[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
G02B 5/00 (2006.01)
B32B 27/00 (2006.01)
B32B 27/16 (2006.01)
G02B 5/28 (2006.01)

[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 03811532.8

[45] 授权公告日 2007 年 3 月 28 日

[11] 授权公告号 CN 1307437C

[22] 申请日 2003.3.26 [21] 申请号 03811532.8

[30] 优先权

[32] 2002. 5.21 [33] US [31] 10/152,411

[32] 2002.10.10 [33] US [31] 10/268,354

[86] 国际申请 PCT/US2003/009378 2003.3.26

[87] 国际公布 WO2003/100476 英 2003.12.4

[85] 进入国家阶段日期 2004.11.22

[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 B·E·泰特

S·J·多布里辛斯基

D·K·莫腾森 J·A·维特利

[56] 参考文献

JP2001 - 166141 A 2001.6.22

JP5 - 237954 A 1993.9.17

JP11 - 231129 A 1999.8.27

US 5211902 A 1993.5.18

CN 1261685 A 2000.8.2

审查员 胡 婧

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司

代理人 周承泽

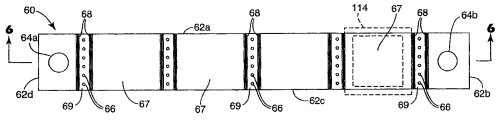
权利要求书 1 页 说明书 15 页 附图 5 页

[54] 发明名称

具有控制分层的熔融区的多层光学薄膜

[57] 摘要

提供具有熔融区的聚合物多层光学薄膜和包含这种膜的层合体，上述熔融区在多层光学薄膜的第一和第二部分之间延伸。 若剪切操作或其它外部影响作用于薄膜的第一部分中，导致多层光学薄膜的各层出现分层，所述熔融区能有效地防止分层现象从第一部分转递到第二部分。 所述熔融区的特征至少部分在于多层光学薄膜各层的变形。 所述熔融区可以沿着以及接近多层光学薄膜的部分或全部周边延伸布置。



1. 制造包括多层光学薄膜的多层光学薄膜体块的方法，所述方法包括：

提供多层光学薄膜体；

将激光辐射定向在多层光学薄膜体上，形成在多层光学薄膜体的第一和第二部分之间延伸的熔融区；

将第一部分中的多层光学薄膜体切断，形成接近熔融区的边缘。

2. 权利要求 1 所述的方法，其特征在于，在进行定向步骤前，至少第一衬垫可清除地贴到多层光学薄膜体上。

3. 权利要求 2 所述的方法，其特征在于，将激光辐射定向到多层光学薄膜上，透过所述第一衬垫，在定向步骤之后将所述第一衬垫从多层光学薄膜上除去。

4. 权利要求 1 所述的方法，所述方法还包括形成限定第一部分穿孔线的孔。

5. 权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述切断步骤在第一部分的多层光学薄膜中形成分层。

6. 权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述切断步骤在定向步骤之后进行。

7. 权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述定向步骤形成许多不同的熔融区，所述切断步骤在一对熔融区之间切断多层光学薄膜体。

8. 权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述多层光学薄膜体可以反射可见光。

9. 权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述多层光学薄膜体可以反射近红外的光。

10. 权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述多层光学薄膜体在近红外区具有反射带，在可见光区具有通带。

11. 权利要求 1 所述的方法，其特征在于，激光辐射在红外区中。

具有控制分层的熔融区的多层光学薄膜

技术领域

本发明涉及包含多层光学薄膜的光学体，所述光学薄膜对给定波长、偏振和/或方向的光具有所需的透射和/或反射性质。尤其是本发明涉及控制这种膜分层的技术和结构

背景技术

多层光学薄膜是众所周知的，通过至少部分地排列折射率不同的微层，这种膜获得所需透射和/或反射性质。在真空室中，在基底上按顺序依次沉积多个无机材料光学薄层（“微层”），由此制备上述多层光学薄膜，这个方法早就为人所知。一般地，基底是较厚的玻璃片，可能是沉积过程对真空室体积和/或均匀程度有限制，基底尺寸也受到限制。

最近，多层光学薄膜已通过共挤出交替聚合物层得到说明。例如，可参见美国专利 3610724（Rogers）、4446305（Rogers 等）、4540623（Im 等）、5448404（Schrenk 等）和 5882774（Jonza 等）。在这些聚合物多层光学薄膜中，形成各层的时候主要或全部使用聚合物材料。这些膜适应大量的生产过程，可制成大块片材和成卷的商品。

但是，许多产品在应用中需要大量小片膜，例如单个光电二极管探测器。其他应用包括光纤器件和其他小型光子器件中的窗口、反射器和/或过滤器。对于这些应用，通过机械方法细分片材，例如用剪切装置（例如剪刀）切割片材，或者用刀片割开片材，可从这种大片薄膜得到小片多层光学薄膜。但是，切割工具施加在膜上的力可能会使层沿着膜上切割线或薄膜边缘剥离。对于众多的聚合物多层光学薄膜尤其如此。由于相对于完好无损的区域而言颜色发生变化，膜上的脱层区常常看得见。因为多层光学薄膜依靠与各层的密切接触而产生所需的反射/透射特性，所以脱层区无法提供这些特性。

在某些产品的应用中，脱层可能不成问题，甚至可忽略不计。而在其他应用中，特别是当包括边缘在内的几乎整片膜对于形成所需反射或透射特性非常重要时，或者当膜要受到机械应力作用且/或要经历较大的温度变化而可能使脱

层现象随时间在膜中扩散时，脱层将是致命的缺陷。在一些情况下，由于需要进行机械切割，或者切断一片多层光学薄膜至少部分周边，因此一些分层现象是难以避免的。

因此，要求控制多层光学薄膜中的分层现象。较好是所述方法适应于自动和/或连续生产过程。

发明内容

本发明公开了具有熔融区的聚合物多层光学薄膜体，上述熔融区在多层光学薄膜的第一和第二部分之间延伸。若剪切操作或其它外部影响作用于薄膜的第一部分中，导致多层光学薄膜的各层出现分层，所述熔融区能有效地防止分层现象从第一部分转递到第二部分。所述熔融区的特征至少部分在于多层光学薄膜各层的变形。所述熔融区可以沿着以及接近多层光学薄膜的周边延伸布置。

所述熔融区可以在如下所述工艺中形成：将第一和第二衬垫可移动地贴到多层光学薄膜体的相对主表面上；然后，激光辐射透过其中一个衬垫(任意指定为第一衬垫) 指向薄膜体，，所述激光辐射用于形成一个或多个分隔薄膜体不同部分的熔融区。所述激光辐射也形成切割线，给第一衬垫和薄膜体划定出许多小块的界限。通常，所述激光辐射形成一缕烟和许多碎片，它们沉积在工件上---在这种情况下为第一衬垫上。之后，将第一衬垫(伴随着碎片)或者衬垫上的许多小块从多层光学薄膜体(或许多小块)上移走，此时，多层光学薄膜体由第二衬垫支撑。所述移走的步骤可以通过使第一衬垫和胶带接触，并将胶带从多层光学薄膜体上拉掉来完成。若激光辐射产生的碎片对具体应用无害，则可以省去衬垫。

一方面，本发明公开了制造包括多层光学薄膜的多层光学薄膜体块的方法。所述方法包括：提供多层光学薄膜体；将激光辐射定向在多层光学薄膜体上，形成在多层光学薄膜体的第一和第二部分之间延伸的熔融区；将第一部分中的多层光学薄膜体切断，形成接近熔融区的边缘。

上述概述决不是说明本发明的具体实施方式或各实施过程。所述附图和以下的说明更加具体的说明了示例的实施方式。但是应理解，本发明决不是将所述发明限于所述的具体实施方式。相反，本发明包括附带权利要求书所述的在本发明精神和范围内的各种修改、等价形式和替换形式。

附图说明

以下整个说明过程都是在参照附图的情况下进行的，其中相同的指示数字代表相同的部件。

图 1 是多层光学薄膜体的高倍放大透视图；

图 2 是多层光学薄膜体片的平面图，虚线表示细分的路径；

图 3 是位于上下衬垫之间的多层光学薄膜体的剖面图，该图还显示了电磁辐射在切割线上形成的间隙，是这些间隙将多层光学薄膜体和上衬垫分成了一个个分立的小块；

图 4 是类似于图 3 的剖面图，但上衬垫上粘有黏性膜，该黏性膜能将各小

块上衬垫从各多层光学薄膜体小块上拉下来；

图 5 是从一大片多层光学薄膜体上切下来的一小块光学薄膜的平面图；

图 6 是图 5 所示多层光学薄膜体小块的透视图，它上面装有许多过滤器框架；

图 7 是分割多层光学薄膜体的连续过程；

图 8 是切割完成后的多层光学薄膜体的平面图。

具体实施方式

这里所用“薄膜”是指延展性光学体，其厚度一般不超过约 0.25mm（1/10000 英寸，或“密耳”“mil”）。某些情况下，薄膜可以附着或粘贴到具有合适的反射或透射性质的另一个光学体如硬质基底上或者另一块膜上。薄膜的形式也可以是物理弹性膜，可以是独立式的，也可以附着在其他弹性层上。这里所用术语“薄膜体”是指完全由薄膜本身或者与其他组分联合构成的实体，如在层合结构中那样。

图 1 描述了多层光学薄膜体 20。薄膜体包含独立的微层 22、24。微层具有不同的折射率，因而某些光将在毗邻微层间的界面上发生反射。微层足够薄，因而在许多界面上发生的反射光将发生相长干涉或相消干涉，以便赋予薄膜体所需反射或透射性质。对于意在反射紫外线、可见光或近红外光的光学薄膜，每个微层的光学厚度（即物理厚度乘以折射率）一般小于约 1μm。但是，较厚的层也可以包括在内，如位于薄膜外表面上的表层，或者在薄膜内分开各组微层的保护性边界层。多层光学薄膜体 20 也可以包含一个或多个厚黏性层，在层合物内将两片或多片多层光学薄膜黏结在一起。

多层光学薄膜体 20 的反射和透射性是各微层折射率的函数。每个微层的特征是，薄膜中至少局部位置的面内折射率为 n_x、n_y，膜的厚度方向的折射率为 n_z。这些折射率分别表示光分别沿互相正交的 x-、y-和 z-轴偏振时，组分材料的折射率。在实践中，折射率可通过严格挑选材料和加工条件来控制。薄膜体 20 的制备方法是，共挤出交替的两种聚合物 A、B，通常达数十或数百层，然后任选使多层挤出物通过一个或多个倍增模具，接着拉伸挤出物或使挤出物定向，形成最终的薄膜。所得薄膜通常由数十个或数百个独立微层组成，它们的厚度和折射率经过调整，可在所需光谱区内提供一个或多个反射段，如可见光或近红外光。为了用数量合理的层得到高反射性，对于在 x-轴发生偏振的光，

相邻微层的折射率差（Δn_x）宜至少为 0.05。如果对两个正交的偏振光都要求有高反射性，则对于在 y-轴发生偏振的光，相邻微层的折射率差（Δn_y）也宜至少为 0.05。另外，折射率差 Δn_y 也可以小于 0.05，宜约为 0，以得到多层堆积结构，它通常能反射一种偏振态的正入射光，而透过正交偏振态的正入射光。

如果需要，对于沿 z-轴偏振的光，也可以调整相邻微层之间的折射率差（Δn_z），以获得所需的反射斜入射光 p-偏振组分的性质。下面为了便于解释，谈论到干涉膜上的任何点的时候，都把 x-轴看成在膜平面之内，以使 Δn_x 的值达到最大。这样，Δn_y 的值可以等于或小于（但不能大于）Δn_x 的值。此外，在考虑选择何种材料层开始计算 Δn_x、Δn_y 和 Δn_z 时，主要受到 Δn_x 为非负的要求的限制。换句话说，形成界面的两层的折射率差是 $\Delta n_j = \Delta n_{1j} - \Delta n_{2j}$，其中 j=x、y 或 z，在选择层标记时要使得 $\Delta n_{1x} \geq \Delta n_{2x}$，即 $\Delta n_x \geq 0$。

为了使斜角入射的 p-偏振光保持高反射性，可控制微层之间的 z-折射主失配度 Δn_z，使之基本上小于最大面内折射率差 Δn_x，从而 $\Delta n_z \leq 0.5 * \Delta n_x$。$\Delta n_z \leq 0.25 * \Delta n_x$ 更好。z-折射率失配度为 0 或接近 0 时，所得微层间的界面对 p-偏振光的反射率相对于入射角为常数或近似为常数。此外，可控制 z-折射率失配度 Δn_z，使它与平面内折射率差 Δn_x 相比具有相反的偏光性，即 $\Delta n_z < 0$。此条件下得到的界面对 p-偏振光的反射率随着入射角的增加而增加，就像 s-偏振光那样。

可用来制备聚合物多层光学薄膜的材料的例子见 PCT 专利公开 WO99/36248（Neavin 等）。其中至少一种材料宜为应力光学系数绝对值较大的聚合物。换句话说，聚合物拉伸后宜形成较大的双折射（至少约为 0.05，更宜至少约为 0.1，或者 0.2）。根据多层薄膜的应用，双折射可发生在膜平面内的两个正交方向之间，在一个或多个面内方向与垂直于膜面的方向之间，或者这两种情况都有。在特殊情况下，即未拉伸聚合物层之间的各向同性折射率相差较大的时候，可以放松对至少一种聚合物形成大双折射的要求，但一般仍然希望具有双折射性。这种特殊情况可能存在于为平面镜膜和偏振器膜选择聚合物的时候，这些膜用双轴向方法形成，即在平面内的两个正交方向上拉膜。此外，聚合物在被拉伸后宜保持双折射性，从而赋予最终的薄膜以所需的光学性质。可为多层薄膜中的其他层选择第二种聚合物，使这第二种聚合物在最终薄膜里至少一个方向上的折射率明显不同于第一种聚合物在同一方向上的折射率。为方便起见，一般只用两种不同的聚合物材料制备薄膜，在挤出过程中交

替放置这些材料，得到交叠层 A、B、A、B、……，如图 1 所示。但并不要求只交叠两种不同的聚合物材料。相反，多层光学薄膜中的每一层都可以由不同于膜中其他地方的独特材料或混合材料组成。共挤出的聚合物宜具有相同或相似的熔化温度。

既能提供足够大的折射率，又能提供足够强的层间黏着力的双聚合物组合的例子包括：（1）对于主要用单轴向拉伸法制备的偏光多层光学薄膜，PEN/coPEN、PET/coPET、PEN/sPS、PET/sPS、PEN/Easter™和 PET/Easter™，其中“PEN”指聚萘二甲酸乙二醇酯，“coPEN”指基于萘二酸的共聚物或掺合物，“PET”指对苯二甲酸乙二醇酯，“coPET”指基于对苯二甲酸的共聚物或掺合物，“sPS”指间同立构聚苯乙烯及其衍生物，Easter™是可购于 Eastman Chemical Co.的聚酯或共聚酯（相信包含环己烷二亚甲基二醇单元和对苯二甲酸单元）；（2）对于通过控制双轴拉伸法工艺条件制备的偏光多层光学薄膜，PEN/coPEN、PEN/PET、PEN/PBT、PEN/PETG 和 PEN/PETcoPBT，其中“PBT”指聚对苯二甲酸丁二醇，“PETG”指 PET 与第二种二元醇（通常为环己醇二甲醇）的共聚物，“PETcoPBT”指对苯二甲酸或其酯与乙二醇和 1,4-丁二醇混合物的共聚酯；（3）对于镜面薄膜（包括有色镜面薄膜），PEN/PMMA、coPEN/PMMA、PET/PMMA、PEN/Ecdel™、PET/Ecdel™、PEN/sPS、PET/sPS、PEN/coPET、PEN/PETG 和 PEN/THV™，其中“PMMA”指聚甲基丙烯酸甲酯，Ecdel™是可购于 Eastman Chemical Co.热塑性聚酯或共聚酯（相信包含环己烷二羧酸酯单元、聚四亚甲基醚乙二醇单元和环己烷二甲醇单元），THV™是可购于 3M 公司的含氟聚合物。

合适的多层光学薄膜和相关结构的其他详细信息见美国专利 5882774（Jonza 等）和 PCT 专利公开 WO95/17303（Ouderkirk 等）和 WO99/39224（Ouderkirk 等）。聚合物多层光学薄膜和薄膜体可包含其他层和为其光学、机械和/或化学性质而选择的涂层。见美国专利 6368699（Gilbert 等）。聚合物薄膜和薄膜体还可包含无机层，如金属层、金属氧化物涂层或金属氧化物层。

在一种简单实施方式中，微层可以是厚度为 1/4 波长的堆积结构，即形成光学重复单元或单胞，每个重复单元或单胞基本上由两个相邻的等光学厚度微层构成（f 比=50%），这种光学重复单元能有效反射波长 λ 两倍于光学重复单元总光学厚度的相长干涉光。这种结构如图 1 所示，其中聚合物 A 的微层 22 毗邻聚合物 B 的微层 24，形成单胞或光学重复单元 26，该单胞或重复单元在

整个堆积结构中重复出现。可利用膜在厚度轴方向（即 z-轴方向）的厚度梯度增大反射范围。也可以通过调整厚度梯度使此范围变窄，如美国专利 6157490（Wheatley 等）所述。

其他层结构，如含有 f 比不是 50%的双微层光学重复单元的多层光学薄膜，或光学重复单元主要由两个以上的微层组成的薄膜，也在考虑范围之内。这些光学重复单元结构可减少或消除某些高次反射。例如，可参见美国专利 5360659（Arends 等）和 5103337（Schrenk 等）。

图 2 所示为一片多层光学薄膜体 30 的局部平面图。薄膜体 30 在生产和销售时，其横向尺寸比在最终的特定应用中所要求的尺寸大。因此，为使薄膜适应具体用途，需要将薄膜体 30 分割为较小的一块或多块。所需小块的大小和形状可在很大范围内变化。为方便起见图 2 所示小块用两组交叉的平行切割线表示，标记为 32 和 34。如果两组切割线都使用，则薄膜体 30 将变成一个个独立的矩形（包括方形）或平行四边形小块，它们均向两个方向延伸，即薄膜 30 的长度和宽度方向。如果只用一组切割线，则小块将是矩形长条。当然，切割线不必笔直，当中可以杂以弧线、折线。但通常需要的都是简单形状，如圆形、矩形、平行四边形或其他多边形。

本发明申请者发现激光辐射可用于切割和细分聚合物多层光学薄膜体，并且在切割线上基本上不会引起脱层。所选激光辐射的波长至少为光学薄膜中的某些材料大量吸收，吸收的电磁辐射沿切割线使薄膜体蒸发。否则，激光辐射将如同其他波长在薄膜的目标作用范围内的入射光一样，透过薄膜或在薄膜上发生反射。激光辐射同样用合适的聚焦光学仪器整形，以控制在合适的功率水平，从而沿较窄的切割线完成蒸发作用。激光辐射也宜根据预编程指令，快速扫描工件，并快速开关，从而能够沿任意形状的切割线进行切割。可用于此目的的商业激光系统在市场上有 LaserSharp 牌激光处理模块，由 LasX Industries Inc., St. Paul, MN 生产。这些模块采用 CO_2 激光源，切割工件的工作波长约为 10.6μm（约 9.2-11.2μm）。

申请者还发现在激光辐射切割过程中产生的蒸发物质会在工件上积聚成碎屑。这些碎屑积聚的程度可使薄膜小块不适合目标应用。为避免这个问题，可在激光切割前，在多层光学薄膜体上装上第一衬垫。如果第一衬垫和多层光学薄膜体保持紧密接触，则在切割步骤产生的任何碎屑都将积聚在第一衬垫上，而不是在多层光学薄膜体上。但在粘第一衬垫时，也宜使它容易得到清除，

这样才能得到一块块干净的多层光学薄膜体。一种方法是在激光切割前，通过静电将第一衬垫贴到多层光学薄膜体上。随后，可中和至少部分静电荷，以减小衬垫与薄膜体之间的吸引力，从而方便其分离。或者，也可以用一薄层低黏性黏合剂粘贴，如即时贴上所用的那种。

在切割期间，激光辐射宜通过第一衬垫照射在多层光学薄膜体上。因此，除非第一衬垫不吸收所用波长的激光，第一衬垫也将被切成小块，而且其形状基本上与多层光学薄膜体小块一样，因为这两层紧密接触。也就是说，在受控激光将多层光学薄膜体切割成小块的同时，它也将第一衬垫切割成基本上相同的小块。第一衬垫宜用纸。纸受到激光辐射时挥发而不熔化，因此纸片不会黏结到相邻的各片多层光学薄膜体上。可用一层极薄（小于 1 密耳）的硅酮处理纸，但纸仍保留所需的这些性质。在此情况下，纸宜以用硅酮处理过的那一面接触多层光学薄膜体。也可以采用其他材料，只要它们在受到激光辐射时极少熔化或不熔化。

为方便搬运，可在多层光学薄膜体上贴有第一衬垫的反面贴第二衬垫。另外，可适当选择衬垫并适当控制激光辐射，以便在至少部分切割线上获得所谓的“吻-切”效果，即第一衬垫和多层光学薄膜体在切割线上完全蒸发，而第二衬垫没有完全蒸发，即至少有一部分保持不变，最好完全保持不变。这样，各小块独立的多层光学薄膜体形成后，仍能以有序结构搬运，并以网络或片材的形式送去快速加工。第二衬垫就是在多层光学薄膜体切割成小块后，起支撑和运送作用的。注意，不管第二衬垫位于各薄膜体小块上面还是下面，都能支撑和运送这些小块。

图 3 就是这种情况的示意图。在此剖面图中，为方便期间，只示出了一层聚合物多层光学薄膜体 40。第一衬垫 42 和第二衬垫 44 紧密贴合在薄膜体 40 相对的两个主表面上。所示衬垫 44 包含两个层 44a 和 44b，其原因如下。激光辐射 46a、46b、46c 分别通过衬垫 42 照射到薄膜体 40 的切割线 48a、48b、48c 上。提供了合适的光束整形光学仪器，并控制功率（未示出），以便衬垫 42 和薄膜体 40 蒸发时形成狭小的缝隙，同时衬垫 44 基本保持不变。切割线和缝隙将多层薄膜体 40 分成小块 40a、40b、40c，将衬垫 42 分成对应的小块 42a、42b、42c。在图 3 中，各小块衬垫 42 与各片多层薄膜体 40 保持紧密接触，例如通过静电引力或其他可逆附着方法。

切割线 48a-c 可同时形成，也可依次形成。上面提到的 LaserSharp 激光处

理模块以单束激光扫描，辐射 46a-c 表示依次扫描的激光束。

图 4 所示为可从多层光学薄膜体片 40a-c 上方便地清除覆盖了碎屑的衬垫小块 42a-c 的技术。压敏胶带 52 与图 3 所示结构接触，从而使压敏黏合剂与第一衬垫 42 接触。如果衬垫 42 在激光切割过程中与薄膜体 40 通过静电作用贴合在一起，最好基本上中和掉静电作用或至少减少静电作用，使衬垫 42 与薄膜体 40 之间的吸引力明显小于衬垫 42 与胶带 52 之间的吸引力。接着，简单地将胶带 52 从薄膜体 40 上拉开，或反过来把薄膜体从胶带上拉开即可将衬垫片 42a-c 迅速从薄膜体小块 40a-c 上分离开。通过这种方法，可迅速、方便地清除数十、成百、上千的衬垫小块。胶带 52 宜覆盖多层光学薄膜体 40 的整个宽度，以便同时接触一排要切割的小块。清除衬垫小块 42a-c 后，多层光学薄膜体小块 40a-c 也宜从第二衬垫 44 上揭下来。这可通过在膜体 40 和第二衬垫 44 之间形成较小的黏合力来完成。这种黏合力可通过静电或用少量低黏性压敏黏合剂来形成。黏合力要足够小，以便使衬垫 44 通过一个尖角落或将它弯折时，就能容易地剥开小块 40a-c，并轻轻地揭掉。

衬垫 44 宜包含至少两个层 44a、44b，以利于吻-切。靠近多层光学薄膜体 40 的层 44a 宜由对激光辐射的吸收性明显小于薄膜体 40 的材料组成。由于吸收性低，层 44a 在用经过适当控制的激光进行切割的过程中很少发生或不发生蒸发。研究发现，厚度约为 0.001 英寸（25μm）或更小的聚乙烯材料足以适用于工作波长约为 10.6μm 的 CO_2 激光切割系统。但这种材料在切割线处容易因激光产生的热而变长或变形。如果衬垫 44 存在张力，并用来剥离激光切割区的多层光学薄膜体 40，则衬垫层 44a 的拉伸或变形会导致小块 40a-c 彼此错开，从而得到错位激光切割体。为此，层 44b 宜由模量较高的材料组成，如高模量黏合剂涂层纸，以保持薄膜体 40 和薄膜小块 40a-c 在尺寸上的稳定性。

利用激光切割方法，可使多层光学薄膜体小块 40a-c 的边缘基本上不发生脱层；通过利用第一和第二衬垫 42、44，它们还具有没有碎屑的清洁主表面。激光辐射产生的热使微层边缘发生变形，正好使多层光学薄膜形成密封。

图 5 所示为一片聚合物多层光学薄膜体 60 的平面图，它是从较大的聚合物多层光学薄膜体上划分下来的。小块 60 的激光切割周边 62a-d 围成了一个拉长的条，它宜用图 3 所示吻-切法形成。可用其他激光切割方式进一步将多层光学薄膜体细分成滤光片组。边缘 64a、64b 是对位孔，用来将膜条安装在注模装置中。这些边缘也宜吻-切而成。点 66 确定了孔的线性排列，形成打孔线，以

便沿这些线撕裂或剪切。在激光切割过程中，宜控制激光辐射，以便沿点 66 对多层光学薄膜体和第一、第二衬垫进行完整的通切（而不是简单的吻-切）。一个孔横断边 62a，另一个孔横断边 62c，从而在每条边上形成部分孔或凹口，以方便撕裂。

熔化区 68 的形成是通过降低激光辐射强度，使蒸发程度不致穿透多层薄膜体 60。这可通过使激光束散焦、降低激光功率并/或使激光更快地扫描工件来实现。尽管某些多层光学薄膜体可在熔化区 68 蒸发，至少部分多层光学薄膜体在熔化区 68 的厚度不变，但会因局部受热而变形。这种变形情况的例子有微层局部起皱或发生起伏，以及各微层的共混和，结果造成各微层的缺失。当随后用剪切或拉伸机械工具沿打孔线将片 60 切割成更小的小块时，可利用熔化区 68 防止脱层的蔓延。可参考美国专利申请 10/268354，题目为《以熔化区控制脱层的多层光学薄膜》，登记于 2002 年 10 月 10 日。

如图 5 所示，熔化区 68 跨越窄条的宽度方向伸展，并成对存在，交替形成活动窗区 67 和机械分离区 69。在机械分离区 69，可在点 66 所确定的位置打孔，当然也可以不打孔。不管是否打孔，与分离区 69 相接的熔化区 68 宜离开足够远的距离，这样，多层光学薄膜的连续段与每个熔化区相接，此连续段在激光切割过程中不发生变形，并跨越膜条的宽度方向伸展。这些未变形多层光学薄膜段起缓冲区的作用，在用机械方法（例如，如果打了孔，则利用张力；或者用剪切方法）将窗口区 67 沿分离区 69 彼此分离时不发生脱层。

熔融区优选和形成最终光学部件周边的边缘间隔一小段距离，通常约为 1mm 或更少。这种部件可以是任意形状，但是通常为多边形，如矩形。这种熔融区可置于多层光学薄膜制件中，所述制件之后进行机械切割或者沿着熔融区附近的一个或多个边缘切断；或者熔融区可以形成在进行机械切割之后的制件中。所述熔融区可以成对存在，为一个或多个相距较近的对；并且在所述对子之间进行机械切割或切断。总之，熔融区较好是延伸部件，将多层光学薄膜体的第一和第二部分分离，此时，在熔融区的一侧可存在多层光学薄膜的分层现象，所述熔融区能有效地抑制这种分层现象转递到另一层。

可借助边 64a、64b 确定的对位孔将一个或多个多层光学薄膜体小块 60 置于注模机中。如图 6 中剖面图所示，可在小块 60 周围的一系列盒子或框架 114 中形成熔融聚合物材料。冷却后，沿点 66 所确定的打孔线用机械方法切割多层薄膜体 60，制成一个个滤光器装置。这些滤光器装置及其应用的详细情况见

美国专利申请 10/152546，题目是《光探测器系统及其滤光器》，登记于 2002 年 5 月 21 日。滤光框可含有一个孔隙，以安装光探测器。光探测器/滤光器组合装置构成了光谱性质得到改进的探测系统，这部分得自光探测器的光谱性质，部分得自多层光学薄膜的光谱透射性。可参照美国专利申请 No.10/268,118，题目是《干净迅速地分割多层光学薄膜的方法》，登记于 2002 年 10 月 10 日。

用所述方法将多层光学薄膜体片材分割成小块时，该方法不限于形成这种材料的条形产品，以用于箱式滤光器。在由较大的片材或卷材形成一个或多个多层光学薄膜体块（特别是很多块，例如至少 10 块，至少 50 块，或至少 100 块）时，特别是当多层光学薄膜体边缘的脱层会可能带来麻烦，需要整块多层光学薄膜体的表面清洁时，都可以采用这种方法。

图 7 所示为干净、快速地将多层光学薄膜体片材转化为多层光学薄膜体小块的卷-卷工艺 200。展开卷 202，提供层合薄膜 204，该薄膜基本上由聚合物多层光学薄膜体（例如图 3 中的元件 40）和黏着在多层光学薄膜体的一个主表面（姑且称作第二主表面）上的第二衬垫（例如图 3 中的衬垫 44）组成。在未示出的前一步骤中，将第二衬垫装在多层光学薄膜体的第二主表面上，例如通过静电引力或利用少量低黏性黏合剂。层合膜 204 绕过托辊 206，这样多层光学薄膜体就与辊 206 接触。层合膜 204 接着穿过扭力驱动压料辊 208、210。第一衬垫 212（例如图 3 中的元件 42）从辊 214 上展开，由托辊 216 带动，与层合膜 204 靠近，使膜通过常规的静电棒 218，这样衬垫就贴合在层合膜 204 的多层光学薄膜体组分上。静电棒 218 提供的静电引力使第一衬垫与多层光学薄膜的第一主表面紧密接触。膜组合 204/212（“网”）接着通过激光辐射站 220，来自激光控制模块 222 的激光辐射到网上，将多层光学薄膜体和第一衬垫切成分立小块 224，如图 3 所示。平台 226 上有一些呈蜂窝状排列的孔，这些孔与真空源 228 连接，使网在激光切割期间沿其宽度（横穿网的方向）和大部分长度（纵穿网的方向）区域的平整度均匀。激光模块 222 包含光束整形和光学导向控制器件，可按具有预定图案的切割线进行切割，每条切割线都以预定功率设置切割，而网以恒定速率移动。或者，在激光模块 222 按具有第一种图案的切割线切割时，可使网停止移动，然后前进一段距离再停下来，使激光模块按具有第二种图案的切割线切割，如此以分步-重复的方式进行下去。激光辐射站 220 宜包含排气罩 230，其结构适合于沿指定方向为网提供强空气流。空气流有助于减少激光切割时产生的烟和碎屑引起的光学变形。在切割期间，激光模

块 222 中的光束控制器件宜使激光切割点在网上沿这种方向移动，即基本上没有光线平行于空气流的方向，从而进一步避免烟引起变形。

网从激光辐射站 220 出来，部分切割成小块 224 后，立即从常规的中和棒 232 附近通过。中和棒可消除或至少减少层合膜 204 的多层光学薄膜体小块和第一衬垫小块 212 之间的静电引力。对应小块之间的结合力受到削弱后，胶带 234 从卷 236 上展开，通过一对压料辊 233、235，胶带 234 上涂有黏合剂的一面压向第一衬垫的不连续小块 224a。卷取辊 238 沿一个方向拉胶带 234，另一个卷辊 240 沿另一个方向拉网，胶带 234 将粘有碎屑的第一衬垫小块 224a 从原始多层光学薄膜体小块 224b 上分开并带走。然后用涂有硅酮的 PET 衬垫 242 将网松散地卷起，在存储和搬运过程中起临时保护的作用。在后面的步骤中，可大幅度弯折第二衬垫，使松散地卷起的多层光学薄膜体小块 224b 完全从第二衬垫上分开。

可以恒定速度驱动压料辊 233、235，作为卷-卷系统 200 的速度环。根据激光模块 222 制备的切割线的数量、密度、方向和类型，网（即膜组合 204/212）的强度在激光辐射站 220 受到很大削弱。为防止网破裂，宜在网上至少留下一条，更宜在网的每边留一条保持连续，不进行切割，以增加其强度。这种连续网条在这里称作“杂边”，可在通过压料辊 233、235 之后立即扔掉，在图中用数字 244 表示。

图 8 为网 250——包含夹在第一和第二衬垫之间的聚合物多层光学薄膜体——在激光辐射站 220（见图 7）上的顶视图。网 250 沿方向 252 移动。排气罩 230 形成空气流，空气流动方向 254 垂直于网。将网 250 隔离成中央工作部分 250a 和杂边部分 250b，这些部分是通过切割线 256 从工作部分 250a 上分离出来的。如果切割线 256 是通切线，则可对网起到一定的增强作用。如果它们是吻切线，则可进一步增加其强度，因为在这种情况下，下面的衬垫 44 在工作部分 250a 和杂边部分 250b 之间是完整的。其他切割线——宜为吻切线——确定了要切成小块的代表性形状 258、260。为减少烟和蒸发材料引起的变形，可安排激光模块 222 沿所示优选方向 258a、260a-b 扫描激光切割点，其中有些方向反平行于空气流动方向 254。

任选地，网 250 在其每条边上有两个分开的杂边部分，即图 8 左边的左外侧杂边部分和图 8 右边的右外侧杂边部分。通过激光模块 222 形成的另一个贯通切口将这种外侧杂边部分从杂边部分 250b 上分开，后者可描述为内杂边部

分，并利用吻切线 256。如果存在，外侧杂边部分可从内侧杂边部分分开，通过激光切割站 220 后立即收集起来。这些外侧杂边部分有助于最终的成卷产品形成干净、均匀的边缘。同时，内侧杂边部分与剩余部分的网一起通过上述压料辊 233、235。

实施例

聚合物多层干涉薄膜通过如下方法制备：在约 277℃共挤出低熔点 coPEN 和聚甲基丙烯酸甲酯（PMMA）交替层，形成的挤出物包含 224 个单层，这些单层夹在两个由低熔点 coPEN 组成的外表层之间，其中 coPEN 由 90/10 的聚萘二甲酸乙二醇酯（PEN）/聚对苯二甲酸乙二醇酯（PET）共聚物制成。这些层确定了基本上由 112 个单胞组成的光学组件，其沿垂直于堆积结构的轴存在大致呈线性变化的厚度梯度。位于组件一侧的最厚单胞比位于组件另一侧的最薄单胞约厚 1.3 倍。对光学组件进行不对称加倍，得到含有 448 个单层的多层光学薄膜结构，2 外表层和内部的聚合物界层（PBL）位于组件之间。层加倍后，一个光学组件的总厚度约为另一个组件的 1.3 倍。挤出物在冷却辊上淬火，形成流延多层薄膜。随后沿纵向（MD）和横向（TD）拉伸流延膜，拉伸比均为 3.4:1，最终得到的薄膜在 coPEN 层的平面内折射率（n_{1x}、n_{1y}）和平面外折射率（n_{1z}）分别约为 1.744、1.720 和 1.508，PMMA 层的平面内折射率（n_{2x}、n_{2y}）和平面外折射率（n_{2z}）分别约为 1.495、1.495 和 1.495。所有折射率都用 Metricon 表面波表征仪器在 550nm 下测定。最终的膜包含两个光学组件，每个厚度为 1/4 波长，每个组件沿垂直于膜平面的轴向存在大致呈线性变化的厚度梯度，因而各自能够反射一定波长范围内的光。最终薄膜中最厚的单胞的厚度约为最薄单胞的 1.8 倍，对应的反射波长范围约在 665-1220nm 之间。光学结构外侧的表层是低熔点 coPEN，厚度约为 11μm（0.43 密耳）。总薄膜厚约为 90μm（3.7 密耳）。

根据光学性质选择用上述方法制备的两卷基本相同的多层薄膜，用电晕处理，以提高黏着力。在其中一卷用电晕处理过的膜上涂敷可用 UV 引发的黏合剂，厚度约 122μm（5 密耳），然后用 UV 光照射，激发黏合剂的固化过程。用热熔挤出法制备的黏合剂是热塑性组分（乙烯乙酸乙烯酯）、可固化树脂组分（环氧化物和多元醇的混合物）和光引发组分（三芳基锍六氟锑酸盐）的均相混合物。然后将两个多层薄膜层压在一起，在 25℃（80℉）热浸泡 10 分钟，

以加速层合黏合剂的固化。所得薄膜体由两个多层光学薄膜组成，中间夹有透明黏合剂层。该元件以成卷的形式存在，厚度约为 12.4 密耳（300μm），宽度约为 4 英寸（100mm），长度至少约为 50 英尺（远超过 10 米）。

对于正入射光，这样得到的薄膜体或干涉元件在近红外区有一个反射段，而在可见光区则表现为透射段。在约 450-640nm 范围内的透光率约为 70%，在约 700-1140nm 范围内的透光率小于 1%，在 680-700nm 和 1140-1160nm 范围内的透光率小于 5%。

第二个衬垫是高模量纸，用强力压敏黏合剂在它上面黏着了一薄层聚乙烯。纸的厚度约为 2 密耳（50μm），聚乙烯层的厚度约为 1 密耳（25μm），第二个衬垫的总厚度约为 3 密耳（75μm）。涂有黏合剂的纸购自 TLC Industrial Tape, Hardwood Heights, Illinois，零件号为 CT1007。用压料辊通过连续工艺将聚乙烯层层压到多层光学薄膜体的一个主表面上。在另一个步骤中，涂有黏合剂的纸层压到聚乙烯层上。（或者，聚乙烯层在与多层光学薄膜体接触的面上可包含一个低黏性黏合剂，然后再进行同样的步骤。）将它卷起来，存放数天。

第一个衬垫是厚度约为 2 密耳（50μm）的高模量纸，一面用硅酮处理。该纸购自 Litin Paper Company, Minneapolis, Minnesota。

基本上按照图 7 所述方法加工这些元件，产生大致如图 5 所示的许多窄条，不同之处是采用了更多的切割线和熔化区，划分了 8 个活动窗口 67，而不是 4 个，其他不同点如下所述。这些窄条宽约 4.5mm，长约 69mm，长度方向对准网的纵向，熔化区对准横穿过网。（或者窄条对准横穿过网。）围位穿孔线的熔化区彼此间隔约 1.5mm，围住窗口区域的熔化区彼此间隔约 5.5mm。纸衬垫上用硅酮处理过的一面与层合膜 204 接触。采用恒定的网速，约 2-3ft/min（0.01-0.015m/s）。在离静电棒 218 约 1/2 英寸（10mm）穿过，将静电棒控制在刚好低于电弧点的条件下。网同样以类似距离通过中和棒 232。在激光辐射站 220，采用 LaserSharp 牌激光加工模块，型号为 LPM300。CO_2 激光的光斑直径约为 8 密耳（0.2mm），这样制得的吻切和通切线宽约 13-14 密耳（0.35mm）。以下类型的切割线采用如下条件：

切割线/特征	加工速度(mm/s)	频率（kHz）
吻切（CW）	1100	20
吻切（DW）	875	20
穿孔切（CW）	950	2.2
通切（DW）	600	20
熔化区（CW）	1800	20

在此表中，“CW”指横过网的方向延伸的切割线，“DW”指朝网纵向延伸的切割线。此外，功率设为100%，工作比设定为50%，每种特征下的跳跃速度设定为5000mm/s。CW吻切条件用于切割窄条的次边缘62b、62d（见图5），DW吻切条件用于切割窄条的主边缘62a、62c，以及圆形边缘64a、64b，CW穿孔条件用于打孔66，DW通切条件用于将工作部分从杂边部分分开的切割线（图8中的线256），CW熔化区条件用于熔化区68。在熔化区条件产生的熔化区中，上多层光学薄膜（即靠近第一衬垫的多层光学薄膜）沿第一衬垫完全蒸发，而下多层光学薄膜（靠近第二衬垫的多层光学薄膜）不发生变化，但其成分层发生明显的变形/起伏。

如图8所示，对于杂边部分，网的两边之一采用连续段，不同之处是在工作部分的每条边上形成内外杂边部分，如前所述。每个内杂边部分的宽度约为1/8英寸（约3mm）。可将此与网的中央工作部分做比较，该部分的宽度约为3-3.5英寸（约75-90mm）。外侧杂边部分大约宽1/2英寸（约10mm）。将外侧杂边部分同网的剩余部分分开，在激光辐射站220和中和棒232之间收集起来。在激光辐射站220网的下游，胶带234采用连续单边黏性胶带，其宽度约等于网的中央工作部分的宽度。胶带是常见的3M™油漆遮蔽带。内侧杂边部分通过压料辊233、235之后迅速与第二衬垫分离，然后连同胶带和第二衬垫一起卷在卷辊238上。各小块（条）多层光学薄膜体很容易用手从第二衬垫上取下来。经检查，各小块在激光切割边上几乎没有发生脱层现象。用手施加中等大小的张力使沿打孔线发生断裂，从而得到更小的小块。这样切割的边缘经检查后，发现有脱层现象，但没有蔓延到熔化区68。

对于本领域的技术人员来说，在不背离本发明的范围和实质的情况下，很容易对本发明做出各种改进和变通。应当理解，本发明不受限于这里所述示例性实施方式。

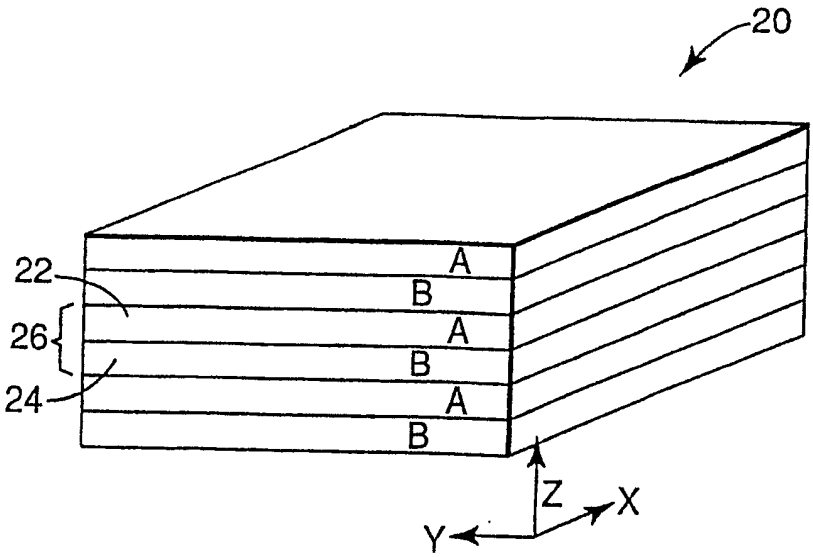


图 1

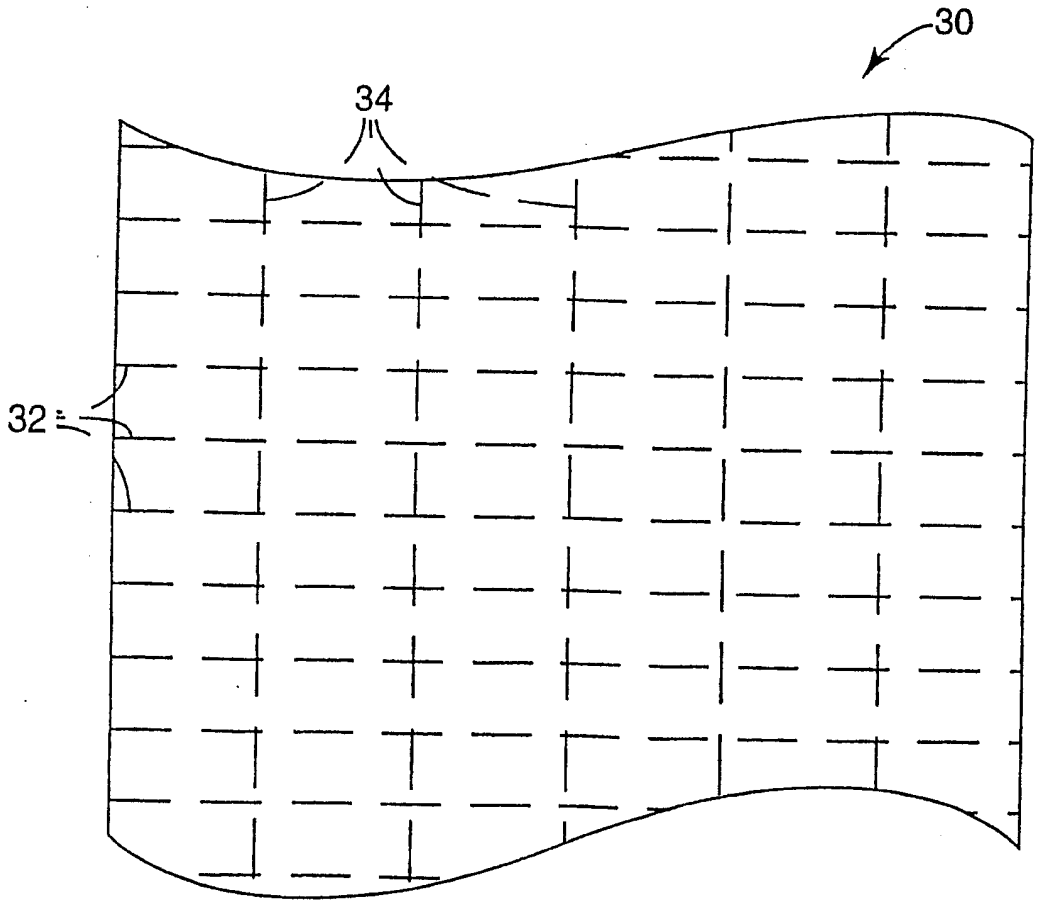


图 2

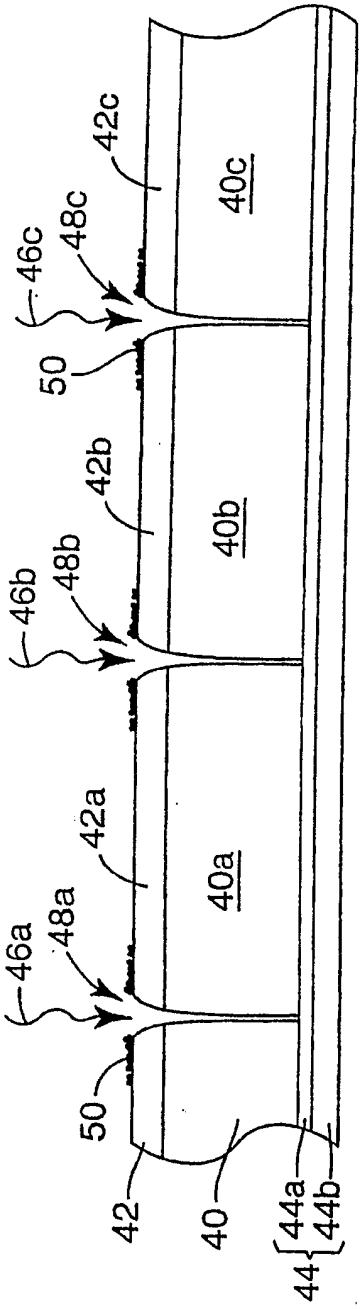

46a
48a
42a
40a
46b
48b
42b
40b
46c
48c
42c
40c
50
42
40
44
44a
44b

图 3

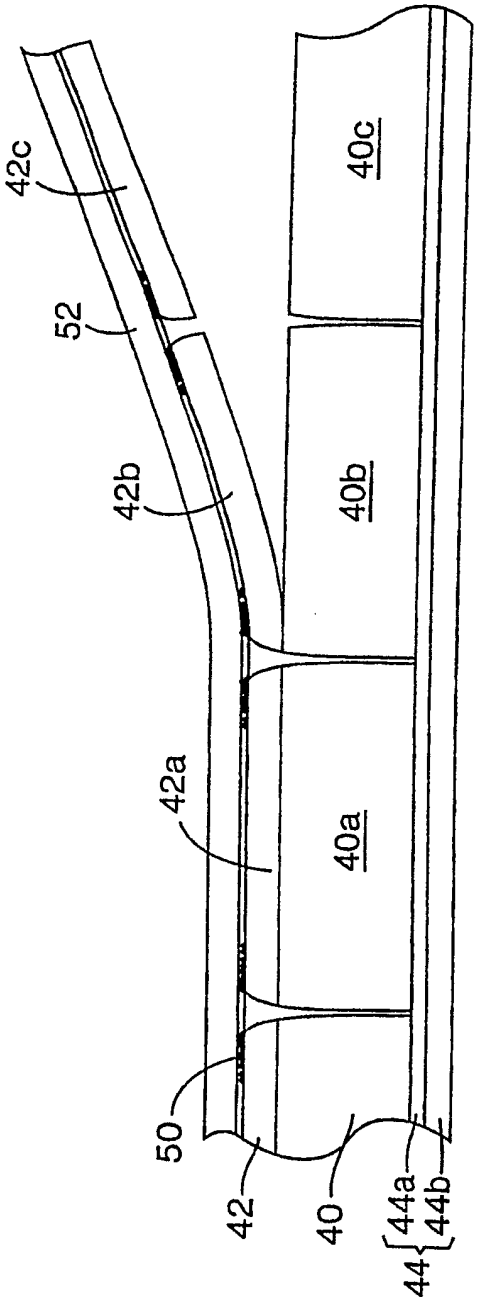

42c
52
42b
40b
40c
42a
40a
50
42
40
44
44a
44b

图 4

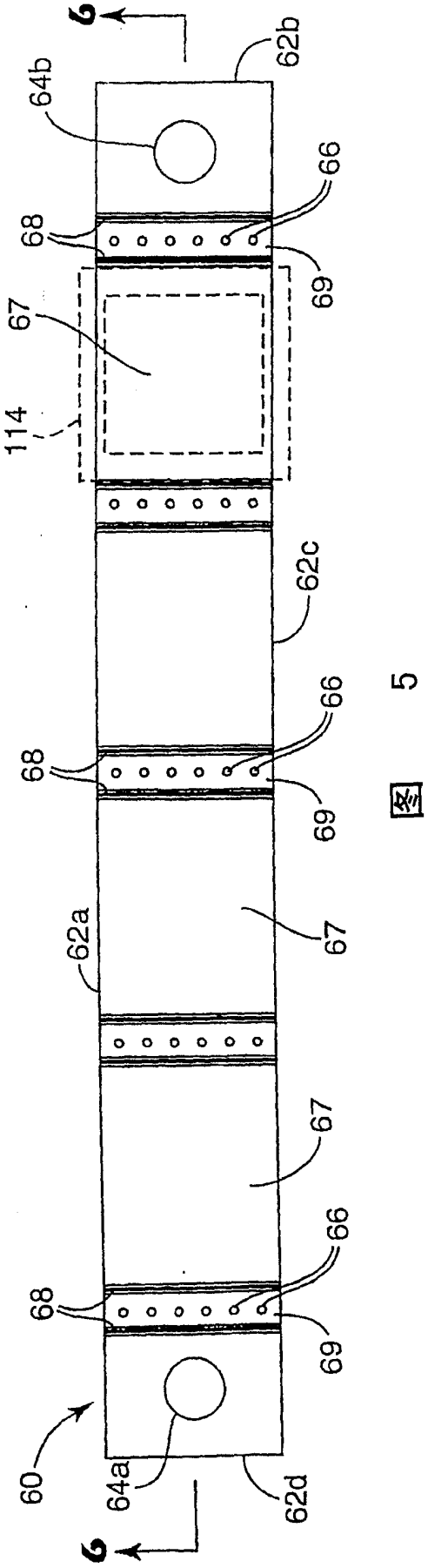

6
62b
64b
66
68
69
67
114
62c
62a
60
64a
62d

图 5

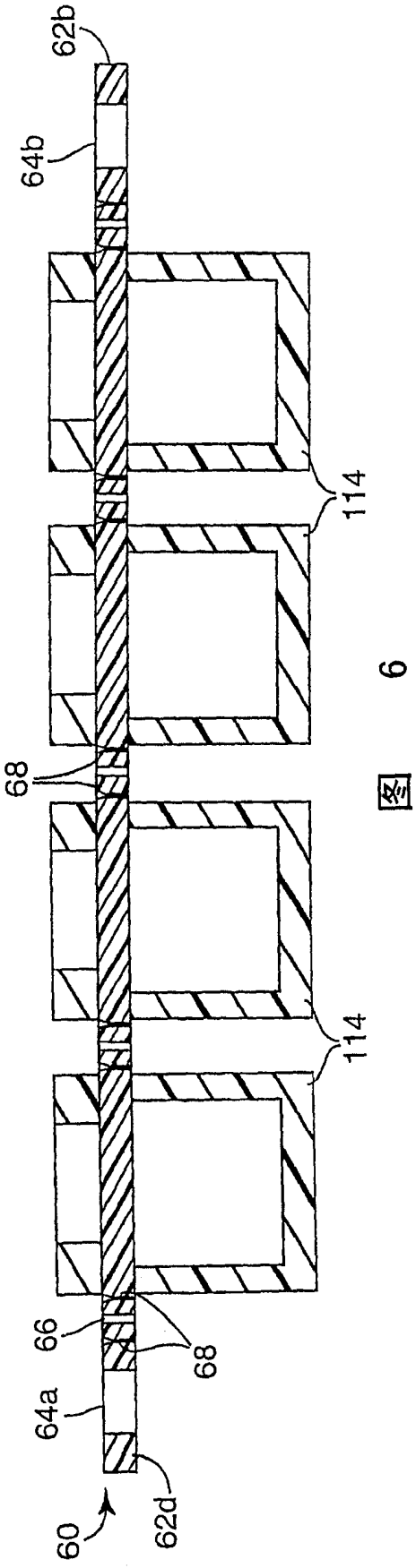

62b
64b
114
68
66
64a
60
62d

图 6

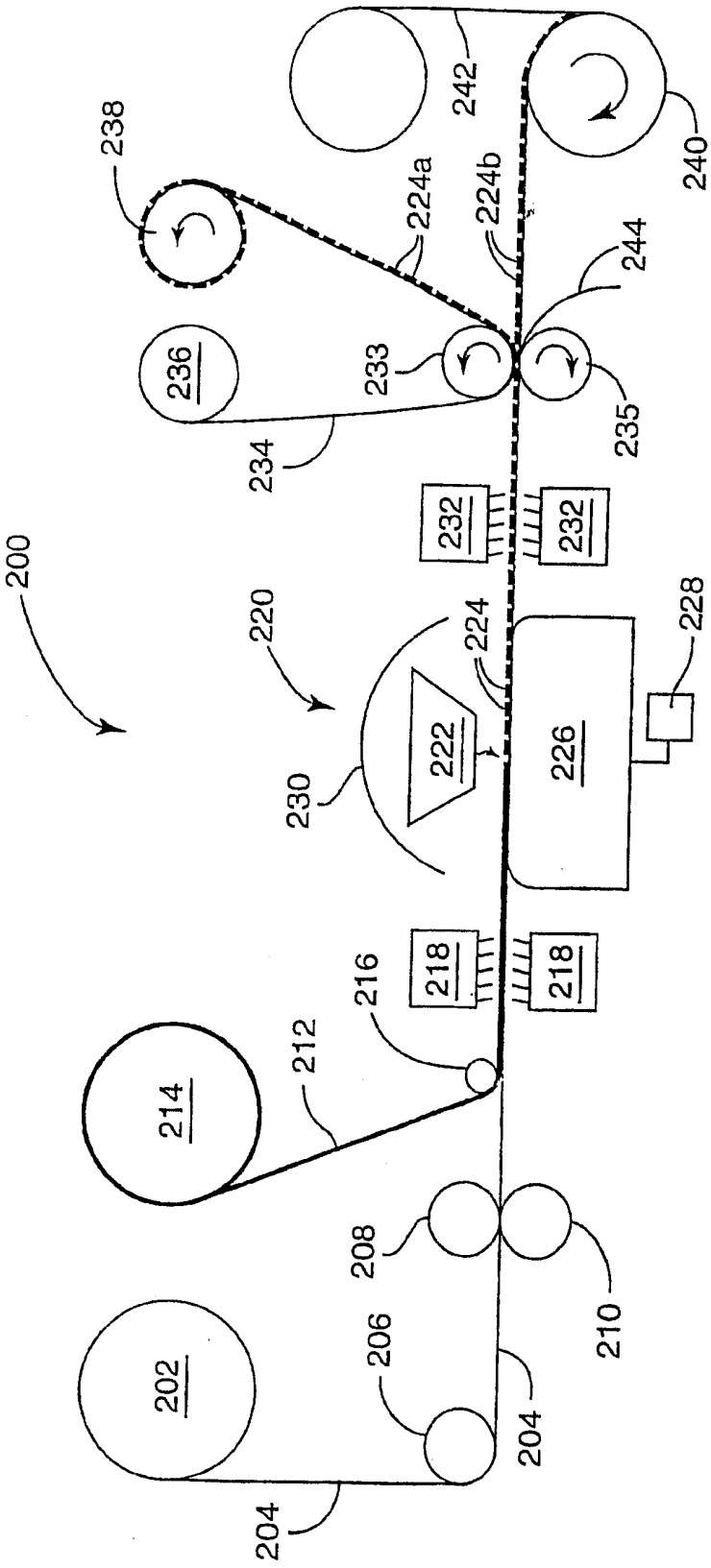

200
202
204
206
208
210
212
214
216
218
220
222
224
226
228
230
232
233
234
235
236
238
240
242
244
224a
224b

图 7

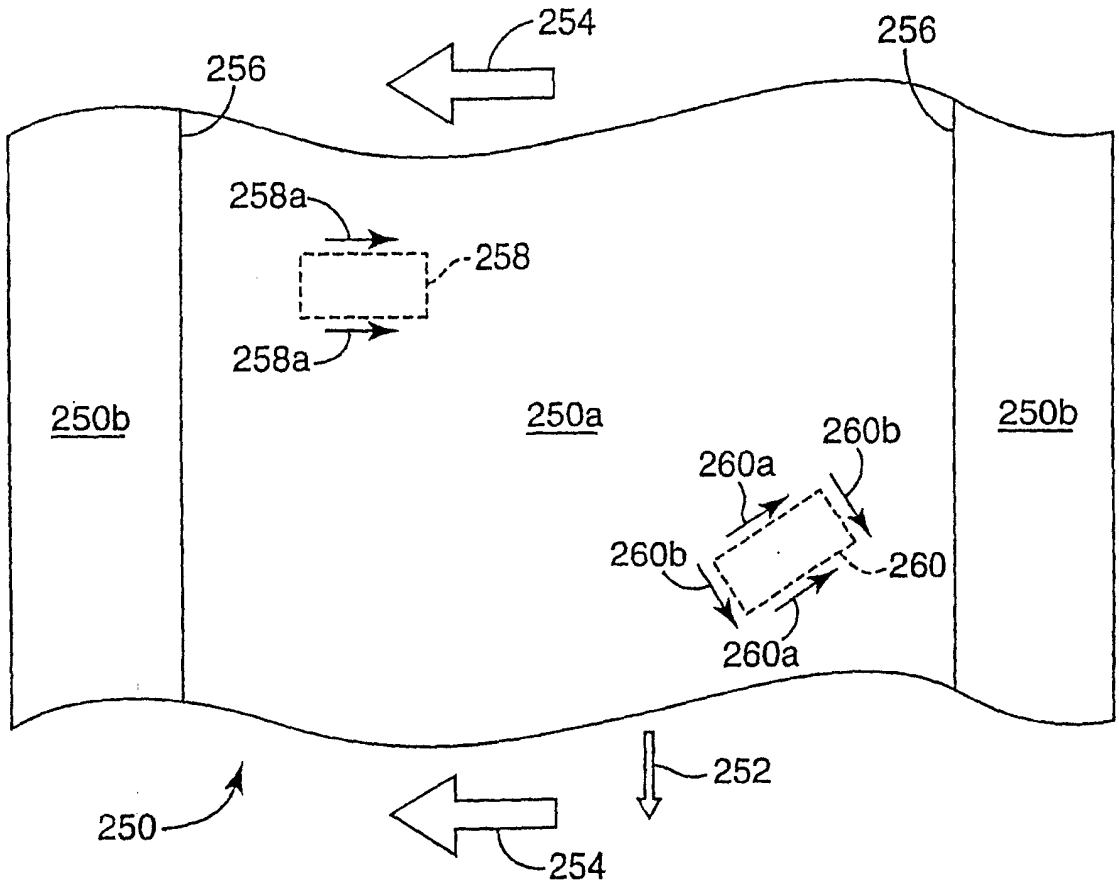

254
256
256
258a
258
258a
250b
250a
250b
260b
260a
260b
260
260a
252
250
254

图 8