

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G02B 5/02 (2006.01)

G02F 1/1335 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200780010739.9

[43] 公开日 2009 年 4 月 15 日

[11] 公开号 CN 101410731A

[22] 申请日 2007.3.28

[21] 申请号 200780010739.9

[30] 优先权

[32] 2006.3.31 [33] US [31] 11/278,336

[86] 国际申请 PCT/US2007/065369 2007.3.28

[87] 国际公布 WO2007/115041 英 2007.10.11

[85] 进入国家阶段日期 2008.9.25

[71] 申请人 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

尚德恩·D·哈特

奥勒斯特尔·小本森

帕特里克·R·弗莱明

克里斯廷·L·通霍斯特

[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 顾红霞 何胜勇

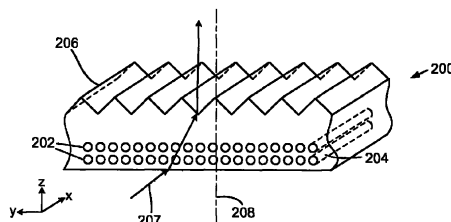
权利要求书 5 页 说明书 31 页 附图 7 页

[54] 发明名称

结构化复合光学薄膜

[57] 摘要

具有结构化表面的光学薄膜特别地用于控制光在显示器内的传播。随着显示器变大，为了保持刚度，增强所述薄膜变得更加重要。本发明的光学薄膜具有包括嵌入在聚合物基质内的无机纤维的第一层。所述第一层具有结构化表面，以对从第一层穿过的光提供光学功能。所述薄膜可以具有多种有益的光学特性，例如，大致垂直地穿过所述第一层传播的光可以受到不大于某一水平的雾度的影响，或者入射到所述薄膜上的光可以受到最小的亮度增益的影响。描述了制造所述薄膜的多种方法。



1. 一种光学薄膜，包括：
第一层，其包括嵌入到聚合物基质中的无机纤维，所述第一层具有第一结构化表面，其中所述第一层为穿过所述第一层传播的光提供至少 10% 的亮度增益。
2. 根据权利要求 1 所述的光学薄膜，其中所述亮度增益为至少 50%。
3. 根据权利要求 1 所述的光学薄膜，其中所述亮度增益为至少 100%。
4. 根据权利要求 1 所述的光学薄膜，其中大致地垂直穿过所述第一层的光受到小于 30% 的体雾度影响。
5. 根据权利要求 1 所述的光学薄膜，还包括嵌入到所述聚合物基质中的无机纳米颗粒、光漫射颗粒或者中空颗粒中的至少一者。
6. 根据权利要求 1 所述的光学薄膜，其中所述第一结构化表面包括增亮层表面。
7. 根据权利要求 1 所述的光学薄膜，其中所述第一结构化表面包括多个棱脊。
8. 根据权利要求 1 所述的光学薄膜，其中所述第一结构化表面包括多个回射元件。
9. 根据权利要求 1 所述的光学薄膜，其中所述第一结构化表面包括一个或多个透镜。
10. 根据权利要求 9 所述的光学薄膜，其中所述一个或多个透镜包括至少一个菲涅耳透镜。
11. 根据权利要求 1 所述的光学薄膜，其中所述第一结构化表面包括衍射表面和集光表面中的一者。
12. 根据权利要求 1 所述的光学薄膜，其中所述第一层具有背向所述第一结构化表面的第二结构化表面。
13. 根据权利要求 12 所述的光学薄膜，其中所述第一结构化表面的图案与所述第二结构化表面的图案对准。

14. 根据权利要求 1 所述的光学薄膜，还包括附接到所述第一层上的第二层。
15. 根据权利要求 14 所述的光学薄膜，其中所述第二层包括反射层、透射层、扩散层和具有第二结构化表面的层中的一者。
16. 根据权利要求 14 所述的光学薄膜，其中所述第二层包括偏振器层。
17. 根据权利要求 16 所述的光学薄膜，其中所述偏振器层包括反射型偏振器层。
18. 根据权利要求 16 所述的光学薄膜，其中所述偏振器层包括吸收型偏振器层。
19. 根据权利要求 14 所述的光学薄膜，其中所述第二层附接到所述第一结构化表面上。
20. 根据权利要求 14 所述的光学薄膜，其中所述第二层附接到背向所述第一结构化表面的表面上。
21. 根据权利要求 14 所述的光学薄膜，还包括附接到所述第一层和所述第二层中的一者上的第三层。
22. 根据权利要求 21 所述的光学薄膜，其中所述第三层附接到所述第二层上，并且所述第三层包括嵌入在聚合物基质内的无机纤维。
23. 根据权利要求 1 所述的光学薄膜，其中所述聚合物基质包括热固性聚合物。
24. 根据权利要求 1 所述的光学薄膜，其中所述聚合物基质包括热塑性聚合物。
25. 根据权利要求 1 所述的光学薄膜，其中所述聚合物基质包括 T_g 值小于 120℃ 的聚合物。
26. 根据权利要求 1 所述的光学薄膜，其中对于被导向为与所述光学薄膜的背向所述结构化表面的表面大致垂直的光来说，穿过所述光学薄膜的单程透射率小于 40%。
27. 根据权利要求 26 所述的光学薄膜，其中所述单程透射率小于 10%。

28. 根据权利要求 1 所述的光学薄膜, 其中当被导向所述光学薄膜的、主光线与薄膜法线成大于 30° 的角的光从所述光学薄膜中透射时, 所述主光线以与所述薄膜法线成小于 25° 的角传播。
29. 根据权利要求 1 所述的光学薄膜, 其中当光入射到所述光学薄膜上时, 所述光具有当入射到所述光学薄膜上时沿第一方向传播的主光线, 当所述光从所述薄膜中透射出来时, 所述主光线沿着与所述第一方向至少偏离 5° 的第二方向传播。
30. 一种光学薄膜, 包括:
第一层, 其包括嵌入到聚合物基质中的无机纤维, 所述第一层具有第一结构化表面, 其中大致垂直地入射到所述第一层的背向所述第一结构化表面的侧面上的光的单程透射率小于 40%。
31. 根据权利要求 30 所述的光学薄膜, 其中所述单程透射率小于 10%。
32. 根据权利要求 30 所述的光学薄膜, 其中所述单程透射率小于 5%。
33. 根据权利要求 30 所述的光学薄膜, 其中大致垂直地穿过所述第一层传播的光受到小于 30% 的体雾度的影响。
34. 根据权利要求 30 所述的光学薄膜, 还包括嵌入所述聚合物基质内的无机纳米颗粒、光漫射颗粒或中空颗粒中的至少一者。
35. 根据权利要求 30 所述的光学薄膜, 其中所述第一结构化表面包括增亮层表面。
36. 根据权利要求 30 所述的光学薄膜, 其中所述第一结构化表面包括多个棱脊。
37. 根据权利要求 30 所述的光学薄膜, 其中所述第一结构化表面包括多个回射元件。
38. 根据权利要求 30 所述的光学薄膜, 其中所述第一结构化表面包括一个或多个透镜。
39. 根据权利要求 38 所述的光学薄膜, 其中所述一个或多个透镜包括至少一个菲涅耳透镜。
40. 根据权利要求 30 所述的光学薄膜, 其中所述第一结构化表面包括衍射表面和集光表面中的一者。

41. 根据权利要求 30 所述的光学薄膜, 其中所述第一层具有背向所述第一结构化表面的第二结构化表面。
42. 根据权利要求 41 所述的光学薄膜, 其中所述第一结构化表面的图案与所述第二结构化表面的图案对准。
43. 根据权利要求 30 所述的光学薄膜, 还包括附接到所述第一层上的第二层。
44. 根据权利要求 43 所述的光学薄膜, 其中所述第二层包括反射层、透射层、扩散层和具有结构化表面的层中的一者。
45. 根据权利要求 43 所述的光学薄膜, 其中所述第二层包括偏振器层。
46. 根据权利要求 45 所述的光学薄膜, 其中所述偏振器层包括反射型偏振器层。
47. 根据权利要求 45 所述的光学薄膜, 其中所述偏振器层包括吸收型偏振器层。
48. 根据权利要求 43 所述的光学薄膜, 其中所述第二层附接到所述第一结构化表面上。
49. 根据权利要求 43 所述的光学薄膜, 其中所述第二层附接到背向所述第一结构化表面的表面上。
50. 根据权利要求 43 所述的光学薄膜, 还包括附接到所述第一层和所述第二层中的一者上的第三层。
51. 根据权利要求 50 所述的光学薄膜, 其中所述第三层附接到所述第二层上, 并且所述第三层包括内部嵌入有无机纤维的聚合物基质。
52. 根据权利要求 30 所述的光学薄膜, 其中所述聚合物基质包括热固性聚合物。
53. 根据权利要求 30 所述的光学薄膜, 其中所述聚合物基质包括热塑性聚合物。
54. 根据权利要求 30 所述的光学薄膜, 其中所述聚合物基质包括 T_g 值小于 120°C 的聚合物。
55. 根据权利要求 30 所述的光学薄膜, 其中当被导向所述光学薄膜的、主光线与薄膜法线成大于 30° 的角的光从所述光学薄膜中透射出来时, 所述主光线与与所述薄膜法线成小于 25° 的角传播。

-
56. 根据权利要求 30 所述的光学薄膜，其中当光入射到所述光学薄膜上时，所述光具有在入射到所述光学薄膜上时沿着第一方向传播的主光线，在所述光从所述薄膜中透射出来时，所述主光线沿着与所述第一方向至少偏离 5° 的第二方向传播。
57. 一种显示系统，包括：
显示器单元；
背光源；以及
根据权利要求 1 所述的光学薄膜，其设置在所述显示器单元和所述背光源之间。
58. 一种显示系统，包括：
显示器单元；
背光源；以及
根据权利要求 30 所述的光学薄膜，其设置在所述显示器单元和所述背光源之间。

结构化复合光学薄膜

技术领域

本发明涉及光学薄膜，更具体地讲，涉及具有结构化表面的用于控制例如液晶显示器等显示器中的光的光学薄膜。

背景技术

具有结构化折射表面的光学薄膜通常用于显示器中以对来自光源的光朝向显示面板的传播进行控制。这种薄膜的一个示例性实例是通常用于增加显示器的轴上光量的棱镜增亮膜。

当显示系统尺寸增大时，薄膜的面积也会变大。这种表面结构化薄膜是薄的，通常为几十或几百微米厚，并因而几乎不具有结构完整性，特别是在用于较大显示系统时。例如，虽然一定厚度的薄膜应用在手机显示器中刚性是足够的，但是在不添加一些支撑装置的情况下将同样的薄膜用于诸如电视机监视器或计算机监视器等更大的显示器中时，该薄膜则可能刚性不足。刚性更高的薄膜还会使大显示系统的组装工艺更省力以及潜在地更加自动化，从而降低显示器的最终组装成本。

可以将这种表面结构化薄膜制作得更厚，以便提供额外的刚度，或者可以将其层合至厚聚合物基底以提供用于大面积薄膜所需的支撑。然而，使用较厚的薄膜或较厚的基底增加了显示单元的厚度，同时还导致重量和光学吸收率的增加。使用较厚的薄膜或基底还会增大绝热性，从而降低将热量传递出显示器的能力。此外，人们对增加显示器的亮度有持续的要求，这意味着显示系统会产生更多的热量。这导致与更高发热量相关的例如薄膜翘曲等变形效应的增加。除此之外，将表面结构化薄膜层合至基底会增加装置的成本，并且使得该装置更厚更重。然而，所增加的成本不会使显示器的光学性能显著提高。

发明内容

本发明的一个实施例涉及光学薄膜，所述光学薄膜具有第一层，所述第一层包括嵌入在聚合物基质内的无机纤维。第一层具有结构化表面。大致垂直地穿过所述第一层传播的光受小于 30% 的体雾度的影响。

本发明的另一个实施例涉及显示系统，所述显示系统具有显示面板、背光源和布置在所述显示面板与所述背光源之间的增强型薄膜。增强型薄膜具有结构化表面并且由聚合物基质形成，在所述聚合物基质中嵌入有无机纤维。大致垂直地穿过增强型薄膜传播的光受小于 30% 的体雾度影响。

本发明的另一个实施例涉及包括第一层的光学薄膜。所述第一层包括嵌入在聚合物基质中的无机纤维，并且具有结构化表面。所述第一层为穿过所述第一层传播的光提供至少 10% 的亮度增益。

本发明的另一个实施例涉及制造光学薄膜的方法。所述方法包括提供具有结构化表面的模制工具和提供纤维增强层，所述纤维增强层包括嵌入到由聚合体和单体中的至少一者形成的基质中的无机纤维。所述纤维增强层用该模制工具来连续模制，以生产纤维增强的具有结构化表面的薄片。

本发明的另一个实施例涉及光学薄膜，所述光学薄膜包括第一层，所述第一层具有嵌入在聚合物基质中的无机纤维。第一层具有结构化表面。在第一层的背向结构化表面的一侧上大致垂直入射的光的单程透射率小于 40%。

本发明的上述发明内容并非试图描述本发明的每个示出的实施例或每种实施方式。下列附图和具体实施方式更具体地举例说明了这些实施例。

附图说明

结合下面参照附图对本发明的各种实施例的详细描述，可以更全面地理解本发明，其中：

图 1 示意性地示出使用根据本发明原理的表面结构化薄膜的显示系统；

图 2 示意性地示出根据本发明原理的纤维增强的表面结构化薄膜的示例性实施例；

图 3 示意性地示出制造系统的示例性实施例，该制造系统可以用于制造根据本发明原理的光学薄膜；

图 4A-4F 示意性地示出根据本发明原理的一体化增强的表面结构化光学薄膜的示例性实施例；

图 5 示意性地示出根据本发明原理的附接到第二层上的纤维增强的表面结构化薄膜的示例性实施例；

图 6 示意性地示出根据本发明原理的附接到第二层上的纤维增强的表面结构化薄膜的另一个示例性实施例；

图 7 示意性地示出根据本发明原理的附接到两个其它层上的纤维增强的表面结构化薄膜的示例性实施例；

图 8 示意性地示出纤维增强的衍射层的局部剖视图；

图 9 示出作为水平角的函数的亮度的曲线图，该图涉及增强型表面结构化薄膜的多个实例；以及

图 10 示出作为竖直角的函数的亮度的曲线图，该图涉及增强型表面结构化薄膜的多个实例。

虽然本发明可以有多种修改形式和替代形式，但其具体内容已在附图中以举例的方式示出并且将作详细描述。然而应当理解到，本发明并不受所描述的具体实施例的限制。相反，本发明的目的在于涵盖由所附权利要求书限定的本发明的精神和范围内的全部修改形式、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，尤其适用于使用一个或多个光学薄膜的光学显示系统。随着例如液晶显示器（LCD）等光学显示器变得更大更亮，对显示器中的光学薄膜的要求变得更多。更大的显示器需要刚性更大的薄膜，以防止翘曲、弯曲和松垂。然而，使薄膜的厚度随其长度和宽度按比例增大会使薄膜变得更厚更重。因此，需要使光学薄膜的刚性更大，以使其能够在不伴有厚度增加的情况下用于大显示器中。提高光学薄膜的刚度的一种方法是在薄膜内包含增强纤维。用纤维进行增强的薄膜还可以称作复合薄膜。在一些示例性实施例中，纤维的折射率与周围的薄膜材料相匹配，以使得通过薄膜的光很少发生散射或不发生散射。在一些实施例中，尤其有益的是，当使用结构化表面来控制光的方向时，光在所述薄膜内很少发

生散射或不发生散射。例如，当所述薄膜基本不产生散射时，棱镜增亮膜更多地增加轴上亮度。尽管在许多应用中需要所述光学薄膜较薄，例如小于约 0.2mm，但是对厚度没有具体的限制。在一些实施例中，需要将复合材料和厚度较大的优点结合起来，例如制造用于电视机液晶显示器的厚板可以为 0.2mm - 2mm 厚。对于这种应用，应该认为术语“光学薄膜”包括这些较厚的光学板或者光导装置。

更具体地讲，本发明涉及具有结构化表面的多种有机/无机光学复合材料，其中这些结构化表面具有某些光学功能。结构化的复合材料具有与复合材料层成为“一体”的表面结构，如果需要，允许复合材料层和结构化表面同时形成。结构化表面的光学功能通常包括一些导光特性。结构化表面的有用导光特性的一些实例包括循环利用、准直或导光、透镜化、转向、漫射、折射或者反射。结构化表面可以具有不同形式的实用不连续性，包括但不限于如下的结构：弯曲的规则结构，例如透镜；规则的直线结构，例如棱镜（如 3M 公司（St. Paul, Minnesota）生产的 Vikuiti™ 增亮薄膜）；转向薄膜和无规则结构，例如糙面或漫射表面结构。

在图 1 中示出可以包括本发明的显示系统 100 的示例性实施例的示意性分解视图。这种显示系统 100 可以用于（例如）液晶显示器（LCD）监视器或者液晶电视机。显示系统 100 基于液晶面板 102 的使用，液晶面板 102 通常包括布置在面板基板（panel plate）106 之间的液晶（LC）层 104。面板基板 106 通常由玻璃制成，并且其内表面上可以包括用以控制液晶层 104 中的液晶取向的电极结构和取向层。电极结构通常布置成用于限定液晶面板的像素，所述像素是液晶层中的能够独立于邻近区域对液晶取向进行控制的区域。一个或多个面板基板 106 还可包括用于在显示的图像上附加颜色的滤色片。

上吸收型偏振器 108 设置在液晶层 104 的上方，并且下吸收型偏振器 110 设置在液晶层 104 的下方。在图示实施例中，上吸收型偏振器 108、下吸收型偏振器 110 都位于液晶面板 102 之外。吸收型偏振器 108、110 和液晶面板 102 联合控制来自背光源 112 的光通过显示系统 100 到达观察者的透射过程。

背光源 112 包括多个光源 116，该多个光源产生用来照明液晶面板 102 的光线。在液晶电视机或 LCD 监视器中所用的光源 116 通常为在整个显示系统 100 中延伸的线性冷阴极荧光灯管。然而，也可以使用其它类型的光源，例如白炽灯或弧光灯、发光二极管（LED）、平面荧光板或外部荧光灯。该光源的列表并非意图进行限制或详尽列举，而仅是示例性的。

背光源 112 还可包括反射器 118，该反射器用于反射从光源 116 以背离液晶面板 102 的方向向下传播的光。如下文所述，反射器 118 还可用于使光在显示系统 100 内进行循环。反射器 118 可以是镜面反射器，或者可以是漫反射器。可用作反射器 118 的镜面反射器的一个实例为可得自 3M 公司 (St. Paul, Minnesota) 的 Vikuiti™ 增强镜面反射 (ESR) 薄膜。适用的漫反射器的例子包括填充有诸如二氧化钛、硫酸钡、碳酸钙等漫反射颗粒的聚合物，例如聚对苯二甲酸乙二醇酯 (PET)、聚碳酸酯 (PC)、聚丙烯、聚苯乙烯等。漫反射器的其它例子包括微孔材料和含纤丝材料，并在美国专利申请公开 2003/0118805 A1 中进行讨论。

光控制层构造 120 设置在背光源 112 和液晶面板 102 之间。光控制层构造 120 中的光控制层会影响由背光源 112 发出的光，从而改善显示系统 100 的操作性能。例如，光控制层构造 120 可以包括扩散层 122。扩散层 122 用于扩散从光源接收的光，从而使得入射到液晶面板 102 上的照明光的均匀度提高。从而使得观察者看到的图像亮度更为均匀。

光控制层构造 120 还可以包括反射型偏振器 124。光源 116 通常会生成非偏振光，但下吸收型偏振器 110 只透射单一偏振状态的光，因此光源 116 所产生的光中大约有一半不会透射至液晶层 104。然而，可以使用反射型偏振器 124 来反射本来会被下吸收型偏振器吸收的光，这样光就会通过在反射型偏振器 124 和反射器 118 之间的反射而被循环利用。在反射型偏振器 124 所反射的光线中至少有一些会被消偏振，并且这些光线随后会以能够透过反射型偏振器 124 和下吸收型偏振器 110 并进入液晶层 104 的偏振状态返回到反射型偏振器 124。以这样的方式，可以用反射型偏振器 124 来增加光源 116 所发出的光中到达液晶层 104 的光的比例，从而使显示系统 100 产生的图像更亮。

可以使用任何合适类型的反射型偏振器，例如，多层光学薄膜(MOF)反射型偏振器；漫反射型偏振膜(DRPF)，例如连续相/分散相偏振器或者胆甾型反射偏振器。

MOF 反射型偏振器、胆甾型反射偏振器以及连续相/分散相反射型偏振器均依靠改变薄膜（通常为聚合物薄膜）内的折射率分布来选择性反射一种偏振状态的光，而透射正交偏振状态的光。MOF 反射型偏振器的一些例子在美国专利 No. 5, 882, 774 中有所描述。市售的 MOF 反射型偏振器的例子包括具有扩散表面的 Vikuiti™ DBEF-II 和 DBEF-D400 多层反射型偏振器，这些偏振器均可得自 3M 公司（St. Paul, Minnesota）。

可结合本发明使用的 DRPF 的例子包括在共同拥有的美国专利 No. 5, 825, 543 中所描述的连续相/分散相反射型偏振器，以及在（例如）共同拥有的美国专利 No. 5, 867, 316 中所描述的漫反射型多层偏振器。其它合适类型的 DRPF 在美国专利 No. 5, 751, 388 中有所描述。

可用于本发明的胆甾型偏振器的一些实例包括（例如）美国专利 No. 5, 793, 456 和美国专利公开 No. 2002/0159019 中所描述的那些胆甾型偏振器。胆甾型偏振器通常在输出侧设置有四分之一波长延迟层，以将透射通过胆甾型偏振器的光转变为线性偏振光。

光控制层构造 120 还可以包括棱镜增亮层 128。增亮层是包括如下表面结构的一种层：该表面结构可以将离轴光的方向改变为更靠近显示器轴线的方向。这会增加穿过液晶层 104 的轴上传播的光量，从而增加观察者所看到的图像的亮度。一个实例是棱镜增亮层，其具有通过折射和反射的组合来改变照明光方向的多个棱柱元件。可用于该显示系统的棱镜增亮层的例子包括可得自 3M 公司（St. Paul, Minnesota）的 Vikuiti™ BEFII 和 BEFIII 系列棱镜膜，该棱镜膜系列包括 BEFII 90/24、BEFII 90/50、BEFIIIM 90/50 和 BEFIIIT。所述棱柱元件可以形成为在所述薄膜的整个宽度上延伸的脊，或者形成为较短的元件。

在图 2 中示意性示出了具有一体化纤维增强材料的表面结构化薄膜 200 的示例性实施例。该增强型薄膜 200 包括嵌入在聚合物基质 204 中的增强纤维 202。在所述基质 204 的至少一个表面上设置有结构化表面 206。

在示出的示例性实施例中，结构化表面 206 是棱镜增亮表面并具有将光的方向改变为沿着靠近显示器轴线的方向传播的棱柱元件。

无机纤维 202 可以由玻璃、陶瓷或玻璃-陶瓷材料形成，并且可以作为独立的纤维、以一个或多个纤维束或者一个或多个织造层或非织造层地布置在基质 204 内部。纤维 202 可以布置成规则或不规则的图案。在美国专利申请 No. 11/125, 580 中详细论述了增强聚合物层的几个不同的实施例。

在本发明的许多实施例中，由于复合材料的有机组分和无机组分之间的折射率相匹配，因而该复合材料层具有高透明度。结构化表面与复合材料层的一体化降低了在用于高温条件时所述结构化表面发生翘曲或弯曲的可能性。

此外，在一些现有的表面结构化薄膜构造中，给基膜涂底漆对确保将微复制型表面结构良好地粘合在基膜上是很关键的。相反，在本发明的具有一体化的结构化复合材料的某些实施例中，基膜和结构化表面可以用相同的树脂体系来产生。这简化了整个制造工艺，并且不需要独立的底漆层和独立的涂底漆步骤。作为另外一种选择，基膜可以用一种树脂体系制成的复合材料，而所述结构化表面可以由具有所需特性(包含添加剂、纳米颗粒，或者具有高折射率)的第二树脂体系来制成。

一体化的、表面结构化复合材料也提供了极好的策略来使结构化光学薄膜的刚度对厚度的比率最大化，以及将厚度、刚度和低翘曲的特性(这些特性对于某些光学应用较重要)结合起来。在保持刚度的同时降低薄膜厚度，对于手持计算机显示器和笔记本计算机显示器是尤其重要的，但是出于对重量和节省空间的考虑，这在所有显示器应用中通常都是可取的。

可以选择基质 204 和纤维 202 的折射率为相匹配或不匹配。在一些示例性实施例中，可能期望二者的折射率相匹配，以使得所得制品对光源发出的光几乎或完全透明。在另一些示例性实施例中，可能期望二者的折射率故意地不匹配，以产生特定颜色的散射效应，或者使得入射在所述薄膜上的光发生漫透射或反射。通过选择折射率接近于树脂基质 204 折射率的合适的纤维 202 增强材料，或者通过形成折射率接近或等于纤维 202 折射率的树脂基质，可以实现折射率的匹配。

本文将形成聚合物基质 204 的材料在 x 、 y 和 z 方向的折射率用 n_{1x} 、 n_{1y} 和 n_{1z} 表示。如果聚合物基质材料 204 为各向同性的，则 x 、 y 和 z 方向的折射率大致匹配。如果基质材料为双折射的，则 x 、 y 和 z 方向的折射率中至少有一者与其它方向的折射率不匹配。纤维 202 的材料通常为各向同性的。因此，形成纤维 202 的材料的折射率给定为 n_2 。然而，无机纤维 202 也可以是双折射的。

在一些实施例中，可能期望聚合物基质 204 为各向同性的，即 $n_{1x} \approx n_{1y} \approx n_{1z} \approx n_1$ 。如果两个折射率之间的差值小于 0.05，优选地小于 0.02，更优选地小于 0.01，则认为这两个折射率大致相同。因此，如果没有一对折射率的差值大于 0.05，优选地折射率差值都小于 0.02，则认为该材料是各向同性的。此外，在一些实施例中期望所述基质 204 和纤维 202 的折射率大致匹配。因此，基质 204 和纤维 202 的折射率差值，即 n_1 和 n_2 的差值应较小，至少小于 0.02，优选地小于 0.01，更优选地小于 0.002。

在其它实施例中，可能期望聚合物基质 204 为双折射的，在这种情况下，基质的至少一个折射率不同于纤维 202 的折射率。在纤维 202 为各向同性的实施例中，双折射的基质 204 使得至少一个偏振状态的光被增强层散射。散射量取决于几个因素，包括对于被散射的偏振状态而言的折射率差的大小、纤维 202 的尺寸以及纤维 202 在基质 204 内的密度。此外，光线可以发生前向散射（漫透射）、后向散射（漫反射）或这两种情况的组合。美国专利申请 No. 11/125,580 详细论述了由纤维增强层 200 所产生的光散射。

适合用于聚合物基质 204 的材料包括在所需的光波长范围内透明的热塑性聚合物和热固性聚合物。在一些实施例中，可能尤其有用的是，该聚合物在水中不可溶，该聚合物可以是疏水性的或具有低的吸水倾向。此外，合适的聚合物材料可以是非结晶的或半结晶性的，并且可以包括均聚物、共聚物、或其共混物。聚合物材料的例子包括但不限于：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、含芳族环和含脂族环的（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的（甲基）丙烯酸酯；多官能（甲基）丙烯酸酯；丙烯酸改性环氧树脂；环氧树脂；和其它的烯键式不饱和材料；

环状烯烃和环状烯属的共聚物；丙烯腈-丁二烯-苯乙烯 (ABS)；苯乙烯-丙烯腈共聚物 (SAN)；环氧树脂；聚乙烯基环己烷；PMMA/聚氟乙烯共混物；聚苯醚合金；苯乙烯系嵌段共聚物；聚酰亚胺；聚砜；聚氯乙烯；聚二甲基硅氧烷 (PDMS)；聚氨酯；饱和聚酯；聚乙烯，包括低双折射聚乙烯；聚丙烯 (PP)；聚对苯二甲酸烷基酯，例如聚对苯二甲酸乙二醇酯 (PET)；聚萘二甲酸烷基酯，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；乙酸纤维素；醋酸丁酸纤维素；含氟聚合物；聚苯乙烯-聚乙烯共聚物；PET 和 PEN 共聚物，包括多烯键的 PET 和 PEN；以及聚碳酸酯/脂族 PET 共混物。术语(甲基)丙烯酸酯定义为相应的甲基丙烯酸酯或丙烯酸酯化合物。可以使用光学各向同性形式的这些聚合物。

在一些产品应用中，重要的是薄膜产品和部件具有含量水平较低的易散逸物质（低分子量的未反应或未转化的分子、溶解的水分子或反应副产物）。易散逸物质可能是从产品或薄膜的最终使用环境中吸收得到的，例如水分子；可能从产品的最初加工时开始就存在于产品或薄膜之中；或者可能由于化学反应（例如，缩聚反应）而产生。由缩聚反应产生小分子的例子是：在二胺和二元酸反应生成聚酰胺的过程中释放出水。易散逸物质还可以包括低分子量的有机材料，例如单体、增塑剂等。

相比构成功能性产品或薄膜的其余部分的大多数材料而言，易散逸物质通常分子量较低。产品使用条件可能（例如）在产品或薄膜一侧产生差异较大的热应力。在这种情况下，易散逸物质可能会穿过薄膜迁移，或从薄膜或产品的一个表面挥发，从而产生浓度梯度、总体的机械变形、表面变化和（有时）不期望的逸气。逸气会导致在产品、薄膜或基质内出现间隙或气泡，或在与其它薄膜粘合时出现问题。易散逸物质还可能在产品应用中使其它组分溶剂化、受到腐蚀或对其它组分产生不良影响。

在一些实施例中可能需要薄膜 200 的聚合物基质是双折射的：以上列举的聚合物中的一部分在进行取向时可能会变成双折射的。具体地讲，PET、PEN 及其共聚物以及液晶聚合物在取向时表现出相对较大的双折射率值。可以采用包括挤出法和拉伸法在内的不同方法对聚合物进行取向。对于聚合物取向来说，拉伸法是一种尤其有用的方法，这是因为这种方法允许进

行较大程度的取向，并且该方法可以通过很多容易控制的外部参数（例如温度和拉伸比）来控制。

然而，重要的是应该注意到：也可以使结构化表面复合材料是大致非双折射的。在一些实施例中这可能是期望的，这是因为它增加了（例如）液晶显示器(LCD)的光学薄膜叠堆内的结构化表面复合材料的空间布置的可能性。相反，一些传统的表面结构化薄膜可能具有不期望的双折射。在显示器应用场合下的光学薄膜叠堆的设计中，本文所述的表面结构化复合材料的大致光学各向同性的特性可以提供灵活性。

基质 204 可以包含有多种添加剂，以使薄膜 200 具有所需的特性。例如，添加剂可以包括下列物质中的一种或多种：耐候剂、紫外线吸收剂、受阻胺光稳定剂、抗氧化剂、分散剂、润滑剂、抗静电剂、颜料或染料、成核剂、阻燃剂和发泡剂。

一些示例性实施例可以使用能防止随时间而发黄和模糊化的聚合物基质材料。例如，一些材料（例如芳族聚氨酯）在长期暴露于紫外光时会变得不稳定，并且会随着时间推移而变色。如果长期保持同样的颜色很重要，则需要避免采用这类材料。

可以在基质 204 中提供其它添加剂来改变聚合物的折射率或增加材料的强度。这种添加剂可以包括（例如）有机添加剂，如聚合物小珠或颗粒和聚合物纳米颗粒。在一些实施例中，基质 204 由两种或更多种不同的单体按特定比例形成，其中每种单体在聚合时都与不同的最终折射率相关。不同单体的比例决定了树脂 204 的折射率。

在其它实施例中，可以在基质 204 中添加无机添加剂以调节基质 204 的折射率，或增强材料的强度和/或刚度。例如，该无机材料可以为玻璃、陶瓷、玻璃-陶瓷或金属氧化物。可使用下文针对无机纤维论述的任何合适类型的玻璃、陶瓷或玻璃-陶瓷。合适类型的金属氧化物包括（例如）：二氧化钛、氧化铝、氧化锡、氧化锑、氧化锆、二氧化硅、其混合物或其混合氧化物。这种无机材料可以作为纳米颗粒（例如）以粉碎状、粉末状、小珠状、薄片状或颗粒状的形式提供，并分布在基质内。例如，可以使用基于气相的或基于溶剂的工艺来合成纳米颗粒。所述粒子的尺寸优选地小于大约 200nm，并且可以小于 100nm，甚至小于 50nm，以便减少光通过所

述基质 204 发生的散射。所述添加剂可以使表面官能化，以优化悬浮液的分散特性和/或流变特性和其它流体特性，或者与聚合物基质反应。其它类型的颗粒包括中空外壳，例如中空的玻璃外壳。

任何合适类型的无机材料都可以用于纤维 202。纤维 202 可以由对通过薄膜的光线大致透明的玻璃形成。合适的玻璃的例子包括通常用于玻璃纤维复合材料中的玻璃，例如 E、C、A、S、R 和 D 玻璃。也可以使用更优质的玻璃纤维，包括（例如）熔融二氧化硅纤维和 BK7 玻璃纤维。合适的更优质的玻璃可得自多个供应商，例如 Schott North America Inc. (Elmsford, New York)。使用由这些更优质的玻璃制成的纤维是有利的，这是因为它们更纯净，因而具有更一致的折射率和更少的掺杂物，从而可以减少散射并增加透射。而且，纤维的机械性能更趋于一致。更优质的玻璃纤维更不容易吸收水分，因此薄膜在长期使用时变得更稳定。此外，可能期望使用低碱玻璃，这是因为玻璃中的碱含量会增加对水分的吸收。如 11/125, 580 所述，其它无机材料，例如陶瓷或玻璃-陶瓷，可以用于纤维增强材料。

在需要拉伸或者需要某些其它形成工艺的聚合物中可能需要不连续的增强物，诸如颗粒或者短纤维。例如，如在美国专利申请 No. 11/323, 726 中所描述的，填充有短切玻璃的挤出的热塑性塑料可以用作纤维增强层。对于其它专利申请，可以使用连续的玻璃纤维增强材料（即织物、纤维束或非织物），这是因为它们能够大大降低热膨胀系数 (CTE) 并大大增加模量。更适合使用饱和/浸渍和固化工艺而不使用基于挤出的工艺来掺入这些连续的增强物。

在一些示例性实施例中，可能期望基质 204 和纤维 202 之间折射率不完全匹配，以使得至少一部分光被纤维 202 漫射。在这些实施例中，基质 204 和/或纤维 202 可以是双折射的，或者基质和纤维可以均为各向同性的。根据纤维 202 的尺寸，漫射由散射产生或仅由折射产生。由纤维产生的漫射为非各向同性的：光可以沿纤维轴线的横交方向发生漫射，但不会沿着纤维的轴向发生漫射。因此，漫射的性质取决于基质内的纤维的取向。如果纤维（例如）平行于 x 轴布置，则光会沿着平行于 y 轴和 z 轴的方向发生漫射。

此外, 基质 204 可以填充有各向同性地散射光的漫射颗粒。漫射颗粒是折射率与基质不同的颗粒, 该颗粒通常具有较高的折射率, 并具有高达约 $10\mu\text{m}$ 的直径。这些也能够为复合材料提供结构增强材料。漫射颗粒可以是(例如)金属氧化物, 例如上文所述作为纳米颗粒用于调节基质折射率的金属氧化物。其它合适类型的漫射颗粒包括聚合物颗粒, 例如聚苯乙烯颗粒或聚硅氧烷颗粒或它们的组合。漫射颗粒也可以是中空的玻璃球, 例如由 3M 公司(St. Paul, Minnesota)制造的 S60HS 型玻璃泡。漫射颗粒可以单独使用以使光发生漫射, 可以与折射率不匹配的纤维一起用来使光发生漫射, 或可以与结构化表面结合使用以使光发生漫射并使光改变方向。

基质 204 内的纤维 202 的一些示例性构造包括纱、在聚合物基质内沿一个方向布置的纤维束或纱、纤维织物、非织造材料、短纤维、短纤维垫(具有无规或规则的形式)、或这些形式的组合。可以对短纤维垫或非织造材料实施拉伸、施加应力或取向以使纤维在非织造材料或短纤维垫内具有一定程度的对准度, 而不是使纤维无规排布。此外, 基质 204 可以包含多层纤维 202: 例如, 基质 204 可以包括成多个束、织物等的多层纤维。在图 2 所示的具体实施例中, 纤维 202 布置成两层。

下面参照图 3 描述制造增强型表面结构化薄膜的一种示例性方法。一般来讲, 该方法包括将基质树脂直接施加到预制的表面结构化层上。制造装置 300 包括纤维增强材料 302 的卷, 使该材料通过含有基质树脂 306 的浸渍槽 304。采用任何合适的方法(例如, 将纤维增强材料 302 通过一系列辊 308), 使树脂 306 渗入纤维增强材料 302 中。

如有必要, 一旦将浸渍的增强层 310 从浸渍槽 304 中取出, 可施加附加树脂 312。可以使用(例如)涂布机 314 在增强层 310 上施加附加树脂 312。涂布机 314 可以是任何合适类型的涂布机, 例如, 刮刀涂布机、逗号式涂布机(图示)、刮棒涂布机、模具涂布机、喷涂机、帘式涂布机、高压喷射涂布机等。在其它考虑因素中, 树脂在施加条件下的粘度决定一种或多种合适的涂覆方法。涂覆方法和树脂粘度还会影响在用基质树脂浸渍增强层的步骤期间从增强层内消除气泡的速率和程度。

如果希望薄膜成品具有较低的散射性, 那么重要的是要在这一阶段确保树脂完全填充纤维之间的空间: 因为留在树脂内的间隙和气泡都会成为

散射中心。可以采用不同方法（以单独或组合的方式）来减少气泡的产生。例如，可以通过使薄膜机械振动来促进树脂 306 散布在整个增强层 310 内。可以通过（例如）超声波源施加机械振动。此外，可以对薄膜施加用于从树脂 306 中抽取气泡的真空。这可以在涂覆的同时或之后在（例如）可选的排气单元 316 内进行。

然后将浸渍的增强层 310 压在模制辊 318 上。将增强层 310 保持在模制辊 318 的结构化表面 320 上，从而在树脂中产生压痕。于是该树脂可以在与模制辊 318 接触的同时凝固。凝固包括固化、冷却、交联和使聚合物基质达到固态的任何其它处理。在图示的实施例中，使用辐射源 322 对树脂进行照射。在其它实施例中，可以向树脂 306 施加不同形式的能量，包括但不限于：热能和压力、电子束辐射等，以使树脂 306 固化。在其它实施例中，可通过冷却、聚合化或通过交联使树脂 306 凝固。冷却是特别适合于使用热固性聚合物的技术。例如，模制辊 318 可以用于冷却树脂。

在一些实施例中，凝固的薄膜 324 足够柔软，以至于可以被收集并储存在收卷辊 326 上。在其它实施例中，凝固的薄膜 324 可能刚性太高而不能卷起，在这种情况下，以其它的方式储存薄膜，例如可以将薄膜 324 切割成薄片以进行储存。

在增强型薄膜上可以采用不同类型的表面结构。图 2 示出了具有增亮表面 206 的增强型薄膜 200，该表面引导离轴光 207 沿与轴线 208 更为平行的方向传播。轴线 208 垂直于薄膜 200。可以认为光线 207 是主光线。在一些实施例中，光线 207 以与所述轴线 208 成大于 30° 的角入射在薄膜 200 上，并以与所述轴线成小于 25° 的角从所述薄膜 200 中射出。在一些实施例中，透射通过薄膜 200 之后的主光线 207 的方向与进入薄膜 200 之前的主光线 207 的方向偏离 5° 以上，换句话讲，薄膜 200 使光线 207 偏离的角度大于 5° ，在一些实施例中大于 10° ，并且在一些实施例中大于 20° 。增亮表面不局限于仅包括具有平坦侧面的棱柱。在其它示例性实施例中，棱柱的侧面可以是弯曲的，或者棱柱可以不在薄膜的整个宽度上延伸。

在图 4A 中示意性示出表面结构化增强型薄膜 400 的一个实施例。所述薄膜 400 是增强型转向薄膜，用于改变从用于背光源的光导装置 404 透过

的光线 402 的方向。然后, 来自转向薄膜的光在入射到显示器面板(未示出)之前, 可以穿过一个或多个附加的光控制薄膜。所述的结构化表面 406 包括具有入射面 410 和反射面 412 的多个凸起 408。光线 402 穿过入射面 410 进入该凸起, 并且在反射面 412 处发生全内反射。反射面 412 可以是平坦的(如图所示)或者可以是具有小平面的或者是弯曲的, 或者可以采取一些其它的形状。

在图 4B 中示意性示出了表面结构化增强型薄膜 420 的另一个实施例。结构化表面 422 包括回射光线 426 的多个角隅棱镜反射器 424。

在图 4C 中示意性示出了表面结构化增强型薄膜 430 的另一个实施例。在该实施例中, 结构化表面 432 包括一个或多个透镜 434。透镜 434 可以具有正光焦度或者负光焦度。

图 4D 示意性示出了另一种表面结构化增强型薄膜 440。薄膜 440 具有菲涅耳透镜形式的结构化表面 442。

图 4E 示意性示出了另一种表面结构化增强型薄膜 450。薄膜 450 包括衍射结构化表面 452。衍射结构化表面 452 可以形成为衍射光学元件, 该元件为穿过薄膜 450 的光线 454 提供任何需要的衍射功能。例如, 衍射表面可以用于使光线聚焦或使光线散焦, 以在一个或多个特定方向上引导光线, 从而将光线分成不同颜色的组分, 或者用作成形的扩散片。

在一些示例性实施例中, 表面结构化增强型薄膜可以包括位于相对表面上的两个结构化表面。在图 4F 中示意性示出了这种双表面结构化薄膜 460 的示例性实施例。薄膜 460 具有第一结构化表面 462 和第二结构化表面 464。可以在两个表面 462、464 上组合提供多个不同类型的结构, 包括增亮结构、透镜结构、漫射结构、衍射结构, 转向结构和回射结构。在示出的实施例中, 使上结构化表面 462 结构化而具有增亮结构, 而使下结构化表面 464 结构化而具有可以是柱面镜表面的透镜化表面。在双表面结构化薄膜的每一侧上的结构可以是线性的、同心的、无规的或者一些其它类型的图案。在每一侧上的图案不必相同。

在一些实施例中, 一个结构化表面可以与另一个结构化表面对准。例如, 如果位于一侧上的重复的增亮棱镜结构的节距是 P , 那么位于另一侧上的透镜的节距可以相同, 并且固定成使得来自一个透镜的光被导向一个

增亮表面。在图 4F 中示出了这种构造。然而，两个表面上的结构不必对准。可以通过同时在两个模制辊之间挤压薄膜，或者通过用第一模制工具模制一侧然后用第二模制工具模制第二侧来制造双表面结构化薄膜。

在一些示例性实施例中，纤维增强的结构化表面层可以附接至其它层上。图 5 示意性示出了附接到第二光学层 506 上的表面结构化增强层 502。在该实施例中，第二光学层 506 附接到与结构化表面 504 相对的侧面 508 上。第二光学层 506 可以是任何适合类型的层，例如偏振器层、转向层等等。偏振器层可以是任何类型的偏振器层，包括反射型偏振器和吸收型偏振器。可以使用例如压敏粘合剂或层合粘合剂等粘合剂将第二光学层 506 附接到结构化表面层 502 上。

在其它实施例中，第二光学层可以附接在结构化表面上。在图 6 中示意性示出了一个示例性实施例，其中增强型增亮层 602 附接在第二层 606 上。结构化表面 604 的一部分嵌在薄的粘合剂层 608 内，粘合剂层 608 设置在第二层 606 的朝向增强层 602 的表面上。美国专利 No. 6, 846, 089 更详细地论述了结构化表面与另一个光学薄膜的附接。一般来讲，粘合剂层 608 与表面结构的高度相比相对较薄。将所述结构化表面 604 压入粘合剂层 608 中至这样的深度，该深度使得能留出结构化表面 604 的较大部分与空气接触。这保持空气和增强层 602 之间的相对较大的折射率差值，由此保留结构化表面 604 的折射效果。应当理解到，还可以将其它类型的表面结构化薄膜的结构化表面附接到增强层上。

还可以包括其它光控制层以用于除增亮之外的其它目的。这些用途包括光的空间混合或混色、光源遮蔽和均匀度改善。可用于这些目的的薄膜包括扩散膜、扩散板、部分反射层、混色光导装置或薄膜、以及扩散系统（其中已扩散光的具有峰值亮度的光线以不平行于输入光的具有峰值亮度的光线的方向传播）。

可以将增强型表面结构层附接到多于一个的其它层上。例如，可以将光学层附接到结构化表面层的结构化表面和另一表面这两者上。在另一个实施例中，可以将多于一个的其它层附接到增强型结构化表面层的表面中的一者上。在图 7 中示意性示出一个具体的实例，其中第二光学层 704 附接到增强型结构化表面层 702 的非结构化（例如平坦的）侧面上。第三光

学层附接到第二光学层上。所述第二光学层 704 和第三光学层 706 可以是任何所需类型的光学层，包括偏振器层等。另外，第二光学层 704 和第三光学层 706 中的任一者可以是增强层。在下面讨论的一个实例中，第二光学层 704 是反射型偏振器层，而第三光学层 706 是平坦的增强层。

实例

本发明所选的实施例描述如下。这些实例不是用来限定，而只是为了说明本发明的一些方面。

复合薄膜的所有如下实例将 Hexcel Reinforcements 公司 (Anderson, South Carolina) 所生产的织造玻璃纤维用作无机纤维增强材料。从经销商处获得 Hexcel 106 (H-106) 纤维时纤维上施加有涂饰剂以用作所述纤维和树脂基质之间的偶联剂。在所述实例中，所用的全部 H-106 玻璃布都具有 CS767 硅烷涂饰剂。在其它系统中，可能期望在不将涂饰剂或偶联剂施加到玻璃纤维上的本色状态下使用玻璃增强材料。

采用物镜为 20x/0.50 的透射单偏振光显微镜 (TSP) 和物镜为 20x/0.50 的透射 Zernike 相差显微镜 (PCZ) 测量表 I 所列纤维样品的折射率 (RI)。测量折射率所用的纤维样品是通过用刀片将纤维切割成多个部分而制备的。将纤维放入玻璃载片上的多种折射率油内，并盖上盖玻片。用 Zeiss Axioplan (Carl Zeiss, Germany) 对样品进行分析。用 Milton Roy 公司 (Rochester, New York) 制造的 ABBE-3L 折射计对折射率油进行校准，并对数值进行相应调整。采用结合相差显微镜的贝克线法 (Becke Line Method) 确定样品的折射率。每个样品 n_0 值 (在波长为 589nm，即钠 D 线时的折射率) 的标称 RI 结果的精度为 ± 0.002 。

表 I 提供实例 1-4 所用的各种树脂的概要信息。

表 I. 树脂组分

组分编号	制造商	树脂组分	折射率
C1	Cytec Surface Specialties	Ebecryl 600	1.5553
C2	Sartomer Company	TMPTA (SR351)	1.4723
C3	Ciba Specialty Chemicals Corp.	Darocur 1173	1.5286
C4	Cognis Corp.	Photomer 6210	
C5	Sartomer Company	THFA (SR285)	

C6	Sartomer Company	HDODA (SR238)	
C7	Ciba Specialty Chemicals Corp.	Darocur 4265	

Darocur 1173 和 Darocur 4265 是光引发剂，而 THFA(丙烯酸四氢糠基酯)是单官能丙烯酸酯单体。表 I 中其余的组分是可交联的树脂。Ebecryl 600 为双酚 A 环氧二丙烯酸酯低聚物。

实例 1——一体的增亮复合材料层

在该实例中用作聚合物树脂的原材料是：

组分	重量 %
C1	69.3
C2	29.7
C3	1.0

纤维增强材料是带有 CS767 涂饰剂的 Hexcel Style 106 织造纤维织物。所述纤维的折射率是 1.551 ± 0.002 。在该实例和下述所有实例中使用的固化的复合树脂混合物的折射率(Ebecryl 600/TMPTA/Darocur 1173 的比例是 69.3/29.7/1.0)是 1.5517。因此，聚合物基质和纤维之间的折射率差值是大约 0.0007。

一体的复合材料的制备始于将 12" × 24" (30cm × 60cm)的 PET 薄片粘贴在 12" × 20" × ¼" (30.5cm × 50.8cm × 0.6cm)的铝薄片前缘。将用于制造棱镜增亮结构的模制工具放置在 PET 的上方，而将玻璃纤维布的薄片放置在所述模制工具的上方。设计模制工具以制造类似用于 Vikuiti™ BEF-III 薄膜的波状棱镜增亮表面，该棱镜增亮表面具有 50µm 的棱镜节距和 90°的顶角。

用另一张 12" × 24" (30cm × 60cm) PET 薄片覆盖玻璃纤维布，并将玻璃纤维布前缘粘贴到铝板的前缘。将铝板的前缘置于手动层合机内。将上 PET 片和玻璃纤维布向后剥离，以便可以触及模制工具。在最靠近层合辊的边缘附近，将树脂小珠 (8mL-10mL) 施加到该模制工具上。以稳定的速率将夹层构造送入层合机以迫使树脂渗入玻璃纤维布，并涂覆整个纤维。

将仍然附接在铝板上的层合物布置在真空烘箱内并加热到 60℃和 65℃之间的温度。抽空烘箱至其具有比大气压低 27 英寸（68.6cm）汞柱的压力，并且对层合物实施四分钟脱气。向烘箱内通入氮气以解除真空状态。使层合物再一次通过层合机。

通过使层合物以 30fpm(15cm/s)的速率通过在 600W/in（236W/cm）下工作的 Fusion D 紫外线灯的下方而使树脂固化。通过向后剥离自由边缘直到整个薄片从模制工具上脱离来将复合材料从所述模制工具上移除。还从所述复合材料上移除未涂底漆的 PET 背衬，留下“单层”的一体化棱镜复合薄膜。

实例 2-反射型偏振器上的一体化增亮复合薄膜

在与 3M Vikuiti™ DBEF-P2 相似的涂底漆的多层反射型偏振器(RP)的表面上形成与实例 1 中所描述的材料相类似的一体化增亮复合材料。将具有平坦侧面的第二复合材料层布置在偏振器层的另一侧上以用于机械支承。在该实例中，使用层压粘合剂将偏振器层结合到复合材料层上。因此，最终的结构从上到下具有下列层：具有棱镜表面的透明复合材料/层压粘合剂/RP/层压粘合剂/透明复合材料。该结构与图 7 中所描述的结构相似。

层压树脂按照如下组分形成：

组分	重量 %
C4	64.4
C5	24.7
C6	9.9
C7	1.0

底漆用于提高丙烯酸树脂与 RP 层的两个侧面的粘合力。底漆是 97％(w/w)的己二醇二丙烯酸酯和 3％的(w/w)二苯甲酮的混合物。对于为薄膜薄片涂底漆，将三滴溶液施加在薄膜的需要一侧上，并且通过用纸巾擦拭来进行涂覆。可以通过用干净的纸巾擦拭来移除多余的底漆溶液。采用在 600W/in（236W/cm）下工作的 Fusion “D” UV 灯以 30fpm(15cm/s)的线速

度、在大气气氛中固化该涂层。随后，通过在 RP 和复合材料间涂覆并固化层合粘合剂，而将涂底漆的 RP 薄片附接到预先制好的透明复合材料上。

结构化表面复合材料的制备工序与实例 1 中的工序相同。另外，所述平坦的透明复合材料以下述方式形成。将 12" × 24" (30cm × 60cm) 的 PET 薄片粘贴在 12" × 20" × 1/4" (30.5cm × 50.8cm × 0.6cm) 的铝薄片前缘。在 PET 上方放置一片 Hexcel 106 玻璃纤维布。用另一片 12" × 24" (30cm × 60cm) 的 PET 薄片覆盖该玻璃纤维布，而且将玻璃纤维布的前缘粘贴到所述铝板的前缘。将铝板的前缘布置于手动层合机内。将上 PET 片和玻璃纤维布向后剥离，以便可以触及下 PET 片。在最靠近层合辊的边缘附近将树脂小珠 (6mL-8mL) 施加到下 PET 片上。以稳定的速率将夹层构造送入层合机，使树脂渗入玻璃纤维布。

将仍然附接在铝板上的层合物布置在真空烘箱内并加热至 60°C 和 65°C 之间的温度。抽空烘箱至比大气压力低 27 英寸 (68.6cm) 汞柱的压力，并且对层合物脱气四分钟。向烘箱内通入氮气以解除真空状态。使层合物再次通过层合机。通过使层合物以 30fpm (15cm/s) 的速率通过在 600W/in (236W/cm) 下工作的 Fusion "D" 或 Fusion "H" UV 灯下方而使树脂固化。

将透明的复合材料附接至涂底漆的 RP 层的操作始于将 12" × 24" (30cm × 60cm) 的 PET 薄片粘贴在 12" × 20" × 1/4" (30.5cm × 50.8cm × 0.6cm) 的铝薄片的前缘。在 PET 上放置涂底漆的 RP 薄片。小心地将下 PET 片从预先制备的透明复合材料层上剥离。在 RP 层上方以复合材料一侧向下的方式设置预先制备的透明复合材料层。将复合材料的上 PET 层粘贴在铝板的前缘。将铝板的前缘置于手动层合机内。将上复合材料/PET 片向后剥离，以便可以触及 RP 薄片。在 RP 的最靠近层合辊的边缘上施夹层合粘合剂树脂小珠 (约 5mL)。以稳定的速率将夹层构造送入层合机内，使用层合树脂涂覆 RP 和预先制备的复合材料层。

将仍然附接在铝板上的层合物以 30fpm (15cm/s) 的速率通过在 600W/in (236W/cm) 下工作的 Fusion "D" UV 灯的下方而对该层合物进行固化。

采用与将 RP 附接在平坦透明复合材料上的工艺类似的工艺，将一体化的增亮复合薄膜附接在 RP/透明复合材料上。

实例 3-具有衍射表面的一体化复合材料

在聚酰亚胺模制工具上形成具有衍射微结构化表面的透明玻璃纤维复合材料。因而，该制品包括具有衍射结构化表面的单一复合材料层。除了模制工具使所述复合材料层上具有衍射结构之外，用与上述实例 1 相同的方式制备样品。而且，在第一次使用之前，在模制工具上施加脱模涂层以助于从模制工具上移除固化的复合材料。

衍射图案是具有 1 平方毫米、17 个区域和 16 个级别的正方形区域板，设计为在 632nm 下工作并具有 1cm 的焦距。在图 8 中示意性示出光聚合的“正像”的局部剖视图。该图示出了 17 个区域中的 3 个，即中心区域 802 和两个侧部区域 804。每个区域的最大高度 h 达到 632nm。该衍射结构起到正透镜的作用。

实例 4-具有小透镜表面的一体化复合材料

透明玻璃纤维复合材料形成有小透镜微结构化表面。除了模制工具被设计为用来制备小透镜阵列之外，实例 4 的样品制备工序与实例 1 的工序相同。所述工序包括在小透镜微结构化表面工具上涂覆和固化玻璃纤维的步骤。而且，在第一次使用之前，在模制工具上施加脱模涂层以助于从工具上移除固化的复合材料。

小透镜结构包括正透镜阵列，阵列的横向长为 75 微米，垂度为 30 微米。

光学测量

利用可得自 Photo Research 公司 (Chatsworth, CA) 的具有 MS-75 透镜的 SpectraScan™ PR-650 光谱色度计 (SpectraScan™ PR-650 SpectraColorimeter) 来测量类似 BEF 的复合材料实例 (实例 1 和 2) 的相对增益性能。将这些值与用作比较例的现有产品进行比较。比较例包括可从 3M 公司 (St. Paul, Minnesota) 商购获得的 Vikuiti™ Thin-BEF-II、BEF-III-10-T、BEF-RP 和 DBEF-DTV。Thin-BEF-II 具有顶角为 90° 并且在 2 密耳 (50 μm) 的 PET 基底上高度为 24 μm 的棱柱图案。这个图案被称为 90/24 图案。BEF-III-10-T 具有顶角为 90° 并且在 10 密耳的 PET 基底上高度为 50 μm 的棱柱图案。BEF-RP 在反射偏振基底 DBEF-Q 上具有 90/24 棱柱图案。DBEF-DTV 在层合至具有模糊 PC 背衬的 DBEF-Q 上的 10 密耳聚碳

酸酯(PC)基底上具有棱柱,该棱柱具有半径为 $7\mu\text{m}$ 的圆形顶部。所有这些薄膜的固化棱柱树脂的折射率是约 1.58, PET 的平均折射率是约 1.66 而 PC 的平均折射率是约 1.58。

现在描述用于对本发明光学薄膜的光学性能进行定量的一般的相对增益测量方法。尽管为了完整性而给出了具体细节,但是应该容易理解到,使用下述方法的修改形式可以得到相似的结果。采用可得自 Photo Research 公司(Chatsworth, CA)的配备有 MS-75 透镜的 SpectraScan™ PR-650 光谱色度计测量薄膜的光学性能。将薄膜置于漫透射的中空灯箱的上方。灯箱的漫透射和漫反射可以描述为朗伯曲线。灯箱是六面中空立方体,尺寸为大约 $12.5\text{cm} \times 12.5\text{cm} \times 11.5\text{cm}$ (长 $\times$ 宽 $\times$ 高),由厚约 6mm 的 PTFE 扩散板制成。选择灯箱的一面作为样品表面。中空灯箱在样品表面上测得的漫反射率为约 0.83, (例如在 400nm-700nm 波长范围内采用下述灯箱反射测量方法测得的平均值为约 83%)。在增益测量过程中,通过位于灯箱底部(与样品表面相对,光线从内部照向样品表面)的约 1cm 的圆孔从灯箱内部照亮灯箱。使用附连至用于引导光的光纤束上的稳定的宽带白炽光源提供该照明(具有直径约 1cm 的光纤束延伸部的 Fostec DCR-II,来自 Schott-Fostec LLC (Marlborough, MA 和 Auburn, NY))。在样品箱和照相机之间布置标准的线性吸收型偏振器(例如 Melles Griot 03 FPG 007)。以约 34cm 的距离将照相机聚焦在灯箱的样品表面上,并将吸收型偏振器置于距离照相机透镜约 2.5cm 处。在将偏振器置于适当位置上并且不布置样品薄膜的情况下,被照亮的灯箱的亮度为 $>150\text{cd}/\text{m}^2$ 。当将样品薄膜与灯箱样品表面平行布置(样品薄膜与灯箱基本接触)时,入射光与灯箱样品表面垂直,用 PR-650 测量样品亮度。将样品亮度与以相同方式所测得的单独灯箱的亮度进行比较,可以计算出相对增益。整个测量过程是在黑暗的封闭室内进行的,以消除杂散光源的影响。当对含有反射型偏振器的薄膜组件进行相对增益的测量时,将反射型偏振器的透光轴与测量系统的吸收型偏振器的透光轴对齐。

使用均由 Labsphere 公司(Sutton, NH)提供的直径为 15.25cm (6 英寸)的涂覆有 Spectralon 的积分球、稳定宽带卤素光源和光源电源来测量灯箱的漫反射率。积分球有三个开口,一个开口用于输入光(直径为

2.5cm)，一个开口成 90 度地沿第二轴线并用作检测器口（直径为 2.5cm），而第三个开口成 90 度地沿第三轴线（即与前两个轴线正交的轴线）并用作样品口（直径为 5cm）。PR-650 光谱色度计（同上）聚焦在相距约 38cm 的检测器口上。采用由 Labsphere 公司提供的漫反射率为约 99 %的、校准的反射率标准片（SRT-99-050）计算积分球的反射效率。该标准片由 Labsphere 公司进行校准，并且源于 NIST 标准(SRS-99-020-REFL-51)。以如下公式计算积分球的反射效率：

$$\text{积分球亮度比} = 1/(1-R_{\text{积分球}} \times R_{\text{标准片}})$$

在该情况下，积分球亮度比为：当用标准样品遮住样品口时在检测器口处测得的亮度除以当不用样品遮住样品口时在检测器口处所测得的亮度所得的比值。当该亮度比和校准的标准片的反射率($R_{\text{标准片}}$)都已知时，则可计算出积分球的反射效率 ($R_{\text{积分球}}$)。然后再将该值用于类似的等式中，以测量样品（在该情况下为 PTFE 灯箱）的反射率：

$$\text{积分球亮度比} = 1/(1-R_{\text{积分球}} \times R_{\text{样品}})$$

这里所测得的积分球亮度比为：在样品位于样品口时于检测器处测得的亮度除以没有样品时测得的亮度所得到的比值。由于从上文得知 $R_{\text{积分球}}$ ，因此可以直接计算出 $R_{\text{样品}}$ 。这些反射率是以 4nm 的波长间隔计算出的，所报告的值是在 400nm-700nm 波长范围内的平均值。

通过 PR-650 同时记录样品/灯箱组件的 CIE(1931)色度坐标。这些色度坐标给出了对样品之间的色差的定量测量。通过将样品亮度与以同样方式从单独灯箱测得的亮度进行比较来计算相对增益，也就是说，相对增益等于用布置薄膜时测得的亮度除以不布置薄膜时测得的亮度所得的比值，即增益 g 通过以下表达式给出：

$$g = L_f/L_o,$$

其中 L_r 是在将薄膜布置在适当位置上时测得的亮度，而 L_0 是在不布置薄膜时测得的亮度。

测量过程是在黑暗的封闭室内进行的，以消除杂散光源的影响。当对包含反射型偏振器的薄膜组件进行相对增益的测量时，将反射型偏振器的透光轴与测量系统的吸收型偏振器的透光轴对齐。在将测量系统的吸收型偏振器布置在适当位置上并且在灯箱上不布置样品的情况下，从单独灯箱测得的“空”亮度是约 275 坎/平方米。

增益测量本身的波动相当低(约 1%)。然而，样品的波动有几个可能的来源，包括比较例中变化的雾度水平和棱柱几何形状，以及在本发明样品的一些区域中可能存在的气泡。当评价实例 2 时应该考虑的附加因素是将实例 2 的棱柱垂直于实例 2 的 RP 层的透光轴。当单独使用实例 2 时，这是优选的取向，但是在一些薄膜组件中这可能不是优选的(取决于该组件)。比较例 BEF-RP 和 DBEF-DTV 具有相反的棱柱取向，这不是因为这在光学上是优选的，而是因为对于制造效率而言它是优选的。亮度增益在本发明的在一些实施例中大于 10%，在另一些实施例中大于 50%，而在另一些实施例中大于 100%。

表 II 示出由实例 1-4、比较例和不布置任何薄膜的单独灯箱得到的结果。一般来讲，复合材料实例的相对增益与相应的比较例相比是相当的，而且主要颜色没有明显的改变。值得注意的是，在(例如)实例 1、Thin-BEF-II-T 和 BEF-III-10-T 之间的增益存在很小的差值。这表明实例 1 的结构化复合材料具有很低的光学吸收率和散射性，这对于循环型光学薄膜应用(例如这些应用)来说非常关键。还应该注意到，因为实例 1 中的树脂设计为与玻璃纤维增强材料的(较低)折射率相匹配，因此虽然事实是实例 1 的棱镜折射率低于比较例的棱镜折射率，但是实例 1 与 Thin-BEF-II-T 和 BEF-III-10-T 也具有相当的增益。

表 II. 实例 1-4 和对比产品的厚度、相对增益和色度。

样品	厚度(μm)	相对增益g	x	y
实例1	86	1.571	0.4736	0.4257
实例2	274	2.405	0.4711	0.427
实例3	85	1.302	0.475	0.4256

实例4	42	1.034	0.4754	0.4254
Thin BEF-II-T	63	1.587	0.4735	0.4271
BEF-III-10-T	277	1.608	0.4744	0.426
BEF-RP	152	2.416	0.4735	0.4271
DBEF-DTV	638	2.117	0.4716	0.4265
灯箱	-	1.000	0.4755	0.4252

如下文所述, 通过将样品薄膜布置在被照亮的灯箱上来测量结构化复合材料实例的角输出。利用由 Autronic-Melchers GmbH 公司 (Karlsruhe, Germany) 制造的 Autronic 锥光镜来测量亮度对角输出。在图 9 和 10 中示出对每一个复合薄膜的测量结果。图 9 示出了与单独灯箱进行比较的 4 个实例的作为水平角的函数的亮度。曲线 901 与实例 1 对应, 曲线 902 与实例 2 对应, 曲线 903 与实例 3 对应, 曲线 904 与实例 4 对应, 而曲线 905 与单独灯箱对应。图 10 示出了与单独灯箱进行比较的 4 个实例的作为竖直角度的函数的亮度。曲线 1001 与实例 1 对应, 曲线 1002 与实例 2 对应, 曲线 1003 与实例 3 对应, 曲线 1004 实例 4 对应, 而曲线 1005 与单独灯箱对应。单独灯箱的输出与朗伯曲线接近。导光薄膜改变了输出强度与角度的关系, 例如将光强的主要部分重新导向 0 度输出, 或垂直于箱面。这种轴上亮度的增加被称为增益。

其它的测量, 例如分析初始准直光的角输出, 将进一步描述 (例如) 衍射表面的性能。衍射结构化表面和小透镜结构化表面的一般性能在本领域中是熟知的, 因而这里所描述的复合材料实例应该满足此性能。

通常用于描述光学薄膜的性能的测量参数是单程透射率。这种类型的透射率测量不考虑薄膜在光循环腔中的作用。在该测量中照射在检测器上的光仅仅穿过薄膜一次。此外, 输入光通常以基本垂直于薄膜平面的角度射入, 而所有透射光无论其透射角度如何都被收集到积分球中。许多普通的装置可测量这种单程透射率, 包括最常见的市售雾度计和 UV-Vis 光谱仪。

许多有效的增亮膜和重新导光膜不具有高的单程透射率。具体地讲, 当增亮结构背向光源的方向时, 多数增亮膜具有低的单程透射率。这是因为增亮膜设计为通过如下方法在循环利用型背光源中有效地产生增亮效果: 即通过将离轴光重新导向法线方向并同时通过回射而循环利用在单程

透射率中测量的轴上光。净效应是显示器系统中有效的增亮效果。因此，当与其它特性描述测量（例如相对增益测量）相结合时，单程透射率可以用于评价棱镜增亮膜的光循环效率。因此，当与其它测量一起进行解释时，期望增亮膜显示出具有低的单程透射率值，是因为低单程透射率值意味着具有高的回射效率。对某些增亮膜来说高单程透射率是不可取的，这是因为高单程透射率意味着不规则性和光散射，从而导致已完成的显示器系统的增亮效率较低。在一些实施例中，期望单程透射率小于 40%，而在其它实施例中期望单程透射率小于 10%。

使用 Perkin Elmer Lambda 900 UV-Vis 光谱仪测量本发明的示例性光学薄膜的单程透射率(%T) (采用在 450nm-650nm 内得到的近似平均值)。增亮结构布置在薄膜的背向光源的一侧。在下表 III 中示出结果。

表 III. 在 450nm-650nm 波长范围内得到的平均单程透射率

实例	平均%T(单程)
实例1 一体化BEF复合材料	4.4
BEF-III-10-T对照物	6.7
Thin BEF-II-T对照物	7.9

可以看出，复合增亮膜表现出非常低的单程透射率，意味着在显示器系统中具有高效的增亮效果。

使用具有光谱扫描源的 Axometrics 偏光计来测量实例 1 的延迟量。将该延迟量与先前的一些比较例以及另外的比较例(PC-BEF，在约 250μm 厚的聚碳酸酯基底上的 BEF-III 90/50 图案形式的半径为 7μm 的棱镜)进行比较。在下表 IV 中示出结果。为了用该仪器精确测量该棱柱结构，可以采用两种技术。第一种技术采用折射率匹配的流体来“浸湿”该棱柱结构，使得光穿过该薄膜到达检测器。第二种技术是将两个棱镜薄膜以叠堆的形式布置成使棱镜彼此相对，并通过将水布置在薄膜之间而将两个棱镜薄膜进行光耦合。发现这两种技术之间具有可接受的再现性。在该测量中可以预

期所测得的值有量级为大约 20%-30%的波动(下面的“空”测量中指示了一些低延迟量水平的波动)。发现所述复合材料样品具有低延迟量和低双折射率。延迟量(以纳米为单位)在这里定义为 $d \times (|n_o - n_e|)$ ，其中 d 是样品的厚度，而值 $(|n_o - n_e|)$ 等于双折射率或样品的寻常光轴和非寻常光轴之间的折射率差值的大小。发现与此处制造的那些复合材料层对应的复合材料层具有低于 2nm(在 600nm 的波长)的延迟量值，该值对应低于 0.0001 的双折射率值。

表 IV. 所测得的实例 1 和比较例中的延迟量值。

样品	600nm时的延迟量 (nm)	厚度 (μm)	600nm时的双折射率
实例1 BEF-III复合材料	1.65	86	0.00002
Thin BEF-II-T	1350	61	0.0221
具有半径为7μm的圆形顶部的PC-BEF	8.8	268	0.00003
BEF-III-10-T	9000	276	0.0326
空(空气)	0.1-1.1	--	--

对于某些表面结构化薄膜，特别是增亮膜，常常期望限制在所述薄膜内部发生的体散射。体散射定义为发生在光学体内部的光散射(与发生在光学体表面的光散射相对)。可以通过用折射率匹配油来浸湿结构化表面并用标准雾度计测量雾度来测量结构化表面材料的体散射。雾度可以通过许多市售的雾度计来测量，并且可以根据 ASTM D1003 来定义。限制体散射通常使得结构化表面可以最有效地改变光的方向、增亮等。对于本发明的一些实施例，优选的是体散射较低。具体地讲，在一些实施例中雾度可以小于 30%，在另一些实施例中雾度可以小于 10%，而且在另一些实施例中雾度可以小于 1%。

通过用鉴定过的折射率匹配油浸湿结构化表面并在玻璃板上浸湿薄膜，来测量实例 1 和某些其它薄膜样品中的体散射，所述折射率匹配油由 Cargille 公司(RF 系列，目录号 18005)制造。然后将浸湿的薄膜和玻璃板置于 BYK Gardner Haze-Gard Plus(目录号为 4725)的光路中，并且记录雾度。在这种情况下，雾度定义为如下分数：散射到 8°的锥角之外的透射光除以透射光总量。光线垂直入射到薄膜上。

在下表 V 中示出体雾度（即由于在聚合物基质本体内传播而产生的雾度，而不是由于在薄膜表面上产生的任何散射而产生的雾度）的实测值。用折射率为 1.55 的油来浸湿实例 1 的薄膜。用折射率为 1.58 的油来浸湿所有其它的棱镜样品。

表 V. 体雾度测量

样品	雾度(由于体散射引起) %
实例1 一体化BEF-III复合材料	0.57
Thin BEF-II-T	0.49
BEF-III-10-T	0.94
空(仅玻璃板)	0.2

力学测试

利用薄膜张力几何特性用 TA Instruments Q800 系列的动态力学分析仪(DMA)来测量薄膜样品的玻璃化转变温度。在-40℃至 200℃范围内以 2℃/min 在动态应变模式下进行温度扫描实验。将储能模量和损耗角正切值(功耗因子)记录为温度的函数。损耗角正切曲线的峰值用于确定薄膜的玻璃化转变温度 T_g 。在与实例 1 的复合材料层非常相似的复合材料层上测量 T_g ，并且得到的值为 71℃。在相同树脂(无增强材料)的对应样品上测量的 T_g 为 90℃。波动是由测量因素产生的。对于此处所描述的所有实例，用于复合材料层的树脂材料具有大致相同的 T_g 。在一些实施例中，可能需要 T_g 的值小于 120℃。

利用薄膜张力几何特性使用型号为 Q800 DMA 的 TA 仪器，利用动态力学分析(DMA)法测量储能模量和刚度（在受力情况下）。与 DMA 测量相关的术语可以根据 ASTM D-4065 和 ASTM D-4092 进行定义。所报告的值是在室温（24℃）下测得的。表 VI 汇总了测得的刚度结果。测量是在 24℃ - 28℃的温度范围内进行的。该表显示出：使用复合材料可以获得储能模量的显著增加。因为储能模量提供了不依赖厚度测量薄膜特性的方法，因此储能模量是较为重要的。由于测量方法和复合材料样品的实验室级样板这两种原因，预期会使这些数据出现一些波动。

可以认为数值较大的抗拉模量和刚度还与潜在的弯曲刚度相对应，这取决于最终制品的构造和几何形状：适当地布置高模量层会使制品具有较

高的弯曲刚度。较高的刚度使得易于操作显示器、使显示器更薄更轻，以及提高显示器的均匀性(通过减少显示器的光学部件的翘曲或弯曲)。最终制品的实际性能将取决于纤维的布置方式和制品的最终几何形状。例如，常常需要构造“平衡的”制品，例如，设有单一中心复合材料层或设有两个对称地相对的复合材料层，从而使得所述材料在固化或加热时在给定的方向上将不会具有弯曲或卷曲的趋势。这里所测量的复合材料样品在构造上是大致平衡的。

表 VI 列出了样品编号以及样品的简要描述。表中还列出测量件相对于偏振器的透光轴或消光轴或者相对于在机器上测量的网状结构 (web) 的方向的取向。方向“机器”与顺着网状结构的方向相应，而方向“横向”与横过网状结构的方向相应。此表还列出了平均储能模量、平均刚度和厚度 T。使用由 Ono Sokki 公司 (Yokohama, Japan) 制造的 EG-233 数字式线性测量计测量该厚度。

表 VI. 所测量的一些代表性样品的储能模量和刚度值。

实例 编号	简要描述	偏振器或薄 膜取向	刚度 (10 ⁴ N/m)	储能模量 (MPa)	T (μm)
2	增强型Thin BEF/RP	透光轴	48	5130	260
-	BEF-RP对照物	透光轴	9.9	2677	122
-	DBEF-DTV对照物	透光轴	48	2330	626
2	增强型Thin BEF/RP	消光轴	46	4960	260
-	BEF-RP对照物	消光轴	15.5	4171	122
-	DBEF-DTV对照物	消光轴	53	2590	626
1	一体化BEF复合材料	机器	19	7590	82
-	Thin BEF对照物	机器	8.9	4512	62
1	一体化BEF复合材料	横向	16.3	6643	82
-	Thin BEF对照物	横向	10.7	5296	62

在 Perkin Elmer TMA 7 上采用标准热力学分析法测量热膨胀系数 (CTE)。与标准 TMA 测量有关的术语可以根据 ASTM E-473 和 ASTM E-

11359-1 中来定义。在 30℃到 110℃范围内以 10℃/min 在膨胀模式下进行温度扫描试验。在表 VII 中汇总 CTE 的测量值。

与对比性的商业样品相比，复合材料样品一般具有类似或更低的 CTE。对于一些商业的偏振器样品，当沿着偏振器的透光轴和消光轴测量时 CTE 性能差别很大(由偏振器的工艺和分子取向所致)。在这些情况下，即使沿其它轴线 CTE 相对不受影响，特别重要和有用的是降低沿偏振器的高 CTE 轴线的 CTE(例如，可能需要降低平均 CTE 和/或沿着平衡透光状态的 CTE 和遮光状态的 CTE 的方向移动)。在复合材料样品中显示出了这些有用的效果。在一些显示器应用中，这些较低的 CTE 会有助于降低翘曲和提高光学均匀性。

表 VII. 所测量的一些代表性样品的热膨胀系数(CTE)值。

实例编号	简要描述	偏振器取向	第二次加热CTE平均值(ppm/°C)
2	BEF III/RP复合材料	透光轴	48.1
-	BEF-RP II对照物	透光轴	92.3
-	DBEF-DTV对照物	透光轴	88.4
2	BEF III/RP复合材料	消光轴	42.3
-	BEF-RP II对照物	消光轴	39.5
-	DBEF-DTV对照物	消光轴	80.1
1	一体化BEF复合材料	透光轴	25.6
-	Thin BEF对照物	透光轴	35.9
1	一体化BEF复合材料	消光轴	25.6
-	Thin BEF对照物	消光轴	31.9

薄膜组合/组件

当以某些特定的空间频率和角关系来与其它周期性图案相结合时，空间周期性图案有时会产生不需要的莫尔效应(Moiré)效果。因此，在一些情况下，可能期望调整增强纤维的间隔、布置方式或者角度偏差来使这样的莫尔图案最小化：所述莫尔图案是在多层复合材料层之间、复合材料层和(相同或相邻的薄膜的)任何结构化薄膜表面之间、或者复合材料层和任何显示系统元件（例如像素、光导点图案或者 LED 光源）之间产生。另外，

在增强纤维的折射率几乎完全匹配并且复合材料层几乎完全光滑的情况下，不会出现明显的莫尔图案。

应当理解到，可以以与将现有光学薄膜组合成组件的方式几乎相同的方式有利地将上述复合材料光学制品组合成组件。组件的一个实例是“crossed-BEF”，其中两个 BEF 薄膜彼此相邻布置成使得它们的棱柱槽基本垂直，同时一个薄膜的棱柱表面临近另一个薄膜的非棱柱表面。因此，有益的是将复合薄膜与各种其它光学薄膜组合来实现有益的光学效果。这里所列出的薄膜实例还可以与诸如在美国专利申请 No. 11/323, 726 中所描述的那些薄膜实例组合。这些薄膜组件的一些实例包括但不限于：

1. 与复合 BEF-RP（如实例 2）交叉的复合 BEF（实例 1）。
2. 与复合 BEF-RP（如实例 2）交叉的未增强的 BEF。
3. 与复合 BEF（实例 1）交叉的复合 BEF（实例 1）。
4. 与复合 BEF（实例 1）交叉的未增强的 BEF。
5. 与复合 BEF（实例 1）交叉并且与反射型偏振器（或者是未增强的反射型偏振器，或者是如美国专利申请 No. 11/323, 726 所述的反射型偏振器）组合的复合 BEF（实例 1）。
6. 与复合 BEF（实例 1）交叉并且与反射型偏振器（或者是未增强的反射型偏振器，或者是如美国专利申请 No. 11/323, 726 所述的反射型偏振器）组合的未增强的 BEF。
7. 与反射型偏振器（或者是未增强的反射型偏振器，或者是如美国专利申请 US. 11/323, 726 所述的反射型偏振器）组合的 BEF（实例 1）。

使用与上述相对增益测量方法相同的方法来测量这些薄膜组合/组件中的几个。在下表 VIII 中示出结果。一般来讲，复合材料实例的相对增益与对应的比较例相当，并且仅可见较小的颜色改变。值得注意的是，在交叉的实例 1 薄膜和交叉的 Thin-BEF-II-T 薄膜之间的增益存在十分小的差值。这表明，实例 1 的复合材料基底具有非常低的光学吸收率和散射性，这对于光学薄膜应用来说是关键的，例如在光线在反射腔内循环以便尽可能多地以所需要的可见状态提取光线的这些应用中是关键的。同样值得注意的是，因为实例 1 的树脂设计为与玻璃纤维增强材料的（较低）折射率相

匹配，因此尽管事实上实例 1 的棱镜折射率低于比较例的折射率，实例 1 也具有相似的增益。此外，在总体增益仅有很小改变的情况下，实例 1 的低双折射率允许其布置在反射型偏振器(在该情况下为 BEF-RP)的上方或者下方，而在 BEF-RP 的上方布置 Thin-BEF 使增益降低很多。

表 VIII. 示例性薄膜组件的特性

薄膜组合		相对增益, g	CIE色度	
下薄膜	上薄膜		x	y
实例1	实例1	2.408	0.4724	0.4267
Thin BEF II	Thin BEF II	2.405	0.4717	0.4262
Thin BEF II	BEF-RP	3.186	0.4727	0.4287
BEF-RP	Thin BEF	2.916	0.4728	0.4282
实例1	实例2	3.141	0.4712	0.4283
实例1	BEF-RP	3.146	0.4736	0.4291
BEF-RP	实例1	3.074	0.4732	0.4283
无	无	1.000	0.4744	0.4252

不应该认为本发明受限于上述实施例，而应理解为本发明涵盖如所附权利要求书中明确说明的本发明的所有方面。在阅读本发明的说明书之后，适用于本发明的各种更改形式、等同的工艺以及多种结构对本发明领域的技术人员来讲将是显而易见的。本发明的权利要求书旨在涵盖这些修改形式和装置。

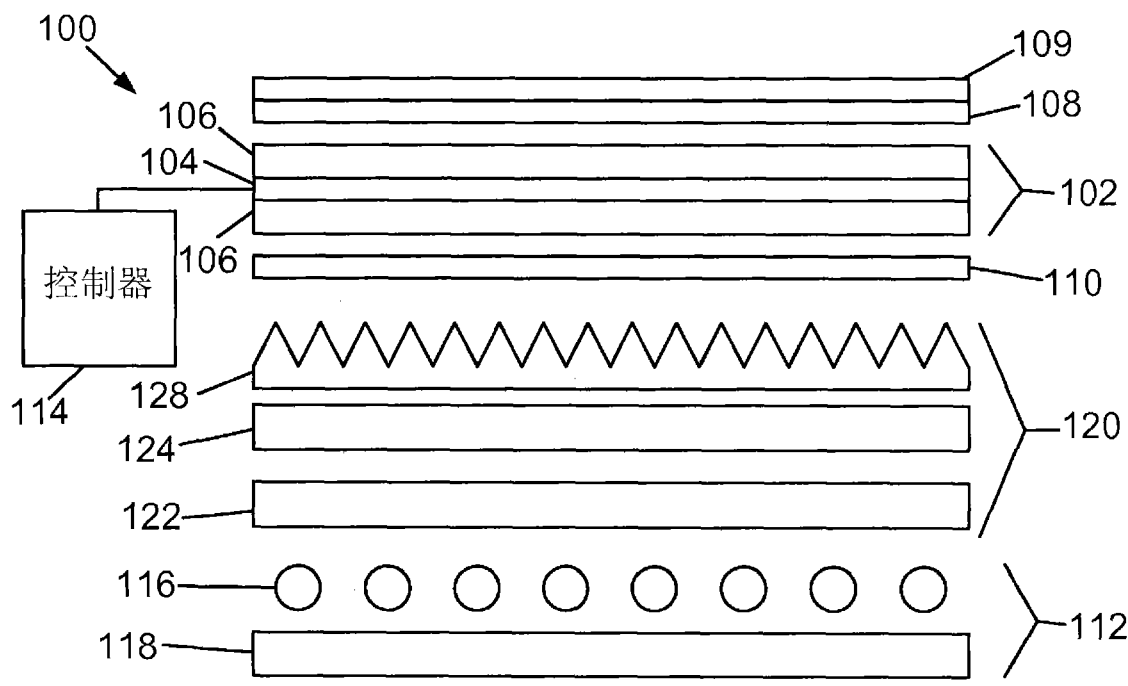


图1

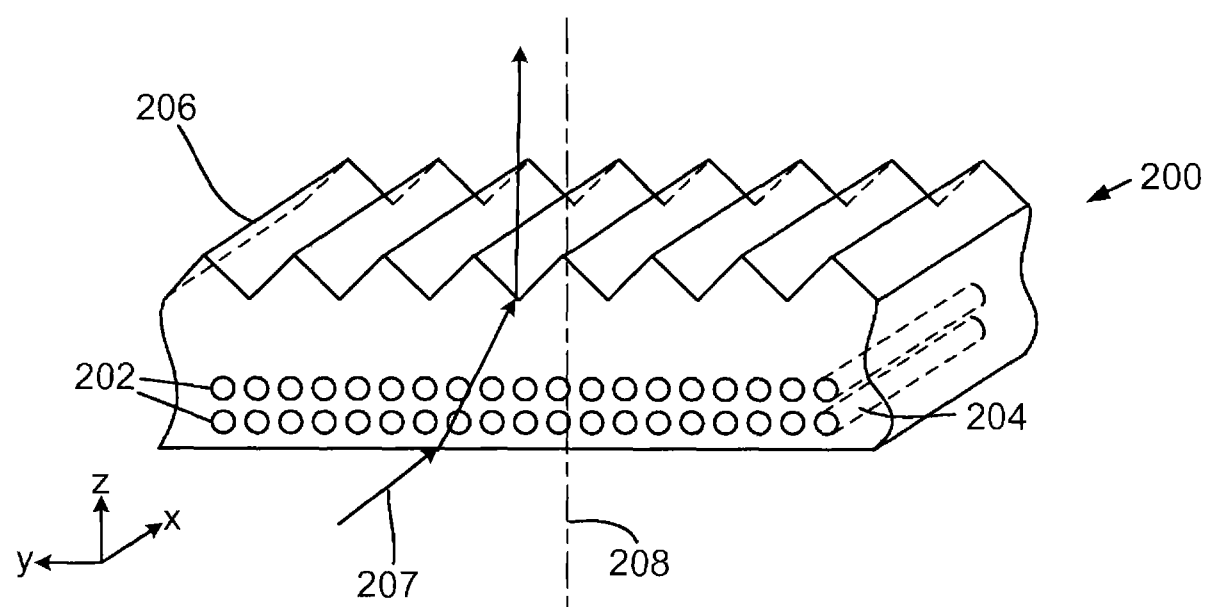


图2

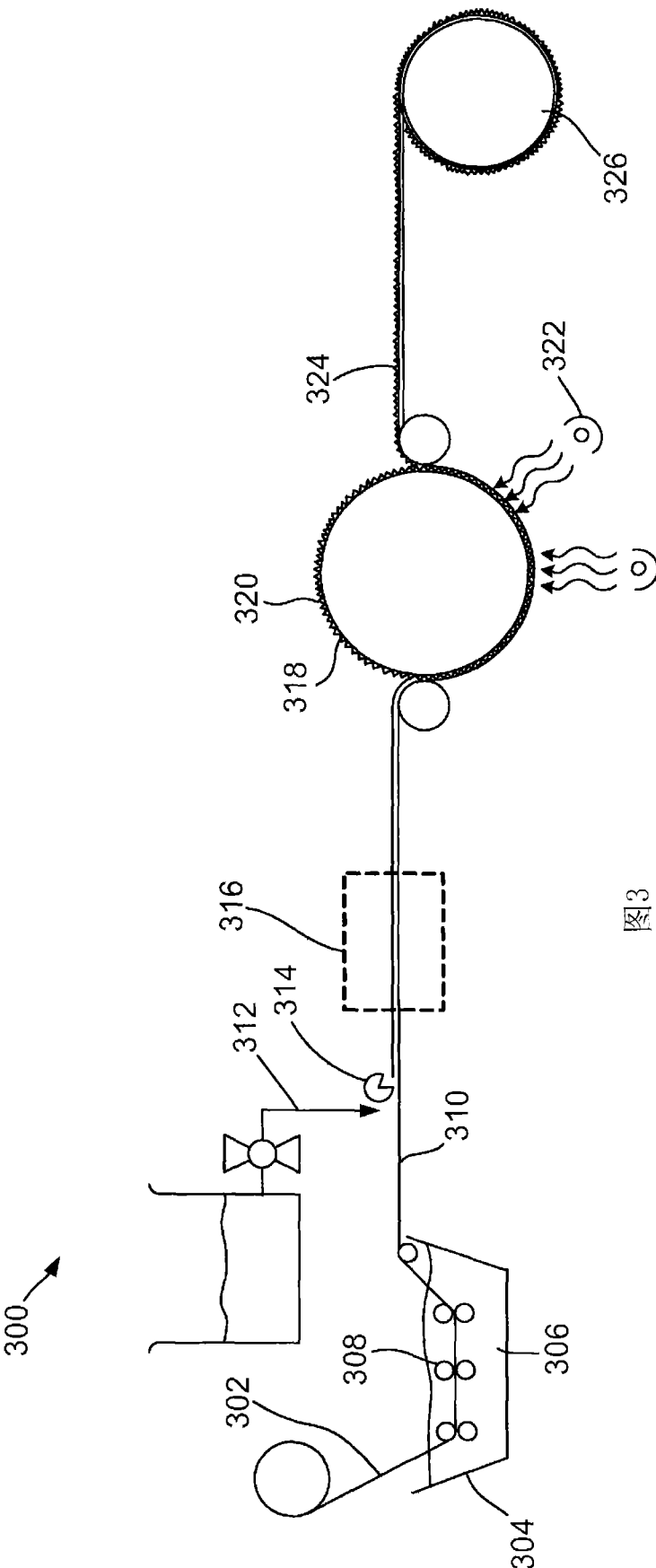


图3

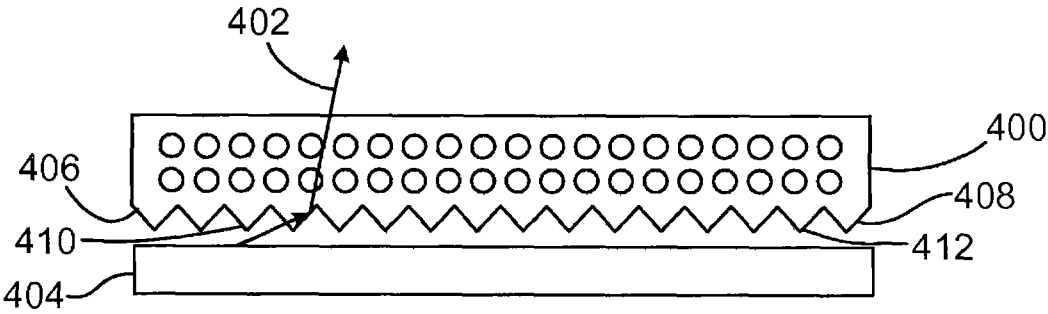


图4A

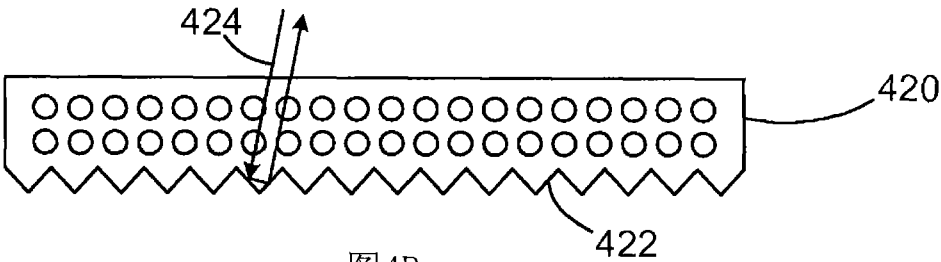


图4B

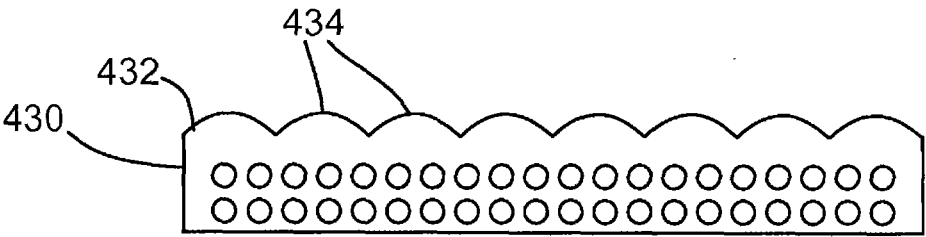


图4C

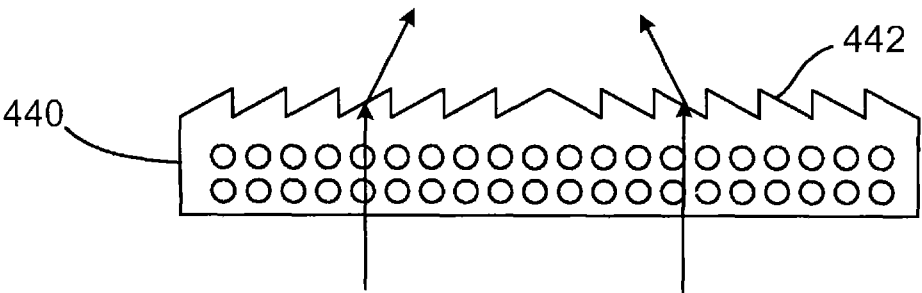


图4D

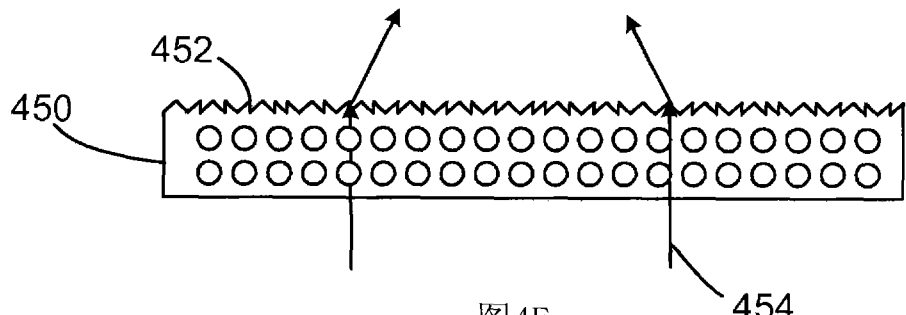


图4E

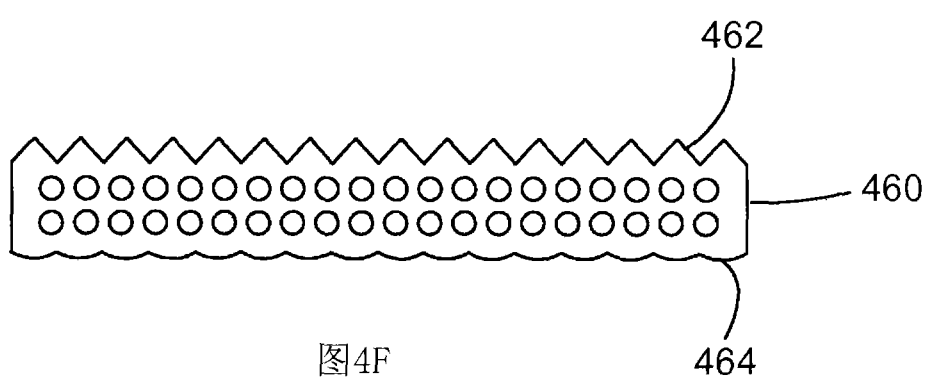


图4F

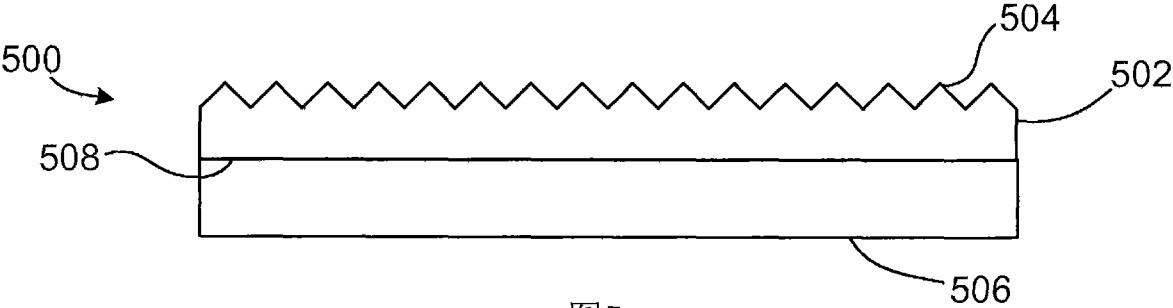


图5

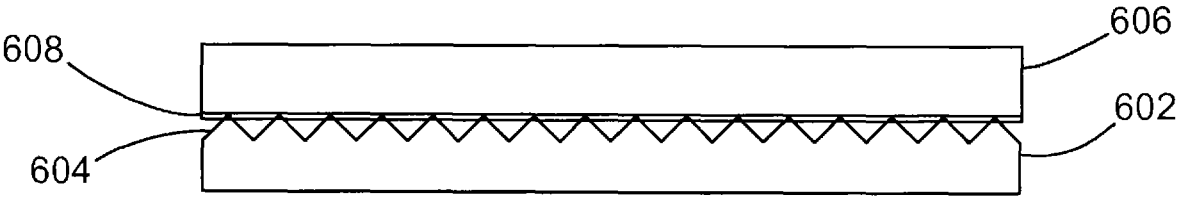


图6

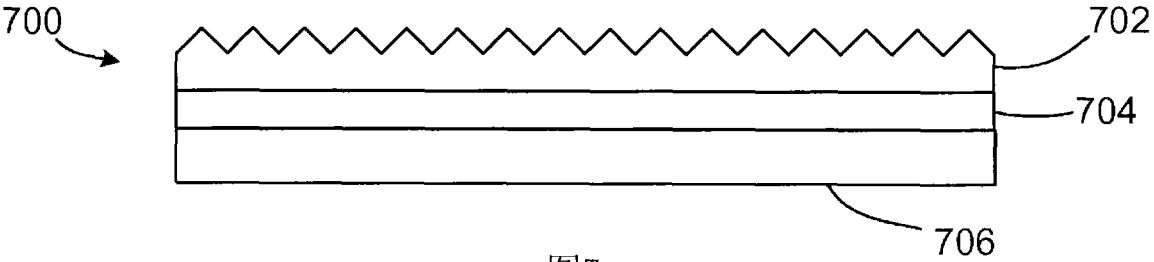
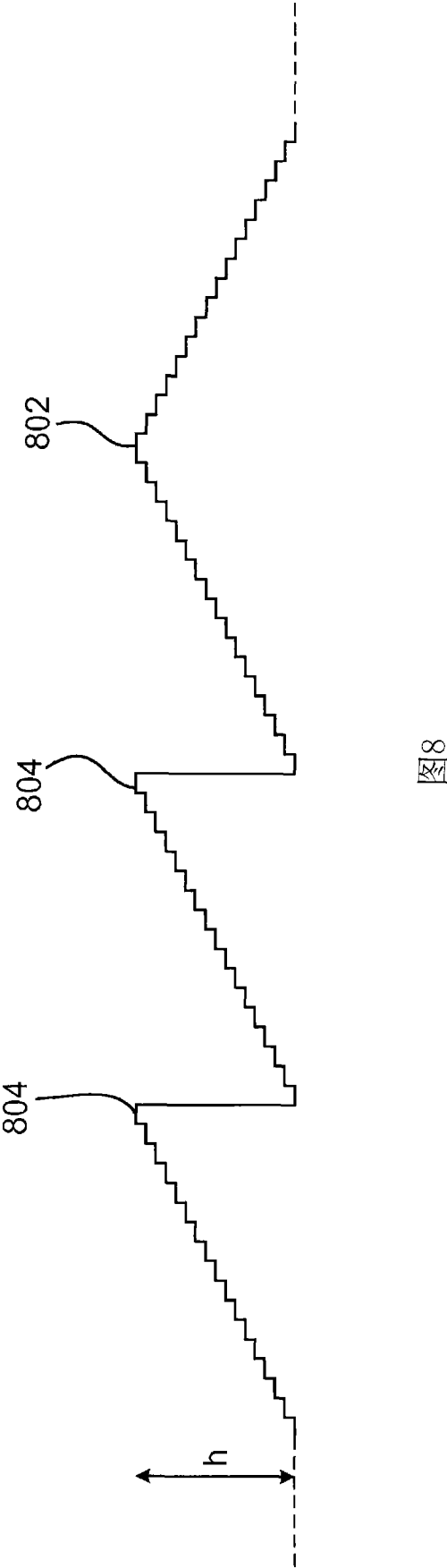


图7



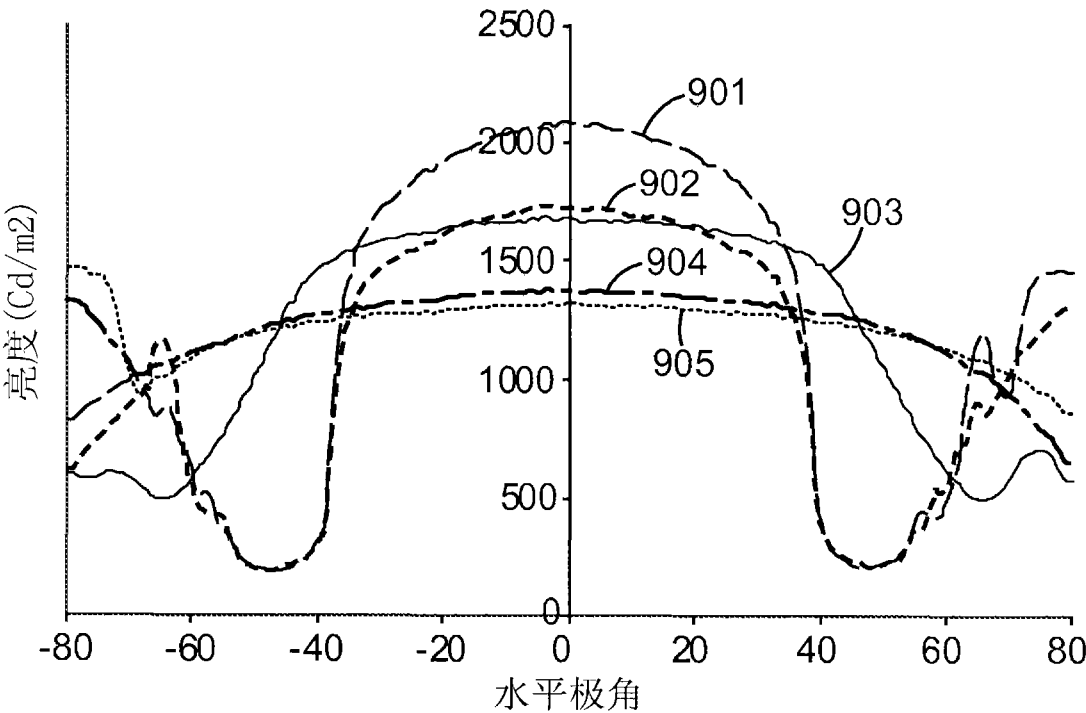


图9

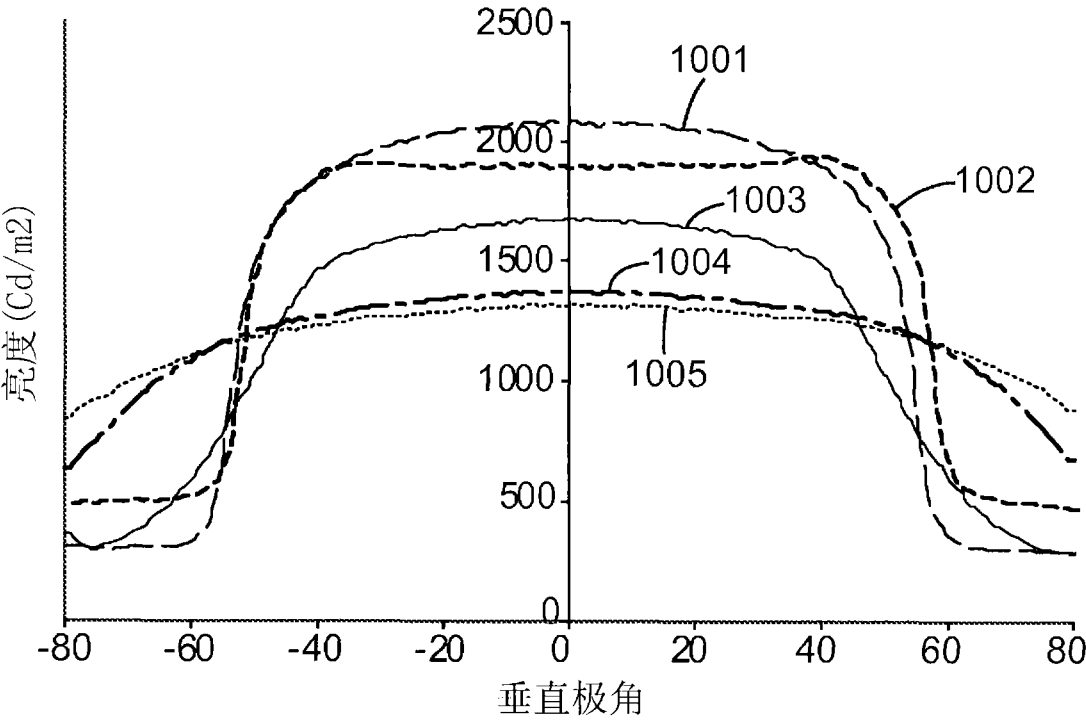


图10