



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101421645 B

(45) 授权公告日 2011. 06. 15

(21) 申请号 200780013661. 6

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2007. 04. 12

G02B 5/122 (2006. 01)

(30) 优先权数据

60/745, 033 2006. 04. 18 US

(56) 对比文件

US 2005/0079324 A1, 2005. 04. 14, 全文.

(85) PCT申请进入国家阶段日

2008. 10. 16

审查员 陈嘉佳

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2007/066490 2007. 04. 12

(87) PCT申请的公布数据

W02007/121284 EN 2007. 10. 25

(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 比马尔·V·塔卡尔

戴维·B·奥尔森

(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 丁业平 张天舒

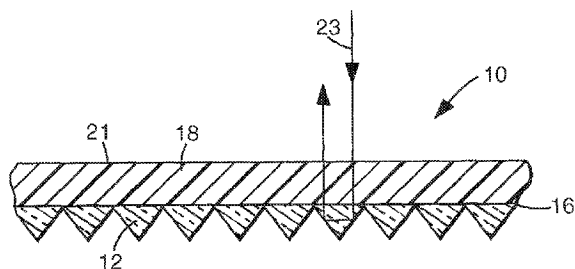
权利要求书 1 页 说明书 13 页 附图 1 页

(54) 发明名称

包含含氮成分的微结构化制品

(57) 摘要

本文描述微结构化制品(例如回射制品),其具有从主表面伸出的多个(例如立体角)微结构化元件。微结构化(例如)立体角元件或其与相邻层之间的界面包含某些含氮成分。纳入这种含氮成分可以提高(例如立体角)元件与相邻(例如烯属)层的粘合力,所述相邻层例如为本体层、密封膜层或它们的组合。所述柔性回射制品具有弹性模量小于 7×10^8 帕斯卡的透光性聚合物本体层。



1. 一种柔性回射制品,其包括:
弹性模量小于 7×10^8 帕斯卡的透光性聚合物本体层;以及
多个立体角元件,该立体角元件的弹性模量大于 16×10^8 帕斯卡,并且该立体角元件从所述本体层伸出,其中所述立体角元件包含可聚合树脂组合物的反应产物,所述可聚合树脂组合物包含至少 2 重量%的可聚合的含胺成分。
2. 根据权利要求 1 所述的柔性回射制品,其中所述含胺成分的量在从 5 重量%至 20 重量%的范围内。
3. 根据权利要求 1 所述的柔性回射制品,其中所述可聚合的含胺成分是 R1-氨基-R2(甲基)丙烯酸酯单体,其中 R1 和 R2 独立地为具有 1-6 个碳原子的烷基。
4. 根据权利要求 1 所述的柔性回射制品,其中所述本体层还包括提高粘合力的表面处理,该表面处理选自底漆层、电晕处理或它们的组合。
5. 根据权利要求 1 所述的柔性回射制品,其还包括粘结到所述立体角元件的一部分上的密封膜。
6. 根据权利要求 5 所述的柔性回射制品,其中所述密封膜包含至少 50 重量%的具有 2-8 个碳原子的烯属烃。
7. 一种回射制品,其包括多个含有可聚合树脂的反应产物的透光性立体角元件,该立体角元件的弹性模量大于 16×10^8 帕斯卡,所述可聚合树脂含有至少 2 重量%的可聚合的含胺成分。
8. 一种微结构化制品,其包括多个从主表面伸出的微结构化元件,该微结构化元件的弹性模量大于 16×10^8 帕斯卡,其中所述微结构化元件包含可聚合树脂的反应产物,所述可聚合树脂包含至少 2 重量%的可聚合的含胺成分。

包含含氮成分的微结构化制品

[0001] 相关专利申请数据

[0002] 本申请要求 2006 年 4 月 18 日提交的美国临时申请 No. 60/745033 的优先权。

背景技术

[0003] 回射片材具有使入射光转向光发射源的能力。这种能力使得回射片材广泛用于多种制品中。回射片材基本上可分为两类：珠状片材 (beaded sheeting) 和立体角片材。珠状片材采用多个玻璃或陶瓷微球来回射入射光。另一方面，立体角片材通常采用多个刚性的互连立体角元件来回射入射光。

[0004] 柔性回射片材，尤其是适合在不规则表面上使用或用于附接到柔性基底（例如道路工人的安全背心）上的柔性回射片材已有描述。参见（例如）美国专利 No. 5, 450, 235、5, 691, 846、5, 784, 197 和 6, 318, 867。

发明内容

[0005] 本文描述了微结构化制品（例如回射制品），其具有从主表面伸出的多个（例如立体角）微结构化元件。

[0006] 微结构化（例如立体角）元件或至少是元件和相邻（例如本体）层之间的界面包含某些含氮成分。纳入这种含氮成分可以提高（例如立体角）元件与相邻（例如，烯属）层（如本体层、密封膜层或它们的组合）的粘合力。

[0007] 在一些优选的实施例中，描述了柔性回射制品，其具有弹性模量小于 7×10^8 帕斯卡的透光聚合物本体层。在一个方面，立体角元件或至少是元件和相邻（例如本体）层之间的界面包含可聚合树脂组合物的反应产物，该组合物包含至少 2 重量%的可聚合的含胺成分、（甲基）丙烯酸酯官能化的含氮成分、含氮聚合物或它们的混合物。含氮聚合物优选地可溶于可聚合树脂中。此外，含氮聚合物通常不含可聚合基团。

[0008] 在另一方面，（例如立体角）微结构化元件包含以下可聚合树脂的反应产物，所述可聚合物树脂包含至少 2 重量%的可聚合的含胺成分。

[0009] 在又一方面，本发明涉及一种柔性回射制品，其包括：弹性模量小于 7×10^8 帕斯卡的透光性聚合物本体层；以及多个立体角元件，该立体角元件从其与所述本体层的界面上伸出，其中至少所述界面包含可聚合树脂组合物的反应产物，所述可聚合树脂组合物包含至少 2 重量%的可聚合的含胺成分，该柔性回射制品还包括粘结到所述立体角元件的一部分上的密封膜，其中所述密封膜包含至少 50 重量%的具有 2-8 个碳原子的烯属烃。

[0010] 附图说明

[0011] 图 1 是示例性立体角片材的剖视图。

[0012] 图 2 是示例性片材的立体角表面的透视图。

[0013] 具体实施方式

[0014] 本发明涉及微结构化制品，其中微结构由固化的树脂组合物形成，因而该微结构包含固化的树脂组合物。微结构通常被布置在本体层上。微结构和本体层通常是透光的。

固化的树脂组合物包含至少一种含氮成分。在一些实施例中,含氮成分改善了微结构对制品的相邻层(例如本体层或密封膜)的粘合力。在一些实施例中,微结构包含聚合树脂的反应产物。

[0015] 本文使用的术语“微结构”的定义和解释与美国专利 No. 4, 576, 850 中的一样。微结构一般是不连续体(例如制品表面上的凸起和凹陷),它们在轮廓上偏离穿过微结构所绘的平均中线,使得中线上被表面轮廓所包围的区域总和等于中线下被表面轮廓所包围的区域总和,该线基本上平行于制品的标称表面(用于支承微结构)。由光学或电子显微镜在表面的代表性特征长度(例如 1-30cm)上测得的偏差高度通常为约 ± 0.005 至 ± 750 微米。平均中线可以是平型、凹型、凸型、非球面型或它们的组合。当制品中的高度偏差数量级较低(例如从 ± 0.005 至 ± 0.1 、或优选为 ± 0.05 微米)并且该偏差仅偶尔发生或发生的程度最小(即表面没有任何明显的不连续体)时,则该制品可被认为具有基本“平的”或“平滑”的表面。其它制品具有高的偏差(例如从 ± 0.1 微米至 ± 750 微米),并且这些偏差可归因于包括多个实用性不连续体的微结构,这些不连续体是相同或不同的,并且以无序或有序的方式间隔或邻接排列。

[0016] 本文所用的“片材”是指聚合物(例如合成)材料的薄片。片材可以具有任意宽度和长度,这些尺寸仅受制造片材的设备限制,例如工具的宽度、狭槽模具孔的宽度等。回射片材的厚度通常在约 0.004 英寸(0.1016mm)至约 0.10 英寸(2.54mm)之间。优选的是,回射片材的厚度小于约 0.012 英寸(0.3048mm),更优选的是小于约 0.010 英寸(0.254mm)。对于回射片材来说,其宽度通常为至少 12 英寸(30cm),优选为至少 48 英寸(76cm)。片材在其长度上通常是连续的,该长度可达约 50 码(45.5m)至 100 码(91m),使得片材以方便拿取的卷材形式提供。然而作为另外一种选择,片材可以被制造成单独的薄片,而不是卷材。在这类实施例中,薄片在尺寸上优选地与成品对应。例如,回射片材可以具有美国标准标示牌的尺寸(例如 30 英寸 $\times$ 30 英寸(76cm $\times$ 76cm)),因此用来制备片材的微结构化工具可以具有大约相同的尺寸。

[0017] 结合图 1,示例性的立体角回射片材 10 包括多个立体角元件 12 和本体层 18。本体层 18 也可被称为覆膜以及基底。本体层 18 的厚度典型地为至少 20 微米,更典型地为至少 50 微米。本体层 18 的厚度通常小于 1,000 微米,典型地为不大于 250 微米。立体角元件 12 从本体层 18 的第一面(通常是背面)凸起。

[0018] 立体角元件 12 和本体层 18 通常由透光性聚合物材料形成。这意味着聚合物能够透射具有给定波长的、入射至其上的光中的至少 70% 的光强。更优选地,用于本发明的回射片材的聚合物具有大于 80% 的光透射率,更优选地大于 90%。当回射片材用于除交通安全以外的用途时(例如用于广告展示时),光透射率可低至 5-10%。

[0019] 在一个优选的实施例中,本体层 18 是片材 10 的正面上的最外层。如图 1 所示,光通过前表面 21 进入立体角片材 10。然后,光穿过本体部分 18,照射到立体角元件 12 的平面,然后沿着如箭头 23 所示的入射方向返回。本体层 18 起到保护片材免受室外环境因素影响的作用,并且/或者提供了片材的机械完整性。

[0020] 立体角回射片材可包括基体层,例如美国专利 No. 5, 450, 235 中所示出的那些。在一些实施例中,基体层与立体角元件整体构成,这意味着基体和立方体是由单一的聚合物材料制成,而不是随后结合在一起的两种不同聚合物层。尤其对于那些回射片材是柔性的

实施例来说,基体层 16 的厚度典型地在约 0 至 150 微米范围内,优选地在大约 1 至 100 微米的范围内。基体的厚度优选地不大于立体角元件高度的 10%,更优选地为立体角元件高度的约 1-5%。在具有较厚基体部分的片材中,要实现各个立体角元件的分离通常更为困难。

[0021] 立体角元件 12 的高度典型地在约 20 至 500 微米范围内,更典型地在约 35 至 100 微米的范围内。虽然图 1 所示的本发明实施例具有单一一个本体层 18,但是提供一个以上的本体层 18(例如多层本体)也在本发明的范围内。

[0022] 图 2 示出了立体角元件表面的透视图,该表面通常是制品的背面。如图所示,立体角元件 12 以成对的方式被设置位于片材一侧的阵列中。每个立体角元件 12 具有三面体棱镜形状,该棱镜具有三个外露的平面 22。平面 22 可基本上彼此垂直(就像在房间的角落中一样),并且棱镜的顶点 24 与基底的中心垂直对齐。阵列中每个立体角元件的平面 22 之间的角度通常是相同的,其约为 90 度。然而,该角度可以偏离 90 度,这是众所周知的。可参见(例如)授予 Appledorn 等人的美国专利 No. 4, 775, 219。尽管每个立体角元件 12 的顶点 24 可以与立体角元件的基底中心垂直对齐(请参见(例如)美国专利 No. 3, 684, 348),但是该顶点还可以倾斜于基底的中心,如在美国专利 No. 4, 588, 258 中有所公开的那样。本发明并不局限于任何具体的立体角几何形状。各种立体角构造是已知的,例如美国专利 No. 4, 938, 563、4, 775, 219、4, 243, 618、4, 202, 600 和 3, 712, 706 中所述的构造。美国专利 No. 4, 588, 258 中所述的立体角片材可以在多个观察平面中提供广角回射。

[0023] 可以在立体角元件的背面涂覆诸如金属涂层(未示出)等镜面反射涂层,以增强回射。金属涂层可通过已知的技术(例如对金属(如铝、银、或镍)进行气相沉积或化学沉积)来施加。可以在立体角元件的背面施加底漆层,以促进金属涂层的粘结性。除此之外或用于代替金属涂层的是,可以将密封膜施加到立体角元件的背面上;参见(例如)美国专利 No. 5, 691, 846、5, 784, 197 和 6, 318, 867。密封膜能保持立方体背面的空气界面,以增强回射性。为了将立体角回射片材 10 固定到基底上,也可以将背衬或粘合剂层设置在立体角元件的背面。

[0024] 立体角元件通常为坚硬而且刚性的。聚合物组合物可以是热塑性的,但优选地是可聚合(即可交联)树脂的反应产物。立体角元件组合物的弹性模量通常大于 16×10^8 帕斯卡,优选地大于 18×10^8 帕斯卡,更优选地大于 25×10^8 帕斯卡。在此所用的术语“弹性模量”是根据 ASTM D882-75b 采用静态称量方法 A,在初始夹具间距为 12.5 厘米(5 英寸)、样品宽度为 2.5 厘米(1 英寸)、夹具分离速率为 2.5 厘米/分钟(1 英寸/分钟)的条件下测得的弹性模量。

[0025] 对于微结构化制品是柔性的实施例来说,本体层包含低弹性模量的聚合物,以便使其易于弯曲、卷曲、折曲、贴合或拉伸。本体层通常具有小于 13×10^8 帕斯卡的弹性模量。弹性模量可以小于 7×10^8 帕斯卡、小于 5×10^8 帕斯卡、或小于 3×10^8 帕斯卡。本体层通常具有小于 25°C 的玻璃化转变温度。本体层通常具有至少为 50°C 的维卡软化温度。用于本体层的优选聚合物材料是抗紫外光辐射降解的,以使得回射片材可以用于长期的室外应用。

[0026] 优选这样选择立体角元件的树脂组合物(以及工艺条件),使得树脂能够渗透覆膜,然后原位固化(或以其它方式硬化),以便在固化后,立体角元件的材料和覆膜的材料之间形成互穿式网络,如在美国专利 No. 5, 691, 856 中所描述的那样。用电子显微镜对回射

片材进行检查时,优选地是在本体层(例如膜)和立体角元件之间观察到模糊边界而不是清晰界面。

[0027] 在立体角组合物的固化或硬化过程中,根据立体角元件材料的组成的不同,单独的立体角元件可能会有一定程度的收缩。若覆膜的弹性模量太高,则当立体角元件在固化过程中发生收缩时,覆膜可向立体角元件施加扭转应力。如果该应力足够高,则立体角元件可能变得扭曲,结果导致其光学性能降低。如果覆膜的弹性模量比立体角元件材料的模量低足够多,则覆膜可以随立体角元件的收缩而变形,而不会对立体角元件施加可能会导致其光学性能发生不利地降低的变形应力。

[0028] 用来形成立体角元件的热塑性组合物通常具有较低的线性成型收缩率,即小于1%。正如美国专利 No. 5,691,845 中所描述的那样,立体角可聚合树脂组合物通常在固化时发生收缩。优选的是,树脂在固化时收缩至少5体积%,更优选的是,树脂在固化时收缩5-20体积%。使用会收缩的树脂组合物是为了获得最小或为零的基体厚度。

[0029] 一般来讲,覆膜和立体角元件之间的模量差值通常是大约 1.0×10^7 - 1.5×10^7 帕斯卡或更高。随着立体角元件的高度减少,该模量差值有可能达到该范围的最低值,这大概是因为较小的立体角元件在固化期间不会发生如此大的程度的收缩。

[0030] 由各种热固性或热塑性聚合物构成的多种聚合物膜基底均适合用作本体层。本体层可以是单层或多层膜。

[0031] 可以用作柔性回射制品中的本体层膜的聚合物的示例性例子包括:(1)含氟聚合物,例如聚三氟氯乙烯、聚(四氟乙烯-co-六氟丙烯)、聚(四氟乙烯-co-全氟代(烷基)乙烯基醚)、聚(偏二氟乙烯-co-六氟丙烯);(2)具有钠离子或锌离子的聚(乙烯-co-甲基丙烯酸)离子键乙烯共聚物,例如得自特拉华州维明顿市杜邦公司(E. I. duPont Nemours, Wilmington, Del)的SURLYN-8920 Brand和SURLYN-9910 Brand;(3)低密度聚乙烯类聚合物,例如低密度聚乙烯;线性低密度聚乙烯;以及极低密度聚乙烯;增塑型卤化乙烯聚合物,例如增塑型聚氯乙烯;(4)聚乙烯共聚物,包括:酸官能化聚合物,例如聚(乙烯-co-丙烯酸)“EAA”、聚(乙烯-co-甲基丙烯酸)“EMA”、聚(乙烯-co-马来酸)和聚(乙烯-co-富马酸);丙烯酸酯官能化聚合物,例如聚(乙烯-co-烷基丙烯酸酯)(其中烷基是甲基、乙基、丙基、丁基等,或 $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_n$ -(其中n为0至12))和聚(乙烯-co-乙酸乙烯酯)“EVA”;以及(5)(例如)脂肪族聚氨酯。

[0032] 在一些实施例中,本体层包含烯属聚合物材料,该聚合物材料通常包含至少50重量%的具有2-8个碳原子的烯属烃,其中最常用的是用乙烯和丙烯。例如,本体层可包含乙烯与选自乙酸乙烯酯、(甲基)丙烯酸烷基酯、(甲基)丙烯酸及其混合物中的至少一种共聚单体所形成的共聚物或三元共聚物。

[0033] 其它本体层包括(例如)聚萘二甲酸乙二醇酯、聚碳酸酯、聚(甲基)丙烯酸酯(例如,聚甲基丙烯酸甲酯,也称“PMMA”)、聚烯烃(例如,聚丙烯,也称“PP”)、聚酯(例如,聚对苯二甲酸乙二醇酯,也称“PET”)、聚酰胺、聚酰亚胺、酚醛树脂、二醋酸纤维素、三醋酸纤维素、聚苯乙烯、苯乙烯-丙烯腈共聚物、环烯烃共聚物、环氧树脂等。

[0034] 可对本体层与(例如立体角)微结构化层的非结构化表面之间的界面(图1中的16)进行用以提高粘合力的表面处理。多种提高粘合力的表面处理是已知的,并且包括(例如)机械粗糙化、化学处理、(空气或诸如氮气等惰性气体)电晕处理(例如

US2006/0003178A1 中所述的那些)、等离子处理、火焰处理和光化辐射。作为另外一种选择或除此之外,用以提高粘合力的表面处理可包括施加粘结层或底漆层。例如,可通过涂覆商品名为“QC4820”的脂肪族聚酯聚氨酯分散体(从 K. J. Quinn&Co., Seabrook, NH 商购获得)并干燥,来使用聚氨酯底漆层。可对本体层表面和/或(例如立体角)微结构的非结构化表面进行用以提高粘合力的表面处理的任意组合。在不采用用以提高粘合力的表面处理的情况下,本体层和(例如立体角)微结构之间也可获得良好的粘合力。

[0035] 本文所述的是由固化(例如聚合)的树脂组成的立体角或其它微结构,其中可聚合树脂组合物包含至少一种含氮成分。作为另外一种选择,只有立体角的基底或(例如立体角)微结构与相邻(例如本体)层之间的界面包含含氮的可聚合树脂组合物,而(例如立体角)微结构的剩余部分(例如本体)则包含不同的固化树脂,例如另一种聚合的树脂或固化的热塑性树脂。这可以通过首先用不同的热塑性树脂组合物或可聚合树脂组合物部分地填充微结构化模具的凹口来实现。作为另外一种选择,可以用含氮的可聚合树脂(例如底漆)组合物涂覆本体层,然后使该组合物接触(例如立体角)微结构。据推测,含氮成分起到粘合力促进剂的作用。这一点对于提高微结构与相邻层的粘合力来说尤其有利,所述的相邻层例如为(例如烯属)本体层或(烯属)密封膜。

[0036] 多种含氮成分可用在(例如立体角)微结构组合物中。含氮成分包括至少一种中等极性至强极性的路易斯碱官能化的可共聚单体、其低聚物、均聚物和共聚物。极性(例如,形成氢键或离子键的能力)常常通过使用诸如“强”、“中”和“弱”等术语加以描述。描述这些极性或其它溶解度术语的参考文献包括“Solvents paint test ing manual(溶剂漆测试手册)”3rd ea., G. G. Seward, Ed., American Society for Testing and Materials, Philadelphia, Pennsylvania 和“A three-dimensional approach to solubility(溶解度的三维方法)”Journal of PaintTechnology, Vol. 38, No. 496, pp. 269-280。

[0037] (例如立体角)微结构组合物包含一种或更多种含氮成分,其固体含量为(例如固化)硬化的组合物的至少约 2 重量%、3 重量%、4 重量%、5 重量%、6 重量%、7 重量%、8 重量%、9 重量%或 10 重量%。通常,含氮成分的含量不大于约 60 重量%、小于约 50 重量%、小于约 40 重量%或小于约 30 重量%。尽管足量的含氮成分往往会提高粘合力,但含氮成分过量则会导致光学性能的降低。

[0038] 在一些实施例中,(例如立体角)微结构化元件优选地由可聚合树脂形成,该树脂在暴露于光化辐射(例如电子束、紫外光或可见光)时能够通过自由基聚合机理而发生交联。作为另外一种选择或除自由基聚合之外,可聚合树脂可以在加入热引发剂(例如过氧化苯甲酰)的条件下通过加热的方法而聚合。也可以使用通过辐射引发的阳离子可聚合树脂。

[0039] 可聚合树脂组合物包含一种或更多种可聚合烯键式不饱和单体、其低聚物、预聚物或它们的组合。固化后,烯键式不饱和组分经反应成为聚合物。优选的可聚合组合物是 100%的固体,并且基本上不含溶剂。

[0040] 在一个实施例中,立体角微结构包含这样一种可聚合树脂的反应产物,该可聚合树脂包含至少一种(甲基)丙烯酸酯官能化的含氮成分。可聚合的含氮成分可以是具有(例如)(甲基)丙烯酸酯端基的单官能化含氮成分。作为另外一种选择,含氮成分可以是具有两个或更多个(例如,位于末端或侧链的)(甲基)丙烯酸酯基的多官能化含氮成分。

对于通过暴露在光化辐射下而进行聚合的可聚合树脂组合物而言,这一点尤其有利。

[0041] 在另一个实施例中,(例如立体角)微结构包含这样一种可聚合树脂的反应产物,该可聚合树脂包含至少一种可聚合的含胺成分。在此所用的“含胺”成分是指这样一类有机化合物,该化合物具有通过用烷基取代一个或多个氢原子而衍生自 NH_3 的端基或连接基团。含胺的连接基团或端基一般是仲胺或叔胺,这取决于两个还是三个氢原子被取代。因此,含胺基团的氮原子仅与氢原子或烷基键合。与此不同,有机酰胺的特征是酰基 ($-\text{CONH}_2$) 通常连接到有机基团 ($\text{R} = \text{CONH}_2$) 上。

[0042] 尽管含胺成分优选地包括一种或更多种可聚合的(甲基)丙烯酸酯基团,但含胺树脂可包括其它烯键式不饱和基团或可自由基聚合的基团。例如,含胺树脂可以包括乙烯基。可聚合的含胺成分可以是具有(例如)(甲基)丙烯酸酯端基的单官能化含胺成分。在一个方面,可聚合的含胺成分具有通式 R_1 -氨基- R_2 -(甲基)丙烯酸酯,其中 R_1 和 R_2 是独立地具有 1-6 个碳原子的烷基,例如可聚合的含胺成分为丙烯酸 N,N-二甲氨基乙酯(“DMAEA”)、丙烯酸 N,N-二乙氨基乙酯(“DEAEA”)、甲基丙烯酸 N,N-二甲氨基乙酯(“DMAEMA”)和甲基丙烯酸 N,N-二乙氨基乙酯(“DEAEMA”)。

[0043] 在另一方面,可聚合的含胺成分可以是经胺改性的聚醚丙烯酸酯低聚物,例如得自 Sartomer 的商品名为“CN501”、“CN502”、“CN550”、“CN551”的低聚物。

[0044] 经发现,由可聚合树脂组合物(其含有可聚合的含胺单体)的反应产物形成的立体角元件特别适合粘结在相邻的烯属层(例如 EAA 本体层)上。

[0045] 在又一个实施例中,(例如立体角)元件包含可聚合树脂,该可聚合树脂含有优选溶解于(例如立方体)微结构组合物中的含氮聚合物。“溶解于”是指聚合物溶解为使得其形成光学上均匀透明的溶液,这可通过将该树脂组合物装于直径为 3 英寸的试管中进行观察而加以检测。除了含有的组合物为均匀透明外,这种组合物也是稳定的,意即该组合物在环境温度下贮存 6 个月或更长时间(例如 1-2 年)后也不会发生分离。

[0046] 聚合的含氮聚合物通常不含可聚合(例如烯键式不饱和)官能团。聚合的含氮聚合物的重均分子量(M_w)还大于制备该聚合物的单体物质的分子量。通常,经过(例如)使用聚环氧乙烷作为标样采用 GPC 法测量,含氮聚合物具有至少约 2,000 克/摩尔的 M_w 。含氮聚合物的 M_w 往往是至少 5,000 克/摩尔(例如,至少是 10,000 克/摩尔)。虽然多种含氮聚合物的 M_w 可高达 1 百万,但是通常 M_w 不大于约 500,000 克/摩尔,并且往往不大于 100,000 克/摩尔。含氮聚合物也可起到流变调节剂的作用,以便使得最终的配制物具有适合预期涂层工艺的粘度(例如,100-3000cps)。使用含氮聚合物来代替单体的粘附促进剂通常使得残余单体的含量更低。例如,(即,总的)可聚合组合物中的残余含氮单体的含量通常小于 50ppm,往往小于 25ppm,并且优选地小于 10ppm。

[0047] 考虑到含氮聚合物的溶解度(例如,其与诸如丙烯酸苯氧基乙酯等单体的溶解度),优选的含氮聚合物包括乙烯基己内酰胺的均聚物和共聚物、乙基噁唑啉均聚物、乙烯基吡咯烷酮共聚物、丙烯腈-苯乙烯共聚物、丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物、含有含氮侧基部分(例如氨基部分)的(甲基)丙烯酸酯聚合物,以及它们的各种混合物。

[0048] 合适的含氮聚合物可以在加入剩余成分前进行聚合(例如原位聚合)。然而,多种含氮聚合物可方便地从数个来源商购获得。例如,乙烯基吡咯烷酮(PVP)和乙酸乙烯酯(VA)的共聚物可从 International Specialties Products(Wayne,NJ)以商品名“PVP/VA”

商购获得,也可从 BASF (Mount Olive, NJ) 以商品名“Luviskol VA”和“Kollidon”商购获得。聚乙烯基己内酰胺均聚物可从 BASF 以商品名“Luviskol Plus”商购获得。此外,乙烯基吡咯烷酮、乙烯基己内酰胺和甲基丙烯酸二甲氨基乙酯的三元共聚物可从 International Specialty Products, Texas City, TX 以商品名“Advantage S”商购获得。乙基噁唑啉和取代乙基噁唑啉的线性聚合物也可从 International Specialty Products 以商品名“Aquazol”商购获得。此外,丙烯腈-苯乙烯共聚物和丙烯腈-丁二烯-苯乙烯三元共聚物可从 Dow Chemicals, Midland, MI 分别以商品名“Tyril”和“Magnum”商购获得。

[0049] 适用于形成立体角元件阵列的可聚合树脂可以是光引发剂与至少一种具有丙烯酸酯基团的化合物的共混物。优选的是,该树脂共混物含有单官能、双官能或多官能的化合物,以确保该树脂共混物在受到照射时形成交联的聚合物网络。

[0050] 能够通过本文所用的自由基机理进行聚合的树脂的示例性例子包括:衍生自环氧树脂、聚酯、聚醚和聚氨酯的丙烯酸系树脂;烯键式不饱和化合物;具有至少一个丙烯酸酯侧基的异氰酸酯衍生物;除丙烯酸酯化环氧树脂之外的环氧树脂;以及它们的混合物和组合。此处所用的术语丙烯酸酯包括丙烯酸酯和甲基丙烯酸酯。美国专利 4,576,850 (Martens) 公开了可用于本发明的立体角元件阵列的交联树脂的例子。

[0051] 烯键式不饱和树脂同时包括含有碳原子、氢原子和氧原子以及可任选地含有氮、硫原子的单体化合物和高分子化合物,并且在本文中也可以使用卤素。氧原子或氮原子或此二者一般存在于醚、酯、氨基甲酸酯、酰胺和脲基中。烯键式不饱和化合物优选地具有低于约 4,000 的分子量,并且其优选地是由含有脂肪族单羟基基团或脂肪族多羟基基团的化合物与不饱和羧酸(如丙烯酸、甲基丙烯酸、衣康酸、巴豆酸、异巴豆酸和马来酸等)进行反应生成的酯。此类材料通常易于商购获得,并且可以容易地发生交联。以下列出了适用于本发明的、具有丙烯酸或异丁烯酸基团的化合物的一些示例性例子:

[0052] (1) 单官能化合物:

[0053] 丙烯酸乙酯、丙烯酸正丁酯、丙烯酸异丁酯、丙烯酸 2-乙基己酯、丙烯酸正己酯、丙烯酸正辛酯、丙烯酸异辛基酯、丙烯酸冰片酯、丙烯酸四氢糠酯、丙烯酸 2-苯氧基乙酯和 N,N-二甲基丙烯酰胺;

[0054] (2) 双官能化合物:

[0055] 二丙烯酸 1,4-丁二醇酯、二丙烯酸 1,6-己二醇酯、二丙烯酸新戊二醇酯、二丙烯酸乙二醇酯、二丙烯酸三甘醇酯、二丙烯酸四乙二醇酯和二丙烯酸二乙二醇酯;以及

[0056] (3) 多官能化合物:

[0057] 三羟甲基丙烷三丙烯酸酯、三丙烯酸甘油酯、季戊四醇三丙烯酸酯、季戊四醇四丙烯酸酯和三(2-丙烯酰氧基乙基)异氰脲酸酯。

[0058] 单官能化合物通常倾向于使覆膜材料更快速地渗透,而双官能和多官能化合物通常倾向于在立体角元件和覆膜之间的界面处产生交联程度更高的、更牢固的结合作用。

[0059] 其它烯键式不饱和化合物和树脂的一些代表性例子包括苯乙烯、二乙烯基苯、乙烯基甲苯、N-乙烯基甲酰胺、N-乙烯基吡咯烷酮、N-乙烯基己内酰胺、单烯丙基酯、多烯丙基酯和多甲基烯丙基酯(例如邻苯二甲酸二烯丙基酯和己二酸二烯丙基酯)以及羧酸酰胺(例如 N,N-二烯丙基己二酰二胺)。

[0060] 本文可以使用阳离子可聚合材料,其包括但不限于含有环氧官能团和乙烯基醚官

能团的材料。这些体系能够通过鎓盐引发剂（例如三芳基硫鎓盐和二芳基碘鎓盐）进行光引发。

[0061] 在一个实施例中，可聚合树脂除了包含前面所述的含氮成分外，还包含由至少一种双官能环氧（甲基）丙烯酸酯、至少一种双官能（甲基）丙烯酸酯单体和至少一种具有至少三个（甲基）丙烯酸酯基团的多官能化合物构成的组合。

[0062] 双官能环氧（甲基）丙烯酸酯单体以及双官能（甲基）丙烯酸酯单体可以以至少约 5 重量%、10 重量%以及这两个值之间的任意的含量存在于可聚合组合物中。通常，这类双官能（甲基）丙烯酸酯单体的量不超过约 40 重量%。一种示例性的环氧二丙烯酸酯可从 Cytek 以商品名“Ebecryl3720”商购获得。

[0063] 多官能化合物通常以至少约 10 重量%（例如 15 重量%、20 重量%、25 重量%、30 重量%、35 重量%、40 重量%和这些值之间的任意的量）的含量存在于可聚合组合物中。通常，多官能化合物的含量不大于约 70 重量%。

[0064] 由于甲基丙烯酸酯基团的活性往往比丙烯酸酯基团的活性差，因此有时丙烯酸酯官能团是优选的。

[0065] 可辐射（例如 UV）固化的组合物一般包含至少一种光引发剂。光引发剂或光引发剂的组合可以以约 0.1 重量%至约 10 重量%的浓度进行使用。更优选的是，光引发剂或它们的组合以约 0.2 重量%至约 3 重量%的浓度进行使用。

[0066] 一般来讲，光引发剂是至少部分可溶的（例如，在树脂的加工温度下是部分可溶的），并且聚合后基本上无色。光引发剂可以是有色的（例如黄色），前提条件是光引发剂在暴露于紫外光源后会变得基本上无色。

[0067] 合适的光引发剂包括单酰基膦氧化物和双酰基膦氧化物。可商购获得的单酰基膦氧化物或双酰基膦氧化物光引发剂包括 2,4,6-三甲基苯甲酰基二苯基氧化膦（可从 BASF(Charlotte, NC) 以商品名“Lucirin TP0”商购获得）；乙基-2,4,6-三甲基苯甲酰基苯基亚膦酸酯（也可从 BASF(Charlotte, NC) 以商品名“Lucirin TP0-L”商购获得）和双(2,4,6-三甲基苯甲酰基)-苯基氧化膦（可从 Ciba Specialty Chemicals 以商品名“Irgacure819”商购获得）。其它合适的光引发剂包括 2-羟基-2-甲基-1-苯基-丙-1-酮（可从 Ciba Specialty Chemicals 以商品名“Darocur1173”商购获得）和其它可从 Ciba Specialty Chemicals 以商品名“Darocur4265”、“Irgacure651”、“Irgacure1800”、“Irgacure369”、“Irgacure1700”和“Irgacure907”商购获得的光引发剂。

[0068] 自由基清除剂或抗氧化剂的使用量通常可以为约 0.01 重量%至 0.5 重量%。合适的抗氧化剂的示例性例子包括受阻酚醛树脂，例如那些可从 Ciba-Geigy 公司以商品名“Irganox1010”、“Irganox1076”、“Irganox1035”和“Irgafos168”购得的树脂。

[0069] 立体角组合物或本体层组合物可任选地包含一种或更多种反应性（例如烯键式不饱和）成分和/或一种或更多种非反应性成分。各种添加剂（例如溶剂、链转移剂、着色剂（例如染料）、抗氧化剂、抗光剂、紫外线吸收剂、加工助剂（例如防粘连剂、隔离剂、润滑剂）和其它添加剂）可以加入到本体部分或立体角元件中，如在 U. S. 5, 450, 235 中所描述的那样。

[0070] 当热塑性聚合物被用于（例如立体角）微结构时，其玻璃化转变温度一般大于 80℃，并且其软化温度通常大于 150℃。一般来讲，用于立体角层的热塑性聚合物是无定形

或半结晶的。

[0071] 可用于立体角元件的热塑性聚合物的例子包括：丙烯酸类聚合物，例如聚甲基丙烯酸甲酯；聚碳酸酯；纤维素类，例如乙酸纤维素、（乙酸-co-丁酸）纤维素、硝酸纤维素；环氧树脂；聚酯，例如聚对苯二甲酸丁二醇酯、聚对苯二甲酸乙二醇酯；氟聚合物，例如聚氯氟乙烯、聚偏二氟乙烯；聚酰胺，例如聚己内酰胺、聚氨基己酸、聚（六亚甲基二胺-co-己二酸）、聚（酰胺-co-酰亚胺）和聚（酯-共-酰亚胺）；聚醚酮；聚醚酰亚胺；聚烯烃，例如聚甲基戊烯；聚亚苯醚；聚苯硫醚；聚苯乙烯和聚苯乙烯共聚物，例如聚（苯乙烯-co-丙烯腈）、聚（苯乙烯-co-丙烯腈-co-丁二烯）；聚砜；有机硅改性聚合物（即，含有低重量百分比（少于 10 重量%）的有机硅的聚合物），例如有机硅聚酰胺和有机硅聚碳酸酯；氟改性聚合物，例如全氟聚（对苯二甲酸乙二醇酯）；以及上述聚合物的混合物，例如聚酯和聚碳酸酯的共混物，以及含氟聚合物和丙烯酸类聚合物的共混物。

[0072] 回射片材可以按照多种已知的用于制备立体角片材的方法来进行制备，例如在美国专利 No. 3, 689, 346、3, 811, 983、4, 332, 847、4, 601, 861、5, 491, 586、5, 642, 222 和 5, 691, 846 中有所描述的那些。

[0073] 立体角回射片材一般通过首先制造具有结构化表面的母模来制备，该结构化表面要么对应于成品片材中所需的立体角元件的几何形状，要么对应于所需的几何形状的负（反向）拷贝，这取决于成品片材是要具有立体角棱锥还是立体角空腔（或两者都要具有）。然后，采用任何合适的技术（例如传统的镍电铸技术）复制模具，以便通过诸如压印、挤出或浇铸并固化等工艺来制造用来形成立体角回射片材的模具。美国专利 No. 5, 156, 863 (Pricone 等人) 提供了形成用于制造立体角回射片材的模具的工艺的示例性概述。制造母模的已知方法包括销-集束 (pin-bundling) 技术、直接加工技术和采用薄片的技术（例如美国专利 7, 188, 960 中所述的技术）。在一些实施例中，这些元件在平面图中具有选自梯形、矩形、平行四边形、五边形和六边形中的形状。

[0074] 美国专利 No. 3, 684, 348 和 3, 811, 983 描述了回射材料和制造复合材料的方法，其中液体成型材料被沉积在成型表面上，该成型表面具有立体角凹口和施加到其上的预成型本体构件。然后，将成型材料硬化并粘结到本体构件上。成型材料可以是熔融树脂，并且至少部分地通过冷却来实现该熔融树脂的硬化，熔融树脂的固有特性产生了与其本体构件的粘结力。作为另外一种选择，成型材料可以是具有可交联基团的液体树脂，并且该成型材料的硬化可至少部分地通过树脂的交联来实现。成型材料也可以是部分聚合的树脂配制物，并且其中成型材料的硬化至少部分地通过树脂配制物的聚合来实现。

[0075] 可聚合树脂可以直接倒入或泵入为狭槽模具装置进料的分配器中。对于聚合物树脂是反应性树脂的实施例来说，制造片材的方法还包括以一个或更多个步骤固化树脂。例如，在将树脂从模具中移除之前，可根据可聚合树脂的性质通过将树脂暴露在合适的辐射能量源（例如光化学辐射、紫外光、可见光等）下来将其固化，以使树脂充分硬化。冷却和固化也可以结合使用。

[0076] 不管使用哪种方法形成微复制型（例如立体角）元件，据推测在树脂硬化前，较高的模具受力和/或温度有助于使原先存在于模具空腔中的气体扩散并溶解到热塑性或可聚合的树脂中。含碳气体和原子量小于 O_2 的气体在制造期间可有助于使原先存在于模具空腔中的气体扩散和溶解。

[0077] 本发明的柔性立体角回射片材可以通过下列步骤制备：(a) 使用透光性材料形成多个立体角元件；以及 (b) 将本体层固定到所述多个立体角元件上。在一个实施例中，该方法通常包括：提供具有成型表面的电镀镍模具（例如受热的电镀镍模具），该成型表面具有多个适合形成所需的微结构元件（例如回射制品的立体角元件）的空腔；以及将可流动的（例如，可固化的）树脂组合物以足够至少填满空腔的量涂覆到成型表面上。然后使（外露的基本上平坦的）树脂组合物表面接触本体层膜，接着固化该树脂，以形成包括粘结到覆膜上的微结构元件（例如立体角元件）阵列的复合片材。从模具上移除复合片材，如果这些微结构元件是通过基体而相互连接在一起的话，则随后对片材施加机械应力，以使得基本上每个单独的微结构元件与周围的微结构元件断裂分离。作为另外一种选择，可使片材断裂以形成多个立体角片段，每个片段包括两个或更多个立体角元件。（参见（例如）美国专利 No. 6, 318, 867。）

[0078] 提高整体光返回 (TLR) 相对于取向的均匀性的常见方法是拼接法 (tiling)，即在最终制造过程中以多于一个的取向放置多个小的模具部分，如（例如）在美国专利 No. 4, 243, 618 (Van Arnem)、美国专利 No. 4, 202, 600 以及美国专利 No. 5, 936, 770 (Nestegard 等人) 中所描述的那样。所得片材的立体角元件第一阵列的取向与相邻的立体角元件阵列的取向不同。

[0079] 所形成的回射片材卷具有由该卷的纵向边缘界定的宽度以及这样的微结构化表面，该微结构化表面具有（例如）由三个相互交叉的凹槽限定的立体角元件阵列。根据模具的取向，这些凹槽中的其中一个可基本上垂直或平行于片材卷的纵向边缘，或与片材卷的纵向边缘成 0° 至 90° 度角。尤其是就完全立方体的微结构来说，优选的是，在制造期间，使模具通道的取向方向基本平行于模具的相对前进方向，如美国专利 6, 884, 371 中所述的那样。

[0080] 通常期望回射片材还包括密封层，该密封层被粘附到位于与覆膜相对的表面上的微结构化层的（例如）结构化表面上，如在美国专利 No. 4, 025, 159 中所公开的那样。优选的是，密封层包含热塑性材料。示例性例子包括离子键乙烯共聚物、增塑型卤化乙烯聚合物、酸官能化聚乙烯共聚物、脂肪族聚氨酯、芳族聚氨酯以及它们的组合。在某些应用中，这种可任选的密封层可以为复合材料的立体角元件提供显著的保护，使之免受环境影响，并且在立体角元件周围保持密封的气体层，该气体层对产生全内反射所需的折射率差值是必需的。

[0081] 由于本发明提供的立体角元件的分离的结果，密封层（通常为密封区域或密封支架 (leg) 的图案）可以至少部分地直接粘附到独立的立体角元件之间的覆膜上，从而产生包括多个回射立体角元件的单元。密封技术的示例性例子包括射频焊接、导热密封工艺、超声焊接以及反应性组分（例如会与覆膜形成粘结作用的密封材料）。密封方法的选择很大部分取决于密封层和覆膜的性质。

[0082] 优选的是，密封层应包含热塑性材料。这种材料本身可通过相对简单且常用的热技术而很好地熔融。在一些实施例中，密封层包含乙烯与选自乙酸乙烯酯、（甲基）丙烯酸烷基酯以及它们的混合物中的至少一种共聚单体的共聚物或三元共聚物，如在 2006 年 4 月 18 日提交的美国专利 No. 11/379130 中所描述的那样。

[0083] 对于将热塑性层密封到回射立体角材料上来说，本领域中采用的通例是使用热压

印技术,该技术形成“链式连接”图案形式的密封区域,该区域产生由多个单独的立体角元件构成的密封包。通过对热密封区域的支架或“连接”的一部分进行的仔细检查表明,对热塑性立体角元件来说,热熔融工艺导致熔融区域内的立体角元件发生显著变形。由于传导作用,密封支架的这种热变形通常远远超出实际密封的区域。如果材料中有相当数目的单独立体角元件产生如此分布,那么与未经密封的片材相比,该片材的整体光学性能会大大降低,例如降低 30-40%。

[0084] 回射片材根据其柔性以及回射亮度的不同,可用于多种用途,例如交通标志、路面标记、车辆标记和个人安全制品。回射系数 RA 可以根据美国联邦测试方法标准 370,在 -4° 的入射角度、 0° 的取向角度以及各个观察角度下测得。在 -4° 的入射角度、 0° 的取向角度和 0.2° 的观察角度下,回射片材的回射系数 R_A 通常为至少 50、100、150、200 或 250 坎德拉 / 勒克斯 / m^2 。

[0085] 由于回射片材具有柔性,因此片材可施用于柔性基底(例如帆布和其它织物)、波纹表面或铆接表面、以及具有简单或复合曲线的曲面上。柔性回射片材也可施用于易发生热膨胀和收缩的装置(例如,诸如防撞筒、路锥等交通装置)上。

[0086] 以下实例进一步说明了本发明的特征和优点。然而,应当理解,虽然这些实例起到示例的作用,但是不应以不当限制本发明范围的方式理解其所用的具体成分、量以及其它条件和细节。

[0087] 实例 1-12 以及对比物 A 和 B:

[0088] 对比物 A 和 B(即不含含氮树脂的组合物)是通过将 25 重量%的双酚 A 环氧二丙烯酸酯(可从 Cytek 以商品名“Ebecryl3720”商购获得)、50 重量%的 TMPTA(三羟甲基丙烷三丙烯酸酯)和 25 重量%的二丙烯酸 1,6-己二醇酯(HDDA)进行组合而制备得到的。对比物 A 含有 0.5pph 的“LucirinTPO”光引发剂;而对比物 B 含有 0.5pph 的“Lucirin TPO”和 0.5pph “Darocure1173”光引发剂。

[0089] 表 1 中列出了示例性组合物 1-12 中使用的每种类别和用量。所用的含氮成分是丙烯酸二乙氨基乙酯(“DEAEA”)和丙烯酸二甲氨基乙酯(“DMAEA”)。实例 1-12 中的每种组合物均含有 0.5pph 的“LucirinTPO-L”。

[0090] 通过挤出得到大约 2 密耳厚的膜,来制备聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)载体。通过将 EAA(以商品名“Primacor3440”得自 Dow Chemical Company)加热至其熔融温度,并在 PET 载体上将其挤出至 4 密耳厚,来制备 EAA 膜。

[0091] 按照与上述方式类似的方式将表 1 中的每种可聚合树脂配制物以约 2 密耳的厚度刮涂到 PET 载体上。将 PET 载体上 EAA 膜的 EAA 膜层通过手压的方式施加到 PET 载体的可聚合树脂层上。采用工作功率为 600 瓦 / 英寸的 Fusion D 紫外线灯,将各组件以 15 英尺 / 每分的速度暴露在紫外线辐照下,从而将可聚合树脂配制物固化。

[0092] 就对比物 A 和 B 而言,可聚合树脂层不会附着到 EAA 层上。就实例 1-12 而言,可聚合树脂层附着到 EAA 层上。

[0093] 表 1

[0094]		Ebecryl				
[0095]	实例	3720	TMPTA	HDDA	DEAEA	DMAEA
[0096]	A	25	50	25	0	0

[0097]	1	25	50	21	4	0
[0098]	2	25	50	17	8	0
[0099]	3	25	50	13	12	0
[0100]	4	25	50	21	0	4
[0101]	5	25	50	17	0	8
[0102]	6	25	50	13	0	12
[0103]	7	25	46	25	4	0
[0104]	8	25	42	25	8	0
[0105]	9	25	38	25	12	0
[0106]	10	25	46	25	0	4
[0107]	11	25	42	25	0	8
[0108]	12	25	38	25	0	12
[0109]	B	25	50	25	0	0

[0110] 实例 13-14:

[0111] 按照美国专利 5,691,846 中的一般性描述并在其附图 5 中示出的方法将立体角微结构布置在本体层上。立体角结构(将该结构分成单个立方体之前)具有如图 2 所示的 3 组交叉凹槽,这些凹槽具有 0.007 英寸的节距(即主凹槽的间距)以及 55.5/55.5/69 度的基底三角形孔(basetriangle apertures),从而使得立体角元件的高度为 76.2 微米(3.5 密耳)。

[0112] 使用对比物 C(即不含胺的组合物)和两个示例性可聚合树脂组合物(即表 2 中的实例 13 和 14,其各自加入了 0.5%的“Luc irin TPO”光引发剂)制备立体角结构。

[0113] 按照对实例 1-12 以及对比物 A 和 B 中所述的方式将 EAA(Primacor3440)膜以 4 密耳的厚度浇铸到聚对苯二甲酸二乙酯(PET)载体上。对 EAA 表面进行电晕处理(1.5J/cm²),并且将每种室温下的树脂组合物以 15fpm 的速度浇铸到被加热至 130 °F 的金属模具上。通过橡胶夹辊使树脂组合物接触 立体角结构,该夹辊的间隙被设定为使得施加到模具腔体上方的树脂组合物的量最低。用一个功率被设定为 360W/in 的 Fusion D 紫外灯(Fusion DUV lamp)(可得自 Fusion Systems,Rockville,MD),透过 EAA 膜层和载体膜对树脂层进行固化。在紫外灯前面使用二向色性滤波器,以使对构造体的红外加热降至最低程度。待完成微复制工艺并从模具上移除后,使用 100%运转的 Fusion D 紫外线灯照射具有立体角元件的复合物的可聚合树脂一侧,以提供后紫外线辐照固化。使该构造体穿过被设定为 150 °F 的烘箱,以减轻膜内的应力。

[0114] 表 2

[0115]	实例	Ebecryl 3720	TMPTA	HDDA	DMAEA
[0116]	C	25	50	25	
[0117]	13	25	50	13	12
[0118]	14	25	38	25	12

[0119] 与对照物树脂一起大约运行 20 码,观察到经固化的可聚合树脂没有脱离金属模具,而是保留在微结构化腔体内。

[0120] 与此形成对比的是,如果立体角结构是由含有胺单体(DMAEA)的树脂为原料制备

的,则可聚合树脂会完全脱离金属模具。

[0121] 按照美国联邦测试方法标准 370,采用 0.2° 的观察角、 0° 的取向角和 -4° 的入射角测量所得立体角片材的回射系数 R_A 。实例 13 的 R_A 是 1122 坎德拉 / 勒克斯 / m^2 。实例 14 的 R_A 是 1151 坎德拉 / 勒克斯 / m^2 。

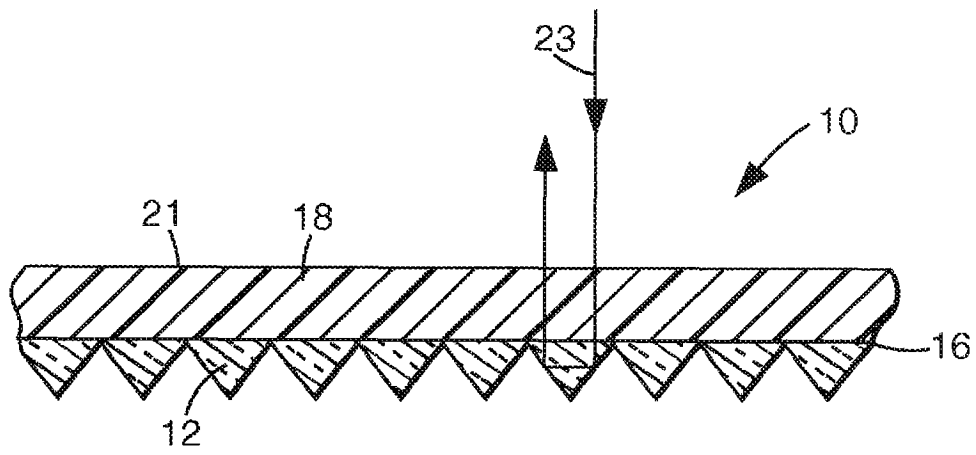


图 1

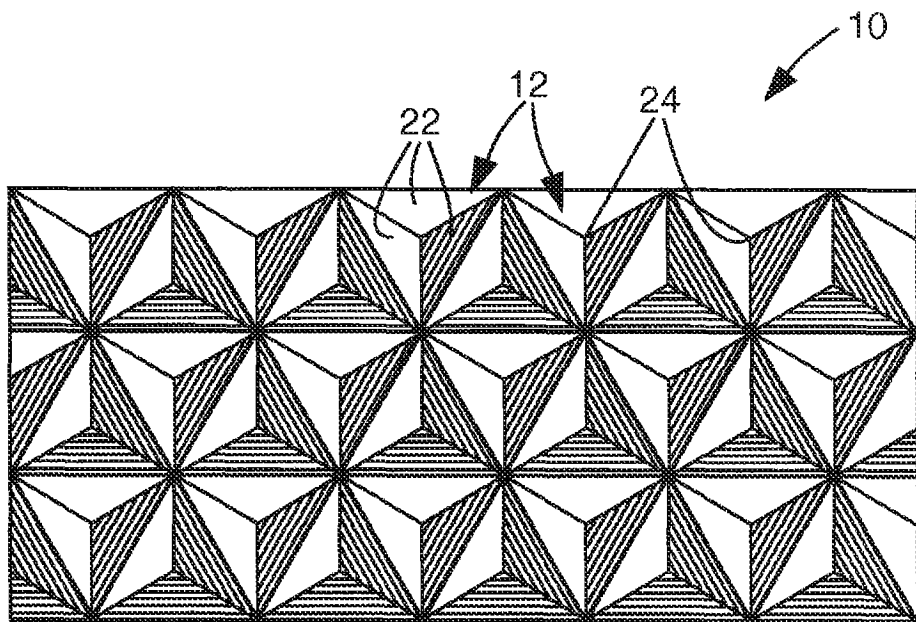


图 2