(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107076874 B
(45)授权公告日 2018.07.24

(21)申请号 201580024804.8

(22)申请日 2015.05.11

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 107076874 A

(43)申请公布日 2017.08.18

(30)优先权数据
61/991,656 2014.05.12 US
62/010,092 2014.06.10 US
62/028,014 2014.07.23 US
62/098,819 2014.12.31 US
62/098,836 2014.12.31 US
62/142,114 2015.04.02 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2016.11.11

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2015/030116 2015.05.11

(87)PCT国际申请的公布数据
WO2016/018490 EN 2016.02.04

(73)专利权人 康宁股份有限公司
地址 美国纽约州

(72)发明人 S·D·哈特 K·W·科赫三世
C·A·伯尔森 J·J·普莱斯

(74)专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司 31100
代理人 项丹 江磊

(51)Int.Cl.
G02B 1/11(2015.01)
G02B 5/02(2006.01)
C03C 21/00(2006.01)
C03C 17/34(2006.01)

(56)对比文件
CN 101639663 A,2010.02.03,
CN 101400619 A,2009.04.01,
TW 201335090 A,2013.09.01,
CN 101809512 A,2010.08.18,
CN 1575970 A,2005.02.09,
JP 2011017782 A,2011.01.27,

审查员 刘亚利

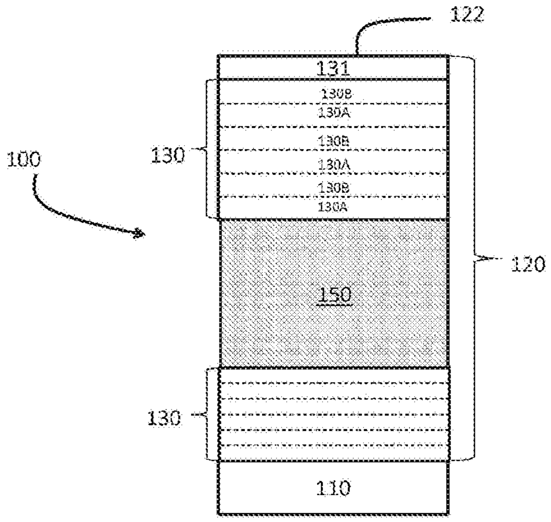
权利要求书2页 说明书61页 附图21页

(54)发明名称

具有耐久性和耐划痕性的防反射制品

(57)摘要

本文描述了具有耐久性的防反射制品的实施方式。在一种或多种实施方式中，所述制品包含基材和设置在主表面上的光学涂层。所述光学涂层包含形成防反射表面的防反射涂层和耐划痕涂层。所述制品展现出12GPa或更大的最大硬度，所述最大硬度通过布氏压头硬度测试沿着约100nm或更深的压痕深度在防反射表面上测得。在约400nm～约800nm范围内的光学波长区内，一些实施方式的制品展现出约8％或更小的单侧平均反光率以及小于约2的透射或反射的参照点色偏，所述单侧平均反光率在所述防反射表面上测得。在一些实施方式中，所述制品在垂直入射至20度或更大的入射照明角度之间的所有角度下展现出约5或更小的角色偏。



CN 107076874 B

1.一种制品，其包含：

具有主表面的基材；和

设置在所述主表面上且形成防反射表面的光学涂层，所述光学涂层包含防反射涂层，

所述制品展现出12GPa或更大的最大硬度，所述最大硬度通过布氏压头硬度测试沿着100nm或更深的压痕深度在所述防反射表面上测得；

所述制品在400nm～800nm范围内的光学波长区内展现出8％或更小的单侧平均反光率，所述单侧平均反光率在所述防反射表面上测得，且所述制品展现出下述中的一项或两项：

在国际照明协会光源的垂直入射下，(L*，a*，b*)色度系统中制品的透射色坐标展现出相对于参照点小于2的参照点色偏，所述参照点色偏在所述防反射表面上测得，所述参照点包含色坐标(a*＝0，b*＝0)和所述基材的透射色坐标中的至少一种；

在国际照明协会光源的垂直入射下，(L*，a*，b*)色度系统中制品的反射色坐标展现出相对于参照点小于5的参照点色偏，所述参照点色偏在所述防反射表面上测得，所述参照点包含色坐标(a*＝0，b*＝0)、色坐标(a*＝-2，b*＝-2)和所述基材的反射色坐标中的至少一种，

其中，当所述参照点为色坐标(a*＝0，b*＝0)时，所述色偏由下式定义：$\sqrt{((a^*_{制品})^2+(b^*_{制品})^2)}$，

其中，当所述参照点为色坐标(a*＝-2，b*＝-2)时，所述色偏由下式定义：$\sqrt{((a^*_{制品}+2)^2+(b^*_{制品}+2)^2)}$，且

其中，当所述参照点为所述基材的所述色坐标时，所述色偏由下式定义：$\sqrt{((a^*_{制品}-a^*_{基材})^2+(b^*_{制品}-b^*_{基材})^2)}$。

2.如权利要求1所述的制品，其特征在于，在国际照明协会光源的照射下，所述制品在相对于垂直入射为20度或更大的入射照明角度下展现出5或更小的角色偏，所述国际照明协会光源选自A系列光源、B系列光源、C系列光源、D系列光源和F系列光源，其中，所述角色偏通过使用下式来计算：$\sqrt{((a^*_2-a^*_1)^2+(b^*_2-b^*_1)^2)}$，其中，$a^*_1$和$b^*_1$表示在垂直入射下进行观察时所述制品的坐标，而$a^*_2$和$b^*_2$则表示在入射照明角度下进行观察时所述制品的坐标。

3.如权利要求2所述的制品，其特征在于，所述制品在20度～60度范围内的所有入射照明角度下展现出5或更小的角色偏。

4.如权利要求2所述的制品，其特征在于，所述基材的硬度小于所述制品的最大硬度。

5.如权利要求1所述的制品，其特征在于，所述制品在使用泰伯尔测试对所述防反射表面进行500个循环的磨损之后展现出耐磨性，所述防反射表面包含下述中的一项或多项：

1％或更小的雾度，所述雾度通过带孔的雾度计测得，其中，所述孔具有8mm的直径；

12nm或更小的平均粗糙度Ra，所述平均粗糙度Ra通过原子力显微镜测得；

在40度或更小的极散射角之下为0.05或更小的散射光强度，所述散射光强度的单位为1/球面度，所述散射光强度通过使用具有2mm孔的用于散射测量的成像球在600nm的波长处在垂直入射和透射条件下测得；

在20度或更小的极散射角之下为0.1或更小的散射光强度，所述散射光强度的单位为1/球面度，所述散射光强度通过使用具有2mm孔的用于散射测量的成像球在600nm的波长处在垂直入射和透射条件下测得。

6.如权利要求1所述的制品，其特征在于，所述防反射涂层包含多个层，且所述多个层包含第一低RI层和第二高RI层。

7.如权利要求6所述的制品，其特征在于，所述防反射涂层包含多个周期，以使所述第一低RI层和所述第二高RI层交替设置。

8.如权利要求7所述的制品，其特征在于，所述防反射涂层包含不超过10个周期。

9.如权利要求1所述的制品，其特征在于，在6度～40度范围内的观察角度下，所述单侧平均反光率在光学波长区内为2%或更小。

10.如权利要求1所述的制品，其特征在于，所述基材包含无定形基材或晶体基材。

11.如权利要求10所述的制品，其特征在于，所述无定形基材包含选自钠钙玻璃、碱金属铝硅酸盐玻璃、含碱金属的硼硅酸盐玻璃和碱金属铝硼硅酸盐玻璃的玻璃。

12.如权利要求11所述的制品，其特征在于，所述玻璃经过化学强化且包含压缩应力层，在经过化学强化的玻璃中，所述压缩应力层从经过化学强化的玻璃的表面延伸至至少10μm的层深度(DOL)处，且具有至少250MPa的表面压缩应力。

13.如权利要求1所述的制品，其特征在于，还包含设置在所述光学涂层上的易清洁涂层、类金刚石涂层或耐划痕涂层。

14.如权利要求1所述的制品，其特征在于，所述光学涂层包含厚度在1微米～3微米范围内的耐划痕层。

15.如权利要求14所述的制品，其特征在于，所述防反射涂层设置在所述耐划痕层与所述基材之间。

16.如权利要求14所述的制品，其特征在于，所述耐划痕层设置在所述基材与所述防反射涂层之间。

17.如权利要求14所述的制品，其特征在于，所述防反射涂层包含第一部分和第二部分，且所述耐划痕层设置在所述第一部分与所述第二部分之间。

具有耐久性和耐划痕性的防反射制品

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请依据35 U.S.C.§119要求2015年4月2日提交的美国临时申请系列号62/142114、2014年12月31日提交的美国临时申请系列号62/098836、2014年12月31日提交的美国临时申请系列号62/098819、2014年7月23日提交的美国临时申请系列号62/028014、2014年6月10日提交的美国临时申请系列号62/010092以及2014年5月12日提交的美国临时申请系列号61/991656的优先权，本申请以这些文献的内容为基础，且通过引用将它们全文纳入本文。

[0003] 背景

[0004] 本发明涉及具有耐久性和耐划痕性的防反射制品及其制造方法，更具体而言，涉及具有多层式防反射涂层的制品，所述防反射涂层具有耐磨性、耐划痕性、低反射性以及无色透射和/或反射。

[0005] 人们经常使用盖板制品来保护电子产品内部的关键器件，以提供用于输入和/或显示的用户界面，以及/或者提供许多其他的功能。这些产品包括移动设备，例如智能手机、mp3播放机和平板电脑。盖板制品还包括建筑制品、运输制品(例如用于汽车应用、火车、飞机、船舶等中的制品)、家电制品或任何需要一定程度的透明度、耐划痕性、耐磨性或以上性质的组合的制品。这些应用常常需要耐划痕性和强光学性能特征，即最大透光率和最小反射率。另外，一些盖板应用要求在反射和/或透射中显示或看到的颜色不随视角的改变而显著变化。这是因为，在显示器应用中，如果颜色在反射或透射中随着视角的变化而发生可感知程度的变化，则产品的使用者会感觉到显示器的颜色或亮度发生变化，这会降低显示器的感官质量。在其它应用中，色彩的变化会对美感需求或其它功能需求产生负面影响。

[0006] 盖板制品的光学性能可通过使用各种防反射涂层来改善，但是已知的防反射涂层容易受到损耗或磨损的影响。这种磨损会减弱任何通过防反射涂层所取得的光学性能的改善。例如，光学过滤器经常由具有不同折射率的多层涂层制得，以及由光学透明的电介质材料(例如氧化物、氮化物和氟化物)制得。用于这种光学过滤器的典型的氧化物中的大多数为宽带隙材料，它们不具有用于移动装置、建筑制品、运输制品或家电制品中所必需的机械性质，例如硬度。氮化物或类金刚石涂层可展现出高硬度值，但是这些材料不具有所述应用所需的透射性。

[0007] 磨损损伤可包括来自相对面物体(例如手指)的往复滑动接触。此外，磨损损伤会生热，这会削弱薄膜材料中的化学键，给防护玻璃造成剥落及其他类型的损伤。由于磨损损伤通常比造成划痕的单一事件经历更长的时间，经历了磨损损伤的设置的涂层材料还会发生氧化，这进一步降低了涂层的耐久性。

[0008] 已知的防反射涂层还容易受到划痕损伤的影响，且经常比下方的设置有这些涂层的基材更容易受到划痕损伤。在一些例子中，这些划痕损伤中的很大一部分包括微延展性(microductile)划痕，其通常包括材料中具有延伸长度且深度在约100nm～约500nm范围内的单一凹槽。微延展性划痕可伴随其它类型的可见损伤一起出现，例如表面下破裂、摩擦破裂、碎片和/或磨耗。有证据暗示这些划痕和其它可见损伤中的大部分是由在单一接触事件

中发生的尖锐接触导致的。盖板基材上一旦出现明显擦痕，产品外观就会变差，因为擦痕使光散射增强，而这会导致显示图像的亮度、清晰度和对比度显著降低。明显的擦痕还会影响包括触敏显示器的制品的精度和可靠性。单一事件划痕损伤可与磨损损伤形成对比。单一事件划痕损伤并非由多个接触事件导致，例如来自于坚硬的相对表面物体(例如沙子、砾石和砂纸)的往复滑动接触，其通常也不会产生热量，所述热量会削弱膜材料中的化学键并导致剥落和其他类型的损伤。另外，单一事件的划痕通常不会导致氧化或者涉及会导致磨损损伤的相同条件，所以，通常用于预防磨损损伤的解决方案可能并不能预防划痕。而且，已知的划痕和磨损损伤解决方案还往往会影响光学性质。

[0009] 所以，需要新的防护制品及其制造方法，它们耐磨损、耐划痕并且具有改善的光学性能。

[0010] 发明概述

[0011] 本文描述了具有耐久性和耐划痕性的防反射制品的实施方式。在一种或多种实施方式中，制品包含基材和设置在主表面上并形成防反射表面的光学涂层。在一种或多种实施方式中，光学涂层包含防反射涂层。

[0012] 制品通过展现出约12GPa或更大的最大硬度来展现耐划痕性，所述最大硬度通过本文所述的布氏压头硬度测试沿着约50nm或更深(例如约100nm或更深、约50nm～约300nm、约50nm～约400nm、约50nm～约500nm、约50nm～约600nm、约50nm～约1000nm、或者约50nm～约2000nm)的压痕深度在防反射表面上测得。

[0013] 制品展现出耐磨性，所述耐磨性通过在防反射表面上使用本文所述的泰伯尔测试进行500个循环的磨损来测量。在一种或多种实施方式中，制品展现出(在防反射表面上测得的)包含约1%或更小的雾度的耐磨性，所述雾度通过使用具有直径约为8mm的孔的雾度计来测量。在一种或多种实施方式中，制品展现出(在防反射表面上测得的)包含约12nm或更小的平均粗糙度Ra的耐磨性，所述平均粗糙度Ra通过原子力显微镜测得。在一种或多种实施方式中，制品展现出(在防反射表面上测得的)包含在约40度或更小的极散射角之下约为0.05或更小的散射光强度(单位为1/球面度)的耐磨性，所述散射光强度通过使用具有2mm孔的用于散射测量的成像球在600nm的波长处在垂直入射和透射条件下测得。在一些例子中，制品展现出(在防反射表面上测得的)包含在约20度或更小的极散射角之下约为0.1或更小的散射光强度(单位为1/球面度)的耐磨性，所述散射光强度通过使用具有2mm孔的用于散射测量的成像球在600nm的波长处在垂直入射和透射条件下测得。

[0014] 一种或多种实施方式的制品在透光性和/或反光性方面展现出优异的光学性能。在一种或多种实施方式中，制品在(例如约400nm～约800nm、或约450nm～约650nm范围内的)光学波长区内展现出(只在防反射表面上测得的)约92%或更大(例如约98%或更大)的平均透光率。在一些实施方式中，制品在光学波长区内展现出(只在防反射表面上测得的)约2%或更小(例如约1%或更小)的平均反光率。制品可在光学波长区内展现出平均振幅约为1个百分点或更小的平均透光率或平均反光率。在一种或多种实施方式中，制品在垂直入射下展现出只在防反射表面上测得的约1%或更小的平均适光反射率。在一些实施方式中，制品展现出只在防反射表面上在垂直入射或近垂直入射(例如0～10度)下测得的小于约10%的单侧平均适光反射率。在一些实施方式中，单侧平均适光反射率约为9%或更小、约8%或更小、约7%或更小、约6%或更小、约5%或更小、约4%或更小、约3%、或约2%或更

小。

[0015]　在一些例子中，当使用光源从相对于入射照明角度约2度～约60度范围内的参照照明角对防反射表面进行观察时，制品展现出小于约10(例如为5或更小、4或更小、3或更小、2或更小、或约1或更小)的(如本文所述的)角色偏。示例性的光源包括CIE F2、CIE F10、CIE F11、CIE F12和CIE D65中的任一种。在一种或多种实施方式中，在CIE L*,a*,b*色度系统中，制品可在约0～约60度范围内的所有入射照明角度下展现出小于约2的b*值。替代地或附加地，一些实施方式的制品在垂直入射下展现出相对于参照点的参照点色偏小于约2的如本文所定义的透射色(或透射色坐标)和/或反射色(或反射色坐标)，所述透射色(或透射色坐标)和/或反射色(或反射色坐标)在防反射表面上测得。在一种或多种实施方式中，参照点可以是L*a*b*色空间中的原点(0,0)(或色坐标a*＝0,b*＝0或a*＝-2,b*＝-2)或基材的透射或反射色坐标。本文所述的角色偏、参照点色偏和色坐标(a*和/或b*)是在D65和/或F2光源下观察的。在一些实施方式中，本文所述的光学性能是在F2光源下观察的，已知F2光源因其尖锐的光谱特征而更具挑战性。

[0016]　在一种或多种实施方式中，防反射涂层可包含多个层。例如，在一些实施方式中，防反射涂层包含具有第一低RI层和第二高RI层的周期。所述周期可包含第一低RI层和设置在该第一低RI层上的第二高RI层，或者相反。在一些实施方式中，所述周期可包含第三层。防反射涂层可包含多个周期，以使第一低RI层和第二高RI层交替设置。防反射涂层可包含不超过约10或20个周期。

[0017]　在一些实施方式中，光学涂层包含耐划痕层。在包含耐划痕层的场合下，这些耐划痕层可设置在防反射涂层上。在另一些实施方式中，耐划痕涂层设置在防反射涂层与基材之间。示例性的耐划痕层可展现出约8GPa～约50GPa范围内的最大硬度，所述最大硬度通过如本文所述的布氏压头硬度测试测得。

[0018]　耐划痕层可设置在基材与防反射涂层之间。在一些实施方式中，防反射涂层可包含第一部分和第二部分，以使耐划痕层设置在所述第一部分与第二部分之间。耐划痕层的厚度可在约200纳米～约3微米的范围内。

[0019]　在一些实施方式中，制品可包含折射率大于约1.8的层。可用于该层中的材料包括SiN_x、SiO_xN_y、$Si_uAl_vO_xN_y$、AlN_x、AlO_xN_y或它们的组合。

[0020]　在一些例子中，制品可包含附加层，例如易清洁涂层、类金刚石碳(“DLC”)涂层、耐划痕涂层或它们的组合。这些涂层可设置在防反射涂层上或防反射涂层的层之间。

[0021]　用于制品的一种或多种实施方式中的基材可包含无定形基材或晶体基材。无定形基材可包含选自钠钙玻璃、碱金属铝硅酸盐玻璃、含碱金属的硼硅酸盐玻璃和碱金属铝硼硅酸盐玻璃的玻璃。在一些实施方式中，玻璃可经过强化且可包含压缩应力(CS)层，在经过强化的玻璃中，压缩应力(CS)层从经过化学强化的玻璃的表面延伸至至少约10μm的层深度(DOL)处，且具有至少250MPa的表面CS。

[0022]　在以下的详细描述中给出了本发明的其他特征和优点，其中的部分特征和优点对本领域的技术人员而言，根据所作描述就容易看出，或者通过实施包括以下详细描述、权利要求书以及附图在内的本文所述的各种实施方式而被认识。

[0023]　应理解，前面的一般性描述和以下的详细描述都仅仅是示例性，用来提供理解权利要求的性质和特性的总体评述或框架。所附附图提供了对本发明的进一步理解，附图被

结合在本说明书中并构成说明书的一部分。附图说明了本发明的一个或多个实施方式，并与说明书一起用来解释各种实施方式的原理和操作。

[0024] 附图的简要说明

[0025] 图1是一种或多种实施方式的制品的侧视图；

[0026] 图2是一种或多种特定实施方式的制品的侧视图；

[0027] 图3是一种或多种实施方式的制品的侧视图；

[0028] 图4是一种或多种实施方式的制品的侧视图；

[0029] 图5是一种或多种实施方式的制品的侧视图；

[0030] 图6是一种或多种实施方式的制品的侧视图；

[0031] 图7是一种或多种实施方式的制品的侧视图；

[0032] 图8是实施例1的制品的侧视图；

[0033] 图9是实施例2的制品的单侧反射谱图，其显示入射照明角度从0°变化至约60°时的反射率。

[0034] 图10是实施例2的制品的反射色谱图，其显示使用10°观察器在不同光源和不同观察角度下的反射色；

[0035] 图11是实施例3的制品的单侧反射谱图，其显示入射照明角度从0°变化至约60°时的反射率。

[0036] 图12是实施例3的制品的反射色谱图，其显示使用10°观察器在不同光源和不同观察角度下的反射色；

[0037] 图13是模型实施例8的反射谱图，其通过使用10°观察器在不同的观察角度下只由防反射表面算得。

[0038] 图14是实施例8的制品的反射色，其显示使用10°观察器在不同光源和不同观察角度下的反射色；

[0039] 图15是模型实施例9的反射谱图，其通过使用10°观察器在不同的观察角度下只由防反射表面算得。

[0040] 图16是实施例9的制品的反射色，其显示使用10°观察器在不同光源和不同观察角度下的反射色；

[0041] 图17是模型实施例10的反射谱图，其通过使用10°观察器在不同的观察角度下只由防反射表面算得。

[0042] 图18是实施例10的制品的反射色，其显示使用10°观察器在不同光源和不同观察角度下的反射色；

[0043] 图19是模型实施例11的反射谱图，其通过使用10°观察器在不同的观察角度下只由防反射表面算得。

[0044] 图20是实施例11的制品的反射色，其显示使用10°观察器在不同光源和不同观察角度下的反射色；以及

[0045] 图21是图示硬度测量值随压痕深度和涂层厚度的变化关系的图表。

[0046] 发明详述

[0047] 下面将详细说明各种实施方式，这些实施方式的例子在附图中示出。

[0048] 参考图1，根据一种或多种实施方式的制品100可包含基材110和设置在该基材上

的光学涂层120。基材110包含相反的主表面112、114和相反的次表面116、118。光学涂层120在图1中显示为设置于第一相反主表面112上；但是，在光学涂层120设置于第一相反主表面112上之以外或者不设置于第一相反主表面112上的情况中，光学涂层120也可设置于第二相反主表面114和/或相反次表面之一或二者之上。光学涂层120形成防反射表面122。

[0049] 光学涂层120包含至少一种材料的至少一个层。术语“层”可包括单一层，或者可包括一个或多个亚层。这些亚层可彼此直接接触。这些亚层可由相同材料或者两种或更多种不同材料形成。在一种或多种替代性的实施方式中，这些亚层之间可设置有不同材料的居间层。在一种或多种实施方式中，层可包括一个或多个毗邻且不间断的层以及/或者一个或多个不连续的间断层(即由彼此相邻形成的具有不同材料的层)。层或亚层可通过本领域已知的任何方法形成，包括离散沉积(discrete deposition)或连续沉积法。在一种或多种实施方式中，层可仅利用连续沉积法形成，或仅利用离散沉积法来形成。

[0050] 光学涂层120的厚度可约为1μm或更厚，且仍然能够提供展现本文所述的光学性能的制品。在一些例子中，光学涂层120的厚度可在约1μm～约20μm(例如约1μm～约10μm、或约1μm～约5μm)的范围内。

[0051] 本文所用的术语“设置”包括利用本领域已知的任何方法将材料涂覆、沉积和/或形成到表面上。设置的材料可构成本文所定义的层。词语“设置在……上”包括以下情形：将材料形成到表面上，以使材料直接接触表面，还包括以下情形：使材料在表面上形成，在设置的材料与表面之间有一种或多种居间材料。居间材料可构成本文所定义的层。

[0052] 如图2所示，光学涂层120包含防反射涂层130，所述防反射涂层130包含多个层(130A、130B)。在一种或多种实施方式中，防反射涂层130可包含具有两个或更多个层的周期132。在一种或多种实施方式中，所述两个或更多个层的特征可在于互相之间具有不同的折射率。在一种实施方式中，周期132包含第一低RI层130A和第二高RI层130B。第一低RI层与第二高RI层的折射率差异可约为0.01或更大、0.05或更大、0.1或更大甚至0.2或更大。

[0053] 如图2所示，防反射涂层130可包含多个周期(132)。单一周期包含第一低RI层130A和第二高RI层130B，以使当提供多个周期时，第一低RI层130A(为说明目的而记作“L”)和第二高RI层130B(为说明目的而记作“H”)以下述层顺序交替设置：L/H/L/H或H/L/H/L，以使第一低RI层和第二高RI层沿着防反射涂层120的物理厚度方向交替出现。在图2的例子中，防反射涂层130包含三个周期。在一些实施方式中，防反射涂层130可包含不超过25个周期。例如，防反射涂层130可包含约2～约20个周期、约2～约15个周期、约2～约10个周期、约2～约12个周期、约3～约8个周期、约3～约6个周期。

[0054] 在图3所示的实施方式中，防反射涂层130可包含附加的盖层131，所述附加的盖层131可包含折射系数比第二高RI层130B的折射系数更小的材料。在一些实施方式中，如图3所示，周期132可包含一个或多个第三层130C。第三层130C可具有低RI、高RI或中等RI。在一些实施方式中，第三层130C可具有与第一低RI层130A或第二高RI层130B的RI相同的RI。在另一些实施方式中，第三层130C可具有介于第一低RI层130A的RI与第二高RI层130B的RI之间的中等RI。或者，第三层130C可具有大于第二高RI层130B的折射率的折射率。第三层可按照以下示例性构造提供在防反射涂层120中：$L_{\text{第三层}}$/H/L/H/L；$H_{\text{第三层}}$/L/H/L/H；L/H/L/H/$L_{\text{第三层}}$；H/L/H/L/$H_{\text{第三层}}$；$L_{\text{第三层}}$/H/L/H/L/$H_{\text{第三层}}$；$H_{\text{第三层}}$/L/H/L/H/$L_{\text{第三层}}$；$L_{\text{第三层}}$/L/H/L/H；$H_{\text{第三层}}$/H/L/H/L；H/L/H/L/$L_{\text{第三层}}$；L/H/L/H/$H_{\text{第三层}}$；$L_{\text{第三层}}$/L/H/L/H/$H_{\text{第三层}}$；$H_{\text{第三层}}$/H/L/H/L/$L_{\text{第三层}}$；L/$M_{\text{第三层}}$/H/L/M/H；H/

M/L/H/M/L;M/L/H/L/M;以及其他组合。在这些构造中,无任何下标的“L”表示第一低RI层,无任何下标的“H”表示第二高RI层。标记“$L_{第三层}$”表示具有低RI的第三层,“$H_{第三层}$”表示具有高RI的第三层,而“M”表示具有中等RI的第三层,全都相对于第一层和第二层而言。

[0055] 如本文所用,术语“低RI”、“高RI”和“中等RI”是就RI之间的相对值而言(例如低RI＜中等RI＜高RI)。在一种或多种实施方式中,就第一低RI层或第三层使用的术语“低RI”包括约1.3至约1.7或1.75的范围。在一种或多种实施方式中,就第二高RI层或第三层使用的术语“高RI”包括约1.7～约2.5的范围(例如约1.85或更大)。在一些实施方式中,就第三层使用的术语“中等RI”包括约1.55～约1.8的范围。在一些例子中,低RI、高RI和中等RI的范围可能重叠;然而,在大多数例子中,防反射涂层130的各层通常具有以下RI关系:低RI＜中等RI＜高RI。

[0056] 如图4所示,第三层130C可提供为独立于周期132的单独的层,且可设置在周期或多个周期与盖层131之间。如图5所示,第三层还可提供为独立于周期132的单独的层,且可设置在基材110与多个周期132之间。如图6所示,除了附加涂层140而非盖层131以外,或者除了盖层以外还可使用第三层130C。

[0057] 适用于防反射涂层130的示例性材料包括:SiO_2、Al_2O_3、GeO_2、SiO、AlO_xN_y、AlN、SiN_x、SiO_xN_y、$Si_uAl_vO_xN_y$、Ta_2O_5、Nb_2O_5、TiO_2、ZrO_2、TiN、MgO、MgF_2、BaF_2、CaF_2、SnO_2、HfO_2、Y_2O_3、MoO_3、DyF_3、YbF_3、YF_3、CeF_3、聚合物、含氟聚合物、等离子体聚合的聚合物、硅氧烷聚合物、硅倍半氧烷、聚酰亚胺、氟化聚酰亚胺、聚醚酰亚胺、聚醚砜、聚苯砜、聚碳酸酯、聚对苯二甲酸乙二醇酯、聚萘二甲酸乙二醇酯、丙烯酸类聚合物、氨基甲酸酯聚合物、聚甲基丙烯酸甲酯、下面引述的适用于耐划痕层的其他材料、以及本领域已知的其他材料。适用于第一低RI层的材料的一些例子包括SiO_2、Al_2O_3、GeO_2、SiO、AlO_xN_y、SiO_xN_y、$Si_uAl_vO_xN_y$、MgO、$MgAl_2O_4$、MgF_2、BaF_2、CaF_2、DyF_3、YbF_3、YF_3和CeF_3。可将用于第一低RI层的材料(例如诸如Al_2O_3和$MgAl_2O_4$这样的材料中)的含氮量降到最低。适用于第二高RI层的材料的一些例子包括$Si_uAl_vO_xN_y$、Ta_2O_5、Nb_2O_5、AlN、Si_3N_4、AlO_xN_y、SiO_xN_y、HfO_2、TiO_2、ZrO_2、Y_2O_3、Al_2O_3、MoO_3和类金刚石碳。可将用于第二高RI层和/或耐划痕层的材料、特别是SiN_x或AlN_x材料中的含氧量降到最低。AlO_xN_y材料可被认为是掺杂了氧的AlN_x,即它们可具有AlN_x晶体结构(例如纤锌矿结构)且无需具有AlOH晶体结构。示例性的优选的AlO_xN_y高RI材料可包含约0原子％～约20原子％的氧、或约5原子％～约15原子％的氧,同时包含30原子％～约50原子％的氮。示例性的优选的$Si_uAl_vO_xN_y$高RI材料可包含约10原子％～约30原子％或约15原子％～约25原子％的硅、约20原子％～约40原子％或约25原子％～约35原子％的铝、约0原子％～约20原子％或约1原子％～约20原子％的氧、和约30原子％～约50原子％的氮。可对上述材料进行不超过约30重量％的氢化。在需要具有中等折射率的材料的场合下,一些实施方式可使用AlN和/或SiO_xN_y。可对第二高RI层和/或耐划痕层的硬度进行特别表征。在一些实施方式中,第二高RI层和/或耐划痕层的最大硬度可为约8GPa或更大、约10GPa或更大、约12GPa或更大、约15GPa或更大、约18GPa或更大、或约20GPa或更大,所述最大硬度通过布氏压头硬度测试测得。在一些情况中,第二高RI层材料可沉积为单层,并且可被表征为耐划痕层,而且该单层在可重复的硬度测试中可具有约500～2000nm的厚度。

[0058] 在一种或多种实施方式中,防反射涂层130的至少一个层可包括特定的光学厚度范围。如本文所用,术语“光学厚度”通过(n*d)确定,其中,“n”表示亚层的RI,而“d”表示层

的物理厚度。在一种或多种实施方式中，防反射涂层130的至少一个层可具有约2nm～约200nm、约10nm～约100nm、约15nm～约100nm、约15～约500nm、或约15～约5000nm范围内的光学厚度。在一些实施方式中，防反射涂层130中的所有层都可各自具有约2nm～约200nm、约10nm～约100nm、约15nm～约100nm、约15～约500nm、或约15～约5000nm范围内的光学厚度。在一些情况中，防反射涂层130的至少一个层具有约50nm或更厚的光学厚度。在一些情况中，第一低RI层中的每一个都具有约2nm～约200nm、约10nm～约100nm、约15nm～约100nm、约15～约500nm、或约15～约5000nm范围内的光学厚度。在另一些情况中，第二高RI层中的每一个都具有约2nm～约200nm、约10nm～约100nm、约15nm～约100nm、约15～约500nm、或约15～约5000nm范围内的光学厚度。在另一些情况中，第三层中的每一个都具有约2nm～约200nm、约10nm～约100nm、约15nm～约100nm、约15～约500nm、或约15～约5000nm范围内的光学厚度。

[0059] 在一些实施方式中，可将光学涂层130的一个或多个层的厚度降到最小。在一种或多种实施方式中，将高RI层和/或中等RI层的厚度降到最小，以使它们小于约500nm。在一种或多种实施方式中，高RI层、中等RI(层)和/或高RI和中等RI层的组合的总厚度小于约500nm。

[0060] 在一些实施方式中，可将光学涂层中低RI材料的量降到最低。无意受限于理论，低RI材料通常也是较低硬度的材料，因为原子键合和电子密度的特性会同时影响折射率和硬度，所以使这些材料最少化能够在保持如本文所述的反射率和色彩性能的同时使硬度最大化。表述为相对于光学涂层的物理厚度的比例，低RI材料占光学涂层的物理厚度的比例可小于约60％、小于约50％、小于约40％、小于约30％、小于约20％、小于约10％、或小于约5％。替代地或附加地，低RI材料的量可定量为设置在光学涂层中最厚的高RI层上方(即在与基材相反的一侧上，用户侧或空气侧)的低RI材料的所有层的物理厚度的总和。无意受限于理论，具有高硬度的厚的高RI层能够有效地保护下方(或厚的RI层与基材之间)的层免受许多或大部分划痕之害。所以，设置在最厚的高RI层上方的层可对整个制品的耐划痕性起到特别大的作用。当最厚的高RI层的物理厚度大于约400nm且硬度大于约12GPa时，这种效果特别有意义，所述硬度通过布氏压头硬度测试测得。设置在最厚的高RI层上(即设置在与基材相反的一侧，用户侧或空气侧)的低RI材料的总厚度可小于或等于约150nm、小于或等于约120nm、小于或等于约110nm、100nm、90nm、80nm、70nm、60nm、50nm、40nm、30nm、25nm、20nm、15nm、或小于或等于约12nm。

[0061] 在一些实施方式中，最顶部空气侧的层可包含展现出如模型实施例8～9所示的高硬度的高RI层。在一些实施方式中，附加涂层140可设置在该最顶部空气侧的高RI层的顶部(例如，该附加涂层可包含低摩擦涂层、疏油性涂层或易清洁涂层)。另外，如模型实施例10所示，当添加至包含高RI层的最顶部空气侧的层上时，附加厚度很薄(厚度例如约为10nm或更薄、约5nm或更薄、或约2nm或更薄)的低RI层会对光学性能产生最小的影响。厚度很薄的低RI层可包含SiO_2、疏油性或低摩擦层、或SiO_2和疏油性材料的组合。示例性的低摩擦层可包括类金刚石碳，这些材料(或光学涂层的一个或多个层)可展现出小于0.4、小于0.3、小于0.2或甚至小于0.1的摩擦系数。

[0062] 在一种或多种实施方式中，防反射涂层130具有约800nm或更薄的物理厚度。防反射涂层130的物理厚度可为约10nm～约800nm、约50nm～约800nm、约100nm～约800nm、约

150nm～约800nm、约200nm～约800nm、约10nm～约750nm、约10nm～约700nm、约10nm～约650nm、约10nm～约600nm、约10nm～约550nm、约10nm～约500nm、约10nm～约450nm、约10nm～约400nm、约10nm～约350nm、约10nm～约300nm、约50～约300，包括它们之间的所有范围和子范围。

[0063] 在一种或多种实施方式中，可对第二高RI层的总物理厚度进行表征。例如，在一些实施方式中，第二高RI层的总厚度可约为100nm或更厚、约150nm或更厚、约200nm或更厚、约500nm或更厚。即使存在居间的低RI层或其它层，总厚度也是防反射涂层130中的单个高RI层的计算总厚度。在一些实施方式中，可能还包含高硬度材料(例如氮化物或氮氧化物材料)的第二高RI层的总物理厚度可大于防反射涂层的总物理厚度的30％。例如，第二高RI层的总物理厚度可为防反射涂层的总物理厚度的约40％或更大、约50％或更大、约60％或更大、约70％或更大、约75％或更大、或甚至约为80％或更大。替代地或附加地，包含于光学涂层中的也可能是高硬度材料的高折射率材料的量可以制品或光学涂层120的最顶部(即用户侧或与基材相反的光学涂层侧)500nm物理厚度的百分比来表征。表述为制品或光学涂层的最顶部500nm的百分比，第二高RI层的总物理厚度(或高折射率材料的厚度)可占所述最顶部500nm的约50％或更大、约60％或更大、约70％或更大、约80％或更大、或甚至约为90％或更大。在一些实施方式中，如本文的其它部分所述，可同时使防反射涂层中的硬质和高折射率材料具有更高的比例，以使其还展现出低反射率、低颜色和高耐磨性。在一种或多种实施方式中，第二高RI层可包含折射率大于约1.85的材料，第一低RI层可包含折射率小于约1.75的材料。在一些实施方式中，第二高RI层可包含氮化物或氮氧化物材料。在一些例子中，光学涂层中(或设置在光学涂层中最厚的第二高RI层上的层中)的所有第一低RI层的总厚度可约为200nm或更薄(例如约150nm或更薄、约100nm或更薄、约75nm或更薄、或约50nm或更薄)。

[0064] 在一些实施方式中，当只在防反射表面122测量时(例如当诸如通过在与观察器相接的背表面上使用折射率匹配油或其它已知方法除去制品的未涂覆背表面(例如图1中的114)上的反射)，防反射涂层130在光学波长区内的平均反光率约为9％或更小、约8％或更小、约7％或更小、约6％或更小、约5％或更小、约4％或更小、约3％或更小、或约2％或更小。平均反射率(其可为适光平均值)可在约0.4％～约9％、约0.4％～约8％、约0.4％～约7％、约0.4％～约6％、或约0.4％～约5％的范围内，包括它们之间的所有范围。在一些例子中，防反射涂层120可在下述其他波长范围内展现出这样的平均反光率：例如约450nm～约650nm、约420nm～约680nm、约420nm～约700nm、约420nm～约740nm、约420nm～约850nm、或约420nm～约950nm。在一些实施方式中，防反射表面122在光学波长区内展现出约90％或更大、92％或更大、94％或更大、96％或更大、或98％或更大的平均透光率。除非另有说明，否则平均反射率或透射率是在约0度～约10度的入射照明角度下测得的(但是，这些测量结果也可在45度或60度的入射照明角度下提供)。

[0065] 如图6所述，制品100可包含一个或多个设置在防反射涂层上的附加涂层140。在一种或多种实施方式中，该附加涂层可包含易清洁涂层。2012年11月30日提交的题为《利用光学和易清洁涂层制造玻璃制品的方法》(PROCESS FOR MAKING OF GLASS ARTICLES WITH OPTICAL AND EASY-TO-CLEAN COATINGS)的美国专利申请号13/690904对合适的易清洁涂层的一个例子进行了描述，其全部内容通过引用纳入本文。易清洁涂层可具有约5nm～约

50nm范围内的厚度，并且可包含已知的材料，例如含氟硅烷。在一些实施方式中，易清洁涂层的厚度可在约1nm～约40nm、约1nm～约30nm、约1nm～约25nm、约1nm～约20nm、约1nm～约15nm、约1nm～约10nm、约5nm～约50nm、约10nm～约50nm、约15nm～约50nm、约7nm～约20nm、约7nm～约15nm、约7nm～约12nm、或约7nm～约10nm、以及它们之间的所有范围和子范围内。

[0066] 附加涂层140可包含一个或多个耐划痕层。在一些实施方式中，附加涂层140包含易清洁材料和耐划痕材料的组合。在一个例子中，所述组合包含易清洁材料和类金刚石碳。这些附加涂层140可具有约5nm～约20nm范围内的厚度。附加涂层140的成分可在单独的层中提供。例如，类金刚石碳可作为第一层设置，而易清洁材料可作为第二层设置在类金刚石碳的第一层上。第一层和第二层的厚度可在如上提供的附加涂层的厚度范围内。例如，类金刚石碳的第一层可具有约1nm～约20nm或约4nm～约15nm(或更具体而言约为10nm)的厚度，而易清洁的第二层可具有约1nm～约10nm(或更具体而言约为6nm)的厚度。类金刚石涂层可包含四面体无定形碳(Ta-C)、Ta-C:H和/或a-C-H。

[0067] 如本文所述，光学涂层120可包含耐划痕层150或涂层(当使用多个耐划痕层时)，这些层或涂层可设置在防反射涂层130与基材110之间。在一些实施方式中，耐划痕层150或涂层设置在防反射涂层130的层之间(例如图7所述的150或图8所示的345)。防反射涂层的两个区段(即设置在耐划痕层150与基材110之间的第一区段以及设置在耐划痕层上的第二区段)可具有彼此不同的厚度，或者可具有基本上彼此相同的厚度。防反射涂层的这两个区段的层可具有彼此相同或不同的组成、顺序、厚度和/或排列。

[0068] 用于耐划痕层150或涂层(或用作附加涂层140的耐划痕层/涂层)中的示例性的材料可包括无机碳化物、氮化物、氧化物、类金刚石材料或这些材料的组合。适用于耐划痕层或涂层的材料的例子包括金属氧化物、金属氮化物、金属氮氧化物、金属碳化物、金属碳氧化物和/或它们的组合。示例性的金属包括B、Al、Si、Ti、V、Cr、Y、Zr、Nb、Mo、Sn、Hf、Ta和W。可用于耐划痕层或涂层的材料的具体例子可包括Al_2O_3、AlN、AlO_xN_y、Si_3N_4、SiO_xN_y、$Si_uAl_vO_xN_y$、金刚石、类金钢石碳、Si_xC_y、$Si_xO_yC_z$、ZrO_2、TiO_xN_y以及它们的组合。耐划痕层或涂层还可包含纳米复合材料或具有受控微结构的材料，以改善硬度、韧性或耐磨性/耐磨耗性。例如，耐划痕层或涂层可包含尺寸在约5nm～约30nm范围内的纳米微晶。在一些实施方式中，耐划痕层或涂层可包含相变增韧的氧化锆、部分稳定化的氧化锆或氧化锆增韧的氧化铝。在一些实施方式中，耐刮擦层或涂层展现出大于约1MPa√m的断裂韧度值，同时展现出大于约8GPa的硬度值。

[0069] 耐划痕层可包含单层150(如图7所示)、多个亚层或展现出折射率梯度345的亚层或单层(如图8所示)。在使用多个层的场合下，这些层形成耐划痕涂层845。例如，耐划痕涂层845可包含$Si_uAl_vO_xN_y$的组成梯度，其中，改变Si、Al、O和N中的任意一种或多种的浓度以升高或降低折射率。折射率梯度还可使用孔隙率来形成。2014年4月28日提交的题为《具有梯度层的耐划痕制品》(Scratch-Resistant Articles with a Gradient Layer)的美国专利申请号14/262224对这些梯度进行了更详细的描述，其全部内容通过引用纳入本文。

[0070] 可改变耐刮擦层或涂层的组成以提供特定的性质(例如硬度)。在一种或多种实施方式中，耐划痕层或涂层展现出约5GPa～约30GPa范围内的最大硬度，所述最大硬度通过布氏压头硬度测试在该耐划痕层或涂层的主表面上测得。在一种或多种实施方式中，耐划痕层或涂层的最大硬度可在以下范围以及它们之间的所有范围和子范围内：约6GPa～约

30GPa、约7GPa～约30GPa、约8GPa～约30GPa、约9GPa～约30GPa、约10GPa～约30GPa、约12GPa～约30GPa、约5GPa～约28GPa、约5GPa～约26GPa、约5GPa～约24GPa、约5GPa～约22GPa、约5GPa～约20GPa、约12GPa～约25GPa、约15GPa～约25GPa、约16GPa～约24GPa、约18GPa～约22GPa。在一种或多种实施方式中，耐划痕涂层可展现出大于15GPa、大于20GPa、或大于25GPa的最大硬度。在一种或多种实施方式中，耐划痕层展现出约15GPa～约150GPa、约15GPa～约100GPa、或约18GPa～约100GPa范围内的最大硬度。最大硬度是在一个压痕深度范围内测得的最大硬度值。这些最大硬度值可沿着约50nm或更深、或约100nm或更深(例如约100nm～约300nm、约100nm～约400nm、约100nm～约500nm、约100nm～约600nm、约200nm～约300nm、约200nm～约400nm、约200nm～约500nm、或约200nm～约600nm)的压痕深度展现。

[0071] 耐划痕涂层或层的物理厚度可在约1nm～约5μm的范围内。在一些实施方式中，耐划痕涂层的物理厚度可在以下范围以及它们之间的所有范围和子范围内：约1nm～约3μm、约1nm～约2.5μm、约1nm～约2μm、约1nm～约1.5μm、约1nm～约1μm、约1nm～约0.5μm、约1nm～约0.2μm、约1nm～约0.1μm、约1nm～约0.05μm、约5nm～约0.05μm、约10nm～约0.05μm、约15nm～约0.05μm、约20nm～约0.05μm、约5nm～约0.05μm、约200nm～约3μm、约400nm～约3μm、约800nm～约3μm。在一些实施方式中，耐划痕涂层的物理厚度可在约1nm～约25nm的范围内。在一些例子中，耐划痕层可包含氮化物或氮氧化物材料，并且可具有约200nm或更厚、500nm或更厚、或约1000nm或更厚的厚度。

[0072] 一种或多种实施方式的制品可通过在防反射表面122上进行至少约500个按照泰伯尔测试的循环的磨损之后使用各种方法进行测量而被描述为具有耐磨性。各种形式的磨损测试在本领域中是已知的，例如ASTM D1044-99中所规定的使用由泰伯尔工业(Taber Industries)提供的磨损介质的测试方法。可通过利用不同类型的磨损介质、研磨剂的几何构型和运动、压力等来得到与ASTM D1044-99相关的修改的磨损方法，以提供可重复的和可测量的磨损或磨耗轨迹，从而有意义地区分不同样品的耐磨性。例如，不同的测试条件通常适用于软质塑料对硬质无机测试样品的比较。对本文所述的实施方式进行本文所定义的泰伯尔测试，所述泰伯尔测试是ASTM D1044-99的特定修改版本，其能够给出清晰且可重复的不同样品之间的耐久性差异，所述样品主要包含硬质无机材料，例如氧化物玻璃和氧化物或氮化物涂层。如本文所用，词语“泰伯尔测试”是指使用泰伯尔线性研磨器5750(TLA 5750)和由泰伯尔工业提供的附件、在约22℃±3℃的温度和不超过约70%的相对湿度的环境下进行的测试方法。TLA 5750包括具有直径为6.7mm的研磨头的CS-17研磨器材料。按照泰伯尔测试使各样品发生磨损，利用雾度和双向透射分布函数(CCBTDF)测量等方法对磨损损伤进行评价。在泰伯尔测试中，使各样品磨损的程序包括将TLA 5750和一个平坦的样品载具置于一个坚硬而平坦的表面上，并将TLA5750和该样品载具固定在该表面上。在使各样品在泰伯尔测试中发生磨损前，使用粘合在玻璃上的崭新的S-14磨刀条对研磨器进行表面修整。使用25个循环/分钟的循环速率和1英寸的冲程长度，在不使用额外增加的负重(即表面修整过程中所使用的约350g的总负重，这是固定研磨器的轴和筒夹的总重)的条件下，对研磨器进行10个表面修整循环。然后，该程序包括操作TLA 5750使样品磨损，其中，样品置于与研磨头相接触并承载施加到研磨头上的负重的样品载具中，使用25个循环/分钟的循环速率和1英寸的冲程长度，且向样品施加的总负重为850g(即在轴和筒夹的350g的总重以

外再施加500g额外负重)。该程序包括为了重复性而在各样品上形成两条磨耗轨迹，并且对各样品上的两条磨损轨迹中每一个进行500个循环的磨损。

[0073] 在一种或多种实施方式中，制品100的防反射表面122按照上述泰伯尔测试而受到磨损，该制品展现出约10％或更小的雾度，该雾度是使用BYK加德纳(BYK Gardner)提供的雾度计(商品名：Haze-Gard plus®)在磨损表面上测得的，该雾度计在源端口上使用孔，该孔的直径为8mm。

[0074] 一种或多种实施方式的制品100在具备和不具备任何附加涂层(包括将在下文中描述的附加涂层140)的条件下都展现出这种耐磨性。在一些实施方式中，雾度可约为9％或更小、约8％或更小、约7％或更小、约6％或更小、约5％或更小、约4％或更小、约3％或更小、约2％或更小、约1％或更小、约0.5％或更小、或约0.3％或更小。在一些特定的实施方式中，制品100的雾度在以下范围以及它们之间的所有范围和子范围内：约0.1％～约10％、约0.1％～约9％、约0.1％～约8％、约0.1％～约7％、约0.1％～约6％、约0.1％～约5％、约0.1％～约4％、约0.1％～约3％、约0.1％～约2％、约0.1％～约1％、0.3％～约10％、约0.5％～约10％、约1％～约10％、约2％～约10％、约3％～约10％、约4％～约10％、约5％～约10％、约6％～约10％、约7％～约10％、约1％～约8％、约2％～约6％、约3％～约5％。

[0075] 这里也可预期用于对耐磨性进行定量的替代方法。在一种或多种实施方式中，通过对防反射表面122进行泰伯尔测试而产生了磨损的制品100可展现出利用原子力显微镜(AFM)表面轮廓绘图测得的耐磨性，所述表面轮廓绘图可在例如防反射表面122的80×80微米区域、或多个80×80微米区域内进行。可通过这些AFM表面扫描对诸如RMS粗糙度、Ra粗糙度以及峰-谷表面高度这样的表面粗糙度统计值进行评价。在一种或多种实施方式中，制品100(或具体而言，防反射表面122)在被如上所述的泰伯尔测试磨损后可展现出约50nm或更小、约25nm或更小、约12nm或更小、约10nm或更小、或约5nm或更小的平均表面粗糙度(Ra)值。

[0076] 在一种或多种实施方式中，制品100在防反射表面122被泰伯尔测试磨损后可展现出通过光散射测量测得的耐磨性。在一种或多种实施方式中，光散射测量包括使用Radiant Zemax IS-SA™测试仪进行的双向反射分布函数(BRDF)或双向透射分布函数(BTDF)测量。该测试仪可灵活地使用反射中从垂直至约85度的任何入射角作为输入角度的光散射以及透射中从垂直至约85度的任何入射角作为输入角度的光散射进行测量，同时，还能够捕获反射或透射中向2*π球面度(反射或折射中的完整半球)内输出的所有散射光。在一种实施方式中，制品100展现出耐磨性，所述耐磨性通过使用BTDF在垂直入射下测得，并在选定的角度范围内对透射的散射光进行分析，例如在约10°～约80°的极角以及其间的任何角度范围内。可对角度的完整方位角范围进行分析和整合、或者可选择具体的方位角的区间(slice)，例如方位角上从约0°至90°。在线性磨损的情况中，可能希望选择与磨损方向基本上正交的方位角方向，以增加光学散射测量的信噪比。在一种或多种实施方式中，制品100的在防反射涂层120上测得的散射光强度可约小于约0.1、约0.05或更小、约0.03或更小、约0.02或更小、约0.01或更小、约0.005或更小、或约0.003或更小(单位为1/球面度)，所述散射光强度的测试利用具有2mm孔的Radiant Zemax IS-SA工具进行，模式为CCBTDF，以垂直入射进行透射，且将单色仪设定在600nm波长处，并且在约15°～约60°(例如，特定为约20°或约40°)的极散射角范围内进行评价。以垂直入射进行透射也可以称为以0度进行透射，其

可被仪器软件表示为180°入射。在一种或多种实施方式中,可沿着与被泰伯尔测试磨损的样品的磨损方向基本上正交的方位角方向对散射光强度进行测量。在一个例子中,泰伯尔测试可使用约10个循环～约1000个循环、以及它们之间的所有值。这些光强数值也可相当于小于散射入大于约5度、大于约10度、大于约30度、或大于约45度的极散射角的入射光强度的约1%、约0.5%、约0.2%或约0.1%。

[0077] 通常,本文所述的垂直入射下的BTDF测试与透射雾度测量紧密相关,体现在它们都是测量光线透射穿过样品(或者,在制品100的情况中,在使防反射涂层120磨损后)时散射的量。BTDF测量相比于雾度测量能够提供更高的灵敏度以及更详细的角度信息。BTDF允许对形成不同极角度和方位角度的散射进行测量,例如允许我们有选择性地对形成基本上与线性泰伯尔测试中的磨损方向正交的方位角度(这些角度是从线性磨损散射出的光最强的角度)的散射进行评价。透射雾度基本上是所有进入极角大于约+/-2.5度的整个半球的通过垂直入射BTDF测得的散射光的积分。

[0078] 可对光学涂层120和制品100的硬度进行描述,所述硬度通过布氏压头硬度测试测得。如本文所用,“布氏压头硬度测试”包括通过利用金刚石布式硬度计压头对材料表面进行压刻,从而测量材料的硬度。布氏压头硬度测试包括利用金刚石布氏硬度计压头对制品的防反射表面122或光学涂层120的表面(或防反射涂层中任一层或多层的表面)进行压刻以形成压痕深度在约50nm～约1000nm范围内(或者防反射涂层或层的整个厚度,取更小者)的压痕,并测量从该压痕沿着整个压痕深度范围或该压痕深度的一个区段(例如约100nm～约600nm范围内)的最大硬度,通常使用以下文献中的方法:Oliver,W.C.;Pharr,G.M.所著的《一种改进的使用负荷和位移传感凹痕实验测定硬度和弹性模量的技术》(An improved technique for determining hardness and elastic modulus using load and displacement sensing indentation experiments)J.Mater.Res.,第7卷,第6期,1992,1564～1583;和Oliver,W.C.;Pharr,G.M.所著的《利用仪器压痕测量硬度和弹性模量:理解的进展和方法的改进》(Measurement of Hardness and Elastic Modulus by Instrument Indentation:Advances in Understanding and Refinements to Methodology)J.Mater.Res.,第19卷,第1期,2004,3～20。如本文所用,硬度是指最大硬度而不是指平均硬度。

[0079] 特别是在对于比下方基材更硬的涂层所进行的纳米压痕测试方法(例如通过使用布氏硬度计压头)中,由于在较浅的压痕深度处形成了塑性区,因此所测得的硬度似在最初显示为增加,然后增加并在更深的压痕深度处达到最大值或平台期。随后,由于下方基材的影响,硬度在更深的压痕深度处开始下降。在基材相对于所使用的涂层具有增加的硬度的情况下,可以看到相同的效应;但是,由于下方基材的影响,硬度在更深的压痕深度处增加。

[0080] 对压痕深度范围和在某压痕深度范围内的硬度值进行选择,以确定如本文所述的与光学膜结构及其层相对应的具体硬度,而不受下方基材的影响。当利用布氏硬度计压头对光学膜结构(当设置于基材上时)的硬度进行测量时,材料的永久形变区域(塑性区)与材料的硬度相关联。在压刻过程中,弹性应力场的范围延伸大大超出该永久形变区域。随着压刻深度的增加,表观硬度和模量受到应力场与下方基材相互作用的影响。基材对硬度的影响发生于更深的压痕深度处(即,通常是在深于光学膜结构或层厚度的约10%的深度)。另外,另一种复杂情况是硬度响应需要某个最小负荷以在压刻过程中形成完全的塑性。在达

到该最小负荷前,硬度显示出大体递增的趋势。

[0081] 在浅的压刻深度处(也可被表征为小负荷,例如不超过约50nm),材料的表观硬度出现相对于压痕深度急剧增加。该较小的压刻深度区域不代表硬度的真实度量,而是反映出如上文所述的塑性区的形成,其与硬度计压头的有限曲率半径有关。在中间压痕深度处,表观硬度接近最大水平。在更深的压痕深度处,随着压痕深度的增加,基材的影响更加显著。一旦压痕深度超过光学膜结构厚度或层深度的约30%,硬度就会开始急剧减小。

[0082] 图21图示了所测得的硬度值随压痕深度和涂层厚度的变化。如图21所示,在中间压痕深度(硬度在此处接近并保持在最大水平)和更深的压痕深度处测得的硬度取决于材料或层的厚度。图21图示了具有不同厚度的四种不同AlO_xN_y层的硬度响应。利用布氏压头硬度测试对各层的硬度进行测量。厚度为500nm的层在约100nm～180nm的压痕深度处展现出最大硬度,接着该硬度在约180nm～约200nm的压痕深度处急剧减小,这表明基材的硬度对硬度测量产生了影响。厚度为1000nm的层在约100nm～约300nm的压痕深度处展现出最大硬度,接着该硬度在大于约300nm的压痕深度处急剧减小。厚度为1500nm的层在约100nm～约500nm的压痕深度处展现出最大硬度,而厚度为2000nm的层在约100nm～约600nm的压痕深度处展现出最大硬度。虽然图21图示了厚的单层,在较薄的涂层以及包含诸如本文所述的实施方式的防反射涂层120这样的多层中也观察到了相同的特征。

[0083] 在一些实施方式中,光学涂层120可展现出约8GPa或更大、约10GPa或更大、或约12GPa或更大(例如14GPa或更大、16GPa或更大、18GPa或更大、20GPa或更大)的硬度。光学涂层120的硬度最大可约为20GPa或30GPa。包括防反射涂层120以及任何本文所述的附加涂层的制品100展现出利用布氏压头硬度测试在防反射表面122上测得的约5GPa或更大、约8GPa或更大、约10GPa或更大、或约12GPa或更大(例如14GPa或更大、16GPa或更大、18GPa或更大、20GPa或更大)的硬度。光学涂层120的硬度最大可约为20GPa或30GPa。光学涂层120和/或制品100可沿着约50nm或更深、或约100nm或更深(例如约100nm～约300nm、约100nm～约400nm、约100nm～约500nm、约100nm～约600nm、约200nm～约300nm、约200nm～约400nm、约200nm～约500nm、或约200nm～约600nm)的压痕深度展现出这些测得的硬度值。在一种或多种实施方式中,制品的硬度大于基材的硬度(所述基材的硬度可在与防反射表面相反的表面上测得)。

[0084] 光学涂层120可具有至少一个具有以下硬度的层(在该层的表面上测得,例如图2中的第二高RI层130B的表面或耐划痕层的表面):约12GPa或更大、约13GPa或更大、约14GPa或更大、约15GPa或更大、约16GPa或更大、约17GPa或更大、约18GPa或更大、约19GPa或更大、约20GPa或更大、约22GPa或更大、约23GPa或更大、约24GPa或更大、约25GPa或更大、约26GPa或更大、或约27GPa或更大(不超过约50GPa),所述硬度通过布氏压头硬度测试测得。这种层的硬度可在约18GPa～约21GPa的范围内,所述硬度通过布氏压头硬度测试测得。所述至少一个层可沿着约50nm或更深、或约100nm或更深(例如约100nm～约300nm、约100nm～约400nm、约100nm～约500nm、约100nm～约600nm、约200nm～约300nm、约200nm～约400nm、约200nm～约500nm、或约200nm～约600nm)的压痕深度展现出这些测得的硬度值。

[0085] 在一种或多种实施方式中,光学涂层120或光学涂层内的单个层可展现出约75GPa或更大、约80GPa或更大、或约85GPa或更大的弹性模量,所述弹性模量通过在防反射表面122上使用布氏压头对表面进行压刻来测量。这些模量值可表示在十分接近防反射表面处

(例如0nm～约50nm的压痕深度处)测得的模量，或者其可表示在更深的压痕深度处(例如约50nm～约1000nm)测得的模量。

[0086] 在包含耐划痕层(当用作防反射涂层的一部分时，例如图7中的150或图8中的345)或耐划痕涂层(当用作附加涂层140)的制品的实施方式中，该制品可展现出约12GPa～约25GPa范围内的最大硬度，所述最大硬度利用布氏压头硬度测试分别在防反射表面122或耐划痕涂层的表面上测得。这些测得的硬度值可沿着约50nm或更深、或100nm或更深(例如约100nm～约300nm、约100nm～约400nm、约100nm～约500nm、约100nm～约600nm、约200nm～约300nm、约200nm～约400nm、约200nm～约500nm、或约200nm～约600nm)的压痕深度展现。即使当耐划痕层未设置在防反射表面122处或附近(例如图7和8所示)也可展现出该硬度。

[0087] 来自于光学涂层120/空气界面和光学涂层120/基材110界面的反射波之间的光学干涉可导致会在制品100中产生明显色彩的光谱反射和/或透射振荡。如本文所用，术语“透射率”定义为给定波长范围内的入射光功率穿过材料(例如制品、基材、光学膜或其中的部分)的百分率。类似地，术语“反射率”定义为给定波长范围内的入射光功率从材料(例如制品、基材、光学膜或其中的部分)反射的百分率。透射率和反射率由特定的线宽测得。在一种或多种实施方式中，表征透射率和反射率的光谱分辨率小于5nm或0.02eV。色彩可在反射中更加显著。由于光谱反射振荡随着入射照明角度发生偏移，因此反射中的角色彩也随视角发生偏移。透射中的角色彩也会因光谱透射振荡随入射照明角度所发生的相同的偏移而随视角偏移。观察到的色彩和角色彩随入射照明角度的偏移常常引起设备使用者的厌恶或反感，特别是在具有尖锐谱特征的照明下，例如荧光照明和一些LED照明。透射中的角色偏也可成为反射中的色偏中的一个因素，反之亦然。透射和/或反射中的角色偏中的因素还包括由观察角度导致的角色偏或远离某个可能由材料吸收(这略微独立于角度)而导致的白点的角色偏，这由具体的光源或测试系统定义。

[0088] 可通过振幅来描述振荡。如本文所用，术语“振幅”包括反射率或透射率的峰-谷变化。词语“平均振幅”包括在光学波长区内针对若干振荡循环或波长子范围计算平均值的反射率或透射率的峰-谷变化。如本文所用，“光学波长区”包含约400nm～约800nm(更具体而言约450nm～约650nm)范围内的波长。

[0089] 本发明的实施方式包括防反射涂层以提供在不同光源下从相对于垂直入射方向沿各种入射照明角度进行观察时，在无色性和/或更小的角色偏方面改善了的光学性能。

[0090] 本发明的一个方面涉及即使在光源下沿不同入射照明角度进行观察反射和/或透射也呈无色的制品。在一种或多种实施方式中，制品在参考光源角与任何在本文提供的范围内的入射光源角之间展现出约5或更小或约2或更小的反射和/或透射角色偏。如本文所用，词语“色偏”(角度或参照点)是指在CIEL*，a*，b*色度系统下，反射和/或透射中a*和b*的变化。应当理解的是，除非另有说明，否则本文所述的制品的L*坐标在所有角度或参照点下都是相同的，并且不会影响色偏。例如，角色偏可使用下式(1)来确定：

[0091] (1) $\sqrt{((a^*_2-a^*_1)^2+(b^*_2-b^*_1)^2)}$，

[0092] 其中，a^*_1和b^*_1表示当从入射参照照明角(可包括垂直入射)进行观察时制品的a*和b*坐标，而a^*_2和b^*_2表示当从入射照明角度进行观察时制品的a*和b*坐标，前提是入射照明角度与参照照明角不同，且在一些情况中，入射照明角度与参照照明角至少相差约1度、2度或约5度。在一些例子中，当在光源下从相对于参照照明角的各种入射照明角度进行观察

时，制品展现出约10或更小(例如5或更小、4或更小、3或更小、或2或更小)的反射和/或透射的角色偏。在一些例子中，反射和/或透射的角色偏约为1.9或更小、1.8或更小、1.7或更小、1.6或更小、1.5或更小、1.4或更小、1.3或更小、1.2或更小、1.1或更小、1或更小、0.9或更小、0.8或更小、0.7或更小、0.6或更小、0.5或更小、0.4或更小、0.3或更小、0.2或更小、或0.1或更小。在一些实施方式中，角色偏可约为0。光源可包括CIE确定的标准光源，包括A光源(代表钨丝照明设备)、B光源(日光模拟光源)、C光源(日光模拟光源)、D系列光源(代表自然日光)和F系列光源(代表各种类型的荧光照明设备)。在一些特定的例子中，当在CIE F2、F10、F11、F12或D65光源下，或更具体而言，在CIE F2光源下从偏离参照照明角的入射照明角度进行观察时，制品展现出约2或更小的反射和/或透射的角色偏。

[0093] 参照照明角可包括垂直入射(即约0度～约10度)、或相对于垂直入射为5度、相对于垂直入射为10度、相对于垂直入射为15度、相对于垂直入射为20度、相对于垂直入射为25度、相对于垂直入射为30度、相对于垂直入射为35度、相对于垂直入射为40度、相对于垂直入射为50度、相对于垂直入射为55度、或相对于垂直入射为60度，前提是参照照明角之间的差异以及入射照明角度与参照照明角之间的差异至少约为1度、2度或约5度。相对于参照照明角，入射照明角度偏离参照照明角的角度可在以下范围以及它们之间的所有范围和子范围内：约5度～约80度、约5度～约70度、约5度～约65度、约5度～约60度、约5度～约55度、约5度～约50度、约5度～约45度、约5度～约40度、约5度～约35度、约5度～约30度、约5度～约25度、约5度～约20度、约5度～约15度。当参照照明角为垂直入射时，制品可在约2度～约80度(或约10度～约80度、或约20度～约80度)范围内的所有入射照明角度下以及沿着上述入射照明角度展现出本文所述的反射和/或透射角色偏。在一些实施方式中，当入射照明角度与参照照明角之间的差异至少约为1度、2度或约5度时，制品可在约2度～约80度(或约10度～约80度、或约20度～约80度)范围内的所有入射照明角度下以及沿着上述入射照明角度展现出本文所述的反射和/或透射角色偏。在一个例子中，制品可在偏离与垂直入射相等的参照照明角约2度～约60度、约5度～约60度、或约10度～约60度范围内的任意入射照明角度下展现出5或更小(例如4或更小、3或更小、或约2或更小)的反射和/或透射角色偏。在另一些例子中，当参照照明角为10度且入射照明角度是偏离参照照明角约12度～约60度、约15度～约60度、或约20度～约60度范围内的任意角度时，制品可展现出5或更小(例如4或更小、3或更小、或约2或更小)的反射和/或透射角色偏。

[0094] 在一些实施方式中，角色偏可在参照照明角(例如垂直入射)与入射照明角度之间约20度～约80度范围内的所有角度下测量。换言之，可在约0度～20度、约0度～约30度、约0度～约40度、约0度～约50度、约0度～约60度、或约0度～约80度范围内的所有角度下测量角色偏，且测得的角色偏可小于约5或小于约2。

[0095] 在一种或多种实施方式中，制品在CIE L*,a*,b*色度系统中展现出反射和/或透射色彩，以使在光源(可包括CIE确定的标准光源，包括A光源(代表钨丝照明设备)、B光源(日光模拟光源)、C光源(日光模拟光源)、D系列光源(代表自然日光)和F系列光源(代表各种类型的荧光照明设备))下的透射色彩或反射坐标相对于参照点的距离或参照点色偏小于约5或小于约2。在一些特定的例子中，当在CIE F2、F10、F11、F12或D65光源下，或更具体而言，在CIE F2光源下从相对于参照照明角的入射照明角度进行观察时，制品展现出约2或更小的反射和/或透射的色偏。换一种说法，制品可展现出在具有如本文所定义的相对于参

照点的参照点色偏小于约2的防反射表面122上测得的透射色(或透射色坐标)和/或反射色(或反射色坐标)。除非另有说明,否则透射色彩或透射色坐标是在制品的两个表面上测得的,所述两个表面包括制品的防反射表面122和制品的相反裸露表面(即114)。除非另有说明,只在制品的防反射表面122上测量反射色彩或反射色坐标。然而,可使用双面测量(来自制品两个表面的反射都包括在内)或单面测量(只测量来自制品的防反射表面122的反射)在制品的防反射表面122和制品的相反侧(即图1中的主表面144)上测量本文所述的反射色彩或反射色坐标。其中,单面反射测量通常更加难以对防反射涂层实现低色彩或低色偏,这与制品背面与诸如黑色油墨或LCD或OLED装置这样的吸光介质结合的应用(例如智能手机等)有关。

[0096] 在一种或多种实施方式中,参照点可以是CIE L*a*b*色度系统中的原点(0,0)(或色坐标a*=0,b*=0)、坐标(a*=-2,b*=-2)或基材的透射或反射色坐标。应当理解的是,除非另有说明,否则本文所述的制品的L*坐标与参照点相同,并且不会影响色偏。在制品的参照点色偏是参照基材来定义的场合,将制品的透射色坐标与基材的透射色坐标进行比较,而将制品的反射色坐标与基材的反射色坐标进行比较。

[0097] 在一种或多种特定的实施方式中,透射色彩和/或反射色彩的参照点色偏可小于1或甚至小于0.5。在一种或多种特定的实施方式中,透射色彩和/或反射色彩的参照点色偏可以是1.8、1.6、1.4、1.2、0.8、0.6、0.4、0.2、0以及它们之间的所有范围和子范围。在参照点为色坐标a*=0,b*=0的场合下,参照点色偏由式(2)计算。

[0098] (2)参照点色偏=$\sqrt{((a^*_{制品})^2+(b^*_{制品})^2)}$

[0099] 在参照点为色坐标a*=-2,b*=-2的场合下,参照点色偏由式(3)计算。

[0100] (3)参照点色偏=$\sqrt{((a^*_{制品}+2)^2+(b^*_{制品}+2)^2)}$

[0101] 在参照点为基材的色坐标的场合下,参照点色偏由式(4)计算。

[0102] (4)参照点色偏=$\sqrt{((a^*_{制品}-a^*_{基材})^2+(b^*_{制品}-b^*_{基材})^2)}$

[0103] 在一些实施方式中,制品可展现出透射色彩(或透射色坐标)和反射色彩(或反射色坐标),以使当参照点为基材的色坐标、色坐标a*=0,b*=0和坐标a*=-2,b*=-2中的任一个时,参照点色偏小于2。

[0104] 在一种或多种实施方式中,制品在CIE L*,a*,b*色度系统中在约0～约60度(约0度～约40度、或约0度～约30度)范围内的所有入射照明角度下的反射中的b*值(仅在防反射表面测量)可在约-5～约1、约-5～约0、约-4～约1、或约-4～约0的范围内。

[0105] 在一种或多种实施方式中,制品在CIE L*,a*,b*色度系统中在约0～约60度(约0度～约40度、或约0度～约30度)范围内的所有入射照明角度下的(在防反射表面和相反裸露表面处测得的)透射中的b*值可小于约2(或约为1.8或更小、约1.6或更小、1.5或更小、1.4或更小、1.2或更小、或约1或更小)。透射中的b*值的下限可约为-5。

[0106] 在一些实施方式中,制品在光源D65、A和F2下,在约0度～约60度的入射照明角度下(在防反射表面和相反裸露表面处)展现出约-1.5～约1.5(例如-1.5～-1.2、-1.5～-1、-1.2～1.2、-1～1、-1～0.5或-1～0)的透射中的a*值。在一些实施方式中,制品在光源D65、A和F2下,在约0度～约60度的入射照明角度下(在防反射表面和相反裸露表面处)展现出约-1.5～约1.5(例如-1.5～-1.2、-1.5～-1、-1.2～1.2、-1～1、-1～0.5或-1～0)的透射中的b*值。

[0107] 在一些实施方式中，制品在光源D65、A和F2下，在约0度～约60度的入射照明角度下(只在防反射表面处)展现出约-5～约2(例如-4.5～1.5、-3～0、-2.5～0.25)的反射中的a*值。在一些实施方式中，制品在光源D65、A和F2下，在约0度～约60度的入射照明角度下(只在防反射表面处)展现出约-7～约0的反射中的b*值。

[0108] 一种或多种实施方式的制品或一种或多种制品的防反射表面122可在约400nm～约800nm范围内的光学波长区内展现出约95％或更大(例如约9.5％或更大、约96％或更大、约96.5％或更大、约97％或更大、约97.5％或更大、约98％或更大、约98.5％或更大、或约99％或更大)的平均透光率。在一些实施方式中，制品或一种或多种制品的防反射表面122可在400nm～约800nm范围内的光学波长区内展现出约2％或更小(例如约1.5％或更小、约1％或更小、约0.75％或更小、约0.5％或更小、或约0.25％或更小)的平均反光率。这些透光率和反光率数值可在整个光学波长区或光学波长区的所选范围(例如光学波长区内的100nm波长范围、150nm波长范围、200nm波长范围、250nm波长范围、280nm波长范围、或300nm波长范围)内观察到。在一些实施方式中，这些反光率和透光率数值可以是(考虑防反射表面122和相反主表面144上的反射率和透射率的)总反光率或总透光率，或者可以是在制品单侧上观察到的只在防反射表面122上测得(不考虑相反表面)的数值。除非另有说明，否则平均反射率或透射率是在约0度～约10度范围内的入射照明角度下测得的(但是，这些测量结果也可在45度或60度的入射照明角度下提供)。

[0109] 在一些实施方式中，一种或多种实施方式的制品或一种或多种制品的防反射表面122可在光学波长区内展现出约1％更小、约0.7％更小、约0.5％更小、或约0.45％更小的平均可见适光反射率。这些适光反射率数值可在约0°～约20°、约0°～约40°、或约0°～约60°范围内的入射照明角度下展现。如本文所用，适光反射率通过根据人眼的灵敏度对波长谱进行反射率加权来模拟人眼的响应。适光反射率还可根据诸如CIE色空间惯例这样的已知的惯例而被定义为反射光的亮度或三色Y值。平均适光反射率由式(4)定义，其由与眼睛的光谱响应有关的光谱反射率R(λ)、光源光谱I(λ)和CIE色彩匹配函数$\bar{y}(\lambda)$相乘得到。

[0110]
$$\langle R_p \rangle = \int_{380\,nm}^{720\,nm} R(\lambda) \times I(\lambda) \times \bar{y}(\lambda) d\lambda \quad (5)$$

[0111] 在一些实施方式中，制品展现出小于约10％的只在防反射表面上在垂直入射或近垂直入射(例如0～10度)下测得的单侧平均适光反射率。在一些实施方式中，单侧平均适光反射率为约9％或更小、约8％或更小、约7％或更小、约6％或更小、约5％或更小、约4％或更小、约3％、或约2％或更小。在一种特定的实施方式中，一种或多种制品的防反射表面122(即当仅通过单侧测量来测量防反射表面时)可在展现出上述平均适光反射率数值的同时，在约5度～约60度(参照照明角度为垂直入射)范围内的整个入射照明角度内展现出使用D65光源和/或F2光源的小于约5.0、小于约4.0、小于约3.0、小于约2.0、小于约1.5、或小于约1.25的最大反射色偏。这些最大反射色偏数值代表在偏离垂直入射约5度～约60度的任意角度下测得的最高色点数值减去相同范围内的任意角度下测得的最低色点数值。这些数值可代表a*值的最大变化($a^*_{最高}-a^*_{最低}$)、b*值的最大变化($b^*_{最高}-b^*_{最低}$)、a*值和b*值的最大变化、或量值$\sqrt{((a^*_{最高}-a^*_{最低})2+(b^*_{最高}-b^*_{最低})2)}$的最大变化。

[0112] 基材

[0113] 基材110可包含无机材料，且可包含无定形基材、晶体基材或它们的组合。基材110可由人工材料和/或天然材料(例如石英和聚合物)形成。例如，在一些例子中，基材110可被鉴定为有机物且具体来说可以是聚合物。合适的聚合物的例子包括但不限于：热塑性塑料，包括聚苯乙烯(PS)(包括苯乙烯的共聚物和混合物)、聚碳酸酯(PC)(包括共聚物和混合物)、聚酯(包括共聚物和混合物，包括聚对苯二甲酸乙二醇酯和聚对苯二甲酸乙二醇酯的共聚物)、聚烯烃(PO)和环聚烯烃(环-PO)、聚氯乙烯(PVC)、丙烯酸聚合物，包括聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)(包括共聚物和混合物)、热塑性氨基甲酸酯(TPU)、聚醚酰亚胺(PEI)以及这些聚合物之间的混合物。其它示例性的聚合物包括环氧树脂、苯乙烯类树脂、酚醛树脂、三聚氰胺树脂和有机硅树脂。

[0114] 在一些特定的实施方式中，基材110可具体排除聚合物、塑料和/或金属基材。基材可被鉴定为含碱金属的基材(即该基材包含一种或多种碱金属)。在一种或多种实施方式中，基材展现出约1.45～约1.55范围内的折射率。在一些特定的实施方式中，基材110可在一个或多个相反主表面上展现出平均断裂应变，该平均断裂应变为0.5%或更大、0.6%或更大、0.7%或更大、0.8%或更大、0.9%或更大、1%或更大、1.1%或更大、1.2%或更大、1.3%或更大、1.4%或更大、1.5%或更大或甚至为2%或更大，利用球叠环测试(ball-on-ring testing)使用至少5个、至少10个、至少15个或至少20个样品进行测量。在一些特定的实施方式中，基材110可在一个或多个相反主表面上展现出平均破裂应变，该平均破裂应变为约1.2%、约1.4%、约1.6%、约1.8%、约2.2%、约2.4%、约2.6%、约2.8%、或约3%或更大。

[0115] 合适的基材110可展现出约30～约120GPa范围内的弹性模量(或杨氏模量)。在一些例子中，基材的弹性模量可在以下范围以及它们之间的所有范围和子范围内：约30GPa～约110GPa、约30GPa～约100GPa、约30GPa～约90GPa、约30GPa～约80GPa、约30GPa～约70GPa、约40GPa～约120GPa、约50GPa～约120GPa、约60GPa～约120GPa、约70GPa～约120GPa。

[0116] 在一种或多种实施方式中，无定形基材可包含玻璃，该玻璃可以是经过强化的或未经过强化的。合适的玻璃的例子包括钠钙玻璃、碱金属铝硅酸盐玻璃、含碱金属的硼硅酸盐玻璃和碱金属铝硼硅酸盐玻璃。在一些变化形式中，玻璃可不含氧化锂。在一种或多种替代性的实施方式中，基材110可包含诸如玻璃陶瓷基材这样的晶体基材(可以是经过强化的或未经过强化的)，或者可包含单晶结构，例如蓝宝石。在一种或多种特定的实施方式中，基材110包含无定形基底(例如玻璃)和晶体包层(例如蓝宝石层、多晶氧化铝层和/或尖晶石($MgAl_2O_4$)层)。

[0117] 一种或多种实施方式的基材110的硬度可小于制品的硬度(所述硬度由本文所述的布氏压头硬度测试测得)。基材的硬度可使用本领域已知的方法测量，包括但不限于布氏压头硬度测试或维氏硬度测试。

[0118] 基材110可基本上是平面的或片状的，但另一些实施方式可使用弯曲的或者经过其他方式成形或雕刻的基材。基材110可基本上是光学澄清的、透明的和不发生光散射的。在这些实施方式中，基材在光学波长区内可展现出约85%或更高、约86%或更高、约87%以上、约88%或更高、约89%或更高、约90%或更高、约91%或更高或者约92%或更高的平均透光率。在一种或多种替代性的实施方式中，基材110可以是不透明的或者在光学波长区内

展现出小于约10%、小于约9%、小于约8%、小于约7%、小于约6%、小于约5%、小于约4%、小于约3%、小于约2%、小于约1%、或小于约0%的平均透光率。在一些实施方式中,这些反光率和透光率数值可以是(考虑基材的两个主表面上的反射率和透射率的)总反光率或总透光率,或者可以是在基材单侧(即,只在防反射表面122上而不考虑相反表面)上观察到的数值。除非另有说明,否则平均反射率或透射率是在0度的入射照明角度下测得的(但是,这些测量结果也可在45度或60度的入射照明角度下提供)。基材110可任选地展现出颜色,例如白色、黑色、红色、蓝色、绿色、黄色、橙色等。

[0119] 附加地或替代地,出于美观和/或功能原因,基材110的物理厚度可沿着其一个或多个维度变化。例如,基材110的边缘可比更靠近基材110中心的区域更厚。基材110的长度、宽度和物理厚度维度也可根据制品100的应用或用途而变化。

[0120] 基材110可采用各种不同的方法来提供。例如,当基材110包含诸如玻璃这样的无定形基材时,各种形成方法可包括浮法玻璃法和下拉法,例如熔合拉制法和狭缝拉制法。

[0121] 基材110一旦形成就可对其进行强化以形成强化基材。如本文所用,术语“强化基材”可指已经经过化学强化的基材,例如通过将基材表面中较小的离子离子交换成较大的离子。然而,也可利用本领域已知的其他强化方法来形成强化基材,例如热退火,或者利用基材不同部分之间热膨胀系数的错配来产生压缩应力区和中心张力区。

[0122] 在通过离子交换处理对基材进行化学强化的场合,基材表面层中的离子被具有相同价态或氧化态的更大的离子替换或交换。离子交换处理通常这样进行:将基材浸泡在熔融盐浴中,该熔融盐浴含有将与基材中的较小离子进行交换的较大离子。本领域技术人员应当理解,离子交换处理的参数包括但不限于浴的组成和温度、浸泡时间、基材在一种或多种盐浴中的浸泡次数、多种盐浴的使用、例如退火、洗涤等的其他步骤,这些参数通常是根据以下因素确定的:基材的组成和想要通过强化操作获得的压缩应力(CS)、压缩应力层深度(或层深度)。例如,含碱金属的玻璃基材的离子交换可以通过以下方式实现:在至少一种包含盐的熔融浴中进行浸泡,所述盐是例如但不限于较大的碱金属离子的硝酸盐、硫酸盐和盐酸盐。熔融盐浴的温度通常在约380℃~约450℃的范围内,而浸泡时间在约15分钟~约40小时的范围内。但是,也可以采用不同于上文所述的温度和浸泡时间。

[0123] 另外,以下文献描述了在多离子交换浴中浸泡玻璃基材且在浸泡之间进行洗涤和/或退火步骤的离子交换法的非限制性示例:2009年7月10日提交的Douglas C.Allan等人的美国专利申请第号12/500650,题为《用于消费用途的具有压缩表面的玻璃》(Glass with Compressive Surface for Consumer Applications),其要求2008年7月11日提交的美国临时专利申请号61/079995的优先权,其中通过在具有不同浓度的盐浴中多次浸泡,相继进行离子交换处理,从而对该玻璃基材进行强化;和2012年11月20日获得授权的Christopher M.Lee等人的美国专利8312739,题为《用于玻璃化学强化的两步离子交换》(Dual Stage Ion Exchange for Chemical Strengthening of Glass),其要求2008年7月29日提交的美国临时专利申请号61/084398的优先权,其中玻璃基材通过以下方式进行强化:首先在用流出离子稀释的第一浴中进行离子交换,然后在第二浴中浸泡,所述第二浴的流出离子的浓度小于第一浴的流出离子的浓度。美国专利申请号12/500650和美国专利号8312739的内容通过引用全文纳入本文。

[0124] 通过离子交换获得的化学强化程度可基于中心张力(CT)、表面CS和层深度(DOL)

等参数进行量化。表面CS可在表面附近或者在强化玻璃内不同深度处测量。最大CS值可包括在强化基材表面测得的压缩应力(CS_S)。中心张力CT可由压缩应力CS、物理厚度t和层深度DOL计算得到，它是为玻璃基材内毗邻压缩应力层的内核区域算得的。利用本领域已知的手段测量CS和DOL。此类手段包括但不限于，使用诸如鲁机欧有限公司(日本东京)制造的FSM-6000或者类似的商用仪器来测量表面应力(FSM)，测量CS和DOL的方法如题为《用于化学强化的平坦玻璃的标准规范》(Standard Specification for Chemically Strengthened Flat Glass)的ASTM 1422C-99和题为《用于退火的、热强化的、完全回火的平坦玻璃中的边缘和表面应力的非破坏性光弹性测量的标准测试方法》(Standard Test Method for Non-Destructive Photoelastic Measurement of Edge and Surface Stresses in Annealed,Heat-Strengthened,and Fully-Tempered Flat Glass)的ASTM 1279.19779所述，其全文通过引用纳入本文。表面应力测量依赖于对应力光学系数(SOC)的精确测量，其与玻璃基材的双折射相关。SOC则使用本领域已知的那些方法来进行测量，例如纤维和四点弯曲法(这些方法如ASTM标准C770-98(2008)所述，题为《测试玻璃应力-光学系数的标准测试方法》(Standard Test Method for Measurement of Glass Stress-Optical Coefficient)，其全文通过引用结合入本文)和大圆柱体法。CS与CT的关系由表达式(1)给出：

[0125] $CT=(CS\cdot DOL)/(t-2\ DOL)$ (1)，

[0126] 其中，t为玻璃制品的物理厚度(μm)。在本文的各个部分，CT和CS在这里以兆帕(MPa)表示，物理厚度t以微米(μm)或毫米(mm)表示，而DOL以微米(μm)表示。

[0127] 在一种实施方式中，强化基材110可具有250MPa或更大、300MPa或更大、例如400MPa或更大、450MPa或更大、500MPa或更大、550MPa或更大、600MPa或更大、650MPa或更大、700MPa或更大、750MPa或更大或800MPa或更大的表面CS。强化基材可具有10μm或更大、15μm或更大、20μm或更大(例如25μm、30μm、35μm、40μm、45μm、50μm或更大)的DOL，并且/或者可具有10MPa或更大、20MPa或更大、30MPa或更大、40MPa或更大(例如42MPa、45MPa或50MPa或更大)但小于100MPa(例如95、90、85、80、75、70、65、60、55MPa或更小)的CT。在一种或多种特定的实施方式中，强化基材具有以下参数中的一项或多项：大于500MPa的表面CS、大于15μm的DOL和大于18MPa的CT。

[0128] 可用于基材的示例性玻璃可包括碱金属铝硅酸盐玻璃组合物或碱金属铝硼硅酸盐玻璃组合物，但其他玻璃组合物也可考虑。这些玻璃组合物能够通过离子交换法来进行化学强化。一种示例性的玻璃组合物包含SiO_2、B_2O_3和Na_2O，其中，(SiO_2+B_2O_3)≥66摩尔％，且Na_2O≥9摩尔％。在一种实施方式中，玻璃组合物包含至少6重量％的氧化铝。在另一种实施方式中，基材包括含有一种或多种碱土金属氧化物的玻璃组合物，以使碱土金属氧化物的含量至少为5重量％。在一些实施方式中，合适的玻璃组成还包含K_2O、MgO和CaO中的至少一种。在一种特定的实施方式中，用于基材中的玻璃组合物可包含61～75摩尔％的SiO_2；7～15摩尔％的Al_2O_3；0～12摩尔％的B_2O_3；9～21摩尔％的Na_2O；0～4摩尔％的K_2O；0～7摩尔％的MgO；和0～3摩尔％的CaO。

[0129] 另一种适用于基材的示例性的玻璃组合物包含：60～70摩尔％的SiO_2；6～14摩尔％的Al_2O_3；0～15摩尔％的B_2O_3；0～15摩尔％的Li_2O；0～20摩尔％的Na_2O；0～10摩尔％的K_2O；0～8摩尔％的MgO；0～10摩尔％的CaO；0～5摩尔％的ZrO_2；0～1摩尔％的SnO_2；0～1摩

尔%的CeO_2;小于50ppm的As_2O_3;和小于50ppm的Sb_2O_3,其中,12摩尔%≤($Li_2O+Na_2O+K_2O$)≤20摩尔%且0摩尔%≤($MgO+CaO$)≤10摩尔%。

[0130] 另一种适用于基材的示例性的玻璃组合物包含:63.5~66.5摩尔%的SiO_2;8~12摩尔%的Al_2O_3;0~3摩尔%的B_2O_3;0~5摩尔%的Li_2O;8~18摩尔%的Na_2O;0~5摩尔%的K_2O;1~7摩尔%的MgO;0~2.5摩尔%的CaO;0~3摩尔%的ZrO_2;0.05~0.25摩尔%的SnO_2;0.05~0.5摩尔%的CeO_2;小于50ppm的As_2O_3;和小于50ppm的Sb_2O_3,其中,14摩尔%≤($Li_2O+Na_2O+K_2O$)≤18摩尔%且2摩尔%≤($MgO+CaO$)≤7摩尔%。

[0131] 在一种具体的实施方式中,适用于基材的碱金属铝硅酸盐玻璃组合物包含氧化铝、至少一种碱金属,且在一些实施方式中包含大于50摩尔%的SiO_2,在另一些实施方式中包含至少58摩尔%的SiO_2,而在另一些实施方式中包含至少60摩尔%的SiO_2,其中,($Al_2O_3+B_2O_3$)/Σ改性剂(即改性剂的总量)的比值>1,在该比值中,组分以摩尔%计且改性剂是碱金属氧化物。在一些具体的实施方式中,该玻璃组合物包含:58~72摩尔%的SiO_2;9~17摩尔%的Al_2O_3;2~12摩尔%的B_2O_3;8~16摩尔%的Na_2O;和0~4摩尔%的K_2O,其中,($Al_2O_3+B_2O_3$)/Σ改性剂(即改性剂的总量)的比值>1。

[0132] 在另一种实施方式中,基材可包含碱金属铝硅酸盐玻璃组合物,所述碱金属铝硅酸盐玻璃组合物包含:64~68摩尔%的SiO_2;12~16摩尔%的Na_2O;8~12摩尔%的Al_2O_3;0~3摩尔%的B_2O_3;2~5摩尔%的K_2O;4~6摩尔%的MgO和0~5摩尔%的CaO,其中:66摩尔%≤$SiO_2+B_2O_3+CaO$≤69摩尔%;$Na_2O+K_2O+B_2O_3+MgO+CaO+SrO$>10摩尔%;5摩尔%≤$MgO+CaO+SrO$≤8摩尔%;($Na_2O+B_2O_3$)-$Al_2O_3$≤2摩尔%;2摩尔%≤$Na_2O-Al_2O_3$≤6摩尔%;以及4摩尔%≤($Na_2O+K_2O$)-$Al_2O_3$≤10摩尔%。

[0133] 在一种替代性的实施方式中,基材可包含碱金属铝硅酸盐玻璃组合物,所述碱金属铝硅酸盐玻璃组合物包含:2摩尔%或更多的Al_2O_3和/或ZrO_2,或4摩尔%或更多的Al_2O_3和/或ZrO_2。

[0134] 在基材110包含晶体基材的场合,所述基材可包含单晶,所述单晶可包含Al_2O_3。这种单晶基材被称作蓝宝石。用于晶体基材的其他合适材料包括多晶氧化铝层和/或尖晶石($MgAl_2O_4$)。

[0135] 可选地,晶体基材110可包含玻璃陶瓷基材,其可以是经过强化的或未经过强化的。合适的玻璃陶瓷的例子可包括$Li_2O-Al_2O_3-SiO_2$系统(即LAS系统)玻璃陶瓷、$MgO-Al_2O_3-SiO_2$系统(即MAS系统)玻璃陶瓷和/或包含主晶相的玻璃陶瓷,所述主晶相包括β-石英固溶体、β-锂辉石固溶体、堇青石和二硅酸锂。玻璃陶瓷基材可利用本文所述的化学强化方法进行强化。在一种或多种实施方式中,MAS系统玻璃陶瓷基材可在Li_2SO_4熔盐中强化,由此可发生用两个Li^+交换Mg^{2+}。

[0136] 根据一种或多种实施方式的基材110可具有约100μm~约5mm的物理厚度。示例性的基材110的物理厚度在约100μm~约500μm的范围内(例如100、200、300、400或500μm)。另一个示例性的基材110的物理厚度在约500μm~约1000μm的范围内(例如500、600、700、800、900或1000μm)。基材110可具有大于约1mm(例如约2、3、4或5mm)的物理厚度。在一种或多种特定的实施方式中,基材110可具有2mm或更小或小于1mm的物理厚度。基材110可经过酸抛光,或者以其他方式处理,以消除或减少表面缺陷的影响。

[0137] 防反射涂层

[0138] 如图1所示，防反射涂层130可包含多个层，以使一个或多个层可被设置在基材110上与防反射涂层130相反的一侧上(即，设置在主表面114上，如图1所示)。

[0139] 设置在主表面114上的防反射涂层130的物理厚度可在约0.1μm～约5μm的范围内。在一些例子中，设置在主表面114上的防反射涂层140的物理厚度可在以下范围以及它们之间的所有范围和子范围之间：约0.01μm～约0.9μm、约0.01μm～约0.8μm、约0.01μm～约0.7μm、约0.01μm～约0.6μm、约0.01μm～约0.5μm、约0.01μm～约0.4μm、约0.01μm～约0.3μm、约0.01μm～约0.2μm、约0.01μm～约0.1μm、约0.02μm～约1μm、约0.03μm～约1μm、约0.04μm～约1μm、约0.05μm～约1μm、约0.06μm～约1μm、约0.07μm～约1μm、约0.08μm～约1μm、约0.09μm～约1μm、约0.2μm～约1μm、约0.3μm～约5μm、约0.4μm～约3μm、约0.5μm～约3μm、约0.6μm～约2μm、约0.7μm～约1μm、约0.8μm～约1μm、或约0.9μm～约1μm

[0140] 本文所述的制品的示例性实施方式如以下的表1～2所示。

[0141] 表1：包含12层式光学涂层的示例性制品。

[0142]

		实施例 A		实施例 B		实施例 C	
层	材料	折射率	物理厚度 (nm)	折射率	物理厚度 (nm)	折射率	物理厚度 (nm)
介质	空气	1		1		1	
12	SiO2	1.46929	91.46	1.46929	83.02	1.43105	79.41
11	AlO_xN_y	1.97879	154.26	1.97879	152.94	1.97879	159.84
10	SiO2	1.46929	21.74	1.46929	27.14	1.43105	26.53
9	AlO_xN_y	1.97879	51.85	1.97879	49.8	1.97879	51.67
8	SiO2	1.46929	14.03	1.46929	17.12	1.43105	15.47
7	AlO_xN_y	1.97879	2000	1.97879	2000	1.97879	2000
6	SiO2	1.46929	8.51	1.46929	8.51	1.43105	8.13
5	AlO_xN_y	1.97879	43.16	1.97879	43.16	1.97879	45.34
4	SiO2	1.46929	28.82	1.46929	28.82	1.43105	27.69
3	AlO_xN_y	1.97879	25.49	1.97879	25.49	1.97879	28.38
2	SiO2	1.46929	49.24	1.46929	49.24	1.43105	45.85
1	AlO_xN_y	1.97879	8.49	1.97879	8.49	1.97879	10.14
基材	玻璃	1.50542		1.50542		1.50542	
光学涂层的总厚度			2497.06		2493.73		2498.44

[0143]

		实施例 D		实施例 E		实施例 F	
层	材料	折射率	物理厚度(nm)	折射率	物理厚度(nm)	折射率	物理厚度(nm)
介质	空气	1		1		1	
12	SiO2	1.48114	95.18	1.48114	86.3	1.48114	81.55
11	AlO_xN_y	2.00605	154.99	2.00605	149.05	2.00605	150.12
10	SiO2	1.48114	23.23	1.48114	25.06	1.48114	27.61
9	AlO_xN_y	2.00605	50.7	2.00605	48.53	2.00605	47.69
8	SiO2	1.48114	14.82	1.48114	16	1.48114	17.43
7	AlO_xN_y	2.00605	2000	2.00605	2000	2.00605	2000
6	SiO2	1.48114	8.7	1.48114	8.7	1.48114	8.7
5	AlO_xN_y	2.00605	43.17	2.00605	43.17	2.00605	43.17
4	SiO2	1.48114	29.77	1.48114	29.77	1.48114	29.77
3	AlO_xN_y	2.00605	24.96	2.00605	24.96	2.00605	24.96
2	SiO2	1.48114	52.22	1.48114	52.22	1.48114	52.22
1	AlO_xN_y	2.00605	8.01	2.00605	8.01	2.00605	8.01
基材	玻璃	1.50542		1.50542		1.50542	
光学涂层的总厚度			2505.75		2491.77		2491.23

[0144]

		实施例 G		实施例 H		实施例 I	
层	材料	折射率	物理厚度(nm)	折射率	物理厚度(nm)	折射率	物理厚度(nm)
介质	空气	1		1		1	
12	SiO2	1.48962	82.74	1.46929	85.06	1.49675	84.37
11	AlO_xN_y	2.07891	144.97	1.97879	150.86	2.06723	144.46
10	SiO2	1.48962	26.43	1.46929	26.54	1.49675	25.92
9	AlO_xN_y	2.07891	46.45	1.97879	48.63	2.06723	46.59
8	SiO2	1.48962	17.08	1.46929	16.86	1.49675	16.56
7	AlO_xN_y	2.07891	2000	1.97879	2000	2.06723	2000
6	SiO2	1.48962	8.73	1.46929	8.56	1.49675	8.72
5	AlO_xN_y	2.07891	41.35	1.97879	44.1	2.06723	41.51
4	SiO2	1.48962	29.94	1.46929	29.35	1.49675	30.05
3	AlO_xN_y	2.07891	23.5	1.97879	25.95	2.06723	23.42
2	SiO2	1.48962	52.68	1.46929	50.28	1.49675	53.7
1	AlO_xN_y	2.07891	7.36	1.97879	8.55	2.06723	7.21
基材	玻璃	1.511		1.50542		1.50542	
光学涂层的总厚度			2481.22		2494.75		2482.51

[0145] 表2:包含16层式光学涂层的制品。

[0146]

		实施例 J		实施例 K		实施例 L	
层	材料	折射率	物理厚度 (nm)	折射率	物理厚度 (nm)	折射率	物理厚度 (nm)
介质	空气	1		1		1	
16	SiO2	1.46929	91.07	1.46929	91.28	1.47079	88.31
15	AlO_xN_y	1.97879	163.1	1.97879	163.28	1.95183	157.24

[0147]

14	SiO2	1.46929	9.33	1.46929	9.01	1.47079	7.14
13	AlO_xN_y	1.97879	96.4	1.97879	97.14	1.95183	108.17
12	SiO2	1.46929	24.03	1.46929	23.95	1.47079	27.86
11	AlO_xN_y	1.97879	41.3	1.97879	41.26	1.95183	31.47
10	SiO2	1.46929	47.23	1.46929	46.9	1.47079	63.22
9	AlO_xN_y	1.97879	38.69	1.97879	38.64	1.95183	30.41
8	SiO2	1.46929	20.25	1.46929	20.35	1.47079	27.81
7	AlO_xN_y	1.97879	2000	1.97879	2000	1.95183	2000
6	SiO2	1.46929	8.56	1.46929	8.56	1.47079	8.39
5	AlO_xN_y	1.97879	44.1	1.97879	44.1	1.95183	45.24
4	SiO2	1.46929	29.35	1.46929	29.35	1.47079	28.73
3	AlO_xN_y	1.97879	25.95	1.97879	25.95	1.95183	27.21
2	SiO2	1.46929	50.28	1.46929	50.28	1.47079	48.4
1	AlO_xN_y	1.97879	8.55	1.97879	8.55	1.95183	9.21
基材	玻璃	1.50542		1.50542		1.50996	
光学涂层的总厚度			2698.2		2698.6		2708.79

[0148]

		实施例 M		实施例 N		实施例 O	
层	材料	折射率	物理厚度 (nm)	折射率	物理厚度 (nm)	折射率	物理厚度 (nm)
介质	空气	1		1		1	
16	SiO2	1.47079	92.73	1.47503	93.15	1.48114	88.58
15	AlO_xN_y	1.95183	156.68	1.98174	162.83	2.00605	158.86
14	SiO2	1.47079	7.3	1.47503	15.52	1.48114	10.2
13	AlO_xN_y	1.95183	102.39	1.98174	74.88	2.00605	95.49
12	SiO2	1.47079	27.78	1.47503	16.04	1.48114	20.08
11	AlO_xN_y	1.95183	30.01	1.98174	60.83	2.00605	44.79
10	SiO2	1.47079	64.5	1.47503	23.28	1.48114	41.36
9	AlO_xN_y	1.95183	27.42	1.98174	49.82	2.00605	40.02
8	SiO2	1.47079	29.06	1.47503	12.2	1.48114	19.18
7	AlO_xN_y	1.95183	2000	1.98174	2000	2.00353	2000
6	SiO2	1.47079	8.39	1.47503	8.3	1.48114	8.79
5	AlO_xN_y	1.95183	45.24	1.98174	46.8	2.00605	42.85
4	SiO2	1.47079	28.73	1.47503	29.1	1.48114	29.89
3	AlO_xN_y	1.95183	27.21	1.98174	27.4	2.00605	24.91
2	SiO2	1.47079	48.4	1.47503	51.3	1.48114	52.29
1	AlO_xN_y	1.95183	9.21	1.98174	9.4	2.00605	8
基材	玻璃	1.50996		1.511		1.50542	
光学涂层的总厚度			2705.05		2680.86		2685.29

[0149]

		实施例 P		实施例 Q		实施例 R	
层	材料	折射率	物理厚度 (nm)	折射率	物理厚度 (nm)	折射率	物理厚度 (nm)
介质	空气	1		1		1	

[0150]

16	SiO2	1.46774	89.81	1.47172	92.97	1.4952	89.3
15	AlO_xN_y	2.04423	148.85	2.05892	149.36	2.08734	150.63
14	SiO2	1.46774	27.95	1.47172	25.6	1.4952	9.14
13	AlO_xN_y	2.04423	53.42	2.05892	52.83	2.08734	98.24
12	SiO2	1.46774	39.06	1.47172	38.26	1.4952	19.24
11	AlO_xN_y	2.04423	40.17	2.05892	39.2	2.08734	40.7
10	SiO2	1.46774	54.76	1.47172	51.09	1.4952	39.66
9	AlO_xN_y	2.04423	35.8	2.05892	36.17	2.08734	37.3
8	SiO2	1.46774	26.97	1.47172	24.75	1.4952	17.82
7	AlO_xN_y	2.04423	2000	2.05892	2000	2.08734	2000
6	SiO2	1.46774	8.51	1.47172	8.51	1.4952	8.72
5	AlO_xN_y	2.04423	42.25	2.05892	42.25	2.08734	41.04
4	SiO2	1.46774	29.16	1.47172	29.16	1.4952	29.92
3	AlO_xN_y	2.04423	24.84	2.05892	24.84	2.08734	23.26
2	SiO2	1.46774	50.45	1.47172	50.45	1.4952	53.63
1	AlO_xN_y	2.04423	8.19	2.05892	8.19	2.08734	7.22
基材	玻璃	1.50996		1.50996		1.50996	
光学涂层的总厚度			2680.2		2673.64		2665.82

[0151]

		实施例S	
层	材料	折射率	物理厚度(nm)
介质	空气	1	
16	SiO2	1.4952	92.38
15	AlO_xN_y	2.08734	150.06
14	SiO2	1.4952	10.05
13	AlO_xN_y	2.08734	96.93
12	SiO2	1.4952	18.89
11	AlO_xN_y	2.08734	41.87
10	SiO2	1.4952	40.14
9	AlO_xN_y	2.08734	37.64
8	SiO2	1.4952	17.38
7	AlO_xN_y	2.08734	2000
6	SiO2	1.4952	8.72
5	AlO_xN_y	2.08734	41.04
4	SiO2	1.4952	29.92
3	AlO_xN_y	2.08734	23.26
2	SiO2	1.4952	53.63
1	AlO_xN_y	2.08734	7.22
基材	玻璃	1.50996	
总厚度			2669.12

[0152] 如表1和2所示，光学膜的层的物理厚度可随具有最大厚度的耐划痕层（层6）而变化。所述层的物理厚度的范围如表3～4所示。在上述16层式设计和12层式设计中，层7具有

最大的物理厚度,且给予光学涂层和制品以显著的硬度和耐划痕性。应当理解的是,可制造不同的层以具有最大的物理厚度。然而,在这些具体设计中,如以下的表3～4所示,位于最厚层上方和下方的阻抗匹配层(在该情况下为层7)意味着存在很大的光学设计自由以调整该最厚层的厚度。

[0153] 表3:示例性的12层式光学涂层的层厚度范围。

[0154]

层	最小值	最大值
12	60	120
11	120	180
10	20	30
9	40	55
8	10	20
7	150	5000
6	5	15
5	35	50
4	25	35
3	20	30
2	40	60
1	5	12

[0155] 表4:示例性的16层式光学涂层的层厚度范围。

[0156]

层	最小值	最大值
16	60	120
15	120	180
14	5	35
13	40	110
12	10	45
11	25	70
10	20	70
9	20	60
8	5	40
7	150	5000
6	5	15
5	30	50
4	20	40
3	20	40
2	30	60
1	5	15

[0157] 本发明的第二方面涉及一种本文所述的制品的形成方法。在一种实施方式中,该

方法包括在涂覆腔室中提供具有主表面的基材，在涂覆腔室中形成真空，在主表面上形成本文所述的耐久性光学涂层，可选地在光学涂层上形成包含易清洁涂层和耐划痕涂层中的至少一个的附加涂层，从涂覆腔室中取出基材。在一种或多种实施方式中，光学涂层和附加涂层在同一涂层腔室中形成，或者在不破坏分开的涂覆腔室中的真空的条件下形成。

[0158] 在一种或多种实施方式中，该方法可包括在载体上负载基材，然后利用该载体在负载锁定条件下将基材移入或移出不同的涂覆腔室，以使基材移动时能够保持真空。

[0159] 光学涂层120和/或附加涂层140可利用各种沉积方法形成，诸如真空沉积技术，例如化学气相沉积(例如等离子体增强化学气相沉积(PECVD)、低压化学气相沉积、大气压化学气相沉积和等离子体增强大气压化学气相沉积)、物理气相沉积(例如反应性或非反应性溅镀或激光烧蚀)、热蒸发或电子束蒸发和/或原子层沉积。还可使用基于液体的方法，诸如喷涂、浸涂、旋涂或狭缝涂布(例如使用溶胶-凝胶材料)。在使用真空沉积的场合，可使用在线工艺以在一个沉积运行中形成光学涂层120和/或附加涂层140。在一些例子中，可使用线性PECVD源来进行真空沉积。

[0160] 在一些实施方式中，该方法可包括对光学涂层120和/或附加涂层140的厚度进行控制，以使该厚度沿着防反射表面122区域的至少约80％、或者距离沿着基材区域的任意点处的各层的目标厚度的变化不会超过约4％。在一些实施方式中，光学涂层120和/或附加涂层140的厚度满足以下条件：该厚度沿着防反射表面122区域的至少约95％的变化不会超过约4％。

实施例

[0161] 通过以下实施例对各种实施方式作进一步阐述。在这些实施例中，应当注意的是，发现AlO_xN_y和$Si_uAl_vO_xN_y$基本上是可以互换的，因为在模型实施例中具有高折射率材料，且对于本领域普通技术人员显而易见的是，只需要进行小幅工艺调整就可重新形成目标折射率分布数值和所提供的层厚度设计。

[0162] 实施例1

[0163] 实施例1包括12层式光学涂层300，该光学涂层300包含依次设置在彼此之上，且设置在经过强化的铝硅酸盐玻璃基材201上的层305、310、320、330、340、350、360、370、380、390和400，该基材201具有约58摩尔％的SiO_2、16.5摩尔％的Al_2O_3、17摩尔％的Na_2O、3摩尔％的MgO和约6.5摩尔％的P_2O_5的标称组成。光学涂层300还包含设置在防反射涂层的层内的耐划痕层345(包含亚层345A～345I)。制品的结构如图8所示(图8中所示的厚度并非真实厚度，而是用以说明之用)，层的相对厚度如表5所示。

[0164] SiO_2和$Si_uAl_vO_xN_y$层都是通过在AJA工业(AJA-Industries)的溅镀沉积工具中进行反应性溅镀来制造的。SiO_2由具有离子辅助的Si靶的DC反应性溅镀来沉积；$Si_uAl_vO_xN_y$材料由具有离子辅助的DC反应性溅镀结合RF叠加DC溅镀来沉积。靶为3″直径的硅和3″直径的Al。反应性气体为氮气和氧气，“工作”(或惰性气体)为氩气。供给至硅的功率为13.56Mhz的射频(RF)。供给至铝的功率为DC。

[0165] 制造防反射涂层结构时所使用的溅镀工艺条件示于表6。

[0166] 如表5所示，层340和第3行中的345A-I包含具有基本上均匀组成的层(层340)和多个层，且当它们相互比较时，具有因改变多个层与它们相邻层的组成而形成的折射率梯度

(层345A-345I)，因此，折射率步进地或单调地从2.015增加至2.079再变化至2.015。未测量层345B-D以及345F-H的折射率，但基于本领域已知的方法对它们进行了估计。按照实施例1制造的制品相比于比较性的未涂覆裸露玻璃基材展现出显著改善的耐磨性，且在一部分光学波长区内具有低于1%的反射率。

[0167] 表5:实施例1的结构。

[0168]

层	周期	材料	550nm 处的折射率	目标物理厚度
环境介质	-	空气	1	
光学涂层	1	SiO_2 (305)	1.483	87.84 nm
		$Si_uAl_vO_xN_y$ (310)	2.015	147.92 nm
	2	SiO_2 (320)	1.483	20.32 nm
		$Si_uAl_vO_xN_y$ (330)	2.015	49.63 nm
	3	SiO_2 (340)	1.483	11.86 nm
		$Si_uAl_vO_xN_y$ (345A)	2.015	84.11 nm
		$Si_uAl_vO_xN_y$ (345B)	2.031*	88.54 nm
		$Si_uAl_vO_xN_y$ (345C)	2.047*	92.98 nm

[0169]

		$Si_uAl_vO_xN_y$ (345D)	2.063*	97.41 nm
		$Si_uAl_vO_xN_y$ (345E)	2.079	1219.51 nm
		$Si_uAl_vO_xN_y$ (345F)	2.063*	97.41 nm
		$Si_uAl_vO_xN_y$ (345G)	2.047*	92.98 nm
		$Si_uAl_vO_xN_y$ (345H)	2.031*	88.54 nm
		$Si_uAl_vO_xN_y$ (345I)	2.015	84.11 nm
	4	SiO_2 (350)	1.483	8.38 nm
		$Si_uAl_vO_xN_y$ (360)	2.015	45.98 nm
	5	SiO_2 (370)	1.483	33.21 nm
		$Si_uAl_vO_xN_y$ (380)	2.015	24.96 nm
	6	SiO_2 (390)	1.483	60.17 nm
		$Si_uAl_vO_xN_y$ (392)	2.015	8.78 nm
基材	-	AS 玻璃 (500)	1.51005	
	-	涂层的总厚度		2444.64 nm

[0170] 表6:实施例1的DC/RF反应性溅镀工艺条件。

[0171]

层	**Ar 流 (sccm)**	**N_2 流 (sccm)**	**O_2 流 (sccm)**	**Al Wrf**	**Al Wdc**	**Si Wrf**	**P (托)**
305, 320, 340, 350, 370, 390	30	30	3.3	75	50	500	4
310, 330, 360, 780, 392	30	30	0.5	200	300	500	4
345A, 345I	30	30	0.5	200	300	500	4
345B, 345H	30	30	0.5	200	300	500	3.5
345C, 345G	30	30	0.5	200	300	500	3
345D, 345F	30	30	0.5	200	300	500	2.5
345E	30	30	0.5	200	300	500	2

[0172] 模型实施例2～3以及比较模型实施例4

[0173] 模型实施例2～3使用建模来展示制品的反射光谱，该制品包含如本文所述的光学涂层的实施方式。在模型实施例2～5中，光学涂层包含$Si_uAl_vO_xN_y$层、SiO_2层和经过强化的铝

硅酸盐玻璃基材，该基材具有约58摩尔％的SiO_2、17摩尔％的Al_2O_3、17摩尔％的Na_2O、3摩尔％的MgO、0.1摩尔％的SnO和6.5摩尔％的P_2O_5的标称组成。

[0174] 为了确定这些涂层材料的折射率分布曲线，使用离子辅助在约50℃的温度下，(分别)利用硅、铝、硅与铝的组合或经过共溅镀的、或氟化镁靶的DC、RF或RF叠加的DC反应性溅镀将各涂层材料的层形成至硅晶片上。在一些层的沉积过程中，将该晶片加热至200℃，并且使用具有3英寸直径的靶。所用的反应性气体包含氮气、氟气和氧气，且使用氩气作为惰性气体。向硅靶供给13.56Mhz的RF功率，向Si靶、Al靶和其它靶提供DC功率。

[0175] 所形成的层和玻璃基材中的每一个的折射率(随波长变化)通过使用椭圆偏振光谱法测量。然后使用测得的折射率来计算模型实施例2～5的反射谱。为了方便起见，这些模型实施例使用它们的描述性表格中的单一折射率数值，该单一折射率数值与选自分布曲线上约550nm波长处的点对应。

[0176] 如表7所示，模型实施例2包括12层式光学涂层，该光学涂层的层依次设置在彼此的顶部，且设置在经过强化的铝硅酸盐玻璃基材200上。

[0177] 表7：模型实施例2的结构。

[0178]

[0179]

层	周期	材料	550nm 处的折射率	模型物理厚度
环境介质	-	空气	1	
光学反射涂层	1	SiO_2-a	1.4826	87 nm
		$Si_uAl_vO_xN_y$	2.015	149 nm
	2	SiO_2-a	1.4826	20 nm
		$Si_uAl_vO_xN_y$	2.015	50 nm
		SiO_2-a	1.4826	12 nm
	耐划痕层	$Si_uAl_vO_xN_y$	2.015	505 nm (但是可在约 100 nm～约 5000 nm 的范围内变化)
	3	SiO_2-a	1.4826	9 nm
		$Si_uAl_vO_xN_y$	2.015	48 nm
	4	SiO_2-a	1.4826	33 nm
		$Si_uAl_vO_xN_y$	2.015	25 nm
	5	SiO_2-a	1.4826	60 nm
		$Si_uAl_vO_xN_y$	2.015	8 nm
基材	-	AS 玻璃	1.51005	

[0180] 在不同的观察入射照明角度或照明的角度("AOI")下对模型实施例2的制品的单侧的反射率进行计算,所得到的反射谱示于图9。还基于10°观察器对在D65光源和F2光源下的反射色彩进行测量,随着入射照明角度或AOI以规则的增量从偏离垂直入射0度变化至约60度来对a*和b*值进行作图。显示反射色彩的图表示于图10。

[0181] 模型实施例3包括10层式光学涂层,该光学涂层的层依次设置在彼此的顶部,且设置在经过强化的铝硅酸盐玻璃基材200上。这些层的相对厚度示于表8。

[0182] 表18:模型实施例3的结构。

[0183]

层	周期	材料	550nm 处的折射率	模型物理厚度
环境介质	-	空气	1	
光学涂层	1	SiO_2-a	1.4826	79 nm
		$Si_uAl_vO_xN_y$	2.015	170 nm
		SiO_2-a	1.4826	12 nm
	耐划痕层	$Si_uAl_vO_xN_y$	2.015	350 nm (但是可在约 100 nm～约 2000 nm 的范围内变化)
	2	SiO_2-a	1.4826	6 nm
		$Si_uAl_vO_xN_y$	2.015	69 nm
	3	SiO_2-a	1.4826	18 nm
		$Si_uAl_vO_xN_y$	2.015	20 nm
	4	SiO_2-a	1.4826	23 nm
		$Si_uAl_vO_xN_y$	2.015	15 nm
基材	-	AS 玻璃	1.51005	

[0184] 在不同的观察入射照明角度或照明的角度("AOI")下对模型实施例3的制品的单侧的反射率进行计算,所得到的反射谱示于图11。还基于10°观察器对在D65光源和F2光源下的反射色彩进行测量,随着入射照明角度或AOI以规则的增量从偏离垂直入射0度变化至约60度来对a*和b*值进行作图。显示反射色彩的图表示于图12。

[0185] 将模型实施例3的光学性能与比较模型实施例4进行比较,该比较模型实施例4包括Nb_2O_5和SiO_2层交替设置的6层式防反射涂层和设置在该防反射涂层上的疏水性涂层。为了制备比较模型实施例4,使用具有离子辅助的电子束沉积来将Nb_2O_5的单层沉积在硅晶片上,并且将SiO_2的单层沉积在硅晶片上。使用椭圆偏振光谱法测量对这些层的随波长变化的折射率进行测量。然后将所测得的折射率用于比较模型实施例4中。所评价的光学性能包括当在F02和D65光源下从偏离垂直入射约0度～约60度的入射照明角度进行观察时,在约450nm～约650nm波长范围内的平均反射率和色偏(关于a*和b*的坐标(-1,-1),使用公式√

$((a^*_{实施例}-(-1))^2+(b^*_{实施例}-(-1))^2)))$。表9显示了模型实施例3和比较模型实施例4的平均反射率和最大色偏。

[0186] 表9:模型实施例3和比较模型实施例4的平均反射率和色偏。

[0187]

实施例	平均反射率 450-650nm (%)	相对于(a*,b*) = (-1,-1)的色偏
模型实施例 3、10 层式的 $Si_uAl_vO_xN_y$ 或 AlO_xN_y / SiO_2	1.5	1.5
模型比较例 4、6 层式的 Nb2O5 / SiO2 / 疏水性涂层	0.3	7.9

[0188] 如表12所示,尽管比较模型例4展现出较低的平均反射率,其还展现出最大的色偏。虽然模型实施例3具有显著更低的色偏,但反射率略有上升。基于对具有相似材料的相似涂层的制造和测试,认为模型实施例3会展现出比比较模型实施例4更好的耐划痕性和耐磨性。

[0189] 实施例5

[0190] 如表10所示,实施例5包括经过强化的铝硅酸盐玻璃基材,该基材具有约58摩尔%的SiO_2、17摩尔%的Al_2O_3、17摩尔%的Na_2O、3摩尔%的MgO、0.1摩尔%的SnO和6.5摩尔%的P_2O_5的标称组成、以及包含2微米的耐划痕层的16层式光学涂层。

[0191] 表10:实施例5的结构。

[0192]

涂层/层	周期,如果有的话	材料	折射率(550nm 处)	物理厚度 (nm)
环境介质	-	空气		
光学涂层	1	SiO_2	1.47503	92.6
		AlO_xN_y	1.98174	163.8
	2	SiO_2	1.47503	15.7
		AlO_xN_y	1.98174	72.3
	3	SiO_2	1.47503	16.5
		AlO_xN_y	1.98174	62.9
	4	SiO_2	1.47503	22.5
		AlO_xN_y	1.98174	53.2
		SiO_2	1.47503	12.5
	耐划痕层	AlO_xN_y	1.98174	2000
	5	SiO_2	1.47503	8.3
		AlO_xN_y	1.98174	46.8
	6	SiO_2	1.47503	29.1
		AlO_xN_y	1.98174	27.4
	7	SiO_2	1.47503	51.3
		AlO_xN_y	1.98174	9.4
-	-	AS 玻璃	1.51005	
涂层的总厚度				**2684.3**

[0193] 实施例5在D65照明下在光学波长区内，分别在0°、30°、45°和60°的入射照明角度下展现出0.71％、0.76％、1.43％和4.83％的单侧适光平均反射率(即，在防反射表面122上测得的适光平均反射率)。实施例5在D65照明下在光学波长区内，分别在0°、30°、45°和60°的入射照明角度下展现出99.26％、99.21％、98.54％和95.14％的单侧适光平均透射率(即，在防反射表面122上测得的适光平均透射率)。

[0194] 实施例5在D65照明下在光学波长区内，分别在0°、30°、45°和60°的入射照明角度下展现出4.80％、4.99％、6.36％和12.64％的总适光平均反射率(即，在防反射表面122和相反主表面114上测得的适光平均反射率)。实施例5在D65照明下在光学波长区内，分别在0°、30°、45°和60°的入射照明角度下展现出95.18％、94.99％、93.61％和87.33％的总适光平均透射率(即，在防反射表面122和相反主表面114上测得的适光平均透射率)。

[0195] 0度～60度的入射照明角度或AOI以及光源D65和F2下的实施例5的单一表面(即，

防反射表面122)和两个表面(即,图1中的防反射表面122和主表面114)的反射和透射色坐标示于表11A～11D。如本领域已知,单一表面的色坐标通过消除来自主表面114的透射或反射来测量。使用下式来计算色偏:$\sqrt{((a*_2-a*_1)^2+(b*_2-b*_1)^2)}$,其中,a*1和b*1代表当从垂直入射(即,AOI＝0)进行观察时的制品的a*和b*坐标,a*2和b*2代表当从不同于或偏离垂直入射的入射照明角度(即,AOI＝1～60)进行观察时的a*和b*坐标。

[0196] 表11A:实施例5的使用光源D65的一个表面的反射和透射色坐标(Y、L*、a*和b*)。

[0197]

反射,D65					透射,D65				
AOI	Y	L*	a*	b*	AOI	Y	L*	a*	b*
0	0.7069	6.3854	-2.2225	-1.0799	0	99.2661	99.7155	0.0176	0.246
1	0.7068	6.3845	-2.2203	-1.0789	1	99.2662	99.7156	0.0175	0.2459
2	0.7065	6.382	-2.2135	-1.0756	2	99.2664	99.7157	0.0172	0.2458
3	0.7061	6.3779	-2.2023	-1.0702	3	99.2669	99.7158	0.0167	0.2456
4	0.7055	6.3723	-2.1865	-1.0628	4	99.2675	99.7161	0.016	0.2453
5	0.7047	6.3652	-2.1662	-1.0533	5	99.2683	99.7164	0.0151	0.245
6	0.7037	6.3569	-2.1415	-1.0419	6	99.2692	99.7167	0.014	0.2446
7	0.7027	6.3475	-2.1123	-1.0286	7	99.2702	99.7171	0.0127	0.2441
8	0.7016	6.3372	-2.0788	-1.0136	8	99.2713	99.7176	0.0113	0.2436
9	0.7004	6.3264	-2.0408	-0.9969	9	99.2725	99.718	0.0096	0.243
10	0.6991	6.3152	-1.9986	-0.9787	10	99.2737	99.7185	0.0077	0.2423
11	0.6979	6.3041	-1.9522	-0.9591	11	99.2749	99.719	0.0057	0.2416
12	0.6967	6.2934	-1.9016	-0.9382	12	99.2761	99.7194	0.0034	0.2409
13	0.6956	6.2835	-1.8471	-0.9162	13	99.2772	99.7198	0.001	0.2401
14	0.6947	6.2749	-1.7887	-0.8932	14	99.2781	99.7202	-0.0016	0.2393
15	0.6939	6.2681	-1.7267	-0.8694	15	99.2788	99.7205	-0.0043	0.2385
16	0.6934	6.2636	-1.6611	-0.8449	16	99.2793	99.7207	-0.0072	0.2377
17	0.6932	6.262	-1.5923	-0.8199	17	99.2794	99.7207	-0.0103	0.2368
18	0.6935	6.2641	-1.5205	-0.7945	18	99.2792	99.7206	-0.0135	0.236
19	0.6942	6.2705	-1.4458	-0.7688	19	99.2784	99.7203	-0.0168	0.2351
20	0.6955	6.2819	-1.3687	-0.7431	20	99.2771	99.7198	-0.0202	0.2343
21	0.6974	6.2993	-1.2894	-0.7174	21	99.2752	99.7191	-0.0237	0.2335
22	0.7001	6.3236	-1.2084	-0.6919	22	99.2724	99.718	-0.0273	0.2326
23	0.7036	6.3557	-1.1258	-0.6665	23	99.2688	99.7166	-0.031	0.2319

[0198]

24	0.7082	6.3967	-1.0423	-0.6414	24	99.2643	99.7148	-0.0347	0.2311
25	0.7138	6.4477	-0.9582	-0.6164	25	99.2586	99.7126	-0.0385	0.2303
26	0.7207	6.5102	-0.8741	-0.5915	26	99.2516	99.7099	-0.0422	0.2296

[0199]

表 11A (续)									
反射, D65					透射, D65				
AOI	Y	L*	a*	b*	AOI	Y	L*	a*	b*
27	0.729	6.5854	-0.7904	-0.5664	27	99.2432	99.7066	-0.0459	0.2289
28	0.739	6.675	-0.7077	-0.5409	28	99.2333	99.7028	-0.0496	0.2281
29	0.7506	6.7805	-0.6266	-0.5147	29	99.2215	99.6982	-0.0533	0.2274
30	0.7643	6.9039	-0.5476	-0.4874	30	99.2078	99.6929	-0.0568	0.2266
31	0.7802	7.0472	-0.4712	-0.4586	31	99.1919	99.6867	-0.0602	0.2257
32	0.7985	7.2125	-0.398	-0.4279	32	99.1736	99.6796	-0.0635	0.2248
33	0.8195	7.4024	-0.3283	-0.395	33	99.1525	99.6714	-0.0667	0.2238
34	0.8435	7.6196	-0.2625	-0.3596	34	99.1284	99.662	-0.0697	0.2227
35	0.8709	7.8669	-0.2007	-0.3214	35	99.101	99.6513	-0.0725	0.2214
36	0.902	8.1468	-0.1414	-0.2752	36	99.0698	99.6392	-0.0752	0.2201
37	0.9372	8.4567	-0.0861	-0.2264	37	99.0346	99.6255	-0.0776	0.2186
38	0.9769	8.7973	-0.0372	-0.1764	38	98.9948	99.61	-0.0799	0.217
39	1.0216	9.1699	0.0056	-0.1256	39	98.9501	99.5926	-0.0821	0.2153
40	1.0718	9.5758	0.0426	-0.0743	40	98.8998	99.573	-0.0841	0.2134
41	1.1281	10.0162	0.0743	-0.0225	41	98.8434	99.5511	-0.0859	0.2113
42	1.1912	10.4922	0.101	0.0294	42	98.7803	99.5265	-0.0876	0.2091
43	1.2617	11.0049	0.1232	0.0814	43	98.7098	99.4989	-0.0892	0.2066
44	1.3404	11.5553	0.1413	0.1336	44	98.631	99.4682	-0.0907	0.2039
45	1.4283	12.1444	0.1557	0.1858	45	98.5431	99.4339	-0.0921	0.2009
46	1.5261	12.7732	0.1668	0.2381	46	98.4452	99.3957	-0.0934	0.1976
47	1.6351	13.4424	0.1751	0.2904	47	98.3362	99.353	-0.0946	0.194
48	1.7564	14.1531	0.1811	0.3424	48	98.2148	99.3056	-0.0957	0.1899
49	1.8913	14.9062	0.1854	0.3938	49	98.0799	99.2528	-0.0968	0.1855
50	2.0413	15.7024	0.1885	0.4444	50	97.9299	99.194	-0.0979	0.1806
51	2.2079	16.5427	0.1911	0.4936	51	97.7632	99.1286	-0.0991	0.1753
52	2.3931	17.428	0.1938	0.5409	52	97.5781	99.0559	-0.1003	0.1695
53	2.5987	18.3592	0.197	0.5859	53	97.3724	98.975	-0.1017	0.1633
54	2.827	19.3372	0.2012	0.6283	54	97.1441	98.8851	-0.1033	0.1566
55	3.0804	20.363	0.2067	0.6676	55	96.8908	98.7851	-0.1051	0.1495
56	3.3616	21.4375	0.2139	0.7037	56	96.6095	98.6739	-0.1073	0.1419
57	3.6737	22.5619	0.2227	0.7365	57	96.2975	98.5503	-0.1098	0.1338
58	4.0199	23.7372	0.2332	0.7658	58	95.9513	98.4129	-0.1128	0.1252
59	4.404	24.9646	0.2453	0.7917	59	95.5672	98.26	-0.1163	0.1162
60	4.8302	26.2453	0.2587	0.8141	60	95.1411	98.09	-0.1203	0.1066
垂直入射 (AOI = 0 °)至 AOI = 32 °之间的反射色偏范围			**低: 0.0024 高: 1.9375**		**垂直入射 (AOI = 0 °)至 AOI = 60°之间的透射色偏范围**			**低: 0.0001 高: 0.1961**	

[0200]

垂直入射 (AOI = 0 °)至 AOI = 32-60 °之间的反射色偏范围	**低: 2.0142 高: 3.1215**		

[0201] 表11B:实施例5的使用光源F2的一个表面的反射和透射色坐标(Y、L*、a*和b*)。

[0202]

反射, F2					透射, F2				
AOI	Y	L*	a*	b*	AOI	Y	L*	a*	b*
0	0.6618	5.9781	-0.7261	-2.007	0	99.3206	99.7367	-0.0204	0.3099
1	0.6618	5.9776	-0.7239	-2.006	1	99.3207	99.7367	-0.0205	0.3099
2	0.6616	5.9764	-0.7173	-2.0029	2	99.3208	99.7368	-0.0208	0.3098
3	0.6614	5.9743	-0.7063	-1.9975	3	99.321	99.7369	-0.0213	0.3096
4	0.6611	5.9715	-0.6912	-1.9895	4	99.3213	99.737	-0.022	0.3093
5	0.6607	5.9682	-0.6721	-1.9786	5	99.3217	99.7371	-0.0228	0.3089
6	0.6603	5.9644	-0.6492	-1.9641	6	99.3221	99.7373	-0.0238	0.3084
7	0.6599	5.9604	-0.623	-1.9452	7	99.3225	99.7375	-0.025	0.3077
8	0.6594	5.9564	-0.5939	-1.921	8	99.323	99.7376	-0.0262	0.3067
9	0.659	5.9526	-0.5624	-1.8903	9	99.3234	99.7378	-0.0276	0.3056
10	0.6586	5.9495	-0.5291	-1.8518	10	99.3237	99.7379	-0.0291	0.304
11	0.6584	5.9473	-0.4947	-1.804	11	99.3239	99.738	-0.0306	0.3022
12	0.6583	5.9464	-0.4602	-1.7451	12	99.324	99.738	-0.0321	0.2998
13	0.6584	5.9474	-0.4263	-1.6736	13	99.3239	99.738	-0.0336	0.2969
14	0.6588	5.9507	-0.3939	-1.588	14	99.3235	99.7378	-0.0351	0.2935
15	0.6595	5.9569	-0.3639	-1.4872	15	99.3228	99.7376	-0.0364	0.2893
16	0.6605	5.9667	-0.337	-1.3704	16	99.3217	99.7371	-0.0376	0.2846
17	0.6621	5.9805	-0.3138	-1.2379	17	99.3201	99.7365	-0.0387	0.2791
18	0.6642	5.9993	-0.2945	-1.0907	18	99.3181	99.7357	-0.0396	0.2731
19	0.6669	6.0237	-0.2791	-0.9313	19	99.3153	99.7347	-0.0403	0.2665
20	0.6703	6.0545	-0.2671	-0.7634	20	99.3119	99.7333	-0.0409	0.2596
21	0.6745	6.0925	-0.2576	-0.5919	21	99.3077	99.7317	-0.0414	0.2525
22	0.6796	6.1387	-0.2494	-0.423	22	99.3025	99.7297	-0.0419	0.2456
23	0.6857	6.1939	-0.2409	-0.2638	23	99.2964	99.7273	-0.0423	0.2391
24	0.6929	6.259	-0.2301	-0.1213	24	99.2891	99.7245	-0.0429	0.2334
25	0.7013	6.3349	-0.2156	-0.0024	25	99.2807	99.7212	-0.0436	0.2286
26	0.711	6.4227	-0.1957	0.0877	26	99.271	99.7174	-0.0445	0.2251
27	0.7222	6.5235	-0.1697	0.1461	27	99.2598	99.7131	-0.0457	0.223
28	0.7349	6.6383	-0.1376	0.1729	28	99.247	99.7081	-0.0472	0.2222
29	0.7493	6.7685	-0.1003	0.1718	29	99.2326	99.7025	-0.0489	0.2227
30	0.7656	6.9156	-0.0602	0.1502	30	99.2163	99.6962	-0.0507	0.224
31	0.7839	7.0812	-0.0203	0.1188	31	99.1979	99.689	-0.0525	0.2258
32	0.8046	7.2676	0.0152	0.0906	32	99.1772	99.681	-0.0541	0.2274
33	0.8277	7.4769	0.042	0.0793	33	99.154	99.672	-0.0554	0.2283
34	0.8538	7.712	0.0557	0.0975	34	99.128	99.6618	-0.0561	0.228
35	0.883	7.9761	0.0528	0.1547	35	99.0987	99.6504	-0.0561	0.226
36	0.9158	8.2697	0.0302	0.2513	36	99.0658	99.6377	-0.0552	0.2221

[0203]

37	0.9527	8.5911	-0.0099	0.3831	37	99.0289	99.6233	-0.0536	0.2164
38	0.9941	8.9422	-0.0645	0.5402	38	98.9875	99.6072	-0.0511	0.2093
39	1.0405	9.3246	-0.129	0.7072	39	98.941	99.5891	-0.0481	0.2012

[0204]

表 11B (续)									
反射, F2					透射, F2				
AOI	Y	L*	a*	b*	AOI	Y	L*	a*	b*
40	1.0925	9.7396	-0.1976	0.8659	40	98.889	99.5688	-0.0446	0.193
41	1.1507	10.1883	-0.2644	0.9983	41	98.8308	99.5461	-0.0409	0.1855
42	1.2155	10.6716	-0.3237	1.0895	42	98.7659	99.5208	-0.0374	0.1794
43	1.2878	11.1899	-0.3713	1.1306	43	98.6936	99.4927	-0.0342	0.1755
44	1.3681	11.7436	-0.4048	1.1201	44	98.6133	99.4613	-0.0315	0.1739
45	1.4572	12.3332	-0.4237	1.0639	45	98.5242	99.4265	-0.0295	0.1749
46	1.5559	12.9589	-0.4293	0.9737	46	98.4255	99.388	-0.0281	0.1779
47	1.6651	13.6215	-0.4245	0.8651	47	98.3162	99.3452	-0.0272	0.1824
48	1.786	14.3216	-0.4128	0.7541	48	98.1953	99.2979	-0.0268	0.1876
49	1.9198	15.0605	-0.3977	0.6554	49	98.0615	99.2455	-0.0265	0.1924
50	2.0679	15.8396	-0.3825	0.5796	50	97.9134	99.1875	-0.0263	0.196
51	2.232	16.6606	-0.3695	0.5329	51	97.7492	99.1231	-0.0259	0.1978
52	2.414	17.5253	-0.3598	0.5165	52	97.5672	99.0516	-0.0251	0.1972
53	2.6161	18.4358	-0.3537	0.5274	53	97.3651	98.9721	-0.024	0.1942
54	2.8406	19.3939	-0.3505	0.5593	54	97.1406	98.8837	-0.0226	0.1888
55	3.0901	20.4013	-0.3488	0.6041	55	96.8911	98.7852	-0.0209	0.1816
56	3.3676	21.4598	-0.347	0.6535	56	96.6136	98.6755	-0.019	0.1731
57	3.6762	22.5706	-0.3435	0.6999	57	96.3051	98.5533	-0.0172	0.164
58	4.0192	23.735	-0.3371	0.7375	58	95.962	98.4171	-0.0155	0.1548
59	4.4006	24.9539	-0.3267	0.7627	59	95.5807	98.2654	-0.0143	0.1461
60	4.8243	26.2282	-0.3118	0.7741	60	95.157	98.0963	-0.0136	0.1383
垂直入射 (AOI = 0 °)至 AOI = 24 °之间的反射色偏范围			**低: 0.0024 高: 1.9498**		**垂直入射 (AOI = 0 °)至 AOI = 60°之间的透射色偏范围**			**低: 0.0001 高: 0.1717**	
垂直入射 (AOI = 0 °)至 AOI = 25- 60 °之间的反射色偏范围			**低: 2.0685 高: 3.1576**						

[0205] 表11C:实施例5的使用光源D65的两个表面的反射和透射色坐标(Y、L*、a*和b*)。

[0206]

反射, D65					透射, D65				
AOI	Y	L*	a*	b*	AOI	Y	L*	a*	b*
0	4.7958	26.145	-0.7591	-0.6773	0	95.1759	98.1039	0.0189	0.3086
1	4.7958	26.1448	-0.7584	-0.677	1	95.176	98.1039	0.0188	0.3085
2	4.7955	26.144	-0.7564	-0.6761	2	95.1763	98.104	0.0185	0.3084
3	4.7951	26.1428	-0.7531	-0.6745	3	95.1767	98.1042	0.018	0.3082
4	4.7945	26.1412	-0.7484	-0.6724	4	95.1772	98.1044	0.0174	0.308
5	4.7939	26.1392	-0.7424	-0.6696	5	95.1779	98.1046	0.0165	0.3077

[0207]

6	4.7931	26.137	-0.7351	-0.6663	6	95.1786	98.1049	0.0155	0.3073
7	4.7923	26.1347	-0.7264	-0.6625	7	95.1794	98.1053	0.0143	0.3068
8	4.7915	26.1323	-0.7164	-0.6581	8	95.1802	98.1056	0.0128	0.3063
9	4.7907	26.1301	-0.705	-0.6532	9	95.1809	98.1059	0.0113	0.3058
10	4.7901	26.1282	-0.6924	-0.6479	10	95.1816	98.1061	0.0095	0.3052
11	4.7896	26.1268	-0.6785	-0.6421	11	95.182	98.1063	0.0075	0.3045
12	4.7894	26.1261	-0.6633	-0.6359	12	95.1822	98.1064	0.0054	0.3038
13	4.7895	26.1265	-0.6468	-0.6294	13	95.1821	98.1063	0.0031	0.3031
14	4.7901	26.1281	-0.6292	-0.6225	14	95.1815	98.1061	0.0006	0.3024
15	4.7912	26.1314	-0.6103	-0.6153	15	95.1803	98.1056	-0.002	0.3016
16	4.7929	26.1365	-0.5904	-0.6079	16	95.1785	98.1049	-0.0048	0.3009
17	4.7955	26.144	-0.5694	-0.6003	17	95.176	98.1039	-0.0077	0.3001
18	4.799	26.1542	-0.5475	-0.5924	18	95.1724	98.1025	-0.0107	0.2993
19	4.8035	26.1675	-0.5246	-0.5844	19	95.1679	98.1006	-0.0139	0.2986
20	4.8093	26.1845	-0.501	-0.5763	20	95.162	98.0983	-0.0172	0.2978
21	4.8166	26.2057	-0.4766	-0.568	21	95.1547	98.0954	-0.0206	0.2971
22	4.8255	26.2316	-0.4516	-0.5597	22	95.1458	98.0918	-0.024	0.2964
23	4.8362	26.2628	-0.4262	-0.5513	23	95.1351	98.0875	-0.0275	0.2957
24	4.849	26.3	-0.4004	-0.5428	24	95.1222	98.0824	-0.0311	0.295
25	4.8641	26.344	-0.3745	-0.5342	25	95.107	98.0763	-0.0347	0.2943
26	4.8819	26.3955	-0.3485	-0.5254	26	95.0892	98.0692	-0.0383	0.2937
27	4.9025	26.4553	-0.3226	-0.5163	27	95.0685	98.0609	-0.0419	0.2931
28	4.9265	26.5243	-0.2971	-0.5069	28	95.0445	98.0513	-0.0454	0.2924
29	4.9541	26.6035	-0.2721	-0.497	29	95.0168	98.0403	-0.0489	0.2918
30	4.9857	26.6939	-0.2478	-0.4866	30	94.9852	98.0276	-0.0523	0.2911
31	5.0217	26.7965	-0.2244	-0.4755	31	94.9491	98.0131	-0.0557	0.2903
32	5.0627	26.9127	-0.202	-0.4635	32	94.908	97.9967	-0.0589	0.2895
33	5.1092	27.0435	-0.1807	-0.4506	33	94.8615	97.9781	-0.0619	0.2887
34	5.1616	27.1904	-0.1607	-0.4368	34	94.8089	97.957	-0.0648	0.2877
35	5.2208	27.3547	-0.142	-0.4219	35	94.7497	97.9333	-0.0676	0.2866
36	5.2872	27.5379	-0.1245	-0.4059	36	94.6832	97.9066	-0.0702	0.2854
37	5.3617	27.7415	-0.1084	-0.3889	37	94.6086	97.8767	-0.0726	0.2841
38	5.4451	27.967	-0.0935	-0.3707	38	94.5252	97.8432	-0.0749	0.2826
39	5.5382	28.2162	-0.0797	-0.3515	39	94.432	97.8058	-0.0771	0.2811
反射, D65					透射, D65				
AOI	Y	L*	a*	b*	AOI	Y	L*	a*	b*
40	5.6421	28.4909	-0.067	-0.3313	40	94.3281	97.764	-0.0792	0.2794
41	5.7577	28.7927	-0.0553	-0.3099	41	94.2124	97.7175	-0.0811	0.2775
42	5.8862	29.1234	-0.0445	-0.2874	42	94.0838	97.6658	-0.083	0.2755
43	6.0288	29.4851	-0.0344	-0.2638	43	93.9411	97.6082	-0.0848	0.2733
44	6.1871	29.8796	-0.025	-0.2391	44	93.7828	97.5444	-0.0866	0.2708
45	6.3624	30.3088	-0.0162	-0.2132	45	93.6074	97.4736	-0.0883	0.2682
46	6.5564	30.7748	-0.0079	-0.1862	46	93.4133	97.3951	-0.09	0.2652
47	6.7709	31.2795	0.0001	-0.1581	47	93.1987	97.3082	-0.0918	0.262

[0208]

48	7.0079	31.825	0.008	-0.129	48	92.9616	97.212	-0.0936	0.2586
49	7.2697	32.4131	0.0158	-0.0992	49	92.6997	97.1056	-0.0955	0.2548
50	7.5585	33.0459	0.0237	-0.0687	50	92.4109	96.988	-0.0975	0.2507
51	7.8769	33.7253	0.032	-0.038	51	92.0923	96.858	-0.0997	0.2463
52	8.2279	34.4531	0.0408	-0.0072	52	91.7413	96.7144	-0.1022	0.2416
53	8.6144	35.2311	0.0502	0.0233	53	91.3546	96.5559	-0.1049	0.2367
54	9.0399	36.0611	0.0603	0.0532	54	90.929	96.3808	-0.108	0.2315
55	9.5081	36.9447	0.0713	0.0822	55	90.4608	96.1876	-0.1116	0.2262
56	10.0229	37.8834	0.083	0.1101	56	89.946	95.9743	-0.1155	0.2206
57	10.5886	38.8787	0.0955	0.1366	57	89.3801	95.7391	-0.12	0.2149
58	11.21	39.9319	0.1086	0.1615	58	88.7586	95.4795	-0.1251	0.209
59	11.8922	41.0443	0.1221	0.1847	59	88.0763	95.1931	-0.1306	0.2031
60	12.6407	42.2168	0.1358	0.206	60	87.3278	94.8772	-0.1368	0.1971
垂直入射 (AOI = 0 度)至 AOI = 60 度之间的反射色偏范围			**低: 0.0007 高: 1.2574**		**垂直入射 (AOI = 0)至 AOI = 60 之间的透射色偏范围**			**低: 0.0001 高: 0.1915**	

[0209] 表11D:实施例5的使用光源F2的两个表面的反射和透射色坐标(Y、L*、a*和b*)。

[0210]

反射, DF2					透射, DF2				
AOI	Y	L*	a*	b*	AOI	Y	L*	a*	b*
0	4.7462	25.999	-0.2777	-1.0087	0	95.2355	98.1277	-0.0182	0.3798
1	4.7461	25.9989	-0.277	-1.0084	1	95.2355	98.1277	-0.0183	0.3797
2	4.746	25.9985	-0.275	-1.0075	2	95.2356	98.1277	-0.0186	0.3796
3	4.7458	25.9979	-0.2717	-1.0059	3	95.2358	98.1278	-0.019	0.3794
4	4.7455	25.9971	-0.2672	-1.0036	4	95.2361	98.1279	-0.0197	0.3792
5	4.7452	25.9963	-0.2615	-1.0004	5	95.2364	98.128	-0.0205	0.3788
6	4.7449	25.9954	-0.2546	-0.9961	6	95.2367	98.1281	-0.0214	0.3783
7	4.7447	25.9947	-0.2467	-0.9906	7	95.2369	98.1282	-0.0225	0.3776
8	4.7445	25.9942	-0.238	-0.9835	8	95.2371	98.1283	-0.0237	0.3768
9	4.7445	25.9941	-0.2285	-0.9745	9	95.2371	98.1283	-0.025	0.3756
10	4.7447	25.9945	-0.2184	-0.9631	10	95.2369	98.1282	-0.0264	0.3742
11	4.7451	25.9958	-0.2081	-0.949	11	95.2365	98.1281	-0.0279	0.3725
12	4.7459	25.9982	-0.1977	-0.9315	12	95.2357	98.1277	-0.0293	0.3702
13	4.7471	26.0018	-0.1875	-0.9104	13	95.2344	98.1272	-0.0307	0.3675
14	4.7489	26.0071	-0.1777	-0.885	14	95.2326	98.1265	-0.0321	0.3643
15	4.7513	26.0142	-0.1686	-0.8551	15	95.2301	98.1255	-0.0334	0.3604
16	4.7545	26.0237	-0.1604	-0.8204	16	95.2269	98.1242	-0.0346	0.3559
17	4.7587	26.0359	-0.1533	-0.781	17	95.2228	98.1226	-0.0356	0.3508
18	4.7639	26.0511	-0.1474	-0.7373	18	95.2176	98.1205	-0.0364	0.3452
19	4.7703	26.0699	-0.1426	-0.6899	19	95.2111	98.1179	-0.0371	0.339
20	4.778	26.0928	-0.1389	-0.6399	20	95.2033	98.1148	-0.0377	0.3325
21	4.7874	26.1202	-0.1358	-0.5888	21	95.1939	98.1111	-0.0382	0.326
22	4.7985	26.1528	-0.1331	-0.5384	22	95.1828	98.1066	-0.0386	0.3195
23	4.8116	26.191	-0.1303	-0.4909	23	95.1697	98.1014	-0.0391	0.3135

[0211]

24	4.8268	26.2356	-0.1268	-0.4483	24	95.1544	98.0953	-0.0396	0.3081
25	4.8445	26.287	-0.1221	-0.4126	25	95.1367	98.0882	-0.0403	0.3038
26	4.8648	26.3461	-0.1159	-0.3852	26	95.1164	98.0801	-0.0412	0.3006
27	4.8881	26.4135	-0.1079	-0.3671	27	95.0931	98.0707	-0.0424	0.2987
28	4.9146	26.49	-0.0982	-0.3579	28	95.0665	98.0601	-0.0438	0.2981
29	4.9446	26.5764	-0.087	-0.3566	29	95.0364	98.0481	-0.0454	0.2986
30	4.9786	26.6737	-0.0751	-0.3608	30	95.0024	98.0345	-0.0472	0.3
31	5.0169	26.7828	-0.0634	-0.3673	31	94.9641	98.0192	-0.0489	0.3018
32	5.0599	26.9049	-0.0531	-0.3726	32	94.921	98.0019	-0.0504	0.3034
33	5.1083	27.0411	-0.0453	-0.3727	33	94.8726	97.9825	-0.0516	0.3044
34	5.1625	27.1929	-0.0413	-0.3643	34	94.8183	97.9608	-0.0523	0.3042
35	5.2233	27.3616	-0.0417	-0.3452	35	94.7576	97.9364	-0.0523	0.3025
36	5.2912	27.5488	-0.0472	-0.3145	36	94.6896	97.9092	-0.0516	0.2991
37	5.3672	27.7562	-0.0576	-0.2729	37	94.6136	97.8787	-0.0502	0.2941
38	5.4519	27.9854	-0.0722	-0.2232	38	94.5287	97.8446	-0.0481	0.2878
39	5.5465	28.2381	-0.0899	-0.1692	39	94.4342	97.8067	-0.0455	0.2808
反射, DF2					透射, DF2				
AOI	Y	AOI	Y	AOI	Y	AOI	Y	AOI	Y
40	5.6517	28.5162	-0.1092	-0.1157	40	94.3289	97.7643	-0.0425	0.2737
41	5.7687	28.8214	-0.1283	-0.0678	41	94.2118	97.7173	-0.0395	0.2674
42	5.8986	29.1553	-0.1456	-0.0298	42	94.0818	97.665	-0.0367	0.2625
43	6.0426	29.5197	-0.1596	-0.0044	43	93.9378	97.6069	-0.0343	0.2594
44	6.2019	29.9162	-0.1696	0.0071	44	93.7785	97.5427	-0.0324	0.2585
45	6.378	30.3467	-0.175	0.0059	45	93.6024	97.4715	-0.0311	0.2596
46	6.5723	30.8128	-0.1762	-0.0052	46	93.408	97.3929	-0.0306	0.2625
47	6.7867	31.3163	-0.1736	-0.0222	47	93.1935	97.3061	-0.0305	0.2666
48	7.023	31.8593	-0.1682	-0.0404	48	92.9571	97.2102	-0.031	0.2711
49	7.2835	32.4437	-0.1612	-0.0552	49	92.6967	97.1044	-0.0318	0.2752
50	7.5704	33.0717	-0.1534	-0.0632	50	92.4097	96.9875	-0.0327	0.2782
51	7.8865	33.7454	-0.1456	-0.0622	51	92.0935	96.8585	-0.0336	0.2797
52	8.2348	34.4671	-0.1382	-0.0514	52	91.7452	96.7161	-0.0345	0.2793
53	8.6184	35.2389	-0.1315	-0.0316	53	91.3615	96.5587	-0.0353	0.277
54	9.0409	36.063	-0.1251	-0.0045	54	90.9389	96.3849	-0.0361	0.2731
55	9.5062	36.9412	-0.1189	0.0272	55	90.4736	96.1929	-0.0369	0.2678
56	10.0184	37.8753	-0.1123	0.0609	56	89.9614	95.9807	-0.0378	0.2616
57	10.5818	38.867	-0.105	0.094	57	89.3978	95.7464	-0.0389	0.255
58	11.2014	39.9175	-0.0964	0.1247	58	88.7782	95.4877	-0.0405	0.2484
59	11.8821	41.028	-0.0864	0.1514	59	88.0975	95.202	-0.0425	0.2422
60	12.6294	42.1994	-0.0747	0.1734	60	87.3501	94.8866	-0.0452	0.2367
垂直入射 (AOI = 0 度)至 AOI = 60 度之间的反射色偏范围			**低: 0.0007 高: 1.1994**		**垂直入射 (AOI = 0)至 AOI = 60 之间的透射色偏范围**			**低: 0.0001 高: 0.1456**	

[0212] 实施例6

[0213] 如表12所示，实施例6包括与实施例5相同的经过强化的铝硅酸盐玻璃基材、以及包含2微米的耐划痕层的12层式光学涂层。

[0214] 表12：实施例6的结构。

[0215]

涂层/层	周期,如果有的话	材料	折射率(550nm处)	物理厚度 (nm)
环境介质	-	空气		
光学涂层	1	SiO_2	1.46929	91.46
		AlO_xN_y	1.97879	154.26
	2	SiO_2	1.46929	21.74
		AlO_xN_y	1.97879	51.85
		SiO_2	1.46929	14.03
	耐划痕层	AlO_xN_y	1.97879	2000
	1	SiO_2	1.46929	8.51
		AlO_xN_y	1.97879	43.16
	2	SiO_2	1.46929	28.82
		AlO_xN_y	1.97879	25.49
	3	SiO_2	1.46929	49.24
		AlO_xN_y	1.97879	8.49
-	-	AS 玻璃	1.50542	
涂层的总厚度				**2497.06**

[0216] 实施例6在D65光源下在光学波长区内，分别在0°、30°、45°和60°的入射照明角度下展现出0.73%、0.80%、1.47%和4.85%的单侧适光平均反射率(即，在防反射表面122上测得的适光平均反射率)。实施例6在D65光源下在光学波长区内，分别在0°、30°、45°和60°的入射照明角度下展现出99.26%、99.18%、98.52%和95.13%的单侧适光平均透射率(即，在防反射表面122上测得的适光平均透射率)。

[0217] 实施例6在D65照射下在光学波长区内，分别在0°、30°、45°和60°的入射照明角度下展现出4.74%、4.94%、6.32%和12.56%的总适光平均反射率(即，在防反射表面122和相反主表面114上测得的适光平均反射率)。实施例6在光学波长区内，分别在0°、30°、45°和60°的入射照明角度下展现出95.24%、95.04%、93.67%和87.42%的总适光平均透射率(即，在防反射表面122和相反主表面114上测得的总适光平均透射率)。

[0218] 0度～60度的入射照明角度或AOI以及光源D65和F2下的实施例6的单一表面(即，防反射表面122)和两个表面(即，图1中的防反射表面122和主表面114)的反射和透射色坐标以与实施例5相同的方式示于表13A～11D。也按照与实施例5相同的方式计算色偏。

[0219] 表13A：实施例6的使用光源D65的一个表面的反射和透射色坐标(Y、L*、a*和b*)。

[0220]

反射, D65					透射, D65				
AOI	Y	L*	a*	b*	AOI	Y	L*	a*	b*
0	0.7252	6.5505	-1.1881	-1.8063	0	99.2597	99.7131	-0.0079	0.2173
1	0.7251	6.5499	-1.1857	-1.807	1	99.2598	99.7131	-0.008	0.2174
2	0.7249	6.5482	-1.1786	-1.8091	2	99.26	99.7132	-0.0083	0.2175
3	0.7246	6.5454	-1.1667	-1.8126	3	99.2603	99.7133	-0.0088	0.2177
4	0.7242	6.5415	-1.1503	-1.8175	4	99.2607	99.7134	-0.0095	0.2179
5	0.7237	6.5368	-1.1292	-1.8236	5	99.2612	99.7136	-0.0105	0.2182
6	0.7231	6.5313	-1.1038	-1.831	6	99.2618	99.7139	-0.0116	0.2186
7	0.7224	6.5252	-1.0741	-1.8393	7	99.2625	99.7141	-0.0129	0.219
8	0.7217	6.5187	-1.0403	-1.8487	8	99.2632	99.7144	-0.0144	0.2195
9	0.7209	6.512	-1.0026	-1.8588	9	99.2639	99.7147	-0.016	0.22
10	0.7202	6.5055	-0.9613	-1.8694	10	99.2647	99.715	-0.0179	0.2206
11	0.7195	6.4993	-0.9166	-1.8804	11	99.2653	99.7152	-0.0198	0.2211
12	0.7189	6.494	-0.8689	-1.8915	12	99.2659	99.7155	-0.0219	0.2217
13	0.7185	6.4898	-0.8186	-1.9023	13	99.2664	99.7156	-0.0241	0.2223
14	0.7182	6.4872	-0.766	-1.9126	14	99.2666	99.7157	-0.0264	0.2229
15	0.7181	6.4867	-0.7116	-1.922	15	99.2667	99.7158	-0.0288	0.2234
16	0.7183	6.4887	-0.6558	-1.93	16	99.2664	99.7157	-0.0313	0.2239
17	0.7189	6.4939	-0.5991	-1.9363	17	99.2658	99.7154	-0.0338	0.2243
18	0.7199	6.5028	-0.542	-1.9404	18	99.2648	99.715	-0.0363	0.2247
19	0.7214	6.5162	-0.4851	-1.9418	19	99.2633	99.7145	-0.0389	0.2249
20	0.7234	6.5348	-0.429	-1.94	20	99.2613	99.7136	-0.0413	0.225

[0221]

表 13A (续)									
反射, D65					透射, D65				
AOI	Y	L*	a*	b*	AOI	Y	L*	a*	b*
21	0.7262	6.5593	-0.3741	-1.9346	21	99.2585	99.7126	-0.0438	0.225
22	0.7296	6.5907	-0.321	-1.9251	22	99.255	99.7112	-0.0462	0.2248
23	0.734	6.63	-0.2702	-1.9109	23	99.2506	99.7095	-0.0484	0.2244
24	0.7393	6.6782	-0.2223	-1.8917	24	99.2453	99.7074	-0.0506	0.2238
25	0.7458	6.7363	-0.1777	-1.8669	25	99.2388	99.7049	-0.0526	0.2229
26	0.7534	6.8058	-0.1368	-1.8362	26	99.2311	99.7019	-0.0544	0.2218
27	0.7625	6.8879	-0.1001	-1.7991	27	99.222	99.6984	-0.0561	0.2205
28	0.7732	6.9842	-0.0679	-1.7553	28	99.2113	99.6942	-0.0576	0.2188
29	0.7856	7.0962	-0.0403	-1.7038	29	99.1989	99.6894	-0.0589	0.2169
30	0.7999	7.2258	-0.0178	-1.6435	30	99.1845	99.6838	-0.06	0.2146

[0222]

31	0.8164	7.3749	-0.0005	-1.5735	31	99.168	99.6774	-0.0608	0.212
32	0.8354	7.5457	0.0115	-1.4926	32	99.149	99.67	-0.0614	0.2091
33	0.8569	7.7406	0.018	-1.3996	33	99.1274	99.6616	-0.0618	0.2058
34	0.8815	7.9621	0.0189	-1.2929	34	99.1029	99.6521	-0.062	0.2021
35	0.9093	8.2114	0.014	-1.1738	35	99.075	99.6412	-0.0619	0.198
36	0.9407	8.4872	0.0038	-1.0477	36	99.0436	99.629	-0.0616	0.1936
37	0.9761	8.791	-0.0111	-0.9156	37	99.0081	99.6152	-0.061	0.1887
38	1.016	9.1241	-0.0303	-0.7785	38	98.9682	99.5997	-0.0602	0.1834
39	1.0608	9.4881	-0.0532	-0.6376	39	98.9234	99.5822	-0.0592	0.1777
40	1.1111	9.8844	-0.079	-0.4943	40	98.8731	99.5626	-0.0579	0.1717
41	1.1673	10.3142	-0.107	-0.3501	41	98.8168	99.5407	-0.0565	0.1652
42	1.2303	10.7788	-0.1365	-0.2065	42	98.7538	99.5161	-0.0548	0.1583
43	1.3006	11.2795	-0.1664	-0.065	43	98.6835	99.4887	-0.053	0.1511
44	1.379	11.8175	-0.1961	0.0727	44	98.605	99.4581	-0.0511	0.1436
45	1.4665	12.3937	-0.2245	0.2053	45	98.5175	99.4239	-0.049	0.1357
46	1.564	13.0093	-0.251	0.3316	46	98.42	99.3858	-0.0468	0.1276
47	1.6725	13.6652	-0.2748	0.4505	47	98.3114	99.3434	-0.0447	0.1192
48	1.7932	14.3625	-0.2952	0.5612	48	98.1907	99.2961	-0.0425	0.1105
49	1.9275	15.1021	-0.3117	0.663	49	98.0564	99.2436	-0.0404	0.1016
50	2.0767	15.8849	-0.324	0.7555	50	97.9072	99.1851	-0.0384	0.0925
51	2.2425	16.7118	-0.3317	0.8384	51	97.7414	99.12	-0.0366	0.0832
52	2.4267	17.5838	-0.3348	0.9118	52	97.5572	99.0476	-0.035	0.0737
53	2.6312	18.5019	-0.3334	0.9756	53	97.3527	98.9672	-0.0336	0.064
54	2.8583	19.4671	-0.3276	1.0302	54	97.1256	98.8777	-0.0325	0.0541
55	3.1103	20.4803	-0.3178	1.0758	55	96.8736	98.7783	-0.0317	0.0441
56	3.39	21.5427	-0.3043	1.1128	56	96.5939	98.6677	-0.0313	0.0339
57	3.7004	22.6553	-0.2875	1.1416	57	96.2835	98.5448	-0.0313	0.0235

[0223]

表 13A (续)									
反射, D65					透射, D65				
AOI	Y	L*	a*	b*	AOI	Y	L*	a*	b*
58	4.0449	23.8193	-0.268	1.1627	58	95.939	98.408	-0.0316	0.0131
59	4.4271	25.0359	-0.2462	1.1766	59	95.5569	98.2559	-0.0324	0.0024
60	4.8511	26.3063	-0.2227	1.1837	60	95.1328	98.0866	-0.0336	-0.008 3
垂直入射 (AOI = 0 度)至 AOI = 42 度之间的反射色偏范围				**低: 0.0007 高: 1.1994**		**垂直入射 (AOI = 0)至 AOI = 60 之间的透射色偏范围**		**低: 0.0001 高: 0.2271**	
垂直入射 (AOI = 0 度)至 AOI = 43-60 度之间的反射色偏范围				**低: 2.0189 高: 3.1420**					

[0224] 表13B:实施例6的使用光源F2的一个表面的反射和透射色坐标(Y、L*、a*和b*)。

[0225]

反射, F2	透射, F2

[0226]

AOI	Y	L*	a*	b*	AOI	Y	L*	a*	b*
0	0.7101	6.4142	-0.7229	-1.0759	0	99.2803	99.721	-0.0074	0.2018
1	0.7101	6.4142	-0.7216	-1.0776	1	99.2803	99.721	-0.0075	0.2019
2	0.7101	6.414	-0.7176	-1.0828	2	99.2803	99.721	-0.0077	0.2021
3	0.7101	6.4139	-0.7111	-1.0916	3	99.2803	99.721	-0.008	0.2025
4	0.71	6.4137	-0.702	-1.1041	4	99.2803	99.7211	-0.0084	0.2031
5	0.71	6.4136	-0.6902	-1.1207	5	99.2803	99.7211	-0.0089	0.2039
6	0.71	6.4138	-0.6757	-1.1414	6	99.2803	99.721	-0.0095	0.2048
7	0.7101	6.4144	-0.6587	-1.1666	7	99.2802	99.721	-0.0103	0.206
8	0.7102	6.4154	-0.6389	-1.1967	8	99.2801	99.721	-0.0111	0.2073
9	0.7104	6.4172	-0.6165	-1.2317	9	99.2799	99.7209	-0.0121	0.2089
10	0.7107	6.4199	-0.5914	-1.272	10	99.2796	99.7208	-0.0132	0.2108
11	0.7111	6.4236	-0.5637	-1.3176	11	99.2792	99.7206	-0.0144	0.2128
12	0.7117	6.4287	-0.5335	-1.3683	12	99.2786	99.7204	-0.0158	0.2152
13	0.7124	6.4354	-0.5008	-1.4239	13	99.2779	99.7201	-0.0172	0.2177
14	0.7134	6.4438	-0.466	-1.4836	14	99.2769	99.7197	-0.0187	0.2204
15	0.7145	6.4544	-0.4291	-1.5465	15	99.2757	99.7193	-0.0204	0.2232
16	0.716	6.4673	-0.3908	-1.6112	16	99.2743	99.7187	-0.0221	0.2262
17	0.7177	6.4829	-0.3513	-1.676	17	99.2726	99.718	-0.0238	0.2292
18	0.7198	6.5016	-0.3112	-1.7386	18	99.2705	99.7172	-0.0256	0.232
19	0.7222	6.5238	-0.2713	-1.7967	19	99.268	99.7163	-0.0273	0.2347
20	0.7251	6.5501	-0.2323	-1.8477	20	99.2651	99.7151	-0.029	0.2371
21	0.7286	6.581	-0.1949	-1.889	21	99.2617	99.7138	-0.0307	0.2391
22	0.7326	6.6174	-0.16	-1.918	22	99.2576	99.7122	-0.0323	0.2406
23	0.7373	6.6601	-0.1284	-1.9329	23	99.2529	99.7104	-0.0337	0.2414

[0227]

表 13B (续)									
反射, F2					透射, F2				
AOI	Y	L*	a*	b*	AOI	Y	L*	a*	b*
24	0.7429	6.7103	-0.1008	-1.9321	24	99.2473	99.7082	-0.0349	0.2417
25	0.7494	6.7693	-0.0778	-1.9154	25	99.2408	99.7057	-0.036	0.2412
26	0.7571	6.8387	-0.0598	-1.883	26	99.2331	99.7027	-0.0368	0.2401
27	0.7661	6.9201	-0.047	-1.8367	27	99.224	99.6992	-0.0374	0.2383
28	0.7767	7.0156	-0.0397	-1.7786	28	99.2134	99.6951	-0.0378	0.2361
29	0.789	7.1274	-0.0376	-1.7112	29	99.201	99.6902	-0.038	0.2335
30	0.8035	7.2578	-0.0409	-1.6375	30	99.1866	99.6846	-0.0379	0.2307
31	0.8203	7.4094	-0.0493	-1.5601	31	99.1698	99.6781	-0.0376	0.2279
32	0.8397	7.5847	-0.0628	-1.4804	32	99.1504	99.6705	-0.0371	0.2251
33	0.862	7.7865	-0.0814	-1.3984	33	99.128	99.6618	-0.0364	0.2223
34	0.8876	8.0175	-0.1055	-1.3122	34	99.1024	99.6519	-0.0354	0.2197
35	0.9167	8.277	-0.132	-1.2238	35	99.0733	99.6406	-0.0342	0.2172
36	0.9496	8.564	-0.1627	-1.1341	36	99.0404	99.6278	-0.0328	0.2145
37	0.9866	8.8793	-0.1972	-1.0402	37	99.0033	99.6133	-0.0311	0.2116
38	1.0281	9.2231	-0.2346	-0.9392	38	98.9619	99.5972	-0.0291	0.2083

[0228]

39	1.0743	9.5959	-0.2741	-0.8287	39	98.9156	99.5792	-0.0269	0.2043
40	1.1258	9.998	-0.3141	-0.7076	40	98.8641	99.5591	-0.0246	0.1996
41	1.1828	10.4299	-0.3529	-0.5766	41	98.8071	99.5369	-0.0221	0.1942
42	1.246	10.8925	-0.3887	-0.4377	42	98.7438	99.5122	-0.0196	0.1879
43	1.316	11.3867	-0.4195	-0.2946	43	98.6739	99.4849	-0.0172	0.181
44	1.3934	11.9138	-0.4437	-0.1519	44	98.5964	99.4547	-0.0149	0.1735
45	1.4793	12.4757	-0.4603	-0.014	45	98.5105	99.4212	-0.0129	0.1658
46	1.5745	13.0742	-0.469	0.1151	46	98.4153	99.384	-0.0113	0.158
47	1.6803	13.7114	-0.47	0.2325	47	98.3094	99.3426	-0.01	0.1503
48	1.798	14.3895	-0.4646	0.3374	48	98.1917	99.2965	-0.0089	0.1427
49	1.9291	15.1106	-0.4545	0.4304	49	98.0607	99.2452	-0.0082	0.1352
50	2.0752	15.8768	-0.4419	0.5135	50	97.9146	99.188	-0.0075	0.1277
51	2.238	16.6898	-0.4288	0.5895	51	97.7517	99.1241	-0.0069	0.1199
52	2.4196	17.5511	-0.4171	0.6614	52	97.5701	99.0527	-0.0061	0.1116
53	2.622	18.4618	-0.4078	0.7317	53	97.3677	98.9731	-0.005	0.1026
54	2.8476	19.4228	-0.4015	0.8015	54	97.1421	98.8843	-0.0035	0.0926
55	3.0986	20.4347	-0.398	0.871	55	96.8911	98.7852	-0.0017	0.0816
56	3.3779	21.4979	-0.3962	0.9389	56	96.6118	98.6748	0.0005	0.0694
57	3.6883	22.613	-0.3949	1.0028	57	96.3014	98.5519	0.003	0.0564

[0229]

表 13B (续)									
反射, F2					透射, F2				
AOI	Y	L*	a*	b*	AOI	Y	L*	a*	b*
58	4.033	23.7801	-0.3923	1.06	58	95.9568	98.4151	0.0055	0.0427
59	4.4155	25	-0.3869	1.1077	59	95.5743	98.2628	0.0078	0.0286
60	4.8397	26.2731	-0.3773	1.1433	60	95.1501	98.0935	0.0098	0.0147
垂直入射 (AOI = 0 度)至 AOI = 55 度之间的反射色偏范围			**低: 0.0021 高: 1.9738**		**垂直入射 (AOI = 0)至 AOI = 60 之间的透射色偏范围**			**低: 0.0001 高: 0.1879**	
垂直入射 (AOI = 0 度)至 AOI = 56-60 度之间的反射色偏范围			**低: 2.0412 高: 2.2459**						

[0230] 表13C:实施例6的使用光源D65的两个表面的反射和透射色坐标(Y、L*、a*和b*)。

[0231]

反射, D65					透射, D65				
AOI	Y	L*	a*	b*	AOI	Y	L*	a*	b*
0	4.7393	25.9789	-0.4402	-0.9295	0	95.2449	98.1314	-0.0038	0.2771
1	4.7393	25.9787	-0.4395	-0.9297	1	95.245	98.1315	-0.0039	0.2771
2	4.7391	25.9782	-0.4374	-0.9303	2	95.2452	98.1315	-0.0042	0.2772
3	4.7388	25.9774	-0.4338	-0.9314	3	95.2454	98.1316	-0.0047	0.2774
4	4.7385	25.9763	-0.4289	-0.9328	4	95.2458	98.1318	-0.0054	0.2776
5	4.738	25.975	-0.4226	-0.9347	5	95.2462	98.132	-0.0062	0.2779
6	4.7376	25.9736	-0.4149	-0.9368	6	95.2467	98.1321	-0.0073	0.2783
7	4.7371	25.9722	-0.406	-0.9393	7	95.2472	98.1323	-0.0085	0.2787

[0232]

8	4.7367	25.971	-0.3958	-0.942	8	95.2476	98.1325	-0.0099	0.2791
9	4.7363	25.97	-0.3845	-0.945	9	95.2479	98.1326	-0.0115	0.2796
10	4.7361	25.9694	-0.372	-0.948	10	95.2481	98.1327	-0.0132	0.2801
11	4.7362	25.9695	-0.3585	-0.9512	11	95.248	98.1327	-0.0151	0.2807
12	4.7365	25.9704	-0.3441	-0.9543	12	95.2477	98.1325	-0.0171	0.2812
13	4.7372	25.9725	-0.3289	-0.9572	13	95.247	98.1323	-0.0192	0.2818
14	4.7383	25.9759	-0.313	-0.96	14	95.2458	98.1318	-0.0214	0.2823
15	4.7401	25.981	-0.2965	-0.9623	15	95.2441	98.1311	-0.0237	0.2829
16	4.7425	25.9881	-0.2795	-0.9641	16	95.2417	98.1301	-0.026	0.2833
17	4.7457	25.9975	-0.2623	-0.9653	17	95.2384	98.1288	-0.0284	0.2837
18	4.7498	26.0098	-0.245	-0.9657	18	95.2343	98.1272	-0.0308	0.2841
19	4.755	26.0252	-0.2277	-0.9651	19	95.229	98.1251	-0.0332	0.2843
20	4.7615	26.0443	-0.2106	-0.9634	20	95.2225	98.1225	-0.0355	0.2844
21	4.7694	26.0675	-0.1939	-0.9604	21	95.2146	98.1193	-0.0379	0.2843
22	4.779	26.0956	-0.1778	-0.9559	22	95.205	98.1155	-0.0401	0.2841
23	4.7903	26.1289	-0.1624	-0.9497	23	95.1936	98.1109	-0.0423	0.2837
24	4.8038	26.1683	-0.1478	-0.9418	24	95.1802	98.1056	-0.0443	0.2831

[0233]

表 13C (续)									
反射, D65					透射, D65				
AOI	Y	L*	a*	b*	AOI	Y	L*	a*	b*
25	4.8195	26.2143	-0.1342	-0.9319	25	95.1644	98.0993	-0.0462	0.2823
26	4.8379	26.2679	-0.1218	-0.92	26	95.146	98.0919	-0.048	0.2812
27	4.8592	26.3297	-0.1107	-0.9058	27	95.1247	98.0834	-0.0496	0.2799
28	4.8836	26.4006	-0.1008	-0.8893	28	95.1002	98.0736	-0.051	0.2783
29	4.9117	26.4817	-0.0924	-0.8703	29	95.0721	98.0624	-0.0523	0.2764
30	4.9437	26.5739	-0.0855	-0.8489	30	95.04	98.0495	-0.0533	0.2742
31	4.9802	26.6782	-0.08	-0.8248	31	95.0036	98.0349	-0.0542	0.2717
32	5.0215	26.7959	-0.0761	-0.798	32	94.9622	98.0184	-0.0548	0.2689
33	5.0682	26.9282	-0.0736	-0.7686	33	94.9155	97.9997	-0.0552	0.2657
34	5.1208	27.0763	-0.0726	-0.7364	34	94.8628	97.9786	-0.0554	0.2622
35	5.18	27.2417	-0.0731	-0.7015	35	94.8035	97.9549	-0.0555	0.2583
36	5.2465	27.4257	-0.0749	-0.6641	36	94.7371	97.9282	-0.0553	0.2541
37	5.3208	27.6299	-0.0779	-0.6241	37	94.6627	97.8984	-0.0549	0.2495
38	5.404	27.856	-0.082	-0.5817	38	94.5795	97.865	-0.0544	0.2446
39	5.4967	28.1055	-0.0872	-0.5372	39	94.4867	97.8278	-0.0536	0.2393
40	5.6001	28.3803	-0.0931	-0.4909	40	94.3833	97.7862	-0.0528	0.2338
41	5.7151	28.682	-0.0996	-0.443	41	94.2682	97.74	-0.0518	0.2279
42	5.8429	29.0127	-0.1065	-0.394	42	94.1404	97.6885	-0.0507	0.2217
43	5.9848	29.3741	-0.1134	-0.3441	43	93.9984	97.6314	-0.0495	0.2153
44	6.1421	29.7683	-0.1202	-0.294	44	93.8411	97.5679	-0.0484	0.2087
45	6.3164	30.1971	-0.1264	-0.2439	45	93.6667	97.4975	-0.0472	0.2019
46	6.5093	30.6627	-0.1318	-0.1944	46	93.4738	97.4196	-0.0461	0.195
47	6.7226	31.1669	-0.1361	-0.1458	47	93.2605	97.3332	-0.0451	0.188

[0234]

48	6.9583	31.7118	-0.139	-0.0987	48	93.0247	97.2376	-0.0443	0.181
49	7.2186	32.2994	-0.1403	-0.0532	49	92.7644	97.1319	-0.0438	0.1739
50	7.5058	32.9316	-0.1398	-0.0099	50	92.4772	97.015	-0.0435	0.1668
51	7.8225	33.6104	-0.1372	0.0311	51	92.1604	96.8858	-0.0435	0.1598
52	8.1715	34.3376	-0.1327	0.0694	52	91.8113	96.7431	-0.044	0.1529
53	8.556	35.115	-0.126	0.1049	53	91.4268	96.5855	-0.0448	0.146
54	8.9793	35.9445	-0.1174	0.1374	54	91.0034	96.4114	-0.0462	0.1393
55	9.4451	36.8276	-0.1069	0.1667	55	90.5376	96.2193	-0.048	0.1328
56	9.9574	37.7659	-0.0948	0.1928	56	90.0252	96.0072	-0.0503	0.1265
57	10.5205	38.7609	-0.0812	0.2157	57	89.4621	95.7732	-0.0532	0.1204
58	11.1392	39.8139	-0.0664	0.2354	58	88.8433	95.5149	-0.0566	0.1145
59	11.8185	40.9263	-0.0508	0.2518	59	88.1639	95.2299	-0.0605	0.1089
60	12.5641	42.099	-0.0347	0.2652	60	87.4183	94.9155	-0.0649	0.1037
垂直入射 (AOI = 0 度)至 AOI = 60 度之间的反射色偏范围			**低: 0.0007 高: 1.2616**		**垂直入射 (AOI = 0)至 AOI = 60 之间的透射色偏范围**			**低: 0.0001 高: 0.1838**	

[0235] 表13D:实施例6的使用光源F2的两个表面的反射和透射色坐标(Y、L*、a*和b*)。

[0236]

反射, F2					透射, F2				
AOI	Y	L*	a*	b*	AOI	Y	L*	a*	b*
0	4.717	25.9128	-0.2697	-0.7766	0	95.2729	98.1426	-0.005	0.2726
1	4.717	25.9128	-0.2693	-0.7771	1	95.273	98.1426	-0.005	0.2726
2	4.717	25.9128	-0.2682	-0.7786	2	95.273	98.1426	-0.0052	0.2729
3	4.717	25.9128	-0.2662	-0.7812	3	95.273	98.1426	-0.0055	0.2733
4	4.717	25.9128	-0.2634	-0.7849	4	95.273	98.1426	-0.0058	0.2738
5	4.717	25.9129	-0.2599	-0.7897	5	95.2729	98.1426	-0.0063	0.2745
6	4.7172	25.9132	-0.2555	-0.7958	6	95.2728	98.1426	-0.0069	0.2754
7	4.7174	25.9139	-0.2503	-0.8031	7	95.2726	98.1425	-0.0076	0.2765
8	4.7177	25.9149	-0.2444	-0.8119	8	95.2722	98.1423	-0.0085	0.2778
9	4.7182	25.9164	-0.2376	-0.8221	9	95.2717	98.1421	-0.0094	0.2793
10	4.719	25.9186	-0.23	-0.8338	10	95.271	98.1418	-0.0104	0.2811
11	4.72	25.9217	-0.2216	-0.847	11	95.2699	98.1414	-0.0116	0.283
12	4.7214	25.9258	-0.2124	-0.8617	12	95.2685	98.1409	-0.0129	0.2852
13	4.7232	25.9311	-0.2025	-0.8777	13	95.2667	98.1401	-0.0142	0.2876
14	4.7255	25.9379	-0.192	-0.8948	14	95.2644	98.1392	-0.0157	0.2902
15	4.7283	25.9463	-0.1808	-0.9127	15	95.2616	98.1381	-0.0172	0.2929
16	4.7318	25.9567	-0.1691	-0.9311	16	95.258	98.1367	-0.0188	0.2957
17	4.7361	25.9693	-0.1571	-0.9492	17	95.2538	98.135	-0.0204	0.2985
18	4.7412	25.9845	-0.145	-0.9666	18	95.2486	98.1329	-0.0221	0.3012
19	4.7474	26.0025	-0.1329	-0.9825	19	95.2425	98.1305	-0.0238	0.3037
20	4.7546	26.0239	-0.1211	-0.996	20	95.2352	98.1275	-0.0254	0.306
21	4.7632	26.0491	-0.1097	-1.0064	21	95.2266	98.1241	-0.027	0.3079
22	4.7732	26.0786	-0.0992	-1.0129	22	95.2166	98.1201	-0.0285	0.3092
23	4.7849	26.113	-0.0896	-1.015	23	95.2048	98.1154	-0.0298	0.31

[0237]

24	4.7986	26.153	-0.0813	-1.0123	24	95.1912	98.11	-0.031	0.3102
25	4.8144	26.1993	-0.0743	-1.0045	25	95.1753	98.1036	-0.032	0.3097
26	4.8327	26.2528	-0.0688	-0.9919	26	95.157	98.0963	-0.0328	0.3086
27	4.8539	26.3144	-0.0649	-0.9749	27	95.1358	98.0878	-0.0334	0.307
28	4.8783	26.3852	-0.0625	-0.9542	28	95.1114	98.0781	-0.0338	0.3048
29	4.9063	26.4662	-0.0617	-0.9306	29	95.0833	98.0669	-0.0339	0.3024
30	4.9384	26.5586	-0.0623	-0.9053	30	95.0512	98.054	-0.0339	0.2997
31	4.9751	26.6637	-0.0644	-0.879	31	95.0145	98.0393	-0.0337	0.297
32	5.0169	26.7827	-0.0678	-0.8525	32	94.9727	98.0226	-0.0332	0.2943
33	5.0642	26.917	-0.0725	-0.8262	33	94.9253	98.0036	-0.0326	0.2917
34	5.1178	27.0677	-0.0785	-0.8001	34	94.8718	97.9822	-0.0318	0.2892
35	5.1781	27.2362	-0.0858	-0.7738	35	94.8114	97.958	-0.0307	0.2867
36	5.2458	27.4238	-0.0943	-0.7466	36	94.7437	97.9309	-0.0295	0.2842
37	5.3215	27.6318	-0.104	-0.7174	37	94.668	97.9005	-0.0281	0.2814
38	5.406	27.8614	-0.1147	-0.6852	38	94.5835	97.8666	-0.0264	0.2782
39	5.5	28.1141	-0.1262	-0.6492	39	94.4895	97.8289	-0.0246	0.2745

[0238]

表 13D (续)									
反射, F2					透射, F2				
AOI	Y	L*	a*	b*	AOI	Y	L*	a*	b*
40	5.6043	28.3912	-0.1379	-0.609	40	94.3851	97.787	-0.0227	0.2701
41	5.7198	28.6943	-0.1494	-0.5645	41	94.2695	97.7405	-0.0208	0.265
42	5.8477	29.025	-0.1601	-0.5163	42	94.1416	97.689	-0.0189	0.2593
43	5.9892	29.3852	-0.1692	-0.4654	43	94.0001	97.632	-0.0172	0.2531
44	6.1455	29.7767	-0.1762	-0.4132	44	93.8438	97.569	-0.0157	0.2466
45	6.3183	30.2017	-0.1807	-0.3611	45	93.671	97.4993	-0.0146	0.2399
46	6.5092	30.6624	-0.1825	-0.3104	46	93.48	97.4221	-0.0138	0.2333
47	6.7202	31.1612	-0.1815	-0.2619	47	93.269	97.3367	-0.0135	0.2268
48	6.9533	31.7004	-0.1782	-0.2162	48	93.0359	97.2421	-0.0135	0.2205
49	7.211	32.2825	-0.173	-0.1729	49	92.7781	97.1375	-0.0138	0.2145
50	7.4957	32.9098	-0.1667	-0.1317	50	92.4934	97.0216	-0.0143	0.2085
51	7.8103	33.5846	-0.1598	-0.0917	51	92.1788	96.8934	-0.0149	0.2024
52	8.1575	34.3088	-0.153	-0.0522	52	91.8315	96.7514	-0.0155	0.1961
53	8.5407	35.0845	-0.1466	-0.0127	53	91.4483	96.5943	-0.0161	0.1894
54	8.9632	35.9134	-0.1408	0.0269	54	91.0258	96.4207	-0.0165	0.1821
55	9.4287	36.7969	-0.1354	0.0662	55	90.5603	96.2287	-0.0169	0.1744
56	9.941	37.7364	-0.1301	0.1044	56	90.0479	96.0166	-0.0172	0.1663
57	10.5046	38.7332	-0.1243	0.1404	57	89.4843	95.7825	-0.0177	0.1581
58	11.1238	39.7882	-0.1175	0.1729	58	88.865	95.524	-0.0184	0.1499
59	11.8037	40.9025	-0.1092	0.2009	59	88.1851	95.2388	-0.0197	0.1422
60	12.5498	42.0769	-0.099	0.2235	60	87.439	94.9242	-0.0215	0.1353
垂直入射 (AOI = 0 度)至 AOI = 60 度之间的反射色偏范围			**低: 0.0006 高: 1.0146**		**垂直入射 (AOI = 0)至 AOI = 60 之间的透射色偏范围**			**低: 0 高: 0.1383**	

[0239] 实施例7

[0240] 如表14所示,实施例7包括与实施例5相同的经过强化的铝硅酸盐玻璃基材、以及包含2微米的耐划痕层的12层式光学涂层。

[0241] 表14:实施例7的结构。

[0242]

涂层/层	周期,如果有的话	材料	折射率(550nm 处)	物理厚度 (nm)
环境介质	-	空气		
光学涂层	1	SiO_2	1.48623	86.6
		$Si_uAl_vO_xN_y$	2.03056	145.8
	2	SiO_2	1.48623	19.2
		$Si_uAl_vO_xN_y$	2.03056	48.0
		SiO_2	1.48623	11.7
	耐划痕层	$Si_uAl_vO_xN_y$	2.03056	2000.0
	1	SiO_2	1.48623	10.2
		$Si_uAl_vO_xN_y$	2.03056	42.0
	2	SiO_2	1.48623	32.7
		$Si_uAl_vO_xN_y$	2.03056	23.6
	3	SiO_2	1.48623	55.0
		$Si_uAl_vO_xN_y$	2.03056	7.4
-	-	AS 玻璃	1.511	
涂层的总厚度				**2482.16**

[0243] 模型实施例8～11

[0244] 模型实施例8～11使用建模来展示制品的反射光谱，该制品包含本文所述的耐久性和耐划痕性光学涂层的实施方式。如表15～19所示，在模型实施例8～11中，光学涂层包含AlO_xN_y层、SiO_2层和经过强化的铝硅酸盐玻璃基材，该基材具有约58摩尔％的SiO_2、17摩尔％的Al_2O_3、17摩尔％的Na_2O、3摩尔％的MgO、0.1摩尔％的SnO和6.5摩尔％的P_2O_5的标称组成。按照与模型实施例2～5相似的方式得到用于模型实施例8～11的涂层材料和基材的折射率分布曲线。

[0245] 表15：模型实施例8的结构。

[0246]

涂层/层	周期,如果有的话	材料	折射率(550nm 处)	物理厚度 (nm)
环境介质	-	空气	1	
光学涂层	1	AlO_xN_y	2.00605	32

[0247]

		SiO_2	1.48114	12
	耐划痕层	AlO_xN_y	2.00605	2000
	1	SiO_2	1.48114	8.78
		AlO_xN_y	2.00605	44.19
	2	SiO_2	1.48114	32.41
		AlO_xN_y	2.00605	24.3
	3	SiO_2	1.48114	58.55
		AlO_xN_y	2.00605	7.47
-	-	AS 玻璃	1.50542	
涂层的总厚度 (nm)				**2219.7**

[0248] 表16:模型实施例9的结构。

[0249]

涂层/层	周期,如果有的话	材料	折射率(550nm 处)	物理厚度 (nm)
环境介质	-	空气	1	
光学涂层	1	AlO_xN_y	2.00605	25
		SiO_2	1.48114	25
	耐划痕层	AlO_xN_y	2.00605	2000
	1	SiO_2	1.48114	8.78
		AlO_xN_y	2.00605	44.19
	2	SiO_2	1.48114	32.41
		AlO_xN_y	2.00605	24.3
	3	SiO_2	1.48114	58.55
		AlO_xN_y	2.00605	7.47
-	-	AS 玻璃	1.50542	
涂层的总厚度 (nm)				**2225.7**

[0250] 表17:模型实施例10的结构。

[0251]

涂层/层	周期,如果有的话	材料	折射率(550nm 处)	物理厚度 (nm)
环境介质	-	空气	1	
光学涂层		SiO_2	1.48114	2
	1	AlO_xN_y	2.00605	25
		SiO_2	1.48114	25
	耐划痕层	AlO_xN_y	2.00605	2000
	1	SiO_2	1.48114	8.78
		AlO_xN_y	2.00605	44.19
	2	SiO_2	1.48114	32.41
		AlO_xN_y	2.00605	24.3
	3	SiO_2	1.48114	58.55
		AlO_xN_y	2.00605	7.47
-	-	AS 玻璃	1.50542	
涂层的总厚度 (nm)				**2227.7**

[0252] 表18:模型实施例11的结构。

[0253]

涂层/层	周期,如果有的话	材料	折射率(550nm 处)	物理厚度 (nm)
环境介质	-	空气	1	
光学涂层		SiO_2	1.48114	100
	1	AlO_xN_y	2.00605	34
		SiO_2	1.48114	15
	耐划痕层	AlO_xN_y	2.00605	2000
	1	SiO_2	1.48114	8.78
		AlO_xN_y	2.00605	44.19
	2	SiO_2	1.48114	32.41
		AlO_xN_y	2.00605	24.3
	3	SiO_2	1.48114	58.55
		AlO_xN_y	2.00605	7.47
-	-	AS 玻璃	1.50542	
涂层的总厚度 (nm)				**2324.7**

[0254] 图13～14分别显示了只对模型实施例8的防反射表面算得的反射谱和算得的反射色。图15～16分别显示了只对模型实施例9的防反射表面算得的反射谱和算得的反射色。图17～18分别显示了只对模型实施例10的防反射表面算得的反射谱和算得的反射色。

[0255] 模型实施例8～11的光学性能总结于表22。

[0256] 表22:模型实施例8～11的光学性能。

[0257]

模型实施例	防反射表面的反射率，适光平均值(%)(单侧)	最大角色偏，观察角度为0-60度，D65或F2，样品相对于自身	最厚的高折射率硬层上的低折射率材料的量(nm)	低折射率层(例如 SiO_2)的最顶部(用户侧)的厚度(nm)	经过涂覆的制品的顶部500 nm中的高折射率材料的量(%)
8	7.85	1.1	12	0	97.6
9	4.9	2.7	25	0	95.0
10	4.9	3.0	27	2	94.6
11	1.3	2.2	115	100	77.0

[0258] 如图13、15、17和19所示，模型实施例8～11在光学波长区内在8°、20°和40°的观察角度下展现出低反射率(即，低于约10％以及低于约8％的数值)，且在60°的观察角度下展现出略微更高的反射率。模型实施例11在8°、20°、40°和60°的观察角度下展现出很低的反射率(例如最大平均反射率约为7％或更小)。平均反射率在8°、20°和40°的观察角度下甚至更低(即，小于约2％)。

[0259] 如图14和20所示，模型实施例8和11在D65和F2光源下在从垂直入射至60°的观察角度下展现出小于约2的反射色。如图16和18所示，模型实施例9和10在D65和F2光源下在从垂直入射至60°的观察角度下展现出小于约3的反射色范围。

[0260] 认为实施例8～11还展现出本文所述的硬度值(更具体而言，这些硬度值在约14GPa～约21GPa的范围内)，所述硬度值通过布氏压头硬度测试测得。

[0261] 将模型实施例8～11的光学性能与模型比较例4进行比较。所评价的光学性能包括当在F02和D65光源下从偏离垂直入射约0度～约60度的入射照明角度进行观察时，在约450nm～约650nm波长范围内的平均反射率和色偏(关于a*和b*的坐标(-1,-1)，使用公式 $\sqrt{((a^*_{实施例}-(-1))^2+(b^*_{实施例}-(-1))^2)}$)。模型比较实施例4展现出较低的平均反射率，但也沿着0度～60度的观察角度展现出显著更大的色偏。

[0262] 实施例12

[0263] 实施例12包括表23中所示的16层式光学涂层，该光学涂层包含依次设置在彼此顶部且设置在经过强化的铝硅酸盐玻璃基材上的层，该基材具有约65摩尔％的 SiO_2、5摩尔％的 B_2O_3、14摩尔％的 Al_2O_3、14摩尔％的 Na_2O 和2.5摩尔％的MgO的标称组成。

[0264] 表23:实施例12的结构。

[0265]

层	材料	折射率	物理厚度 (nm)
介质	空气	1	
16	SiO_2	1.4952	92.4
15	$Si_uAl_vO_xN_y$	2.08734	150.1
14	SiO_2	1.4952	10.1
13	$Si_uAl_vO_xN_y$	2.08734	96.9
12	SiO_2	1.4952	18.9
11	$Si_uAl_vO_xN_y$	2.08734	41.9
10	SiO_2	1.4952	40.1
9	$Si_uAl_vO_xN_y$	2.08734	37.6
8	SiO_2	1.4952	17.4

[0266]

7	$Si_uAl_vO_xN_y$	2.08734	2000.0
6	SiO_2	1.4952	8.7
5	$Si_uAl_vO_xN_y$	2.08734	41.0
4	SiO_2	1.4952	29.9
3	$Si_uAl_vO_xN_y$	2.08734	23.3
2	SiO_2	1.4952	53.6
1	$Si_uAl_vO_xN_y$	2.08734	7.2
基材	玻璃	1.50996	
总厚度			2661.9

[0267] SiO_2和$Si_uAl_vO_xN_y$层都是通过在AJA工业(AJA-Industries)的溅镀沉积工具中进行反应性溅镀来制造的。SiO_2由具有离子辅助的Si靶的DC反应性溅镀来沉积;$Si_uAl_vO_xN_y$材料由具有离子辅助的DC反应性溅镀结合RF叠加DC溅镀来沉积。靶为3″直径的硅和3″直径的Al。反应性气体为氮气和氧气,“工作”(或惰性气体)为氩气。供给至硅的功率为13.56Mhz的射频(RF)。供给至铝的功率为DC。

[0268] 用来形成实施例12的光学涂层的溅镀工艺条件示于表23。

[0269] 表24:实施例12的溅镀工艺条件

[0270]

材料	Al DC 功率 (W)	Al RF 功率 (W)	Si RF 功率 (W)	Ar 流 (sccm)	N_2 流 (sccm)	O_2 流 (sccm)	基材 T (C)
$Si_uA_vlO_xN_y$	300	200	500	30	30	0.5	200
SiO_2	50 (快门关闭)	50 (快门关闭)	500	30	30	3	200

[0271] 实施例13展现了表22和表23中所示的光学性质。表22显示了(使用总反射率或两侧测量)对基材的防反射表面和相反裸露表面测得的反射和透射色。表23显示了(使用单侧测量)只对防反射表面测得的反射色。

[0272] 表25:实施例12的光学性能,其在防反射表面上测得且包括基材的相反裸露表面。

[0273]

反射色			透射色		
光源 D65					
CIE	x	0.2874	CIE	x	0.3163
	y	0.3227		y	0.3323
	L*	30.00		L*	97.26
	a*	-4.10		a*	0.61
	b*	-3.19		b*	0.96
	X	5.55		X	88.59
	Y	6.23		Y	93.09
	Z	7.53		Z	98.43

[0274]

光源 A					
CIE	x	0.4235	CIE	x	0.4534
	y	0.4082		y	0.4061
	L*	29.27		L*	97.40
	a*	-4.43		a*	0.76
	b*	-4.22		b*	1.12
	X	6.17		X	104.33
	Y	5.95		Y	93.43
	Z	2.45		Z	32.33
光源 F2					
CIE	x	0.3567	CIE	x	0.3820
	y	0.3623		y	0.3690
	L*	29.34		L*	97.38
	a*	-3.05		a*	0.45
	b*	-3.29		b*	1.02
	X	5.88		X	96.67
	Y	5.97		Y	93.39
	Z	4.63		Z	63.00

[0275] 表26:实施例12的光学性能,其只在防反射表面上测得。

[0276]

	第一表面 反射	6°	20°	40°	60°
光源		s + p pol 平均值	s + p pol 平均值	s + p pol 平均值	s + p pol 平均值
D65					
CIE	x	0.2422	0.2383	0.2356	0.2732
	y	0.3095	0.3047	0.2694	0.2944
	L*	17.12	15.88	13.99	25.12
	a*	-8.84	-8.55	-3.43	-1.27
	b*	-6.00	-6.48	-10.16	-7.81
	X	1.82	1.62	1.51	4.13
	Y	2.33	2.08	1.73	4.45
	Z	3.37	3.11	3.18	6.54
A					
CIE	x	0.3640	0.3610	0.3608	0.4067
	y	0.4136	0.4058	0.3765	0.3953
	L*	15.59	14.34	12.65	24.36
	a*	-10.20	-9.35	-5.95	-4.42
	b*	-8.26	-9.27	-12.66	-8.67
	X	1.78	1.59	1.44	4.33
	Y	2.02	1.79	1.51	4.21
	Z	1.09	1.03	1.05	2.11
F2					
CIE	x	0.3111	0.3071	0.3038	0.3390
[0277]	y	0.3523	0.3412	0.3045	0.3362
	L*	15.73	14.37	13.00	24.88
	a*	-6.94	-5.85	-1.41	-1.37
	b*	-6.41	-7.63	-11.68	-8.55
	X	1.81	1.61	1.56	4.41
	Y	2.05	1.79	1.56	4.38
	Z	1.96	1.85	2.01	4.23

[0278] 实施例12展现了如表28所示的在防反射表面上测得的硬度和杨氏模量。这两种数值都使用本文所述的布氏硬度计压头测量。

[0279] 表27:实施例12的所测得的硬度和杨氏模量。

[0280]

	模量, GPa	硬度, GPa
实施例 12	169	17.6
实施例 4	65	6.8

[0281] 对本领域的技术人员而言,显而易见的是可以在不偏离本发明的精神和范围的情

况下对本发明进行各种修改和变动。

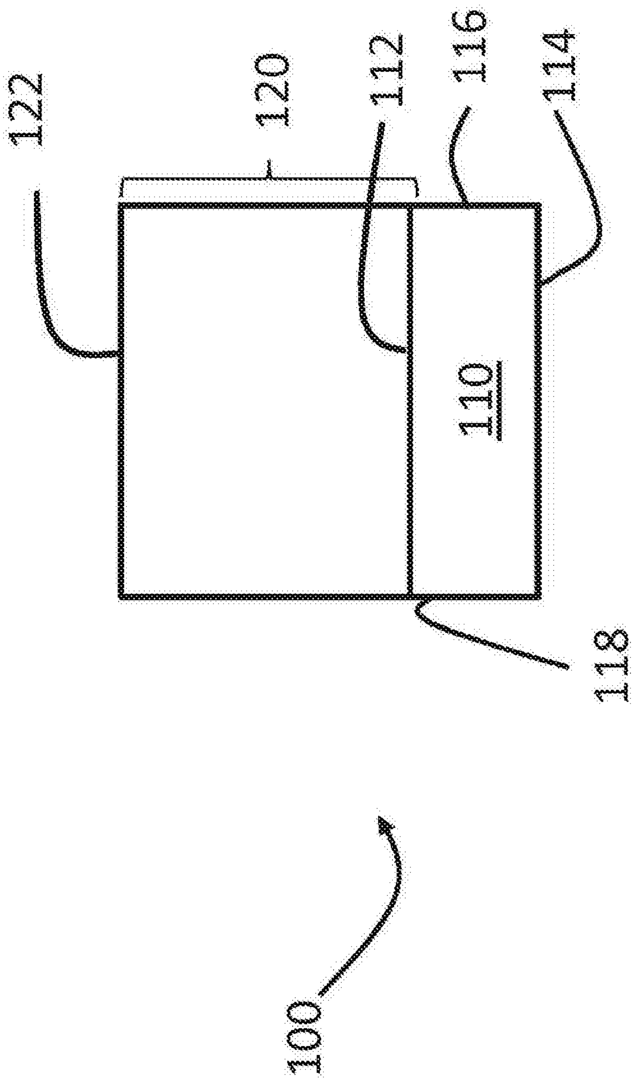


图1

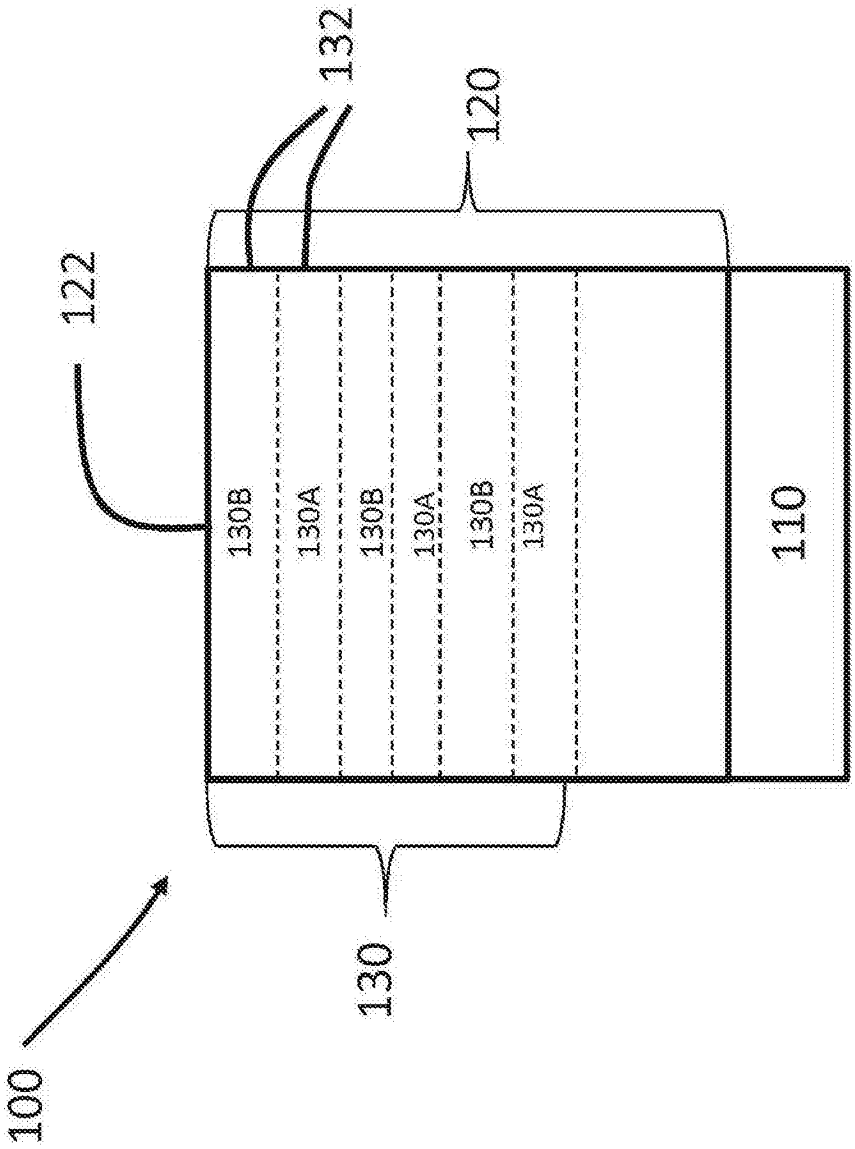


图2

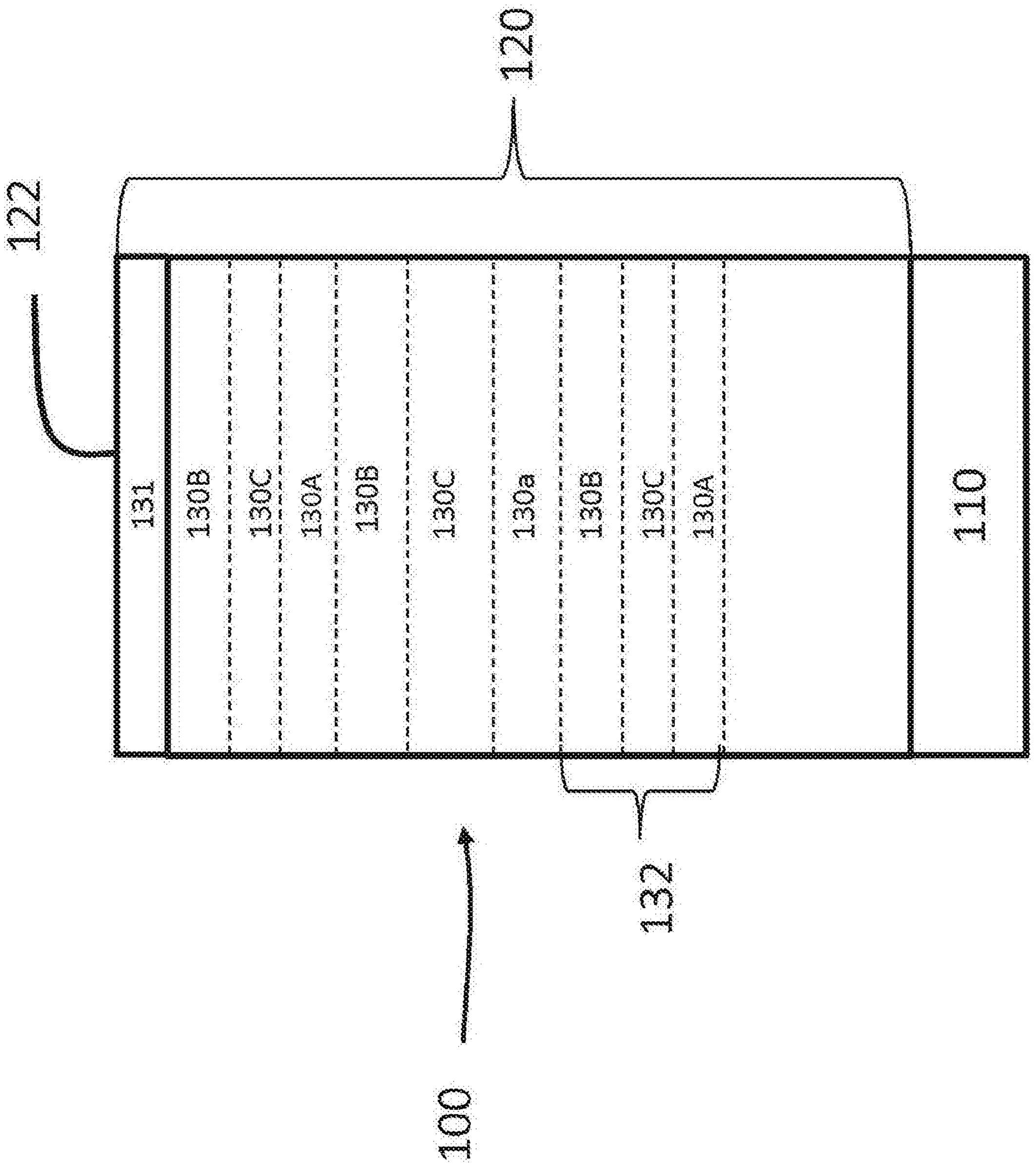

120
122
131
130B
130C
130A
130B
130C
130a
130B
130C
130A
110
132
100

图3

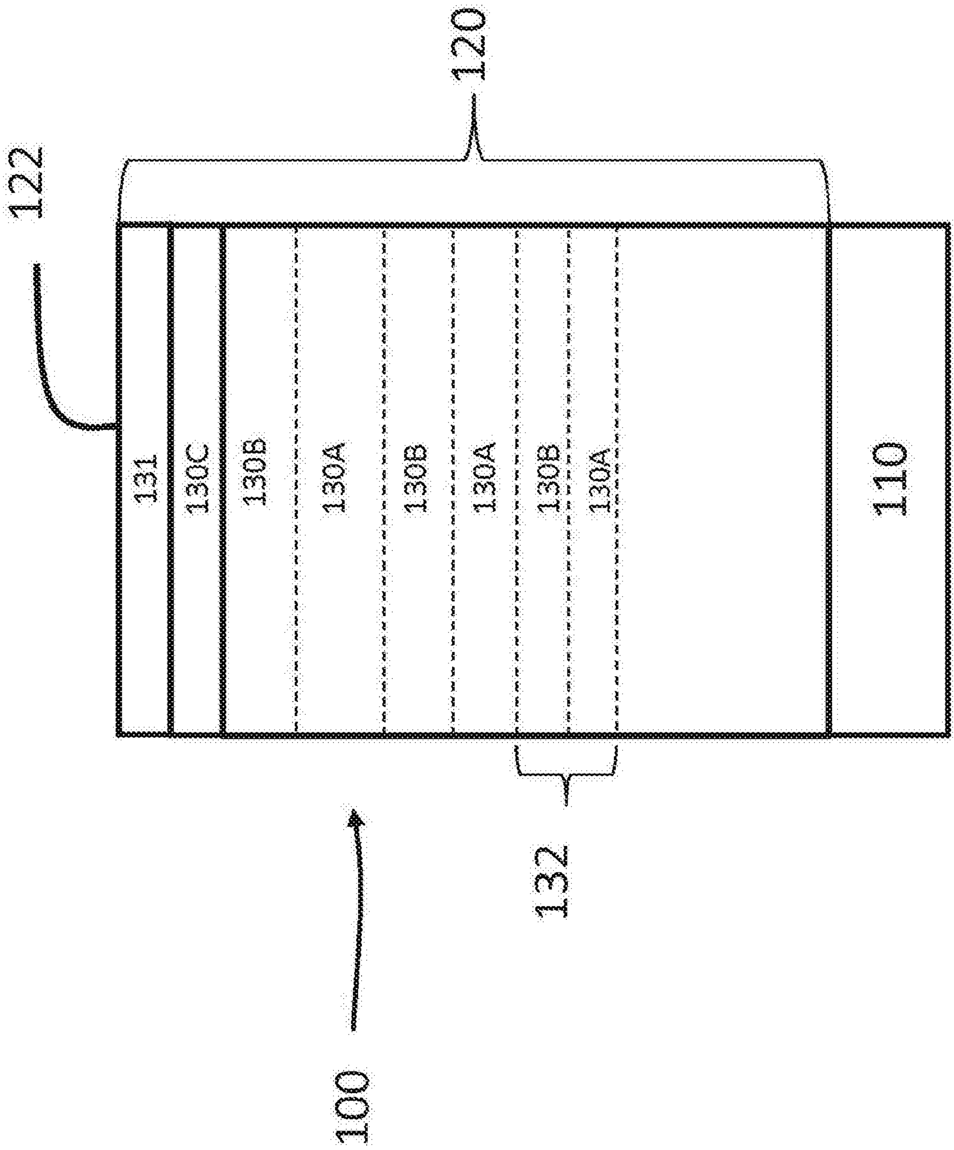


图4

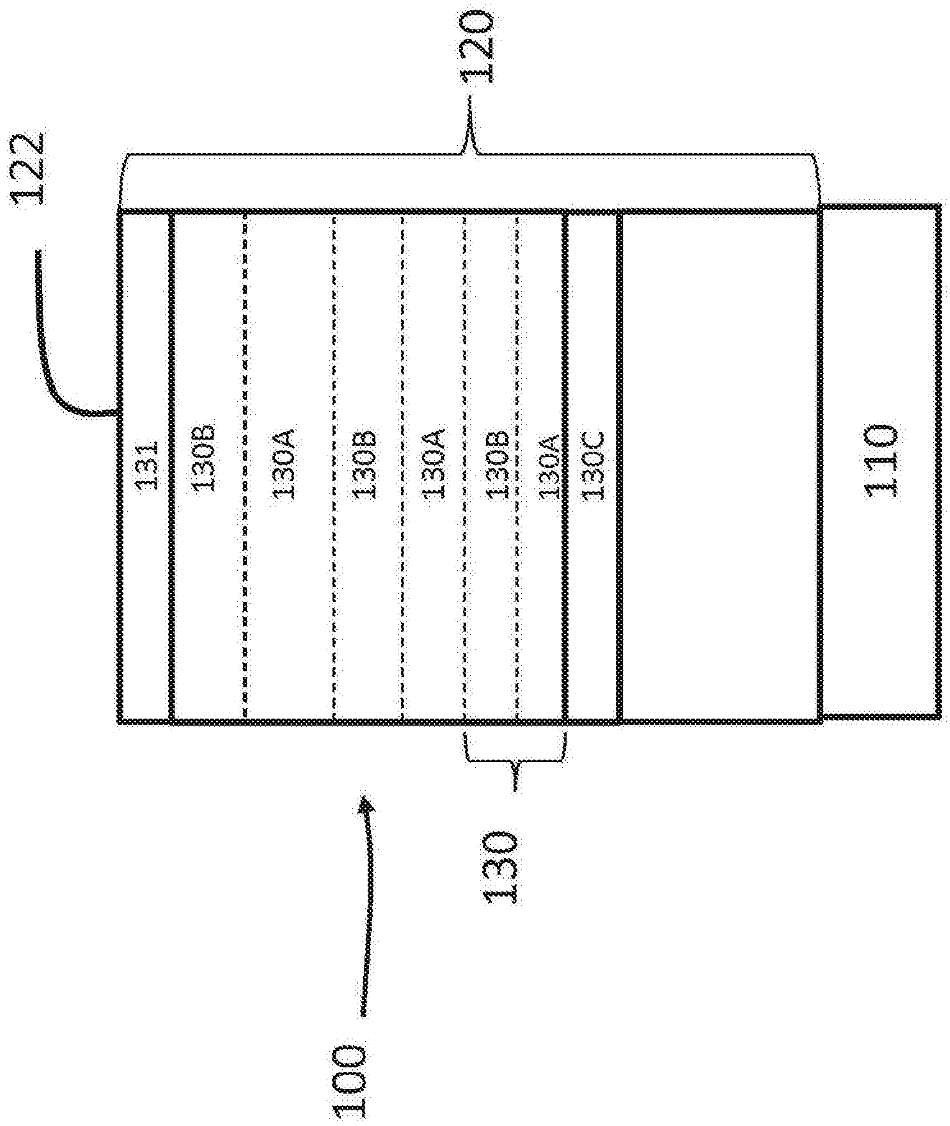


图5

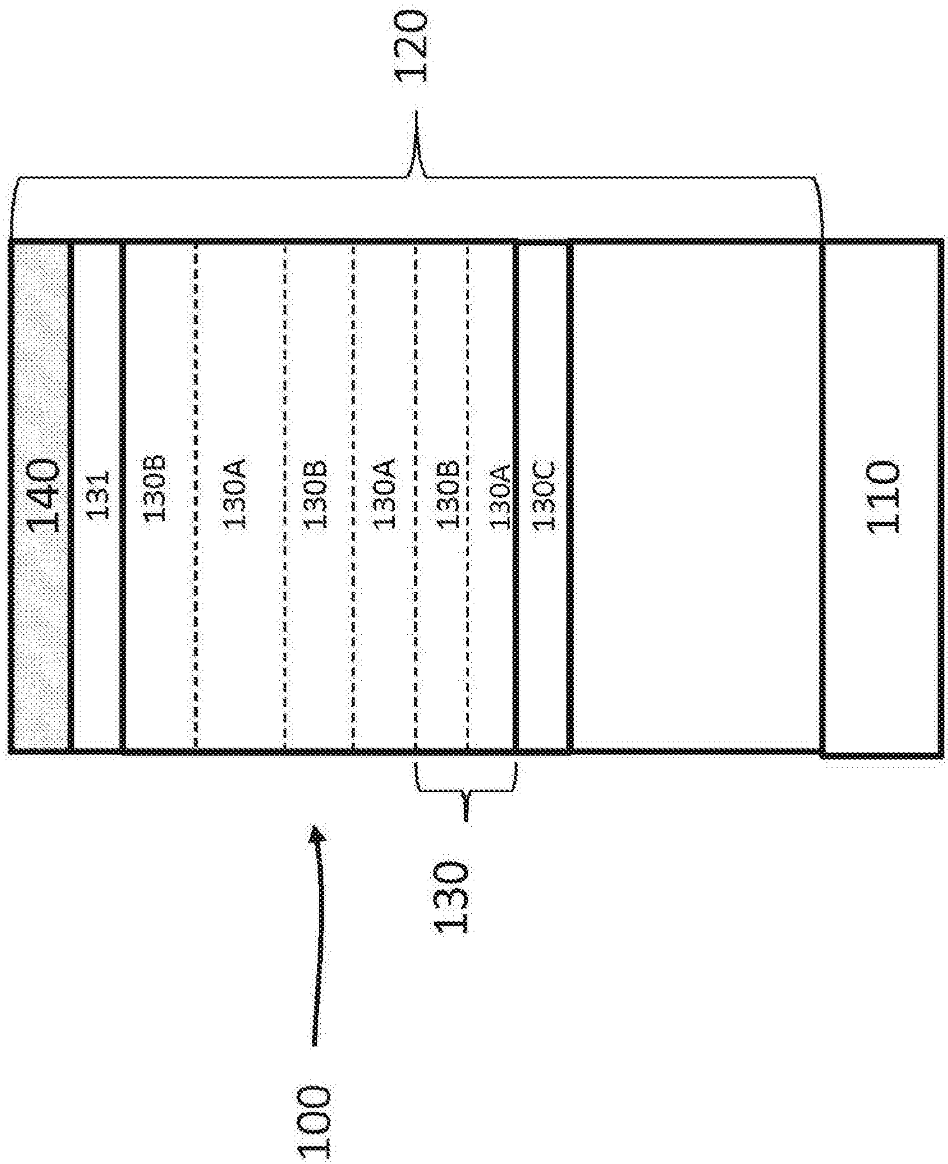


图6

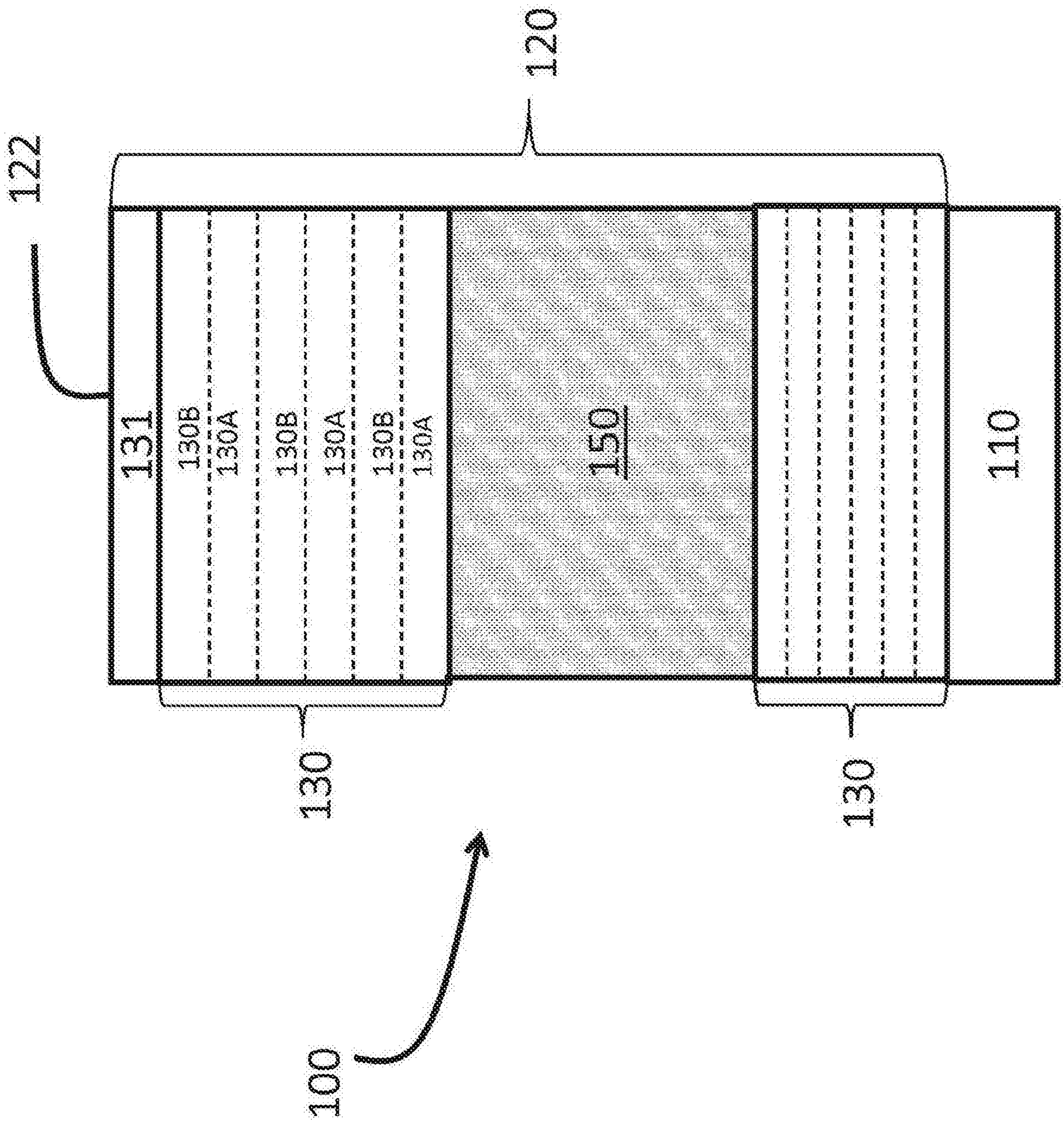


图7

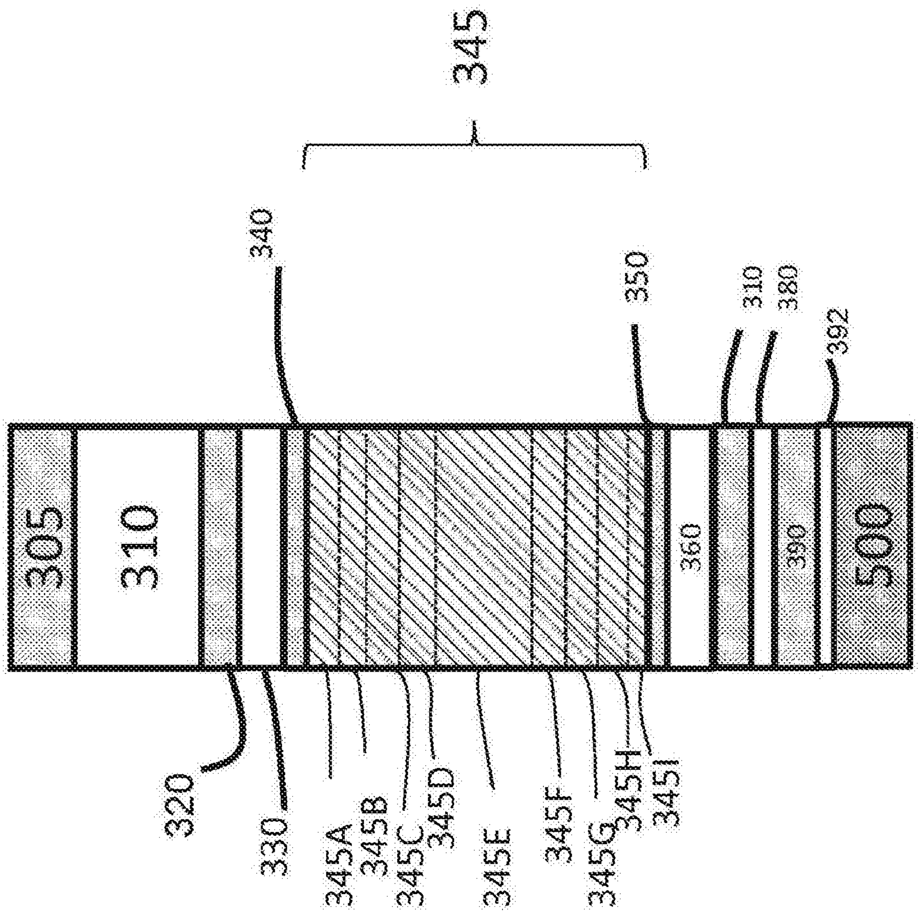

345
340
350
310
380
392
305
310
360
390
500
320
330
345A
345B
345C
345D
345E
345F
345G
345H
345I

图8

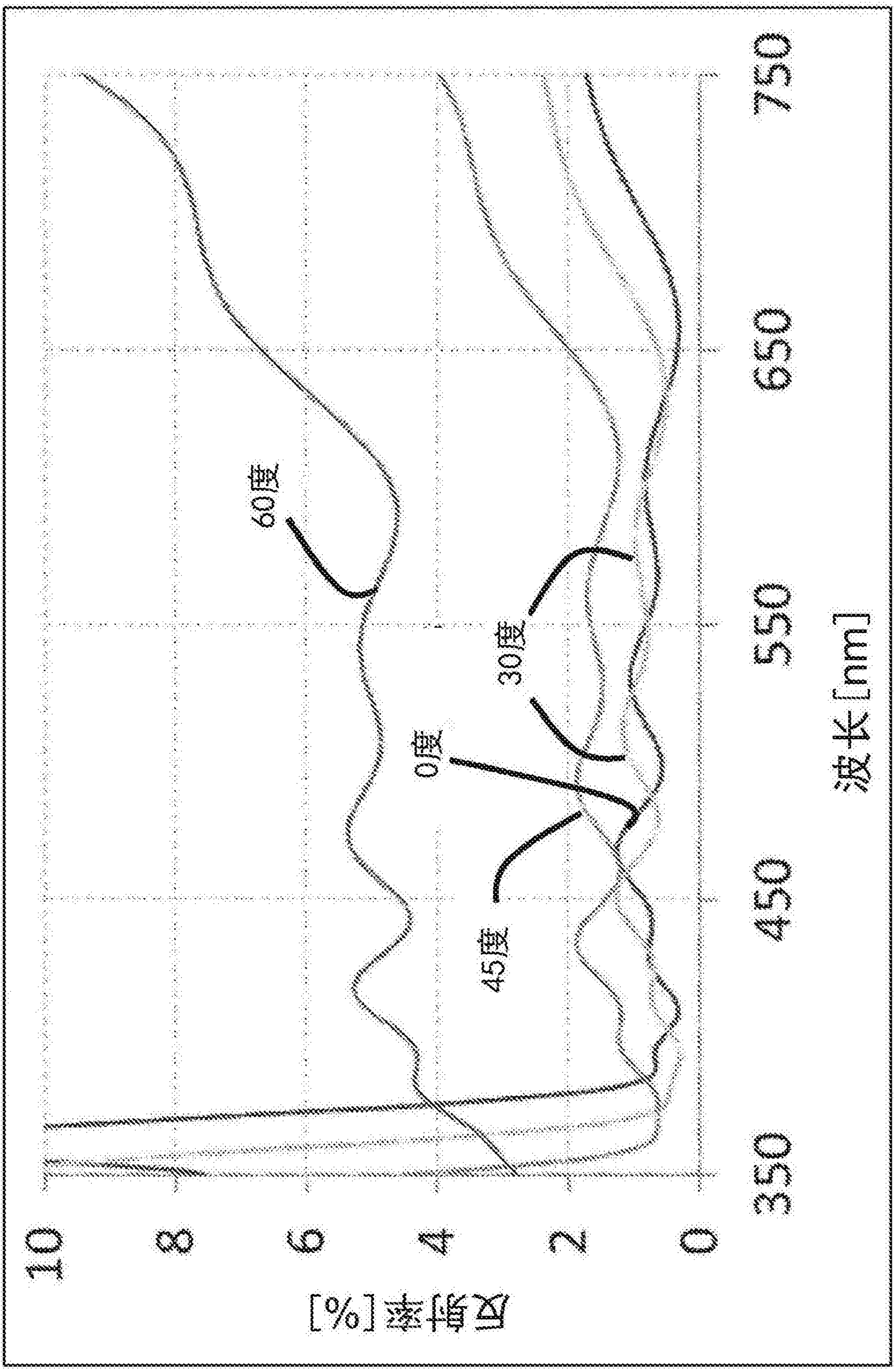


图9

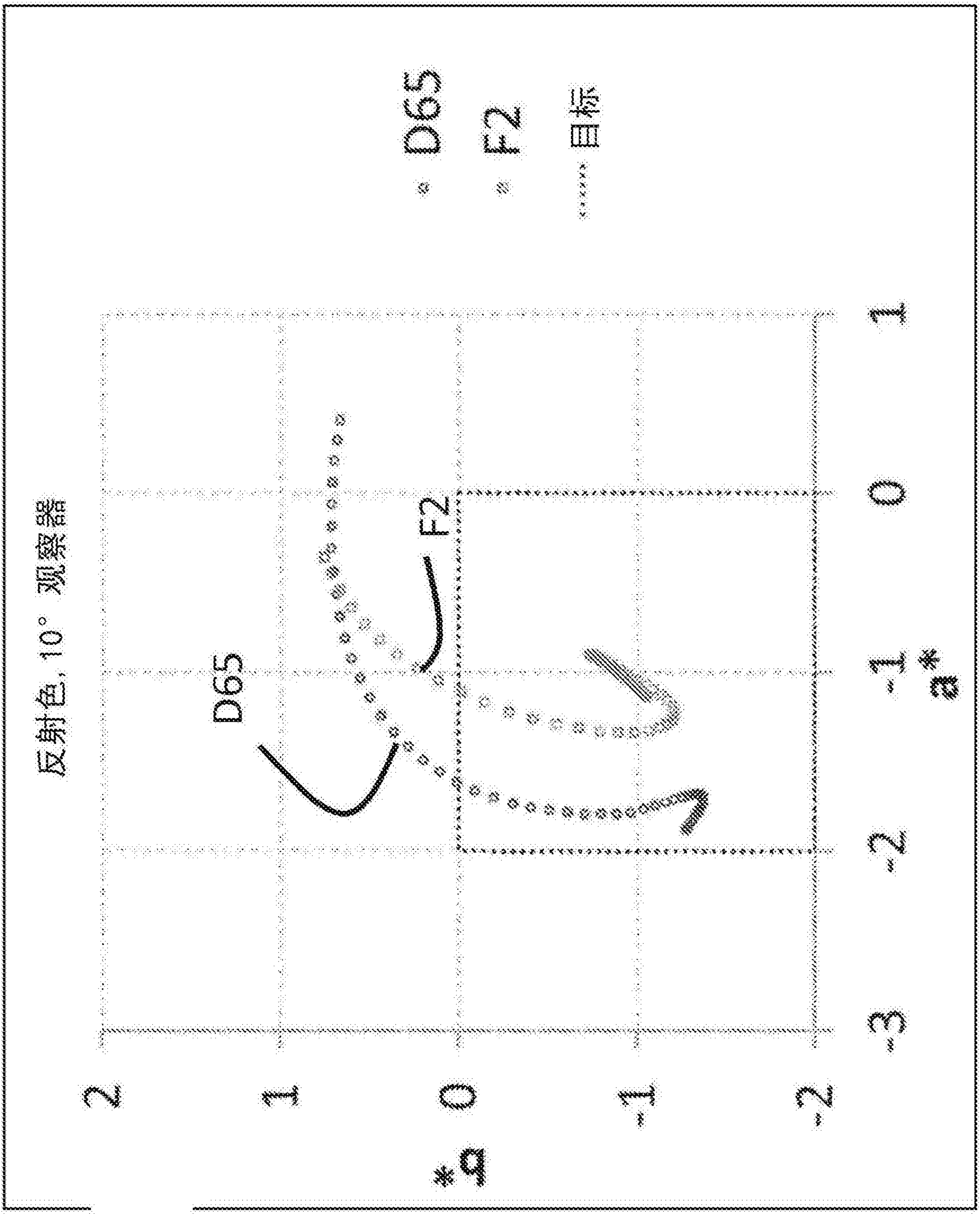


图10

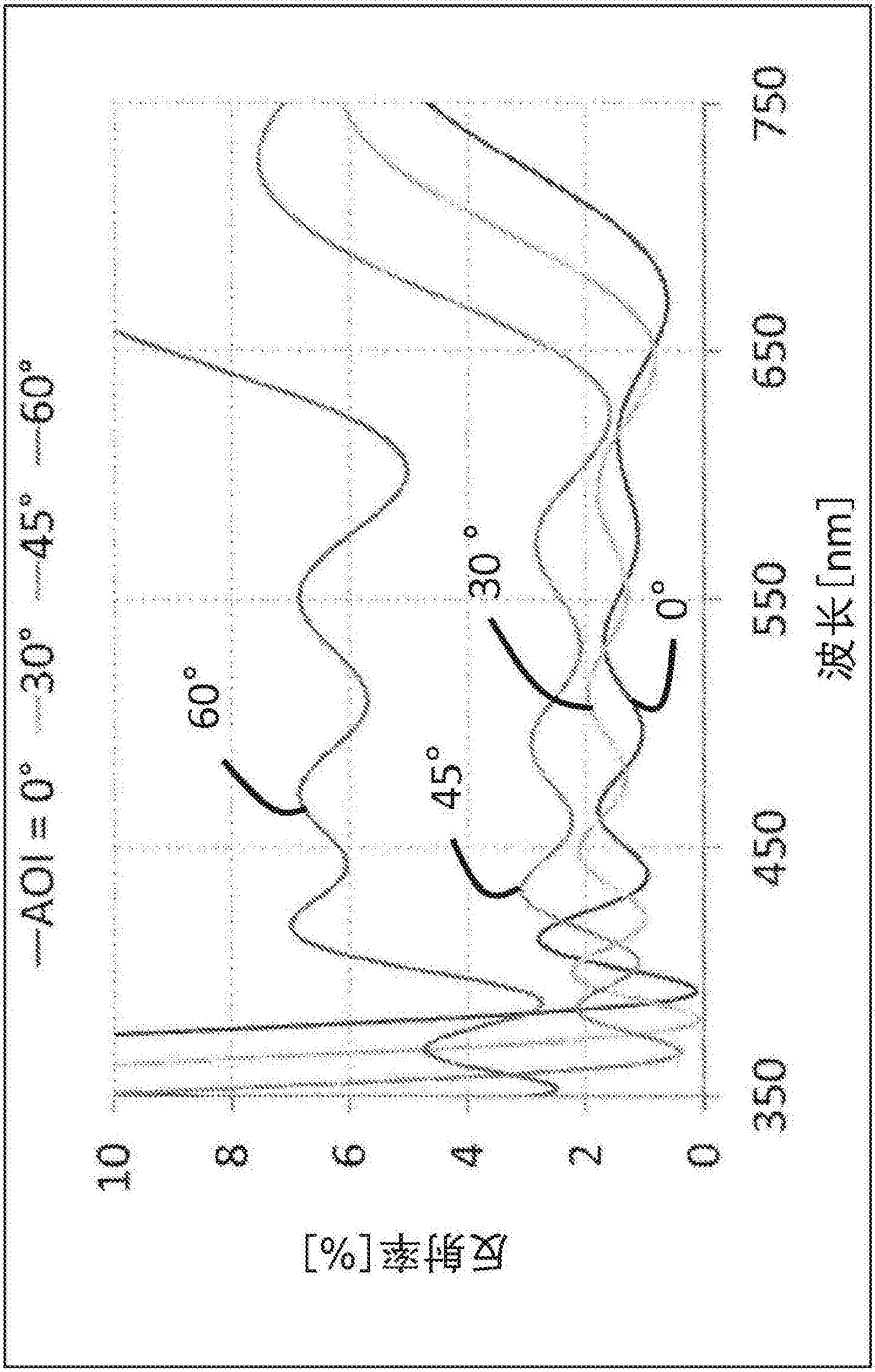


图11

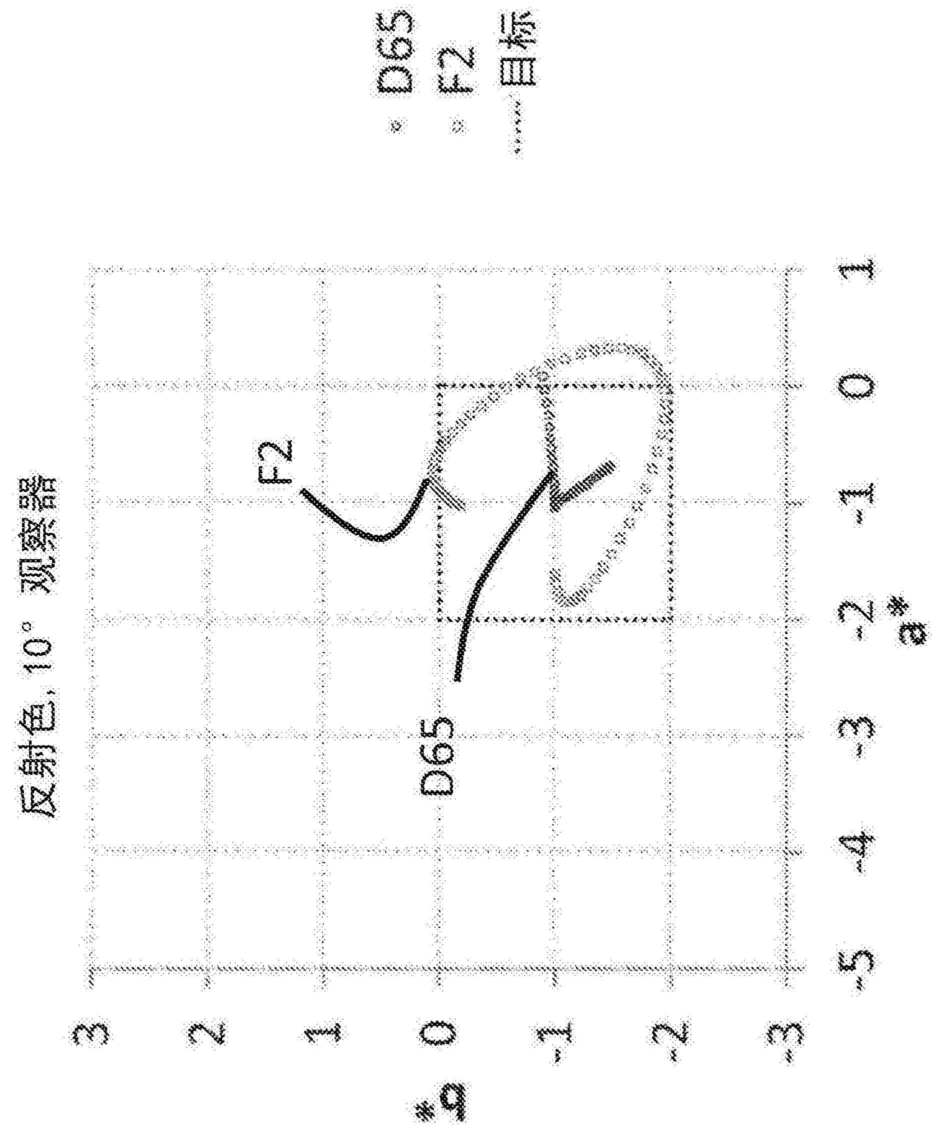


图12

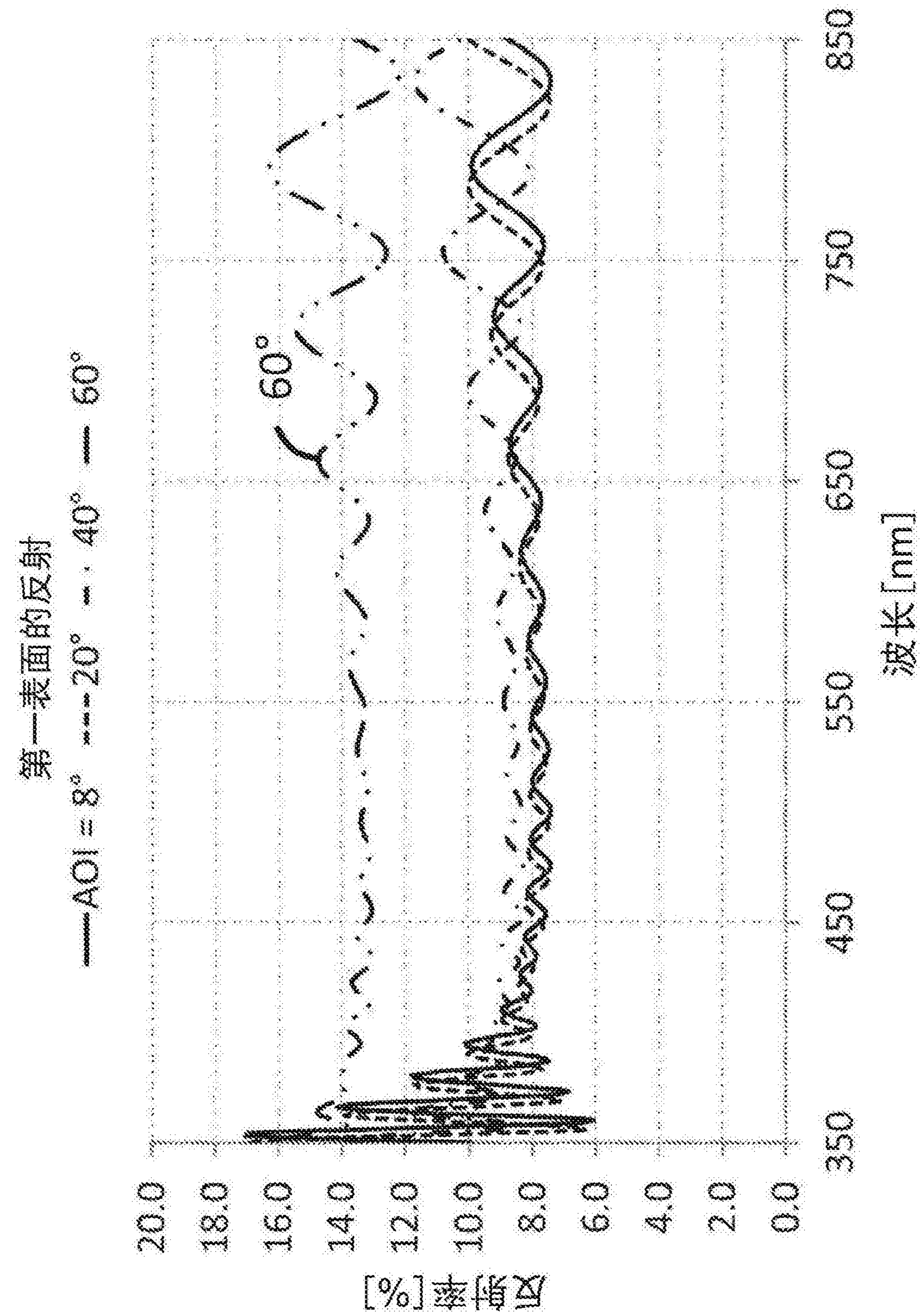

第一表面的反射
AOI = 8°　20°　40°　60°
60°
850
750
650
550
450
350
波长[nm]
20.0
18.0
16.0
14.0
12.0
10.0
8.0
6.0
4.0
2.0
0.0
反射率[%]

图13

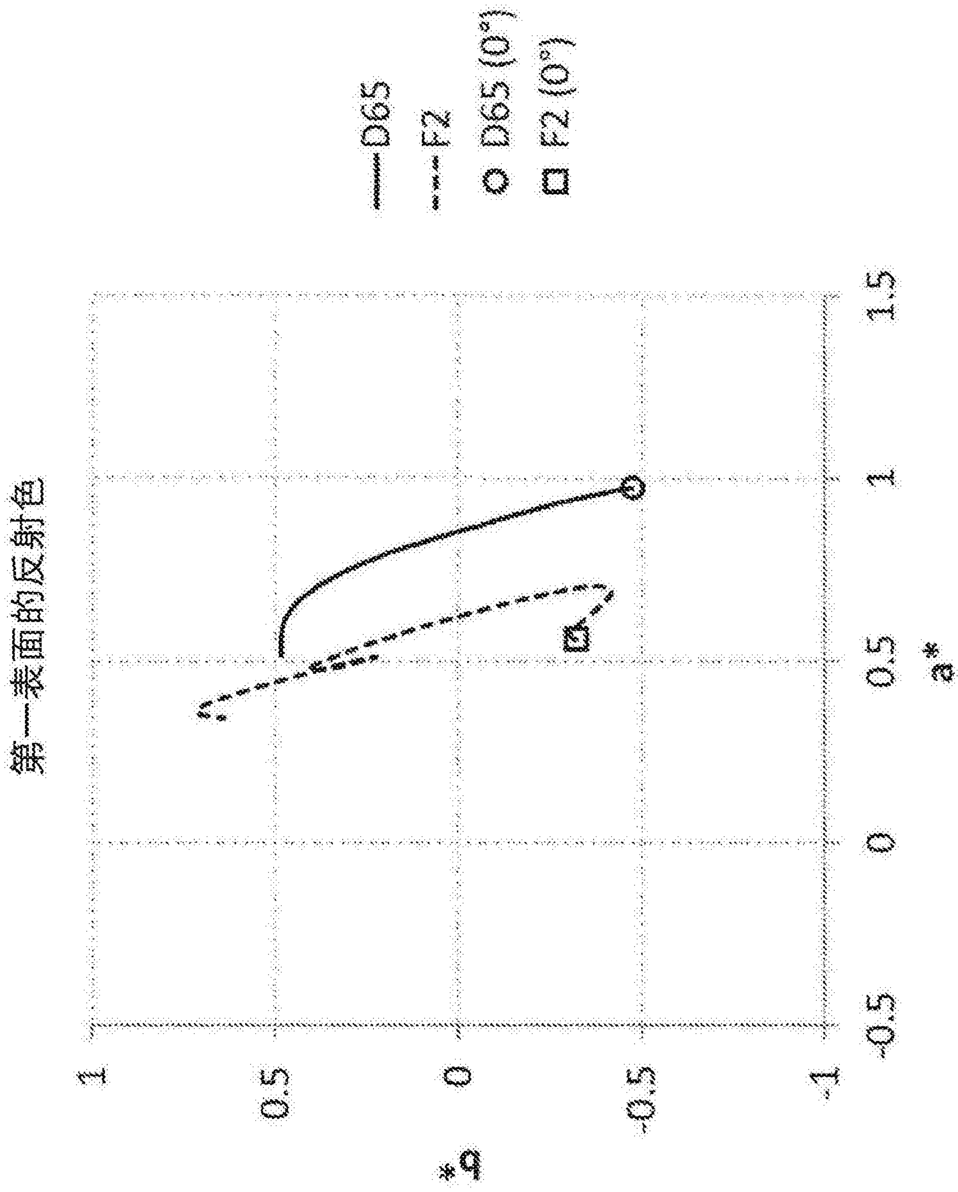


图14

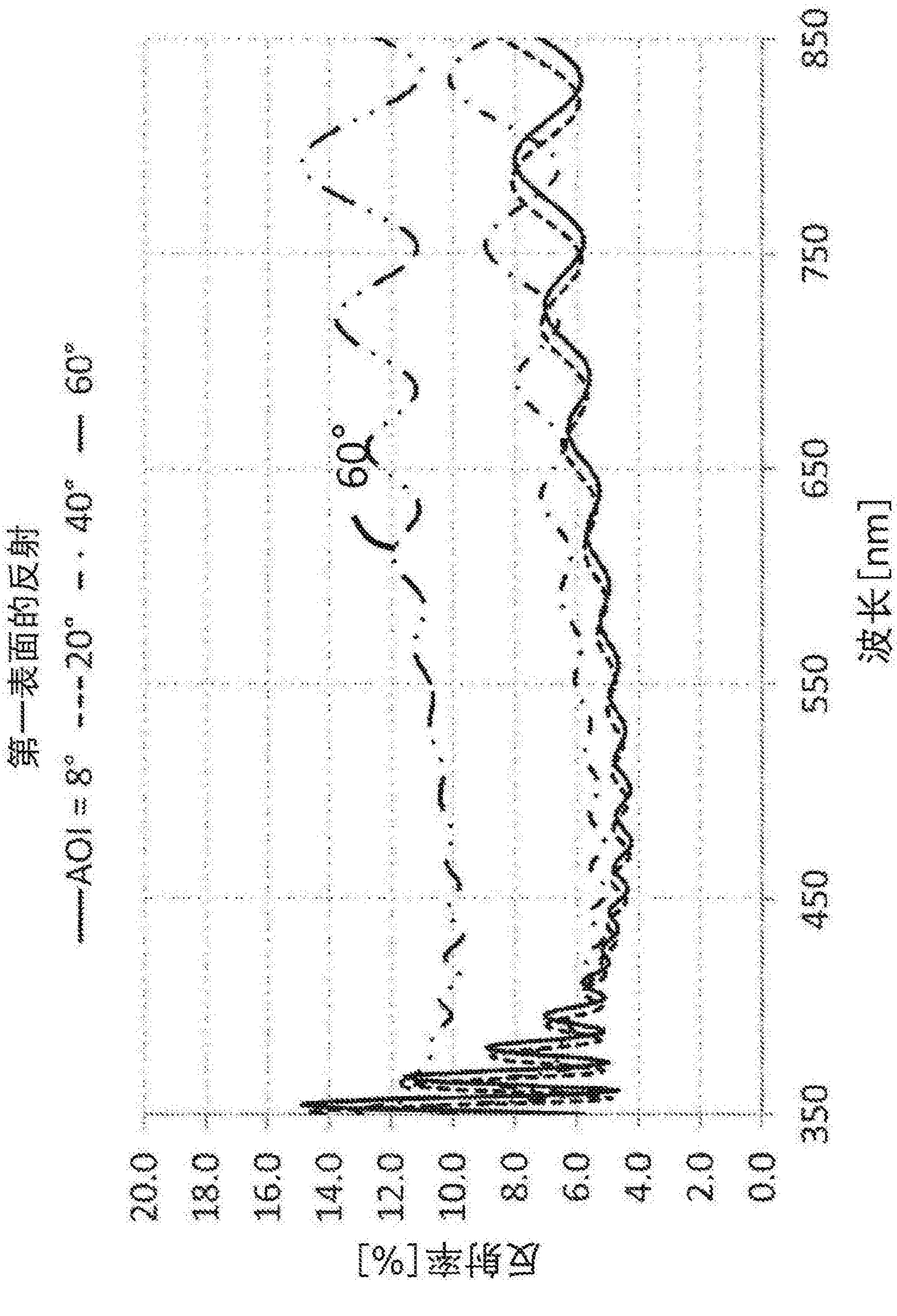

第一表面的反射
AOI = 8° 20° 40° 60°
60°
反射率[%]
20.0 18.0 16.0 14.0 12.0 10.0 8.0 6.0 4.0 2.0 0.0
350 450 550 650 750 850
波长[nm]

图15

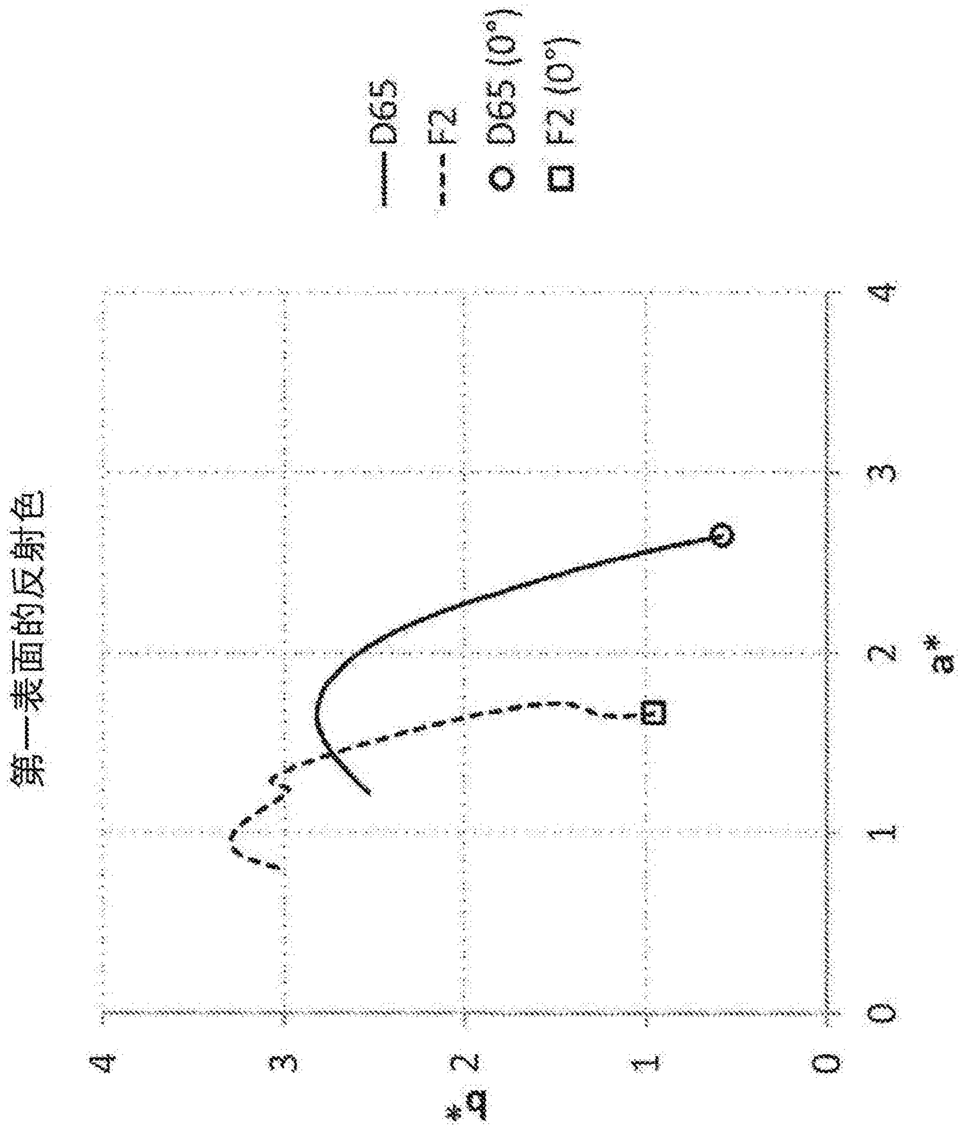


图16

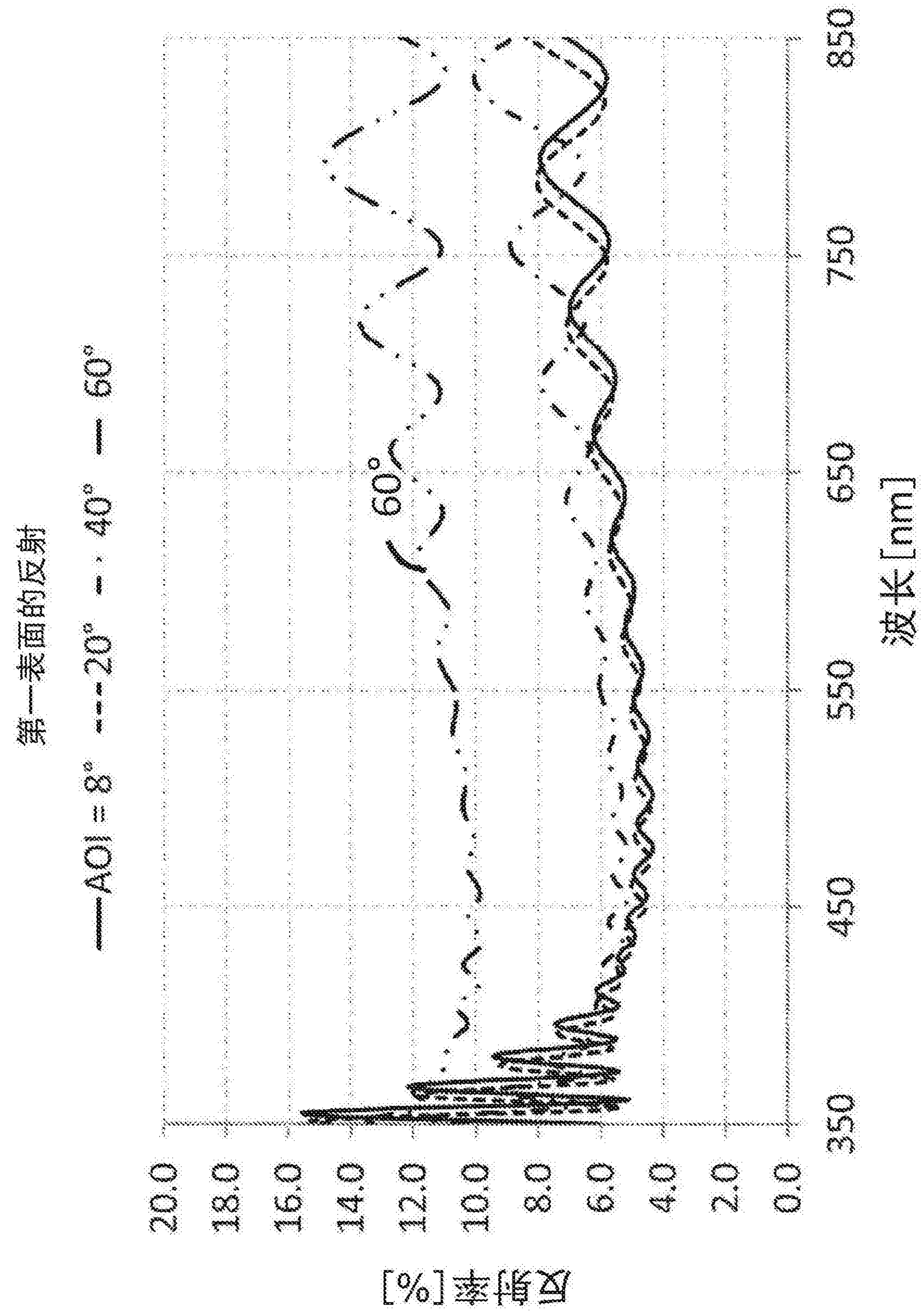

第一表面的反射
AOI = 8°　20°　40°　60°
60°
反射率[%]
20.0
18.0
16.0
14.0
12.0
10.0
8.0
6.0
4.0
2.0
0.0
350
450
550
650
750
850
波长[nm]

图17

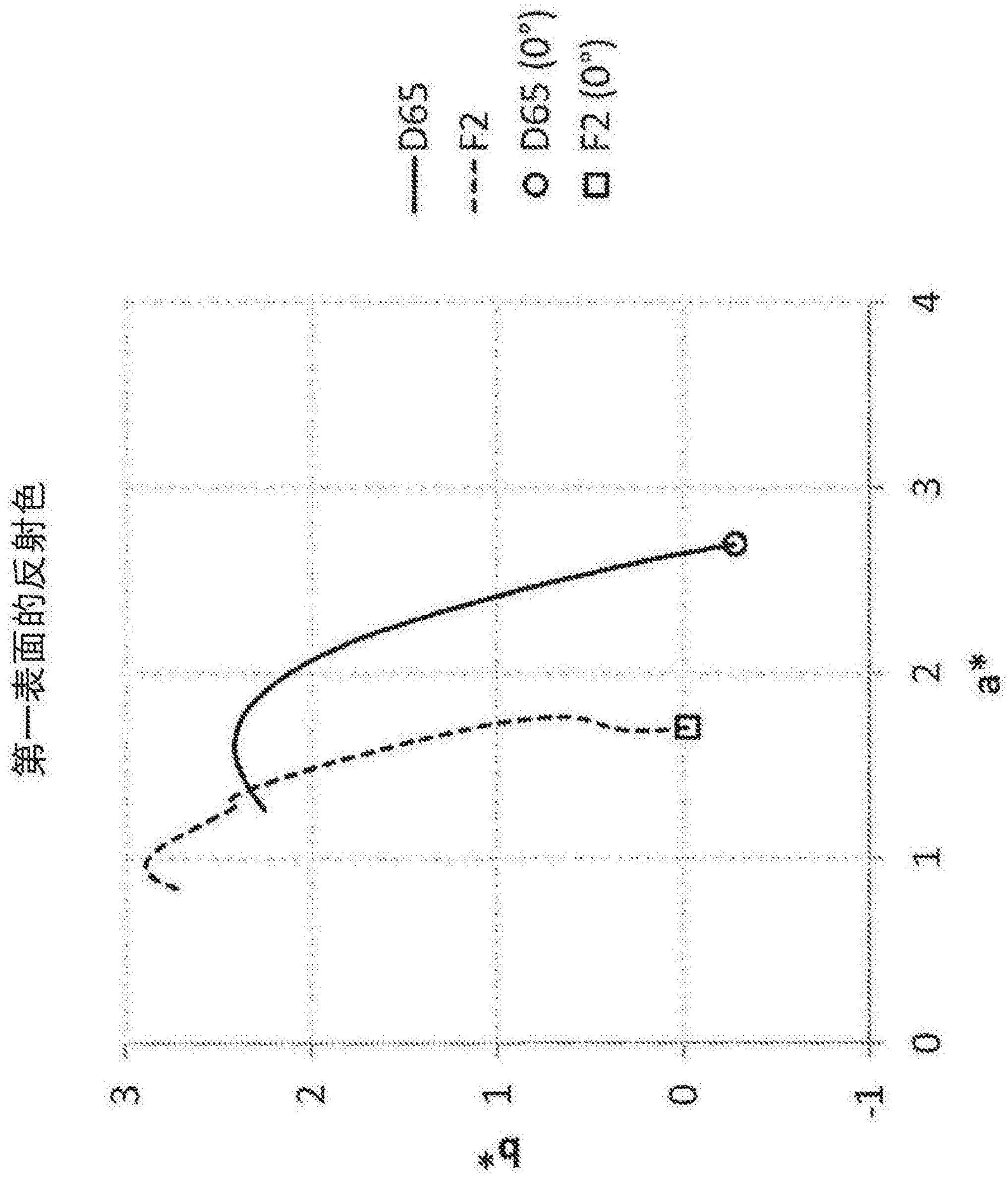


图18

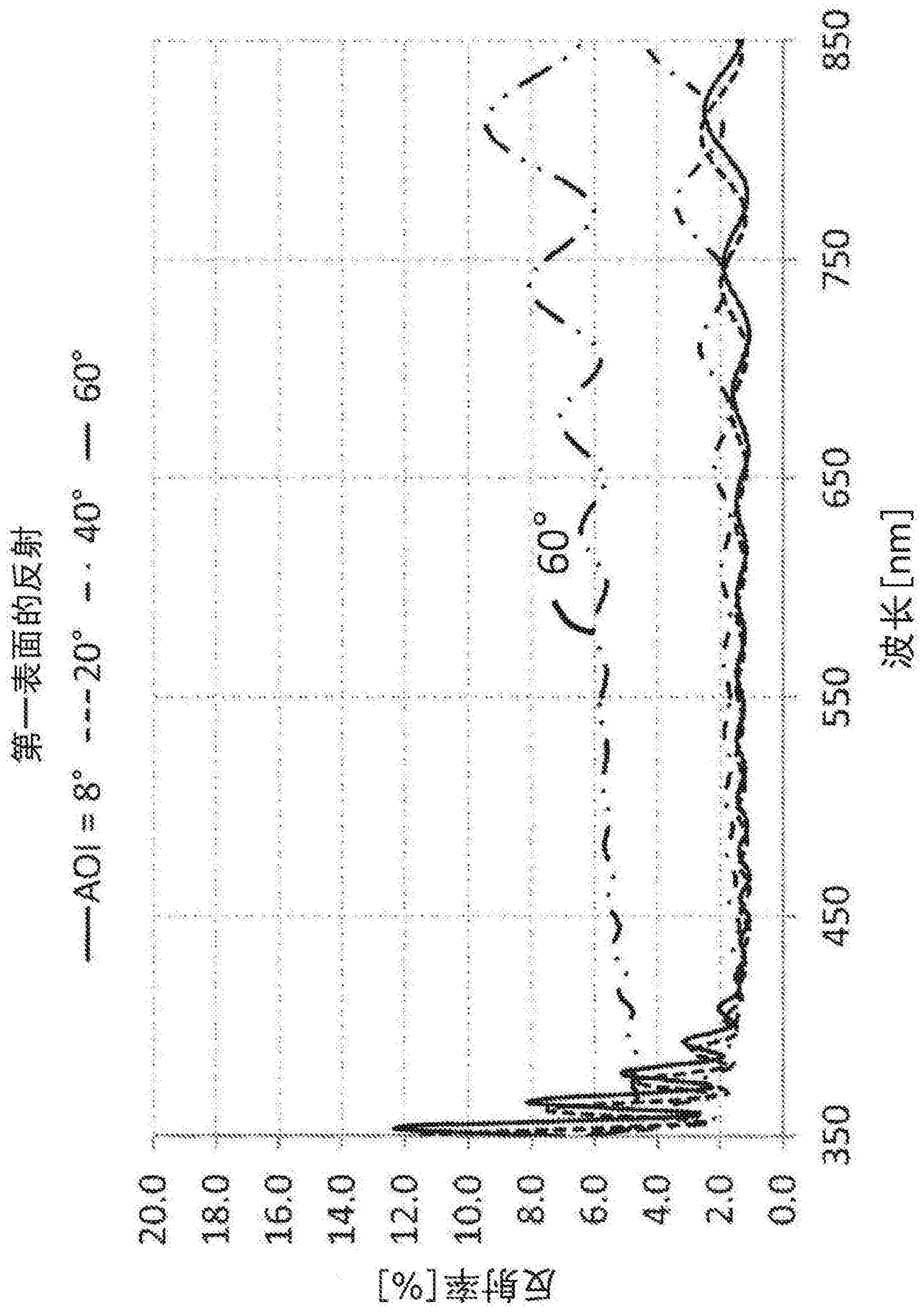

第一表面的反射
AOI = 8°　20°　40°　60°
60°
波长[nm]
反射率[%]
350
450
550
650
750
850
0.0
2.0
4.0
6.0
8.0
10.0
12.0
14.0
16.0
18.0
20.0

图19

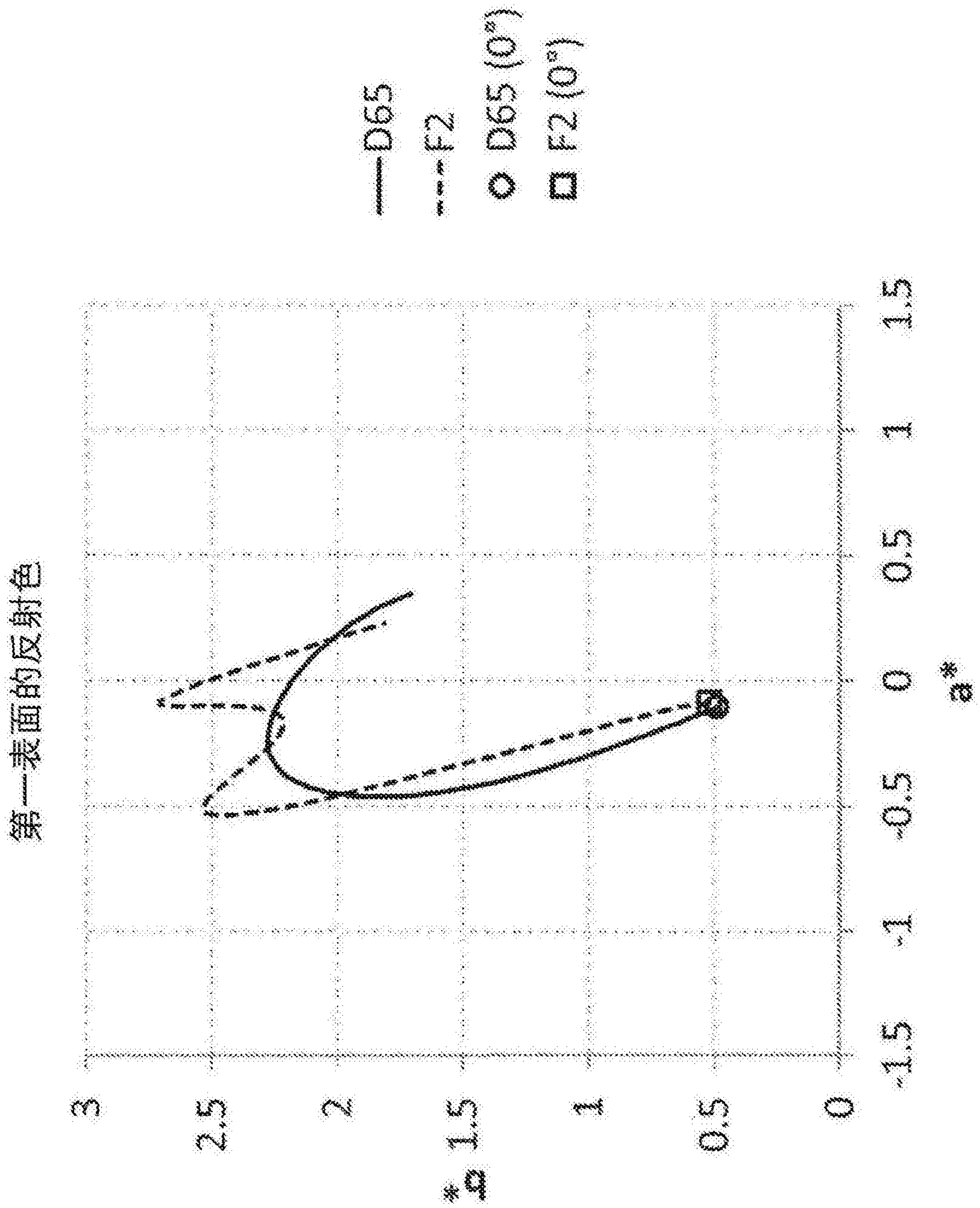


图20

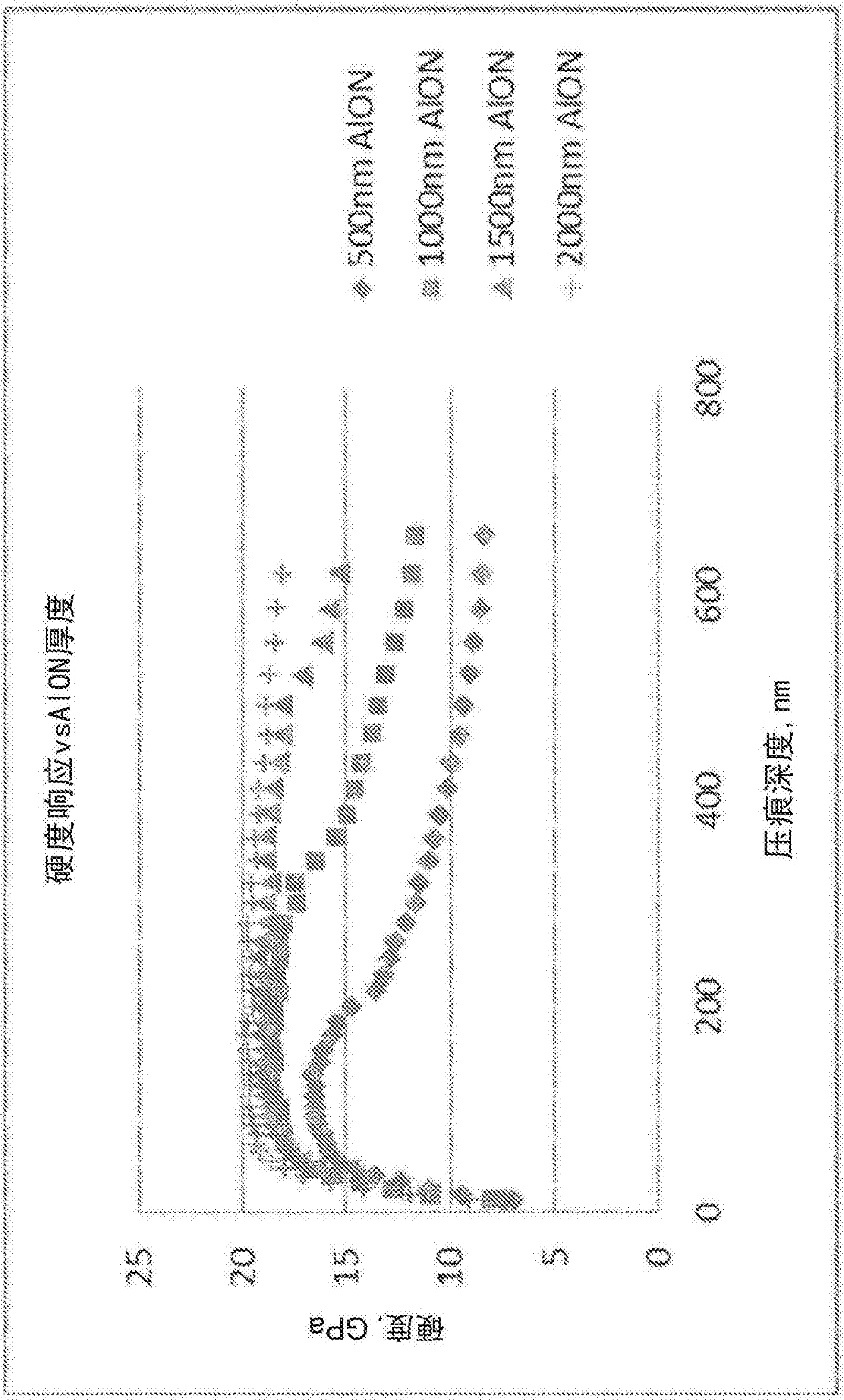

硬度响应vsAlON厚度
硬度, GPa
25
20
15
10
5
0
0
200
400
600
800
压痕深度, nm
500nm AlON
1000nm AlON
1500nm AlON
2000nm AlON

图21