

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷
C09K 19/54
G02F 1/1334
G02F 1/1335
G02F 1/1337



[12] 发 明 专 利 说 明 书

专利号 ZL 00813599.1

[45] 授权公告日 2005 年 9 月 28 日

[11] 授权公告号 CN 1220754C

[22] 申请日 2000.10.18 [21] 申请号 00813599.1
[30] 优先权
 [32] 1999.10.19 [33] GB [31] 9924746.2
 [32] 1999.10.27 [33] GB [31] 99254583
[86] 国际申请 PCT/CH2000/000562 2000.10.18
[87] 国际公布 WO2001/029148 英 2001.4.26
[85] 进入国家阶段日期 2002.3.29
[71] 专利权人 罗利克有限公司
 地址 瑞士楚格
[72] 发明人 H·瑟比尔勒 M·沙狄特
 M·艾本-艾哈吉 C·彼尼科
 K·施密特
审查员 高志纯

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利
 商标事务所
 代理人 任宗华

权利要求书 4 页 说明书 19 页 附图 8 页

[54] 发明名称 拓扑结构化的聚合物涂层
[57] 摘要

亚微结构化(纳结构化)的聚合物薄膜或涂层，
通过用物料的混合物涂布基材制得。使用选择性的
溶剂去除其中一种物料，留下孔或其它纳结构。
基材可以是沟状的，提供竞争性纳结构。涂层可
以起防反射涂层、光学阻滞器、光学漫射器或取向
层的作用。

I S S N 1 0 0 8 - 4 2 7 4

1.一种拓扑结构化聚合物薄膜或涂层的形成方法,包括将至少两种物料混合,将混合物涂敷到基材上并且除去至少一种物料,其特征在于至少一种物料是不可交联的并且其它物料可交联,以致其它物料在涂敷到基材之后并且在除去未交联物料之前被交联。

2.根据权利要求1的方法,其中所述未交联物料是用溶剂或通过加热蒸发来除去的。

3.根据权利要求2的方法,其中所述溶剂是选择性的。

4.根据权利要求1或2的方法,其中交联是通过光照射进行的,所说的光是偏振的或不是偏振的。

5.根据权利要求4的方法,其中用于交联的光是UV光。

6.根据权利要求1或2的方法,其中可交联的物料包含棒状形状分子。

7.根据权利要求1或2的方法,其中可交联的物料是液晶。

8.根据权利要求1或2的方法,其中不可交联的物料是液晶。

9.根据权利要求8的方法,其中不可交联的物料是向列型液晶。

10.根据权利要求1或2的方法,其中不可交联的物料含有表面活性剂。

11.根据权利要求1的方法,其中可交联的物料在交联过程中保持取向状态。

12.根据权利要求11的方法,其中所述取向是通过下面的取向层强加的。

13.根据权利要求12的方法,其中下面的取向层是光定向层。

14.根据权利要求13的方法,其中所述光定向层是偶氮染料或线性聚合的光致聚合物。

15.根据权利要求11-14中任一项的方法,其中基材已具有被校直的结构,并且所说的薄膜或涂层涂敷到其上,取向可以与此校直呈 0° - 90° ,或者其中此角度在薄膜或涂层的不同部分中是不同的,任选各

像素间是不同的。

16.根据权利要求 11-14 任一项的方法，其中交联和校直是通过线性偏振 UV 光诱导的。

17.根据权利要求 1 或 2 的方法，其中将两种物料溶解在各自的溶剂中然后混合，溶剂是可互相溶混的但每种溶剂是另一种溶质的不良溶剂。

18.根据权利要求 1 或 2 的方法，其中可交联的物料的存在量是 1/10-30 重量份每份不可交联的物料。

19.根据权利要求 18 的方法，其中可交联的物料的存在量是 1/4-4 重量份每份不可交联的物料。

20.根据权利要求 1 或 2 的方法，其中所说的一种物料的去除是通过使用对另一种物料非活性的溶剂。

21.一种在基材上的拓扑结构化聚合物薄膜或涂层，包含具有凹槽和/或拓扑结构的物料，其特征在于所说的物料是交联的。

22.根据权利要求 21 的薄膜或涂层，其中交联的物料是液晶聚合物。

23.根据权利要求 21 或 22 的薄膜或涂层，其中凹槽和/或结构是由于另一种随后被除去的物料的存在而产生的。

24.根据权利要求 21 或 22 的薄膜或涂层，其中交联的物料具有取向。

25.根据权利要求 24 的薄膜或涂层，其中交联的物料的取向在薄膜或涂层的不同部分中是不同的。

26.根据权利要求 21 或 22 的薄膜或涂层，其中所述结构中包含凹槽，其至少 99%沿平行于薄膜或涂层平面的至少一个方向小于 1000nm。

27.根据权利要求 21 或 22 的薄膜或涂层，其中所述结构中包含凹槽，其至少 99%沿平行于薄膜或涂层平面的至少一个方向小于 500nm。

28.根据权利要求 21 或 22 的薄膜或涂层，其中所述结构中包含凹

槽，其至少 99%沿平行于薄膜或涂层平面的至少一个方向小于 200nm。

29.根据权利要求 21 或 22 的薄膜或涂层，其中相邻凹槽之间的平均距离小于 500nm。

30.根据权利要求 21 或 22 的薄膜或涂层，其中凹槽是延长的。

31.根据权利要求 21 或 22 的薄膜或涂层，其中凹槽具有从上至下逐渐变小的形状。

32.根据权利要求 21 或 22 的薄膜或涂层，其中薄膜或涂层是光学透明的。

33.根据权利要求 32 的薄膜或涂层，其中薄膜或涂层是光学双折射的。

34.根据权利要求 32 的薄膜或涂层，其中薄膜或涂层是光学双折射的，以致有效光学各向异性大于所用薄膜或涂层材料的各向异性。

35.根据权利要求 32 的薄膜或涂层，其中薄膜或涂层是光学双折射的，以致薄膜或涂层的有效 n_0 低于所用的薄膜或涂层材料的 n_0 。

36.根据权利要求 21 的薄膜或涂层，其中薄膜或涂层起光学漫射器的作用。

37.根据权利要求 36 的薄膜或涂层，其中薄膜或涂层起各向异性光学漫射器的作用。

38.根据权利要求 21 或 22 的薄膜或涂层，其中薄膜或涂层起到起偏器的作用。

39.根据权利要求 21 或 22 的薄膜或涂层，其中在薄膜或涂层的上面涂布附加的外层。

40.根据权利要求 36 或 37 的薄膜或涂层，其中薄膜或涂层至少部分地被起漫反射器作用的反射层覆盖。

41.根据权利要求 40 的薄膜或涂层，其中反射层起各向异性漫反射器作用。

42.根据权利要求 40 的薄膜或涂层，其中反射层是金属性的。

43.根据权利要求 41 的薄膜或涂层，其中反射层是金属性的。

44.根据权利要求 21 或 22 的薄膜或涂层,其中基材是光学透明的。

45.含有两层或更多层权利要求 21 所述薄膜或涂层的叠层或多层。

46.根据权利要求 45 的叠层,其中基材是光学透明的。

47.一种光学元件,含有带有透明液晶聚合物层的基材,其中所说的透明液晶聚合物层根据其功能,与下面层的取向呈 0° - 90° 的方向校直,并且在其厚度内具有相距平均小于 500nm 的凹槽,所说凹槽的 99%小于 500nm 宽并且长是它们的宽的至少两倍。

48.一种包含一层可校直分子层的组件,其中所说的可校直分子层与权利要求 21 所述的薄膜或涂层或与权利要求 47 所述的光学元件接触,所说的可校直分子由此被校直。

49.一种涂有防反射层的物体,含有权利要求 21 的薄膜或涂层或权利要求 47 所述的光学元件。

50.一种液晶元件,其中液晶分子可以采用与元件壁接触的至少两种不同稳态校直中的一种,元件壁中含有权利要求 21 的薄膜或涂层或权利要求 47 所述的光学元件。

51.一种光学显示设备,含有权利要求 21 所述的薄膜或涂层或权利要求 45 所述的叠层或权利要求 47 所述的光学元件。

52.一种用于提供防止伪造和/或仿制的保护的元件,其特征在于权利要求 21 所述的薄膜或涂层或权利要求 45 所述的叠层。

拓扑结构化的聚合物涂层

本发明涉及拓扑结构化聚合物薄膜或涂层的生产。它们可以用作光学薄膜或涂层，并且更具体说可用作取向层、光学阻滞层、防反射涂层和光学漫射层。这些涂层典型地显出诸如微孔、沟槽、通道或条纹等的亚微外形。

Walheim等在Science283(1999.1.22)520-2中讲述了一种已知的各向同性拓扑结构化聚合物。在旋涂到光滑基材上的过程中，让二元聚合物共混物(溶解在四氢呋喃中的聚苯乙烯和聚甲基丙烯酸甲酯)分层到可控制的程度。通过将涂布的基材与环己烷(选择性溶解聚苯乙烯)接触，获得PMMA的多孔状涂层。此涂层可以通过改变材料和分层时间来改进，但不能在其上大范围形成拓扑结构或在拓扑结构上形成图案。

人们期望具有更多用的薄膜或涂层，例如，它不仅产生各向同性拓扑结构，而且可以产生能够在所说的结构上形成图案的各向异性拓扑结构。此外，这种薄膜或涂层应当显出高度的物理和化学稳定性，以及不过分依赖于分层时间或溶剂的性能。

这种薄膜或涂层可以用作，例如，用于液晶和液晶显示器的取向层(在某些情形下用作双稳态取向层)。也可以应用于其它工业应用，如生产可用作防反射涂层的低有效折光指数层，或光学漫射层，以及生产光学各向异性涂层(特别是液晶聚合物)，从而产生新的光学组件。通过使用光校直，可以形成光图案化的沟槽状涂层。

根据本发明，一种拓扑结构化聚合物薄膜或涂层的形成方法，该方法包括将至少两种物料混合，将混合物涂敷到基材上并且除去至少一种物料(例如，通过使用对其它物料非活性的溶剂)，其特征在于一种物料是不可交联的并且至少一种其它物料是可交联，以致其它物料在涂敷到基材之后并且在使用溶剂之前被交联。

可以使用各种广泛的基材，如玻璃、塑料、金属、半导体或纸张。

交联优选通过与诸如 UV 光的光接触来进行，并且给薄膜或涂层带来良好的稳定性，其中所说的光可以是偏振的。

优选，可交联的物料中包含棒状(芦木状)形状的分子。有利地，可交联的物料和不可交联的物料具有相似的化学结构，即在可溶混性方面具有良好的相容性。更优选，可交联的物料是液晶态的，并且在此情形中不可交联的物料也优选是内消旋的(液晶态的)。

可以理解，从混合物中可以形成均匀透明的薄膜并且将其与光(优选 UV 光)接触。在此过程中，可交联的物料逐渐被交联，并且被交联的物料和不可交联的物料逐渐地分层。待交联完成后，用选择性溶剂将没有交联的物料除去(或将层加热时蒸发)以便产生微孔。按此方式，将会看到可以获得具有亚微米长度等级结构(孔、槽等)的层/薄膜/涂层。

不可交联的物料中可以含有表面活性剂。可交联的物料中可以含有诸如二向色染料等的添加剂。在交联过程中，可交联的物料保持定向状态是有益的，例如通过下层的取向层来施加取向，所说的取向层可以是光定向层，如偶氮染料或线性聚合的光聚合物，这样比机械产生的取向层更便宜、简单和更通用。

拓扑结构的形成是基于对交联过程中用于形成均匀相的两分子性混合组分的分层(纳相分离(nanophase separation))的控制。此方法的一个明确的优点是可以通过适宜选择实验参数较宽范围地调节拓扑结构的大小、形状和分布，所说的实验参数具体说是溶剂的类型、混合物之比、溶剂浓度以及光的入射强度和持续时间、波长、角度和偏振的状态。

具体说，如果交联和不交联用的材料的化学结构类似，特别是如果添加了表面活性剂，则可以获得分子性充分混合的溶液，其进一步确保了交联过程是引起分层的主要原因。

增强薄膜均匀性和纳孔形成的另一个可能性是，制备混合物时使用至少两种而不是至少一种溶剂(溶剂 1 和溶剂 2)，例如溶剂 2 是不可交联的物料的良好溶剂并且是被交联的物料的不良溶剂，例如是己

烷或乙醇,并且溶剂 1 是被交联的物料的良好溶剂(可以是不可交联的物料的良好溶剂或不良溶剂),例如是乙酯。在此方法中,优选第一步将被交联的和不可交联的物料分别溶解在溶剂 1 和溶剂 2 中。然后,将所得的此两种溶液混合并且匀化。优选,选择彼此可溶混的溶剂 1 和溶剂 2。

在本发明的一个优选实施方案中,提供了一种调制(差不多周期性的)拓扑结构的制造方法。为此,混合物(优选含有液晶态物料)将被定向。取向将促使孔伸长并且导致形成沟槽(或通道、条纹等)。“沟槽”的大小和分布可以从几 nm 到几 μm 之间变化,这取决于制备参数(如混合物、光照射时间、温度...)。

原则上,可以使用使混合物定向的任何方法,如使用促使相邻液晶材料校直的层,特别适宜的是通过光取向法(通常使用线性偏振光)制作的取向层,尤其适宜的是线性光聚合的(LPP)取向层,还已知为光定向聚合物网(PPN),原因之一是因为这些层也可以容易适用于非平面的表面。这种方法公开在例如 US 专利 4974941(Gibbons 等), 5838407(Chigrinov 等)和 5602661(Schadt 等)中。其它可能是使用本身便含有可光定向的组分的混合物。这类取向方法的实例例如可见国际申请 PCT/IB99/01001(ROLIC, 1999.6.3 申请)。

如果本发明的第一层具有被校直的拓扑结构,优选被校直成不平行于被交联物料的取向(尽管为增加固定可以是平行的),取向与校直优选彼此之间呈合适的角度,则可以获得有用的多层结构(特别是在双稳态校直的领域中)。在这些条件下,第二层的校直和交联可以通过线性偏振 UV 光来引发。可以调节 UV 光的照度,以致校直产生的固定力和取向产生的固定力彼此是竞争性的。

在本发明的方法中,可以将两种物料溶解在各自的溶剂中然后混合,溶剂可以是可互相溶混的但每种溶剂是另一种溶质的不良溶剂。

每重量份不可交联的物料中,可交联的物料的存在比例可以是 1/10-30 重量份,优选 1/4-4 重量份,不可交联的物料注定要溶出最终的涂层。

本发明还涉及通过上述方法形成的拓扑结构化聚合物薄膜或涂层。在此薄膜或涂层中，结构沿平行于涂层平面的至少一个方向可以包含凹槽，其至少 99% 小于 1000nm，优选小于 500nm，并且更优选小于 200nm。可以理解，这些凹槽可能产生自没有交联材料从涂层中的溶出。相邻凹槽之间的平均距离一般来说不足 500nm，并且凹槽可以是延长的，可以理解这是在交联物料中取向的结果。在大多数用途中，涂层是光学透明的，并且在很多基材中也是如此。

优选，基材已具有被校直的结构，例如通过使用促使相邻液晶材料校直的层来实现。特别适宜的是通过光取向法（通常使用线性偏振光）制作的取向层，尤其适宜的是线性光聚合的（LPP）取向层。或者还可以通过摩擦、涂刷或其它机械手段获得校直结构。将所说的涂料涂敷到其上，取向与此校直可以呈 0° - 90° ，或者其中此角度在涂层的不同部分中是不同的，任选各像素间是不同的（pixelwise）。

本发明还提供一种在基材上的拓扑结构化聚合物薄膜或涂层，其含有具有凹槽和/或拓扑结构的材料作为涂层，其特征在于此材料是交联的。凹槽和/或结构可以是由于另一种随后被除去的物料的存在而产生的。

本发明还提供一种在基材上含有此薄膜或涂层的光学阻滞器，以下将以举例的方式说明。

本发明还涉及一种起光学漫射器作用的拓扑结构化聚合物薄膜或涂层。在此情形中，孔或沟通常具有光波长数量级的尺寸。

本发明还涉及两层或更多层的重叠结构，优选以堆层的形式或多层的形式。

本发明还提供一种光学元件，无论怎样制造，其含有带有透明液晶聚合物层的基材，其中所说的透明液晶聚合物层与沟槽呈 0° - 90° （对大部分感兴趣的两稳态校直之间的竞争来说，优选 90° ）被校直，并且在其厚度内具有相距平均小于 500nm 的凹槽，所说凹槽的 99% 小于 500nm 宽并且长是它们的宽的至少两倍。平行校直（即“ 0° ”）是可以的，例如对于高结合能的用途来说。

本发明还涉及一层可校直分子层的组件，其中所说的可校直分子层与上述涂层或光学元件接触，分子由此被校直。

本发明还涉及含有上述涂层或元件的涂有防反射层的物体，和涉及一种液晶元件，其中液晶分子可以采用与元件壁接触的至少两种不同稳态校直中的一种，元件壁中含有上述的涂层或元件。

本发明还涉及一种含有上述薄膜或涂层的光学显示设备，优选液晶显示器。

此外，本发明还提供用于防伪造和仿制保护的材料。

本发明的一些用途将通过举例说明的方式进行描述。

防反射涂层，当要求减少或避免表面反光时，需要可见光谱的防反射涂层。一个实例是显示器的玻璃不希望反光。这种涂层的基本原理可以理解为在空气-薄膜界面和薄膜-基材界面中反射的光之间进行破坏性干扰。例如，玻璃或塑料基材需要低有效折光指数 $n_{\text{eff}} \approx 1.2$ 。然而，由于缺乏适宜的低折光指数的材料，用均匀的单层涂层不能实现这种要求，因此通常使用多层涂层。

作为多层涂层的替换，已知可以使用多孔薄膜来减少光学波长下的反射。(很多其他人研究了这种所谓的"蛾眼"效果)。以一级近似表示，假设孔径小于 $\lambda_0/4$ (λ_0 是自由空间中的波长)，则层表现为连续膜，此连续膜具有通过将整个膜平均得到的有效折光指数。因此，为获得非常小的 n_{eff} ，就需要增大孔的体积分数。正是表观折光指数的这个变化导致反射系数的降低。基于此观念，开发了不同的途径，包括溶胶凝胶法、表面上形成亚微米格栅图案、亚微颗粒的叠加和利用聚合物共混物。

本发明提供一种纳孔性交联薄膜的生产方法，使用可应用于平面并且特别还可应用于非平面表面的简单工艺。此工艺基于对纳米长度等级的分子性混合的化合物的相分离的控制。根据制备参数，可以调节孔的孔径、形状和体积分数。使用椭圆率测量法，我们发现这种层的有效折光指数 (n_{eff}) 可以被调节并且降至 1.2 或更低。因此，可以有

效地降低玻璃的反射系数。

另一个优点是孔/凹槽的形状通常从上至下逐渐变小(参看图 3c, 后面将详细地描述), 由于这种“梯度凹槽”具有折光指数沿凹槽的整个深度连续变化的效果, 从而使得只用一层便可以有效地对宽光谱区内的所有光防反射。

此外, 如果使用的层中具有上述本发明特定实施方案中的伸延、沟槽状结构, 则这种伸延结构也影响有效折光指数并且使其成为方向依赖性的。因此, 这种层也可以用作对入射角度敏感的防反射层。

取向层: 已知沟槽状表面由于各向异性表面相互作用而可以使液晶均匀且平行校直。据信这是因为机械沟槽化的基材的周期拓扑结构通过迫使导向器沿沟校直而降低了液晶的弹性变形能。沟槽传统上是通过摩擦(玻璃板, 聚合物层…)、单方向打磨、切向蒸发、氧化物的切向离子束蚀刻或在基材上形成格栅而产生。尽管机械校直相对简单, 但使用该技术产生沟槽却很难实施, 包括使用昂贵的装备, 并且相对较慢。此外, 涂刷(摩擦)工艺有很多固有的缺陷, 如产生尘粒和静电表面电荷。另一种局限是机械校直是一个大型过程, 并因此不适合表面定向器产生局部变化(图案), 肯定不能以像素规模。

本发明制造的如上定向的交联层的薄膜或涂层, 具有定向沟槽并因此可用作相邻液晶材料的取向层。据信, 对液晶的校直效果由交联层的拓扑结构引起, 极类似于涂刷取向层的效果。

混合(双稳态)固定: 本发明还可以进行混合校直, 即在任何给定点处的取向层都同时具有两个(或更多个)不同的取向方向。这种取向层例如可以用于产生双稳态(或多稳态)的液晶固定体系。

为此, 使用两个(或多个)重叠层之间的固定竞争。一个是本发明的拓扑结构化薄膜或涂层, 其趋向于通过上述的机理通过其拓扑结构(纳沟槽)来校直液晶。另一个是经过光定向的取向层, 优选线性聚合的光聚合物(LPP)薄膜, 在此拓扑结构化薄膜或涂层的顶部, 沿不同于

拓扑结构化薄膜或涂层的固定方向，例如垂直于它的方向，引发竞争性液晶校直。

根据两重叠层的厚度、“沟槽”的大小(A 、 A_{eff} 和 λ ，参见图4)和光照方向，可以找到许多导致双稳态固定的参数。

用作光学阻滞器：已知具有调制表面外形的层，如在蒸气沉积过程中形成的具有倾角斜圆柱状结构的线性格栅或多孔薄膜，作为深度函数的表观介电常数(也称作相对电容率)不同于与格栅平行或垂直的偏振光。这种薄膜可以是双折射的并且已被提出用于构造相阻滞板。

由于本发明提供了拓扑结构化液晶聚合物(LCP)层的生产方法，从而得到生产特定光学阻滞器的新的可能。对这种调制的表面外形LCPs来说，除LCP材料(Δn_{LCP})内在的各向异性外，还有针对表观光学各向异性(或相应地针对表观介电常数各向异性)的几何学作用(Δn_{g})。这将改进LCP层的整个表观各向异性(常常可以大致认为 $\Delta n_{\text{eff}} \approx \Delta n_{\text{LCP}} + \Delta n_{\text{g}}$)。根据沟槽的体积分数，可以使 Δn_{eff} 最大增至50%或更多。对透射线的偏振化的改进特别适用在光学元件的制造中，如阻滞器、波板等，按此方式可以从较低的 Δn 材料中获得高 Δn 。

用作光学漫射体：沿确定薄膜的轴具有不同折光指数的光学薄膜可以具有对于它们的反射和透射性能来说可以具有基本上漫射的分量。已知的实例是填充有不小于光波长的无机内含物的拉伸聚合物，分散有拉伸聚合物的液晶(PDLCs)或聚合物共混物。这种沿特定轴的折光指数错配具有的效果是沿此轴偏振的入射光基本上是散射的。相反，沿其中折光指数相配的轴偏振的入射光是透射或反射的，具有较小程度的散射。

适合本发明的实施方案也可以在此用途领域中使用。本发明提供拓扑结构化聚合物薄膜或涂层，其具有可控的尺寸和沿确定薄膜轴的折光指数。一般来说，拓扑结构化(LCP)层具有约0.5的非常大的折光指数错配(即孔或沟(空气)和聚合物基质之间折光指数的差异)。因此，

孔或沟的尺寸为光波长数量级的，达到了基本上漫反射。通常来说，如果期望漫反射，则结构的大小沿至少一个方向应当小于几个波长。通过适宜选择参数的值，如孔或沟的大小(以在薄膜内的波长计)和形状(界面几何或拓扑结构)，其体积分数，薄膜厚度以及由此的折光指数错配的程度，漫反射的所需程度和沿一确定方向可达到的光的总透射。此外，折光指数错配的值还可以通过改变所用(LCP)材料的双折射来控制。

另外可以取向(如上所述)这种薄膜或涂层并且由此控制光学性能，此外还可以形成图案。这样可操控折光指数错配，沿确定观测方向和/或观测锥体达到所需程度的漫射和镜面反射和透射。此外，通过特制沟槽和/或图案的几何形状，也可以影响散射光的分布。

本发明的具有光学漫射性能的拓扑结构化聚合物薄膜或涂层，可以被利用制作各种光学设备。实例是(偏振化用)漫射体和反射器，以及用于改进液晶显示器性能的特定构型，特别是针对亮度、观看性和视差而言。薄膜或涂层可以用作各类显示器内部的各向同性或各向异性漫射体，和用作-各向同性或各向异性-前散射膜或-各向同性或各向异性-反射液晶显示器用的漫反射器。作为反射起偏器，它们特别适合于增加对比度、降低强光或增强光的偏振化。有利地，它们还可用作电极(任选地是像素方向的)。此外，由于它们的拓扑结构，它们可以用作液晶或其它需取向材料用的取向层。其它用途是鉴别元件(例如保护钞票、信用卡、证券、身份证等防伪元件)。它们可以例如仅从观察角看是过度反射的，由此给观察者提供醒目的效果，并且可以具有特定的图案甚至信号或图像。

通过控制取向的量或通过交联过程中用激光写入，本发明还提供了制作周期结构的可能，例如光学格栅。此外，激光写入周期结构与校直产生(形成图案)结构的组合是可行的。有利地，按此方式可以制作新的拓扑各向异性结构化涂层，同时具有散射和衍射结合效果的光学性能。

相对于沟槽方向的高度散射方向取决于很多参数，如所用 LCP 的

各向异性(相对于幅度和信号)。例如,使用具有正各向异性(Δn)的 LCP 制造的沿沟槽方向校直的各向异性结构化 LCP 涂层,由于较大的指数错配,而使入射光沿平行于沟槽方向的方向强烈地散射,同时沿垂直于沟槽方向的入射光的分量将透射过膜并且很少紊乱。结果,非偏振光在穿过薄膜之后将被部分地偏振化。这种涂层的消光率可以具有约 2 或更高的值,甚至通过调节薄膜的厚度、沟槽的体积分数和大小,以及通过使用具有完全确定之双折射的材料和/或使用相对于沟槽方向具有特性吸收轴的染料调节指数相配和错配的程度,来达到更高的消光率。通过调节沟槽的周期和长度,也可以使涂层沿一个方向防反射并且沿另一个方向散射。这样能够制造可用于偏振-灵敏光学元件的具有高消光率的低损失起偏器。使用两层或更多层的叠加可以进一步改进散射和/或偏振性能,例如通过涂布基材的两面,通过多层或堆层。按照所需的性能(亮度,观测角度,偏振效率等),每层的拓扑结构可以相似或不相似,接连各层中的沟槽的方向彼此相同或不同。另外,可以使用各向同性或各向异性-防反射涂层来达到高透射值。

可以用各种材料,如聚合物、金属、电介质等,在本发明的拓扑结构化聚合物薄膜或涂层的上面涂外层,而不破坏构形。此外,可以使用特定的外涂层来操控最终涂层的拓扑学或光学。覆盖金属层的涂层,例如,可以用于制造散射反射器或反射起偏器。其它光学元件,如 UV 滤光器或 UV 起偏器和红外线起偏器,也变得能制造。

在本发明的另一个方面,可以将拓扑结构化薄膜或涂层用作母板,来制作各种材料如金属、预聚物、聚合物、电介质等的各向同性或各向异性拓扑结构。为此,将所需的材料(例如,铝)涂敷到薄膜或涂层上,任选地进行进一步处理(例如加热,光照,上涂料等),来实现特定的性能,然后从衬垫膜或涂层上分离。

本发明薄膜或涂层的再一个优点是它们可以容易涂布到各种设备或基材如纸张、塑料、金属、电介质等上,并且还可以将它们从一个基材转印到另一个基材上。转印时,例如,已知的烫印技术是适宜的,使用可商购获得的转印膜作为基材。

在将本发明的薄膜或涂层转印之后, 用另一种材料涂布其的下面可以是有利的。

以下将通过实施例的方式并且参考附图对本发明进行描述, 其中:

图 1 提供了属于本发明涂层的三个纳-孔性防反射 LCP 膜的原子力显微镜 (AFM) 图像。其中存在具有低有效折光指数的透明的并且比可见波长小的不同孔径的: (a) 平均直径 200nm 且高度 90nm 的孔, (b) 平均直径 180nm 且高度 120nm 的孔, 和 (c) 平均直径 100nm 且高度 50nm 的孔。

图 2(a) 显示了有效折光指数, n_{eff} , 作为波长的函数的变化。空心圆圈相当于实施例 3 的层 (图 1c) 并且实心正方形相当于实施例 1 (图 1a) 的层。图 2(b) 显示了透光率对实施例 2 防反射层 (图 1b) 的波长的关系。在所用的玻璃基材的一面涂布防反射层。此图证明了相对光谱防反射 LCP 层具有几乎 0% 的反射率 (因为在被涂的玻璃面上获得了 96% 的透光率)。

图 3(a) 是实施例 4 中所得的纳沟槽的原子力显微镜图像的实例, 并且图 3(b) 是纳沟槽状结构的相应略图; 双箭头表示 LPP 层的校直方向。沟槽的周期 λ 和高度 A 可以调整。图 3(c) 是 LCP 层沿图 3(a) 中黑线所示迹线的 AFM 横截面外形。

图 4(a) 是用于获得混合校直的 LCO-LPP 层的示意图, 显示了具有沿 x 轴校直方向的沟槽状 LCP 层, 其被具有沿 y 轴校直方向的 LPP 层覆盖, 其中 LPP 层部分地填充了 LCP 沟槽并且将其高度从 $A=40\text{nm}$ 降低至 $A_{eff}=10\text{nm}$ 。图 4(b) 显示了在交叉起偏振器 (见实施例 6) 之间观察的混合校直, 观察到两个不同的区域, 其具有相当于两个固定方向的两个不同颜色, 当将样品旋转 45° 时这两个区域之间的颜色相反。

图 5(a) 图示了本发明实施例 7 的层根据波长的常规 (n_o) 和超常 (n_e) 折光指数, 根据椭圆率测量法测定, 图 5(b) 显示了实施例 7 的纳沟槽状 LCP 层 (正方形) 与不含沟槽的相应 LCP 层 (圆圈) 的光学各向异性 ($\Delta n=n_e-n_o$) 比较, 根据波长, 并且图 5(c) 显示了玻璃片的透光率对 s -偏振光 (实心正方形) 和 p -偏振光 (空心三角形) 观测角的关系, 其中所

说的玻璃片的一面涂布有实施例 7 的防反射 LCP 层。

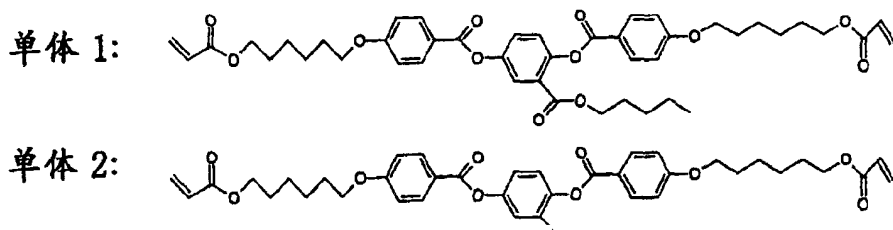
图 6(a) 是实施例 8 的光图案化的纳沟槽状 LCP 层的交叉起偏振器之间的光学显微照片, 在 $100 \times 100 \mu\text{m}$ 大小的相邻象素中具有两个校直方向 a1 和 a2; 图 6(b) 是在 a2 区中拍取的相应原子力图像; 图 6(d) 是在 a1 区拍取的相应原子力图像并且图 6(c) 显示了这两个区之间的界面。

图 7(a) 示意表示了实施例 10 的光图案化(沟槽状)的 LCP 层, 在所示的相邻像素中具有两个校直方向 a1(平行于 i 轴)和 a2(与 i 轴呈 45° 角); XYZ 表示实验框架坐标轴(Z 是观测轴), 并且 ijk 是基材框架坐标轴(k 垂直于基材); θ_i 、 θ_j 和 θ_k 分别是 i 与 X 轴、j 与 Y 轴以及 k 与 Z 轴之间的角度; 角度(α)规定照射方向, 针对 YZ 平面而言。图 7(b) 显示了两张照片, 举例说明了按实施例 10 所述制备的光图案化“沟槽状”的 LCP 层反射光的观测角依赖性, 其中起偏器(偏振轴平行于 Y)放在基材和照相机之间; 左图中的亮区相当于 a2 区, 并且右图中的亮区相当于 a1 区。

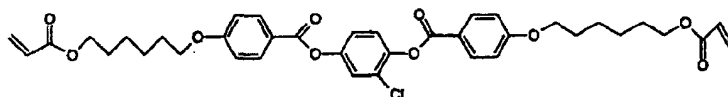
图 8(a) 显示了各种照片, 举例说明了实施例 11 的光图案化“沟槽状”的 LCP 层反射光的照度和观测角依赖性; 图 8(b) 是在实施例 11 的涂层 a1 区(左)和 a2 区(右)中拍取的相应原子力显微图像($10 \times 10 \mu\text{m}$ 扫描)。

实施例 1: 制作属于本发明涂层的层

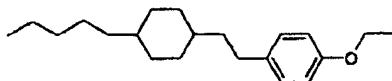
制备含有 LCP 预混料(可光交联的液晶预聚物)和不可光交联的向列型液晶材料的混合物 Mix1。LCP 组分, 所示的单体 1、单体 2 和单体 3 是可交联的二丙烯酸酯单体, 并且不可交联的组分, 所示的 5CAPO2, 是不可交联的向列型液晶单体。



单体 3:



5CAP02:



Mix1 由以下制成:

58.9wt%=52.6mg 单体 1

13.0wt%=11.6mg 单体 2

4.3wt%=3.8mg 单体 3

9.3wt%=8.3mg 5CAP02

12.1wt%=10.8mg 乙醇

1.2wt%=1.1mg 光引发剂(Irgacure(商标)369, CIBA 出品), 和

1.2wt%=1.1mg BHT(丁基羟基甲苯)作为抑制剂。

制备混合物 Mix1 在乙酸乙酯中的 1.5wt% 溶液, 然后用超声振动以中等程度搅拌 15 分钟进行匀化(用 Sonifier(商标)“W250”数字式, BRANSON Ultrasonics 公司出品), 并且通过 0.2 μ m 滤器过滤。

然后将此溶液以 1000rpm 薄薄地旋涂到玻璃板上。将此玻璃板在电热板上 50 $^{\circ}$ C 下加温 1 分钟。然后, 在氮气环境下室温通过来自汞灯的各向同性(非偏振)光以 4.1mW/cm² 的紫外线强度照射此涂层 5 分钟, 以便交联 LCP 单体。涂层是光学透明的。最后, 用乙酸乙酯轻洗涂层, 以除去未交联的物料。此过程后, 涂层仍是透明的。所得防反射 LCP 层的总厚度为约 90nm。使用接触型原子-力-显微镜检查(AFM), 发现涂层中含有纳孔(图 1-a)。孔的平均直径为约 200nm 并且平均高度为约 90nm。评价所得防反射 LCP 层的有效折光指数, 在 400nm-1000nm 的光学波长之间, 使用可变角光谱椭圆仪(V.A.S.E., 来自 J.A. Woolam Co. Inc. Research & Instrumentation, Lincoln, NE USA)。结果的一个实例见图 2-a(实心正方形)。

实施例 2: 改变组分比

混合物 Mix2 由以下制成:

29.6wt%=35.5mg 单体 1

6.8wt%=8.1mg 单体 2

2.2wt%=2.7mg 单体 3

35.9wt%=43.1mg5CAPO2

24.3wt%=29.1mg 乙醇

0.6wt%=0.68mg 光引发剂(Irgacure(商标)369, CIBA 出品), 和

0.6wt%=0.68mgBHT(丁基羟基甲苯)作为抑制剂.

制备混合物 Mix2 在乙酸乙酯中的 7.8wt%溶液, 然后用超声振动以中等程度搅拌 15 分钟进行匀化(用 Sonifier(商标)“W250”数字式, BRANSON Ultrasonics 公司出品), 并且通过 0.2 μ m 滤器过滤. 然后将此溶液以 3000rpm 薄薄地旋涂到玻璃板上. 在氮气环境下室温通过来自汞灯的各向同性(非偏振)光以 4.5mW/cm²的紫外线强度照射此涂层 5 分钟, 以便交联 LCP 单体. 涂层是光学透明的. 最后, 用溶剂清洗涂层, 以除去未交联的物料. 此过程后, 涂层仍是透明的. 所得防反射 LCP 层的总厚度为约 120nm. 使用接触型 AFM, 发现涂层中含有纳孔. 孔的平均直径为约 180nm 并且平均高度为约 120nm(图 1-b). 评价所得纳孔 LCP 层的透射率, 在 400nm-1000nm 的光学波长之间, 使用可变角光谱椭圆仪(V.A.S.E., 来自 J.A.Woolam Co.Inc.Research & Instrumentation, Lincoln, NE USA). 结果显示, LCP 层具有高效防反射性, 在可见光的宽波长区具有 0%的反射率(参见图 2-b).

实施例 3: 再改变组分比

混合物 Mix3 以由下制备:

20.2wt%=35.9mg 单体 1

3.8wt%=6.7mg 单体 2

1.3wt%=2.3mg 单体 3

18.2wt%=32.3mg5CAPO2

55.3wt%=98.4mg 乙醇

0.62wt%=1.1mg 光引发剂(Irgacure(商标)369, CIBA 出品), 和 0.62wt%=1.1mgBHT(丁基羟基甲苯)作为抑制剂。

制备混合物 Mix3 在乙酸乙酯中的 4.7wt%溶液, 然后于 50℃下以中等程度搅拌 30 分钟进行匀化, 并且通过 0.2 μ m 滤器过滤。然后将此溶液以 1000rpm 薄薄地旋涂到玻璃板上。在氮气环境下室温通过来自汞灯的各向同性(非偏振)光以 4.5mW/cm² 的紫外线强度照射此涂层 5 分钟。经过此照射, LCP 单体变得交联。涂层是光学透明的。最后, 用乙酸乙酯清洗涂层, 以除去未交联的物料。此过程后, 涂层仍是透明的。所得防反射 LCP 层的总厚度为约 120nm。使用接触型 AFM, 发现涂层中含有纳孔。孔的平均直径为约 100nm 并且平均高度为约 50nm(参见图 1-c)。

实施例 4: 在取向层上制备本发明的 LCP 层, 产生调制外形的“纳沟槽状”拓扑结构

将光取向材料 JP265(可从 CIBA 商购获得)的 2%环戊酮溶液以 3000rpm 薄薄地旋涂到玻璃板上, 其中所说的光取向材料 JP265 是一种线性可光聚合的聚合物(LPP), 将此玻璃板在电热板上 180℃下加热 10 分钟。所得的涂层厚度为约 60nm, 然后室温下用来自 200W 汞高压灯的线性偏振 UV 光照射 30 秒。起偏振器是 Polaroid 的膜起偏振器 HNP' B。通过 UV 滤光器 WG295(Schott)和通带滤波器 UG11(Schott)进一步限制光的波长。板上的 UV 光的强度据测定为 1mW/cm²。

然后, 使用相同的实验处理, 用实施例 3 的溶液旋涂如此制备的取向层。所得的层在用溶剂清洗之前和之后都是透明的。总 LCP 膜厚度为约 120nm。使用接触型 AFM 发现作为替代形成了基本上圆形孔的纳沟槽(或通道), 其沿下层 LPP 取向层的方向伸延(此情形中, 此方向也是照射 LPP 层的 UV 光的偏振方向)。沟槽的平均周期(λ)为约 100nm 并且平均高度(A)为约 40nm(参见图 3)。

实施例 5: 使用实施例 4 的沟槽状 LCP 层作为 LCD 装置中的取向层

使被涂布的面向内相互面对, 将两个实施例 4 的板装配成扭角为 90° 的 TN-LCD 装置(和扭角为 0° 的平行边装置), 使用厚度 $5\mu\text{m}$ 玻璃球体作为垫片. 给此装置填充向列型液晶混合物 MLC12000-00(Merck), 在比向列型-各向同性转移温度(89°C)略高的温度下, 并且缓慢冷却.

在交叉起偏振器之间观察制备好的装置, 显示液晶被均匀定向. 使用偏光显微镜, 确认涂布板强加给向列型混合物的取向方向基本上平行于“沟槽”的方向.

实施例 6: 制作杂化(混合)取向层

将光取向 LPP 材料 JP265(CIBA 出品)的 1%环戊酮溶液以 4000rpm 薄薄旋涂到实施例 4 的板的涂布面上, 即具有沟槽平均高度(A)约 40nm 的沟槽状构形的 LCP 层上. 涂布后, AFM 研究显示光取向层(LPP 层)被 LCP 层完全覆盖, 如图 4-a 中所示, 并且仍存在纳沟槽. 结果是 LCP-LPP 层, 其沟槽的平均周期(λ)为约 100nm 并且平均有效高度(A_{eff})为 10nm.

将板加热至 180°C 10 分钟, 然后室温下用来自 200W 汞高压灯的线性偏振 UV 光照射. 起偏振器是 Polaroid 的膜起偏振器 HNP'B. 通过 UV 滤光器 WG295(Schott)和通带滤波器 UG11(Schott)进一步限制光的波长. UV 光在板上的强度据测定为 $1\text{mW}/\text{cm}^2$. 为证实两重叠层之间的校直竞争, 我们使用的事实是光取向 LPP 的校直效果随照射时间的增加而增加. 因此, 将层细分成不同的区段, 每个区段照射 3 秒至 10 分钟的时间期限. 光的偏振方向是位于垂直于板的“沟槽”方向的平面中, 如图 4-a 所示.

使被涂布的面向内相互面对, 将此 LCP-LPP 涂布板装配成 TN-LCD 装置, 使用涂布有光取向材料 JP265 单取向层(按实施例 4 的过程制备)的板作为第二个板和 $5\mu\text{m}$ 厚玻璃球作为垫片. 将第二个板的固定方向确定为与第一个板的沟槽方向呈 45° 角. 给此装置填充向列型液晶混合物 MLC12000-00(Merck), 在比向列型-各向同性转移温度(89°C)略高的温度下, 并且缓慢冷却.

在交叉起偏振器之间观察制备好的装置，显示装置中的向列型液晶在相当于不同 UV 照射时间的装置的所有不同区段内都被均匀定向。使用偏光显微镜，发现液晶的取向方向平行于其中 UC 照射时间较短（低于 25 秒）的区段中的 LCP-LPP 涂布板中的沟槽的方向。对于 UV 照射时间较长（长于 5min）的区段来说，确认液晶的取向方向平行于沟槽状 LCP 层上面的 LPP 层的取向方向，即液晶的取向垂直于沟槽的方向。

在交叉起偏振器下使用偏光显微镜观察显示在其中 UV 照射时间为中等期限（25 秒至 5 分钟之间）的区段中，装置同时包含有对应于两种不同颜色的取向（参见图 4-b）。通过将此装置旋转，可以通过旋转 45° 使一种颜色（取向）变成另一种颜色。由此，如果调节合适的话，可以使用校直竞争来产生液晶的双稳态固定。

实施例 7：制作具有人为高效各向异性的光学阻滞层

混合物 Mix4 由以下制作：

17.0wt%=36.2mg 单体 1

3.2wt%=6.8mg 单体 2

1.1wt%=2.3mg 单体 3

19.2wt%=40.8mg 5CAP02

58.5wt%=124.3mg 乙醇

0.5wt%=1.05mg 光引发剂 (Irgacure(商标)369byCIBA)，和

0.5wt%=1.01mg BHT(丁基羟基甲苯)作为抑制剂。

制作混合物 Mix4 在乙酸乙酯中的 6.7wt% 溶液，然后于 50°C 下以中等程度搅拌 30 分钟进行匀化，并且通过 $0.2\mu\text{m}$ 滤器过滤。

使用上述溶液重复实施例 4。涂层在用溶剂清洗之前和之后都是透明的。总 LCP 膜厚度为约 110nm。AFM 研究显示形成“纳沟槽”，其平均周期(λ)为约 150nm 并且平均高度(A)为约 75nm。

使用倾斜式张力调节器和偏光显微镜，发现涂层的光迟后约 19nm，相当于有效光学各向异性约 0.17。还确认涂层上面的所有光轴的取向平行于 LPP 层的取向方向。

此发现通过椭圆率测量进一步得到证实。图 5 显示了所得结果的实例。图 5-a 提供了常规(n_o)和超常(n_e)折光指数对本实施例涂层波长的关系；图 5-b 中的正方形提供了相应的光学各向异性 $\Delta n=n_e-n_o$ ，并且以圆圈的方式比较了相应的不含沟槽的 LCP 层的光学各向异性。

此外，图 5-c 显示了玻璃片的透光率对 s-偏振光(实心正方形)和 p-偏振光(空心三角形)观测角的关系，其中所说的玻璃片的一面涂布有本实施例的防反射 LCP 层。

实施例 8：光图案化的“纳沟槽状”LCP 层

将光取向用材料 JP265(CIBA 出品)的 2%环戊酮溶液以 3000rpm 薄薄地旋涂到玻璃板上。将玻璃板在电热板上 180℃下加热 10 分钟。所得 LPP 层厚度为约 60nm，然后照射，第一步借助光掩模(100 μ m $\times$ 100 μ m 正方形)用线性偏振 UV 光照射 4 分钟。在此过程中，光的偏振方向位于垂直于板的平面中(校直方向 a1)。第二步，将线性偏振的方向旋转 45°，除去掩模并且将涂层照射 30 秒(校直方向 a2)。如此获得具有两个不同校直方向 a1 和 a2 的光图案化的 LPP 层。

然后，制作混合物 Mix3(参见实施例 3)在乙酸乙酯中的 3.8wt%溶液，然后于 50℃下以中等程度搅拌 30 分钟进行匀化，并且通过 0.2 μ m 过滤器过滤，以 1000rpm 薄薄地旋涂到光图案化的 LPP 层上。将所得的层在氮气环境下室温使用来自汞灯的各向同性(非偏振)光以 4.5mW/cm²的紫外线强度照射所得的层 5 分钟。经过此照射之后，LCP 单体变得交联。涂层是光学透明的。最后，用溶剂清洗层以除去未交联的物料。此过程后，涂层仍是透明的。所得防反射 LCP 层的总厚度为约 100nm。

使用偏光显微镜，确认 LCP 层的光轴的取向平行于图案化 LPP 层的两个校直方向(a1 和 a2)。图 6 显示了所得结果的实例。使用接触型 AFM，发现层在相邻正方形中沿校直方向 a1 和 a2 含有“纳沟槽”。沟槽的平均周期 λ 为约 150nm 并且平均高度 A 为约 70nm。

实施例 9: 制作具有“沟槽状”拓扑结构的 LCP 膜, 产生各向异性漫射体

混合物 Mix5 由以下制作;

52.6wt%单体 1

9.9wt%单体 2

3.3wt%单体 3

32.8wt%5CAP02

0.7wt%光引发剂(Irgacure(商标)369, CIBA), 和

0.7wt%BHT(丁基羟基甲苯)作为抑制剂。

制作混合物(Mix5)在 9 份乙酸丁酯和 1 份乙醇的混合物中的 16wt% 溶液, 然后用超声振动以中等程度搅拌 5 分钟进行匀化(用 Sonifier(商标)“W250”数字式, BRANSON Ultrasonics 公司出品), 并且通过 0.2 μ m 滤器过滤。

然后将此溶液以 800rpm 薄薄地旋涂到使用光取向材料 JP265 制备的 LPP 取向层(约 60nm 厚)上。将此板在电热板上 50℃ 下加温 1 分钟。然后, 在氮气环境下室温通过来自汞灯的各向同性(非偏振)光以 4.5mW/cm² 的紫外线强度照射此涂层 2 分钟, 以便交联 LCP 单体。涂层是光学透明的。最后, 用乙醇清洗涂层, 以除去未交联的物料。所得 LCP 层的总厚度为约 400nm。使用接触型 AFM, 发现形成沟槽(或通道), 其沿着下面的 LPP 取向层的方向伸延。沟槽的平均周期(λ)为约 900nm 并且平均高度(A)为约 70nm。此层在与沟槽方向呈一定角度的观测角下是光漫射的。

以相对于沟槽方向的不同视角评价所得此涂层在 550nm 光学波长下的透光率(反射率), 使用可变角光谱椭圆仪(V.A.S.E., 来自 J.A.Woolam Co.)。涂层的透光率对交叉透射率而言(即按垂直于偏振光方向的 LCP 层的取向方向测定透射率)达到约 90%的值, 并且对平行透射率而言(即按平行于偏振光方向的 LCP 层的取向方向测定透射率)为约 50%。由此给层的反射外观带来了强方向依赖性。这种层的消光率可以达到约 2 的值。

实施例 10: 制作光图案化的各向异性漫射体

将光取向用材料 JP265 的 2%环戊酮溶液以 3000rpm 薄薄地旋涂到玻璃板上。将玻璃板在电热板上 180℃ 下加热 10 分钟。所得层的厚度为约 60nm, 然后照射, 第一步借助光掩模(参见图 7-b, 相当于 2000 μ m $\times$ 2000 μ m 的最小正方形)用线性偏振 UV 光照射 4 分钟。在此过程中, 光的偏振方向位于垂直于板的平面中(校直方向 a1, 参见图 7-a)。第二步, 将线性偏振的方向旋转 45°, 除去光掩模并且将涂层照射 30 秒(校直方向 a2)。如此获得具有两个不同校直方向 a1 和 a2 的光图案化的 LPP 层。

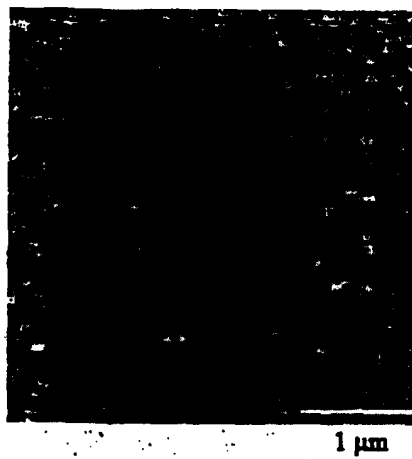
然后, 将混合物 Mix5(参见实施例 9)的溶液以 800rpm 薄薄地旋涂到光图案化的 LPP 层上。将所得的层在氮气环境下室温使用来自汞灯的各向同性(非偏振)光以 4.5mW/cm² 的紫外线强度照射所得的层 2 分钟。经过此照射之后, LCP 单体变得交联。涂层是光学透明的。最后, 用乙醇清洗涂层以除去未交联的物料。所得反射 LCP 层的总厚度为约 400nm。使用接触型 AFM, 发现涂层在相邻像素中沿因取向层形成的两个不同方向含有“沟槽”。沟槽的平均周期 λ 为约 900nm 并且平均高度 A 为约 70nm。层的光学研究显示相邻像素中具有因双 UV 照射产生的两个不同的取向方向, 其相差 45° 角。还显示相邻像素具有不同反射率(或透射率), 其也依赖于相当于沟槽方向的观测角(参见图 7)。

实施例 11: 制作光图案化的漫反射器

将一薄铝 (Al) 层(约 80nm 厚)蒸发到实施例 10 制备的光图案化的“沟槽状”LCP 层上。蒸发后, AFM 研究显示蒸发的铝层上完全被 LCP 层覆盖, 并且沟仍存在(参见图 8-b)。结果是 LCP/铝调制涂层, 其中沟的平均周期(λ)为约 1.0 μ m 并且平均高度为约 70nm。相邻像素中的沟具有因双 UV 照射产生的两个不同的取向方向, 其相差 45° 角。涂层的光学研究显示相邻像素以不同的方式反射光, 依赖于照度和观测角。典型的实例示于图 8-a 中。

图 1

a)



b)



c)

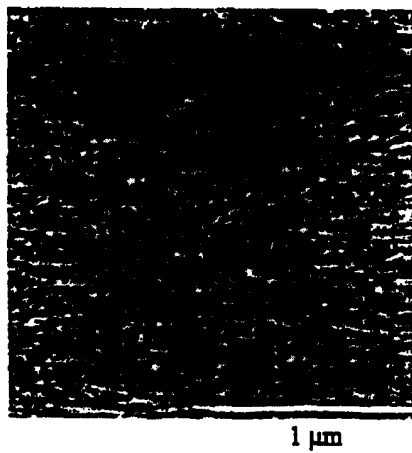
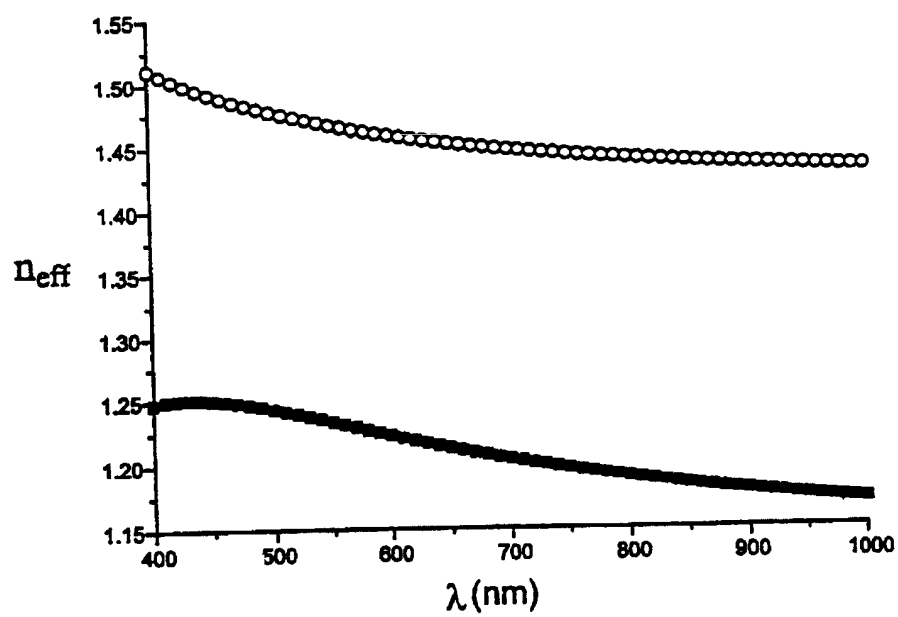


图 2

a)



b)

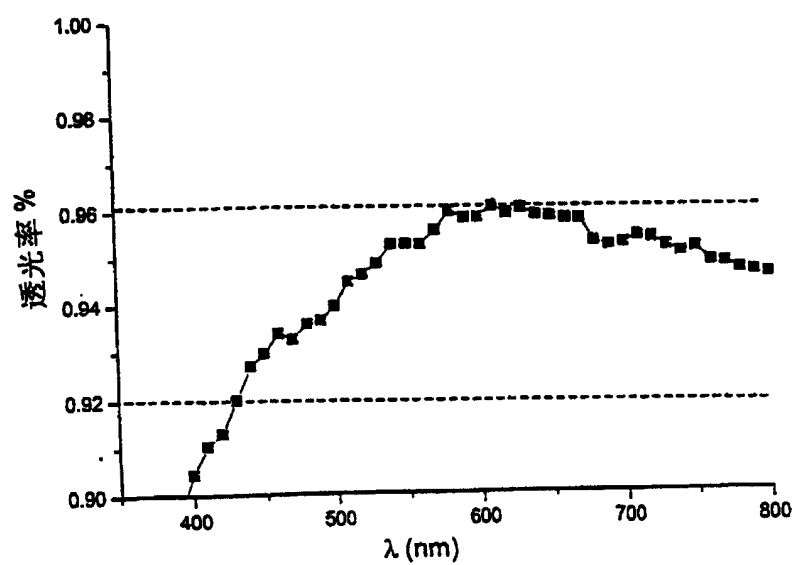


图 3

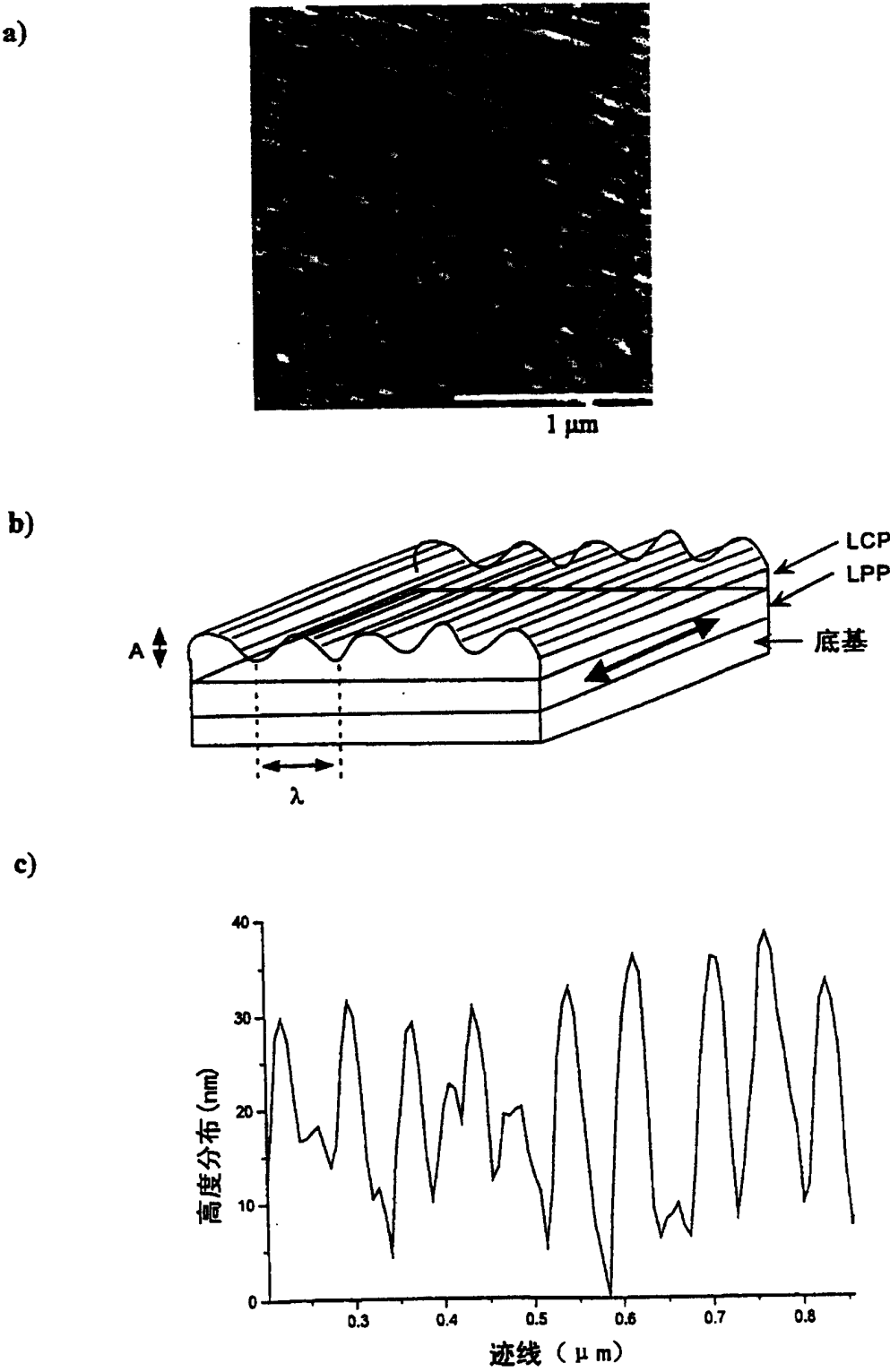
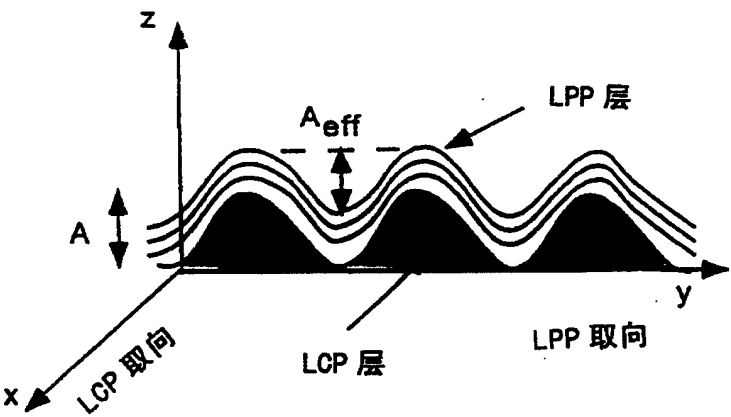


图 4

a)



b)

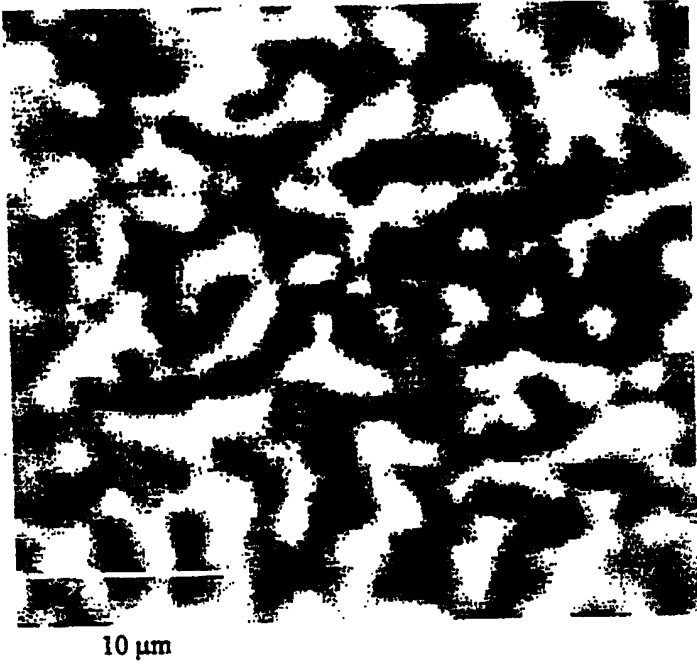
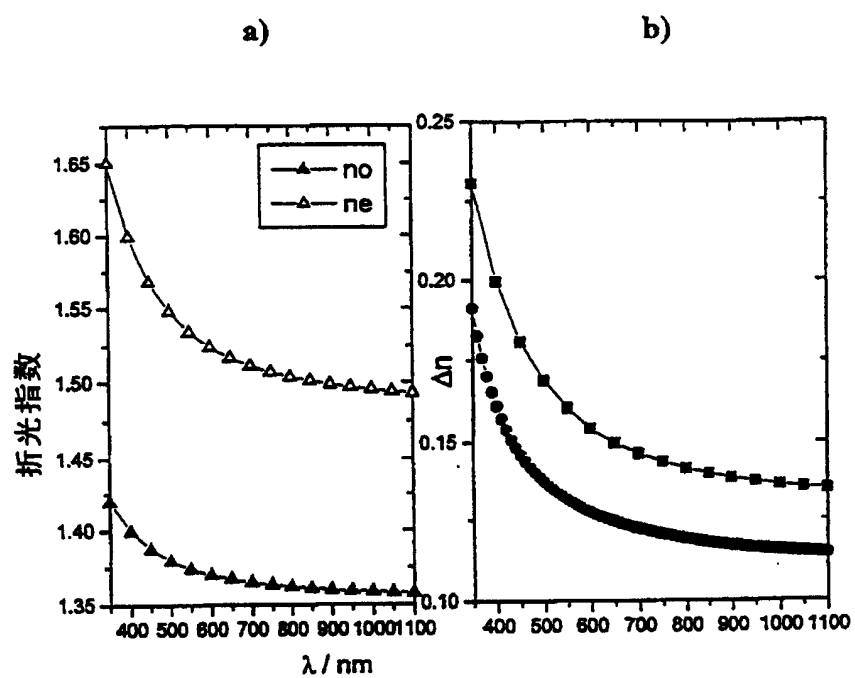


图 5



c)

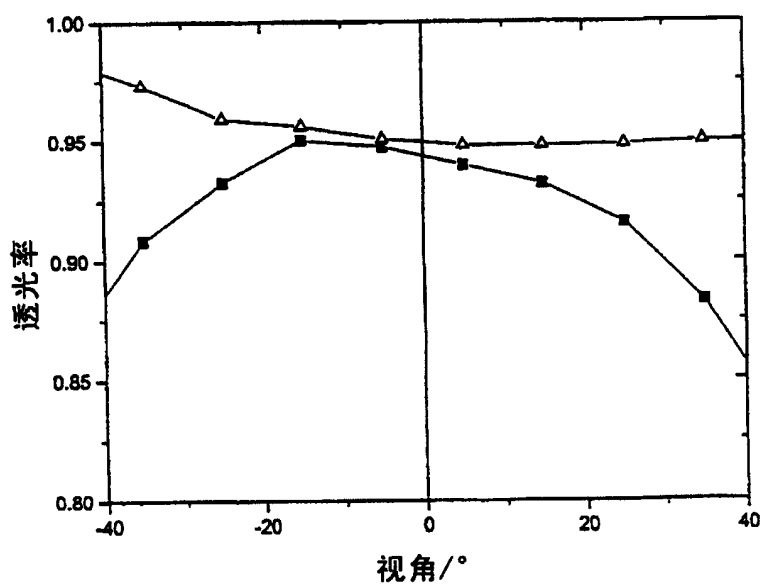


图 6

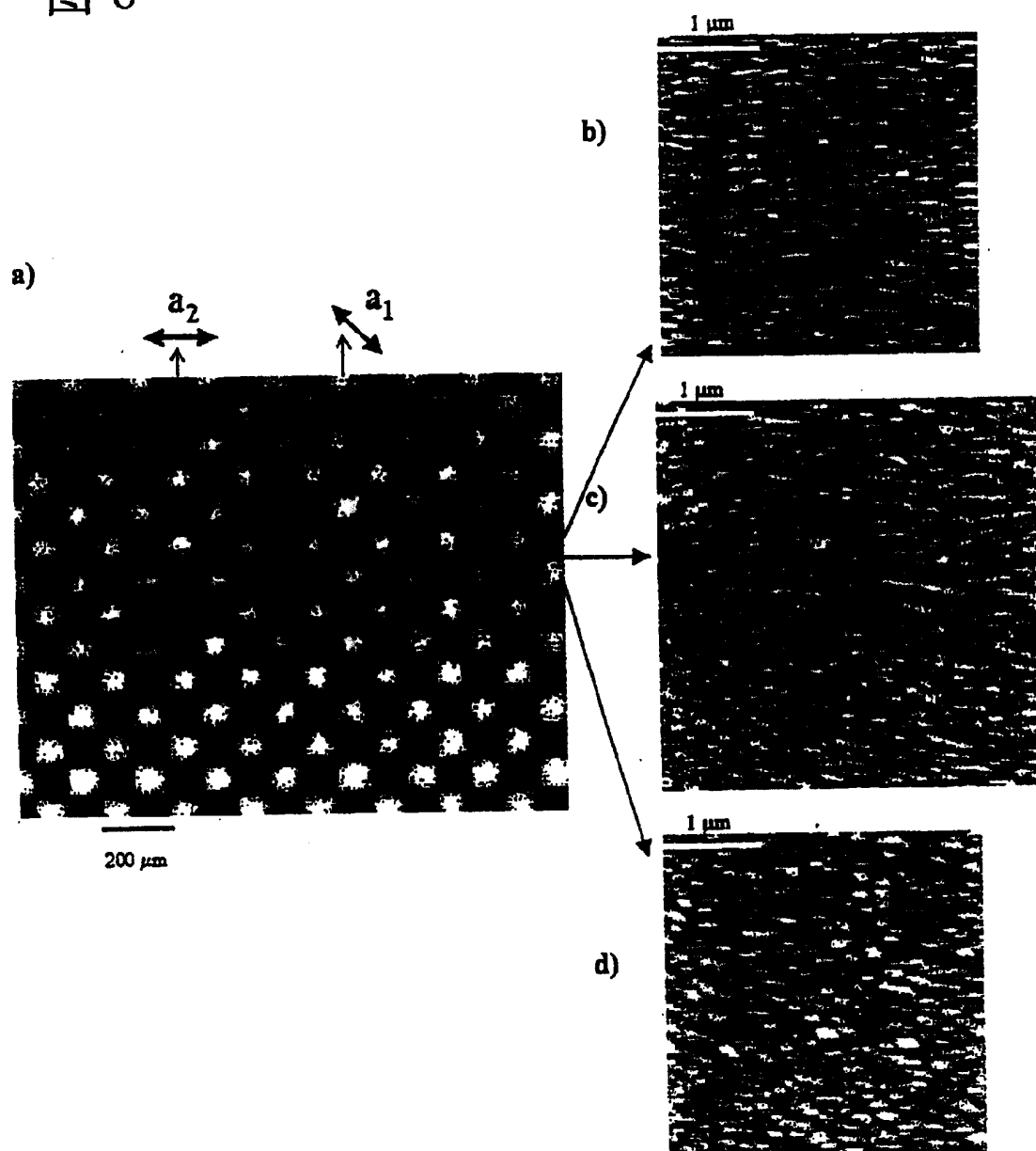
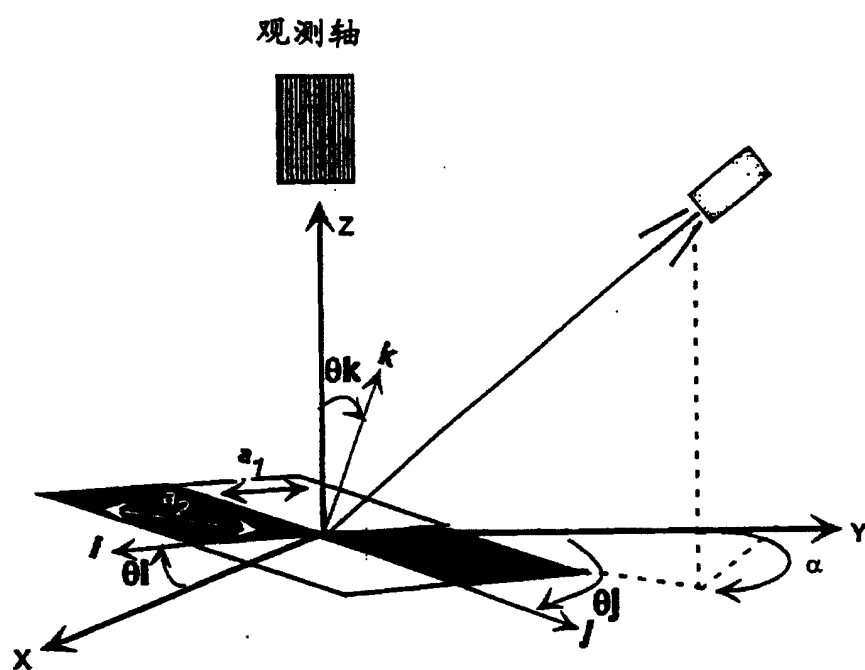
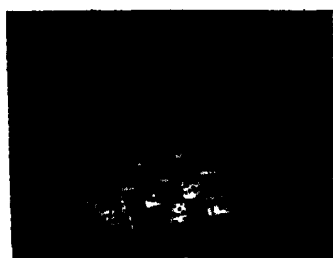


图 7

a)



b)



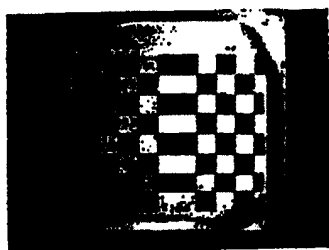
$\alpha \cong -15^\circ$
 $\theta_i = \theta_j \cong 15^\circ; \theta_k = 0^\circ$

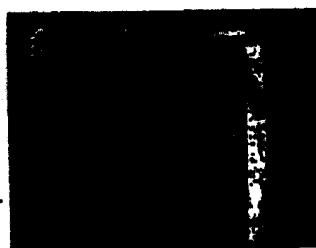
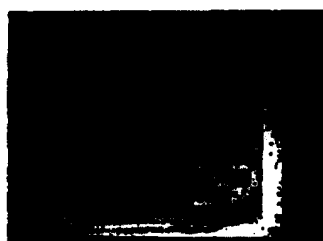


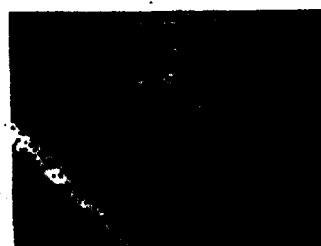
$\alpha \cong -15^\circ$
 $\theta_i = \theta_j \cong 40^\circ; \theta_k = 0^\circ$

图 8

a)


 $\alpha \cong 15^\circ$
 $\theta_i = \theta_j = \theta_k = 0^\circ$

 $\alpha \cong 15^\circ$
 $\theta_i = \theta_j = -90^\circ; \theta_k = 0^\circ$

 $\alpha \cong 15^\circ$
 $\theta_i \cong 20^\circ, \theta_j = 0^\circ; \theta_k \cong 20^\circ$

 $\alpha \cong -15^\circ$
 $\theta_i = \theta_j = \theta_k = 0$

 $\alpha \cong 15^\circ$
 $\theta_i = \theta_j = -45^\circ; \theta_k = 0^\circ$

 $\alpha \cong 15^\circ$
 $\theta_i \cong -45^\circ, \theta_j = -45^\circ; \theta_k \cong 40^\circ$

b)

