



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104854484 B

(45)授权公告日 2017.05.24

(21)申请号 201380063567.7

(22)申请日 2013.12.05

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 104854484 A

(43)申请公布日 2015.08.19

(30)优先权数据
61/737,220 2012.12.14 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2015.06.05

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2013/073276 2013.12.05

(87)PCT国际申请的公布数据
W02014/093119 EN 2014.06.19

(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 加里·T·博伊德 史蒂文·H·贡
特里·迪恩·彭 王庆兵

(74)专利代理机构 北京天昊联合知识产权代理
有限公司 11112
代理人 顾红霞 彭会

(51)Int.Cl.
G02B 5/02(2006.01)

(56)对比文件
CN 101726774 A, 2010.06.09, 全文.
CN 1210593 A, 1999.03.10, 全文.
US 2009073564 A1, 2009.03.19, 全文.
JP 2010519599 A, 2010.06.03, 全文.

审查员 梁乐民

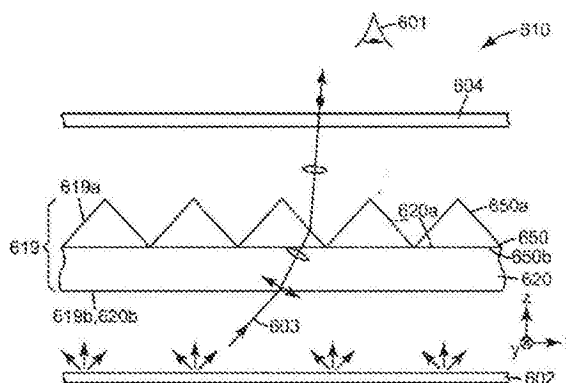
权利要求书3页 说明书30页 附图23页

(54)发明名称

具有嵌入扩散片的增亮膜

(57)摘要

本发明描述了具有嵌入扩散片的增亮膜。更具体地讲,本发明公开了包括双折射基材、由所述基材承载的具有线性棱镜的棱镜层以及设置在所述基材与所述棱镜层之间的嵌入结构化表面的膜。所述嵌入结构化表面可包括密集堆积结构。本发明还公开了用于制备具有特定形貌的嵌入结构化表面的工艺。



1. 一种光学膜,包括:

双折射基材;

由所述双折射基材承载的棱镜层,所述棱镜层具有主表面,所述主表面包括沿着相同棱镜方向延伸的多个并排的线性棱镜;和

设置在所述双折射基材与所述棱镜层之间的嵌入结构化表面,所述嵌入结构化表面包括被布置为使得在相邻结构之间形成脊的密集堆积结构,所述密集堆积结构的尺寸沿两个正交平面内方向受到限制;

其中所述嵌入结构化表面具有通过与相应的正交的第一平面内方向和第二平面内方向分别相关联的第一傅立叶功率谱和第二傅立叶功率谱来表征的形貌,并且其中

就所述第一傅立叶功率谱包括不对应于零频率并且由限定第一基线的两个相邻谷界定的一个或多个第一频峰来说,任何此类第一频峰具有小于0.8的第一峰比率,所述第一峰比率等于所述第一频峰与所述第一基线之间的面积除以所述第一频峰下方的面积,并且

就所述第二傅立叶功率谱包括不对应于零频率并且由限定第二基线的两个相邻谷界定的一个或多个第二频峰来说,任何此类第二频峰具有小于0.8的第二峰比率,所述第二峰比率等于所述第二频峰与所述第二基线之间的面积除以所述第二频峰下方的面积;并且

其中所述嵌入结构化表面由平面图中小于 $200\text{mm}/\text{mm}^2$ 的每单位面积的脊总长度来表征。

2. 根据权利要求1所述的光学膜,其中所述嵌入结构化表面分隔折射率相差至少0.05的两种光学介质。

3. 根据权利要求1所述的光学膜,其中所述密集堆积结构通过平面图中的等效圆直径来表征,并且其中所述密集堆积结构具有小于15微米的平均等效圆直径。

4. 根据权利要求1所述的光学膜,其中所述密集堆积结构中的至少一些包括弯曲的基部表面。

5. 一种光学膜,包括:

双折射基材;

由所述双折射基材承载的棱镜层,所述棱镜层具有主表面,所述主表面包括沿着相同棱镜方向延伸的多个并排的线性棱镜;和

设置在所述双折射基材与所述棱镜层之间的嵌入结构化表面,所述嵌入结构化表面包括被布置为使得在相邻结构之间形成脊的密集堆积结构,所述嵌入结构化表面限定基准平面和垂直于所述基准平面的厚度方向;

其中所述嵌入结构化表面具有通过与相应的正交的第一平面内方向和第二平面内方向分别相关联的第一傅立叶功率谱和第二傅立叶功率谱来表征的形貌,并且其中

就所述第一傅立叶功率谱包括不对应于零频率并且由限定第一基线的两个相邻谷界定的一个或多个第一频峰来说,任何此类第一频峰具有小于0.8的第一峰比率,所述第一峰比率等于所述第一频峰与所述第一基线之间的面积除以所述第一频峰下方的面积,并且

就所述第二傅立叶功率谱包括不对应于零频率并且由限定第二基线的两个相邻谷界定的一个或多个第二频峰来说,任何此类第二频峰具有小于0.8的第二峰比率,所述第二峰比率等于所述第二频峰与所述第二基线之间的面积除以所述第二频峰下方的面积;并且

其中所述密集堆积结构通过所述基准平面中的等效圆直径和沿所述厚度方向的平均高度来表征,并且其中每个密集堆积结构的纵横比等于所述密集堆积结构的所述平均高度

除以所述密集堆积结构的所述等效圆直径;并且

其中所述密集堆积结构的平均纵横比小于0.15。

6. 根据权利要求5所述的光学膜,其中所述嵌入结构化表面由平面图中小于 $200\text{mm}/\text{mm}^2$ 的每单位面积的脊总长度来表征。

7. 根据权利要求5所述的光学膜,其中所述密集堆积结构具有小于15微米的平均等效圆直径。

8. 一种光学膜,包括:

双折射基材;

由所述双折射基材承载的棱镜层,所述棱镜层具有主表面,所述主表面包括沿着相同棱镜方向延伸的多个并排的线性棱镜;和

设置在所述双折射基材与所述棱镜层之间的嵌入结构化表面,所述嵌入结构化表面包括具有弯曲基部表面并且被布置为使得在相邻结构之间形成脊的密集堆积结构;

其中所述嵌入结构化表面具有通过与相应的正交的第一平面内方向和第二平面内方向分别相关联的第一傅立叶功率谱和第二傅立叶功率谱来表征的形貌,并且其中

就所述第一傅立叶功率谱包括不对应于零频率并且由限定第一基线的两个相邻谷界定的一个或多个第一频峰来说,任何此类第一频峰具有小于0.8的第一峰比率,所述第一峰比率等于所述第一频峰与所述第一基线之间的面积除以所述第一频峰下方的面积;并且

就所述第二傅立叶功率谱包括不对应于零频率并且由限定第二基线的两个相邻谷界定的一个或多个第二频峰来说,任何此类第二频峰具有小于0.8的第二峰比率,所述第二峰比率等于所述第二频峰与所述第二基线之间的面积除以所述第二频峰下方的面积;并且

其中所述嵌入结构化表面提供小于95%的光学雾度。

9. 根据权利要求8所述的光学膜,其中所述嵌入结构化表面由平面图中小于 $200\text{mm}/\text{mm}^2$ 的每单位面积的脊总长度来表征。

10. 根据权利要求8所述的光学膜,其中所述密集堆积结构通过平面图中的等效圆直径来表征,并且其中所述密集堆积结构具有小于15微米的平均等效圆直径。

11. 一种光学膜,包括:

双折射基材;

由所述双折射基材承载的棱镜层,所述棱镜层具有主表面,所述主表面包括沿着相同棱镜方向延伸的多个并排的线性棱镜;和

设置在所述双折射基材与所述棱镜层之间的嵌入结构化表面,所述嵌入结构化表面包括被布置为使得在相邻结构之间形成脊的密集堆积结构;

其中所述嵌入结构化表面具有通过与相应的正交的第一平面内方向和第二平面内方向分别相关联的第一傅立叶功率谱和第二傅立叶功率谱来表征的形貌,并且其中

就所述第一傅立叶功率谱包括不对应于零频率并且由限定第一基线的两个相邻谷界定的一个或多个第一频峰来说,任何此类第一频峰具有小于0.8的第一峰比率,所述第一峰比率等于所述第一频峰与所述第一基线之间的面积除以所述第一频峰下方的面积;并且

就所述第二傅立叶功率谱包括不对应于零频率并且由限定第二基线的两个相邻谷界定的一个或多个第二频峰来说,任何此类第二频峰具有小于0.8的第二峰比率,所述第二峰比率等于所述第二频峰与所述第二基线之间的面积除以所述第二频峰下方的面积;并且

其中所述嵌入结构化表面提供在10%至60%范围内的光学雾度和在10%至40%范围内的光学清晰度。

12. 根据权利要求11所述的光学膜, 其中所述嵌入结构化表面由平面图中小于 $200\text{mm}/\text{mm}^2$ 的每单位面积的脊总长度来表征。

13. 根据权利要求11所述的光学膜, 其中所述密集堆积结构通过平面图中的等效圆直径来表征, 并且其中所述密集堆积结构具有小于15微米的平均等效圆直径。

14. 一种光学膜, 包括:

双折射基材;

由所述双折射基材承载的棱镜层, 所述棱镜层具有主表面, 所述主表面包括沿着相同棱镜方向延伸的多个并排的线性棱镜; 和

设置在所述双折射基材与所述棱镜层之间的嵌入结构化表面, 所述嵌入结构化表面包括较大的第一结构和较小的第二结构, 所述第一结构和所述第二结构两者的尺寸沿着两个正交平面内方向受到限制;

其中所述第一结构不均匀地布置在所述嵌入结构化表面上;

其中所述第二结构密集堆积并且不均匀地分散在所述第一结构之间; 并且

其中所述第一结构的平均尺寸大于15微米并且所述第二结构的平均尺寸小于15微米。

15. 根据权利要求14所述的光学膜, 其中所述嵌入结构化表面通过所述嵌入结构化表面的结构的等效圆直径的双峰分布来表征, 所述双峰分布具有第一峰和第二峰, 较大的所述第一结构对应于所述第一峰而较小的所述第二结构对应于所述第二峰。

16. 一种光学膜, 包括:

双折射基材;

由所述双折射基材承载的棱镜层, 所述棱镜层具有主表面, 所述主表面包括沿着相同棱镜方向延伸的多个并排的线性棱镜; 和

设置在所述双折射基材与所述棱镜层之间的嵌入结构化表面, 其中所述嵌入结构化表面通过从工具结构化表面微复制而制成, 所述工具结构化表面通过以下方式制成: 使用第一电镀工艺通过使金属电沉积来形成第一金属层, 使所述第一金属层的主表面具有第一平均粗糙度; 以及使用第二电镀工艺通过使所述金属电沉积在所述第一金属层上来在所述第一金属层的所述主表面上形成第二金属层, 使所述第二金属层的主表面具有小于所述第一平均粗糙度的第二平均粗糙度, 所述第二金属层的所述主表面对应于所述工具结构化表面。

具有嵌入扩散片的增亮膜

技术领域

[0001] 本发明整体涉及显示系统,具体涉及显示系统中使用的光学膜。

背景技术

[0002] 显示系统(诸如,液晶显示(LCD)系统)用于多种应用和市售装置中,例如,计算机监视器、个人数字助理(PDA)、移动电话、微型音乐播放器和薄LCD电视等。多数LCD包括液晶面板和用于照亮液晶面板的扩展区域光源,通常称为背光源。背光源通常包括一个或多个灯和多个光管理膜,例如光导、镜膜、光重定向膜(包括增亮膜)、延迟膜、光偏振膜和扩散膜。通常包括扩散膜,以隐藏光学缺陷并提高背光源发射的光的辉度均匀性。

[0003] 一些扩散膜使用含珠构造来提供光扩散。例如,光学膜可具有附接到该膜的一个表面的微观珠层,并且光在珠表面处的折射可用于提供膜的光扩散特性。含珠扩散膜的例子包括:线性棱镜增亮膜,其具有稀疏分布的珠子的哑光表面,以产品名称TBEF2-GM由3M公司销售,本文中称为“稀疏分布的含珠扩散片”或“SDB扩散片”;反射偏振膜,其具有含珠扩散片层,以产品名称DBEF-D3-340由3M公司销售,本文中称为“密集堆积的含珠扩散片”或“DPB扩散片”;以及商业显示装置中包括的扩散盖板,本文中称为“商业盖板扩散片”或“CCS扩散片”。图1示出了CCS扩散片的含珠表面的代表性部分的扫描电子显微镜(SEM)图像,并且图1A示出了这种表面的横截面的SEM图像。图2和图3分别示出了DPB扩散片和SDB扩散片的代表性部分的SEM图像。

[0004] 其他扩散膜使用除含珠层之外的结构化表面来提供光扩散,其中该结构化表面通过从结构化工具微复制而制成。此类扩散膜的例子包括:具有圆形或弯曲结构的膜(本文称为“I型微复制型”扩散膜),所述圆形或弯曲结构由具有对应结构的工具微复制而成,所述对应结构通过用切割器从工具中移除材料而制成,如US 2012/0113622(Aronson等人)、US 2012/0147593(Yapel等人)、WO 2011/056475(Barbie)和WO 2012/0141261(Aronson等人)中所述;以及具有平坦的小平面结构的膜(本文称为“II型微复制型”扩散膜),所述平坦的小平面结构由具有对应结构的工具微复制而成,所述对应结构通过电镀工艺形成,如US 2010/0302479(Aronson等人)中所述。I型微复制型扩散膜的结构化表面的代表性部分的SEM图像在图4中示出,并且II型微复制型扩散膜的类似图像在图5中示出。其他微复制型扩散膜包括这样的膜,在该膜中工具表面通过喷砂工序而被制造成为结构化的,并且随后通过从工具微复制来将该结构化表面赋予该膜。参见例如美国专利7,480,097(Nagahama等人)。

发明内容

[0005] 在一个方面,本说明书涉及一种光学膜。该光学膜包括双折射基材和由基材承载的棱镜层,该棱镜层具有主表面,所述主表面包括沿相同的棱镜方向延伸的多个并排的线性棱镜。该光学膜还包括设置在基材与棱镜层之间的嵌入结构化表面,该嵌入结构化表面包括被布置为使得在相邻结构之间形成脊的密集堆积结构,这些结构的尺寸沿两个正交平

面内方向受到限制。嵌入结构化表面具有可由与相应的正交的第一平面内方向和第二平面内方向相关联的第一傅立叶功率谱和第二傅立叶功率谱表征的形貌,并且就第一傅立叶功率谱包括不对应于零频率并且由限定第一基线的两个相邻谷界定的一个或多个第一频峰来说,任何此类第一频峰具有小于0.9的第一峰比率,第一峰比率等于第一频峰与第一基线之间的面积除以第一频峰之下的面积。另外,就第二傅立叶功率谱包括不对应于零频率并且由限定第二基线的两个相邻谷界定的一个或多个第二频峰来说,任何此类第二频峰具有小于0.8的第二峰比率,第二峰比率等于第二频峰与第二基线之间的面积除以第二频峰之下的面积。嵌入结构化表面由平面图中小于 $200\text{mm}/\text{mm}^2$ 的每单位面积的脊总长度来表征。

[0006] 在另一方面,本说明书涉及一种光学膜,该光学膜包括双折射基材和由基材承载的棱镜层,该棱镜层具有主表面,所述主表面包括沿相同的棱镜方向延伸的多个并排的线性棱镜。该光学膜还包括设置在基材与棱镜层之间的嵌入结构化表面,该嵌入结构化表面包括密集堆积结构,该嵌入结构化表面限定基准平面和垂直于该基准平面的厚度方向。嵌入结构化表面具有可由与相应的正交的第一平面内方向和第二平面内方向相关联的第一傅立叶功率谱和第二傅立叶功率谱表征的形貌,并且就第一傅立叶功率谱包括不对应于零频率并且由限定第一基线的两个相邻谷界定的一个或多个第一频峰来说,任何此类第一频峰具有小于0.9的第一峰比率,第一峰比率等于第一频峰与第一基线之间的面积除以第一频峰之下的面积。另外,就第二傅立叶功率谱包括不对应于零频率并且由限定第二基线的两个相邻谷界定的一个或多个第二频峰来说,任何此类第二频峰具有小于0.8的第二峰比率,第二峰比率等于第二频峰与第二基线之间的面积除以第二频峰之下的面积。这些密集堆积结构由基准平面中的等效圆直径(ECD)和沿着厚度方向的平均高度来表征,并且每个结构的平均纵横比等于该结构的平均高度除以该结构的ECD。该结构的平均纵横比小于0.15。

[0007] 在另一方面,本公开涉及一种光学膜,该光学膜包括双折射基材和由基材承载的棱镜层,该棱镜层具有主表面,所述主表面包括沿相同的棱镜方向延伸的多个并排的线性棱镜。该光学膜还包括设置在基材与棱镜层之间的嵌入结构化表面,该嵌入结构化表面包括具有弯曲基部表面的密集堆积结构。嵌入结构化表面具有可由与相应的正交的第一平面内方向和第二平面内方向相关联的第一傅立叶功率谱和第二傅立叶功率谱表征的形貌,并且就第一傅立叶功率谱包括不对应于零频率并且由限定第一基线的两个相邻谷界定的一个或多个第一频峰来说,任何此类第一频峰具有小于0.9的第一峰比率,第一峰比率等于第一频峰与第一基线之间的面积除以第一频峰之下的面积。另外,就第二傅立叶功率谱包括不对应于零频率并且由限定第二基线的两个相邻谷界定的一个或多个第二频峰来说,任何此类第二频峰具有小于0.8的第二峰比率,第二峰比率等于第二频峰与第二基线之间的面积除以第二频峰之下的面积。该嵌入结构化表面提供小于95%的光学雾度。

[0008] 在另一方面,本公开涉及一种光学膜,该光学膜包括双折射基材和由基材承载的棱镜层,该棱镜层具有主表面,所述主表面包括沿相同的棱镜方向延伸的多个并排的线性棱镜。该光学膜还包括设置在基材与棱镜层之间的嵌入结构化表面,该嵌入结构化表面包括密集堆积结构。嵌入结构化表面具有可由与相应的正交的第一平面内方向和第二平面内方向相关联的第一傅立叶功率谱和第二傅立叶功率谱表征的形貌,并且就第一傅立叶功率谱包括不对应于零频率并且由限定第一基线的两个相邻谷界定的一个或多个第一频峰

来说,任何此类第一频峰具有小于0.9的第一峰比率,第一峰比率等于第一频峰与第一基线之间的面积除以第一频峰之下的面积。另外,就第二傅立叶功率谱包括不对应于零频率并且由限定第二基线的两个相邻谷界定的一个或多个第二频峰来说,任何此类第二频峰具有小于0.8的第二峰比率,第二峰比率等于第二频峰与第二基线之间的面积除以第二频峰之下的面积。该嵌入结构化表面提供在10%至60%范围内的光学雾度和在10%至40%范围内的光学清晰度。

[0009] 在另一方面,本公开涉及一种光学膜,该光学膜包括双折射基材和由基材承载的棱镜层,该棱镜层具有主表面,所述主表面包括沿相同的棱镜方向延伸的多个并排的线性棱镜。该光学膜还包括设置在基材与棱镜层之间的嵌入结构化表面,该嵌入结构化表面包括较大的第一结构和较小的第二结构,第一结构和第二结构两者的尺寸沿两个正交平面内方向均受到限制。第一结构不均匀地布置在嵌入结构化表面上,并且第二结构密集堆积并且不均匀地分散在第一结构之间。第一结构的平均尺寸大于15微米,并且第二结构的平均尺寸小于15微米。

[0010] 在另一方面,本公开涉及一种光学膜,该光学膜包括双折射基材和由基材承载的棱镜层,该棱镜层具有主表面,所述主表面包括沿相同的棱镜方向延伸的多个并排的线性棱镜。嵌入结构化表面通过从工具结构化表面微复制而制成,工具结构化表面通过以下方式制成:使用第一电镀工艺使金属电沉积来形成第一金属层,使第一金属层的主表面具有第一平均粗糙度;以及使用第二电镀工艺使金属电沉积在第一金属层上来在第一金属层的主表面上形成第二金属层,使第二金属层的主表面具有小于第一平均粗糙度的第二平均粗糙度,第二金属层的主表面对应于工具结构化表面。

附图说明

[0011] 图1是CCS扩散片(光学雾度=72%,光学清晰度=9.9%)的含珠表面的一部分的SEM图像,并且图1A是这种表面的横截面的SEM图像。

[0012] 图2是DPB扩散片(光学雾度=97.5%,光学清晰度=5%)的含珠表面的一部分的SEM图像。

[0013] 图3是SDB扩散片(光学雾度=67%,光学清晰度=30%)的含珠表面的一部分的SEM图像。

[0014] 图4是I型微复制型扩散膜(光学雾度=91.3%,光学清晰度=1.9%)的结构化表面的一部分的SEM图像。

[0015] 图5是II型微复制型扩散膜(光学雾度=100%,光学清晰度=1.3%)的结构化表面的一部分的SEM图像。

[0016] 图6是包括具有双折射基材的微复制型光学膜的光学系统的示意性侧视图或剖视图。

[0017] 图7是具有线性棱镜阵列的微复制型光学膜的示意性透视图,该图展示了可使用的各种棱镜构形。

[0018] 图8是具有结构化表面的光学扩散膜的示意性侧视图或剖视图。

[0019] 图9是示意性流程图,描绘了用于制备结构化表面制品的步骤,这些结构化表面制品包括结构化表面工具和结构化表面光学膜。

[0020] 图10是呈圆柱体或筒形式的结构化表面工具的示意性透视图。

[0021] 图11A是图10的工具的一部分的示意性侧视图或剖视图；

[0022] 图11B是在微复制工序期间的图11A的工具部分的示意性侧视图或剖视图，其中该微复制工序用于制备光学扩散膜的结构化表面。

[0023] 图11C是由图11B所描绘的微复制工序制成的光学扩散膜的一部分的示意性侧视图或剖视图。

[0024] 图12是光学清晰度与光学雾度的曲线图，该曲线图上的每个点表示使用根据图9的工艺制成的不同光学扩散膜样品；

[0025] 图13是称为“502-1”的光学扩散膜样品的结构化表面的代表性部分的SEM图像，并且图13A是502-1样品的横截面的SEM图像；

[0026] 图14是称为“594-1”的光学扩散膜样品的结构化表面的代表性部分的SEM图像；

[0027] 图15是称为“599-1”的光学扩散膜样品的结构化表面的代表性部分的SEM图像；

[0028] 图16是称为“502-2”的光学扩散膜样品的结构化表面的代表性部分的SEM图像；

[0029] 图17是称为“RA22a”的光学扩散膜样品的结构化表面的代表性部分的SEM图像；

[0030] 图18是称为“RA13a”的光学扩散膜样品的结构化表面的代表性部分的SEM图像；

[0031] 图19是称为“N3”的光学扩散膜样品的结构化表面的代表性部分的SEM图像；

[0032] 图20是称为“593-2”的光学扩散膜样品的结构化表面的代表性部分的SEM图像；

[0033] 图21是称为“597-2”的光学扩散膜样品的结构化表面的代表性部分的SEM图像；

[0034] 图22是功率谱密度与空间频率的曲线图，该曲线图包括用于展示结构化表面沿给定平面内方向的不规则性或随机性程度可如何由与此类平面内方向相关联的傅立叶功率谱表征的假想曲线；

[0035] 图23A是I型微复制型扩散膜样品（光学雾度=91.3%，光学清晰度=1.9%）在顺维方向上的功率谱密度与空间频率的曲线图，并且图23B是相同样品但在垂直（横维）平面内方向上的类似曲线图；

[0036] 图24A是光学扩散膜样品502-1在顺维方向上的功率谱密度与空间频率的曲线图，并且图24B是相同样品但在横维方向上的类似曲线图；

[0037] 图25是具有可分辨结构的假想结构化表面的一部分的示意性平面图，展示了等效圆直径(ECD)的概念；

[0038] 图26是通过共焦显微镜获得的CCS扩散片的照片的合成图像，其中表示结构化表面的单独结构的外边界或边缘的深色形状叠加在该图像上；

[0039] 图27是通过共焦显微镜获得的I型微复制型扩散膜样品（光学雾度=91.3%，光学清晰度=1.9%）的照片的合成图像，其中表示结构化表面的单独结构的外边界或边缘的深色形状叠加在该图像上；

[0040] 图28是类似于图26和图27但用于光学扩散膜样品594-1的合成图像；

[0041] 图29是类似于图26至图28但用于光学扩散膜样品502-1的合成图像；

[0042] 图30是光学扩散膜样品502-1的代表性取样区域的归一化计数与ECD的曲线图；

[0043] 图31是具有可分辨结构的假想结构化表面的一部分的示意性侧视图或剖视图，展示了最大高度或深度的概念；

[0044] 图32是结构化表面上的假想单独结构的示意性平面图，展示了用于确定结构化表

面上的脊的存在标准;

[0045] 图33A是通过共焦显微镜获得的光学扩散膜样品594-1的照片的合成图像,其中表示在结构化表面上检测到的脊的深色线段叠加在该图像上;

[0046] 图33B是以反转印刷(深色/浅色反转)仅示出图34a的深色线段(即,仅示出所检测到的脊)的图像;以及

[0047] 图34A和图34B分别类似于图33A和图33B,但均针对DPB扩散片。

具体实施方式

[0048] 在图6中,光学系统610包括微复制型光学膜619,光学膜619设置在诸如平坦光导的扩展光源602与偏振器604之间,光源602具有发射白色光的扩展输出表面。光学系统610可为光学显示器、背光源或类似系统,且其可包括图中未示出的其他部件,诸如液晶面板和附加偏振器、扩散片、延迟片、和/或其他光学膜或部件。为了本说明的目的,我们略去此类其他部件以便进行解释。具有前部主表面619a和背部或后部主表面619b的光学膜619显示由承载棱镜层650的基材620构造而成,但也可使用其他层构形。基材620可以被认为承载棱镜层650,甚至在其中一个或多个中间层将基材物理连接到棱镜层的情况下亦是如此。棱镜层650可通过使用微图案化工具在聚合物膜基材620上浇注并固化聚合物组合物而制成。该工具被构造使得与膜619的前部主表面619a重合的棱镜层650的第一主表面650a为具有形成线性棱镜阵列的不同面或小平面的工具的微结构化复制品。除浇注和固化之外,也可使用其他已知制备技术来形成微结构化表面650a,诸如压印,蚀刻和/或其他已知技术。棱镜层650的第二主表面650b与基材620的第一主表面620a重合。基材620的第二主表面620b与膜619的背部主表面619b重合。

[0049] 为便于参考,图中包括笛卡尔x-y-z坐标系。膜619大致平行于x-y平面延伸,且系统610的光轴可对应于z轴。结构化表面的棱镜中的每个沿至少在平面图中平行于y轴的大致线性方向延伸。线性棱镜阵列以这样一种方式折射光,使得与不具有膜619的同一系统相比,系统的同轴亮度或亮度增加。

[0050] 承载棱镜层650的基材620为双折射的。双折射可为有意或无意的设计特征。例如,由聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)制成的膜可经济地制成具有所需的机械特性和光学特性以用于光学膜应用,但由PET制成的膜可呈现不可忽略的双折射量。双折射可为基本上空间一致的,即,在基材内的一个位置处的双折射可与在基材内的其他位置处的双折射基本上相同。双折射通常至少由平面内双折射表征。即,如果基材具有分别沿着x轴、y轴和z轴偏振的光的折射率 n_x 、 n_y 、 n_z ,则在平面内折射率 n_x 和 n_y 之间存在显著差异。 x 方向和 y 方向可例如对应于聚合物膜的幅材横向方向和幅材顺维方向。 n_x - n_y 的大小通常可为至少0.01、或0.02、或0.03。特定折射率差是否显著的问题可取决于基材的厚度:小的折射率差对于薄的基材可忽略不计,但对于较厚的基材可为显著的。

[0051] 在图中,任意光线603显示为从光源602传播至观察者601。在此光线后,我们看到光线在主表面620b(619a)处被折射,传播穿过基材620,在主表面620a(650b)处再次被折射,传播穿过棱镜层650,在主表面650a(619a)处再次被折射,传播至偏振器604,且光线的一个偏振分量穿过偏振器并继续传播至观察者601。光线603假设在其离开光源602时和在其射到膜619上之前为非偏振的。当光线射到在主表面620b处的空气/基材界面上时,它变

成部分偏振的,因为正交的s偏振态和p偏振态通常根据入射角和基材的折射率以不同的方式被透射(并被反射)。为便于解释,图6中未显示被反射的光分量。双箭头叠加在靠近表面620b的光线603上以指示在光线603开始其穿过基材620的路径时的部分偏振。当光线603朝表面620a传播穿过基材620时,其部分偏振态通常因基材620的双折射而改变。此偏振态变化不仅取决于基材的双折射量(和厚度),而且取决于光线的传播角度和光线的波长。改变的偏振态在附图中示出为叠加在靠近表面620a的光线603上的小椭圆。具有其修改后的偏振态的光线然后由棱镜层650折射,并且与偏振器604的透光轴对准的偏振分量穿过偏振器604并且到达观察者601。

[0052] 如上所述,发生在基材620内的偏振态变化取决于光的波长。即使基材材料不呈现任何色散,情况也是如此。因此,沿循穿过系统610的相同的或几乎相同的路径诸如由光线603描绘出的路径的不同波长的光线通常将以不同的相对量透射至观察者601。该相对量将取决于光线的传播方向,并且我们假设由于源602在显著角范围上(如以朗伯曲线分布或以另一个合适的角分布)发出光而存在传播方向的范围或锥。

[0053] 棱镜在图6中和在下面的其他图中显示为具有标称上相同的几何形状,包括高度、宽度以及顶角。这主要是为简化说明。通常,除非另作说明,否则棱镜层的棱镜可具有如图2所示的各种各样的构形中的任一种。

[0054] 在图7中,显示了微复制型光学膜719,该光学膜可充当显示器、背光源或其他系统中的增亮膜。光学膜719包括用于提高亮度的线性棱镜或微结构751阵列。光学膜719包括第一主表面或结构化表面719a,主表面或结构化表面719a包括沿着y方向延伸的多个微结构或线性棱镜751。膜719包括与第一主表面或结构化表面719a相对的第二主表面719b。

[0055] 膜719包括基材层720,基材层720包括第一主表面720a和与主表面719b重合的相对第二主表面720b。光学膜719包括由基材层720承载的棱镜层750。棱镜层750设置在基材层的主表面720a上,主表面720a与棱镜层750的主表面750b重合,棱镜层750还包括与膜719的主表面719a重合的另一个主表面750a。

[0056] 光学膜719包括两个层:为了本说明的目的假设为双折射的基材层720和棱镜层750。通常,光学膜719可具有一个或多个层。例如,在一些情况下,光学膜719可能具有包括相应第一主表面719a和第二主表面719b的仅单个层。又如,在一些情况下,光学膜719可具有多个层。例如,在一些情况下,基材720可由多个不同层构成。当光学膜包括多个层时,组成层通常为彼此共延的,且每一对邻近组成层包括有形光学材料并且具有主表面,这些主表面彼此完全重合、或彼此物理接触至少超过其相应表面积的80%、或至少90%。

[0057] 棱镜751可被设计成沿着所需方向(例如沿着正z方向)重定向入射于光学膜719的主表面719b上的光。在示例性光学膜719中,棱镜751为线性棱镜结构。通常,棱镜751可为任何类型的棱镜或类棱镜微结构,这种微结构能够通过(例如)折射入射光的一部分并且循环利用入射光的不同部分来重定向光。例如,棱镜751的横截面轮廓可为或可包括弯曲和/或分段的线性部分。

[0058] 棱镜751中的每个包括顶角752和从公共基准面(例如为主表面750b)测量的高度。各个棱镜751a、751b、751c等显示成具有高度753a、753b、753c、...753e等。在一些情况下,例如,当希望降低光学耦合或润湿度和/或提高光重定向光学膜的耐久性时,给定棱镜751的高度可沿着y方向变化。例如,线性棱镜751a的棱镜高度沿着y方向变化。在这种情况下,

棱镜751a沿着y方向具有变化的局部高度753a,这种变化的高度限定最大高度和平均高度。在一些情况下,棱镜(诸如线性棱镜751c)沿着y-方向具有恒定的高度。在这种情况下,棱镜具有等于棱镜的最大高度和平均高度的恒定局部高度753c。

[0059] 在一些情况下,诸如当希望降低光学耦合或润湿度时,线性棱镜中的一些棱镜较矮而一些棱镜较高。例如,线性棱镜751c的高度753c小于线性棱镜751b的高度753b。

[0060] 每个棱镜的顶角或二面角752可具有应用中可能需要的任何值。例如,在一些情况下,顶角752可在约70度至约110度、或约80度至约100度、或约85度至约95度的范围内。在一些情况下,棱镜751具有相等的顶角,该顶角可例如为在约88度或89度至约92度或91度的范围内,例如90度。

[0061] 棱镜层750可由任何合适的透光性材料构成并且可具有任何合适的折射率。例如,在一些情况下,棱镜层可具有在约1.4到约1.8、或约1.5到约1.8、或者约1.5到约1.7的范围内的折射率。在一些情况下,棱镜层可具有不小于约1.5、或不小于约1.55、或不小于约1.6、或不小于约1.65、或不小于约1.7的折射率。棱镜层可为完全或部分双折射的,并且其可为完全或部分(基本上)各向同性的。

[0062] 在大多数情况下,诸如当光学膜719用于液晶显示系统时,与不具有光学膜719的相同显示器相比,光学膜719增加显示器的同轴亮度,即,沿着z轴测量的亮度。为了量化轴向亮度的目的,光学膜719被认为具有大于1的“有效透射率”或相对“增益”。如本文所用,“有效透射率”(“ET”)是指当光源为具有漫反射率>80%的朗伯光源或近朗伯光源时在膜就位的情况下的同轴亮度对在膜未就位的情况下的显示系统的同轴亮度之比。

[0063] 光学膜的ET可使用光学系统来测量,该光学系统包括中空朗伯光箱、线性光吸收型偏振器和在光箱的光轴上保持居中的光电检测器。中空光箱可由稳定的宽带光源照亮,这种光源通过光纤连接到光箱的内部,并且从光箱的发射或退出表面发射的光具有朗伯亮度分布。要测量其ET的光学膜或其他试验样本放置在光箱和吸收型线性偏振器之间的位置处。将在系统中存在光学膜的情况下的光电检测器输出除以在系统中不存在光学膜的情况下的光电检测器输出产生光学膜的ET。

[0064] 用于测量ET的合适的光电检测器为可得自加利福尼亚州查茨沃思市的光学研究公司(Photo Research, Inc, Chatsworth, CA)的SpectraScan™ PR-650光谱色度计。用于此类测量的合适的光箱为具有约85%的总反射率的特氟隆立方体。

[0065] 光学膜719的ET可通过下述方式来测量:将光学膜719置于指定位置处,使主表面719a(和线性棱镜751)面向光电检测器并且使主表面719b面向光箱。接下来,光谱加权轴向亮度I1(沿着光轴的亮度)由光电检测器通过线性吸收型偏振器来测量。然后,去除光学膜719,并且在没有光学膜719的情况下测量光谱加权亮度I2。ET为比率I1/I2。ET可通过指定光学膜相对于线性吸收型偏振器的取向更详细指定。例如,“ET0”是指当光学膜被取向成使得棱镜751中的每个沿着平行于线性吸收型偏振器的透光轴的方向延伸时的有效透射率,且“ET90”是指当光学膜被取向成使得棱镜751中的每个沿着垂直于线性吸收型偏振器的透光轴的方向延伸时的有效透射率。进一步就这一点而言,“平均有效透射率”(“ETA”)为ET0和ET90的平均值。根据此附加术语学,先前所提及的术语“有效透射率”或“ET”,如果没有更多的话,是指光学膜的平均有效透射率。

[0066] 在示例性情况下,本公开的微复制型光学膜(包括光学膜719)被构造用于增加系

统亮度,且线性棱镜具有至少约1.6的折射率,且光学膜的平均有效透射率(ETA)为至少约1.3、或至少1.5、或至少1.7、或至少1.9、或至少2.1。

[0067] 光漫射或散射可以称为“光学雾度”或简称为“雾度”的参数表示。对于由垂直入射光束照亮的膜、表面或其他对象而言,对象的光学雾度是指偏离法向大于4度的透射光对总透射光之比。雾度可在模拟中计算,且对于实际样本而言其可根据ASTM D1003中所述的过程或根据其他合适的过程使用雾度仪加雾度计(可得自马里兰州哥伦比亚市的BYK-加德纳公司(BYK-Gardner, Columbia, MD))来测量。与光学雾度有关的是光学清晰度,光学清晰度是指比率 $(T_1 - T_2) / (T_1 + T_2)$, 其中 T_1 为偏离法向1.6和2度之间的透射光,且 T_2 为相对于法向介于零度和0.7度之间的透射光。清晰度值也可使用由BYK-加德纳公司(BYK-Gardner)提供的雾度仪加雾度计来测量。

[0068] 在一些实施例中,在棱镜层和双折射基材之间不提供空气间隙,且光散射或雾度由嵌入结构化表面而不是暴露出的结构化表面提供。结构化表面可接着被认为是内埋的或嵌入的,因为其由固体或以其他方式有形的透光性材料(例如,合适的透光性聚合材料)界定在相对侧上。

[0069] 在一些实施例中,结构化表面以这样一种方式构造,以致表面的基本大部分(例如,平面图中的结构化表面的至少80%或至少90%)不呈现聚焦特性。可达到此目的的一种方式是将结构化表面构造成使得表面的基本大部分由以相同取向例如朝棱镜层的棱镜或远离所述棱镜弯曲的部分构成。结构化表面的每个这样的弯曲部分可称为小透镜。在一些实施例中,例如,结构化表面的若干部分可全部大体上远离棱镜层弯曲,并且可被视为小透镜。在一些构形中,小透镜将为散焦的,即,其各自将由于各层之间的折射率差而使入射准直光散焦。在一些实施例中,结构化表面的至少80%由小透镜覆盖或占据。优选覆盖或占据表面的小于20%或小于10%的结构化表面的基本小部分可以这样一种方式弯曲,以致具有聚焦特性。

[0070] 可在所公开的光学膜中采用许多设计变型形式,包括特别是结合嵌入结构化表面的光学膜。除了结合图式所示和所述的特定层布置以外,膜还可以包括附加的层和/或涂层,从而得到所需的光学功能性和/或机械功能性。所述层中的任一者可使用两个或更多个不同子层构造而成。相似地,任何两个或更多个邻近层可组合成单个整体层或替换为单个整体层。可使用各种各样的棱镜设计、膜或层厚度、以及折射率。棱镜层可具有任何合适的折射率,例如在约1.4到约1.8、或约1.5到约1.8、或约1.5到约1.7的范围内、或不小于约1.5、或不小于约1.55、或不小于约1.6、或不小于约1.65、或不小于约1.7。双折射基材可具有典型的双折射,包括如上所述的平面内双折射。在一些情况下,染料、颜料、和/或粒子(包括散射粒子或其他合适的扩散剂)可包括在光学膜的层或部件中的一个或多个中,以实现所需的功能性。尽管聚合材料有时优选用于所公开的光学膜以实现功能性和经济性,但也可使用其他合适的材料。

[0071] 也可在所公开的光学膜中使用纳米空心材料,包括具有超低指数(ULI)(例如小于1.4、或小于1.3、或小于1.2、或在1.15到1.35的范围内的折射率)的那些材料。多种这样的ULI材料可描述为多孔材料或层。当与不是纳米空心的且具有基本上更高折射率(诸如大于1.5或大于1.6)的更普通的光学聚合材料联合使用时,可在整个嵌入结构化表面上提供相对大的折射率差 Δn 。合适的ULI材料例如描述于WO 2010/120864(Hao等人)和WO 2011/

088161 (Wolk等人)中,这些专利以引用方式并入本文。

[0072] 已经开发出可用于形成非常适于制备高性能光学扩散膜的结构化表面的工艺,这些光学扩散膜包括结合例如图6的构形使用的嵌入结构化表面。所述工艺可在与通过利用切割工具切割基材中的特征结构产生具有相等面积和能与之相比的特征尺寸的结构化表面所花费的时间相比较短的时间段内,在微复制工具中产生具有相当大表面积的结构化表面,例如,至少和典型的台式计算机显示屏的表面积一样大的表面积。这是因为该工艺可采用电镀技术而不是切割技术来制备结构化表面。(然而,在下文进一步描述的一些情况下,除了切割外,还可以使用电镀)。该工艺可受到调控以产生各种各样的结构化表面,包括提供非常高的雾度(和低清晰度)的结构化表面、提供非常低的雾度(和高清晰度)的结构化表面、以及介于这些极限之间的结构化表面。该工艺可利用其中产生初级结构化表面的第一电镀工序,该初级结构化表面基本上对应于上述II型微复制型扩散膜的结构化表面。结合图6回想,II型微复制型扩散膜覆盖具有相对高的光学清晰度的一般设计空间。已发现,通过使用第二电镀工序用第二电沉积层覆盖初级结构化表面,获得第二结构化表面,并且该第二结构化表面可根据工艺条件产生高雾度、低雾度或中等雾度的扩散膜;然而,由第二结构化表面制成的扩散膜不同于由初级结构化表面制成的那些扩散膜。具体地讲,有趣的是,由第二结构化表面制成的扩散膜落在与II型微复制型扩散膜的设计空间相比,具有显著更低清晰度(针对中等雾度值)的一般设计空间内。这将结合根据所开发的工艺制成的光学扩散膜来示出。光学扩散膜的至少一些还示出为具有其他所需特性,包括特征在于具有很少或没有空间周期性的形貌以及小于15微米或小于10微米的平均特征尺寸。

[0073] 图8以示意性侧视图或剖视图示出了可利用本发明所公开的工艺制造的代表性扩散光学膜820的一部分。膜820示出为具有第一主表面820a和 第二主表面820b。入射光830示出为照射在膜820上第二表面820b处。光830穿过该膜,并且由于在主表面820a的粗糙化或结构化形貌处的折射(以及在某种程度上衍射)而散射或扩散,从而产生散射光或扩散光832。因此可将主表面820a另选地称为结构化表面820a。当然,可改变膜820相对于入射光830的取向,使得光830初始照射在结构化表面820a上,在这种情况下,结构化表面处的折射同样产生散射光或扩散光。

[0074] 结构化表面820a大体上沿着正交平面内方向延伸,这些正交平面内方向可用于限定局部笛卡尔 x - y - z 坐标系。结构化表面820a的形貌可随后相对于平行于结构化表面820a延伸的基准平面(x - y 平面)以沿着厚度方向(z 轴)的偏差来表示。在许多情况下,结构化表面820a的形貌使得可以识别不同的单独结构。此类结构可以呈现由结构化表面工具中的对应空腔形成的突出或由结构化表面工具中的对应突出形成的空腔的形式。结构沿两个正交平面内方向的尺寸通常受到限制,即,当在平面图中观察结构化表面820a时,单独结构通常不会沿着任何平面内方向以线性方式无限延伸。无论是突出还是空腔,这些结构在一些情况下还可以密集堆积,即被布置成使得许多或大多数相邻结构的边界的至少一部分基本上相交或重合。这些结构还通常不规则地或不均匀地分散在结构化表面820a上。在一些情况下,这些结构中的一些、大多数或基本上全部(例如, $>90\%$,或 $>95\%$,或 $>99\%$)均可以为弯曲的或包括圆形或以其他方式弯曲的基部表面。在一些情况下,这些结构中的至少一些可为锥体形状或以其他方式由基本上平坦的小平面限定。给定结构的尺寸可以平面图中的等效圆直径(ECD)表示,并且结构化表面的结构的平均ECD可例如小于15微米,或小于10微米,

或在4至10微米的范围内。结构化表面和结构还可以用如本文其他地方所论述的其他参数来表征,例如,通过深度或高度与特征横向尺寸(诸如ECD)的纵横比、或平面图中表面上每单位面积的脊总长度来表征。可提供光学扩散膜的光学雾度、光学清晰度和其他特征,而无需在结构化表面处或之上、或光学膜内的其他地方使用任何珠子。

[0075] 在可用于表征给定光学扩散膜的光学行为的各种参数中,两个关键参数为光学雾度和光学清晰度。可以“光学雾度”或仅以“雾度”来表示光的扩散或散射。对于膜、表面或被垂直入射光束照射的其他对象,该对象的光学雾度基本上是指与法向偏离超过4度的透射光与总透射光的比率,如例如使用Haze-Gard Plus雾度计(购自马里兰州哥伦比亚的毕克-加特纳公司(BYK-Gardner, Columbia, MD))根据ASTM D1003中描述的工序、或利用基本上类似的仪器和工序测量的。与光学雾度相关的为光学清晰度,所述光学清晰度也通过毕克-加特纳公司(BYK-Gardner)的Haze-Gard Plus雾度计进行测量,但其中该仪器装配有双传感器,该双传感器具有在环形圈传感器内居中的圆形中间传感器,光学清晰度是指比率 $(T_1 - T_2) / (T_1 + T_2)$,其中 T_1 为由中间传感器感测的透射光并且 T_2 为由环形传感器感测的透射光,中间传感器相对于垂直于样品并且在样品的测试部分上居中的轴线跨越0至0.7度的角度,并且环形传感器相对于所述轴线跨越1.6度至2度的角度,并且其中在无样品存在时,入射光束溢出中间传感器但并不照射环形传感器(以0.2度的半角未充满环形传感器)。

[0076] 图9示出了该工艺的示例性版本901。在该工艺的步骤902中,提供可用作底座的基部或基材,可将金属层电镀在该底座上。基材可采用多种形式中的一种,例如片、板或圆柱体。圆柱体的有利之处在于它们可用于制备连续的辊产品。基材通常由金属制成,并且示例性金属包括镍、铜和黄铜。然而,还可使用其他金属。基材具有暴露表面(“基部表面”),电沉积层将在后续步骤中形成于该暴露表面上。基部表面可为平滑且平坦的、或基本上平坦的。平滑抛光圆柱体的弯曲外表面可被认为是基本上平坦的,特别是在考虑到在该圆柱体表面上的任何给定点附近的较小局部区域时。基部表面可通过基部平均粗糙度来表征。就这一点而言,基部表面的表面“粗糙度”或本文提及的其他表面的“粗糙度”可使用任何公认的粗糙度量度(诸如平均粗糙度 R_a 或均方根粗糙度 R_{rms})来量化,并且假设在足够大以完全表示所讨论表面的整个相关区域的区域内测量该粗糙度。

[0077] 在工艺901的步骤903中,使用第一电镀工艺在基材的基部表面上形成第一金属层。在此步骤开始之前,可对基材的基部表面涂底漆或以其他方式进行处理以提高粘附性。该金属可与构成基部表面的金属基本上相同。例如,如果基部表面包含铜,则在步骤903中形成的第一电镀层也可由铜制成。为了形成第一金属层,第一电镀工艺使用第一电镀溶液。第一电镀溶液的成分例如该溶液中使用的金属盐的类型以及其他工艺参数诸如电流密度、电镀时间和基材速度被选择为使得第一电镀层不被形成为平滑且平坦的,而是具有为结构化的并且由不规则的平坦小平面特征结构来表征的第一主表面。通过电流密度、电镀时间和基材速度来确定不规则特征结构的尺寸和密度,同时用于第一电镀溶液的金属盐的类型确定这些特征结构的几何形状。关于这一点的另外的教导内容可见于专利申请公开US 2010/0302479 (Aronson等人)。执行第一电镀工艺使第一电镀层的第一主表面具有大于基材的基部平均粗糙度的第一平均粗糙度。可在图5的SEM图像中看到代表性的第一主表面的结构化特征和粗糙度,图5示出了II型微复制型扩散膜的结构化表面,所述膜从根据步骤903制成的第一电镀层的第一主表面微复制而成。

[0078] 在步骤903中形成第一电镀金属层之后,其中该第一电镀金属层的结构化主表面具有第一平均粗糙度,在步骤904中使用第二电镀工艺形成第二电镀金属层。第二金属层覆盖第一电镀层,并且由于它们的成分可基本上相同,因此这两个电镀层可不再为可分辨的,并且第一层的第一主表面可变得基本上被除去并且不再为可检测的。然而,第二电镀工艺不同于第一电镀工艺,其方式为使得第二电镀层的暴露的第二主表面尽管是结构化的和非平坦的但具有小于第一主表面的第一平均粗糙度的第二平均粗糙度。第二电镀工艺可在多个方面不同于第一电镀工艺以便相对于第一主表面为第二主表面提供减小的粗糙度。

[0079] 在一些情况下,步骤904的第二电镀工艺可使用第二电镀溶液,该第二电镀溶液至少通过添加有机平整剂(如框904a所示)来不同于步骤903中的第一电镀溶液。有机平整剂为引入至电镀浴中的能够在小凹槽中产生相对较厚并且在小突出上产生相对较薄的沉积物从而最终降低小的表面不规则部分的深度或高度的材料。使用平整剂,电镀部分将具有比基部金属更大的表面平滑度。示例性的有机平整剂可包括但不限于磺化的、硫化的烃基化合物;烯丙基磺酸;各种类型的聚乙二醇类;以及硫代氨基甲酸酯类,包括二硫代氨基甲酸酯类或硫脲以及它们的衍生物。第一电镀溶液可含有至多痕量的有机平整剂。第一电镀溶液可具有小于100ppm、或75ppm、或50ppm的有机碳总浓度。第二电镀溶液中的有机平整剂的浓度与第一电镀溶液中的任何有机平整剂的浓度的比率可为例如至少50、或100、或200、或500。可通过调整第二电镀溶液中的有机平整剂的量来调控第二主表面的平均粗糙度。

[0080] 通过在第二步骤904中包括至少一种电镀技术或特征结构,该电镀技术或特征结构的效果为相对于第一主表面减小第二主表面的粗糙度,步骤904的第二电镀工艺还可或另选地不同于步骤903的第一电镀工艺。取样(框904b)和屏蔽(框904c)为此类电镀技术或特征结构的例子。此外,除了有机平整剂之外或替代有机平整剂,可将一种或多种有机晶粒细化剂(框904d)添加到第二电镀溶液以减小第二主表面的平均粗糙度。

[0081] 在完成步骤904之后,具有第一电镀层和第二电镀层的基材可作用于形成光学扩散膜的初始工具。在一些情况下,可利用第二金属或其他合适的材料来钝化或以其他方式保护工具的结构化表面,即步骤904中产生的第二电镀层的第二结构化主表面。例如,如果第一电镀层和第二电镀层由铜构成,则第二结构化主表面可电镀有铬的薄涂层。铬或其他合适材料的薄涂层优选地足够薄以基本上保持第二结构化主表面的形貌和平均粗糙度。

[0082] 在光学扩散膜的制造中不使用初始工具自身,而是可通过微复制初始工具的第二结构化主表面来制造一个或多个复制品工具,并且随后可使用这些复制品工具来制造光学膜。由初始工具制成的第一复制品将具有第一复制品结构化表面,该第一复制品结构化表面对应于第二结构化主表面,但为第二结构化主表面的反转形式。例如,第二结构化主表面中的突出对应于第一复制品结构化表面中的空腔。第二复制品可由第一复制品形成。第二复制品将具有第二复制品结构化表面,该第二复制品结构化表面也对应于初始工具的第二结构化主表面并且为该第二结构化主表面的非反转形式。

[0083] 在步骤904之后,在形成结构化表面工具后,可在步骤906中通过由初始工具或复制品工具微复制来形成具有相同结构化表面(无论相对于初始工具是反转的还是非反转的)的光学扩散膜。光学扩散膜可由工具使用任何合适的工艺形成,包括例如在载体膜上压印预成型膜、或浇铸固化可固化层。

[0084] 现在转向图10,示出了呈圆柱体或筒形式的结构化表面工具1010的示意图。工具

1010具有连续主表面1010a,假设已经根据图9的方法对该连续主表面1010a进行了处理,使得其具有适当的结构化表面。该工具具有宽度 w 和半径 R 。该工具可用于连续膜生产线以通过微复制形成光学扩散膜。工具1010或相同工具的小部分 P 在图11A中示意性地示出。

[0085] 在图11A中,以示意性横截面示出了结构化表面工具1110(假设与工具1010相同)。在已通过图9的工艺制造的情况下,工具1110在图中示出为包括基材1112、具有第一结构化主表面1114a的第一电镀金属层1114以及第二电镀金属层1116,第二层1116具有第二结构化主表面1116a,该第二结构化主表面1116a与工具1110的结构化主表面1110a重合。根据图9的教导内容,第二主表面1116a为结构化的或非平滑的,并且其平均粗糙度小于第一主表面1114a的平均粗糙度。第一主表面1114a以及不同的层1114、1116在图11a中示出用于参考目的,然而,如上所述,第二电镀层1116在第一电镀层1114顶上的形成可使得第一主表面1114a以及层1114与1116之间的差别为不可检测的。

[0086] 在图11B中,示出了图11A的工具1110在微复制工序期间的示意图,在该微复制工序中,该工具用于形成光学扩散膜1120的结构化表面。图11A的类似附图标号表示类似的元件,并且不需要进一步讨论。在微复制期间,将膜1120压在工具1110上,使工具的结构化表面以高保真性(以反转形式)转移至该膜。在这种情况下,该膜显示具有基部膜或载体膜1122和图案化层1124,但还可以使用其他膜构造。该图案化层可例如为可固化材料、或适用于压印的热塑性材料。微复制工艺使得光学膜1120的主表面1120a,其与图案化层1124的主表面1124a重合,以对应于工具的结构化主表面1110a的方式结构化或粗糙化。

[0087] 在图11C中,在图11B的微复制工序中制成的光学膜1120示出为与工具1110分开。膜1120可与图7的光学扩散膜720相同或类似,现在可用作光学扩散膜。

[0088] 实例

[0089] 已经根据如图9所示的方法制造多个光学扩散膜样品。因此,在每种情况下,在一组工艺条件下制造结构化表面工具,并且随后微复制工具的结构化表面以形成对应的结构化表面(以反转形式)作为光学膜的主表面。(每个光学膜的相对主表面均为平坦且平滑的。)结构化表面为每个光学膜提供给定量的光学雾度和光学清晰度。利用来自毕克-加特纳公司(BYK-Gardiner)的Haze-Gard Plus雾度计测量每个光学扩散膜样品的雾度和清晰度。下表示出了在各种样品的制造期间所使用的一些化学溶液,如下文进一步解释:

[0090] 表1-所使用的一些溶液

[0091]

元素	组分	供应商	量
碱性清洗剂	25%氢氧化钠 (NaOH)	霍金斯化学公司 (明尼苏达州明尼阿波利斯) (Hawkins Chemical (Minneapolis, MN))	30% v/v
	16%碳酸钠	霍金斯化学公司(Hawkins Chemical)	3.5% v/v
	Triton X-114	陶氏化学公司 (密歇根州米德兰) (Dow Chemical Company (Midland, MI))	0.9% v/v
	Mayoquest L-50	沃尔坎性能化学公司 (亚拉巴马州伯明翰) (Performance Chemicals (Birmingham, AL))	0.9% v/v
	Dowfax C6L	陶氏化学公司(Dow Chemical Company)	1.4% v/v
	去离子(DI)水 (15 至 18 兆欧姆)		剩余部分
柠檬酸溶液	柠檬酸 15%溶液	霍金斯化学公司(Hawkins Chemical)	33% v/v
	去离子水		剩余部分
硫酸溶液	硫酸 96%试剂级	马林克罗特贝克公司 (新泽西州菲利普斯) (Mallinckrodt Baker (Phillipsburg, NJ))	1% v/v
	去离子水		剩余部分
第一铜浴	液体硫酸铜 (68.7g/L 铜)	优耐公司 (印第安纳州安哥拉) (Univertical (Angola, IN))	53.5g/L, 以铜计
	硫酸 96%试剂级	马林克罗特贝克(Mallinckrodt Baker)	60g/L, 以 H ₂ SO ₄ 计
	盐酸 37%试剂	马林克罗特贝克(Mallinckrodt Baker)	60mg/L, 以 Cl ⁻ 计
	去离子水		剩余部分
第二铜浴	液体硫酸铜 (68.7g/L 铜)	优耐公司(Univertical)	53.5g/L, 以铜计
	硫酸 96%试剂级	马林克罗特贝克(Mallinckrodt Baker)	60g/L, 以 H ₂ SO ₄ 计
	盐酸 37%试剂	马林克罗特贝克(Mallinckrodt Baker)	60mg/L, 以 Cl ⁻ 计
	晶粒细化剂 Cuflex 321	美国安美特公司 (南卡罗来纳州罗克希尔) (Atotech USA)	1.4% v/v

[0092]

		(Rock Hill, SC))	
	去离子水		剩余部分
铬浴	液体铬酸(440g/L CrO ₃)	美国安美特公司(Atotech USA)	250g/L, 以 CrO ₃ 计
	硫酸 96%试剂级	马林克罗特贝克(Mallinckrodt Baker)	2.5g/L
	三价铬		0-20g/L 副产品
	去离子水		剩余部分

[0093] 初级工具

[0094] 将直径为16英寸且长度为40英寸的镀铜圆柱体用作用于构造工具的基部。该工具,其在本文中被称作初级工具,因为其仅使用图9所示电镀步骤中的一个进行制造,首先使用温和和型碱性清洁溶液来去除油污,用硫酸溶液脱氧,并且随后用去离子水清洗。碱性清洗剂的组成以及其他相关溶液的组成如表1所示。接着使初级工具在润湿时转移至镀铜槽(Daetwyler Cu Master Junior 18)。在电镀循环开始时用大约1升的硫酸溶液对其进行冲洗以除去表面氧化物。随后使初级工具浸入第一铜浴中在50%水平面处。浴温度为25℃。利用充碳罐对铜浴进行处理以除去有机污染物。处理效果通过以下两种方法进行验证:使用1000mL的黄铜赫尔槽面板,使该黄铜赫尔槽面板在5安培下电镀5分钟并且评估亮度是否缺乏;以及使用过硫酸盐TOC分析仪进行TOC(总有机碳)分析。将TOC水平确定为低于45份每一百万份(ppm)。当以20rpm旋转时,在60安培/平方英尺的电流密度下将初级工具DC电镀45分钟(在开始5秒内具有斜升时间)。在电镀期间从阳极到工具上的最近点的距离为大约45mm。当电镀完成时,所镀铜(将其称为第一铜层)的厚度为大约30微米。第一铜层具有用大量平坦小平面粗糙化的暴露的结构化表面。

[0095] 为了参考目的,不用具有较小平均粗糙度的电镀第二铜层覆盖第一铜层(根据图9),而是使用该初级工具(并且具体地讲第一铜层的结构化表面)来制造II型微复制型扩散膜。这涉及清洗初级工具以及在第一铜层的结构化表面上电镀铬涂层。该铬涂层足够薄以基本上保持第一铜层结构化表面的形貌。

[0096] 因此,利用去离子水和弱酸性溶液来洗涤初级工具(其中第一铜层的结构化表面仍旧暴露)以防止铜表面的氧化。接下来,将初级工具移动到100级洁净室,放置在清洗槽中,并且以20rpm旋转。使用柠檬酸溶液使初级工具脱氧,并且随后用碱性清洗剂洗涤。之后利用去离子水清洗该初级工具、利用柠檬酸溶液再一次脱氧并且利用去离子水来清洗。

[0097] 使初级工具在润湿时转移到镀铬槽并且50%浸入该槽中。浴温为124°F。当初级工具以90米/分钟的表面速度移动时,使用25安培/平方分米的电流密度用铬对工具进行DC电镀。电镀持续进行400秒。在电镀完成之后,用去离子水冲洗初级工具以除去任何残余的铬浴溶液。铬涂层用于保护铜以防止氧化,并且如上所述,该铬涂层足够薄以基本上保持第一铜层结构化表面的形貌。

[0098] 将初级工具转移到清洗槽,在该清洗槽中,使该初级工具以10rpm旋转,在环境温度下用1升去离子水洗涤,接着用缓慢施加以覆盖整个工具表面的1.5升变性乙醇(SDA-3A,试剂级,在环境温度下)洗涤。工具旋转速度随后增大至20rpm。然后使该工具风干。

[0099] II型微复制型光学扩散膜

[0100] 一旦初级工具被干燥,就使用涂布在涂底漆的PET膜上的可紫外线固化的丙烯酸酯树脂由该工具来制造手动铺展的膜。这个工序微复制了第一铜层的结构化表面以在膜的固化树脂层上产生对应的结构化表面(但相对于初级工具的结构化表面为反转的)。由于其构造方法,该膜为II型微复制型光学扩散膜。膜的结构化表面的扫描电子显微镜(SEM)图像在图5中示出。膜的光学雾度和清晰度利用来自马里兰州哥伦比亚的毕克-加特纳公司(BYK-Gardner, Columbia, MD)的Haze-Gard Plus系统进行测量,并且发现分别为100%和1.3%。

[0101] 第一工具

[0102] 随后制造另一个结构化表面工具,在此称为第一工具。与初级工具不同,第一工具使用图9中示出的两个电镀步骤来制造以使得第一铜层被具有较小平均粗糙度的电镀第二铜层覆盖。

[0103] 以与初级工具相同的方式制造第一工具,直到镀铬步骤。随后在干燥之前,将该第一工具(其第一铜层的结构化表面具有相对高的平均粗糙度(基本上为图5的反转型式))转移到镀铜槽以准备进行额外的电镀。在第二电镀循环开始之前,用大约1升的硫酸溶液冲洗第一工具,以除去在将工具加载到槽期间产生的表面氧化物。随后将第一工具50%浸入Daetwyler Cu Master Junior 18槽中的第二铜浴中。浴温为25℃。对第二铜浴进行碳处理以除去有机污染物,如以上针对初级工具所述。在碳处理后,在第二铜浴中重新装填有机晶粒细化剂(Cutflex 321,浓度为14毫升/升),使得第二铜浴具有在上述表1中示出的组成。第二铜浴的组成与第一铜浴的组成的不同之处在于添加了有机晶粒细化剂。使阳极定位在距第一工具大约45mm的距离处。随后在以20rpm旋转时,使第一工具在第二铜浴中使用60安培/平方英尺的电流密度DC电镀12分钟。电流斜升时间为约5秒。这产生了覆盖第一铜层的第二电镀铜层,该第二铜层具有结构化表面,该结构化表面具有与第一铜层的平均粗糙度相比更小的平均粗糙度。第二铜层的厚度为8微米。

[0104] 接着将第一工具转移到清洗槽。在使用具有喷雾嘴的软管在环境温度下利用大约1升的去离子水洗涤时,该第一工具以10-12转/分钟旋转。在环境温度下使用1至2升柠檬酸溶液进行第二次洗涤。然后使用具有喷雾嘴的软管利用大约3升的去离子水来洗涤第一工具以除去过量的柠檬酸。接下来,在环境温度下利用缓慢施加以覆盖整个工具表面的大约2升的变性乙醇(SDA 3A,试剂级)冲洗第一工具以有助于干燥。然后使第一工具风干。接下来,将第一工具以与初级工具相同的方式移动到100级洁净室、清洁、并且镀铬。铬镀层基本上保持第二铜层的结构化表面的形貌。

[0105] 样品502-1

[0106] 在风干之后,使用第一工具通过手动铺展来制造膜。这也以与初级工具相同的方式来完成,并且其形成光学扩散膜(本文以样品标志号502-1来表示),该光学扩散膜在膜的固化树脂层上具有微复制型结构化表面,该微复制型结构化表面对应于第二铜层的结构化表面(但相对于该结构化表面为反转的)。膜的结构化表面的SEM图像在图13中示出。虽然该表面为结构化的,但可以看出,该表面的平均粗糙度小于图5的结构化表面的平均粗糙度。502-1样品的横截面的SEM图像在图13A中示出。这个光学扩散膜样品502-1的光学雾度和清晰度利用来自马里兰州哥伦比亚的毕克-加特纳公司(BYK-Gardner, Columbia, MD)的Haze-Gard Plus系统进行测量,并且发现分别为92.8%和6.9%。这些值在下表2中列出。

[0107] 第二工具

[0108] 制造另一个结构化表面工具,在此称为第二工具。以与第一工具基本上相同的方式制造第二工具,不同的是第二铜浴的组成不同:使用两种有机晶粒细化剂(Cutflex 321,浓度为14毫升/升,以及Cutflex 320H,浓度为70毫升/升),而不是仅使用一种。然而,第二镀铜步骤同样在12分钟内完成,这产生了厚度为8微米的第二电镀铜层。在对第二铜层的结构化表面镀铬之后,第二工具准备好用于微复制成光学膜。

[0109] 样品594-1

[0110] 第二工具随后用于制造通过手动铺展的膜。这以与第一工具相同的方式来完成,并且其形成光学扩散膜(本文以样品标志号594-1来表示),该光学扩散膜在膜的固化树脂层上具有微复制型结构化表面,该微复制型结构化表面对应于第二铜层的结构化表面(但相对于该结构化表面为反转的)。膜的结构化表面的SEM图像在图15中示出。虽然该表面为结构化的,但可以看出,该表面的平均粗糙度小于图5的结构化表面的平均粗糙度。这个光学扩散膜样品594-1的光学雾度和清晰度利用来自马里兰州哥伦比亚的毕克-加特纳公司(BYK-Gardner, Columbia, MD)的Haze-Gard Plus系统进行测量,并且发现分别为87.9%和6.9%。这些值在下表2中列出。

[0111] 第三工具

[0112] 制造另一个结构化表面工具,在此称为第三工具。以与第二工具基本上相同的方式制造第三工具,不同的是,第二镀铜在18分钟而非12分钟内完成,这产生了厚度为约12微米的第二电镀铜层。在对第二铜层的结构化表面镀铬之后,第三工具准备好用于微复制成光学膜。

[0113] 样品593-2

[0114] 第三工具随后用于制造通过手动铺展的膜。这以与第一工具和第二工具相同的方式来完成,并且其形成光学扩散膜(本文以样品标志号593-2来表示),该光学扩散膜在膜的固化树脂层上具有微复制型结构化表面,该微复制型结构化表面对应于第二铜层的结构化表面(但相对于该结构化表面为反转的)。膜的结构化表面的SEM图像在图21中示出。虽然该表面为结构化的,但可以看出,该表面的平均粗糙度小于图5的结构化表面的平均粗糙度。这个光学扩散膜样品593-2的光学雾度和清晰度利用来自马里兰州哥伦比亚的毕克-加特纳公司(BYK-Gardner, Columbia, MD)的Haze-Gard Plus系统进行测量,并且发现分别为17.1%和54.4%。这些值在下表2中列出。

[0115] 第四工具

[0116] 制造另一个结构化表面工具,在此称为第四工具。为了制造这个第四工具,准备两种电镀溶液。第一电镀溶液由60g/L的硫酸(新泽西州菲利普斯堡的JT贝克化学公司(J.T.Baker Chemical Company, Philipsburg, NJ))和217.5g/L的硫酸铜(印第安纳州安哥拉的优耐化学公司(Univertical Chemical Company, Angola, IN))组成。第二电镀溶液由第一电镀溶液的内容物加上添加剂CUPRACID HT平整剂(0.05体积%)、CUPRACID HT精细成粒剂(0.1体积%)和CUPRACID HT润湿剂(0.3体积%)组成,全部购自美国安美特公司(Atotech USA)。这两种溶液均用去离子水制成。将8英寸乘8英寸的铜片放置在保持第一电镀溶液的槽中。槽的尺寸为36英寸(长度)×24英寸(宽度)×36英寸(深度)。在21℃下使用循环泵在8加仑/分钟的流速下使用10安培/平方英尺的电流密度将该片材电镀24小时。这

个第一电镀步骤产生了具有相对粗糙的结构化表面的第一电沉积铜层,该电沉积层的厚度为约330微米。将该板从第一电镀溶液中除去、清洗并干燥。随后将具有第一电镀层的铜片切成1.5英寸×8英寸的区块。将该区块的背面用胶带遮蔽并放置在含有第二电镀溶液的四升烧杯中,并且在25℃下以35安培/平方英尺的电流密度电镀35分钟。该第二电镀步骤产生了覆盖第一铜层的第二电沉积铜层,并且该第二铜层具有平均粗糙度小于第一铜层的平均粗糙度的结构化表面。第二铜层的厚度为约28微米。在第二电镀步骤之后,清洗并干燥该区块,其被称为第四工具。与第一工具、第二工具以及第三工具不同,第四工具的第二铜层没有镀铬。相反,第二铜层的暴露的结构化表面直接用于光学膜的微复制。

[0117] 已经发现,与用于制造本文所公开的其他光学扩散膜样品的工具相反,用作制造第四工具的起始材料的铜片显著地偏离平整度,具体地讲,该铜片含有基本线性的周期性起伏。将这些起伏带入到第一铜层和第二铜层的结构化表面中,使得第二铜层的结构化表面不仅含有由电镀步骤引起的粗糙度,而且含有源于基部铜片的起伏,电沉积铜层形成于该基部铜片上。

[0118] 样品RA13a

[0119] 第四工具随后用于制造通过手动铺展的膜。这通过利用可紫外线固化的丙烯酸酯树脂将聚酯膜基材施加于第四工具来完成。使用来自RPC工业(伊利诺州平原镇)(RPC Industries(Plainfield,IL))的紫外线处理器以50英尺/分钟的线速度固化该树脂。随后从第四工具的结构化表面上除去该膜。该膜为光学扩散膜(本文以样品标志号RA13a来表示),该光学扩散膜在膜的固化树脂层上具有微复制型结构化表面,该微复制型结构化表面对应于第二铜层的结构化表面(但相对于该结构化表面为反转的)。膜的结构化表面的SEM图像在图19中示出。在图中看到的模糊的周期性垂直线是铜片原材料中的周期性起伏的结果,而不是通过两个镀铜步骤引入的。这个光学扩散膜样品RA13a的光学雾度和清晰度与其他样品一样进行测量,并且发现分别为25.9%和19.4%。这些值在下表2中列出。

[0120] 样品507-1、600-1、554-1、597-1、551-1和599-1

[0121] 以与用于上述样品502-1和594-1的工具相同的方式制造用于制备这些光学扩散膜样品的工具,不同的是对于第二电镀步骤来说,以下各项中的一个或多个发生变化:所用有机平整剂的量、电流密度和电镀时间。这些样品自身随后以与样品502-1和594-1相同的方式从其相应的工具通过手动铺展制成,并且与其他样品一样测量雾度和清晰度。测量值在以下表2中列出。膜样品599-1的结构化表面的SEM图像在图16中示出。

[0122] 样品502-2、554-2、551-2、597-2和600-2

[0123] 以与用于上述样品593-2的工具相同的方式制造用于制备这些光学扩散膜样品的工具,不同的是对于第二电镀步骤来说,以下各项中的一个或多个发生变化:所用有机平整剂的量、电流密度和电镀时间。这些样品自身随后以与样品593-2相同的方式从其相应的工具通过手动铺展制成,并且与其他样品一样测量雾度和清晰度。测量值在以下表2中列出。膜样品502-2的结构化表面的SEM图像在图17中示出。膜样品597-2的结构化表面的SEM图像在图22中示出。

[0124] 样品RA13c、RA13b、RA22a、L27B、RA14b、RA24a、RA24b、N3和N2

[0125] 以与用于上述样品RA13a的工具(即,第四工具)相同的方式制造用于制备这些光学扩散膜样品的工具,不同的是(i)用作起始材料的铜片为平坦且光滑的并且不含有周期

性起伏;以及(ii)对于第一电镀步骤或第二电镀步骤来说,以下各项中的一个或多个发生变化:电流密度和电镀时间。这些样品自身随后以与样品RA13a相同的方式从其相应的工具通过手动铺展制成,并且与其他样品一样测量雾度和清晰度。测量值在以下表2中列出。膜样品RA22a的结构化表面的SEM图像在图18中示出。膜样品N3的结构化表面的SEM图像在图20中示出。

[0126] 表2-测量的光学雾度和清晰度

[0127]

样品	雾度(%)	清晰度(%)
600-2	1.57	88.3
597-2	2.5	83.1
551-2	5.3	72.5
RA24b	7.41	56.8
N2	8.2	76.6
554-2	11.7	41.1
RA24a	12.1	40.4
RA14b	13.9	57.8
L27B	14	51.1
593-2	17.1	54.4
N3	24.9	32.1
RA13a	25.9	19.4
RA22a	54.6	15.5
502-2	67.3	9
599-1	72.4	8.4
RA13b	72.5	9.1
551-1	79.4	10
RA13c	80	9.5
597-1	85.6	8.6
554-1	87.4	7.3
594-1	87.9	6.9
502-1	92.8	6.9
600-1	95	6.8
507-1	96.4	6.1

[0128] 使用根据图9的工艺制造表2中列出的每个光学扩散膜样品。将此表中所测量的雾度值和所测量的清晰度值绘制在图13的光学清晰度与光学雾度的曲线图中。根据表2中的样品标志号来标记曲线图上的点。对于表2列出的样品,针对以下各项提供结构化表面的SEM图像:样品502-1(图14);样品594-1(图15);样品599-1(图16);样品502-2(图17);样品RA22a(图18);样品RA13a(图19);样品N3(图20);样品593-2(图21);以及样品597-2(图22)。对这些图像的检测显示了下列中的一者或多者:

[0129] • 可在结构化表面中观察到的可识别的单独结构(例如,呈不同的空腔和/或突出

的形式)；

- [0130] • 尺寸沿两个正交平面内方向受到限制的单独结构；
- [0131] • 密集堆积的单独结构；
- [0132] • 圆形或弯曲的单独结构 (坑状或穹顶状, 具有弯曲的基部表面)；
- [0133] • 锥形或平坦小平面化的单独结构；以及
- [0134] • 不均匀布置的较大结构和不均匀地分散在较大结构之间的密集堆积的较小结构的组合。

[0135] 进一步论述-结构化表面表征

[0136] 执行进一步的分析工作以识别结构化表面的特性, 无论是单独地还是与其他特性组合, 这些特性可用于表征通过图9的方法制成的结构化表面中的至少一些, 和/或区别至少一些此类结构化表面与其他光学扩散膜 (诸如SDB扩散片、DPB扩散片、CCS扩散片、I型微复制型扩散膜和II型微复制型扩散膜) 的结构化表面。就这一点而言研究若干个表征参数, 包括:

- [0137] • 形貌沿正交平面内方向的功率谱密度 (PSD), 作为空间不规则性或随机性的量度；
- [0138] • 构成结构化表面的单独结构的识别 (在平面图中), 以及此类结构的平面内尺寸或横向尺寸 (诸如ECD) 的测量；
- [0139] • 这些结构的深度或高度与平面内尺寸的比率；以及
- [0140] • 结构化表面上的脊的识别和每单位面积的脊长度的测量 (在平面图中)。

[0141] 现在将讨论这种进一步的分析工作。

[0142] 功率谱密度 (PSD) 分析

[0143] 分析工作的一部分集中于结构化表面的形貌, 并且尝试确定该表面的空间不规则性或随机性的程度。可相对于结构化表面沿其延伸的基准平面来限定形貌。例如, 膜820的结构化表面820a (参见图8) 大体位于x-y平面中或大体沿x-y平面延伸。使用x-y平面作为基准平面, 随后可将结构化表面820a的形貌描述为表面820a相对于基准平面的高度根据基准平面中的位置而变化, 即, 该表面的z坐标根据(x, y)位置而变化。如果以这种方式测量结构化表面的形貌, 则随后可分析形貌函数的空间频谱以确定表面的空间不规则性或随机性的程度 (或识别结构化表面中存在的空间周期性)。

[0144] 一般方法是使用快速傅立叶变换 (FFT) 函数来分析空间频谱。由于该形貌提供沿两个正交平面内方向 (x和y) 的高度信息, 因此该表面的空间频谱完全通过分析沿每个平面内方向的空间频谱来表征。已通过在结构化表面的足够大且代表性的部分上测量形貌以及计算每个平面内方向的傅立叶功率谱而确定了空间频谱。随后可将两个所得的功率谱绘制在功率谱密度 (PSD) 与空间频率的曲线图上。就所得的曲线含有任何局部频峰 (不对应于零频率) 来说, 所述峰的大小可以下文结合图22进一步描述的“峰比率”来表示。

[0145] 在描述了一般方法后, 现在更详细地描述用于PSD分析的方法。对于给定的光学扩散膜样品, 从该样品的中心部分切下约 1×1 cm的样品块。将该样品块安装在显微镜载片上, 并且其结构化表面为Au-Pd溅涂的。使用共焦扫描激光显微镜 (CSLM) 获得结构化表面的两个高度轮廓。尽可能地, 选择视野以给出形貌和存在的任何周期性的良好采样。计算每个二维高度轮廓的二维 (2D) 功率谱密度 (PSD)。二维PSD为二维高度轮廓的二维空间傅立叶变换

的大小的平方。MATLAB用于使用MATALB的快速傅立叶变换(FFT)函数来计算PSD。在使用FFT之前,将二维汉明窗应用于二维高度轮廓以帮助减少由二维高度轮廓的有限空间维度引起的FFT的振铃。在x方向上对二维PSD求和以给出y方向(顺维方向)上的一维(1D)PSD。同样,在y方向上对二维PSD求和以给出x方向(横维方向)上的一维PSD。

[0146] 现在将结合图23描述与空间频峰有关的一维PSD的分析。在该图中,为了进行示意性的说明而示出假想傅立叶功率谱曲线。该曲线(其可表示上述一维PSD函数中的任一个(x或y))出现在功率谱密度(PSD)与空间频率的曲线图上。假设以起始于零的线性标度绘制竖直轴(PSD)。该曲线示出为具有频峰,所述频峰(a)不对应于零频率,以及(b)由限定基线的两个相邻谷界定。这两个相邻谷在空间频率f1处以点p1表示并且在空间频率f2处以p2表示。频率f1可被视为峰起始时的频率,并且f2可被视为峰结束时的频率。该基线为连接p1和p2的直线段(虚线)。应当牢记,竖直轴(PSD)位于起始于零的线性标度上,峰的大小可以曲线图上的面积A和面积B表示。面积A为频峰与基线之间的面积。面积B为基线之下或下方的面积。即, $B = (\text{PSD}(f1) + \text{PSD}(f2)) * (f2 - f1) / 2$ 。A+B的总和为频峰之下或下方的面积。给定了这些定义,现在可以相对峰振幅或“峰比率”来定义峰的大小,如下所示:

[0147] 峰比率 = $A / (A + B)$ 。

[0148] 在实施过程中,针对已被评估的每个样品,评估两个一维PSD(两个傅立叶功率谱,一个用于x方向,一个用于y方向),并且就傅立叶功率谱包括任何频峰来说,识别每条曲线的最突出峰。随后针对每条曲线的最突出峰,计算上述峰比率。由于测量了最突出峰,因此所计算的峰比率为可存在于给定傅立叶功率谱中的所有峰的上限。

[0149] 不仅对根据图9的方法制造的光学扩散膜执行这些PSD测量,还对两个I型微复制型扩散膜样品执行这些PSD测量。通常根据以上引用的‘622 Aronson等人、‘593 Yapel等人、‘475 Barbie、以及‘261 Aronson等人的参考文献中的教导内容制造这两个I型微复制型扩散膜样品,这两个样品在本文被称为“I型微复制型-1”和“I型微复制型-4”。这些样品在不同条件下制造并且具有不同的雾度值。具体地讲,I型微复制型-1样品具有91.3%的雾度和1.9%的清晰度,并且I型微复制型-4样品具有79.1%的雾度和4.5%的清晰度。图4中的SEM图像为I型微复制型-1样品的图片。

[0150] 图24A和图24B为分别针对顺维和横维平面内方向,I型微复制型-1样品的功率谱密度与空间频率的曲线图。在每个曲线图中,“f1”和“f2”分别为确定最突出峰开始和结束的频率。虽然这些曲线图针对功率谱密度(PSD)使用对数标度,但基于线性PSD标度来计算用于计算峰比率的A值和B值,这与上述描述一致。

[0151] 图24A和图24B为分别针对顺维和横维方向,光学扩散膜样品502-1的功率谱密度与空间频率的关系的曲线图。标号“f1”和“f2”在这些图中具有与在图22、图23A和图23B中相同的意义。虽然在图24A、图24B中使用对数标度,但用于计算峰比率的A值和B值也基于线性PSD标度。

[0152] 针对根据图9的方法制造的七个光学扩散膜以及针对两个I型微复制型扩散膜样品所计算出的PSD峰比率在表3中列出。

[0153] 表3-测量的PSD峰比率

[0154]

样品	测量的峰比率(顺维)	测量的峰比率(横维)
----	------------	------------

502-1	0.24	0.15
594-1	0.12	0.23
502-2	0.10	0.17
593-2	0.19	0.12
RA22a	0.21	0.11
RA13a	0.14	0.76
N3	0.08	0.21
I型微复制型-1	0.94	0.19
I型微复制型-4	0.99	0.84

[0155] 在观察表3的结果时,可以看出,对于根据图9制造的光学扩散膜中的每一个来说,两个平面内方向(顺维和横维)的峰比率小于0.8并且在大多数情况下,远远小于0.8。相比之下,虽然I型微复制型-1样品在横维方向上具有0.19的峰比率,但在所有其他情况下,所测试的I型微复制型扩散膜具有大于0.8的峰比率。因此,所测试的I型微复制型扩散膜均不满足两个平面内方向的峰比率小于0.8的条件。

[0156] 在观察表3的结果时,还看出,根据图9制造的所测试的膜样品中的除一个之外的所有膜样品也满足两个平面内方向的峰比率均小于0.5、或0.4、或0.3的更严格的条件。用于两个平面内方向中的峰比率的相对较小值在结构化表面中表现出超低空间周期性。然而,样品RA13a并不满足该更严格的条件。在根据图9制造的所有所测试的膜样品中,RA13a样品到目前为止具有在横维方向上测量的最高峰比率,比率为0.76。在正交平面内方向上,RA13a样品具有小得多的0.14峰比率。从以上描述可知,RA13a样品由含有周期性起伏的铜片起始材料制成,并且这些周期性起伏在微复制期间转移到RA13a样品的结构化主表面。鉴于此,可合理地得出如下结论,如果用于RA13a的基材已基本上平坦且无起伏,则横维方向上的峰比率可更接近0.14的顺维峰比率。换句话说,就使用不具有底层结构的平坦基材来制备根据图9制成的工具来说,这种工具(和由该工具制成 的任何光学膜)可能在两个平面内方向上具有小于0.8、或0.5、或0.4、或0.3的PSD峰比率。

[0157] 相似地,就使用具有显著底层结构(不管是周期性起伏,还是更明确定义的结构诸如棱柱BEF结构化表面)的基材来制备根据图9制成的工具来说,这种工具(和由该工具制成的任何光学膜)可能在功率谱密度曲线中针对至少一个平面内方向表现出显著的或大的峰,并且可能在所述平面内方向上具有显著的或大的PSD峰比率。在这种情况下,通过对PSD测量进行更深层的分析,特别是在关于初始基材中的底层结构的信息可用的情况下,可以区分由于用于形成工具的基材的底层结构所引起的功率谱密度曲线中的峰与由于因电镀步骤(参见图9中的步骤903和904)而形成的结构所引起的峰。进行这样的区分可能是复杂的,因为底层结构的空间周期性不一定显著不同于电镀结构的任何空间周期性,实际上,在至少一些情况下,这些不同结构类型的空间周期性可基本上重叠。然而,如果成功进行了这种区分,那么两个平面内方向上的PSD峰比率小于0.8(或0.5、或0.4、或0.3)的结构化表面条件仍可通过根据图9使用具有显著底层结构的基材制成的结构化表面来满足,前提条件是忽略由于底层结构而引起的功率谱密度曲线中的任何峰。

[0158] 通过识别功率谱密度曲线中的最突出峰(如果存在)来获得表3中给出的结果。并且用于功率谱密度曲线的数据(如图23A至图24B中可见)在从大致 1mm^{-1} 到几乎 2000mm^{-1} 的

空间频率范围内扩展,因此,在确定哪个峰为最突出的时,可存在于整个所述范围内的任何峰均为候选项,并且参考两个平面内方向上的PSD峰比率小于0.8(或0.5、或0.4、或0.3)的判据,这些峰也为候选项。在实施过程中,可能有利的是限制空间频率范围,在所述空间频率范围内,功率谱密度曲线中的峰被认为是用于这些分析。例如,可能有利的是将空间频率范围限定为其上限为1000、或500、或100mm⁻¹并且其下限为1、或2、或5mm⁻¹的频率范围,在所述空间频率范围,两个平面内方向上的PSD峰比率被指定为小于0.8(或0.5、或0.4、或0.3)。

[0159] 横向维度或尺寸(ECD)分析

[0160] 对于其中可识别不同的单独结构的结构化表面来说,该结构化表面可以结构的特征尺寸诸如横向维度或平面内维度来描述。每个结构可例如被表征为具有最大横向维度、最小横向维度和平均横向维度。如果单独结构的尺寸沿两个正交平面内方向受到限制,例如不能沿任何平面内方向以线性方式无限延伸,那么每个结构可被表征为具有等效圆直径“ECD”。可将给定结构的ECD定义为圆的直径,该圆在平面图中的面积与该结构在平面图中的面积相同。例如,参考图25,示出了假想结构化表面2520a的平面图。该结构化表面包括可区分的结构2521a、2521b、2521c、2521d,这些结构可为突出或空腔。将圆2523a叠加在结构2521a上,该圆据称在这个平面图中的面积等于结构2521a的面积。圆2523a的直径(ECD)是结构2521a的等效圆直径(ECD)。通过使结构化表面的代表性部分中的所有结构的ECD值平均化,该结构化表面或其结构随后据说具有平均等效圆直径ECD_{平均}。

[0161] 对多个光学扩散膜的结构尺寸进行系统分析。对于给定的光学扩散膜样品,从该样品的中心部分切下约1×1cm的样品块。将该样品块安装在显微镜载片上,并且其结构化表面为Au-Pd溅涂的。使用共焦扫描激光显微镜(CSLM)获得结构化表面的两个高度轮廓。尽可能地,选择视野以给出形貌的良好采样。根据哪种类型的结构在样品中占主导优势,测定任一峰或谷的尺寸。建立一致且可重复的方法以用于测定在结构化表面上识别的单独结构的尺寸。图26至图29的合成图像提供了如何进行此方法的指示。在这些合成图像中,将深色轮廓形状叠加在通过共焦显微镜获得的结构化表面的图片上。这些深色轮廓形状为所计算的结构化表面的单独结构的外边界或边缘。图26为CCS扩散片的这样一种合成图像。图27为用于上述I型微复制型-1样品的合成图像。图28为用于光学扩散膜样品594-1的合成图像。图29为用于光学扩散膜样品502-1的合成图像。使用这种图像和技术,计算给定结构化表面的通常数百个并且在一些情况下数千个结构的ECD。ECD测量结果和测量统计总结如下:

[0162] 表4-测量的ECD统计

[0163]

样品	ECD 平均值(um)	ECD 中值(um)	ECD 标准差(um)
502-1	10.3	9.7	3.6
594-1	6.1	6.1	2.6
593-2	5.8	5.5	2.5
RA13a	58.3	58.5	17.5
N3	6.3	6.0	3.3

[0164]

I型微复制型-1	15.0	15.8	4.7
I型微复制型-2	15.3	17.3	5.6
I型微复制型-3	16.5	17.8	4.6
I型微复制型-4	16.8	17.5	3.5
I型微复制型-5	17.6	18.1	3.5
I型微复制型-6	17.5	18.3	4.2
II型微复制型	9.2	8.8	2.8
CCS扩散片	3.6	3.0	2.0

[0165] 样品I型微复制型-2、I型微复制型-3、I型微复制型-5和I型微复制型-6为另外的I型微复制型扩散膜样品,这些样品通常根据以上引用的‘622 Aronson等人、‘593 Yapel等人、‘475 Barbie、以及‘261 Aronson等人的参考文献中的教导内容进行制造。I型微复制型-2样品具有90.7%的雾度和2.9%的清晰度,I型微复制型-3样品具有84.8%的雾度和4.7%的清晰度,I型微复制型-5样品具有73.9%的雾度和5.5%的清晰度,并且I型微复制型-6样品具有68.2%的雾度和4.9%的清晰度。表4中的II型微复制型样品为与图5所示的II型微复制型扩散膜类似的光学扩散膜,但表4的II型微复制型样品具有91.1%的雾度和9.8%的清晰度。

[0166] 在观察表4的结果时,可以看出,除了RA13a样品以外,根据图9制造的光学扩散膜中的每一个均具有小于15微米的平均(平均值)ECD,并且大多数具有小于10微米、或在4至10微米范围内的平均ECD。这与II型微复制型扩散膜样品的平均ECD相反,该平均ECD为大致至少15微米或更多。RA13a样品具有比根据图9制造的其他膜中的任一个显著更高的平均ECD。上述RA13a样品的周期性起伏被认为是该较大差值的原因。即,可合理地得出如下结论,如果用于RA13a的基材基本上平坦且无起伏,则平均ECD更接近其他类似制成的膜的平均ECD,例如,小于15微米以及小于10微米。

[0167] 观察到通过图9的方法制造的样品中的一些的结构化表面含有不规则布置的较大锥体结构的组合,在其间不规则地分散有密集堆积的较小结构。一个这样的样品为502-1。对结构化表面进行分析,并且在图30的曲线图中示出为曲线3010的结果表明,该表面具有双峰分布的结构尺寸。图31的曲线图绘制了归一化计数(单位为每仓的百分比)根据ECD(单位为微米)的变化。可以看出,曲线3010具有较大峰3010a和较小峰3010b。较大峰3010a位于约ECD=8微米处,并且对应于结构化表面上的较小结构。较小峰3010b位于约ECD=24微米处,并且对应于较大锥体结构。因此,这些较小结构的平均尺寸小于15微米,以及小于10微米,并且这些较大结构的平均尺寸大于15微米,以及大于20微米。由于较大结构的较小总数,结构化表面上的所有结构(大的和小的)的平均ECD为10.3微米,如表4中所报告。

[0168] 高度与横向维度(ECD)的纵横比分析

[0169] 通过图9的方法制造的一些膜具有其中密集堆积有单独结构的结构化表面,并且在一些情况下,这些结构也为弯曲的或具有弯曲基部表面。已决定研究这些结构的平面内维度或横向维度(例如,ECD)与这些结构的平均高度之间的关系。一般来讲,术语“高度”足够广泛以指代突出的高度以及空腔的深度。为了进行比较,在研究中包括有DPB扩散片,该DPB扩散片具有密集堆积的含珠表面。

[0170] 示例性结构的高度在图31中在假想结构化表面的图中示出。在该图中,光学扩散膜3120包括具有结构化主表面3120a的图案化层3122。结构化表面3120a包括可识别的单独结构3121a、3121b。结构化表面沿着x-y平面延伸或定义x-y平面。示出了平行于x-y平面的三个基准平面:RP1、RP2和RP3。基准平面RP1、RP3可以结构3121a的最高部分和最低部分(分别)来定义。可将基准平面RP2定位在对应于零或近零曲率的位置处,即,在所述位置处的表面既不向内弯曲,如同在峰的顶部,也不向外弯曲,如同在空腔的底部。给定这些基准平面,可以定义RP1与RP2之间的高度h1以及RP2与RP3之间的高度h2。

[0171] 对确定给定结构化表面上的结构的纵横比进行系统分析,该纵横比为高度除以该结构的ECD。对于该结构的高度,选择使用基本上对应于图31所示的h1的值。对于给定的光学扩散膜样品,从该样品的中心部分切下约1×1cm的样品块。将该样品块安装在显微镜载片上,并且其结构化表面为Au-Pd溅涂的。使用共焦扫描激光显微镜(CSLM)获得结构化表面的两个高度轮廓。尽可能地,选择视野以给出形貌的良好采样。测定结构化表面中谷(空腔)的尺寸;然而,当评估DPB扩散片的结构化表面时,为了便于计算,使该结构化表面的高度轮廓在确定大小之前反转以使峰转化为谷。如上述ECD测量所进行的,建立一致且可重复的方法以测定结构化表面上识别的单独结构的尺寸。随后修改所述方法以添加对高度与直径的纵横比(Hmean/ECD)的测量。计算每个结构(谷区域)的比率。高度Hmean为结构(谷区域)周边上的平均高度减去结构(谷区域)中的最小高度。在测量高度之前,使用周边上的数据点对谷区域中的高度图进行倾斜校正。计算所测试样品的平均纵横比并示于表5中。

[0172] 表5-纵横比

[0173]

样品	平均纵横比
502-1	0.078
594-1	0.069
597-2	0.006
DPB扩散片	0.210

[0174] 在检查表5的结果时,可以看出,基于纵横比可容易地区分通过图9的方法制造的样品与DPB扩散片。例如,所述通过图9的方法制造的样品的平均纵横比小于0.15、或小于0.1。

[0175] 脊分析

[0176] 如上提及,通过图9的方法制造的一些膜具有其中密集堆积有单独结构的结构化表面。这些密集堆积结构往往会产生脊状特征结构,但在不存在密集堆积结构时也可出现脊状特征结构。已决定研究结构化表面上的脊的各方面。具体地讲,研究脊存在于结构化表面上的程度。通过计算平面图中结构化表面的每单位面积的脊总长度来对此进行量化。这针对根据图9的方法制造的许多样品进行,并且为了进行比较,还包括若干含珠扩散片:SDB扩散片、CCS扩散片和DPB扩散片。

[0177] 脊在图32的假想结构化表面的图中示出。在该图中,光学扩散膜包括结构化主表面3220a。结构化表面3220a包括可识别的单独结构3221a、3221b、3221c。结构化表面沿着x-y平面延伸或定义x-y平面。脊可被描述为长的、尖锐的、顶峰区域,该脊沿至少一个短区段形成,在该短区段处结构3221a、3221b的边界结合在一起。该脊或区段包括点p1、p2、p3。可

以沿着平行于梯度并且垂直于脊的方向(参见轴线a1、a2、a3)以及沿着垂直于梯度并且平行于脊的方向(参见轴线b1、b2、b3)基于已知的形貌计算这些点的每一个处的局部倾斜度和曲率。这些曲率和倾斜度可用于确认这些点位于长的、尖锐的顶峰区域上。例如,可以通过以下各项来识别脊上的点:沿两个垂直方向(例如,a1、b1)的完全不同的曲率;垂直于脊(例如,a1)的尖锐曲率;梯度方向上(例如,沿脊,参见b1)的倾斜度,该倾斜度小于平均倾斜度;以及足够长的区段长度。

[0178] 使用上述原理对确定给定结构化表面上的每单位面积的脊长度进行系统分析。对于给定的光学扩散膜样品,从该样品的中心部分切下约 $1 \times 1 \text{ cm}$ 的样品块。将该样品块安装在显微镜载片上,并且其结构化表面为Au-Pd溅涂的。使用共焦扫描激光显微镜(CSLM)获得结构化表面的两个高度轮廓。尽可能地,选择视野以给出形貌的良好采样。脊分析用于根据以上原理来分析高度轮廓。

[0179] 该脊分析识别脊在二维高度图上的峰并且计算每单位样品面积的脊总长度。关于每个像素计算沿梯度方向和横向于梯度方向的曲率。对曲率和倾斜度设定阈值以识别脊。

[0180] 以下为脊分析中所使用的脊的定义。

[0181] 1. 曲率定义: (a) gcurvature为沿梯度方向的曲率; (b) tcurvature为沿横向于(垂直于)梯度方向的曲率; (c) gcurvature是通过使用沿梯度的三个点以及计算外切这三个点的圆来计算的; $\text{gcurvature} = 1/R$, 其中R为这个圆的半径; (d) tcurvature是通过使用沿横向于梯度的方向的三个点以及计算外切这三个点的圆来计算的; $\text{gcurvature} = 1/R$, 其中R为这个圆的半径; (e) 所述曲率被分配给这三个点的中心点; (f) 这三个点的间距被选择为足够大以降低精细特征结构的作用, 这些精细特征结构不是所关注的但足够小, 使得所关注的特征结构的作用得以保留。

[0182] 2. 脊上的点的曲率在两个垂直方向之间是完全不同的。(a) gcurvature与tcurvature相差至少2倍(任一者可为更大的)。

[0183] 3. 脊比大多数谷更尖锐。(a) 曲率大于gcurvature分布的1个百分点的绝对值(gcurvature的1%低于1个百分点)。

[0184] 4. 倾斜度低于平均倾斜度。(a) 脊上的gslope(沿梯度的倾斜度)小于表面的平均gslope。(b) 脊的顶上的倾斜度通常接近于零, 除非其位于高度倾斜的表面上。

[0185] 5. 脊为足够长的。(a) 如果潜在脊的总长度(包括分支)短于沿潜在脊顶部的平均曲率半径, 则潜在脊不被认为是脊; (b) 如果潜在脊的总长度小于潜在脊平均宽度的三分之一, 则潜在脊不被认为是脊; (c) 需注意, 这些尺寸为近似测量的。

[0186] 6. 分支为足够长的。(a) 如果来自脊的中间部分的分支长于1.5倍的脊平均宽度, 则所述分支被认为是脊的延续。否则, 去除分支; (b) 需注意, 这些尺寸为近似测量的。

[0187] 图33A和图34A的合成图像提供了如何进行脊的系统识别的指示。在这些合成图像中, 深色线段叠加在通过共焦显微镜获得的结构化表面的图片上。这些深色线段为识别为脊的结构化表面的区域。图33A为594-1样品的这样一种合成图像。图34A为用于DPB扩散片的合成图像。图33B对应于图33A, 但仅示出了深色线段(即, 所检测到的脊), 但呈反转印刷形式, 所以可更容易地看到这些脊。同样, 图34B对应于图34A, 但仅示出深色线段并且呈反转印刷形式。

[0188] 在识别脊后, 计算高度图中所有脊的总长度并将其除以高度图的面积。还重复这

种分析以用于在运行该分析之前通过使高度图反转来识别谷脊。需注意,首先使DPB样品反转。使用此类图像和技术,计算所测试的结构化表面的单位面积的脊长度。这些测量结果总结如下:

[0189] 表6-测量的单位面积的脊长度

[0190]	样品	单位面积的脊长度(mm/mm ²)
	502-1	47.3
	507-1	48.3
	551-1	29.7
	554-1	111.8
	594-1	109.5
	597-1	44.2
	599-1	89.3
	600-1	116.8
	502-2	32.3
	551-2	18.8
	554-2	35.2
	593-2	36.4
	597-2	1.1
	600-2	0.1
	N3	50.5
	L27B	0.3
	RA24a	0.2
	RA13a	0.0
	SDB 扩散片	2.2
	CCS 扩散片	4.4
	DPB 扩散片	244.8

[0192] 在观察表6的结果时,可以看出,通过图9的方法制造的不含珠样品中的全部或大多数均具有结构化表面,该结构化表面通过平面图中小于200mm/mm²、以及小于150mm/mm²、以及在10至150mm/mm²范围内的每单位面积的脊总长度来表征。

[0193] 除非另外指明,否则本说明书和权利要求书中用来表示数量、特性量度等的所有数值都应当理解为由术语“约”修饰。因此,除非有相反的指示,否则本说明书和权利要求书中列出的数值参数均为近似值,这些近似值可根据本领域内的技术人员利用本专利申请的教导内容想要获得的所需特性而改变。并不试图限制等同原则在权利要求书的范围内的应用,每个数值参数应该至少按照所报告的有效数位数字并且通过应用惯常的四舍五入法进行理解。尽管示出本发明的广泛范围的数值范围和参数是近似值,但是对在本文所述特定实例中示出的任何数值而言,它们在合理情况下尽可能精确地被报告出来。然而,任何数值都很可能包含与测试或测量限制相关联的误差。

[0194] 本发明的各种修改和更改在不脱离本发明的实质和范围的情况下将对本领域的技术人员显而易见,并且应当理解,本发明并不限于本文所述的例示性实施例。例如,所公开的透明导电制品也可包括减反射涂层和/或保护性硬涂层。读者应当假设,一个公开的实施例的特征还可应用于所有其他公开的实施例,除非另外指明。还应理解,本文所参考的美国专利、专利申请公布和其他专利和非专利文献在它们不与前述公开内容矛盾的情况下,

均以引用方式并入。

[0195] 以下是根据本公开的示例性实施例：

[0196] 项1.一种光学膜,包括:

[0197] 双折射基材;

[0198] 由所述基材承载的棱镜层,所述棱镜层具有主表面,所述主表面包括沿着相同棱镜方向延伸的多个并排的线性棱镜;和

[0199] 设置在所述基材与所述棱镜层之间的嵌入结构化表面,所述嵌入结构化表面包括被布置为使得在相邻结构之间形成脊的密集堆积结构,所述结构的尺寸沿两个正交平面内方向受到限制;

[0200] 其中所述嵌入结构化表面具有通过与相应的正交的第一平面内方向和第二平面内方向相关联的第一傅立叶功率谱和第二傅立叶功率谱来表征的形貌,并且其中

[0201] 就所述第一傅立叶功率谱包括不对应于零频率并且由限定第一基线的两个相邻谷界定的一个或多个第一频峰来说,任何此类第一频峰具有小于0.8的第一峰比率,所述第一峰比率等于所述第一频峰与所述第一基线之间的面积除以所述第一频峰下方的面积,并且

[0202] 就所述第二傅立叶功率谱包括不对应于零频率并且由限定第二基线的两个相邻谷界定的一个或多个第二频峰来说,任何此类第二频峰具有小于0.8的第二峰比率,所述第二峰比率等于所述第二频峰与所述第二基线之间的面积除以所述第二频峰下方的面积;并且

[0203] 其中所述嵌入结构化表面由平面图中小于 $200\text{mm}/\text{mm}^2$ 的每单位面积的脊总长度来表征。

[0204] 项2.根据项1所述的膜,其中所述嵌入结构化表面分隔折射率相差至少0.05的两种光学介质。

[0205] 项3.根据项1所述的膜,其中所述每单位面积的总脊长度小于 $150\text{mm}/\text{mm}^2$ 。

[0206] 项4.根据项1所述的膜,其中所述第一峰比率小于0.5,并且所述第二峰比率小于0.5。

[0207] 项5.根据项1所述的膜,其中所述密集堆积结构通过平面图中的等效圆直径(ECD)来表征,并且其中所述结构具有小于15微米的平均ECD。

[0208] 项6.根据项5所述的膜,其中所述结构具有小于10微米的平均ECD。

[0209] 项7.根据项1所述的膜,其中所述棱镜方向和所述正交的第一平面内方向和第二平面内方向中的一个相同的。

[0210] 项8.根据项1所述的膜,其中所述密集堆积结构中的至少一些包括弯曲的基部表面。

[0211] 项9.根据项8所述的膜,其中大多数所述密集堆积结构包括弯曲的基部表面。

[0212] 项10.根据项9所述的膜,其中所有所述密集堆积结构包括弯曲的基部表面。

[0213] 项11.一种光学膜,包括:

[0214] 双折射基材;

[0215] 由所述基材承载的棱镜层,所述棱镜层具有主表面,所述主表面包括沿着相同棱镜方向延伸的多个并排的线性棱镜;和

[0216] 设置在所述基材与所述棱镜层之间的嵌入结构化表面,所述嵌入结构化表面包括密集堆积结构,所述嵌入结构化表面限定基准平面和垂直于所述基准平面的厚度方向;

[0217] 其中所述嵌入结构化表面具有通过与相应的正交的第一平面内方向和第二平面内方向相关联的第一傅立叶功率谱和第二傅立叶功率谱来表征的形貌,并且其中

[0218] 就所述第一傅立叶功率谱包括不对应于零频率并且由限定第一基线的两个相邻谷界定的一个或多个第一频峰来说,任何此类第一频峰具有小于0.8的第一峰比率,所述第一峰比率等于所述第一频峰与所述第一基线之间的面积除以所述第一频峰下方的面积,并且

[0219] 就所述第二傅立叶功率谱包括不对应于零频率并且由限定第二基线的两个相邻谷界定的一个或多个第二频峰来说,任何此类第二频峰具有小于0.8的第二峰比率,所述第二峰比率等于所述第二频峰与所述第二基线之间的面积除以所述第二频峰下方的面积;并且

[0220] 其中所述密集堆积结构通过所述基准平面中的等效圆直径(ECD)和沿所述厚度方向的平均高度来表征,并且其中每个结构的纵横比等于所述结构的所述平均高度除以所述结构的所述ECD;并且

[0221] 其中所述结构的平均纵横比小于0.15。

[0222] 项12.根据项11所述的膜,其中所述嵌入结构化表面通过平面图中小于 $200\text{mm}/\text{mm}^2$ 的每单位面积的脊总长度来表征。

[0223] 项13.根据项12所述的膜,其中所述每单位面积的总脊长度小于 $150\text{mm}/\text{mm}^2$ 。

[0224] 项14.根据项11所述的膜,其中所述密集堆积结构通过平面图中的等效圆直径(ECD)来表征,并且其中所述结构具有小于15微米的平均ECD。

[0225] 项15.根据项14所述的膜,其中所述结构具有小于10微米的平均ECD。

[0226] 项16.根据项11所述的膜,其中所述密集堆积结构中的至少一些包括弯曲的基部表面。

[0227] 项17.根据项16所述的膜,其中大多数所述密集堆积结构包括弯曲的基部表面。

[0228] 项18.根据项17所述的膜,其中所有所述密集堆积结构包括弯曲的基部表面。

[0229] 项19.一种光学膜,包括:

[0230] 双折射基材;

[0231] 由所述基材承载的棱镜层,所述棱镜层具有主表面,所述主表面包括沿着相同棱镜方向延伸的多个并排的线性棱镜;和

[0232] 设置在所述基材与所述棱镜层之间的嵌入结构化表面,所述嵌入结构化表面包括具有弯曲基部表面的密集堆积结构;

[0233] 其中所述嵌入结构化表面具有通过与相应的正交的第一平面内方向和第二平面内方向相关联的第一傅立叶功率谱和第二傅立叶功率谱来表征的形貌,并且其中

[0234] 就所述第一傅立叶功率谱包括不对应于零频率并且由限定第一基线的两个相邻谷界定的一个或多个第一频峰来说,任何此类第一频峰具有小于0.8的第一峰比率,所述第一峰比率等于所述第一频峰与所述第一基线之间的面积除以所述第一频峰下方的面积;并且

[0235] 就所述第二傅立叶功率谱包括不对应于零频率并且由限定第二基线的两个相邻

谷界定的一个或多个第二频峰来说,任何此类第二频峰具有小于0.8的第二峰比率,所述第二峰比率等于所述

[0236] 第二频峰与所述第二基线之间的面积除以所述第二频峰下方的面积;并且

[0237] 其中所述嵌入结构化表面提供小于95%的光学雾度。

[0238] 项20.根据项19所述的膜,其中所述嵌入结构化表面提供小于90%的光学雾度。

[0239] 项21.根据项20所述的膜,其中所述嵌入结构化表面提供小于80%的光学雾度。

[0240] 项22.根据项19所述的膜,其中所述嵌入结构化表面通过平面图中小于 $200\text{mm}/\text{mm}^2$ 的每单位面积的脊总长度来表征。

[0241] 项23.根据项19所述的膜,其中所述第一峰比率小于0.5,并且所述第二峰比率小于0.5。

[0242] 项24.根据项19所述的膜,其中所述密集堆积结构通过平面图中的等效圆直径(ECD)来表征,并且其中所述结构具有小于15微米的平均ECD。

[0243] 项25.根据项24所述的膜,其中所述结构具有小于10微米的平均ECD。

[0244] 项26.一种光学膜,包括:

[0245] 双折射基材;

[0246] 由所述基材承载的棱镜层,所述棱镜层具有主表面,所述主表面包括沿着相同棱镜方向延伸的多个并排的线性棱镜;和

[0247] 设置在所述基材与所述棱镜层之间的嵌入结构化表面,所述嵌入结构化表面包括密集堆积结构;

[0248] 其中所述嵌入结构化表面具有通过与相应的正交的第一平面内方向和第二平面内方向相关联的第一傅立叶功率谱和第二傅立叶功率谱来表征的形貌,并且其中

[0249] 就所述第一傅立叶功率谱包括不对应于零频率并且由限定第一基线的两个相邻谷界定的一个或多个第一频峰来说,任何此类第一频峰具有小于0.8的第一峰比率,所述第一峰比率等于所述第一频峰与所述第一基线之间的面积除以所述第一频峰下方的面积;并且

[0250] 就所述第二傅立叶功率谱包括不对应于零频率并且由限定第二基线的两个相邻谷界定的一个或多个第二频峰来说,任何此类

[0251] 第二频峰具有小于0.8的第二峰比率,所述第二峰比率等于所述第二频峰与所述第二基线之间的面积除以所述第二频峰下方的面积;并且

[0252] 其中所述嵌入结构化表面提供在10%至60%范围内的光学雾度和在10%至40%范围内的光学清晰度。

[0253] 项27.根据项26所述的膜,其中所述嵌入结构化表面通过平面图中小于 $200\text{mm}/\text{mm}^2$ 的每单位面积的脊总长度来表征。

[0254] 项28.根据项26所述的膜,其中所述第一峰比率小于0.5,并且所述第二峰比率小于0.5。

[0255] 项29.根据项26所述的膜,其中所述密集堆积结构通过平面图中的等效圆直径(ECD)来表征,并且其中所述结构具有小于15微米的平均ECD。

[0256] 项30.根据项29所述的膜,其中所述结构具有小于10微米的平均ECD。

[0257] 项31.一种光学膜,包括:

[0258] 双折射基材；

[0259] 由所述基材承载的棱镜层，所述棱镜层具有主表面，所述主表面包括沿着相同棱镜方向延伸的多个并排的线性棱镜；和

[0260] 设置在所述基材与所述棱镜层之间的嵌入结构化表面，所述嵌入结构化表面包括较大的第一结构和较小的第二结构，所述第一结构和所述第二结构两者的尺寸沿着两个正交平面内方向受到限制；

[0261] 其中所述第一结构不均匀地布置在所述嵌入结构化表面上；

[0262] 其中所述第二结构密集堆积并且不均匀地分散在所述第一结构之间；并且

[0263] 其中所述第一结构的平均尺寸大于15微米并且所述第二结构的平均尺寸小于15微米。

[0264] 项32. 根据项31所述的膜，其中所述第一结构的平均尺寸在20至30微米的范围内。

[0265] 项33. 根据项31所述的膜，其中所述第二结构的平均尺寸在4至10微米的范围内。

[0266] 项34. 根据项31所述的膜，其中所述嵌入结构化表面通过所述嵌入结构化表面的结构的等效圆直径 (ECD) 的双峰分布来表征，所述双峰分布具有 第一峰和第二峰，所述较大的第一结构对应于所述第一峰而所述较小的第二结构对应于所述第二峰。

[0267] 项35. 一种光学膜，包括：

[0268] 双折射基材；

[0269] 由所述基材承载的棱镜层，所述棱镜层具有主表面，所述主表面包括沿着相同棱镜方向延伸的多个并排的线性棱镜；和

[0270] 设置在所述基材与所述棱镜层之间的嵌入结构化表面，其中所述嵌入结构化表面通过从工具结构化表面微复制而制成，所述工具结构化表面通过以下方式制成：使用第一电镀工艺使金属电沉积来形成第一金属层，使所述第一金属层的主表面具有第一平均粗糙度；以及使用第二电镀工艺使所述金属电沉积在所述第一金属层上来在所述第一金属层的所述主表面上形成第二金属层，使所述第二金属层的主表面具有小于所述第一平均粗糙度的第二平均粗糙度，所述第二金属层的所述主表面对应于所述工具结构化表面。

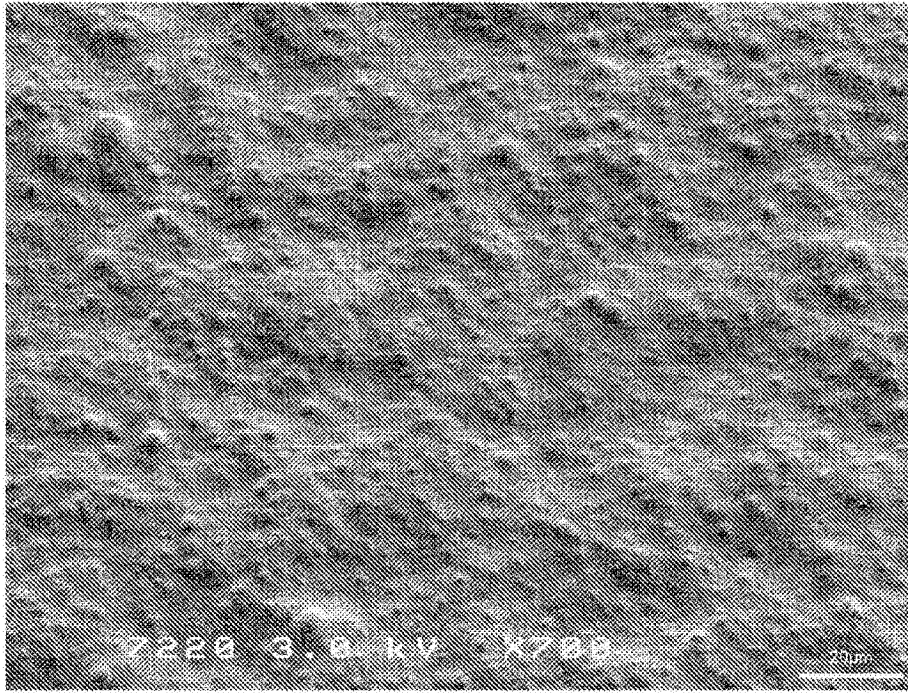


图1

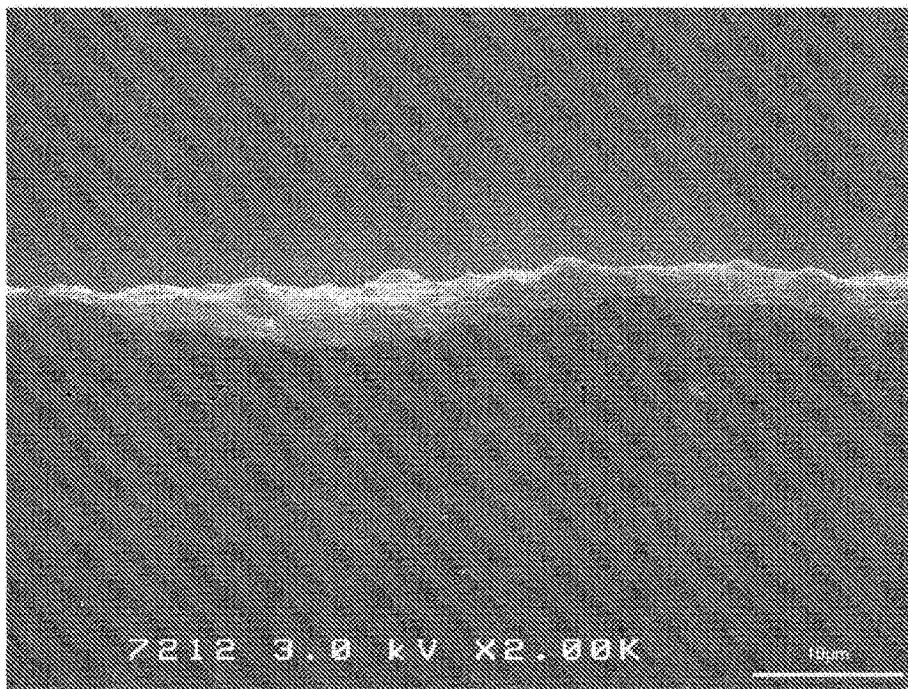


图1A

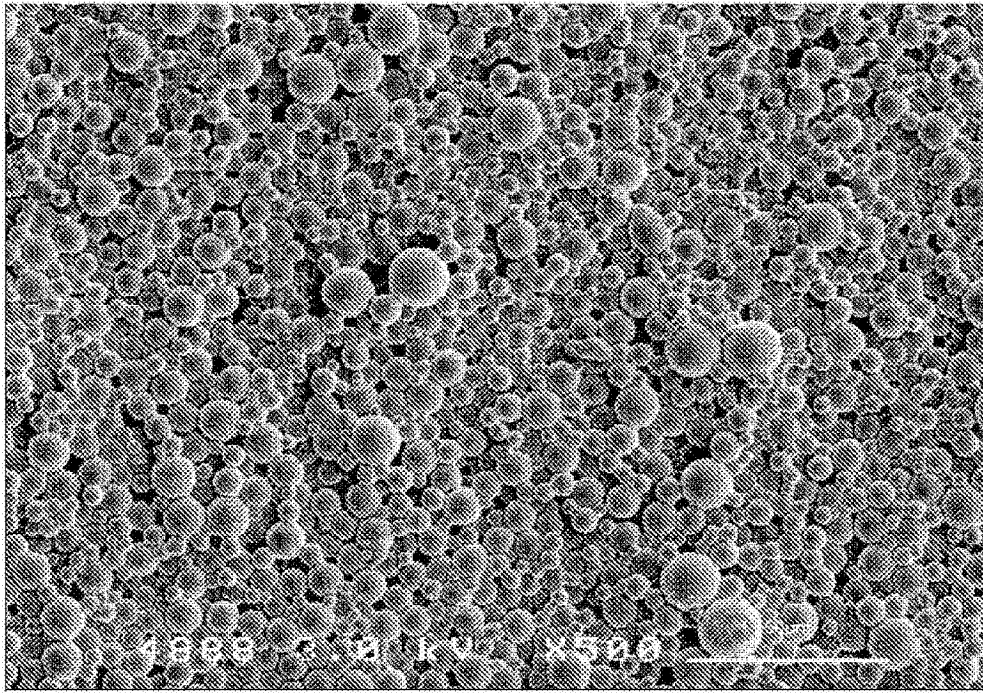


图2

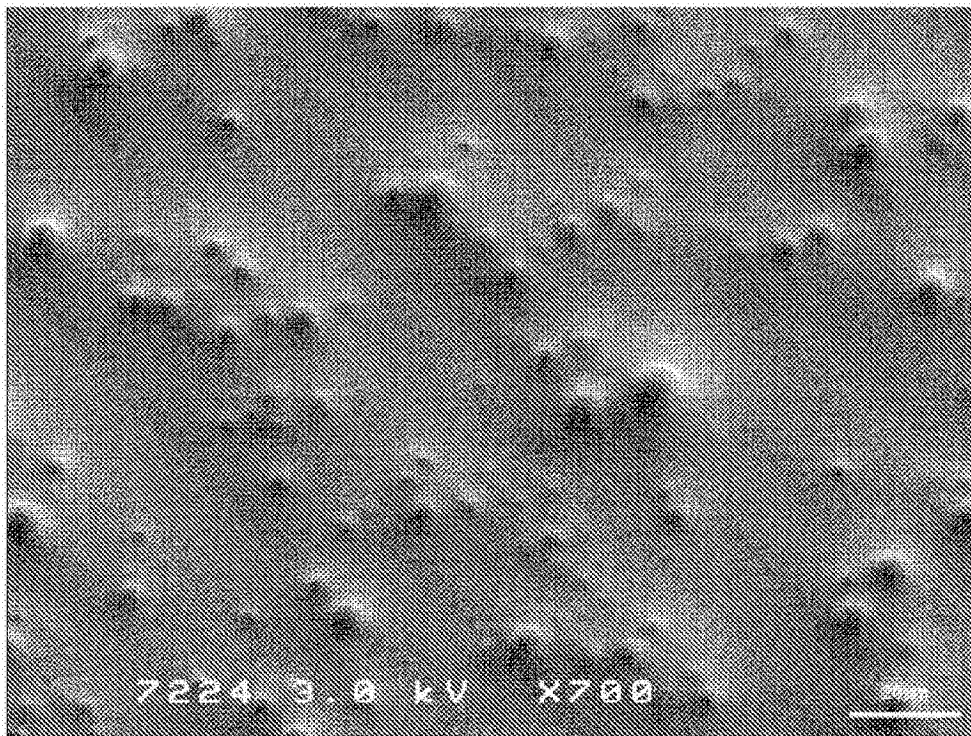


图3

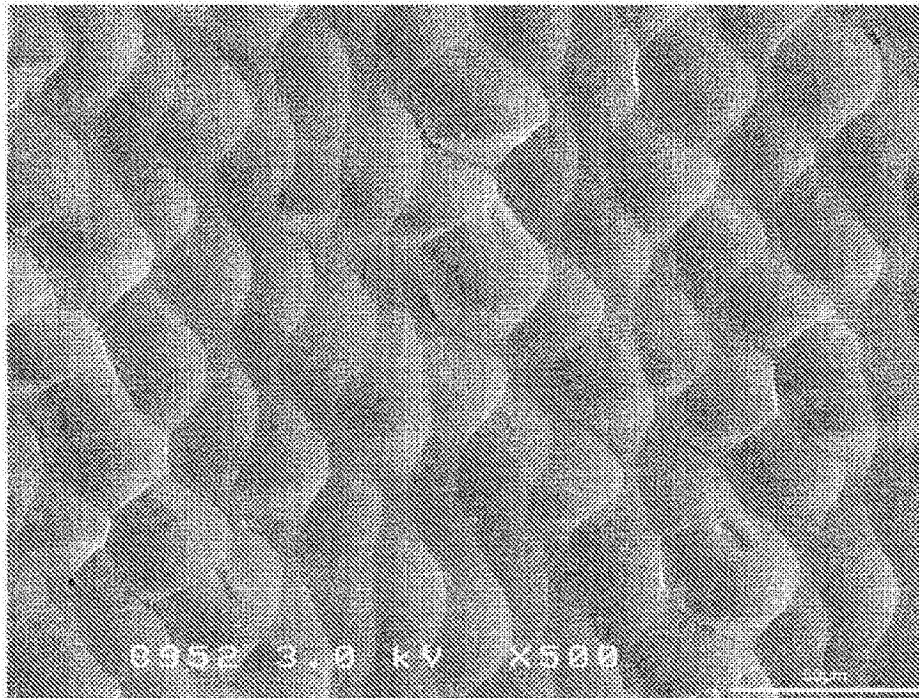
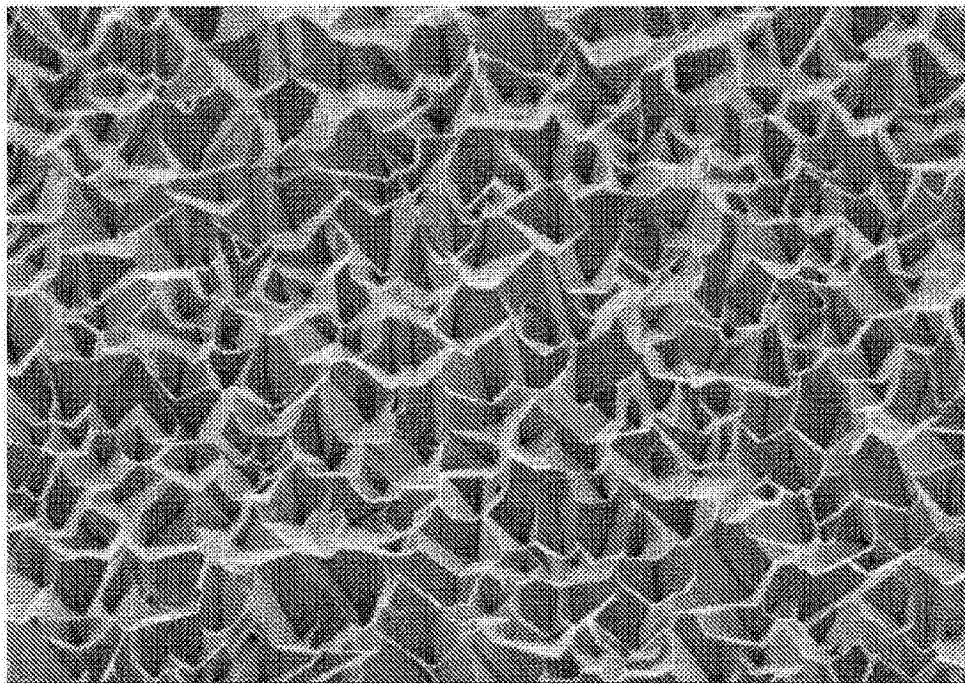


图4



50.0um

图5

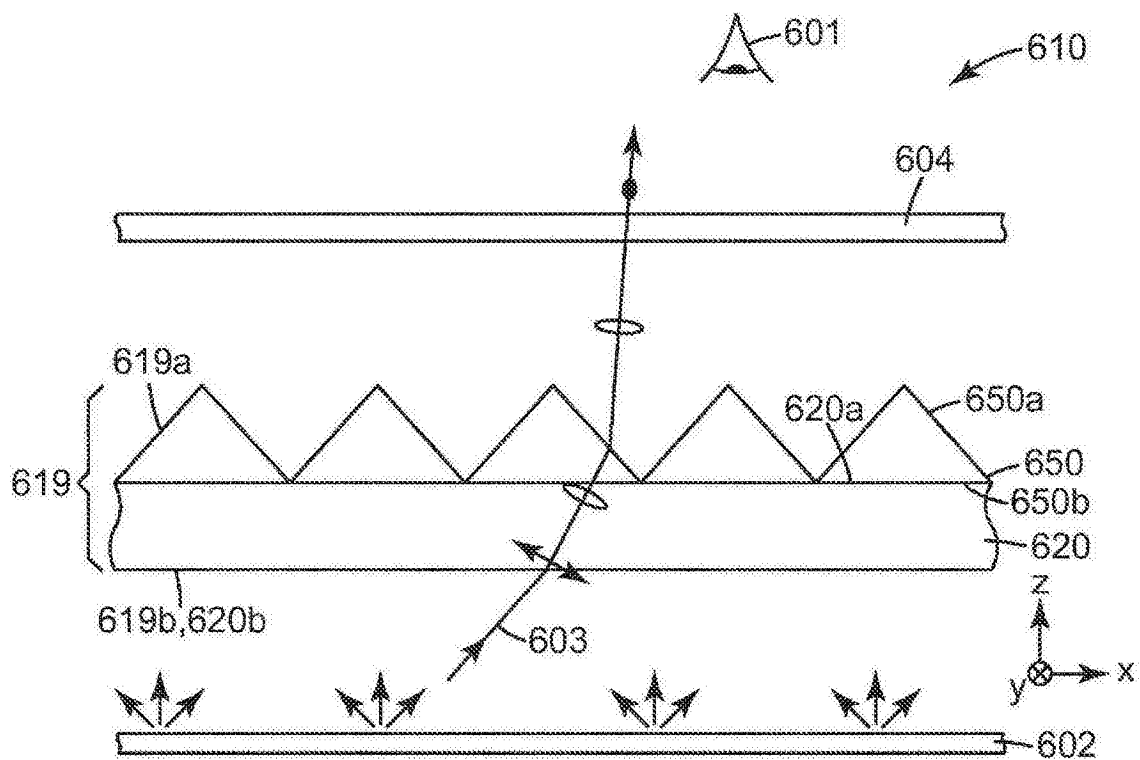


图6

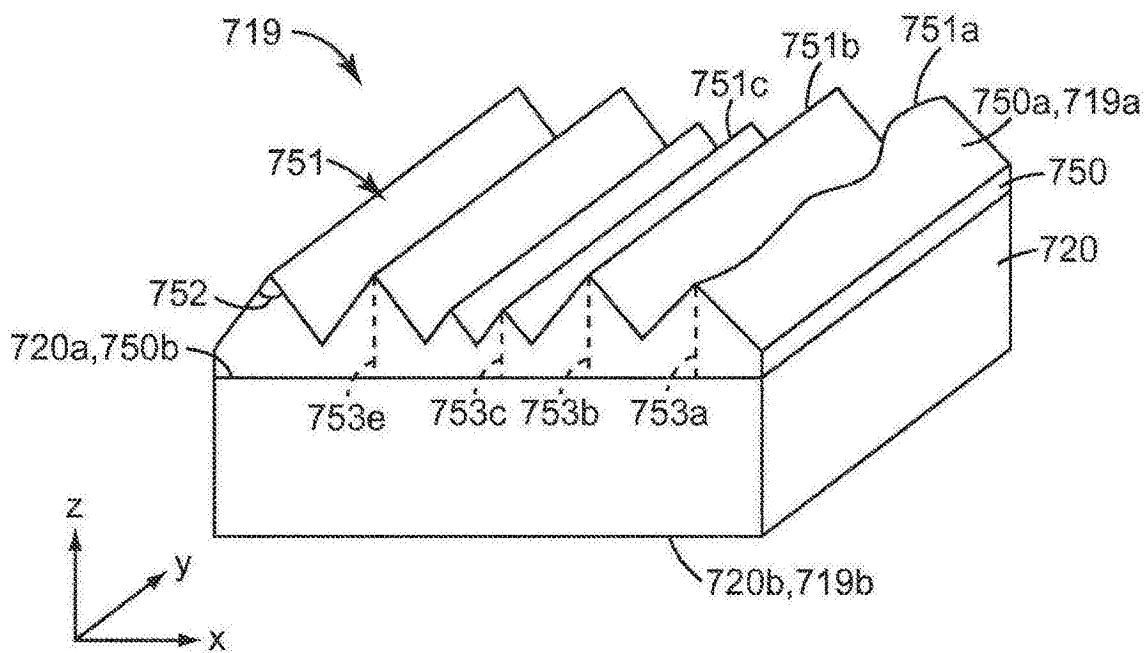


图7

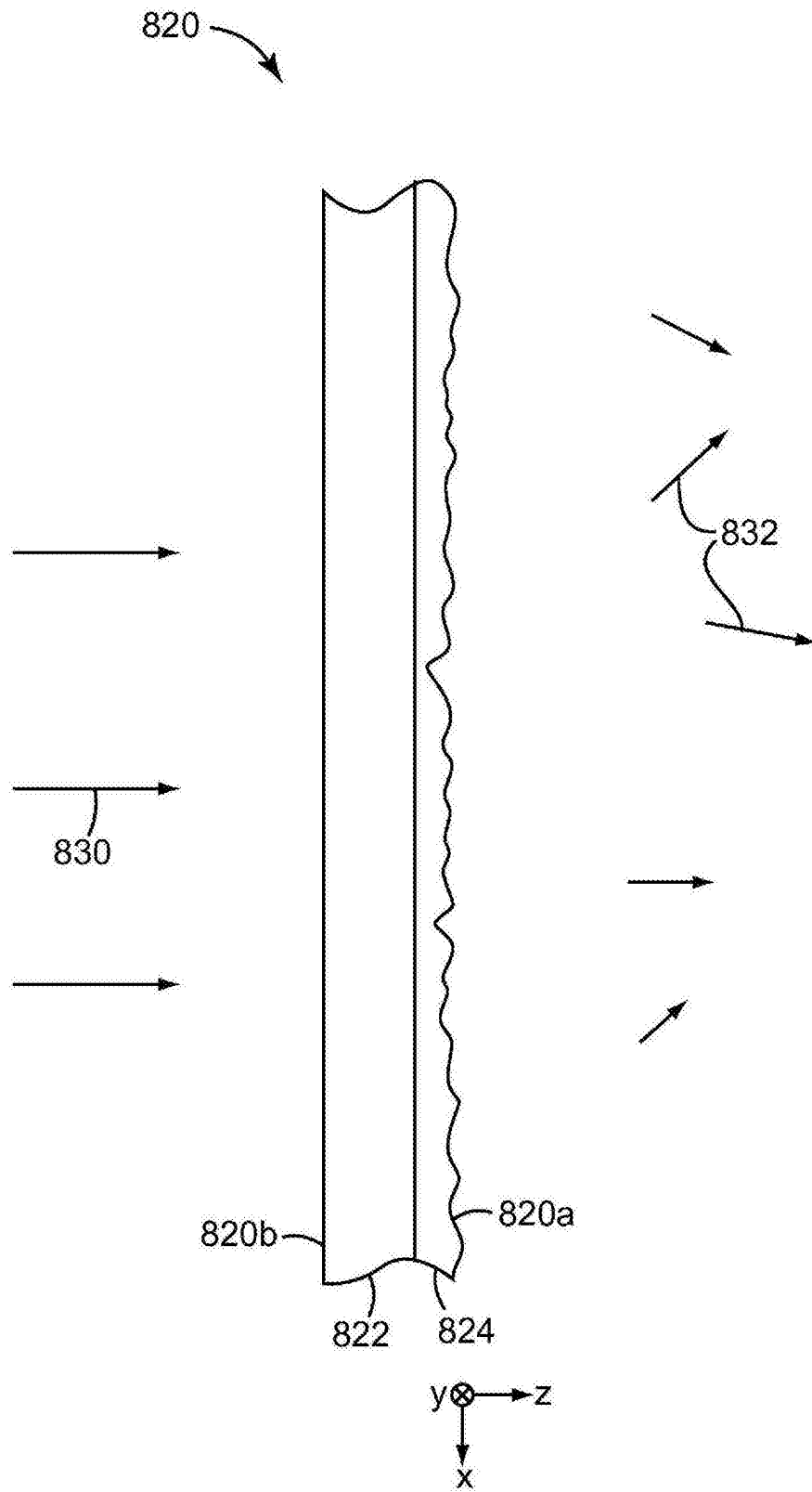


图8

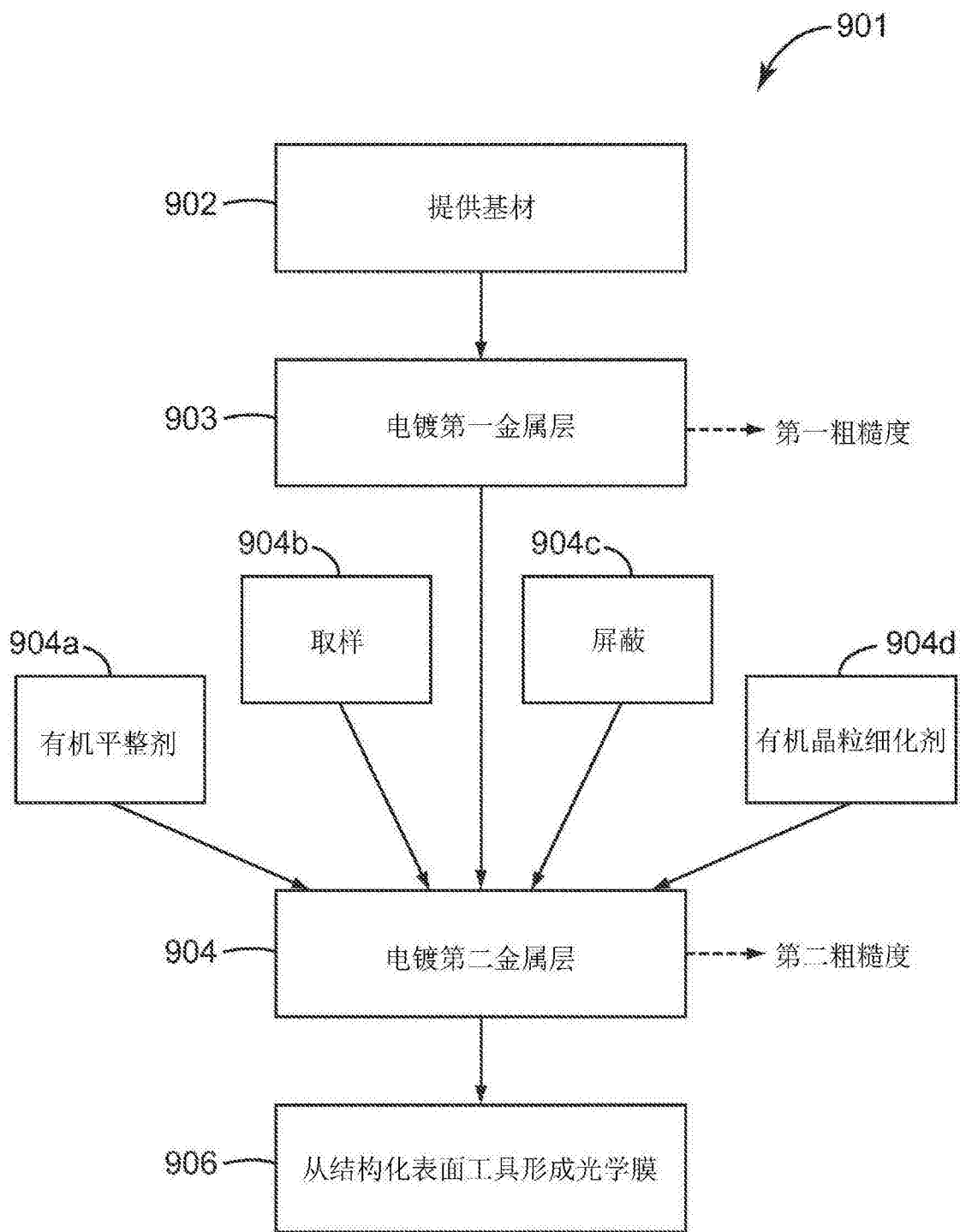


图9

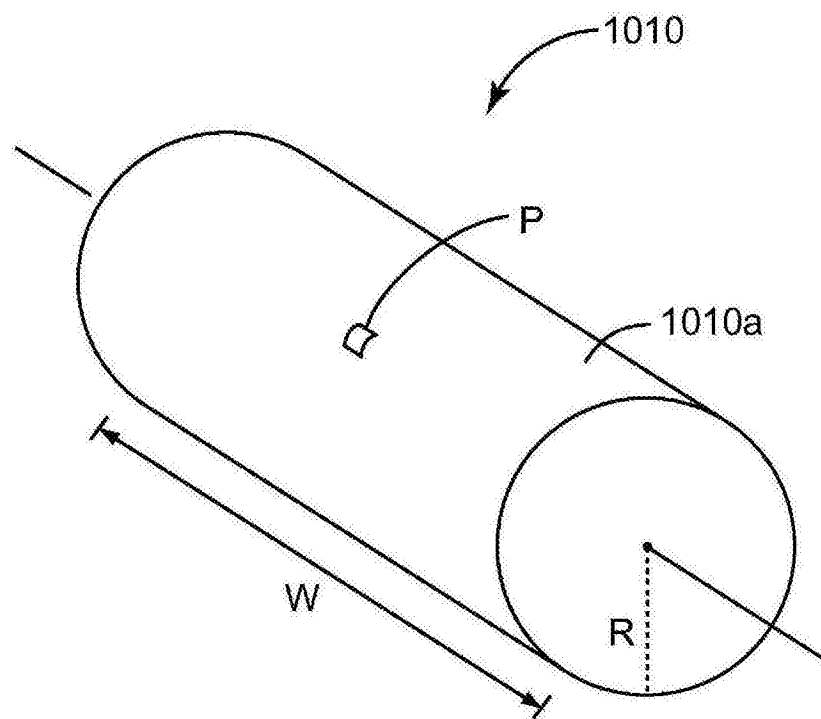


图10

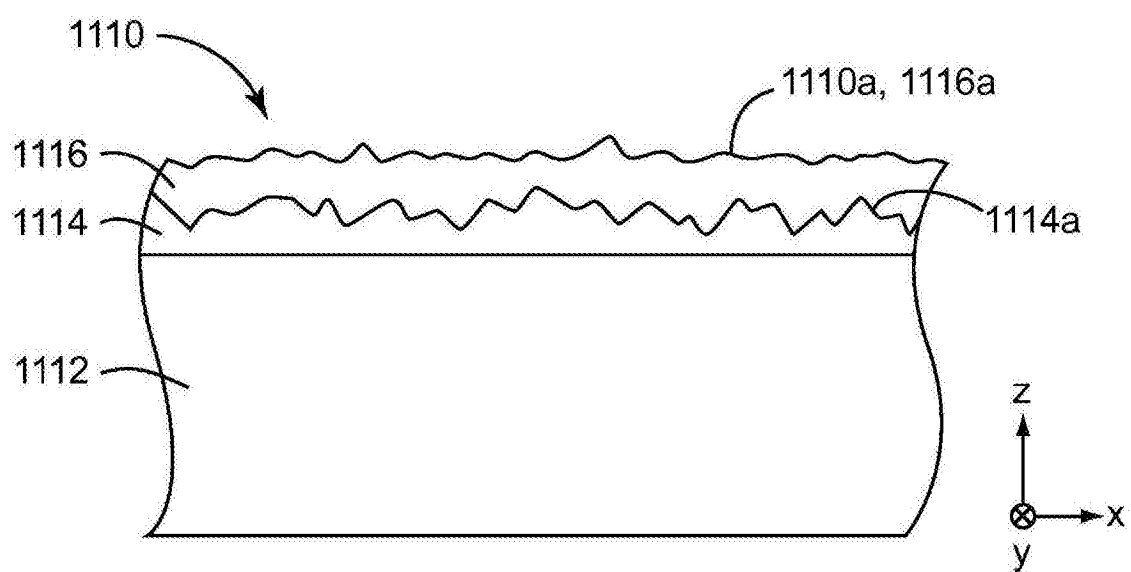


图11A

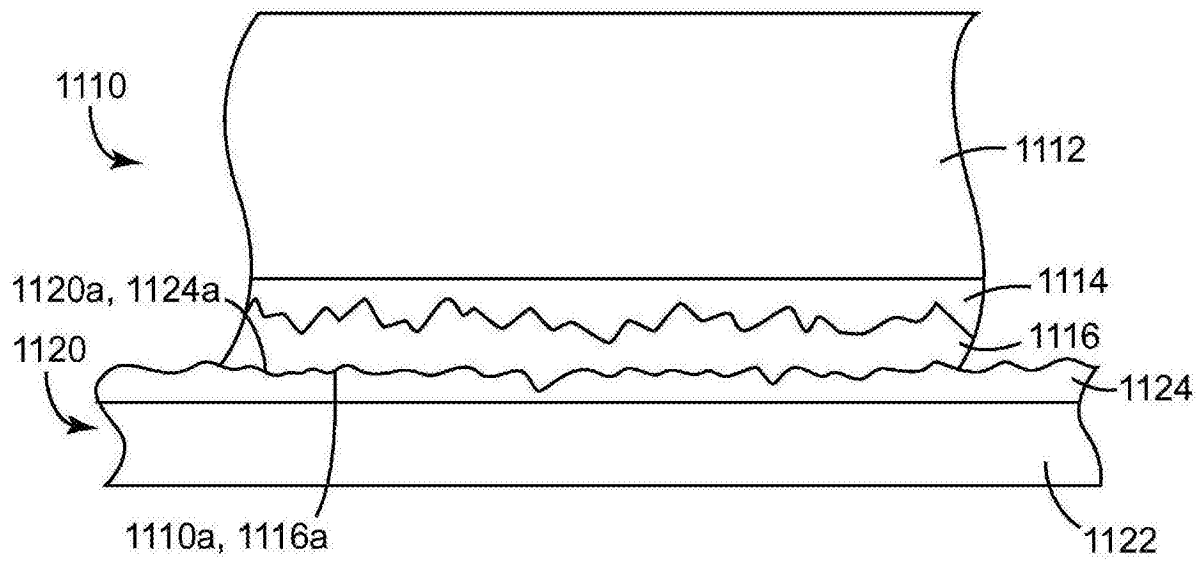


图11B

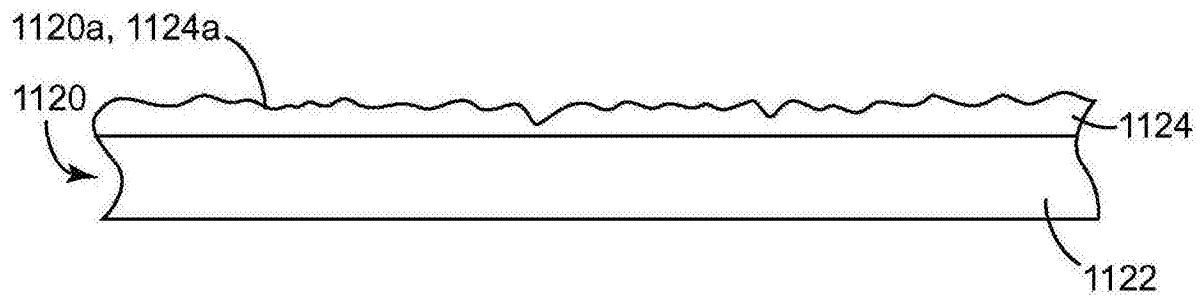


图11C

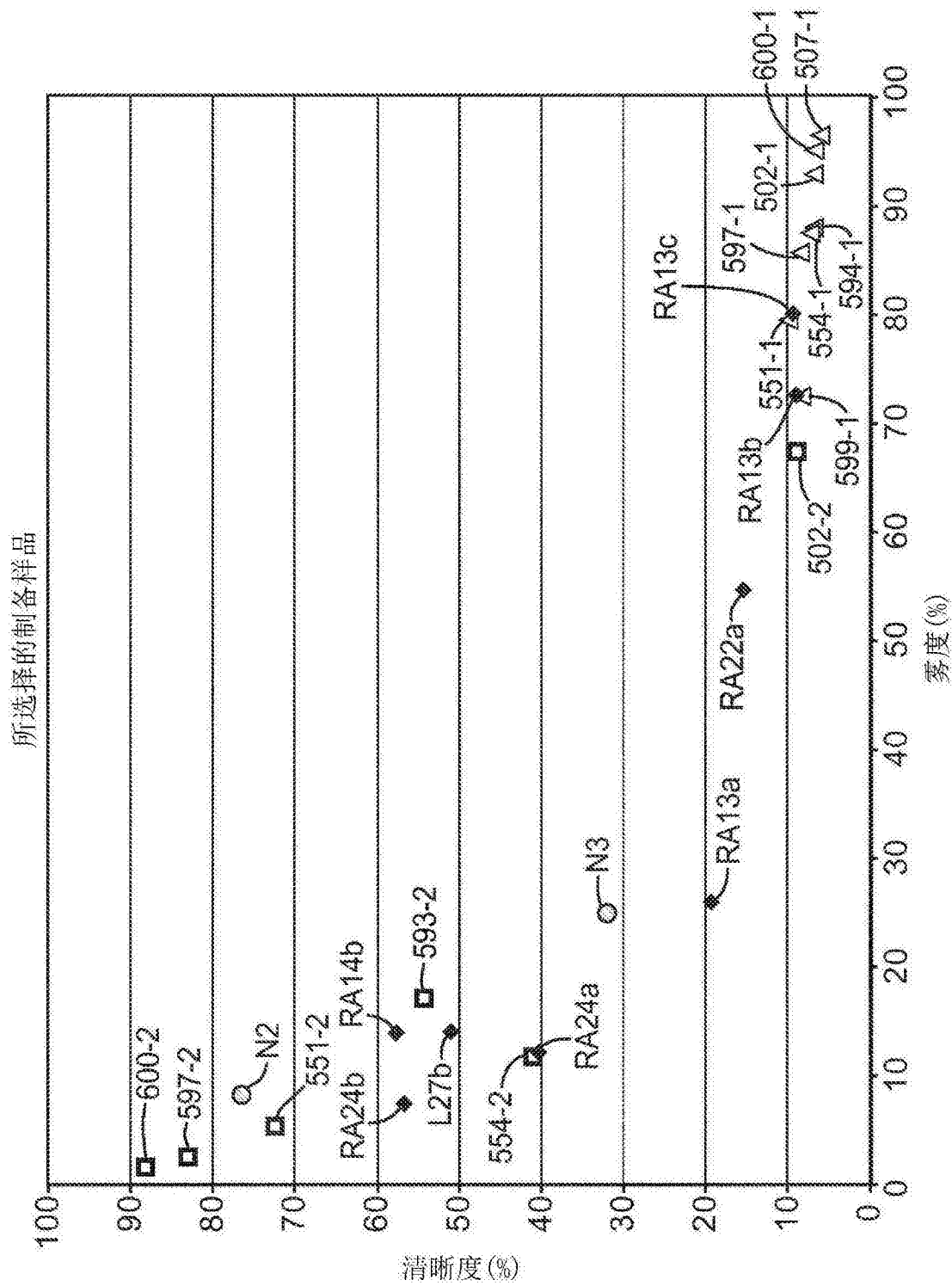


图12

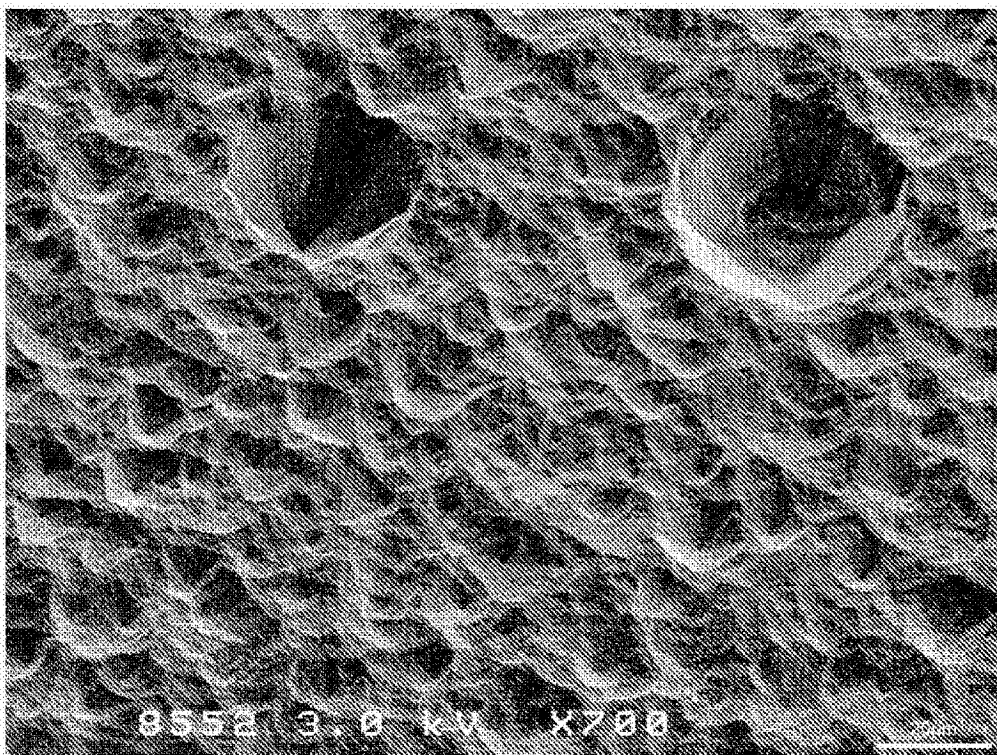


图13

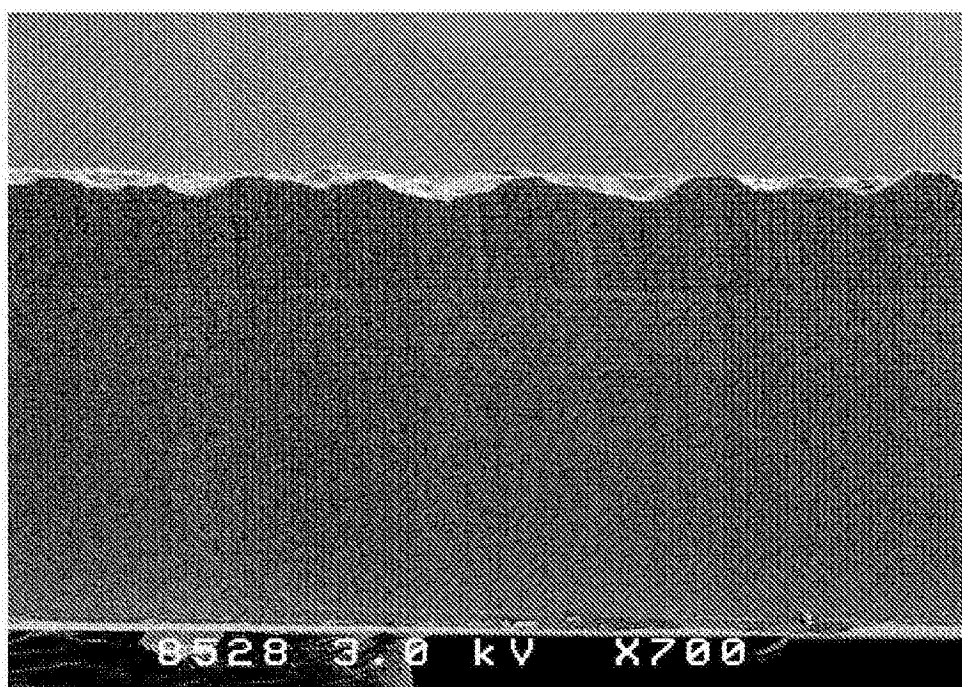


图13A

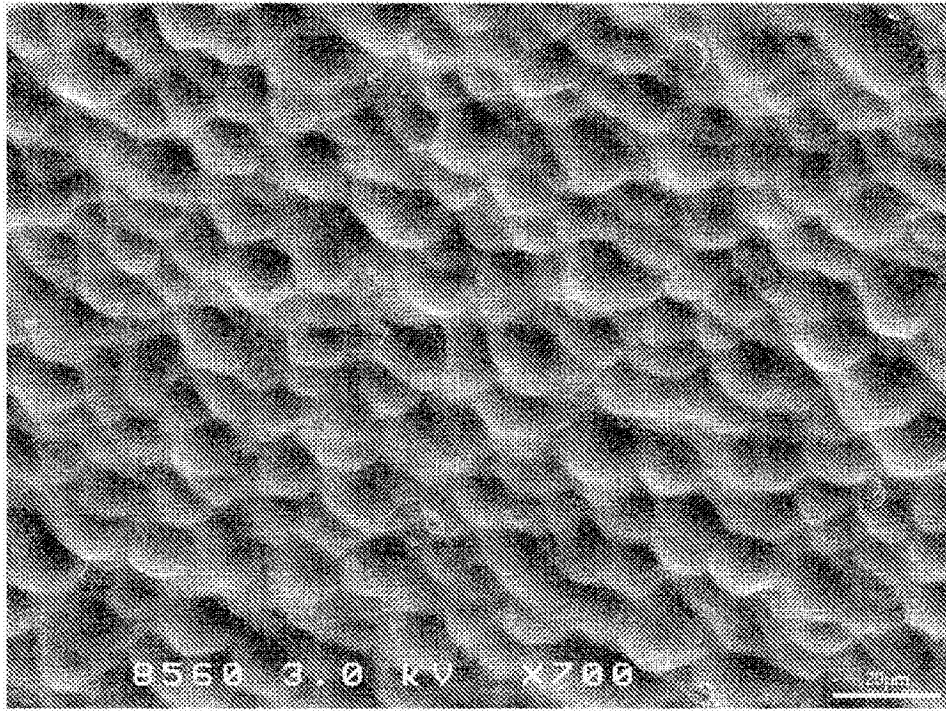


图14

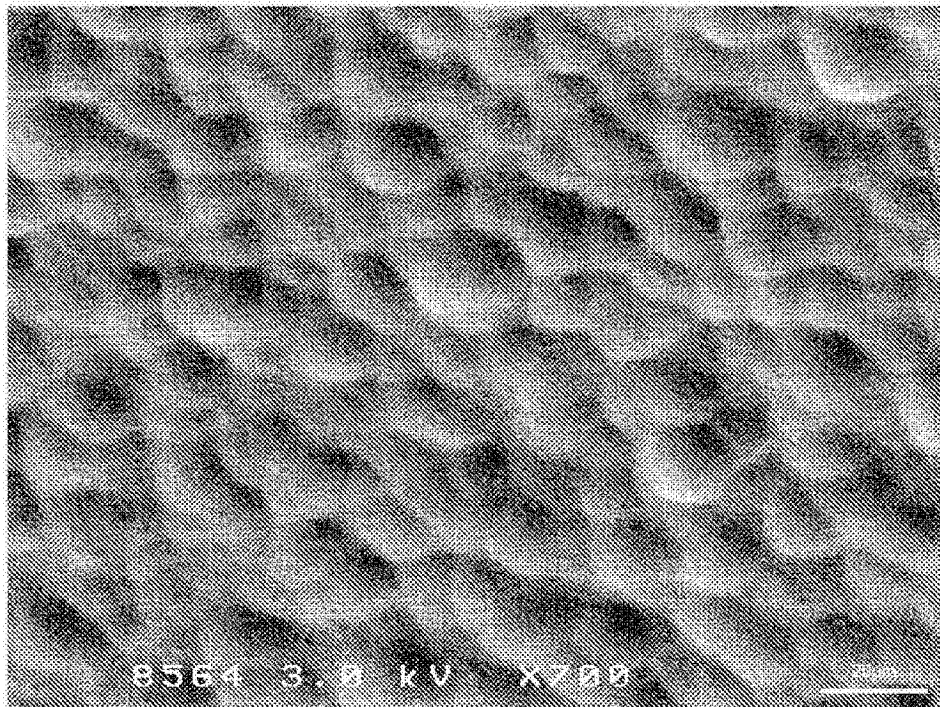


图15

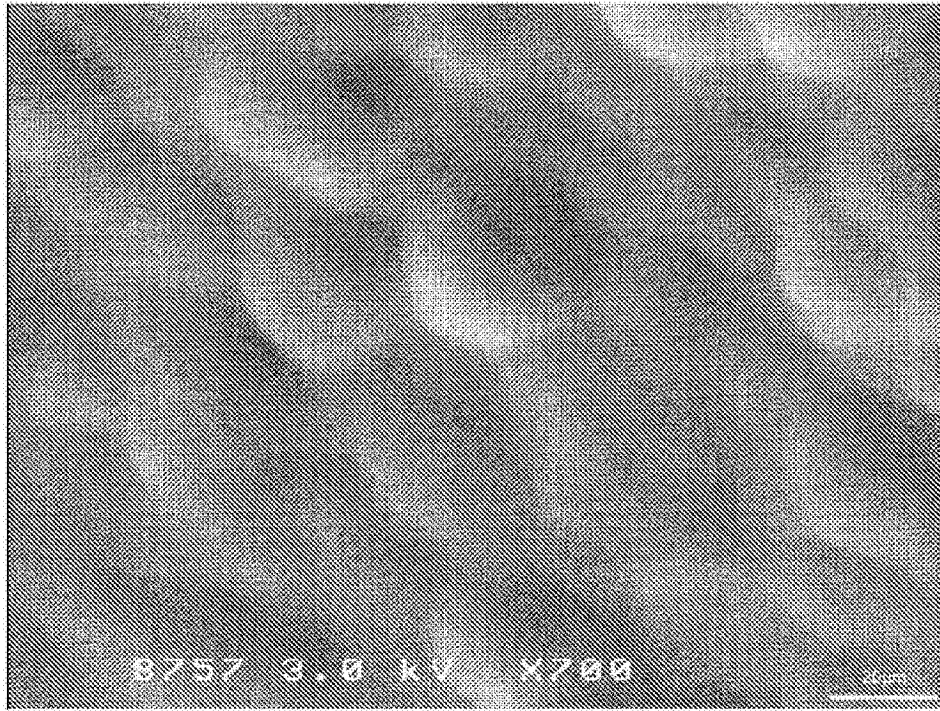


图16

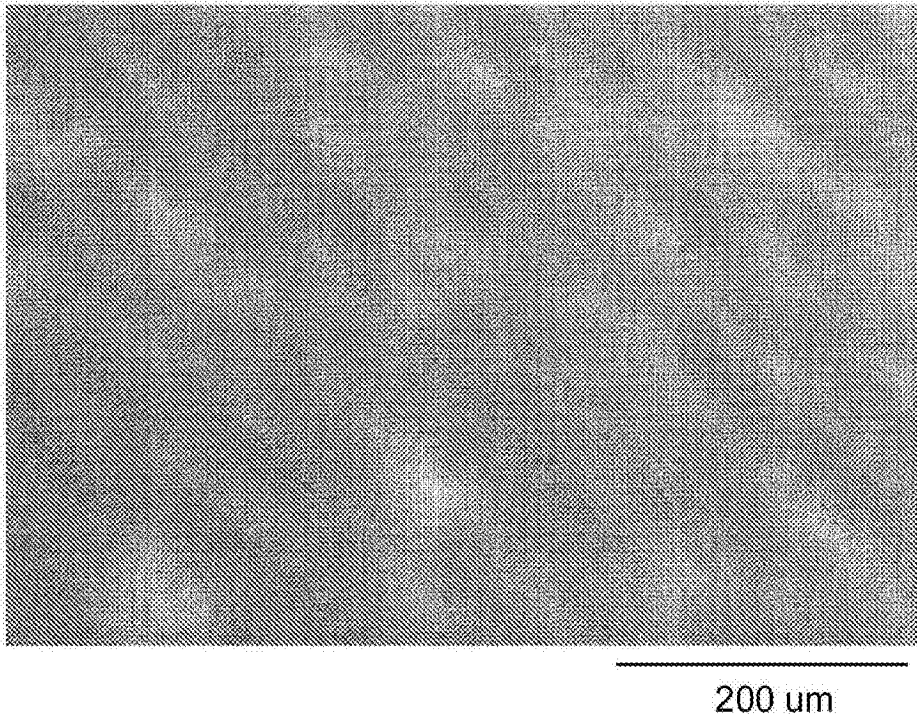


图17

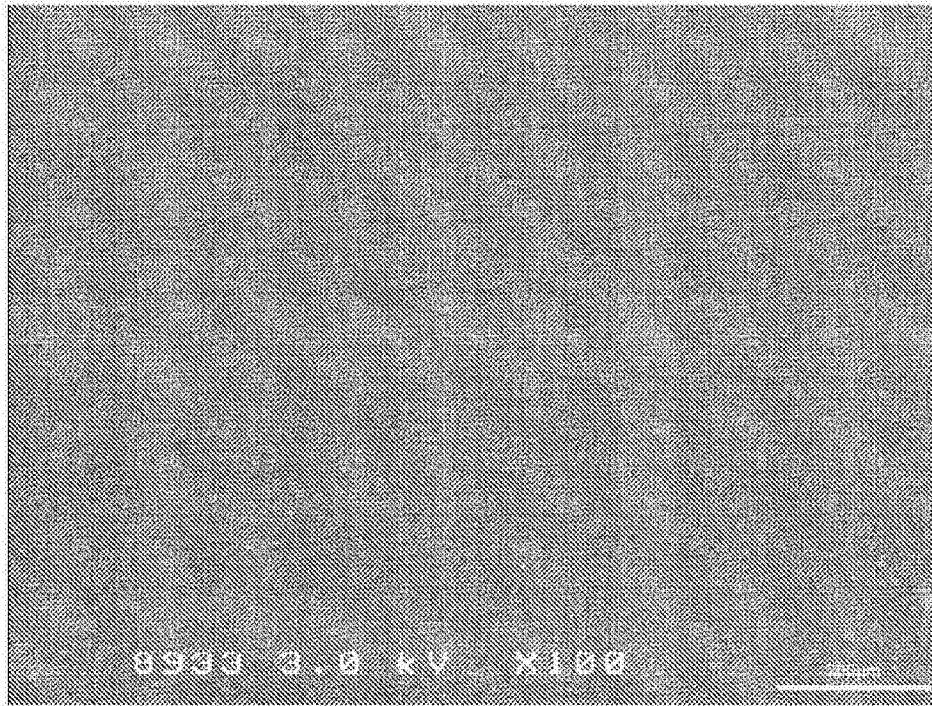


图18

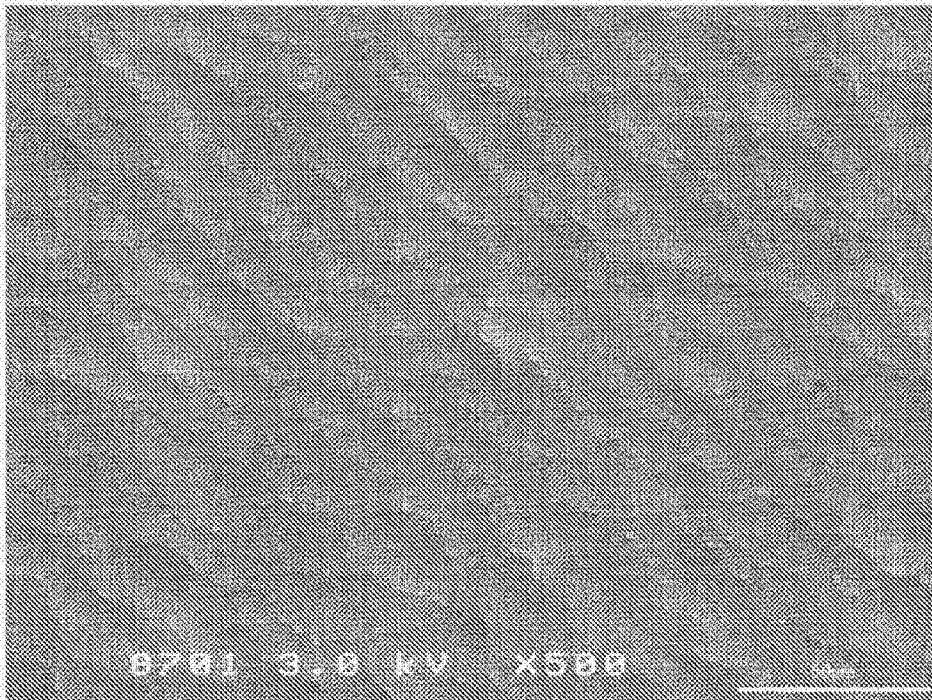


图19

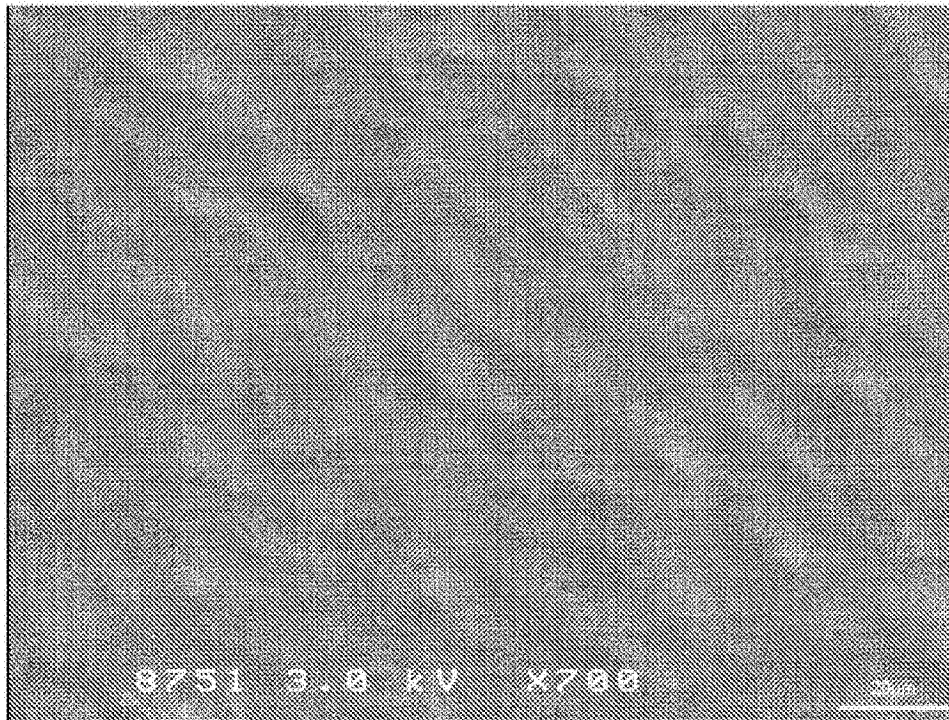


图20

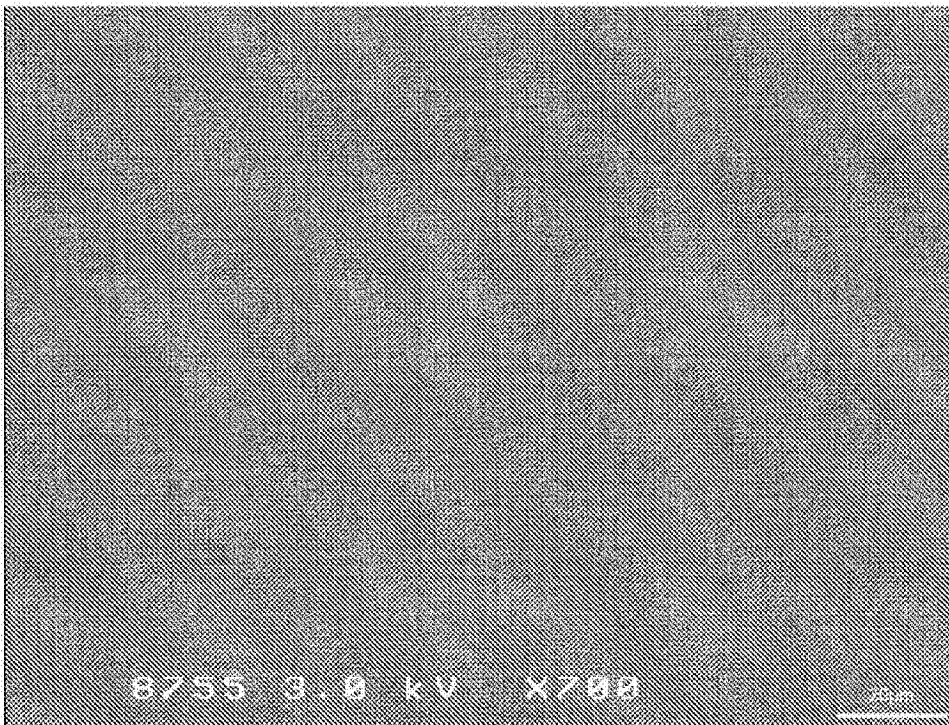


图21

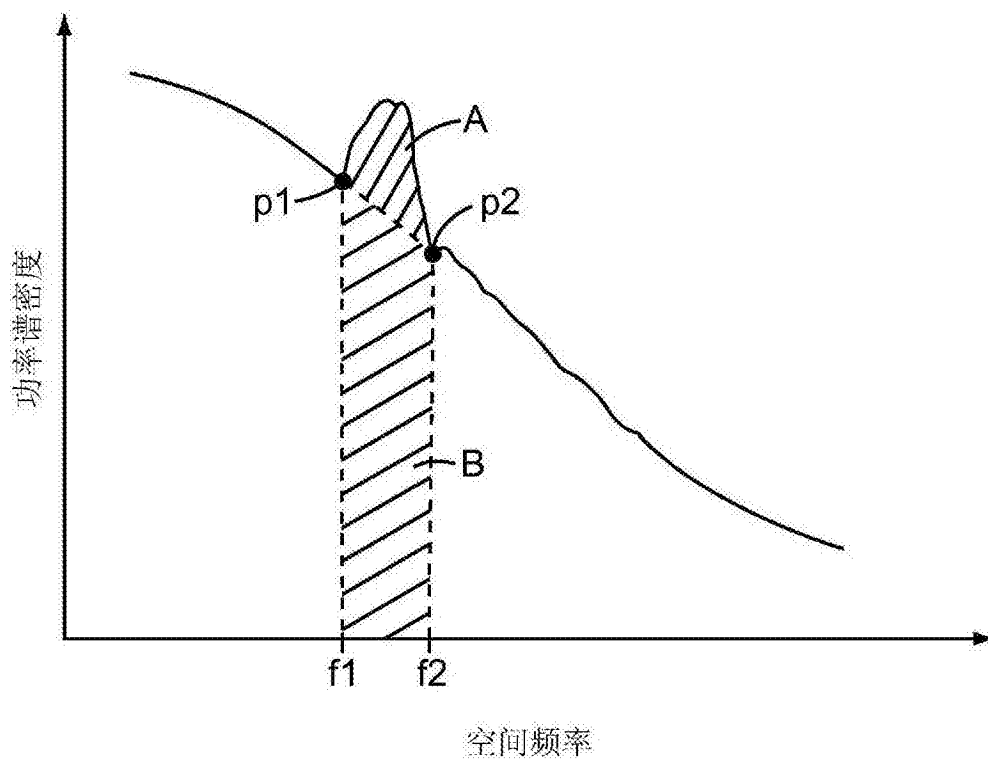


图22

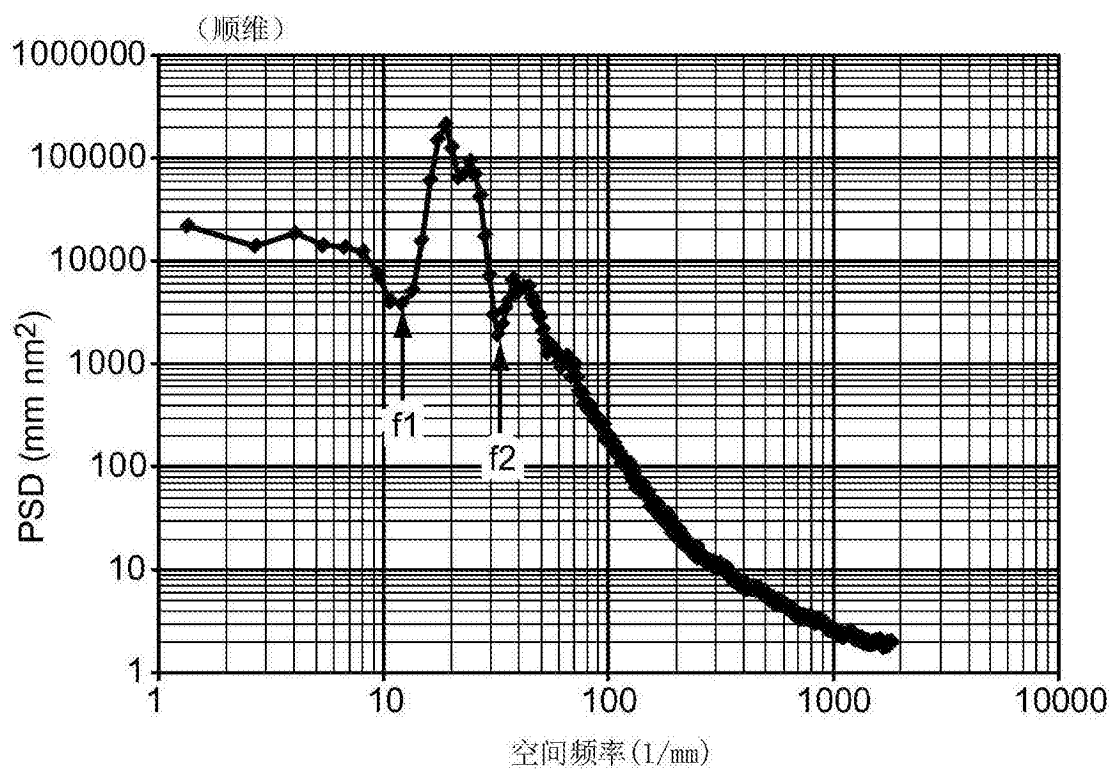


图23A

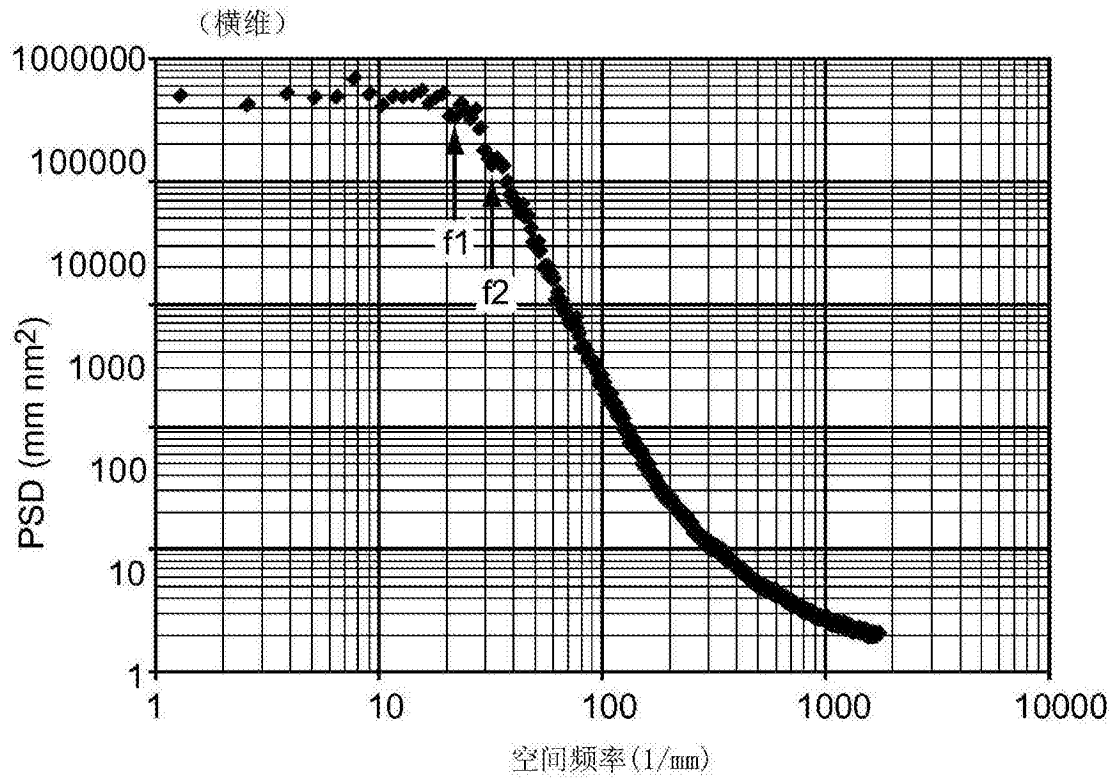


图23B

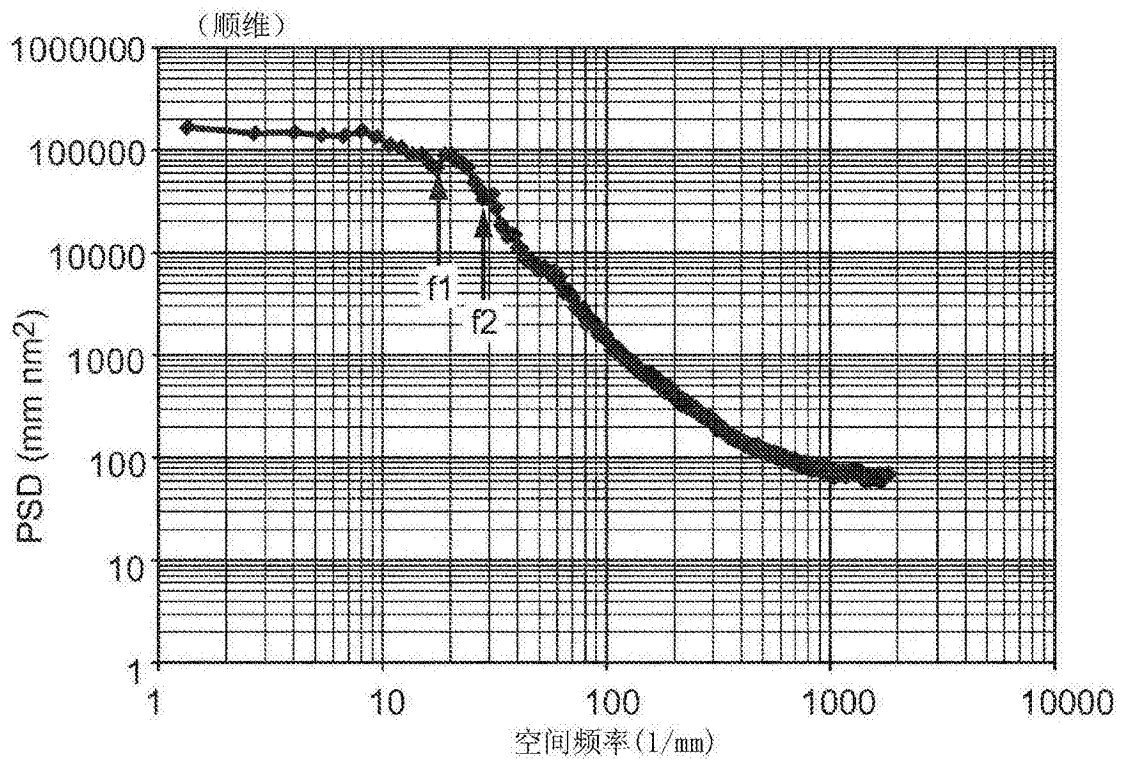


图24A

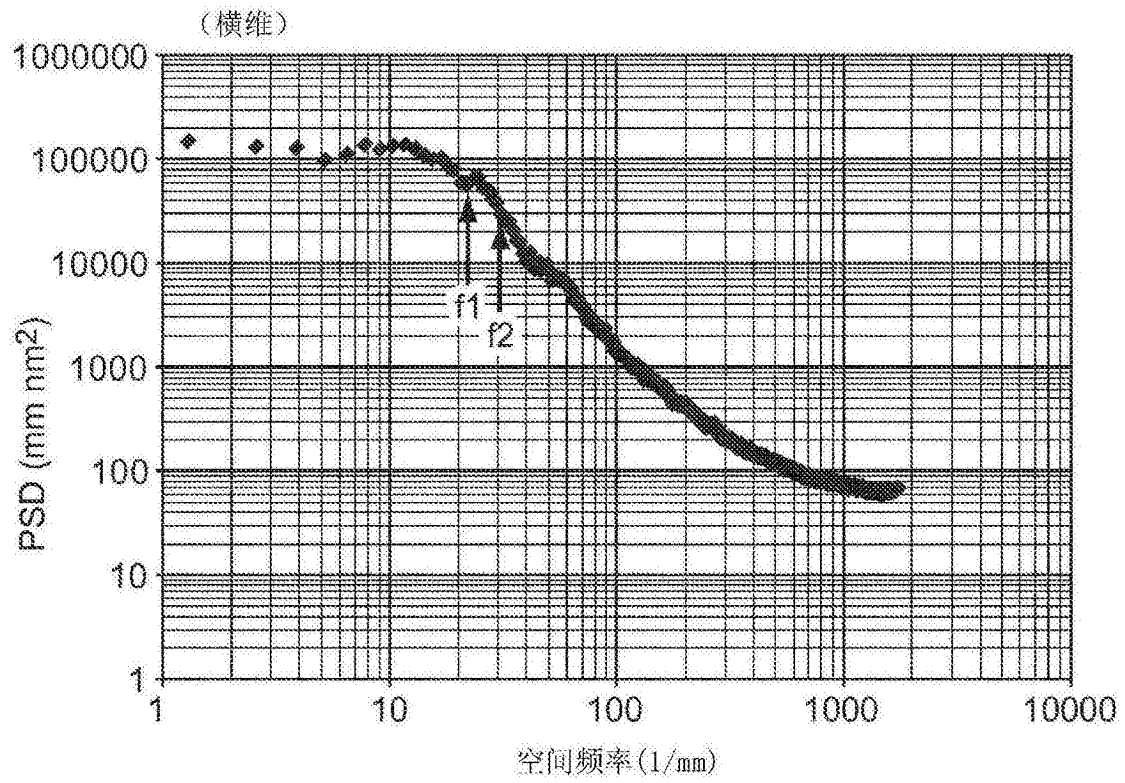


图24B

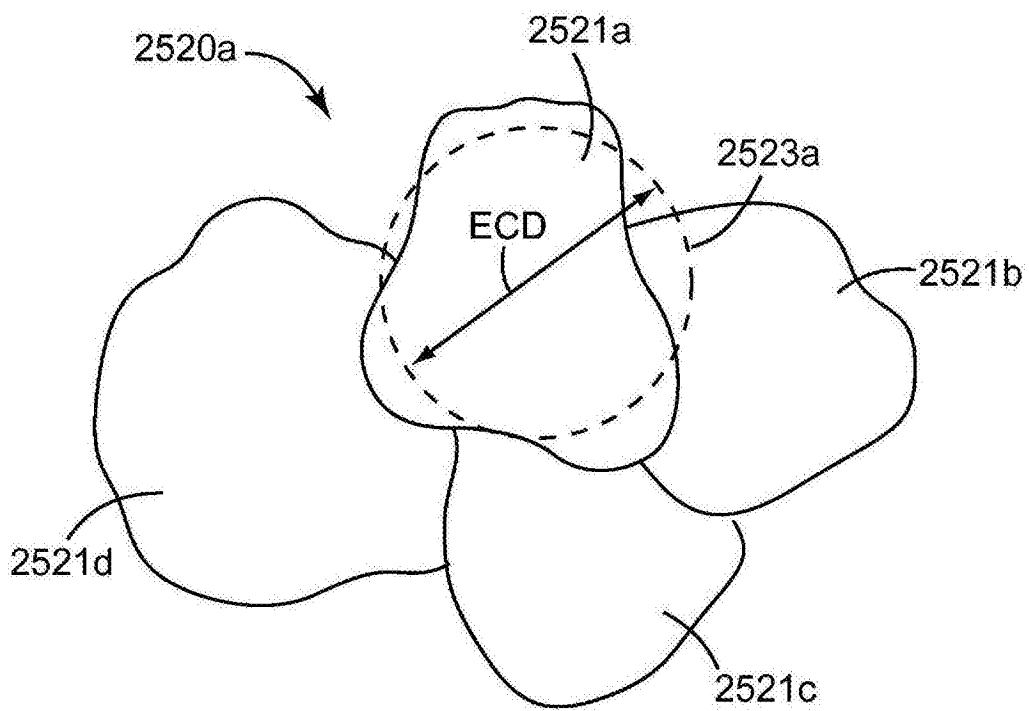


图25

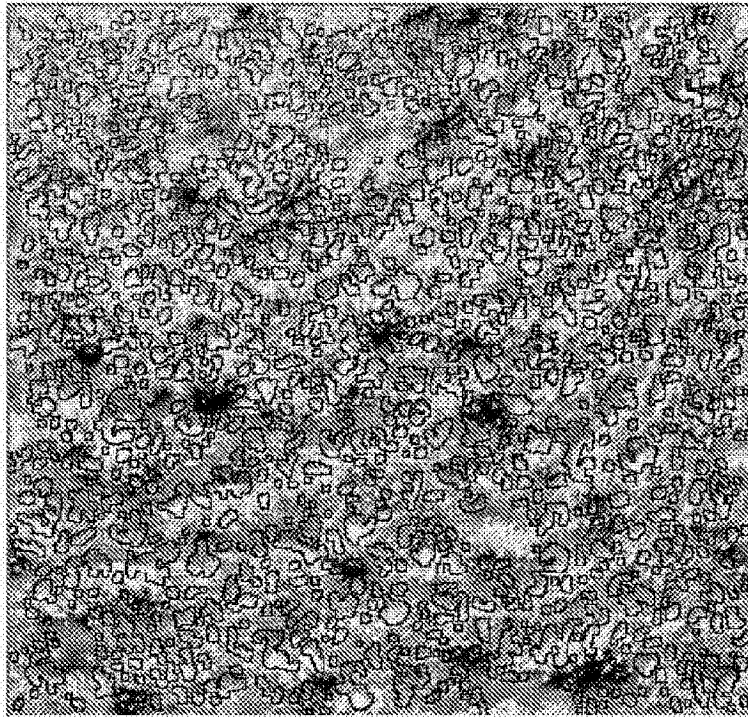


图26

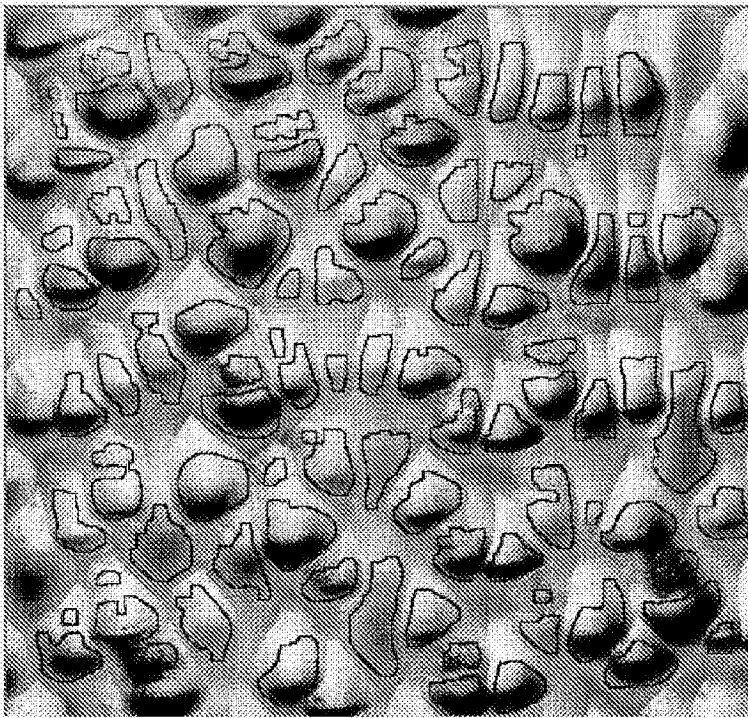


图27

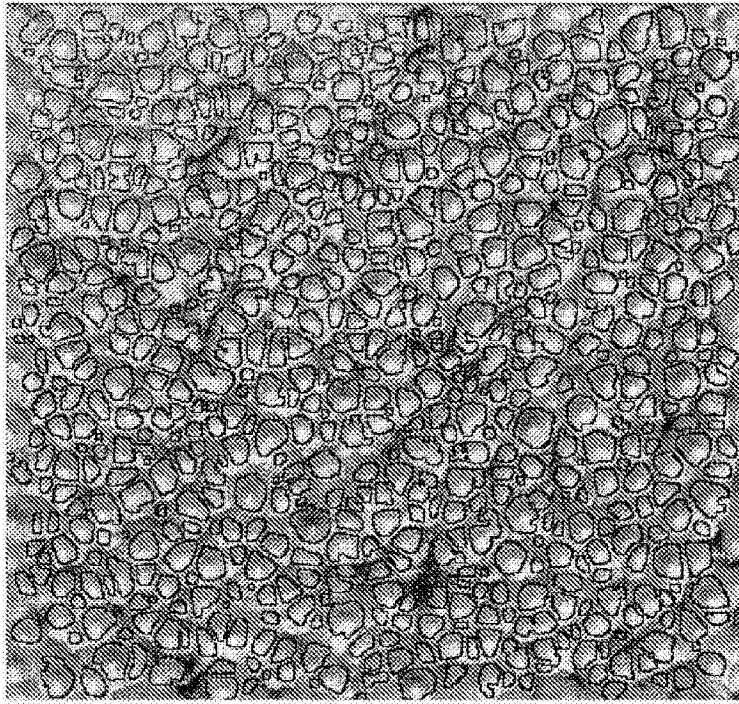


图28

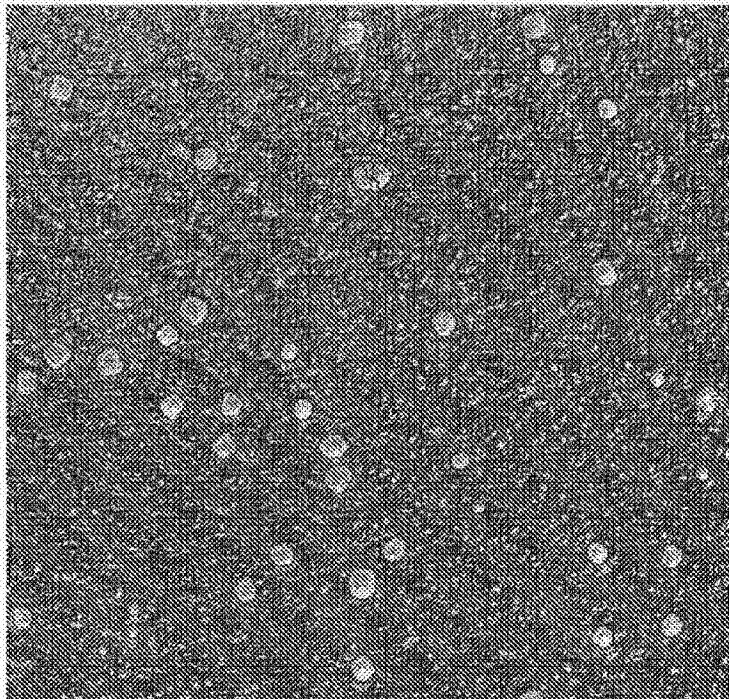


图29

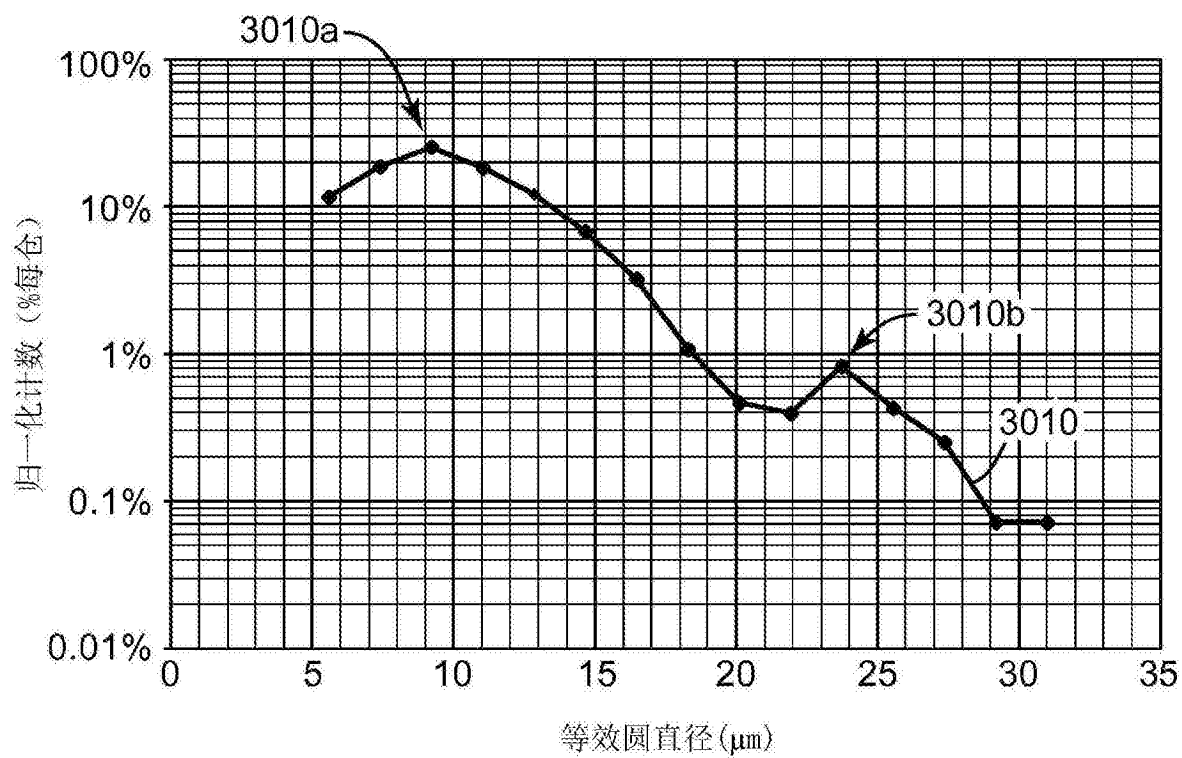


图30

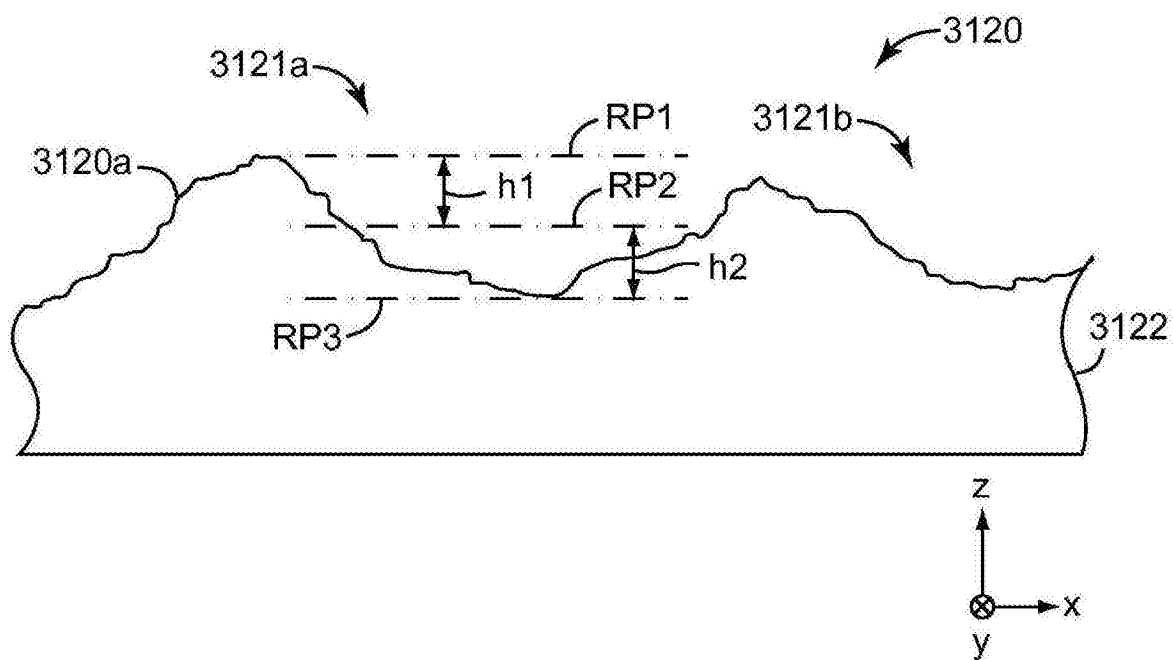


图31

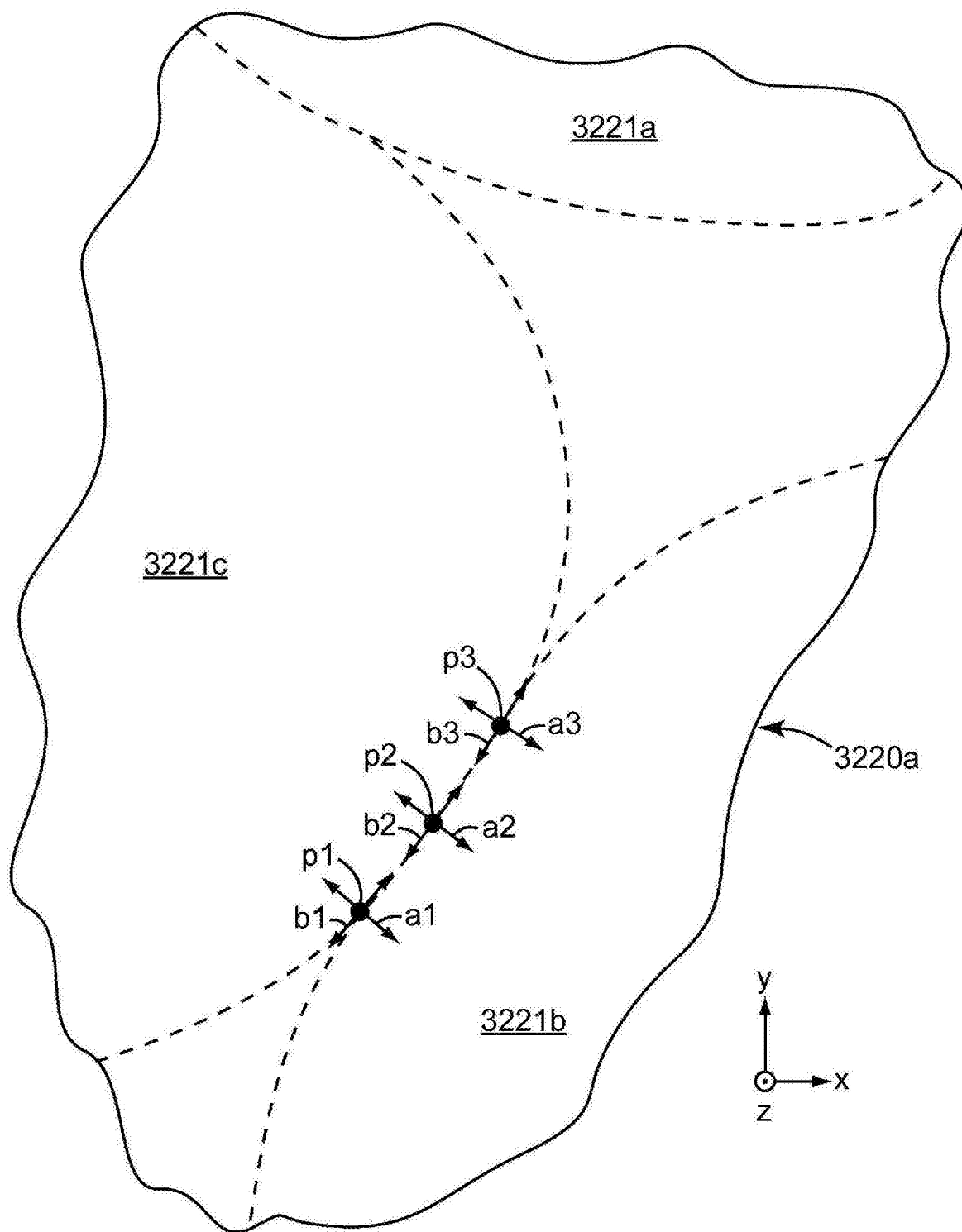


图32

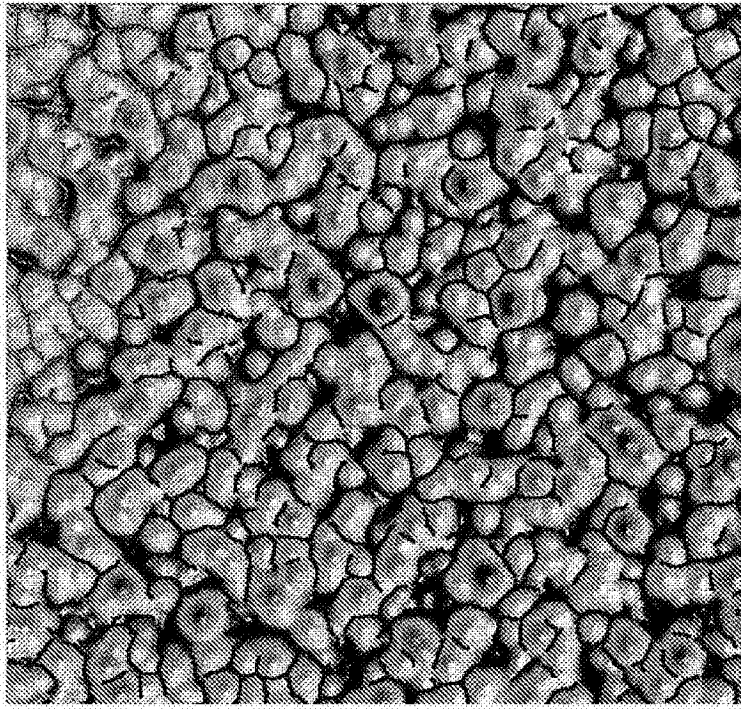


图33A

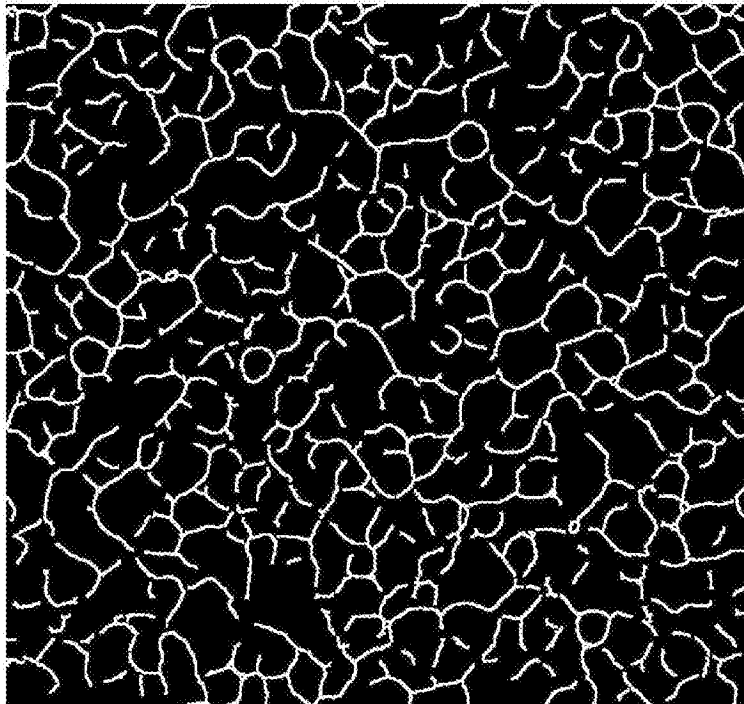


图33B

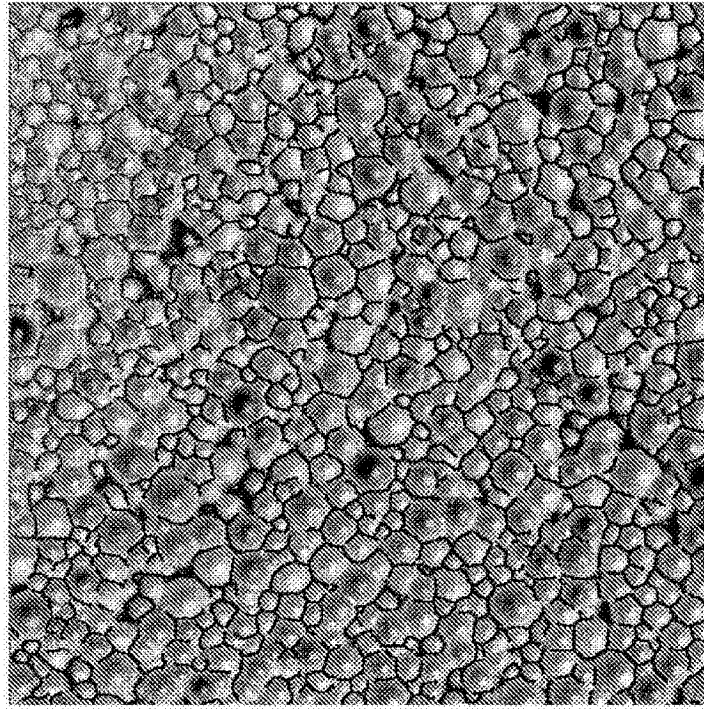


图34A

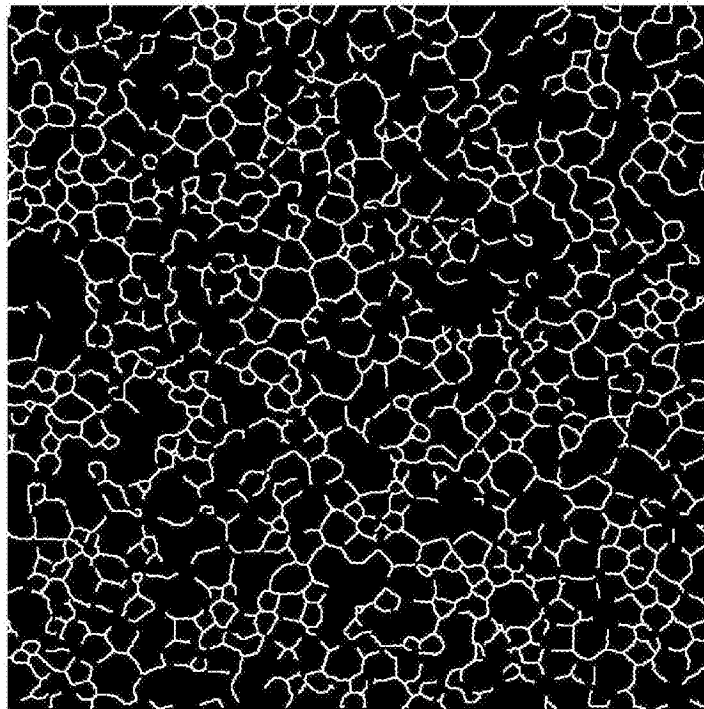


图34B