



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103168373 B

(45) 授权公告日 2016. 07. 06

(21) 申请号 201180049986. 6

(22) 申请日 2011. 09. 21

(30) 优先权数据

12/908, 798 2010. 10. 20 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2013. 04. 16

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2011/052453 2011. 09. 21

(87) PCT国际申请的公布数据

W02012/054165 EN 2012. 04. 26

(73) 专利权人 3M 创新有限公司

地址 美国明尼苏达州

(72) 发明人 大卫·斯科特·汤普森

马丁·B·沃克

谢尔盖·A·拉曼斯基

威廉·布雷克·科尔布 郝恩才

张俊颖 维维安·W·琼斯

凯文·R·谢弗 奥德蕾·A·舍曼

杨朝晖 莱斯莉·A·托代罗

(74) 专利代理机构 北京天昊联合知识产权代理有限公司 11112

代理人 顾红霞 彭会

(51) Int. Cl.

H01L 51/50(2006. 01)

H05B 33/22(2006. 01)

(56) 对比文件

US 2009/0015757 A, 2009. 01. 15,

US 2009/0015142 A1, 2009. 01. 15,

CN 1759637 A, 2006. 04. 12,

审查员 陈刚

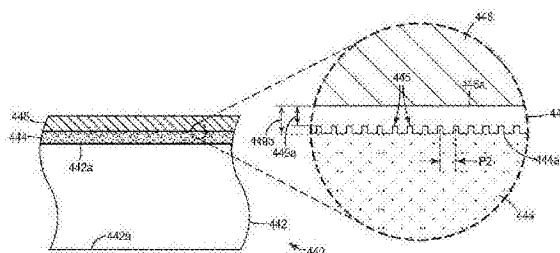
权利要求书1页 说明书38页 附图19页

(54) 发明名称

用于有机发光装置 (OLED) 的光提取膜

(57) 摘要

本发明公开了用于增强从例如底部发射或顶部发射 OLED 的自发射光源的光提取的光学膜。所述提取膜通常包括柔性载体膜和由所述载体膜承载的第一层和第二层。所述第一或第二层具有纳米空隙形态, 并且包含聚合物粘合剂, 并且还可以具有小于 1.35 或 1.3 的折射率。光提取元件的嵌入结构化表面在所述第一层和第二层之间形成。所述光提取元件可以主要是适于设置在所述 OLED 的渐消区内的衍射元件, 或它们可以主要是适于设置在所述渐消区外部的折射元件。提取膜还可以包括第三层, 并且第二嵌入结构化表面可以在第三层与第一层之间形成。



1. 一种用于增强从自发射光源的光提取的光学提取膜,包括:
柔性载体膜;和
由所述柔性载体膜承载的第一层和第二层,所述第一层和第二层在其间限定第一嵌入界面;
其中所述第一嵌入界面形成第一光提取元件的第一结构化表面;
其中所述第一层具有纳米空隙形态并且包含聚合物粘合剂,所述第一层还具有小于1.35的折射率;并且
其中所述第二层具有比所述第一层的折射率大的折射率,
其中所述第一层设置在所述柔性载体膜与所述第二层之间。
2. 根据权利要求1所述的光学提取膜,其中所述第一层具有小于1.3的折射率。
3. 根据权利要求1所述的光学提取膜,其中所述第二层具有大于1.4的折射率。
4. 根据权利要求1所述的光学提取膜,其中所述第一层和第二层之间的折射率差值是至少0.3。
5. 根据权利要求1所述的光学提取膜,其中所述第一层和第二层之间的折射率差值是至少0.4。
6. 根据权利要求1所述的光学提取膜,其中所述第一层和第二层之间的折射率差值是至少0.5。
7. 根据权利要求1所述的光学提取膜,其中所述第一光提取元件足够小并且所述第二层足够薄,以使得当所述光学提取膜与所述自发射光源组合时,所述提取元件的相当大部分被设置在所述自发射光源的渐消区内。
8. 根据权利要求1所述的光学提取膜,其中所述第一光提取元件包括衍射元件。
9. 根据权利要求1所述的光学提取膜,其中所述第一光提取元件具有小于1微米的节距。
10. 根据权利要求1所述的光学提取膜,其中所述第一光提取元件具有大于1微米的节距。
11. 一种装置,包括:
OLED;和
附接于所述OLED的光学提取膜;
其中所述光学提取膜包括柔性载体膜和由所述柔性载体膜承载的第一层和第二层,所述第一层和第二层在其间限定第一嵌入界面,所述第一嵌入界面形成第一光提取元件的第一结构化表面;
其中所述第一层具有纳米空隙形态并且包含聚合物粘合剂,所述第一层还具有小于1.35的折射率;并且
其中所述第二层具有比所述第一层的折射率大的折射率,并且设置在所述第一层与所述OLED之间。

用于有机发光装置(OLED)的光提取膜

技术领域

[0001] 本发明整体涉及具有被定制成适合从固态自发射发光装置中耦合出光从而增加其亮度的结构化表面的光学膜,所述光学膜特别适用于称为有机发光装置(OLED)(有时也称为有机发光二极管)的自发射发光装置。本发明还涉及相关的制品、系统和方法。

背景技术

[0002] 已知有许多种OLED。一些称为“底部发射”OLED,其透过透明基底射出光,所述OLED作于基底上。另一些称为“顶部发射”OLED,其在相反方向即离开基底的方向上射出光,所述OLED制作于基底上。一些OLED被图案化成单独地称为像素(图像元素)的可单独寻址OLED发射器的阵列,或亚像素(组合起来成为像素但可被单独寻址的不同颜色的若干相邻发射器中的一个)的阵列。这类像素化OLED越来越流行地用于数字显示装置,例如用于移动电话和类似的最终用途。与像素化OLED不同,其它的OLED被设计成仅有一个发射区域,该发射区域可以小而狭窄或者大而延展,具体取决于预期应用。

[0003] OLED制造商和设计师关注的问题之一是,OLED由于它们的设计形状奇特而表现出低于理想的效率。OLED或任何其它自发射光源的外在效率可以依据所述装置发射的全部光辐射的功率除以该装置所消耗的总电功率来计算。OLED外在效率是(例如从用于高分辨率显示器中的像素化OLED到用于照明系统中的非像素化OLED)多种不同OLED应用的重要设计参数,这是因为外在效率影响到例如功耗、亮度和寿命等装置特性。多个研究组已经证实,OLED外在效率显著地受制于OLED叠堆自身的活性发光层内(由于高折射率有机层和铟锡氧化物内的波导模式)、中间折射率基底内和最终由于阴极(阳极)金属的表面等离子体激元的激子淬灭的光学损失。在表现出最大可能的内部效率(即100%内部效率)的OLED装置中,所产生的光辐射中的约75-80%由于以上提及的损失而内部耗散,从而导致外在效率相应降低。如果包括额外的光学元件(例如滤色器或圆偏振器)作为OLED装置的元件,则这类元件会产生附加的光学损失并导致甚至更低的外在效率。

[0004] 已经提出了一些用以增强从OLED装置的光提取的光学膜。关于这方面,可参考美国专利申请公开US2009/0015142(Potts等人)、US2009/0015757(Potts等人)和US2010/0110551(Lamansky等人)。

发明内容

[0005] 我们已开发了新的光学膜系列,所述光学膜系列可以与OLED和其它自发射光源组合使用来从这类装置提取光,以增加所发射的光并且降低损失。本发明所公开的光学提取膜与各种类型的OLED组合特别有效。一些本发明所公开的提取膜被设计成通过减少损失为波导模式的光量来增强光提取。一些提取膜被设计成通过减少在OLED的最外表面或边界处被全内反射的光量来增强光提取。一些提取膜被设计成通过减少这两种类型的损失机制来增强光提取。

[0006] 本发明所公开的光学膜可用于增强来从自发射光源(例如底部发射或顶部发射

OLED)的光提取。所述提取膜通常包括柔性载体膜和由所述载体膜承载的第一层和第二层。所述第一或第二层可以具有纳米空隙形态,可以包括聚合物粘合剂,并且还可以具有小于1.35或1.3的折射率。光提取元件的嵌入结构化表面在第一层和第二层之间形成。光提取元件可以主要是适于设置在OLED的渐消区内的衍射元件,或它们可以主要是可设置在渐消区外的折射元件。提取膜还可以包括第三层,并且第二嵌入结构化表面可以在第三层与第一层之间形成。

[0007] 本专利申请还特别公开了包括柔性载体膜和由所述载体膜承载的第一层和第二层的光学提取膜。第一层和第二层在其间限定第一嵌入界面,所述第一嵌入界面形成第一光提取元件的第一结构化表面。第一层具有纳米空隙形态并且包含聚合物粘合剂,第一层还优选地具有小于1.35的折射率。第二层具有比第一层的折射率大的折射率。

[0008] 在一些情况下,第一层可以具有小于1.3的折射率。在一些情况下,第二层可以具有大于1.4的折射率。在一些情况下,第一层和第二层之间的折射率差值是至少0.3或至少0.4或至少0.5。在一些情况下,第一层可被设置在载体膜与第二层之间。在一些情况下,第一光提取元件足够小并且第二层足够薄,以使得当提取膜与自发射光源组合时,提取元件的相当大部分被布置在自发射光源的渐消区内。在一些情况下,第一光提取元件可以包括衍射元件。在一些情况下,第一光提取元件可以具有小于1微米的节距。在一些情况下,第一光提取元件可以具有大于1微米的节距。在一些情况下,第一光提取元件可以包括折射元件。在一些实施例中,第一光提取元件可以有接合区与之相联,并且所述接合区可以具有小于50微米的厚度。在一些情况下,接合区厚度可以小于25微米。在其它情况下,第一光提取元件可以没有接合区。在一些情况下,第二层可以包括透光的粘弹性材料。在一些情况下,膜还可包括覆盖第二层的与第一结构化表面相对的主表面的防粘衬片。

[0009] 在一些情况下,提取膜可以适合附着于与提取膜分开制作的自发射光源。在一些情况下,提取膜可适合用作可以在其上制作自发射光源的基底。在一些情况下,载体膜可以具有使其适于用作卷对卷加工中的自立式支承膜的物理特性。在一些情况下,第一层和第二层可以都不具有使其适于用作卷对卷加工中的自立式支承膜的物理特性。

[0010] 在一些情况下,提取膜还可包括由载体膜承载的第三层,第一层和第三层在其间限定第二嵌入界面,并且第二嵌入界面可以形成第二光提取元件的第二结构化表面。在一些情况下,第一光提取元件可以具有小于1微米的节距,并且第二光提取元件可以具有大于1微米的节距。在一些情况下,当提取膜与自发射光源组合时,第一光提取元件的相当大部分可以适合于被布置在自发射光源的渐消区内。在一些情况下,第二光提取元件可以有接合区与之相联,并且所述接合区可以具有小于50微米的厚度。在一些情况下,接合区厚度可以小于25微米。在一些情况下,自发射光源可以包括OLED。在一些情况下,提取膜可以与自发射光源组合,并且第一层和第二层可被设置在柔性载体膜与自发射光源之间。

[0011] 我们还公开了包括OLED和附接于该OLED的光学提取膜的装置。光学提取膜可以包括柔性载体膜和由所述载体膜承载的第一层和第二层,第一层和第二层在其间限定第一嵌入界面,所述第一嵌入界面形成第一光提取元件的第一结构化表面。第一层可以具有纳米空隙形态并包含聚合物粘合剂,并且还可以具有小于1.35的折射率。第二层也可以具有比第一层的折射率大的折射率,并且可被设置在第一层与OLED之间。在一些情况下,高折射率区域与OLED相联,所述高折射率区域包括至少一个有机光产生层和至少一个透明电极层,

并且第一光提取元件的相当大部分可被设置在高折射率区域的渐消区内。在一些情况下,至少一个透明电极层可以为光学提取膜的一部分。在一些情况下,第一光提取元件可以包括折射元件并且具有大于1微米的节距。在一些情况下,第一光提取元件可以有接合区与之相联,并且所述接合区可以具有小于50微米的厚度。在一些情况下,所述接合区可以具有小于25微米的厚度。

[0012] 本发明还讨论了相关方法、系统和制品。

[0013] 本专利申请的这些和其它方面将从以下具体实施方式中显而易见。然而,在任何情况下都不应将上述发明内容理解是对要求保护的主题的限制,所述主题仅由所附权利要求书限定,并且在审查期间可能进行修改。

附图说明

[0014] 图1是一般化的OLED光源的示意性侧视图或剖视图;

[0015] 图2是形成回填的纳米空隙微结构化制品的示例性工序的示意图;

[0016] 图3是纳米空隙微结构化层的一部分的示意性侧正视图;

[0017] 图3a是第一纳米空隙层与第二层之间的界面的一部分的示意性剖视图,展示了第二层与第一层的相互穿透;

[0018] 图4a-4c是可以用于顶部发射OLED的光学提取膜的示意性侧视图或剖视图;

[0019] 图5a是展示三种不同光学提取膜中的任何一者如何被附加到顶部发射OLED上的示意性侧视图或剖视图;

[0020] 图5b是展示特定的光学提取膜如何被附加到顶部发射OLED上的示意性侧视图或剖视图;

[0021] 图5c是其中顶部发射OLED已经与特定的光学提取膜组合的光学装置的示意性侧视图或剖视图;

[0022] 图6a-6c是可以用于底部发射OLED的光学提取膜的示意性侧视图或剖视图;

[0023] 图7a是展示三种不同光学提取膜中的任何一者如何可被用作可以在上面形成底部发射OLED的基底的示意性侧视图或剖视图;

[0024] 图7b是其中底部发射OLED已在特定光学提取膜上形成的光学装置的示意性侧视图或剖视图;

[0025] 图8是代表性的像素化OLED装置的示意性俯视图;

[0026] 图9a是将普通光学提取膜附着在像素化顶部发射OLED上而形成的装置的示意性侧视图或剖视图;

[0027] 图9b是将本文所公开的光学提取膜附着在像素化顶部发射OLED上而形成的装置的示意性侧视图或剖视图;

[0028] 图10a是展示如何限定圆弧的图解,并且图10b是展示如何使用所限定的弧来限定可用作提取元件的三维子弹形形状的图解,并且图10c是展示具有包括所述提取元件的阵列的结构化表面的加工材料的俯视图的显微图;

[0029] 图11a是比较特定的顶部发射OLED的实际测量色差与其中光学提取膜被附着在相同的OLED上的模仿装置的计算色差的曲线图;

[0030] 图11b和11c与图11a的曲线图类似,但针对OLED上附着不同的光学提取膜的模仿

装置；

[0031] 图12是展示切入铜基底内的结构化表面的透视图的SEM照片；

[0032] 图13a是比较具有如本文所公开的光学提取膜的OLED装置的总增益与两种其它OLED装置的总增益的曲线图；和

[0033] 图13b是比较具有如本文所公开的光学提取膜的OLED装置(见图9a)的轴向增益与两种其它OLED装置的轴向增益的曲线图；

[0034] 在这些图中,类似的附图标号标明类似的元件。

具体实施方式

[0035] 图1以超简化的示意性方式示出OLED100的一个实施例的一部分。OLED100可以为底部发射或顶部发射OLED,它包括夹在两个光学厚层112、114之间的薄发射区域110。层112、114可以充当阻挡层以使水蒸气和氧气远离发射区域110,并且层112、114之一可以充当在上面生长、沉积或层合OLED100的其他元件的基底。在替代性实施例中,厚层112、114之一可以被省略或代之以惰性气体或真空。发射区域110可以包括一个或多个被定制成可响应所施加的电流或电场而发射所需波长的光的常规有机层。所施加的电流可以由电极提供,所述电极的主表面可以与发射区域的外表面110a、110b重合。至少一个电极(例如设于表面110a的电极)是透明的。电极和有机发射层通常由折射率显著大于约1.5的材料制成。举例来说,由铟锡氧化物(ITO)制成的透明电极具有约1.8的折射率,并且典型的光发射有机材料可以具有在从1.6到1.8范围内的折射率。除具有相对较高的折射率以外,发射区域通常还非常薄,例如接近可见光波长或更薄。举例来说,ITO电极层可以具有接近约150nm的厚度,并且发射有机层可以具有接近约100nm的厚度,当然也可以用其它厚度。

[0036] 与发射区域形成对比,层112、114不仅是光学厚的,即具有显著大于可见光波长的厚度,而且它们还具有比发射区域110的折射率小的折射率。举例来说,层112、114可以包括折射率接近1.5的玻璃或塑料。因此,薄发射区域110能够以一种或多种波导模式(在图1中一般性示出为波导电磁场116)截留由有机材料发射的一些光。当施加电流以向发射区域110中的有机材料供应能量时,光在所有方向上发射。这种光中的一些(由光线115表示)在允许光折射到层112或114中并且逸出发射区域110的方向上传播。另一部分的发射光成为被截留在高折射率区域110中,沿着那个区域以一种或多种由场116表示的波导模式传播。场116通常具有随距离边界或表面110a、110b的距离的变化呈指数式衰减的场强,衰减的细节取决于例如以下的因素:区域110与相邻光学厚层112或114之间的折射率差值以及在不只一个模式被支持时的特定波导模式。区域110外部的场116的指数式衰减部分称为渐逝波。在大多数实际情况下,渐逝波可被视为仅存在于发射区域110的非常短的距离内,例如层112或114与区域110的相应外表面相邻的边界区域中,并且所述边界区域的厚度可以接近可见光波长,例如接近1微米或更薄,或者在光学厚层的折射率较接近于高折射率区域的折射率时可以略厚。

[0037] 在逸出发射区域110的光115中,那种光中的一些沿着偏离OLED110的厚度轴或光轴的方向行进,所偏离的角度小得足以使光被折射出层112。所述光因此能够逸出OLED100进入到周围空气介质(注意,图1的“空气”介质可以为指标准大气或真空或合适的惰性气体中的任何一者)中并且最终到达观察者120或其它光学组件。光线115a和115b是这种逸出光

的示例。光线115a以一角度 θ_1 撞击外表面112a处的空气界面,所述角度小得足以使光被折射出OLED装置进入到周围空气介质中。光线115b以一角度 θ_2 撞击空气界面,所述角度大于 θ_1 并且接近于层112的临界角但仍然略小于临界角,以使得所折射的光以接近掠射角离开而进入周围空气介质。如果随着此过程来看光线115c,则可见到逸出发射区域110的光115中有一些沿着偏离OLED100的厚度轴或光轴的方向行进,所偏离的角度太大以至于不能被折射出层112。因此,光线115c以一角度 θ_3 撞击空气界面,所述角度大于层112的临界角,因此使得光线115c在表面112处全内反射并且被捕获在OLED100内。

[0038] 我们因此看到,光可以通过两种方式中的一种被截留在OLED装置100内:通过与发射区域110相关联的波导模式,以及通过在装置的空气界面112a处的全内反射(TIR)。在这两种情况下,被截留的光通常最终都被吸收,并且导致OLED100的亮度减小、效率降低并且损失增加。我们将与被截留在发射区域中的光相关的损失称为波导损失,并且将与通过TIR在OLED的外表面被截留的光相关的损失称为基底损失。OLED的损失机制的进一步讨论可以在Lu等人,“Optimization of external coupling and light emission in organic light-emitting devices:modeling and experiment(有机发光装置中的外部耦合和光发射的最优化:建模和实验)”,91J.Appl.Phys.(91应用物理杂志)(2002年1月15日),第595-604页中找到。

[0039] 纳米空隙层

[0040] 本文所公开的示例性光学提取膜包括至少一个纳米空隙层。纳米空隙层可以包括分散在粘合剂中的多个互连空隙或空隙网络。多个空隙或空隙网络中的至少一些空隙通过中空隧道或中空隧道状通道彼此连接。空隙优选地以足够大的体积分数占据层,但单独地具有足够小尺寸,以使得纳米空隙层的行为在光学上类似于具有非常低折射率(例如小于1.35或小于1.3)的材料。这样的层特别有利于用于如下文更充分说明的光学提取膜。在一些情况下,纳米空隙层可表现出(例如)从1.15到1.35或从1.15到1.3的范围内的折射率。纳米空隙层优选地具有至少一个微结构化的主表面,即特意制成具有带浮雕特征的不光滑或不平坦表面,其中浮雕特征的至少一个维度为小于1毫米,并且在一些情况下,至少一个维度可以在从50纳米到500微米或从50纳米到100微米或从50纳米到1微米的范围内。

[0041] 结合图2和图3,描述了加工纳米空隙层的示例性方法,以及所述层可以呈现的特征和特性。有关合适的纳米空隙层及其制造的更多细节可以在与本文同一天提交并且以全文引用的方式并入本文中的名称为“Optical Films With Microstructured Low Refractive Index Nanovoided Layers and Methods Therefor(具有微结构化低折射率纳米空隙层的光学膜和其制造方法)”的共同转让的美国专利申请XXX(代理人档案号66015US005)中找到。

[0042] 首先参照图2,可以看到形成回填的纳米空隙微结构化制品250的示例性工序220和制造所述制品的相应系统。工序220包括将涂层溶液215配置在基底216上。基底216优选地是由聚合物和/或其它合适的材料制成的柔性膜,所述膜具有使其适于用作卷对卷加工系统(例如图2中所示的系统)中的自立式支承膜或载体膜的厚度、组成和其它物理特性。通常,这种基底或载体膜如果由常规透光聚合物材料制成,则其物理厚度为至少0.002英寸(约50微米),以便具有足够的强度以供退绕,在卷对卷加工系统中处理,并且再次卷绕或经受一种或多种转换操作(例如,切割或分离成单片或单件)而没有过多非预期的拉伸、卷曲

或翘曲。

[0043] 在一些情况下,可以使用模头214(例如槽式涂布机模头)来涂覆涂层溶液215。涂层溶液215包含可聚合材料和溶剂。然后,所述工序包括220包括在涂层溶液215与微复制工具212接触而形成微结构化层230的同时,使可聚合材料聚合。然后,例如通过烘箱235从微结构化层230中去除溶剂以形成纳米空隙微结构化制品240。然后,所述工序220包括将聚合物材料245配置在纳米空隙微结构化制品240上以形成回填的纳米空隙微结构化制品250。可以使用模头244(例如槽式涂布机模头)或通过其它合适的装置来涂覆聚合物材料245。或者可以将聚合物材料245层合到纳米空隙微结构化制品240上以形成纳米空隙微结构化制品250。

[0044] 微复制工具212可以是任何可用的微复制工具。微复制工具212被示为辊,其中微复制表面位于辊的外面。还可以设想,微复制装置可以包括光滑的辊,其中微复制工具是基底216的接触涂层溶液215的结构化表面。所示出的微复制工具212包括压料辊221和引出辊222。固化源225(例如一组UV灯)被示为朝向基底216和涂层溶液215,同时涂层溶液215与微复制工具212接触而形成微结构化层230。在一些实施例中,基底216能够透过固化光到涂层溶液215以使涂层溶液215固化并且形成微结构化层230。在其它实施例中,固化源225是热源并且涂层溶液215包含热固化材料。固化源225可以如所示设置或设置在微复制工具212内。当固化源225设置在微复制工具212内时,微复制工具212能够透光到涂层溶液215以使涂层溶液215固化并且形成微结构化层230。

[0045] 形成纳米空隙微结构化制品的工艺可以包括另外的处理步骤,例如后固化或进一步的聚合步骤。在一些情况下,在溶剂去除步骤之后,对纳米空隙微结构化制品应用后固化步骤。在一些实施例中,这些工艺可以包括在制备基于卷材的材料中常见的另外的处理设备,包括(例如)惰辊、张紧辊、操纵机构、表面处理机(例如电晕或火焰处理机)、层合辊等等。在一些情况下,这些工艺可以用不同的卷材路径、涂布技术、聚合设备、聚合设备位置、干燥炉、调节工段等等,并且所描述工段中的一些为可选的。在一些情况下,这些工艺的一个、一些或所有步骤可以作为“卷对卷”工艺进行,其中使至少一个基底卷通过基本上连续的工艺,并在另一个卷上结束,或通过制片、层合、切割等进行转换。

[0046] 现在参照图3,我们看到纳米空隙微结构化层300的一部分的示意性正视图。虽然纳米空隙微结构化层300被示为具有两个平整的外表面330、332,但应理解,外表面330、332中的至少一者被微结构化而形成浮雕特征或提取特征,本文将就此进一步讨论。

[0047] 示例性纳米空隙微结构化层300包括分散在粘合剂310中的多个互连空隙或空隙网络320。多个空隙或空隙网络中的至少一些空隙通过中空隧道或中空隧道状通道彼此连接。互连的空隙可以为溶剂互连块体的残留物,所述溶剂互连块体形成了最初涂布的膜的一部分,并且在可聚合材料固化之后,通过烘箱或其它装置从所述膜中驱除。空隙网络320可被视为包括如图3中所示的互连空隙或孔320A-320C。这些空隙不必完全不含物质和/或颗粒。举例来说,在一些情况下,空隙可以包括一个或多个小纤维状或线丝状物体,所述物体包括(例如)粘合剂和/或纳米粒子。本发明所公开的一些纳米空隙微结构化层包括多组互连空隙或多个空隙网络,其中每组互连空隙或空隙网络中的空隙都是互连的。在一些情况下,除了许多的多个或多组互连空隙以外,纳米空隙微结构化层还可以包括多个闭合或不连接的空隙,即,这些空隙不通过隧道连接到其它空隙。在空隙网络320形成从纳米空隙

层300的第一主表面330延伸到相对的第二主表面332的一个或多个通道的情况下,层300可以被描述为多孔层。

[0048] 一些空隙可以存在于纳米空隙微结构化层的表面或使所述表面间断,并且可被视为表面空隙。举例来说,在示例性纳米空隙微结构化层300中,空隙320D和320E存在于纳米空隙微结构化层的第二主表面332上并且可被视为表面空隙320D和320E,而空隙320F和320G存在于纳米空隙微结构化层的第一主表面330上并且可被视为表面空隙320F和320G。一些空隙(例如空隙320B和320C)被设置在光学膜的内部并且远离光学膜的外表面,并且因此可被视为内部空隙320B和320C,即便如此,内部空隙也可通过一个或多个其它空隙连接到主表面。

[0049] 空隙320的尺寸d1一般可以通过选择合适的组成和制造(例如涂布、干燥和固化)条件来控制。通常,d1可以是任何所需的值范围内的任何所需值。举例来说,在一些情况下,空隙中的至少大部分(例如空隙中的至少60%或70%或80%或90%或95%)的尺寸在所需范围内。举例来说,在一些情况下,空隙中的至少大部分(例如空隙中的至少60%或70%或80%或90%或95%)的尺寸不大于约10微米、或不大于约7、或5、或4、或3、或2、或1、或0.7或0.5微米。

[0050] 在一些情况下,多个互连空隙320的平均空隙或孔尺寸不大于约5微米、或不大于约4微米、或不大于约3微米、或不大于约2微米、或不大于约1微米、或不大于约0.7微米或不大于约0.5微米。

[0051] 在一些情况下,一些空隙可以小得足以使它们的主要光学效应为降低有效折射率,而一些其它空隙可以降低有效折射率并且散射光,同时还有一些其它空隙可以大得足以使它们的主要光学效应为散射光。在一些情况下,所述空隙小得足以降低有效折射率而不明显地散射光。

[0052] 纳米空隙微结构化层300可以具有任何可用的厚度t1(第一主表面330与第二主表面332之间的直线距离)。在多个实施例中,纳米空隙微结构化层的厚度t1可以不小于约100nm、或不小于约500nm、或不小于约1,000nm、或在从0.1到10微米的范围内或在从1到100微米的范围内。

[0053] 在一些情况下,纳米空隙微结构化层可以足够厚,以使得所述纳米空隙微结构化层可以适当地具有可以用空隙和粘合剂的折射率,以及空隙或孔的体积分数或孔隙度来表达的有效折射率。在此类情况下,纳米空隙微结构化层的厚度例如不小于约500nm、或不小于约1,000nm、或在从1到10微米的范围内、或在从500nm到100微米的范围内。

[0054] 当本发明所公开的纳米空隙微结构化层中的空隙足够小并且纳米空隙微结构化层足够厚时,纳米空隙微结构化层的有效介电常数 ϵ_{eff} 可以表达为:

$$[0055] \quad \epsilon_{\text{eff}} = (f)\epsilon_v + (1-f)\epsilon_b, \quad (1)$$

[0056] 其中 ϵ_v 和 ϵ_b 分别是空隙和粘合剂的介电常数,并且f是纳米空隙微结构化层中空隙的体积分数。在此类情况下,纳米空隙微结构化层的有效折射率 n_{eff} 可以表达为:

$$[0057] \quad n_{\text{eff}}^2 = (f)n_v^2 + (1-f)n_b^2, \quad (2)$$

[0058] 其中 n_v 和 n_b 分别是空隙和粘合剂的折射率。在一些情况下,例如当空隙与粘合剂的折射率之间的差值足够小时,纳米空隙微结构化层的有效折射率可以由下式近似表达:

$$[0059] \quad n_{\text{eff}} \approx (f)n_v + (1-f)n_b, \quad (3)$$

[0060] 在此类情况下,纳米空隙微结构化层的有效折射率为空隙和粘合剂的折射率的体

积加权平均数。举例来说,根据公式(3)计算,具有50%体积分数的空隙和折射率为1.5的粘合剂的纳米空隙微结构化层的有效折射率为约1.25,而根据更精确的公式(2)计算,有效折射率为约1.27。在一些示例性实施例中,纳米空隙微结构化层的有效折射率可为在从1.15到1.35或从1.15到1.3的范围内,但还可以想到这些范围之外的值。

[0061] 图3的纳米空隙层300还被示为除了分散在粘合剂310中的多个互连空隙或空隙网络320之外,还包括大致均匀分散在粘合剂310内的任意的多个纳米粒子340。

[0062] 纳米粒子340的尺寸 d_2 可以是任何所需的值范围内的任何所需值。举例来说,在一些情况下,颗粒中的至少大部分(例如颗粒中的至少60%或70%或80%或90%或95%)的尺寸在所需范围内。举例来说,在一些情况下,粒子中的至少大部分(例如粒子中的至少60%或70%或80%或90%或95%)的尺寸不大于约1微米、或不大于约700、或500、或200、或100、或50纳米。在一些情况下,多个纳米粒子340的平均粒度可以不大于约1微米,或不大于约700、或500、或200、或100、或50纳米。

[0063] 在一些情况下,一些纳米粒子可以小得足以使它们主要影响有效折射率,而一些其它粒子可以影响有效折射率并散射光,还有一些其它粒子可以大得足以使它们的主要光学效应为散射光。

[0064] 纳米粒子340可以经官能化或可以未经官能化。在一些情况下,一些、大多数或基本上全部纳米粒子340(例如纳米粒子340B)未经官能化。在一些情况下,一些、大多数或基本上全部纳米粒子340经官能化或经表面处理,以使得它们可以分散在所需的溶剂或粘合剂310中而没有或极少有凝集。在一些实施例中,纳米粒子340可以经进一步官能化,以便化学键合于粘合剂310。举例来说,纳米粒子例如纳米粒子340A可以被表面改性或表面处理成具有反应性官能团或基团360以便化学键合于粘合剂310。纳米粒子根据需要可以用多种化学物质官能化。在此类情况下,至少相当大部分的纳米粒子340A化学键合于粘合剂。在一些情况下,纳米粒子340不具有可化学键合于粘合剂310的反应性官能团。在此类情况下,纳米粒子340可以物理地结合于粘合剂310。

[0065] 在一些情况下,一些纳米粒子具有反应性基团,而另外一些不具有反应性基团。纳米粒子的集合可以包括不同尺寸、反应性和不反应性和不同种类的粒子(例如二氧化硅和氧化锆)。在一些情况下,纳米粒子可以包括经表面处理的二氧化硅纳米粒子。

[0066] 纳米粒子可以为无机纳米粒子、有机(例如聚合物)纳米粒子或有机和无机纳米粒子的组合。此外,纳米粒子可以为多孔粒子、中空粒子、实心粒子或它们的组合。合适的无机纳米粒子的实例包括二氧化硅和金属氧化物纳米粒子,包括氧化锆、二氧化钛、二氧化铈、氧化铝、氧化铁、氧化钒、氧化铈、氧化锡、氧化铝/二氧化硅以及它们的组合。纳米粒子的平均粒径可以小于约1000nm、或小于约100或50nm,或平均粒径可以在从约3到50nm、或从约3到35nm、或从约5到25nm的范围内。如果纳米粒子聚集,则聚集粒子的最大横截面尺寸可以在上述任何范围内,还可以大于约100nm。在一些实施例中,还包括“热解法”纳米粒子,例如主要尺寸小于约50nm的二氧化硅和氧化铝,例如得自马萨诸塞州波士顿的卡博特公司(Cabot Co., Boston, MA)的 **CAB-O-SPERSE® PG002** 热解法二氧化硅、**CAB-O-SPERSE® 2017A** 热解法二氧化硅和**CAB-O-SPERSE® PG003** 热解法氧化铝。

[0067] 纳米粒子可以包括选自疏水基团、亲水基团以及它们的组合的表面基团。或者,纳米粒子可以包括衍生自选自硅烷、有机酸、有机碱以及它们的组合的试剂的表面基团。在其

它实施例中,纳米粒子包括衍生自选自烷基硅烷、芳基硅烷、烷氧基硅烷以及它们的组合的试剂的有机硅烷基表面基团。

[0068] 术语“表面改性的纳米粒子”是指包括附接于粒子表面的表面基团的粒子。表面基团改变粒子的特性。术语“粒径”和“粒度”是指粒子的最大横截面尺寸。如果粒子以聚集体形式存在,则术语“粒径”和“粒度”是指聚集体的最大横截面尺寸。在一些情况下,粒子可以是长宽比的纳米粒子(例如热解法二氧化硅粒子)聚集体。

[0069] 表面改性的纳米粒子具有改变纳米粒子的溶解度特性的表面基团。通常选择表面基团使得粒子与涂层溶液相容。在一个实施例中,可以选择表面基团与涂层溶液的至少一种组分缔合或反应,以成为聚合网的化学结合部分。

[0070] 多种方法可用于使纳米粒子的表面改性,包括例如向纳米粒子(例如呈粉末或胶状分散体的形式)中加入表面改性剂并使表面改性剂与纳米粒子反应。其它可用的表面改性方法在例如美国专利2,801,185(Iler)以及4,522,958(Das等人)中有所描述。

[0071] 纳米粒子可能以胶状分散体的形式提供。可用的商购未改性二氧化硅起始材料的实例包括:可从伊利诺斯州内珀维尔的纳尔科化学公司(Nalco Chemical Co., Naperville, Ill)以产品名NALCO1040、1050、1060、2326、2327和2329胶状二氧化硅购得的纳米级胶状二氧化硅;可从得克萨斯州休斯顿的日产化学美国公司(Nissan Chemical America Co. Houston, TX)以产品名IPA-ST-MS、IPA-ST-L、IPA-ST、IPA-ST-UP、MA-ST-M和MA-ST溶胶购得的有机二氧化硅;和同样可从得克萨斯州休斯顿的日产化学美国公司购得的SnowTex[®] ST-40、ST-50、ST-20L、ST-C、ST-N、ST-O、ST-OL、ST-ZL、ST-UP和ST-0UP。可聚合材料与纳米粒子的重量比可以在约30:70、40:60、50:50、55:45、60:40、70:30、80:20或90:10或更大的范围内。纳米粒子重量%的优选范围是在从约10重量%到约60重量%的范围内,并且可以取决于所用纳米粒子的密度和粒度。

[0072] 在一些情况下,纳米空隙微结构化层300可以具有低光学浊度值。在此类情况下,纳米空隙微结构化层的光学浊度可以不超过约5%,或不大于约4%、3.5%、3%、2.5%、2%、1.5%或1%。对于法向入射到纳米空隙微结构化层300上的光而言,“光学浊度”可以指(除非另外指明)偏离法向大于4度的透射光与总透射光的比率。可以通过任何合适的装置(例如使用得自新泽西州边宁顿的美特康公司(Metricon Corp., Pennington, NJ)的Metricon型号2010棱镜耦合器)来测量本发明所公开的膜和层的折射率值。还可以通过任何合适的装置(例如使用得自马里兰州银泉的毕克加特纳公司(BYK Gardiner, Silver Springs, MD)的Haze-Gard Plus浊度计)来测量本发明所公开的膜和层的光透射比、透明度和浊度值。

[0073] 在一些情况下,纳米空隙微结构化层300可能具有高光学浊度。在此类情况下,纳米空隙微结构化层300的浊度为至少约40%,或至少约50%、60%、70%、80%、90%或95%。

[0074] 通常,纳米空隙微结构化层300可以具有在应用中可能需要的任何孔隙度或空隙体积分数。在一些情况下,纳米空隙微结构化层300中的多个空隙320的体积分数是至少约10%,或至少约20%、30%、40%、50%、60%、70%、80%或90%。

[0075] 粘合剂310可以是或包含在应用中可能需要的任何材料。举例来说,粘合剂310可以是形成聚合物(例如交联聚合物)的光致固化材料。通常,粘合剂310可以是任何可聚合材料,例如辐射固化的可聚合材料。在一些实施例中,粘合剂310可以是任何可聚合材料,例如热固化的可聚合材料。

[0076] 可聚合材料310可以是任何可通过多种常规阴离子、阳离子、自由基或其它聚合技术聚合的可聚合材料,所述聚合可以通过化学方式、热方式或光化辐射引发。使用光化辐射的工序中包括(例如)(除了其它方法之外)可见光和紫外光、电子束辐射和它们的组合。其中可进行聚合的介质包括(例如)溶剂聚合、乳液聚合、悬浮液聚合、本体聚合等等。

[0077] 光化辐射固化材料包括丙烯酸酯、甲基丙烯酸酯、聚氨酯、环氧树脂等的单体、反应性低聚物以及聚合物。适于实施本公开的光化辐射固化基团的代表性实例包括环氧基、烯键式不饱和基(例如(甲基)丙烯酸酯基)、烯烃碳碳双键、烯丙氧基、 α -甲基苯乙烯基、(甲基)丙烯酰胺基、氰代酯基、乙烯基醚基、它们的组合等等。优选可自由基聚合的基团。在一些实施例中,示例性材料包括丙烯酸酯和甲基丙烯酸酯官能化单体、低聚物和聚合物,特别可以使用在聚合时可以形成交联网络的多官能单体,如本领域中所已知。可聚合材料可以包括单体、低聚物和聚合物的任何混合物;然而,这些材料应至少部分地可溶于至少一种溶剂。在一些实施例中,材料应可溶于溶剂单体混合物中。

[0078] 溶剂可以是与所需可聚合材料形成溶液的任何溶剂。溶剂可以是极性溶剂或非极性溶剂、高沸点溶剂或低沸点溶剂,并且在一些实施例中,溶剂包括若干种溶剂的混合物。可以选择溶剂或混合溶剂,以使得所形成的微结构化层230至少部分地不溶于溶剂(或混合溶剂中的至少一种溶剂)。在一些实施例中,混合溶剂可以是用于可聚合材料的溶剂和非溶剂的混合物。在一个具体实施例中,不溶性聚合物基质可以是三维聚合物基质,其具有提供三维骨架的聚合物链键合。聚合物链键合可以防止微结构化层230在溶剂去除之后变形。

[0079] 在一些情况下,可以通过干燥,例如在不超过不溶性聚合物基质或基底216的分解温度的温度下,容易地从充满溶剂的微结构化层130、230中去除溶剂。在一个具体实施例中,将干燥期间的温度保持在基底易变形时的温度以下,例如基底的翘曲温度或玻璃转变温度以下。示例性溶剂包括直链、支链和环状的烃、醇、酮和醚,包括(例如):诸如DOWANOL™PM丙二醇甲醚之类的丙二醇醚;异丙醇、乙醇、甲苯、乙酸乙酯、2-丁酮、乙酸丁酯、甲基异丁基酮、甲基乙基酮、环己酮、丙酮;芳烃;异佛尔酮;丁内酯;N-甲基吡咯烷酮;四氢呋喃;酯,例如乳酸酯、乙酸酯、丙二醇单甲醚乙酸酯(PM乙酸酯)、二乙二醇乙醚乙酸酯(DE乙酸酯)、乙二醇丁醚乙酸酯(EB乙酸酯)、二丙二醇单甲基乙酸酯(DPM乙酸酯)、异烷基酯、乙酸异己酯、乙酸异庚酯、乙酸异辛酯、乙酸异壬酯、乙酸异癸酯、乙酸异十二烷基酯、乙酸异十三烷基酯或其它异烷基酯、水;这些物质的组合等等。

[0080] 涂层溶液215还可以包括其它成分,包括(例如):引发剂、固化剂、固化促进剂、催化剂、交联剂、增粘剂、增塑剂、染料、表面活性剂、阻燃剂、偶联剂、颜料、抗冲改性剂(包括热塑性或热固性聚合物)、流动控制剂、发泡剂、填料、玻璃,以及聚合物微球和微粒、包括导电粒子、导热粒子在内的其它粒子、纤维、抗静电剂、抗氧化剂、光学降频转换器(例如荧光体)、UV吸收剂等等。

[0081] 引发剂(例如光引发剂)可以按能有效地促进存在于涂层溶液中的单体发生聚合的量使用。光引发剂的量可以根据(例如)引发剂的类型、引发剂的分子量、所得微结构化层的预期应用以及聚合方法(包括例如方法温度和所用光化辐射的波长)而变化。可用的光引发剂包括(例如)可以商品名IRGACURE™和DAROCURE™(包括IRGACURE™184和IRGACURE™819)购自汽巴精化(Ciba Specialty Chemicals)的那些引发剂。

[0082] 微结构化层230可以被交联以得到更具刚性的聚合物网络。可以使用例如 γ 或电

子束辐射的高能辐射在含或不含交联剂的情况下完成交联。在一些实施例中,可以将交联剂或交联剂组合加入可聚合的单体、低聚物或聚合物的混合物中。交联可以在聚合物网络聚合期间使用本文其它地方所述的任何光化辐射源进行。

[0083] 可用的辐射固化交联剂包括多官能丙烯酸酯和甲基丙烯酸酯,例如在美国专利4,379,201(Heilmann等人)中所公开的那些,包括1,6-己二醇二(甲基)丙烯酸酯、三羟甲基丙烷三(甲基)丙烯酸酯、1,2-乙二醇二(甲基)丙烯酸酯、季戊四醇三/四(甲基)丙烯酸酯、三乙二醇二(甲基)丙烯酸酯、乙氧基化三羟甲基丙烷三(甲基)丙烯酸酯、甘油三(甲基)丙烯酸酯、新戊二醇二(甲基)丙烯酸酯、四乙二醇二(甲基)丙烯酸酯、1,12-十二烷醇二(甲基)丙烯酸酯;可共聚的芳族酮共聚单体(例如在美国专利4,737,559(Kellen等人)中所公开的那些),等等,以及它们的组合。

[0084] 涂层溶液215还可以包括链转移剂。链转移剂优选地可溶于聚合前的单体混合物中。合适的链转移剂的实例包括三乙基硅烷和硫醇。在一些实施例中,链转移也可以发生于溶剂;然而,这可能不是优选的机制。

[0085] 聚合步骤优选地包括在氧气浓度较低的氛围中使用辐射源。已知氧气能使自由基聚合反应猝灭,从而导致固化程度降低。用于实现聚合和/或交联的辐射源可以为光化辐射(例如波长在光谱的紫外线或可见光区的辐射)、加速粒子(例如电子束辐射)、热辐射(例如热或红外辐射)等。在一些实施例中,能量为光化辐射或加速粒子,因为这种能量可对聚合和/或交联的引发和速率进行极好的控制。另外,光化辐射和加速粒子可以用于在相对较低的温度下固化。使用热固化技术时可能需要相对较高的温度来引发能量可固化基团的聚合和/或交联,而上述技术则避免了可能对相对较高的温度敏感的组分发生降解或蒸发。合适的固化能量源包括UVLED、可见光LED、激光器、电子束、汞灯、氙灯、碳弧灯、钨丝灯、闪光灯、日光、低强度紫外光(黑光)等等。

[0086] 在一些实施例中,粘合剂310包括多官能丙烯酸酯和聚氨酯。这种粘合剂310可以是光引发剂、多官能丙烯酸酯和聚氨酯低聚物的聚合产物。多官能丙烯酸酯和聚氨酯低聚物的组合可以产生更耐用的纳米空隙微结构化层300。聚氨酯低聚物为烯键式不饱和的。在一些实施例中,聚氨酯或聚氨酯低聚物能够与丙烯酸酯反应或由丙烯酸酯“封端”以便能够在本文所述的聚合反应中与其它丙烯酸酯反应。

[0087] 在上文描述的图2所示的一个示例性工序中,制备包括多个纳米粒子(任选的)和溶解于溶剂中的可聚合材料的溶液,其中可聚合材料可以包括(例如)一种或多种单体。将可聚合材料涂布到基底上并且将工具附着于涂层上,同时例如通过施加热或光来使可聚合材料聚合以在溶剂中形成不溶性聚合物基质。在一些情况下,经过聚合步骤之后,溶剂可能仍包括一些可聚合材料,但浓度较低。接下来,通过干燥或蒸发溶液来去除溶剂,从而得到纳米空隙微结构化层300,所述纳米空隙微结构化层包括分散在聚合物粘合剂310中的空隙网络或多个空隙320。纳米空隙微结构化层300包括分散在聚合物粘合剂中的多个纳米粒子340。这些纳米粒子结合到粘合剂,其中所述结合可以是物理的或化学的。

[0088] 可以用本文所述的工艺在与有机物质、树脂、膜和支承体的使用相适合的温度范围内制作本文所述的纳米空隙微结构化层300和微结构化制品。在多个实施例中,峰值过程温度(由对准纳米空隙微结构化层300和微结构化制品表面的光学温度计测得)是200摄氏度或更低、或150摄氏度或更低、或100摄氏度或更低。

[0089] 通常,纳米空隙微结构化层300对于粘合剂310与多个纳米粒子340的任何重量比都可以具有期望的孔隙度。因此,所述重量比通常可以是可以在应用中期望的任何值。在一些情况下,粘合剂310与多个纳米粒子340的重量比是至少约1:2.5,或至少约1:2.3、或1:2、或1:1、或1.5:1、或2:1、或2.5:1、或3:1、或3.5:1或、或4:1、或5:1。在一些情况下,所述重量比在约1:2.3到约4:1的范围内。

[0090] 现在停下来结合图3a考虑以下两种制品之间是否有任何结构差异:(a)通过首先形成具有微结构化表面的纳米空隙层,然后用常规(无纳米空隙的)材料(例如常规聚合物材料)回填该微结构化表面而制成的制品;(b)通过首先在一层常规材料上形成微结构化表面,然后用纳米空隙材料层回填该微结构化表面而制成的制品。在这两种情况下,所得的制品都具有嵌入界面,即微结构化表面,在所述界面的一侧上是纳米空隙材料层而在另一侧上则是常规材料层。

[0091] 我们已发现在这两种制品之间存在至少一种结构差异,并且所述结构差异与相互穿透机制有关。在情况(b)的制品中,其中在用纳米空隙材料回填微结构化表面之前将常规材料层微结构化,纳米空隙材料通常不会迁移到常规材料层,因为所述层通常在微结构化表面的每个小平面上存在大量实心无孔的屏障,纳米空隙材料不能渗透到所述屏障之外。反之,情况(a)的制品由以下方式制得:在将常规材料(或所述材料的前体,例如未固化的液体聚合物树脂)涂覆到纳米空隙层的微结构化表面上时,微结构化表面的一些小面或部分可能含有(例如)凹点、凹坑或隧道形式的表面空隙,这取决于这些表面空隙的性质、常规材料的性质和工艺条件(例如常规材料在未固化状态的停留时间),常规材料可能迁移到这些表面空隙中。在合适的材料特性和工艺条件下,常规材料层可以与纳米空隙层相互穿透,如图3a示意性所示。

[0092] 图3a以示意性剖视图示出第一纳米空隙层372和第二常规材料层370之间的界面的一部分。所述界面部分可以为(例如)限定在所述两层之间的结构化表面的微观部分。纳米空隙层372被示为具有浅的表面空隙或凹陷374A以及较深的表面空隙374B。表面空隙374B通过比第二横向尺寸S2更靠近界面的第一横向尺寸S1来表征,并且较深的尺寸S2大于较浅的尺寸S1。如果层370不仅贴合层372的大体形状(例如凹陷374A),而且层370的材料迁移到或实质上填充至少一些深的表面空隙(例如空隙374a,其中所述空隙的较靠近界面的横向尺寸小于离界面较远的横向尺寸),则我们可以将层370表征为与层372相互穿透。使用本文所述的纳米空隙材料可以实现这种相互穿透。

[0093] 在用于表征纳米空隙层与常规层的相互穿透深度的第一种方法中,可以测定常规层的材料超过界面平均表面的量(沿垂直于所述平均表面的某个方向或测量轴),并且可以用具有平均尺寸的空隙的直径来表征所述量。

[0094] 在用于表征相互穿透深度的第二种方法中,可以再次测定常规层的材料超过平均表面的量,然后用标准距离单位(例如微米或纳米)记录所述量便可。

[0095] 在用于表征相互穿透深度的第三种方法中,可以再次测定常规层的材料超过平均表面的量,但然后用关注的结构化表面的特征高度来表征所述量。

[0096] 在示例性实施例中,相互穿透深度可以为(例如):对于第一种方法,在从1到10平均空隙直径的范围内;对于第二种方法,不超过1、10、100或500微米;对于第三种方法,特征高度的至少5%,或特征高度的至少10%、或至少50%、或至少95%、或至少100%,或不超过5%、或

不超过10%、或不超过25%，或在从5到25%的范围内。然而，这些示例性范围不应理解为限制性的。当处理具有特别小的特征尺寸（例如其中特征与特征的节距小于1微米）的微结构化表面时，第三种表征相互穿透深度的方法可能特别合适。

[0097] 有关相互穿透的进一步讨论可以在与本文同一天提交的名称为“Optical Films With Microstructured Low Refractive Index Nanovoided Layers and Methods Therefor（具有微结构化低折射率纳米空隙层的光学膜和其制造方法）”的共同转让的美国专利申请XXX（代理人案卷号66015US005）中找到。

[0098] 该美国专利申请还讨论了当微复制纳米空隙聚合物材料时观察到的收缩问题，和有关收缩的问题如何与结构化表面的特征高度（例如结构化表面上的最高点与最低点之间的轴向距离）、结构化表面的特征的长宽比（例如特征高度除以特征节距，其中特征节距可以为结构化表面中最靠近的邻近特征之间的中心到中心的间隔）、纳米空隙材料的空隙体积分数（由空隙占据的纳米空隙材料的体积分数）、纳米空隙材料的折射率和纳米空隙层的前体涂层溶液的配方（例如重量%固体）相关。举例来说，为了使用涂层溶液的低浓度配方（在30-45%固体的范围内）复制较大微结构，可以使用工具上的微结构几何形状的补偿来解决材料收缩，以使所需的特征形状能够成功地制得。所述专利申请讨论了与微结构化表面的收缩或其它畸变的量减少相关的某些理想的关系。在一个这种关系中，微结构化表面的特征在于结构高度（例如如图4a中的尺寸419b与419a之间的差值）是至少15微米并且长宽比（结构高度除以结构节距（见例如如图4a中的节距P1或图4b中的P2））大于0.3，并且：纳米空隙层具有从30%到55%范围内的空隙体积分数；和/或纳米空隙层具有从1.21到1.35或从1.21到1.32的范围内的折射率；和/或纳米空隙层的前体涂层溶液具有从45%到70%或从50%到70%的范围内的重量%固体。诸如这些的关系也能有利地适用于本发明。

[0099] 光学提取膜和膜/光源组合

[0100] 本发明所公开的纳米空隙层能够被有利地整合到可以通过某种方式与OLED或其它自发射光源组合的光学膜中，以在这类光源中增强光提取并减少损失。在一些情况下，所述膜可以设计成可附着在光源的外部发光表面，所述光源与光学膜分开制造。结合图4a-c和5a-c描述这类膜。在其它情况下，所述膜可以设计成可充当前后能在其上制作光源的基底。结合图6a-c、7a和7b描述这类膜。

[0101] 本发明所公开的膜的其它方面涉及主要用所述光学膜来减弱的光源损失机制。在一些情况下，所述膜可以用来主要减少波导损失。结合图4b、4c、5a、5c、6b、6c、7a和7b描述这类膜。在一些情况下，所述膜可以用来主要减少与TIR相关的基底损失。结合图4a、5a、5b、6a和7a描述这类膜。注意，一些光学提取膜可以用来不仅减少波导损失而且减少基底损失。

[0102] 图4a-4c是可以用于顶部发射OLED的光学提取膜的示意性侧视图或剖视图。在图4a中，光学提取膜410包括柔性载体膜412和由膜412承载（例如附接于膜412）的各种层。这些层中有纳米空隙层414和另一层416，在它们之间形成有形成结构化表面414a的嵌入界面。纳米空隙层优选地具有远低于常规聚合物材料的可见光折射率，例如低于1.35或1.3，或例如在从1.15到1.3或1.15到1.35的范围内。另一层416优选地由聚合物材料或其它合适的材料构成，所述层无纳米空隙并且具有比纳米空隙层的折射率大的折射率。层414、416之间的折射率差值有利地相对较大，例如是至少0.2或0.3或0.4或0.5或更大。折射率差值使结构化表面414a能够充当如本文其它地方所述的可从OLED或其它自发射光源提取光的光

学界面。

[0103] 结构化表面414a可被定制成具有可有效地从光源提取光(即从光源中耦合出“浪费的”光以使得它可以用于预期应用中)的任何轮廓或形状。在这方面,浪费的光是指会被截留在光源中或者损失(例如从光源边缘在不对显示器或其它预期发光应用的有用照明作贡献的方向上发射)的光。在示例性实施例中,结构化表面被成形为可限定各个光提取元件415。元件415被示为具有弯曲表面,它们可以表示在两个正交方向(例如限定所述结构化表面总体上沿其延伸的平面的两个方向)上布置的曲面线性棱镜或棱柱透镜元件的阵列,但所述提取元件通常可以具有任何合适的形状而并无限制,例如棱柱透镜、棱镜、一维(线性延伸)或二维形状,并且给定结构化表面的提取元件不需要都具有相同尺寸和/或形状,然而如果需要它们可以具有相同尺寸和/或形状。在示例性实施例中,提取元件415通过最靠近的元件之间的中心到中心的间隔或节距P1来表征。在其中提取元件彼此不均匀分布或间隔的情况下,节距P1可以表示提取元件的中心到中心的间隔的平均值。

[0104] 结构化表面414a和/或提取元件415也可用离开适于耦合到自发射光源的提取膜的表面的距离或厚度来表征。就提取膜410而言,该耦合表面是层416的外主表面416a。被示为覆盖层416的防粘衬片418优选地被并入产品中以保护耦合表面416a免受损坏,直到准备将提取膜附着到光源为止。图中标记出两个特征距离。距离419a是层416在耦合表面416a与结构化表面414a之间的连续接合区部分的厚度。接合区因此在一侧上由耦合表面界定,并且在相对侧上由平行于耦合表面且在结构化表面最靠近耦合表面的点处与结构化表面相交的平面界定。另一个特征距离419b是耦合表面416a与平行于耦合表面并且在结构化表面距离耦合表面最远的点处与结构化表面相交的平面之间的距离。换句话说,接合区厚度或距离419a可被视为耦合表面416a与结构化表面414a之间的最小轴向距离,并且距离419b可被视为耦合表面416a与结构化表面414a之间的最大轴向距离。

[0105] 在其中提取膜410旨在通过减少在自发射光源的最外表面或边界处全内反射的光量来增强光提取的情况下,我们已经发现有利的是将提取膜410设计成使得接合区厚度419a相对较小。举例来说,接合区厚度419a可以小于50微米、或小于25微米、或小于10微米,然而这些值不应理解为限制性的。在一些情况下,可以不存在接合区。在其它情况下,结构化纳米空隙特征可以为非邻接的。接合区厚度419a也可以小于柔性基底412的厚度。接合区厚度419a也可以很薄而使得层416不适于用作例如图2中示出的卷对卷加工系统中的自立式支承膜。换句话说,如果层416可以与提取膜410的所有其它部分分离,则它可能不具有足够物理强度或完整性来经受工业卷对卷加工系统中通常遇到的力而不出现(例如)过度的撕裂、翘曲或卷曲。接合区厚度419a也可以根据需求被选择成大得足以使光提取元件415的相当大部分不被布置在自发射光源的渐消区内。

[0106] 我们还发现(还是在其中膜410旨在通过减少TIR来增强光提取的情况下)有利的是将提取特征415定制成使得其节距P1相对较大(例如大于1微米)。特征高度(即距离419b与距离419a之间的差值)如果需要也可以大于1微米。特征高度和横向尺寸可以足够大(例如大于1、5、10或20微米),使得提取特征的功能主要受光学折射而不是(例如)光学衍射的原理支配。

[0107] 可以使用多种制造技术(包括(但不限于)连续技术和分批技术)来加工光学提取膜410。一种特别有利的制造技术是例如图2中示意性所示的连续浇注与固化(3C)卷对卷工

艺。这种技术使得所述膜能够以潜在的高产量连续制造,并且然后将它转换(例如切削或切割)成其尺寸被加工成适合预期的最终应用的大量零件或薄片。在此类情况下,柔性载体膜412可以具有使其适于用作类似于图2中的基底216的自立式支承膜的物理特性(例如组成和厚度)。在多种情况下,由常规透光性聚合物(例如聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)或聚萘二甲酸乙二醇酯(PEN)或其共聚物)构成的膜可能需要有大于约2密耳(约50微米)的膜厚度,以具有必要的膜强度来使该膜能够用于这种目的。

[0108] 在一些情况下,结构化表面414a可以不采用浇注与固化技术而用任何其它能够在所需层中产生所需提取特征的合适的技术来加工。举例来说,在一些情况下,也可用压印、压花和注模来形成结构化表面414a。然而,如果使用类似于图2的工艺制造提取膜410,则层416可构成在纳米空隙层414和结构化表面414a形成之后产生的回填层。因此,取决于材料选择和工艺条件,如结合图3a所讨论,层416可以与纳米空隙层414相互穿透。

[0109] 载体膜412、纳米空隙层414和另一层416优选地都对来自光源的光具高透光性,但这些层中的一个、一些或所有层中适度的少量浊度可被容许和/或在特定应用中可取。所述层优选地以低损耗透射由光源发射的光,以使得在将提取膜附接于光源之后,穿过耦合表面416a的来自光源的较大一部分光能够在相对的外表面412b处离开提取膜并且有助于系统照明。载体膜412可以包括PET、PEN、其共聚物、玻璃(包括柔性玻璃)或其它合适的透明或半透明材料。载体膜412还可以包括PET、PEN和其共聚物的交替层的多层膜。载体膜另外可以包括双折射、荧光和吸收层,以增强例如偏振和波长选择/转换的光学功能。载体膜412还可以充当阻挡层以防止在将提取膜附接于光源之后水蒸气和氧气到达光源。示例性超阻挡膜包括多层膜,所述多层膜例如通过在玻璃或其它合适基底上以多个层依序真空沉积两种无机电介质材料、或将无机材料层和有机聚合物层交替来制造,如美国专利5,440,446(Shaw等人)、5,877,895(Shaw等人)和6,010,751(Shaw等人)中所述。纳米空隙层414可以包括本文所公开的任何透光性纳米空隙材料。另一层416可以包括任何合适的透光性材料。在示例性实施例中,层416可以为或包含透光性压敏粘结剂或其它粘弹性材料。代表性粘弹性材料在本文其它地方参考的共同转让的美国专利申请(代理人案卷号66015US005)中有所讨论。层416使用透明粘结剂,使提取膜能够在无居间材料层的情况下直接附接于自发射光源的外表面。层416使用粘弹性材料,使提取膜(特别是提取膜的耦合表面416a)能够发生一定程度的流动以适形于OLED的不平整发射表面。

[0110] 光提取膜410当然可以包括除了图4a中示出的那些之外的其它层和除了已经讨论的那些之外的其它特征或特性。举例来说,可能将材料整合到膜内,以通过散射增强光提取或对光进行过滤、色移或偏振。可以将表面涂层或结构(例如功能层)附着于光提取膜的空气表面,以便进一步增加光提取膜的功能并且可能增加它的价值。此类表面涂层可以具有例如光学、机械、化学或电气功能。此类涂层或结构的实例包括具有下列功能或特性的那些:防雾;防静电;防眩光;抗反射;防磨(耐刮擦);防污;疏水;亲水;促进粘附;折射元件;滤色;紫外线(UV)过滤;光谱过滤;色移;改色;改偏振(线偏振或圆偏振);光重定向;漫射;或旋光。被附着于空气表面的其它可能的层包括阻挡层或透明导电材料。可以省略防粘衬片418,和/或可以在提取膜的另一侧上设置另一防粘衬片以保护输出表面412b。

[0111] 图4b是可以用于顶部发射OLED的另一种光学提取膜的示意性侧视图或剖视图。在图4b中,光学提取膜440包括柔性载体膜442和由膜442承载(例如附接于膜442)的各种层。

这些层中有纳米空隙层444和另一层446,在它们之间形成有形成结构化表面444a的嵌入界面(见插图)。纳米空隙层优选地具有远低于常规聚合物材料的可见光折射率,例如低于1.35或1.3,或例如在从1.15到1.3或1.15到1.35的范围内。另一层446优选地由聚合物材料或其它合适的材料构成,所述层无纳米空隙并且具有比纳米空隙层的折射率大的折射率。层444、446之间的折射率差值有利地相对较大,例如是至少0.2或0.3或0.4或0.5或更大。折射率差值使结构化表面444a能够充当如本文其它地方所述的可从OLED或其它自发射光源提取光的光学界面。

[0112] 结构化表面444a可被定制成具有可有效地从光源提取光(即从光源中耦合出浪费的光,使其可用于如上文所讨论的预期应用中)的任何轮廓或形状。在示例性实施例中,结构化表面被成形为可限定各个光提取元件445。元件445被示为具有矩形外形,它们可以表示在两个正交方向(例如限定所述结构化表面总体上沿其延伸的平面的两个方向)上布置的平坦线形脊或盒形突起的阵列,但提取元件通常可以具有任何合适的形状而不受限制,例如是棱柱透镜、棱镜、一维(线性延伸)或二维形状,并且给定结构化表面的提取元件不需要都具有相同尺寸和/或形状,然而如果需要它们可以具有相同尺寸和/或形状。在示例性实施例中,提取元件445通过最靠近的元件之间的中心到中心的间隔或节距P2来表征。在其中提取元件彼此不均匀分布或间隔的情况下,节距P2可以表示提取元件的中心到中心的间隔的平均值。

[0113] 结构化表面444a和/或提取元件445也可用离开适于耦合到自发射光源的提取膜的表面的距离或厚度来表征。就提取膜440而言,该耦合表面是层446的外主表面446a。被示为覆盖层446的衬垫448优选地被并入产品中以保护耦合表面446a免受损坏,直到准备将提取膜附着到光源为止。当层446包含粘结剂时,衬垫448优选地是防粘衬片。当层446不是粘结剂时,衬垫448可以是设计成在使用前保护表面的前遮罩。在图中标记出两个特征距离。距离449a是层446在耦合表面446a与结构化表面444a之间的连续接合区部分的厚度。接合区因此在一侧上由耦合表面界定,并且在相对侧上由平行于耦合表面并且在结构化表面最靠近耦合表面的点处与结构化表面相交的平面界定。另一个特征距离449b是耦合表面446a与平行于耦合表面并且在结构化表面距离耦合表面最远的点处与结构化表面相交的平面之间的距离。换句话说,接合区厚度或距离449a可被视为耦合表面446a与结构化表面444a之间的最小轴向距离,并且距离449b可被视为耦合表面446a与结构化表面444a之间的最大轴向距离。

[0114] 在其中提取膜440旨在通过减少作为波导模式截留在自发射光源的高折射率发光区域中的光的量来增强光提取的情况下,我们已经发现有利的是将提取膜440设计成使得接合区厚度449a非常小,例如足够小以使得当耦合表面446a紧贴光源的发射表面放置时,光提取元件445的相当大部分被布置在自发射光源的渐消区内。渐消区延伸超过耦合表面446a进入到层446中的程度取决于多种因素,包括层446的折射率和耦合表面446a所紧贴的光源部分的折射率。然而,在多种情况下,接合区厚度449a可以小于20微米、或小于10微米、或小于5微米,但考虑到可能影响渐消区尺寸的许多因素,这些值不应理解为限制性的。接合区厚度449a也可以小于柔性基底442的厚度,并且可以很薄而使得层446不适于用作例如图2中所示的卷对卷加工系统中的自立式支承膜。

[0115] 参照有关渐消区的讨论,读者应理解,与光源的高折射率发光区域相联的任何单

一波导模式的消逝场通常随到高折射率区域边界的距离的变化而呈指数式衰减。此外,就高折射率区域支持不止一种波导模式(例如数十或数百种模式)来说,每种波导模式都可以具有不同的指数式衰减函数,并且衰减函数还取决于层446的折射率。考虑到这些复杂机制,人们可以将消逝区的实际极限或边界选择成这样的位置(该位置例如在层446的介质中测量),超出该位置经合适设计的结构化表面就不能从高折射率区域中耦合出可观的光量。

[0116] 我们还发现(还是在其中膜440旨在通过减少作为波导模式截留的光来增强光提取的情况下)有利的是将提取特征445定制成使得其节距P2相对较小(例如小于1微米),以从波导模式中耦合出光。特征高度(即距离449b与距离449a之间的差值)如果需要也可以小于1微米。特征高度和横向尺寸可以足够小,使得提取特征的功能主要受光学衍射而不是(例如)光学折射的原理支配。结构化表面444a可以具有周期性、准周期性或不规则分布的提取特征,并且在一些情况下,提取特征可被布置成形成光子晶体结构。在一些情况下,结构化表面444a可以包括多种节距,以例如调整OLED显示器的红、绿和蓝亚像素的提取。还可能可用的是具有“啁啾式(chirped)”或周期性结构以便从宽带发射器提取宽带。

[0117] 光学提取膜440可以用如结合图4a讨论的多种不同制造技术来加工。柔性载体膜442可以具有使其适于用作类似于图2中的基底216的自立式支承膜的物理特性。

[0118] 在一些情况下,结构化表面444a可以不采用浇注与固化技术而用其它能够在所需层中产生所需提取特征的合适的技术来加工。举例来说,在一些情况下,也可用压印、压花和注模来形成结构化表面444a。然而,如果使用类似于图2的工艺制造提取膜440,则层446可构成在纳米空隙层444和结构化表面444a形成之后产生的回填层。因此,取决于材料选择和工艺条件,如结合图3a所讨论,层446可以与纳米空隙层444相互穿透。

[0119] 载体膜442、纳米空隙层444和另一层446优选地都对来自光源的光具高透光性,但这些层中的一个、一些或所有层中适度的少量浊度可被容许和/或在特定应用中可取。所述层优选地以低损耗透射由光源发射的光,以使得在将提取膜附接于光源之后,穿过耦合表面446a的来自光源的较大一部分的光能够在相对的外表面442b处离开提取膜并且有助于系统照明。载体膜442、纳米空隙层444和另一层446可以都具有类似于图4a的载体膜的相应元件的组成和特性。举例来说,载体膜442可以包括PET、PEN、其共聚物、玻璃(包括柔性玻璃)或其它合适的透明或半透明材料,并且它还可以充当阻挡层以防止水蒸气和氧气到达光源。

[0120] 类似于图4a的提取膜,提取膜440还可以包括除了图4b中示出的那些之外的其它层和除了已经讨论的那些之外的其它特征或特性。参考(例如)以上有关图4a的膜的讨论。可以省略防粘衬片448,和/或可以在提取膜的另一侧上设置另一防粘衬片或前遮罩以保护输出表面442b。

[0121] 图4c是可以用于顶部发射OLED的另一种光学提取膜的示意性侧视图或剖视图。在图4c中,光学提取膜470包括柔性载体膜472和由膜472承载(例如附接于膜472)的各种层。这些层中有纳米空隙层476和另一层474,在它们之间形成有形成结构化表面474a的嵌入界面。形成第二结构化表面476a的第二嵌入界面(见插图)在纳米空隙层476与另一层480之间形成。纳米空隙层优选地具有远低于常规聚合物材料的可见光折射率,例如低于1.35或1.3,或例如在从1.15到1.3或1.15到1.35的范围内。其它层474、480优选地由聚合物材料或其它合适的材料构成,所述层无纳米空隙并且具有比纳米空隙层的折射率大的折射率。层

474、476之间和层476、480之间的折射率差值有利地相对较大,例如是至少0.2或0.3或0.4或0.5或更大。折射率差值使结构化表面474a、476a能够各自充当如本文其它地方所述的可从OLED或其它自发射光源提取光的光学界面。

[0122] 结构化表面474a、476a可以分别被定制成具有可有效地从光源提取光(即从光源中耦合出浪费的光以使得它可以用于如本文所讨论的预期应用中)的任何轮廓或形状。在示例性实施例中,结构化表面474a、476a各自成形以分别限定各个光提取元件475、482。元件475被示为具有弯曲表面,它们可以表示在两个正交方向上布置的曲面线性棱镜或棱柱透镜元件的阵列,但提取元件475通常可以具有任何合适的形状而不受限制。元件482被示为具有矩形外形,它们可以表示在两个正交方向上布置的平坦线形脊或盒形突起的阵列,但提取元件482通常可以具有任何合适的形状而不受限制。给定结构化表面474a、476a的提取元件不需要都具有相同尺寸和/或形状,然而如果需要它们可以具有相同尺寸和/或形状。在示例性实施例中,提取元件475通过最靠近的元件之间的中心到中心的间隔或节距P1来表征,并且提取元件482通过最靠近的元件之间的中心到中心的间隔或节距P2来表征。在其中提取元件彼此不均匀分布或间隔的情况下,节距P1和/或P2可以表示相应提取元件的中心到中心的间隔的平均值。

[0123] 结构化表面474a、476a(和/或其相应提取元件475、482)各自也可用离开适于耦合到自发射光源的提取膜的表面的距离或厚度来表征。就提取膜470而言,该耦合表面是层480的外主表面480a。被示为覆盖层480的防粘衬片或前遮罩478优选地被并入产品中以保护耦合表面480a免受损坏,直到准备将提取膜附着到光源为止。在图中标记出四个特征距离,每个嵌入结构化表面两个。对于结构化表面474a,距离479a是从耦合表面480a到结构化表面474a的最近部分的轴向距离。尽管事实是该距离并不精确地对应于层476的连续接合区厚度(由于层480和结构化表面476a的存在),然而如果层480比层476薄得多,则可将它视为基本上对应于层476的连续接合区部分。距离479b是从耦合表面480a到结构化表面474a的最远部分的轴向距离。对于结构化表面476a,距离489a是层480在耦合表面480a与结构化表面476a之间的连续接合区部分的厚度。层480的接合区因此在一侧上由耦合表面界定,并且在相对侧上由平行于耦合表面并且与结构化表面最靠近耦合表面的部分相交的平面界定。距离489b是从耦合表面480a到结构化表面476a的最远部分的轴向距离。

[0124] 优选地,提取膜470结合了提取膜410和440的特性。举例来说,提取膜470可以被定制成可通过减少在自发射光源的最外表面或边界处全内反射的光量(通过结构化表面474a)和通过减少作为波导模式被截留在自发射光源的高折射率发光区域中的光的量(通过结构化表面476a)这两种方法来增强从OLED或其它自发射光源的光提取。在这方面,我们已经发现有利的是将提取膜470设计成使得基本接合区厚度479a相对较小(例如小于50微米、或小于25微米、或小于10微米),并且进一步将膜470设计成使得接合区厚度489a更小,例如足够小以使得当耦合表面480a紧贴光源的发射表面放置时,光提取元件482的相当大部分被布置在自发射光源的渐消区内。接合区厚度489a可以例如小于20微米、或小于10微米、或小于5微米,并且它可以为基本接合区厚度479a与较大结构化表面474a相联的一小部分。厚度479a、489a可分别小于柔性基底472的厚度,并且可以分别很小,以使得层476、480都不适于用作例如图2中示出的卷对卷加工系统中的自立式支承膜。厚度479a如果需要也可以被选为足够大,以使得光提取元件475的相当大部分不被布置在自发射光源的渐消区

内。

[0125] 我们还发现有利的是将提取特征475定制成使得其节距P1相对较大(例如大于1微米),同时还将提取特征482定制成使得其节距P2相对较小(例如小于1微米)。如果需要可以类似地确定相应特征高度的尺寸,例如结构化表面474a的特征高度可以大于1微米,并且结构化表面476a的特征高度可以小于1微米。提取特征475的特征高度和横向尺寸可以足够大(例如大于5、或大于10、或大于20微米),以使得其功能主要受光学折射而不是光学衍射的原理支配,而提取特征482的特征高度和横向尺寸可以足够小,使得提取特征的功能主要受光学衍射而不是光学折射的原理支配。

[0126] 光学提取膜470可以用如结合图4a和4b讨论的多种不同制造技术来加工。柔性载体膜472可以具有使其适于用作类似于图2中的基底216的自立式支承膜的物理特性。

[0127] 在一些情况下,结构化表面474a和/或结构化表面476a可以不采用浇注与固化技术而用其它能够在所需层中产生所需提取特征的合适的技术来加工。举例来说,在一些情况下,也可用压印、压花和注模来形成结构化表面474a和/或结构化表面476a。然而,如果提取膜470使用类似于图2的工艺制造,则纳米空隙层476可构成在层474和结构化表面474a形成之后产生的回填层,并且层480同样可构成在纳米空隙层476和结构化表面476a形成之后产生的另一个回填层。因此,取决于材料选择和工艺条件,如结合图3a所讨论,层480可以与纳米空隙层476相互穿透,而纳米空隙层476可以不与层474相互穿透。

[0128] 载体膜472、纳米空隙层476和其它层474、480优选地都对来自光源的光具高透光性,但这些层中的一个、一些或所有层中适度的少量浊度可被容许和/或在特定应用中可取。所述层优选地以低损耗透射由光源发射的光,以使得在将提取膜附接于光源之后,穿过耦合表面480a的来自光源的较大一部分光能够在相对的外表面472b处离开提取膜并且有助于系统照明。载体膜472、纳米空隙层476和其它层474、480可以都具有类似于图4a和4b的载体膜的相应元件的组成和特性。举例来说,载体膜472可以包括PET、PEN、其共聚物、玻璃(包括柔性玻璃)或其它合适的透明或半透明材料,并且它还可以充当阻挡层以防止水蒸气和氧气到达光源。

[0129] 类似于图4a和4b的提取膜,提取膜470还可以包括除了图4c中示出的那些之外的其它层和除了已经讨论的那些之外的其它特征或特性。参考(例如)以上有关图4a和4b的膜的讨论。可以省略防粘衬片478,和/或可以在提取膜的另一侧上设置另一防粘衬片或前遮罩以保护输出表面472b。

[0130] 图5a展示如何将图4a-c的光学提取膜中的任何一者附着于与提取膜分开加工的顶部发射OLED或其它合适的自发射光源,以制造增强型发光光学装置。为便于讨论,仅示意地示出顶部发射OLED510。OLED至少包括基底512和薄的高折射率发光核或发光区514。基底可以充当阻挡层以防止水蒸气和氧气从一侧到达区域514,并且基底还可以具有机械和热功能(例如散热器)以将热引离区域514。基底512还可以包括背板。构成区域514的各个层可以按合适的顺序沉积、形成或附着于基底510上。高折射率区域514通常包括至少一个被定制成可响应所施加的电流或电场而发射所需波长的光的有机层,和至少一个透明电极。所述薄的高折射率区域514中还可以包括其它高折射率层。区域514的外表面514a可被视为OLED510的发光表面。

[0131] 为了使OLED的光学性能增强,将所需光学提取膜410、440、470中的一个附着于

OLED的发光表面514a。在附着之前,从膜去除适当的防粘衬片或前遮罩(见图4a-c中的418、448、478项)以暴露原始的光学耦合表面(见416a、446a、480a项)。在一些情况下,光学提取膜的光学耦合表面可以直接紧贴OLED的发光表面514a。如果提取膜的最外层是压敏粘结剂或其它合适的透光性粘结剂,则光学提取膜的光学耦合表面与OLED的发光表面之间的直接接触可能足以在两个组件之间产生稳固粘合而在其间无显著的气隙。

[0132] 在其它情况下,可以在光学提取膜的光学耦合表面与OLED的发光表面514a之间提供薄的光学耦合层。光学耦合层可以具有若干种功能。一个功能可以为使OLED的发射表面平整。在多种像素化顶部发射OLED中,举例来说,基底可以具有与像素和亚像素阱相关的表面特征。可以用光学耦合层来填充阱或其它表面特征,以形成光学提取膜的耦合表面(见例如416a、446a、480a)可以在无气隙或凹坑的情况下附接的平整表面。光学耦合层的另一个功能可以为例如在其中提取膜的最外层不是压敏粘结剂或其它合适的粘结剂的情况下,将光学提取膜附接于OLED。在一些情况下,光学耦合层(如果包括在所述构造中)可以具有尽可能接近于OLED的高折射率区域514的折射率的折射率,以使得高折射率区域内的波导模式或与其关联的渐消区能够延伸得更靠近提取膜的耦合表面。光学耦合层可以例如具有在高折射率区域514的折射率与其外表面对应于光学提取膜的耦合表面的层的折射率之间的折射率。合适的光学耦合层包括透光性材料,例如高折射率粘结剂和经纳米粒子填充的聚合物。合适的光学耦合层通常也在能执行其必要功能的同时尽可能地薄,以使提取膜的耦合表面与OLED的发光表面之间的距离最小。典型的光学耦合层可以例如具有在从0.5到5微米、或从0.5到20微米范围内的厚度,但也可用其它厚度。

[0133] 无论是否使用光学耦合层,光学提取膜与OLED的附接导致所得到的OLED装置的作用增强。当用于给定光学系统中时,光学提取膜(无论通过减少波导模式、减少光的全内反射或通过其它机制)可以使OLED的可用照明增加(有时也称为增益增加)。增加的照明或增益可以用来自OLED装置的输出表面在可能的输出方向的半球上积分的总亮度表征或测量,或可以通过其它方式测量,例如沿着所关注的具体方向增加的照明(例如沿着垂直于OLED输出表面的方向增加的轴向照明或增益)。

[0134] 除增加OLED装置的可用照明或增益以外,示例性光学提取膜还具有优势,即它们可以提供充当OLED/膜组合的输出表面的平坦或平整外表面。提取膜410、440、470各自被示为具有平坦表面(在图4a-c中分别标记为表面412b、442b、472b),并且正是这个表面可以在附着了膜之后成为OLED装置的输出表面。有利的是,造成OLED具有增强输出的精密结构化表面(例如结构化表面414a、444a、474a和476a)在每种情况下都嵌入膜内和装置内,从而受到安全的保护免受由柔性载体层(在图4a-c中标记为412、442、472)带来的磨损、污垢、粉尘、油和其它有害物。由此可见平坦的输出表面在多种应用中有益,但在一些情况下,可能需要将OLED/膜组合的输出表面(例如表面412b、442b、472b)压花或以其它方式图案化,以形成可进一步修改装置发射的光分布的外露结构化表面。

[0135] 图5b展示将一种特定的光学提取膜附着到顶部发射OLED上。最初,本文其它地方详细描述的光学提取膜410和本文其它地方也有描述的顶部发射OLED510分开制造,并且作为起始元件提供。从提取膜去除防粘衬片418以暴露光学耦合表面416a。然后将提取膜410和OLED510压在一起以形成具有增强输出的组合式OLED装置520。提取膜优选地例如通过使用压敏粘结剂或其它合适的粘结剂以形成层416;或通过使用合适的透光性粘结剂作为光

学耦合层

[0136] 而稳固地粘合到OLED。在装置520中,提取膜的光学耦合表面416a和OLED的发光表面514a彼此接触或重合。因此,距离419a、419b不仅表示从结构化表面414a到光学耦合表面416a的最小和最大轴向距离,而且表示从结构化表面414a到OLED的发光表面514a的最小和最大轴向距离(分别)。注意,在替代性实施例中,可以在表面416a与表面514a之间包括如以上描述的薄的光学耦合层。在任何情况下,高折射率区域514内产生的光通过嵌入结构化表面的提取元件以折射方式耦合出OLED装置,并且最终通过表面412b离开装置520,所述表面现在可被视为装置520的输出表面。

[0137] 图5c是其中顶部发射OLED(例如结合图5a描述的OLED510)已经与另一种光学提取膜(在这种情况下是图4c的提取膜470)组合的OLED装置530的示意性侧视图或剖视图。在制备这种组合时,已经从提取膜去除防粘衬片478以暴露光学耦合表面480a,然后紧贴着OLED510的发光表面514a按压所述表面。在这个放大视图中,可以看到结构化表面476a的光提取元件482和结构化表面474a的一个光提取元件475,以便使读者对一些实施例中折射元件与衍射元件之间可能实现的尺寸和厚度差异有一些感觉。图5c的放大视图还展示了有关高折射率区域514的一些附加细节。区域514被示为包括至少三个单独的层515、516和517。层516可以为有机光产生层,并且层515、517中的一个或两个可以为(例如)由透明导电氧化物(TCO)(例如铟锡氧化物(ITO))构成的透明电极层。在任何情况下,层515、516、517都由高折射率(例如在从1.6到1.8范围内)材料构成。

[0138] 在装置530中,提取膜的光学耦合表面480a和OLED的发光表面514a彼此接触或重合。因此,距离489a、489b不仅(分别)表示从结构化表面476a到光学耦合表面480a的最小和最大轴向距离,而且(分别)表示从结构化表面476a到OLED的发光表面514a的最小和最大轴向距离。注意,在替代性实施例中,可以在表面416a与表面514a之间包括如以上描述的薄的光学耦合层。在任何情况下,高折射率区域514内产生的光通过嵌入结构化表面的提取元件以折射方式耦合出OLED装置,并且最终通过表面412b离开装置520,所述表面现在可被视为装置520的输出表面。

[0139] 图6a-6c是可以用于底部发射OLED的光学提取膜的示意性侧视图或剖视图。这些膜的多个元件和特征是结合图4a-c描述的提取膜的相应元件和特征的直接对应物。举例来说,图6a-c的柔性载体膜可以基本上对应于结合图4a-c讨论的柔性载体膜。适用于TIR光的折射耦合的较大结构化表面和适用于波导模式的衍射耦合的较小结构化表面,以及构成它们的光提取元件在图6a-c中示出,并且可以基本上对应于结合图4a-c描述的相似结构化表面。纳米空隙层和在结构化表面处与纳米空隙层接界的其它层在图6a-c中示出,并且可以基本上对应于结合图4a-c讨论的纳米空隙层和其它层。为避免不必要的重复,此处将不再重复通用元件和特征的细节,但应理解为等同地应用于这些实施例。

[0140] 与适于附着在与提取膜分开加工的自发射光源上的图4a-c的提取膜不同,图6a-c的提取膜适于用作可以在上面加工自发射光源的基底。在前一种情况下,来自OLED的光从所述结构的“顶部”发射出来,即通过光学提取膜(充当“上盖”)射出,在后一种情况下,来自OLED的光从结构的“底部”发射出来,即还是通过光学提取膜(但现在充当“基底”)射出。读者应当理解,除非另外有明确相反的指示,否则,“顶部”、“底部”、“上盖”、“基底”、“带有”和“在.....上”不应理解为就本专利申请的目的是需要任何相对于重力的特定取向。

[0141] 在图6a中,光学提取膜610包括柔性载体膜612和由膜612承载(例如附接于膜612)的各种层。这些层中有纳米空隙层614和另一层616,在它们之间形成有形成结构化表面614a的嵌入界面。纳米空隙层优选地具有远低于常规聚合物材料的可见光折射率,例如低于1.35或1.3,或例如在从1.15到1.3或1.15到1.35的范围内。另一层616优选地由聚合物材料或其它合适的材料构成,所述层无纳米空隙并且具有比纳米空隙层的折射率大的折射率。层614、616之间的折射率差值有利地相对较大,例如是至少0.2或0.3或0.4或0.5或更大。折射率差值使结构化表面614a能够充当可从OLED或其它自发射光源提取光的光学界面。

[0142] 结构化表面614a可被定制成具有可有效地从光源提取光(即从光源中耦合出浪费的光以使得它可以用于预期应用中)的任何轮廓或形状。在示例性实施例中,结构化表面被成形为可限定各个光提取元件615。元件615被示为具有弯曲表面,它们可以表示曲面线性棱镜或棱柱透镜元件的阵列,但提取元件通常可以具有任何合适的形状而不受限制。在示例性实施例中,提取元件615通过最靠近的元件之间的中心到中心的间隔或节距P1来表征。在其中提取元件彼此不均匀分布或间隔的情况下,节距P1可以表示提取元件的中心到中心的间隔的平均值。

[0143] 不同于图4a-c的提取膜,图6a-c的提取膜均示出为在膜的一侧上具有透明电极层作为最外层。透明电极可以由ITO或其它合适的透光性导电材料构成。就图6a的提取膜610而言,该层是设置在层616上的透明电极层618。图6a-c的实施例中的这种透明电极层优选地适于充当电极,可以在所述电极上形成一个或多个有机光产生层,以提供OLED的高折射率光产生区或产生核。因此,透明电极层最初可被视为光学提取膜的一部分,并且在OLED在提取膜上形成之后,然后可被视为所得OLED装置的高折射率区或核的一部分。

[0144] 结构化表面614a和/或提取元件615也可用离开适于耦合到自发射光源的提取膜的表面的距离或厚度来表征。就提取膜610而言,该耦合表面可被视为层616的主表面616a,这是因为它毗邻稍后将成为OLED的高折射率光产生区的部分的外表面。不同于电极层618的表面618a,表面616a不是外表面。在图中标记出两个特征距离。距离619a是层616在耦合表面616a与结构化表面614a之间的连续接合区部分的厚度。另一个特征距离619b是耦合表面616a与平行于耦合表面并且在结构化表面距离耦合表面最远的点处与结构化表面相交的平面之间的距离。

[0145] 在其中提取膜610旨在通过减少在自发射光源的最外表面或边界处全内反射的光量来增强光提取的情况下,我们已经发现有利的是将提取膜610设计成使得接合区厚度619a相对较小。举例来说,接合区厚度619a可以小于50微米、或小于25微米、或小于10微米,但这些值不应理解为限制性的。接合区厚度619a也可以小于柔性基底612的厚度。接合区厚度619a也可以很薄而使得层616不适于用作例如图2中示出的卷对卷加工系统中的自立式支承膜。接合区厚度619a如果需要也可以被选为足够大,以使得光提取元件615的相当大部分不被布置在自发射光源的渐消区内。

[0146] 我们还发现,还是在其中膜610旨在通过减少TIR来增强光提取的情况下,有利的是调整提取特征615以使得其节距P1相对较大(例如大于1微米)。特征高度(即距离619b与距离619a之间的差值)如果需要也可以大于1微米。特征高度和横向尺寸可以足够大(例如大于1、5、10或20微米),使得提取特征的功能主要受光学折射而不是(例如)光学衍射的原

理支配。

[0147] 可以用多种制造技术(包括(但不限于)连续技术和分批技术)来加工光学提取膜610。一种特别有利的制造技术是例如图2中示意性所示的连续浇注与固化(3C)卷对卷工艺。还可能想到其它合适的制造技术。然而,如果使用类似于图2的工艺制造提取膜610,则层616可构成在纳米空隙层614和结构化表面614a形成之后产生的回填层。因此,取决于材料选择和工艺条件,如结合图3a所讨论,层616可以与纳米空隙层614相互穿透。

[0148] 载体膜612、纳米空隙层614、层616和电极层618优选地对来自光源的光具有高透光性,但这些层中的一个、一些或所有层中适度的少量浊度可被容许和/或在特定应用中可取。所述层优选地以低损耗透射由光源发射的光,以使得在提取膜上加工光源之后,穿过耦合表面616a的来自光源的较大一部分光能够在相对的外表面612b处离开提取膜并且有助于系统照明。

[0149] 光提取膜610当然可以包括除了图6a中示出的那些之外的其它层和除了已经讨论的那些之外的其它特征或特性。举例来说,可能将材料整合到薄膜内,以通过散射增强光提取或对光进行滤波、色移或偏振。可以将表面涂层或结构(例如功能层)附着于光提取膜的空气表面,以便进一步增加光提取膜的功能并且可能增加它的价值。此类表面涂层可具有例如光学、机械、化学或电气功能。此类涂层或结构的实例包括具有下列功能或特性的那些:防雾;防静电;防眩光;抗反射;防磨(耐刮擦);防污;疏水;亲水;促进粘附;折射元件;滤色;紫外线(UV)过滤;光谱过滤;色移;改色;改偏振(线偏振或圆偏振);光重定向;漫射;或旋光。附着于空气表面的其它可能的层包括阻挡层或透明导电材料。如果需要,可以在提取膜的一侧上设置防粘衬片以保护输出表面612b,并且可以在提取膜610的相对侧上设置另一防粘衬片以保护电极层618免受损坏,直到需要触及该表面为止。

[0150] 图6b是可以用于底部发射OLED的另一种光学提取膜的示意性侧视图或剖视图。在图6b中,光学提取膜640包括柔性载体膜642和由膜642承载(例如附接于膜642)的各种层。这些层中有纳米空隙层644和另一层646,在它们之间形成有形成结构化表面644a的嵌入界面(见插图)。层646上也设有透明电极层648。纳米空隙层优选地具有远低于常规聚合物材料的可见光折射率,例如低于1.35或1.3,或例如在从1.15到1.3或1.15到1.35的范围内。另一层646优选地由聚合物材料或其它合适的材料构成,所述层无纳米空隙并且具有比纳米空隙层的折射率大的折射率。层644、646之间的折射率差值有利地相对较大,例如是至少0.2或0.3或0.4或0.5或更大。折射率差值使结构化表面644a能够充当如本文其它地方所述的可从OLED或其它自发射光源提取光的光学界面。

[0151] 结构化表面644a可被定制成具有可有效地从光源提取光(即从光源中耦合出浪费的光,使其可用于如本文所讨论的预期应用中)的任何轮廓或形状。在示例性实施例中,结构化表面被成形为可限定各个光提取元件645。元件645被示为具有矩形外形,它们可以表示在两个正交方向上布置的平坦线形脊或盒形突起的阵列,但提取元件通常可以具有任何合适的形状而不受限制。在示例性实施例中,提取元件645通过最靠近的元件之间的中心到中心的间隔或节距P2来表征。在其中提取元件彼此不均匀分布或间隔的情况下,节距P2可以表示提取元件的中心到中心的间隔的平均值。

[0152] 结构化表面644a和/或提取元件645也可用离开适于耦合到自发射光源的提取膜的表面的距离或厚度来表征。就提取膜640而言,该耦合表面是层646的主表面646a,这是因

为它毗邻稍后将成为OLED的高折射率光产生区的部分的外表面。不同于电极层648的表面648a,表面646a不是外表面。在图中标记出两个特征距离。距离649a是层646在耦合表面646a与结构化表面644a之间的连续接合区部分的厚度。另一个特征距离649b是耦合表面646a与平行于耦合表面并且在结构化表面距离耦合表面最远的点处与结构化表面相交的平面之间的距离。

[0153] 在其中提取膜640旨在通过减少作为波导模式被截留在自发射光源的高折射率发光区域中的光的量来增强光提取的情况下,我们已经发现有利的是将提取膜640设计成使得接合区厚度649a非常小,例如小得足以使当耦合表面646a紧贴光源的发射表面(例如,在电极层618上已加工出OLED的剩余部分后紧贴该层618的表面)设置时,光提取元件645的相当大部分被布置在自发射光源的渐消区内。在多种情况下,接合区厚度649a可以小于20微米、或小于10微米、或小于5微米,但这些值不应理解为限制性的。接合区厚度649a也可以小于柔性基底642的厚度,并且可以很薄,以使得层646不适于用作例如图2中所示的卷对卷加工系统中的自立式支承膜。

[0154] 我们还发现有利的是将提取特征645定制成使得其节距P2相对较小(例如小于1微米),以从波导模式中耦合出光。特征高度如果需要也可以小于1微米。特征高度和横向尺寸可以足够小,使得提取特征的功能主要受光学衍射而不是(例如)光学折射的原理支配。结构化表面644a可以具有周期性、准周期性或不规则分布的提取特征,并且在一些情况下,提取特征可被布置成形成光子晶体结构。

[0155] 光学提取膜640可以用多种不同制造技术来加工。如果使用类似于图2的工艺制造膜640,则层646可构成在纳米空隙层644和结构化表面644a形成之后产生的回填层。因此,取决于材料选择和工艺条件,如结合图3a所讨论,层646可以与纳米空隙层644相互穿透。

[0156] 载体膜642、纳米空隙层644、层646和电极层648优选地对来自光源的光具高透光性,但这些层中的一个、一些或所有层中适度的少量浊度可被容许和/或在特定应用中可取。提取膜640还可以包括除了图6b中示出的那些之外的其它层和除了已经讨论的那些之外的其它特征或特性。可以在膜640的一侧或两侧上设置防粘衬片。

[0157] 图6c是可以用于底部发射OLED的另一种光学提取膜的示意性侧视图或剖视图。在图6c中,光学提取膜670包括柔性载体膜672和由膜672承载(例如附接于膜672)的各种层。这些层中有纳米空隙层676和另一层674,在它们之间形成有形成结构化表面674a的嵌入界面。形成第二结构化表面676a的第二嵌入界面(见插图)在纳米空隙层676与另一层680之间形成。层680上还设有透明电极层678。纳米空隙层优选地具有远低于常规聚合物材料的可见光折射率,例如低于1.35或1.3,或例如在从1.15到1.3或1.15到1.35的范围内。其它层674、680优选地由聚合物材料或其它合适的材料构成,所述层无纳米空隙并且具有比纳米空隙层的折射率大的折射率。层674、676之间和层676、680之间的折射率差值有利地相对较大,例如是至少0.2或0.3或0.4或0.5或更大。折射率差值使结构化表面674a、676a能够分别充当如本文其它地方所述的可从OLED或其它自发射光源提取光的光学界面。

[0158] 结构化表面674a、676a可以分别被定制成具有可有效地从光源提取光(即从光源中耦合出浪费的光以使得它可以用于如本文所讨论的预期应用中)的任何轮廓或形状。结构化表面674a、676a可以各自被成形为可分别限定各个光提取元件675、682。元件675被示为具有弯曲表面,它们可以表示曲面线性棱镜或棱柱透镜元件的阵列,但提取元件675通常

可以具有任何合适的形状而不受限制。元件682被示为具有矩形外形,它们可以表示平坦线形脊或盒形突起的阵列,但提取元件682通常可以具有任何合适的形状而不受限制。提取元件675可以通过最靠近的元件之间的中心到中心的间隔或节距P1来表征,并且提取元件682可以通过最靠近的元件之间的中心到中心的间隔或节距P2来表征。在其中提取元件彼此不均匀分布或间隔的情况下,节距P1和/或P2可以表示相应提取元件的中心到中心的间隔的平均值。

[0159] 结构化表面674a、676a和/或其相应提取元件675、682也可用离开适于耦合到自发射光源的提取膜的表面的距离或厚度来表征。就提取膜670而言,该耦合表面是层680的主表面680a,这是因为它毗邻稍后将成为OLED的高折射率光产生区的部分的外表面。不同于电极层678的表面678a,表面680a不是外表面。在图中标记出四个特征距离,每个嵌入结构化表面两个。对于结构化表面674a,距离679a是从耦合表面680a到结构化表面674a的最近部分的轴向距离。尽管事实是这个距离不精确对应于层676的连续接合区厚度(由于存在层680和结构化表面676a),然而如果层680比层676薄得多,则可将它视为基本上对应于层676的连续接合区部分。距离679b是从耦合表面680a到结构化表面674a的最远部分的轴向距离。对于结构化表面676a,距离689a是层680在耦合表面680a与结构化表面676a之间的连续接合区部分的厚度。距离689b是从耦合表面680a到结构化表面676a的最远部分的轴向距离。

[0160] 优选地,提取膜670结合了提取膜610与640的特性。举例来说,提取膜670可以被定制成可通过减少在自发射光源的最外表面或边界处全内反射的光量(通过结构化表面674a)和通过减少作为波导模式被截留在自发射光源的高折射率发光区域中的光的量(通过结构化表面676a)这两种方法来增强从OLED或其它自发射光源的光提取。在这方面,我们已经发现有利的是将提取膜670设计成使得基本接合区厚度679a相对较小(例如小于50微米、或小于25微米、或小于10微米),并且进一步将膜670设计成使得接合区厚度689a更小,例如足够小以使得当耦合表面680a紧贴光源的发射表面设置时,光提取元件682的相当大部分被布置在自发射光源的渐消区内。接合区厚度689a可以例如小于20微米、或小于10微米、或小于5微米,并且它可以为与较大结构化表面674a相联的基本接合区厚度679a的一小部分。

[0161] 我们还发现有利的是将提取特征675定制成使得其节距P1相对较大(例如大于1微米),同时还将提取特征682定制成使得其节距P2相对较小(例如小于1微米)。提取特征675的特征高度和横向尺寸可以足够大,使得其功能主要受光学折射的原理支配,而提取特征682的特征高度和横向尺寸可以足够小,使得提取特征的功能主要受光学衍射的原理支配。

[0162] 光学提取膜670可以用多种不同制造技术来加工。柔性载体膜672可以具有使其适于用作类似于图2中的基底216的自立式支承膜的物理特性。

[0163] 在一些情况下,结构化表面674a和/或结构化表面676a可以不采用浇注与固化技术而用其它能够在所需层中产生所需提取特征的合适的技术来加工。然而,如果提取膜670使用类似于图2的工艺制造,则纳米空隙层676可构成在层674和结构化表面674a形成之后产生的回填层,并且层680可构成在纳米空隙层676和结构化表面676a形成之后产生的另一个回填层。因此,取决于材料选择和工艺条件,如结合图3a所讨论,层680可以与纳米空隙层676相互穿透,而纳米空隙层676可以不与层674相互穿透。

[0164] 载体膜672、纳米空隙层676、层474、480和透明电极层678优选地都对来自光源的光具高透光性,但这些层中的一个、一些或所有层中适度的少量浊度可被容许和/或在特定应用中可取。提取膜470可以包括除了图6c中示出的那些之外的其它层和除了已经讨论的那些之外的其它特征或特性。可以在提取膜670的一侧或两侧上设置防粘衬片。

[0165] 图7a展示如何将图6a-c的光学提取膜中的任何一者与在提取膜上加工的底部发射OLED或其它合适的自发射光源组合,以便制备增强型发光光学装置720。

[0166] 制备这种组合的第一步可以为提供光提取膜600,所述膜可以为以上描述的提取膜610、640、670中的任何一者或其变型形式。这些膜各自在其一侧上包括透明电极层。可以在这个层上设置其它高折射率层,包括至少一个有机光产生层和可透明或可不透明的任选的第二电极层。这些附加的高折射率层在图中由示意性层714a表示。与光学提取膜的透明电极层组合的那些层可以形成高折射率发光区域714,所述区域响应所施加的电流或电场产生所需波长的光。所述区域通常非常薄,例如接近光波长,或(例如)小于1或2微米,但可以用其它厚度。

[0167] 在图中由层712示意性地表示的一个或多个其它层可以形成或附着在高折射率区域714上。层712可以例如包括支承膜和/或阻挡膜。在一个示例性实施例中,层712可以包括超阻挡膜(例如美国专利5,440,446(Shaw等人)、5,877,895(Shaw等人)和6,010,751(Shaw等人)中描述的那些)或钻石样玻璃的溅射层。作为另外一种选择,层712可能被省略并且代之以惰性气体或真空,所述惰性气体或真空可以保持在OLED与合适的盖玻璃构件之间的密封室中。

[0168] 由于装置720是底部发射OLED,因此高折射率区域714中所产生的光行进通过提取膜600并且通过图7a的视角可见的“底”表面(例如从表面612b或表面642b或表面672b离开装置。在一些情况下,装置720可以被设计成发射极少的或不发射从装置的相对侧发射的光。在那些情况下,层712的一个、一些或所有构成组件可以为基本上不透明的。在其它情况下,装置720可以从两侧发射光,于是层712的组分可以都具透光性。在此类情况下,在装置从两侧发射时,可用的是在装置的两侧上都施加提取特征。

[0169] 现在转到图7b,我们看到其中已经在特定光学提取膜(即图6c的提取膜670)上形成底部发射OLED的光学装置730的示意性侧视图或剖视图。已经在提取膜的最外层(透明电极层678)上形成或以其它方式加入薄的高折射率层716、717和(还是)由层712示意性表示的一个或多个其它层。层716、717中的至少一个包括如本文其它地方描述的有机光产生层,并且层716、717之一还可以包括可透明或可不透明的电极。与提取膜的透明电极层678组合的层717、718形成高折射率发光区域714,所述区域响应所施加的电流或电场产生所需波长的光。区域714的构成层的折射率可能(例如)都落在从1.6到1.8的范围内。区域714通常还非常薄,例如接近光波长,或(例如)小于1或2微米,但可以用其它厚度。包括层712(如果存在)的层通常具有比高折射率区域714的折射率实质上更低的折射率,并且它们通常厚得多。

[0170] 在图7b的放大视图中,可以看到结构化表面676a的光提取元件682和结构化表面674a的一个光提取元件675,以便使读者对一些实施例中折射元件与衍射元件之间可能实现的尺寸和厚度差异有一些感觉。

[0171] 在装置730中,提取膜的光学耦合表面680a与OLED的发光表面一致,这是因为高折

射率发光区域714的外边界对应于透明电极层678的主表面。因此,距离689a、689b不仅表示从结构化表面676a到光学耦合表面680a的最小和最大轴向距离,而且表示从结构化表面676a到OLED的发光表面680a的最小和最大轴向距离(分别)。高折射率区域714内所产生的一些光对于那个区域而言以波导模式被截留,并且可以通过光提取元件682以衍射方式耦合出区域714,并且此后可以通过光提取元件675以折射方式耦合出OLED装置,所述光最终通过表面672b离开装置730,所述表面现在可能被视为装置730的输出表面。

[0172] 由于装置730是底部发射OLED,因此高折射率区域714中所产生的光行进通过提取膜670并且通过如从图7b的视角可见的“底”表面(即从表面672b)离开装置。在一些情况下,装置720可以被设计成发射极少的或不发射从装置的相对侧发射的光。在那些情况下,层712的一个、一些或所有构成组件可以为基本上不透明的。在其它情况下,装置720可以从两侧发射光,于是层712的组分可以都具透光性。在此类情况下,在装置从两侧发射时,可用的是在装置两侧上都施加提取特征。

[0173] 像素化OLED装置

[0174] 本发明所公开的光学提取膜和膜/OLED组合可以用多种不同类型的已知OLED来实行,包括可能通常用于发光应用中的非像素化OLED和可能通常用以在电子显示器中生成图像的像素化OLED。图8是典型的像素化OLED810的示意性俯视图。OLED810经图案化以形成不同发光区域812a、812b、812c和发射区域之间的非发射区域。每个发射区域都优选地可单独电子寻址。发光区域以重复图案布置以形成大阵列,以使得阵列内任何指定的发光区域或区域组可以在任何指定的时间被照明以提供静态或视频图像。

[0175] 在单色显示器中,区域812a-c可发射相同的光谱含量或颜色的光。在这种情况下,每个单独的区域812a、812b、812c可以代表单个像素。在彩色显示器中,区域812a-c可以发射不同颜色的光,例如区域812a可以发射红光,区域812b可以发射绿光,并且区域812c可以发射蓝光。其它颜色和颜色组合也有可能,并且如像素化显示器技术领域中所知OLED可以包括多于或少于三种不同颜色区域。在彩色显示器中,不同颜色区域通常被集合在一起以形成像素,在所述情况下给定像素内的每个单独的发射区域可以称为亚像素。在其中OLED810适用于彩色显示器,并且其中区域812a发射红光,区域812b发射绿光,并且区域812c发射蓝光的情况下,区域814可以在一个实施例中被视为单个像素。像素的尺寸可以通过多个横向尺寸即在图平面上测量的尺寸来表征。在其中像素具有标称为矩形的形状的情况下,两个有关尺寸可以为矩形的长度(较长侧的跨度)和宽度(较短侧的跨度)。尺寸820表示像素814的宽度。另一个有关尺寸可以为最大横向尺寸,例如矩形像素的对角长度。注意,如果OLED810发射单色光而使得每个单独区域812a等是一个像素,则该较小的像素将具有与像素814相同的长度,但宽度是像素814宽度的三分之一。作为另外一种选择,如果OLED810需要四个(而不是三个)相邻发射区域来构成一个像素,则该像素将具有与像素814相同的长度,但宽度是像素814宽度的4/3倍。

[0176] 图9a和9b展示了从具有结构化表面暴露于空气(非嵌入)的普通结构化表面膜的像素化顶部发射OLED提取光与从具有包括本发明所公开的纳米空隙层和嵌入结构化表面的提取膜的相同像素化顶部发射OLED提取光之间的差别。简单地说,纳米空隙层和嵌入结构化表面的使用使结构化表面能够被设置得比其它膜更靠近OLED。这是因为纳米空隙层允许图9b的提取膜相对于图9a的膜翻过来,使得载体膜不需要插在OLED与结构化表面之间。

相反,可以将(嵌入)结构化表面设置在载体膜与OLED之间,并且可以使得提取膜在(嵌入)结构化表面与OLED之间的接合区部分具有实质上小于典型的载体膜的厚度的厚度(例如小于50、25或10微米)。将结构化表面定位成更靠近像素化OLED可以具有减少像素模糊(特别是对于具有小像素尺寸的OLED而言)的显著优点。当提取膜的结构化表面含有在不同方向上散射光的折射结构时,会出现像素模糊。

[0177] 可以在这种散射与由普通蜡纸片产生的散射之间找到类似性。如果蜡纸片被直接放置在印刷文本纸面上,观察者可能仍然能够通过蜡纸看清楚文本。然而,如果蜡纸被慢慢提起以使得文本与散射蜡纸之间的距离增加,则文本迅速变得难辨认,这是因为文本字母的边界由于蜡纸的散射行为而变得太模糊。与此类似,图9b的嵌入结构化表面与图9a的结构化表面相比可能产生极少甚至不产生像素化OLED模糊,这是因为与后一结构化表面相比,前一结构化表面离OLED近得多。

[0178] 因此,图9a示出由普通光学提取膜930附着于像素化顶部发射OLED920得到的装置910的一部分,并且图9b示出由包括纳米空隙层和嵌入结构化表面的光学提取膜960附着于相同像素化顶部发射OLED920得到的装置950的一部分。在图中,OLED920的标出的部件包括:驱动器/控制器922;发光区域(例如像素)924;有机光产生层926;透明导体928;和使OLED平整以提供平坦发光表面929a的光学耦合层929。在图9a中,将具有暴露结构化表面934a的提取膜930附着于OLED。提取膜930包括:载体膜932;将载体膜附接于OLED的粘结剂层931;和已经被压花或以其它方式形成以提供结构化表面934a的涂层934,它可能经成形以限定大得足以基于折射原理起作用的光提取元件(例如透镜状棱镜或透镜)。提取膜930的各个层都不是纳米空隙层。相比之下,提取膜960可以具有与(例如)结合图4a描述的构造类似的构造。膜960因此包括:载体膜912;纳米空隙层914,它可以具有在从1.15到1.35、或1.15到1.3范围内的折射率;折射率比纳米空隙层914高的层916,层916优选地是回填层并且具有与纳米空隙层接界的界面从而限定具有提取元件915的结构化表面914a,所述元件915可以为大得足以基于折射原理起作用的透镜状棱镜或透镜。层916在结构化表面914a与表面916a之间的接合区部分可能(例如)小于50微米、或小于25微米、或小于10微米。来自像素化OLED的光在每种情况下都是从提取膜的最上(从图9a和9b的角度来看)表面(即从图9a中的结构化表面934a和从图9b中的平整表面912b)发射。

[0179] 关于适于与像素化OLED一起使用的光学提取膜的更多信息可以在与本文同一天提交并且以全文引用方式并入本文中的共同转让的美国专利申请XXX,“Light Extraction Films for Increasing Pixelated OLED Output With Reduced Blur(用于增加像素化OLED输出并且模糊减少的光提取膜)”(代理人案卷号67021US002)中找到。

[0180] 如上所述,提取膜960(与提取膜930相比)能够使结构化表面更靠近像素化OLED,因此具有提取膜960模糊减少的优点。此外,相对于膜930的结构化表面的暴露性质,膜960的结构化表面的嵌入性质提供对由磨损或其它有害作用造成的损坏的稳健性或抵抗性的优点。

[0181] 实例

[0182] 在以下实例中,除非另外指明,否则所有份数、百分数、比率等都是按重量计。除非以不同方式明确指明,否则所用溶剂和其它试剂都是获自威斯康辛州密尔沃基的西格玛-奥德里奇化学公司(Sigma-Aldrich Chemical Company,Milwaukee,Wisconsin)。

[0183] 实例1:50/60子弹形提取器,粘结剂回填,ULI中无浊度

[0184] 使用光线跟踪方法和建模套装LIGHTTOOLS(可从加利福尼亚州帕萨迪纳的光学研究协会(Optical Research Associates,Pasadena,CA)商购获得)对具有嵌入提取层的OLED进行计算机模拟。所模拟的配置总体展示为图5b中的OLED装置520。具有超低折射率(ULI)的微复制纳米空隙材料(见例如图5b中的层414)被模仿为具有1.2的折射率和零浊度。将载体膜或基底(见例如图5b中的层412)的折射率选择为1.65以模仿聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)基底。将回填层(见例如图5b中的层416)的折射率选择为1.48以模仿Soken2032压敏粘结剂(可从日本综研化学工程有限公司(Soken Chemical&Engineering Co.,Ltd,Japan)商购获得)。假定基底具有100 μ m的厚度。

[0185] 提取结构(见例如图5b中的结构化表面)是具有50 μ m节距的子弹形提取元件的阵列,所述阵列在俯视图或平面图中呈现提取元件的六边形布置。每个提取元件的形状都是由通过使圆的一部分绕轴旋转产生的旋转表面(通过参考图10a和10b更充分解释)给定。实例1中用来限定子弹形的曲线段1012是圆1010位于从过圆心的圆平面内的轴1005测量的角度 θ_1 与角度 θ_2 之间的区段。在实例1的子弹形状中, θ_1 是50度并且 θ_2 是60度。然后使区段1012绕轴1015旋转,轴1015平行于轴1005但与所述曲线段的端点相交,以便生成子弹形的旋转表面1020。

[0186] 模拟粘合到OLED的基底侧上的该光学提取膜的光学性能,并且依照CIE1976L*u*v*色空间(CIE标准S014-5/E:2009)中的最大角色差来确定颜色均匀度。根据(u' , v')色度坐标,色差由以下给定:

$$[0187] \quad \Delta u'v' = \sqrt{(u'-u'_0)^2 + (v'-v'_0)^2},$$

[0188] 其中(u'_0 , v'_0)是参照源(在这种情况下是OLED的轴向亮度)的色度坐标,以评估角颜色均匀度。依照具有提取膜的OLED与不具有提取膜的OLED的积分功率比来确定整体增益。模拟所用的OLED参数是基于Philips Lumiblade OLED(得自新泽西州萨默塞特的美国飞利浦照明公司(Philips Lighting U.S.,Somerset,NJ))的实验测量。我们在模仿和最优化中使用实验测量的OLED特性。首先将OLED开孔到1cm $\times$ 1cm表面积,然后在基底侧用折射率匹配的油光学耦合到球形表面经抗反射涂布的2.5英寸直径的BK7半球透镜。因为OLED基底的折射率密切匹配BK7半球透镜,所以基底外表面处的反射和折射被消除,从而允许准确测量到基底中的OLED发射和OLED/基底界面处的OLED反射。具体地讲,OLED的角-光谱亮度和反射性经表征并且用于模拟中。当与计算机设计的提取层特征组合时,可以准确地模仿OLED装置。在下表1中给出计算的色差随角度的变化,其中角度是在空气中相对于所模仿的装置的光轴或表面法线的观测角度。在有和没有嵌入提取膜情况下的最大角颜色不均匀度分别是0.0115和0.0242。在所模仿的提取膜情况下整体增益是1.48。

[0189] 表1

	角 (度)	$\Delta u'v'$ 具有提取膜的 OLED	$\Delta u'v'$ 初始 OLED
	88.5	0.0060	0.0242
	85.5	0.0053	0.0219
	82.5	0.0058	0.0202
	79.5	0.0057	0.0193
	76.5	0.0072	0.0189
	73.5	0.0055	0.0182
	70.5	0.0065	0.0178
	67.5	0.0075	0.0174
	64.5	0.0072	0.0171
	61.5	0.0080	0.0166
[0190]	58.5	0.0090	0.0158
	55.5	0.0091	0.0150
	52.5	0.0105	0.0143
	49.5	0.0115	0.0134
	46.5	0.0108	0.0124
	43.5	0.0115	0.0115
	40.5	0.0108	0.0102
	37.5	0.0108	0.0088
	34.5	0.0098	0.0073
	31.5	0.0105	0.0061
	28.5	0.0089	0.0048
	25.5	0.0072	0.0036
	22.5	0.0055	0.0027
	19.5	0.0059	0.0015
	16.5	0.0049	0.0010
	13.5	0.0051	0.0005
[0191]	10.5	0.0042	0.0005
	7.5	0.0018	0.0003
	4.5	0.0032	0.0006
	1.5	0.0000	0.0000

[0192] 这些结果在图11a中标绘出,其中曲线1110是所模仿的OLED/提取膜组合的色差,并且曲线1112是不具有提取膜的OLED的色差。

[0193] 实例2:50/60子弹形提取器,粘结剂回填,ULI中有浊度

[0194] 以与实例1相同的方法模拟具有光学提取膜的OLED,不同的是在纳米空隙超低折射率(ULI)层中内含某个浊度。这通过向所模拟的纳米空隙层加入散射中心来模拟,其中散射中心主要以向前45°锥角散射光,并且将散射概率设定为20%(即将光线在行进通过层时被散射至少一次的概率设定为20%)。在所模拟的提取膜的纳米空隙层中存在这种内含浊度的情况下,角颜色不均匀度降低到0.010,并且整体增益提高到1.51。

[0195] 实例3:50/60子弹形提取器,HRI回填,ULI中无浊度

[0196] 以与实例1相同的方法模拟具有光学提取膜的OLED,不同的是将纳米空隙ULI材料的折射率设定为1.26(而不是1.2);并且将回填材料(见例如图5b中的层416)的折射率选择为1.65(而不是1.48),这是高折射率可固化树脂的代表性折射率(例如纳米氧化锆填充的紫外可固化丙烯酸酯树脂,例如美国专利7,547,476(Jones等人)中描述的那些)。

[0197] 如实例1般测定颜色不均匀度和整体增益。表2中给出计算的色差。在有和没有光学提取膜情况下的最大角颜色不均匀度分别是0.0083和0.0242。在提取膜情况下的整体增益是1.55。

[0198] 表2

	角(度)	$\Delta u'v'$ 具有提取膜的 OLED	$\Delta u'v'$ 初始 OLED
[0199]	88.5	0.0022	0.0242
	85.5	0.0030	0.0219
	82.5	0.0053	0.0202
	79.5	0.0083	0.0193
	76.5	0.0072	0.0189
	73.5	0.0072	0.0182
	70.5	0.0072	0.0178
	67.5	0.0060	0.0174
	64.5	0.0059	0.0171
	61.5	0.0054	0.0166
	58.5	0.0060	0.0158
	55.5	0.0058	0.0150
	52.5	0.0048	0.0143
	49.5	0.0065	0.0134
	46.5	0.0058	0.0124
	43.5	0.0075	0.0115
	40.5	0.0062	0.0102
[0200]	37.5	0.0067	0.0088
	34.5	0.0068	0.0073
	31.5	0.0070	0.0061
	28.5	0.0055	0.0048
	25.5	0.0040	0.0036
	22.5	0.0037	0.0027
	19.5	0.0020	0.0015
	16.5	0.0014	0.0010
	13.5	0.0013	0.0005
	10.5	0.0008	0.0005
	7.5	0.0002	0.0003
	4.5	0.0010	0.0006
	1.5	0.0000	0.0000

[0201] 这些结果在图11b中标绘出,其中曲线1120是所模仿的OLED/提取膜组合的色差,并且曲线1122是不具有提取膜的OLED的色差。

[0202] 实例4:50/60子弹形提取器,HRI回填,ULI中有浊度

[0203] 以与实例3相同的方法模拟具有光学提取膜的OLED,不同的是在纳米空隙超低折射率(ULI)层中内含某个浊度,即与实例2所述相同的浊度。如实例1那样测定了颜色不均匀度和整体增益。角颜色不均匀度降低到0.007,并且整体增益提高到1.57。

[0204] 实例5:子弹形提取器加1D棱镜阵列

[0205] 以与实例1相同的方法模拟具有提取膜的OLED,不同的是在OLED层的相对侧上(见

例如图5b中的表面412b)向基底加入一维的(即线性延伸)棱镜膜,棱镜顶端背向OLED层。棱镜阵列的节距是50 μm 。将棱镜材料的折射率选择为与基底相同($n=1.65$),并且所有其它装置参数都与实例1中的那些相同。

[0206] 表3中给出计算的色差。最大颜色不均匀度是0.0126并且整体增益是1.34。尽管整体增益低于实例1和2的整体增益,但在该实例中所发射的光是基本上准直的。

[0207] 表3

角(度)	$\Delta u'v'$ 具有提取膜的 OLED	$\Delta u'v'$ 初始 OLED
88.5	0.008	0.0242
85.5	0.0105	0.0219
82.5	0.0074	0.0202
79.5	0.0066	0.0193
76.5	0.005	0.0189
73.5	0.0079	0.0182
70.5	0.0067	0.0178
67.5	0.0084	0.0174
64.5	0.01	0.0171
61.5	0.0126	0.0166
58.5	0.0118	0.0158
55.5	0.0122	0.0150
52.5	0.0119	0.0143
49.5	0.0098	0.0134
[0208] 46.5	0.0111	0.0124
43.5	0.011	0.0115
40.5	0.01	0.0102
37.5	0.009	0.0088
34.5	0.0085	0.0073
31.5	0.0062	0.0061
28.5	0.0048	0.0048
25.5	0.0035	0.0036
22.5	0.0036	0.0027
19.5	0.0029	0.0015
16.5	0.0024	0.0010
13.5	0.0029	0.0005
10.5	0.0023	0.0005
7.5	0.0018	0.0003
4.5	0.0002	0.0006
1.5	0.0000	0.0000

[0209] 这些结果在图11c中标绘出,其中曲线1130是所模仿的OLED/提取膜组合的色差,并且曲线1132是不具有提取膜的OLED的色差。

[0210] 实例6:低浊度ULI,Soken PSA回填

[0211] 如以下所述用微复制纳米空隙材料(也称为超低折射率或ULI材料)制造光提取膜。关于微复制ULI和制造微复制ULI结构的工艺的详细信息可以在本文其它地方参考的共同转让的美国专利申请(代理人案卷号66015US005)中找到。

[0212] 子弹形微复制工具

[0213] 使用美国专利6,285,001(Fleming等人)中所述的受激准分子激光器加工工艺来制造该实例6的子弹形微复制工具。将所得图案转移到具有倒置子弹形状的铜辊中,其中子弹特征以具有50 μ m节距的密集堆积的六边形图案布置,并且子弹形状基本上如实例1中所述,不同的是限定旋转表面的弯曲弧由角 $\theta_1=25^\circ$ 和 $\theta_2=65^\circ$ 界定。然后将铜辊用作连续浇注与固化工艺的复制母板,该工艺使用Accentrim树脂(含有氨基甲酸酯的紫外可固化丙烯酸酯树脂,组成是75重量%的得自科宁(Cognis)的PHOTOMER6210、和25重量%的得自奥德里奇化学公司(Aldrich Chemical Co.)的1,6-己二醇二丙烯酸酯和光引发剂即得自汽巴精化的1重量%的Darocur1173)。将Accentrim树脂浇注到PET支承膜(DuPont618PET膜,5密耳厚度)上,然后紧贴精密圆柱形工具用紫外光固化。

[0214] A-174处理过的二氧化硅纳米粒子

[0215] 在配备有冷凝器和温度计的2升三颈烧瓶中,在快速搅拌下混合960克IPA-ST-UP有机二氧化硅细长粒子(得自日产化学公司(Nissan Chemical Inc.)(得克萨斯州休斯顿)),19.2克去离子水、和350克1-甲氧基-2-丙醇。细长颗粒的直径在约9nm到约15nm的范围内,长度在约40nm到约100nm的范围内。将粒子分散于15.2重量%的IPA中。然后,将22.8克Silquest A-174硅烷(得自通用高新材料(GE Advanced Materials)(康涅狄格州威尔顿(Wilton,CT)))加入到烧瓶中。将所得的混合物搅拌30分钟。

[0216] 使混合物在81 $^\circ$ C下保持16小时。随后,使溶液冷却至室温。然后,使用旋转蒸发仪在40 $^\circ$ C的水浴中去除溶液中的约950克溶剂,从而得到在1-甲氧基-2-丙醇中的41.7重量%的A-174-改性的细长二氧化硅透明分散体。

[0217] 低浊度、低折射率配方(ULI树脂)

[0218] 向琥珀色玻璃广口瓶中加入A-174处理过的二氧化硅纳米粒子IPA-ST-UP在1-甲氧基-2-丙醇中的194.1克41.78重量%溶液。还向广口瓶中加入64.87克Sartomer SR444和40.5g Sartomer CN9893(都得自宾夕法尼亚州爱克斯顿沙多玛公司(Sartomer Company, Exton, PA))(呈在乙酸乙酯中的40%溶液形式)、1.458克Irgacure184、0.48克Irgacure819(都得自北卡罗纳州高点汽巴精化公司)和1.5克TEGO[®]Rad2250(得自德国埃森赢创迪高有限公司(Evonik Tego Chemie GmbH))。充分混合配方的内容物,提供具有50.5重量%固体的紫外可固化ULI树脂。

[0219] 超低折射率(ULI)结构

[0220] 获得以上提及的连续浇注与固化工艺的子弹膜,并经剥离处理。剥离处理包括:首先是膜的氧气等离子体处理,用500ccm O₂在200W下处理20秒,然后是四甲基硅烷(TMS)等离子体处理,用200ccm TMS在150W下处理90秒。然后将这个膜用作连续浇注与固化工艺的复制母板以微复制超低折射率(ULI)结构。ULI树脂具有50.5重量%固体,并且被复制在3密耳厚的经底涂的PET膜上。使用在35.3V和5.85A下运行的LED固化系统将树脂固化。用无极灯(H-灯泡)对微复制ULI膜作了后固化。用Metricon型号2010棱镜耦合器(得自新泽西州边宁顿的美特康公司)测量了微复制ULI层的折射率,发现折射率是约1.25。图10c展示所制造的ULI复制品的结构化表面1030的光学显微图,其中各个子弹形提取元件1032清晰可见。

[0221] 提取膜

[0222] 用Soken2032压敏粘结剂(可从日本综研化学工程有限公司&商购获得)通过用辊

在230 ℉下受热的辊层合机在压力下层合来回填ULI膜。用光学显微镜法确认了ULI子弹模板中充满PSA。还用激光指示棒对膜作了探询,并且观察到与从初始铜工具复制的子弹膜工具类似的折射图案。

[0223] 通过将提取膜的回填粘结剂层粘合到Philips Lumiblade OLED测试媒介物(得自新泽西州萨默塞特的美国飞利浦照明公司)的基底侧评估了这种光提取膜的光学性能。依照具有提取膜的OLED与不具有提取膜的OLED的积分功率比测量整体增益。嵌入提取膜情况下的最大角颜色不均匀度表明相对于不具有嵌入提取膜的OLED有了改善。嵌入提取膜情况下的整体增益是1.28。

[0224] 实例7:具有基于ULI的内部提取膜的OLED

[0225] 400nm一维结构

[0226] 用于这个实验例7中的微复制工具是通过浇注与固化工艺从金属圆柱形工具图案制造的膜复制品。制造“锯齿”一维结构化膜工具(具有400nm节距的线性延伸棱镜)的工具,是用精密金刚石车床切入工具的铜表面的改良金刚石车削金属圆柱形工具图案。所得的具有精密锯齿切削特征(它们的SEM图像在图12中展示)的铜圆柱经镀镍并且经PA11-4涂布。铜母板圆柱的电镀和涂布工艺是在微复制工艺中用来促进固化树脂剥离的通用做法。使用包含丙烯酸酯单体(75重量%的得自科宁的PHOTOMER6210和25重量%的得自奥德里奇化学公司的1,6-己二醇二丙烯酸酯)和光引发剂(1重量%的得自汽巴精化的Darocur1173)的丙烯酸酯树脂组合物,将其浇注到PET支承膜(5密耳厚度)上,然后紧贴精密圆柱形工具用紫外光固化来制造膜复制品。

[0227] 通过使用等离子体增强化学气相沉积(PECVD)法将所得的结构化膜的表面涂布硅烷脱模剂(四甲基硅烷)。剥离处理包括:膜的氧气等离子体处理,用500ccm O₂在200W下处理20秒,然后是四甲基硅烷(TMS)等离子体处理,用200ccm TMS在150W下处理90秒。然后通过将一片膜以其结构化面朝外的方式包覆并固定在浇注辊的表面使得经表面处理的结构化膜用作工具。

[0228] 低浊度、低折射率配方

[0229] 如实例6那样制备A-174处理过的IPA-ST-UP二氧化硅纳米粒子。将在1-甲氧基-2-丙醇中的A-174处理过的二氧化硅纳米粒子IPA-ST-UP的131.25g40重量%溶液加入到琥珀色玻璃广口瓶中。还向广口瓶中加入42克Sartomer SR444和10.5克Sartomer CN9893(都来自宾夕法尼亚州爱克斯顿沙多玛公司)、0.2875克Irgacure184、0.8克Irgacure819(都来自北卡罗纳州高点汽巴精化公司)、1克TEGO® Rad2250(得自德国埃森赢创迪高有限公司)和25.5克乙酸乙酯。充分混合配方的内容物以提供具有50.5重量%固体的紫外光可固化ULI树脂。

[0230] 1D-ULI(超低折射率)结构

[0231] 获得以上在“400nm一维结构”下所述的400nm节距的锯齿膜,并经剥离处理。剥离处理包括:首先是膜的氧气等离子体处理,用500ccm O₂在200W下处理20秒,然后是四甲基硅烷(TMS)等离子体处理,用200ccm TMS在150W下处理90秒。然后通过将一片膜以其结构化面朝外的方式包覆并固定在浇注辊的表面使得经表面处理的结构化膜用作工具。

[0232] 使用膜微复制装置在连续的膜基底上生成微结构化纳米空隙结构。装置包括:用于涂覆涂层溶液的针模和注射器泵;圆柱形微复制工具;紧贴工具的橡胶压料辊;在微复制

工具的表面周围布置的一系列UV-LED阵列;和提供、张紧和收卷连续膜的卷材处理系统。所述装置被构造成用于手动控制多个涂布参数,包括工具温度、工具旋转、卷材速度、橡胶压料辊/工具压力、涂层溶液流速,以及UV-LED辐照度。图2中示出了实例工艺。

[0233] 将涂层溶液(见上文)涂覆到邻近于在工具和膜之间形成的辊隙的3密耳PET膜(两侧面上经底涂的DuPont Melinex膜)。将溶液的流速调整到约0.25ml/min,并且将卷材速度设定为1ft/min使得连续的溶液滚动料堆保持在辊隙处。

[0234] UV-LED组使用了8行LED,每行有16个LED(Nichia NCCU001,峰值波长为385nm)。LED被配置在4个电路板上,所述电路板经定位以使得每个电路板的表面相切于微复制工具辊的表面安装,并且LED的距离可以被调整为在0.5与1.5英寸之间的距离。LED为驱动的8个串联的LED的16个平行串。通过调整装置电流来控制UV-LED组。对于本文所述的实验,将电流在35.4V下设定为大约5.6A,LED与微复制工具的距离在0.5与1.0英寸之间。辐照度是未校准的。当膜和工具旋转经过UV LED组时,在溶剂存在的情况下使涂层溶液固化,从而形成对应于工具结构的负或三维倒置或互补结构的微复制纳米多孔结构阵列。

[0235] 将结构化膜与工具分离并收集在收卷辊上。通过紫外线辐射进一步固化(后处理固化)纳米结构化涂层以提高涂层的机械特性。用配有H-灯泡的Fusion系统型号I300P(马里兰州盖瑟斯堡(Gaithersburg MD))完成后处理固化。使用氮气将UV室惰化至大约50ppm的氧气含量。

[0236] 具有基于ULI的内部提取膜的OLED

[0237] 用1000nm厚的氮化硅层通过等离子体增强化学气相沉积法(得自英国亚顿的牛津仪器(Oxford Instruments,Yatton,UK)的PECVD,型号PlasmaLab™System100)回填PET上的纳米复制的ULI层并使其大致平整化。表4中描述了PECVD工艺中所用的参数。

[0238] 表4

[0239]

反应物/条件:	值:
SiH ₄	400sccm
NH ₃	20sccm
N ₂	600sccm
压力	650毫托
温度	100℃
高频(HF)功率	20W
低频(LF)功率	20W

[0240] 用Metricon型号2010棱镜耦合器(得自新泽西州边宁顿的美特康公司)测量氮化硅层的折射率,且发现所述折射率为1.78。纳米结构化层中的ULI与氮化硅回填料之间的折射率对比度(折射率差值)是约0.5。

[0241] 经平整化的基底上的OLED加工开始于将大约110nm厚的ITO透过阴影掩模沉积到经氮化硅回填料涂布的一维结构上,以限定具有5×5mm活性区域的阳极几何形状。随后,沉积绿色有机发光叠堆和阴极以完成OLED。通过在真空系统中在大约10⁻⁶托的基础压力下透一组阴影掩模进行标准热沉积来加工OLED。

[0242] 沉积以下OLED构造:

[0243] HIL(300nm)/HTL(40nm)/EML(30nm,6%)/ETL(20nm)/LiF(1nm)/Al(200nm),其中HIL是空穴注入层,HTL是空穴传输层,EML是发射层,并且ETL是电子传输层。

[0244] 完成之后,通过在封装膜与OLED阴极中间使用SAES水分和氧气清除吸气剂(得自科罗拉多州科罗拉多斯普林斯的美国赛斯吸气剂公司(SAES Getters USA, Inc., Colorado Springs, CO))在惰性气氛下层合如美国专利7,018,713(Padiyath等人)中所述的阻挡封装膜来封装OLED。

[0245] 在Autronic锥光镜(得自德国卡尔斯鲁厄的奥美公司(Autronic-Melchers GmbH, Karlsruhe, Germany))上测试样品以测量亮度和棱角。表5示出若干样品的测量结果。

[0246] 表5

[0247]

实例	10mA/cm ² 时的电压	轴向亮度 (cm/m ²)	最大亮度 (cm/m ²)	最大亮度时的 θ	最大亮度时的 Φ	积分强度 (lm/m ²)	轴向亮度 (cm/m ²)	总增益	轴向增益
实例 7, 样品 A	7	6186	6486	8	104	14953	6186	1.56	1.44
实例 7, 样品 B	7.1	5866	6092	10	296	13938	5866	1.46	1.37
实例 7, 样品 C	7	6156	6313	13	245	14797	6156	1.55	1.43
实例 7, 样品 D	7	5943	6214	9	251	14815	5943	1.55	1.38
实例 7, 样品 E	7	5693	5845	9	290	13801	5693	1.44	1.33
实例 7, 样品 F	7.1	5624	6049	10	285	14293	5624	1.49	1.31
实例 7, 样品 G	7.6	5404	5673	14	291	13601	5404	1.66	1.47
实例 7, 样品 H	6.5	5153	5321	5	69	12455	5153	1.52	1.41
实例 7, 样品 I	7	5088	5291	11	271	12748	5088	1.56	1.39
实例 7, 样品 J	6.9	5283	5451	4	28	12621	5283	1.54	1.44
实例 7, 样品 K	7.1	5225	5347	2	53	12387	5225	1.51	1.42

[0248] 所测量的总增益和轴向增益值分别汇总在图13a和13b的最右栏中,标记为“树脂B”。图中的菱形状标志表示数据组的统计量数。

[0249] 比较例1:具有基于Accentrin的内部提取膜的OLED

[0250] 如实例7中所述制造纳米复制膜,不同的是使用无纳米空隙的Accentrin树脂(含有氨基甲酸酯的紫外可固化丙烯酸酯树脂,组成是75重量%的得自科宁的PHOTOMER6210、和25重量%的得自奥德里奇化学公司的1,6-己二醇二丙烯酸酯、和光引发剂1重量%的得自汽巴精化的Darocur1173)代替纳米空隙ULI材料。在Accentrin树脂中形成400nm节距的锯齿结构化表面,然后用1000nm厚的氮化硅层通过等离子体增强化学气相沉积法(得自英国亚

顿的牛津仪器的PECVD,型号PlasmaLab™System100)回填所述表面并使其大致平整化。用于PECVD工艺中的参数如实例7中所述。

[0251] 用Meticon型号2010棱镜耦合器(得自新泽西州边宁顿的美特康公司)测量氮化硅层的折射率,并且发现折射率是1.78。Accentrim树脂的折射率是约1.48。纳米结构化层中的基于Accentrim的纳米结构与氮化硅回填料之间的折射率对比度是约0.2。

[0252] 如实例7中所述在回填的基底上加工OLED,并且用阻挡膜进行封装。在Autronic锥光镜(得自德国卡尔斯鲁厄的奥美公司)上测试样品以测量亮度和棱角。表6示出了若干样品的测量结果。

[0253] 表6

[0254]

实例	10mA/cm ² 时的电压	轴向亮度 (cd/m ²)	最大亮度 (cd/m ²)	最大亮度时的 θ	最大亮度时的 Φ	积分强度 (lm/m ²)	轴向亮度 (cd/m ²)	总增益	轴向增益
比较例 1, 样品 A	10.1	3721	5763	11	110	12299	3721	1.29	0.87
比较例 1, 样品 B	7.2	3973	6155	11	71	13242	3973	1.38	0.93
比较例 1, 样品 C	8.5	4265	5921	10	296	12979	4265	1.36	0.99
比较例 1, 样品 D	6.9	4459	6155	10	296	13588	4459	1.42	1.04
比较例 1, 样品 E	10.3	4535	5927	14	316	13362	4535	1.4	1.06
比较例 1, 样品 F	7.1	3290	4264	12	288	9586	3290	1.17	0.9
比较例 1, 样品 G	6.6	3565	4503	12	276	10268	3565	1.25	0.97

[0255] 所测量的这些比较例的总增益和轴向增益值分别汇总在图13a和13b的中间栏中,标记为“树脂A”。

[0256] 比较例2:玻璃上的OLED

[0257] 在玻璃上加工对照样品OLED以用于与1D纳米结构样品比较。加工和封装如实例7中所述,不同的是不使用光学提取膜。在Autronic锥光镜(得自德国卡尔斯鲁厄的奥美公司)上测试样品以测量亮度和棱角。表7示出了若干样品的测量结果。

[0258] 表7

[0259]

实例	10mA/cm ² 时的电压	轴向亮度 (cd/m ²)	最大亮度 (cd/m ²)	最大 亮度 时的 θ	最大 亮度 时的 Φ	积分强度 (lm/m ²)	轴向亮度 (cd/m ²)	总增 益	轴向 增益
比较例 2, 样品 A	7.7	4236	4250	2	67	9458	4236	0.99	0.99
比较例 2, 样品 B	7.8	4311	4324	2	24	9671	4311	1.01	1
比较例 2, 样品 C	7.8	4309	4334	2	53	9560	4309	1	1
比较例 2, 样品 D	7.9	4315	4331	2	53	9570	4315	1	1.01
比较例 2, 样品 E	7	3621	3637	0	271	8010	3621	0.98	0.99
比较例 2, 样品 F	7.2	3735	3755	2	53	8323	3735	1.02	1.02
比较例 2, 样品 G	7.2	3690	3708	2	53	8283	3690	1.01	1.01
比较例 2, 样品 H	7.1	3622	3634	0	271	8115	3622	0.99	0.99

[0260] 所测量的这些比较例的总增益和轴向增益值分别汇总在图13a和13b的最左栏中，标记为“玻璃”。

[0261] 除非另外指明，否则本说明书和权利要求书中用来表示数量、特性量度等的所有数值都应当理解为由术语“约”修饰。因此，除非有相反的指示，否则本说明书和权利要求书中列出的数值参数均为近似值，这些近似值可根据本领域内的技术人员利用本专利申请的教导内容想要获得的所需特性而改变。每个数值参数并不旨在将等同原理的应用限制在权利要求书范围内，至少应所述根据所记录的有效数位的数目和通过应用惯常的四舍五入法来解释每个数值参数。虽然本发明的大致范围中列出的数值范围和参数是近似值，但就任何数值均在本文所述具体实例中列出来，其记录尽可能地精确并合理。然而，任何数值可以包括与测试或测量限制相关的误差。

[0262] 在不脱离本发明的精神和范围的前提下，对本发明的各种修改和更改对于本领域内的技术人员将显而易见，而且应当理解，本发明不限于本文所列出的示例性实施例。例如，除非另外指明，否则读者应当假设，所公开的一项实施例的特征也可应用于所公开的所有其它实施例。还应当理解，本文引用的所有美国专利、专利申请公开案和其它专利和非专利文档均在不与上述公开内容相抵触的情况下以引用方式并入。

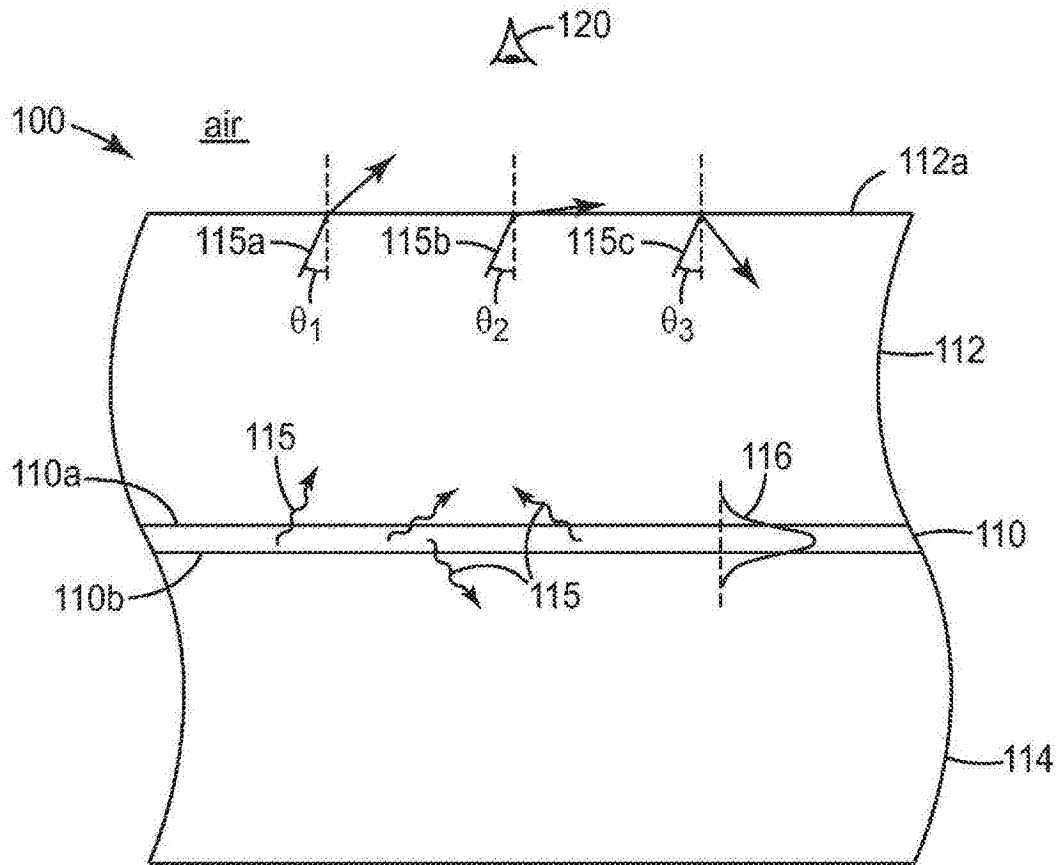


图1

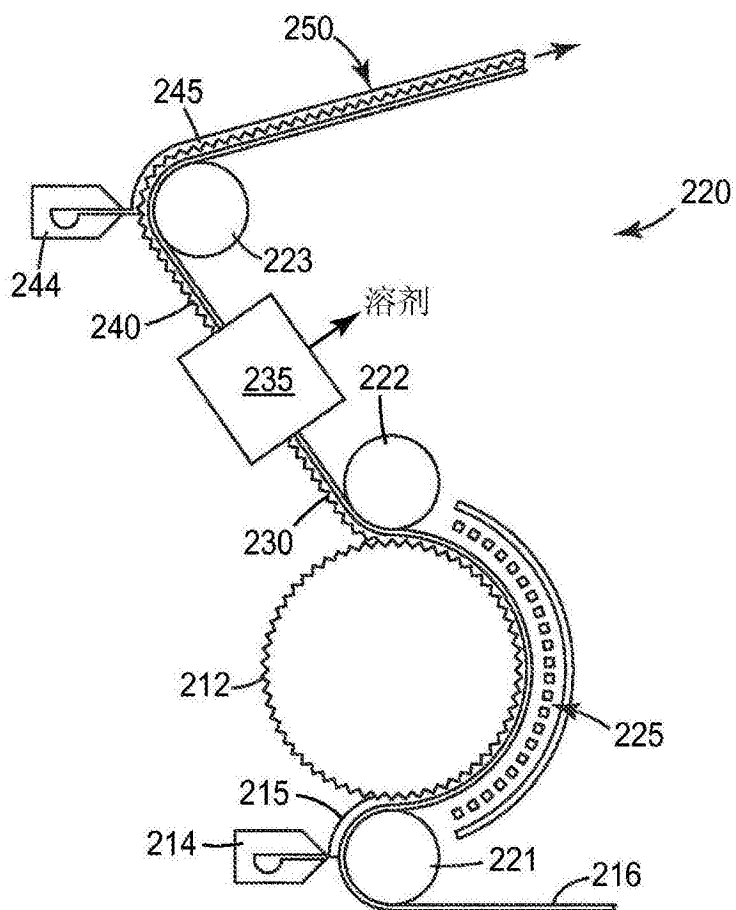


图2

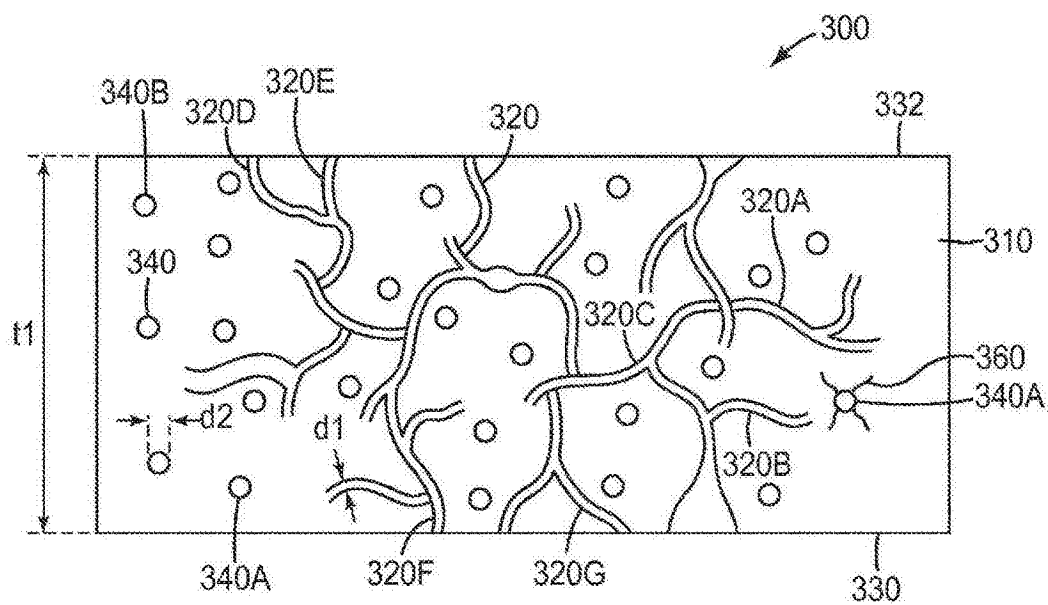


图3

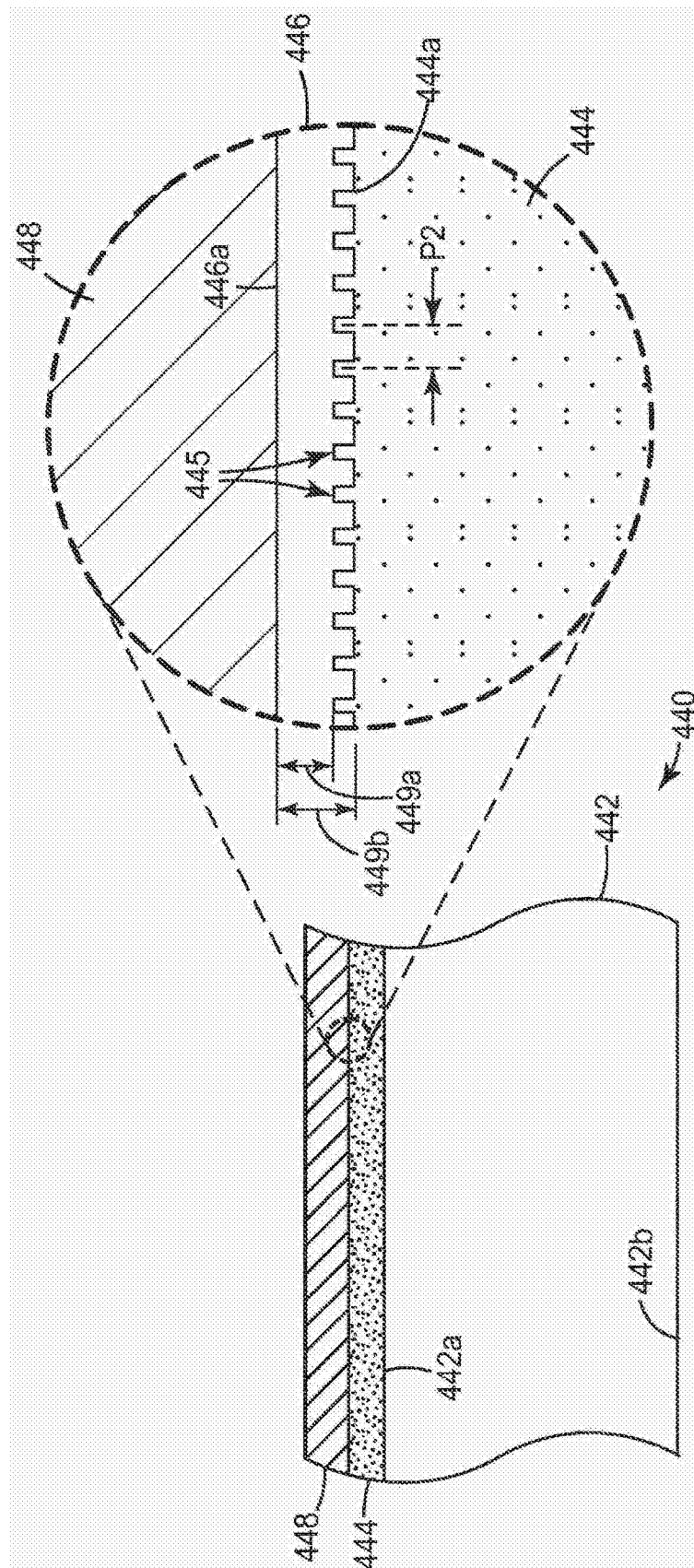


图4b

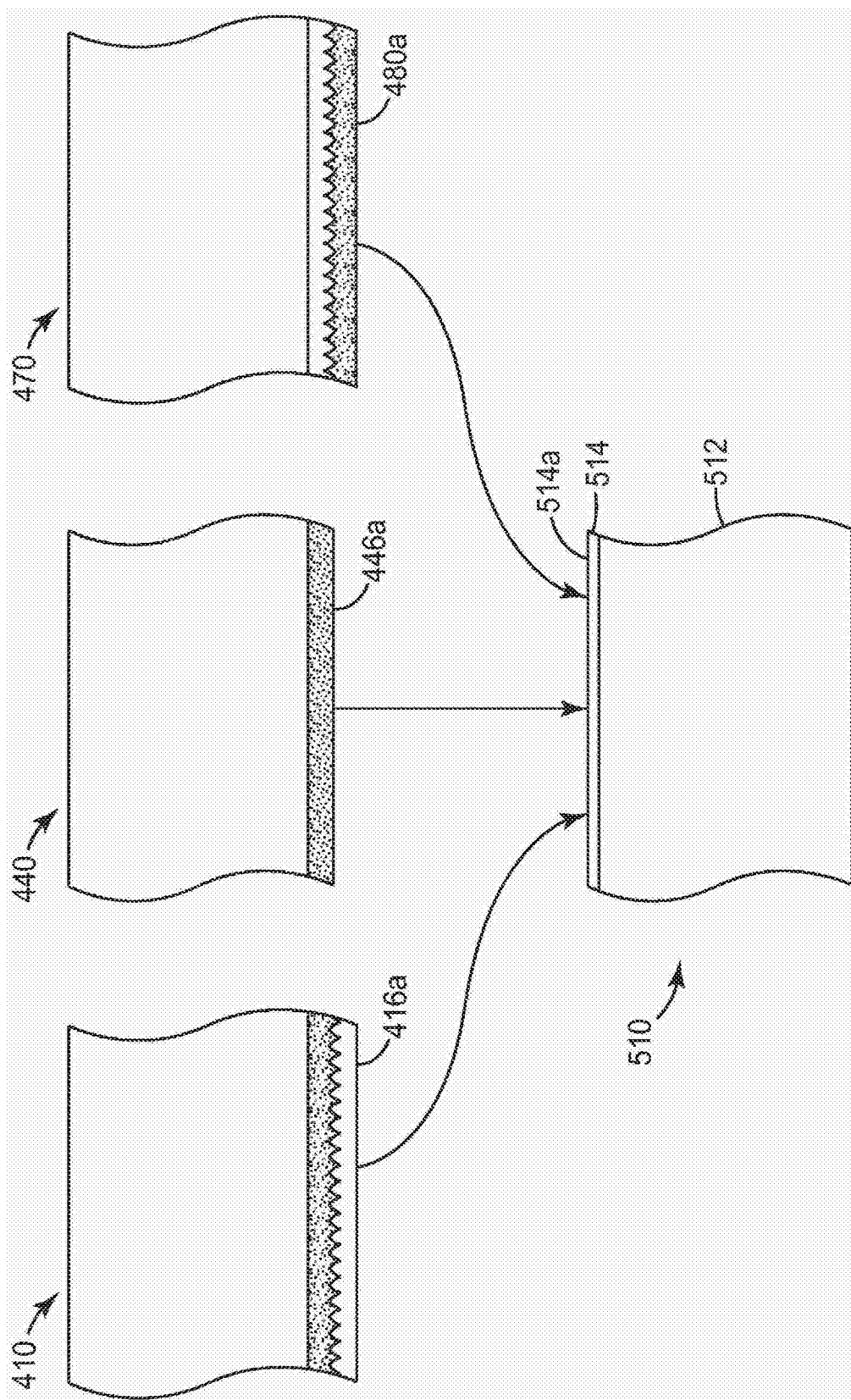


图5a

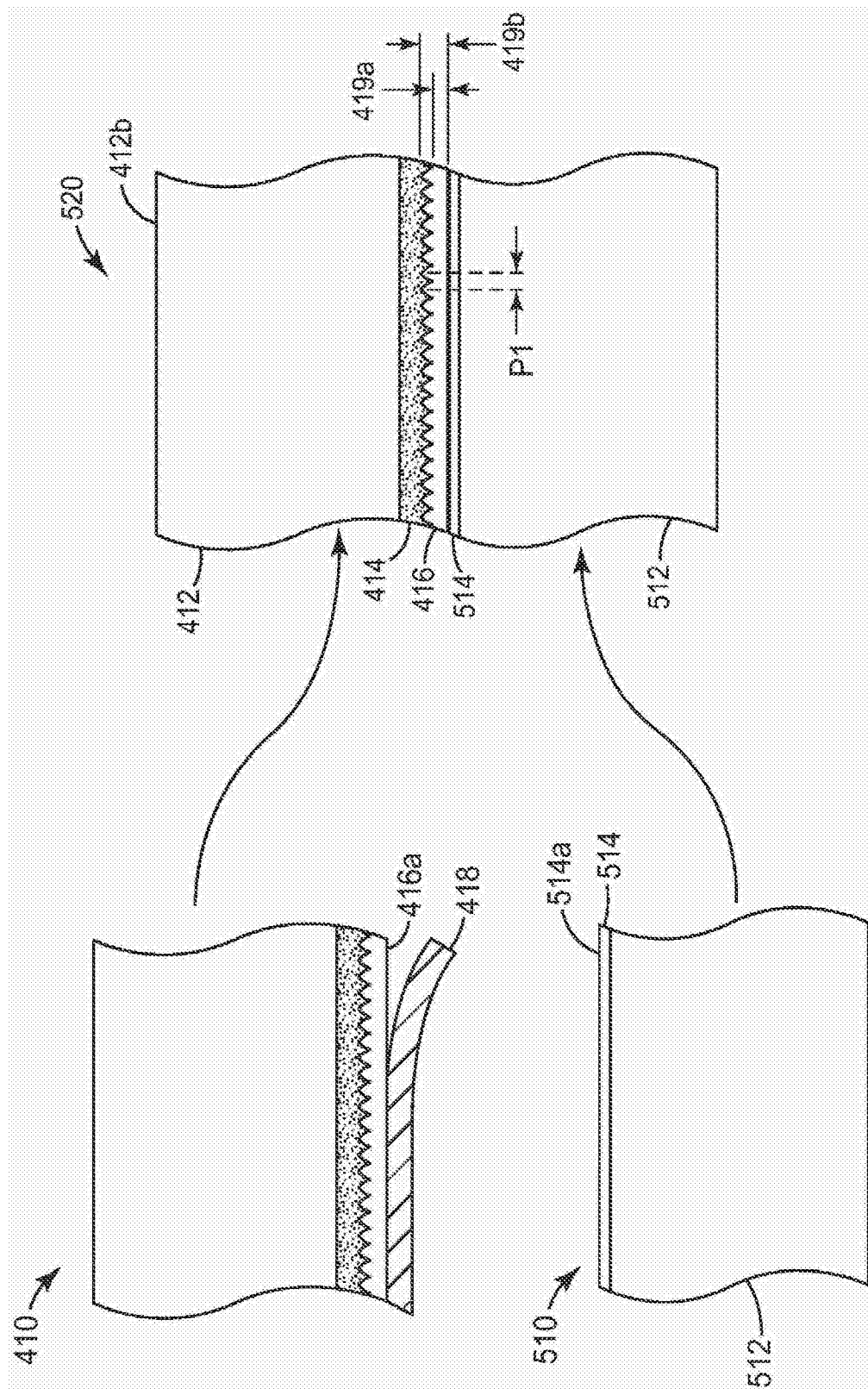


图5b

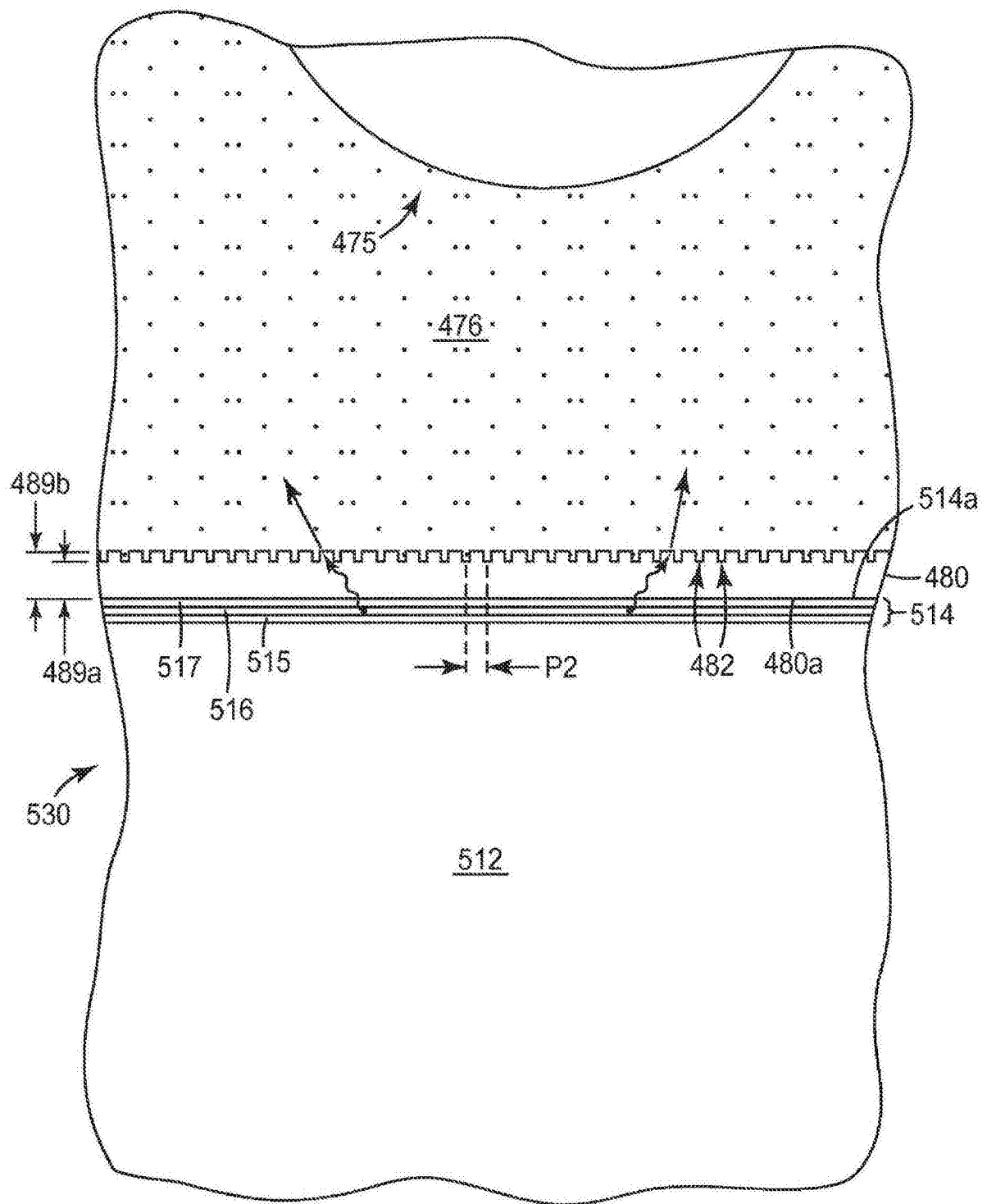


图5c

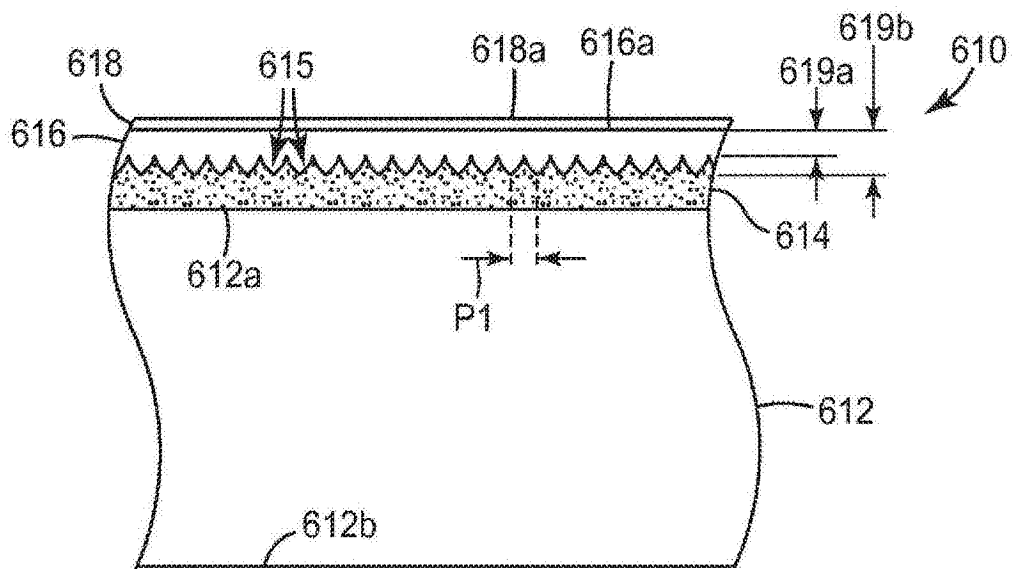


图6a

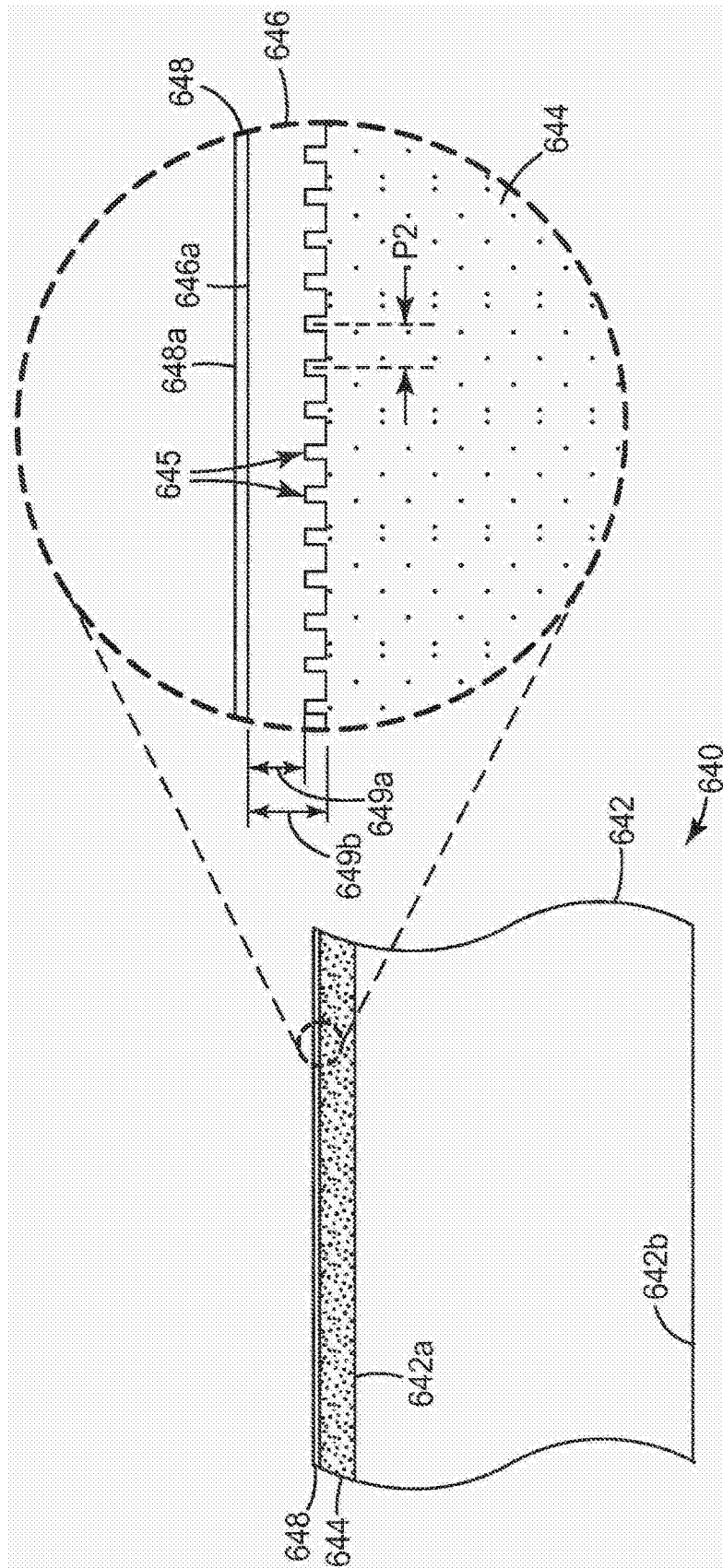


图6b

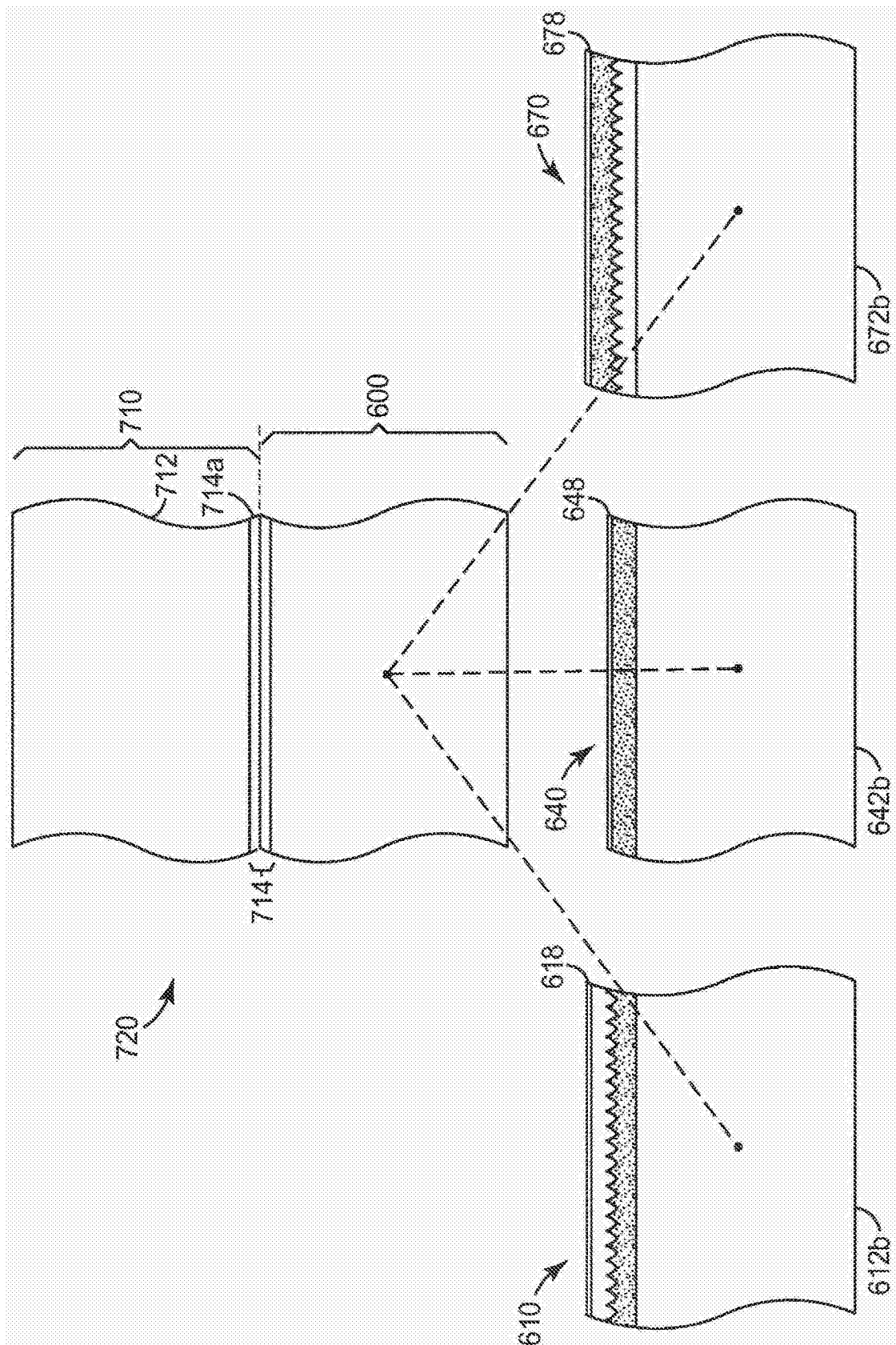


图7a

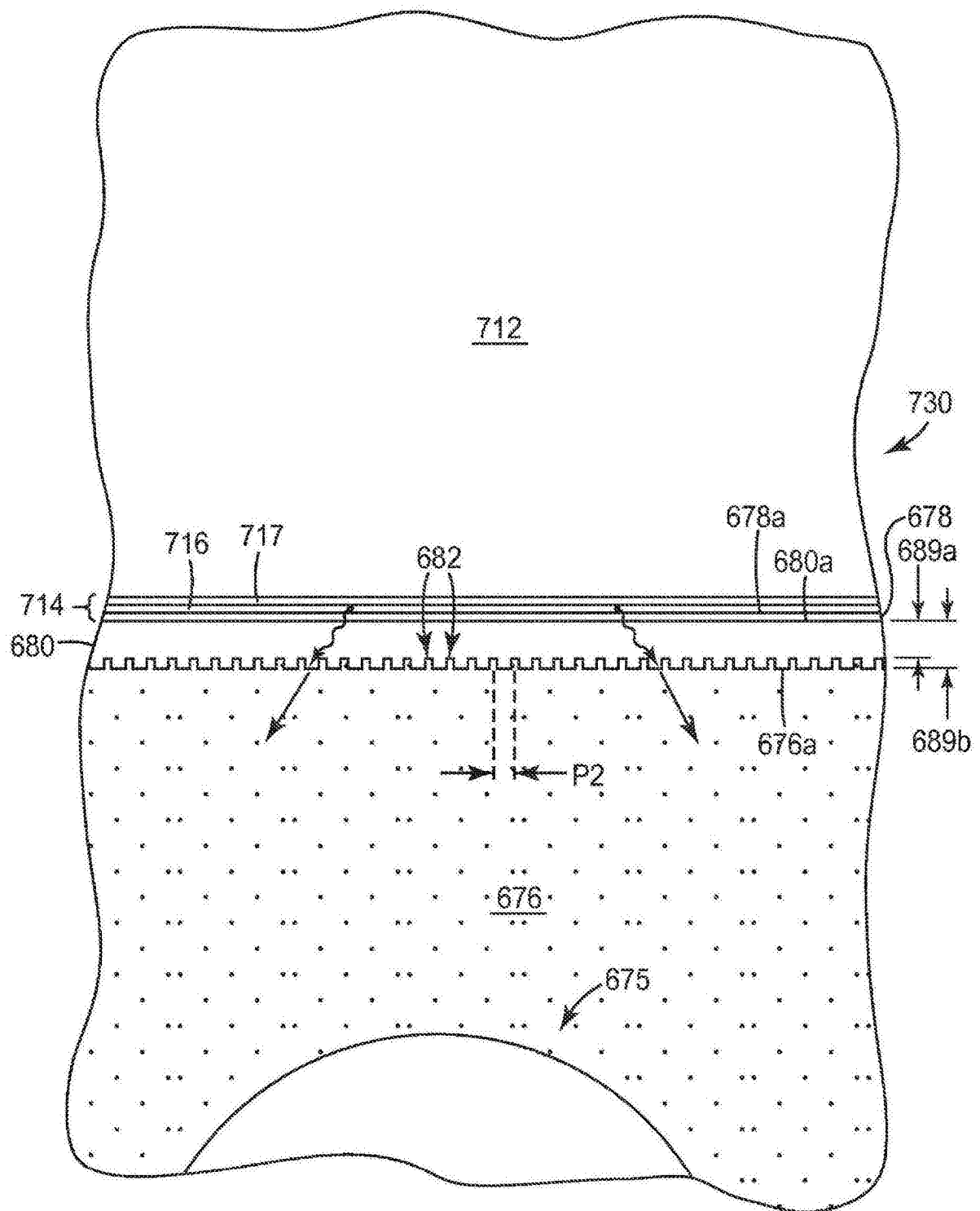


图7b

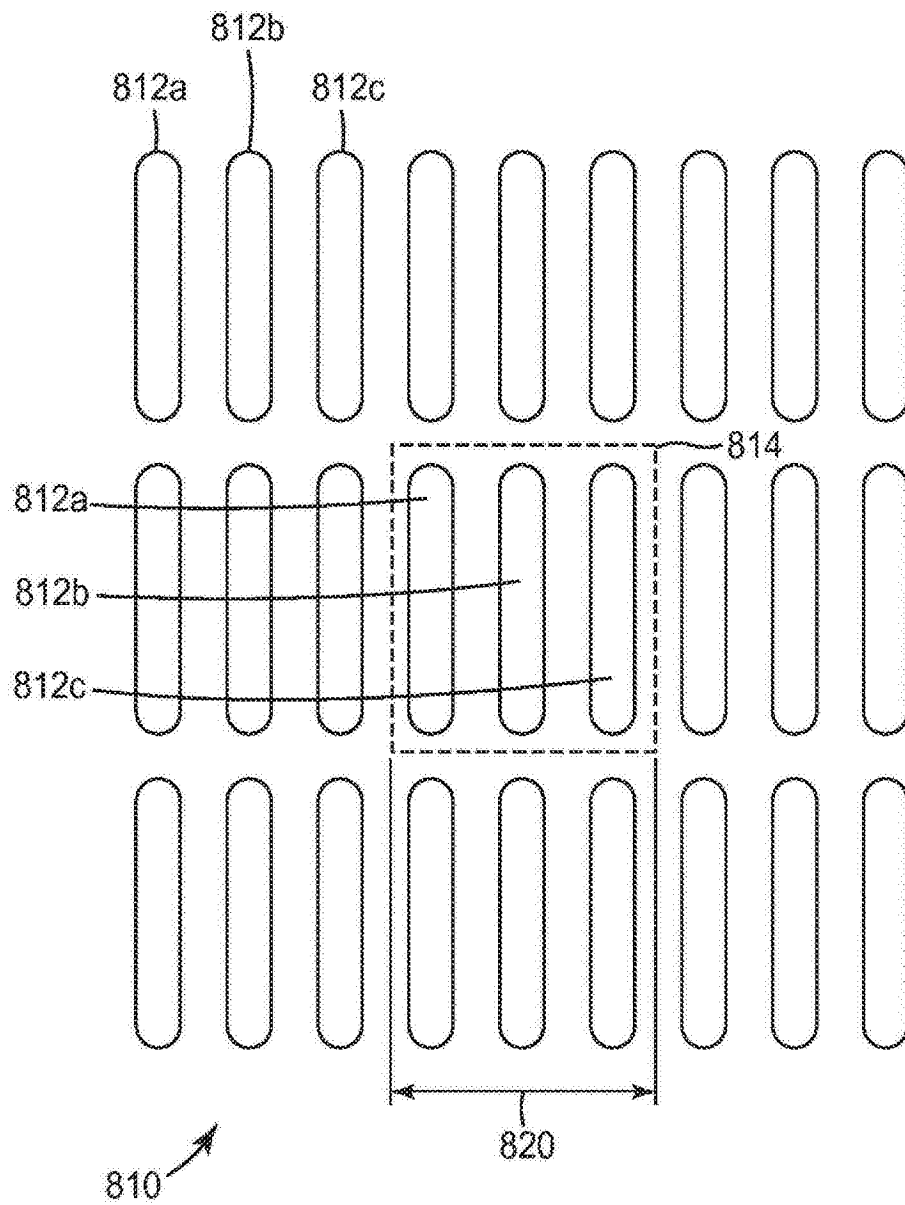


图8

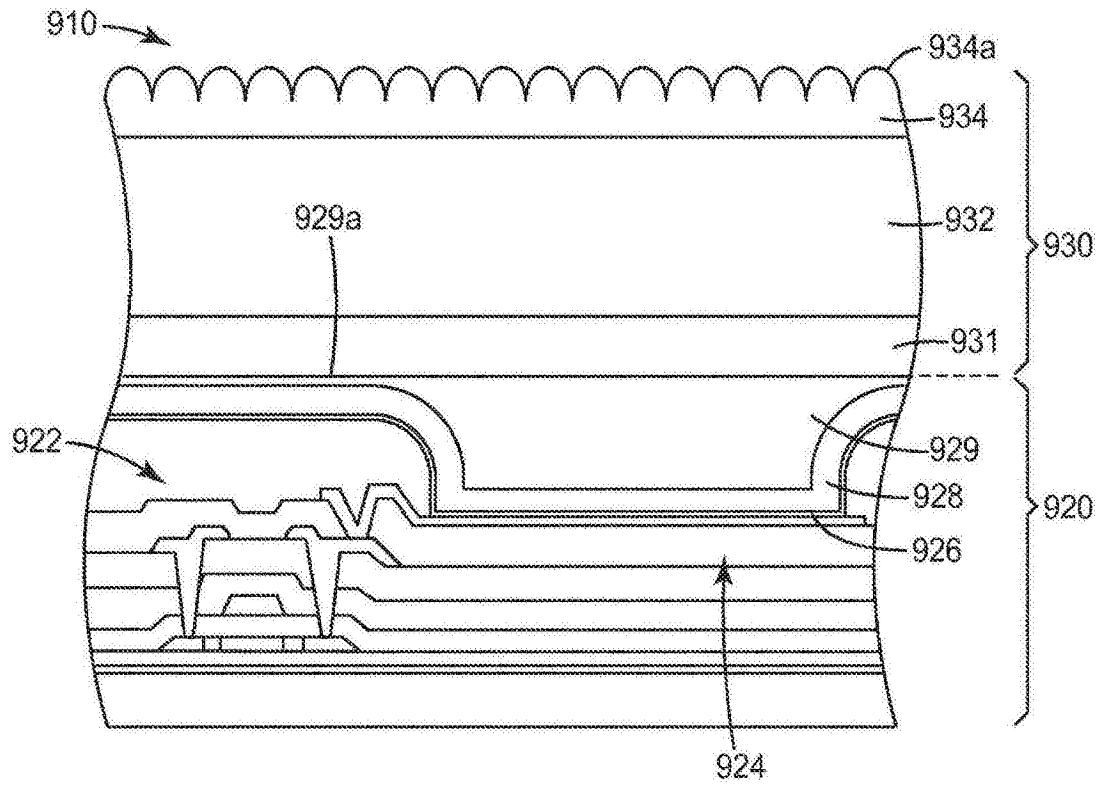


图9a

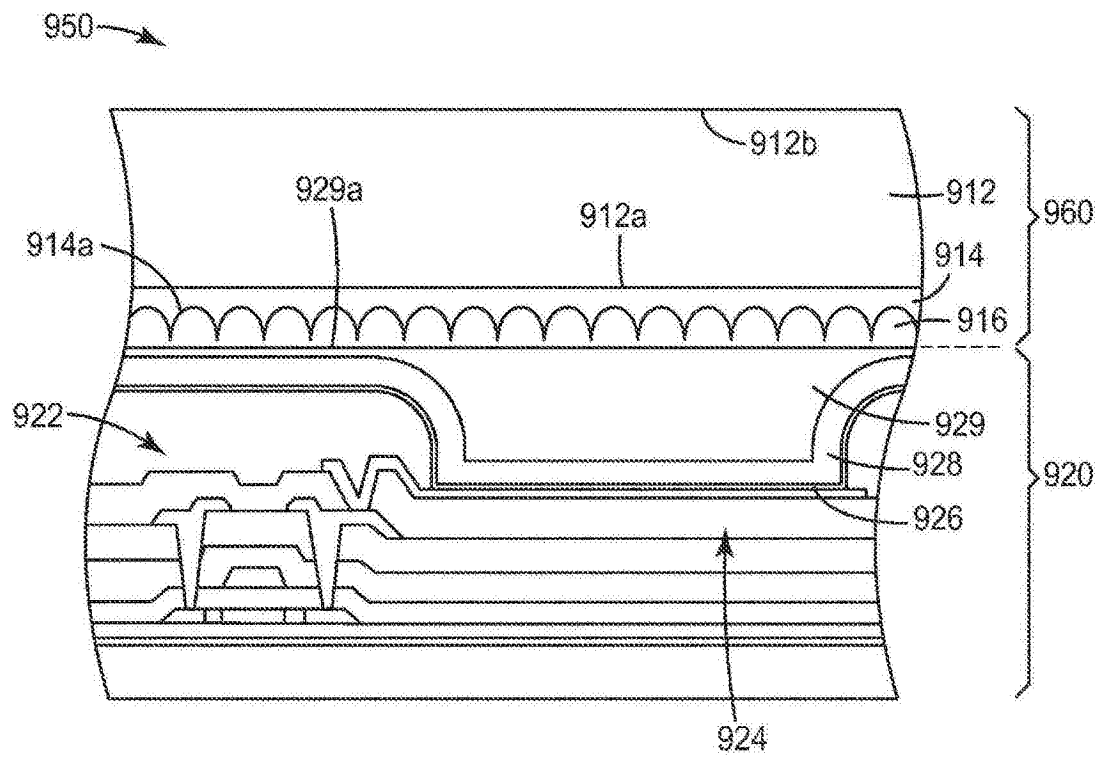


图9b

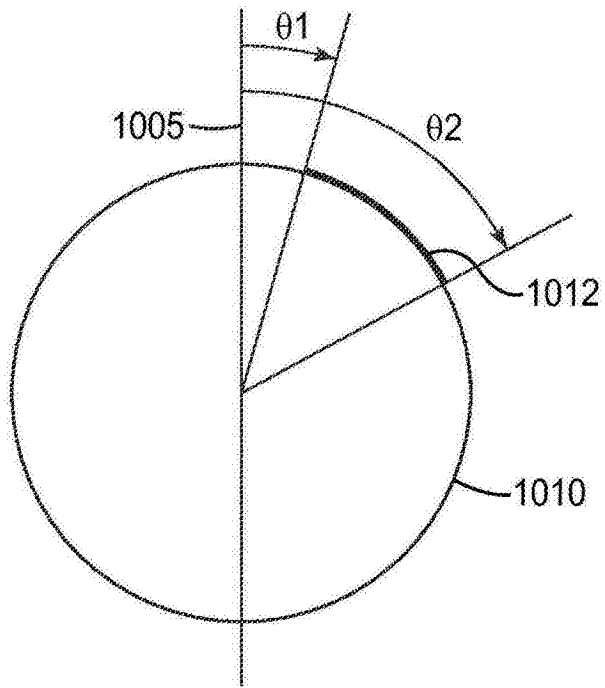


图10a

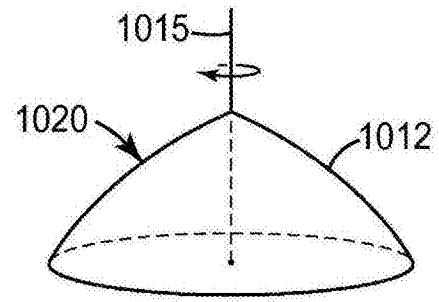


图10b

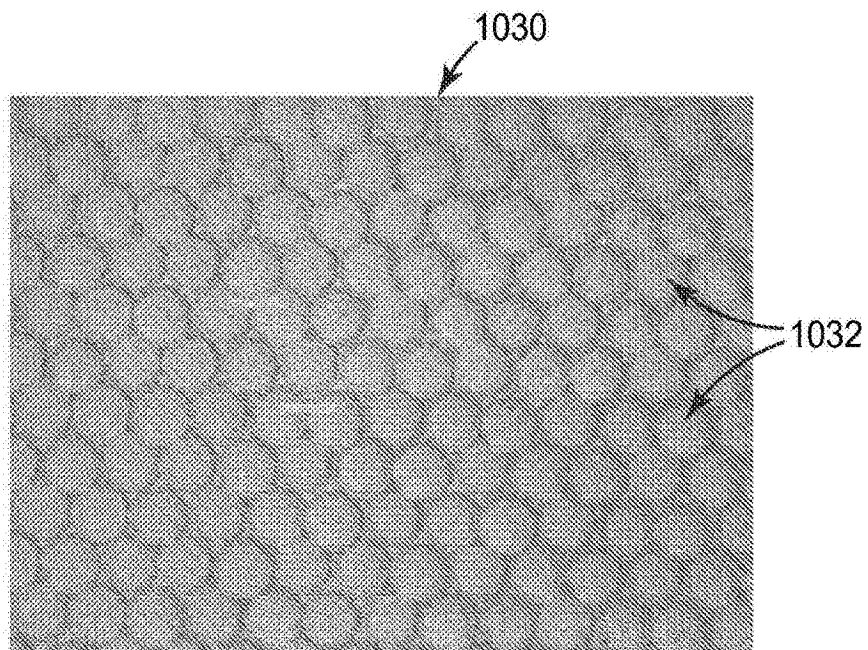


图10c

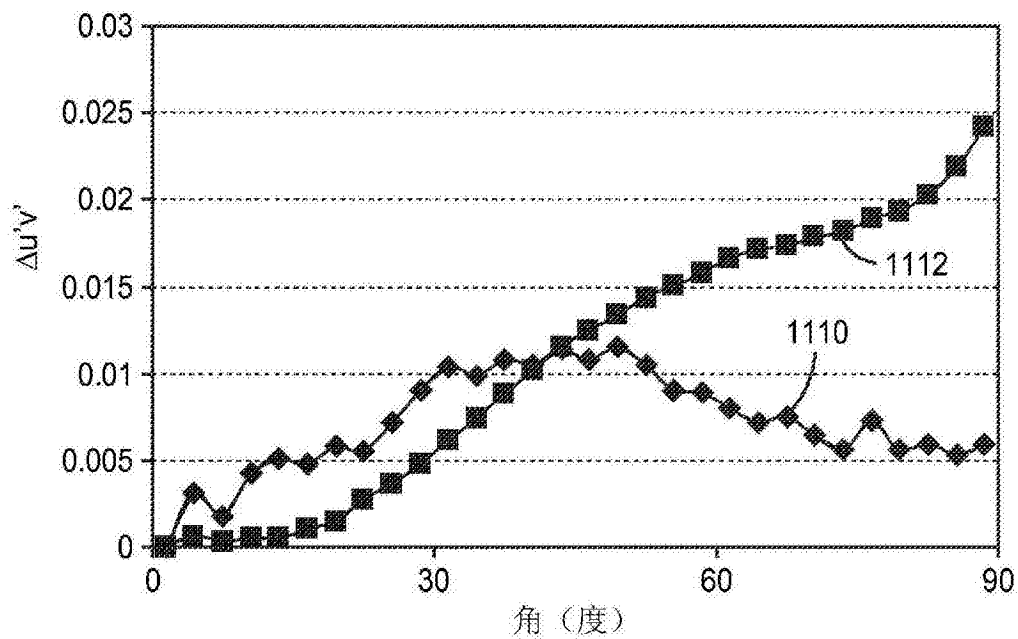


图11a

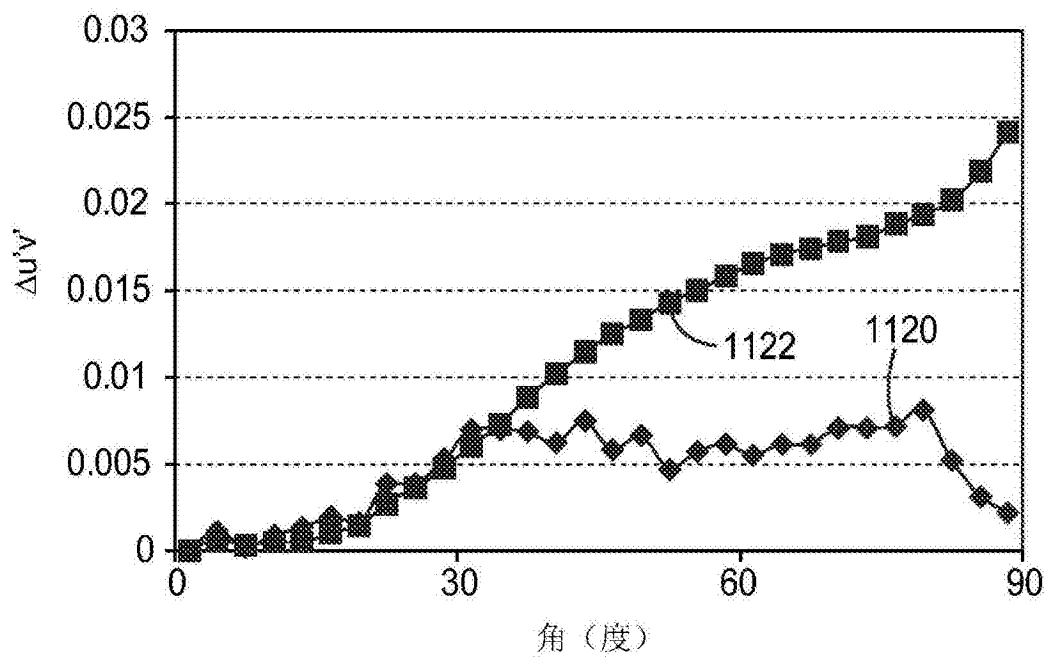


图11b

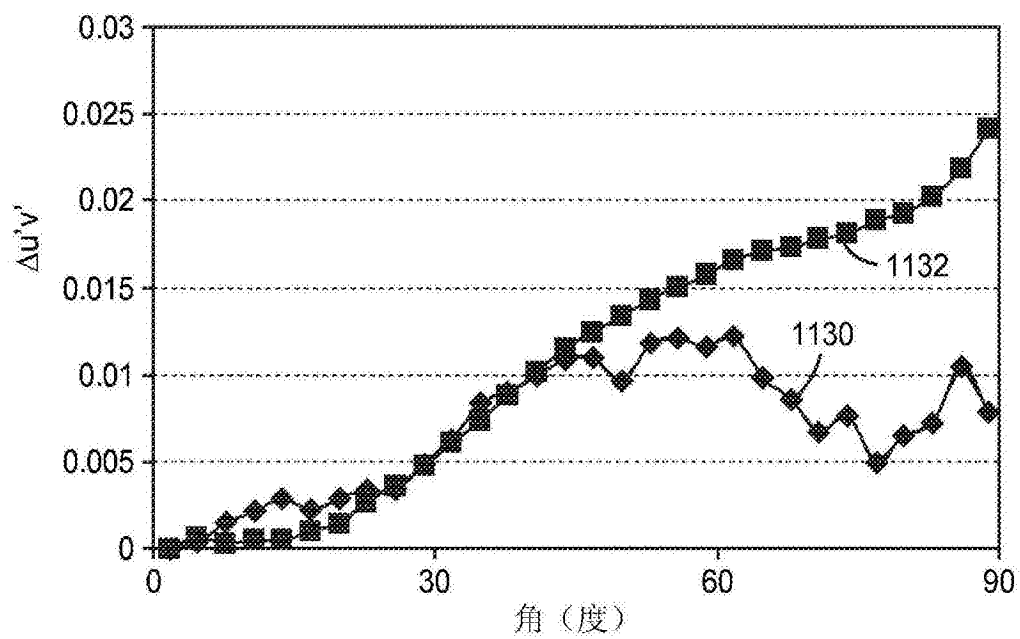


图11c

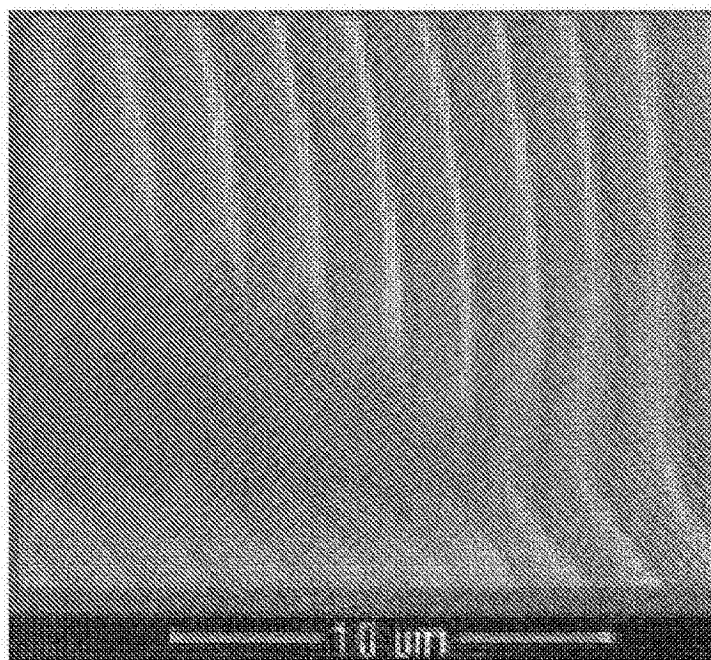


图12

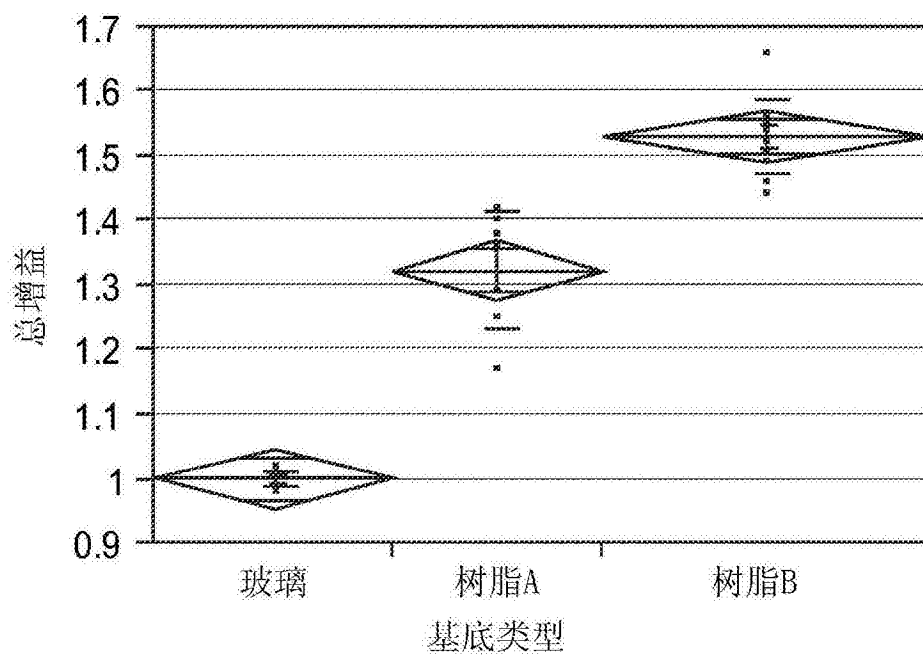


图13a

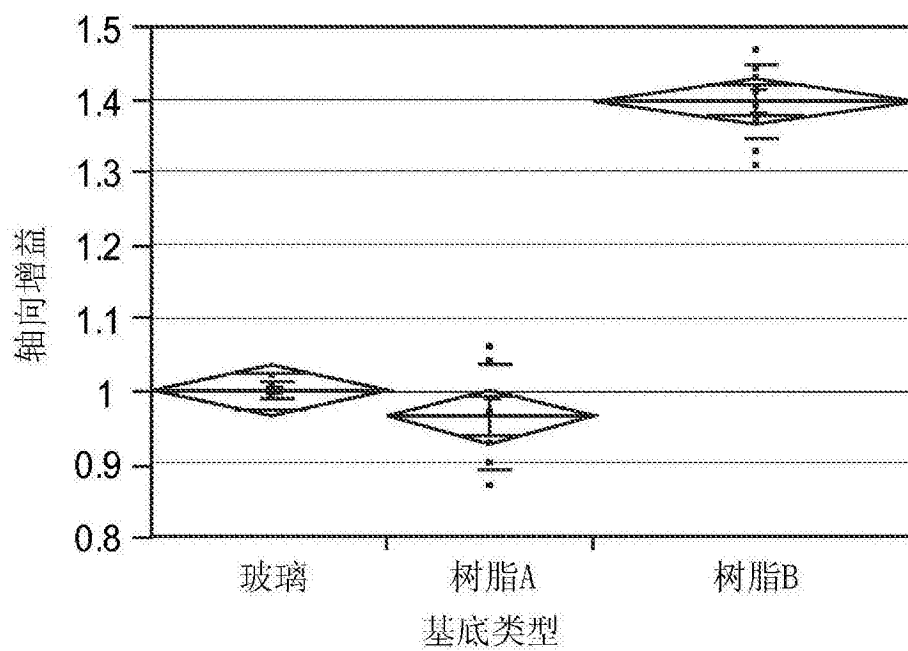


图13b