

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G02B 5/30 (2006.01)

G02B 1/04 (2006.01)

G02B 6/10 (2006.01)



# [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200680006373.3

[45] 授权公告日 2009 年 6 月 24 日

[11] 授权公告号 CN 100504462C

[22] 申请日 2006.2.15

[21] 申请号 200680006373.3

[30] 优先权

[32] 2005.2.28 [33] US [31] 11/068,157

[86] 国际申请 PCT/US2006/005199 2006.2.15

[87] 国际公布 WO2006/093660 英 2006.9.8

[85] 进入国家阶段日期 2007.8.28

[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 安德鲁·J·欧德科克

理查德·C·艾伦

帕特里克·R·弗莱明

黛安娜·诺思 安德鲁·T·拉夫

克里斯廷·L·通霍斯特

[56] 参考文献

CN1063449A 1992.8.12

CN1316060A 2001.10.3

CN1212761A 1999.3.31

US2604817A 1952.7.29

US5882774A 1999.3.16

CN1212763A 1999.3.31

审查员 张文平

[74] 专利代理机构 北京天昊联合知识产权代理有限公司

代理人 丁业平 张天舒

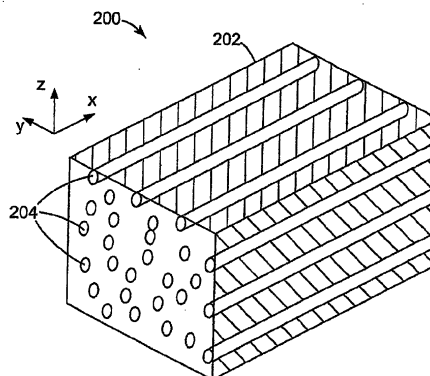
权利要求书 2 页 说明书 34 页 附图 17 页

[54] 发明名称

包含聚合物纤维的反射偏振器

[57] 摘要

本发明提供一种偏振器，其以如下方式形成：其中聚合物纤维在聚合物基质内基本平行排列。所述聚合物纤维由至少第一聚合物材料和第二聚合物材料制成。所述聚合物基质和所述第一聚合物材料和所述第二聚合物材料中的至少一者是双折射的，并且与相邻材料形成双折射界面。根据对光的偏振的敏感性，光在双折射界面处被反射和/或者散射。在一些实施方案中，所述聚合物纤维形成为复合纤维，其具有置于填充物内的多根散射聚合物纤维以形成所述复合纤维。在另一些实施方案中，所述聚合物纤维是多层聚合物纤维。所述聚合物纤维可以作为纤维织物的一部分排列于所述聚合物基质内。



1. 一种光学体，该光学体包括：

聚合物基质；和

置于所述聚合物基质内的多根聚合物纤维，其中至少一根所述聚合物纤维包括多个用于反射光线的双折射界面，所述双折射界面形成于第一聚合物材料和第二聚合物材料之间，所述第一聚合物材料和第二聚合物材料中至少一者是双折射性的，所述双折射界面在至少一根所述聚合物纤维的内部并且沿所述至少一根聚合物纤维的轴延伸，所述聚合物纤维被取向为基本与第一轴平行，沿平行于所述第一轴的方向偏振的光在所述双折射界面处的折射率差不同于沿平行于第二轴的方向偏振的光在所述双折射界面处的折射率差，所述第二轴与所述第一轴正交。

2. 根据权利要求1所述的光学体，其中所述聚合物纤维包括至少一根复合纤维，所述至少一根复合纤维包括嵌入所述第二聚合物材料内的多根由所述第一聚合物材料制成的散射聚合物纤维。

3. 根据权利要求2所述的光学体，其中至少一些所述散射聚合物纤维在所述复合纤维的横截面上排列成规则图案。

4. 根据权利要求2所述的光学体，其中至少一根所述散射聚合物纤维包括处于所述第二聚合物材料构成的连续相内的第三聚合物材料构成的分散相。

5. 根据权利要求1所述的光学体，其中所述聚合物纤维包括所述第一聚合物材料和所述第二聚合物材料的交替层。

6. 根据权利要求5所述的光学体，其中所述第一聚合物材料和所述第二聚合物材料的所述交替层是同心排列的。

7. 根据权利要求 1 所述的光学体, 其中所述聚合物纤维包括至少一种分散相纤维, 所述分散相纤维包括处于所述第二聚合物材料构成的连续相中的所述第一聚合物材料构成的分散相。

8. 根据权利要求 1 所述的光学体, 该光学体还包括纤维织物, 该纤维织物被置于所述聚合物基质内, 所述纤维织物包括所述多根聚合物纤维。

9. 根据权利要求 1 所述的光学体, 其中所述聚合物基质形成为具有至少一个结构化表面的层。

10. 一种光学体, 该光学体包括:

光学材料, 其沿第一轴具有第一折射率  $n_x$ , 沿垂直于所述第一轴的第二轴具有第二折射率  $n_y$ ; 和

延伸的聚合物纤维, 其平行于所述第一轴置于所述光学材料内; 所述聚合物纤维包括第一双折射材料, 该第一双折射材料沿所述第一轴延伸, 并且沿所述第一轴具有第一折射率  $n_{1x}$ 、沿所述第二轴具有第二折射率  $n_{1y}$ , 其中  $n_{1x}$  不同于  $n_{1y}$ ; 所述延伸的聚合物纤维包含第二材料, 该第二材料沿所述第一轴延伸, 并且沿所述第一轴具有第一折射率  $n_{2x}$ 、沿所述第二轴具有第二折射率  $n_{2y}$ ; 所述光学体对沿所述第一轴偏振的入射光的散射与对沿所述第二轴偏振的入射光的散射不同。

## 包含聚合物纤维的反射偏振器

### 技术领域

本发明涉及聚合物光学膜，更具体地说，涉及包含聚合物纤维的反射型偏振聚合物光学膜。

### 背景技术

非偏振光波在大量平面上绕光束轴振动。如果光波仅在一个平面内振动，该光被称为平面偏振光。采用偏振光可以实现多个有用的光学系统。例如，用偏振光对诸如液晶显示器等的电光器件进行照明和采用正交偏振器与可寻址的液晶夹层结合以提供成像显示的基础。在摄影领域中，采用了偏振滤光片来减少镜面反射造成的炫光和亮度。偏振滤光片、圆偏振片及其它光学元件也可以用于减少显示装置屏幕上的炫光。

可以采用多种不同种类的偏振膜使非偏振光起偏。吸收（二向色型）偏振器具有排列于聚合物基质中的偏振相关吸收体（通常为含碘链）作为掺杂物相。该膜吸收其电场矢量与吸收体平行的偏振光并透过其电场矢量与吸收体垂直的偏振光。该膜的光学特性通常为镜面，几乎没有穿过该膜的漫透射，也几乎没有来自该膜表面的漫反射。

另一种偏振膜是反射偏振器，其透射一个偏振态的光而反射另一个偏振态的光从而分离出处于不同偏振态的光。一种反射偏振器为多层光学膜（MOF），该膜是由多层交替聚合物材料的叠堆形成的。一种材料为光学各向同性的而另一种为双折射的，双折射材料的折射率之一与各向同性材料的折射率相匹配。可以使叠堆中的各层厚度不同，以使其在宽的波长范围内（例如在可见光范围内）可作为四分之一波片层。处于一种偏振态的入射光由于匹配的折射率而基本以镜面透射方式透过偏振器。然而，处于另一个偏振态的入射光，在不同膜层之间的界面上，经历多次相干或者非相干反射并由偏振器反射。因

为交替聚合物层基本为平面，所以反射光线大部分为镜面反射。

另一种反射型偏振膜是由分散于连续相基质内的掺杂物构成的。相对于膜的宽度和高度，掺杂物较小。可以利用这些掺杂物的特性使得膜具有多种反射和透射性能。该掺杂物构成连续相基质内的分散聚合物相。可以通过拉伸膜来改变掺杂物的尺寸和排列。连续相和分散相两者之一为双折射的，双折射材料的折射率之一与光学各向同性的另一个相的折射率相匹配。选择连续相和分散相的材料以及拉伸程度可以影响分散相和连续相之间双折射率的失配程度。其它可以调整的特性包括根据波长调整膜内掺杂物的尺寸、掺杂物形状和掺杂物体积填充因子。这些系统中，经历分散相和连续相之间折射率失配的偏振光被漫反射，而正交偏振光被镜面透射。

## 发明概述

本发明的一个具体实施方案涉及光学体，其包括聚合物基质和多根置于聚合物基质内的聚合物纤维。所述聚合物纤维中的至少一根包括多个用于反射光的双折射界面。双折射界面形成于第一聚合物材料和第二聚合物材料之间，所述第一聚合物材料和所述第二聚合物材料的至少一者为双折射性的。所述双折射界面在所述聚合物纤维内并且沿所述聚合物纤维的轴延伸。所述聚合物纤维的取向基本平行于第一轴。平行于所述第一轴偏振的光在所述双折射界面处的折射率差不同于平行于第二轴偏振的光在所述双折射界面处的折射率差，所述第二轴与所述第一轴正交。

本发明的另一个实施方案涉及光学体，所述光学体包括这样的光学材料，该光学材料沿第一轴具有第一折射率  $n_x$ ，沿垂直于所述第一轴的第二轴具有第二折射率  $n_y$ 。延伸的聚合物纤维平行于所述第一轴置于所述光学材料内。所述聚合物纤维包括第一双折射材料，其沿所述第一轴延伸，并且沿所述第一轴具有第一折射率  $n_{1x}$ 、沿所述第二轴具有第二折射率  $n_{1y}$ ，其中  $n_{1x}$  不同于  $n_{1y}$ 。所述延伸的聚合物纤维包括第二双折射材料，其沿所述第一轴延伸，并且沿所述第一轴具有第一折射率  $n_{2x}$ 、沿所述第二轴具有第二折射率  $n_{2y}$ 。所述光学

体对沿所述第一轴偏振的入射光的散射与对沿所述第二轴偏振的入射光的散射不同。

本发明的另一个实施方案涉及光学体，该光学体包括聚合物基质和置于所述聚合物基质内的多根聚合物纤维。所述聚合物纤维中的至少一个包括多个延伸的双折射散射装置以用于散射入射光，所述散射装置被置于所述聚合物纤维内部。

以上发明概述无意描述本发明的每个示出的实施方案或者每个实施方式。下述附图和发明详述更详细示例出这些实施方案。

## 附图说明

结合附图考虑以下对本发明多个实施方案的详细描述可以更全面地理解本发明，其中：

图 1A 和图 1B 示意性示出分别具有镜面反射和漫反射特性的偏振器。

图 2 示意性示出根据本发明原理的偏振器实施方案的部分切除视图。

图 3A—图 3D 示意性示出根据本发明原理的光学元件实施方案的剖视图。

图 3E 示意性示出根据本发明原理的其中聚合物纤维不全平行的光学元件实施方案。

图 3F—图 3H 示意性示出根据本发明原理的光学元件实施方案的剖视图。

图 3I—图 3M 示意性示出根据本发明原理的具有结构化表面的光学元件实施方案的剖视图。

图 4A—图 4C 示意性示出根据本发明原理的多层纤维的剖视图。

图 4D—图 4G 示意性示出根据本发明原理的采用多层纤维的偏振器的剖视图。

图 5A—图 5K 示意性示出根据本发明原理的复合纤维实施方案的剖视图。

图 6A—图 6I 示意性示出根据本发明原理的复合纤维实施方案

的剖视图。

图 7 示出光散射效率随散射纤维半径变化的曲线。

图 8A 示意性示出根据本发明原理的分散相双折射聚合物纤维的实施方案。

图 8B 示意性示出根据本发明原理的分散相双折射复合聚合物纤维的实施方案。

图 9 示意性示出用于根据本发明原理的偏振器中的聚合物纤维纱。

图 10A—图 10D 示意性示出制造根据本发明原理的聚合物纤维光学元件的方法的实施方案中的步骤。

图 11 示意性示出在制造根据本发明原理的聚合物纤维光学元件的方法的实施方案中使用的纤维束。

图 12 示意性示出在制造根据本发明原理的聚合物纤维光学元件的方法的实施方案中使用的纤维织物。

图 13A 和图 13B 示意性示出可以用于根据本发明原理的聚合物纤维光学元件的聚合物纤维织物实施方案的剖视图。

图 14 示出可以用于根据本发明原理的偏振器的散射纤维的剖面相片。

虽然本发明可以有各种修改和替代形式，但是在附图中作为示例显示了本发明的细节，并且在下面将进行详细说明。然而，应该理解，其意图并非将本发明限于所述具体实施方案。相反，其意图在于包括由所附权利要求书所限定的本发明的精神和范围内的所有修改、等同形式和替代形式。

## 具体实施方式

本发明适用于光学系统，更特别适用于偏振光学系统。

如文中所述，术语“镜面反射”和“镜面反射性”是指光线从物体反射时其反射角基本与入射角相等的情况，所述角是相对于该物体表面的法线测量的。换言之，当光线以特定的角度分布入射到物体上时，其反射光线基本具有相同的角度分布。术语“漫反射”或者“漫

反射性”是指一些反射光线的角度与入射光线角度不相等的光线反射的情况。因此，当光以特定的角度分布入射到物体上时，反射光线的角度分布与入射光线的角度分布不同。术语“全反射性”或者“全反射”是指全部光线的反射，包括镜面反射和漫反射之和的情况。

相类似的是，本文所用的术语“镜面透射”和“镜面透射性”指光线透过物体的一种透射情况，其中透射光线的角度分布基本与入射光线的角度分布相同。采用术语“漫透射”和“漫透射性”描述光线透过物体的一种透射情况，其中透射光线的角度分布与入射光线的角度分布不同。术语“全透射”或者“全透射性”是指全部光线的透射，包括镜面透射和漫透射之和的情况。

图 1A 和图 1B 示意性示出呈膜的形式反射偏振器。在本文采纳的约定中，该膜的厚度方向作为  $z$  轴， $xy$  平面与膜的平面平行。当非偏振光 102 入射到偏振器 100 上时，偏振方向与偏振器 100 透射轴方向平行的光 104 被透射，而偏振方向与偏振器 100 反射轴方向平行的光 106 被反射。反射光线的角度分布与偏振器 100 的多种特性有关。例如，在一些示例性实施方案中，如图 1A 示意性示出，光 106 可能被镜面反射，而在另一些实施方案中，如图 1B 示意性示出，光 106 可能被漫反射。在另外一些实施方案中，反射光线可以同时包括镜面反射和漫反射成分。在示出的实施方案中，偏振器的透射轴与  $x$  轴平行而偏振器 100 的反射轴与  $y$  轴平行。在另一些实施方案中，上述轴方向可以设置成相反的形式。透射光 104 可以被镜面透射、漫透射，或者可以以兼具镜面透射和漫透射成分的形式透射。

图 2 示意性示出本发明示例性实施方案的反射偏振器主体的部分切除视图。光学体 200 包括聚合物基质 202（也被称为连续相）。聚合物基质可以为光学各向同性的或者为光学双折射的。例如，聚合物基质可以为单轴或者双轴双折射的，即是说，聚合物的折射率可以在一个方向不同而在两个正交方向上近似（单轴情况）或者在三个正交方向上都不相同（双轴情况）。

聚合物纤维 204 置于基质 202 内部。聚合物纤维 204 包括至少两种材料。在一些示例性实施方案中，其中一种材料是双折射的而另

外的一种材料或多种材料是各向同性的。在另一些实施方案中，形成纤维的两种或者更多种材料是双折射的。另外，在另一些实施方案中，形成纤维的材料是各向同性的。在另一些实施方案中，各向同性的和双折射的聚合物纤维 204 都可以置于基质 202 内部。

聚合物纤维 204 可以如图所示以单根纤维排列于基质 202 内部，或者以其它多种形式排列。一些示例性排列包括：纱；在聚合物基质内沿一个方向排列的纤维束或者纱束；织物；非织造织物；短切纤维；短切纤维毡片（以无规或者有序的形式）；或者这些形式的组合。可以对短切纤维毡片拉伸、施加应力或者取向，以使得非织造织物或者短切纤维毡片按一定程度对齐排列，而不是使纤维无规排列。

第一纤维材料在 x 轴、y 轴和 z 轴方向的折射率可以表示为  $n_{1x}$ 、 $n_{1y}$  和  $n_{1z}$ ，而第二纤维在 x 轴、y 轴和 z 轴方向的折射率可以表示为  $n_{2x}$ 、 $n_{2y}$  和  $n_{2z}$ 。当材料为各向同性时，x 轴、y 轴和 z 轴上的折射率都基本匹配。当第一纤维材料为双折射时，x 轴、y 轴和 z 轴上折射率中的至少一个与它的不同。

在每一根纤维 204 内的第一纤维材料和第二纤维材料间具有多个界面。当形成界面的材料中至少一个为双折射时，该界面被称为双折射界面。例如，如果两种材料在界面处具有 x 折射率和 y 折射率，而且  $n_{1x} \neq n_{1y}$ ，即第一材料是双折射的，那么界面是双折射的。下面讨论包含双折射界面的聚合物纤维的不同示例性实施方案。

通常纤维 204 被设置为与一个轴（如图示出的 x 轴）平行。对于沿平行 x 轴的方向偏振的光，在纤维 204 内的双折射界面处的折射率差为  $n_{1x} - n_{2x}$ ，对于沿平行 y 轴的方向偏振的光，该折射率差为  $n_{1y} - n_{2y}$ ，两者可能不同。这样，对于一种偏振态，纤维 204 内的双折射界面处折射率之差可能相对较小。一些示例性情况下，折射率差可能小于 0.05。这种情况被认为是基本上折射率匹配的情况。该折射率差可能小于 0.03、小于 0.02、或者小于 0.01。如果偏振方向平行于 x 轴，那么 x 轴偏振光几乎没有反射地或者完全没有反射地透过主体 200。换言之，x 偏振光高透射地透过主体 200。

对于处于垂直偏振态的光，纤维内双折射界面处的折射率差可

能相对较高。在一些示例性实施方案中，折射率差可能至少为 0.05，而且可能更高，例如为 0.1、或者 0.15 或者可能为 0.2。如果偏振方向与 y 轴平行，那么 y 轴偏振光在双折射界面被反射。这样，主体 200 反射 y 轴偏振光。如果纤维 204 内的双折射界面基本互相平行，那么其反射主要为镜面反射。另一方面，如果纤维 204 内双折射界面基本相互不平行，那么反射基本为漫反射。一些双折射界面可以平行，而另一些界面可以不平行从而使得反射光线中既有镜面反射成分也有漫反射成分。同时，双折射界面可以为弯曲的，或者相对小的（即在入射光波长数量级范围内），这样可以引起漫散射。

上述示例性实施方案示出 x 方向的折射率匹配、而 y 方向上折射率差相对较大的情况，另一些示例性实施方案包括 y 方向的折射率匹配、而 x 轴方向上折射率差相对较大的情况。

聚合物基质 202 可以为基本光学各向同性的，例如具有的双折射的折射率差  $n_{3x}-n_{3y}$  小于大约 0.05，并优选地小于 0.01，其中在基质中在 x 轴方向和 y 轴方向的折射率分别为  $n_{3x}$  和  $n_{3y}$ 。在另一些实施方案中，聚合物基质 202 可以是双折射的。这样，在一些实施方案中，在不同方向上，聚合物基质和纤维材料之间的折射率差可以不同。例如，x 轴折射率差  $n_{1x}-n_{3x}$  可以与 y 轴折射率差  $n_{1y}-n_{3y}$  不同。在一些实施方案中，这些折射率差之一可以是其它折射率差的至少两倍。

在一些实施方案中，折射率差、双折射界面的大小和形状和双折射界面的相对位置可以使入射偏振光中的一种偏振态比其它偏振态发生更多的漫散射。这样的散射可以主要为反向散射（漫反射）、前向散射（漫透射）或者反向和前向散射的组合。

适用于聚合物基质和/或者纤维中的材料包括可以透过所需光波范围的热塑性和热固性的聚合物。在一些实施方案中，可能特别有用的是，聚合物不溶于水。此外，合适的聚合物材料可以是无定形或者半结晶态的，而且可以包括均聚物、共聚物或者其共混物。聚合物材料的实例包括（但不限于）：聚碳酸酯(PC)；间同立构和全同立构聚苯乙烯(PS)；C1-C8 烷基苯乙烯；含烷基、芳香基和脂肪族环的(甲基)丙烯酸酯，包括聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)和 PMMA 共聚物；乙

氧基化和丙氧基化(甲基)丙烯酸酯；多官能(甲基)丙烯酸酯；丙烯酸酯环氧树脂；环氧树脂；和其它烯键不饱和式材料；环烯烃和环烯烃共聚物；丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物(ABS)；苯乙烯-丙烯腈共聚物(SAN)；环氧树脂；聚(乙烯环己烷)；PMMA/聚氟乙烯共混物；聚苯醚合金；苯乙烯嵌段共聚物；聚酰亚胺；聚砜；聚(氯乙烯)；聚二甲基硅氧烷(PDMS)；聚氨酯；不饱和聚酯；聚乙烯，包括低双折射聚乙烯；聚丙烯(PP)；聚对苯二甲酸烷醇酯，例如聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)；聚萘二甲酸烷醇酯，例如聚萘二甲酸乙二醇酯(PEN)；聚酰胺；离聚物；乙酸乙烯酯/聚乙烯共聚物；纤维素乙酸酯；乙酸丁酸纤维素；含氟聚合物；聚苯乙烯-聚乙烯共聚物；PET 和 PEN 共聚物，包括聚烯烃 PET 和 PEN；和聚(碳酸酯)/脂肪族 PET 共混物。术语(甲基)丙烯酸酯的定义是对应的甲基丙烯酸酯或者丙烯酸酯化合物。除了间同立构 PS，这些聚合物可以以光学各向同性的形式使用。

当进行取向后，这些聚合物中的几种可能变成是双折射的。特别是取向后的 PET、PEN 和其共聚物和液晶聚合物表现出相对较大的双折射值。可以采用不同方法使聚合物取向，包括挤出和拉伸。拉伸是用于将聚合物取向的特别有用的方法，因为它允许高度取向并由大量容易控制的外部参数（例如温度和拉伸率）控制。下表 1 中提供了大量取向和未取向的示例性聚合物的折射率。

表 1 一些聚合物材料的典型的折射率值

| 树脂/共混物       | S.R. | T(°C) | $n_x$     | $n_y$ | $n_z$ |
|--------------|------|-------|-----------|-------|-------|
| PEN          | 1    | -     | 1.64      |       |       |
| PEN          | 6    | 150   | 1.88      | 1.57  | 1.57  |
| PET          | 1    | -     | 1.57      |       |       |
| PET          | 6    | 100   | 1.69      | 1.54  | 1.54  |
| CoPEN        | 1    | -     | 1.57      |       |       |
| CoPEN        | 6    | 135   | 1.82      | 1.56  | 1.56  |
| PMMA         | 1    | -     | 1.49      |       |       |
| PC、CoPET 共混物 | 1    | -     | 1.56      |       |       |
| THV          | 1    | -     | 1.34      |       |       |
| PETG         | 1    | -     | 1.56      |       |       |
| SAN          | 1    | -     | 1.56      |       |       |
| PCTG         | 1    | -     | 1.55      |       |       |
| PS、PMMA 共聚物  | 1    | -     | 1.55-1.58 |       |       |
| PP           | 1    | -     | 1.52      |       |       |
| 间同立构 PS      | 6    | 130   | 1.57      | 1.61  | 1.61  |

PCTG 和 PETG（乙二醇改性的聚对苯二甲酸乙二醇酯）是共聚酯类，例如可得自位于美国田纳西州 Kingsport 市的 Eastman Chemical 公司，商标名为 Eastar<sup>TM</sup>。THV 是四氟乙烯、六氟丙烯和偏二氟乙烯的聚合物，可得自位于美国明尼苏达州 St. Paul 市的 3M 公司，商标名为 Dyneon<sup>TM</sup>。PS/PMMA 共聚物是一种共聚物的实例，可以通过改变共聚物中的构成单体的比率来“调谐”该共聚物的折射率，以得到所需的折射率值。标为“S.R.”的一列示出了拉伸率。拉伸率为 1 表示材料未拉伸且未取向。拉伸率为 6 表示样品拉伸到原来长度的 6 倍。如果在正确的温度下拉伸，聚合物分子就被取向并且材料变为双折射的。然而拉伸材料可能并不能使分子取向。标为“T”的一列表示拉伸样品时的温度。拉伸材料被拉伸成板状。标为  $n_x$ 、 $n_y$  和  $n_z$  的列表示材料的折射率。在表中没有列出  $n_y$  和  $n_z$  值的情况表示  $n_y$  和  $n_z$

的值与  $n_x$  的值相同。

拉伸纤维时的折射率变化情况应该与拉伸板时的折射率变化情况相近，但不需要相同。可以拉伸聚合物纤维到任何需要的值以得到需要的折射率值。例如，可以拉伸一些聚合物纤维以得到至少为 3（也可以至少为 6）的拉伸率。在一些实施方案中，可以进一步拉伸聚合物纤维，例如使拉伸率高达 20，甚至更高。

拉伸至得到双折射的合适温度大约是聚合物熔化点（单位：开尔文）的 80%。也可以通过在挤出和成膜过程中聚合物熔体流动导致的应力来得到双折射。也可以通过与相邻表面（例如膜制品中的纤维）对准而得到双折射。双折射可以为正的也可以为负的。正双折射的定义为线偏振光的电场轴方向在与聚合物的取向或者与对准表面平行时折射率最大的情况。负双折射定义为线偏振光的电场轴方向在与聚合物的取向或者与对准表面平行时折射率最小的情况。正双折射聚合物的实例包括 PEN 和 PET。负双折射聚合物的实例包括间同立构聚苯乙烯。

基质 202 和/或者聚合物纤维 204 可以具有多种添加剂以使得光学体 200 具有所需性能。例如，该添加剂可以包括下述材料中的一种或者多种：抗天候老化剂、UV 吸收剂、受阻胺光稳定剂、抗氧化剂、分散剂、润滑剂、抗静电剂、颜料或者染料、成核剂、阻燃剂和起泡剂。可以采用其它添加剂以改变聚合物折射率或者增加材料的强度。这样的添加剂可以包括（例如）：诸如聚合物小珠或者颗粒和聚合物纳米颗粒等有机添加剂，或者诸如陶瓷或者金属氧化物纳米颗粒或者磨碎的、粉末状的、珠状的、薄片状的或者微粒状的玻璃、陶瓷或者玻璃陶瓷等的无机添加剂。这些添加剂的表面可以具有用于粘结聚合物的粘结剂。例如可以使硅烷偶联剂与玻璃添加剂结合使用以使玻璃添加剂与聚合物粘结。

在一些实施方案中，优选的是，基质 202 或者聚合物纤维 204 的成分为非溶性的或者至少为耐溶剂的。合适的耐溶剂的材料的实例包括聚丙烯、PET 和 PEN。在另一些实施方案中，优选的是基质 202 或者聚合物纤维 204 的成分在有机溶剂中可溶解。例如由聚苯乙烯形

成的基质 202 或者纤维成分可以溶解于诸如丙酮等的有机溶剂。例如由聚乙酸乙烯酯形成的基质 202 或者纤维成分可溶解于水。

在一些光学元件的实施方案中，材料的折射率在  $x$  方向上沿纤维的长度改变。例如，该元件可能没有经历均匀拉伸，而是可能在一些区域经历的拉伸程度大于其它区域。因此，可取向材料的取向度沿元件不均匀，并且双折射性可能沿元件在空间上改变。

此外，将纤维引入基质可以提高光学元件的机械性能。具体而言，一些聚合物材料（例如聚酯）的纤维形式比膜形式具有更高的强度，这样包含纤维的光学元件可以比不包含纤维的大小相近的元件具有更高的强度。

聚合物纤维 204 可以是直的，但是不必是直的，例如聚合物纤维 204 可以纽结、盘旋或者压褶。

聚合物纤维 204 可以多种不同方式布置在基质 202 内。例如，纤维 204 可以在基质 202 的横截面区域中无规则地定位：如图 2， $y$ - $z$  平面上不同纤维 204 的位置是无规的。可以采用其它横截面布置方式。例如，如图 3A 示意性示出的示例性实施方案，其示出光学元件 300 的横截面，纤维 304 在基质 302 内以一维阵列方式排列。在本实施方案的一些变体中，相邻纤维 304 之间的间隔不需要对所有纤维 304 都相同。光学元件 300 可以是偏振器。

在另一个示例性实施方案中，如图 3B 示意性示出的光学元件 310 的横截面，纤维 314 在基质 312 内以二维阵列方式排列。在所示实施方案中， $y$  方向上相邻纤维 314 之间的间距  $h_y$  与  $z$  方向上相邻纤维之间的间距  $h_z$  相同。但也不需如此，如图 3C 示意性示出， $z$  方向上的间距  $h_z$  可以与  $y$  方向上的间距  $h_y$  不同。光学元件 310 可以是偏振器。

在另一个实施方案中，例如如图 3D 中示意性示出，纤维 314 可以在相邻两排之间偏置，形成六边形填充排列的纤维图案。可以采用纤维 314 的另一种规则图案或者可以采用纤维 314 的不规则图案。

纤维 314 可以都基本与  $x$  轴平行，但并不必如此，一些纤维 314

可以与 x 轴成或大或小的夹角设置。例如，如图 3D 所示的光学元件 310 实例中，如图 3E 进一步示出，纤维 314 的第一排 316a 的取向使得纤维 314 在平行 yz 面的平面内相互平行设置，但是其相对于 x 轴以第一角  $\theta_1$  设置。第二排 316b 中的纤维 314 在平行 yz 面的平面内相互平行设置，但是其相对于 x 轴以第二角  $\theta_2$  设置，该角不必与第一角相同。同样，第三排 316c 中的纤维 314 在平行 yz 面的平面内相互平行设置，但是其相对于 x 轴以第三角  $\theta_3$  设置。第三角可以与也可以不与第一或者第二角相等。所示实施方案中， $\theta_3$  值等于 0，而第三排 316c 中的纤维 314 与 x 轴平行。然而  $\theta_1$ 、 $\theta_2$  和  $\theta_3$  的差值可以取到 90 度。

当排列于一排的纤维对于处于第一波段的光有效、而排列于另一排的纤维对于处于第二波段（不同于第一波段）的光有效时，这样的排列方式特别有用。考虑该示例性实例，其中第一排 316a 中的纤维 314 对于处于红光带宽内的反射偏振光有效，而第二排 316b 中的纤维 314 对于处于蓝光带宽内的反射偏振光有效。因此，如果以红光和蓝光的混合光照射光学元件 310，纤维 314 的第一排 316a 将透过所有蓝光同时透射以角度  $\theta_1$  偏振的红光。纤维 314 的第二排 316b 将透过以角度  $\theta_1$  偏振的红光同时透射平行于角度  $\theta_2$  偏振的蓝光。如果角度  $\theta_1$  和  $\theta_2$  相差 90 度，元件 310 将透射处于某一偏振态的红光和处于垂直偏振态上的蓝光。同样，被反射的蓝光的偏振方向也与被反射的红光的偏振方向正交。可以理解到可以将不同数量的纤维 314 排以各自角度排列，并用于各自的色带。

在一些实施方案中，纤维 314 的密度可以在光学元件 300 和光学元件 310 内为常量，或者可以在光学元件 300 和光学元件 310 内变化。例如，纤维 314 的密度从光学元件 300 和光学元件 310 的一侧开始减小，也可以以其它方式变化。为了进一步示出该特性，图 3F 示意性示出光学元件 310 的实施方案，其中纤维 314 的密度沿横贯元件 310 的方向改变。具体而言，对于沿横贯元件 310 的方向 y 方向的所有位置，y 方向上相邻纤维之间的间隔不为常量。图 3G 示意性示出光学元件 310，其中纤维 314 的密度沿元件 310 的纵切方向改变。具

体而言，对于沿元件 310 纵切方向  $z$  方向的所有位置， $z$  方向上相邻纤维之间的间隔不为常量。可能存在其它变体，例如，最相邻纤维之间的间隔可能同时在  $y$  方向和  $z$  方向上改变。

图 3H 示意性示出另一个实施方案，其中光学元件 320 具有嵌入基质 322 的聚合物纤维 324。在这个特定实施方案中，一个区域中的相邻纤维 324 之间中心距减小，该区域位于该图中部（相对于两侧的相邻区域而言）。因此，该区域的填充因子增加，填充因子即由纤维 324 占据的元件 320 横截面面积的分数的。填充因子的这种变化可以用于（例如）提高由光源 326 发射并透过元件 320 的光的均匀性。例如，在元件 320 包含于由离散光源照亮的直视屏中时，这可能是重要的：该装置中，重要的是为观众提供照度均匀的图像。当光源置于均匀漫射器后时，透过漫射器的光线在光源的上部亮度最高。如图 3H 中所示填充因子的变化可以用于增加光源 326 正上方的漫射量，从而减少透射光强度的非均匀性。

本发明的光学元件可以具有平坦表面，例如如图 1A 和图 1B 中所示的平行于  $xy$  平面的平坦表面。该元件也可以包括一个或者多个结构化表面，以提供所需光学效应，使光线透过偏振器或者由偏振器反射。例如，如图 3I 示意性示出的示例性实施方案中，光学元件 330（可以为偏振器）由包含大量聚合物纤维 334 的基质 332 形成并可能具有一个或者多个曲面 336。曲面 336 为透过表面 336 的光提供光焦度（聚焦或者离焦）。在示出的实施方案中，射线 338 代表光线实例，其偏振方向平行于光学元件 330 的透射轴并由弯曲折射表面 336 聚焦。在另一些示例性实施方案中，光线穿过元件 330 的入射表面进入元件 330，该入射表面可以为弯曲的，或者可以为其它表面结构。此外，出射表面可具有表面结构，透射光线透过该表面射出光学元件 330。表面结构的实例包括诸如菲涅耳透镜结构等的结构。该结构也可以为透过结构化表面的光线提供光焦度。

除了弯曲区域以外或者为代替弯曲区域，入射表面和/或出射表面的结构化表面也可以包括直纹区域。例如，在另一个示例性实施方案中，如图 3J 示意性示出，由包含聚合物纤维 334 的基质 342 形成

的光学元件 340 可以具有棱柱形结构化表面 346, 该表面被称为亮度增强表面。亮度增强表面通常用于例如背光照明的液晶显示器, 以减小照射显示板的光的锥角, 从而为观察者增大轴上亮度。图中示出非垂直入射到元件 340 的两条光线 348 和 349 作为例子。光线 348 处于由元件 340 透射的偏振态, 并由结构化表面 346 转向 z 轴。光线 349 处于由元件 340 漫反射的偏振态。设置亮度增强表面使得棱柱结构与纤维 344 平行, 并且如图所示与 x 轴平行。在另一些实施方案中, 棱柱结构相对于纤维方向以其它角度设置。例如, 棱脊与 y 轴平行设置, 垂直于纤维, 或者与 x 轴和 y 轴以一定夹角设置。

可以采用合适的方法在基质上形成结构化表面。例如, 在基质表面与诸如微复制工具等的工具的表面接触时固化该基质, 该工具表面在聚合物基质表面上产生所需形状。

聚合物纤维可存在于光学元件的不同区域。如图 3J, 聚合物纤维 344 不位于由结构化表面 346 形成的结构 347 内, 而是仅仅位于元件 340 的主体 341 内。在另一些实施方案中, 聚合物纤维 344 的分布不同。例如, 在光学元件 350 中, 如图 3K 示意性示出, 聚合物纤维 344 位于元件 350 的主体 341 和由结构化表面 346 形成的结构 347 内。在另一个实例中, 如图 3L 示意性示出, 聚合物纤维 344 仅位于元件 360 的结构 347 内而不是元件 360 的主体 341 中。

如图 3M 示意性示出本发明的另一个示例性实施方案, 其中元件 370 具有在基质 372 内的聚合物纤维 374。在这一特定实施方案中, 一些纤维 374a 未完全嵌入基质 372 内, 而是露出基质 372 的表面 376。

在一些示例性实施方案中, 置于偏振器内的聚合物纤维包含一些不同种类的聚合物材料, 包括至少一种双折射材料和另一种材料 (例如基本非双折射的材料)。这些不同材料可以不同方式排列, 例如采用有序交替层, 或者将一种材料的细纤维置于“一池”其它材料中。下面讨论包含多个内双折射界面的聚合物纤维的几个不同示例性实施方案。基质材料具有的双折射性可以小于纤维的双折射材料, 可以不具有双折射性, 或者可以具有相反性质的双折射。例如, 如果纤维中的双折射材料中  $n_x > n_y$ , 那么基质材料中可能  $n_y > n_x$ 。

在优选的示例性实施方案中，双折射材料是这样一种材料，其在取向后折射率改变。这样，纤维取向后，沿取向方向产生折射率的匹配或者失配。仔细控制取向参数和其它操作条件，双折射材料的正双折射或者负双折射可以用于在给定轴上引入一个或者两个偏振光的漫反射或者透射。透射和漫反射之间的相对比值与多种因素有关，例如（但不局限于），纤维中双折射界面的浓度、纤维的尺寸、双折射界面上折射率差的平方、双折射界面的大小和形状和入射光的波长或者波长范围。

沿特定轴上折射率匹配或者失配的量值影响沿该轴偏振的光的散射程度。总体而言，散射率与折射率失配的平方成正比。所以，沿特定轴的折射率失配越大，沿该轴偏振的光的散射越强。相反地，当沿特定轴的折射率失配小时，沿该轴偏振的光的散射程度越小并且穿过该主体体积的透射更多地变为镜面透射。

如果沿某轴非双折射材料的折射率与双折射材料的折射率相匹配时，那么电场方向平行于该轴偏振的入射光将无散射地穿过纤维，并与双折射材料部分的大小、形状和密度无关。此外，如果沿该轴的折射率也基本与偏振器主体中的聚合物基质的折射率匹配，那么光线将基本无散射地穿过该主体。针对本发明的意图，当两个折射率的差小于 0.05（优选的是小于 0.03、0.02 或者 0.01）时，两个折射率基本匹配。

如果双折射材料和非双折射材料之间的折射率沿某轴不匹配，那么纤维散射或者反射沿该轴偏振的光。该散射的强度至少部分地由散射体折射率失配的量值决定，该散射体所具有的给定横截面尺寸大于大约  $\lambda/30$ ，其中  $\lambda$  是入射到偏振器内的光的波长。失配界面的精确大小、形状和排列起到决定从该界面向各种方向散射或者反射多少光的作用。如果散射层的密度和厚度不足，根据多重散射理论，入射光线可被反射或者吸收，而不是透射，而且与散射体大小和形状的细节无关。

使用偏振器前，优选的是，纤维经过拉伸处理并且允许在横向拉伸共面方向上尺寸松弛，这样双折射材料和非双折射材料之间的折

射率差沿第一轴相对较大而沿另外两个正交轴相对较小。这样对于不同偏振态的电磁辐射产生了大的光学各向异性。

本发明范围内的一些偏振器是椭圆散射偏振器。通常，椭圆散射偏振器采用具有折射率差(沿拉伸方向和非拉伸方向的双折射材料和非双折射材料之间的折射率差)的纤维，并且可以漫透射或者漫反射一种偏振光。纤维中的双折射材料也可以形成与聚合物基质材料间的双折射界面，在这种情况下，这些界面也可以包括拉伸和横向拉伸方向上的折射率失配。

前向散射与后向散射之比值取决于双折射材料和非双折射材料之间的折射率差、双折射界面的浓度、双折射界面的大小和形状和纤维的总厚度。通常，椭圆散射体在双折射材料和非双折射材料之间的折射率相对较小。

优选地选取用于本发明纤维的材料和这些材料的取向度，这样，完成的纤维中的双折射材料和非双折射材料具有至少一个这样的轴，与该轴相关的折射率基本相等。与该轴相关的折射率的匹配使得在该偏振平面上基本不发生光的反射，该轴通常(但非必要地)横切取向方向。

具有内双折射界面并且可以被用于上述一些偏振器实施方案的聚合物纤维的一个示例性实施方案是多层纤维。多层纤维是包含多层不同聚合物材料且其中至少一个为双折射材料的纤维。在一些示例性实施方案中，多层纤维包含多个第一材料和第二材料的交替层，其中第一材料为光学各向同性的而第二材料为双折射的，第二材料沿一个轴的折射率与第一材料大致相同而其沿正交轴上的折射率与各向同性材料的折射率不同。这样的结构在例如美国专利 No. 5,882,774 中进行过更详细的讨论。

图 4A 示意性示出多层纤维 400 的一个示例性实施方案的横截面。纤维 400 包括第一材料 402 和第二材料 404 的交替层。第一材料是双折射的而第二材料为基本各向同性的，这样相邻两层之间的界面 406 是双折射的。在该特定实施方案中，界面 406 可以基本为平面并且沿纤维 400 的长度方向延伸。

纤维 400 可以由包层 408 围绕。包层 408 可以由第一材料 402、第二材料 404、纤维所嵌入的聚合物基质的材料或者某些其它材料制成。包层 408 可以对整个装置的性能提供一些功能，或者包层 408 可以不提供任何功能。包层 408 可以功能性地提高反射偏振器的光学性能，例如通过使纤维和基质界面上光的退偏振现象最小化。可选的是，包层 408 可以机械地增强偏振器，例如通过提供纤维和连续相材料之间所需的粘附力实现。在一些实施方案中，包层 408 可以用于提供减反射功能，例如通过提供纤维 400 和周围的聚合物基质之间的一些折射率匹配实现。

根据纤维 400 的所需光学特性，纤维 400 可以形成为具有不同数量的层和不同尺寸。例如纤维 400 可以形成为具有大约 10 层到数百层并具有相应的厚度范围。对纤维 400 的宽度没有限制，但宽度的优选值可在  $5\mu\text{m}$  到大约  $5000\mu\text{m}$  的范围内，尽管纤维宽度也可以超出该范围。

多层纤维 400 可以这样制造：通过共挤出多层材料成为多层膜，随后进行拉伸步骤以使得双折射材料取向并产生出双折射界面。可以通过切割多层板获得多层纤维。在例如美国专利 No. 5,269,995、5,389,324 和 5,612,820 中进一步描述了一些制造包含双折射界面的多层板的方法。

如上所述，可以作为双折射材料的合适聚合物材料的实例包括 PET、PEN 和多种其共聚物。一些可作为非双折射材料的合适聚合物材料的实例包括如上所述的光学各向同性材料。

可以采用其它构造的多层纤维。例如，多层纤维 420 的另一个示例性实施方案可以由交替的第一材料 422 和第二材料 424 的同心层形成，其中第一材料 422 为双折射的，而第二材料 424 是各向同性的。在该示例性实施方案中，纤维 420 包括位于交替层 422 和 424 之间并沿纤维 420 延伸的同心双折射界面 426。

纤维 420 的外层 428 可以由第一材料和第二材料之一形成、由与偏振器的聚合物基质所用材料相同的聚合物材料形成，或由某种其它材料形成。

纤维 420 可以形成为具有任意合适数量的层和层厚度以提供所需光学性能, 例如反射率和波长相关性。例如, 纤维 420 可以包含 10 层到数百层。通过共挤出多层形式再随后拉伸以将双折射材料取向, 就可以形成同轴纤维 420。以上列出的用于平坦多层纤维 400 的材料中的任意材料也可以用于同轴纤维 420。

也可以采用具有不同种类横截面的多层纤维。一个这样的实例是多层纤维 440, 如图 4C 示意性示出的横截面。该纤维包括第一材料 442 和第二材料 444 的多个交替层, 其中第一材料 442 是双折射的而第二材料 444 为光学各向同性的。不同层之间形成的双折射界面 446 具有平坦部分 446a 和弯曲部分 446b 并且沿纤维 440 延伸。不同层的特定横截面形状主要由用于共挤出纤维 440 的供料块(feedblock)的形状决定并且也由纤维 440 的任何随后的形成步骤决定。

外层 448 可以由第一材料或者第二材料形成, 由与其中嵌入了纤维 440 的基质的材料相同的材料形成, 或者由某种其它材料形成。可以对外层 408、428、448 的材料进行选择以提供聚合物纤维和周围的聚合物基质之间所需的粘附性能。例如, 在一些实施方案中, 外层 408、428、448 可以由聚酯树脂、硅烷或者某种其它制剂制成, 以用于提高聚合物纤维和聚合物基质之间的粘附力。在另一些实施方案中, 外层 408、428、448 可以由减少聚合物纤维和周围的聚合物基质之间粘附力的材料(例如碳氟化合物材料, 硅树脂材料等)制成。在一些实施方案中, 外层可以用于提供减反射功能, 例如通过提供聚合物纤维和聚合物基质之间的一些折射率匹配实现。

当多层纤维包含双折射界面且其双折射界面在纤维横截面上具有平坦部分时, 可以控制在偏振器内平坦部分的取向以提供一定范围内的所选效应。例如, 在偏振器 450 的示例性实施方案中, 如图 4D 示意性示出, 偏振器 450 包括嵌入了纤维 454 的基质 452, 通常使纤维 454 的双折射界面与偏振器 450 的表面 456 平行排列。当入射光 458 为非偏振光时, 偏振器透过处于一种偏振态的光 460 而反射处于垂直偏振态的光 462。在示出的实施方案中, 透射光 460 的偏振方向与图所在平面垂直而反射光 462 的偏振方向与图平面平行。

在本示例性实施方案中，由于纤维 454 的双折射界面排列为相互平行，反射光 462 可以包括大量镜面反射的成分。例如由于表面效应和衍射效应的缘故，也由于纤维 454 之间严格平行性的偏差的缘故，反射光 462 也可以包括散射成分。此外，由于双折射界面排列为与表面 456 平行，所以某种程度上偏振器 450 成为处于反射偏振态的光的反射镜。

图 4E 示意性示出另一个示例性实施方案偏振器 470 的横截面。在该偏振器 470 中，纤维 454 被排列成使其双折射界面的平坦部分几乎相互平行。然而，在这种情况下，双折射界面的平坦部分不与表面 456 平行排列，而是与表面 456 非平行排列。非偏振入射光 458 使得处于透射偏振态的光 460 透射而处于反射偏振态的光 462 反射。在这种情况下，当入射光垂直入射到表面 456 时，通常反射光 462 从表面 456 的非垂直方向被反射。可以假定反射光 462 被导向偏振器 470 的一侧。

图 4F 中示意性示出另一个示例性实施方案偏振器 480 的横截面。在该偏振器 480 中，纤维 454 不是以双折射界面的平坦部分都平行的方式排列的，而是横贯偏振器 480 以所需定位特征定位的。为了描述方便，定义角度  $\theta$  是有用的，该角度为双折射界面的平坦部分的法线 482 和表面 456 的法线 484 之间形成的角。 $\theta$  值可以横贯偏振器 480 改变。在示出的实施方案中，靠近偏振器 480 左侧的纤维 454 的取向使得  $\theta$  值为  $+\theta_0$ 。这样，从偏振器 480 的该部分反射的光 462L 被导向右侧。靠近偏振器 480 右侧的纤维 454 的取向使得  $\theta$  值为  $-\theta_0$ ，这样，从偏振器 480 的该部分反射的光 462R 被导向左侧。在偏振器中部，双折射界面的平坦部分的法线 482 和表面 456 的法线 484 基本平行（即  $\theta=0$ ），所以由偏振器 480 中部反射的光 462C 基本以表面 456 上的入射角被反射。

可以理解到的是可以选择  $\theta$  横贯偏振器 480 改变的方式，从而以预定分布来反射光线。例如，在示出的实施方案中，反射光在偏振器前基本聚焦。在另一个未示出的示例性实施方案中，双折射界面的平坦部分可以取向为使得反射光在偏振器的一侧聚焦，而不是在偏振

器前聚焦。

图 4G 示意性示出另一个示例性实施方案偏振器 490。在该偏振器 490 中，不同纤维 454 的双折射界面的平坦部分无规取向。因此，反射光 462 为或多或少的漫反射形式。

可以理解的是，可以选择双折射界面的平坦部分的相对取向使得反射光为或多或少的镜面反射或者漫反射形式，或者为镜面反射和漫反射特性组合的反射形式。

在一些示例性实施方案中，纤维 454 沿其长度相对于表面 456 保持固定的朝向。在另一些示例性实施方案中，一些或者全部纤维 454 可以沿其长度方向加捻。

另一个具有内双折射界面的聚合物纤维的示例性实施方案是复合纤维，其包含多根散布在聚合物填充物中的散射纤维。图 5A 示意性示出示例性复合纤维实例的横截面。复合纤维 500 包括多根散射纤维 502，其填充物 504 填充在散射纤维 502 之间。在一些实施方案中，散射纤维 502 或者填充物 504 中的至少一个是双折射的。例如，在一些示例性实施方案中，至少一些散射纤维 502 可以由双折射材料制成并且填充物材料 504 可以为非双折射的。在另一些示例性实施方案中，散射纤维 502 可以为非双折射的而填充物材料 504 为双折射的。在其它实施方案中，散射纤维 502 和填充物 504 都可以是双折射的。在这些不同的变体中，散射纤维 502 的材料和填充物材料 504 之间每个界面 508 是双折射材料和另一种材料之间的界面，即是双折射界面，并且可以使处于选定偏振态的光优先反射或者散射。在这些不同实施方案的每一个中，复合纤维嵌入其中的聚合物基质可以为光学各向同性的或者双折射性的。

在一些其它实施方案中，纤维 500 可以由各向同性的散射纤维 502 和各向同性填充物材料 504 制成。这种情况下，其中嵌入了纤维 500 的基质是双折射的。

复合纤维 500 可以具有不同横截面形状。如图 5A，复合纤维 500 具有圆形横截面。如图 5B 和图 5C 分别示意性示出，其它示例性实施方案复合纤维 510 和 520 具有椭圆和方形横截面形状。可以采用其

它横截面形状，例如规则和不规则多边形，或者兼具曲边和直边的横截面形状。所示实施方案仅是示例性的，而在任何情况下都不是限制性的。

可选的是，复合纤维可以具有外层 506。外层 506 可以用于（例如）影响复合纤维和其中嵌入了复合纤维的聚合物基质之间的粘附力。在一些实施方案中，外层 506 可以由增加复合纤维和聚合物基质之间的粘附力的材料（例如聚酯树脂涂层、硅烷涂层或者其它用于增加聚合物纤维和聚合物基质之间的粘附力的底漆）制成。在另一些实施方案中，外层 506 可以由减小聚合物纤维和周围的聚合物基质之间粘附力的材料（例如碳氟化合物材料、硅树脂材料等）制成。在一些实施方案中，可以采用外层 506 提供减反射功能，例如通过在纤维 500 和周围的聚合物基质之间提供一些折射率匹配来实现。

从复合纤维的横截面看，散射纤维可以随机设置，例如如图 5A—图 5C 示意性示出的示例性实施方案。散射纤维可以采用其它横截面排列形式。例如，散射纤维 502 可以规则地排列于复合纤维 530 的横截面内。例如，如图 5D 所示，示例性实施方案纤维 530 示出以二维阵列形式排列的散射纤维 502，在  $y$  方向上的相邻散射纤维 502 的间距  $d_y$  与在  $z$  方向上的相邻散射纤维 502 的间距  $d_z$  相同。在示例性实施方案纤维 540 中，如图 5E 所示，散射纤维 502 以二维阵列形式排列，其中在  $y$  方向上的间距  $d_y$  与在  $z$  方向上的间距  $d_z$  不同。图 5D 和图 5E 中的散射纤维 502 排列为矩形网格图案，可以理解矩形网格图案包括图 5D 的正方形网格图案。相邻散射纤维 502 的间隔可以为（例如）在从 50nm 到 500nm 的范围内，其中复合纤维 530、540 用于可见光范围。

散射纤维 502 可以采用其它规则排列。例如，图 5F 示意性示出复合纤维 550 的横截面，散射纤维 502 沿  $y$  方向排成排，其中相邻两排沿  $y$  方向相互偏置。在本特定实施方案中，相邻两排之间的偏置为使得散射纤维 502 排列成六边形图案，而不是正方形或者矩形图案。图 5G 示意性示出以图 5F 中排列方式的变体形式排列的复合纤维 555，其中最相邻散射纤维 502 之间沿  $z$  方向上的间距大于沿  $y$  方向

上的间距。

在另一些示例性实施方案中，散射纤维 502 可以形成其它图案。例如，排列散射纤维使其占据规则阵列中的一些（但不是全部）位置。此外，可能在相邻散射纤维或者散射纤维组之间引入空间或者间隙。可以选择这样的组或者空间和间隙的尺寸和分布以得到特别需要的光谱特性。例如散射纤维的一些排列对于特定波长范围内的光可作为光子晶体从而得到光谱可选的反射和/或者透射。在提交于 2005 年 2 月 28 日的、标题为“复合聚合物纤维（COMPOSITE POLYMER FIBERS）”的、共有的美国专利申请 No. 11/068,158（代理人案卷 No. 60371US002）中进一步讨论了光子晶体光子纤维。

现在描述复合纤维的其它示例性实施方案，其中示出对散射纤维的可能排列的非穷举选择。

图 5H 中示例性示出复合纤维 560 的示例性实施方案，一些散射纤维 502 在纤维 560 的中心的周围区域规则排列，但是纤维 560 的中部没有散射纤维。在复合纤维 565 的另一个实施方案中，如图 5I 示意性示出，散射纤维 502 排列于同心环 506 内。可以选择散射纤维 502 的大小和间隙大小和/或者同心环大小，以得到特定的光学性能，例如透射和/或者反射性能。在如图 5I 所示的实例中，所示散射纤维所处环的位置由六边形网格设定。这不是必要条件，散射纤维 502 可以形成同心圆图案，如图 5J 示意性示出。

在一些实施方案中，散射纤维 502 不必全为相同大小。例如，如图 5J 和图 5K 示出的实施方案复合纤维 570 和 575，复合纤维可以包括不同横截面大小的散射纤维。在这些特定实施方案中，散射纤维 502a 的横截面比散射纤维 502b 的横截面相对较大。散射纤维 502 可以分为至少两种不同大小的组，事实上，散射纤维 502 可以大小各不相同。此外，例如图 5I 所示，散射纤维 502 可以位于复合纤维的中部，或者复合纤维中部没有散射纤维 502：例如，如图 5J 所示，散射纤维 502a 位于复合纤维 570 的周围而不在中部。实际上，散射纤维 502 的尺寸可以为一个范围而不是单一值。此外，不同散射纤维 502 可以由不同材料制成。

如上所述，复合纤维不需为圆形，而可以具有非圆形横截面。附图中，图 6A 和图 6B 示出非圆形复合纤维 600、610，其分别包含成方形和六边形图案的散射纤维 502。对于非圆形纤维，可使其散射纤维 502 位于规则网格图案上的各点处，但是不是网格图案上的所有位置都需要和散射纤维 502 有关。例如，图 6C 示意性示出的非圆形复合纤维 620 包含置于六边形网格点处的散射纤维 502，但是纤维之间存在一些间隙 612。此外，由散射纤维 502 形成的图案没有对称轴。

图 6D 和图 6E 示意性示出其它示例性实施方案的非圆形复合纤维 630、640。这些示例性非圆形复合纤维 630、640 的横截面为方形并且包含排列成不同示例性图案的散射纤维 502。复合纤维 630 内的散射纤维 502 排列成六边形网格图案，其中复合纤维 640 内的散射纤维 502 排列成方形网格图案。在每种情况中，散射纤维 502 的排列方式中具有间隙。

本发明的范围意图涵盖复合纤维内散射纤维的所有排列形式。在一些示例性实施方案中，可以设定散射纤维的相对位置、散射纤维的大小和散射纤维与填充物材料之间的折射率差，使得复合纤维在（例如）反射和/或透射情况下具有所需的光谱选择性。这种光谱选择性实例包括（但不局限于）反射和透射。在复合纤维的一些实施方案中，散射纤维在横截面上的位置可以引起入射光的非相干散射。在另一些实施方案中，散射纤维的位置可以引起散射光的相干效应从而得到光子晶体特性。散射纤维在复合纤维内的平均密度可以在大范围内变动，例如大于 1% 到大约 95%，优选为约 10% 到约 90%，并且更优选为约 10% 到约 50%，尽管散射纤维密度也可以在这些范围以外。在提交于 2005 年 2 月 28 日的、标题为“复合聚合物纤维（COMPOSITE POLYMER FIBERS）”的、共有的美国专利申请 No. 11/068,158（代理人案卷 No. 60371US002）中进一步讨论了复合纤维。

散射纤维 502 的大小对散射具有重大影响。图 7 示出作为散射纤维平均半径的函数的散射效率（归一化成比例的光学厚度（normalized scaled optical thickness）（NSOT））的曲线。NSOT 由下式给出

$$NSOT = \tau(1-g)/(tf)$$

其中 $\tau$ 是光学厚度并且等于 $tk$ ,其中 $k$ 是每单位体积的消光横截面(消光平均自由程的倒数), $t$ 是散射体的厚度, $f$ 是散射体的体积分数, $g$ 是非对称参数。 $g$ 值对于纯前向散射为+1,对于纯后向散射为-1,并且对于前向和后向相等的散射为0。用于得到曲线的计算假定了入射光在真空中的波长为550nm。

可以看出,散射效率峰值在半径大约为150nm处,并且散射效率大约为最大值一半的值在半径为大约50nm到1000nm的范围处。散射纤维可以具有任意所需横截面尺寸,但是对于其光谱以550nm为中心波长的光,横截面尺寸可以在大约50nm到大约2000nm的范围内,更为优选的是在大约100nm到大约1000nm的范围内。当散射纤维具有基本上圆形的横截面时,横截面尺寸是直径,而对于非圆形纤维横截面可为散射纤维的宽度。当复合纤维用于入射光波长在可见光谱范围外(例如紫外线区域或者红外线区域)时,散射纤维的大小可以不同。通常,散射纤维横截面尺寸优选的范围为大约 $\lambda/10$ 到大约 $4\lambda$ ,其中 $\lambda$ 为光在真空中的波长。当光的波长为一个范围时, $\lambda$ 值取为波长范围的中间值,但复合纤维也可以具有多种尺寸的散射纤维。

如果散射纤维太细,例如小于复合纤维内光波长的大约1/30,或者对于真空中波长550nm的光,小于大约0.012 $\mu\text{m}$ ,并且如果散射纤维的密度足够大,例如在复合纤维体积的大约60%-80%的范围内,那么偏振器可以作为具有有效折射率的介质,沿任意给定轴该有效折射率大致介于散射纤维折射率和填充物折射率之间。这种情况下,几乎没有光被散射。当散射纤维的横截面大小变得比波长大很多时,例如当变为波长的至少大约3倍或者更多倍时,散射效率变得很低并且产生彩虹色效应。

散射纤维的横截面尺寸可以根据光学材料的所需用途而改变。这样,例如,散射纤维的尺寸可以根据特定应用中所关注的光的波长而改变,散射或者透射可见光、紫外光和红外光要求用不同尺寸。然而,通常,材料中散射纤维的尺寸应该为大约大于材料中处于所关注

波长范围的光的最小波长的  $1/30$ 。

在所需尺寸范围的上限处，散射纤维的平均尺寸优选等于或者小于材料中处于所关注波长范围内的光的波长的两倍，优选的是，小于所需波长的  $0.5$ 。

复合纤维内散射纤维的密度影响产生散射的量。可能有用的是，散射纤维之间中心距为大约  $\lambda/10$  到大约  $2\lambda$ ，其中  $\lambda$  是入射光线在真空中的波长的中心波长或者平均波长。

散射纤维的横截面可能为圆形，但是不必为圆形而且可以具有其它横截面形状。如图 6F 示意性示出的示例复合纤维 650 中，散射纤维 652 具有方形横截面。可以采用其它横截面形状，例如规则和不规则多边形，例如三角形、方形或者六边形、或者兼具曲边和直边的横截面形状。散射纤维的横截面形状可能由挤出模具的形状决定，或者由挤出后的光学元件后加工决定。其意图不是为了局限本发明为具有附图中所示的这些横截面形状的散射纤维。

当纤维的中心距不均匀时，采用具有非圆形横截面的散射纤维是有用的，因为这样允许散射纤维占据复合纤维横截面区域的更大部分。例如，如果散射纤维排列成矩形网格并且  $y$  方向上中心距是  $z$  方向上中心距的两倍，那么如果散射纤维具有椭圆横截面且其  $y$  方向上长度是  $z$  方向上长度的两倍，则与散射纤维是圆形的情况相比，散射纤维占据了复合纤维更大的横截面。

图 6G—图 6I 示意性示出具有非圆形横截面的散射纤维的另一些示例性排列。非圆形散射纤维可以排列成使得它们的横截面形状以无规方向排列。在另一些实施方案中，散射纤维的横截面可以相互对齐。例如，图 6G 中，复合纤维 660 由嵌入了散射纤维 662 的填充物 504 形成，该散射纤维 662 具有椭圆横截面。在这个特定实施方案中，将散射纤维 662 对齐，使得它们的椭圆横截面的长轴与  $y$  轴平行。

散射纤维不需要排列成使得它们的横截面全部对齐，但是复合纤维内不同的散射纤维可以具有不同的对齐方式。在图 6H 中示意性示出的示例性实施方案复合纤维 670 中，散射纤维 672 具有椭圆横截面，而一些纤维 672a 排列成使得它们的长轴与  $z$  轴平行，同时另一

些纤维 672b 排列成使得它们的短轴与 z 轴平行。大约一半的散射纤维 672 在各方向上对准。此外，纤维 672a 组和纤维 672b 组在复合纤维 670 的横截面内规则排列。可以理解的是，纤维 672a 组和纤维 672b 组也可在复合纤维 670 的横截面内不规则排列。

所示实施方案可有另一些变体。例如不是所有的散射纤维必须具有相同横截面形状、大小和排列。此外，可以把散射纤维的横截面排列对齐，以在复合纤维内形成图案。图 6I 示意性示出这种复合纤维 680 的一种特定实例。散射纤维嵌入填充物 504 内，该散射纤维具有两种不同横截面形状，即椭圆纤维 682 和圆形纤维 684。在所示实施方案中，椭圆纤维 682 排列成使得它们椭圆横截面的短轴朝向最近的圆形纤维 684。散射纤维可以采用其它图案。

当散射纤维具有非圆形横截面时，散射纤维可以不加捻的方式置于复合纤维内，这样使得散射纤维的某一表面沿散射纤维长度一直朝向复合纤维的某一表面。在另一些示例性实施方案中，散射纤维可以经加捻后置于复合纤维内，这样在沿散射纤维长度上的不同部位处，散射纤维的某一表面会朝向复合纤维的不同表面。复合纤维的许多实施方案中，双折射界面可以为曲面或者可以为平面并且未对准。在这样的实施方案中，光在双折射界面反射到许多不同方向上，于是复合纤维可以被描述成将光线散射。

虽然折射率失配是促进复合纤维内偏振相关的散射的主要依赖因素，但复合纤维的横截面形状也可以影响散射。例如，当散射纤维横截面是椭圆时，椭圆横截面的形状可能造成后向散射光和前向散射光的非对称漫射。该效应可以增加或者降低折射率失配造成的散射量。

一些实施方案中，散射纤维可以具有皮芯结构，其中芯和皮由相同或者不同材料制成，或者其中的芯为中空。这样，例如，散射纤维可以是中空纤维，具有均匀或者非均匀横截面。纤维的内部空间可以为空的，或者可以由合适的介质（可以是固体、液体或气体，并可以是机能的或者无机的）占据。可以考虑双折射界面处的折射率差来选择该介质的折射率，以在双折射界面处获得所需程度的反射或者

散射。上面已讨论了合适的各向同性和双折射聚合物材料。

一种制造复合纤维的方法是采用用于制造复合纤维的供料块来共挤出多根散射纤维，有时复合纤维也被称为“海岛型”纤维。在纤维科学与技术手册：高技术纤维部分 D（第 3 卷；Lewin 和 Preston（编辑），Marcel Dekker, 1996, ISBN 0-8247-9470-2）中详细讨论了该方法。可以采用包括该参考文献所述的那些在内的其它纤维结构和横截面分布。经过挤出之后，复合纤维可以经过拉伸以使得双折射材料取向。在标题为“COMPOSITE POLYMER OPTICAL FILMS WITH CO-CONTINUOUS PHASES”的美国专利申请 No. 11/068,159（代理人案卷 No. 60401US002）中更详细地描述了共挤出包含散射纤维的元件的方法。

## 实例

在共挤出复合纤维的实例中，装配了具有 118 个激光加工片和 11 个立铣片的供料块以获得两个进料口和大约 1000 个“岛”出口。在供料块内，聚合物路径都基本等长。图 14 的照片中示出所得共挤出复合纤维的横截面。复合纤维包括 PEN（90%）/PET（10%）共聚物，其作为散射纤维“岛”分布在 PETG 共聚酯填充物“海”（由位于美国田纳西州 Kingsport 市的 Eastman Chemical 公司提供的 Eastar™ 6763）里。挤出的复合纤维直径大约 200 $\mu\text{m}$ 。复合纤维未被拉伸，但是保持其几何形状进行拉伸时直径可以到达大约 25 $\mu\text{m}$ ，即其直径减小大约 87%。这样拉伸后，散射纤维之间的间隔将为 500nm。散射纤维的横截面尺寸将由两种不同聚合物材料的流动速率比决定。

通过采用包括多层构造（同轴和平面形式）的纤维内部结构和在复合纤维内的多根小散射纤维（“海岛”纤维），或者通过采用其它方法，如上所述由双折射界面可以使得聚合物纤维具有合适的光学性能。另一种用于产生所需内部结构（其在纤维内包含聚合物双折射界面）的方法为采用不互溶的两种聚合物（至少其中之一为双折射的）并将它们挤出或者铸造或者成型为纤维。经过处理产生连续相和分散相。经过随后的处理或者取向，取决于聚合物纤维的内部结构，分散

相可以具有杆状或者层状结构。此外，聚合物材料可被取向使得两个材料之间在一个偏振方向上折射率匹配而在另一个偏振方向上具有相对较大的失配。美国专利 No. 6,141,149 中更详细描述了在膜基质中分散相的生成。

该种双折射聚合物纤维可以被称为分散相纤维。图 8A 中示意性示出分散相纤维 800 的实例，即在连续相 804 内存在分散相 802。端面 806 是横截面，用以示出分散相部分 802 在纤维 800 横截面上的无规分布。基质 804 和分散相 802 之间的界面为双折射界面，并且在界面处发生偏振敏感的反射或者散射。

分散相也可以由液晶小滴、液晶聚合物或者聚合物形成。可供选用的另一种方式是，分散相可以由空气（微腔）组成。在任何情况下，分散相纤维内的分散相和连续相之间的界面可以引起需要的光学特性，包括反射偏振。

在形成双折射聚合物纤维的另一种方法中，纤维可以按与复合纤维的形成方式相似的方式形成，其中第一聚合物作为填充物，但是第二聚合物和第三聚合物用作散射纤维。在一些实施方案中，第二聚合物和第三聚合物不互溶，并且第二聚合物和第三聚合物的至少一者为双折射的。可以混合和挤出第二聚合物和第三聚合物成为复合纤维内的散射纤维。经过处理后，第一聚合物形成复合纤维的填充物部分，并且散射纤维包含连续相和分散相，连续相和分散相分别由第二聚合物和第三聚合物得到。这种纤维被称为分散相复合纤维。图 8B 示意性示出分散相复合纤维 850 的实例，该实例示出包括分散相 854 的散射纤维 852。散射纤维 852 由填充物 856 包围。在另一些实施方案中，散射纤维可以由第二聚合物和第三材料制成，其中第三材料是液晶材料、液晶聚合物或者聚合物。

类似地，同轴的多层纤维和非同轴的多层纤维可以由交替层制成，其中一种层包括第一聚合物而第二种层包括两种不互溶的聚合物或材料的混合物。在这些情况下经过处理后，产生这样的交替层：其中一些层包括第一聚合物而另一些层包括分散相和连续相。优选的是，连续相和/或分散相为双折射的。经过后续的处理或者取向，第

二种层内的分散相可以具有杆状或者分层结构。

对分层的纤维内的散射纤维或者双折射区域的尺寸要求在所有不同实施方案中是相似的。根据所需工作波长或者波长范围，合适地放大或者缩小纤维的大小或者多层装置中层的厚度以得到系统所需尺寸比例，该系统包括包含连续相和分散相的层或者纤维。

参考图 9 描述可以用于本发明偏振器的另一种聚合物纤维。纤维形成纱 900。在纱 900 的一些实施方案中，纤维由多根双折射聚合物纤维 902 一起捻合而成，例如通过捻合大量多层纤维、分散相纤维、复合纤维和/或者分散相复合纤维实现。可以通过将取向的纤维捻合来形成纱 900，或者可以通过将各向同性纤维捻合来形成纱 900，其中纤维由可以取向的材料制成，然后拉伸纱 900 以取向可以取向的材料。

纱 900 不被限制为仅包含双折射聚合物纤维，并且也可以包括其它纤维，例如其它聚合物材料（可为各向同性或者双折射）制成的纤维；天然纤维，例如棉、蚕丝或者大麻；和无机纤维例如，玻璃、玻璃陶瓷或者陶瓷纤维。

纱 900 可以包括纤维或者具有多种长度的由玻璃、陶瓷和/或者玻璃陶瓷材料构成的纤维。通常，玻璃陶瓷材料包括 95 体积%-98 体积%的非常小的晶体，其大小通常小于 1 微米。一些玻璃陶瓷材料的晶体尺寸小到 50nm，使得它们有效透过可见波长，这是因为晶体尺寸比可见光波长小很多。这些玻璃陶瓷的玻璃区域和晶体区域的折射率之间也几乎没有或者完全没有有效差别，这样使得它们看起来是透明的。除了透明性，玻璃陶瓷材料的断裂强度大于玻璃的断裂强度，并且已知玻璃陶瓷材料具有的热膨胀系数为 0 或者甚至为负值。所关注的玻璃陶瓷具有的组成包括（但不限于）： $\text{Li}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ ， $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ 、 $\text{Li}_2\text{O}-\text{MgO}-\text{ZnO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$  和  $\text{ZnO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{ZrO}_2-\text{SiO}_2$ 、 $\text{Li}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$  和  $\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ 。

一些陶瓷也具有足够小的晶体尺寸，如果将它们嵌入具有适当匹配的折射率的聚合物基质内时，它们可呈现为透明的。可得自位于美国明尼苏达州 St. Paul 市的 3M 公司的 Nextel<sup>TM</sup> 陶瓷纤维是这种材

料的实例,并且已经可以作为线、纱和织物垫使用。在文献 Chemistry of Glasses 第二版(A. Paul. Chapman and Hall, 1990)和 Introduction to Ceramics 第二版(W. D. Kingery, John Wiley and Sons, 1976)中进一步描述了合适的陶瓷或者玻璃陶瓷材料。

纱 900 可以包括具有多种长度的纤维(通常称为短纤维),该纤维不会在纱 900 的整个长度上延伸。纱 900 可以密封在聚合物基质内,其中基质填充了构成纱 900 的纤维 902 之间的间隙。在另一些实施方案中,纱 900 可以在纤维 902 之间具有填充物。

用于纱 900 内的合适的双折射聚合物材料包括(但不局限于):包括 PET、PEN 的聚合物;包含对苯二甲酸酯和/或萘二甲酸酯的共聚物。在另一些方法中,纱 900 可以包括捻合的双折射纤维,例如多层或者复合纤维。

通常,聚合物纤维的双折射界面沿纤维的方向延伸。在一些示例性实施方案中,双折射纤维与 x 轴平行设置,这样漫反射光大部分被散射到与纤维垂直的平面 y-z 平面,而在 x-z 平面内几乎没有散射。

参考图 10A—图 10D,现在讨论一种制造本发明的偏振器的方法。如图 10A 示意性示出,聚合物纤维 1002 设置于第一聚合物层 1004 上。如图 10B,第二聚合物层 1006 可以浇铸于聚合物纤维 1002 上。第一聚合物层 1004 和第二聚合物层 1006 可以由相同聚合物材料制成,或者可以由不同材料制成。如果需要,可以采用多种方法(例如,加热和加压、溶剂涂敷和干燥、原位聚合或者其组合)使得第二聚合物层 1006 渗入纤维 1002 之间。

纤维 1002 可以单独排列,可以包括具有其高度等同于或大于单根聚合物纤维的宽度的纤维叠堆,或者可以排列为一个或者多个束。束是未捻合的纤维的一种排列。纤维 1002 可以为复合纤维、多层纤维、纤维纱、任意其它合适种类的纤维,或者其组合。特别的是,束或者多个束可以形成一组基本相互平行的纤维。图 11 示意性示出纤维束 1106 的实施方案。采用横向部件 1108 提供对聚合物纤维 1002 的支承并且保持聚合物纤维 1002 与相邻纤维的所需间隔。如果例如聚合物纤维 1002 在连续处理中设置于第一聚合物层 1004 上时,就无

需采用横向部件 1108。

也可以将纤维 1002 作为一个或者多个织物的部分设置于第一层 1004 上。图 12 中示意性示出织物 1206，其中聚合物纤维 1002 形成经线而横向纤维 1208 形成纬线。横向纤维 1208 可以由合适的有机或者无机纤维材料制成，可以为例如聚合物纤维（例如各向同性和/或者双折射聚合物纤维）或者天然纤维（例如棉纱、蚕纱或者大麻）。在另一些示例性实施方案中，横向纤维 1208 可以为玻璃纤维，例如 E-玻璃或者 S-玻璃纤维、如上所述的玻璃陶瓷纤维或者陶瓷纤维。横向纤维 1208 的折射率可以基本与周围的聚合物基质的折射率匹配，使得横向纤维对于透过偏振器内的光的光学效应减少。此外，不是所有经线纤维需要为包含双折射界面的聚合物纤维。例如，一些经线纤维也可以为各向同性纤维，而且可以由与横向纤维种类相同的纤维形成。在一些实施方案中，经线纤维 1002 可以为具有双折射界面的纤维，该双折射界面起到反射或者散射处于另一个特定波长带的偏振光的作用。

可以采用任意合适的织造处理形成织物。例如，如图所示织物可以为平纹织物、斜纹织物、缎纹织物、或者某种其它织物。在一些示例性实施方案中，织物内的双折射纤维 1002 相对较平，例如如图 13A 示意性示出的部分横截面。注意该图符合其中双折射纤维 1002 基本与 x 方向平行排列的约定。在一些示例性实施方案中，聚合物纤维（例如复合纤维或者多层纤维）在织物中保持单一朝向而不经加捻。

在另一些实施方案中，织物内的聚合物纤维 1002 不需要为平的。图 13B 示意性示出织物 1206 中作为示例的部分横截面。重要的是，注意该图中的视图与图 13A 不同。图 13A 示出横向纤维 1208 的侧面，而图 13B 示出聚合物纤维 1002 的侧面。该坐标轴与前文所述附图中所用坐标轴一致，因此聚合物纤维 1002 的设置方向基本与 x 轴平行。但是由于聚合物纤维 1002 在织物 1206 内起伏，聚合物纤维 1002 的双折射界面不全与 x 轴严格平行设置。相应地，由纤维 1002 反射或者散射的光可以在 x-z 平面内以不同角度散射。在该附图中，光 1302 入射到纤维 1002，其方向垂直于 x 轴，并且光 1302 的一部分以角度

$\alpha$  反射, 根据光 1302 是入射在聚合物纤维 1002 的“下坡面”还是“上坡面”, 其一个分量在正 x 方向或者负 x 方向上。这样, 聚合物纤维 1002 也可以将 x-z 平面内的反射光漫射。x-z 平面内的漫反射程度取决于织物内聚合物纤维 1002 的形状: 聚合物纤维 1002 不与 x 方向平行的部分越多, 光在 x-z 平面内的角度分布越大。

聚合物纤维 1002 也可以作为非织造织物, 如短切纤维或者短切纤维毡片。

可以以间歇处理或者连续处理方式形成偏振器。在连续处理中, 优选的是, 双折射纤维 1002 (优选在束或者织物中) 被置于第一聚合物层 1004 上, 然后第二聚合物层 1006 可以连续浇铸于双折射纤维 1002 上。然后可以固化或者凝固第二层 1006。

如果需要, 可以增加聚合物纤维 1002 附加层和聚合物材料 1008 的后续层。例如图 10C 和图 10D 示出在第二聚合物层 1006 上附加一组聚合物纤维 1002 并施加第三聚合物层 1008。

第一聚合物层 1004 可以是热塑性聚合物或者热固型聚合物。第二聚合物层 1006 和后续聚合物层 1008 也可以是热塑性聚合物或者热固型聚合物。可以通过多种方法将热塑性聚合物施加到上述聚合物层 1004 并使热塑性聚合物渗入纤维 1002 之间, 所述方法包括加热和加压、溶剂涂敷和干燥、或者原位聚合。通过经历压力、热力、光化辐射和/或者实耗时间, 将热固型聚合物涂敷并固化于纤维 1002 和上述聚合物层 1004 和 1006 上。

在制造偏振器的可供选用的另一方法中, 具有一定的所需光学、物理或者表面特性的聚合物膜 1004 可被用作设置纤维 1002 的基底。可以施加热塑性或者热固性树脂、或者可固化组合物作为第二聚合物膜 1006 以透过一层或多层纤维 1002, 然后可施加第二基底 1008, 以在纤维 1002 和由树脂或者可固化组合物形成的第二聚合物膜 1006 的周围形成三明治结构。然后使得可固化树脂固化、硬化或者发生化学反应以形成叠层。在这种情况下, 基底 1004、1008 可以由相同材料 (诸如热塑性树脂、热固性树脂或者可固化组合物等) 制成或者可以由不同材料制成。可以采用大量的压敏粘合剂和热熔粘合剂代替热

塑性或者热固性树脂或者可固化组合物来用于第二层 1006。在一些实施方案中，第一基底 1004 和第二基底 1008 可以紧密粘附于包含纤维 1002 的热塑性或者热固性树脂或者可固化组合物 1006。在另一些实施方案中，第一基底 1004 和第二基底 1008 可以去除。

在另一个制造具有多于一层双折射纤维的偏振器的示例性方法中，可以在单一一步中将两层或者更多层纤维设置于第一聚合物层上方、然后将第二层聚合物材料浇铸在作为聚合物基质的纤维上。

在另一个制造具有复合纤维的偏振器的示例性方法中，可以去除复合纤维的填充物，例如通过在复合纤维嵌入聚合物基质内前使填充物溶解于溶剂中实现。然后将聚合物基质作为复合纤维的散射纤维之间的填充物。当复合纤维为束或者织物的形式时该方法特别有用。

制造复合纤维的合适方法包括挤出具有双折射散射纤维和可溶性填充物的复合纤维。合适的水溶性填充物包括聚乙烯吡咯烷酮、醋酸纤维素和聚乙烯醇。合适的聚乙烯醇包括由聚乙酸乙烯酯水解（程度为大约 70% 到 95%）制成的聚乙烯醇。

散射纤维可以以阵列方式挤出，通过加热挤出阵列和施加合适张力来取向，使得散射纤维拉伸到一定的拉伸率以得到所需折射率值。

用于形成复合纤维的散射纤维取向阵列可以形成为纱。可选的是，纱也可以结合其它种类的纤维。优选的是，通过形成纤维束或者将纤维织造形成织物，来使纱在单一方向上取向。通过挤出后在制造纱的任意阶段清洗纱可以去除可溶性聚合物填充物。

清洗后的散射纤维可以由流体（优选的是可固化树脂流体）浸入。可以采用任何合适技术硬化树脂，例如可以通过热固化和/或者辐射固化树脂以形成包含纤维的基质。在一些示例性实施方案中，固化树脂以使得基质具有平的表面。在另一些示例性实施方案中，可以固化树脂以在一个或者多个表面上获得所需结构。例如，可以在树脂表面与微复制工具的微结构化表面接触时将树脂固化。合适的微结构化表面的实例包括机械加工的金属表面、电铸的复制体或者模制的聚

合物膜。形成于基质表面的合适微结构的实例包括线性棱柱结构、非线性棱柱结构、菲涅耳表面和微透镜等。

本发明的一些实施方案可以用于（例如）液晶显示（LCD）系统和其它偏振显示系统。例如，上述基于纤维的反射偏振器可以用于使从 LCD 系统背光光源发出并传播到 LCD 屏的光发生偏振。这样的系统包括（但不局限于）：LCD-TV 和 LCD 显示器、手机显示器和其它电子设备，例如通过 LCD 屏向使用者显示信息的数码照相机和摄像机。

不应该认为本发明只限于上述特定实例，而是应该认为本发明包括如所附权利要求书中明确提出的本发明的所有方面。在阅读本说明书后，对本发明所属领域的技术人员来说显而易见的是，本发明可适用于各种修改、等同处理以及多种结构。权利要求书旨在包括这些修改和设计。

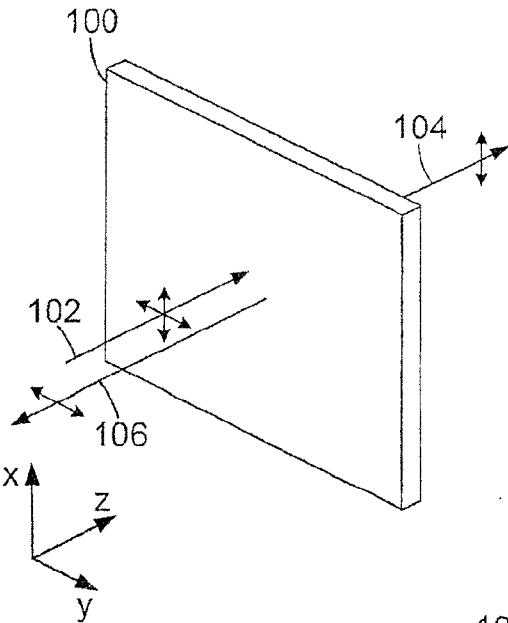


图 1A

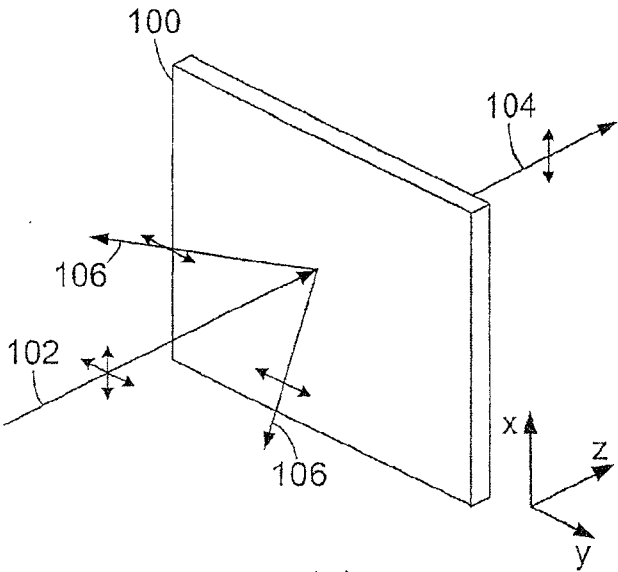


图 1B

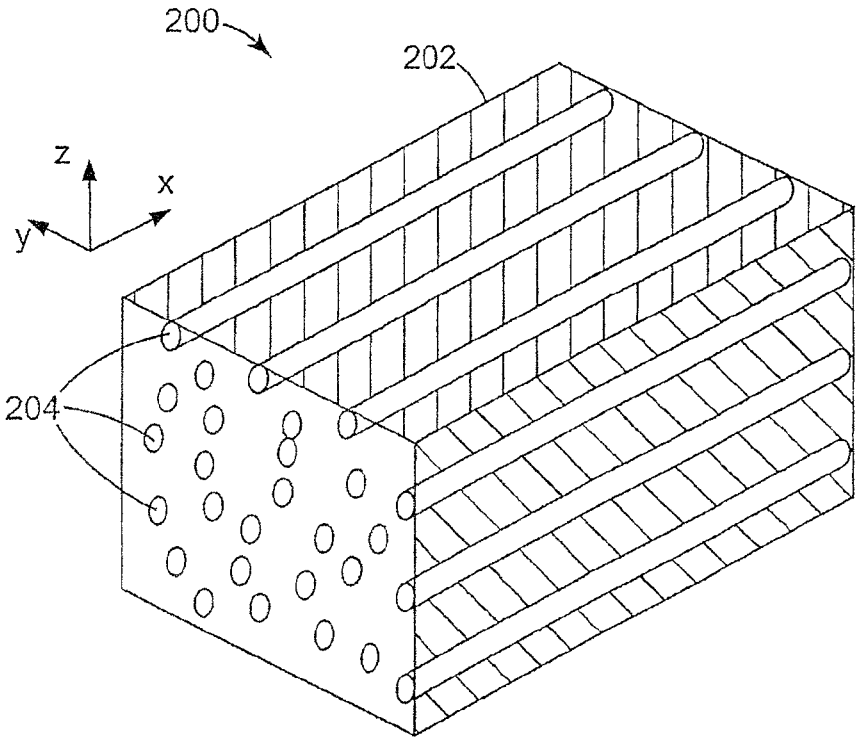


图 2

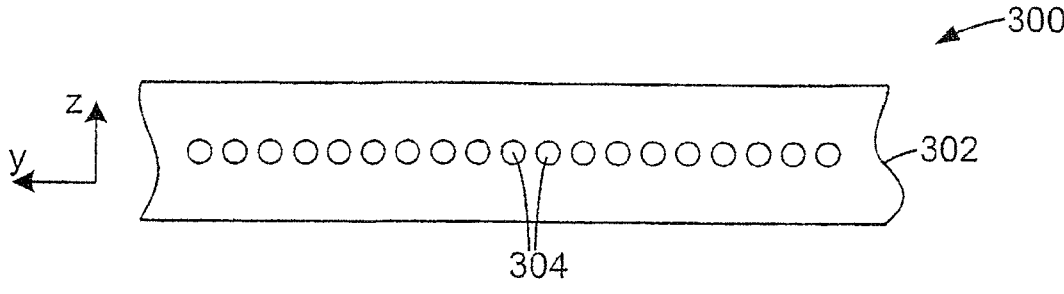


图 3A

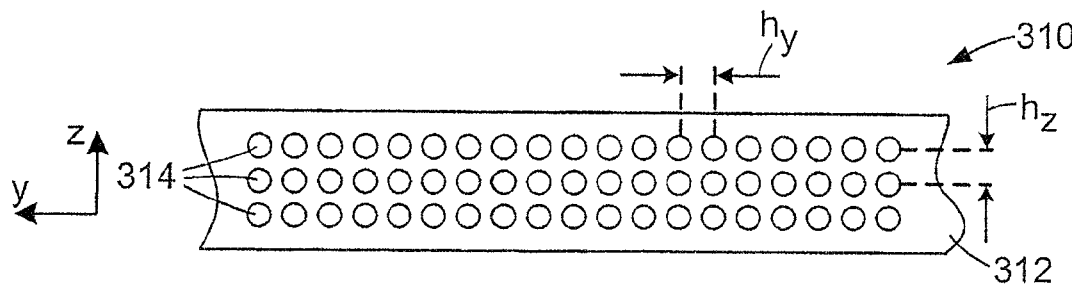


图 3B

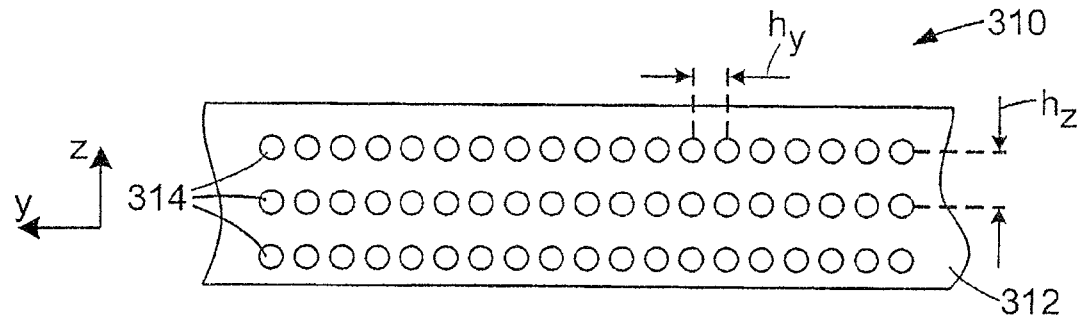


图 3C

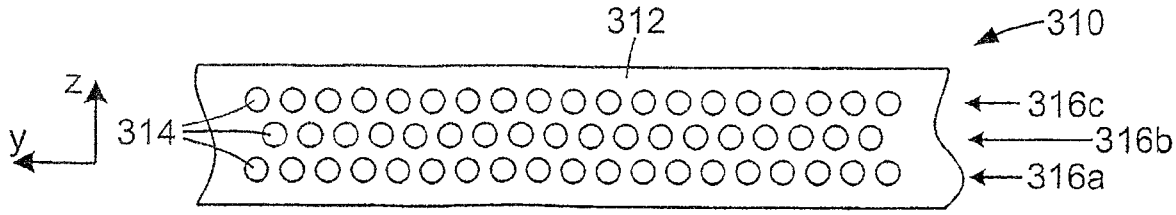


图 3D

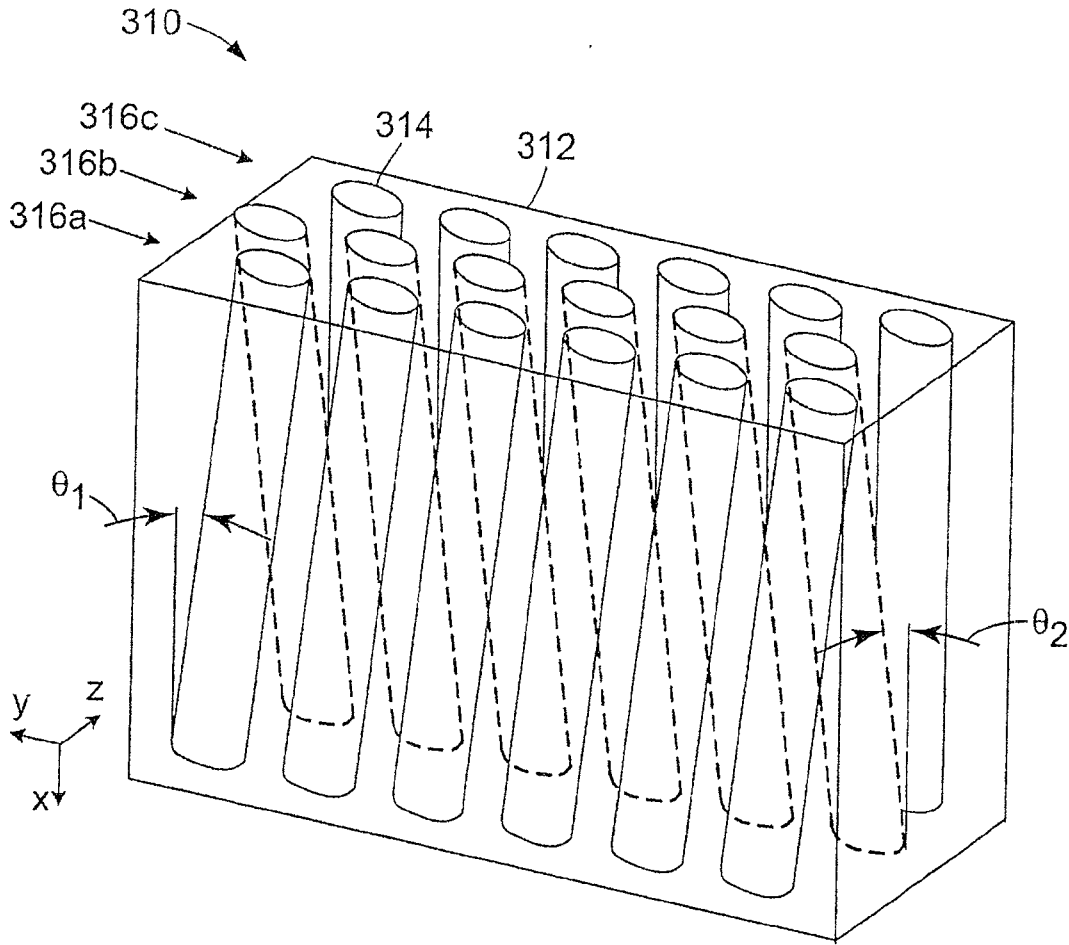


图 3E

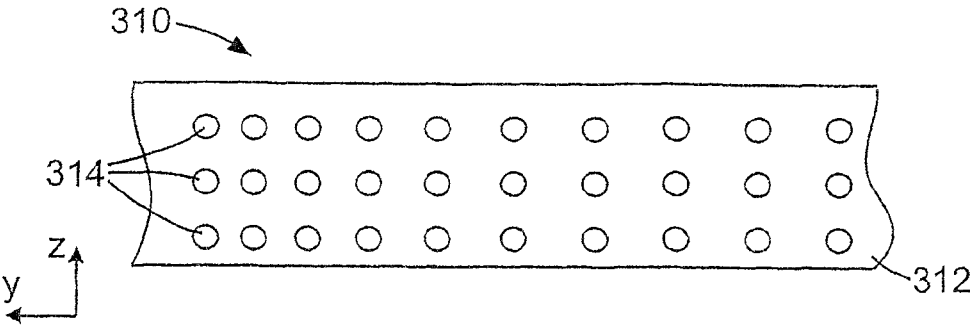


图 3F

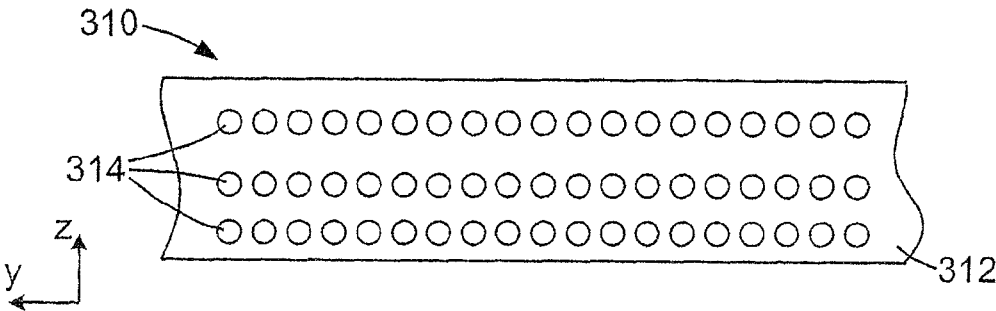


图 3G

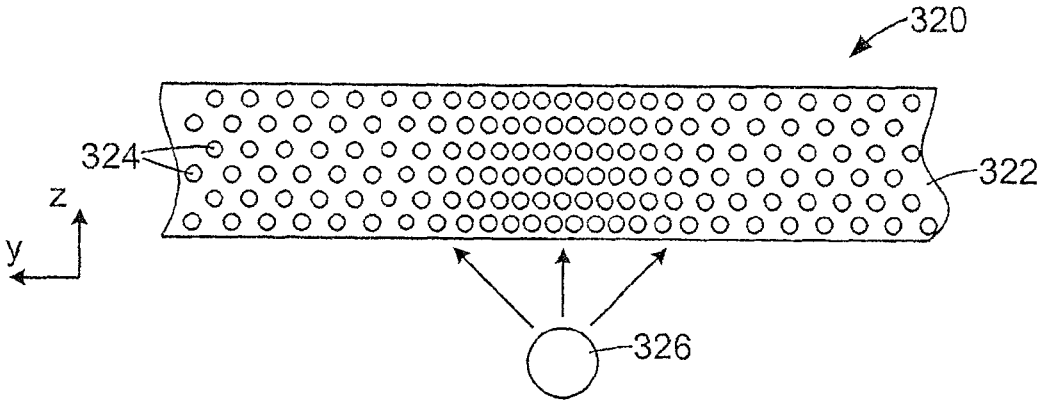


图 3H

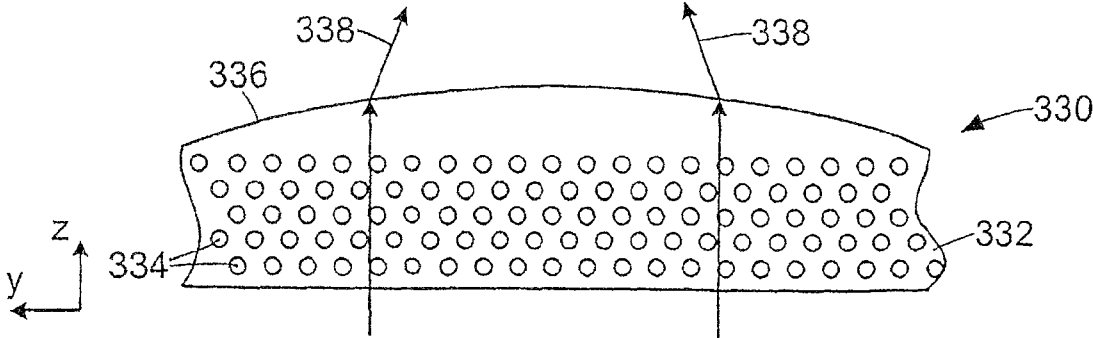


图 3I

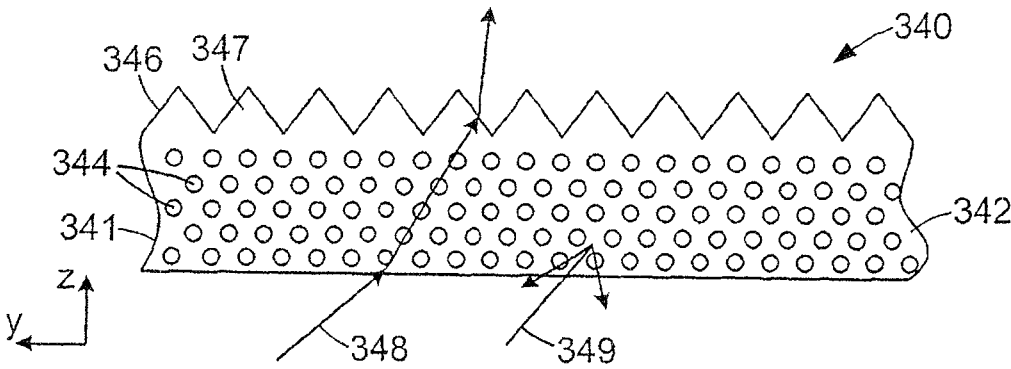


图 3J

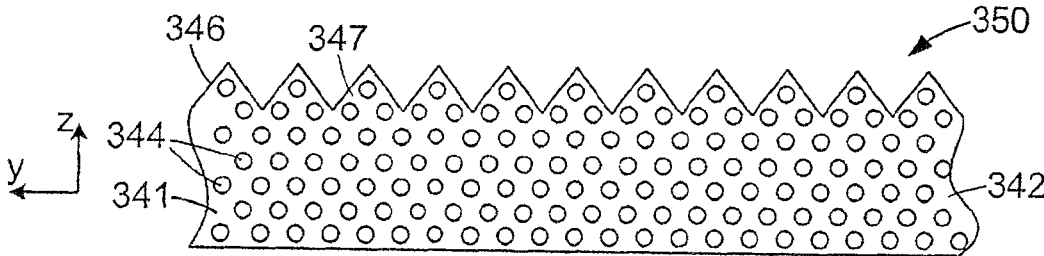


图 3K

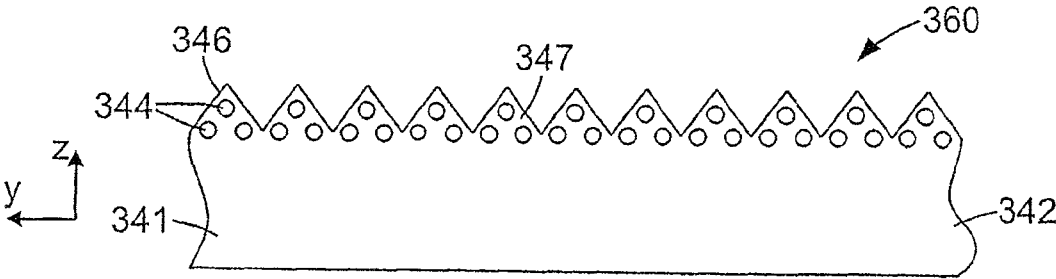


图 3L

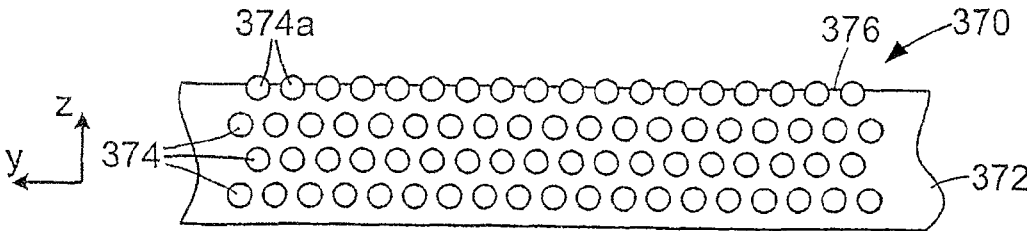


图 3M

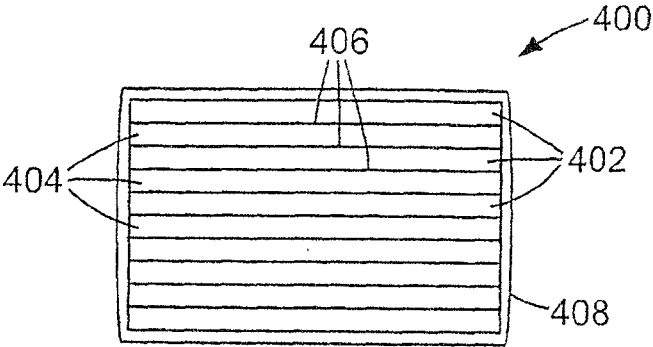


图 4A

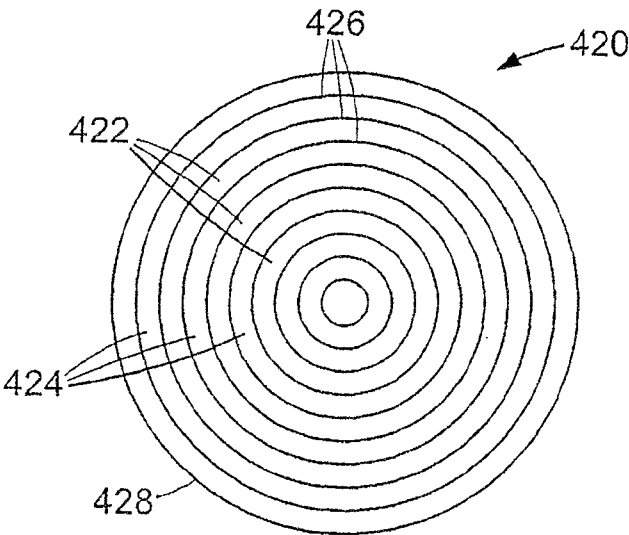


图 4B

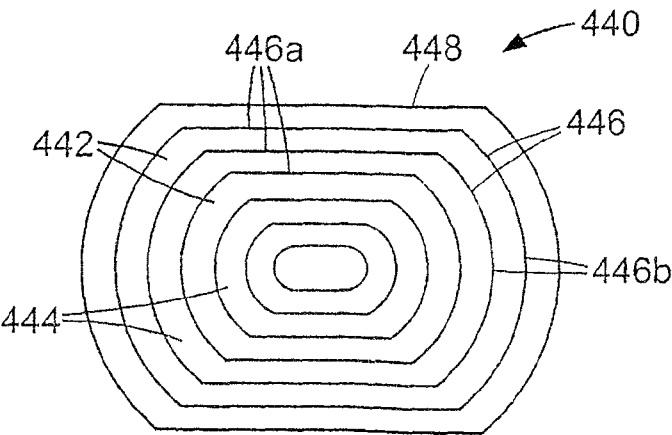


图 4C

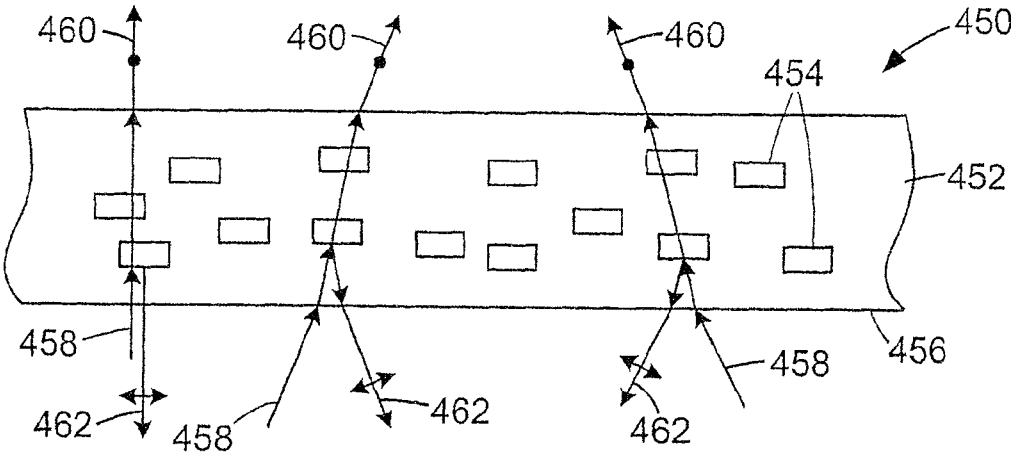


图 4D

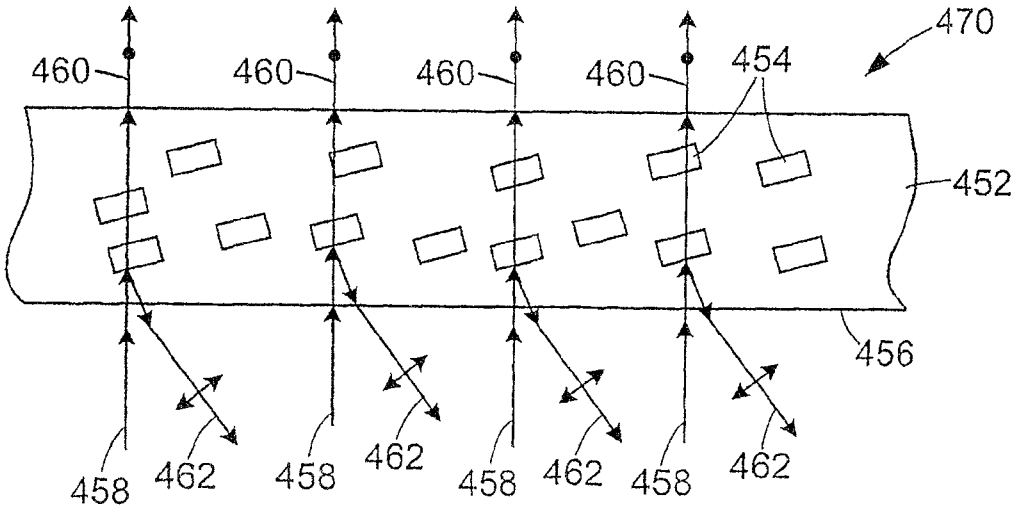


图 4E

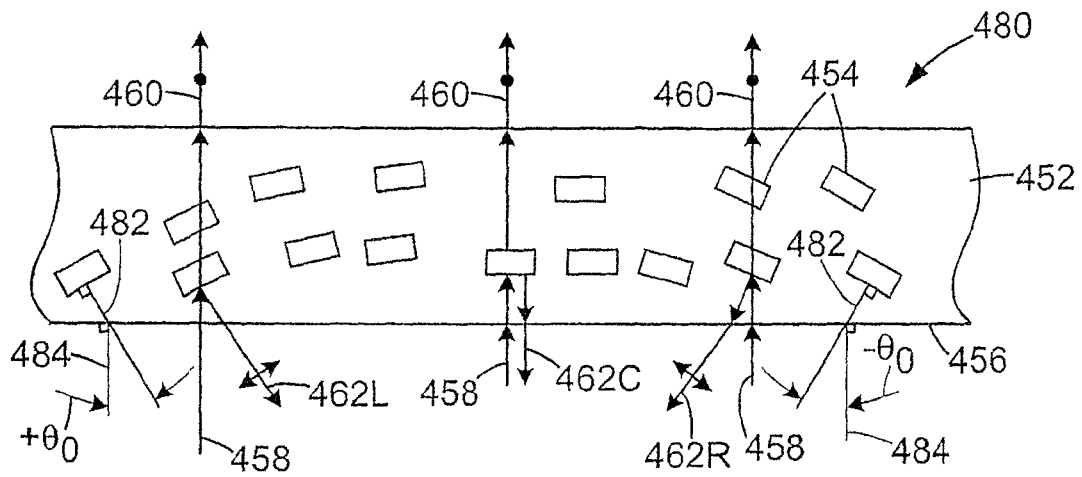


图 4F

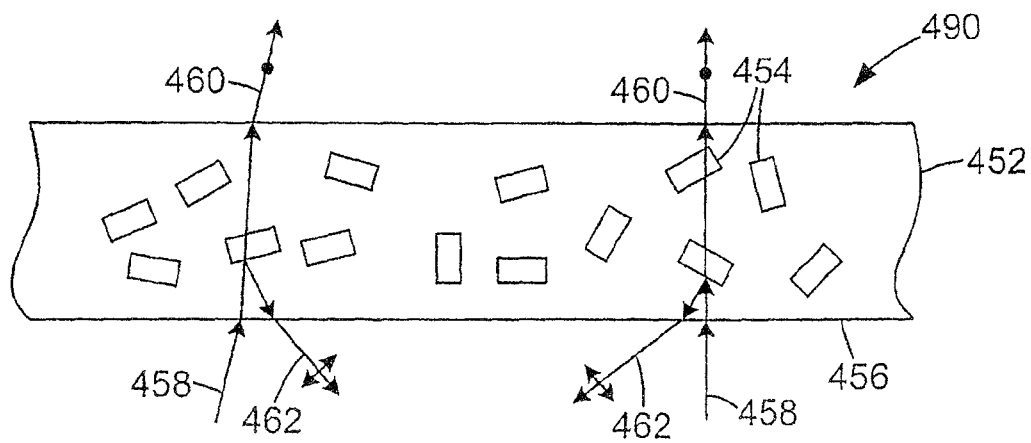


图 4G

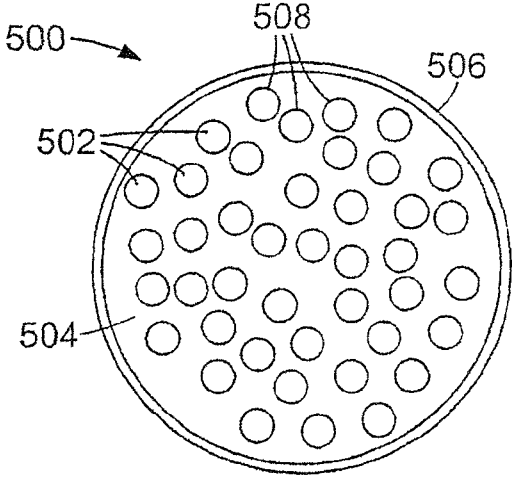


图 5A

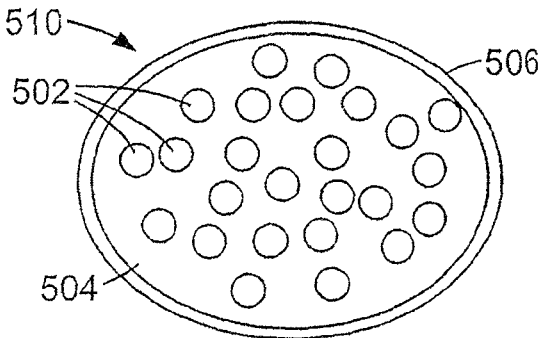


图 5B

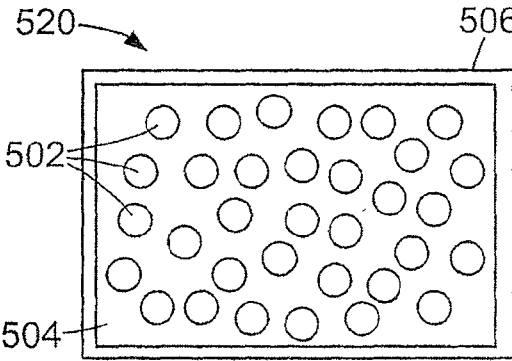


图 5C

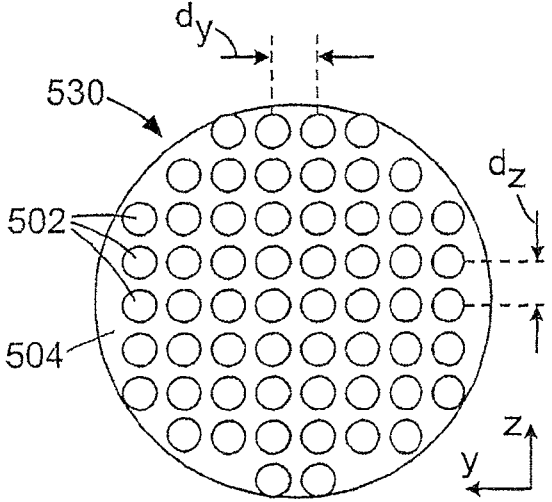


图 5D

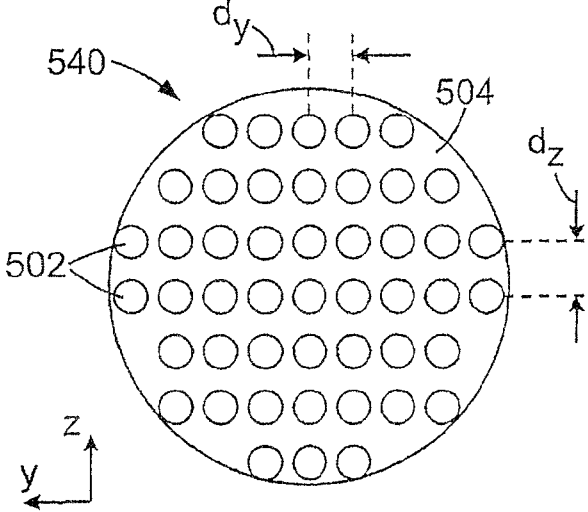


图 5E

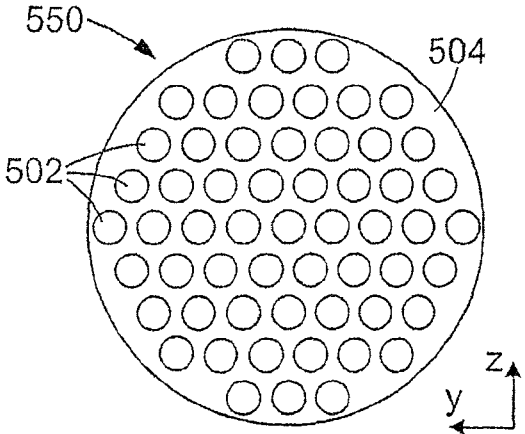


图 5F

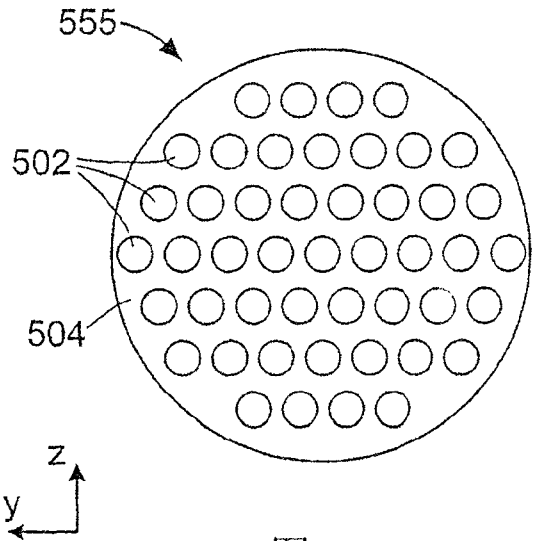


图 5G

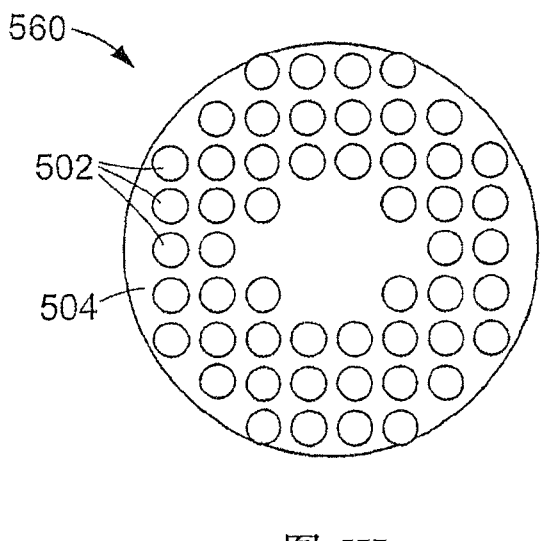


图 5H

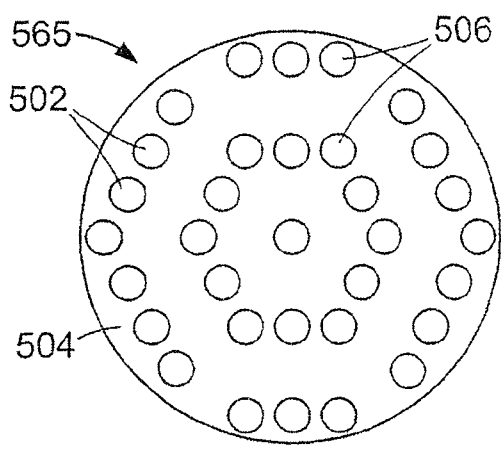


图 5I

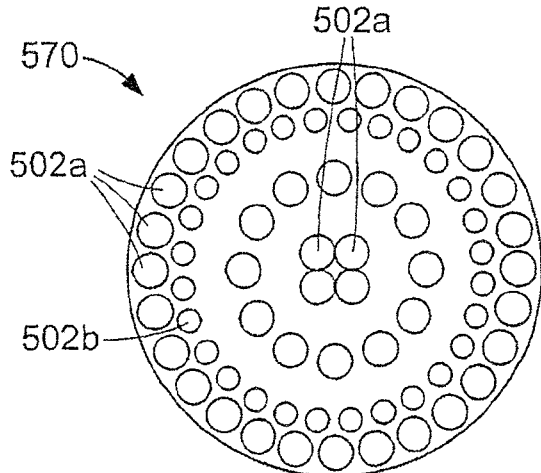


图 5J

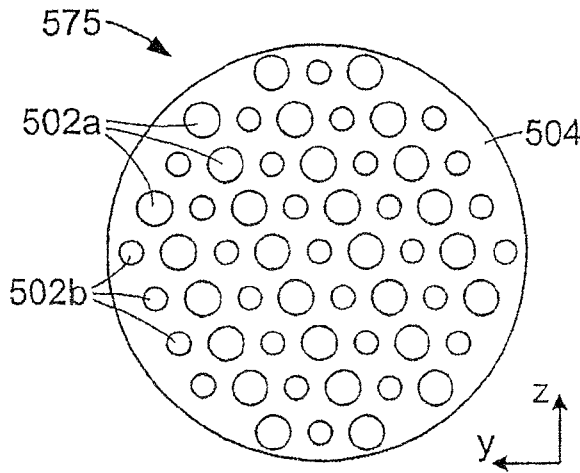


图 5K

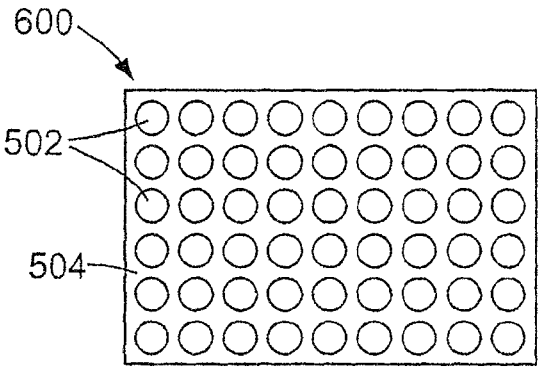


图 6A

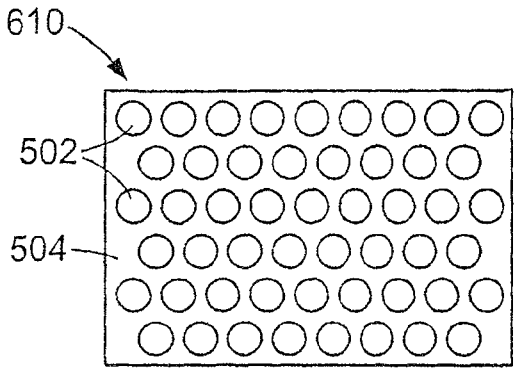


图 6B

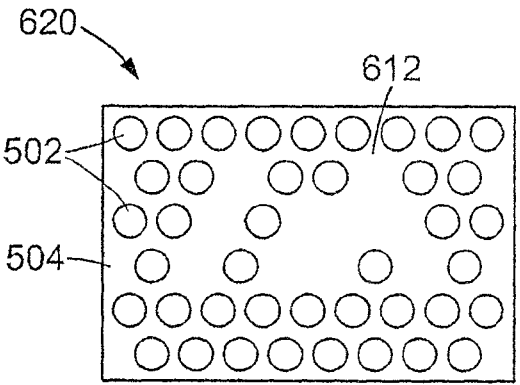


图 6C

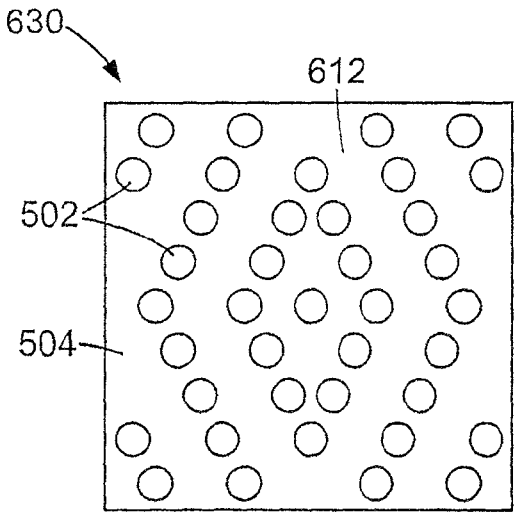


图 6D

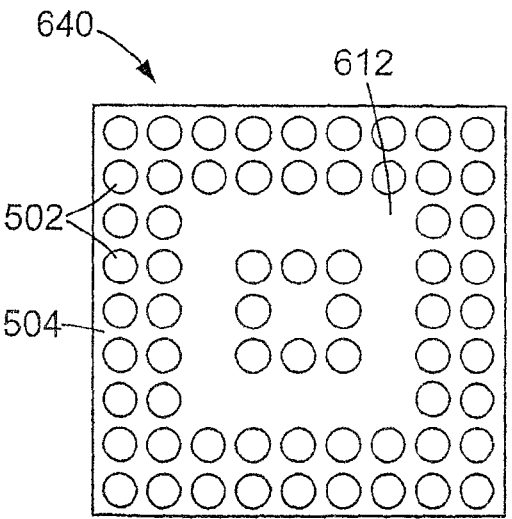


图 6E

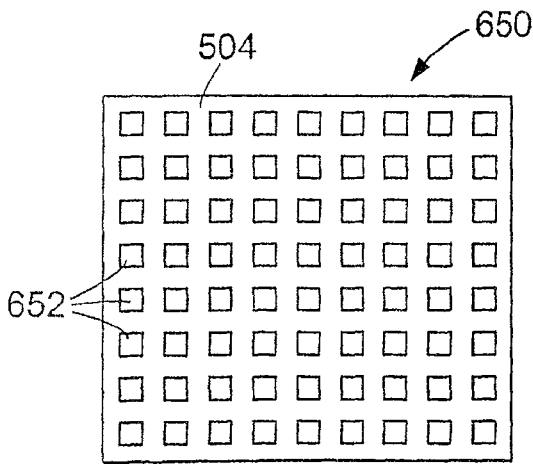


图 6F

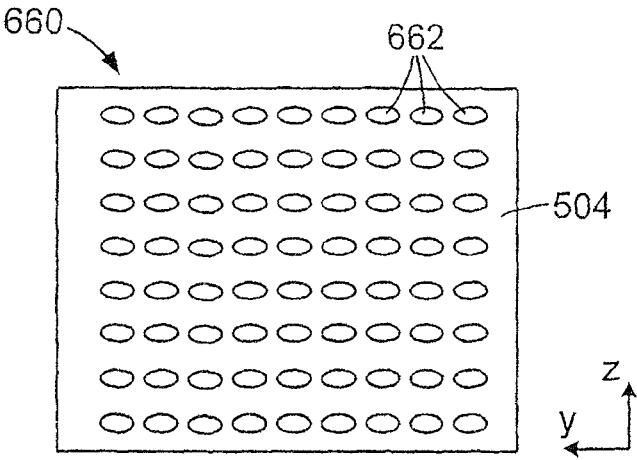


图 6G

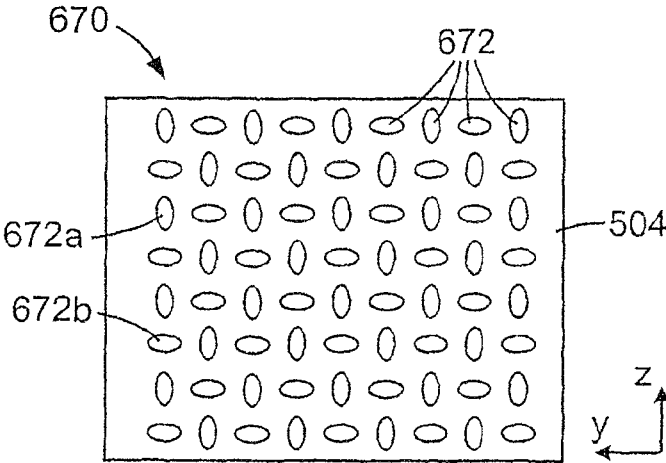


图 6H

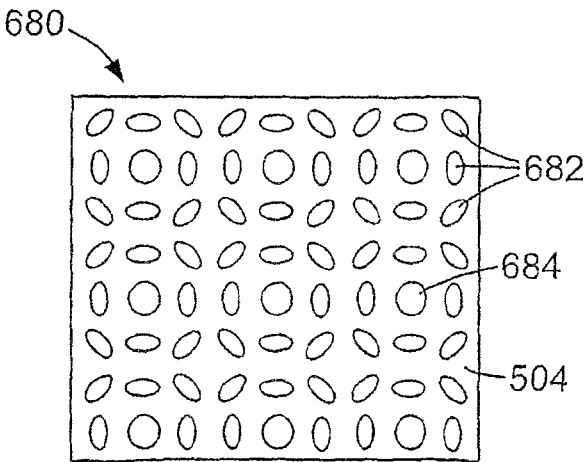


图 6I

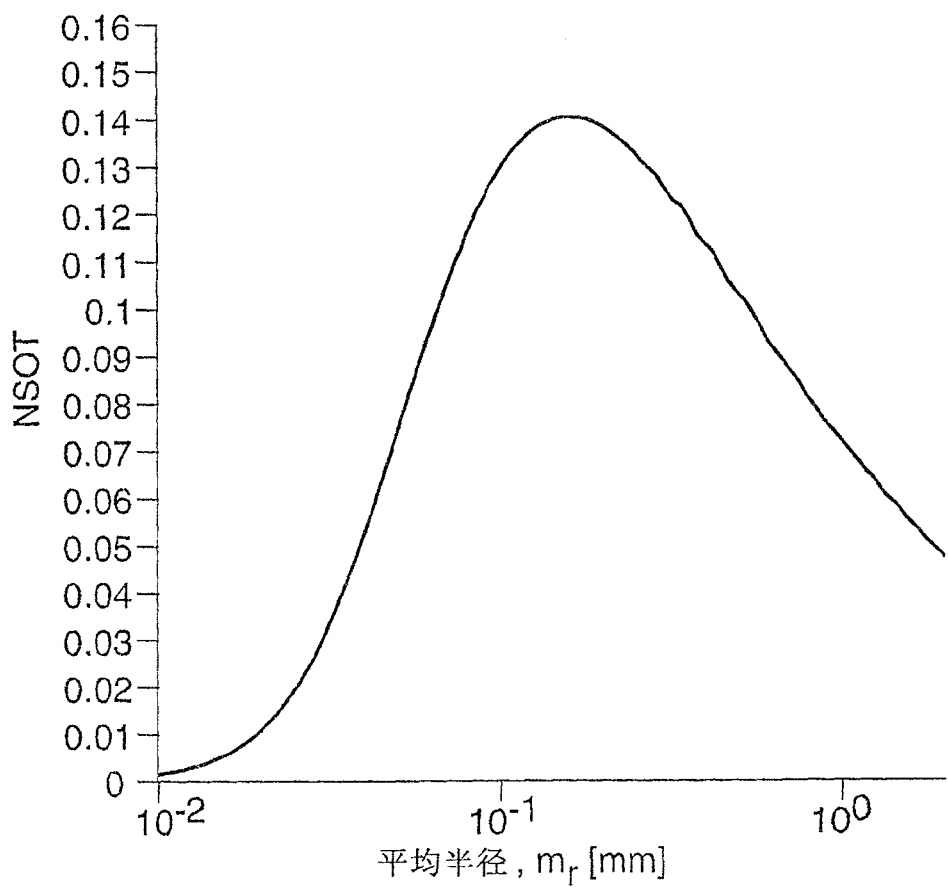


图 7

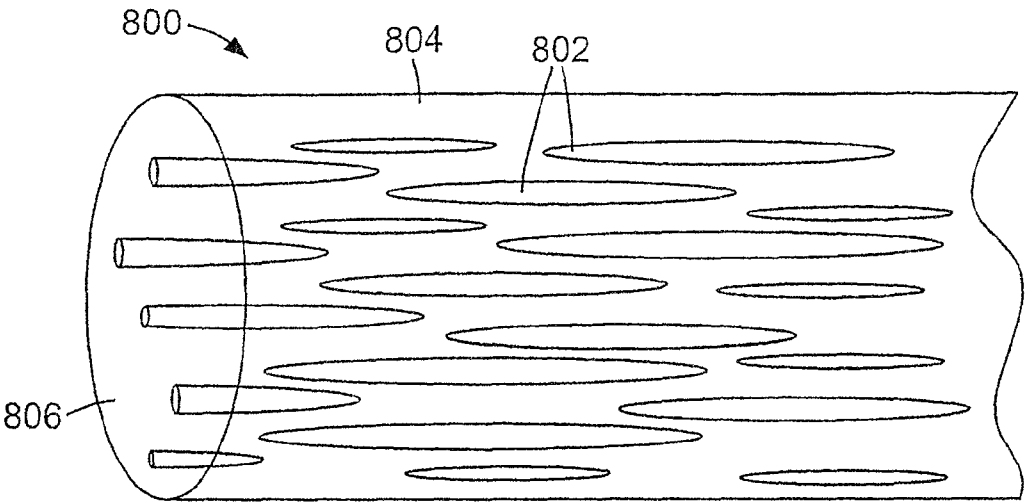


图 8A

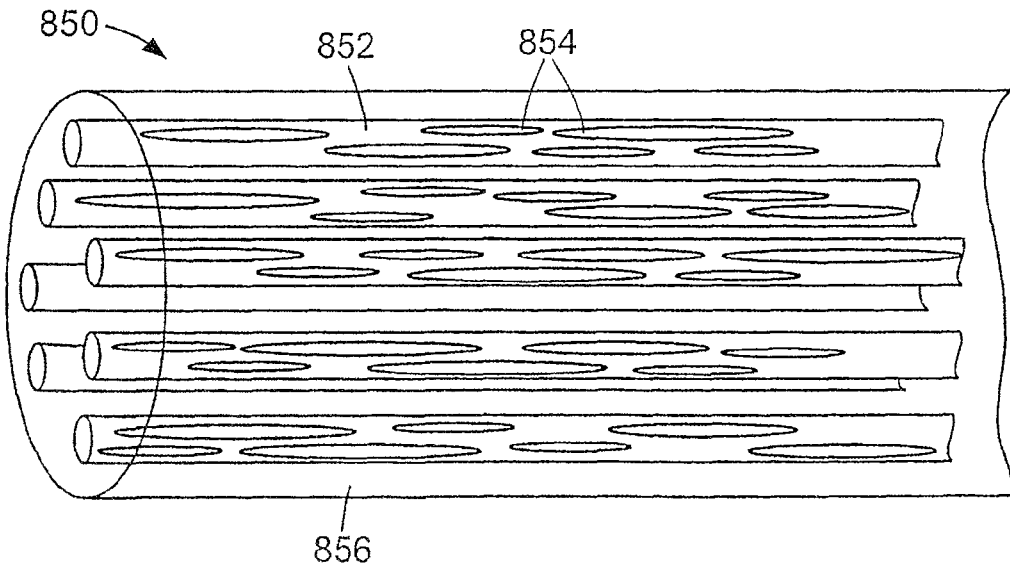


图 8B

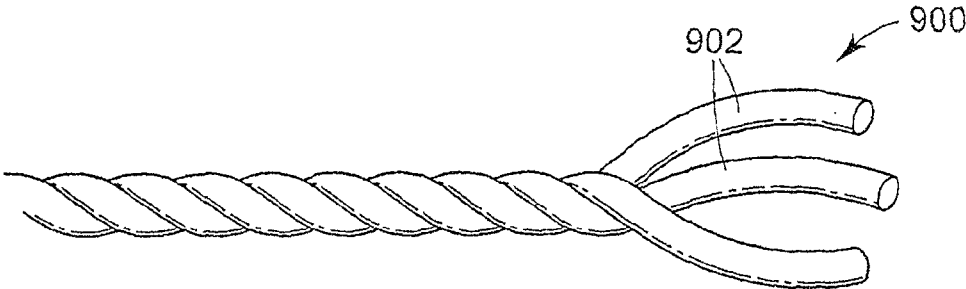


图 9

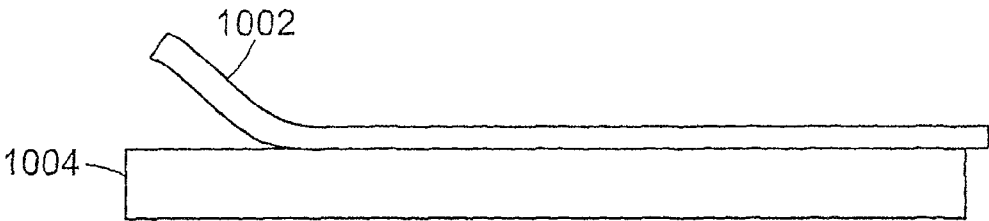


图 10A

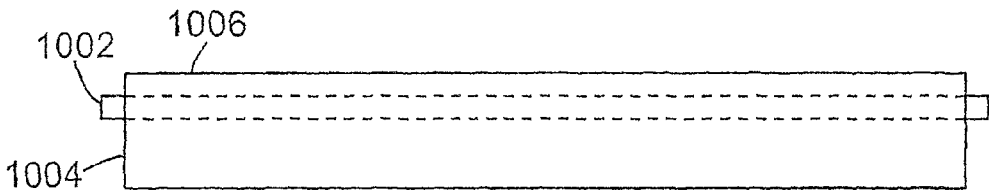


图 10B

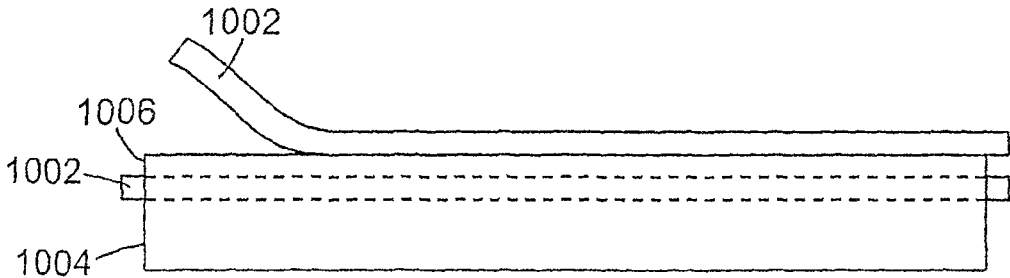


图 10C

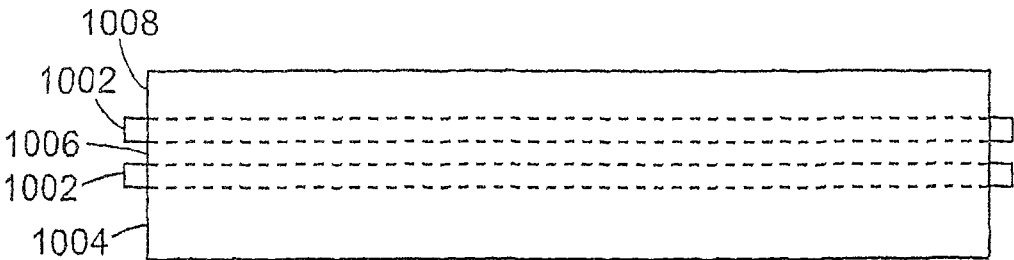


图 10D

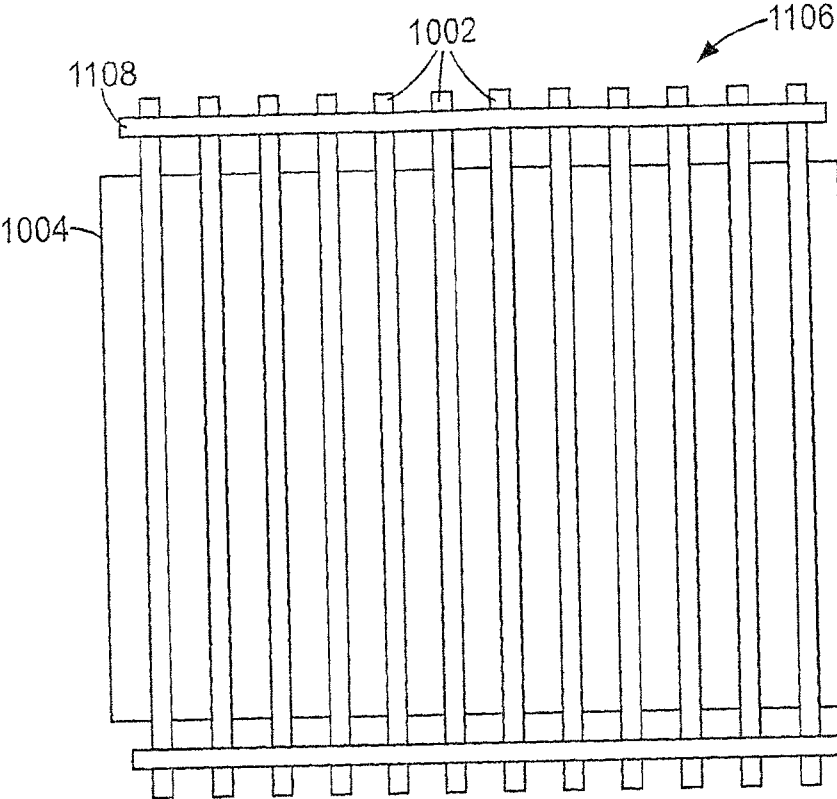


图 11

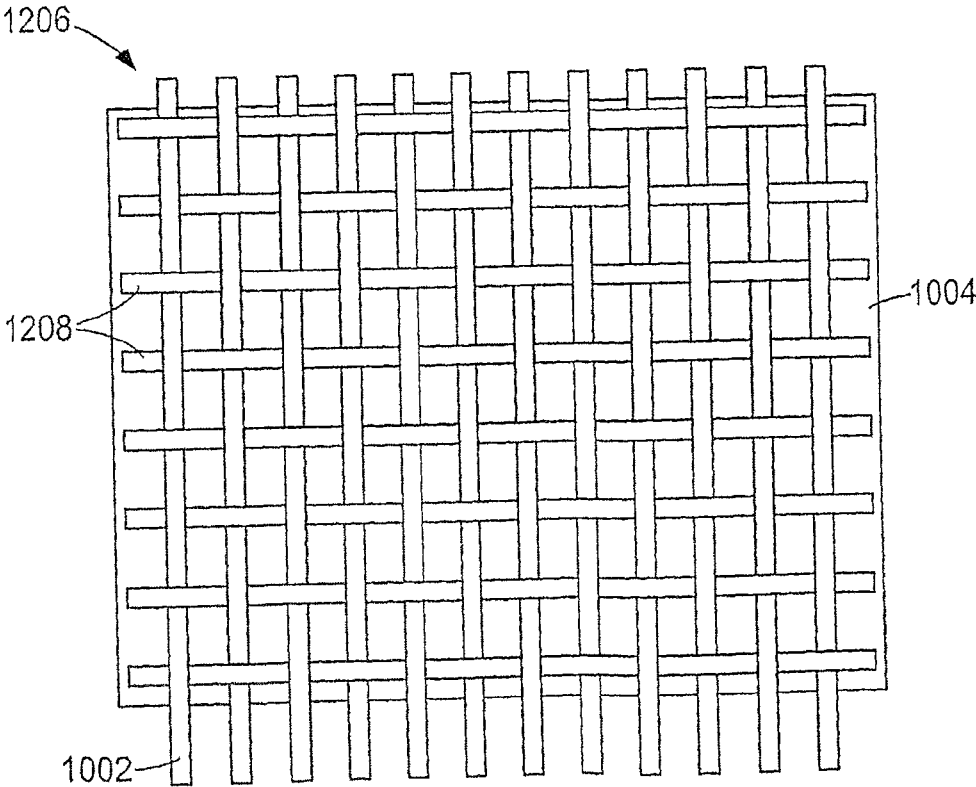


图 12

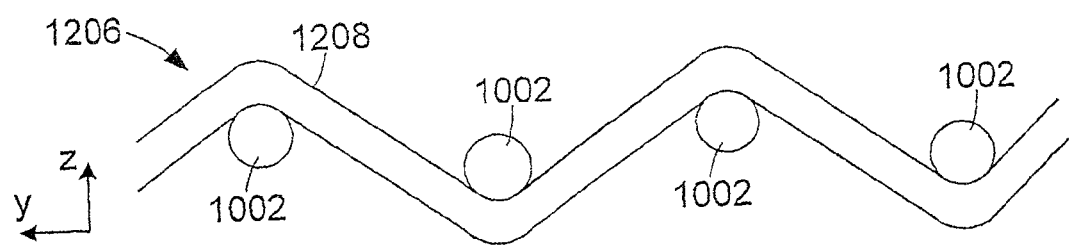


图 13A

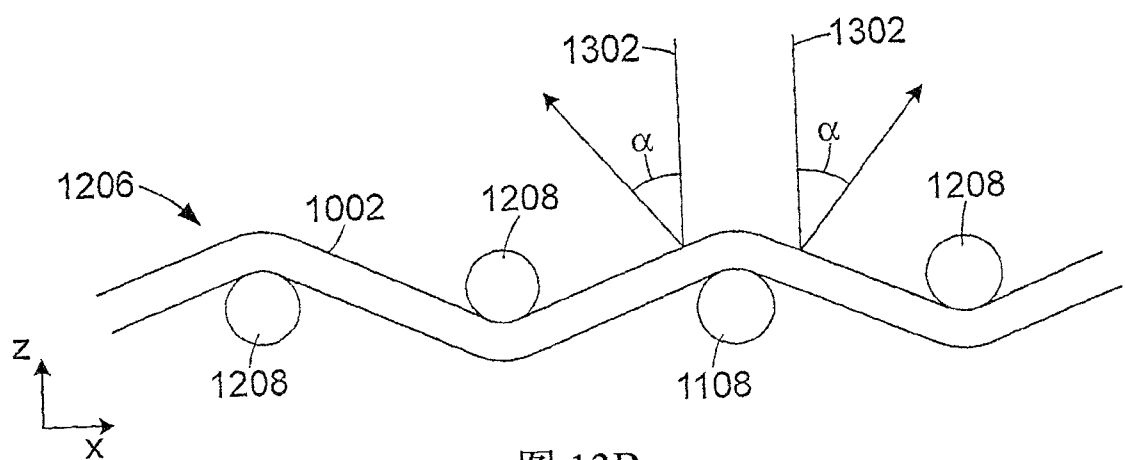


图 13B

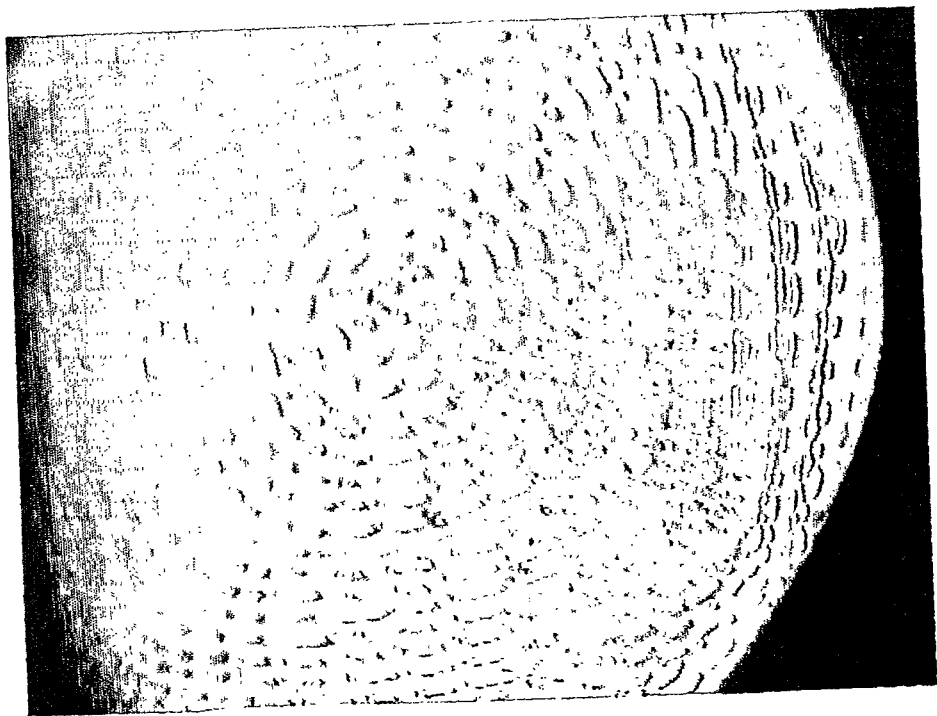


图 14