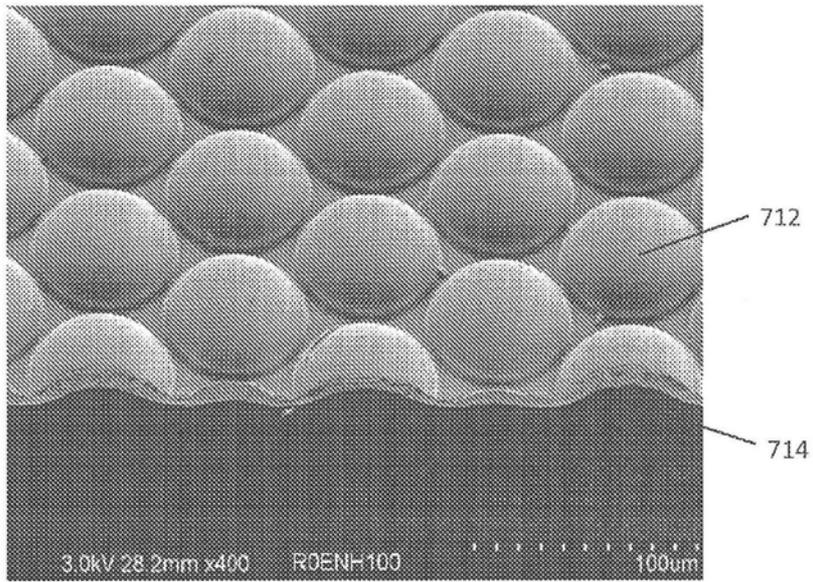


图16B

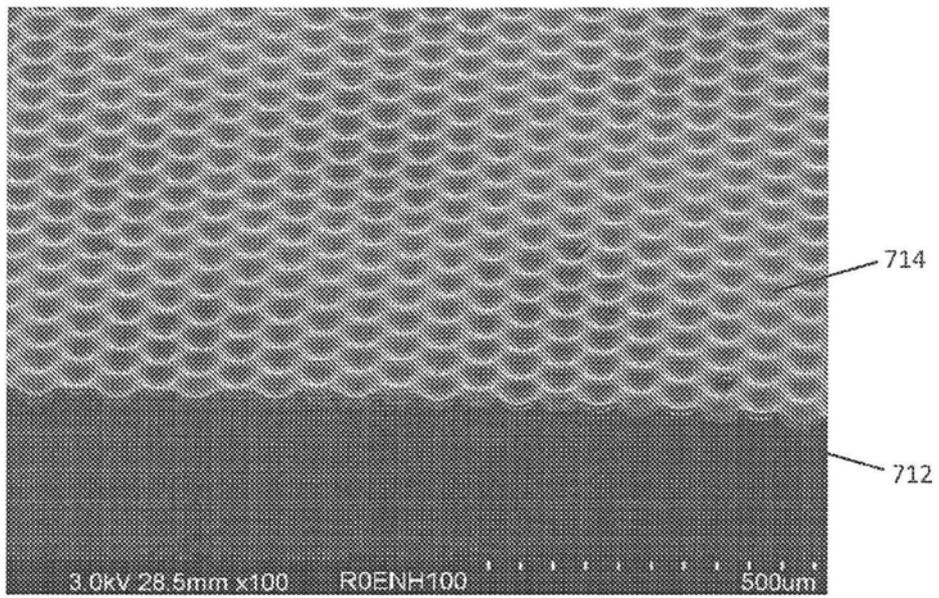


图17A

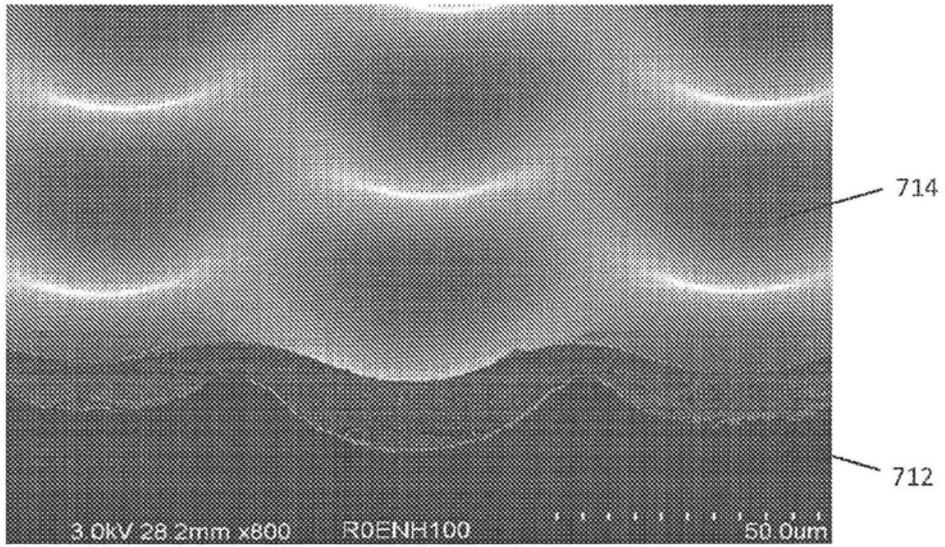


图17B

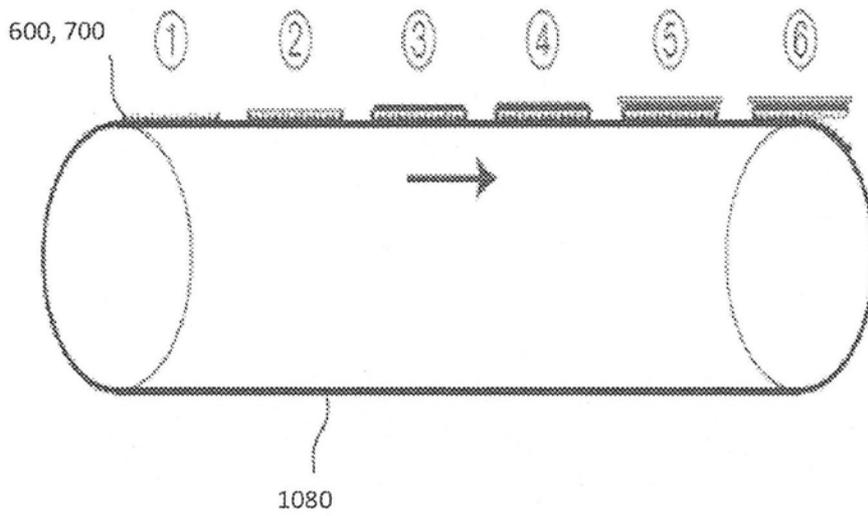


图18