

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
G03F 7/00 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200780035972.2

[43] 公开日 2009年8月26日

[11] 公开号 CN 101517484A

[22] 申请日 2007.9.7

[21] 申请号 200780035972.2

[30] 优先权

[32] 2006.9.28 [33] US [31] 11/529,086

[86] 国际申请 PCT/US2007/019653 2007.9.7

[87] 国际公布 WO2008/042079 英 2008.4.10

[85] 进入国家阶段日期 2009.3.27

[71] 申请人 E. I. 内穆尔杜邦公司

地址 美国特拉华州

[72] 发明人 G·B·布朗谢特 李喜现

G·D·杰科克斯

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司

代理人 朱黎明

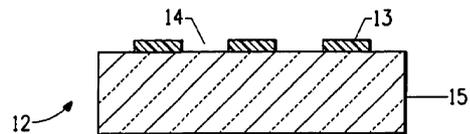
权利要求书 3 页 说明书 29 页 附图 2 页

[54] 发明名称

功能材料在基材上形成图案的方法

[57] 摘要

本发明提供一种在基材上形成功能材料的图案的方法。该方法使用具有带凸起表面的浮雕结构的弹性压模，该弹性压模的弹性模量至少为 10 兆帕。将功能材料和液体的液体组合物施用在浮雕结构上，除去液体在凸起表面上形成膜。弹性压模将功能材料从凸起表面转移至基材，在基材上形成功能材料的图案。该方法适合于制造用于电子器件和元件的微电路。



1. 一种在基材上形成功能材料的图案的方法，该方法包括：
 - a) 提供具有带凸起表面的浮雕结构的弹性压模，该弹性压模的弹性模量至少为 10 兆帕；
 - b) 将包含功能材料和液体的组合物施用在浮雕结构上；
 - c) 从浮雕结构上的组合物充分除去液体，以至少在凸起表面形成功能材料的薄膜；和
 - d) 将功能材料从凸起表面转移至基材。
2. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，基材上功能材料的厚度为 10-10000Å。
3. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述转移步骤包括以小于约 5 磅/厘米²的压力使压模的凸起表面与基材接触。
4. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述功能材料选自下组：导电材料、半导体材料、介电材料、小分子材料、生物基材料以及它们的组合。
5. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述功能材料选自下组：电活性材料、光活性材料和生物活性材料。
6. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述功能材料选自下组：绝缘材料、平面化材料、阻挡材料和限制材料。
7. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述功能材料包含一种或多种氟化合物，所述方法还包括步骤 e) 对基材上氟化合物的图案进行光化辐照曝光。
8. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述功能材料选自下组：有机染料、半导体分子、荧光生色团、磷光生色团、药理学活性化合物、生物活性化合物、具有催化活性的化合物，以及它们的组合。
9. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述功能材料选自下组：光致发光材料、电致发光材料，以及它们的组合。
10. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，功能材料选自下组：脱氧核糖核酸(DNA)、蛋白质、聚(低聚)肽和聚(低聚)糖类。
11. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述功能材料包含选自下组的纳米颗粒：导电材料、半导体材料和介电材料。

12. 如权利要求 11 所述的方法，其特征在于，所述纳米颗粒的直径约为 3-100 纳米。

13. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述功能材料为纳米颗粒形式，除去液体后形成不连续的膜。

14. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述功能材料包含导电材料的纳米颗粒，所述方法还包括步骤 e) 对基材上的纳米颗粒进行烧结，形成导电材料的连续膜。

15. 如权利要求 14 所述的方法，其特征在于，所述烧结步骤包括加热纳米颗粒至最高约为 220°C 的温度。

16. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述功能材料是选自下组的导电材料：银、金、铜、钯、氧化铟锡，以及它们的组合。

17. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述功能材料是选自下组的半导体材料：硅、锗、砷化镓、氧化锌、硒化锌，以及它们的组合。

18. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述功能材料是量子点。

19. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述功能材料选自下组：碳纳米管、导电碳纳米管、半导体碳纳米管、以及它们的组合。

20. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，除去步骤 c) 包括对组合物加热。

21. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，除去步骤 c) 是通过在组合物上吹气流进行。

22. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，除去步骤 c) 是通过蒸发进行。

23. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述弹性压模包括一层组合，该组合物选自下组：硅氧烷聚合物；环氧聚合物；共轭二烯烃的聚合物；A-B-A 型嵌段共聚物的弹性体嵌段共聚物，其中，A 代表非弹性嵌段，B 代表弹性嵌段；丙烯酸酯聚合物；含氟聚合物，能够聚合的含氟化合物，以及它们的组合。

24. 如权利要求 1 所述的方法，所述方法还包括由一层光敏组合物形成弹性压模。

25. 如权利要求 1 所述的方法，所述方法还包括由一层组合物形成弹性压模，该组合物包含能通过光化辐照曝光聚合的氟化化合物。

26. 如权利要求 25 所述的方法，其特征在于，所述氟化化合物是全氟聚醚化合物。

27. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述弹性压模还包含挠性膜的载体。

28. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述弹性压模的弹性模量大于 10 兆帕。

29. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述基材选自下组：塑料、聚合物膜、金属、硅、玻璃、织物、纸以及它们的组合。

30. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，将图案转移至基材上的一层上，基材上的该层选自下组：底涂层，电荷注入层，电荷运输层和半导体层。

31. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述液体包含一种或多种选自有机化合物和水性化合物的化合物。

32. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述液体包含一种或多种载剂化合物。

33. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述液体包含一种或多种用于功能材料的溶剂。

34. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述液体包含一种以上的用于功能材料的溶剂，从组合物除去液体使功能材料发生聚集。

35. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述液体包含一种以上的用于功能材料的溶剂，从组合物除去液体使功能材料贴合。

36. 如权利要求 1 所述的方法，所述方法还包括在进行转移之前使膜与蒸发态的化合物接触。

37. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述图案形成用于基材上的单元或通道的阻挡壁。

38. 如权利要求 37 所述的方法，所述方法还包括向所述单元或通道传递第二材料的溶液，所述第二材料选自下组：发光材料、源极材料、漏极材料以及用于滤色片的着色剂材料。

39. 一种元件，采用权利要求 1 所述的方法制备。

功能材料在基材上形成图案的方法

发明背景

1. 发明领域

本发明涉及在基材上形成功能材料图案的方法，更具体地涉及使用具有凸起表面的弹性压模在基材上形成图案，用于微细加工元件和器件的方法。

2. 相关技术说明

几乎所有的电子器件和光学器件都要求形成图案。微电子器件是通过光刻法形成所需图案进行制备的。根据这种光刻技术，将导电材料、绝缘材料或半导体材料的薄膜沉积在基材上，在材料的露出的表面上涂覆负性光刻胶或正性光刻胶。然后，光刻胶以预定的图案被辐照，从表面洗去被辐照或未被辐照的光刻胶部分，在表面上形成光刻胶的预定图案。为形成导电金属材料的图案，然后对未被预定光刻胶图案覆盖的金属材料进行蚀刻或去除。然后去除该光刻胶图案，获得金属材料的图案。但是，光刻法是一种复杂的多步骤方法，对印刷塑料电子件而言成本太高。

接触印刷是一种形成有图案的材料的柔性、非平版印刷的方法。接触印刷因为能在用于电子元件组装的塑料电子件上形成相对高分辨率的图案，因此可能取得明显优于常规光刻技术的进步。微接触印刷的特征是能够将微米尺寸的图案提供在基材表面上的高分辨率的技术。微接触印刷还比光刻系统更为经济，因为微接触印刷的过程相对简单，最终不需要旋涂设备或顺序的显影步骤。此外，微接触印刷可能有助于进行卷至卷(reel-to-reel)的电子元件组装操作，该操作的生产量大于其他技术，如光刻法和电子束平版印刷(这是在要求几十纳米级分辨率时使用的常规技术)。使用微接触印刷，可以在卷至卷的组装操作中由单压模印刷多个图像。

接触印刷是替代光刻法制造微电子器件如射频标记(RFID)、传感器、以及存储器和背板显示器的可能的方法。还发现可以通过微接触印刷将形成分子物质的自组装的单层(SAM)转移到基材的能力应用于金属的有图案的无电沉积。SAM印刷能够形成高分辨率图案，但是一般限于用硫醇化学形成金或银的金属图案。虽然有各种变化形式，但是在SAM印刷中可以将弹性压模上的正性浮雕图案用墨印在基材之上。弹性压模通常是由聚二甲基硅氧烷(PDMS)制成，可以用硫醇材料对弹性压模上的浮

雕的图案进行上墨。典型的硫醇材料是链烷硫醇材料。基材上带式刮涂 (blanket coat) 金或银的金属薄膜，然后将涂覆金的基材与压模接触。压模的浮雕图案与金属薄膜接触后，将具有所需微电路图案的单层硫醇材料转移到金属薄膜上。链烷硫醇通过自组装过程在金属上形成有序的单层，自组装过程导致SAM紧密填充，并很好粘附于金属。因此，在随后将上墨的基材浸在金属蚀刻溶液中时，SAM作为抗蚀刻剂，除了SAM保护的金属区域之外的所有区域都蚀刻至下层基材。然后剥除SAM，将金属留在所需图案中。

将材料转移至基材，特别是发光器件的方法由Coe-Sullivan等在WO 2006/047215中公开。该方法包括将材料选择性沉积在压模涂膜器 (applicator) 表面上，并使该表面与基材接触。压模涂膜器可以具有纹理，即具有凸起和凹陷的图案的表面，或者是无特征的，即没有凸起或凹陷。材料是纳米材料油墨，其包含半导体纳米晶体。将该材料直接接触印刷在基材上的方式取消了与SAM印刷相关的步骤，该SAM印刷中要从基材蚀刻或去除未形成所需微电路图案的过量材料。压模涂膜器可以由弹性材料如聚二甲基硅氧烷 (PDMS) 制成。

虽然已经表明当通过硫醇化学进行印刷时可以实现20纳米的特征，但是限于少数金属并且不适合于卷至卷工艺。相反，通过直接浮雕印刷功能材料很难以小于或等于约50微米的分辨率形成功能材料的图案。

因此，希望提供一种在基材上形成功能材料的图案的方法。希望该方法能在基材上直接形成功能材料的图案。特别希望能在基材上直接形成导电材料的图案，由此消除除去未形成图案的导电材料的中间蚀刻步骤。还希望这种方法能用弹性压模容易进行微接触印刷，并能够重现小于或等于50微米，特别是约1-5微米的分辨率，但不限于在金属上印刷。还希望这种方法能避免将功能材料转移到图案的无特征区域的问题。

发明内容

本发明提供一种在基材上形成功能材料的图案的方法。该方法包括提供具有带凸起表面的浮雕结构的弹性压模，该弹性压模的弹性模量至少为10兆帕。将包含功能材料和液体的液体组合物施用于压模的浮雕结构，从浮雕结构上的组合物充分除去所述液体，以至少在凸起表面上形成功能材料的膜。将功能材料从凸起表面转移，在基材上形成图案。

附图简要说明

图 1 是具有形成微电路或其他功能性电子线路图案的浮雕结构的母模的截面正视图。

图 2 是具有在载体和母模之间的弹性材料层的印刷形式前体的一个实施方式的截面正视图，该弹性层将进行光化辐照曝光。

图 3 是与母模分离的由印刷形式前体形成的压模的截面正视图。该压模具有对应于母模浮雕图案的浮雕结构，具体地，压模的浮雕结构包括至少一个凸起表面和凹陷表面的图案，该图案与母模的浮雕图案相反。

图 4 是作为在压模的浮雕结构上施用功能材料的一个实施方式、位于旋涂机平台上的弹性压模的截面正视图。

图 5 是在与基材接触的浮雕结构的凸起表面上具有功能材料层的弹性压模的截面正视图。

图 6 是与基材分离并将凸起表面上的功能材料转移至基材形成功能材料图案的弹性压模的截面正视图。

优选实施方式的描述

在下面的详细描述中，类似的附图标记表示所有附图中类似的元件。

本发明提供一种在用于各种应用的器件和元件的基材上形成功能材料的图案的方法，所述应用包括但不限于：电子、光学、传感和诊断应用。该方法可应用于形成作为功能材料的各种活性材料和非活性材料的图案。该方法不限于使用硫醇材料作为掩模材料的弹性压模的应用。该方法能在各种大面积的基材上以小于50微米的线条分辨率直接形成功能材料的图案，因此特别能够形成微电路。采用该方法甚至能够达到1-5微米的精细线条分辨率。该方法采用容易用具有浮雕结构的弹性压模进行印刷来转移功能材料，压模没有发生下垂或明显的下垂以及没有发生不希望有的至基材的材料转移。所述方法在功能材料的线条之间提供清楚的、无特征(敞开)背景，同时保持与常规微接触印刷相关的图像逼真度和分辨率。所述方法能够以微米分辨率在相对大的面积上印刷各种功能材料。该方法还能够顺序印刷表层而不会妨碍一个或多个下层的功能。该方法可适合于制造电子器件和元件的高速制造工艺，如卷至卷工艺。

提供用于使基材形成图案的压模。该压模包括具有凸起表面的浮雕结构。浮雕结构通常包括多个凸起表面和凹陷表面。压模的浮雕结构形成用于在基材上印刷

功能材料的凸起表面的图案。功能材料在基材上的图案向元件或器件提供操作功能。弹性压模的浮雕结构的凸起表面代表了将通过该方法在基材上最终形成的功能材料的图案，凹陷表面代表了基材上的背景区域或无特征区域。该方法使用弹性模量至少为10兆帕(Mpa)的弹性压模，该弹性压模能以小于50微米的分辨率在基材上形成各种功能材料的特征。该方法能够产生小于30微米，到小至1-5微米的线条分辨率。在功能材料例如是半导体或介电材料的一些实施方式中，小于50微米的分辨率是可接受的，这是因为该分辨率能够满足电子器件和元件的要求。在功能材料例如是导电材料的一些实施方式中，该方法能够形成1-5微米的特征。该方法可以在基材上直接印刷功能材料的图案，因此消除了与形成导电图案的标准微接触印刷相关的中间蚀刻步骤。在一些实施方式中，该方法还能尽可能减少功能材料转移至基材的无图案区域，即通常因压模下垂（即，顶部塌陷在凹陷部分中）而发生。所述方法可应用于形成功能材料的图案，而与压模凸起表面和凹陷表面的相对尺寸无关。

压模可以通过微接触印刷领域的技术人员理解的常规方式形成。例如，压模可以通过在具有显示浮雕形状（其与压模的浮雕结构相反）的表面的母模上模塑并固化一层材料而制造。压模可以通过光化辐照曝光、加热或它们的组合进行固化。因此压模包括一层弹性材料，该弹性材料层也称作弹性层、固化层或固化弹性层。压模例如还可以通过产生浮雕结构的方式对材料进行烧蚀或雕刻来制造。压模的浮雕结构使得凸起表面具有自凹陷表面的高度，该高度足以使凸起表面与基材发生选择性接触。从凹陷表面至凸起表面的高度也称作浮雕深度。在一个实施方式中，凸起表面的自凹陷表面的高度约为0.2-20微米。在另一个实施方式中，凸起表面的自凹陷表面的高度约为0.2-2微米。对形成压模的弹性层的厚度没有特别的限制，只要可以在用于印刷的层中形成浮雕结构即可。一个实施方式中，弹性层的厚度为1-51微米。在另一个实施方式中，弹性层的厚度为5-25微米。

弹性层使制成的压模具有至少10兆帕的弹性模量，优选大于10兆帕。弹性模量是应力增量与应变增量的比值。对该方法，弹性模量是在低应变下应力与应变之间关系为线性时的杨氏模量，使得材料能因应力和应变而恢复原状。弹性模量还可以称为弹性系数、弹性模量。弹性模量是普通技术人员皆知的机械性能。材料的弹性模量和其他机械性能的描述以及分析可参见Marks' Standard Handbook for Mechanical Engineers, eds. Avalone, E. 和 Baumeister III, T., 第9版，第5章，McGraw Hill, 1987。Oliver 和 Pharr 在 *J. Mater. Res.* 7, 1564 (1992) 描

述了测定弹性压模的弹性模量的合适方法。这种方法特别适合于测定薄弹性层，例如厚度小于 51 微米的形成压模的弹性层的弹性模量。用于印刷压模的弹性模量可在装有压头尖端的压痕测试仪(压痕机)上测定，该压头尖端垂直于样品表面并具有已知的几何形状。通过施加增加至某个预定值的负荷使压头尖端刺入样品。然后，逐渐减小负荷，直到样品发生部分松弛或完全松弛。在样品中产生多组压痕。连续记录在整个测试过程中施加负荷/去除负荷以及位移，产生负荷位移曲线，由该曲线可确定机械性能如弹性模量和其他性质。按照 Oliver 和 Pharr 在 *J. Mater. Res.* 原始引用所描述的方法，分析每一压痕的施加负荷/去除负荷曲线。

形成压模的材料为弹性体，以使压模的至少一个凸起部分贴合基材的表面，促进功能材料完全转移到基材上。至少 10 兆帕的弹性模量保证压模可以通过直接浮雕印刷在基材上以精细分辨率复制功能材料的图案。具有至少 10 兆帕弹性模量的压模能够通过将功能材料接触印刷在基材上来改进分辨率。在压模的弹性模量至少为 10 兆帕的一些实施方式中，压模显示在凹陷区域下垂较少。在一个实施方式中，弹性压模的弹性模量至少为 11 兆帕。在一个实施方式中，弹性压模的弹性模量至少为 15 兆帕。在另一个实施方式中，弹性压模的弹性模量至少为 20 兆帕。在另一个实施方式中，弹性压模的弹性模量至少为 40 兆帕。

压模可以由能够通过 在基材上浮雕印刷功能材料的图案而复制的任何材料或材料的组合制造。适合形成弹性压模的聚合物材料包括但不限于，例如，含氟聚合物；能够聚合的氟化化合物；环氧聚合物，共轭二烯烃的聚合物，包括聚异戊二烯、聚1,2-丁二烯、聚1,4-丁二烯和丁二烯/丙烯腈；A-B-A型嵌段共聚物的弹性嵌段共聚物，其中，A代表非弹性嵌段，优选乙烯基聚合物，最优选聚苯乙烯，B代表弹性嵌段，优选聚丁二烯或聚异戊二烯；丙烯酸酯聚合物。A-B-A嵌段共聚物的例子包括但不限于聚(苯乙烯-丁二烯-苯乙烯)和聚(苯乙烯-异戊二烯-苯乙烯)。就硅氧烷聚合物，例如聚二甲基硅氧烷(PDMS)来说，能够提供压模至少10兆帕的弹性模量，因此硅氧烷聚合物也是合适的材料。对用于弹性压模的材料的选择部分地取决于施用于压模/通过压模施加的功能材料以及液体的组成。例如，选择用于弹性压模的材料在与组合物，特别是液体接触时应能抗溶胀。含氟聚合物通常是耐有机溶剂(用于功能材料)的。一些溶剂如氯仿与功能材料一起使用会使硅氧烷基压模如PDMS发生溶胀。压模发生溶胀将改变在基材上产生精细分辨率图案的能力。聚合物材料可以是弹性体，或者可以在固化后成为弹性体。聚合物材料本身可以是光敏的和/或聚合物材料可以与一种或多种添加剂一起包含在组合物中，以提供组合物光敏性。

在一个实施方式中，形成弹性压模的材料是光敏的，以使浮雕结构可在光化辐照曝光后而形成。术语“光敏的”包括其中的光敏组合物能够在感应光化辐照后引发一个或多个反应，特别是光化学反应的任何体系。在光化辐照曝光后，通过缩合机理或通过自由基加成聚合引发单体和/或低聚物的链增长聚合。虽然设想了所有的可光聚合机理，但是能用作弹性压模材料的光敏组合物可以按具有一个或多个烯键式不饱和端基的单体和/或低聚物的自由基引发的加成聚合内容进行描述。该内容中，在进行光化辐照曝光时，光引发剂体系可以用作引发单体和/或低聚物聚合反应所需的自由基源。

该组合物是光敏的，因为组合物含有具有能够通过光引发的加成聚合形成聚合物的至少一个烯键式不饱和基团的化合物。该光敏组合物还包含通过光化辐照活化的引发体系，以引发光聚合。可聚合的化合物可具有非末端的烯键式不饱和基团，和/或该组合物可含有能促进交联的一种或多种其他组分，如单体。因此，术语“可光聚合的”用以涵盖可光聚合的体系，可光交联的体系，或者这两者。如本文所用，光聚合反应也用来指固化。形成弹性压模的光敏组合物包含一种或多种组分和/或添加剂，可包括但不限于光引发剂，一种或多种烯键式不饱和化合物(可称作单体)，填料，表面活性剂，热聚合抑制剂，加工助剂，抗氧化剂，光敏剂等，以稳定或增强该组合物。

光引发剂可以是对光化辐照敏感，产生引发聚合反应但不会导致过分终止反应的自由基的任一种化合物或多种化合物的组合。可以使用任何已知类型的光引发剂，特别是自由基光引发剂，例如：芳族酮、醌、二苯甲酮、苯偶姻醚、芳基酮、过氧化物、联咪唑、苯偶酰缩二甲醇(benzyl dimethyl ketal)、羟基烷基苯基苯乙酮、二烷氧基苯乙酮、三甲基苯甲酰氧化膦衍生物、氨基酮、苯甲酰环己醇、甲硫基苯基吗啉代酮、吗啉代苯基氨基酮、 α -卤代苯乙酮、羟磺酰(oxy sulfonyl)酮、磺酰酮、羟磺酰酮、磺酰酮、苯甲酰肟酯、噻吨酮(thioxanthrone)、樟脑醌、香豆素酮(ketocoumarin)和米希勒酮(Michler's ketone)。在一个实施方式中，光引发剂可包括基于已知的芳族酮类的无氟光引发剂的氟化的光引发剂。或者，光引发剂可以是化合物的混合物，当通过辐射活化的感光剂致使混合物提供自由基时，其中一种化合物提供自由基。液体光引发剂特别适合，因为液体光引发剂能很好分散在组合物中。较好地，引发剂对紫外线辐射敏感。以光敏组合物的重量为基准，光引发剂的存在量一般为0.001-10.0%。

可用于能够通过光化辐照活化的组合物中的单体为本领域皆知，这类单体包括但不限于：加成聚合的烯键式不饱和化合物。加成聚合化合物也可以是低聚物，并可以是单一的低聚物或低聚物的混合物。组合物可含有单一单体或多种单体的组合。以组合物重量为基准，能进行加成聚合的单体化合物的存在量小于5%，优选小于3%。

在一个实施方式中，弹性压模由光敏组合物构成，该光敏组合物包含能在光化辐照曝光后聚合形成氟化的基于弹性体的材料的氟化化合物。合适的基于弹性体的氟化化合物包括但不限于：全氟聚醚、氟代烯烃，氟化热塑性弹性体，氟化环氧树脂，能通过聚合反应聚合或交联的氟化单体和氟化低聚物。一个实施方式中，氟化化合物具有一个或多个烯键式不饱和端基，这些端基能通过反应聚合形成氟化弹性体材料。基于弹性体的氟化化合物可以均聚，或与如以下聚合物共聚：聚氨酯，聚丙烯酸酯，聚酯，聚硅氧烷，聚酰胺和其他聚合物，以获得适合其用途的印刷形式前体和/或压模的所需特性。进行光化辐照曝光足以使氟化化合物聚合，并使其能够用作印刷压模，而不必施加高压和/或高于室温的高温。含能通过光化辐照曝光固化的氟化化合物的组合物的优点是组合物能相对快速(如，在小于或等于1分钟(a minutes or less)内)固化，特别在与热固化组合物如基于PDMS的体系相比时，具有简单工艺显影的优点。

一个实施方式中，弹性压模包括一层光敏组合物，其中，氟化化合物是全氟聚醚(PFPE)化合物。全氟聚醚化合物是包含至少大比例全氟醚链段的化合物，即全氟聚醚。以PFPE化合物的总重量为基准，在PFPE化合物中存在的大比例全氟醚链段大于或等于80重量%。全氟聚醚化合物还可包含一个或多个增量链段，这些链段是非氟化的烃或烃醚；和/或是氟化但非全氟化的烃或烃醚。一个实施方式中，全氟聚醚化合物包含至少大比例的全氟聚醚链段和光反应性的末端链段，以及任意的非氟化烃的增量链段。全氟聚醚化合物用一个或多个烯键式不饱和端基官能化，所述烯键式不饱和端基使该化合物对光化辐照为活性(即，光活性链段)。光反应性链段也称作可光聚合的链段。

对全氟聚醚化合物没有限制，可以包含直链和支链结构，优选全氟聚醚化合物的直链主链结构。PFPE化合物可以是单体的，但通常是低聚物，并在室温为液体。全氟聚醚化合物可以被认为是具有低聚全氟醚链段的低聚的双官能单体。全氟聚醚化合物能光化学聚合形成压模的弹性层。基于PFPE的材料的优点是，PFPE是高度氟化的，能耐受有机溶剂溶胀，所述有机溶剂例如有，二氯甲烷，氯仿，四氢呋喃，

甲苯，己烷和乙腈等，优选将这些有机溶剂用于微接触印刷技术。

任选地，弹性压模可包括挠性膜，优选挠性聚合物膜的载体。挠性载体能够使压模的弹性浮雕表面贴合或基本贴合于可印刷的电子基板，不会发生翘曲或变形。载体也是充分挠性的，能够在从母模剥离压模时与压膜的弹性体层一起弯曲。载体可以是能形成膜的任何聚合物材料，所述膜是非活性的，并在制造和使用压模的所有条件下保持稳定。合适的膜载体的例子包括纤维素膜，如，三乙酰基纤维素；和热塑性材料如聚烯烃，聚碳酸酯，聚酰亚胺和聚酯。优选聚乙烯膜，如聚对苯二甲酸乙二酯和聚萘二甲酸乙二酯的膜。载体也包括挠性玻璃。通常，载体的厚度为2-50密耳(0.0051-0.13厘米)。通常，载体为片形薄膜形式，但不限于这种形式。在一个实施方式中，载体能透过或基本透过使光敏组合物聚合的光化辐射。

任选地，弹性压模在施加功能材料之前可在浮雕表面上包括一层或多层。所述一层或多层例如可帮助功能材料从压模转移至基材。适合用作附加层的材料的例子包括氟化合物。在一个实施方式中，在功能材料转移至基材后附加层仍保留在弹性压模上。

功能材料是能通过微细加工形成图案，以促进各种元件和器件的操作的材料。功能材料可以是活性材料或非活性材料。活性材料包括但不限于：电活性材料、光活性材料和生物活性材料。在此所用的术语“电活性”、“光活性”和“生物活性”表示对一种刺激例如电磁场、电势、太阳能或其他能量辐射、生物刺激场，或它们的任意组合显示预定活性的材料。非活性材料包括但不限于：绝缘材料，例如介电材料；平面化材料；阻挡材料(barrier material)；和限制材料(confinement material)。在一个实施方式中，将平面化材料印刷在滤色片中像素图案的顶部，以提供全部像素相同的高度。一个实施方式中，将阻挡材料印刷成图案，以形成阻挡层，使得阴极中的电荷能促进电荷注入至有机发光二极管(OLED)的发光聚合物层中。一个实施方式中，将限制材料印刷为图案，该图案能将随后施用的液体的膨胀限制在由该限制材料的图案限定的特定区域中。用于非活性材料的功能材料不仅限于在上述实施方式中使用的那些材料。活性材料和非活性材料可以是有机材料或无机材料。有机材料可以是聚合物材料，或者小分子材料。

功能材料包括但不限于，例如，导电材料，半导体材料，介电材料。用作功能材料的导电材料的例子包括但不限于：氧化铟锡；金属，如银、金、铜和钯；金属配合物；金属合金等。半导体材料的例子包括但是不限于：硅，锗，

砷化镓，氧化锌和硒化锌。

功能材料可以是任意形式，包括微粒、聚合物、分子等。通常，半导体材料和介电材料是聚合物，但是不限于这种形式，功能材料可以包括可溶性半导体分子。

用于本发明方法的功能材料还包括导电材料、半导体材料和介电材料的纳米颗粒。纳米颗粒是极细微颗粒，其测定的尺寸为纳米(nm)级。纳米颗粒包括至少一个尺寸小于200纳米的颗粒。一个实施方式中，纳米颗粒的直径约为3-100纳米。在尺寸范围的下限，纳米颗粒可称作簇(cluster)。对纳米颗粒的形状没有限制，包括纳米球、纳米棒和纳米杯。如果颗粒小(通常小于10纳米)到足以发生电子能级的量子化，则由半导体材料构成的纳米颗粒也称作量子点(quantum dot)。半导体材料包括发光量子点。块状材料一般具有稳定的物理性质，而与其尺寸无关，但是对纳米颗粒情况经常不是这样。观察到与尺寸相关的性质，例如半导体颗粒中的量子限制，某些金属颗粒中的表面等离子体共振(surface plasmon resonance)以及磁性材料中的超顺磁性。功能材料包括但不限于半固体的纳米颗粒，例如脂质体；软的纳米颗粒；纳米晶体；混合结构，如芯-壳纳米颗粒。功能材料包括碳纳米颗粒，如碳纳米管，导电碳纳米管和半导体碳纳米管。金、银和铜的金属纳米颗粒和分散体可从纳米技术(Nanotechnologies)公司和ANP购得。

术语“光活性”用来表示具有光致发光、电致发光、着色或光敏性的任何材料。该术语用来包括染料、光学增白剂、光致发光材料、对光化辐射为活性的化合物以及光引发剂。在一个实施方式中，光活性材料包括能够在感应光化辐照后引发一个或多个反应，特别是光化学反应的任何材料或多种材料的组合。光活性材料可以包括本身对光化辐照为活性的化合物，和/或可以包括一种或多种化合物，如单体和光引发剂的组合物，这些化合物能提供组合物对光化辐照的活性。用于功能材料的合适光活性材料包括上述作为适合于弹性压模的光敏组合物和材料的那些材料。一个实施方式中，光活性材料可以是一种或多种氟化化合物，例如含氟聚合物，氟化单体和氟化低聚物，如上面对弹性压模所述。在另一个实施方式中，功能材料是有机发光聚合物。

可称作小分子材料的功能材料的另一些例子包括但不限于：有机染料、半导体分子、荧光生色团、磷光生色团、药理学活性化合物、生物活性化合物和具有催化活性的化合物，它们单独或与其他材料的各种组合适合于制造电子、传感或诊断应用的有图案的器件。

生物活性材料也称作生物基材料，用于本发明的生物活性材料包括但不限于：各种分子量的脱氧核糖核酸(DNA)，它们可以被用作对结合DNA为几何结构清楚的其他材料进行定位的模板或支架(scaffold)，以及蛋白质、聚(低聚)肽和聚(低聚)糖类，这些材料单独或者与其他材料的各种组合适用于制造电子、传感或诊断应用的有图案的器件。

功能材料通常分散或溶解或悬浮于液体中，形成施用于压模的组合物。对用于功能材料的液体没有限制，可以包括有机化合物和水性化合物。在一个实施方式中，液体是基于醇化合物的有机化合物。该溶液可以是溶剂，即能溶解另一种物质(即功能材料)形成均匀混合物的物质，或者是载剂化合物，这种化合物能将材料分散或悬浮于溶液中，分散或悬浮的程度足以进行本发明方法的步骤。无论是溶剂或载剂的液体和功能材料应至少能够在施用时至至少润湿压模的凸起表面。功能材料可以液体存在，以组合物的总重量为基准，功能材料含量为0.1-30重量%。液体可以包括一种或一种以上的化合物作为功能材料的溶剂或载剂。在一个实施方式中，液体包括一种用于功能材料的溶剂。在另一个实施方式中，液体包括一种用于功能材料的载剂化合物。在另一个实施方式中，液体包括用于功能材料的两种溶剂，即共溶剂混合物。在使用共溶剂混合物的实施方式中，按照以下一个或多个准则选择该混合物的组分：(1)各个溶剂组分的蒸发速率(即，挥发性)是不同的。(2)各个溶剂对特定功能材料的溶剂化能力是不同的。各个组分的溶剂化能力和挥发性要有足够的差异，使得在组成上和/或去除液体时形成梯度。(3)各个溶剂组分在从压模的浮雕结构除去液体时在存在的组成范围内相互混溶。(4)在从压模除去液体期间共溶剂混合物持续润湿压模的凸起表面。共溶剂混合物的一个例子包括(功能材料的)高度挥发性的优良溶剂，该溶剂能与低挥发性的较差溶剂形成二元溶剂溶液。当二元溶剂溶液从压模的凸起表面蒸发时，溶液组成连续发生变化(梯度)。该溶液梯度可推动功能材料的特性在除去液体时在压模上形成薄膜期间发生变化。特性因这种干燥梯度产生的变化包括小的芳族分子如半导体材料发生聚集，和(生物)聚合物如DNA或半导体聚合物发生贴合。因干燥梯度产生的功能材料的薄膜可具有不同的特性，这些特性可以是物理，或化学，或生物特性，这些特性可能影响功能材料转移至基材之前或之后的状态。

通过将功能材料和液体的组合物至少施用于压模的浮雕结构的凸起表面，将该组合物提供在压模上。可以通过任意合适方法将功能材料和液体的组合物施加至压模，这些方法包括但不限于，注射、灌注、液体浇铸、喷射、浸渍、

喷雾、气相沉积以及涂覆。进行涂覆的适当方法的例子包括旋涂，浸涂，狭缝涂布，辊涂，刮涂。在一个实施方式中，将组合物施用于压模并在压模的浮雕结构上形成一层，即组合物在凸起表面和凹陷表面上形成一层。压模上的组合物层可以是连续的或不连续的。对组合物层的厚度没有特别的限制。在一个实施方式中，组合物层的厚度通常小于压模的浮雕高度(为凸起表面和凹陷表面之间的差)。

所述组合物应能够至少在压模的浮雕结构的凸起表面上形成一层。除了对压模的弹性模量的要求外，弹性压模的一些其他性质如压模材料的耐溶剂性，以及功能材料组合物的一些性质如溶剂的沸点和功能材料在所述溶剂中的溶解性都可能影响特定功能材料形成层并且作为图案转移至基材的能力，但是微接触印刷领域的技术人员能够很好地确定功能材料和弹性压模的适当组合。

一个实施方式中，功能材料以溶剂的液体溶液形式施用于基材。另一个实施方式中，功能材料以共溶剂混合物形式施用于基材。特别在功能材料为纳米颗粒形式时，将功能材料悬浮于载剂体系中用于施用。

将功能材料和液体的组合物至少施用于压模的凸起表面后，从组合物除去部分或所有的液体，将功能材料保留在压模上。从浮雕结构上的组合物充分除去液体，以至少在压模的凸起表面形成功能材料的薄膜。如果使用一种以上的化合物作为功能材料组合物的液体，可除去部分或所有的一种以上的化合物以形成薄膜。可以任意方式实现上述的去除，去除方式包括：使用气体喷射，用吸收材料吸干，室温或升高温度下蒸发等。在一个实施方式中，所述去除可以通过在压模上施用功能材料期间进行干燥而发生。通过选择相对低沸点的用于功能材料的溶剂和/或施涂功能材料组合物的极薄层(即厚度小于1微米)可有助于进行有效干燥。从组合物层充分除去液体，只要能将功能材料依据浮雕结构的图案转移至基材即可。在一个实施方式中，压模上的功能材料的薄膜厚度为0.001-2微米。在另一个实施方式中，压模上的功能材料的薄膜厚度为0.01-1微米。

在一个实施方式中，功能材料基本不含液体即溶剂或载剂，在浮雕结构上形成薄膜。在另一个实施方式中，从组合物基本上除去液体，至少在凸起表面形成功能材料的干膜，该干膜与处于蒸发态的化合物接触，以增强向基材的转移。对蒸发的化合物没有限制，可以包括水蒸汽或者有机化合物蒸气。虽然不限于以下，但是预期干膜与蒸发的化合物接触能使干膜一定程度地增塑，使该干膜变得略有延展性并且增加功能材料与基材的粘附能力。通常，蒸发的化合

物对干膜的作用是暂时的，并且该膜应随后立刻或者基本上随后立刻转移至基材。

将功能材料从浮雕结构的凸起表面转移至基材，在基材上形成功能材料的图案。转移也可称作印刷。使凸起表面上的功能材料与基材接触将功能材料转移，从而在将压模与基材分离时形成功能材料的图案。一个实施方式中，位于凸起表面上的所有或基本上所有功能材料都转移至基材。可通过任意合适的方式将压模与基材分离，这些方式包括但不限于：剥离，气体喷射，液体喷射，机械装置等。

任选地，可以在压模上施加压力以保证功能材料与基材的接触并将功能材料完全转移至基材。将功能材料转移至基材上的合适压力小于 5 磅/厘米²，优选小于 1 磅/厘米²，更优选为 0.1-0.9 磅/厘米²，最优选约 0.5 磅/厘米²。可以以任意方式实现将功能材料转移至基材。转移功能材料可以通过将压模的浮雕表面移至基材，或者通过将基材移至压模的浮雕表面，或者通过同时移动基材和浮雕表面使它们接触而实现。在一个实施方式中，功能材料可以手工转移。在另一个实施方式中，自动化进行功能材料的转移，例如通过传输带；卷至卷工艺；直接驱动移动固定装置或托盘；链条、皮带或齿轮-驱动固定装置或托盘；摩擦辊；印刷机；或旋转装置。对功能材料层的厚度没有特别的限制，基材上的功能材料层的厚度通常为 10-10000Å。

本发明方法通常在室温即 17-30°C (63-86°F) 下进行，但是不限于该温度。本发明方法可以在升高温度，高至约 100°C 进行，只要热量不会对弹性压模、功能材料和基材以及它们在基材上形成图案的能力产生不利影响。

对基材没有限制，基材可包括：塑料、聚合物膜、金属、硅、玻璃、织物、纸以及它们的组合，只要可以在其上形成功能材料的图案即可。所述基材可以是不透明的或透明的。所述基材可以是刚性的或挠性的。在基材上形成依据本发明方法的功能材料的图案之前，基材可包括其他材料的一层或多层和/或一个或多个图案。基材表面可包含增粘表面如底涂层，或者可以进行处理以促进粘合剂层或功能材料与基材的粘合。合适的基材包括，例如，聚合物、玻璃或陶瓷基材上的金属膜，在聚合物基材上的一层或多层导电膜上的金属膜，在聚合物基材上的半导体膜上的金属膜。合适基材的其它例子包括，例如，玻璃，氧化铟锡涂覆的玻璃，氧化铟锡涂覆的聚合物膜；聚对苯二甲酸乙二酯，聚萘二甲酸乙二酯，聚酰亚胺，硅和金属箔。基材可以包括一个或多个电荷注入层、电荷输运层，向其上转移图案的半导体层。

任选地，可以对基材上的功能材料的图案进行进一步的处理步骤，例如，加热，光化辐照源，如紫外辐照和红外辐照等曝光。在功能材料为纳米颗粒形式的实施方式中，附加的处理步骤可能是使功能材料工作所必需的。例如，当功能材料由金属纳米颗粒构成时，必须加热功能材料的图案以烧结颗粒并使图案线条具有导电性。烧结是通过加热例如纳米颗粒形式的金属粉末但不熔化来形成粘结的物体。加热导电材料至低于约 220℃，优选低于约 140℃ 的温度，将纳米颗粒导电材料烧结成为连续的功能膜。

本发明方法提供一种在用于各种应用的器件和元件的基材上形成功能材料的图案的方法，所述应用包括但不限于：电子、光学、传感和诊断应用。该方法可用于形成用于电子器件和元件以及光学器件和元件的活性材料或非活性材料的图案。这些电子器件和元件以及光学器件和元件包括但不限于射频标记(RFID)、传感器、存储器和背板显示器。该方法可用于在基材上形成导电材料、半导体材料、介电材料的图案。该方法可用于在用于传感或诊断应用的基材上形成生物材料和药理学活性材料的图案。该方法可以将功能材料形成图案，所述图案形成包含其他材料如发光材料、滤色片的着色材料的单元(cell)或像素的阻挡壁，或者形成限定由溶液传递的源电极和漏电极之间的通道长度的图案。阻挡壁的图案也称作限制层或阻挡层。该方法可以将功能材料形成图案，该图案形成阻挡壁，所述阻挡壁形成用作滤色片像素的单元。滤色片像素可以填充用于滤色片的着色剂材料，包括颜料着色剂、染料着色剂。该方法可以将功能材料形成用于顶门电路器件(top gate device)的晶体管通道(transistor channel)，在所述器件中其他材料如源极材料和漏极材料被传递至通道。该方法可以将功能材料形成用于底门电路器件的基材的半导体层上的晶体管通道，该器件中将源极材料和漏极材料传递至通道。其他材料作为溶液可以通过任何方式包括喷墨方式传递至基材上的单元中。

图 1 至图 3 示出按照成型操作由压模前体 10 制造压模 5 的方法的一个实施方式。图 1 示出母模 12，该母模具有在母模基材 15 的表面 14 上形成的微电子特征的负性浮雕图案 13。母模基材 15 可以是任何光滑或基本光滑的金属，塑料，陶瓷或玻璃。一个实施方式中，母模基材是玻璃板或硅板。按照本领域技术人员皆知的常规方法，通常在母模基材 15 上的浮雕图案 13 由光刻胶材料形成。也可以使用塑料光栅膜(grating film)和石英光栅膜作为母模。如果需要纳米级的非常微小的特征元件，则可以采用电子束辐射在硅片上形成母模。

可以将母模 12 放置在模具外壳和/或与隔片(未示出)一起沿其周边放置，

以帮助形成均匀的光敏组合物层。形成压模的工艺可通过不使用模具外壳或隔片而得到简化。

在图2中，加入光敏组合物，在具有浮雕图案13的母模12的表面上形成层20。可以采用任何合适的方法将光敏组合物加入到母模12上，所述方法包括但不限于，注射，灌注，液体浇铸和涂覆。一个实施方式中，通过将光敏组合物的液体灌注在母模上，形成层20。在母模12上形成光敏组合物的层20，使得进行光化辐射曝光后，固化的组合物形成约5-50微米厚度的固体弹性层。在所示的实施方式中，将载体16设置在光敏组合物层20与母模12相反的一面上，如果有粘合剂层时使该粘合剂层与光敏组合物层相邻，形成压模前体10。可以适合获得压模前体10的任意方式，将载体16施加在组合物层上。在通过压模前体10的透明载体16进行光化辐照曝光后(在所示的实施方式中是紫外辐照)，光敏层20聚合并形成用于压模5的组合物弹性层24。光敏组合物层20通过光化辐照曝光进行固化或聚合。此外，通常在氮气气氛中进行曝光，以消除曝光期间环境中氧的存在和氧可能对聚合反应产生的影响或将它们减至最少。

印刷形式前体可进行光化辐照曝光，如紫外线(UV)或可见光曝光，以固化该层20。通过透明载体16对光敏材料进行光化辐照曝光。曝光后的材料聚合和/或交联，并成为具有其浮雕表面对应于母模上的浮雕图案的固体弹性层的压模或模板。一个实施方式中，在365纳米I-划线器(liner)曝光装置中，适当的曝光能量约为10-20焦耳。

光化辐照源包括紫外光，可见光和红外波长区域。特定光化辐照源的适用性可以通过光敏组合物以及用于制备压模前体的任选的引发剂和/或至少一种单体的光敏性来控制。压模前体的优选的光敏性在光谱的UV和远可见光区，因为它们能提供更好的室内光稳定性。合适的可见光和UV源的例子包括碳弧，汞蒸气弧，荧光灯，电子闪光设备，电子束设备，激光器和照相泛光灯。最合适的UV辐射源是汞蒸气灯，特别是日光灯。这些辐射源一般发射310-400纳米间的长波UV辐射。对这些特定UV源敏感的压模前体使用能吸收310-400纳米光的基于弹性体的化合物(和引发剂)。

在图3中，包括载体16的压模5通过剥离与母模12分离。因为载体和压模能承受与母模12分离所需的弯曲，所以在压模5上的载体16具有足够的挠性。载体16保留有固化的弹性层24，为压模5提供复制与软性平版印刷方法相关的微型图案和微

结构所需的尺寸稳定性。压模5在与载体16相反的一面包括浮雕结构26，该浮雕结构具有与母模12的浮雕图案13的负像对应的凹陷表面28和凸起表面30。浮雕结构26在凸起部分30和凹陷部分28之间具有高度差，即浮雕深度。压模5的浮雕结构26形成用于在基材34上印刷功能材料32的凸起表面30以及不进行印刷的凹陷表面部分28的图案。

图4中，如一个实施方式，压模5放置在旋涂设备的平台35上，用于将功能材料32施涂到压模5的浮雕结构26上。将功能材料32施涂至压模5的浮雕结构26，旋转该平台以形成相对均匀连续的功能材料层。将功能材料施涂到压模5上后，通过室温蒸发除去液体载剂使功能材料干燥。

在图5中，将具有功能材料层32的压模5和基材34彼此相邻放置，使得在压模5的凸起表面30上的功能材料与基材34的表面38接触。

在图6中，压模5与基材34分离，与基材接触的功能材料32保留在基材上，转移以形成功能材料的图案40。基材34包括功能材料32的图案40以及没有功能材料的敞开区域42。保留在基材34上的功能材料32形成用于电子器件或元件的图案40。

本发明方法使用弹性模量至少为 10 兆帕 (Mpa) 的弹性压模，该弹性压模能以小于 50 微米到至少 1-5 微米的分辨率在基材上形成各种功能材料的特征。本发明方法以适当的线条分辨率形成功能材料的图案的能力受到以下方面但是不限于以下方面的影响：用于弹性压模的材料的选择，要印刷的功能材料，功能材料的组成，实施本发明方法的条件等。应理解，确定最佳材料和条件以提供电子器件和元件中终端用途应用所需的线条分辨率对本领域的普通技术人员而言是常规工作。

实施例

术语表

ITO	氧化铟锡
PFPE	全氟聚醚
THF	四氢呋喃

除非另有说明，否则，所有百分数都是以组合物的总重量计的。

实施例 1

下面的实施例说明用多氟聚醚(PFPE)制成的印刷压模将发光聚合物(LEP)印刷在基材上。

印刷压模的制备

母模制备:

以 3000 转/分钟转速在硅片上旋涂 60 秒, 涂覆 1.5 微米厚度的负性光刻胶 SU-8 2 型(得自马萨诸塞州牛顿的微化学公司(MicroChem, Newton, MA)。将有涂覆光刻胶膜的硅片于 65°C 加热 1 分钟, 然后于 95°C 烘烤 1 分钟使该薄膜完全干燥。然后, 烘烤的膜在 365 纳米 I-划线器(liner)(OAI 掩模校准器(OAI Mask Aligner), 型号 200)中, 通过具有 1-5 微米的不同尺寸的线条和间距以及正方形的图案的掩模进行 12 秒的曝光, 并于 65°C 后烘烤 1 分钟。于 95°C 最后烘烤 1 分钟后, 将曝光的光刻胶在 SU-8 显影剂中显影 1 分钟, 然后用异丙醇进行洗涤。显影后的薄膜用氮气干燥, 在硅片上形成图案, 用作压模的母模。

压模前体的制备:

按照以下方式制备载体: 通过旋涂方法, 以 3000 转/分钟在 5 密耳(0.0127 厘米)的 Melinex® 561 聚酯膜载体上施涂一层可 UV 固化的光学透明的粘合剂(型号 NOA73, 从新泽西州的克瑞本利的诺兰德产品公司(Norland Products; Cranbury, NJ)购得), 粘合剂层的厚度为 5 微米, 然后在氮气气氛中, 以 1.6 瓦功率(20 毫瓦/厘米²)在紫外线辐射(350-400 纳米)中曝光 90 秒进行固化。

依据以下步骤制备多氟聚醚化合物。在装备滴液漏斗、温度计、冷凝器和 N₂ 吹扫接管的三颈圆底反应烧瓶(250ml)中对 FLK-D20 Diol(从新泽西州斯柔法的萨尔凡-萨勒克西斯公司(Solvay Solexis Thorofare, NJ)购得)(10 克, 0.005 摩尔, 1 当量)和 BHT(1 重量% FLK-D20 0.001 克)在无水 THF(100 毫升)中的溶液进行搅拌。使用冰水浴将该反应烧瓶冷却至 0°C。在 15 分钟内, 向 FLK-D20 Diol 的 THF 溶液中滴加三乙胺(1.948 克, 0.0193 摩尔, 3.85 当量)。反应保持在 0°C。在 60 分钟内, 通过第二滴液漏斗向该溶液滴加烯丙酰氯(1.585 克, 0.0185 摩尔, 3.5 当量)。使混合物的温度不超过 5°C。加入烯丙酰氯后沉淀厚层的盐。使该混合物温热至 10-15°C 保持 2 小时, 然后达到室温, 在此温度, 在氮气气氛下搅拌混合物过夜。将该反应混合物倒入 500 毫升蒸馏水中, 搅拌 2 小时。用乙酸乙酯或二氯甲

在该搅拌中的 α -羟基甲基苯偶姻溶液中滴加该酰氟溶液。添加完成后，于室温搅拌该反应器 2.5 小时。

反应物用 4×500 毫升的饱和 NaCl 溶液清洗。有机层用 MgSO₄ 干燥，在硅藻土(celite)/二氯甲烷垫上过滤。TLC 分析表明，少量的原料留在粗产物中。将产物真空浓缩，然后溶解于己烷(100 毫升)。将该溶液预吸收在硅胶上，并使用 90:10 的己烷:EtOAc 的洗脱液，通过二氧化硅柱进行清洗。分离的所需产物为浅黄色油，该油是非对映异构体的混合物(33 克，产率为 72%)。

将 PFPE 二丙烯酸酯预聚物(分子量约为 2000)与 1 重量%制备的氟化光引发剂混合，用 0.45 微米 PTFE 过滤器过滤，形成 PFPE 光敏组合物。

通过以下方式制备印刷压模，将 PFPE 光敏组合物倒在用作母模的硅片的显影后的光刻胶图案上，形成湿厚度约为 25 微米的层。

在 PFPE 组合物层与母模相反的表面施用载体，使得粘合剂与该层接触。PFPE 层在 365 纳米的 I-划线器中，于 UV 辐照曝光 10 分钟，以固化或聚合该 PFPE 层，形成压模。然后将压模通过从母模上剥离而分离，压模上具有对应于母模中图案的浮雕表面。

弹性模量的测试方法：

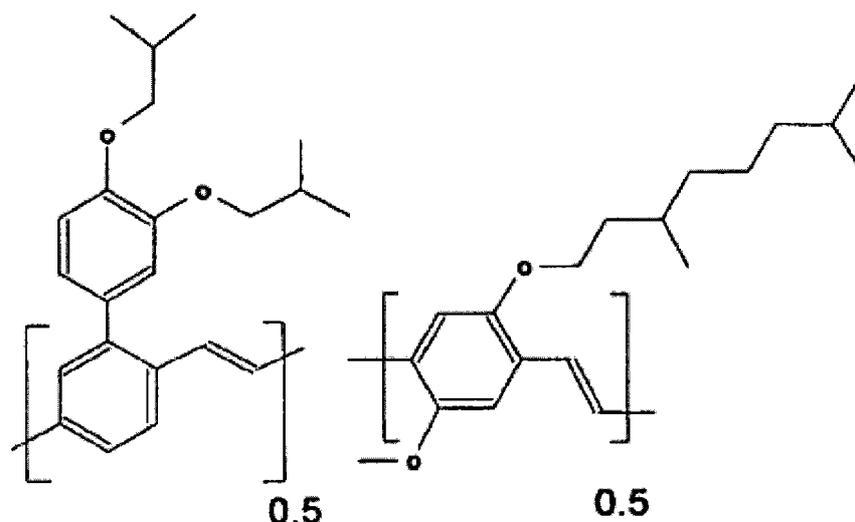
在 Hysitron TriboIndenter(明尼苏达州明尼阿波利斯的海斯通有限公司(Hysitron Inc., Minneapolis MN))上，按照 Oliver 和 Pharr 在 J. Mater. Res. 7, 1564 (1992)中所述的测试方法测量印刷压模的弹性模量。TriboIndenter 配备有 Berkovich 金刚石压头，以在弹性压模的样品上进行压痕。对每一个压模，在最大 100 微牛顿负荷下进行至少两组 25 次的压痕。通过对测定的表面压痕 10 次以上，使表面作用以及与基材的相互作用最小，但测定的表面粗糙度不大于样品总厚度的 10%。每组中各压痕相距 10 微米，各组之间间隔至少 1 毫米。采用 5-2-5 负荷操作形成压痕，其中，5 秒施加负荷，保持 2 秒(在负荷控制下闭合回路反馈)以降低滞后/蠕变的影响，然后 5 秒无负荷。按照 Oliver 和 Pharr 的方法，分析每一次压痕的负荷/无负荷的曲线，以确定弹性模量。使用从距顶部的 5%至距底部的 20%的 75%的所述曲线的无负荷部分进行计算，以确定弹性模量。对采用这种方法分析纳米压痕数据所需的压头面积的函数可以使用在熔凝二氧化硅中的一系列压痕进行计算。

印刷压模的弹性模量为 20 兆帕。

发光聚合物(LEP)在基材上的干转移印刷:

基材购自加利福尼亚州山塔罗萨的尼凡卡公司(NeoVac Company, Santa Rosa, CA), 该基材在 5 密耳厚度的 Mylar®聚对苯二甲酸乙二醇酯载体上具有片电阻为 70 欧姆/□的氧化铟-锡(ITO)。

该 LEP 是 COVION® Super NRS-PPV(来自默克公司(Merck))。在氮气干燥箱中制备 0.5 重量%的 Super NRS-PPV 的甲苯溶液, 并用 PTFE 1.5 微米过滤器进行过滤。LEP 的结构如下:



以 4500 转/分钟将 NRS-PPV 溶液旋涂在 PFPE 压模的浮雕表面上, 在压模上形成干膜。压模的浮雕表面包括各自具有最高平面表面的凸起部分和各自具有最低平面表面的凹陷部分。将该溶液涂覆在凸起部分的最高表面和凹陷部分的最低表面。

在 PFPE 压模的凸起部分的最高表面上的干燥的 NRS-PPV 通过接触印刷凸起部分而被转移到基材的 ITO 表面上, 在基材上形成 Super NRS-PPV 发光聚合物的图案。所述 Super NRS-PPV 的厚度为 28 纳米。印刷的 LEP 图案的分辨率为小于或等于 5 微米。

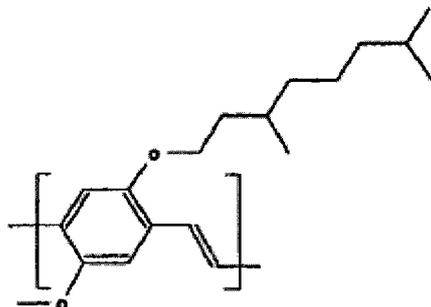
实施例 2

下面的实施例说明用 PFPE 制成的印刷压模将另一种发光聚合物(LEP)印刷在基材上。

按照实施例 1 中所述制备母模和 PFPE 压模。

在基材上印刷 LEP:

LEP 溶液是 OC1-C10，是得自赫司特公司 (Hoechst) 的聚(对亚苯基亚乙烯基)衍生物，具有以下结构。



在氮气干燥箱中，制备 0.5 重量%的 OC1-C10 在 THF/甲苯(50/50 体积/体积)中的溶液，并保持在干燥箱中。在干燥氮气气氛中，以 4500 转/分钟将该溶液旋涂在 PFPE 压模的浮雕表面上，以在该压模上涂覆和干燥 OC1-C10 层。

使用的基材与实施例 1 中所述的基材相同。通过接触转移将 PFPE 的凸起部分的最高表面上的 OC1-C10 印刷在基材的 ITO 表面上。该转移可通过以下实现，在干燥氮气气氛中将 ITO 基材放置在保持 65℃ 的电热板上，并向压模施加小的压力。依据压模的凸起部分的图案，在基材上形成 OC1-C10 发光聚合物的图案。

在基材上印刷的 OC1-C10 膜层的厚度为 32 纳米。印刷的 LEP 图案的分辨率为小于 10 微米。

实施例 3

下面的实施例说明用 PFPE 制成的印刷压模将介电材料印刷在基材上。

印刷的介电材料是 Elvacite® 2042(聚(甲基丙烯酸乙酯)和 Elvacite® 2045(聚(甲基丙烯酸丁酯)，都得自鲁塞特国际公司(Lucite International)。基材是具有 SiO₂ 层的硅片，SiO₂ 层厚度约为 3000Å。

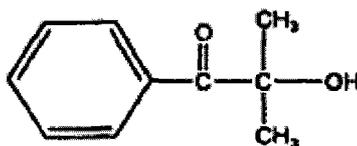
对实施例 3 的两个印刷样品，按照实施例 1 中所述制备母模和 PFPE 压模，只是使用分子量约为 1000 的不同 PFPE 化合物和不同的光引发剂。

使用由萨托玛公司 (Sartomer) 提供的产品型号为 CN4000 的全氟聚醚化合物 E10-DA，不进行处理直接使用。E10-DA 具有下式所示的结构，其中，R 和 R' 各自是丙烯酸酯，E 是 (CH₂CH₂O)₁₋₂CH₂ 的直链非氟化的烃醚，E' 是 (CF₂CH₂O(CH₂CH₂O)₁₋₂) 的直链烃醚，分子量约为 1000。



所述光引发剂是 Darocur 1173(得自瑞士巴塞尔的汽巴专用化学品公司(Ciba

Specialty Chemicals, Basel, Switzerland)。Darocur 1173的结构如下。



将 PFPE 二丙烯酸酯预聚物 E10-DA 与 1 重量% Darocur 1173 光引发剂混合，过滤后形成 PFPE 组合物，用该组合物形成印刷压模。

按照实施例 1 所述测定印刷压模的弹性模量。该印刷压模的弹性模量为 40 兆帕。

在基材上印刷 Elvacite 2042(聚(甲基丙烯酸乙酯))：

以 2000 转/分钟将 1 重量%聚(甲基丙烯酸乙酯)的二氯甲烷溶液在 PFPE 压模的浮雕表面上旋涂 60 秒。

因为二氯甲烷的沸点极低，因此在旋涂该膜时溶剂完全蒸发。聚(甲基丙烯酸乙酯)的薄膜留在该压模的浮雕表面上。将具有该薄膜的压模的浮雕表面与硅片的 SiO_x 表面相邻放置，在 65℃ 施加轻压力将压模压在基材上。通过从浮雕的凸起部分的最高表面的接触转移，印刷该薄膜。将压模与基材分离，将介电材料的图案转移到基材。

转移的聚(甲基丙烯酸乙酯)薄膜的厚度约为 0.125 微米。印刷的聚(甲基丙烯酸乙酯)图案的分辨率为小于或等于 50 微米。

在基材上印刷 Elvacite 2045(聚(甲基丙烯酸乙酯))：

以 2000 转/分钟将 1 重量%聚(甲基丙烯酸丁酯)的氯仿溶液在 PFPE 压模的浮雕表面上旋涂 60 秒。

如上所述溶剂完全蒸发后，聚(甲基丙烯酸丁酯)的薄膜留在压模的浮雕表面上。放置具有该薄膜的压模的浮雕表面与硅片的 SiO_x 表面相邻，在 65℃ 施加轻压力(约 0.5 磅/厘米²)将压模压在基材上。通过从浮雕的凸起部分的最高表面转移，印刷该薄膜。将压模与基材分离，将聚(甲基丙烯酸乙酯)的图案转移到基材。转移用的氯仿浇铸的聚(甲基丙烯酸丁酯)薄膜的厚度约为 70 纳米。印刷的聚(甲基丙烯酸丁酯)图案的分辨率为小于或等于 50 微米。

实施例 4

下面实施例说明使用 PFPE 压模在基材上印刷介电材料，得自奥尔德里奇

公司(Aldrich)的聚 2-乙炔基吡咯烷酮(分子量为 20,000)。该基材是具有 SiO₂ 层(3000Å)的硅片。

按照实施例1中所述制备母模和PFPE压模。

在基材上干转移印刷介电材料:

以2000 转/分钟将1%重量的聚(2-乙炔基吡咯烷酮)的氯仿溶液在PFPE压模的浮雕表面上旋涂60秒。在旋涂期间氯仿蒸发,在压模的浮雕表面的凸起部分和凹陷部分上留下2-乙炔基吡咯烷酮的薄膜。放置具有该薄膜的压模的浮雕表面与晶片的SiO₂表面相邻,在室温施加轻压力将压模压在基材上。从浮雕的凸起部分的最高表面印刷该膜,在基材上形成聚(2-乙炔基吡咯烷酮)的图案。将压模与基材分离,将聚(2-乙炔基吡咯烷酮)膜从PFPE压模转移至硅片的SiO₂表面。

转移的聚(2-乙炔基吡咯烷酮)薄膜在硅片上的厚度约为 47 纳米。印刷的聚(2-乙炔基吡咯烷酮)图案的分辨率为小于或等于 5 微米。

实施例 5

下面的实施例说明用PFPE压模将介电材料印刷在基材上。

介电材料是得自奥尔德里奇公司的聚羟基苯乙烯(PHS)(分子量约为 20,000)。基材是具有 SiO₂层(3000Å)的硅片。

按照实施例1中所述制备母模和PFPE压模。

在基材上干转移印刷介电材料:

以2000 转/分钟将5%重量PHS的THF溶液在PFPE压模的浮雕表面上旋涂60秒。在旋涂期间该THF溶液中的溶剂蒸发,至少在压模的浮雕表面的凸起部分留下PHS的干膜。放置具有该薄膜的压模的浮雕表面与硅片的SiO₂表面相邻,在65°C在压模的载体侧施加轻压力(约0.5磅/厘米²),使该薄膜接触基材。通过从浮雕压模的凸起部分的最高表面的接触转移,印刷该干膜。将压模与基材分离,将PHS的有图案的薄膜转移到硅片的SiO₂表面。

转移的PHS薄膜的厚度约为290纳米。印刷的PHS图案的分辨率为小于或等于50微米。

实施例6

下面的实施例说明用PFPE压模将半导体材料印刷在基材上。

半导体材料是得自奥尔德里奇公司的聚噻吩。基材是具有 SiO₂ 层 (3000Å) 的硅片。

按照实施例1中所述制备母模和PFPE压模。

在基材上干转移印刷半导体材料：

以2000 转/分钟将1.2%重量聚噻吩的氯仿溶液在PFPE压模的浮雕表面上旋涂60秒。在旋涂期间聚噻吩溶液中的溶剂蒸发，在压模的浮雕表面上留下聚噻吩薄膜。放置具有该薄膜的压模的浮雕表面与硅片的SiO₂表面相邻，在60°C在压模的载体侧施加轻压力(约0.5磅/厘米²)，使该薄膜接触基材。通过从浮雕的凸起部分的最高表面的接触转移至基材，印刷该膜。将压模与基材分离，转移，在硅片的SiO₂表面上形成聚噻吩的图案。

转移的聚噻吩薄膜的厚度约为 290 纳米。印刷的聚噻吩图案的分辨率为小于或等于 50 微米。

实施例 7

下面的实施例说明用 PFPE 压模将导电材料印刷在基材上。

导电材料是得自杜邦公司 (DuPont) 的聚苯胺二壬基萘磺酸 (PANI/DNNSA)。基材是具有 SiO₂ 层 (3000Å) 的硅片。

按照实施例1中所述制备母模和PFPE压模。

在基材上干转移印刷导电材料：

以2000 转/分钟将15%重量PANI/DNNSA 的二甲苯溶液在PFPE压模的浮雕表面上旋涂60秒。在旋涂期间PANI/DNNSA溶液中的溶剂蒸发，在压模的浮雕表面的凸起部分和凹陷部分上留下PANI/DNNSA薄膜。放置具有该薄膜的压模的浮雕表面与硅片的SiO₂表面相邻，在65°C在压模的载体侧施加轻压力，使该薄膜接触基材。通过从浮雕表面的凸起部分的最高表面的接触转移，印刷该薄膜。将压模与基材分离，将PANI/DNNSA的有图案的膜从PFPE压模转移至硅片的SiO₂表面。

转移的 PANI/DNNSA 膜的厚度约为 290 纳米。印刷的 PANI/DNNSA 图案的分

分辨率为 50 微米。

实施例 8A

下面的实施例说明用 PFPE 压模将导电材料印刷在基材上。

导电材料是 Silverjet DGH50，是 ANP(南韩)制造的银粉，其粒度为 10 纳米。基材是 5 密耳的 Melinex®聚酯膜，型号 ST504。

按照实施例 1 中所述制备母模和 PFPE 压模。PFPE 压模的弹性模量为 20 兆帕。

在基材上干转移印刷导电材料：

将 9.9 克 Silverjet DGH50 和 0.1 克 Elvacite® 型 2028 (甲基丙烯酸酯共聚物，得自鲁塞特公司(Lucite)) 的分散体在 40 克甲苯中混合，并用超声波处理器(sonicator)进行 10 分钟超声波处理。该分散体通过 0.45 微米的 PTPE 过滤器过滤两次。将过滤后的分散体在 PFPE 压模的浮雕表面上旋涂 60 秒。在旋涂期间该分散体中的溶剂蒸发，在压模的浮雕表面的凸起部分和凹陷部分上留下银和 Elvacite 2028 的薄膜。放置具有银膜的压模的浮雕表面与 Melinex®膜相邻，在 65°C 在压模的载体侧施加轻压力，使该薄膜接触基材。通过从浮雕的凸起部分的最高表面的接触转移至基材，印刷该膜。将压模与基材分离，在基材上形成银膜的图案。

基材上的银膜图案于 140°C 烧制并烧结 48 小时后，将银膜的片电阻降低至 2 欧姆/□。

转移的有图案的银膜的厚度约为 70 纳米。印刷的银图案的分辨率为小于或等于 5 微米。

实施例 8B- 比较例

下面的实施例说明用 PDMS 压模将导电材料印刷在基材上。

重复实施例 8A，只是按照以下方式，使用与用于 PFPE 压模相同的母模制造聚二甲基硅氧烷(PDMS)的压模。

PDMS 压模的制备：

Sylgard 184(聚二甲基硅氧烷)和固化剂(都得自道康宁公司(Dow

Corning))以10:1的比例混合。将该混合物脱气，倒在有光刻胶图案的硅片母模上。施用5密耳厚的聚酯背衬Melinex® 561(得自杜邦公司)后，通过在65℃加热120分钟使该预聚物固化。将在聚酯载体上的固化PDMS的压模与母模分离。

按照实施例1所述测定印刷压模的弹性模量。该PDMS印刷压模的弹性模量为5.6兆帕。

在基材上干转移印刷导电材料：

对PDMS压模，重复PFPE压模的相同步骤，以施用银组合物，干燥和印刷银和Elvacite 2028的膜。施加压力后，银膜从PDMS压模剥离，该压模将银材料同时从凸起部分和凹陷部分转移至基材，使得在基材上没有形成银材料的图案。银材料如上所述进行烧制和烧结，将没有图案的薄膜的片电阻降低至2.2欧姆/□。

实施例9

以下实施例说明用PFPE压模干印刷小分子。

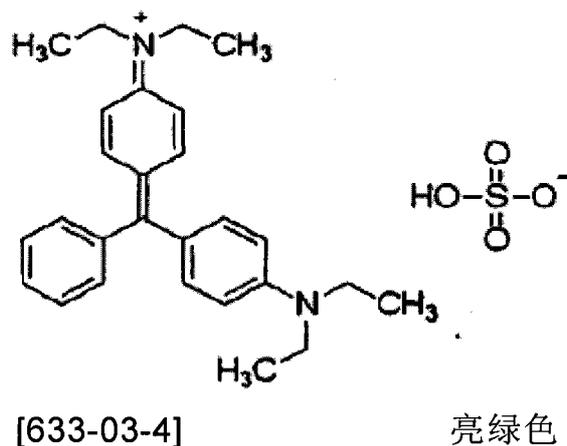
按照实施例1中所述制备母模和PFPE压模。

在基材上干转移印刷小分子材料：

制备5%亮绿色染料材料(MW 482.65)(得自奥尔德里奇公司，CAS号为[633-03-4])的二氯甲烷溶液。以3000转/分钟将该溶液旋涂在PFPE压模上，以涂覆和干燥该压模上的溶液。压模的浮雕表面包括各自具有最高平面表面的凸起部分和各自具有最低平面表面的凹陷部分。将该溶液涂覆在凸起部分的最高表面和凹陷部分的最低表面。

在65℃，通过施加轻压力(约0.5磅/厘米²)，在PFPE压模的凸起部分的最高表面上的染料的干膜通过凸起部分的接触印刷而转移至Melinex® 504聚酯膜的基材上。将压模与基材分离，浮雕图案的最高表面上的干膜转移至基材，形成干膜的图案。

转移的干膜的厚度约为50纳米。该染料的结构示于以下结构图的右侧。



实施例 10

下面的实施例说明在基材上干印刷 DNA。按照实施例 1 中所述制备母模和 PFPE 压模。

制备脱氧核糖核酸 (DNA) 溶液:

将高度聚合的 DNA (鲑鱼卵; 购自西格玛奥尔德里奇生物化学公司 (Sigma-Aldrich Biochemical)) (0.200 克) 加入二次蒸馏水 (40 毫升) 中。将制成的混合物在章动平台 (nutating platform) 上平缓搅拌 24 小时, 提供浓度约 0.5 重量% 的粘性均匀溶液。将该溶液的等分 (20 毫升) 部分用二次蒸馏水 (80 毫升) 稀释, 获得浓度约为 0.1 重量% 的第二溶液。将该 0.1 重量% DNA 溶液再平缓搅拌 12 小时, 然后暗处于 4°C 储存, 直到用于旋涂步骤。

干转移印刷 DNA:

以 3000 转/分钟将上述 0.1 重量% DNA 溶液旋涂在 PFPE 压模上, 在该压模的浮雕结构上形成干膜。压模的浮雕表面包括各自具有最高平面表面的凸起部分和各自具有最低平面表面的凹陷部分。将该溶液涂覆在凸起部分的最高表面和凹陷部分的最低表面。

在 65°C, 通过施加轻压力 (约 0.5 磅/厘米²), 将在 PFPE 压模的凸起部分的最高表面上的 DNA 干膜通过凸起部分的接触印刷而转移至 Melinex® 504 型聚酯膜的基材上。将压模与基材分离和 DNA 膜从 PFPE 压模转移, 在基材上形成图案。

印刷的 DNA 保持其双链特性。在以下一些探针存在下的 DNA 发出荧光: (1) 菲啶溴红 (双螺旋嵌入剂) 和 (2) DAPI (双螺旋沟结合剂)。这些定性的基于探针的结果提出对“印刷的”生物聚合物保持了双螺旋 (双链的) 几何结构。

印刷的 DNA 图案的线分辨率为小于或等于 5 微米。

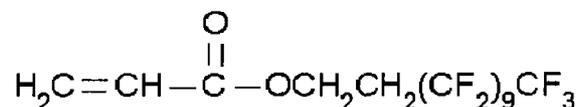
实施例 11

下面的实施例说明用 PFPE 制成的印刷压模将含氟单体印刷在基材上。

按照实施例 1 中所述制备母模和 PFPE 压模。

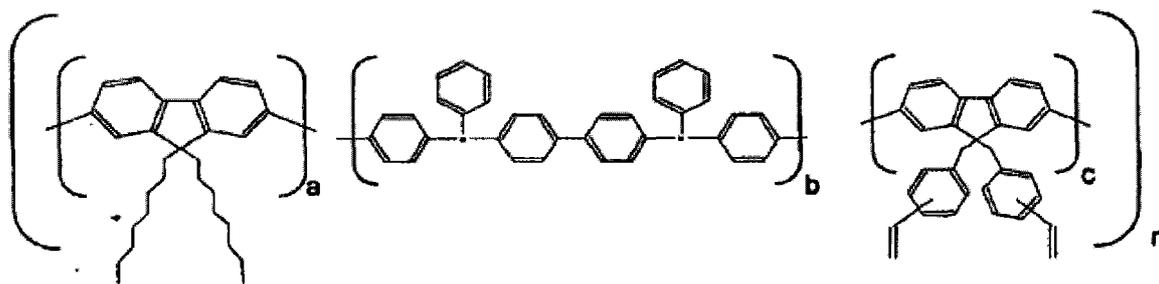
在基材上印刷含氟单体：

所述含氟单体是 3,3,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8,9,9,10,10,11,11,12,12,12-二十一氟-十二烷基丙烯酸酯(得自奥尔德里奇公司, CAS No. [17741-60-5]), 在此称作二十一氟-十二烷基丙烯酸酯, 具有以下结构。



用 1 重量%实施例 1 基于二十一氟-十二烷基丙烯酸酯的氟化引发剂制备 3 重量%的二十一氟-十二烷基丙烯酸酯在 Vertrel® XF(具有化学式 $\text{CF}_3\text{CFHCFHCF}_2\text{CF}_3$) (得自杜邦公司) 的溶液。以 2000 转/分钟 将该溶液在 PFPE 压模的浮雕表面上旋涂 20 秒, 三次。

基材按照以下方式制备, 以 3000 转/分钟将空穴输运材料聚合物旋涂在康宁 1737 玻璃(来自康宁公司(Corning Inc.))上, 然后于 260°C 热固化 15 分钟。空穴输运材料聚合物是芴-三芳胺共聚物, 具有以下结构。



其中, a:b:c 的比值约为 35:50:15, 使得 M_n 约为 26,000, M_w 约为 89,000。其中用于空穴输运材料的原料如下。

a 是 9,9-二辛基-2,7-二溴芴

b 是 N,N'-二(4-溴苯基)-N,N'-二苯基联苯胺

c 是 2,7-二溴-9,9'-(乙烯基苄基)-芴

所述聚合物采用如在 Yamamoto, *Progress in Polymer Science*, 第 17 卷, 第 1153 页 (1992) 所述的合成方法制备, 该方法中, 单体单元的二卤衍生物与化学计量的量的零价镍化合物如二(1,5-环辛二烯)镍(0)反应。

术语“空穴输运”指层、材料、元件或结构时, 该术语是用来表示具有以下性质的层、材料、元件或结构, 即这些层、材料、元件或结构能以相对高效和低的电荷损失促进正电荷迁移通过所述层、材料、元件或结构的厚度。

通过接触转移至具有空穴输运层的基材表面, 在 PFPE 的凸起部分的最高表面上印刷二十一氟-十二烷基丙烯酸酯。该转移在室温下进行, 不在压模上施加压力, 以在基材上形成二十一氟-十二烷基丙烯酸酯的图案。将压模与基材分离后, 在氮气环境中, 使用 I-划线器(17mW/cm², OAI)将有图案的二十一氟-十二烷基丙烯酸酯 UV 曝光, 使单体在基材上固化。依据压模的凸起部分的图案在基材的涂覆表面上产生二十一氟-十二烷基丙烯酸酯的图案。

在基材上印刷的二十一氟-十二烷基丙烯酸酯层的厚度为 2 纳米。印刷的二十一氟-十二烷基丙烯酸酯图案的分辨率为小于 5 微米。预期采用这种方法印刷阻挡层, 可以达到纳米级的分辨率。

实施例 12

以下实施例说明使用多氟聚醚制成的弹性模量为 10.5 兆帕的压模, 在基材上印刷有机发光聚合物材料。

对本实施例, 按照实施例 1 所述制备母模和 PFPE 压模, 只是使用分子量为 4000 的不同 PFPE 化合物。

多氟聚醚化合物 D40-DA 是由萨托玛公司(Sartomer)提供并不加处理直接使用。制备的多氟聚醚化合物(预聚物)具有依照实施例 1 所示的化学式的结构, 其中丙烯酸酯端基(X 和 X'为 H), 以及 m 和 n(表示无规分布的全氟全氟亚甲氧基(CF₂O)和全氟亚乙氧基(CF₂CF₂O)主链重复子单元的数量)使 PFPE 化合物的数均分子量约为 4000。使用的光引发剂是 Darocur 1173, 如实施例 3 中所述。

将全氟聚醚预聚物(分子量为 4000)与 1 重量%光引发剂混合, 过滤后形成 PFPE 光敏组合物。按照实施例 1 所述, 由该 PFPE 光敏组合物制备印刷压模。

按照实施例 1 所述测定印刷压模的弹性模量。该印刷压模的弹性模量为 10.5 兆帕。

在 ST504 基材上印刷有机发光聚合物 (OLEP)：

将 Covion Super-Yellow™ (取代的聚亚苯基-亚乙烯基 1-4 共聚物，来自墨克公司 (Merck)，下面称作 OLEP) 溶解于甲苯溶剂制备 1 重量%溶液，以 4000 转/分钟将该溶液在 PFPE 压模的浮雕表面上旋涂 60 秒。在旋涂膜期间溶剂完全蒸发。在压模的浮雕表面上留下 50 纳米的 OLEP 膜。基材是 5 密耳的 Melinex® 膜，型号 ST504。于 65℃，将压模具有该膜的浮雕表面与 ST504 膜的涂覆丙烯酸酯的面相邻放置。通过从浮雕的凸起部分的最高表面的接触转移，印刷该薄膜。将压模与基材分离，将 OLEP 膜的图案转移到基材。

转移的 OLEP 膜的厚度约为 50 纳米。印刷的 OLEP 图案的分辨率为小于或等于 5 微米，线条之间的间距为 2 微米。

