



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110622048 B

(45) 授权公告日 2023.03.28

(21) 申请号 201880012810.5

马修·B·约翰逊

(22) 申请日 2018.03.01

(74) 专利代理机构 北京天昊联合知识产权代理有限公司 11112

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110622048 A

专利代理人 顾红霞 张芸

(43) 申请公布日 2019.12.27

(51) Int.CI.

G02B 5/26 (2006.01)

(30) 优先权数据
62/466,104 2017.03.02 US

G02B 5/08 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2019.08.20

G02B 1/04 (2006.01)

(86) PCT国际申请的申请数据

(56) 对比文件

PCT/US2018/020500 2018.03.01

CN 102906605 B, 2016.02.03

(87) PCT国际申请的公布数据

CN 102906605 B, 2016.02.03

W02018/160866 EN 2018.09.07

CN 1365344 A, 2002.08.21

(73) 专利权人 3M创新有限公司

CN 1681647 A, 2005.10.12

地址 美国明尼苏达州

CN 101396884 A, 2009.04.01

(72) 发明人 蒂莫西·J·内维特
吉勒·J·伯努瓦

CN 1062496 A, 1992.07.08

CN 1301853 C, 2007.02.28

CN 1449942 A, 2003.10.22

审查员 孙晓康

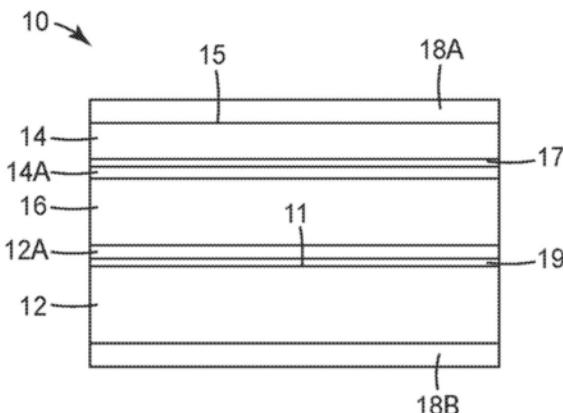
权利要求书2页 说明书29页 附图33页

(54) 发明名称

具有低光学厚度敏感性的动态反射彩色膜

(57) 摘要

本发明公开了一种制品，所述制品包括：反射器，所述反射器具有随入射角的变化而基本上恒定的反射带；聚合物多层膜层组，所述聚合物多层膜层组包括具有随着远离法线的入射角的增加而增加的反射率的前表面部分反射器；以及波长选择性吸收器，所述波长选择性吸收器具有至少部分地与所述反射器的所述反射带重合的透射带。



1.一种膜制品,包括:

第一聚合物多层膜叠堆,所述第一聚合物多层膜叠堆包括反射器,所述反射器具有反射率在可见光范围内随入射角的变化而基本上恒定的反射带;

所述第一聚合物多层膜叠堆上的聚合物层,所述聚合物层包括波长选择性吸收器,所述波长选择性吸收器具有至少部分地与所述反射器的所述反射带重合的透射带,

所述聚合物层上的第二聚合物多层膜叠堆,所述第二聚合物多层膜叠堆包括具有随着远离法线的入射角的增加而增加的反射率的前表面部分反射器;其中在可见光范围内,对于任何入射平面的非偏振光,所述前表面部分反射器对垂直入射的非偏振光具有小于30%的反射率,并且对以60度入射角倾斜入射的光具有45%至60%的反射率。

2.根据权利要求1所述的膜制品,其中对于任何入射平面的非偏振光,所述前表面部分反射器对垂直入射的非偏振光具有大于70%的透射率,并且对以60度入射角倾斜入射的光具有55%至40%的透射率。

3.根据权利要求1所述的膜制品,其中所述前表面部分反射器具有倾斜透射光谱。

4.根据权利要求1所述的膜制品,其中所述制品具有倾斜反射光谱。

5.根据权利要求1所述的膜制品,其中所述波长选择性吸收器位于所述反射器和所述前表面部分反射器之间的聚合物层中。

6.一种膜制品,包括:

吸光背衬;

所述吸光背衬上的第一聚合物多层膜叠堆,所述第一聚合物多层膜叠堆包括具有反射率在可见光范围内随入射角的变化而基本上恒定的反射带的背反射器;

所述第一聚合物多层膜叠堆上的聚合物层,所述聚合物层包括具有至少部分地与所述背反射器的所述反射带重合的透射带的波长选择性吸收器;

所述聚合物层上的第二聚合物多层膜叠堆,其中所述第二聚合物多层膜叠堆包括准直前表面部分反射器,在可见光范围内,对于任何入射平面而言所述准直前表面部分反射器对垂直入射的非偏振光具有小于30%的反射率,并且对60度入射的非偏振光具有大于45%的反射率,并且其中所述前表面部分反射器具有红色倾斜反射光谱;以及

所述第二聚合物多层膜层组上的漫射层。

7.一种膜制品,包括:

黑色背衬层;

所述黑色背衬层上的第一聚合物多层膜叠堆,其中所述第一聚合物多层膜叠堆包括共挤出聚合物微层,所述共挤出聚合物微层取向成产生具有反射率在可见光范围内随入射角的变化而基本上恒定的反射带的反射器;

所述第一聚合物多层膜叠堆上的聚合物层,所述聚合物层包括具有至少部分地与所述反射器的所述反射带重合的透射带的染料;

所述聚合物层上的第二聚合物多层膜叠堆,其中所述第二聚合物多层膜叠堆包括取向成产生准直前表面部分反射器的共挤出聚合物微层,在可见光范围内,对于任何入射平面而言所述准直前表面部分反射器对垂直入射的非偏振光具有小于30%的反射率,并且对60度入射的非偏振光具有45%至60%的反射率,并且其中所述准直前表面部分反射器具有蓝色倾斜透射光谱;以及

所述第二聚合物多层膜层组上的漫射层。

8.一种多层聚合物膜制品，包括：

第一聚合物多层膜叠堆，所述第一聚合物多层膜叠堆包括反射器，所述反射器具有反射率在可见光范围内随入射角的变化而基本上恒定的反射带；

所述第一聚合物多层膜叠堆上的聚合物层，所述聚合物层包括波长选择性吸收器，所述波长选择性吸收器具有至少部分地与所述反射器的所述反射带重合的透射带，

所述聚合物层上的第二聚合物多层膜叠堆，所述第二聚合物多层膜叠堆包括具有随着远离法线的入射角的增加而增加的反射率的前表面部分反射器；在可见光范围内，对于任何入射平面而言所述前表面部分反射器对处于法向角的非偏振光具有大于70%的透射率，并且对60度入射角的非偏振光具有55%至40%的透射率。

9.一种多层聚合物膜制品，包括：

第一聚合物多层膜叠堆，所述第一聚合物多层膜叠堆包括反射器，所述反射器具有反射率在可见光范围内随入射角的变化而基本上恒定的反射带；

所述第一聚合物多层膜叠堆上的聚合物层，所述聚合物层包括波长选择性吸收器，所述波长选择性吸收器具有至少部分地与所述反射器的所述反射带重合的透射带，

所述聚合物层上的第二聚合物多层膜叠堆，所述第二聚合物多层膜叠堆包括具有随着远离法线的入射角的增加而增加的反射率的前表面部分反射器；在可见光范围内，对于任何入射平面而言所述前表面部分反射器对处于法向角的非偏振光具有大于75%的透射率，并且对60度入射角的非偏振光具有55%至40%的透射率。

10.一种多层聚合物膜制品，包括：

第一聚合物多层膜叠堆，所述第一聚合物多层膜叠堆包括反射器，所述反射器具有反射率在可见光范围内随入射角的变化而基本上恒定的反射带；

所述第一聚合物多层膜叠堆上的聚合物层，所述聚合物层包括波长选择性吸收器，所述波长选择性吸收器具有至少部分地与所述反射器的所述反射带重合的透射带，

所述聚合物层上的第二聚合物多层膜叠堆，所述第二聚合物多层膜叠堆包括具有随着远离法线的入射角的增加而增加的反射率的前表面部分反射器；在可见光范围内，对于任何入射平面而言所述前表面部分反射器对处于法向角的非偏振光具有大于80%的透射率，并且对60度入射角的非偏振光具有55%至40%的透射率。

具有低光学厚度敏感性的动态反射彩色膜

背景技术

[0001] 包括一个或多个多层光学膜(MOF)的膜制品可被制造为根据照明源、观察者(或传感器)的几何结构、以及被选择用于形成膜元件和MOF的材料来反射高饱和度颜色。MOF制品和膜通常是(沿厚度轴)非常薄、在垂直于膜厚度方向的x-y膜平面中具有大尺寸的高纵横比结构。膜平面的法线限定z轴,其中相对于膜法向轴描述观察者和一个或多个照明源的几何构型。

[0002] 一些MOF制品具有结构光学厚度(caliper/thickness)变化,这些变化可导致被制造为获得目标反射颜色响应的制品发生反射颜色响应的空间和时间依赖性变化。在MOF制造过程中,光学厚度可在短、中和长时间标度上发生变化,以及在基于大尺寸MOF的结构上发生空间变化。

发明内容

[0003] 光学厚度变化使得难以制造具有在制品的大面积上既准确(相对于目标)、又空间上均匀的目标反射颜色响应(随观察者视角的变化)的MOF制品。光学厚度变化还可使得第一时间制造的MOF制品难以具有与稍后第二时间制造的同一MOF制品相比几乎相同的反射颜色响应。第一时间和第二时间之间的时间间隔可为选定制造运行中的数分钟或数小时,或不同制造运行之间的数周、数月或数年。

[0004] 在一个方面,本公开涉及含MOF的制品,所述含MOF的制品具有对(短期和长期以及空间上的)光学厚度变化的敏感性减弱的选定饱和反射颜色响应。在一些非限制性示例中,这些MOF制品可用作“精密”动态反射的颜色饰板、贴花、覆盖物和标志,其中一个或多个颜色目标、颜色动态、颜色饱和度和观察到的颜色均匀度是有价值的。

[0005] 在一个方面,本公开涉及一种制品,该制品包括反射器,该反射器具有随入射角的变化而基本上恒定的反射带;聚合物多层膜层组,该聚合物多层膜层组包括具有随着远离法线的入射角的增加而增加的反射率的前表面部分反射器;以及波长选择性吸收器,该波长选择性吸收器具有至少部分地与反射器的反射带重合的透射带。

[0006] 在另一方面,本公开涉及一种制品,该制品包括吸光背衬;该吸光背衬上的第一聚合物多层膜,该第一聚合物多层膜包括具有随入射角的变化而基本上恒定的反射带的背反射器;该第一聚合物多层膜上的聚合物层,该聚合物层包括具有至少部分地与背反射器的反射带重合的透射带的波长选择性吸收器;该聚合物层上的第二聚合物多层膜,其中第二聚合物多层膜包括准直前表面部分反射器,对于任何入射平面的非偏振光而言该准直前表面部分反射器对垂直入射光具有小于约30%的反射率,并且对非偏振光的以60度入射角倾斜入射的光具有约45%至约60%的反射率,并且其中前表面部分反射器具有红色倾斜反射光谱;以及该第二聚合物多层膜层组上的漫射层。

[0007] 在另一方面,本公开涉及一种制品,该制品包括黑色背衬层;该黑色背衬层上的第一聚合物多层膜,其中第一聚合物多层膜包括共挤出聚合物微层,该共挤出聚合物微层取向成产生具有随入射角的变化而基本上恒定的反射带的反射器;该第一聚合物多层膜上的

聚合物层，该聚合物层包括具有至少部分地与反射器的反射带重合的透射带的染料；该聚合物层上的第二聚合物多层膜，其中第二聚合物多层膜包括取向成产生准直前表面部分反射器的共挤出聚合物微层，对于任何入射平面而言该准直前表面部分反射器对带随机偏振的垂直入射光具有大于约30%的反射率，并且对非偏振光的以60度入射角倾斜入射的光具有约45%至约60%的反射率，并且其中前表面部分反射器具有红色倾斜反射光谱；以及该第二聚合物多层膜层组上的漫射层。

[0008] 在另一个实施方案中，本公开涉及一种膜制品，对于任何入射平面而言该膜制品对处于法向角的非偏振光具有大于70%的透射率，并且对60度入射角的非偏振光具有约55%至约40%的透射率。

[0009] 在另一个实施方案中，本公开涉及一种多层聚合物膜制品，对于任何入射平面而言该多层聚合物膜制品对处于法向角的非偏振光具有大于75%的透射率，并且对60度入射角的非偏振光具有约55%至约40%的透射率。

[0010] 在另一个实施方案中，本公开涉及一种多层聚合物膜制品，对于任何入射平面而言该多层聚合物膜制品对处于法向角的非偏振光具有大于80%的透射率，并且对60度入射角的非偏振光具有约55%至约40%的透射率。

[0011] 本发明的一个或多个实施方案的细节在以下附图和说明书中示出。从说明书和附图以及从权利要求中可显而易见本发明的其它特征、目的和优点。

附图说明

- [0012] 图1为包括多层光学膜(MOF)的膜制品的剖视图。
- [0013] 图2为多层光学膜的示意性透视图。
- [0014] 图2A为多层光学膜的剖视图。
- [0015] 图3为反射膜的示意性透视图。
- [0016] 图4为近似对称反射膜的一个实施方案的反射率对空气中的入射角的曲线图。
- [0017] 图5为不对称反射膜的一个实施方案的反射率对空气中的入射角的曲线图。
- [0018] 图6为响应于可见波长范围中的光的人眼的RGB颜色匹配函数(CIE1931)。
- [0019] 图7A至图7E为示出光谱倾斜度的定量定义的曲线图。
- [0020] 图8为示出聚合物多层光学膜效应的曲线图，该聚合物多层光学膜具有由于其组分的折射率关系而随角度增加的反射率。
- [0021] 图9为示出聚合物多层光学膜效应的曲线图，该聚合物多层光学膜具有随入射角增加而向较短波长移动的倾斜透射光谱。
- [0022] 图10为示出同时具有由于其组分的折射率关系而随角度增加的反射率和随入射角增加而向较短波长移动的倾斜透射光谱的聚合物多层光学膜的组合效应的曲线图。
- [0023] 图11A、图11B和图11C为前表面部分反射器的各种实施方案的示意性剖视图。
- [0024] 图12A为可用于共挤出不对称反射膜的方法的示意图。
- [0025] 图12B为送料区块的一个实施方案的示意透视图，该送料区块可用于图12A所示的方法。
- [0026] 图13为使用图12A所示的方法的不对称反射膜的透射率对波长的曲线图。
- [0027] 图14A为实施例1的MOF制品的光学重复单元的层厚度分布的图。

[0028] 图14B至图14C分别为实施例1的MOF制品的D65光源光谱的0度、45度和70度(近掠射)光入射角的计算的反射光谱、和所得反射颜色a*和b*的图。

[0029] 图14D为0度、45度和70度(近掠射)视角下的实施例1的MOF制品的前表面部分反射器、吸收层和背反射器元件的完整组合的计算的镜面反射光谱的图。

[0030] 图14E为实施例1的MOF制品的增加光入射角下的明视反射率Y的增加和Lab颜色系统的“亮度”度量L*的图。

[0031] 图14F示出实施例1的MOF制品的计算的总体反射颜色,其中三角形、正方形和圆形符号以5度的增量示出法向入射角(0度)至掠射角85度范围内的a*b*颜色值。

[0032] 图15A为实施例2的MOF制品的光学重复单元的层厚度分布的图。

[0033] 图15B至图15C分别为实施例2的MOF制品的D65光源光谱的0度、45度和70度(近掠射)光入射角的计算反射光谱、和所得反射颜色a*和b*的图。

[0034] 图15D为0度、45度和70度(近掠射)视角下实施例2的MOF制品的前表面部分反射器、吸收层和背反射器元件的完整组合的计算镜面反射光谱的图。

[0035] 图15E为实施例2的MOF制品的增加光入射角下的明视反射率Y的增加和Lab颜色系统的“亮度”度量L*的图。

[0036] 图15F示出实施例2的MOF制品的计算的总体反射颜色,其中三角形、正方形和圆形符号以5度的增量示出法向入射角(0度)至掠射角85度范围内的a*b*颜色值。

[0037] 图16A为实施例3的MOF制品的光学重复单元的层厚度分布的图。

[0038] 图16B至图16C分别为实施例3的MOF制品的D65光源光谱的0度、45度和70度(近掠射)光入射角的计算反射光谱、和所得反射颜色a*和b*的图。

[0039] 图16D为0度、45度和70度(近掠射)视角下实施例3的MOF制品的前表面部分反射器、吸收层和背反射器元件的完整组合的计算镜面反射光谱的图。

[0040] 图16E为实施例3的MOF制品的增加光入射角下的明视反射率Y的增加和Lab颜色系统的“亮度”度量L*的图。

[0041] 图16F示出实施例3的MOF制品的计算的总体反射颜色,其中三角形、正方形和圆形符号以5度的增量示出法向入射角(0度)至掠射角85度范围内的a*b*颜色值。

[0042] 图17A为实施例4的MOF制品的光学重复单元的层厚度分布的图。

[0043] 图17B至图17C分别为实施例4的MOF制品的D65光源光谱的0度、45度和70度(近掠射)光入射角的计算反射光谱、和所得反射颜色a*和b*的图。

[0044] 图17D为0度、45度和70度(近掠射)视角下实施例4的MOF制品的前表面部分反射器、吸收层和背反射器元件的完整组合的计算镜面反射光谱的图。

[0045] 图17E为实施例4的MOF制品的增加光入射角下的明视反射率Y的增加和Lab颜色系统的“亮度”度量L*的图。

[0046] 图17F示出实施例4的MOF制品的计算的总体反射颜色,其中三角形、正方形和圆形符号以5度的增量示出法向入射角(0度)至掠射角85度范围内的a*b*颜色值。

[0047] 图18A为实施例5的MOF制品的光学重复单元的层厚度分布的图。

[0048] 图18B至图18C分别为实施例5的MOF制品的D65光源光谱的0度、45度和70度(近掠射)光入射角的计算反射光谱、和所得反射颜色a*和b*的图。

[0049] 图18D为0度、45度和70度(近掠射)视角下实施例5的MOF制品的前表面部分反射

器、吸收层和背反射器元件的完整组合的计算镜面反射光谱的图。

[0050] 图18E为实施例5的MOF制品的增加光入射角下的明视反射率Y的增加和Lab颜色系统的“亮度”度量L*的图。

[0051] 图18F示出实施例5的MOF制品的计算的总体反射颜色,其中三角形、正方形和圆形符号以5度的增量示出法向入射角(0度)至掠射角85度范围内的a*b*颜色值。

[0052] 图19为膜制品的横截面的示意图。

[0053] 在这些附图中,类似的符号表示类似的元件。

具体实施方式

[0054] 在以下详细描述和实施例中,除非另外指明,否则术语透射光谱、透射率、反射光谱和反射率通常是指可见光平均特性或明视加权特性。

[0055] 参考图1,在一个实施方案中,本公开涉及包括高度反射宽带式背反射器12的MOF膜制品10。背反射器12具有反射带,该反射带覆盖可见光谱并且随着入射在其前表面11上的光的宽范围入射角的变化来这样做。MOF膜制品10还包括作为前表面部分反射器的聚合物多层膜14,该前表面部分反射器具有随着远离入射在其前表面15上的光的法线的入射角的增加而显著增加的反射率。对于构成MOF膜制品10的工作观察范围的所有光入射角,背反射器12和MOF前表面部分反射器14均具有基本上与可见光的波长范围重叠的反射带。

[0056] MOF制品10还包括具有至少部分地与背反射器12的反射带重叠的透射带和相关联的最大透射率的波长选择性吸收器。在一些实施方案中,波长选择性吸收器可存在于背反射器12和MOF前表面部分反射器14中的一者或两者中。在一些实施方案中,波长选择性吸收器可存在于吸收器16中。在一些实施方案中,吸收器16是其中掺入有颜料或染料中的至少一种的聚合物膜。

[0057] 在一些实施方案中,MOF膜制品10的层12、14、16中的至少一些可彼此直接接触并共享界面。在一些实施方案中,MOF膜制品10可任选地包括(例如,光学粘合剂的)中间层12A、14A。

[0058] 在一些实施方案中,MOF膜制品10包括任选的表面层18A、18B,其可保护制品免受损坏或提供期望的光学效应。合适的表面层18A、18B包括但不限于折射元件、衍射元件、漫射元件等。例如,折射元件可使被MOF膜制品10反射的光准直和/或去准直。在其它实施方案中,例如,表面层18A、18B可漫射入射在MOF制品10上或离开该MOF制品的光。例如,在一些实施方案中,表面层18A可为玻璃或聚合物膜的漫射层。在其它实施方案中,表面层18A、18B可具有选定颜色以对由MOF膜制品10反射或透射的光进行改性。例如,MOF制品10的背面上的表面层18B可为吸收层。

[0059] 在一些实施方案中,表面层18A、18B可包括一个或多个如以下专利中所述的纤维偏振膜:例如,美国专利公布No.2006/0193577(Onderkirk等人),名称为REFLECTIVE POLARIZERS CONTAINING POLYMER FIBERS(含聚合物纤维的反射型偏振器);美国专利No.7,773,834(Onderkirk等人),名称为Multilayer Polarizing Fibers and Polarizers Using Same(多层偏振纤维及使用该偏振纤维的偏振器);以及美国专利公布No.2008/0057277(Bluem等人),名称为Polymer Fiber Polarizers(聚合物纤维偏振器)。可使用的其它示例性膜包括但不限于胆甾型偏振膜、双折射玻片堆膜和双折射聚合物共混物(例如,

购自明尼苏达州圣保罗的3M公司(3M Co., St. Paul, MN)的DRPF)。

[0060] 可与MOF前表面部分反射器14一起使用的合适的反射(但部分透射)部件18A包括但不限于下表1中的以下示例:

[0061] 表1

反射器类型	构造	偏振
多层	1/4波长双折射膜, 不对称取向	偏振
	1/4波长双折射膜, 对称取向	在0度下非偏振
	玻片堆双折射膜, 不对称取向	偏振
	1/4波长各向同性膜	在0度下非偏振
	玻片堆各向同性膜,	非偏振
	穿孔镜	非偏振
	局部减薄的部分反射器 (减薄的区域中透光率增加)	偏振或非偏振
	交叉反射偏振器(交叉角度控制透射光的量)	偏振
金属	薄膜增强的金属膜	非偏振
	薄膜增强的金属膜, 已穿孔	非偏振
	线栅	偏振
漫射	无机填充的聚合物膜	非偏振
	空心的聚合物膜	非偏振
	ULI空心的Si/梯度	非偏振
	聚合物共混物	非偏振
	聚合物共混物	偏振
	不对称DRPF镜	非偏振
	不对称DRPF偏振器	偏振
	同心双折射纤维	偏振
	海岛双折射纤维	偏振
	全息漫射器	非偏振
微结构化	透镜结构或线阵棱镜	非偏振
	2D结构化表面(立体角、小透镜阵列等)	非偏振

[0062]

反射器类型	构造	偏振
胆甾型 (具有延迟片膜)	左手	偏振
	右手	偏振
	两者的组合	可调式偏振
金属/电介质	金属/电介质分层镜	非偏振

[0063]

[0064] 返回到图1,背反射器12和MOF前表面部分反射器14可包括任选的支撑层17、19。支撑层17、19可包括任何合适的材料或其组合,并且已发现聚合物膜(诸如,聚碳酸酯、丙烯酸、PET等)是尤其有用的。在一些实施方案中,MOF前表面部分反射器14可由如以下专利中所述的纤维增强光学膜支撑:例如美国专利公布No. 2006/0257678(Benson等人),名称为Fiber Reinforced Optical Films(纤维增强光学膜);美国专利公布No. 2007/0153162(Wright等人),名称为Reinforced Reflective Polarizer Films(增强的反射偏振膜);以及美国专利公布No. 2007/0153384(Onderkirk等人),名称为Reinforced Reflective Polarizer Films(增强的反射偏振膜)。另外,前表面部分反射器14可使用任何合适的技术(诸如,通过光学粘合剂)附接到支撑层17。

[0065] 在各种实施方案中,波长选择性吸收器16可包括例如通过吸收可见光中与预定颜色相关联的预定波长带、峰或光谱而具有任何期望颜色的颜料或染料。例如,可选择波长选择性吸收器16的颜色以整体地调谐MOF膜制品10的外观。例如,可选择颜色以调谐MOF膜制品10的反射或散射波长,或者对观察到的MOF制品10的由其主表面在选定观察角范围内表现出的动态颜色进行改性。

[0066] 在各种实施方案中,波长选择性吸收器16在与背反射器12的反射带相同的波长范围内,并且在与MOF前表面部分反射器14相同的波长范围内的可见波长中具有最大透射率。在一些实施方案中,MOF前表面部分反射器14具有基本上随远离入射在MOF膜制品10上的光的法线的入射角增加而增加的反射率。

[0067] 波长选择性吸收器16在阻挡可见光波长的同时,可透射至少一些或基本上全部的近红外波长。在一些示例中,波长选择性吸收器16可包括单独的涂层,该涂层包括染料或颜料中的一者或两者。在一些示例中,波长选择性吸收器16可不包括染料,并且可包括近红外透射的可见散射颜料,其在某些情况下也可为吸收性的。例如,波长选择性吸收器16可包括Lumogen Black FK 4280或Lumogen Black FK 4281(密歇根州南菲尔德的巴斯夫公司(BASF, Southfield, MI))。

[0068] 在一些实施方案中,波长选择性吸收器16可包括MOF,并且多层膜的层中的一个或多个可包括染料或颜料中的一者或两者。在一些示例中,波长选择性吸收器16可包括或可为粘合剂层、聚合物膜层、表层或含染料或颜料的多层膜的任何其它层。

[0069] 在一些实施方案中,MOF制品10可不包括具有波长选择性吸收器的单独的层16,并且相反地,可包括在任何其它合适的层中的波长选择性染料或颜料。在一些实施方案中,颜料或染料可存在于背反射器12或MOF前表面部分反射器14中的一者或者者中,或两者中。在一些实施方案中,颜料或染料可以预定图案或区域存在于MOF膜制品10的任何层中。在一些示例中,波长选择性吸收器16可通过包括一种或多种吸收预定波长带的至少相应子带的吸收性染料或颜料而表现出宽带吸收,例如在预定波长带上的吸收。

[0070] 在一些示例中,波长选择性吸收器16可包括任选的小珠或粒子以引起漫射或散射。例如,波长选择性吸收器16可包括合适的介质和分散在其中的小珠或粒子。在各种实施方案中,介质可包括玻璃、聚合物、或任何其它合适的光学材料、或它们的组合。例如,小珠或粒子可包括二氧化硅、玻璃、聚合物、有机物、无机物、金属氧化物、聚苯乙烯、或其它合适的散射材料、或它们的组合。波长选择性吸收器16可包括漫射或散射空隙或孔,并且这些空隙或孔可包括诸如空气的气体。

[0071] 在反射器12、14具有镜面反射和透射响应,并且波长选择性吸收器16为具有相对低雾度的低散射层的一个实施方案中,MOF制品10在近法向观察角的范围内具有饱和的“高光泽”反射颜色的独特外观,同时随着视角增加到掠射,动态观察到的颜色改变为中性色的银色外观。

[0072] 在反射器12、14具有镜面反射和透射响应,并且波长选择性吸收器16为具有相对低雾度的低散射层的另一个实施方案中,MOF制品10在近法向观察角的范围内具有饱和的“高光泽”反射颜色的独特外观,同时随着视角增加到掠射,动态观察到的颜色改变为金色外观。

[0073] 在反射器12、14具有镜面反射和透射响应,并且波长选择性吸收层16为具有相对

高透明度的低散射层的另一个实施方案中,MOF制品10在近法向观察角的范围内具有饱和的“高光泽”反射颜色的独特外观,同时随着视角增加到掠射,动态观察到的颜色改变为绿金色外观。

[0074] 在各种实施方案中,MOF制品10具有动态颜色外观,其在接近MOF制品10的法线的观察角内部分地模拟具有饱和镜面反射颜色的抛光贵金属表面的外观,并且随着观察角移动到掠射,动态地将外观改变为银色或金色或绿金色的镜面反射颜色。

[0075] 在各种实施方案中,之所以产生MOF制品10的这种动态颜色外观,部分是因为入射在MOF前表面部分反射器膜14上的可见光线将经历宽带式可见光反射,其中反射的强度取决于光线的入射角。对于来自空气的相对高的入射角(约50度至约80度),入射光线可被强烈反射,其中反射率大于约50%,接近100%的近掠射角。这导致MOF前表面部分反射器14的镜面反射颜色,其对于相对高的观察角主导MOF制品10的颜色外观。

[0076] 对于更接近MOF前表面部分反射器14的法线入射的光线,反射器14的反射强度可被强烈地减弱,从而对于某些动态颜色设计,在近法向角下接近约20%至25%。在这种情况下,MOF制品10的颜色外观将由背反射器12(如上文所述,为宽带式反射器)顶上的下面波长选择性吸收器16的颜色主导。

[0077] 如先前所述,当背反射器12具有几乎恒定且相对强(在可见光带上为大于约70%反射率)并且与合适的低雾度波长选择性吸收器16重叠的宽带式可见光反射光谱时,对于吸收器16高度透射的选定颜色波长,吸收器16覆盖作为镜面部分反射器的背反射器12的组合的反射强度可以非常强(50%至高达85%),而对于吸收器16强烈吸收的相邻波长,吸收器16和背反射器12的组合的反射强度将相对低或非常低。

[0078] 设置在高度反射宽带式背反射器12顶上的高透明度吸收器16的所述组合可被设计成对于范围从法线到掠射的观察角具有不明显的颜色外观变化。吸收器16的波长选择性吸收特性不依赖于任何形式的干涉或相位相干现象,而是取决于光线路径吸收。光线路径吸收至少大致遵循比尔定律(Beer's Law),其中吸收率仅取决于吸收器16的折射率的虚部(波长相关损耗部分)和通过层16的路径长度。通过吸收层16的路径长度虽然细节方面复杂,但却是非常好的近似值,简单地与吸收层16的厚度乘以穿过该层16的传播角的1/余弦成比例,对于高透明度吸收层而言,当光线从空气入射时,路径长度从近法向光线缓慢且极小地改变为近掠射光线。

[0079] 在一些实施方案中,MOF前表面部分反射器可在近法向入射角范围内的可见光上提供弱反射光谱,其中随着视角增加到掠射,反射强度增加使得动态地改变为不透明且高度反射的银色外观反射器。在另选的实施方案中,MOF前表面部分反射器可被制造为在近法向入射角范围内的可见光上提供弱反射光谱,其中随着视角增加到掠射,反射强度增加使得动态地改变为不透明且高度反射的金色外观反射器。在另一个实施方案中,MOF前表面部分反射器可在近法向入射角范围内的可见光上提供弱反射光谱,其中随着视角增加到掠射,反射强度增加使得动态地改变为不透明且高度反射的绿金色外观反射器。

[0080] 在MOF制品10的一些实施方案中,作为中性色宽带式可见反射器的背反射器12与波长选择性吸收器16重叠的组合的反射颜色可具有随着观察角的变化而相对恒定的反射颜色。对于所有可用的观察角,宽带式背反射器12可具有位于可见波长区域之外的反射带边缘,并且波长选择性吸收层仅通过穿过吸收层16的路径长度变化来改变其颜色。

[0081] 因此,MOF制品10内的这些部件的反射颜色外观可对MOF制造过程中典型的光学厚度变化不敏感。对于这种情况,制造这些部件之间的时间间隔将不导致位于宽带式背反射器12顶上的吸收层16的组合的颜色外观的显著变化。此外,可以使大面积MOF制品10上的下面背反射器12和吸收层16的空间上均匀的颜色是不明显的,前提条件是吸收层16的颜料浓度和吸收层厚度、以及对于所有可用的观察角而言反射带边缘均在可见光谱之外的布置可在此大面积上实现。

[0082] 另外,如果MOF前表面部分反射器14具有位于所有可用观察角的可见光谱之外的反射带边缘,则可使包括MOF前表面部分反射器14的完整MOF制品10的动态颜色响应对时间和空间颜色变化相对不敏感,从而使其反射的颜色响应对光学厚度变化不敏感。

[0083] 在MOF制品10的一些实施方案中,提供反射颜色响应的吸收层16和宽带式背反射器12可包括嵌入高度散射矩阵中的波长选择性吸收染料或颜料,其可形成朝向MOF制品10的前表面的显著波长选择性后向散射;该波长选择性吸收染料或颜料例如为着色油漆。这种吸收和散射的吸收层16可对MOF制品10的发生漫反射的前表面提供颜色响应。漫反射颜色响应具有波长选择性后向散射,与在吸收层16具有高透明度并且由高反射率镜面宽带式背反射器12作为背衬的情况下相比,波长选择性后向散射可导致较不强烈的近法向视角颜色响应。此外,如果吸收层16为高度散射矩阵,则层16可被制成不具有波长选择性染料或颜料,从而为吸收层16提供漫射的白色外观。在另一个实施方案中,如果吸收层16为高度散射矩阵层,则层16可包括可向层16提供漫射的黑色或灰色外观的所有可见波长吸收染料或颜料。

[0084] 在另一个实施方案中,吸收层16可包括嵌入弱散射矩阵中的波长选择性吸收染料或颜料,诸如具有5%或25%或90%或更大的雾度值的层。例如,波长选择性吸收层16可包括矩阵和分散在矩阵中的小珠或粒子。矩阵可包括玻璃、聚合物、或任何其它合适的光学介质、或它们的组合。小珠或粒子可包括二氧化硅、玻璃、聚合物、有机物、无机物、金属氧化物、聚苯乙烯、或其它合适的散射材料、或它们的组合。波长选择性吸收层16可包括漫射或散射的空隙或孔,并且这些空隙或孔可包括气体,诸如空气。并且散射元件可衍生自有色颜料本身,前提条件是它们附聚成足够大以在可见波长下产生散射的宏粒子。

[0085] 对于吸收层16的替代散射形式和高雾度形式中的每一种,可如图1所示的那样耦合高度反射宽带镜面背反射器12,其向前表面定向散射光提供强度加强。在一些实施方案中,当通过MOF前表面部分反射器14(为准直反射元件)从近法向观察角观察时,这种组合的层构造可增加高散射或雾度着色或染色吸收层16的亮度或颜色饱和度。

[0086] 对于散射且吸收的层16以及与宽带式背反射器12组合的低雾度吸收层16的所有实施方案,无论入射光的入射平面如何(图3),随着视角的变化,从MOF制品10的前表面15入射并且随后从吸收层16和背反射器12反射和/或后向散射的可见光的反射颜色响应在颜色和颜色强度方面将是相对恒定的。换句话讲,对于非偏振入射光,反射颜色响应是方位角对称的并且是非偏振的。

[0087] 与颜色产生吸收层16的任何形式结合的准直镜面MOF前表面部分反射器元件14的每种形式然后可与MOF制品10的背反射器12组合。在各种实施方案中,背反射器12包括但不限于任何宽带式可见反射器(诸如MOF干涉反射器)、基底上的涂覆金属层(诸如聚合物膜上、玻璃层上或结构元件上的银层、金层或铝层)。其它背反射器12包括由多层无机层干涉

结构、无机和有机干涉层的组合、或有机和金属层的组合形成的宽带式可见反射器。

[0088] 背反射器12是高度反射的，并且在各种实施方案中对于任何偏振的可见光具有至少90%、95%、98%、99%或更大的可见光轴向平均反射率。这样的反射率值涵盖了反射到半球中的所有可见光，即这样的值同时包括镜面反射和漫反射。

[0089] 无论在空间上均匀分布或呈一定的图案，背反射器12都可以主要是镜面反射器、漫反射器或二者的组合。在一些实施方案中，背反射器12可为半镜面反射器，如本文进一步描述的。还可参见美国专利No. 8,608,363和9,091,408 (Weber等人)，名称为RECYCLING BACKLIGHTS WITH SEMI-SPECULAR COMPONENTS (具有半镜面部件的循环背光源)；美国专利No.8,523,419 (Nevitt等人)，名称为THIN HOLLOW BACKLIGHTS WITH BENEFICIAL DESIGN CHARACTERISTICS (具有有益设计特性的薄型中空背光源)；以及美国专利No.7,905,650 (Ma等人)，名称为BACKLIGHT SUITABLE FOR DISPLAY DEVICES (适用于显示设备的背光源)。在一些情况下，背反射器12可由具有高反射率涂层的刚性金属基底制成，或者由层压到支承基底的高反射率膜制成。

[0090] 用于背反射器12的合适的高反射率材料包括购自3M公司的Vikuiti Enhanced Specular Reflector (增强型镜面反射器，ESR) 多层聚合物膜；使用0.4密耳(0.01毫米)厚的丙烯酸异辛酯-丙烯酸压敏粘合剂将掺有硫酸钡的聚对苯二甲酸乙二醇酯膜(2密耳(0.05毫米)厚)层压到Vikuiti ESR膜而形成的膜，本文将所得的层合膜称为“EDR II”膜；购自东丽株式会社(Toray Industries, Inc)的E-60系列的Lumirror聚酯膜；多孔聚四氟乙烯(PTFE)膜，诸如购自戈尔联合公司(W.L.Gore&Associates, Inc.)的那些；购自蓝菲光学有限公司(Labsphere, Inc.)的Spectralon反射材料；购自阿拉诺德铝精炼有限公司(Alanod Aluminum-Veredlung GmbH&Co.)的Miro阳极氧化铝膜(包括Miro 2膜)；购自日本古河电气有限公司(Furukawa Electric Co., Ltd.)的MCPET高反射率发泡片材；购自三井化学株式会社(Mitsui Chemicals, Inc.)的White Refstar膜和MT膜；以及2xTIPS。

[0091] 背反射器12可为基本上平坦和平滑的，或者可具有与之相关联的结构化表面，以增强光的散射或混合。这种结构化表面可被施加在(a)背反射器12的表面11上，或(b)涂覆于表面11的透明涂层上。在前一种情况下，可将高反射率膜层合到预先形成结构化表面的基底，或者可将高反射率膜层合到平坦基底(诸如金属薄片，这与购自3M公司的Vikuiti耐用增强型镜面反射片-金属(Durable Enhanced Specular Reflector-Metal, DESR-M)反射器类似)，然后再诸如采用压印操作形成结构化表面。在后一种情况下，可将具有结构化表面的透明膜层合到平坦反射表面，或可将透明膜施加到反射器，然后再将结构化表面施加到透明膜的顶上。

[0092] 在一些实施方案中，背反射器12对可见光具有高半球反射率，其通常显著高于前表面部分反射器14，这是因为前表面部分反射器(背反射器的半球反射率被称为 R_{hemi}^b ，而前反射器的半球反射率被称为 R_{hemi}^f)被有意地设计成部分透射以提供该构造10所需的光输出。用于背反射器12的合适材料包括但不限于：购自3M公司的ESR Vikuiti增强型镜面反射器多层聚合物膜，其具有99.4%的半球反射率(R_{hemi}^b)；近朗伯(near-Lambertian)漫反射材料，诸如购自乔治亚州桃树城的古河电工美国公司(Furukawa America, Inc., Peachtree City, GA)的MC-PET微孔PET反射片，其具有98.4%的半球反射率；以及以商品名反射器膜(RRF-1133)购自瑞飞公司(Reflexite)的填充型聚酯薄膜，其具有97.5%的半球反射率；以

及半镜面材料,诸如来自3M公司的BG ESR,其具有约98%的半球反射率;以及如美国专利No.5,976,686中描述的使用热致相分离制备的多孔聚丙烯膜。使用例如美国专利No.8,523,419(Nevitt等人),名称为THIN HOLLOW BACKLIGHTS WITH BENEFICIAL DESIGN CHARACTERISTICS(具有有益设计特性的薄型中空背光源)中描述的技术对上述材料进行半球反射率测量。

[0093] MOF前表面部分反射器14可包括任何合适的一个或多个膜和/或一个或多个层,它们被配置为具有通常随着入射角增加的镜面反射率和通常随着入射角减小的透射率,其中反射率和透射率是针对如图3所述的任一入射平面的非偏振可见光而言的。

[0094] 在各种实施方案中,MOF前表面部分反射器14被配置为至少对于可见光是部分透射的和部分反射的。MOF前表面部分反射器14的透射允许入射在MOF制品10的前表面上的光的至少一部分穿透制品到部分反射器14以下。穿透到部分反射器14以下的光随后被波长选择性吸收层16和宽带背反射器12反射或后向散射回穿过MOF制品10的前表面15,这可向制品10赋予饱和反射颜色。对于入射光的另一部分,前表面部分反射器14具有高反射率水平。对于该部分,从MOF制品10观察到的反射颜色可由来自MOF前表面部分反射器14的反射光谱的形状所提供的颜色外观主导。

[0095] 在一个实施方案(并非意图进行限制)中,MOF前表面部分反射器14通过设计一个或多个双折射多层光学膜的膜叠堆来实现上述这些光学性能目标。参见例如美国专利No.5,882,774(Jonza等人),名称为OPTICAL FILM(光学膜);美国专利No.6,905,220(Wortman等人),名称为BACKLIGHT SYSTEM WITH MULTILAYER OPTICAL FILM REFLECTOR(具有多层光学膜反射器的背光源系统);美国专利No.6,210,785(Weber等人),名称为HIGH EFFICIENCY OPTICAL DEVICES(高效率光学设备);以及美国专利No.6,783,349(Neavin等人),名称为APPARATUS FOR MAKING MULTILAYER OPTICAL FILMS(制备多层光学膜的设备)。

[0096] 多层光学膜(即,至少部分地通过不同折射率的微层布置以提供期望的透射和/或反射特性的膜)已为人知。众所周知,这类多层光学膜通过在真空中将无机材料以光学薄层(“微层”)的形式有序沉积于基底上而制成。无机多层光学膜在例如H.A.Macleod,薄膜滤光器(Thin-Film Optical Filters),第二版,Macmillan Publishing Co.(1986)和A.Thelan,光学干涉滤波器的设计(Design of Optical Interference Filters),McGraw-Hill,Inc.(1989)中有所描述。

[0097] 在一些实施方案中,多层光学膜可通过共挤出交替的聚合物层来制备。参见例如美国专利3,610,724(Rogers)、美国专利4,446,305(Rogers等人)、美国专利4,540,623(Im等人)、美国专利5,448,404(Schrenk等人)以及美国专利5,882,774(Jonza等人)。在这些聚合物多层光学膜中,聚合物材料主要或专门用于各个层的制备中。此类膜适合高产量制造工艺,并且可制成大型片材和卷材。

[0098] 用于光学滤光器中的聚合物多层光学膜在例如PCT公布No.W095/17303;W095/17691、W095/17692、W095/17699、W096/19347;和W099/36262中有所描述。一种商购形式的多层反射型偏振器为由明尼苏达州圣保罗的3M公司销售的反射式偏光增亮膜(DBEF)。聚合物多层光学膜通常使用具有不同折射率的聚合物材料的交替层形成,并且如果聚合物在透射波长范围内相对透明,则可使用任何聚合物或聚合物的组合。

[0099] 对于偏振应用而言,形成前表面部分反射器14的多层膜叠堆中的第一光学层、第二光学层、或两者可使用聚合物形成,这些聚合物是双折射的或可使之为双折射的,其中聚合物的折射率沿着如图2所示的聚合物的正交笛卡尔轴具有不同的值。一般来讲,双折射聚合物微层的正交笛卡尔轴由层平面的法线(z轴)定义,并且x轴和y轴位于层平面之内。双折射聚合物也可用于非偏振应用。

[0100] 多层光学膜叠堆(诸如用于图1的MOF制品10中的背反射器12和前表面部分反射器14的一些实施方案中的叠堆)通常包括单独微层,这些单独微层具有不同折射率特性,使得一些光在相邻微层之间的界面处被反射。这些微层很薄,足以使在多个界面处反射的光经受相长干涉或相消干涉作用,从而赋予多层光学膜期望的反射或透射特性。对于设计成在紫外线波长、可见波长或近红外波长下反射光的多层光学膜,每个微层的光学厚度(物理厚度乘以折射率)通常小于约1 μm 。然而,也可包括更厚的层,诸如在多层光学膜外表面处的表层,或设置在多层光学膜之间用于分离微层的连贯分组的保护性边界层(PLB)。这种多层光学膜主体也可包括一个或多个厚粘合剂层,以粘合层合材料中的两片或多片的多层光学膜。

[0101] 在简单的实施方案中,微层可具有对应于1/4波长叠堆的厚度和折射率值,即,微层被布置成光学重复单元(ORU)的形式,每个光学重复单元具有光学厚度(OT)相等的两个邻近微层,这种光学重复单元通过相长干涉有效地反射光,被反射光的波长 λ 是光学重复单元总光学厚度的两倍。沿着膜的微层叠堆的厚度轴(例如z轴)的厚度梯度可用于提供加宽的反射带。

[0102] 在本文中将微层的连贯分组称为微层的叠堆或微层叠堆。如图2A所示,多层光学膜叠堆220包含224个微层。叠堆224具有T1的(物理)厚度,并且多层光学膜220具有T2的总厚度,如图所示。将多层光学膜配置为仅具有一个微层连贯叠堆224简化了制造过程(假如所需的微层的数量未过量),并且允许对微层的厚度和厚度分布进行更大的控制,这进而允许对光学膜的光谱反射率和光谱透射特征进行更大的控制。在图2A中,成对的相邻微层形成光学重复单元(ORU)(被标记为ORU1至ORU6),每个ORU具有与其组成微层的光学厚度的总和相等的光学厚度(OT1、OT2…OT6)。虽然示出了仅6个ORU(12个微层),但读者将理解,典型的单个层组反射偏振器将包含更多微层和ORU,以便在目标光谱上提供足够的反射率。例如,在单个叠堆聚合物光学膜中的微层的总数量可例如小于500,或小于400,或小于350,或在200至500的范围内,或在200至400的范围内,或在200至350的范围内,或在225至325的范围内。ORU的光学厚度决定ORU表现出峰值反射率的波长。假如在层组中存在足够数量的ORU,根据期望的层厚度分布对ORU的厚度进行小心控制(其中ORU的光学厚度从该层组的一侧(例如靠近主表面220a的一侧)向该层组的相对侧(例如靠近厚层222)逐渐增加)允许微层的层组在可见光谱和期望范围的观察角上提供宽反射率。

[0103] 也可使用适于锐化此类带边缘的厚度梯度(在位于高反射和高透射之间的波长过渡下),如美国专利6,157,490(Wheatley等人)中所述。对于聚合物多层光学膜,反射带可被设计成具有锐化的带边缘和“平顶”的反射带,其中反射特性在应用的整个波长范围内是基本上恒定的。还可想到其它层布置方式,诸如具有2微层光学重复单元(其中相邻微层具有不相等的光学厚度)的多层光学膜,或光学重复单元包括多于两层微层的膜。所设计的这些另选的光学重复单元可被配置为减少或激发近紫外波长、可见波长或近红外波长中某些更

高阶的反射。参见例如美国专利No.5,360,659(Arends等人)和美国专利No.5,103,337(Schrenk等人)。

[0104] 多层光学膜可被设计成反射至少一个带宽上的一种或两种偏振光。通过精确控制这些层的厚度和沿各种膜轴的折射率,可将多层光学膜制成对于一个偏振轴是高度反射的,以及对于正交偏振轴具有较弱、较少的反射响应。因此,例如,可将多层光学膜调谐成在光谱的可见区域内强烈反射一种偏振光,同时对于垂直偏振轴进行微弱的反射(基本上为透明的)。通过适当地选择聚合物微层的双折射率以及适当地选择微层厚度,可将多层光学膜设计成使偏振光沿其两个正交面内轴中的任一个具有反射量级的任何变化。可用于制造在反射器12、14的实施方案中使用的聚合物多层光学膜叠堆的示例性材料可见于PCT公布W099/36248(Neavin等人)中,该公布以引用方式并入本文。既提供足够的折射率差异又提供足够的层间粘合的示例性双聚合物组合包括:(1)对于主要用单轴拉伸方法制备的偏振多层光学膜,该组合为:PEN/coPEN、PET/coPET、PEN/sPS、PET/sPS、PEN/Eastar和PET/Eastar,其中“PEN”是指聚萘二甲酸乙二醇酯,“coPEN”是指基于萘二羧酸的共聚物或共混物,“PET”是指聚对苯二甲酸乙二醇酯,“coPET”是指基于对苯二甲酸的共聚物或共混物,“sPS”是指间规立构聚苯乙烯和它的衍生物,并且Eastar为可从田纳西州金斯波特的伊士曼化学公司(Eastman Chemical Co.,Kingsport,TN)商购获得的聚酯或共聚酯(据信包含环己烷二亚甲基二醇单元和对苯二酸酯单元);(2)对于通过操纵双轴拉伸方法的工艺条件而制备的偏振多层光学膜,该组合为:PEN/coPEN、PEN/PET、PEN/PBT、PEN/PETG和PEN/PETcoPBT,其中“PBT”是指聚对苯二甲酸丁二醇酯,“PETG”是指使用第二种二元醇(通常是环己烷二甲醇)的PET的共聚物,并且“PETcoPBT”是指对苯二甲酸或其酯与乙二醇和1,4-丁二醇的混合物的共聚酯;(3)对于镜膜(包括有色镜膜),该组合为:PEN/PMMA、coPEN/PMMA、PET/PMMA、PEN/Ecdel、PET/Ecdel、PEN/sPS、PET/sPS、PEN/coPET、PEN/PETG和PEN/THV,其中“PMMA”是指聚甲基丙烯酸甲酯,PHEN13是包含10摩尔%至15摩尔%己二醇代替乙二醇的萘二甲酸酯基无定形共聚酯。

[0105] Ecdel为可从伊士曼化学公司(Eastman Chemical)商购获得的热塑性聚酯或共聚酯(据信包含环己烷二甲酸二甲酯单元、聚四亚甲基醚二醇单元、以及环己烷二甲醇单元),并且THV为可从3M公司商购获得的含氟聚合物。

[0106] 合适多层光学膜及其相关设计和构造的更多详情可见于美国专利5,882,774(Jonza等人)、6,531,230(Weber等人)、PCT公布W095/17303(Ouderkirk等人)、WO 99/39224(Ouderkirk等人)、以及“Giant Birefringent Optics in Multilayer Polymer Mirrors”,Science,Vol.287,March 2000(Weber et al.) (“多层聚合物反射镜中的大型双折射光学装置”,Weber等人,《科学》,第287卷,2000年3月)。

[0107] 用于背反射器12和前表面部分反射器14的一些实施方案中的多层光学膜叠堆和膜主体可任选地包括根据其光学、机械和/或化学特性选择的另外的层和涂层。例如,UV吸收层可被添加在光学元件的入射侧,以保护部件不发生UV光引起的劣化。另外的层和涂层也可包括抗刮涂层、抗撕层和硬化剂。参见例如美国专利6,368,699(Gilbert等人)。

[0108] 图2描绘了常规的多层光学膜叠堆200。该膜200包括单独的微层202、204。这些微层具有不同的折射率特性,使得一些光在相邻微层间的界面处被反射。这些微层很薄,足以使在多个界面处反射的光经受相长干涉或相消干涉作用,从而赋予该膜期望的反射或透射

特性。对于设计成在紫外波长、可见波长或近红外波长下反射光的光学膜，每个微层的光学厚度(即，物理厚度乘以折射率)通常小于约 $1\mu\text{m}$ 。然而，也可包括更厚的层(诸如膜的外表面处的表层)，或设置在膜内用于分离微层层组的保护边界层。

[0109] 多层光学膜200的反射和透射特性随各个微层折射率的变化而变化。每个微层至少在膜的局部位置处可通过面内折射率 n_x 、 n_y 以及与膜的厚度轴相关联的折射率 n_z 来表征。这些折射率分别表示所讨论的材料对于沿相互正交的x轴、y轴和z轴偏振的光的折射率(参见图2)。

[0110] 在实践中，折射率是通过审慎的材料选择和加工条件来控制的。膜叠堆200的制造方法可为：将通常有几十或几百层的两种交替的聚合物A和B共挤出，然后可任选地将该多层挤出物通过一个或多个倍增用模头，接着对挤出物进行拉伸或者以其它方式对挤出物进行取向，以形成最终的膜。所得膜通常由几十或几百个独立的微层组成，这些微层的厚度和折射率被调整，以在所期望的光谱区域内(如可见光区或近红外光区)提供一个或多个反射带。为了使用适当的层数实现高反射率，相邻微层优选地表现出对于沿着x轴偏振的光的折射率差值(Δn_x)为至少0.05。如果希望对两个正交偏振的光具有高反射率，那么相邻微层也优选地表现出对于沿着y轴偏振的光的折射率差值(Δn_y)为至少0.05。如果需要，还可调整相邻微层之间对于沿z轴偏振的光的折射率差值(失配)(Δn_z)，以便针对斜入射光的p偏振分量实现期望的反射特性。为了方便解释，在多层光学膜的任何相关点上，x轴将被视为在膜的平面内取向，以使 Δn_x 的量值最大。因此， Δn_y 的量值可基本上等于或小于 Δn_x 的量值。此外，在计算差值 Δn_x 、 Δn_y 、 Δn_z 时选择从哪个材料层开始是由要求 Δn_x 为非负值来决定的。换句话讲，形成界面的两层之间的折射率差值为 $\Delta n_j = n_{1j} - n_{2j}$ ，其中 $j=x, y$ 或 z ，并且其中选择层标号1、2以使 $n_{1x} \geq n_{2x}$ ，即 $\Delta n_x \geq 0$ 。“高”折射率材料被定义为具有较高x轴面内折射率的材料，并且“低”折射率材料被定义为具有较低x轴面内折射率的材料。

[0111] 为了使以倾斜角度入射的p偏振光保持高反射率，各微层之间的z轴折射率失配 Δn_z 可被控制为基本上小于最大的面内折射率差值 Δn_x ，从而使得 $\Delta n_z \leq 0.5 * \Delta n_x$ 。更优选地， $\Delta n_z \leq 0.25 * \Delta n_x$ 。量值为零或几乎为零的z轴折射率失配产生了微层之间的这样的界面，该界面对p偏振光的反射率为作为入射角的函数的常数或几乎为常数。此外，可控制z轴折射率失配 Δn_z 以具有相比于面内折射率差值 Δn_x 相反的极性，即 $\Delta n_z < 0$ 。此条件会产生其反射率对于p偏振光随入射角增加而增大的界面，对于s偏振光的情形也一样。

[0112] 另选地，多层光学膜可具有更简单的构造，其中所有聚合物微层本质上为各向同性的，即，对于每一层而言， $n_x = n_y = n_z$ 。此外，已知的自组装周期性结构(诸如胆甾型反射式偏振器和某些嵌段共聚物)可以认为是用于此应用的多层光学膜。可利用左右手手性节距元件的组合制成胆甾型反射镜。

[0113] 对于传统的反射和透射膜，光可在两个正交平面内偏振，其中光的电矢量(其横向于光的传播方向)位于偏振平面内。继而，可将给定光线的偏振态分解为两个不同的偏振态：p偏振光和s偏振光。P偏振光为在光线入射平面和给定表面内偏振的光，其中入射平面为包含局部表面法向矢量和光线传播方向或矢量的平面。

[0114] 例如，图3示出了光线310，该光线310以入射角 θ 入射在多层膜302上，这形成了入射平面312。多层膜302包括平行于y轴的第二轴304和平行于x轴的第一轴306。光线310的入射平面312包含第一轴306。光线310具有位于入射平面312内的p偏振分量以及与入射平面

312正交的s偏振分量。光线310的p偏振光具有沿着多层膜302的第一轴306和沿着该膜的z轴两者的分量，并且因此将根据 Δn_x 和 Δn_z 值被膜反射和透射，而光线310的s偏振光平行于膜302的第二轴304并且将根据 Δn_y 值被透射和反射。此外，图3示出了在平行于膜302的第二轴304的入射平面322中入射在膜302上的光线320。因此，光线320的p偏振光具有沿着膜302的第二轴304和沿着膜的z轴两者的分量，而光线320的s偏振光平行于膜302的第一轴306。因此，光线320的p偏振光将根据值 Δn_y 和 Δn_z 被膜反射和透射，而平行于膜302的第二轴306的光线320的s偏振光将根据 Δn_x 值被透射和反射。需注意，非偏振的光具有等量的p偏振光和s偏振光。

[0115] 入射在膜302上的任意光线的入射平面可不包含光轴306和304中的任一个，而是可沿着位于光轴306和304之间的轴与膜平面302相交。在这种情况下，多层膜的反射和透射特性将取决于p偏振光的 Δn_x 、 Δn_y 和 Δn_z 值，以及将取决于s偏振光的 Δn_x 、 Δn_y 和 Δn_z 值。 Δn_x 和 Δn_y 对多层膜的反射和透射特性的影响程度（对于p偏振光和s偏振光两者）将在复杂细节上取决于入射平面与膜平面302相对于正交光轴304和306的相交角。具有双折射材料折射率的多层膜的反射和透射特性的这些细节可使用Berriman 4x4矩阵多层光学响应计算算法、或求解双折射分层介质的麦克斯韦方程的另一种合适的计算算法来计算。

[0116] 假设膜302是针对在第一轴中具有分量的偏振光在所有入射光角度下反射率为100%且针对在第二轴中具有分量的偏振光在所有入射光角度下反射率为0%的理想偏振器，偏振器膜透射光线310的s偏振光和光线320的p偏振光，同时反射光线310的p偏振光和光线320的s偏振光。换句话讲，膜302将透射p偏振光和s偏振光的组合，这取决于入射平面的取向。如果入射光是非偏振的（p偏振光和s偏振光的相等组合），则对于该理想偏振器，反射和透射特性将为对称的，这意指对于入射平面的任何取向都是相同的。如果入射光是线性偏振的（p偏振光或s偏振光），则对于该理想偏振器，反射和透射特性将为强不对称的，这意指p偏振光和（作为另外一种选择）s偏振光的反射和透射将很大程度上取决于入射平面的取向。如本文进一步所述的那样，p偏振光和s偏振光的透射和反射量的细节将取决于偏振器膜的材料特性。

[0117] 假设膜302是针对在第一轴和第二轴两者中具有分量的偏振光在所有入射光角度下反射率为100%的理想偏振器，则反射器强烈反射光线310的s偏振光和光线320的p偏振光，并且强烈反射光线310的p偏振光和光线320的s偏振光。换句话讲，对于任何任意入射平面的p偏振入射光和s偏振入射光以及非偏振入射光，理想反射器膜302的反射特性将为对称的。

[0118] 对于多层膜302的实际（非“理想”）实施方案，入射平面312和322的s偏振光和p偏振光的透射和反射量、以及反射和透射特性的不对称性质将取决于如本文进一步描述的多层膜的特性。

[0119] 一般来讲，通过改变低折射率材料与相邻双折射高折射率材料的x、y和z指数中的每一个的相对折射率匹配程度，可提供各种反射膜以用作MOF前表面部分反射器14。在一些实施方案中，沿着反射膜的两个面内光轴需要相对较大的面内折射率失配。如果两个面内光轴中的面内折射率失配几乎相等，则偏振入射光和非偏振入射光两者的反射和透射特性为几乎对称的或弱不对称的。这种膜的示例为Vikuiti增强型镜面反射器（ESR）（购自3M公司），其对于所有入射平面的光的所有偏振具有高反射率。

[0120] 对于其它多层光学膜302,面内折射率失配可彼此显著不同,从而产生强不对称的偏振光透射和反射特性。此示例为常规的反射偏振膜,其中面内折射率沿着第一光轴基本上匹配,并且沿着第二光轴强失配,从而产生偏振光的强不对称反射器膜。此类膜的示例为DBEF(购自3M公司),其对于沿着一个面内轴具有分量的偏振光具有低反射率,并且对于沿着第二正交的面内轴具有分量的偏振光具有高反射率。

[0121] 用于MOF前表面部分反射器14的一个或多个弱不对称反射膜可包含近单轴双折射的高折射率材料,该材料的折射率为 $n_{x1} \sim = n_{y1} >> n_{z1}$ 。这可通过(沿横向方向和长度方向)双轴拉伸一些材料或对这些材料或其它材料进行不对称取向来实现。这种高折射率材料关系与适当的低折射率相结合实现了同时满足以下标准的MOF前表面部分反射器14的设计:

[0122] 膜叠堆中的 Δn_y 和 Δn_x 的值应较小,使得可用相对较大数目的层实现垂直入射光的基本透射(例如,80%至60%)。这些标准与图1的MOF制品10的近法向观察角内的反射颜色控制有关。

[0123] Δn_x 和 Δn_y 值应基本上相等,从而确保MOF前表面部分反射器14的反射和透射特性为弱不对称的或几乎对称的。 Δn_z 应被选择为远大于 Δn_x 和 Δn_y ,并且具有异号。在一些实施方案中,该设计实现了基本上随入射角增加的镜面反射率和基本上随入射角减小的透射率,其中反射率和透射率是针对如图3所述的任何入射平面的非偏振可见光或偏振可见光而言。在一些实施方案中,随入射角增加而增加的反射率和随入射角增加而减小的透射率可参考可见光谱的选择部分(诸如蓝色波长),或针对红色波长。

[0124] 例如,图4和图5示出了MOF前表面部分反射器14的各种实施方案的反射率特性对入射角的关系。

[0125] 图4示出了使用标准建模技术建模时,MOF前表面部分反射器14的一个非限制性示例性实施方案的反射率对空气中光的入射角的关系。使用coPEN/PETG共挤出多层膜,通过顺序长度取向方法,之后进行如标准膜拉幅机中所用的横向取向,可形成具有图4所示可见光平均反射率的前表面部分反射器14。作为另外一种选择,可同时使用长度和横向取向方法。coPEN微层的折射率为 $n_{x1} = 1.695$, $n_{y1} = 1.678$,并且 $n_{z1} = 1.499$ 。并且PETg微层的折射率为 $n_{x2} = n_{y2} = n_{z2} = 1.566$ 。对于其中偏振矢量位于y-z平面(图3的入射平面322)中以及偏振矢量位于x-z平面(图3的入射平面312)中的400nm至700nm的光,使用约300个层可实现图4所示随入射角变化而变化的反射率。曲线402表示入射平面312的p偏振光的反射率,并且曲线404表示入射平面322的s偏振光的反射率。曲线403表示入射平面322的p偏振光的反射率,并且曲线405表示入射平面312的s偏振光的反射率。反射率值包括多层膜的反射率和空气/膜分界处的表面反射率。

[0126] 参考图4,s偏振光和p偏振光两者的反射率随入射角的增加而增加。因此,此单一膜可如多个膜那样起到形成前表面部分反射器的作用,该前表面部分反射器根据膜上的入射角透射受控量的光。一般来讲,使用高折射率近单轴双折射材料(诸如图4中所述的弱不对称的部分反射膜)允许设计几乎对称的反射器,这些几乎对称的反射器对近法向入射角是高度透射的,并且随着入射角增加到掠射而变为强烈反射的。如本文所述,MOF前表面部分反射器14可提供随入射角变化而增加的s偏振光和p偏振光的反射率。这种效应可在图1的MOF制品10中产生角度“增益”,这与棱柱“BEF”膜或增益漫射膜的效应类似。其中存在由高度反射宽带反射器12作为背衬的高雾度形式的元件16的制品10(图1)实施方案会出现这

种情况。在使用MOF前表面部分反射器14的情况下，斜射光线由于对于倾斜角度的高反射率而进行循环，从而使该斜射光线在MOF制品10中循环为透射概率更高的低角度近法向光线。以此方式，以接近法向入射角度背向反射该构造10的光多于以高角度背向反射的光。在其下元件背反射器12和吸收层16是非常漫反射的MOF制品10的一些实施方案中，这种效应将是特别明显的。

[0127] 图5示出了使用标准建模技术建模时，MOF前表面部分反射器14的强不对称实施方案的第一和第二轴可见光平均反射率对空气中光的入射角的关系。使用coPEN/PMMA共挤出多层膜通过如标准膜拉幅机中所用的强制单轴取向，可形成具有图5所示反射率的MOF前表面部分反射器14。

[0128] 对于其中偏振矢量位于y-z平面和x-z平面中的400nm至700nm的光，使用约300个层可实现图5所示的反射率。coPEN微层的折射率为 $n_{x1}=1.82$, $n_{y1}=1.61$, 并且 $n_{z1}=1.52$ 。并且PMMA微层的折射率为 $n_{x2}=n_{y2}=n_{z2}=1.49$ 。曲线506表示图3的入射平面322的p偏振光的反射率，并且曲线508表示图3的入射平面312的s偏振光的反射率。曲线510和512分别表示图3的入射平面312和322的p偏振光和s偏振光的反射率。反射率值包括多层膜的反射率和空气/膜分界处的表面反射率。

[0129] 指数 n_{z2} 略微小于 n_{z1} ，图3的入射平面322的p偏振光的反射率(曲线506)随着入射角的增加而减小，如图5所示。如图5所示，s偏振光的反射率基本上随入射角的变化而增加。概括地说，参考图4和图5，通过在高折射率材料折射率值 n_{y1} 、 n_{x1} 和 n_{z1} 之间的范围内选择低折射率材料的折射率值，可随着角度的变化控制s偏振反射率和p偏振反射率的相对强度。以此方式，可实现对图1的创新制品10的观察到的颜色的角度控制。

[0130] 在一些实施方案中，MOF前表面部分反射器14还具有倾斜反射和透射光谱。在一些实施方案中，前表面部分反射器14对于任一可用偏振态的两个入射平面中入射的光或对于任何入射平面中的非偏振光具有蓝色倾斜透射光谱。“倾斜”透射光谱的一些特性在图6至图7中示出。

[0131] 图6示出了响应于可见波长范围中的光的人眼的广泛接受的RGB颜色匹配函数(CIE 1931)。曲线图将可见波长区域隔离成具体的波长区域，对应于人类感知的蓝色、绿色和红色。为了便于定义倾斜光谱特性，将半高全宽波长范围用于RGB颜色匹配函数，从而对应于可见波长范围的蓝色、绿色和红色部分(蓝色为420nm至475nm，绿色为505nm至610nm，并且红色为555nm至635nm)。给定光谱特性(透射、反射等)的每个波长范围(即，bin)内的平均值(称为bin平均值)的分析提供对光谱斜率的表征。

[0132] 图7A至图7E通过比较来自三个可见波长bin中的每一者的相对bin值来说明光谱倾斜度(或无倾斜度)的定义。在这种情况下，bin值为每个波长范围的透射率值的平均值。将bin间的范围定义为最大bin值除以3-bin平均值和最小bin值除以3-bin平均值之间的差值。如果bin值间的范围超过15%，则将光谱视为倾斜的，其中光谱的颜色特性由具有bin值除以3-bin平均值的最大值的bin的颜色给定。如果bin值间的范围小于15%，则将光谱视为恒定的(未倾斜)，其中颜色特性为中性的。应当理解，倾斜度被确定的光谱可为透射光谱或反射光谱。

[0133] 表2示出了图7A至图7E中示出的光谱的此定量定义。

[0134] 表2

	倾斜或恒定	bin 值	颜色特性	bin 值间的范围
[0135]	4a 倾斜	蓝色: 0.77 绿色: 0.55 红色: 0.45	蓝色倾斜	54%
	4b 倾斜	蓝色: 0.34 绿色: 0.39 红色: 0.28	绿色倾斜	33%
	4c 倾斜	蓝色: 0.34 绿色: 0.48 红色: 0.54	红色倾斜	43%
	4d 倾斜	蓝色: 0.34 绿色: 0.29 红色: 0.30	蓝色倾斜	16%
	4e 恒定	蓝色: 0.73 绿色: 0.71 红色: 0.72	中性	3%

[0136] 与由中性(未倾斜)多层构造生成的透射光谱相比,具有适当倾斜度和颜色特性的倾斜透射光谱可显著增加准直程度(即,在具体可见波长范围内随入射角增加而增加的可见反射),甚至在共挤出聚合物微层已在合适的条件下取向为产生所需折射率关系和所需反射率特性的情况下。另外,应当理解,来自多层干涉反射器的光谱反射谱带随入射角增加而向较短波长移动。

[0137] 图8至图10示出了同时具有由于其组分的折射率关系而随角度增加的反射率以及随入射角增加而向较短波长移动的倾斜透射光谱的聚合物多层光学膜的组合效应。需注意,这些图中的反射率的值仅为示例性的,并且低损耗聚合物允许假设T% = 100% - R%。本文中展示了可实现的膜设计的光谱。在图8至图10中的每一者中,透射光谱可用于沿着优选轴线偏振的光,或用于随机偏振的光。

[0138] 图8为两个入射角度下的透射光谱的方框图示。此图示说明了共挤出聚合物微层已在合适的条件下取向成产生折射率关系的情况,其中对于p偏振光不存在布鲁斯特角,并且因此p偏振光的反射率随入射角增加而显著增加。或者其可表示s偏振光反射率随入射角增加而增加的更一般情况。

[0139] 应当注意,在图8中,光谱的光学厚度(反射带的波长位置)随角度改变的蓝移不影响准直度,因为该宽带光谱的侧向偏移不影响可见光的透射(根据系统要求,可将可见光限定为大约400至700nm、或420至680nm或430至650nm)。仅可见光反射率的增加有助于准直过程。

[0140] 对于具有用于交替聚合物层的匹配的z折射率的聚合物多层光学膜而言,现在考虑图9示出的针对聚合物多层光学膜的p偏振光的示意性倾斜(蓝色倾斜)光谱。首先,回忆具有匹配的z折射率的多层干涉反射器针对p偏振光的反射率基本上不随入射角增加而增加或减小,但谱带将如任何其它多层干涉反射器一样偏移至较短波长。带宽足够广泛,使得对于所有关注的入射角而言,长波谱带边缘超出可见光谱的边缘。尽管反射率的大小针对p偏振光不随入射角而改变,但光谱的蓝色倾斜度将引起图9中光谱的可见平均透射率随入

射角增加而减小。换句话说，蓝色倾斜光谱的侧向偏移使得具体波长的反射率随角度增加而增加，即使光谱曲线在垂直方向上并未偏移。因此，此类膜可起到使来自循环背光源的光准直的作用。如果图9的光谱为恒定的(未倾斜)，则将基本上无准直。

[0141] 图10示出被设计和处理以便产生折射率关系的聚合物MOF的倾斜光谱，其中对于s偏振光或p偏振光或对于两者而言折射率随入射角的变化而增加。从图10可看出，准直现在同时由光谱的角度偏移以及随入射角增加而增加的膜的反射率产生。在一些实施方案中，图10所示的蓝色倾斜透射光谱的放大准直效应在由图1的MOF膜制品10发射的光的颜色方面可产生受控变化(范围为从蓝色到绿色、到黄色、到红色的整个颜色空间)，或无变化(赋予中性白色)，这取决于MOF膜制品10的部件的光学特性之间的关系。

[0142] 具有蓝色倾斜透射光谱的MOF前表面部分反射器14在用作MOF制品10的前表面部分反射器时可提供红光、绿光和蓝光的增强准直。蓝色倾斜反射器可为相较于另一轴线而言对于在一条轴线上偏振的光具有较高透射率的不对称反射器。倾斜光谱可用于平行于任一轴线而偏振的光或用于非偏振透射光。对于需要显著偏振输出的任何照明系统而言，当膜的透光轴光经过透射并具有蓝色倾斜光谱时，达到最高效率。不管透射率是指全光透射率还是指仅与一条轴线有关的透射率，倾斜度均可为bin值间的范围为15%、或高达30%或100%、或15%至100%、或15%至50%时的倾斜度。蓝色倾斜度透射光谱可处于法向入射角度，或其可处于倾斜透射角度，例如45度，或50或60度。在倾斜角度下，p偏振光或s偏振光或两者的光谱可为蓝色倾斜的。在全文以引用方式并入本文的美国专利公布2014/0254124中讨论的示例进一步说明了如何制备光学叠堆和膜构造，这些光学叠堆和膜构造可被优化以改善准直。

[0143] 现在参考图11A，在一些实施方案中，MOF前表面部分反射器114可包括一个或多个膜叠堆或层构造114A、114B以向层114提供选定的反射和透射特性。前表面部分反射器114可包括两个或更多个膜，这些两个或更多个膜可彼此间隔开或彼此接触。膜114A、114B可使用任何合适的技术(诸如用任选的粘合剂层118)附接。可在层118中使用任何合适的粘合剂，例如压敏粘合剂(诸如3M光学透明粘合剂)和可紫外线固化的粘合剂(诸如UVX-4856)。在一些实施方案中，膜之间的粘合剂层118可用折射率匹配流体替换。

[0144] 膜114A、114B可包括本文所述的任何合适的膜，并且可具有类似的光学特性或者可为提供不同光学特性的不同构造。在一个示例性实施方案中，MOF前表面部分反射器114由第一不对称反射膜114A形成，该第一不对称反射膜114A在一个平面中具有透光轴，并且膜114B可包括第二不对称反射膜，该第二不对称反射膜在与第一膜114A的透光轴不平行的第二平面中具有透光轴。此不平行关系可在两个透光轴平面之间形成任何合适的角度。在一些实施方案中，这两个透光轴平面可几乎正交。这种关系将在MOF前表面部分反射器114的透光轴中提供高程度反射率。

[0145] 在另一个示例中，MOF前表面部分反射器114可包括不对称反射膜114A，并且膜114B可包括棱柱形增亮膜，诸如以商品名“增亮膜(BEF)”购自明尼苏达州圣保罗的3M公司的那些。在一些实施方案中，BEF 114B可相对于不对称反射膜114A取向，使得BEF 114B使与不对称膜114A的准直平面正交的平面中的透射光准直。

[0146] 尽管图11A中的MOF前表面部分反射器114被描绘为包括两个膜114A、114B，但在一些实施方案中，前表面部分反射器114可包括三个或更多个膜。例如，可使用三层反射型偏

振器(诸如DBEF或APF)制作三层前表面部分反射器。如果三个层被布置成使得第二层的偏振轴相对于第一层的偏振轴成45°,并且第三层的偏振轴相对于第一层的偏振轴成90°,则所得前反射器将反射大约75%的法向入射光。可利用各层之间的其它旋转角度来实现不同程度的反射。两个具有几乎正交的透光轴的反射型偏振器之间的双折射(偏振旋转)层或散射层还可形成这样的反射膜:具有受控程度反射率以用作前反射器的反射膜。

[0147] 本公开的MOF前表面部分反射器也可包括定位在反射器的一个或多个表面之内或之上的光学元件。例如,图11B为MOF前表面部分反射器124另一个实施方案的一部分的示意性剖视图。前表面部分反射器124包括具有第一主表面123和第二主表面125的膜叠堆124A,这两个主表面可包括一个或多个上述任何合适的膜或层。多个光学元件130定位在第一主表面123之上或之中。尽管光学元件被描述为仅定位在第一主表面123上,但也可将其定位在第二主表面125上或定位在第一主表面123和第二主表面125两者上。可将任何合适的光学元件(如微球、棱镜、立体角、透镜等)定位在膜124A之中或之上。光学元件可为折射元件、衍射元件、漫射元件等。在此实施方案中,光学元件130可使膜124A所透射的光准直。在其它实施方案中,光学元件130可漫射入射在膜124A上或离开膜124A的光,这取决于光学元件130的定位。

[0148] 光学元件130可定位在膜124A的主表面123上或至少部分地嵌入该主表面123中。此外,可使用任何合适的技术(如本文所述的用于制备小珠涂布的ESR的那些技术)来制造膜124A。

[0149] 光学元件还可定位在紧邻膜定位的角落或基底上。例如,图11C为前表面部分反射器134另一个实施方案的一部分的示意性剖视图。反射器134包括膜134A和紧邻膜134A定位的增益漫射器138。膜134A可包括本文针对前表面部分反射器描述的一个或多个任何膜和/或层。增益漫射器138包括具有第一主表面139A和第二主表面139B的基底139,以及定位在基底139的第二主表面139B之上或之中的多个光学元件140。可使用任何合适的光学元件140,例如图11B的光学元件130。基底139可包括任何合适的具有光透射性质的基底。

[0150] 对于图11C中所示的实施方案,增益漫射器139的第一主表面139A紧邻偏振膜134A定位。漫射器139可紧邻膜134A定位,使得其与膜134A间隔开、与膜134A接触、或附接到膜134A。可使用任何合适的技术(例如使用光学粘合剂)将漫射器139附接到膜134A。任何合适的增益漫射器可用于漫射器139。在一些实施方案中,光学元件140可定位在基底139的第一主表面139A上,使得元件140位于基底139和偏振膜134A之间。

[0151] 本公开的不对称反射膜可使用美国专利No.6,783,349(Neavin等人),名称为APPARATUS FOR MAKING MULTILAYER OPTICAL FILMS(用于制备多层光学膜的装置)中所述的技术制造。例如,图12A至图12B示出了用于制备本公开的不对称反射膜的方法的一个实施方案。将经选择而具有适当地不同的光学特性的材料900和902加热至高于其熔融温度和/或玻璃化转变温度,然后供料到多层送料区块904中。通常,使用挤出机来完成每种材料的熔融和初始供料。例如,可将材料900供料到挤出机901中,而可将材料902供料到挤出机903中。从送料区块904出来的是多层流动流905。层倍增器906使多层流动流分流,然后进行重新导向并将一个流“叠堆”在第二个流上以使挤出层的数量成倍增加。当不对称倍增器与能使整个叠堆的层厚度出现偏差的挤出设备一起使用时,可能会扩大层厚度的分布范围,从而使多层膜能够具有与期望的可见光谱部分对应的层对,并提供期望的层厚度梯度。如

果需要,可通过向表层送料区块910注入树脂908(用于表层)来将表层911引入膜。

[0152] 多层送料区块对膜挤出模头912供料。合适的送料区块在例如美国专利No.3,773,882(Schrenk)和3,884,606(Schrenk)中有所描述。例如,挤出温度可为大约295摄氏度,并且每种材料的供料速率为大约10-150千克/小时。在一些实施方案中,表层911在通过送料区块和模头时可在膜的上表面和下表面上流动。这些层用于消散可见于壁附近的大应力梯度,从而使光学层更平滑地挤出。每个表层的典型挤出速率为2-50千克/小时(1%-40%的总通过量)。表层材料可与光学层的其中一层的材料相同,或者可为不同的材料。离开模头的挤出物通常呈熔融形式。

[0153] 使挤出物在浇铸轮916上冷却,该浇铸轮916旋转通过钉扎线材914。钉扎线材将挤出物固定到浇铸轮。为了获得在大范围的角度上透光的膜,可通过使浇铸轮以低速运转来增大膜的厚度,这使得反射带向较长波长移动。通过根据期望的光学和机械特性确定的比率进行拉伸来对膜进行取向。

[0154] 纵向拉伸可通过拉引辊918实现。横向拉伸可在拉幅烘箱920中进行。如果需要,膜可以同时进行双轴向取向。可以优选大约3比1至4比1的拉伸比率,但小至1比1和大至6比1的比率也可适用于给定膜。拉伸温度将取决于所用双折射聚合物的类型,但合适的温度范围通常为高于其玻璃化转变温度2°C至33°C(5°F至60°F)。通常在拉幅烘箱的最后两个区域922中对膜进行热定型,以使膜达到最大结晶度并减小膜的收缩。通过采用尽可能高的热定型温度但不导致膜在拉幅过程中破损,在热压印步骤中的收缩得以减轻。将拉幅轨道的宽度减小约1%-4%也可减小膜收缩。如果膜不进行热定型,则热收缩特性最大化,这可能是一些安全包装应用中需要的。可将膜收集在卷绕辊924上。

[0155] 在一些应用中,可能有利的是在多层膜的光学层中使用两种以上不同聚合物。在这种情况下,另外的树脂流可使用类似的装置供料到树脂流900和902。可使用与送料区块904类似的适用于分配两种以上层类型的送料区块。

[0156] 图12B示出了包括梯度板930的送料区块904的一个实施方案的示意性透视图。梯度板930中设置有至少两个流动通道,即第一流动通道932和第二流动通道934。这些流动通道由梯度板930和供料管板940的组合界定。

[0157] 在梯度板930中,每个流动通道都被加工为其横截面具有中心对称轴,例如,圆形、方形、或等边三角形。为便于加工,优选使用方形横截面的流动通道。横截面积可沿着各流动通道保持恒定,或者可以变化。这种变化可为面积增加或减小,并且减小的横截面通常称为“渐缩”。流动通道的横截面积的变化可被设计成提供合适的压力梯度,这种压力梯度影响多层光学膜的层厚度分布。因此,可以针对不同类型的多层膜构造来改变梯度板。

[0158] 当使流动通道的横截面积保持恒定时,层厚度与层数目的关系曲线是非线性减小的曲线。对于给定的聚合物流体,有时优选的是存在至少一个横截面渐缩分布,从而形成层厚度与层数目的线性减小相关性。渐缩分布可以由本领域的适当技术人员使用所考虑聚合物的可靠流变学数据和本领域已知的聚合物流体模拟软件来建立,并且应该根据具体情况来计算。

[0159] 再次参考图12B,送料区块904还包含供料管板940,该供料管板940具有第一导管组942和第二导管组944,每一组分别与流动通道932和934流体连通。如本文所用,“导管”也称为“侧通道管”。邻近导管942和944设置有轴棒加热器946,该轴棒加热器946用于向导管

中流动的树脂提供热量。如果需要,沿轴棒加热器长度的区域中的温度可以变化。各导管向各自的狭槽模头956供料,该狭槽模头具有伸展段和狭槽段。伸展段通常位于供料管板940中。如果需要,狭槽段可位于狭槽板950中。如本文所用,术语“狭槽模头”与“层狭槽”同义。第一导管组942与第二导管组944交错,从而形成交替的层。

[0160] 在使用中,例如,树脂A和树脂B将直接递送到流动通道932和934。当熔融流A和熔融流B向下流至梯度板930中的流动通道时,各熔融流经导管流出。由于导管942和944交错,因此它们可以形成交替的层,例如形成ABABAB。各导管具有各自的狭槽模头以开始实际层的形成。离开狭槽模头的熔融流包含多个交替的层。熔融流被供料到压缩段(未示出)中,各层在该压缩段中压缩并均匀地横向展开。可由用于光学多层叠堆的熔融流,在最靠近送料区块壁处送入称为保护性边界层(PBL)的特厚层。也可通过送料区块之后的单独供料流来送入PBL。PBL的作用在于保护较薄的光学层,使其免受壁应力和可能产生的流体不稳定性的影响。

[0161] 在一些实施方案中,无需使用倍增器(例如倍增器906)即可制造本公开的不对称反射膜。尽管倍增器极大地简化了生成大量光学层的过程,但倍增器可能会使各个所得的层组产生对于各层组而言不相同的畸变。因此,对送料区块中所产生的层的层厚分布进行的任何调整对于每一层组而言均不相同,即,不能同时对所有层组进行优化以产生无光谱畸变的均匀平滑的光谱。因此,会难以通过由倍增器制造的多层组膜来制作最佳分布且低透射性彩色反射器。如果在送料区块中直接生成的单一层组中的层数目不能提供足够的反射率,则可将两个或更多个这种膜附接到一起来增加反射率。

[0162] 当从图12A的方法去除倍增器时,轴棒加热器946可用于控制共挤出聚合物层的层厚值,如在例如美国专利No.6,783,349中进一步所述。此类轴棒加热器可用于保持送料区块中的恒定温度,并且可用于产生高至约40°C的温度梯度。在一些实施方案中,轴棒加热器放置在穿过送料区块的孔中并被定向为垂直于层平面的方向,优选非常靠近一条穿过各侧通道管向狭槽模头供料处的点的假想线。更优选地,就共挤出第一聚合物和第二聚合物而言,轴棒加热器的孔的位置既靠近一条穿过各侧通道管向狭槽模头供料处的点的假想线,也可与承载第一聚合物的侧通道管和承载第二聚合物的侧通道管等距。此外,轴棒加热器优选地为这样的类型:能够沿其长度方向提供温度梯度或多个不连续温度,这可以通过改变沿其长度方向的电阻,或通过多区控制,或通过本领域中已知的其它方法来实现。此类轴棒加热器可控制层厚度和梯度层厚度分布,这对于控制反射带的位置和分布而言尤其重要,如以下专利中所述:例如,美国专利No.6,157,490(Wheatley等人),名称为Optical Film with Sharpened Bandedge(具有锐化带边缘的光学膜);和美国专利申请No.6,531,230,名称为Color Shifting Film(变色膜)。

[0163] 送料区块904被配置为使得膜叠堆中的所有层均直接通过轴棒加热器946来控制。在处理过程中可使用任何合适的厚度测量技术(例如,原子力显微镜法(AFM)、透射电子显微镜法、或扫描电子显微镜法)来监控层厚度分布。还可以使用任何合适的技术对层厚度分布进行光学建模,然后可以根据测量的层分布和所需层分布之间的差值来调整轴棒加热器。

[0164] 尽管通常不如AFM准确,但也可通过对光谱求积分(使- $\log(1-R)$ 对波长谱积分)来快速估算层分布。这是根据这样的普遍原理得出:反射器的光谱形状可由层厚分布的导数

获得,前提条件是层厚分布相对于层数目单调递增或单调递减。

[0165] 层厚分布控制的基本方法涉及根据目标层厚度分布和所测量层厚度分布的差异来调整轴棒区功率设置。调整每个送料区块区中的层厚度值所需的轴棒功率增加可首先根据该加热器区中生成的层的所得厚度变化的每纳米供热瓦数进行校准。可对275层使用24个轴棒区来实现精确的光谱控制。一旦经过校准,就可以在给定目标分布和所测量分布的情况下计算所需的功率调整。重复该过程直至两个分布会聚。

[0166] 例如,根据上述技术使用折射率为 $n_x=1.82$ 、 $n_y=1.61$ 、 $n_z=1.50$ 的coPEN,以及对于所有方向的折射率为 $n=1.57$ 的PCTG与聚碳酸酯的混合物,制得275层的膜。在图13中以曲线1002示出了所测量到的以60°角度入射到透光轴的p偏振光的透射光谱。还以曲线1004示出了区块轴线的透射率。需注意,区块轴光谱和透光轴光谱在非常宽的带上均具有相对恒定的透射率。

[0167] 再次参考图1,在一些实施方案中,在MOF制品10内提供漫射。这样的漫射可使制品10内的光实现更多的角混合,这可帮助光扩散,并在透过输出表面从构造导出的光中提供更大的均匀度。漫射可由前表面部分反射器14和背反射器12中的一者或两者提供,或由定位在前表面部分反射器14和背反射器12之间的一个或多个层提供。

[0168] 在一些实施方案中,漫射可包括半镜面漫射。如本文所用,术语“半镜面反射器”是指正向散射显著多于反向散射的反射器。相似地,术语“半镜面漫射器”是指不使绝大部分入射光的入射光线的法向分量反向的漫射器,即,光在前向(z)方向上基本上被透射,而在x方向和y方向上在一定程度上被散射。换句话讲,半镜面反射器和漫射器在基本上前向方向上导引光,因此非常不同于在所有方向上都同等再导引光线的朗伯部件。半镜面反射器和漫射器可呈现出相对广的散射角;另选地,这种反射器和漫射器在镜面反射方向之外可仅呈现出少量的光偏转。参见例如美国专利No.8,608,363和9,091,408(Weber等人),名称为RECYCLING BACKLIGHTS WITH SEMI-SPECULAR COMPONENTS(用半镜面部件循环背光源)。

[0169] 可将任何合适的一种或多种半镜面反射材料用于本公开的前反射器和背反射器。例如,半镜面背反射器12可包括在高反射率漫反射器上的部分透射镜面反射器。合适的镜面反射器包括ESR(购自3M公司)和本文描述的其它镜面反射器。合适的高反射率漫射反射器包括EDR II膜(购自3M公司);多孔聚四氟乙烯(PTFE)膜,诸如购自戈尔联合公司(W.L.Gore&Associates,Inc.)的那些;购自蓝菲光学有限公司(Labsphere,Inc.)的Spectralon反射材料;得自日本古河电气有限公司(Furukawa Electric Co.,Ltd.)的MCPET高反射率发泡片材;以及购自三井化学株式会社(Mitsui Chemicals,Inc.)的White Refstar膜。

[0170] 在另一个实施方案中,半镜面背反射器12可在高反射率镜面反射器上包括部分朗伯漫射器。另选地,高反射率镜面反射器上的前向散射漫射器能够提供半镜面背反射器。

[0171] 在一些实施方案中,MOF前表面部分反射器14可被制成具有像背反射器12的构造的半镜面。例如,部分反射朗伯漫射器可与部分镜面反射器结合使用。另选地,前向散射漫射器可与部分镜面反射器结合使用。此外,MOF前表面部分反射器14可包括前向散射部分反射器。在其它实施方案中,可组合任何上述的前反射器以提供半镜面前反射器。

[0172] 可商购获得的高反射率膜的示例包括但不限于,如得自东丽薄膜加工株式会社(Toray Films)的微孔取向聚酯(PET)膜的漫射膜,以及如得自3M公司的ESR的镜面反射器。

微孔膜的反射率为约95% (透射率为约4%) 并且厚度为约0.2mm。ESR的反射率约99% 并且厚度仅为约0.07mm。通过空气和取向聚酯的折射率差值 (为约1.65) 来产生微孔PET反射率。ESR是取向PEN和PMMA的多层膜, 其中法向入射角处的折射率差值为约0.26。因此, 即使ESR具有小得多的折射率差值, 也可用薄得多的构造来使其具有至少99%的反射率。

[0173] 如果需要具有高阻光轴反射率的偏振膜, 则材料间的折射率差值受材料的双折射率限制, 因为需要沿一个轴来匹配折射率。对于PEN, 双折射为约0.25, 因此漫反射偏振器可用折射率差值为约0.25的共混聚合物制成。因此, 这些构造必须比有孔的PET反射器厚得多, 以达到95%的反射率。反射率可能受此类厚膜的吸收损耗的限制, 因为与各向同性的低折射率材料 (如丙烯酸类树脂材料) 相比, 高度双折射材料通常具有相对高的吸收系数。多层构造的另外好处在于具有镜面反射性, 从而可以增强整个中空腔体内的光传输。胆甾型反射器也属于布拉格反射器类型, 可将其制成具有高反射性, 并且具有固有偏振性。需要四分之一波长的延迟片板将圆偏振光转化为线性偏振光。为了将损失降至最低限度, 可将延迟片放置在腔体的外端面上, 使得光仅通过它一次。

[0174] 如果对银金属背反射器12进行了耐腐蚀性涂布, 则反射率可为95%。如果银和其他金属 (尤其是铝) 涂覆有电介质薄膜, 则可以实现更高的反射率。如果构造得当, 线栅偏振器可以具有相对高的阻光轴反射率。参见例如美国专利No. 6,122,103。透光轴具有部分反射率, 可使用另外的多层反射器膜叠堆来增加该部分反射率。

[0175] MOF前表面部分反射器14可被形成为使得它们在背反射器12上是连续的或不连续的。前表面部分反射器14在背反射器12上可在空间上不变; 另选地, 前表面部分反射层在背反射器12上可包括漫射率梯度。另外, 也可利用用一个或多个提供半镜面反射的结构图案化的高反射背反射器12。例如, 通过使用波纹式高反射率镜面背反射器来形成合适的形状。

[0176] 现在将结合以下非限制性实施例描述本发明。

[0177] 实施例

[0178] 对于以下实施例中的每一个, 使用Berriiman 4x4矩阵多层光学响应计算引擎来计算MOF制品10 (图1) 内的每个元件或元件的组合的反射光谱。这种计算的输入参数包括: 光学重复单元 (ORU) 的层厚分布, 以及双折射的第一材料层PEN以及各向同性 ($n_{iso} : n_x = n_y = n_z$) 的第二材料层PHEN13和PMMA的波长相关折射率值 (n_x, n_y 和 n_z)。

[0179] 实施例1-蓝色至银色: MOF制品膜构造

[0180] 设想了包括MOF元件12和14的膜制品, 其在法向角下具有饱和蓝色反射颜色, 在较高视角下移动到银色反射颜色, 并且对MOF光学厚度变化基本上不敏感。

[0181] 基于MOF的膜制品的横截面在图1中示出。前表面MOF部分反射器14为双轴拉伸的多层膜叠堆, 其具有325个与PHEN13层交替的PEN层。MOF背反射器12也为双轴拉伸的多层膜叠堆, 其具有184个散布有PMMA的PEN层。波长选择性吸收层16是用蓝色染料Lee True Blue 颜料波长选择性吸收器挤出的10 μm PETg膜, 假定重量%为1.50。所得MOF制品具有66 μm 的厚度, 并且在其面向外的表面 (在下面讨论的图14A中未示出) 上包括厚度为约2 μm 的保护性边界层。

[0182] 图14A中示出了两个MOF膜12和14中的每一个的层分布。MOF前表面部分反射器膜 (图1中的14) 的光学重复单元 (ORU) 分布设置为最靠近MOF制品10的前表面, 并且宽带式背反射器12设置在波长选择性吸收器膜16的下面和制品10的底面上。图14A中的每个符号表

示由一对1/4波长相位厚度PEN层和PHEN13层、部分反射器14组成的光学重复单元(ORU),并且对于宽带反射器12,每个符号表示由一对1/4波长相位厚度PEN层和PMMA层组成的光学重复单元(ORU)

[0183] 在该计算实施例1和以下实施例中,光学元件12、14和16各自假定具有低散射或低雾度,从而使仅由元件12、14和16组成的MOF制品10具有镜面性质。

[0184] 作为对下面元件波长选择性吸收层16位于宽带反射器膜12顶上的组合的随着变化的观察角具有相对恒定的反射颜色的说明,图14B至图14C分别示出了D65光源光谱的0度、45度和70度(近掠射)光入射角的计算反射光谱、和所得反射颜色a*和b*的计算反射光谱。在这些计算中,去除了空气到材料菲涅耳界面的影响。这是用于分析位于背反射器12顶上的下面吸收器16的颜色响应的适当方法,因为在MOF制品10(包括前表面部分反射器元件14)的完整构造中,光将从前表面部分反射器14传播到吸收层16和背反射器12中,并因此将不具有空气到材料界面。

[0185] 图14D示出了0度、45度和70度(近掠射)视角下的前表面部分反射器14、吸收层16和背反射器12的完整组合的计算镜面反射光谱。图14D示出了整体可见反射随着入射角的增加而显著增加,从而呈现出随着观察角增加到接近掠射,反射颜色从法向角下的深蓝色动态改变为高度反射的银色外观。

[0186] 图14E为实施例1的制品10的增加光入射角下的明视反射率Y的增加和Lab颜色系统的“亮度”度量L*的图。

[0187] 图14F示出了实施例1的MOF制品10的计算的总体反射颜色,其中三角形符号以5度的增量示出法向入射角(0度)至掠射角85度范围内的a*b*颜色值。图14F示出了随着入射角的增加,颜色从法向入射角下的深蓝色动态移动到接近中性的高反射颜色(银色)。

[0188] 图14F还示出了针对实施例1的MOF制品10计算的a*b*颜色轨迹,其中制品的总厚度增加了3%(实心的正方形符号)并且减小了3%(空心的圆形符号)。+/-3%的厚度变化表示多层光学膜制造工艺的高范围的空间和时间厚度变化。从图14F可以看出,跨越6%的厚度范围的三个颜色轨迹中的颜色变化相当小,达到无关紧要的程度。需注意,对于L*a*b*颜色空间,已公认的是,相邻a*和b*“色标”值的观察者出现的恰可察觉色差(JND)相差超过2.0。

[0189] 实施例2-蓝色至金色:MOF制品膜构造

[0190] 设想了包括MOF元件背反射器12和前表面部分反射器14的MOF膜制品10(图1),其在法向角下具有饱和蓝色反射颜色,在较高视角下移动到金色反射颜色,并且对MOF光学厚度变化基本上不敏感。

[0191] 前表面部分反射器14为双轴拉伸的多层膜叠堆,其具有325个与PHEN13层交替的PEN层。背反射器12也为双轴拉伸的多层膜叠堆,其具有184个散布有PMMA的PEN层。波长选择性吸收层16是用蓝色染料Lee True Blue颜料波长选择性吸收器挤出的10 μm PETg膜,假定重量%为1.50。所得多层光学膜制品10具有71 μm 的厚度,并且在其面向外的表面(图15A中未示出)上包括厚度为约2 μm 的保护性边界层。

[0192] 图15A中示出了用于背反射器12和前表面部分反射器14的两个MOF膜中的每一个的层分布。实施例2与实施例1的不同之处在于前表面部分反射器元件14的ORU分布设计。实施例2的ORU分布设计具有产生“金色”反射外观并且入射角增加的特性。前表面部分反射器

MOF膜元件设置为最靠近创新制品10的前表面，并且宽带式背反射器12设置在波长选择性吸收器膜16的下面和MOF制品10的底面上。对于前表面部分反射器14，图15A中的每个符号表示由一对1/4波长相位厚度PEN层和PHEN13层组成的光学重复单元(ORU)，并且对于宽带式背反射器12，每个符号表示由一对1/4波长相位厚度PEN层和PMMA层组成的ORU。

[0193] 在该计算实施例2中，光学元件12、14和16各自假定具有低散射或低雾度，从而使仅由元件12、14和16组成的MOF制品10具有镜面性质。

[0194] 作为对下面元件波长选择性吸收层16位于宽带反射器膜12顶上的组合的随着变化的观察角具有相对恒定的反射颜色的说明，图15B至图15C分别示出了D65光源光谱的0度、45度和70度(近掠射)光入射角的计算反射光谱、和所得反射颜色a*和b*的计算反射光谱。在这些计算中，去除了空气到材料菲涅耳界面的影响。这是用于分析位于背反射器16顶上的下面吸收器12的颜色响应的适当方法，因为在MOF制品10(包括前表面部分反射器元件14)的完整构造中，光将从前表面部分反射器14传播到吸收层16和背反射器12中，并因此将不具有空气到材料界面。

[0195] 图15D示出了0度、45度和70度(近掠射)视角下的元件14、16和12的完整组合的计算镜面反射光谱。图15D示出了整体可见反射随着入射角的增加而显著增加，从而呈现出随着观察角增加到接近掠射，反射颜色从法向角下的深蓝色动态改变为高反射金色外观。

[0196] 图15E中示出了实施例2的MOF制品的增加光入射角下的明视反射率Y的增加和Lab颜色系统的“亮度”度量L*的图。

[0197] 图15F示出了实施例2的MOF制品的计算的总体反射颜色，其中三角形符号以5度的增量示出法向入射角(0度)至掠射角85度范围内的a*b*颜色值。图15F示出了随着入射角的增加，颜色从法向入射角下的深蓝色动态移动到金色的高反射颜色(金色)。图15F还示出了针对实施例2的MOF制品10计算的a*b*颜色轨迹，其中制品的总厚度增加了3% (实心的正方形符号)并且减小了3% (空心的圆形符号)。+/-3%的厚度变化表示多层光学膜制造工艺的高范围的空间和时间厚度变化。图15F示出了跨越6%的厚度范围的三个颜色轨迹中的颜色变化相当小，达到无关紧要的程度。

[0198] 实施例3-玫瑰色至金色：MOF制品膜构造

[0199] 设想了包括MOF背反射器元件12和MOF前表面部分反射器元件14的MOF膜制品10(图1)，其在法向角下具有饱和玫瑰色反射颜色，在较高视角下移动到金色反射颜色，并且对MOF光学厚度变化基本上不敏感。

[0200] MOF前表面部分反射器14为双轴拉伸的多层膜叠堆，其具有325个与PHEN13层交替的PEN层。MOF背反射器12也为双轴拉伸的多层膜叠堆，其具有184个散布有PMMA的PEN层。波长选择性吸收层16是用红色染料Red 60颜料波长选择性吸收器以4.5重量%和黄色染料PY 147颜料波长选择性吸收器以0.90重量%挤出的10 μm PETg膜。所得MOF制品具有71 μm 的厚度，并且在其面向外的表面(在下面讨论的图16A中未示出)上包括厚度为约2 μm 的保护性边界层。

[0201] 图16A中示出了分别用于背反射器元件和前表面部分反射器元件的两个MOF膜12和14中的每一个的层分布。实施例3类似实施例2，不同之处在于选择元件16中的波长选择性吸收颜料以提供饱和的玫瑰色。实施例3的光学重复单元(ORU)分布设计具有随着入射角增加产生“金色”反射外观的特性。MOF前表面部分反射器膜(14)的ORU分布设置为最靠近

MOF制品10的前表面，并且宽带式背反射器12设置在波长选择性吸收器膜16的下面、MOF制品10的底面上。对于前表面部分反射器14，图16A中的每个符号表示由一对1/4波长相位厚度PEN层和PHEN13层组成的光学重复单元(ORU)，并且对于宽带式背反射器12，每个符号表示由一对1/4波长相位厚度PEN层和PMMA层组成的光学重复单元(ORU)。

[0202] 在该计算实施例3中，光学元件12、14和16各自假定具有低散射或低雾度，从而使仅由元件12、14和16组成的制品10具有镜面性质。

[0203] 作为对包括波长选择性吸收层16的下面元件位于MOF宽带背反射器12顶上的组合的随着变化的观察角具有相对恒定的反射颜色的说明，图16B至图16C分别示出了D65光源光谱的0度、45度和70度(近掠射)光入射角的计算反射光谱、和所得反射颜色a*和b*的计算反射光谱。在这些计算中，去除了空气到材料菲涅耳界面的影响。这是用于分析位于背反射器16顶上的下面吸收器12的颜色响应的适当方法，因为在MOF制品10(包括前表面部分反射器元件14)的完整构造中，光将从前表面部分反射器14传播到吸收层16和背反射器12中，并因此将不具有空气到材料界面。

[0204] 图16D示出了0度、45度和70度(近掠射)视角下的元件MOF前表面部分反射器14、吸收层16和MOF背反射器12的完整组合的计算镜面反射光谱。图16D示出了整体可见反射随着入射角的增加而显著增加，从而呈现出随着观察角增加到接近掠射，反射颜色从法向角下的深玫瑰色动态改变为高反射金色外观。

[0205] 图16E中示出了实施例3的MOF制品的增加光入射角下的明视反射率Y的增加和Lab颜色系统的“亮度”度量L*的图。

[0206] 图16F示出了实施例3的MOF制品的计算的总体反射颜色，其中三角形符号以5度的增量示出法向入射角(0度)至掠射角85度范围内的a*b*颜色值。图16F示出了随着入射角的增加，颜色从法向入射角下的深玫瑰色动态移动到金色的高反射颜色(金色)。

[0207] 图16F还示出了针对实施例3的MOF制品计算的a*b*颜色轨迹，其中制品的总厚度增加了3% (实心的正方形符号) 并且减小了3% (空心的圆形符号) 。+/-3%的厚度变化表示多层光学膜制造工艺的高范围的空间和时间厚度变化。图16F示出了跨越6%的厚度范围的三个颜色轨迹中的颜色变化相当小，达到无关紧要的程度。

[0208] 实施例4-玫瑰色至银色：MOF制品膜构造

[0209] 设想了包括MOF背反射器元件12和前表面部分反射器元件14的MOF膜制品10(图1)，其在法向角下具有饱和玫瑰色反射颜色，在较高视角下移动到银色反射颜色，并且对MOF光学厚度变化基本上不敏感。

[0210] MOF前表面部分反射器14为双轴拉伸的多层膜叠堆，其具有325个与PHEN13层交替的PEN层。MOF背反射器12也为双轴拉伸的多层膜叠堆，其具有184个散布有PMMA的PEN层。波长选择性吸收层16是用红色染料Red 60颜料波长选择性吸收器以4.5重量%和黄色染料PY 147颜料波长选择性吸收器以0.90重量%挤出的10 μm PETg膜。所得MOF制品具有66 μm 的厚度，并且在其面向外的表面(在下面讨论的图17A中未示出)上包括厚度为约2 μm 的保护性边界层。

[0211] 图17A中示出了用于背反射器12和前表面部分反射器14的两个MOF膜中的每一个的层分布。实施例4与实施例3的不同之处在于实施例4的ORU分布旨在随着入射角的增加改变为金色反射外观。前表面部分反射器膜的光学重复单元(ORU)分布设置为最靠近MOF制品

的前表面，并且宽带式背反射器12设置在波长选择性吸收器膜16的下面、MOF制品的底面上。对于前表面部分反射器14，每个符号表示由一对1/4相位厚度PEN层和PHEN13层组成的ORU，并且对于宽带式背反射器12，每个符号表示由一对1/4波长相位厚度PEN层和PMMA层组成的ORU。

[0212] 在该计算实施例4中，光学元件MOF背反射器12、前表面部分反射器14和吸收层16各自假定具有低散射或低雾度，从而使仅由元件12、14和16组成的MOF制品具有镜面性质。

[0213] 作为对下面元件波长选择性吸收层16位于宽带背反射器MOF12顶上的组合的随着变化的观察角具有相对恒定的反射颜色的说明，图17B至图17C分别示出了D65光源光谱的0度、45度和70度(近掠射)光入射角的计算反射光谱、和所得反射颜色 a^* 和 b^* 的计算反射光谱。这些计算去除了空气到材料菲涅耳界面的影响，这是用于分析位于MOF背反射器16顶上的下面元件吸收层12的颜色响应的适当方法，因为在MOF制品(包括MOF前表面部分反射器元件14)的完整构造中，光将从前表面部分反射器14传播到吸收层16和背反射器12中，并因此将不具有空气到材料界面。

[0214] 图17D示出了0度、45度和70度(近掠射)视角下的元件MOF前表面部分反射器14、吸收层16和MOF背反射器12的完整组合的计算镜面反射光谱。图17D示出了整体可见反射随着入射角的增加而显著增加，从而呈现出随着观察角增加到接近掠射，反射颜色从法向角下的深玫瑰色动态改变为高反射银色外观。

[0215] 图17E示出了实施例4的MOF制品的增加光入射角下的明视反射率Y的增加和Lab颜色系统的“亮度”度量 L^* 的图。

[0216] 图17F示出了实施例4的MOF制品的计算的总体反射颜色，其中三角形符号以5度的增量示出法向入射角(0度)至掠射角85度范围内的 a^*b^* 颜色值。图17F示出了随着入射角的增加，颜色从法向入射角下的深玫瑰色动态移动到中兴的高反射银色。

[0217] 图17F还示出了针对实施例4的MOF制品计算的 a^*b^* 颜色轨迹，其中制品的总厚度增加了3% (实心的正方形符号) 并且减小了3% (空心的圆形符号) 。+/-3%的厚度变化表示多层光学膜制造工艺的高范围的空间和时间厚度变化。图17F示出了跨越6%的厚度范围的三个颜色轨迹中的颜色变化相当小，达到无关紧要的程度。

[0218] 实施例5-金色至银色：MOF制品膜构造

[0219] 设想了包括MOF背反射器元件12和MOF前部分反射器元件14的MOF膜制品10(图1)，其在法向角下具有饱和金色反射颜色，在较高视角下移动到银色反射颜色，并且对MOF光学厚度变化基本上不敏感。

[0220] 前表面部分反射器14为双轴拉伸的多层膜叠堆，其具有325个与PHEN13层交替的PEN层。背反射器12也为双轴拉伸的多层膜叠堆，其具有184个散布有PMMA的PEN层。波长选择性吸收层16是用红色染料Red 60颜料波长选择性吸收器以0.15重量%和黄色染料PY 147颜料波长选择性吸收器以1.35重量%挤出的10 μm PETg膜。所得MOF制品具有60 μm 的厚度，并且在其面向外的表面(在下面讨论的图18A中未示出)上包括厚度为约2 μm 的保护性边界层。

[0221] 图18A中示出了用于背反射器12和前表面部分反射器14的两个MOF膜中的每一个的层分布。对于实施例5，前表面部分反射器MOF膜14的光学重复单元(ORU)分布设置为最靠近MOF制品10的前表面，并且宽带式背反射器12的ORU设置在波长选择性吸收器膜16的下

面、MOF制品10的底面上。

[0222] MOF前表面部分反射器14的ORU分布被设计成随着入射角的增加仅增加蓝色和青色反射颜色，并且可被限制为该可见颜色光谱，因为对于所有入射角，下面元件吸收层16位于背反射器12顶上的组合在可见光谱的绿色至红色部分中是强反射的。在图18A中，部分对于MOF前表面部分反射器14，每个符号表示由一对1/4波长相位厚度PEN层和PHEN13层组成的ORU，并且对于MOF宽带式背反射器12，每个符号表示由一对1/4波长相位厚度PEN层和PMMA层组成的ORU。

[0223] 在该计算实施例5中，光学元件MOF背反射器12、MOF前表面部分反射器14和吸收层16各自假定具有低散射或低雾度，从而使仅由元件12、14和16组成的MOF制品10具有镜面性质。

[0224] 作为对下面元件波长选择性吸收层16位于MOF宽带背反射器12顶上的组合的随着变化的观察角具有相对恒定的反射颜色的说明，图18B至图18C分别示出了D65光源光谱的0度、45度和70度(近掠射)光入射角的计算反射光谱、和所得反射颜色a*和b*的计算反射光谱。这些计算去除了空气到材料菲涅耳界面的影响以确定MOF制品10的颜色响应，这是因为光从MOF前表面部分反射器14传播到吸收层16中并进入MOF背反射器12中，并因此没有空气到材料的界面。

[0225] 图18D示出了0度、45度和70度(近掠射)视角下的元件MOF前表面部分反射器14、吸收层16和MOF背反射器12的整体组合的计算镜面反射光谱。图18D示出了整体可见反射对于所有入射角都相对较高，但仍然呈现出随着观察角增加到接近掠射，反射颜色从法向角下的高反射金色动态改变为高反射银色外观。

[0226] 图18E为实施例5的MOF制品的增加光入射角下的明视反射率Y的增加和Lab颜色系统的“亮度”度量L*的图。

[0227] 图18F示出了实施例5的MOF制品的计算的总体反射颜色，其中三角形符号以5度的增量示出法向入射角(0度)至掠射角85度范围内的a*b*颜色值。图18F示出了随着入射角的增加，颜色从法向入射角下的深玫瑰色动态移动到中性的高反射银色。

[0228] 图18F还示出了针对实施例5的MOF制品计算的a*b*颜色轨迹，其中制品的总厚度增加了3% (实心的正方形符号) 并且减小了3% (空心的圆形符号) 。+/-3%的厚度变化表示多层光学膜制造工艺的高范围的空间和时间厚度变化。图18F示出了跨越6%的厚度范围的三个颜色轨迹中的颜色变化相当小，达到无关紧要的程度。

[0229] 实施例6-膜制品

[0230] 图19示出了在其表面上包括MOF制品510的膜制品500。在该实施例中，MOF制品510在图1中更详细地示出并且与上述实施例4-实施例5中的MOF制品一样具有饱和色，这些MOF制品包括背反射器512和前表面部分反射器514，它们被吸收层516分开。

[0231] 在MOF制品510的邻近前表面部分反射器514的侧面515上形成由具有低折射率的聚合物材料形成的并且包括微结构化图案532的漫射结构530。

[0232] 可使用例如在PCT公布申请No.WO 00/48037与美国专利No.7,350,442和7,328,638中描述的具有快速刀具伺服(FTS)的金刚石车削系统与圆柱形微复制工具来产生微复制结构532。用于产生微复制工具的过程在例如PCT公布申请No.WO2010/041261中进一步描述。

[0233] 然后使用美国专利No.5,175,030 (Lu) 和美国专利No.5,183,597 (Lu) 中所述的方法将在圆柱形工具中产生的结构复制在表面515上。这些结构由如美国专利No.8,282,863 中所述具有大约1.67的平均折射率的可紫外 (UV) 固化树脂制成。

[0234] 表面515还包括基本上非漫射特性的区域531,这些区域531可被设计为例如标签、徽标等。

[0235] 用折射率比形成漫射结构530的聚合物材料高的聚合物材料534涂覆漫射微结构化图案530和基本上非漫射区域531。

[0236] 膜制品500还包括折射率失配光学透明粘合剂 (OCA) 层540,其产生漫射区域和非漫射区域。将OCA 540层压到玻璃片550。

[0237] 可将膜制品500结合到例如消费电子设备中以允许无线充电,并且玻璃外表面550 将提供刚度。膜制品500仅仅是一个示例,示出了在下面MOF制品510的所设计光谱被适当设计的情况下,MOF制品510可以在无线充电或传感器隐藏式IR发射/接收中提供装饰性应用的方式。

[0238] 以上获得专利证书的申请中所有引用的参考文献、专利和专利申请以一致的方式全文以引用方式并入本文中。在并入的参考文献部分与本申请之间存在不一致或矛盾的情况下,应以前述说明中的信息为准。为了使本领域的普通技术人员能够实践受权利要求保护的本公开而给出的前述说明不应理解为是对本公开范围的限制,本公开的范围由权利要求及其所有等形式限定。

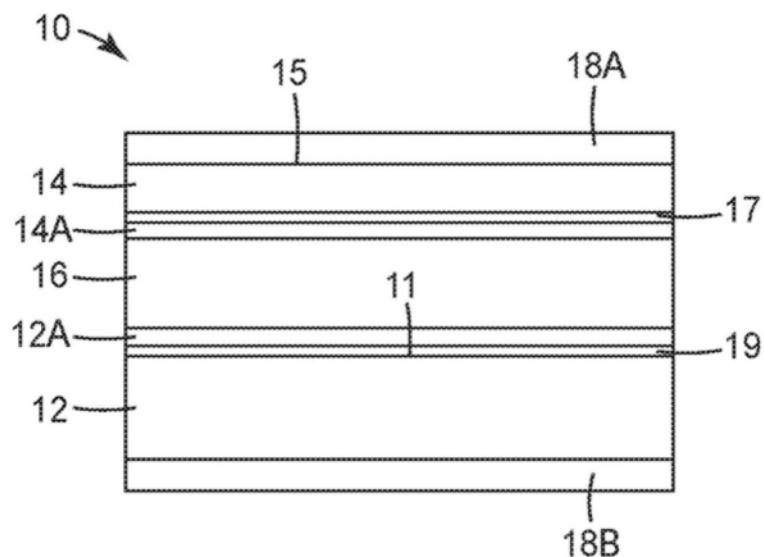


图1

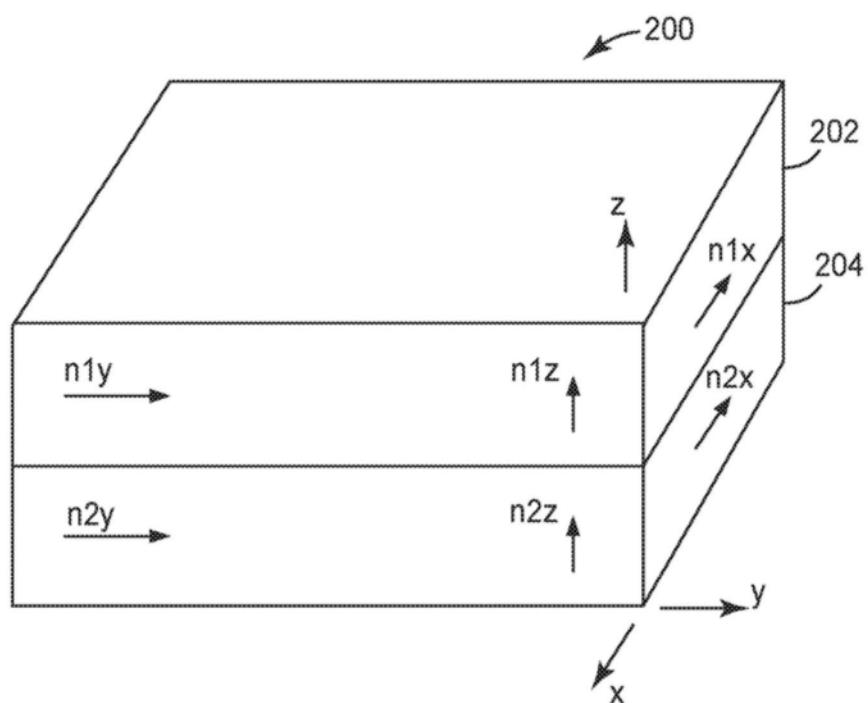


图2

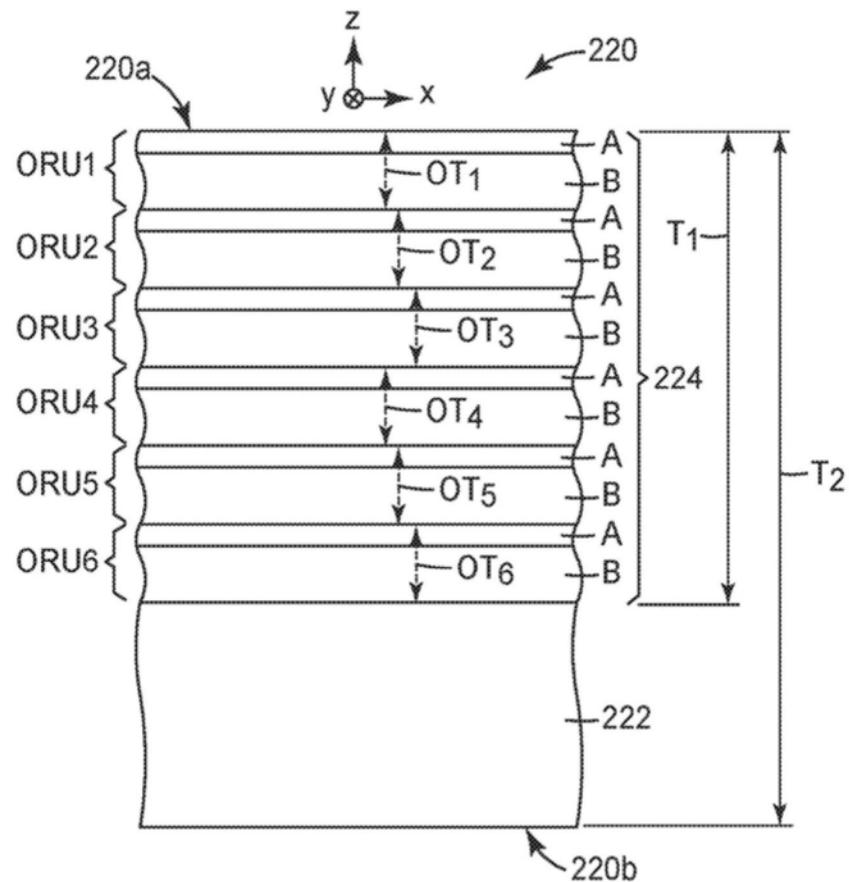


图2A

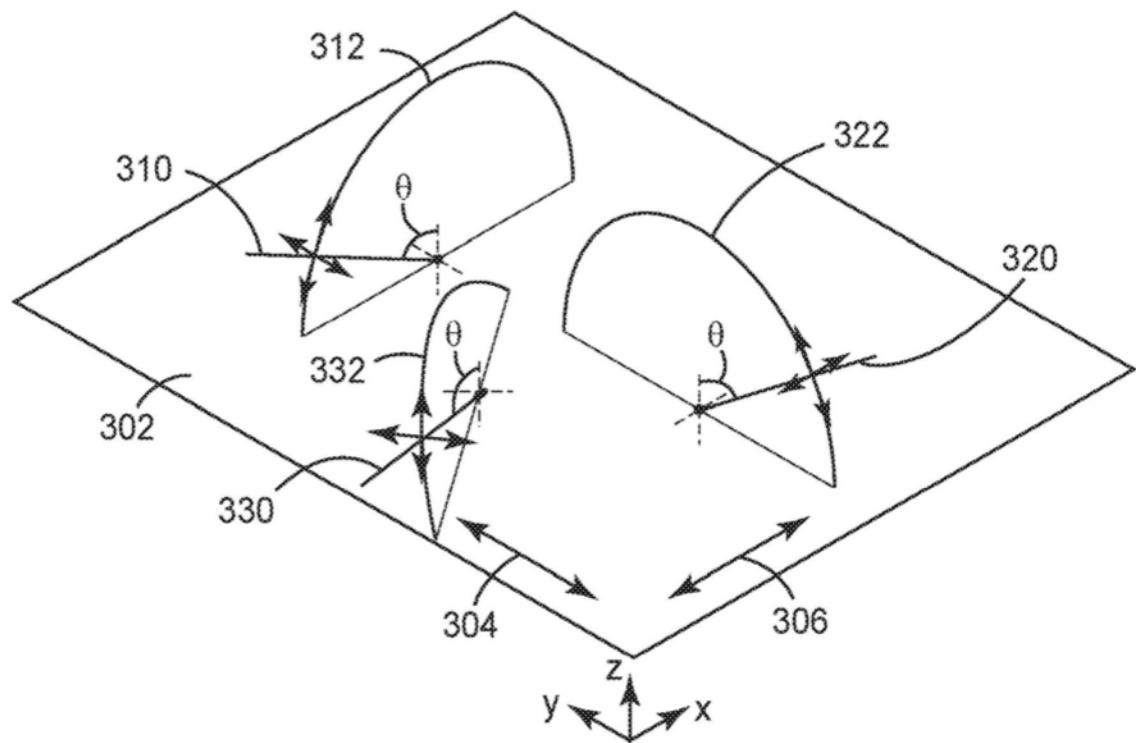


图3

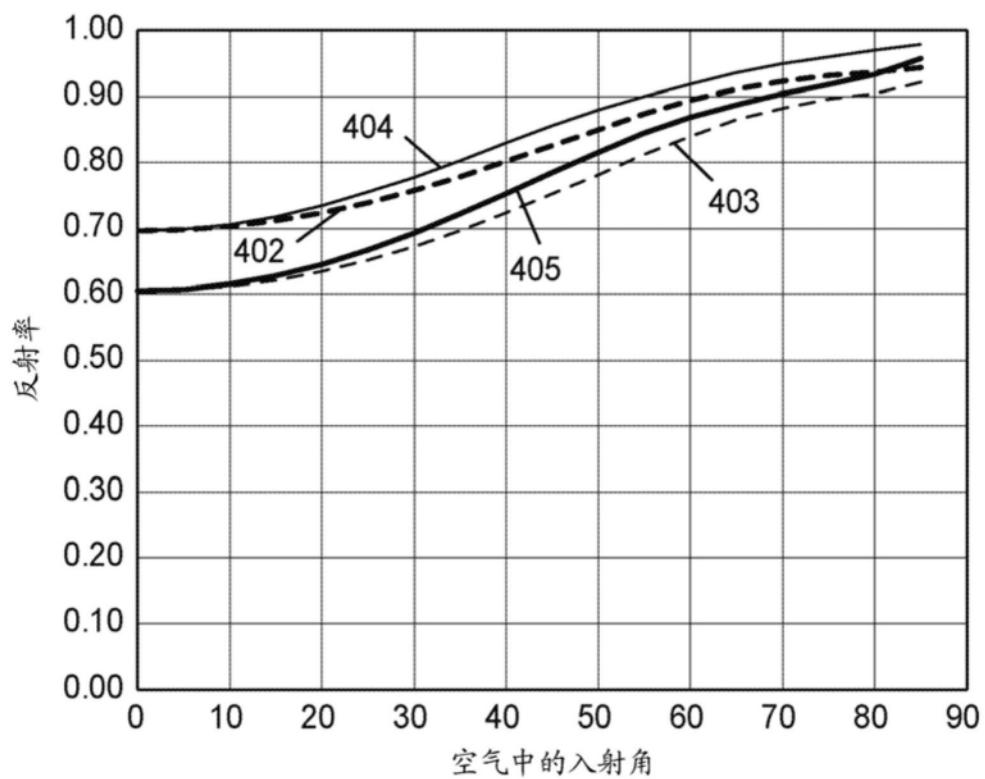


图4

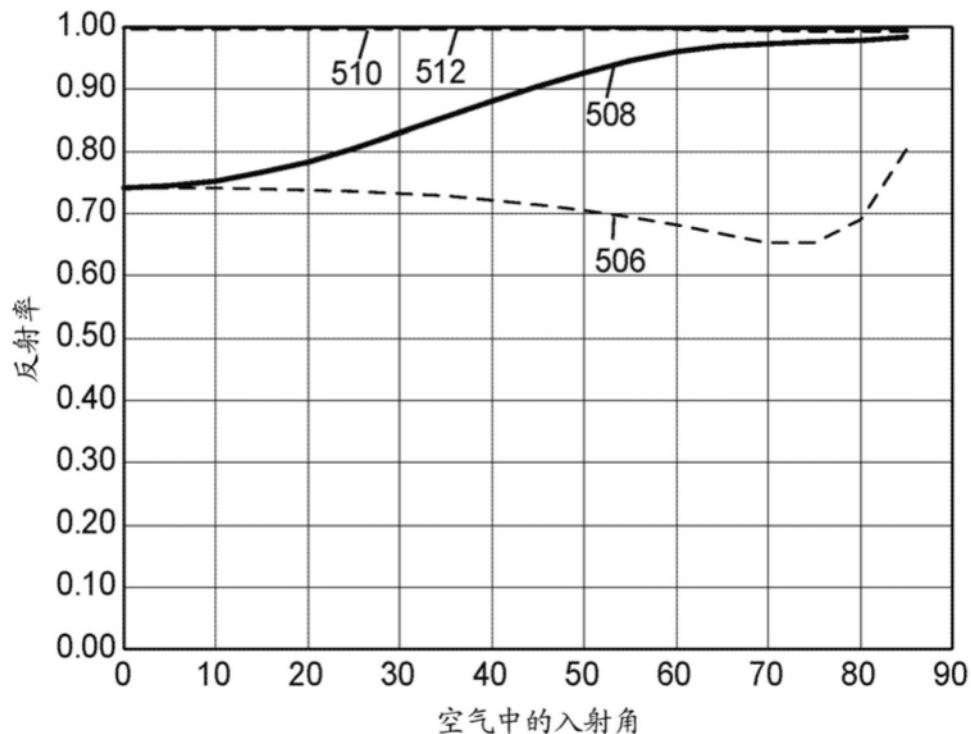


图5

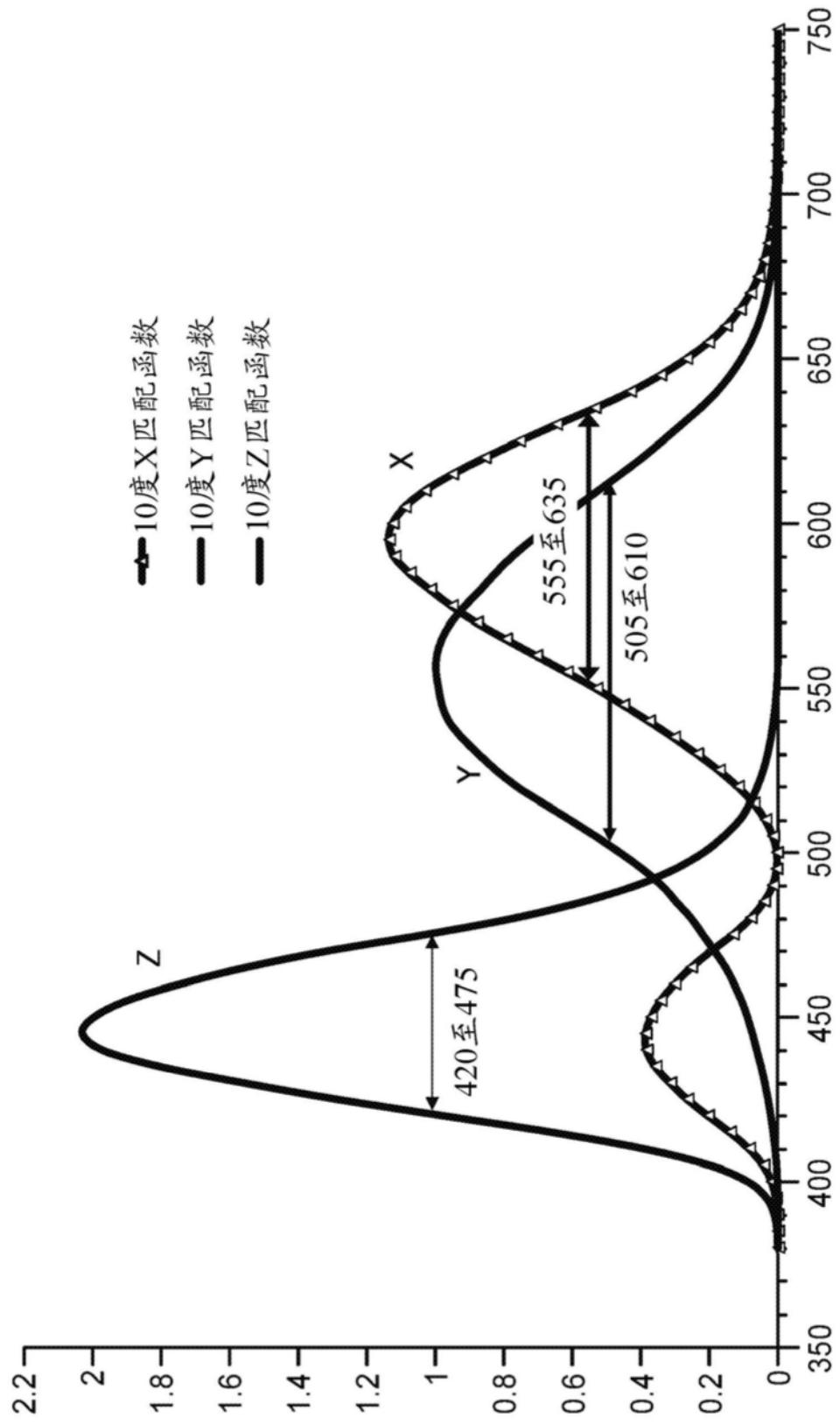


图6

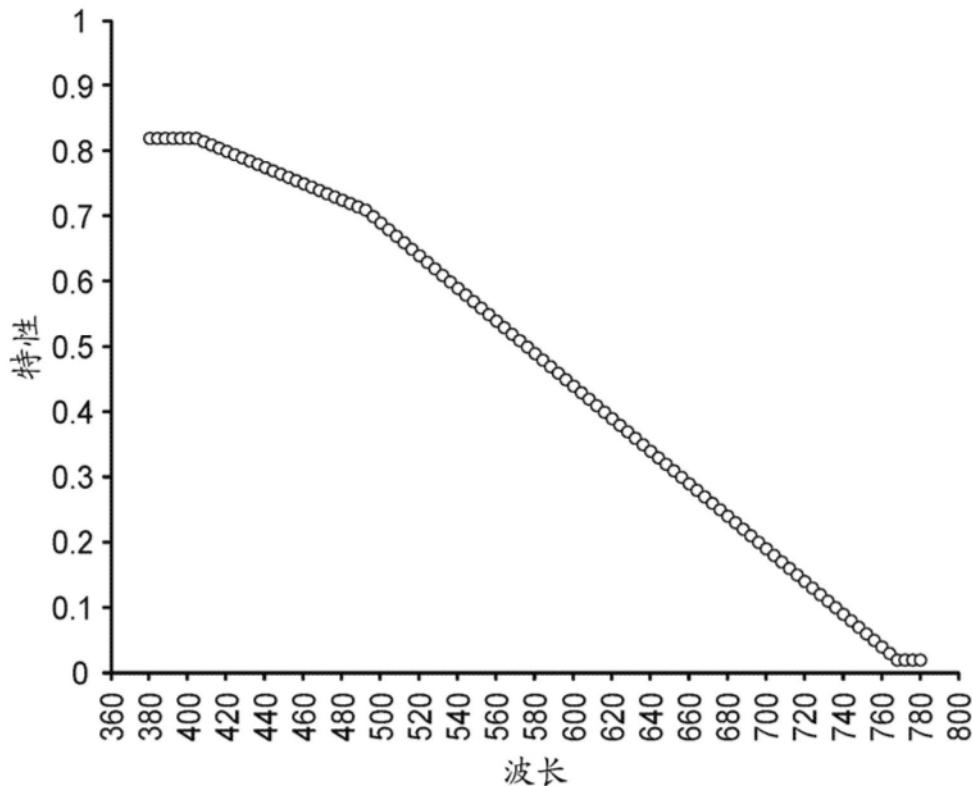


图7A

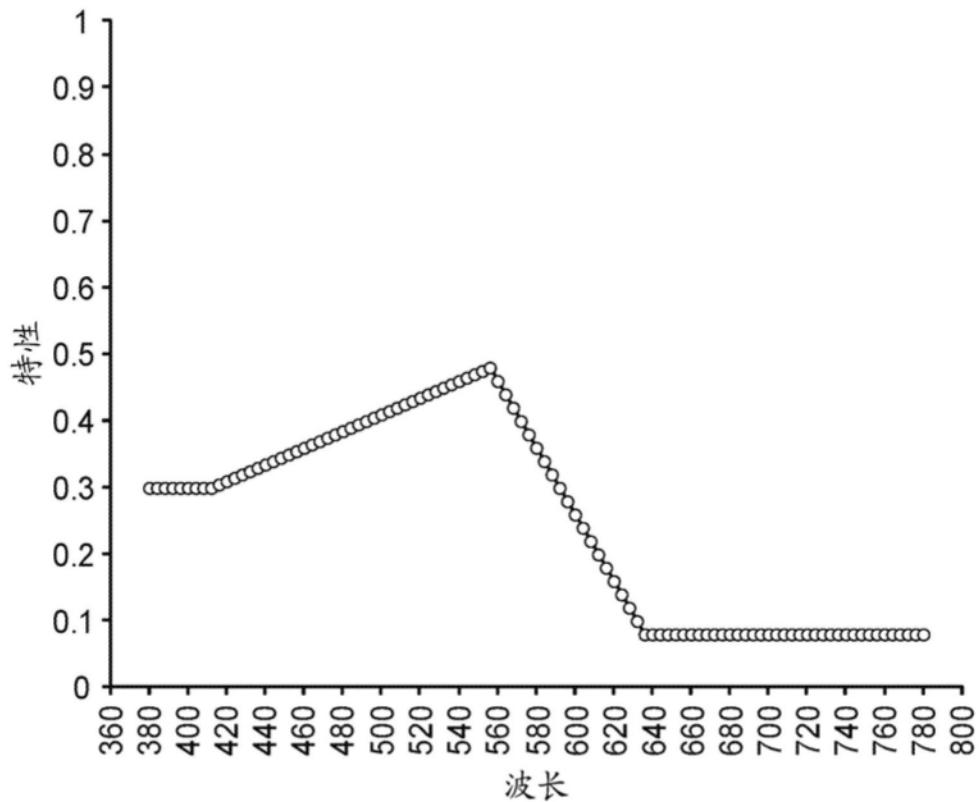


图7B

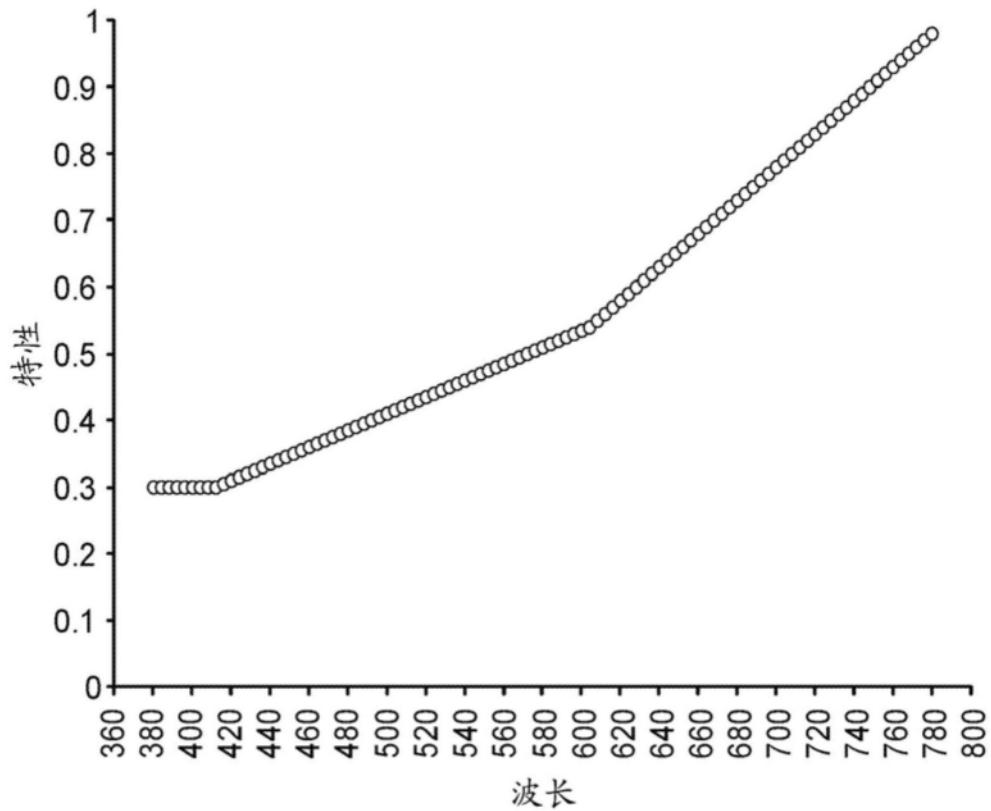


图7C

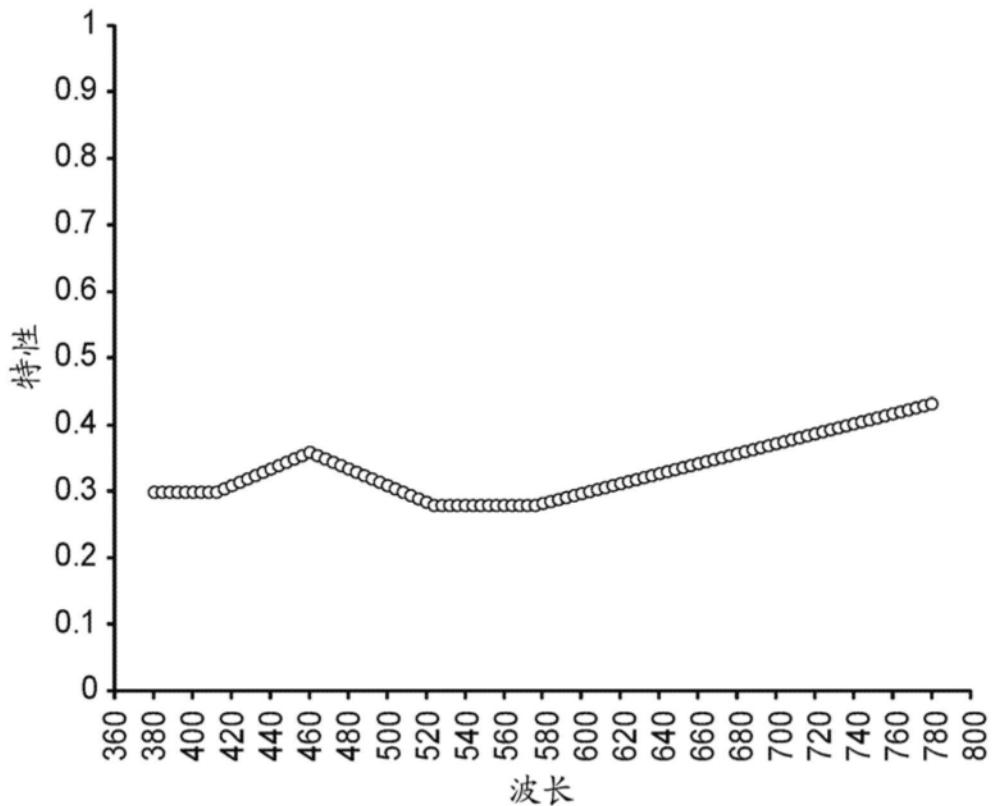


图7D

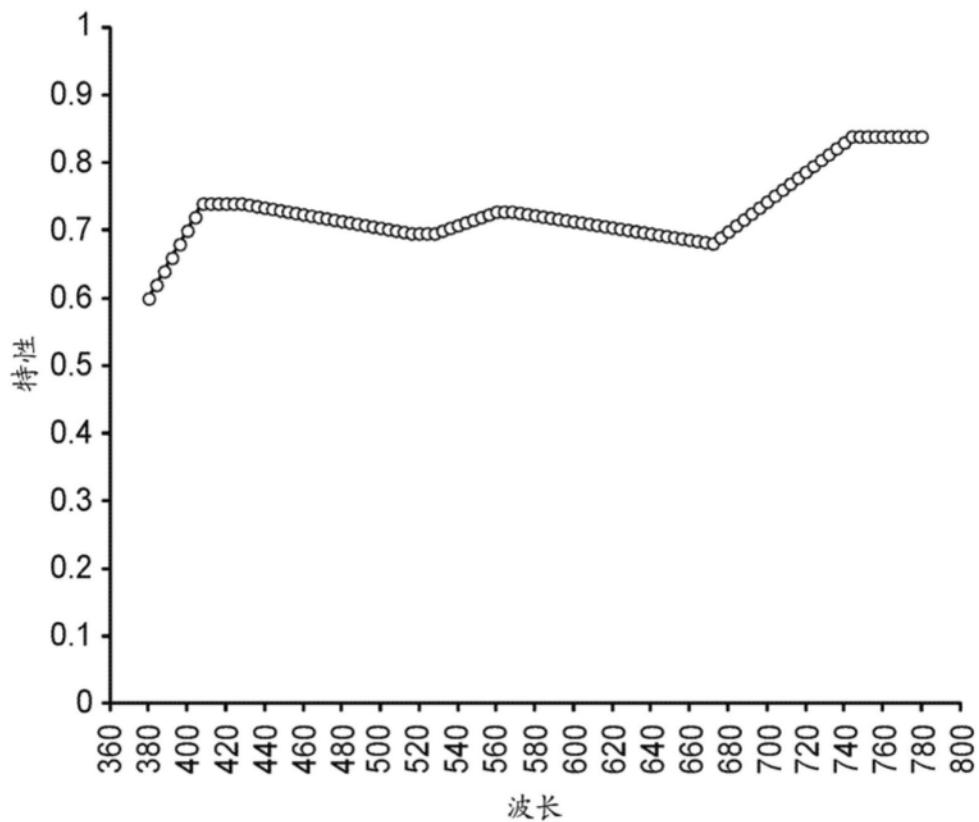


图7E

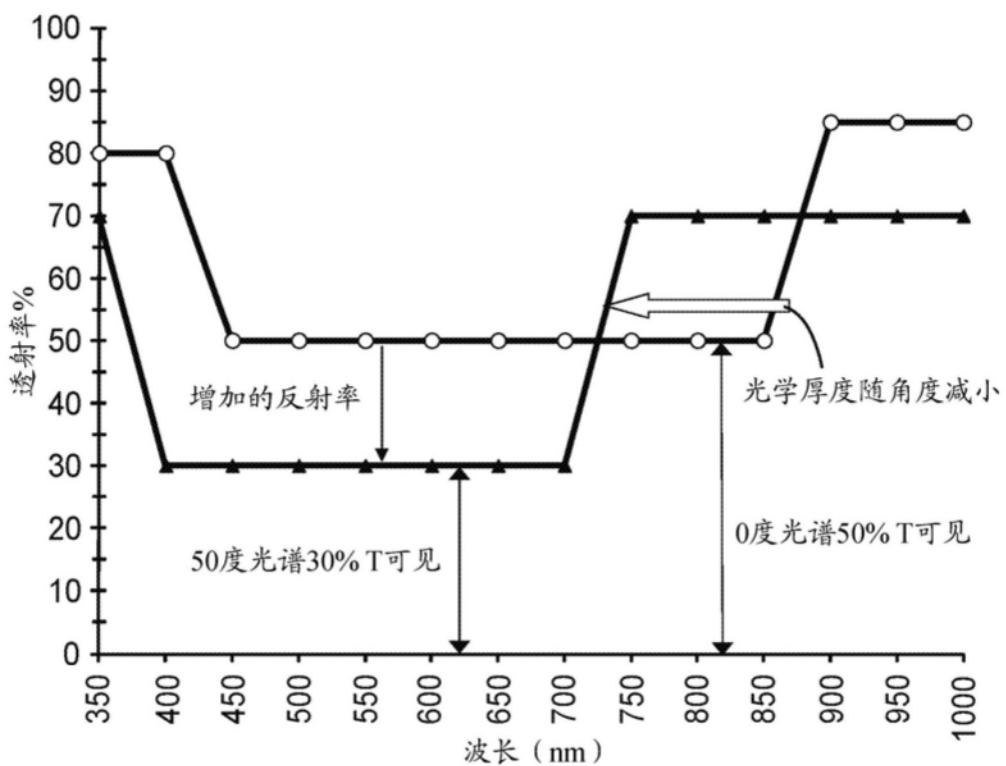


图8

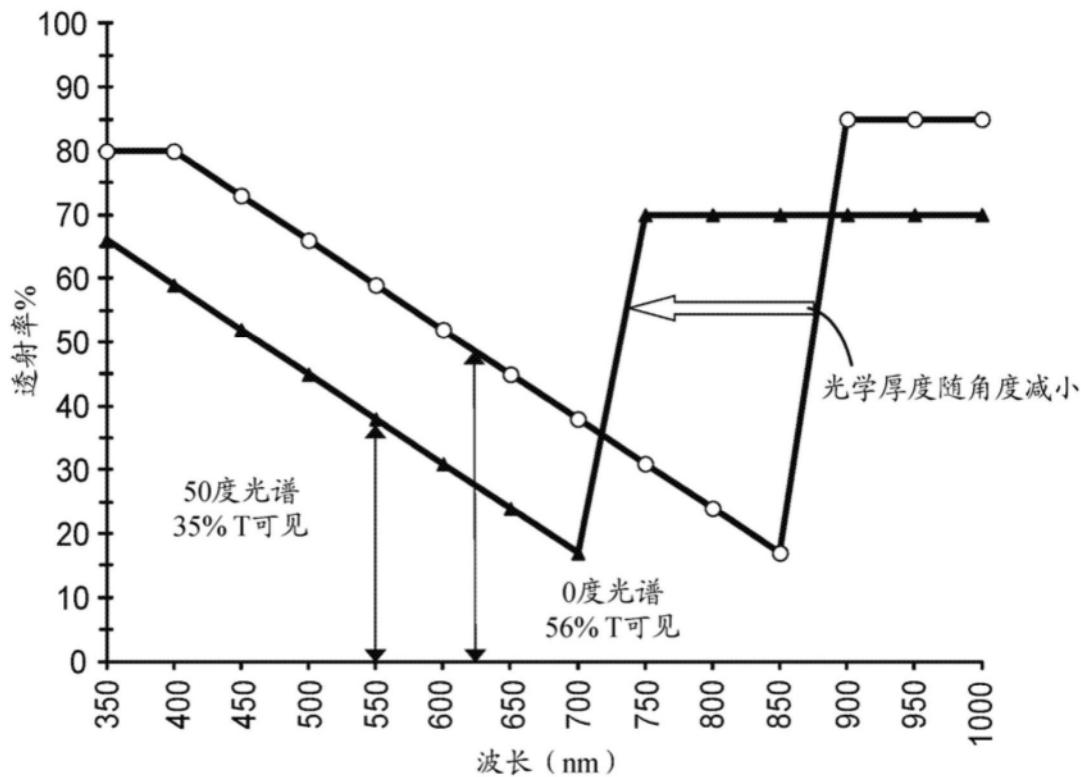


图9

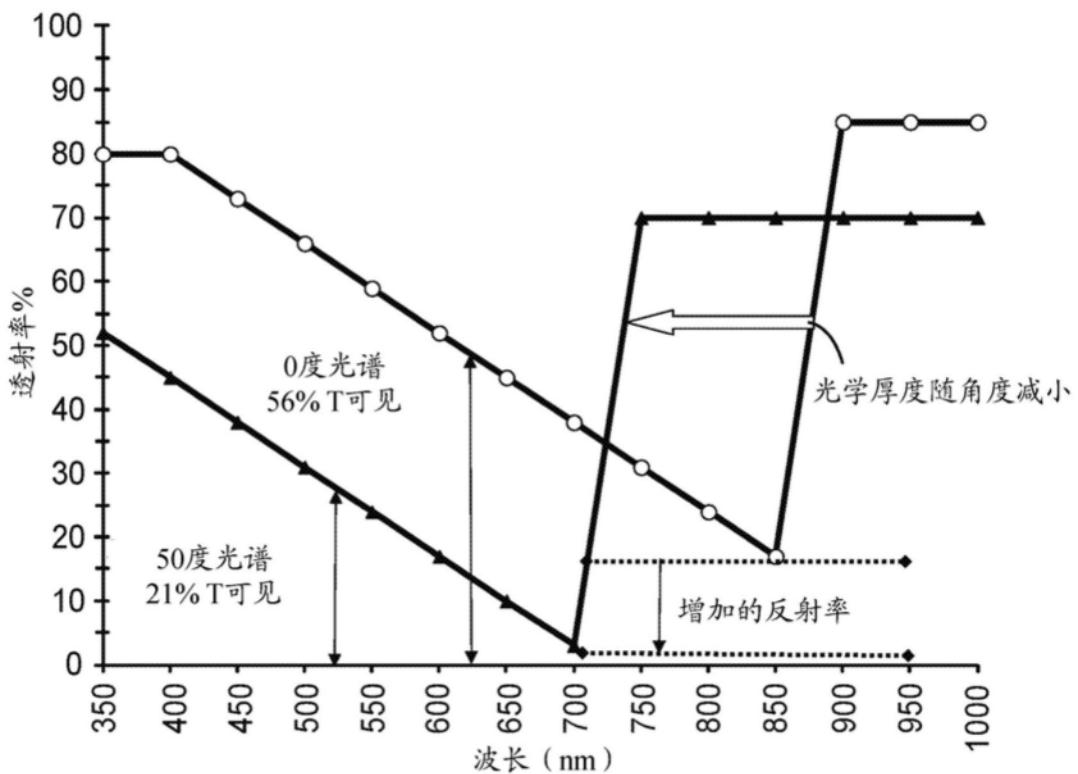


图10

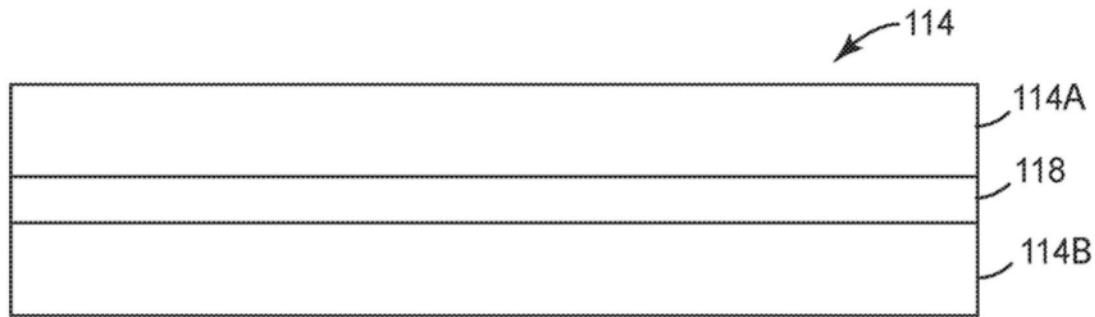


图11A

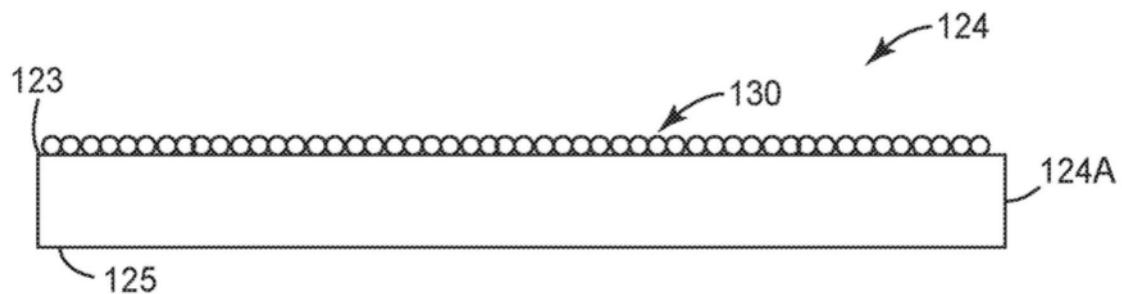


图11B

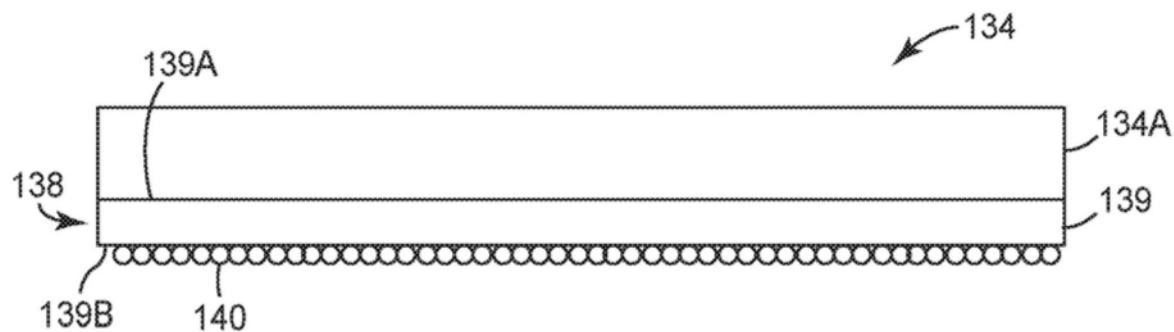


图11C

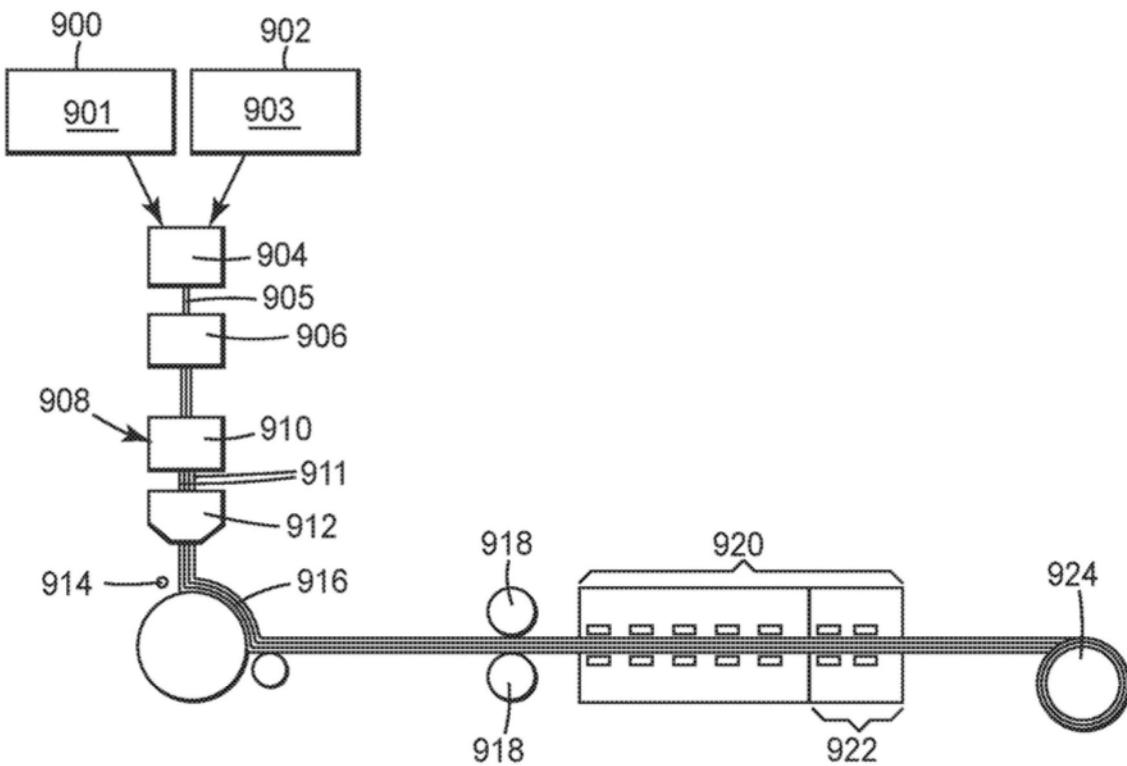


图12A

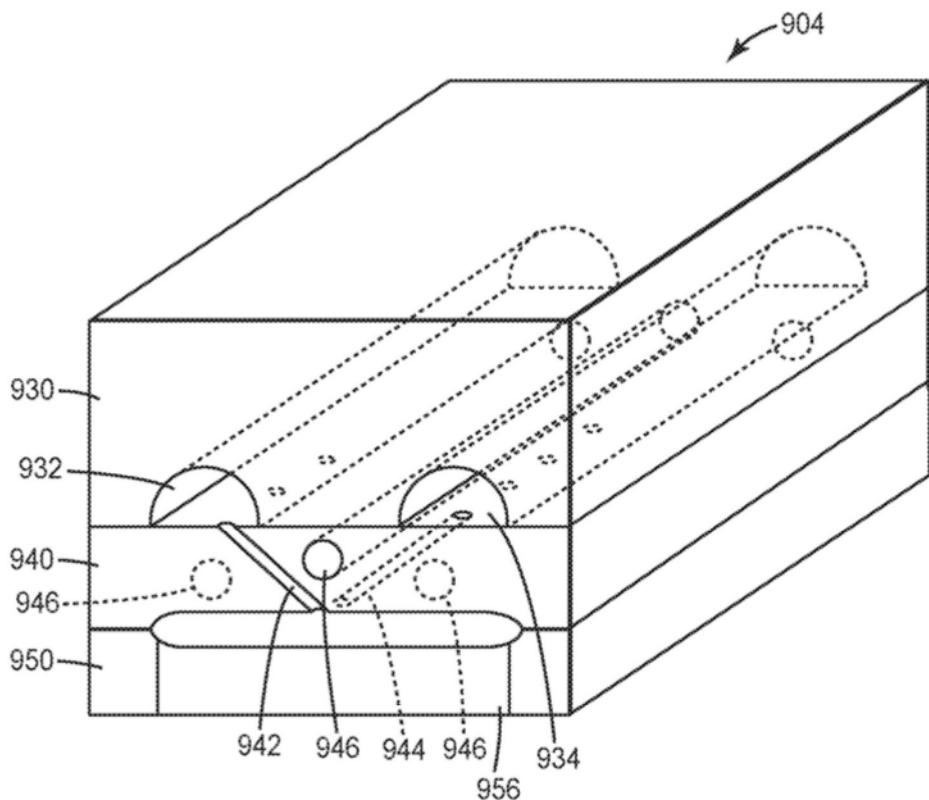


图12B

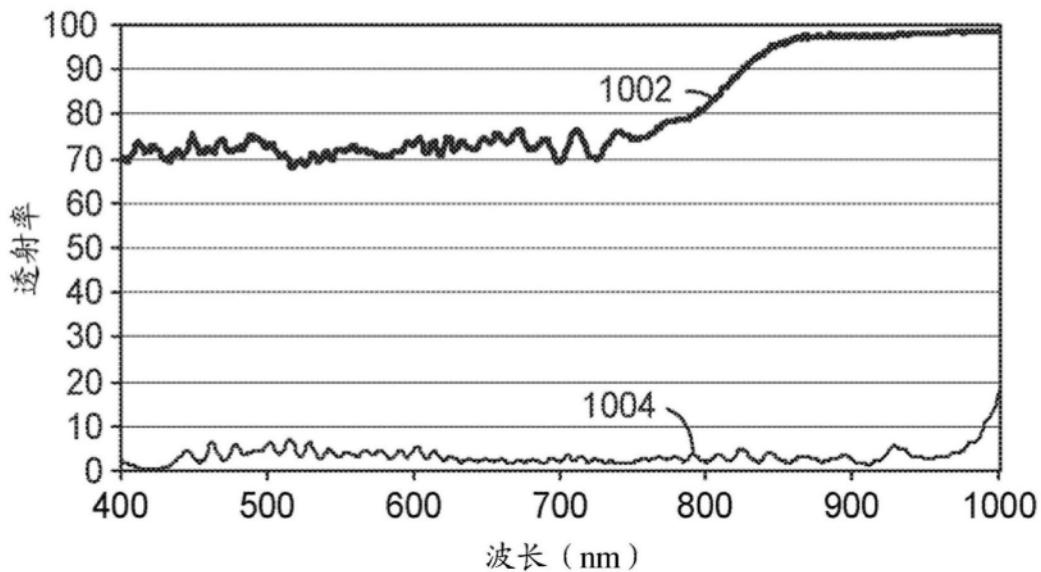


图13

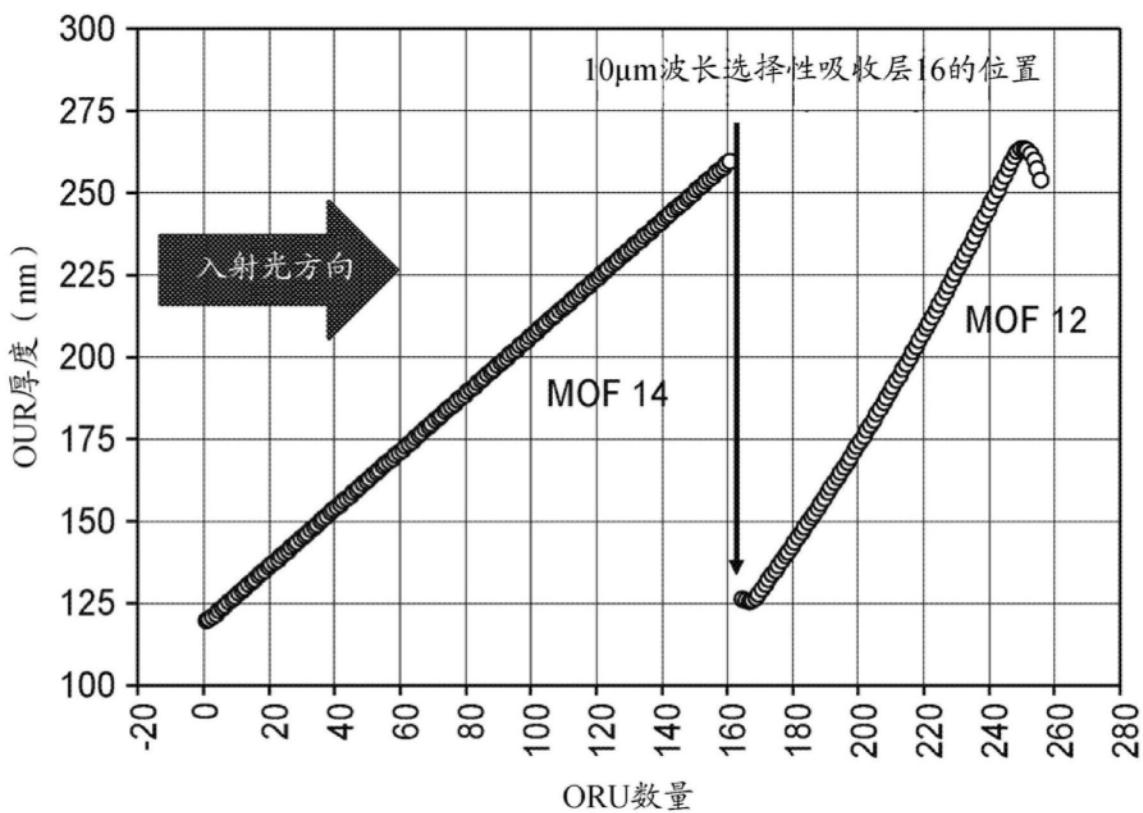


图14A

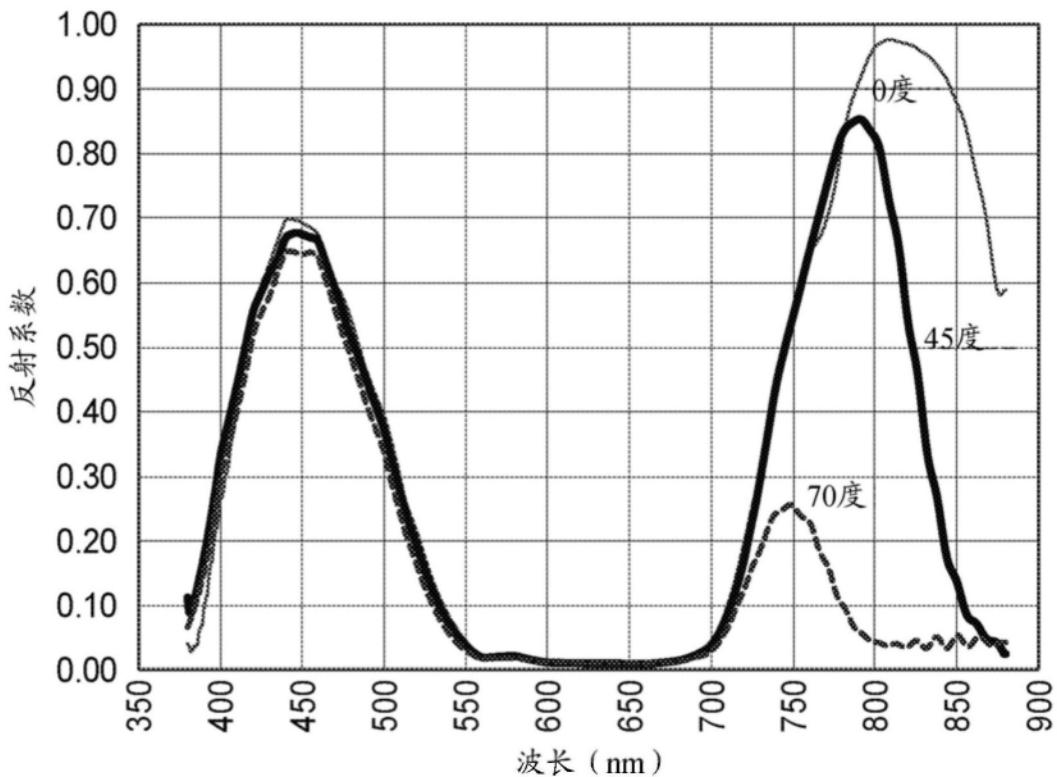


图14B

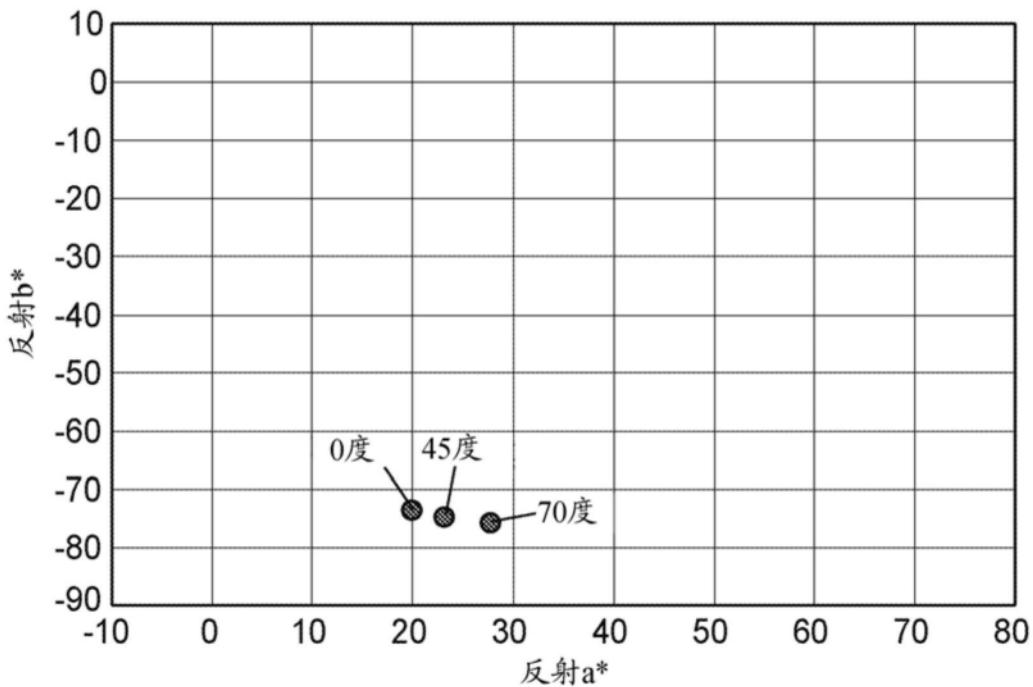


图14C

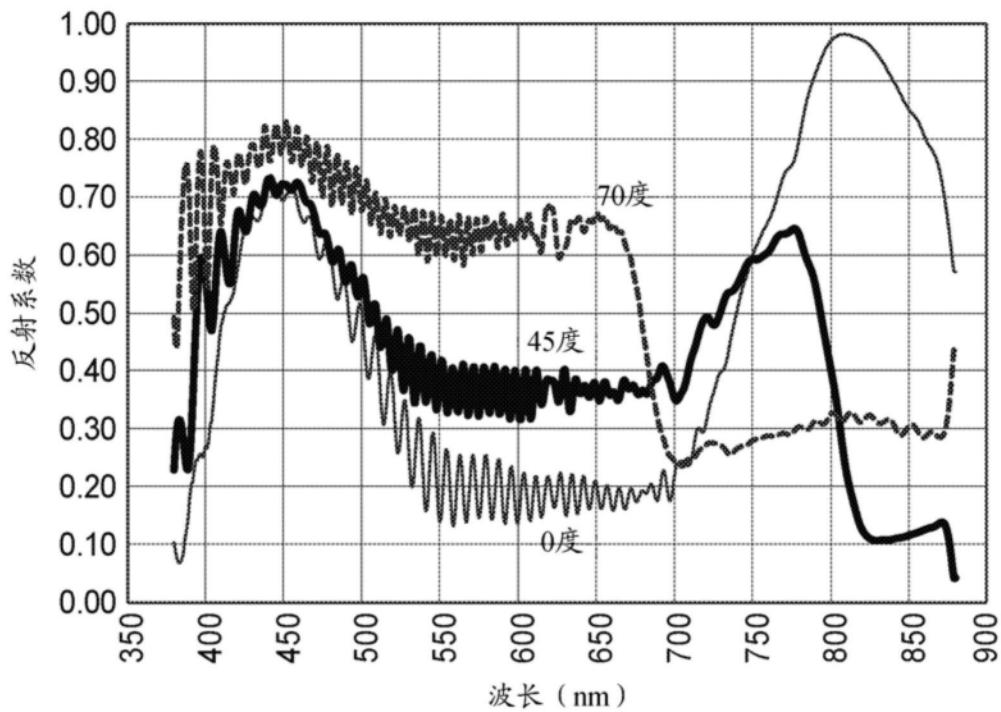


图14D

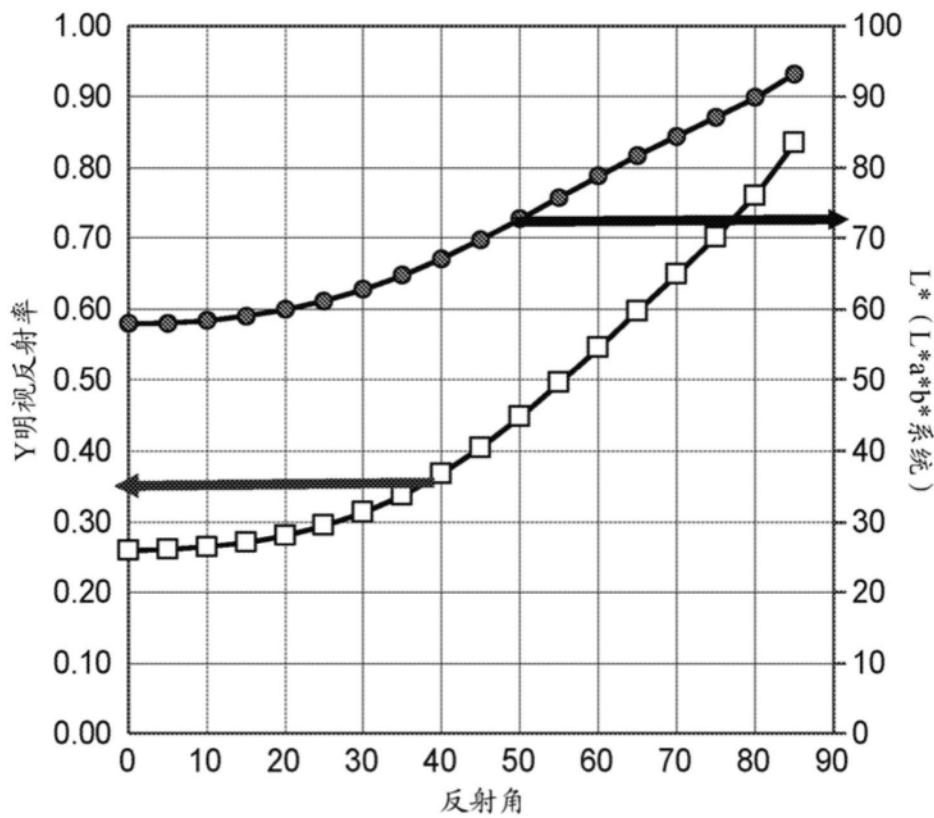


图14E

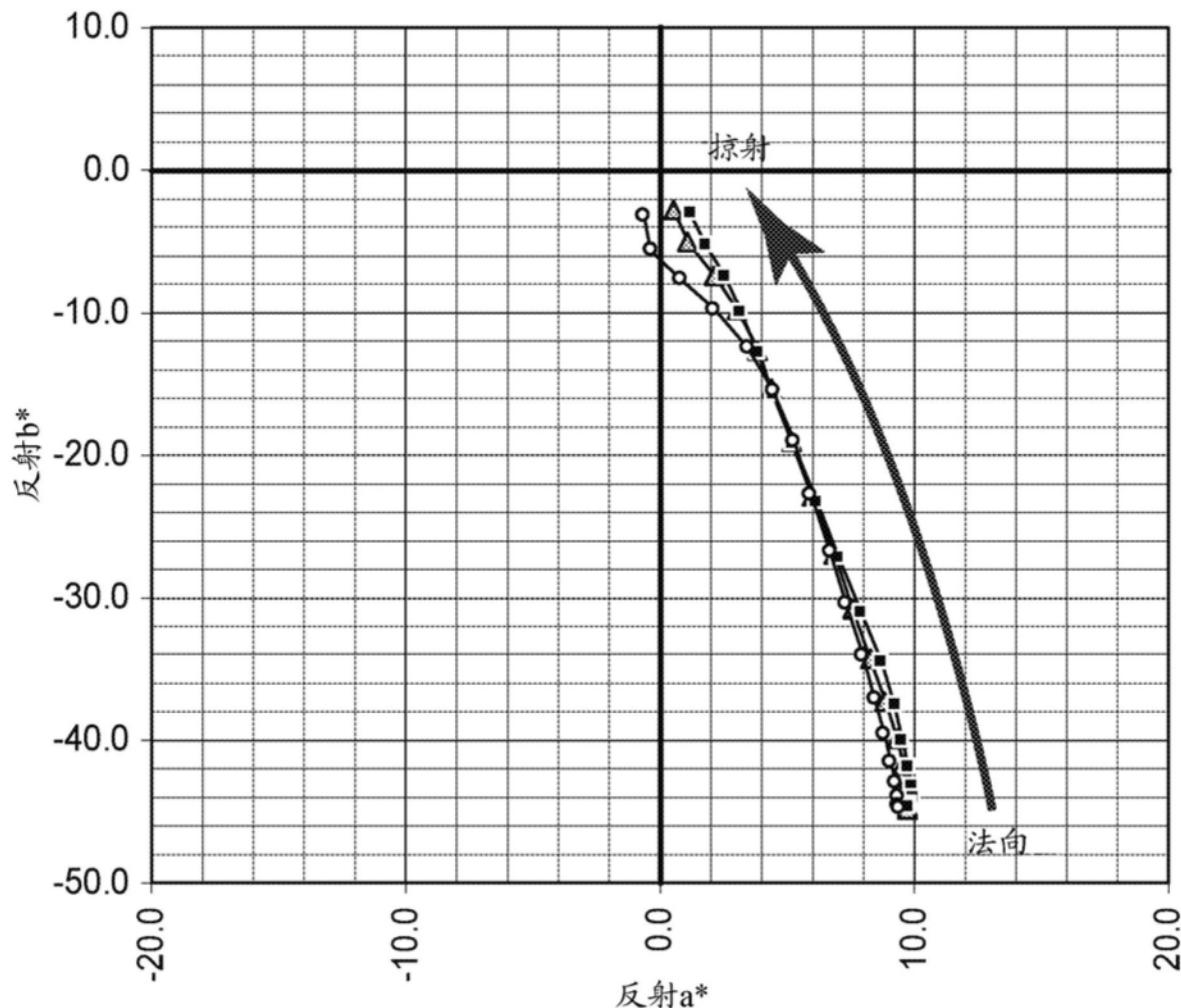


图14F

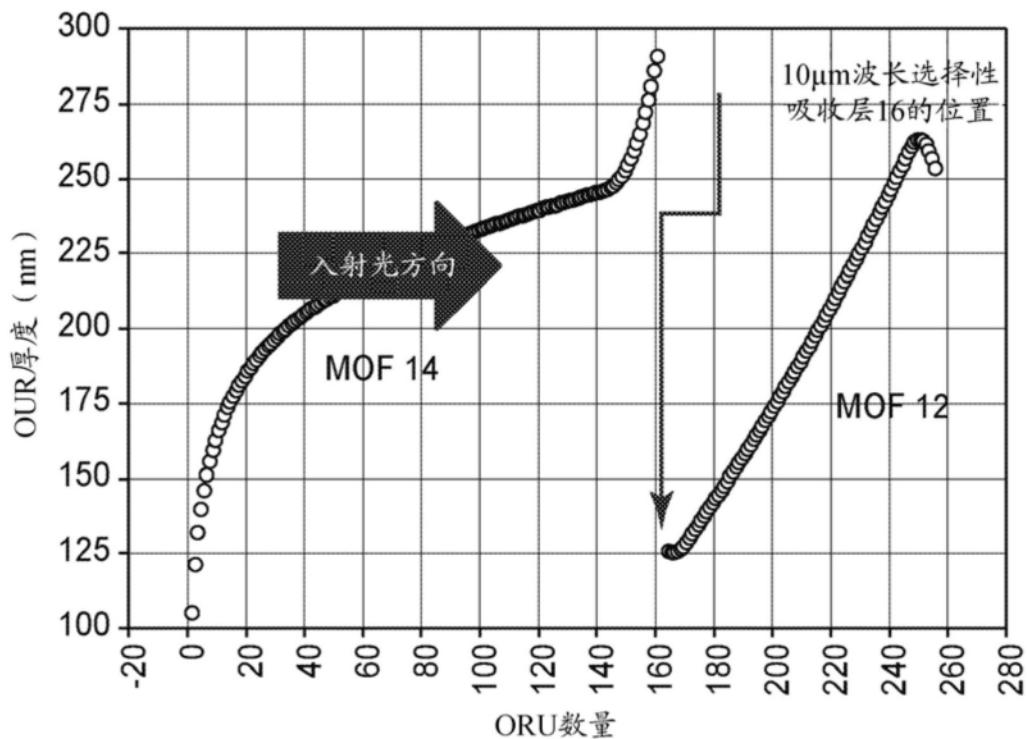


图15A

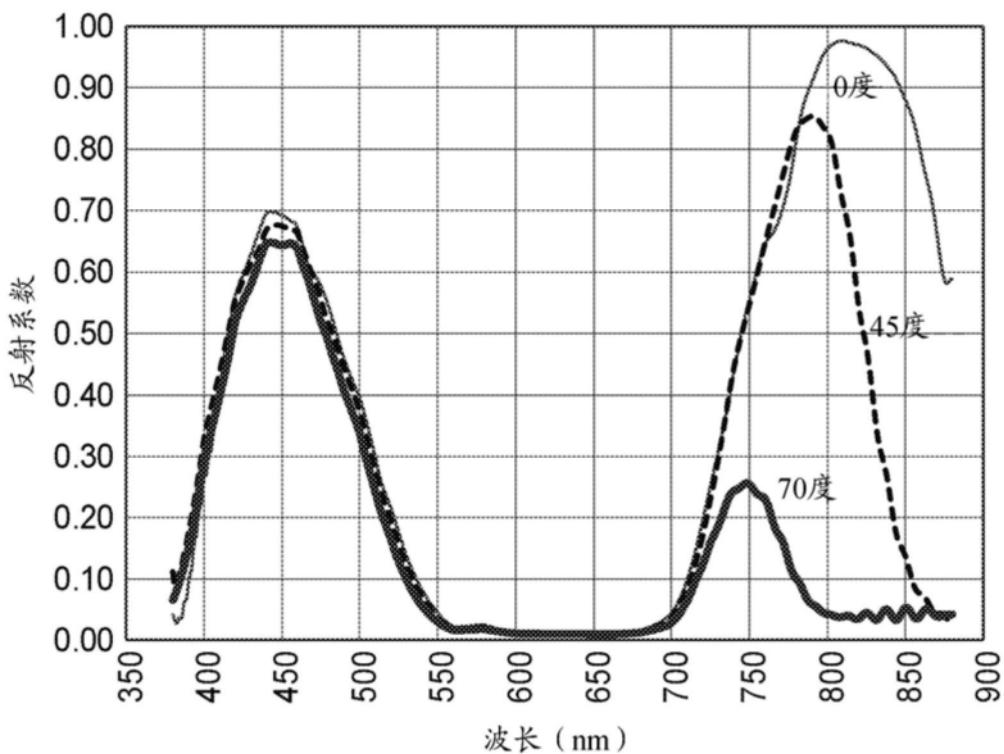


图15B

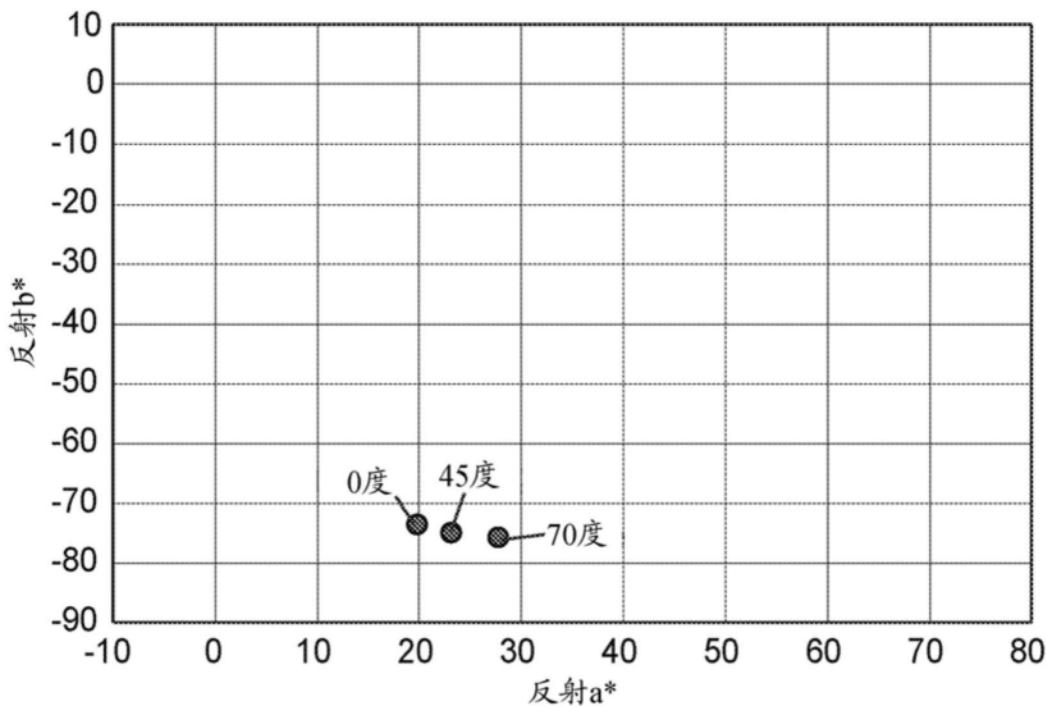


图15C

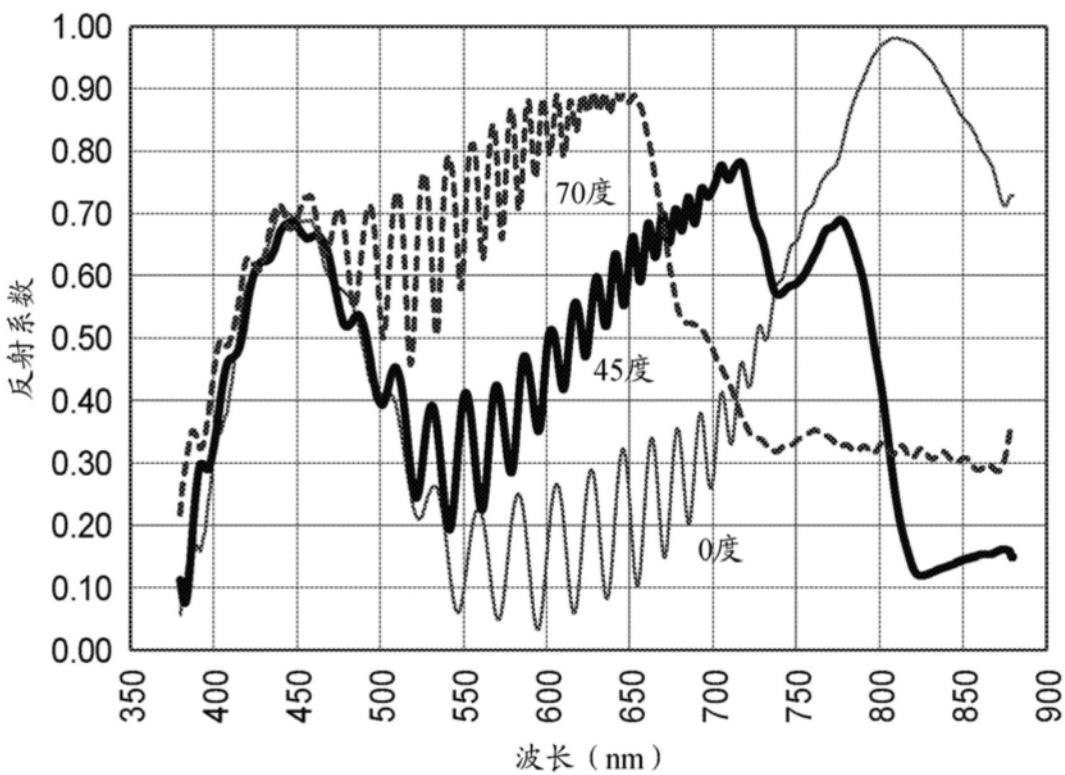


图15D

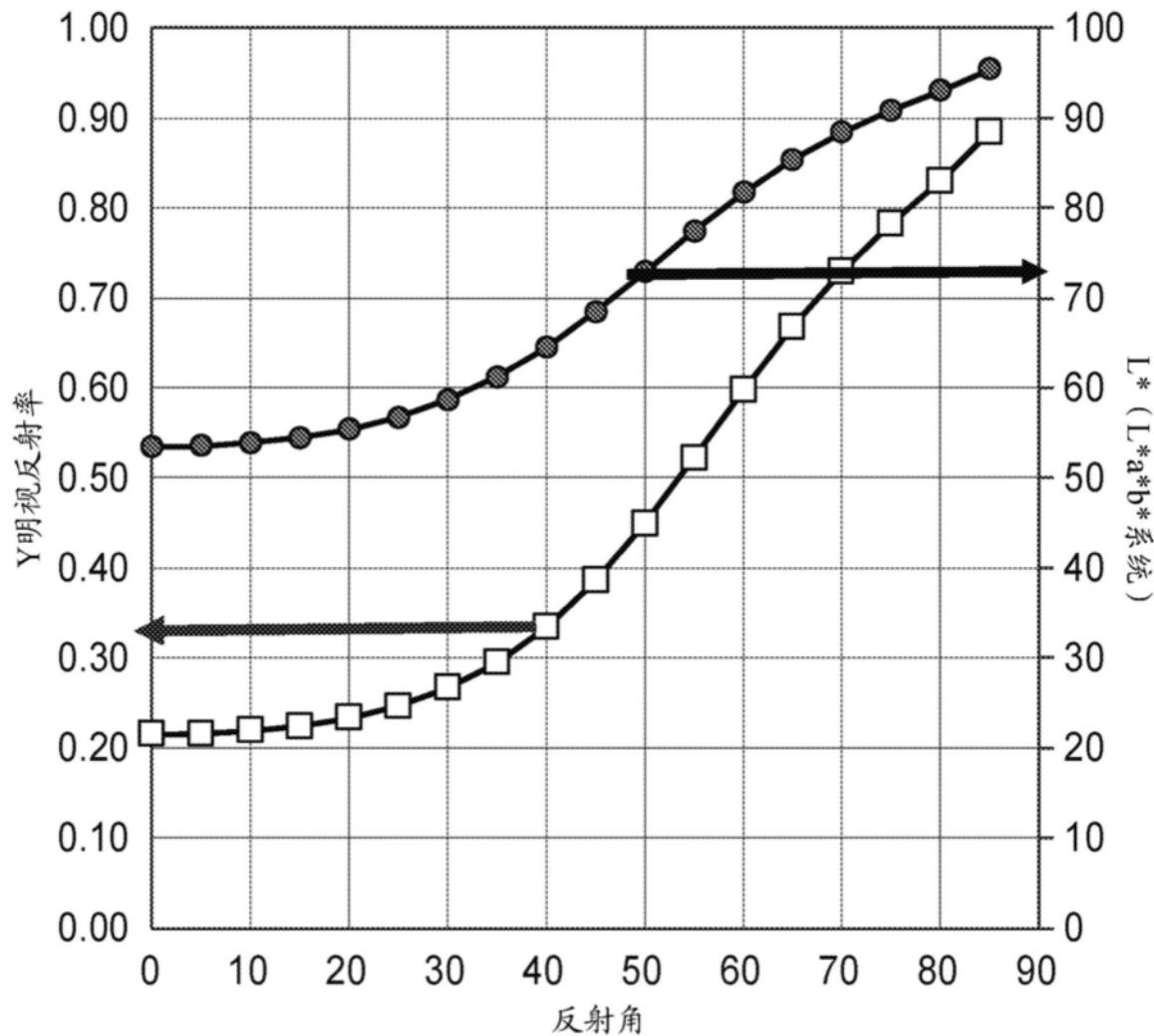


图15E

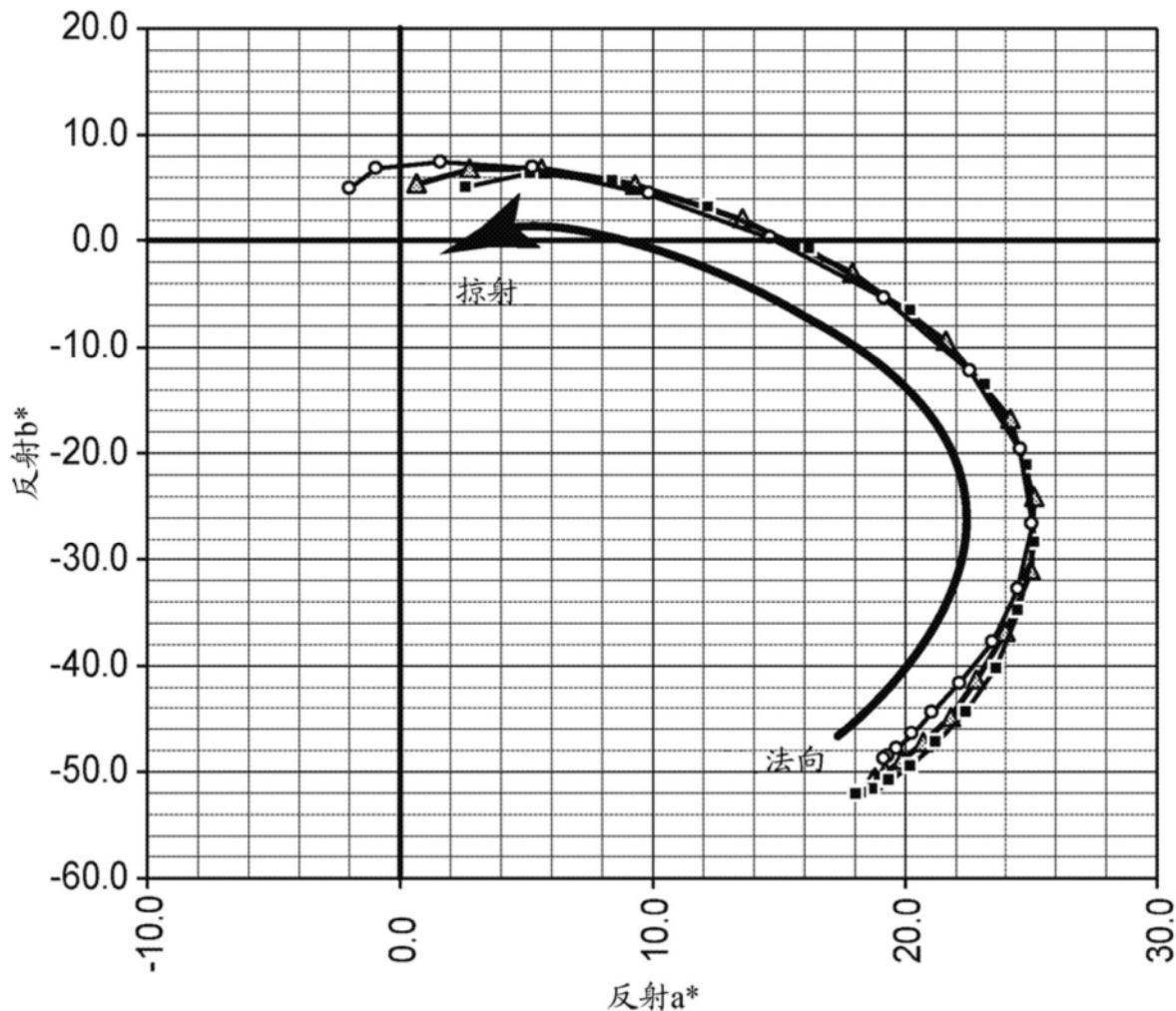


图15F

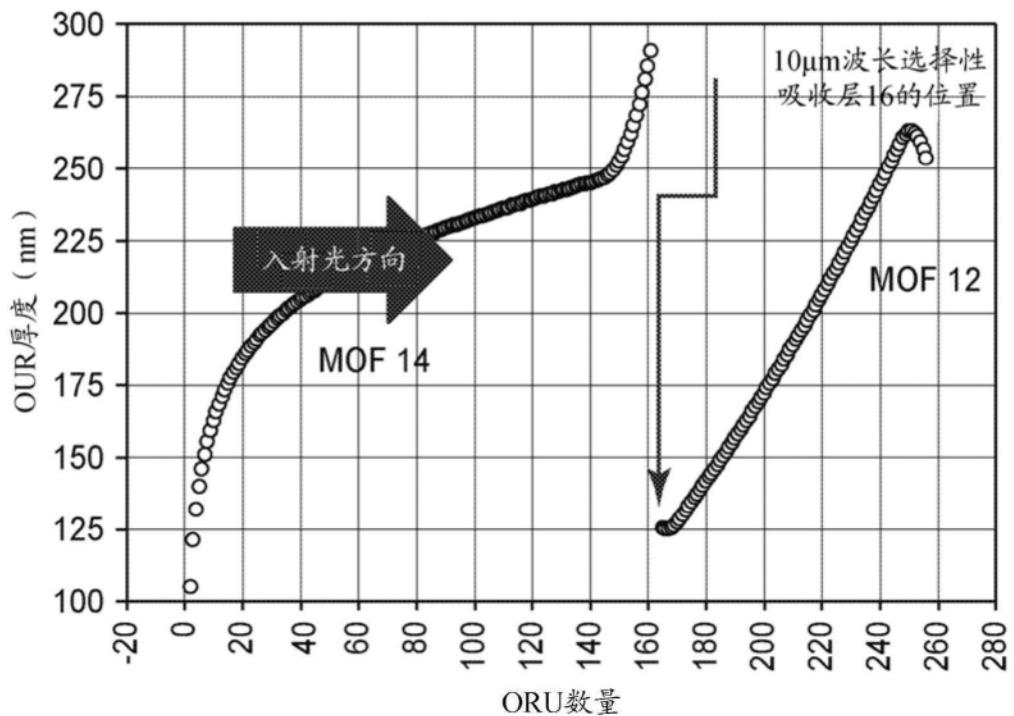


图16A

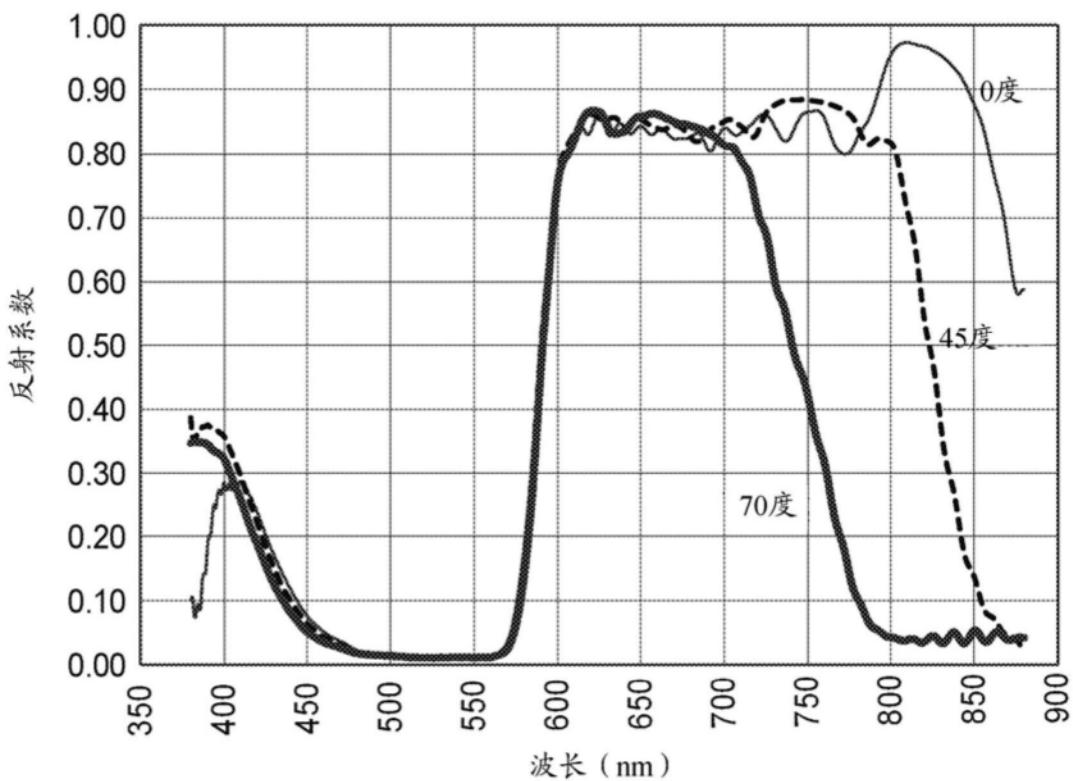


图16B

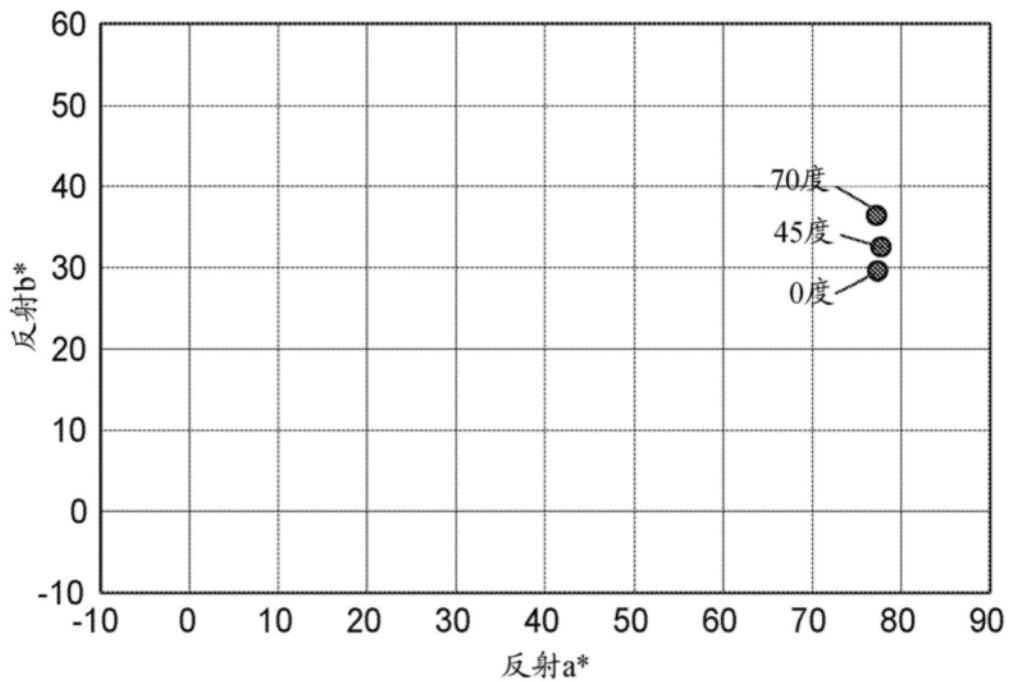


图16C

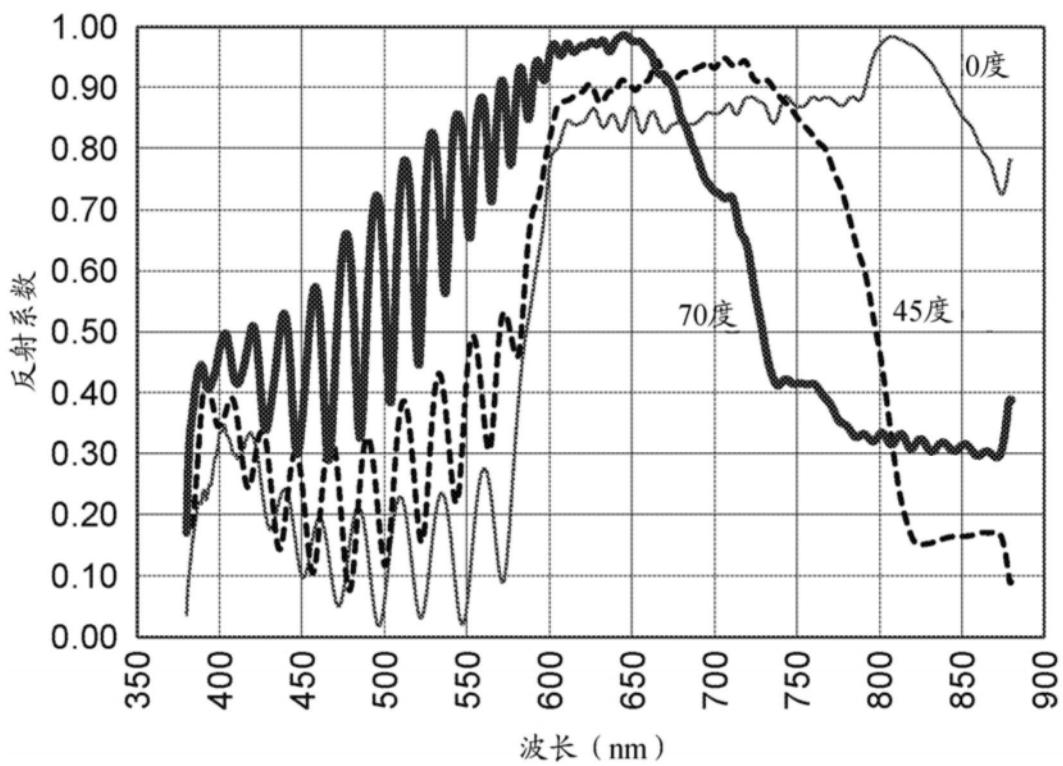


图16D

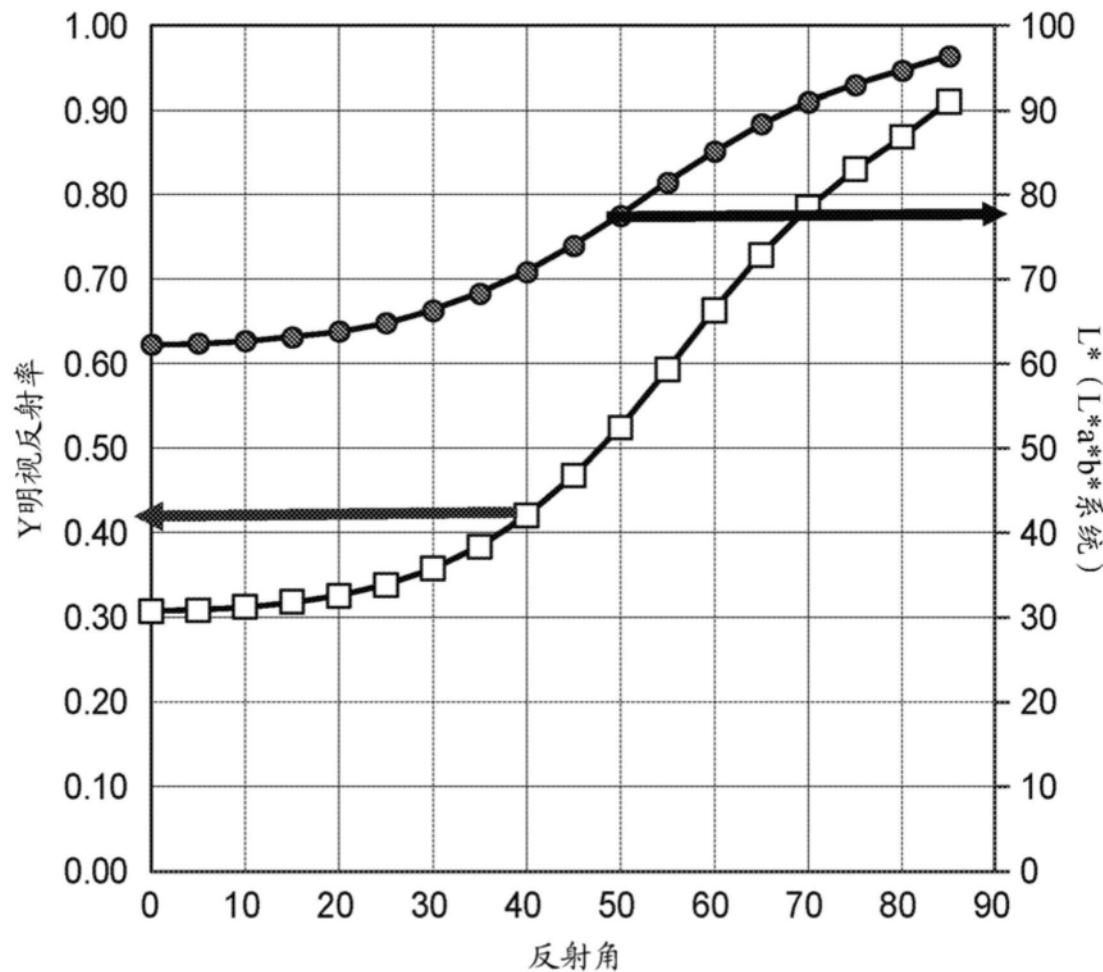


图16E

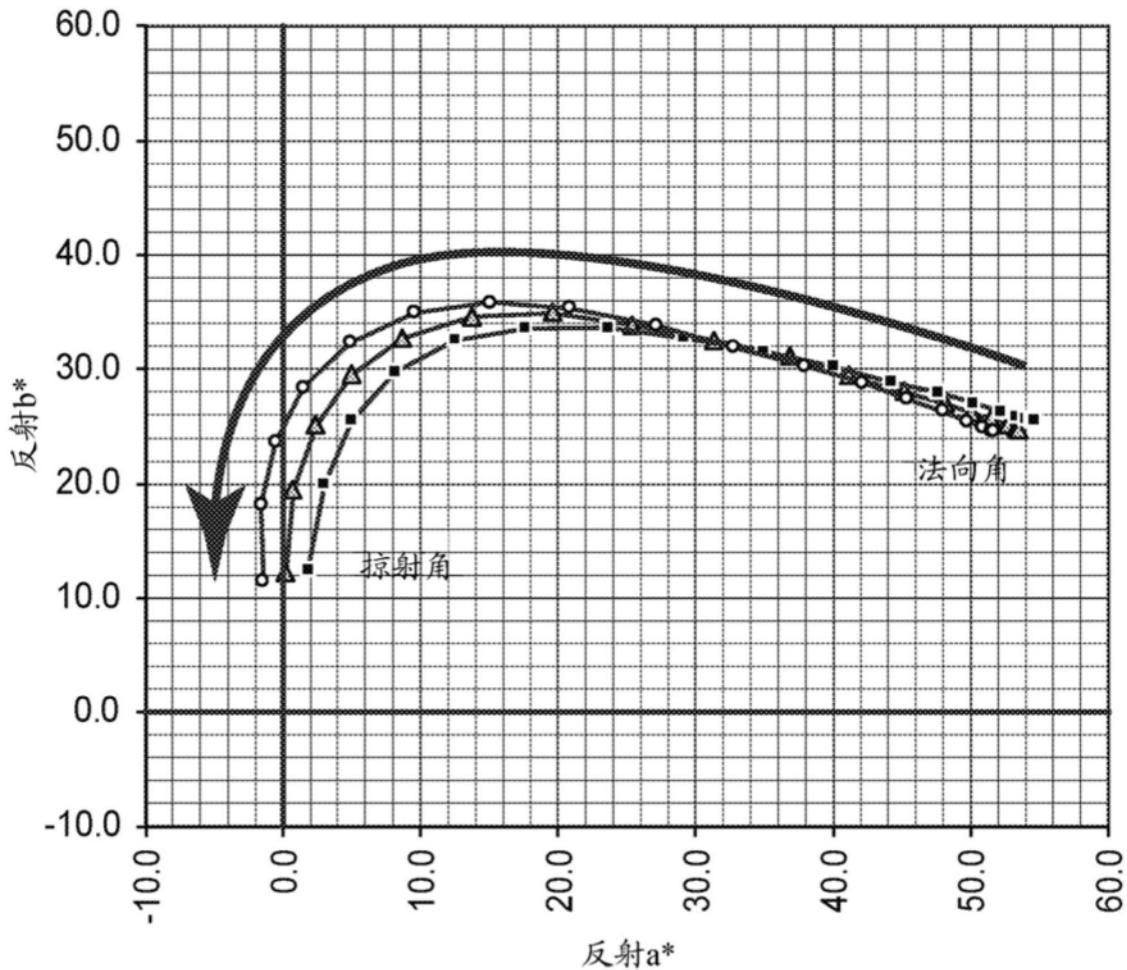


图16F

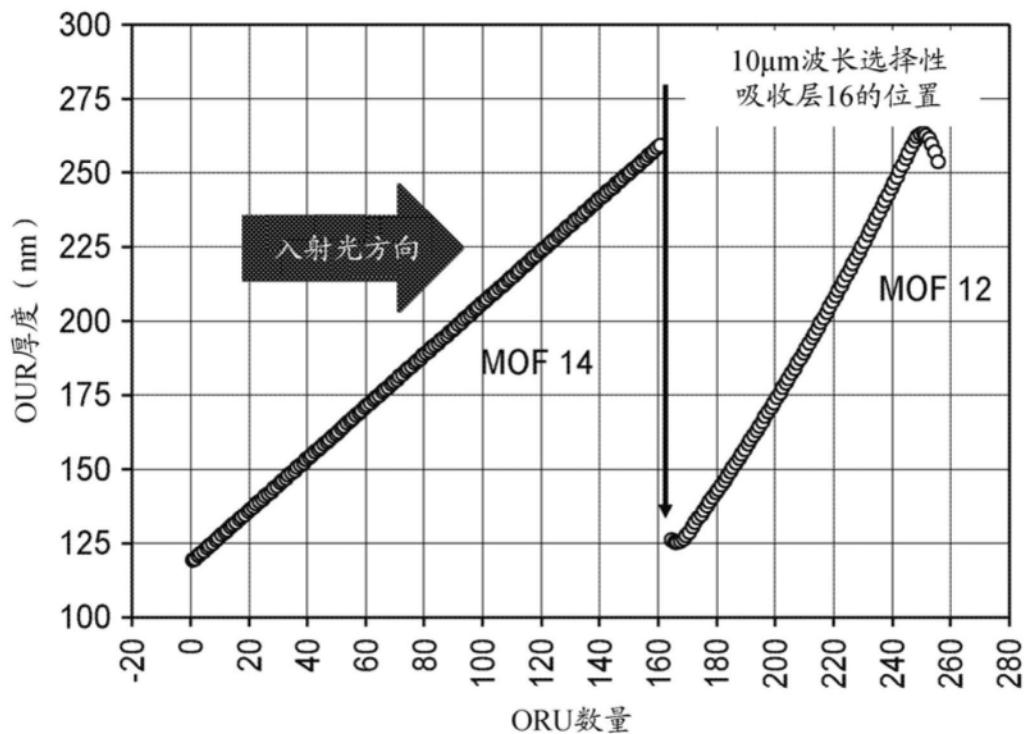


图17A

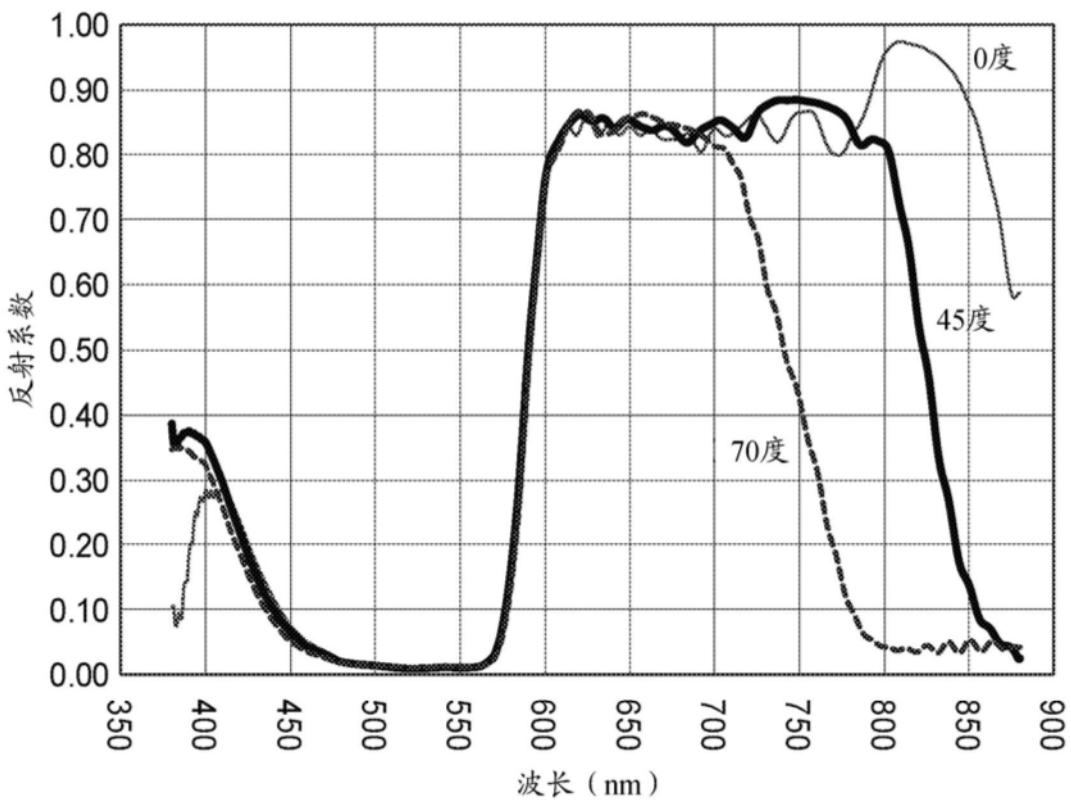


图17B

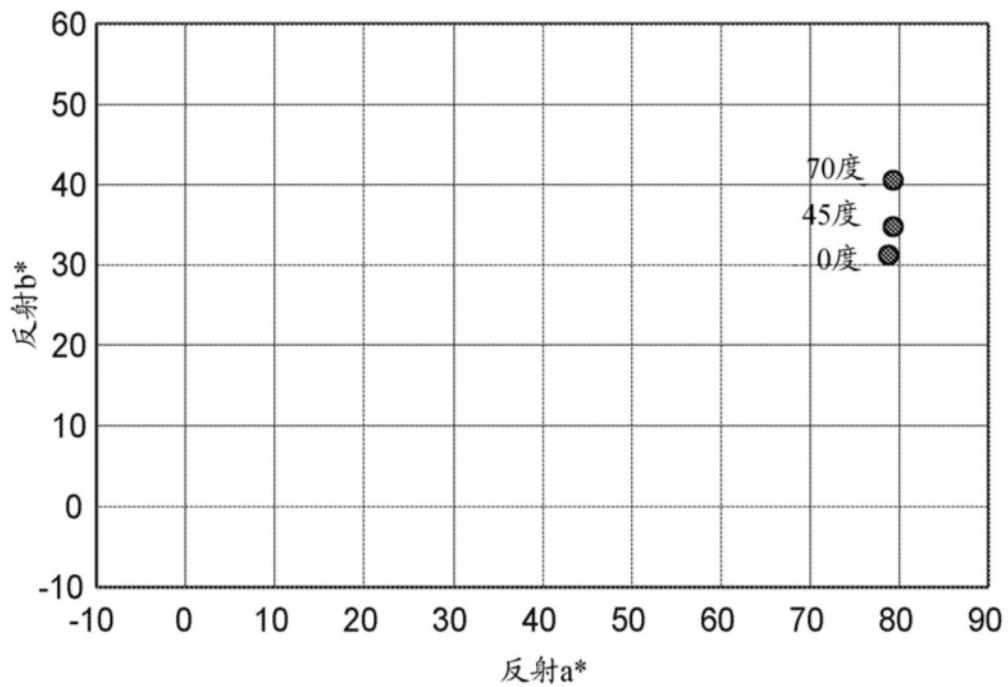


图17C

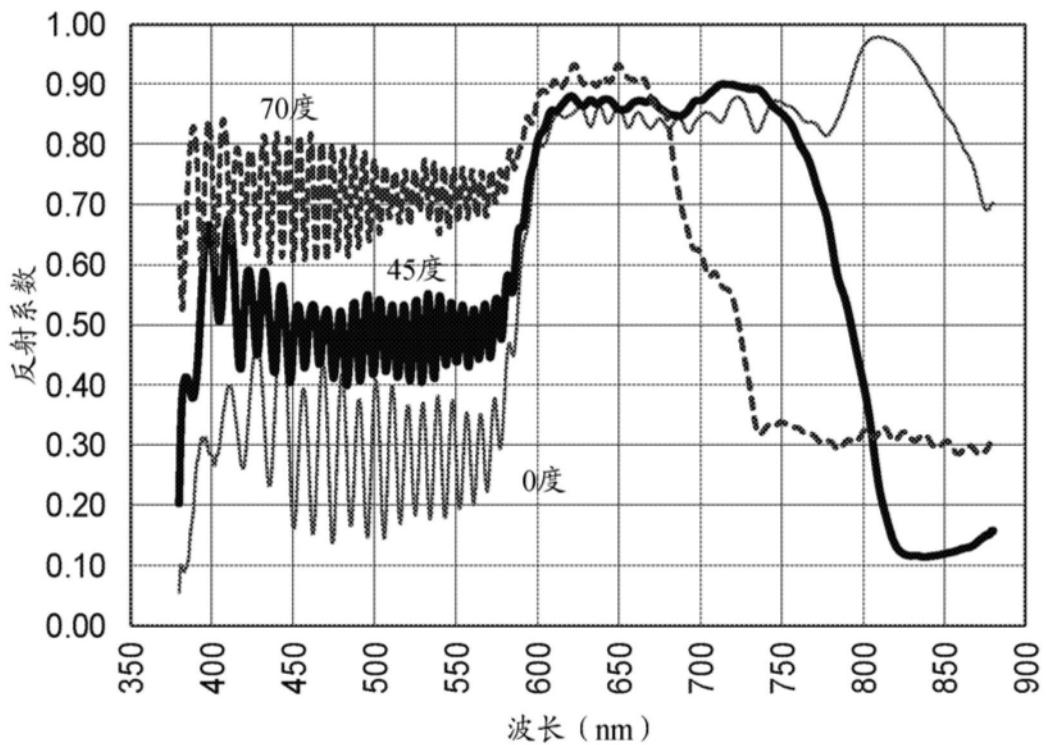


图17D

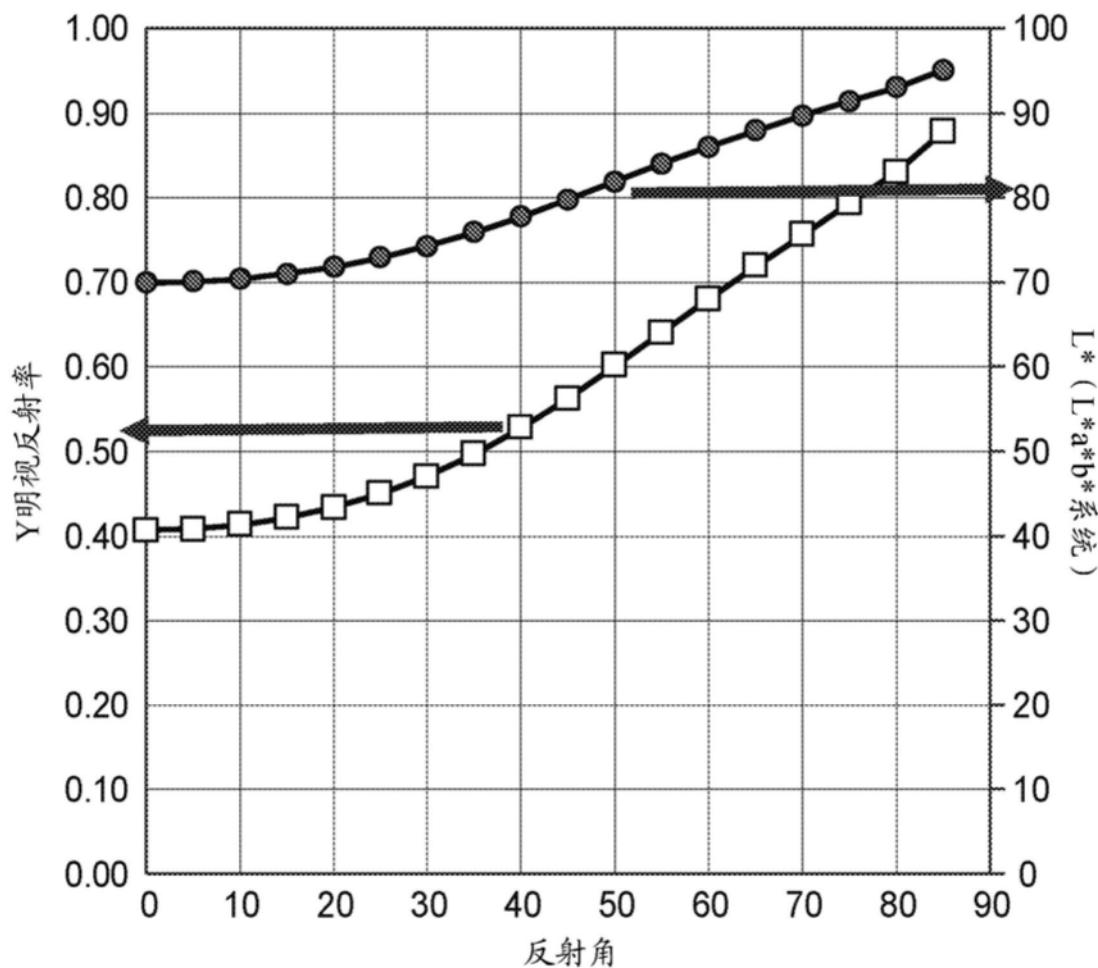


图17E

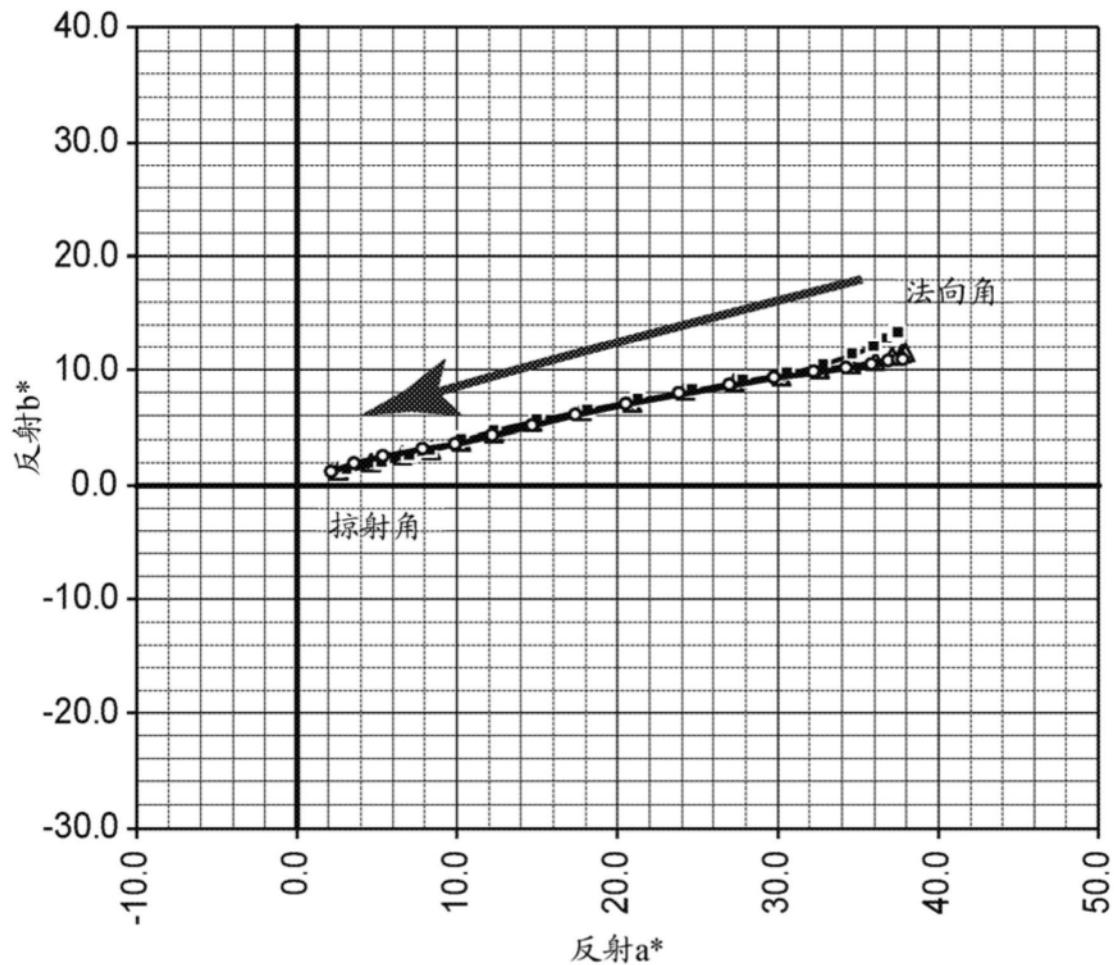


图17F

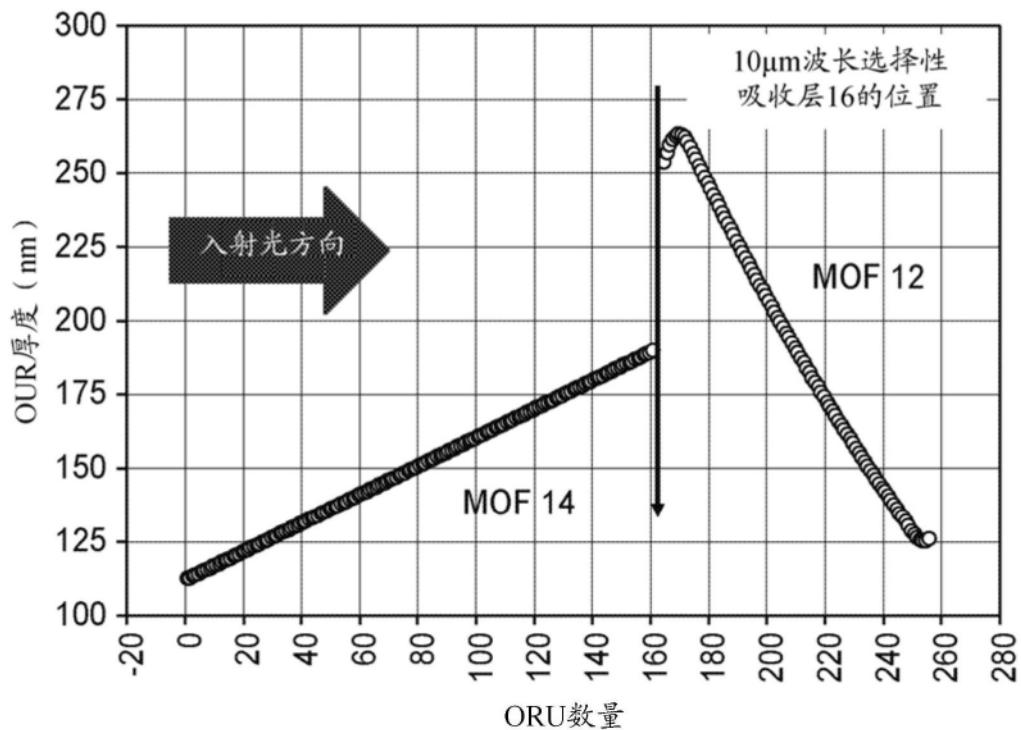


图18A

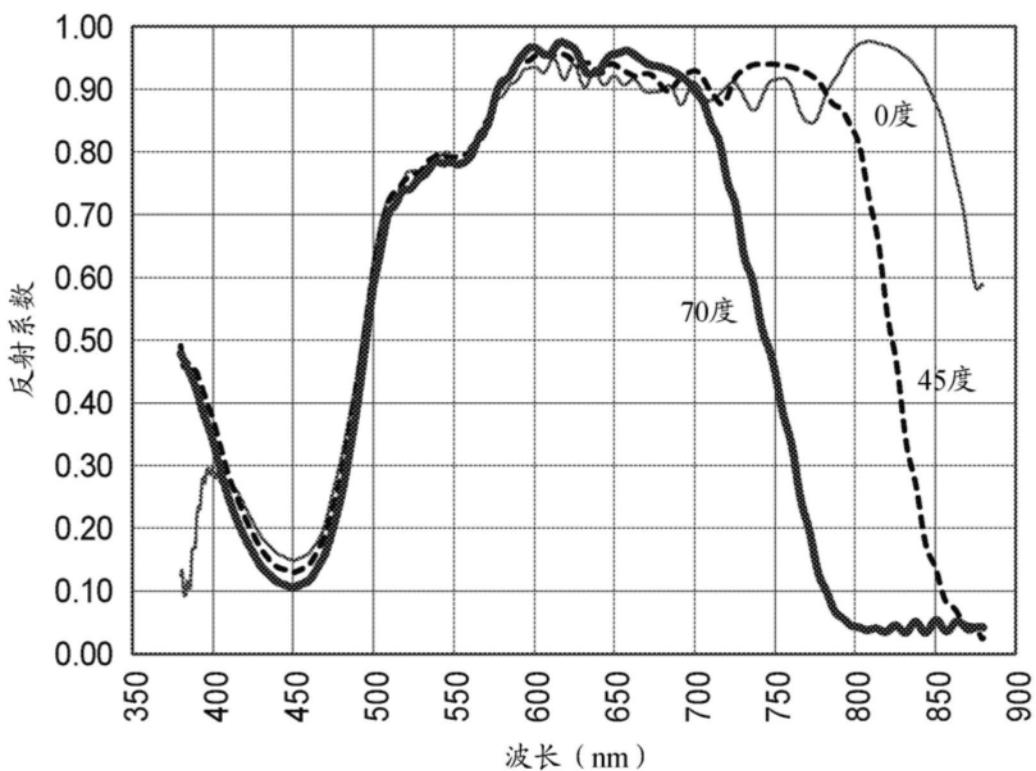


图18B

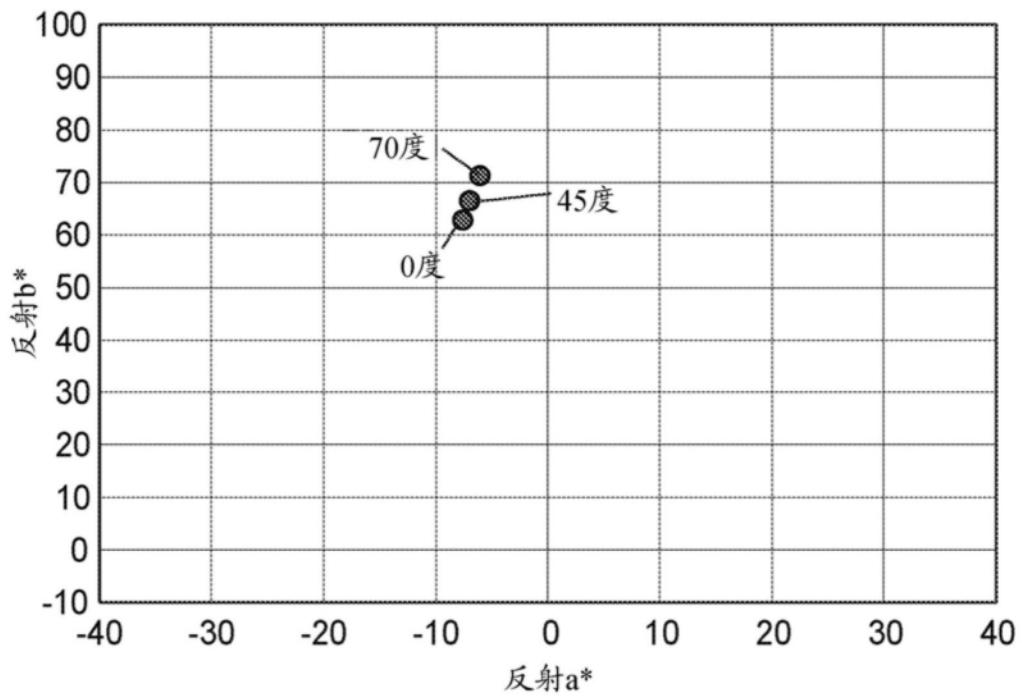


图18C

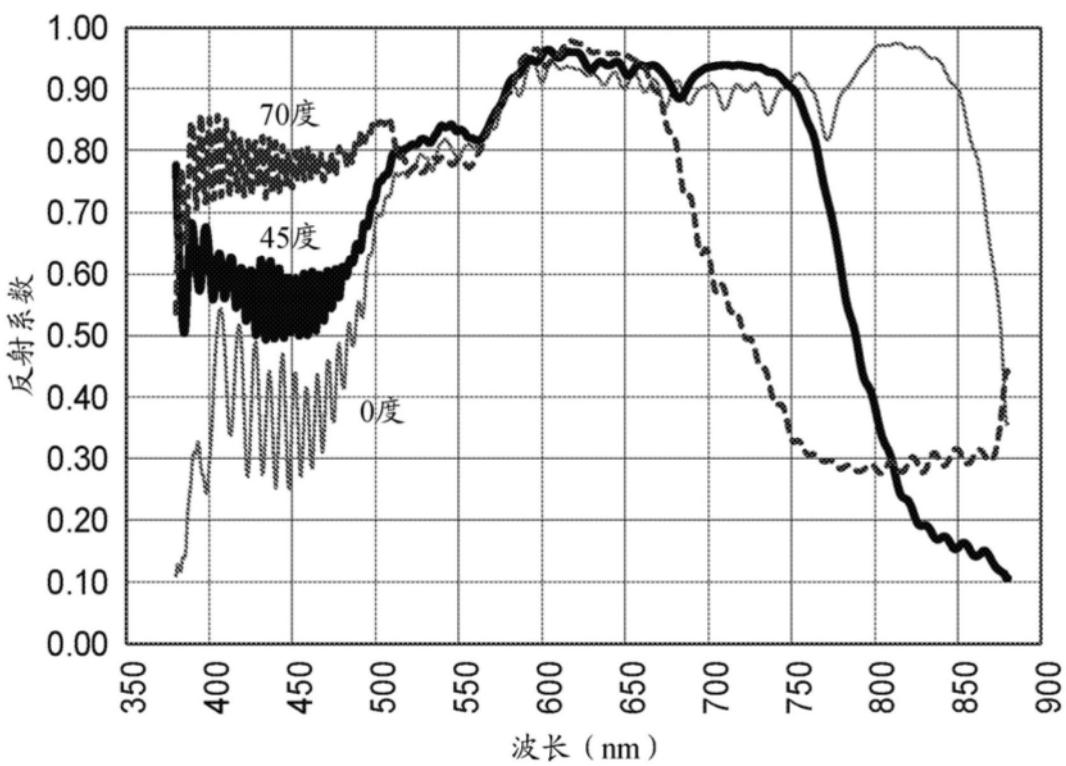


图18D

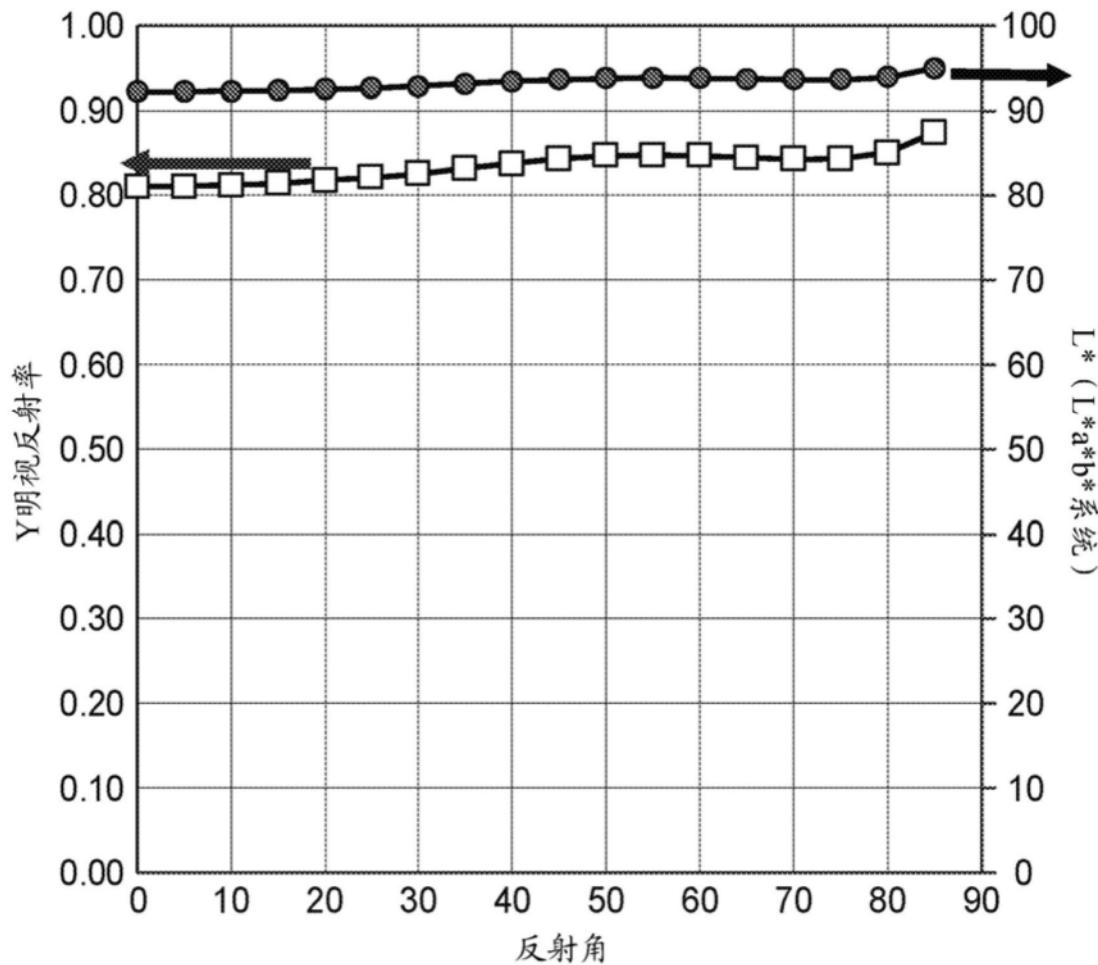


图18E

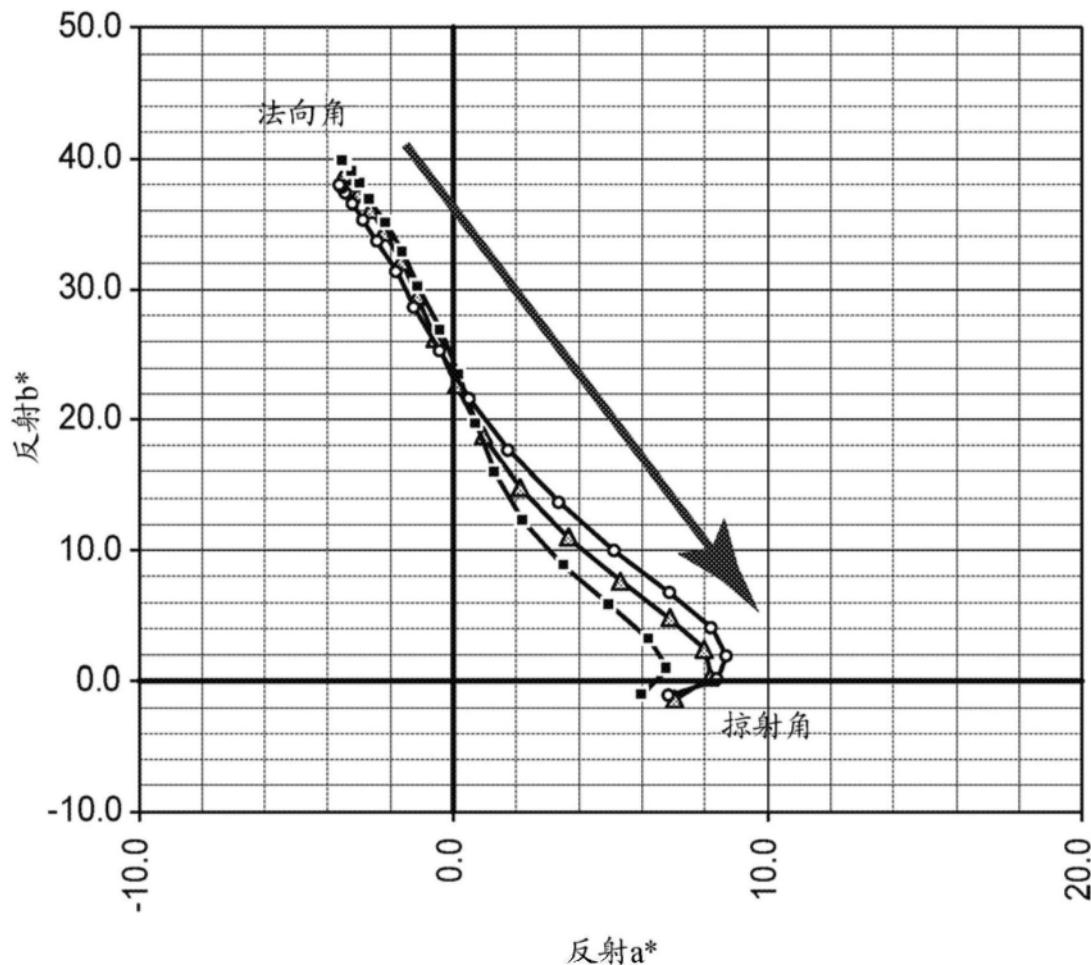


图18F

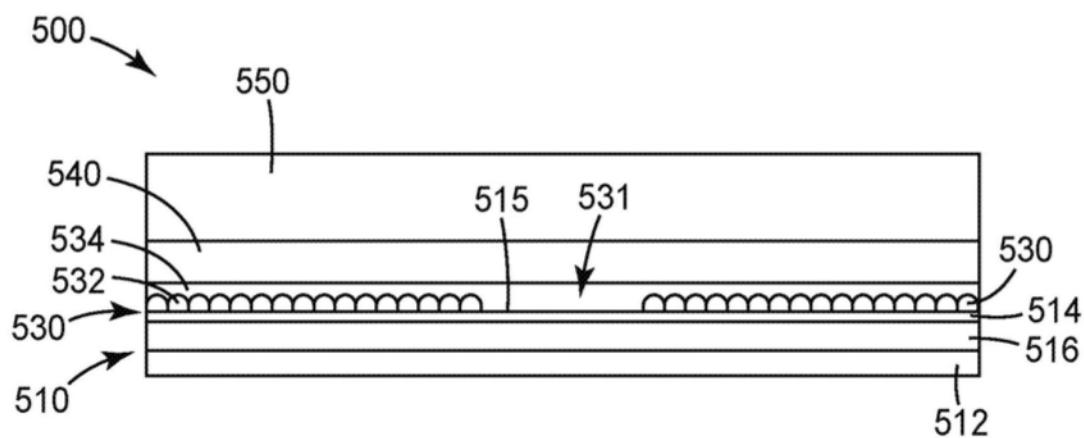


图19