



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106537190 B

(45)授权公告日 2019.08.16

(21)申请号 201580039267.4

(22)申请日 2015.05.22

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 106537190 A

(43)申请公布日 2017.03.22

(30)优先权数据
62/002,466 2014.05.23 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2017.01.18

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2015/032138 2015.05.22

(87)PCT国际申请的公布数据
W02015/179739 EN 2015.11.26

(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·科齐三世
C·A·保尔森

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

(51)Int.CI.
602B 1/11(2015.01)

(56)对比文件
US 4966437 A, 1990.10.30, 说明书第1栏第54行至第2栏第32行, 图2.
CN 102850761 A, 2013.01.02, 全文.
审查员 余晶莹

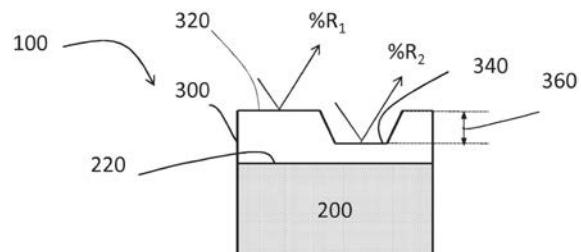
权利要求书2页 说明书82页 附图37页

(54)发明名称

具有减少的划痕与指纹可见性的低反差减反射制品

(57)摘要

揭示了包括低反差减反射涂层的制品的实施方式。在原始状态与存在表面缺陷之间,此类制品的经涂覆的表面展现出减小的反射率差异。在一个或多个实施方式中,此类制品的经涂覆的表面在原始状态展现出约为0.6-6.0%的第一平均反射率,以及在去除了减反射涂层的表面厚度之后,展现出小于或等于约8%的第二平均反射率。在其他实施方式中,当经涂覆的表面包括污染物时,经涂覆的基材展现出小于或等于约10%的第二平均反射率。在一些实施方式中,经涂覆的基材在原始状态展现出第一色坐标(a^*_1, b^*_1)以及在存在表面缺陷之后展现出第二色坐标(a^*_2, b^*_2),使得 Δa^*b^* 小于或等于约6。



1. 一种具有减少的表面缺陷可见性的制品,所述制品包括:

具有基材表面的基材;以及

布置在所述基材表面上的减反射涂层,其形成经涂覆的表面,

其中,当所述经涂覆的表面处于原始状态时,所述经涂覆的表面展现出第一平均反射率,以及在从所述经涂覆的表面去除20-500nm的预定厚度的所述减反射涂层之后,所述经涂覆的表面展现出第二平均反射率,其在可见光谱上提供了0.5-50的反差比,所述反差比是所述第二平均反射率:所述第一平均反射率,其中,所述减反射涂层的厚度大于所述预定厚度,以及其中,反射率是在0-60度的入射照射角测得的。

2. 如权利要求1所述的制品,其特征在于,在450-650nm的至少一部分可见光谱上,所述第一平均反射率为0.6-6%,以及在450-650nm的可见光谱上,所述第二平均反射率小于或等于8%。

3. 如权利要求1所述的制品,其特征在于,所述减反射涂层包括布置在所述基材表面上的第一层以及布置在所述第一层上的具有层厚度的第二层,其中,所述预定厚度大于或等于所述第二层的层厚度。

4. 如权利要求1所述的制品,其特征在于,所述第一平均反射率和所述第二平均反射率中的至少一个在可见光谱上包括小于或等于2%绝对反射率的平均振幅,其中,所述平均振幅包括可见光谱内或者给定波长宽度上,每个可能的100nm波长范围上取平均值的反射率或透射率的峰谷变化。

5. 如权利要求4所述的制品,其特征在于,在可见光谱内约100nm的波长宽度,所述第一平均反射率和所述第二平均反射率中的至少一个包括小于或等于2%绝对反射率的最大振幅。

6. 如权利要求4所述的制品,其特征在于,在可见光谱上,所述第一反射率和所述第二反射率中的至少一个包括相对于平均反射率值小于20%的反射率振动。

7. 如权利要求6所述的制品,其特征在于,所述第二平均反射率小于3%。

8. 如权利要求7所述的制品,其特征在于,所述预定厚度包括高至25nm,其中,所述第二平均反射率包括小于或等于6%,以及其中,所述经涂覆的表面在可见光谱上展现出0.5-10的反差比,所述反差比是所述第二平均反射率:所述第一平均反射率。

9. 如权利要求7所述的制品,其特征在于,所述预定厚度包括高至50nm,其中,所述第二平均反射率包括小于或等于8%,以及其中,所述经涂覆的表面在可见光谱上展现出0.5-20的反差比,所述反差比是所述第二平均反射率:所述第一平均反射率。

10. 如权利要求7所述的制品,其特征在于,所述预定厚度包括高至500nm,其中,所述第二平均反射率包括小于或等于12%,以及其中,所述经涂覆的表面在可见光谱上展现出0.5-50的反差比,所述反差比是所述第二平均反射率:所述第一平均反射率。

11. 如权利要求7所述的制品,其特征在于,所述经涂覆的表面在可见光谱上展现小于10的反差比,所述反差比是所述第二平均反射率:所述第一平均反射率,以及其中,所述第一平均反射率和所述第二平均反射率是在0-60度的入射照射角测得的。

12. 如权利要求7所述的制品,其特征在于,所述反差比包括在可见光谱上平均振幅小于或等于1个绝对比单位的振动。

13. 一种具有减少的表面缺陷可见性的制品,所述制品包括:

具有表面的基材；以及

布置在所述表面上的减反射涂层，其形成经涂覆的表面，

其中，当所述制品处于原始状态时，所述制品的经涂覆的表面在450-650nm的可见光谱展现出0.6-6.0%的第一平均反射率，以及当所述经涂覆的表面包括厚度为100-2000nm的指纹模拟介质层时，所述制品的经涂覆的表面在所述可见光谱展现出小于或等于10%的第二平均反射率，其中，所述指纹模拟介质层包括1.4-1.6的折射率以及其中，所述第二平均反射率与所述第一平均反射率之比小于或等于20，以及该比例包括在可见光谱上平均振幅小于或等于10个绝对比单位的振动。

14. 如权利要求13所述的制品，其特征在于，所述经涂覆的表面包括指纹模拟介质层和具有在可见光谱上小于或等于8%绝对反射率的最大反射率值，以及其中，所述经涂覆的表面包括指纹模拟介质层和具有在可见光谱上包含小于或等于7.5%绝对反射率的最大振幅的反射率。

15. 一种具有减少的表面缺陷可见性的制品，所述制品包括：

具有基材表面的基材；以及

布置在所述基材表面上的减反射涂层，其形成经涂覆的表面，

其中，当采用相对于法向入射为0-75度的光源的入射照射角进行测量时，在原始状态下，所述经涂覆的表面展现出第一色坐标(a*1, b*1)，以及当采用所述光源的所述入射照射角进行测量时，在从所述经涂覆的表面去除预定厚度为0.1-140nm的所述减反射涂层之后，展现出第二色坐标(a*2, b*2)，以及

其中， $\Delta a*b* = \sqrt{((a*2-a*1)^2 + (b*2-b*1)^2)}$ ，其小于或等于6。

16. 如权利要求15所述的制品，其特征在于，通过布氏压痕计硬度测试，所述制品在距离所述经涂覆的表面大于或等于100nm的压痕深度展现出大于或等于5GPa的硬度。

17. 如权利要求16所述的制品，其特征在于，所述入射照射角为60度，其中，所述预定厚度为0.1-100nm，以及其中， $\Delta a*b*$ 小于或等于3。

具有减少的划痕与指纹可见性的低反差减反射制品

[0001] 相关申请交叉参考

[0002] 本申请根据35 U.S.C. §119, 要求2014年5月23日提交的美国临时申请系列第62/002466号的优先权, 本文以该申请为基础并将其全文通过引用结合于此。

技术领域

[0003] 本公开涉及制品, 更具体地, 涉及具有减少的划痕与指纹可见性的低反差减反射制品。

背景技术

[0004] 本文涉及具有低反差减反射涂层的制品, 更具体地, 涉及具有减少的表面缺陷(例如划痕和指纹)可见性的此类制品。

[0005] 在显示器覆盖玻璃市场以及诸如建筑、车辆之类的其他应用或者需要高光学透射率和表面耐用性的其他应用中使用透明耐划痕膜和硬涂层。在跌落到硬且粗糙表面事件过程中, 这些膜和涂层已经显示出具有改善的耐破坏性。

[0006] 对于这些市场和应用已经开发了减反射涂层用于降低来自表面的反射环境光强度, 增加透射率、增加显示器的可读性和可视性, 以及降低来自眼镜、窗和其他表面的不合乎希望或分散注意力的眩光。相比于具有相同表面缺陷但是不包括减反射涂层的表面, 常规减反射涂层存在包括增加(如本文所述的)表面缺陷的可见性的缺点。如图1所示, 表面缺陷的可见性至少部分取决于减反射涂层的原始部分与相同的减反射涂层的含表面缺陷部分之间的反射率反差。图1显示已知的制品10, 其具有基材20, 所述基材20具有表面22, 以及减反射涂层30布置在表面22上形成经涂覆表面32。在图1中, 去除一部分的减反射涂层30(即, 在经涂覆表面32上形成表面缺陷)形成了包括表面缺陷34的新表面。不含表面缺陷的经涂覆表面32被认为是原始的。如本文所用术语“原始”表示不含表面缺陷的经涂覆表面, 如本文所定义。如图1A所示, 原始的经涂覆表面具有第一反射率%R₁, 以及包含表面缺陷的表面(显示为表面厚度的去除)展现出不同于%R₁的第二反射率%R₂。一些减反射涂层包括交替的高折射率层和低折射率层, 第二反射率%R₂不同于%R₁的原因在于, 在包含表面缺陷34的暴露表面处的材料不同于原始表面处的材料。该结果还存在于当表面缺陷包括经涂覆的表面上增加的污染物的情况, 代替表面厚度的去除。该反射率差异突出了表面缺陷的存在, 取决于减反射涂层的结构, 该差异可能由于存在具有变化的表面厚度去除厚度的表面缺陷的存在而强化。

[0007] 此外, 近年来出现的用于显示器覆盖的涂层材料可能具有高硬度或者其他改善的机械性质; 但是, 这些改善的机械性质通常从根本上来说与具有较高折射率的材料相关, 例如Al₂O₃、单晶Al₂O₃(蓝宝石)、AlNx、Al₁₀xNy、SiNx、Si₁₀xNy和ZrO₂。

[0008] 因此, 存在对于特殊设计的涂层的需求, 其降低了与具有高折射率材料和/或透明基材的制品相关的反射率, 而不显著增加在制品使用过程中出现或形成的表面缺陷的可见性。本文涉及相比于相同的裸透明基材的反射率降低, 同时降低了表面缺陷的可见性。

发明内容

[0009] 本文的各个方面涉及透明制品，其展现出低反射率和降低的表面缺陷可见性。制品包括布置在至少一个表面上的减反射涂层，其降低了制品的反射率，并且其具有降低了表面缺陷的反差或可见性的属性。如本文所用术语“表面缺陷”包括减反射涂层的表面厚度的去除(例如，减反射涂层上或者减反射涂层中的划痕、碎片和/或磨损区域)；减反射涂层的经涂覆表面的材料或污染物增加(例如，指纹、指纹残留物或者指纹模拟介质或媒介)；减反射涂层的分层区域；以及在制品的正常使用过程中引入到减反射涂层和/或引入减反射涂层中的其他表面瑕疵(即，不是在制品的制造过程中或者减反射涂层的布置过程中引入的)。表面缺陷的横向尺度应该大于或等于约1um。

[0010] 本文的第一个方面属于制品，所述制品包括基材，所述基材具有基材表面和布置在基材表面上形成经涂覆表面的减反射涂层。除非另有说明，否则经涂覆表面是减反射涂层和下方基材(和/或布置在基材与减反射涂层之间的其他层)的表面。在一个或多个实施方式中，当经涂覆表面处于原始状态时，经涂覆表面在约为450-650nm的可见光谱的至少一部分上展现出约为0.6-6.0%的第一平均反射率，以及在从经涂覆表面去除减反射涂层的表面厚度之后，在可见光谱上展现出小于或等于约8% (例如，小于或等于约3%) 的第二平均反射率。在一个变化形式中，减反射涂层包括涂层厚度，其大于表面厚度。在另一个变化形式中，表面厚度大于或等于约25nm (例如，约为25-100nm或者约为25-500nm)。在另一个变化形式中，减反射涂层包括多层，并且具体来说，包括布置在基材表面上的第一层和布置在第一层上的第二层，其中，第二层的厚度小于表面厚度(或者换言之，表面厚度大于或等于第二层的层厚度)。

[0011] 在一个实施方式中，当经涂覆的表面处于原始状态时，经涂覆的表面可展现出第一反射率，以及在从经涂覆的表面去除一定表面厚度的减反射涂层之后，经涂覆表面可展现出第二反射率。第一反射率和第二反射率中的至少一个在可见光谱上可展现出小于或等于约2%绝对反射率的平均振幅。在一些实施方式中，在可见光谱内约100nm的波长宽度，第一反射率和第二反射率中的至少一个展现出小于或等于约2%绝对反射率的最大振幅。可在约为0度至约为60度的入射照射角，测量此类实施方式的反射率。在一些实施方式中，在可见光谱上，第一反射率和第二反射率中的至少一个包括相对于平均反射率值小于20%的反射率振动。

[0012] 在一个或多个实施方式中，在可见光谱上，经涂覆的表面包括约为0.5-50的反差比(第二平均反射率:第一平均反射率)。在一个或多个实施方式中，其中，表面厚度包括高至约25nm，第二平均反射率包括小于或等于约6%，以及经涂覆的表面在可见光谱上展现出约为0.5-10的反差比(第二平均反射率:第一平均反射率)。在一些实施方式中，其中，表面厚度包括高至约50nm，第二平均反射率包括小于或等于约8%，以及经涂覆的表面在可见光谱上展现出约为0.5-20的反差比(第二平均反射率:第一平均反射率)。在一些实施方式中，其中，表面厚度包括高至约500nm，第二平均反射率包括小于或等于约12%，以及经涂覆的表面在可见光谱上展现出约为0.5-50的反差比(第二平均反射率:第一平均反射率)。在一个或多个实施方式中，经涂覆的表面在可见光谱上展现小于约10的反差比(第二平均反射率:第一平均反射率)，以及第一平均反射率和第二平均反射率是在约为0-60度的入射照射角测得的。在可见光谱上，一些实施方式展现出的反差比可展现出平均幅度小于或等于约1

的振动,单位为绝对比单位。在其他实施方式中,在约为0度至约为60度的入射照射角,测量第一平均反射率和第二平均反射率。

[0013] 本文的第二个方面属于制品,其包括具有表面的基材以及布置在表面上形成经涂覆的表面的减反射涂层,其中,当减反射涂层沉浸空气中时,经涂覆的表面展现出第一平均反射率,以及当减反射涂层沉浸指纹模拟介质中时,经涂覆的表面展现出约为小于或等于第一平均反射率的第二平均反射率(并且可以小于约1%)。指纹模拟介质可以包括约为1.4-1.6的折射率。

[0014] 本文的第三个方面包括制品,所述制品具有基材(所述基材具有表面)以及布置在表面上形成经涂覆的表面的减反射涂层,其中,当制品处于原始状态时,制品的经涂覆的表面在约为450-650nm的可见光谱展现出约为0.6-6.0%的第一平均反射率,以及当经涂覆的表面包括指纹模拟介质层时,在可见光谱上展现出小于或等于约10%的第二平均反射率。指纹模拟介质层可具有约为100-2000nm的厚度,并且可包括1.4-1.6的折射率。

[0015] 第二平均反射率与第一平均反射率的反差比小于或等于约20,以及该比例包括平均幅度小于或等于约10个绝对比单位的振动,在可见光谱上而言。在一些实施方式中,经涂覆的表面包括指纹模拟介质层和在可见光谱上小于或等于约8%绝对反射率的最大反射率值,以及经涂覆的表面包括指纹模拟介质层和在可见光谱上小于或等于约7.5%绝对反射率的最大振幅的反射率。

[0016] 本文的第四个方面属于制品,其包括基材表面和布置在基材表面上形成经涂覆的表面的减反射涂层,其中,当采用相对于法向入射约为0-75度的光源的入射照射角进行测量时,在原始状态下,经涂覆的表面展现出第一色坐标(a^*1, b^*1),以及当采用光源的入射照射角进行测量时,在从经涂覆的表面去除减反射涂层的表面厚度之后,展现出第二色坐标(a^*2, b^*2)。入射照射角可以约为60度,以及所述表面厚度可以约为0.1-100nm。

[0017] 色坐标差异(Δa^*b^*)可以小于或等于约6,或者甚至小于或等于约3。在一些实施方式中,表面厚度约为0.1-140nm。减反射涂层可具有布置在表面上的第一层以及布置在第一层上的第二层,其中,第一层包括厚度小于或等于约50nm的高折射率材料层。在另一个实施方式中,减反射涂层包括硬度大于约5GPa的硬材料,这是通过如本文所定义的布氏压痕计硬度测试在大于或等于约100nm的压痕深度上测得的。在一些实施方式中,制品展现出大于约5GPa的硬度,这是通过如本文所定义的布氏压痕计硬度测试在大于或等于约100nm的压痕深度上测得的。

[0018] 在以下的详细描述中提出了本文的其他特征和优点,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。

[0019] 应理解,上面的一般性描述和下面的详细描述都仅仅是示例性的,用来提供理解权利要求书的性质和特点的总体评述或框架。所附附图提供了进一步理解,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。

附图说明

[0020] 图1是包含基材和减反射涂层的现有制品的侧视图;

- [0021] 图2是根据一个或多个实施方式的制品的侧视图,其具有包括去除了表面厚度的表面缺陷;
- [0022] 图3是根据一个或多个实施方式的制品的侧视图,其具有多层减反射涂层和包括去除了表面厚度的表面缺陷;
- [0023] 图4是根据一个或多个实施方式的制品的侧视图,其具有包括增加了污染物的表面缺陷;
- [0024] 图5A是模型比较例1的制品在去除了不同表面厚度之后的反射率谱图;
- [0025] 图5B显示在去除了不同表面厚度之后,图5A所示制品的反差比;
- [0026] 图5C是模型比较例2在去除了不同表面厚度之后的反差比图;
- [0027] 图5D显示图5A所示制品的 $\Delta a*b*$ 与去除的表面厚度和入射照射角的关系图;
- [0028] 图6A是模型实施例3在去除了不同表面厚度之后的反射率谱图;
- [0029] 图6B显示在去除了不同表面厚度之后,图6A所示制品的反差比;
- [0030] 图6C显示图6A所示制品的 $\Delta a*b*$ 与去除的表面厚度和入射照射角的关系图;
- [0031] 图7A是模型实施例4在去除了不同表面厚度之后的反射率谱图;
- [0032] 图7B显示在去除了不同表面厚度之后,图7A所示制品的反差比;
- [0033] 图7C是在不同入射观察角下,处于原始状态的模型实施例4的反射率谱图;
- [0034] 图7D显示图7A所示制品的 $\Delta a*b*$ 与去除的表面厚度和入射照射角的关系图;
- [0035] 图8A是模型实施例5在去除了不同表面厚度之后的反射率谱图;
- [0036] 图8B显示在去除了不同表面厚度之后,图8A所示制品的反差比;
- [0037] 图8C是在不同入射观察角下,处于原始状态的模型实施例5的反射率谱图;
- [0038] 图8D显示图8A所示制品的 $\Delta a*b*$ 与去除的表面厚度和入射照射角的关系图;
- [0039] 图9A是模型实施例6在去除了不同表面厚度之后的反射率谱图;
- [0040] 图9B显示在去除了不同表面厚度之后,图9A所示制品的反差比;
- [0041] 图9C是在不同入射照射角下,处于原始状态的模型实施例6的反射率谱图;
- [0042] 图9D显示在不同入射照射角下,在去除了50nm的表面厚度之后,模型实施例6的反射率变化图;
- [0043] 图9E是图9D所示的经涂覆的表面的反差比图;
- [0044] 图9F显示图9A所示制品的 $\Delta a*b*$ 与去除的表面厚度和入射照射角的关系图;
- [0045] 图10A是模型比较例7的反射率谱图,其具有表面缺陷,所述表面缺陷包括增加了具有不同厚度的污染物;
- [0046] 图10B显示在增加了具有不同厚度的污染物之后,图10A所示制品的反差比;
- [0047] 图11A是模型实施例8的反射率谱图,其具有表面缺陷,所述表面缺陷包括增加了具有不同厚度的污染物;
- [0048] 图11B显示在增加了具有不同厚度的污染物之后,图11A所示制品的反差比;
- [0049] 图12A是模型实施例9的反射率谱图,其具有表面缺陷,所述表面缺陷包括增加了具有不同厚度的污染物;
- [0050] 图12B显示在增加了具有不同厚度的污染物之后,图12A所示制品的反差比;
- [0051] 图13A是模型实施例10的反射率谱图,其具有表面缺陷,所述表面缺陷包括增加了具有不同厚度的污染物;

- [0052] 图13B显示在增加了具有不同厚度的污染物之后,图13A所示制品的反差比;
- [0053] 图14A是在不同入射照射角下,模型实施例11的反射率谱图;
- [0054] 图14B显示在不同入射照射角和光源D65和F2下,模型实施例11的a*和b*坐标;
- [0055] 图15A是在不同入射照射角下,模型实施例12的反射率谱图;以及
- [0056] 图15B显示在不同入射照射角和光源D65和F2下,模型实施例12的a*和b*坐标。

具体实施方式

[0057] 下面详细参考本发明的各个实施方式,它们例子在附图中示出。只要有可能,在所有附图中使用相同的附图标记来表示相同或类似的部分。

[0058] 本文的第一个方面属于包括低反差减反射涂层的制品。如图2所示,制品100包括基材200,其具有至少一个基材表面220和布置在所述至少一个基材表面上的减反射涂层300,其形成了经涂覆的表面320,降低了制品的反射率。换言之,减反射涂层320展现出的低反射率或反射率小于其上没有布置减反射涂层300的基材表面220的反射率。本文所用术语“反射率”定义为给定波长范围内,从材料(例如,制品、基材或者光学膜或其部分)反射的入射光功率的百分比。采用具体谱线宽度来测量反射率。在一个或多个实施方式中,反射率表征的光谱分辨率小于5nm或0.02eV。

[0059] 本文所述的平均反射率($\%R_{平均1}$ 和 $\%R_{平均2}$)以及反射率($\%R_1$ 和 $\%R_2$)的值和范围可在采用入射照射角的条件下进行测量,其模拟了随着观察角变化,经涂覆的表面的反射所展现或感知的颜色。入射照射角的范围可以如下所示:约为0-80度、约为0-75度、约为0-70度、约为0-65度、约为0-60度、约为0-55度、约为0-50度、约为0-45度、约为0-40度、约为0-35度、约为0-30度、约为0-25度、约为0-20度、约为0-15度、约为5-80度、约为5-80度、约为5-70度、约为5-65度、约为5-60度、约为5-55度、约为5-50度、约为5-45度、约为5-40度、约为5-35度、约为5-30度、约为5-25度、约为5-20度、约为5-15度,以及其间的所有范围和子范围。用于测量本文所述的平均反射率($\%R_{平均1}$ 和 $\%R_{平均2}$)以及反射率($\%R_1$ 和 $\%R_2$)的值和范围的光源可以包括CIE确定的标准光源,包括A光源(表示钨丝发光体)、B光源(模拟日光光源)、C光源(模拟日光光源)、D系列光源(表示自然日光)以及F系列光源(表示各种类型的荧光发光体)。

[0060] 减反射涂层300可描述为“低反差”涂层,因为相比于常规减反射涂层,该减反射涂层中或者其上的表面缺陷的反差或可见性下降。可将反差和可见性用来描述具有和不具有表面缺陷的表面之间的相对反射率。

[0061] 因此,处于原始状态的减反射涂层的反射率与处于包括表面缺陷的状态的相同涂层的反射率的相对差异可用于描述本文所述的减反射涂层的低反差属性。具体来说,处于原始状态的减反射涂层与处于具有表面缺陷状态的减反射涂层的反射率之比(即,反差比)、反射率振动-波长关系以及反差比的振动-波长关系,分别单独和共同地影响减反射涂层和其中所含的表面缺陷的可见性和颜色。因此,反射率和反差比的较低或较小振动以及较小的反差比对降低表面缺陷的可见性起作用。由于缺陷尺寸和形状,此类表面缺陷通常还会产生光散射;一个或多个实施方式的减反射涂层的性能通常忽略了独立于本文所述的其他光学性的散射影响。即使是在存在来自表面缺陷的光散射的情况下,本文所述的减反射涂层实施方式的光学性能显著降低了表面缺陷的可见性。

[0062] 在一个或多个实施方式中,当经涂覆的表面处于原始状态时,经涂覆的表面320在至少一部分的可见光谱上展现出第一平均反射率(%R_{平均1})或第一反射率(%R₁),以及当经涂覆的表面包括表面缺陷340时,其在至少一部分的可见光谱上展现出第二平均反射率(%R_{平均2})或第二反射率(%R₂),如本文所述。当与现有涂层进行比较时,%R₁与%R₂之间的相对差异以及%R_{平均1}与%R_{平均2}之间的相对差异减小。如本文所用术语“可见光谱”包括沿着约为400-700nm或者约为450-650nm范围的波长。本文所述的反射率值或范围可限定为在可见光谱上或者沿着一部分的可见光谱。一部分的可见光谱可描述为“波长宽度”,其可以是可见光谱(例如,约为400-500nm或者约为450-650nm)内约为100nm或200nm的宽度。

[0063] 在一个或多个具体实施方式中,表面缺陷340包括从经涂覆的表面去除减反射涂层大于或等于约25nm的表面厚度360,如图2所示。在一些实施方式中,表面厚度可以约为25-500nm。例如,表面厚度可以约为25-450nm、约为25-400nm、约为25-350nm、约为25-300nm、约为25-250nm、约为25-200nm、约为25-150nm、约为25-100nm、约为50-500nm、约为75-500nm、约为100-500nm、约为150-500nm、约为200-500nm、约为250-500nm或者约为300-500nm。

[0064] 在一些实施方式中,减反射涂层包括的厚度大于所述表面厚度。去除表面厚度在该去除区域中形成表面缺陷340,同时余下的经涂覆的表面320可形成原始状态,因为不存在表面缺陷。

[0065] 在一些实施方式中,如图3所示,减反射涂层300包括多层涂层,其包括至少两层,从而第一层311布置在基材表面22上以及第二层312布置在第一层311上。第二层312的层厚度314可以小于表面厚度360。换言之,表面厚度360大于或等于第二层312的层厚度,从而去除表面厚度360包括从经涂覆的表面320去除至少一部分的第二层312。在此类实施方式中,经涂覆的表面320包括由第二层形成的区域(其提供原始状态)以及从第一层311形成的区域(其包括表面缺陷340)。

[0066] 如图4所示,一个或多个实施方式的表面缺陷340可包括向减反射涂层300的经涂覆的表面320添加材料或污染物365(例如,指纹、指纹残留物或者指纹模拟介质或媒介)。在一些实施方式中,污染物365可作为厚度约为100-2000nm的平坦层存在。在具体实施方式中,厚度旨在模拟指纹滴。污染物的折射率可以约为1.4-1.6,或者约为1.49,以模拟指纹残留物中所含的油类。在一些实施方式中,可以采用与用来测量表面缺陷包括去除表面厚度或者添加污染物的情况下测量反射率的相同技术来测量%R₁和/或%R_{平均1}以及%R₂和/或%R_{平均2}。在其他实施方式中,具有表面缺陷包括添加污染物,当减反射涂层处于空气中的浸入状态或者在空气中或被空气围绕时,对%R₁和/或%R_{平均1}进行测量或建模(即,通过反射率测量系统来俘获在空气/减反射涂层界面处的%R₁和/或%R_{平均1})。在此类实施方式中,可以当减反射涂层处于污染物中的浸入状态或者在污染物中或被污染物围绕时,对%R₂和/或%R_{平均2}进行测量或建模(即,通过反射率测量系统来俘获在空气/污染物界面处的%R₂和/或%R_{平均2},但是去除或减去了来自系统中的任何空气界面的反射率)。监测器或测量系统透镜可以与污染物浴接触,所述污染物浴还围绕着制品的经涂覆的表面。

[0067] 在一个或多个实施方式中,%R_{平均2}可以等于或小于%R_{平均1}。在一个或多个实施方式中,在整个可见光谱上或者在至少一部分的可见光谱上,%R_{平均1}可以约为0.5-7%、或者约为0.6-6.0%。在一个或多个实施方式中,在整个可见光谱上或者在至少一部分的可见光谱

上, $\%R_{平均2}$ 可以小于或等于 10% (例如, 小于或等于约 8%、小于或等于约 6%、小于或等于约 5%、小于或等于约 4%、小于或等于约 3% 或者小于或等于约 2%)。当表面缺陷包括添加的污染物时, 在至少一部分的可见光谱上, $\%R_{平均2}$ 可以小于或等于约 2%、小于或等于 1% 或者小于或等于约 0.5%。

[0068] $\%R_1$ 和 $\%R_2$ 中的至少一个可在测量反射率的可见光谱上展现出振动。在可见光谱上, $\%R_1$ 和 $\%R_2$ 中的至少一个可包括小于或等于约 2% 绝对反射率的平均振幅。如本文所用术语“幅度”包括可见光谱上或者给定波长宽度上的反射率(或透射率)的峰谷变化。术语“平均振幅”包括可见光谱内或者给定波长宽度上, 每个可能的 100nm 波长范围内取平均值的反射率或透射率的峰谷变化。在一些实施方式中, 在整个可见光谱上或者约 100nm 的给定波长宽度上, 平均振幅可以小于或等于约 1.75%、小于或等于约 1.5%、小于或等于约 1%、小于或等于约 0.75%、小于或等于约 0.5%、小于或等于约 0.25%、或者小于或等于约 0.1%, 以绝对反射率表示。在一些情况下, 平均振幅的下限可以约为 0.1%。因此, 在整个可见光谱上或者在约 100nm 的给定波长宽度上, $\%R_1$ 和 $\%R_2$ 中的至少一个的平均振幅可以约为 0.1-2%, 以绝对反射率表示。在可见光谱上或者在给定波长宽度上, 振动的程度还可描述为相对于平均反射率或透射率值的百分比。例如, 在可见光谱上或者在给定波长宽度上, 相对于平均反射率值, $\%R_1$ 和 $\%R_2$ 中的至少一个可展现出小于约 30%、小于约 20%、或者小于约 10% 的反射率振动。在一个或多个实施方式中, 当表面缺陷包括添加污染物时, 在可见光谱上, 经涂覆的表面展现出在可见光谱上小于或等于约 8% 的最大反射率值以及任选地包括小于或等于约 7.5% 绝对反射率的最大振幅(例如, 约为 6%、5% 或者约为 4% 的绝对反射率, 或更小)。

[0069] 在一个或多个实施方式中, 在可见光谱或者给定波长宽度上, 经涂覆的表面包括反差比, 其是作为第二平均反射率与第一平均反射率之比测得的 ($\%R_{平均2} : \%R_{平均1}$), 前体是 $\%R_{平均2}$ 和 $\%R_{平均1}$ 是在相同入射照射角测量的。在一个或多个实施方式中, 反差比可以约为 0.5-50。例如, 反差比可以约为 0.5-45、约为 0.5-40、约为 0.5-35、约为 0.5-30、约为 0.5-25、约为 0.5-20、约为 0.5-15、约为 0.5-10、约为 0.5-8、约为 0.5-6、或者约为 0.5-5。作为对比, 具有去除了约为 25-500nm 表面厚度的表面缺陷的现有减反射涂层通常展现出大于或等于约 100 的反差比。在一些情况下, 减反射涂层的反差比可与表面缺陷相关。例如, 当表面缺陷包括高至约 25nm 的表面厚度去除时, 反差比可以小于或等于约 10、小于或等于约 5、或者小于或等于约 2(下限约为 0.5); 以及 $\%R_{平均2}$ 可以小于或等于约 6%、小于或等于约 4%、或者小于或等于 3%。在另一个例子中, 当表面缺陷包括高至约 50nm 的表面厚度去除时, 反差比可以小于或等于约 20、小于或等于 10、小于或等于约 5、小于或等于约 3、或者小于或等于约 2(下限约为 0.5); 以及 $\%R_{平均2}$ 可以小于或等于约 8%、小于或等于约 6%、或者小于或等于 5%。在另一个例子中, 当表面缺陷包括高至约 100nm 的表面厚度去除时, 反差比可以小于或等于约 50、小于或等于 20、小于或等于 10、小于或等于约 5、或者小于或等于约 3(下限约为 0.5); 以及 $\%R_{平均2}$ 可以小于或等于约 12%、小于或等于约 8%、小于或等于约 7%、或者小于或等于 6%。在另一个例子中, 当表面缺陷包括高至约 500nm 的表面厚度去除时, 反差比可以小于或等于约 50、小于或等于 20、小于或等于 10、小于或等于约 5、或者小于或等于约 3(下限约为 0.5); 以及 $\%R_{平均2}$ 可以小于或等于约 12%。在表面缺陷包括污染物添加的实施方式中, 反差比可以小于或等于约 20、小于或等于约 10、小于或等于约 8、小于或等于约 6、小于或等

于约5、小于或等于约4、小于或等于约3、小于或等于约2(下限约为0.5)。该反差比和/或%R_{平均2}值可以是沿着约为400–700nm或者约为450–650nm范围的可见光谱。

[0070] 在一个或多个实施方式中,经涂覆的表面的反差比可以展现出振动。在一些实施方式中,当表面缺陷包括去除表面厚度时,在可见光谱或者给定波长宽度上,反差比的平均振幅可以小于或等于约2、小于或等于约1或者小于或等于约0.5,绝对比单位。在一些实施方式中,当表面缺陷包括添加污染物时,在可见光谱或者给定波长宽度上,反差比的平均振幅可以小于或等于约10、小于或等于约7或者小于或等于约5,绝对比单位。

[0071] 一个或多个实施方式的减反射涂层300的性能可描述为制品的反射率或透射率的颜色变化。颜色可表示为国际照明委员会(“CIE”)L*、a*、b*色度体系下的色值或色坐标(a*,b*)。颜色变化可描述为色移,采用经涂覆的表面的a*和b*坐标,通过如下方程式 $\sqrt{((a*_{2}-a*_{1})^2 + (b*_{2}-b*_{1})^2)}$ 确定。坐标a*₁和b*₁可以是:1)处于原始状态的经涂覆的表面的色坐标或者在经涂覆的表面是原始的区域中的色坐标;2)(0,0);或者3)参照色坐标。坐标a*₂和b*₂可以是在经涂覆的表面形成表面缺陷之后的色坐标或者包含表面缺陷的区域的色坐标。当测量色坐标(a*₁,b*₁)和(a*₂,b*₂)时,入射照射角和光源是相同的。在一些实施方式中,色移可描述为 Δa^*b^* ,并且在本文所述的入射照射角(例如,约为0–75度、约为0–30度、或者约为30–75度)以及本文所述的光源下,可以小于或等于约6。在一些实施方式中,色移可以约为小于或等于5.5、约为小于或等于5、约为小于或等于4.5、约为小于或等于4、约为小于或等于3.5、约为小于或等于3、约为小于或等于2.5、约为小于或等于2、约为小于或等于1.9、小于或等于1.8、小于或等于1.7、小于或等于1.6、小于或等于1.5、小于或等于1.4、小于或等于1.3、小于或等于1.2、小于或等于1.1、小于或等于1、小于或等于0.9、小于或等于0.8、小于或等于0.7、小于或等于0.6、小于或等于0.5、小于或等于0.4、小于或等于0.3、小于或等于0.2、或者小于或等于0.1。在一些实施方式下,色移可以约为0。在一些实施方式中,当表面缺陷包括去除约为0.1–200nm、或者约为0.1–150nm、或者约为0.1–140nm的表面厚度时,经涂覆的表面展现出此类色移范围。在一个或多个具体实施方式中,当入射照射角约为60度以及表面厚度约为0.1–100nm时,色移小于或等于约3。

[0072] 在一个或多个实施方式中,减反射涂层可包括不止一层。在一些情况下,减反射涂层可包括布置在基材表面220上的第一层311和布置在第一层上的第二层312,其中,第一层311包括高折射率材料(例如,折射率大于第二层312的折射率)。在一些情况下,第一层311的厚度可以小于或等于约50nm。在一些实施方式中,减反射涂层中,包括高折射率材料的不止一层或者甚至所有的层都可具有小于或等于约100nm或者小于或等于约50nm的厚度。

[0073] 减反射涂层300和/或制品100可以通过经由布氏压痕计硬度测试测得的硬度进行描述。如本文所用,“布氏压痕计硬度测试”包括用钻石布氏压痕计对表面进行压痕,来测量材料表面的硬度。布氏压痕计硬度测试包括用钻石布氏压痕计对制品的经涂覆的表面320或者减反射涂层的表面(或者如本文所述减反射涂层中的任意一层或多层的表面)进行压痕,以形成压痕,压痕深度约为50–1000nm(或者减反射涂层或层的整个厚度,取较小者),并沿着整个压痕深度范围或者该压缩深度的区段测量最大硬度(例如,约为100–600nm),通常采用如下方法:Oliver, W.C.; Pharr, G.M. “An improved technique for determining hardness and elastic modulus using load and displacement sensing indentation experiments (采用负荷和位移传感压痕实验来确定硬度和弹性模量的改进技术)”,

J.Mater.Res.,第7卷,第6期,1992,第1564-1583页;以及Oliver,W.C.;Pharr,G.M.“Measurement of Hardness and Elastic Modulus by Instrument Indentation: Advances in Understanding and Refinements to Methodology(通过仪器压痕来测量硬度和弹性模量:方法理解与改进的进展)”,J.Mater.Res.,第19卷,第1期,2004,第3-20页。如本文所用,硬度指的是最大硬度,而非平均硬度。

[0074] 在一些实施方式中,减反射涂层300可展现出大于约5GPa的硬度,通过布氏压痕计硬度测试在经涂覆的表面320上测得。减反射涂层可展现出大于或等于约8GPa、大于或等于约10GPa、或者大于或等于约12GPa的硬度。如本文所述,包括减反射涂层300和任意额外涂层的制品100可展现出大于或等于约5GPa、或者大于或等于约8GPa、大于或等于约10GPa、或者大于或等于约12GPa的硬度,通过布氏压痕计硬度测试在经涂覆的表面320上测得。减反射涂层300和/或制品100沿着大于或等于约50nm或者大于或等于约100nm的压痕深度(例如,约为100-300nm、约为100-400nm、约为100-500nm、约为100-600nm、约为200-300nm、约为200-400nm、约为200-500nm、或者约为200-600nm)可展现出此类测得的硬度值。

[0075] 减反射涂层300可具有至少一层具有如下硬度的层(在该层的表面上测得,大于或等于约5GPa、大于或等于8GPa、大于或等于10GPa、大于或等于12GPa、大于或等于约13GPa、大于或等于约14GPa、大于或等于约15GPa、大于或等于约16GPa、大于或等于约17GPa、大于或等于约18GPa、大于或等于约19GPa、大于或等于约20GPa、大于或等于约22GPa、大于或等于约23GPa、大于或等于约24GPa、大于或等于约25GPa、大于或等于约26GPa、或者大于或等于约27GPa(高至约50GPa),通过布氏压痕计硬度测试测得。该层的硬度可以约为18-21GPa,通过布氏压痕计硬度测试测得。在一些实施方式中,减反射涂层包括平均硬度大于约5GPa(例如,大于或等于约10GPa、大于或等于约15GPa、或者大于或等于约20GPa)的硬材料,这是通过如本文所定义的布氏压痕计硬度测试测得的。可以在减反射涂层的所有层中,或者可以在减反射涂层的一层或多层特定层中存在硬材料。在一些情况下,减反射涂层可包括厚度大于或等于约1μm、或者大于或等于约2μm的包含硬材料的层。所示至少一层沿着大于或等于约50nm或者大于或等于约100nm的压痕深度(例如,约为100-300nm、约为100-400nm、约为100-500nm、约为100-600nm、约为200-300nm、约为200-400nm、约为200-500nm、或者约为200-600nm)可展现出此类测得的硬度值。在一个或多个实施方式中,制品展现出的硬度大于基材的硬度(该硬度可以是在与经涂覆的表面相反的表面上测得)。

[0076] 在一个或多个实施方式中,减反射涂层300或者减反射涂层内的单个层可展现出大于或等于约75GPa、大于或等于约80GPa、或者大于或等于约85GPa的弹性模量,这是在经涂覆的表面320上通过用布氏压痕计压痕该表面测得的。这些模量值可表示测得的非常接近经涂覆的表面101的模量,例如在0-50nm的压痕深度,或者其可以表示在更深压痕深度,例如约为50-1000nm处测得的模量。

[0077] 减反射涂层可包括沿其至少一部分厚度的折射率梯度,如2014年4月25日提交的题为“Scratch-Resistant Articles with a Gradient Layer(具有梯度层的耐划痕制品)”的美国专利申请第14/262,224号所述,其全文通过引用结合入本文。具体来说,减反射涂层可包括如下折射率,其从(与基材表面220相邻的)第一表面到第二表面(即,经涂覆的表面)是增加的。折射率可以沿着折射率梯度以约为0.2-0.5/μm的平均速率增加,并且折射率可以是约为1.5-2.0的范围。减反射涂层可包括组成梯度,其包括Si、Al、N和O中的至少两

种。

[0078] 在其他实施方式中,减反射涂层可包括具有不同且任选交替的折射率的一或多层,如2014年4月25日提交的题为“Low-Color Scratch-Resistant Articles with a Multilayer Optical Film(具有多层光学膜的低颜色耐划痕制品)”的美国专利申请第14/262,066号所述,其全文通过引用结合入本文。具体来说,减反射涂层可包括第一低RI子层和第二高RI子层。还可包含任选的第三子层。在一个或多个实施方式中,减反射涂层可包括多层子层组。单个子层组可包括第一低RI子层、第二高RI子层和任选的第三子层。在一些实施方式中,减反射涂层可包括多个子层组,使得第一低RI子层(指定所示为“L”)和第二高RI子层(指定所示为“H”)可提供如下子层顺序:L/H/L/H或H/L/H/L,使得第一低RI子层和第二高RI子层看上去沿着光学干涉层的物理厚度是交替的。在一些例子中,减反射涂层可具有三个子层组或者高至10个子层组。例如,减反射涂层可包括约2-12个子层组,约3-8个子层组,约3-6个子层组。用于一些例子中的第三子层可具有低RI、高RI或中等RI。在一些实施方式中,第三子层可具有与第一低RI子层或第二高RI子层相同的RI。在其他实施方式中,第三子层可具有中等RI,其位于第一低RI子层的RI与第二高RI子层的RI之间。第三子层可布置在所述多层子层组与功能涂层(如下文详述,未示出)之间,或者可布置在基材与所述多层子层组(未示出)之间。或者,可在所述多个子层组中包含第三子层(未示出)。减反射涂层中提供的第三子层可具有如下示例性构造:L_{第三子层}/H/L/H/L;H_{第三子层}/L/H/L/H;L/H/L/H/L_{第三子层};H/L/H/L/H_{第三子层};L_{第三子层}/H/L/H/L/H_{第三子层};H_{第三子层}/L/H/L/H/L_{第三子层};L_{第三子层}/L/H/L/H;H_{第三子层}/H/L/H/L;H/L/H/L/L_{第三子层};L/H/L/H/H_{第三子层};L_{第三子层}/L/H/L/H/H_{第三子层};H_{第三子层}//H/L/H/L/L_{第三子层};L/M/H/L/M/H;H/M/L/H/M/L;M/L/H/L/M;以及其他构造。在这些构造中,没有任何下标的“L”指的是第一低RI子层,以及没有任何下标的“H”指的是第二高RI子层。标记“L_{第三子层}”指的是具有低RI的第三子层,“H_{第三子层}”指的是具有高RI的第三子层,以及“M”指的是具有中等RI的第三子层。

[0079] 如本文所用术语低“RI”、“高RI”和“中等RI”指的是RI相互之间的相对值(例如,低RI<中等RI<高RI)。在一个或多个实施方式中,当用于第一低RI子层或第三子层时,术语“低RI”包括约为1.3-1.7。在一个或多个实施方式中,当用于第二高RI子层或第三子层时,术语“高RI”包括约为1.6-2.5。在一些实施方式中,当用于第三子层时,术语“中等RI”包括约为1.55-1.8。在一些情况下,低RI、高RI和中等RI的范围可以重叠;但是,在大多数情况下,光学干涉层的子层对于RI具有如下大致关系:低RI<中等RI<高RI。

[0080] 适用于减反射涂层的示例性材料包括:SiO₂、Al₂O₃、GeO₂、SiO、Al₁₀N_y、AlN、Si₃N₄、SiO_xN_y、Si_uAl_vO_xN_y、Ta₂O₅、Nb₂O₅、TiO₂、ZrO₂、TiN、MgO、MgF₂、BaF₂、CaF₂、SnO₂、HfO₂、Y₂O₃、MoO₃、DyF₃、YbF₃、YF₃、CeF₃、聚合物、含氟聚合物、等离子体聚合化的聚合物、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、丙烯酸聚合物、氨基甲酸酯聚合物、聚甲基丙烯酸甲酯,下述适用于耐划痕层的其它材料,以及本领域已知的其他材料。用于第一低RI子层的一些合适材料的例子包括:SiO₂、Al₂O₃、GeO₂、SiO、Al₁₀N_y、SiO_xN_y、Si_uAl_vO_xN_y、MgO、MgF₂、BaF₂、CaF₂、DyF₃、YbF₃、YF₃和CeF₃。用于第二高RI子层的一些合适材料的例子包括:Si_uAl_vO_xN_y、Ta₂O₅、Nb₂O₅、AlN、Si₃N₄、Al₁₀N_y、SiO_xN_y、HfO₂、TiO₂、ZrO₂、Y₂O₃、Al₂O₃和MoO₃。

[0081] 在一个或多个实施方式中,子层的至少一层可包括特定的光学厚度范围。如本文

所用术语“光学厚度”是通过 $(n*d)$ 确定的, 其中, “n”指的是子层的RI, 以及“d指的是子层的物理厚度。在一个或多个实施方式中, 减反射涂层的子层中的至少一层可包括约为2-200nm、约为10-100nm、或者约为15-100nm的光学厚度。在一个或多个实施方式中, 减反射涂层中的所有子层可分别包括约为2-200nm、约为10-100nm、或者约为15-100nm的光学厚度。在一些情况下, 减反射涂层的至少一子层具有大于或等于约50nm的光学厚度。在一些情况下, 第一低RI子层分别具有约为2-200nm、约为10-100nm、或者约为15-100nm的光学厚度。在其他情况下, 第二高RI子层分别具有约为2-200nm、约为10-100nm、或者约为15-100nm的光学厚度。在其他情况下, 第三子层分别具有约为2-200nm、约为10-100nm、或者约为15-100nm的光学厚度。

[0082] 在一个或多个实施方式中, 减反射涂层的物理厚度小于或等于约800nm。减反射涂层的物理厚度可以是如下范围: 约为10-800nm、约为50-800nm、约为100-800nm、约为150-800nm、约为200-800nm、约为10-750nm、约为10-700nm、约为10-650nm、约为10-600nm、约为10-550nm、约为10-500nm、约为10-450nm、约为10-400nm、约为10-350nm、约为10-300nm、约为50-300, 以及其间的所有范围和子范围。

[0083] 基材200可包括无定形基材、晶体基材或其组合。基材200可以由人造材料和/或天然存在的材料形成。在一些具体实施方式中, 基材200可以具体地排除塑料和/或金属基材。在一个或多个实施方式中, 基材展现出约为1.45-1.55的折射率。在具体实施方式中, 利用环上球测试, 使用至少5个、至少10个、至少15个或者至少20个样品进行测量, 基材200在一个或多个相对主表面的表面上可展现出大于或等于0.5%、大于或等于0.6%、大于或等于0.7%、大于或等于0.8%、大于或等于0.9%、大于或等于1%、大于或等于1.1%、大于或等于1.2%、大于或等于1.3%、大于或等于1.4%、大于或等于1.5%或者甚至大于或等于2%的平均断裂应变。在具体实施方式中, 基材200在其一个或多个相对主表面的表面上可展现出约为1.2%、约为1.4%、约为1.6%、约为1.8%、约为2.2%、约为2.4%、约为2.6%、约为2.8%或者约为3%或更大的平均断裂应变。合适的基材110可展现出约为30-120GPa的弹性模量(或者杨氏模量)。

[0084] 在一个或多个实施方式中, 无定形基材可包括玻璃, 其可以经过强化或者未经过强化。合适的玻璃的例子包括钠钙玻璃、碱性铝硅酸盐玻璃、含碱性硼硅酸盐玻璃以及碱性铝硼硅酸盐玻璃。在一些变化形式中, 玻璃可以不含氧化锂。在一个或多个替代实施方式中, 基材200可以包括晶体基材, 例如玻璃陶瓷基材(其可以经过强化或者未经过强化)或者可也包括单晶结构, 例如蓝宝石。在一个或多个具体实施方式中, 基材200包括无定形基底(例如玻璃)和晶体包覆(例如, 蓝宝石层、多晶氧化铝层和/或尖晶石($MgAl_2O_4$)层)。

[0085] 基材200可以是基本平坦或者片状的, 但是其他实施方式可采用弯曲或者任意其他形状或造型的基材。基材200可以是基本上光学透澈、透明和没有光散射的。在此类实施方式中, 基材在光波长状态可展现大于或等于约85%、大于或等于约86%、大于或等于87%、大于或等于88%、大于或等于89%、大于或等于90%、大于或等于91%或者大于或等于92的平均透射率。

[0086] 作为补充或替代, 出于美观和/或功能原因, 基材200的物理厚度可沿其一个或多个尺寸发生变化。例如, 基材200的边缘可以相比于基材200的更为核心的区域更厚。根据制品100的应用或用途, 基材200的长度、宽度和物理厚度尺寸也可以发生变化。

[0087] 可采用各种不同工艺来提供基材200。例如,当基材200包括无定形基材例如玻璃时,各种成形方法可以包括浮法玻璃工艺以及下拉工艺例如熔合拉制和狭缝拉制。

[0088] 一旦形成,可以对基材200进行强化以形成经强化的基材。如本文所用术语“强化的基材”可以表示通过例如用较大离子来离子交换基材表面中的较小离子进行化学强化的基材。但是,也可采用本领域已知的其他强化方法,例如采用热回火或者部分基材之间的热膨胀系数的不匹配来产生压缩应力和中心拉伸区域,以形成经强化的基材。

[0089] 当基材通过离子交换工艺进行化学强化时,用具有相同价态或氧化态的较大的离子来代替或交换基材的表面层内的离子。通常通过将基材浸泡在熔盐浴中进行离子交换工艺,所述熔盐浴包含要与基材中的较小离子发生交换的较大离子。本领域技术人员能够理解,离子交换工艺的参数包括但不限于:浴组成和温度、浸没时间、基材在一种或多种盐浴中的浸没次数、多种盐浴的使用、其它步骤例如退火以及洗涤等,其通常是由以下的因素决定的:基材的组成,所需的压缩应力(CS)、通过强化操作得到的基材的压缩应力层深度(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:浸泡在至少一种包含盐的熔盐浴中,所述盐包括例如但不限于较大碱金属离子的硝酸盐、硫酸盐和氯化物。熔融盐浴的温度通常约为380°C至高至约450°C,而浸泡时间约为15分钟至高至40小时。但是,也可以采用与上述不同的温度和浸泡时间。

[0090] 另外,在以下文献中描述了在多种离子交换浴中浸没玻璃基材(在浸泡之间进行洗涤和/或退火步骤)的离子交换工艺的非限制性例子:Douglas C.Allan 等人于2009年7月10日提交的题为“Glass with Compressive Surface for Consumer Applications(用于消费者应用的具有压缩表面的玻璃)”的美国专利申请第12/500,650号,其要求2008年7月11日提交的美国临时专利申请第61/079,995号的优先权,其中,通过在不同浓度的盐浴中多次浸泡,进行连续的离子交换处理,从而对玻璃基材进行强化;以及2012年11月20日公告的Christopher M.Lee等人的题为“Dual Stage Ion Exchange for Chemical Strengthening of Glass(用于对玻璃进行化学强化的多阶段离子交换)”的美国专利8,312,739,其要求2008年7月29日提交的美国临时专利申请第61/084,398号的优先权,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浓度小于第一浴。美国专利申请第12/500,650号和美国专利第8,312,739号的内容全文参考结合于此。

[0091] 可以基于中心拉伸(CT)、表面CS和层深度(DOL)的参数对通过离子交换所实现的化学强化程度进行定量化。可以在强化的玻璃的表面附近或其内的各个深度处测量表面CS。最大CS值可以包括在强化基材的表面(CS_s)测得的CS。CT是计算用于玻璃基材内与压缩应力层相邻的内部区域,其可以由CS、物理厚度t和DOL计算得到。采用本领域已知的那些方式测量CS和DOL。此类方式包括但不限于,使用诸如Luceo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ASTM 1422C-99所述,题为“Standard Specification for Chemically Strengthened Flat Glass(用于化学强化的平坦玻璃的标准规格)”和ASTM 1279.19779“Standard Test Method for Non-Destructive Photoelastic Measurement of Edge and Surface Stresses in Annealed,Heat-Strengthened, and Fully-Tempered Flat Glass(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)”,其全

文通过引用结合入本文。表面应力测量依赖于应力光学系数 (SOC) 的精确测量,其与玻璃基材的双折射相关。进而通过本领域已知的那些方法来测量SOC,例如纤维和四点弯曲方法(它们都参见ASTM标准C770-98 (2008) 所述,题为“Standard Test Method for Measurement of Glass Stress-Optical Coefficient (用于测量玻璃的应力-光学系数的标准测试方法)”,其全文通过引用结合入本文,以及块圆柱体方法。CS和CT之间的关系如下式(1)所示:

[0092] $CT = (CS \cdot DOL) / (t - 2DOL) \quad (1),$

[0093] 式中, t 是玻璃制品的物理厚度 (μm)。在本发明的各部分中,CT和CS的单位是兆帕斯卡 (MPa),物理厚度 t 的单位是微米 (μm) 或毫米 (mm),以及DOL的单位是微米 (μm)。

[0094] 在一个实施方式中,强化的基材200的表面CS可以大于或等于250MPa、大于或等于300MPa,例如大于或等于400MPa、大于或等于450MPa、大于或等于500MPa、大于或等于550MPa、大于或等于600MPa、大于或等于650MPa、大于或等于700MPa、大于或等于750MPa、或者大于或等于800MPa。强化的基材的DOL可以大于或等于10 μm 、大于或等于15 μm 、大于或等于20 μm (例如,25 μm 、30 μm 、35 μm 、40 μm 、45 μm 、50 μm 或更大),和/或CT可以大于或等于10MPa、大于或等于20MPa、大于或等于30MPa、大于或等于40MPa (例如,42MPa、45MPa或50MPa或更大)但是小于100MPa (例如,95、90、85、80、75、70、65、60、55MPa或更小)。在一个或多个具体实施方式中,强化的基材具有以下一种或多种性质:表面CS大于500MPa、DOL大于15 μm ,以及CT大于18MPa。

[0095] 可用于基材的示例性玻璃可包括碱性铝硅酸盐玻璃组合物或者碱性铝硼硅酸盐玻璃组合物,但是也考虑其他玻璃组合物。此类玻璃组合物能够通过离子交换过程进行化学强化。一种示例性玻璃组合物包含 SiO_2 、 B_2O_3 和 Na_2O ,其中, $(\text{SiO}_2 + \text{B}_2\text{O}_3) \geq 66$ 摩尔%,并且 $\text{Na}_2\text{O} \geq 9$ 摩尔%。在一个实施方式中,玻璃组合物包含至少6重量%的氧化铝。在另一个实施方式中,基材包含具有一种或多种碱土氧化物,从而碱土氧化物的含量至少为5重量%的玻璃组合物。在一些实施方式中,合适的玻璃组合物还包含 K_2O 、 MgO 和 CaO 中的至少一种。在一个特定实施方式中,用于基材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 ;以及0-3摩尔%的 CaO 。

[0096] 适合基材的另一种示例性玻璃组合物包含: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 ;以及小于50ppm的 Sb_2O_3 ;其中 $12 \text{摩尔\%} \leq (\text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) \leq 20 \text{摩尔\%}$,以及 $0 \text{摩尔\%} \leq (\text{MgO} + \text{CaO}) \leq 10 \text{摩尔\%}$ 。

[0097] 适合基材的另一种示例性玻璃组成包含: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 ;以及小于50ppm的 Sb_2O_3 ;其中 $14 \text{摩尔\%} \leq (\text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) \leq 18 \text{摩尔\%}$,且 $2 \text{摩尔\%} \leq (\text{MgO} + \text{CaO}) \leq 7 \text{摩尔\%}$ 。

[0098] 在一个具体实施方式中,适用于基材的碱性铝硅酸盐玻璃组合物包含氧化铝、至少一种碱金属以及,在一些实施方式中大于50摩尔%的 SiO_2 ,在另一些实施方式中至少58摩尔%的 SiO_2 ,以及其他实施方式中至少60摩尔%的 SiO_2 ,其中比例 $(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{B}_2\text{O}_3) / \Sigma$ 改性

剂 >1 ,其中比例的组分以摩尔%计,改性剂是碱金属氧化物。在具体实施方式中,该玻璃组合物包含:58-72摩尔%的SiO₂;9-17摩尔%的Al₂O₃;2-12摩尔%的B₂O₃;8-16摩尔%的Na₂O;以及0-4摩尔%的K₂O,其中比例 (Al₂O₃+B₂O₃) / Σ改性剂 >1 。

[0099] 在另一个实施方式中,基材可包括碱性铝硅酸盐玻璃组合物,其包含:64-68摩尔%的SiO₂;12-16摩尔%的Na₂O;8-12摩尔%的Al₂O₃;0-3摩尔%的B₂O₃;2-5摩尔%的K₂O;4-6摩尔%的MgO;以及0-5摩尔%的CaO,其中66摩尔% \leq SiO₂+B₂O₃+CaO \leq 69摩尔%;Na₂O+K₂O+B₂O₃+MgO+CaO+SrO >10 摩尔%;5摩尔% \leq MgO+CaO+SrO \leq 8摩尔%;(Na₂O+B₂O₃)-Al₂O₃ \leq 2摩尔%;2摩尔% \leq Na₂O-Al₂O₃ \leq 6摩尔%;以及4摩尔% \leq (Na₂O+K₂O)-Al₂O₃ \leq 10摩尔%。

[0100] 在一个替代实施方式中,基材可包括碱性铝硅酸盐玻璃组合物,其包含:大于或等于2摩尔%的Al₂O₃和/或ZrO₂或者大于或等于4摩尔%的Al₂O₃和/或ZrO₂。

[0101] 其中,基材200包括晶体基材,基材可以包括单晶体,其可以包括Al₂O₃。这种单晶基材称作蓝宝石。晶体基材的其他合适材料包括多晶氧化铝层和/或尖晶石(MgAl₂O₄)。

[0102] 任选地,晶体基材200可包括玻璃陶瓷基材,其可以经过强化或者未经过强化。合适的玻璃陶瓷的例子可以包括Li₂O-Al₂O₃-SiO₂体系(即,LAS体系)玻璃陶瓷、MgO-Al₂O₃-SiO₂体系(即,MAS体系)玻璃陶瓷,和/或包括具有β-石英固溶体、β-锂辉石ss、堇青石和二硅酸锂的主晶相的玻璃陶瓷。可以采用本文所揭示的化学强化工艺对玻璃陶瓷基材进行强化。在一个或多个实施方式中,MAS体系玻璃陶瓷基材可以在Li₂SO₄熔盐中进行强化,从而可以发生2Li⁺被Mg²⁺交换。

[0103] 根据一个或多个实施方式的基材200可具有约为100μm至约5mm的物理厚度。示例性基材200的物理厚度范围约为100-500μm,例如,100、200、300、400或500μm。其他示例性基材200的物理厚度范围约为500-1000μm,例如500、600、700、800、900或者1000μm。基材200的物理厚度可以大于约1mm,例如约为2、3、4或者5mm。在一个或多个具体实施方式中,基材200的物理厚度可以小于或等于2mm,或者小于1mm。基材200可经过酸性抛光或者任意其他方式的处理,以去除或减少表面瑕疵的影响。

[0104] 本文所述的制品可将减反射涂层与其他涂层相结合。例如,可以在制品中结合耐划痕涂层、防指纹涂层、抗微生物涂层和其他此类功能涂层中的一种或多种。在其他例子中,不止一层的减反射涂层可以与功能涂层结合使用。例如,可以在功能涂层的顶部存在减反射涂层,使得减反射涂层形成制品的顶涂层。在另一个例子中,可以在功能涂层的下方存在减反射涂层以及可以在功能涂层的顶部存在另一减反射涂层。

[0105] 可以采用各种沉积方法,例如,真空沉积技术,例如化学气相沉积(例如,等离子体强化的化学气相沉积、低压化学气相沉积、大气压化学气相沉积以及等离子体强化的大气压化学气相沉积)、物理气相沉积(例如,反应性或非反应性喷溅或激光烧蚀)、热或电子束蒸发或者原子层沉积,来形成减反射涂层和/或其他涂层。减反射涂层中的一层或多层可以包括纳米孔或者混合材料,从而提供特定的折射率范围或折射率值。

[0106] 实施例

[0107] 通过以下实施例进一步阐述各个实施方式。

[0108] 实施例1-10使用模型来理解制品的反射率谱,其中,减反射涂层是原始的以及包括表面缺陷。基于从可用于减反射涂层的各种材料形成的层以及强化的铝硼硅酸盐(“ABS”)玻璃或蓝宝石基材所收集的折射率数据进行建模。减反射涂层的层通过硅晶片上

的DC反应性喷溅、反应性DC和无线电频率(RF)喷溅和电子束蒸发形成。通过DC反应性喷溅，采用离子辅助，在约为50℃的温度下，从硅靶、铌靶或铝靶(分别)将包括SiO₂、Nb₂O₅或Al₂O₃的一些形成层沉积到硅晶片上。以这种方式形成的层被认定为指示物“RS”。通过DC反应性喷溅结合RF双重DC喷溅，利用AJA-工业公司(AJA-Industries)提供的喷溅沉积工具的离子辅助，将Si_uAl_vO_xN_y的层沉积到硅晶片上。在沉积过程中，将晶片加热到200℃，使用直径为3英寸的硅靶和直径为3英寸的铝靶。所使用的反应性气体包括氮气和氧气，氩气用作惰性气体。以13.56MHz将RF功率供给到硅靶，并将DC功率供给到铝靶。所得到的Si_uAl_vO_xN_y层在550nm具有约为1.95的折射率，采用布氏压痕仪在Si_uAl_vO_xN_y层的表面上测试所测得的硬度大于约15GPa，如上文所述。沉积Si_uAl_vO_xN_y和Al₁₀O_xN_y材料，并且具有非常相似的硬度和折射率曲线。因此，Si_uAl_vO_xN_y和Al₁₀O_xN_y材料相互可容易地互换。

[0109] 采用光谱椭圆对称法测量形成的光学膜和基材的折射率(与波长的关系)。表1-6包括测得的折射率和散射曲线。然后将由此测得的折射率用于计算模型实施例1-10的反射率谱。

[0110] 表1:RS-SiO₂层的折射率和色散曲线与波长的关系

[0111]

材料	反应性喷溅的 SiO ₂	
波长 (nm)	折射率 (n)	消光系数 (k)
246.5	1.52857	0.0
275.2	1.51357	0.0
300.8	1.50335	0.0
324.7	1.49571	0.0
350.2	1.48911	0.0
375.8	1.48374	0.0
399.7	1.47956	0.0
425.2	1.47583	0.0
450.7	1.47269	0.0
476.3	1.47002	0.0
500.2	1.46788	0.0
525.7	1.46589	0.0
549.5	1.46427	0.0
575.0	1.46276	0.0
600.5	1.46143	0.0
625.9	1.46026	0.0

[0112]

649.7	1.45928	0.0
675.1	1.45835	0.0
700.5	1.45751	0.0
725.9	1.45676	0.0
751.3	1.45609	0.0
775.0	1.45551	0.0
800.4	1.45496	0.0
850.9	1.45399	0.0
899.8	1.45320	0.0
950.2	1.45252	0.0
999.0	1.45195	0.0
1100.0	1.45100	0.0
1199.6	1.45028	0.0
1302.0	1.44971	0.0
1400.8	1.44928	0.0
1499.7	1.44892	0.0
1599.0	1.44863	0.0
1688.4	1.44841	0.0

[0113] 表2: $\text{Si}_u\text{Al}_v\text{O}_x\text{N}_y$ 层的折射率和色散曲线与波长的关系

材料	反应性喷溅的 $\text{Si}_u\text{Al}_v\text{O}_x\text{N}_y$ 或 AlO_xN_y	
	波长 (nm)	折射率 (n)
206.6	2.37659	0.21495
225.4	2.28524	0.11270
251.0	2.18818	0.04322
275.5	2.12017	0.01310
300.9	2.06916	0.00128
324.6	2.03698	0.0
350.2	2.01423	0.0
360.4	2.00718	0.0

[0114]

[0115]

371.2	2.00059	0.0
380.3	1.99562	0.0
389.9	1.99090	0.0
400.0	1.98640	0.0
410.5	1.98213	0.0
421.7	1.97806	0.0
430.5	1.97513	0.0
439.7	1.97230	0.0
449.2	1.96958	0.0
459.2	1.96695	0.0
469.6	1.96441	0.0
480.6	1.96197	0.0
492.0	1.95961	0.0
499.9	1.95808	0.0
512.3	1.95586	0.0
520.9	1.95442	0.0
529.9	1.95301	0.0
539.1	1.95165	0.0
548.6	1.95031	0.0
558.5	1.94900	0.0
568.7	1.94773	0.0
579.4	1.94649	0.0
590.4	1.94528	0.0
601.9	1.94410	0.0
613.8	1.94295	0.0
619.9	1.94239	0.0
632.6	1.94128	0.0
639.1	1.94074	0.0
652.6	1.93968	0.0
666.6	1.93864	0.0

681.2	1.93763	0.0
696.5	1.93665	0.0

表 2 (续)		
材料	反应性喷溅的 $Si_uAl_vO_xN_y$ 或 AlO_xN_y	
波长 (nm)	折射率 (n)	消光系数 (k)
712.6	1.93569	0.0
729.3	1.93477	0.0
746.9	1.93386	0.0
765.3	1.93299	0.0
784.7	1.93214	0.0
805.1	1.93131	0.0
826.6	1.93051	0.0
849.2	1.92973	0.0
873.1	1.92898	0.0
898.4	1.92825	0.0
925.3	1.92754	0.0
953.7	1.92686	0.0
999.9	1.92587	0.0
1050.7	1.92494	0.0

[0116] [0117] 表3:ABS玻璃基材的折射率和色散曲线与波长的关系

铝硅酸盐玻璃			
材料	波长 (nm)	折射率 (n)	消光系数 (k)
[0118]	350.6	1.53119	0.0
	360.7	1.52834	0.0
	370.8	1.52633	0.0
	380.8	1.52438	0.0
	390.9	1.52267	0.0
	400.9	1.52135	0.0

411.0	1.52034	0.0
421.0	1.51910	0.0
431.1	1.51781	0.0
441.1	1.51686	0.0
451.2	1.51600	0.0
461.2	1.51515	0.0
471.2	1.51431	0.0
481.3	1.51380	0.0
491.3	1.51327	0.0
501.3	1.51259	0.0
511.4	1.51175	0.0
521.4	1.51124	0.0
531.4	1.51082	0.0
541.5	1.51040	0.0
551.5	1.50999	0.0

[0119]

表 3 (续)

材料	ABS 玻璃		
	波长 (nm)	折射率 (n)	消光系数 (k)
561.5		1.50959	0.0
571.5		1.50918	0.0
581.6		1.50876	0.0
591.6		1.50844	0.0
601.6		1.50828	0.0
611.6		1.50789	0.0
621.7		1.50747	0.0
631.7		1.50707	0.0
641.7		1.50667	0.0
651.7		1.50629	0.0
661.7		1.50591	0.0

[0120]

671.8	1.50555	0.0
681.8	1.50519	0.0
691.8	1.50482	0.0
701.8	1.50445	0.0
709.8	1.50449	0.0
719.8	1.50456	0.0
729.9	1.50470	0.0
739.9	1.50484	0.0
749.9	1.50491	0.0

[0121]

表4: 蓝宝石基材的折射率和色散曲线与波长的关系

[0122]

材料	蓝宝石	
波长 (nm)	折射率 (n)	消光系数 (k)
206.6	1.83400	0.0
210.1	1.83366	0.0
213.8	1.83355	0.0
217.5	1.83361	0.0
221.4	1.83378	0.0
225.4	1.83400	0.0
229.6	1.83422	0.0
233.9	1.83439	0.0
238.4	1.83445	0.0
243.1	1.83434	0.0
248.0	1.83400	0.0
253.0	1.83326	0.0
258.3	1.83221	0.0

表 4 (续)

材料	蓝宝石	
波长 (nm)	折射率 (n)	消光系数 (k)

[0123]	263.8	1.83083	0.0
	269.5	1.82910	0.0
	275.5	1.82700	0.0
	281.8	1.82398	0.0
	288.3	1.82067	0.0
	295.2	1.81717	0.0
	302.4	1.81358	0.0
	310.0	1.81000	0.0
	317.9	1.80699	0.0
	326.3	1.80410	0.0
	335.1	1.80130	0.0
	344.4	1.79861	0.0
	354.2	1.79600	0.0
	364.7	1.79341	0.0
	375.7	1.79090	0.0
	387.5	1.78850	0.0
	400.0	1.78619	0.0
	413.3	1.78400	0.0
	427.5	1.78202	0.0
	442.8	1.78015	0.0
	459.2	1.77837	0.0
	476.9	1.77666	0.0
	495.9	1.77500	0.0
	516.6	1.77335	0.0
	539.1	1.77174	0.0
	563.6	1.77014	0.0
	590.4	1.76857	0.0
	619.9	1.76700	0.0
	652.6	1.76540	0.0
	688.8	1.76380	0.0

[0124]	729.3	1.76220	0.0
	774.9	1.76060	0.0
	826.6	1.75900	0.0
	885.6	1.75740	0.0
	953.7	1.75580	0.0
	1033.2	1.75420	0.0
	1127.1	1.75260	0.0
	1239.9	1.75100	0.0
	1377.6	1.74900	0.0
	1549.8	1.74600	0.0
	1771.2	1.74200	0.0

[0125] 表5:Nb₂O₅-RS的折射率和色散曲线与波长的关系

材料	反应性喷溅的 Nb ₂ O ₅		
	波长 (nm)	折射率 (n)	消光系数 (k)
[0126]	206.6	2.04389	0.66079
	250.0	2.32991	1.05691
	300.2	3.14998	0.45732
	325.0	2.94490	0.12012
	350.2	2.74715	0.02027
	375.1	2.62064	0.00048
	400.6	2.53696	0.0
	425.3	2.48169	0.0
	450.0	2.44210	0.0
	475.0	2.41223	0.0
	500.9	2.38851	0.0
	525.4	2.37086	0.0
	549.8	2.35647	0.0
	575.3	2.34409	0.0
	600.4	2.33392	0.0

[0127]

624.6	2.32557	0.0
650.8	2.31779	0.0
675.7	2.31142	0.0
700.5	2.30583	0.0
725.1	2.30093	0.0
749.1	2.29665	0.0
774.9	2.29255	0.0
799.9	2.28898	0.0
849.2	2.28288	0.0
901.7	2.27749	0.0
999.9	2.26958	0.0
1102.1	2.26342	0.0
1203.7	2.25867	0.0
1298.3	2.25513	0.0
1400.9	2.25198	0.0
1502.8	2.24939	0.0
1599.8	2.24730	0.0
1698.4	2.24547	0.0
1796.9	2.24389	0.0
1892.9	2.24254	0.0
1999.7	2.24122	0.0
2066.4	2.24047	0.0

[0128] 表6:Al₂O₃-RS的折射率和色散曲线与波长的关系

[0129]

材料	反应性喷溅的 Al ₂ O ₃	
波长 (nm)	折射率 (n)	消光系数 (k)
251.3	1.76256	0.0
275.2	1.74075	0.0
300.8	1.72358	0.0

[0130]	324.7	1.71136	0.0
	350.2	1.70121	0.0
	375.8	1.69321	0.0
	401.3	1.68679	0.0
	425.2	1.68185	0.0
	450.7	1.67747	0.0
	474.7	1.67402	0.0
	500.2	1.67089	0.0
	525.7	1.66823	0.0
	549.5	1.66608	0.0
	575.0	1.66408	0.0
	600.5	1.66234	0.0
	625.9	1.66082	0.0
	649.7	1.65955	0.0
	675.1	1.65835	0.0
	700.5	1.65728	0.0
	725.9	1.65633	0.0
	749.7	1.65552	0.0
	775.0	1.65474	0.0
	800.4	1.65404	0.0
	850.9	1.65282	0.0
	899.8	1.65184	0.0
	950.2	1.65098	0.0
	999.0	1.65027	0.0
	1100.0	1.64909	0.0
	1199.6	1.64821	0.0
	1302.0	1.64751	0.0
	1400.8	1.64698	0.0
	1499.7	1.64654	0.0
	1599.0	1.64619	0.0
[0131]	1688.4	1.64592	0.0

[0132] 由此获得了根据现有设计和根据本文所述实施方式的减反射涂层,采用折射率值设计的低反差结构。如实施例所示,相比于现有的减反射涂层,低反差减反射涂层展现出如下性质:1)在宽范围的波长宽度或者可见光谱上,并且对于各种表面缺陷,具有低反差比;2)在具有表面的缺陷区域的低的绝对反射率R₂;以及3)在不同入射照射角和不同光源下,具有表面缺陷的区域的低色移。在实施例中,采用D65光源,相对于绝对白色(0,0)计算色移。在浸入状态下,对设计的反射率进行建模。如本文所用术语“浸入状态”包括通过减去或者任意其他方式去除除了涉及减反射涂层之外的界面处制品所产生的反射,来测量平均反射率。用于实施例中的表面缺陷状态如下:状态“A”=25nm的表面厚度去除;状态“B”=50nm的表面厚度去除;状态“C”=75nm的表面厚度去除;状态“D”=具有100nm厚度的污染物添加;状态“E”=具有500nm厚度的污染物添加;以及状态“F”=具有2000nm厚度的污染物添加。

[0133] 模型比较例1和2

[0134] 模型实施例1-2是具有与表7和8所示相同结构的制品。模型实施例1包括化学强化的碱性铝硼硅酸盐玻璃基材和布置在基材上的减反射涂层。模型实施例2包括蓝宝石基材和布置在基材上的减反射涂层。在表7和8中提供了依次布置在减反射涂层中每一层的减反射涂层材料和厚度。

[0135] 表7:原始状态的模型比较例1的结构

[0136]

材料	厚度(nm)
空气	浸入
SiO ₂	88.25
Nb ₂ O ₅	114.16
SiO ₂	35.24
Nb ₂ O ₅	12.41
ABS玻璃	浸入

[0137] 表8:原始状态的模型比较例2的结构

[0138]

材料	厚度(nm)
空气	浸入
SiO ₂	86
Nb ₂ O ₅	117.37
SiO ₂	24.89
Nb ₂ O ₅	15.41
蓝宝石	浸入

[0139] 图5A-5C显示在法向入射情况下,处于原始状态的模型比较例1和2的经涂覆的表面以及具有表面缺陷状态A、B和C的模型比较例1和2的经涂覆的表面的模型反射率的变化。如图5A所示,模型比较例1的经涂覆的表面的反射率随着表面厚度去除的增加而增加。具体来说,在约为425-650nm的可见光谱范围内,处于原始状态的反射率小于约0.5%,以及在相同的可见光谱范围内,100nm表面厚度去除的表面缺陷状态C之后的反射率大于约10.5%,

这约为10%的绝对反射率增加。因此,当相比于不含表面缺陷的减反射涂层的余下部分时,表面缺陷的可见性增加。图5B显示模型比较例1在去除了不同表面厚度之后的反差比。在约为400-700nm的可见光谱范围内,随着去除了更大的表面厚度,反差比显著增加,并且观察到大于约15和大于约45的反差比值。图5C显示模型比较例2的反差比,并且显示当使用蓝宝石基材时,表面缺陷可见性甚至更为明显(甚至是在低表面厚度情况下)。

[0140] 图5D显示对于不同表面厚度去除和入射照射角的变化,以 $\Delta a*b*$ 而言的颜色的模型变化。在约为30-70nm以及约为100-110nm的表面厚度去除情况下,在高至约60度的入射照射角的情况下, $\Delta a*b*$ 值超过6,并且在高至约20度的入射照射角的情况下,可以达到高至9。

[0141] 模型实施例3

[0142] 模型实施例3是具有如表9所示结构且包括化学强化的ABS玻璃基材和布置在基材上的减反射涂层的制品。在表9中提供了依次布置在减反射涂层中每一层的减反射涂层材料和厚度。

[0143] 表9:原始状态的模型实施例3的结构

[0144]

材料	厚度(nm)
空气	浸入
SiO ₂	108
Al ₁₀ xN _y	35
SiO ₂	38.8
Al ₁₀ xN _y	34
SiO ₂	50.1
Al ₁₀ xN _y	11.5
ABS玻璃	浸入

[0145] 图6A显示在法向入射情况下,处于原始状态和具有表面缺陷状态A、B和C的模型实施例3的经涂覆的表面的模型反射率的变化。如图6A所示,随着表面厚度去除的增加,反射率增加;但是相比于模型比较例1和2,反射率的增加是减小的。在原始状态下,在约为400-700nm的可见光谱范围内,反射率约为1.2%。在表面缺陷状态C(即,100nm表面厚度去除之后),在相同可见光谱范围内,反射率增加到小于约8%,这相比于原始状态是6.8%绝对反射率的增加。当相比于模型比较例1和2,包含高至100nm表面厚度去除的表面缺陷的可见性会明显降低。图6B显示模型实施例3在去除了不同表面厚度之后的反差比。在约为400-700nm的可见光谱范围观察到小于6的反差比值,甚至当高至100nm的表面厚度去除时也是如此,这明显小于模型比较例1和2观察到的反差比。

[0146] 图6C显示在不同表面厚度去除和入射照射角变化之后,以 $\Delta a*b*$ 而言的模型实施例3的经涂覆的表面的颜色的模型变化。在高至约60度的入射照射角,在约为10-20nm以及约为110-130nm范围的表面厚度去除观察到最大的颜色变化(或者 $\Delta a*b*$ 最高值),在此时, $\Delta a*b*$ 值约为4-6。在所有其他入射照射角和表面厚度下, $\Delta a*b*$ 值小于4。

[0147] 模型实施例4

[0148] 模型实施例4是具有如表10所示结构且包括蓝宝石基材和布置在基材上的减反射

涂层的制品。在表10中提供了依次布置在减反射涂层中每一层的减反射涂层材料和厚度。

[0149] 表10:原始状态的模型实施例4的结构

[0150]

材料	厚度 (nm)
空气	浸入
SiO ₂	120.6
Al ₁₀ xN _y	21.5
SiO ₂	42.8
Al ₁₀ xN _y	29.6
SiO ₂	19.3
Al ₁₀ xN _y	6.2
蓝宝石	浸入

[0151] 图7A显示在法向入射情况下,处于原始状态和具有表面缺陷状态A、B和C的模型实施例4的经涂覆的表面的模型反射率的变化。如图7A所示,随着表面厚度去除的增加,反射率增加;但是相比于模型比较例1和2,反射率的增加是减小的。在原始状态下,在约为400-700nm的可见光谱范围内,反射率约为2.2%。在表面缺陷状态C(即去除100nm的表面厚度)之后,在约为400-700nm的可见光谱范围内,反射率增加到小于约7%,以及在约为420-700nm的可见光谱范围内,反射率增加到小于约6%;以及在约为450-700nm的可见光谱范围内,反射率增加到小于约5.5%。反射率的增加小于约4.8%绝对反射率,以及在一些略微较窄的可见光谱范围内,反射率的增加小于约3.3%绝对反射率。当相比于模型比较例1和2,包含高至100nm表面厚度去除的表面缺陷的可见性会明显降低。图7B显示模型实施例4在去除了不同表面厚度之后的反差比。在约为400-700nm的可见光谱范围观察到小于3的反差比值,甚至当高至100nm的表面厚度去除时也是如此,这明显小于模型比较例1和2观察到的反差比。

[0152] 图7C显示在不同入射照射角下,处于原始状态的模型实施例4的经涂覆的表面的反射率的模型变化。图7D显示在不同表面厚度去除和入射照射角变化之后,以 $\Delta a*b*$ 而言的模型实施例4的经涂覆的表面的颜色的模型变化。在高至约40度的入射照射角,在约为10-30nm、约为60-130nm以及约为120-135nm范围的表面厚度去除观察到最大的颜色变化(或者 $\Delta a*b*$ 最高值),在此时, $\Delta a*b*$ 值约为2.5-4.5。在所有其他入射照射角和表面厚度下, $\Delta a*b*$ 值小于2.5。

[0153] 模型实施例5

[0154] 模型实施例5是具有如表11所示结构且包括化学强化的ABS玻璃基材和布置在基材上的减反射涂层的制品。在表11中提供了依次布置在减反射涂层中每一层的减反射涂层材料和厚度。

[0155] 表11:原始状态的模型实施例5的结构

[0156]

材料	厚度 (nm)
空气	浸入
SiO ₂	99.18

A10 _x N _y	44.11
SiO ₂	8.26
A10 _x N _y	86.41
SiO ₂	26.05
A10 _x N _y	26.64
SiO ₂	47.34
A10 _x N _y	7.26
ABS玻璃	浸入

[0157] 图8A显示在法向入射情况下,处于原始状态和具有表面缺陷状态A、B和C的模型实施例5的经涂覆的表面的模型反射率的变化。如图8A所示,随着表面厚度去除的增加,反射率增加;但是相比于模型比较例1和2,反射率的增加是减小的。在原始状态下,在约为450-700nm的可见光谱范围内,反射率约为1%。在表面缺陷状态C(即去除100nm的表面厚度)之后,在约为400-700nm的可见光谱范围内,反射率增加到小于约8.5%,以及在约为420-700nm的可见光谱范围内,反射率增加到小于约7.5%。反射率的增加小于约7.5%绝对反射率,以及在一些略微较窄的可见光谱范围内,反射率的增加小于约6.5%绝对反射率。当相比于模型比较例1和2,包含高至100nm表面厚度去除的表面缺陷的可见性会明显降低。图8B显示模型实施例5在去除了不同表面厚度之后的模型反差比。在约为400-700nm的可见光谱范围观察到小于9的反差比值,甚至当高至100nm的表面厚度去除时也是如此,这明显小于模型比较例1和2观察到的反差比。

[0158] 图8C显示在不同入射观察角下,处于原始状态的模型实施例5的经涂覆的表面的反射率的模型变化。图8D显示在不同表面厚度去除和入射照射角变化之后,以 Δa^*b^* 而言的模型实施例5的经涂覆的表面的颜色的模型变化。在高至约60度的入射照射角,在约为10-30nm、约为60-80nm以及约为110-120nm范围的表面厚度去除观察到最大的颜色变化(或者 Δa^*b^* 最高值),在此时, Δa^*b^* 值约为3-4.5。在所有其他入射照射角和表面厚度下, Δa^*b^* 值小于3。

[0159] 不希望受限于理论,但是可以调节减反射涂层中的一层或多层的厚度,以赋予反射谱的某些颜色或相对于平面度的故意偏差。例如,模型实施例5包括在法向入射时的对于反射谱的平面度的故意偏差,当以法向入射观察反射时,这会赋予减反射涂层略微蓝色色调。这对于一些应用是有利的,例如,1)实现了通过在层厚度中制造变化产生反射颜色的较小变化;以及2)实现了在斜角观察(例如,60度)时较平坦的反射谱,如图8C和8D所示。

[0160] 在一个或多个实施方式中,在一些情况下,通过向减反射涂层增加额外层,可以改善在较大入射照射角(例如,大于约60度)时的光学性能,这实现了低振动波长带延伸进入近IR波长,例如到达800nm、900nm、或者甚至1000nm,如模型实施例5所示。这导致高入射照射角的较低振幅和较低颜色,因为大致来说,制品的整个反射光谱在较高入射照射角偏移至较短波长。

[0161] 模型实施例6

[0162] 模型实施例6是具有如表12所示结构且包括化学强化的ABS玻璃基材和两层减反射涂层的制品。一层减反射涂层包括耐划痕层(即,2000nm厚的A10_xN_y层)并且布置在基材上。第二减反射涂层布置在第一减反射涂层上。在表12中提供了以制品中的顺序布置的用

于两种减反射涂层的材料以及每层材料的厚度。

[0163] 表12:原始状态的模型实施例6的结构

材料	厚度 (nm)
空气	浸入
第一减反射涂层	SiO_2 104
	AlO_xN_y 31.27
	SiO_2 19.64
	AlO_xN_y 56.25
	SiO_2 3.2
第二减反射涂层	AlO_xN_y 2000
	SiO_2 8.22
	AlO_xN_y 46.39
	SiO_2 29
	AlO_xN_y 27.87
	SiO_2 49.63
	AlO_xN_y 9.34
ABS 玻璃	浸入

[0164] [0165] 图9A显示在法向入射情况下,处于原始状态和具有表面缺陷状态A、B和C的模型实施例6的经涂覆的表面的模型反射率的变化。如图9A所示,随着表面厚度去除的增加,反射率增加;但是相比于模型比较例1和2,反射率的增加是减小的。在原始状态下,在约为400-700nm的可见光谱范围内,反射率约为1.5-2%。在表面缺陷状态C(即,去除100nm的表面厚度)之后,在相同的可见光谱范围内,反射率增加到小于约7%。反射率的增加小于约5.5%绝对反射率。当相比于模型比较例1和2,包含高至100nm表面厚度去除的表面缺陷的可见性会明显降低。图9B显示模型实施例6在去除了不同表面厚度之后的反差比。在约为400-700nm的可见光谱范围观察到小于5的反差比值,甚至当高至100nm的表面厚度去除时也是如此,这明显小于模型比较例1和2观察到的反差比。

[0166] 图9C显示在不同入射照射角下,处于原始状态的模型实施例6的经涂覆的表面的反射率的模型变化。图9D显示在不同入射照射角下,在表面缺陷状态B之后,模型实施例6的经涂覆的表面的反射率变化。图9E显示图9D所示的经涂覆的表面的反差比。图9F显示对于不同表面厚度去除和入射照射角的变化,以 $\Delta a*b*$ 而言的颜色变化。在高至约60度的入射照射角,在约为10-30nm、约为60-80nm以及约为110-120nm范围的表面厚度去除观察到最大的颜色变化(或者 $\Delta a*b*$ 最高值),在此时, $\Delta a*b*$ 值约为2.5-3.5。在所有其他入射照射角和表面厚度下, $\Delta a*b*$ 值小于2.5。

[0167] 模型比较例7

[0168] 模型比较例7是具有模型比较例1的结构的制品。图10A-10B显示模型比较例7在原始状态以及具有表面缺陷(包括状态D、E和F,污染物是指纹模拟介质)的经涂覆的表面的模型反射率的变化。图10A显示模型比较例7在原始状态和不同表面缺陷状态之后的经涂覆的表面的反射率。反射率随着污染物厚度的增加而增加。具体来说,在原始状态下,在约为425-650nm的可见光谱范围内,反射率小于约0.5%。在相同可见光谱范围内,在表面缺陷状态D之后,反射率大于约9%,以及在表面缺陷状态E和F之后的反射率包括幅度高至约12%绝对反射率的振动,反射率最大值大于约12%,这是在较窄的可见光谱范围上。对原始状态与表面缺陷D-F之间的反射率增加进行建模,约为大于或等于11.5%的绝对反射率。因此,当相比于不含表面缺陷的减反射涂层的余下部分时,表面缺陷的可见性明显增加。图10B显示如图10A所示的模型结构,对于表面缺陷状态D-F,各自的反差比。在约为400-700nm的可见光谱范围,反差比谱图振动明显,并且对于状态D和E超过100。

[0169] 模型实施例8

[0170] 模型实施例8包括与模型实施例3相同结构的制品。

[0171] 图11A显示在法向入射情况下,处于原始状态和具有表面缺陷状态D、E和F的模型实施例8的经涂覆的表面的模型反射率的变化。如图11A所示,随着表面厚度去除的增加,反射率增加;但是相比于模型比较例7,反射率的增加是减小的。在原始状态下,在约为400-700nm的可见光谱范围内,反射率约为1.2%。在表面缺陷状态D之后,在约为400-700nm的可见光谱范围内,反射率增加至小于约8%。在表面缺陷状态E之后,在约为450-700nm的可见光谱范围内,反射率增加至小于约8%。在表面缺陷状态F之后,在约为425-675nm的可见光谱范围内,反射率增加至小于约8.5%。反射率的增加小于约7.3%绝对反射率。当相比于模型比较例7,包含增加高至2000nm的指纹模拟介质的表面缺陷的可见性会明显降低。图11B显示模型实施例8在增加了不同厚度的指纹模拟介质之后的反差比。在约为400-700nm的可见光谱范围观察到小于7.5的反差比值,甚至当在经涂覆的表面上存在厚度高至2000nm的指纹模拟介质时也是如此,这明显小于模型比较例7观察到的反差比。

[0172] 模型实施例9

[0173] 模型实施例9包括与模型实施例4相同结构的制品。

[0174] 图12A显示在法向入射情况下,处于原始状态和具有表面缺陷状态D、E和F(法向入射)的模型实施例9的经涂覆的表面的模型反射率的变化。如图12A所示,随着表面厚度去除的增加,反射率增加;但是相比于模型比较例7,反射率的增加是减小的。在原始状态下,在约为400-700nm的可见光谱范围内,反射率约为2.2%。在表面缺陷状态D之后,在约为400-700nm的可见光谱范围内,反射率增加至小于约6%。在表面缺陷状态E之后,在约为450-700nm的可见光谱范围内,反射率增加至小于约6%。在表面缺陷状态F之后,在约为450-700nm的可见光谱范围内,反射率增加至小于约6%。反射率的增加小于约3.8%绝对反射率。当相比于模型比较例7,包含增加高至2000nm的指纹模拟介质的表面缺陷的可见性会明显降低。图12B显示模型实施例9在增加了不同厚度的指纹模拟介质之后的反差比。在约为400-700nm的可见光谱范围观察到小于3.3的反差比值,甚至当在经涂覆的表面上存在厚度高至2000nm的指纹模拟介质时也是如此,这明显小于模型比较例7观察到的反差比。

[0175] 模型实施例10

[0176] 模型实施例10包括与模型实施例6相同结构的制品。图13A显示在法向入射情况下,处于原始状态和具有表面缺陷状态D、E和F的模型实施例10的经涂覆的表面的模型反射率的变化。如图13A所示,随着污染物厚度增加,反射率增加;但是相比于模型比较例7,反射率的增加是减小的。在原始状态下,在约为400–700nm的可见光谱范围内,反射率约为1.5–2%。在表面缺陷状态D和E之后,在相同的可见光谱范围内,反射率增加到小于约7.5%。在表面缺陷状态F之后,在相同的可见光谱范围内,反射率增加到小于约8%。反射率的增加小于约6.5%绝对反射率。当相比于模型比较例7 1和2,包含高至200nm厚度的指纹模拟介质污染物的表面缺陷的可见性会明显降低。图13B显示模型实施例10在去除了不同表面厚度之后的反差比。在约为400–700nm的可见光谱范围观察到小于5.5的反差比值,甚至当在经涂覆的表面上存在厚度高至2000nm的指纹模拟介质时也是如此,这明显小于模型比较例7 观察到的反差比。

[0177] 模型实施例11和12

[0178] 实施例11–12使用模型来理解制品的反射率谱,其中,减反射涂层是原始的以及包括表面缺陷。基于从可用于减反射涂层的各种材料形成的层以及ABS玻璃基材所收集的折射率数据进行建模。通过真空沉积形成减反射涂层的层。一些形成的层包括形成的具有不同厚度(例如,100nm和2000nm)的SiO₂和Al₁₀xNy。采用光谱椭圆对称法测量形成的光学膜和基材的折射率(与波长的关系)。表13–15包括测得的折射率和色散曲线。然后将由此测得的折射率用于计算模型实施例11和12的反射率谱。

[0179] 表13:SiO₂层的折射率和色散曲线与波长的关系

波长	折射率	消光系数
350	1.49325	0.00006
351	1.49311	0.00006
352	1.49297	0.00006
353	1.49283	0.00006
354	1.4927	0.00006
355	1.49256	0.00007
356	1.49243	0.00007
357	1.49229	0.00007
358	1.49216	0.00007
359	1.49202	0.00007
360	1.49189	0.00007

[0180]

[0181]	361	1.49176	0.00007
	362	1.49163	0.00007
	363	1.4915	0.00007
	364	1.49137	0.00007
	365	1.49124	0.00007
	366	1.49112	0.00007
	367	1.49099	0.00007
	368	1.49086	0.00007
	369	1.49074	0.00007
	370	1.49061	0.00007
	371	1.49049	0.00007
	372	1.49037	0.00007
	373	1.49024	0.00007
	374	1.49012	0.00007
	375	1.49	0.00007
	376	1.48988	0.00007
	377	1.48976	0.00007
	378	1.48964	0.00007
	379	1.48952	0.00007
	380	1.48941	0.00007
	381	1.48929	0.00007
	382	1.48917	0.00007
	383	1.48906	0.00007
	384	1.48894	0.00007
	385	1.48883	0.00007
	386	1.48872	0.00007
	387	1.4886	0.00007
	388	1.48849	0.00007
	389	1.48838	0.00007

[0182]

表 13 (续)		
波长	折射率	消光系数
390	1.48827	0.00007
391	1.48816	0.00007
392	1.48805	0.00007
393	1.48794	0.00007
394	1.48783	0.00007
395	1.48772	0.00007
396	1.48762	0.00007
397	1.48751	0.00007
398	1.4874	0.00007
399	1.4873	0.00007
400	1.48719	0.00007
401	1.48709	0.00007
402	1.48698	0.00007
403	1.48688	0.00007
404	1.48678	0.00007
405	1.48668	0.00007
406	1.48658	0.00007
407	1.48647	0.00007
408	1.48637	0.00007
409	1.48627	0.00007
410	1.48618	0.00007
411	1.48608	0.00007
412	1.48598	0.00007
413	1.48588	0.00007
414	1.48578	0.00007
415	1.48569	0.00007
416	1.48559	0.00007
417	1.4855	0.00007

418	1.4854	0.00007
419	1.48531	0.00007
420	1.48521	0.00007
421	1.48512	0.00007
422	1.48503	0.00007
423	1.48494	0.00007
424	1.48484	0.00007
425	1.48475	0.00007
426	1.48466	0.00007
427	1.48457	0.00007
428	1.48448	0.00007
429	1.48439	0.00007

[0183]

表 13 (续)		
波长	折射率	消光系数
430	1.4843	0.00007
431	1.48422	0.00007
432	1.48413	0.00007
433	1.48404	0.00007
434	1.48395	0.00007
435	1.48387	0.00007
436	1.48378	0.00007
437	1.4837	0.00007
438	1.48361	0.00007
439	1.48353	0.00007
440	1.48344	0.00007
441	1.48336	0.00007
442	1.48328	0.00007
443	1.48319	0.00007
444	1.48311	0.00007

[0184]

445	1.48303	0.00007
446	1.48295	0.00007
447	1.48287	0.00007
448	1.48279	0.00007
449	1.48271	0.00007
450	1.48263	0.00007
451	1.48255	0.00007
452	1.48247	0.00007
453	1.48239	0.00007
454	1.48231	0.00007
455	1.48223	0.00007
456	1.48216	0.00007
457	1.48208	0.00007
458	1.482	0.00007
459	1.48193	0.00007
460	1.48185	0.00007
461	1.48178	0.00007
462	1.4817	0.00007
463	1.48163	0.00007
464	1.48155	0.00007
465	1.48148	0.00007
466	1.48141	0.00007
467	1.48133	0.00007
468	1.48126	0.00007
469	1.48119	0.00007

表 13 (续)

波长	折射率	消光系数
470	1.48112	0.00007
471	1.48104	0.00007

[0185]

472	1.48097	0.00007
473	1.4809	0.00007
474	1.48083	0.00007
475	1.48076	0.00007
476	1.48069	0.00007
477	1.48062	0.00007
478	1.48056	0.00006
479	1.48049	0.00006
480	1.48042	0.00006
481	1.48035	0.00006
482	1.48028	0.00006
483	1.48022	0.00006
484	1.48015	0.00006
485	1.48008	0.00006
486	1.48002	0.00006
487	1.47995	0.00006
488	1.47989	0.00006
489	1.47982	0.00006
490	1.47976	0.00006
491	1.47969	0.00006
492	1.47963	0.00006
493	1.47956	0.00006
494	1.4795	0.00006
495	1.47944	0.00006
496	1.47937	0.00006
497	1.47931	0.00006
498	1.47925	0.00006
499	1.47919	0.00006
500	1.47913	0.00006
501	1.47906	0.00006

502	1.479	0.00006
503	1.47894	0.00006
504	1.47888	0.00006
505	1.47882	0.00006
506	1.47876	0.00006
507	1.4787	0.00006
508	1.47864	0.00006
509	1.47858	0.00006

[0186]

表 13 (续)		
波长	折射率	消光系数
510	1.47853	0.00006
511	1.47847	0.00006
512	1.47841	0.00006
513	1.47835	0.00006
514	1.47829	0.00006
515	1.47824	0.00006
516	1.47818	0.00005
517	1.47812	0.00005
518	1.47807	0.00005
519	1.47801	0.00005
520	1.47795	0.00005
521	1.4779	0.00005
522	1.47784	0.00005
523	1.47779	0.00005
524	1.47773	0.00005
525	1.47768	0.00005
526	1.47763	0.00005
527	1.47757	0.00005
528	1.47752	0.00005

[0187]

529	1.47746	0.00005
530	1.47741	0.00005
531	1.47736	0.00005
532	1.47731	0.00005
533	1.47725	0.00005
534	1.4772	0.00005
535	1.47715	0.00005
536	1.4771	0.00005
537	1.47705	0.00005
538	1.47699	0.00005
539	1.47694	0.00005
540	1.47689	0.00005
541	1.47684	0.00005
542	1.47679	0.00005
543	1.47674	0.00005
544	1.47669	0.00005
545	1.47664	0.00005
546	1.47659	0.00005
547	1.47654	0.00005
548	1.47649	0.00005
549	1.47645	0.00005

表 13 (续)

波长	折射率	消光系数
550	1.4764	0.00005
551	1.47635	0.00005
552	1.4763	0.00004
553	1.47625	0.00004
554	1.47621	0.00004
555	1.47616	0.00004

[0188]

556	1.47611	0.00004
557	1.47607	0.00004
558	1.47602	0.00004
559	1.47597	0.00004
560	1.47593	0.00004
561	1.47588	0.00004
562	1.47583	0.00004
563	1.47579	0.00004
564	1.47574	0.00004
565	1.4757	0.00004
566	1.47565	0.00004
567	1.47561	0.00004
568	1.47556	0.00004
569	1.47552	0.00004
570	1.47548	0.00004
571	1.47543	0.00004
572	1.47539	0.00004
573	1.47534	0.00004
574	1.4753	0.00004
575	1.47526	0.00004
576	1.47521	0.00004
577	1.47517	0.00004
578	1.47513	0.00004
579	1.47509	0.00004
580	1.47504	0.00004
581	1.475	0.00004
582	1.47496	0.00004
583	1.47492	0.00004
584	1.47488	0.00004
585	1.47484	0.00004

586	1.4748	0.00004
587	1.47475	0.00004
588	1.47471	0.00004
589	1.47467	0.00003

[0189]

表 13 (续)		
波长	折射率	消光系数
590	1.47463	0.00003
591	1.47459	0.00003
592	1.47455	0.00003
593	1.47451	0.00003
594	1.47447	0.00003
595	1.47443	0.00003
596	1.47439	0.00003
597	1.47436	0.00003
598	1.47432	0.00003
599	1.47428	0.00003
600	1.47424	0.00003
601	1.4742	0.00003
602	1.47416	0.00003
603	1.47412	0.00003
604	1.47409	0.00003
605	1.47405	0.00003
606	1.47401	0.00003
607	1.47397	0.00003
608	1.47394	0.00003
609	1.4739	0.00003
610	1.47386	0.00003
611	1.47383	0.00003
612	1.47379	0.00003

[0190]

613	1.47375	0.00003
614	1.47372	0.00003
615	1.47368	0.00003
616	1.47364	0.00003
617	1.47361	0.00003
618	1.47357	0.00003
619	1.47354	0.00003
620	1.4735	0.00003
621	1.47347	0.00003
622	1.47343	0.00003
623	1.4734	0.00003
624	1.47336	0.00003
625	1.47333	0.00003
626	1.47329	0.00003
627	1.47326	0.00003
628	1.47322	0.00003
629	1.47319	0.00003

表 13 (续)

波长	折射率	消光系数
630	1.47316	0.00003
631	1.47312	0.00003
632	1.47309	0.00003
633	1.47305	0.00002
634	1.47302	0.00002
635	1.47299	0.00002
636	1.47296	0.00002
637	1.47292	0.00002
638	1.47289	0.00002
639	1.47286	0.00002

[0191]

640	1.47282	0.00002
641	1.47279	0.00002
642	1.47276	0.00002
643	1.47273	0.00002
644	1.4727	0.00002
645	1.47266	0.00002
646	1.47263	0.00002
647	1.4726	0.00002
648	1.47257	0.00002
649	1.47254	0.00002
650	1.47251	0.00002
651	1.47248	0.00002
652	1.47244	0.00002
653	1.47241	0.00002
654	1.47238	0.00002
655	1.47235	0.00002
656	1.47232	0.00002
657	1.47229	0.00002
658	1.47226	0.00002
659	1.47223	0.00002
660	1.4722	0.00002
661	1.47217	0.00002
662	1.47214	0.00002
663	1.47211	0.00002
664	1.47208	0.00002
665	1.47205	0.00002
666	1.47202	0.00002
667	1.472	0.00002
668	1.47197	0.00002
669	1.47194	0.00002

表 13 (续)		
波长	折射率	消光系数
670	1.47191	0.00002
671	1.47188	0.00002
672	1.47185	0.00002
673	1.47182	0.00002
674	1.47179	0.00002
675	1.47177	0.00002
676	1.47174	0.00002
677	1.47171	0.00002
678	1.47168	0.00002
679	1.47166	0.00002
680	1.47163	0.00002
681	1.4716	0.00002
682	1.47157	0.00002
683	1.47155	0.00002
684	1.47152	0.00002
685	1.47149	0.00002
686	1.47146	0.00002
687	1.47144	0.00002
688	1.47141	0.00002
689	1.47138	0.00002
690	1.47136	0.00002
691	1.47133	0.00002
692	1.4713	0.00002
693	1.47128	0.00001
694	1.47125	0.00001
695	1.47123	0.00001
696	1.4712	0.00001

[0192]

697	1.47117	0.00001
698	1.47115	0.00001
699	1.47112	0.00001
700	1.47111	0.00001
701	1.47107	0.00001
702	1.47105	0.00001
703	1.47102	0.00001
704	1.471	0.00001
705	1.47097	0.00001
706	1.47095	0.00001
707	1.47092	0.00001
708	1.4709	0.00001
709	1.47087	0.00001

[0193]

表 13 (续)

波长	折射率	消光系数
710	1.47085	0.00001
711	1.47082	0.00001
712	1.4708	0.00001
713	1.47077	0.00001
714	1.47075	0.00001
715	1.47073	0.00001
716	1.4707	0.00001
717	1.47068	0.00001
718	1.47065	0.00001
719	1.47063	0.00001
720	1.47061	0.00001
721	1.47058	0.00001
722	1.47056	0.00001
723	1.47054	0.00001

[0194]

724	1.47051	0.00001
725	1.47049	0.00001
726	1.47047	0.00001
727	1.47044	0.00001
728	1.47042	0.00001
729	1.4704	0.00001
730	1.47038	0.00001
731	1.47035	0.00001
732	1.47033	0.00001
733	1.47031	0.00001
734	1.47029	0.00001
735	1.47026	0.00001
736	1.47024	0.00001
737	1.47022	0.00001
738	1.4702	0.00001
739	1.47017	0.00001
740	1.47015	0.00001
741	1.47013	0.00001
742	1.47011	0.00001
743	1.47009	0.00001
744	1.47007	0.00001
745	1.47004	0.00001
746	1.47002	0.00001
747	1.47	0.00001
748	1.46998	0.00001
749	1.46996	0.00001

表 13 (续)

波长	折射率	消光系数
750	1.46994	0.00001

[0195]

751	1.46992	0.00001
752	1.4699	0.00001
753	1.46987	0.00001
754	1.46985	0.00001
755	1.46983	0.00001
756	1.46981	0.00001
757	1.46979	0.00001
758	1.46977	0.00001
759	1.46975	0.00001
760	1.46973	0.00001
761	1.46971	0.00001
762	1.46969	0.00001
763	1.46967	0.00001
764	1.46965	0.00001
765	1.46963	0.00001
766	1.46961	0.00001
767	1.46959	0.00001
768	1.46957	0.00001
769	1.46955	0.00001
770	1.46953	0.00001
771	1.46951	0.00001
772	1.46949	0.00001
773	1.46947	0.00001
774	1.46945	0.00001
775	1.46943	0.00001
776	1.46941	0.00001
777	1.46939	0.00001
778	1.46938	0.00001
779	1.46936	0.00001
780	1.46934	0.00001

781	1.46932	0.00001
782	1.4693	0.00001
783	1.46928	0.00001
784	1.46926	0.00001
785	1.46924	0.00001
786	1.46923	0.00001
787	1.46921	0.00001
788	1.46919	0.00001
789	1.46917	0.00001
790	1.46915	0.00001

[0196]

表 13 (续)		
波长	折射率	消光系数
791	1.46913	0.00001
792	1.46912	0.00001
793	1.4691	0.00001
794	1.46908	0.00001
795	1.46906	0.00001
796	1.46904	0.00001
797	1.46903	0.00001
798	1.46901	0.00001

[0197]

表14:厚度为100nm的Al_xN_y层的折射率和色散曲线与波长的关系

波长	折射率	消光系数
350	2.05658	0
351	2.05585	0
352	2.05512	0
353	2.0544	0
354	2.05369	0
355	2.05299	0

[0198]

[0199]

356	2.05229	0
357	2.0516	0
358	2.05091	0
359	2.05023	0
360	2.04955	0
361	2.04888	0
362	2.04822	0
363	2.04756	0
364	2.04691	0
365	2.04626	0
366	2.04562	0
367	2.04498	0
368	2.04435	0
369	2.04372	0
370	2.0431	0
371	2.04249	0
372	2.04188	0
373	2.04127	0
374	2.04067	0
375	2.04007	0
376	2.03948	0
377	2.0389	0
378	2.03832	0
379	2.03774	0
380	2.03717	0

表 14 (续)

波长	折射率	消光系数
381	2.0366	0
382	2.03604	0

383	2.03548	0
384	2.03492	0
385	2.03437	0
386	2.03383	0
387	2.03329	0
388	2.03275	0
389	2.03222	0
390	2.03169	0
391	2.03117	0
392	2.03065	0
393	2.03013	0
394	2.02962	0
395	2.02911	0
396	2.02861	0
397	2.02811	0
398	2.02761	0
399	2.02712	0
400	2.02663	0
401	2.02614	0
402	2.02566	0
403	2.02518	0
404	2.02471	0
405	2.02424	0
406	2.02377	0
407	2.02331	0
408	2.02285	0
409	2.02239	0
410	2.02194	0
411	2.02149	0
412	2.02104	0

413	2.0206	0
414	2.02016	0
415	2.01972	0
416	2.01929	0
417	2.01886	0
418	2.01843	0
419	2.01801	0
420	2.01759	0

[0201]

表 14 (续)		
波长	折射率	消光系数
421	2.01717	0
422	2.01675	0
423	2.01634	0
424	2.01593	0
425	2.01553	0
426	2.01512	0
427	2.01472	0
428	2.01433	0
429	2.01393	0
430	2.01354	0
431	2.01315	0
432	2.01276	0
433	2.01238	0
434	2.012	0
435	2.01162	0
436	2.01125	0
437	2.01087	0
438	2.0105	0
439	2.01014	0

[0202]

440	2.00977	0
441	2.00941	0
442	2.00905	0
443	2.00869	0
444	2.00833	0
445	2.00798	0
446	2.00763	0
447	2.00728	0
448	2.00694	0
449	2.00659	0
450	2.00625	0
451	2.00591	0
452	2.00558	0
453	2.00524	0
454	2.00491	0
455	2.00458	0
456	2.00425	0
457	2.00393	0
458	2.00361	0
459	2.00328	0
460	2.00297	0

表 14 (续)

波长	折射率	消光系数
461	2.00265	0
462	2.00233	0
463	2.00202	0
464	2.00171	0
465	2.0014	0
466	2.0011	0

[0203]

467	2.00079	0
468	2.00049	0
469	2.00019	0
470	1.99989	0
471	1.99959	0
472	1.9993	0
473	1.999	0
474	1.99871	0
475	1.99842	0
476	1.99814	0
477	1.99785	0
478	1.99757	0
479	1.99729	0
480	1.99701	0
481	1.99673	0
482	1.99645	0
483	1.99618	0
484	1.9959	0
485	1.99563	0
486	1.99536	0
487	1.99509	0
488	1.99483	0
489	1.99456	0
490	1.9943	0
491	1.99404	0
492	1.99378	0
493	1.99352	0
494	1.99326	0
495	1.99301	0
496	1.99275	0

497	1.9925	0
498	1.99225	0
499	1.992	0
500	1.99175	0

[0204]

表 14 (续)		
波长	折射率	消光系数
501	1.99151	0
502	1.99126	0
503	1.99102	0
504	1.99078	0
505	1.99054	0
506	1.9903	0
507	1.99006	0
508	1.98983	0
509	1.98959	0
510	1.98936	0
511	1.98913	0
512	1.9889	0
513	1.98867	0
514	1.98844	0
515	1.98822	0
516	1.98799	0
517	1.98777	0
518	1.98755	0
519	1.98733	0
520	1.98711	0
521	1.98689	0
522	1.98667	0
523	1.98645	0

524	1.98624	0
525	1.98603	0
526	1.98581	0
527	1.9856	0
528	1.98539	0
529	1.98519	0
530	1.98498	0
531	1.98477	0
532	1.98457	0
533	1.98436	0
534	1.98416	0
535	1.98396	0
536	1.98376	0
537	1.98356	0
538	1.98336	0
539	1.98317	0
540	1.98297	0

[0205]

表 14 (续)		
波长	折射率	消光系数
541	1.98277	0
542	1.98258	0
543	1.98239	0
544	1.9822	0
545	1.98201	0
546	1.98182	0
547	1.98163	0
548	1.98144	0
549	1.98126	0
550	1.98107	0

[0206]

551	1.98089	0
552	1.9807	0
553	1.98052	0
554	1.98034	0
555	1.98016	0
556	1.97998	0
557	1.9798	0
558	1.97962	0
559	1.97945	0
560	1.97927	0
561	1.9791	0
562	1.97892	0
563	1.97875	0
564	1.97858	0
565	1.97841	0
566	1.97824	0
567	1.97807	0
568	1.9779	0
569	1.97774	0
570	1.97757	0
571	1.9774	0
572	1.97724	0
573	1.97708	0
574	1.97691	0
575	1.97675	0
576	1.97659	0
577	1.97643	0
578	1.97627	0
579	1.97611	0
580	1.97596	0

表 14 (续)		
波长	折射率	消光系数
581	1.9758	0
582	1.97564	0
583	1.97549	0
584	1.97533	0
585	1.97518	0
586	1.97503	0
587	1.97487	0
588	1.97472	0
589	1.97457	0
590	1.97442	0
591	1.97427	0
592	1.97413	0
593	1.97398	0
594	1.97383	0
595	1.97369	0
596	1.97354	0
597	1.9734	0
598	1.97325	0
599	1.97311	0
600	1.97297	0
601	1.97283	0
602	1.97268	0
603	1.97254	0
604	1.9724	0
605	1.97227	0
606	1.97213	0
607	1.97199	0

[0207]

608	1.97185	0
609	1.97172	0
610	1.97158	0
611	1.97145	0
612	1.97131	0
613	1.97118	0
614	1.97105	0
615	1.97092	0
616	1.97078	0
617	1.97065	0
618	1.97052	0
619	1.97039	0
620	1.97027	0

[0208]

表 14 (续)

波长	折射率	消光系数
621	1.97014	0
622	1.97001	0
623	1.96988	0
624	1.96976	0
625	1.96963	0
626	1.96951	0
627	1.96938	0
628	1.96926	0
629	1.96913	0
630	1.96901	0
631	1.96889	0
632	1.96877	0
633	1.96865	0
634	1.96853	0

635	1.96841	0
636	1.96829	0
637	1.96817	0
638	1.96805	0
639	1.96793	0
640	1.96782	0
641	1.9677	0
642	1.96758	0
643	1.96747	0
644	1.96735	0
645	1.96724	0
646	1.96712	0
647	1.96701	0
648	1.9669	0
649	1.96679	0
650	1.96668	0
651	1.96656	0
652	1.96645	0
653	1.96634	0
654	1.96623	0
655	1.96612	0
656	1.96602	0
657	1.96591	0
658	1.9658	0
659	1.96569	0
660	1.96559	0

[0209]

表 14 (续)		
波长	折射率	消光系数
661	1.96548	0

662	1.96537	0
663	1.96527	0
664	1.96516	0
665	1.96506	0
666	1.96496	0
667	1.96485	0
668	1.96475	0
669	1.96465	0
670	1.96455	0
671	1.96445	0
672	1.96434	0
673	1.96424	0
674	1.96414	0
675	1.96404	0
676	1.96394	0
677	1.96385	0
678	1.96375	0
679	1.96365	0
680	1.96355	0
681	1.96346	0
682	1.96336	0
683	1.96326	0
684	1.96317	0
685	1.96307	0
686	1.96298	0
687	1.96288	0
688	1.96279	0
689	1.96269	0
690	1.9626	0
691	1.96251	0

[0210]

692	1.96242	0
693	1.96232	0
694	1.96223	0
695	1.96214	0
696	1.96205	0
697	1.96196	0
698	1.96187	0
699	1.96178	0
700	1.96169	0

[0211]

表 14 (续)		
波长	折射率	消光系数
701	1.9616	0
702	1.96151	0
703	1.96143	0
704	1.96134	0
705	1.96125	0
706	1.96116	0
707	1.96108	0
708	1.96099	0
709	1.96091	0
710	1.96082	0
711	1.96073	0
712	1.96065	0
713	1.96057	0
714	1.96048	0
715	1.9604	0
716	1.96031	0
717	1.96023	0
718	1.96015	0

719	1.96007	0
720	1.95998	0
721	1.9599	0
722	1.95982	0
723	1.95974	0
724	1.95966	0
725	1.95958	0
726	1.9595	0
727	1.95942	0
728	1.95934	0
729	1.95926	0
730	1.95918	0
731	1.95911	0
732	1.95903	0
733	1.95895	0
734	1.95887	0
735	1.9588	0
736	1.95872	0
737	1.95864	0
738	1.95857	0
739	1.95849	0
740	1.95841	0

表 14 (续)		
波长	折射率	消光系数
741	1.95834	0
742	1.95826	0
743	1.95819	0
744	1.95812	0
745	1.95804	0

746	1.95797	0
747	1.9579	0
748	1.95782	0
749	1.95775	0
750	1.95768	0
751	1.9576	0
752	1.95753	0
753	1.95746	0
754	1.95739	0
755	1.95732	0
756	1.95725	0
757	1.95718	0
758	1.95711	0
759	1.95704	0
760	1.95697	0
761	1.9569	0
762	1.95683	0
763	1.95676	0
764	1.95669	0
765	1.95662	0
766	1.95656	0
767	1.95649	0
768	1.95642	0
769	1.95635	0
770	1.95629	0
771	1.95622	0
772	1.95615	0
773	1.95609	0
774	1.95602	0
775	1.95596	0

[0213]

776	1.95589	0
777	1.95583	0
778	1.95576	0
779	1.9557	0
780	1.95563	0

表 14 (续)		
波长	折射率	消光系数
781	1.95557	0
782	1.9555	0
783	1.95544	0
784	1.95538	0
785	1.95531	0
786	1.95525	0
787	1.95519	0
788	1.95513	0
789	1.95506	0
790	1.955	0
791	1.95494	0
792	1.95488	0
793	1.95482	0
794	1.95476	0
795	1.9547	0
796	1.95463	0
797	1.95457	0
798	1.95451	0

[0214]

[0215]

表15:厚度为2000nm的Al₁₀xNy层的折射率和色散曲线与波长的关系

波长	折射率	消光系数
350	2.03915	0.00065

[0216]

351	2.03836	0.00064
352	2.03758	0.00064
353	2.03681	0.00063
354	2.03605	0.00063
355	2.03529	0.00062
356	2.03454	0.00062
357	2.0338	0.00061
358	2.03307	0.00061
359	2.03234	0.0006
360	2.03162	0.0006
361	2.03091	0.00059
362	2.03021	0.00059
363	2.02951	0.00059
364	2.02882	0.00058
365	2.02813	0.00058
366	2.02746	0.00057

[0217]

表 15 (续)		
波长	折射率	消光系数
367	2.02678	0.00057
368	2.02612	0.00056
369	2.02546	0.00056
370	2.02481	0.00055
371	2.02416	0.00055
372	2.02352	0.00055
373	2.02289	0.00054
374	2.02226	0.00054
375	2.02164	0.00053
376	2.02102	0.00053
377	2.02041	0.00053

378	2.01981	0.00052
379	2.01921	0.00052
380	2.01862	0.00051
381	2.01803	0.00051
382	2.01744	0.00051
383	2.01687	0.0005
384	2.0163	0.0005
385	2.01573	0.0005
386	2.01517	0.00049
387	2.01461	0.00049
388	2.01406	0.00048
389	2.01351	0.00048
390	2.01297	0.00048
391	2.01243	0.00047
392	2.0119	0.00047
393	2.01137	0.00047
394	2.01085	0.00046
395	2.01033	0.00046
396	2.00982	0.00046
397	2.00931	0.00045
398	2.00881	0.00045
399	2.00831	0.00045
400	2.00781	0.00044
401	2.00732	0.00044
402	2.00683	0.00043
403	2.00635	0.00043
404	2.00587	0.00043
405	2.00539	0.00043
406	2.00492	0.00042
407	2.00446	0.00042

表 15 (续)		
波长	折射率	消光系数
408	2.00399	0.00042
409	2.00353	0.00041
410	2.00308	0.00041
411	2.00263	0.00041
412	2.00218	0.0004
413	2.00174	0.0004
414	2.0013	0.0004
415	2.00086	0.00039
416	2.00043	0.00039
417	2	0.00039
418	1.99957	0.00039
419	1.99915	0.00038
420	1.99873	0.00038
421	1.99832	0.00038
422	1.99791	0.00037
423	1.9975	0.00037
424	1.99709	0.00037
425	1.99669	0.00037
426	1.99629	0.00036
427	1.9959	0.00036
428	1.9955	0.00036
429	1.99511	0.00035
430	1.99473	0.00035
431	1.99435	0.00035
432	1.99397	0.00035
433	1.99359	0.00034
434	1.99321	0.00034

[0219]

435	1.99284	0.00034
436	1.99248	0.00034
437	1.99211	0.00033
438	1.99175	0.00033
439	1.99139	0.00033
440	1.99103	0.00033
441	1.99068	0.00032
442	1.99033	0.00032
443	1.98998	0.00032
444	1.98963	0.00032
445	1.98929	0.00031
446	1.98895	0.00031
447	1.98861	0.00031

[0220]

表 15 (续)

波长	折射率	消光系数
448	1.98827	0.00031
449	1.98794	0.0003
450	1.98761	0.0003
451	1.98728	0.0003
452	1.98696	0.0003
453	1.98663	0.00029
454	1.98631	0.00029
455	1.986	0.00029
456	1.98568	0.00029
457	1.98537	0.00029
458	1.98506	0.00028
459	1.98475	0.00028
460	1.98444	0.00028
461	1.98414	0.00028

[0221]	462	1.98383	0.00028
	463	1.98353	0.00027
	464	1.98324	0.00027
	465	1.98294	0.00027
	466	1.98265	0.00027
	467	1.98235	0.00027
	468	1.98207	0.00026
	469	1.98178	0.00026
	470	1.98149	0.00026
	471	1.98121	0.00026
	472	1.98093	0.00026
	473	1.98065	0.00025
	474	1.98037	0.00025
	475	1.9801	0.00025
	476	1.97982	0.00025
	477	1.97955	0.00025
	478	1.97928	0.00024
	479	1.97902	0.00024
	480	1.97875	0.00024
	481	1.97849	0.00024
	482	1.97823	0.00024
	483	1.97797	0.00023
	484	1.97771	0.00023
	485	1.97745	0.00023
	486	1.9772	0.00023
	487	1.97694	0.00023

表 15 (续)		
波长	折射率	消光系数
488	1.97669	0.00023

489	1.97644	0.00022
490	1.97619	0.00022
491	1.97595	0.00022
492	1.9757	0.00022
493	1.97546	0.00022
494	1.97522	0.00022
495	1.97498	0.00021
496	1.97474	0.00021
497	1.97451	0.00021
498	1.97427	0.00021
499	1.97404	0.00021
500	1.97381	0.00021
501	1.97358	0.0002
502	1.97335	0.0002
503	1.97312	0.0002
504	1.9729	0.0002
505	1.97267	0.0002
506	1.97245	0.0002
507	1.97223	0.0002
508	1.97201	0.00019
509	1.97179	0.00019
510	1.97157	0.00019
511	1.97136	0.00019
512	1.97114	0.00019
513	1.97093	0.00019
514	1.97072	0.00019
515	1.97051	0.00018
516	1.9703	0.00018
517	1.97009	0.00018
518	1.96989	0.00018

519	1.96968	0.00018
520	1.96948	0.00018
521	1.96928	0.00018
522	1.96908	0.00017
523	1.96888	0.00017
524	1.96868	0.00017
525	1.96848	0.00017
526	1.96829	0.00017
527	1.96809	0.00017

[0223]

表 15 (续)		
波长	折射率	消光系数
528	1.9679	0.00017
529	1.96771	0.00017
530	1.96752	0.00016
531	1.96733	0.00016
532	1.96714	0.00016
533	1.96695	0.00016
534	1.96677	0.00016
535	1.96658	0.00016
536	1.9664	0.00016
537	1.96621	0.00016
538	1.96603	0.00015
539	1.96585	0.00015
540	1.96567	0.00015
541	1.96549	0.00015
542	1.96532	0.00015
543	1.96514	0.00015
544	1.96497	0.00015
545	1.96479	0.00015

[0224]

546	1.96462	0.00015
547	1.96445	0.00014
548	1.96428	0.00014
549	1.96411	0.00014
550	1.96394	0.00014
551	1.96377	0.00014
552	1.9636	0.00014
553	1.96344	0.00014
554	1.96327	0.00014
555	1.96311	0.00014
556	1.96295	0.00013
557	1.96278	0.00013
558	1.96262	0.00013
559	1.96246	0.00013
560	1.9623	0.00013
561	1.96215	0.00013
562	1.96199	0.00013
563	1.96183	0.00013
564	1.96168	0.00013
565	1.96152	0.00013
566	1.96137	0.00012
567	1.96122	0.00012

表 15 (续)

波长	折射率	消光系数
568	1.96106	0.00012
569	1.96091	0.00012
570	1.96076	0.00012
571	1.96061	0.00012
572	1.96046	0.00012

573	1.96032	0.00012
574	1.96017	0.00012
575	1.96002	0.00012
576	1.95988	0.00012
577	1.95973	0.00011
578	1.95959	0.00011
579	1.95945	0.00011
580	1.95931	0.00011
581	1.95917	0.00011
582	1.95903	0.00011
583	1.95889	0.00011
584	1.95875	0.00011
585	1.95861	0.00011
586	1.95847	0.00011
587	1.95834	0.00011
588	1.9582	0.00011
589	1.95807	0.0001
590	1.95793	0.0001
591	1.9578	0.0001
592	1.95766	0.0001
593	1.95753	0.0001
594	1.9574	0.0001
595	1.95727	0.0001
596	1.95714	0.0001
597	1.95701	0.0001
598	1.95688	0.0001
599	1.95676	0.0001
600	1.95663	0.0001
601	1.9565	0.0001
602	1.95638	0.00009

603	1.95625	0.00009
604	1.95613	0.00009
605	1.956	0.00009
606	1.95588	0.00009
607	1.95576	0.00009

表 15 (续)		
波长	折射率	消光系数
608	1.95564	0.00009
609	1.95552	0.00009
610	1.9554	0.00009
611	1.95528	0.00009
612	1.95516	0.00009
613	1.95504	0.00009
614	1.95492	0.00009
615	1.9548	0.00009
616	1.95469	0.00009
617	1.95457	0.00008
618	1.95446	0.00008
619	1.95434	0.00008
620	1.95423	0.00008
621	1.95411	0.00008
622	1.954	0.00008
623	1.95389	0.00008
624	1.95378	0.00008
625	1.95366	0.00008
626	1.95355	0.00008
627	1.95344	0.00008
628	1.95333	0.00008
629	1.95322	0.00008

[0226]

630	1.95312	0.00008
631	1.95301	0.00008
632	1.9529	0.00008
633	1.95279	0.00007
634	1.95269	0.00007
635	1.95258	0.00007
636	1.95248	0.00007
637	1.95237	0.00007
638	1.95227	0.00007
639	1.95216	0.00007
640	1.95206	0.00007
641	1.95196	0.00007
642	1.95186	0.00007
643	1.95176	0.00007
644	1.95165	0.00007
645	1.95155	0.00007
646	1.95145	0.00007
647	1.95135	0.00007

[0227]

表 15 (续)		
波长	折射率	消光系数
648	1.95125	0.00007
649	1.95116	0.00007
650	1.95106	0.00007
651	1.95096	0.00007
652	1.95086	0.00006
653	1.95077	0.00006
654	1.95067	0.00006
655	1.95058	0.00006
656	1.95048	0.00006

657	1.95039	0.00006
658	1.95029	0.00006
659	1.9502	0.00006
660	1.9501	0.00006
661	1.95001	0.00006
662	1.94992	0.00006
663	1.94983	0.00006
664	1.94973	0.00006
665	1.94964	0.00006
666	1.94955	0.00006
667	1.94946	0.00006
668	1.94937	0.00006
669	1.94928	0.00006
670	1.94919	0.00006
671	1.94911	0.00006
672	1.94902	0.00006
673	1.94893	0.00006
674	1.94884	0.00005
675	1.94876	0.00005
676	1.94867	0.00005
677	1.94858	0.00005
678	1.9485	0.00005
679	1.94841	0.00005
680	1.94833	0.00005
681	1.94824	0.00005
682	1.94816	0.00005
683	1.94808	0.00005
684	1.94799	0.00005
685	1.94791	0.00005
686	1.94783	0.00005

687	1.94774	0.00005
-----	---------	---------

表 15 (续)		
波长	折射率	消光系数
688	1.94766	0.00005
689	1.94758	0.00005
690	1.9475	0.00005
691	1.94742	0.00005
692	1.94734	0.00005
693	1.94726	0.00005
694	1.94718	0.00005
695	1.9471	0.00005
696	1.94702	0.00005
697	1.94694	0.00005
698	1.94687	0.00005
699	1.94679	0.00005
700	1.94671	0.00005
701	1.94663	0.00004
702	1.94656	0.00004
703	1.94648	0.00004
704	1.94641	0.00004
705	1.94633	0.00004
706	1.94625	0.00004
707	1.94618	0.00004
708	1.94611	0.00004
709	1.94603	0.00004
710	1.94596	0.00004
711	1.94588	0.00004
712	1.94581	0.00004
713	1.94574	0.00004

[0229]

714	1.94566	0.00004
715	1.94559	0.00004
716	1.94552	0.00004
717	1.94545	0.00004
718	1.94538	0.00004
719	1.94531	0.00004
720	1.94524	0.00004
721	1.94517	0.00004
722	1.9451	0.00004
723	1.94503	0.00004
724	1.94496	0.00004
725	1.94489	0.00004
726	1.94482	0.00004
727	1.94475	0.00004

[0230]

表 15 (续)		
波长	折射率	消光系数
728	1.94468	0.00004
729	1.94461	0.00004
730	1.94455	0.00004
731	1.94448	0.00004
732	1.94441	0.00004
733	1.94434	0.00004
734	1.94428	0.00003
735	1.94421	0.00003
736	1.94415	0.00003
737	1.94408	0.00003
738	1.94401	0.00003
739	1.94395	0.00003
740	1.94388	0.00003

[0231]	741	1.94382	0.00003
	742	1.94376	0.00003
	743	1.94369	0.00003
	744	1.94363	0.00003
	745	1.94356	0.00003
	746	1.9435	0.00003
	747	1.94344	0.00003
	748	1.94338	0.00003
	749	1.94331	0.00003
	750	1.94325	0.00003
	751	1.94319	0.00003
	752	1.94313	0.00003
	753	1.94307	0.00003
	754	1.94301	0.00003
	755	1.94294	0.00003
	756	1.94288	0.00003
	757	1.94282	0.00003
	758	1.94276	0.00003
	759	1.9427	0.00003
	760	1.94264	0.00003
	761	1.94259	0.00003
	762	1.94253	0.00003
	763	1.94247	0.00003
	764	1.94241	0.00003
	765	1.94235	0.00003
	766	1.94229	0.00003
	767	1.94223	0.00003

表 15 (续)		
波长	折射率	消光系数

[0232]	768	1.94218	0.00003
	769	1.94212	0.00003
	770	1.94206	0.00003
	771	1.94201	0.00003
	772	1.94195	0.00003
	773	1.94189	0.00003
	774	1.94184	0.00003
	775	1.94178	0.00003
	776	1.94172	0.00003
	777	1.94167	0.00003
	778	1.94161	0.00002
	779	1.94156	0.00002
	780	1.9415	0.00002
	781	1.94145	0.00002
	782	1.94139	0.00002
	783	1.94134	0.00002
	784	1.94129	0.00002
	785	1.94123	0.00002
	786	1.94118	0.00002
	787	1.94113	0.00002
	788	1.94107	0.00002
	789	1.94102	0.00002
	790	1.94097	0.00002
	791	1.94091	0.00002
	792	1.94086	0.00002
	793	1.94081	0.00002
	794	1.94076	0.00002
	795	1.94071	0.00002
	796	1.94066	0.00002
	797	1.9406	0.00002
[0233]	798	1.94055	0.00002

[0234] 模型实施例11是具有如表16所示结构且包括化学强化的ABS玻璃基材和布置在基材上的减反射涂层的制品。在表16中提供了依次布置在减反射涂层中每一层的减反射涂层材料和厚度。

[0235] 表16:原始状态的模型实施例11的结构

[0236]

材料	厚度 (nm)
空气	浸入
SiO ₂	95
Al ₁₀ xN _y	167
SiO ₂	31
Al ₁₀ xN _y	37
SiO ₂	57
Al ₁₀ xN _y	14
ABS玻璃	浸入

[0237] 图14A显示在不同入射照射角下,处于原始状态的模型实施例11的经涂覆的表面的模型反射率的变化。图14B显示在10度观察者以及D65光源和F2光源情况下,经涂覆的表面的反射率中的a*和b*色坐标。

[0238] 模型实施例12是具有如表17所示结构且包括化学强化的ABS玻璃基材和布置在基材上的减反射涂层的制品。在表17中提供了依次布置在减反射涂层中每一层的减反射涂层材料和厚度。

[0239] 表17:原始状态的模型实施例12的结构

材料	厚度 (nm)	折射率	消光系数	光学厚度 (FWOT)
空气	浸入	1	0	
SiO ₂	107	1.4764	0.00005	0.2867163
Al ₁₀ xN _y	44	1.98107	0	0.15888173

SiO ₂	10	1.4764	0.00005	0.02754151
Al ₁₀ xN _y	86	1.98107	0	0.31124395
SiO ₂	26	1.4764	0.00005	0.06990069
Al ₁₀ xN _y	27	1.98107	0	0.09595578
SiO ₂	47	1.4764	0.00005	0.12707752
Al ₁₀ xN _y	9	1.98107	0	0.03083264
ABS 玻璃	浸入	1.51005	0	

[0242] 图15A显示在不同入射照射角下,处于原始状态的模型实施例12的经涂覆的表面

的模型反射率的变化。图15B显示在10度观察者以及D65光源和F2光源情况下,经涂覆的表面的反射率中的a*和b*色坐标。

[0243] 如实施例所示,当评估包含表面厚度去除的表面缺陷时,随着表面厚度从0nm增加到高至约150nm,反射率倾向于增加,并且反射的颜色也连续或者半连续变化,如附图所示。在任意表面厚度去除,都没有观察到反射率、反差比或者色移的不连续跳跃。

[0244] 不希望受限于理论,相信根据一个或多个实施方式,具有增加指纹滴的表面缺陷的一些减反射涂层的较低绝对反射率(相比于具有相同指纹残留物的常规减反射涂层观察到的较高反射率)可解释为指纹滴与根据一个或多个实施方式的减反射涂层之间的界面处的较低反射率(这是相比于指纹残留物与常规减反射涂层之间的界面而言),如图11A-B、12A-B和13A-B所示。换言之,因为常规减反射涂层更完美地与空气阻抗匹配(impedance-matched),其与指纹油类的阻抗匹配较不完美。虽然根据一个或多个实施方式的减反射涂层可能对于空气是较不完美的阻抗匹配,但是它们可以与指纹油类更完美地阻抗匹配,导致相比于常规减反射涂层较低的总反射率(当它们两者都结合有布置在经涂覆的表面上且被空气围绕的包含有限厚度(例如,约为100-2000nm)的指纹滴的表面缺陷时)。

[0245] 不希望受限于理论,本文所述的减反射涂层的一些实施方式可在一些可见光波长展现出较高的反射率;但是,在系统水平(即,与显示器或者电子器件的其他元件结合时),该反射率增加不会有其在组件水平(即,在没有显示器或者电子器件的其他元件的制品中)表现的那么明显。具体来说,在显示器中,甚至具有直接粘合剂粘结覆盖材料的那些,约为0.5-3%的隐埋表面反射(buried surface reflection)是常见的。隐埋表面反射约为2%的显示器装置当与反射率为0.1%的常规减反射涂层结合时,会具有约为2.1%的总反射率。因此,当与根据一个或多个实施方式的反射率为1.2%的减反射涂层结合时,相同的显示器装置会具有3.2%的总反射率。该差异是较小的,并且两种涂层都为没有任何减反射涂层的相同显示器系统提供了明显更低的反射率(即,未涂覆的玻璃展现约6%的反射率以及未涂覆的蓝宝石展现约10%的反射率)。

[0246] 可以对本文所述的减反射涂层设计进行调节以适应不同尺寸或者具有不同折射率的表面缺陷。例如,可以对层厚度进行调节而不背离本发明的精神。在一个例子中,减反射涂层可包括2000nm厚的耐划痕层;但是,可以将该层造得更薄(例如,约为100-2000nm),同时仍然提供一些耐划痕性、耐磨损性或者对于破坏事件的抗性(潜在地包括跌落事件,例如当制品掉落到诸如沥青、水泥或砂纸之类的硬表面上时)。在其他例子中,可以将耐划痕层造得更薄(例如,厚度约为2000-10000nm)。减反射涂层的顶层(在实施例中,包括SiO₂)可以具有不同厚度。在一个实施方式中,厚度约为1-200nm。SiO₂顶层还可提供与布置在减反射涂层上的额外层,例如基于硅烷的低摩擦涂层,包括氟硅烷层、烷基硅烷层以及倍半硅氧烷层等的相容性,它们可通过液体沉积或气相沉积方式形成。

[0247] 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范围或精神的情况下对本发明进行各种修改和变动。

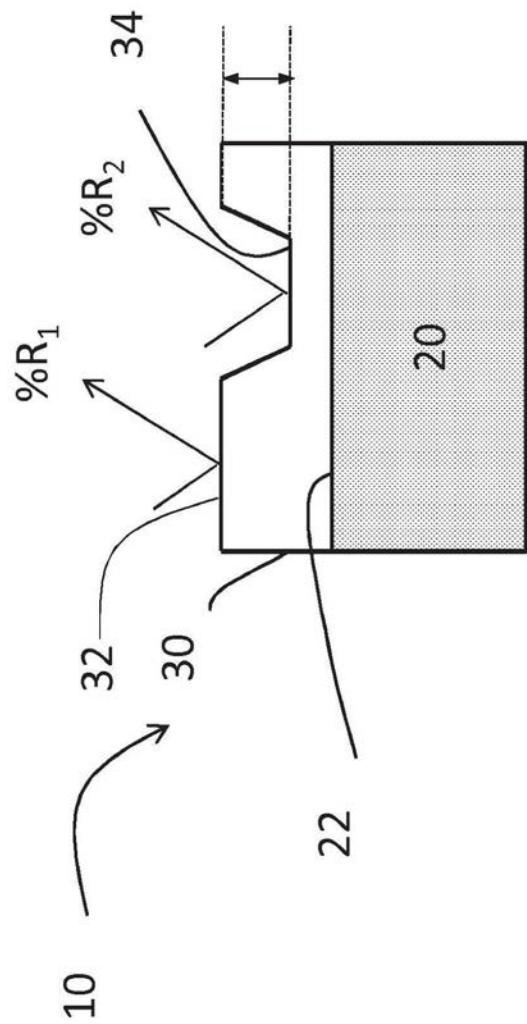


图1现有技术

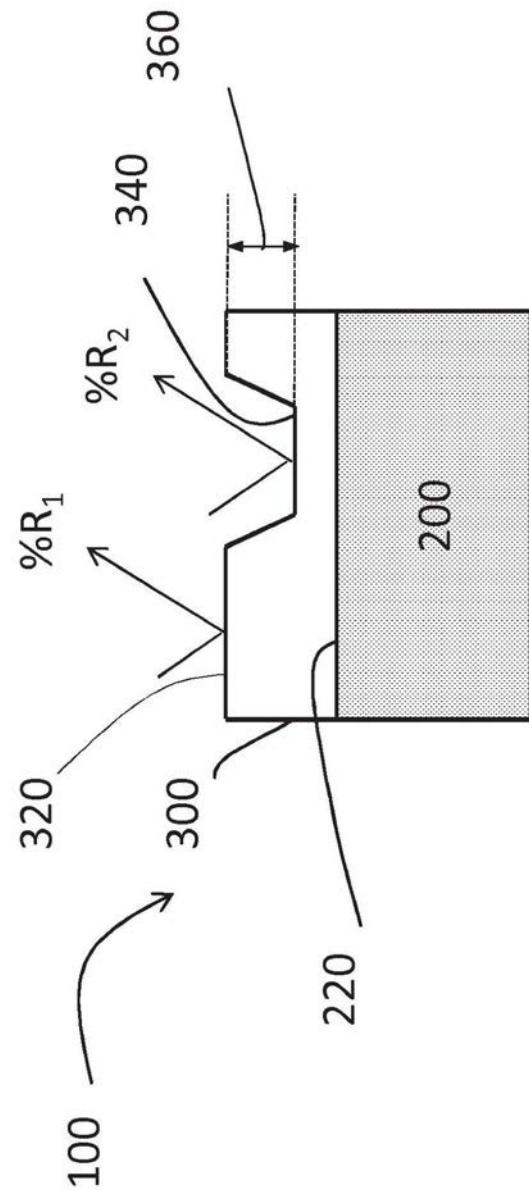


图2

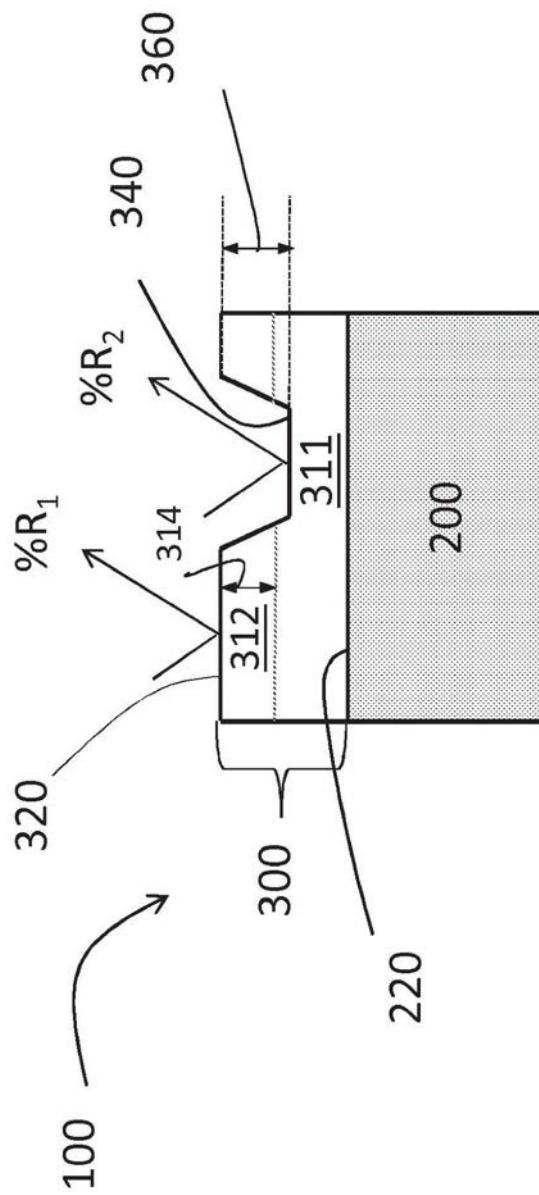


图3

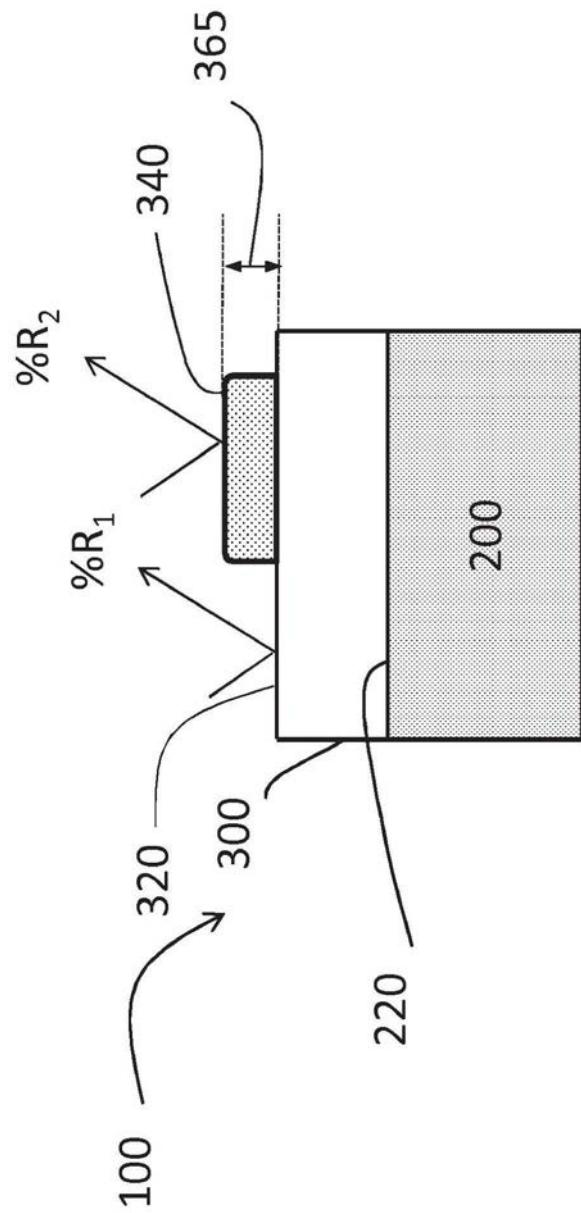


图4

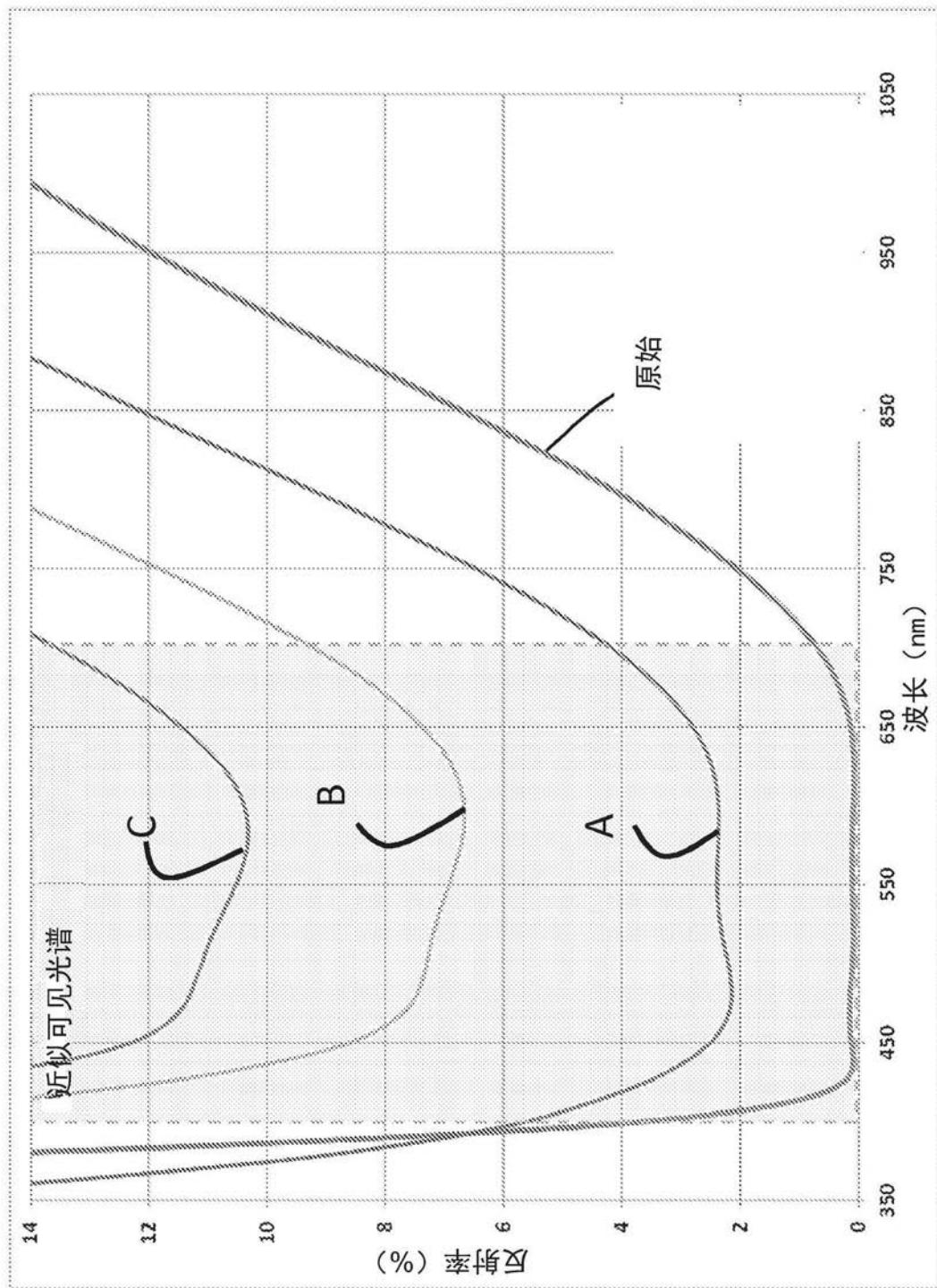


图5A(现有技术)

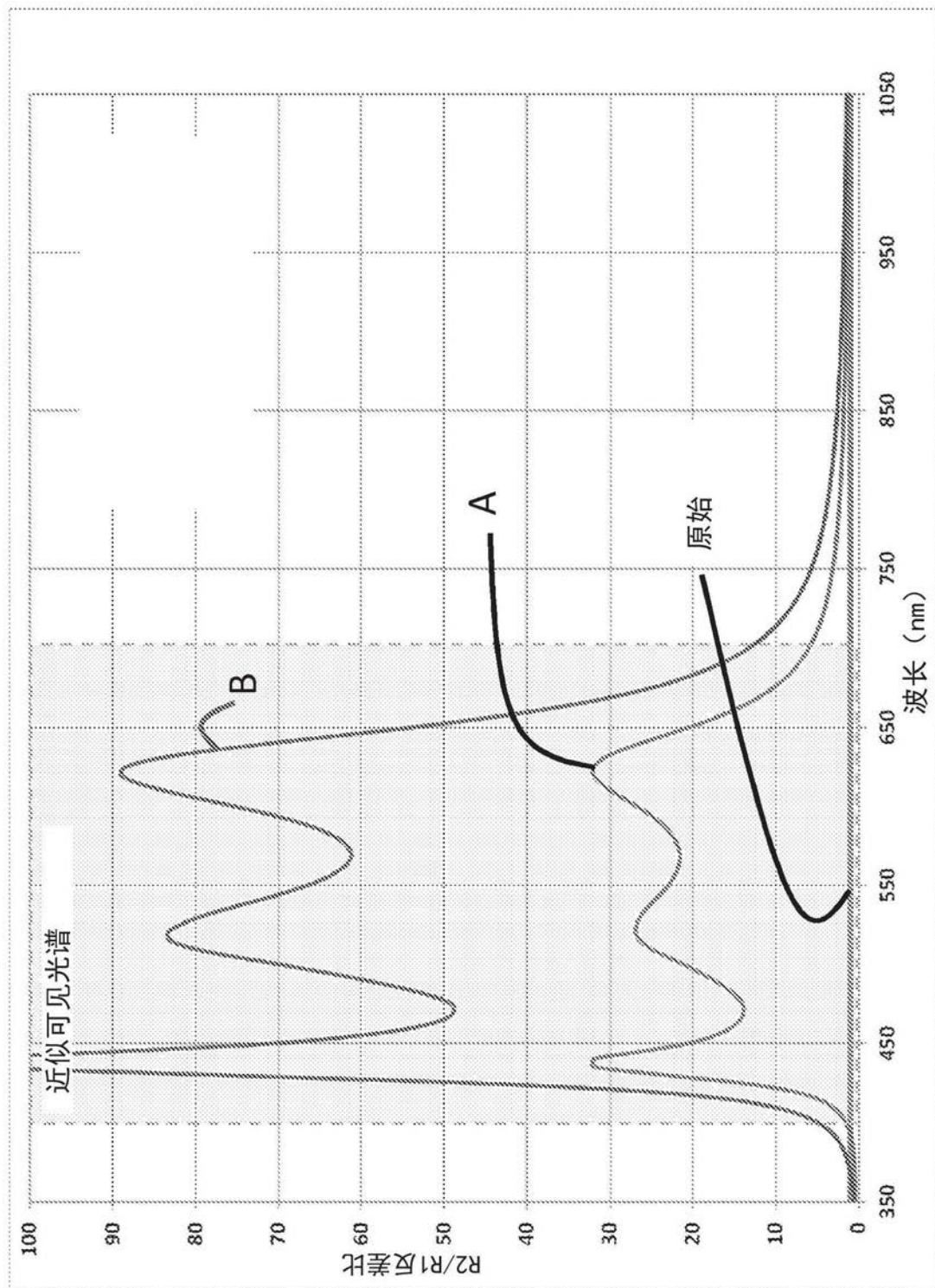


图5B(现有技术)

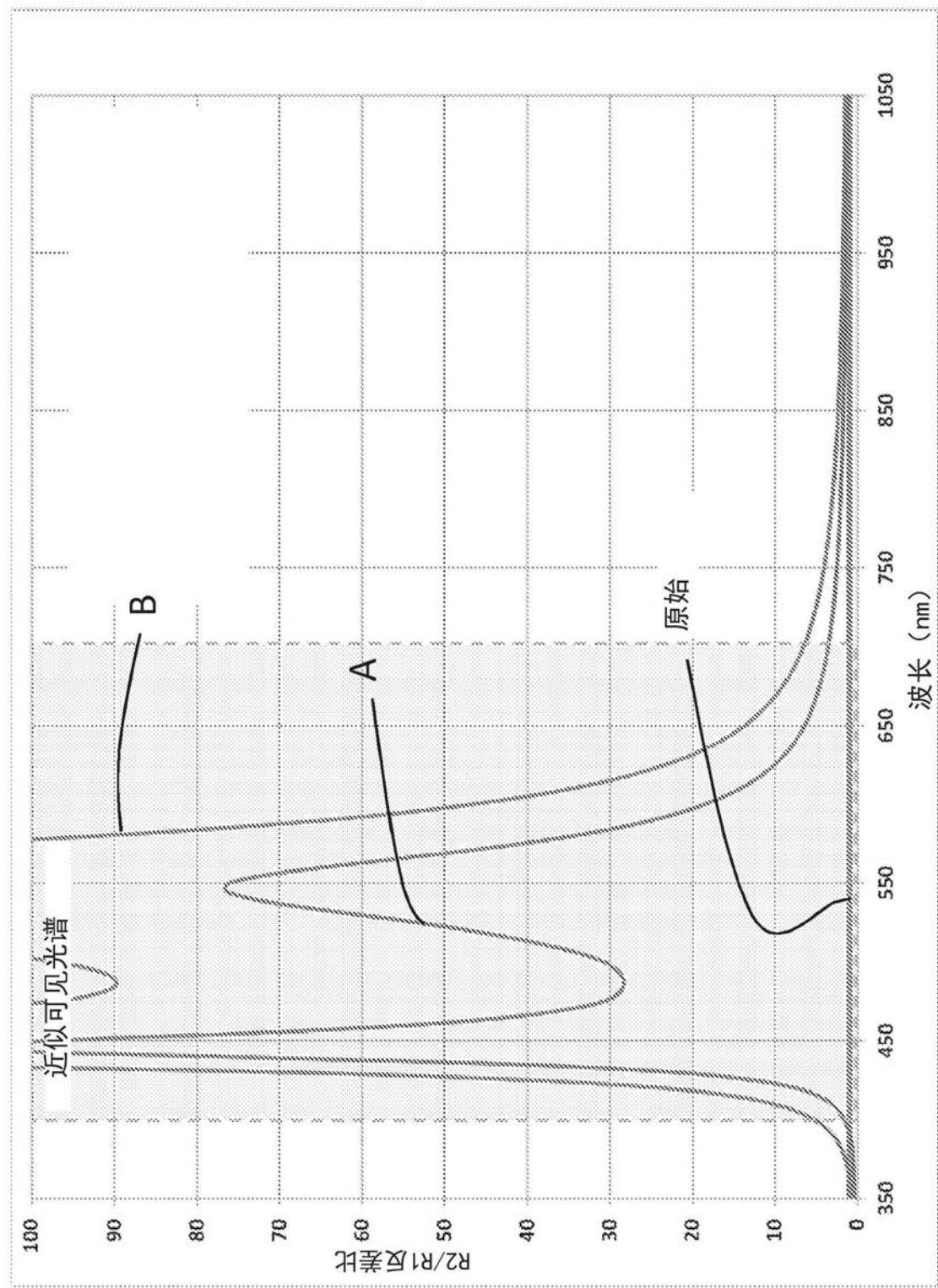


图5C(现有技术)

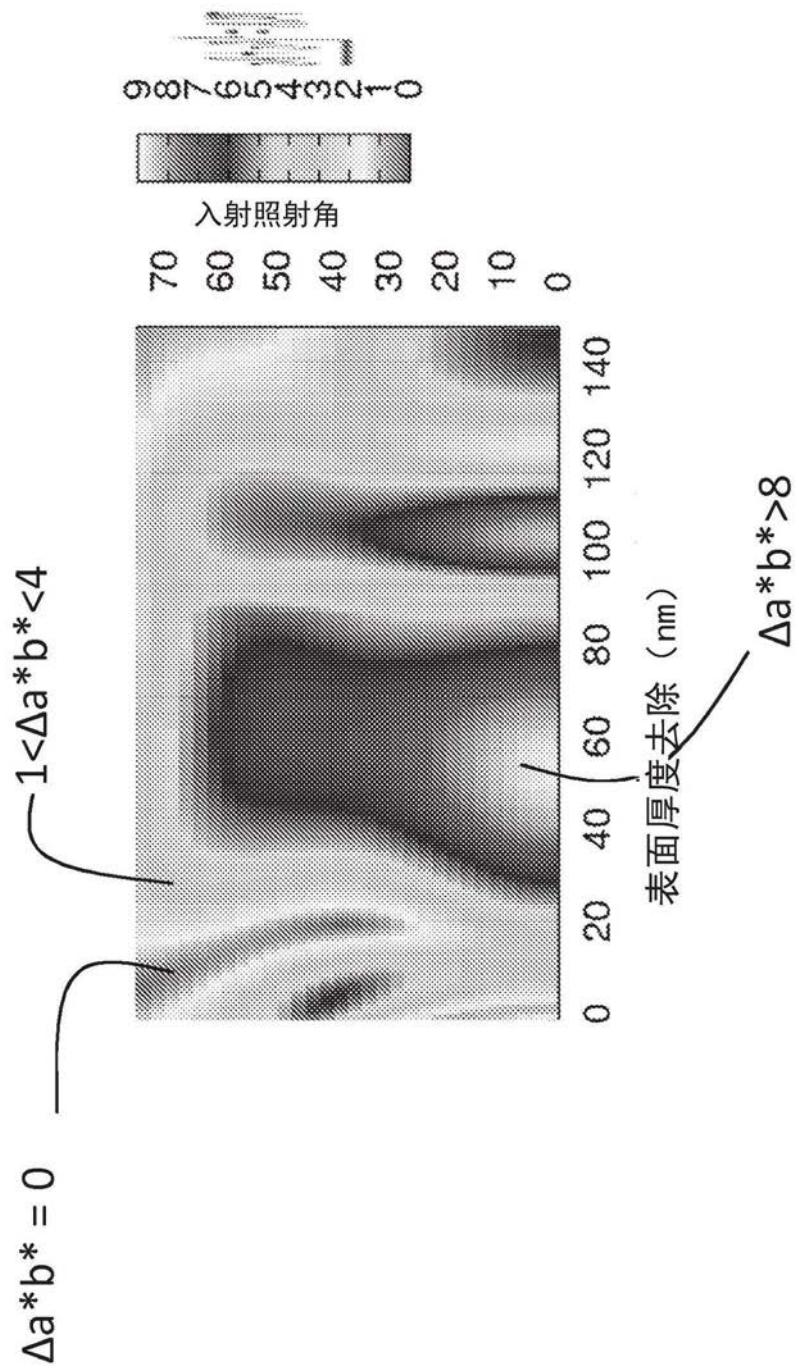


图5D (现有技术)

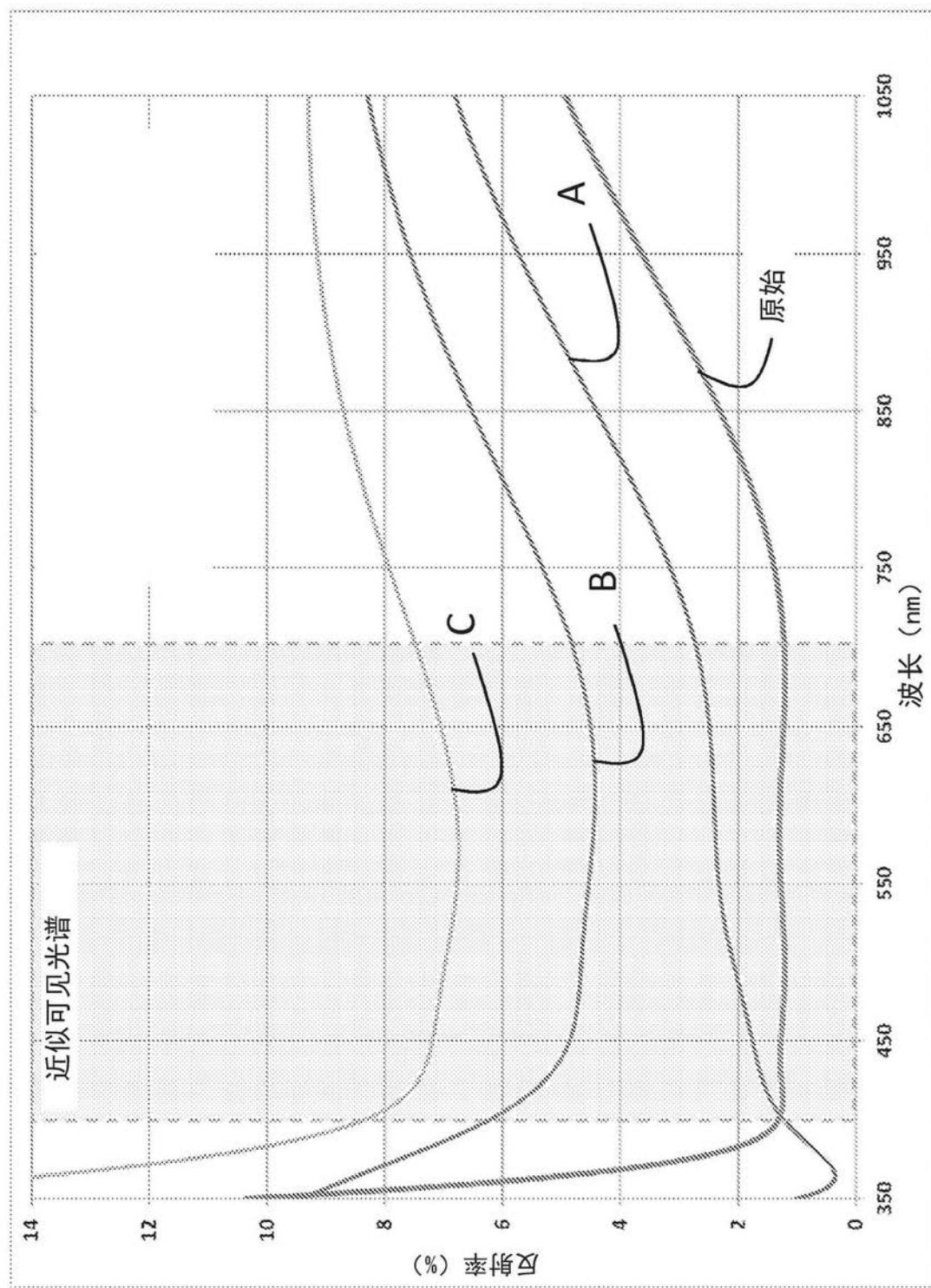


图6A

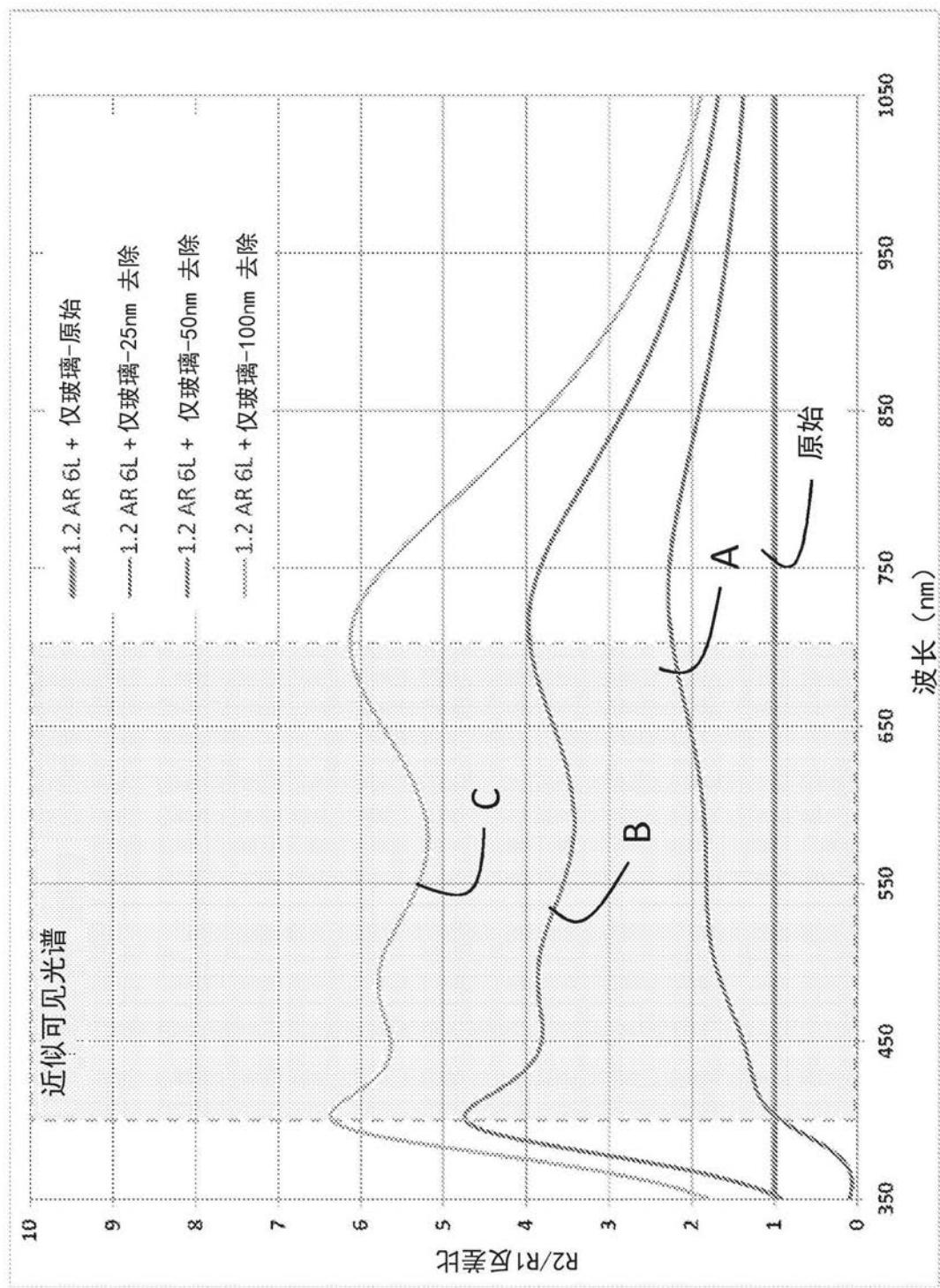


图6B

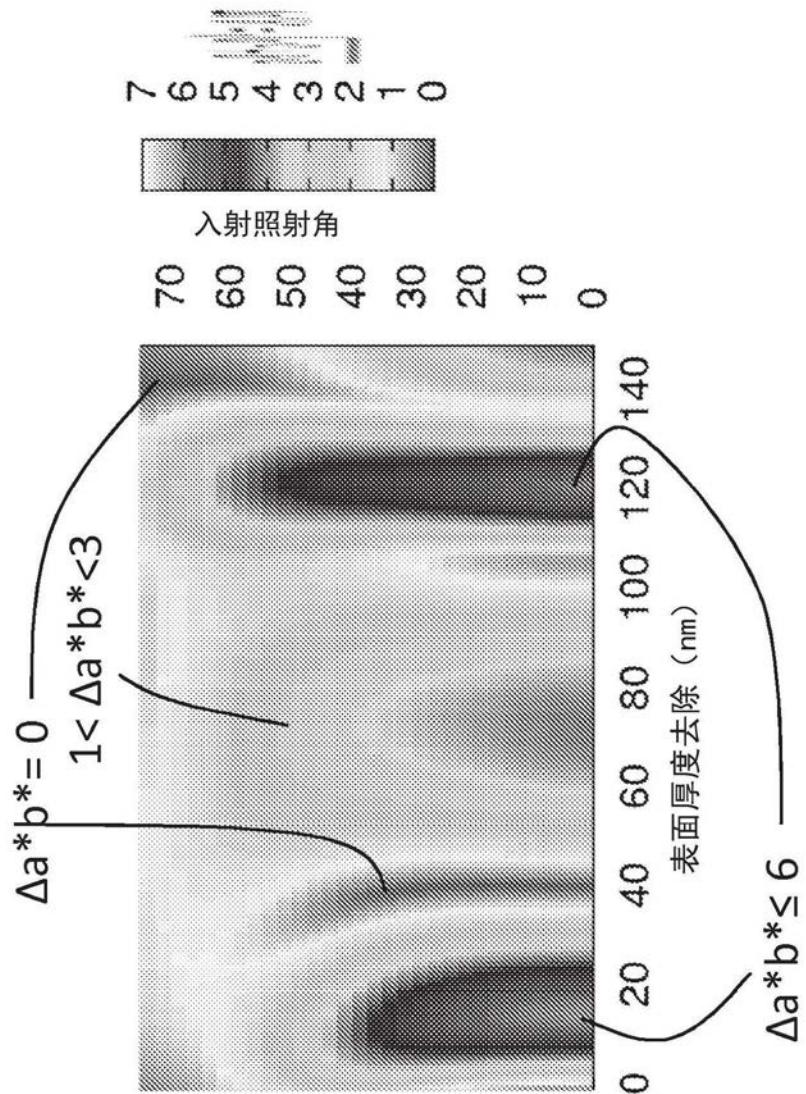


图6C

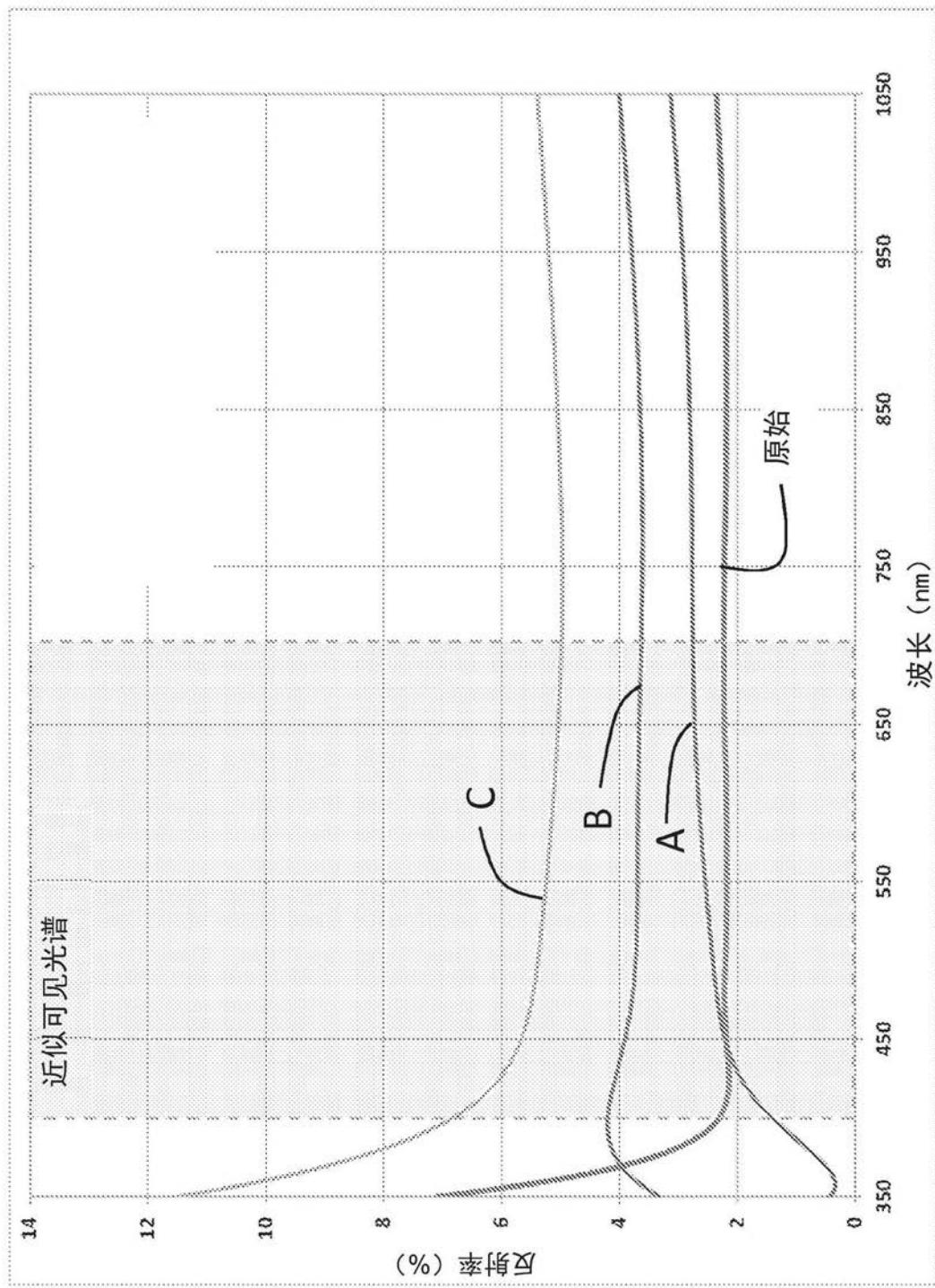


图7A

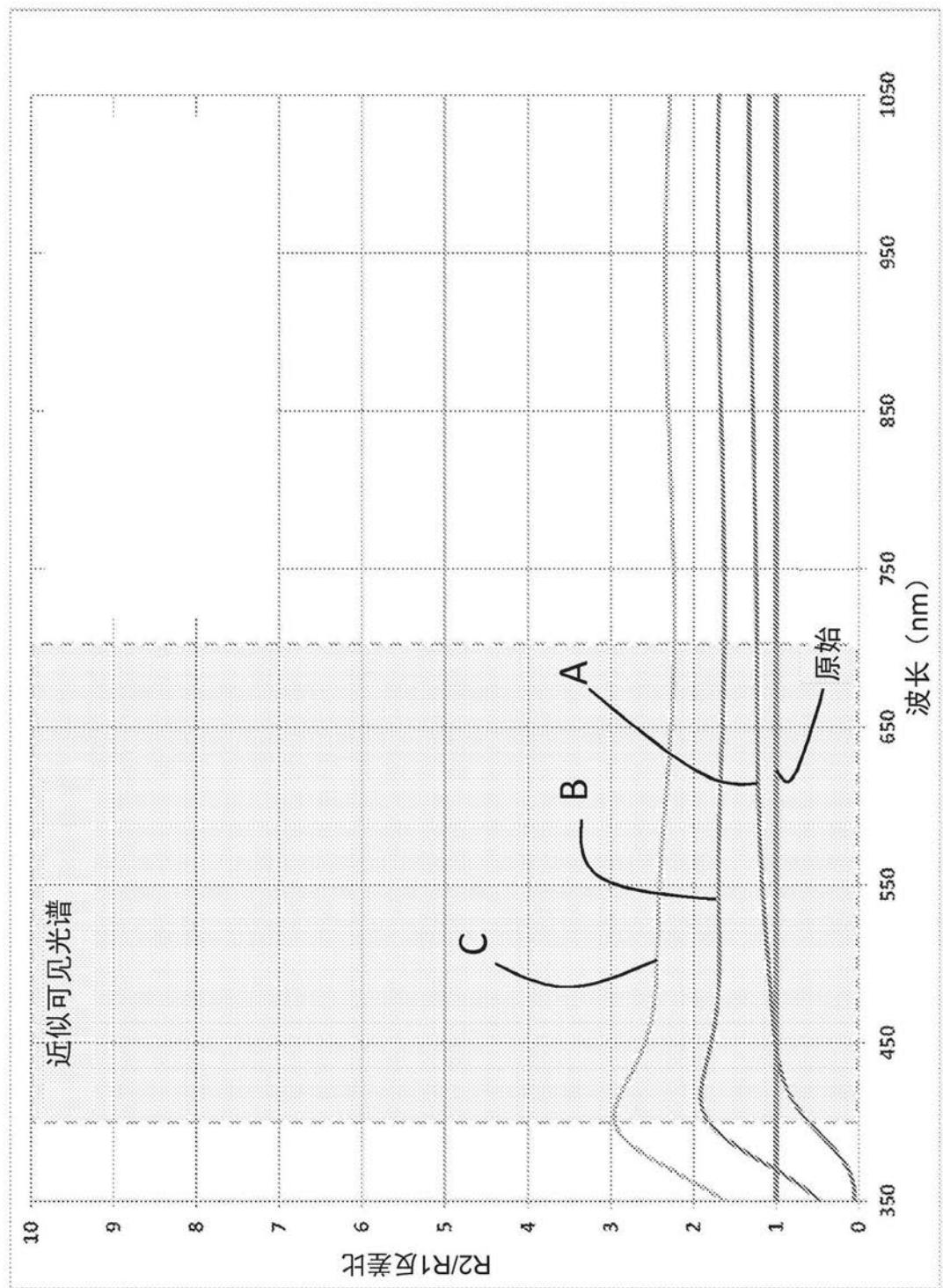


图7B

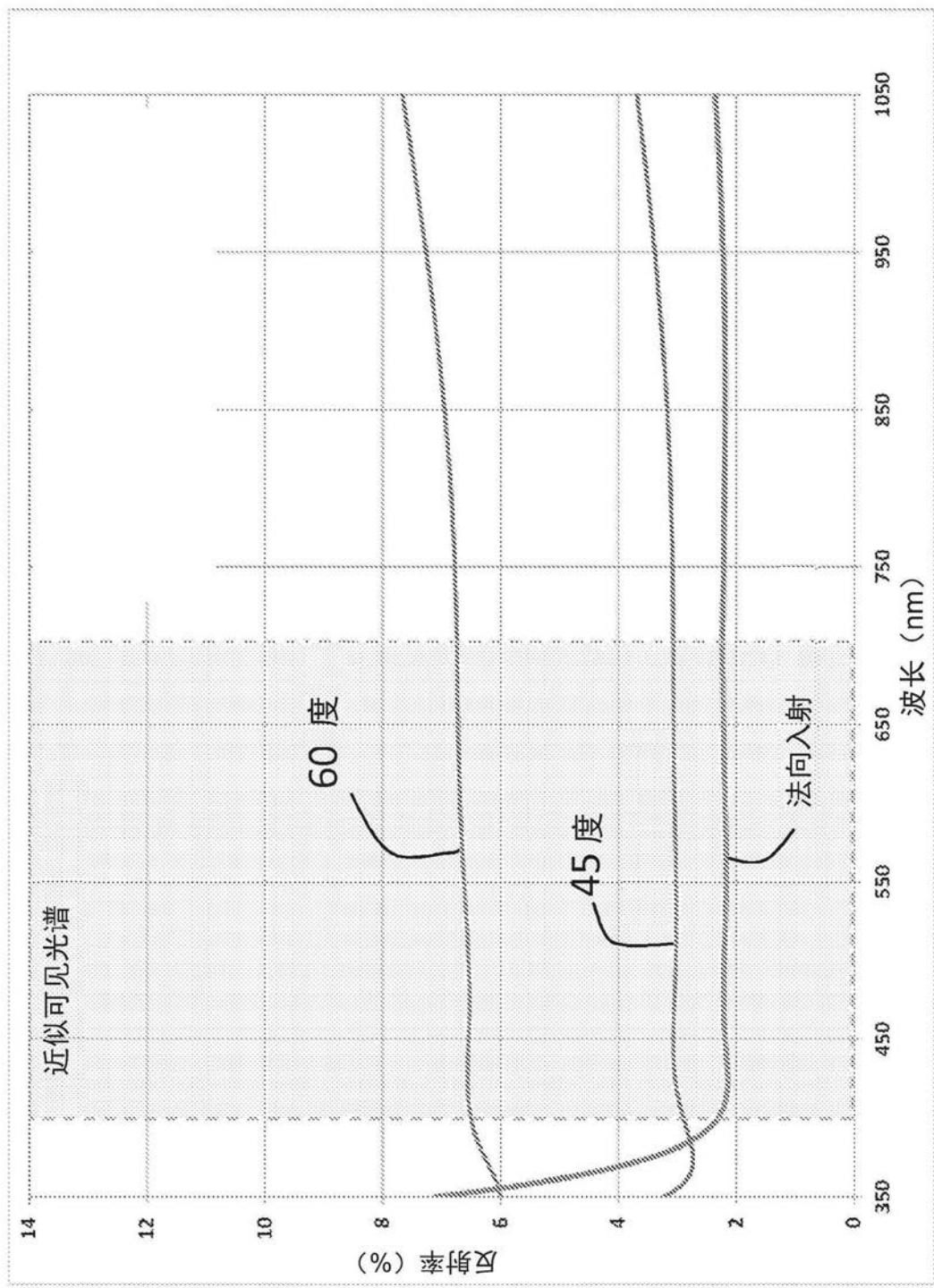


图7C

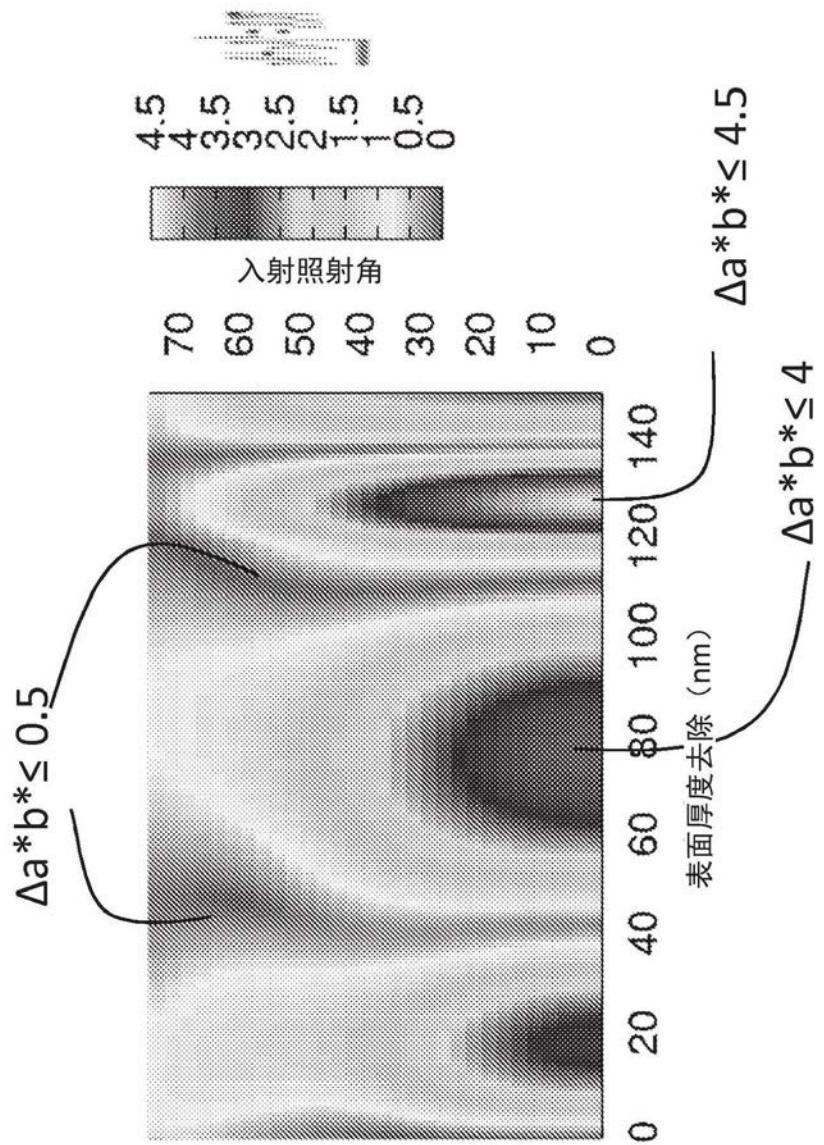


图7D

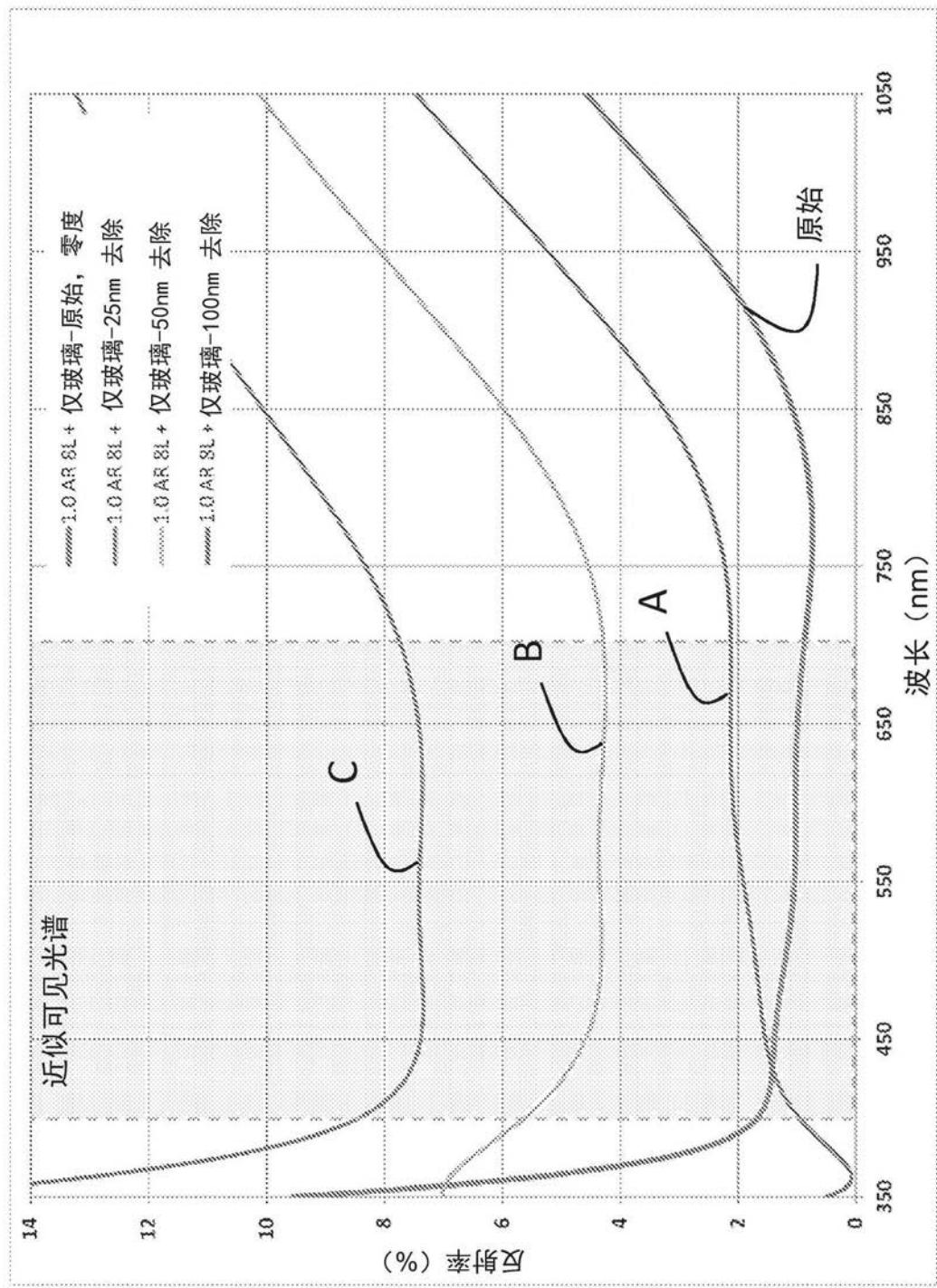


图8A

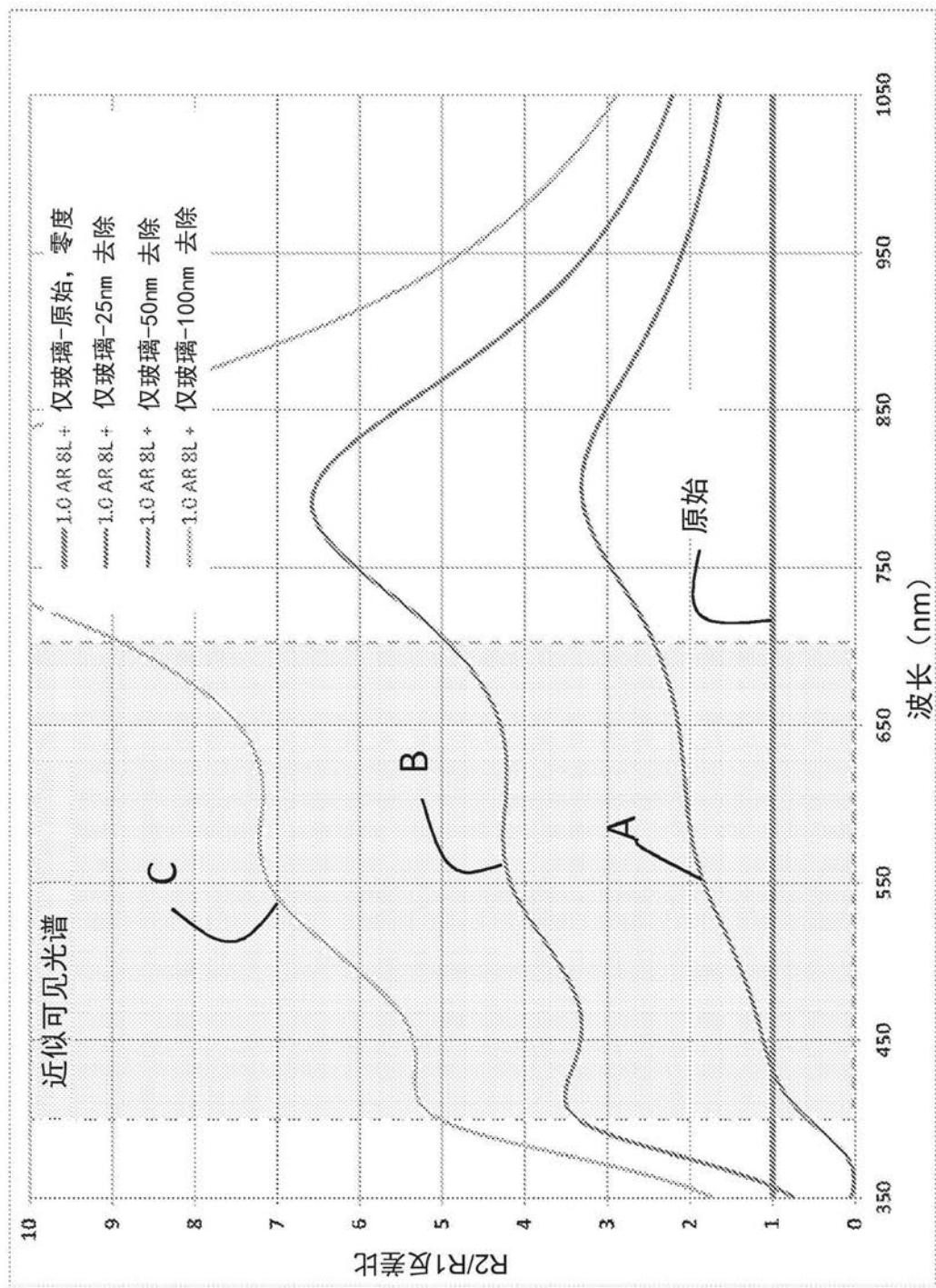


图8B

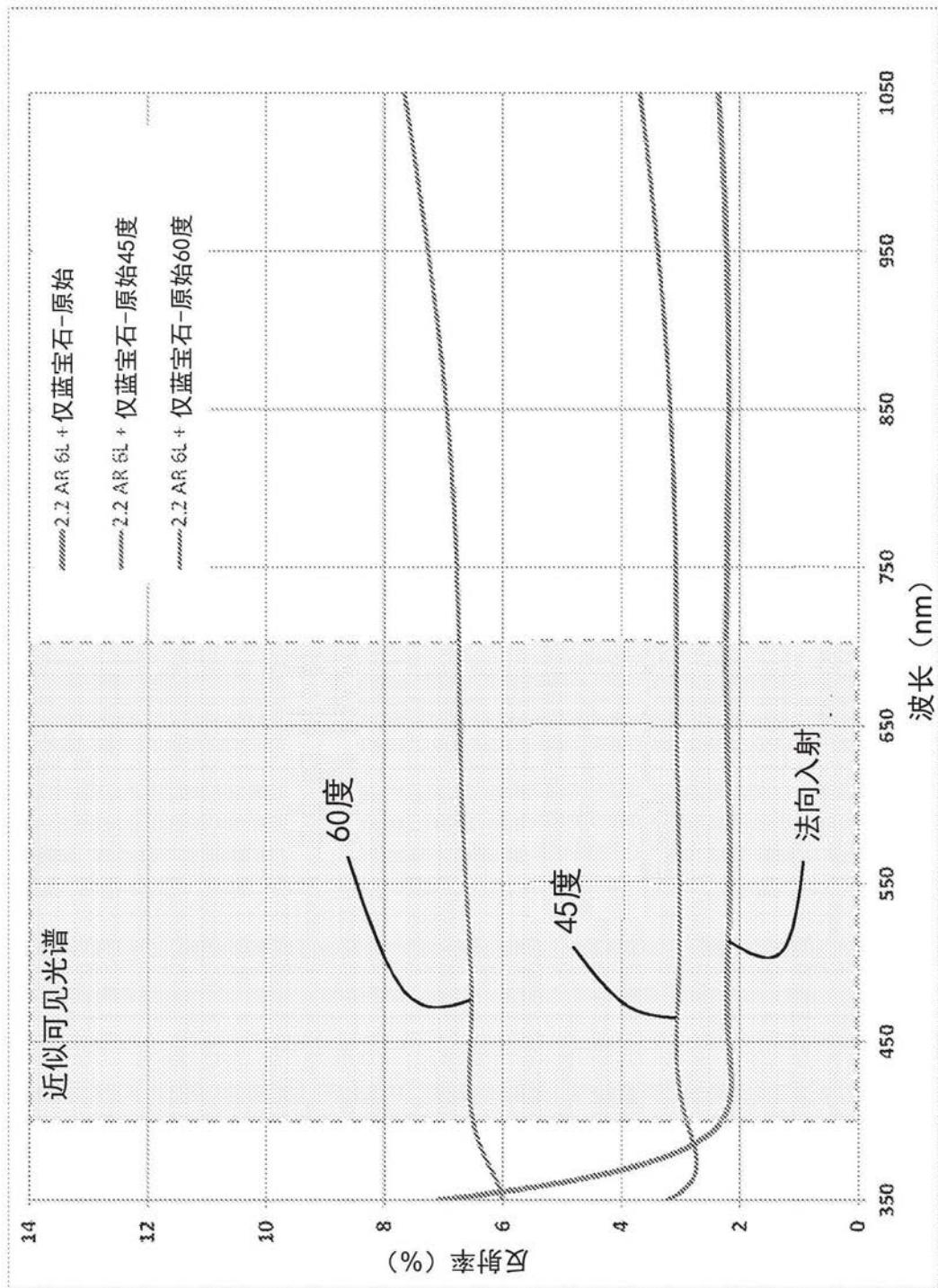


图8C

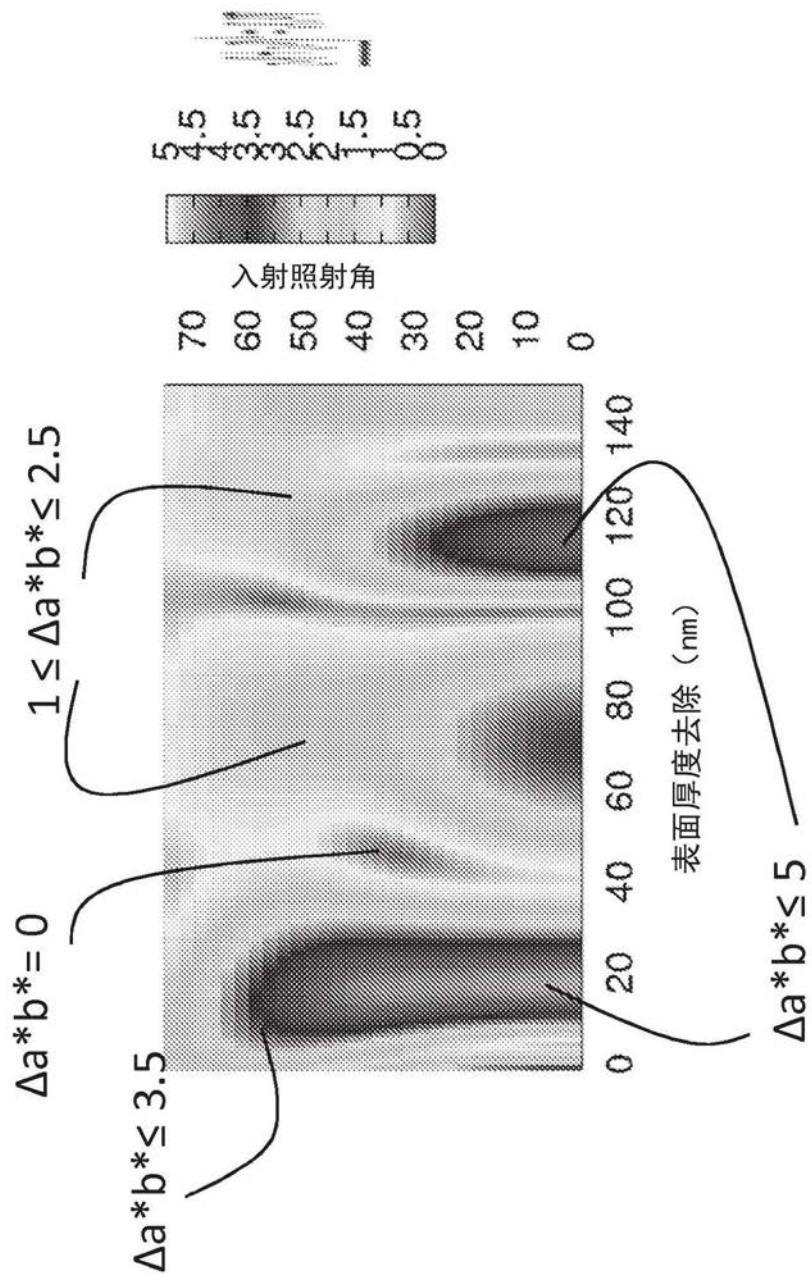


图8D

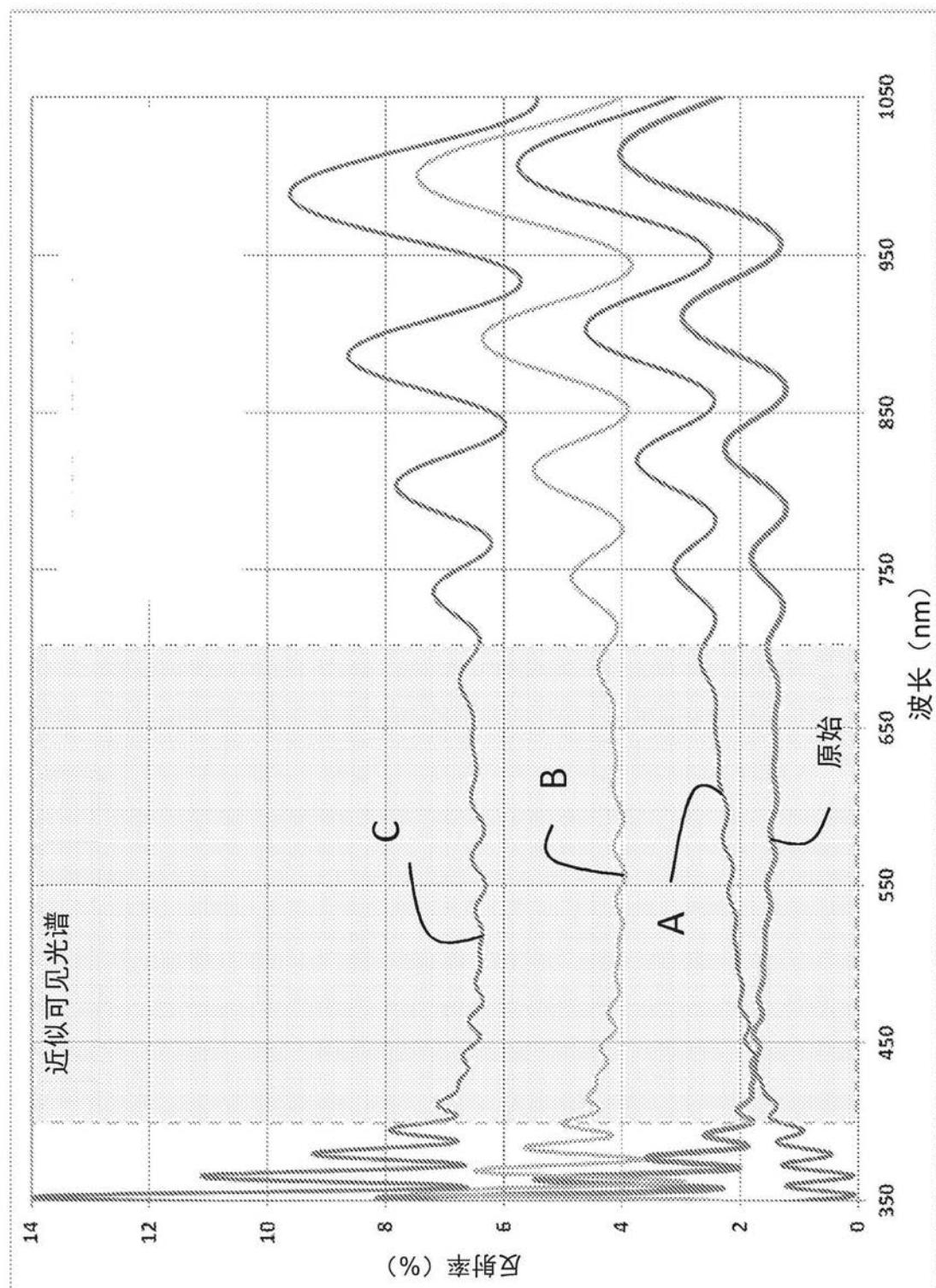


图9A

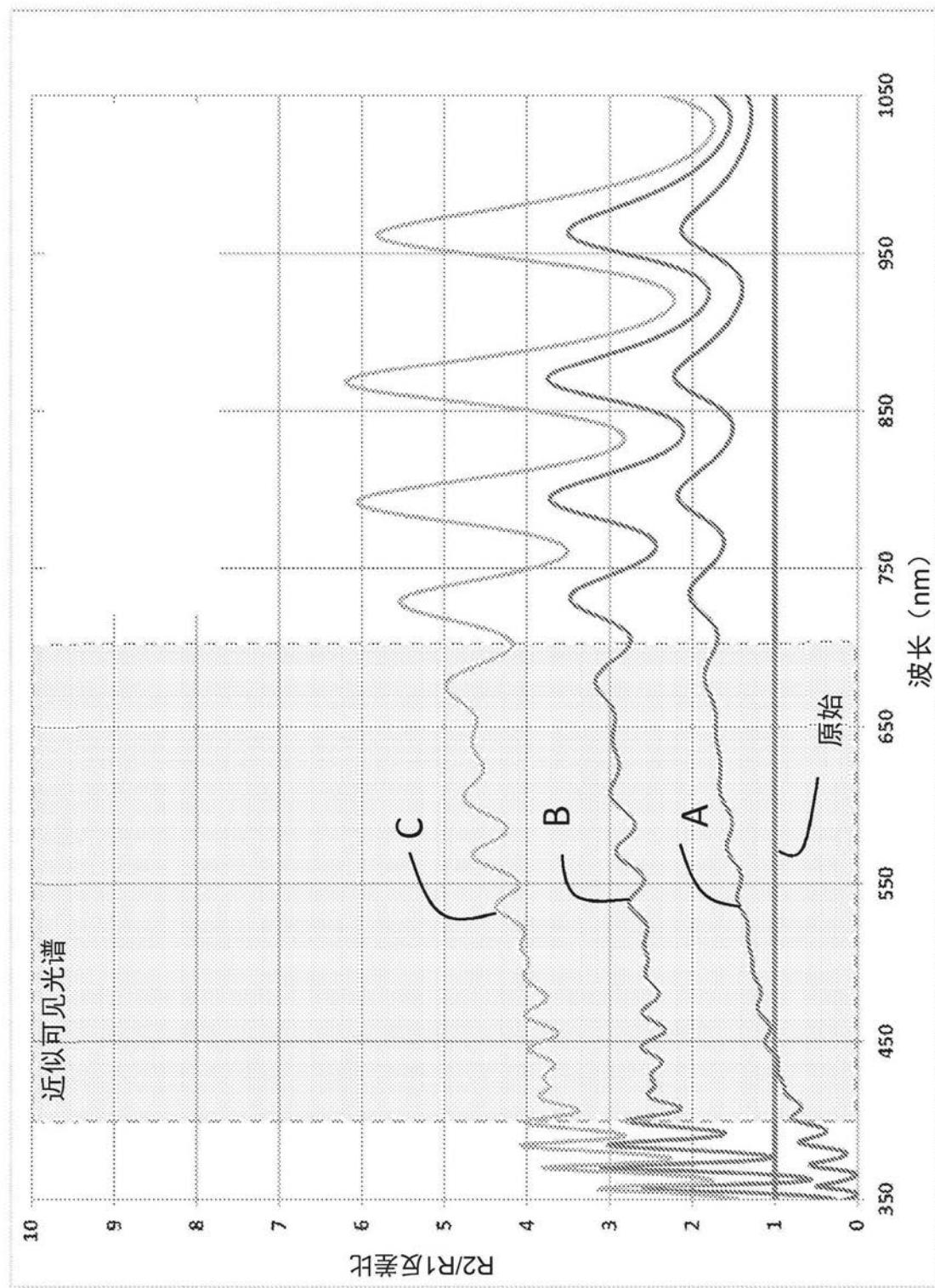


图9B

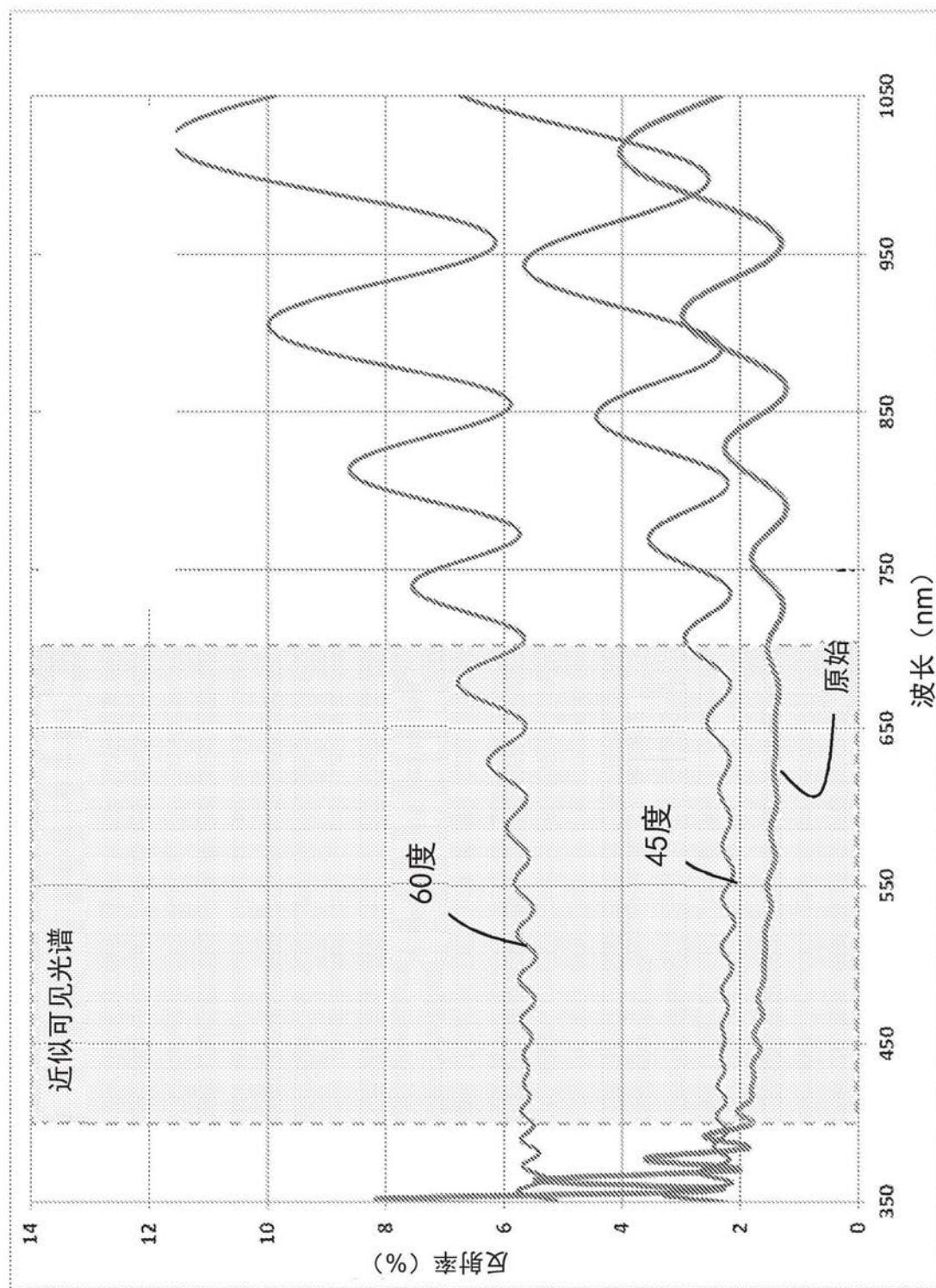


图9C

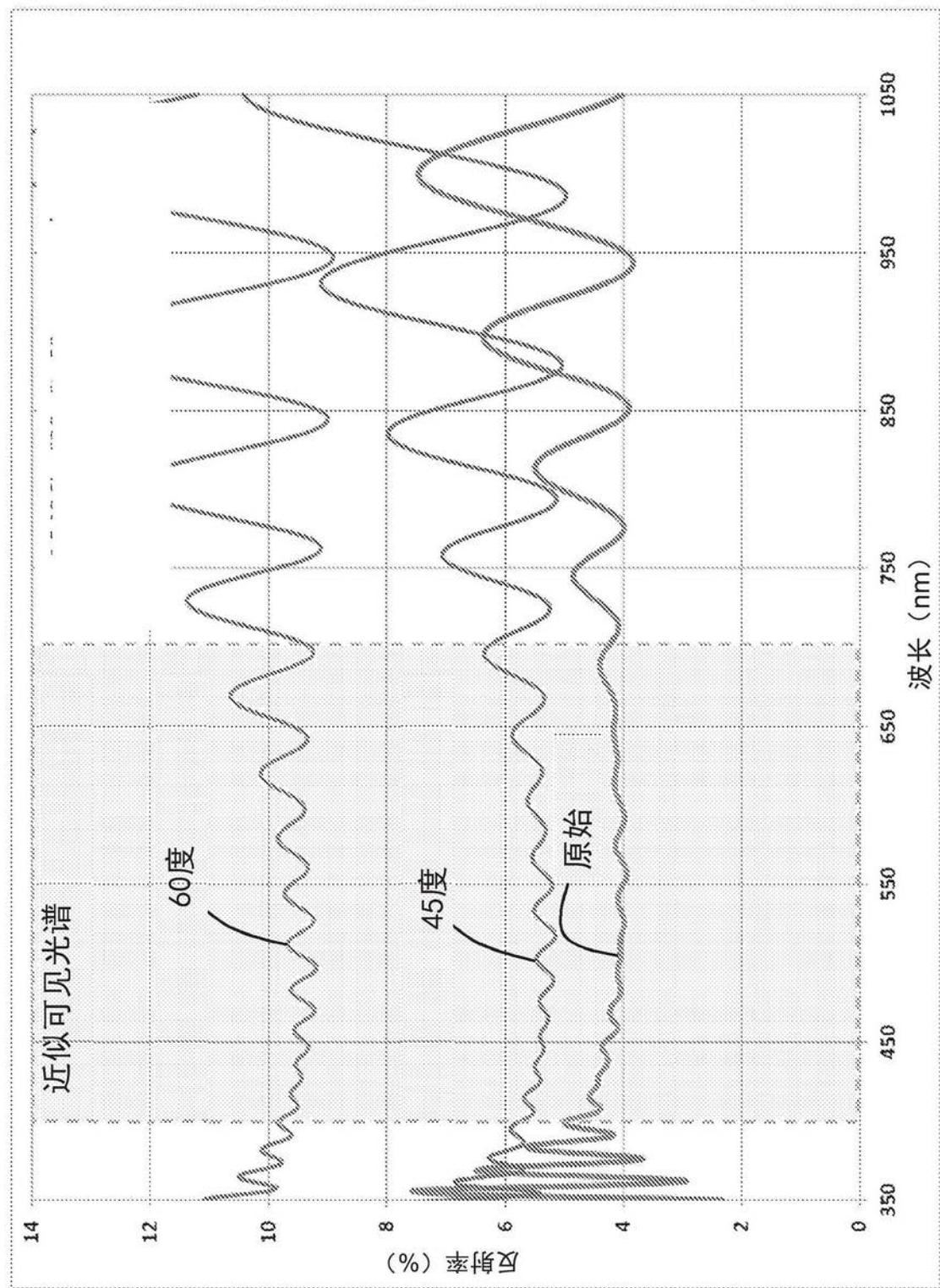


图9D

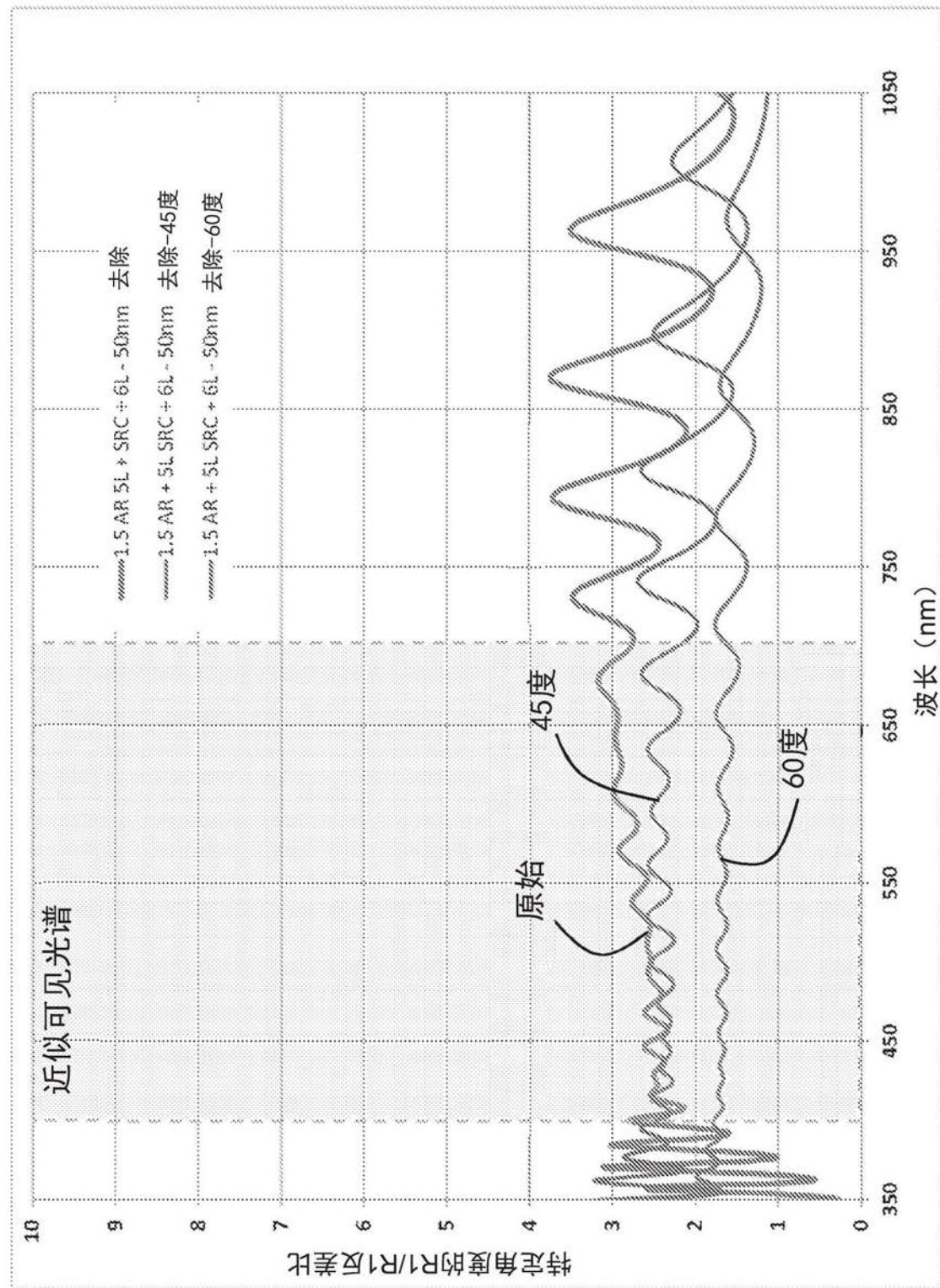


图9E

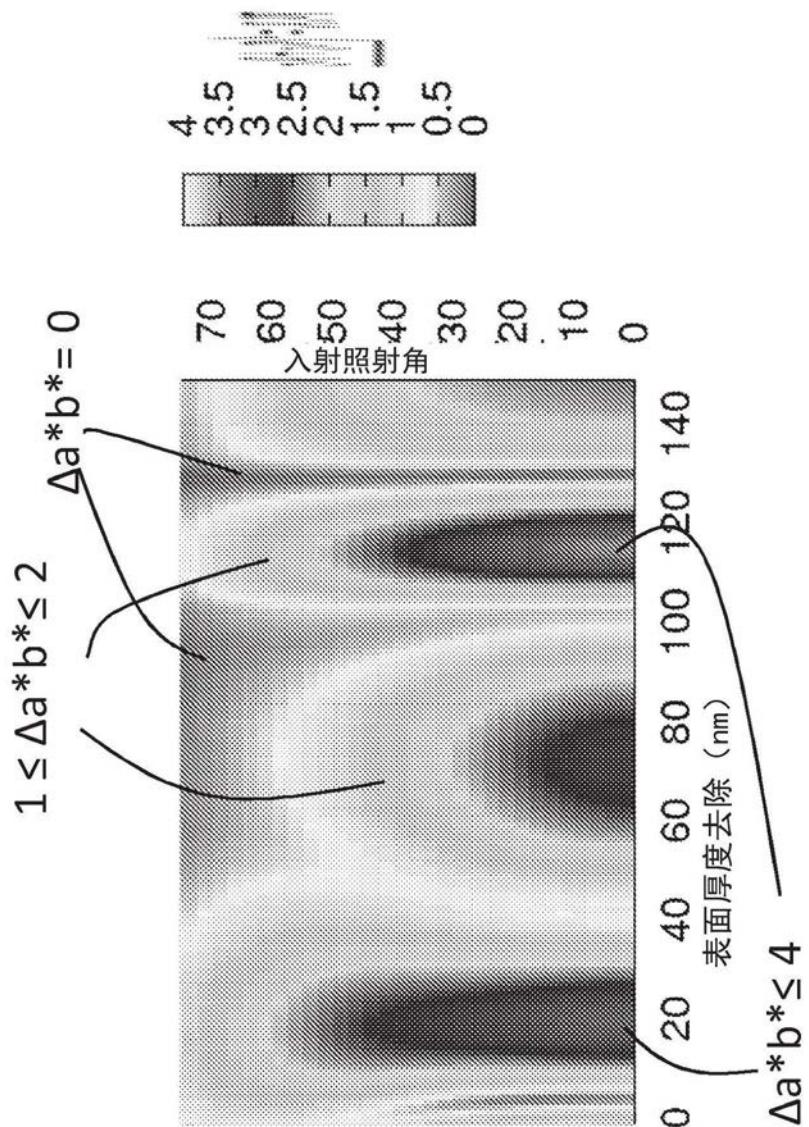


图9F

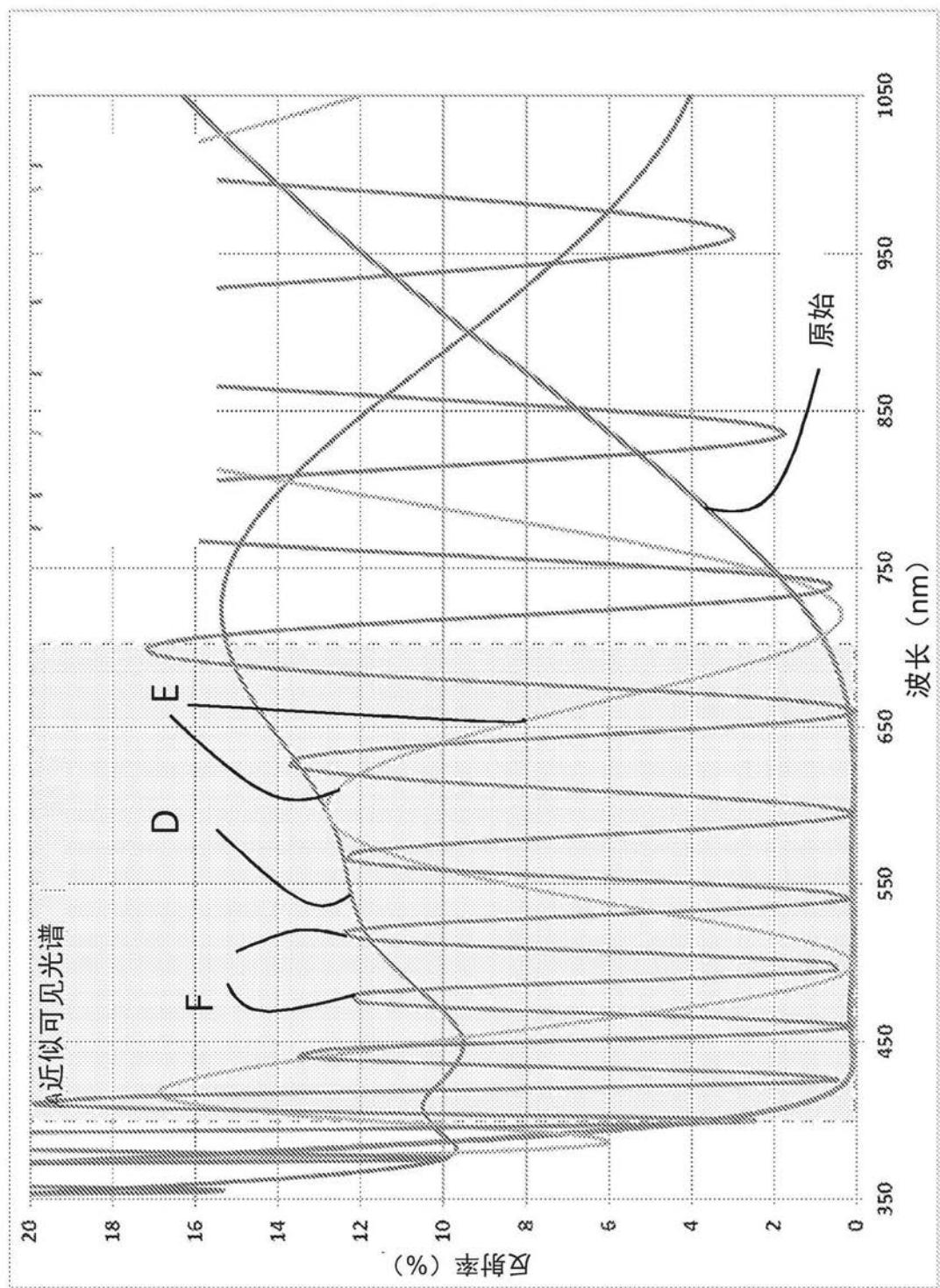


图10A

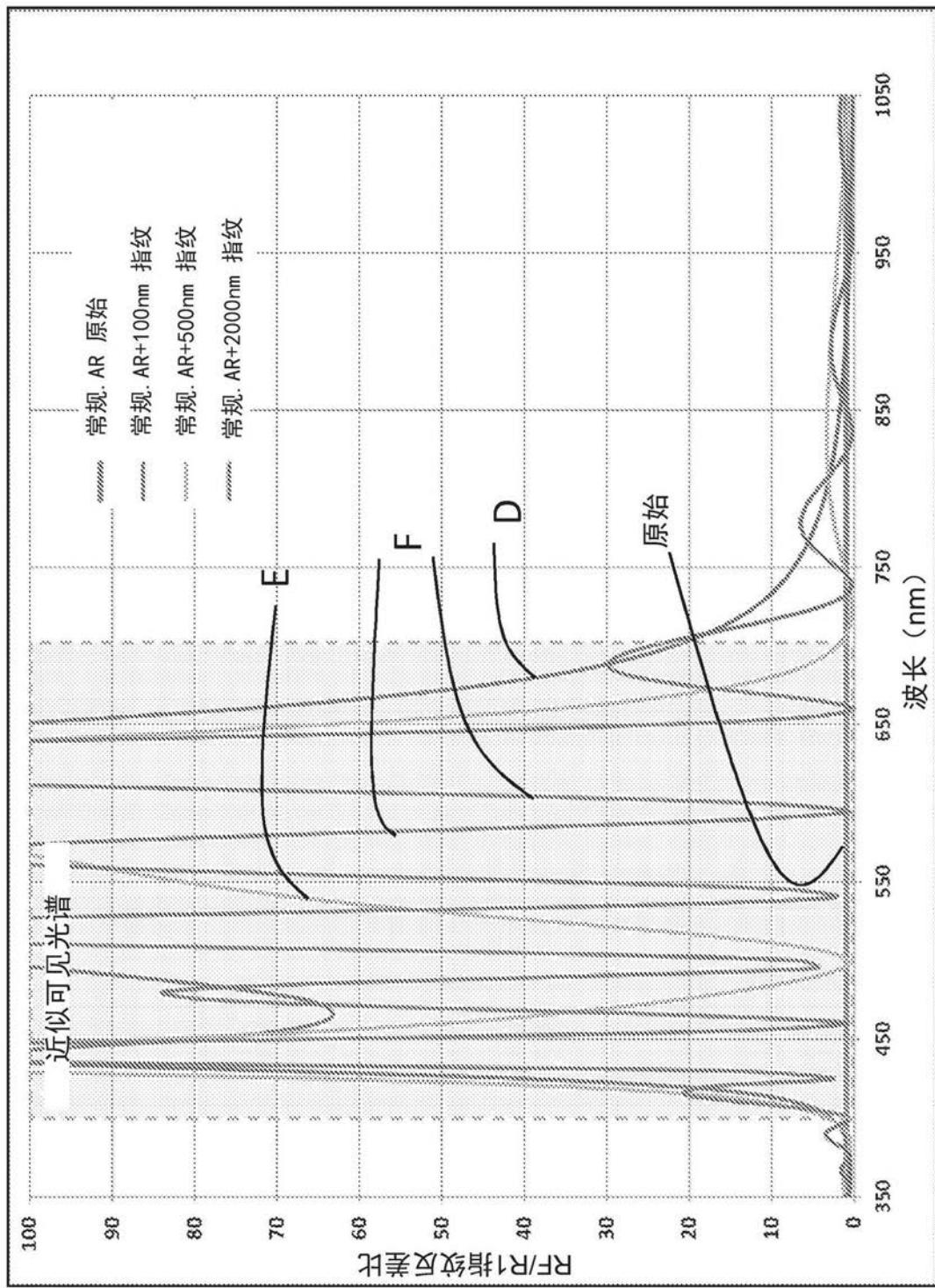


图10B

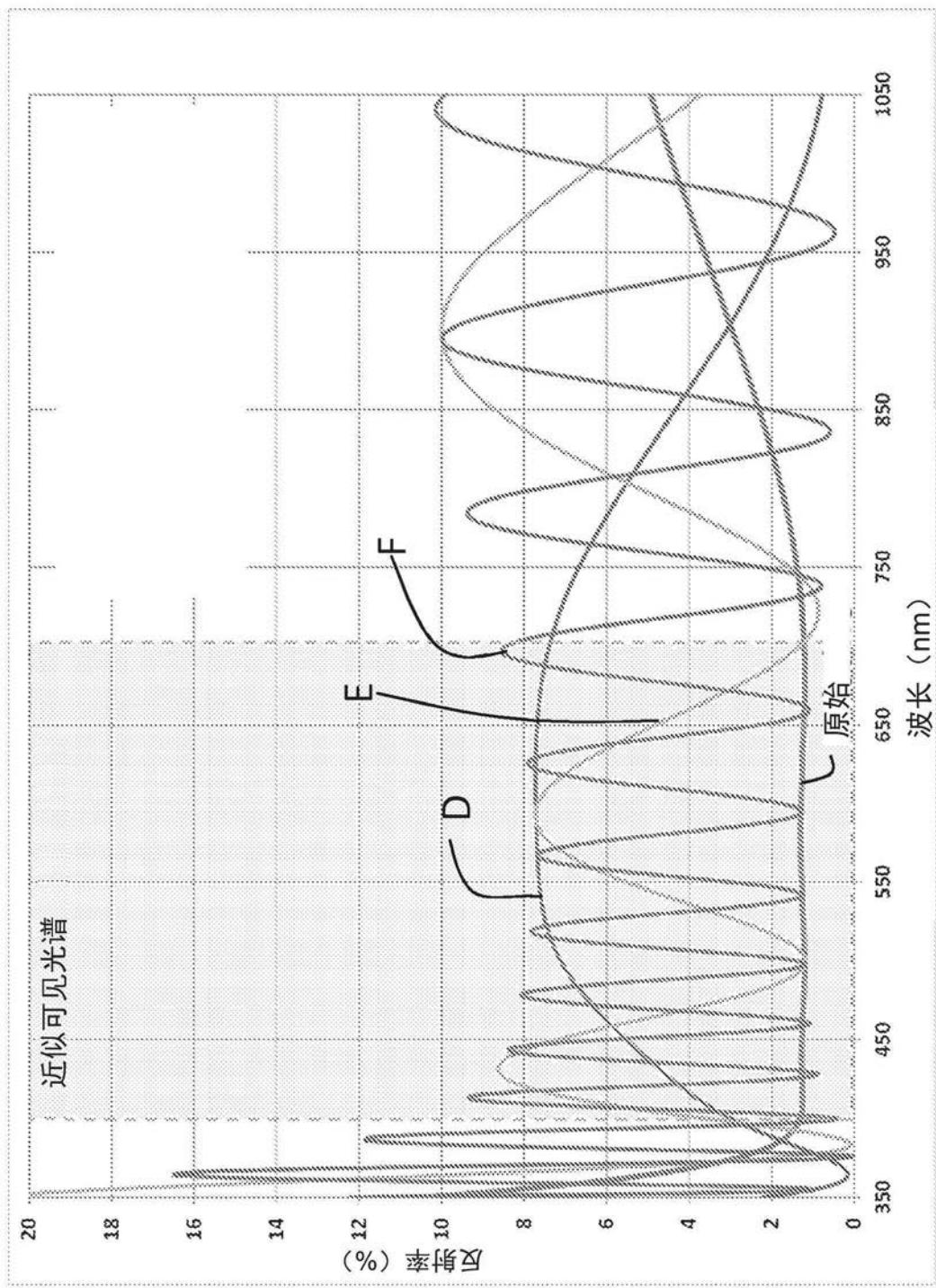


图11A

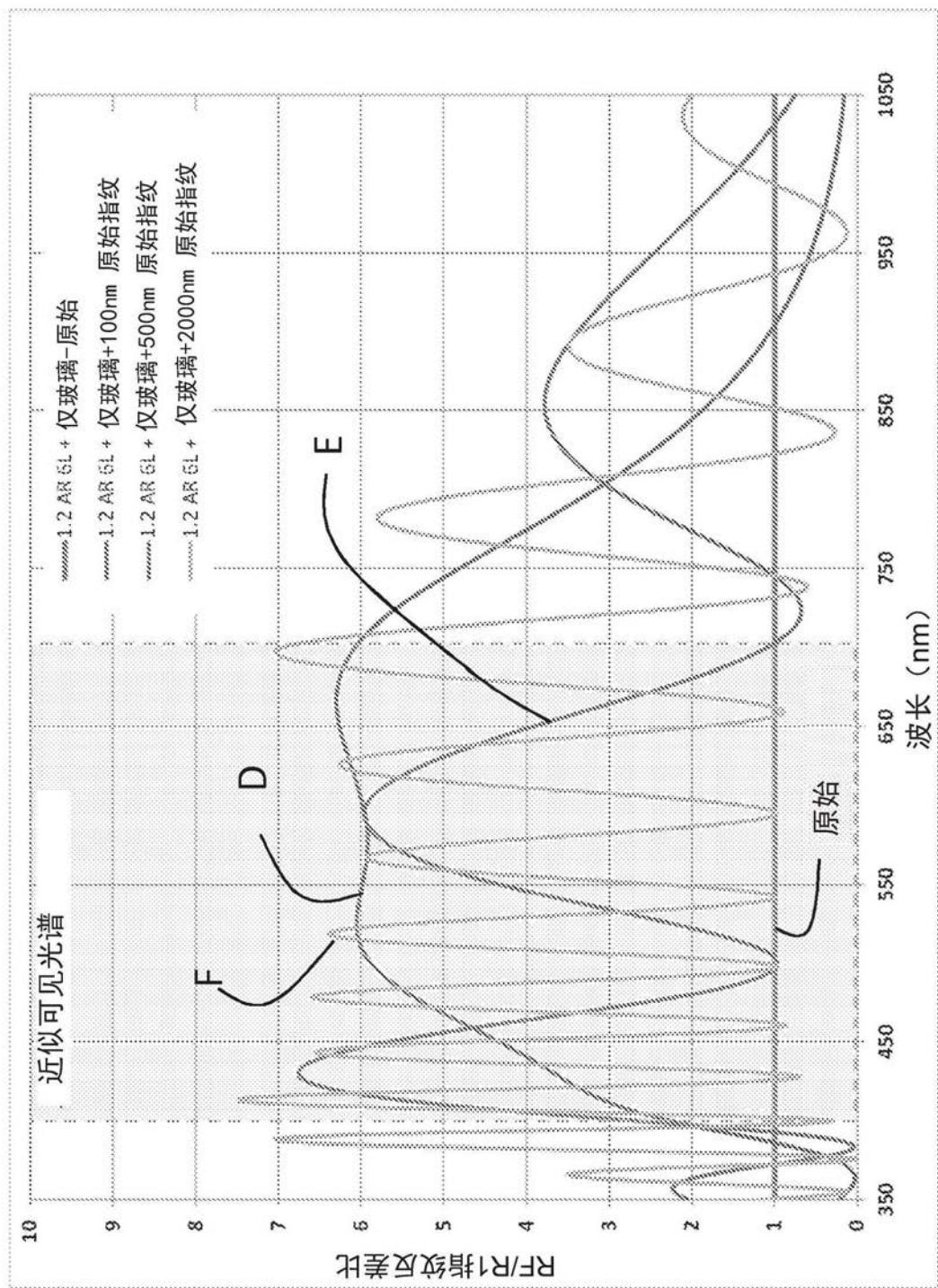


图11B

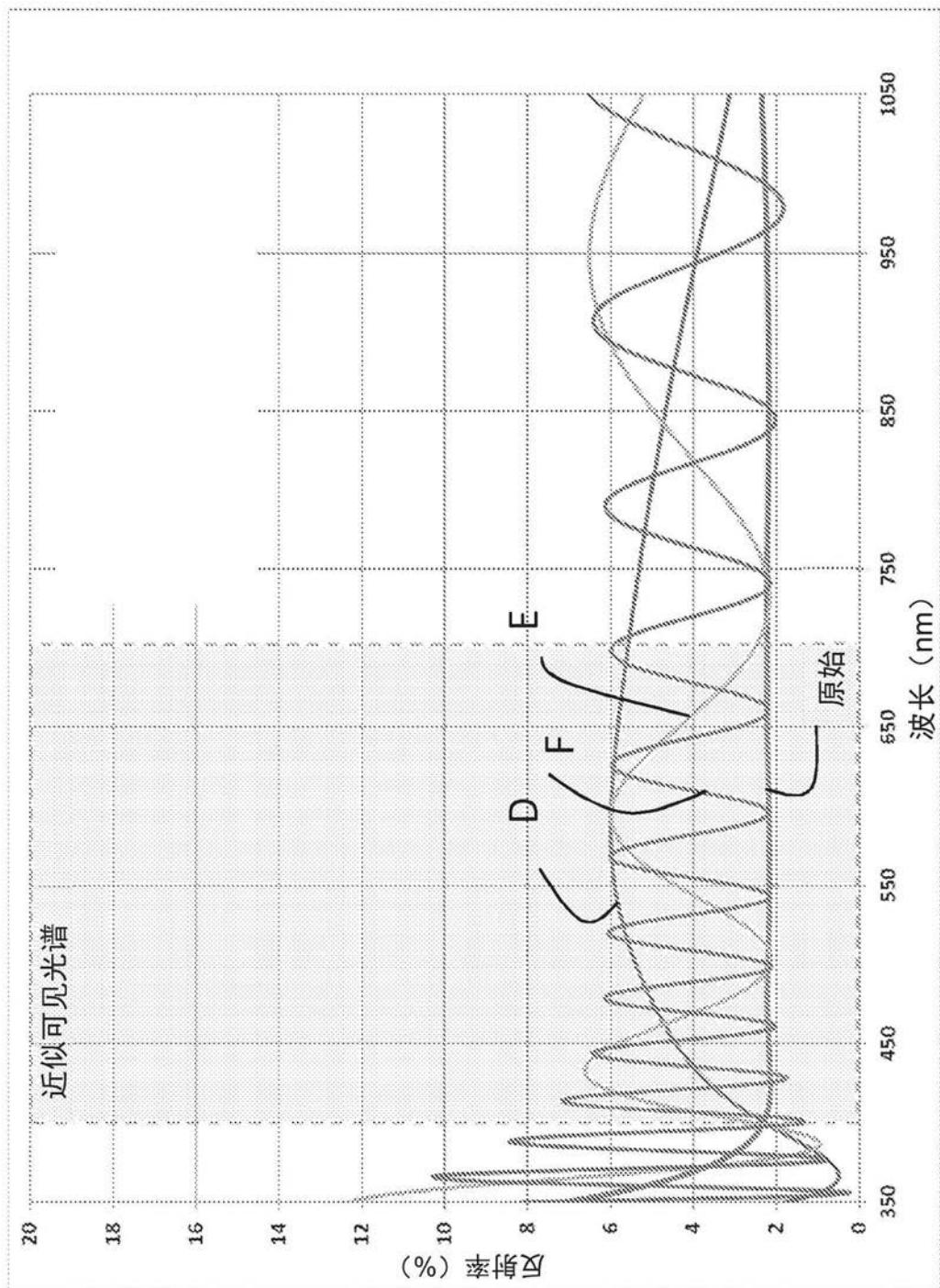


图12A

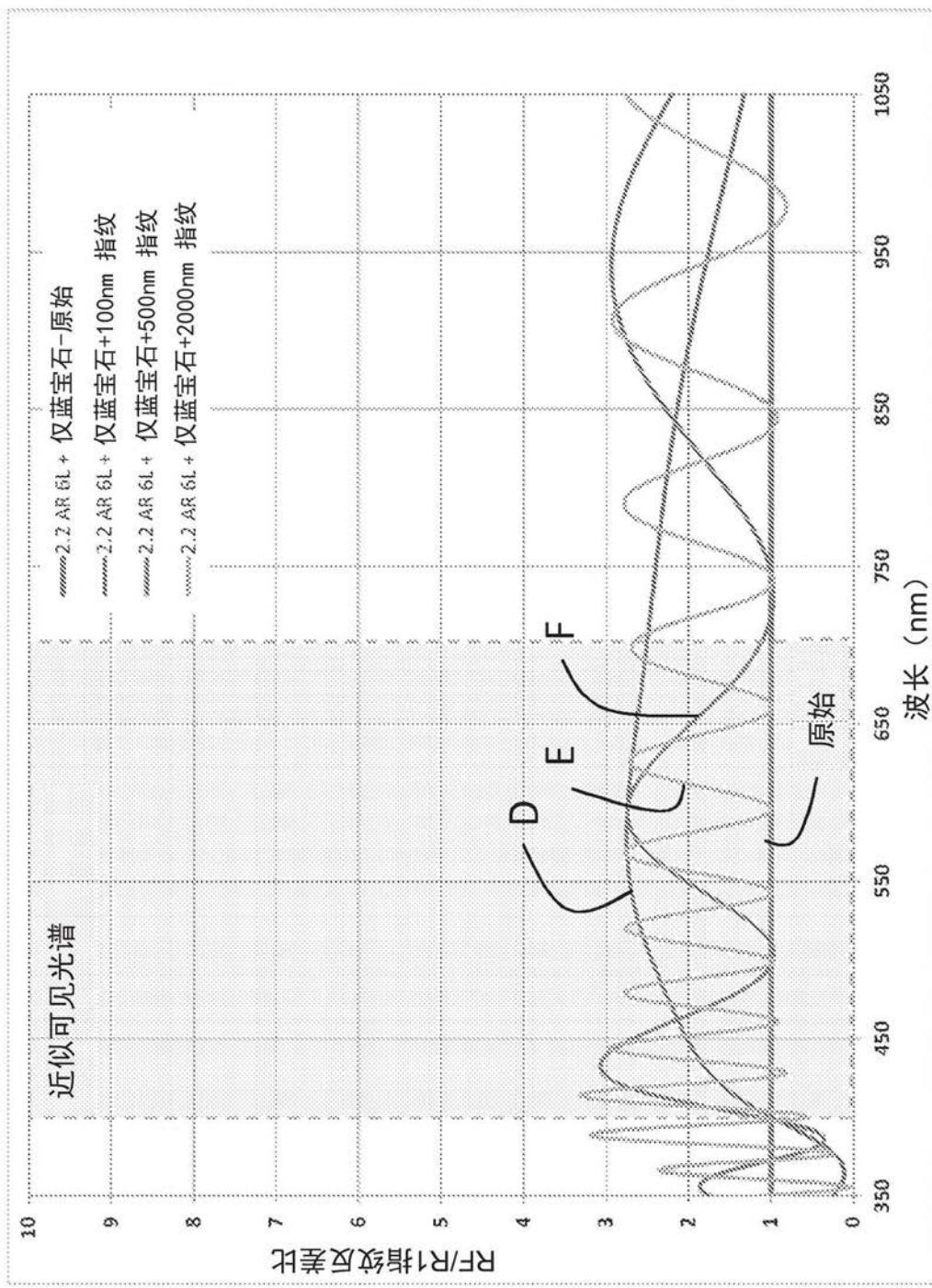


图12B

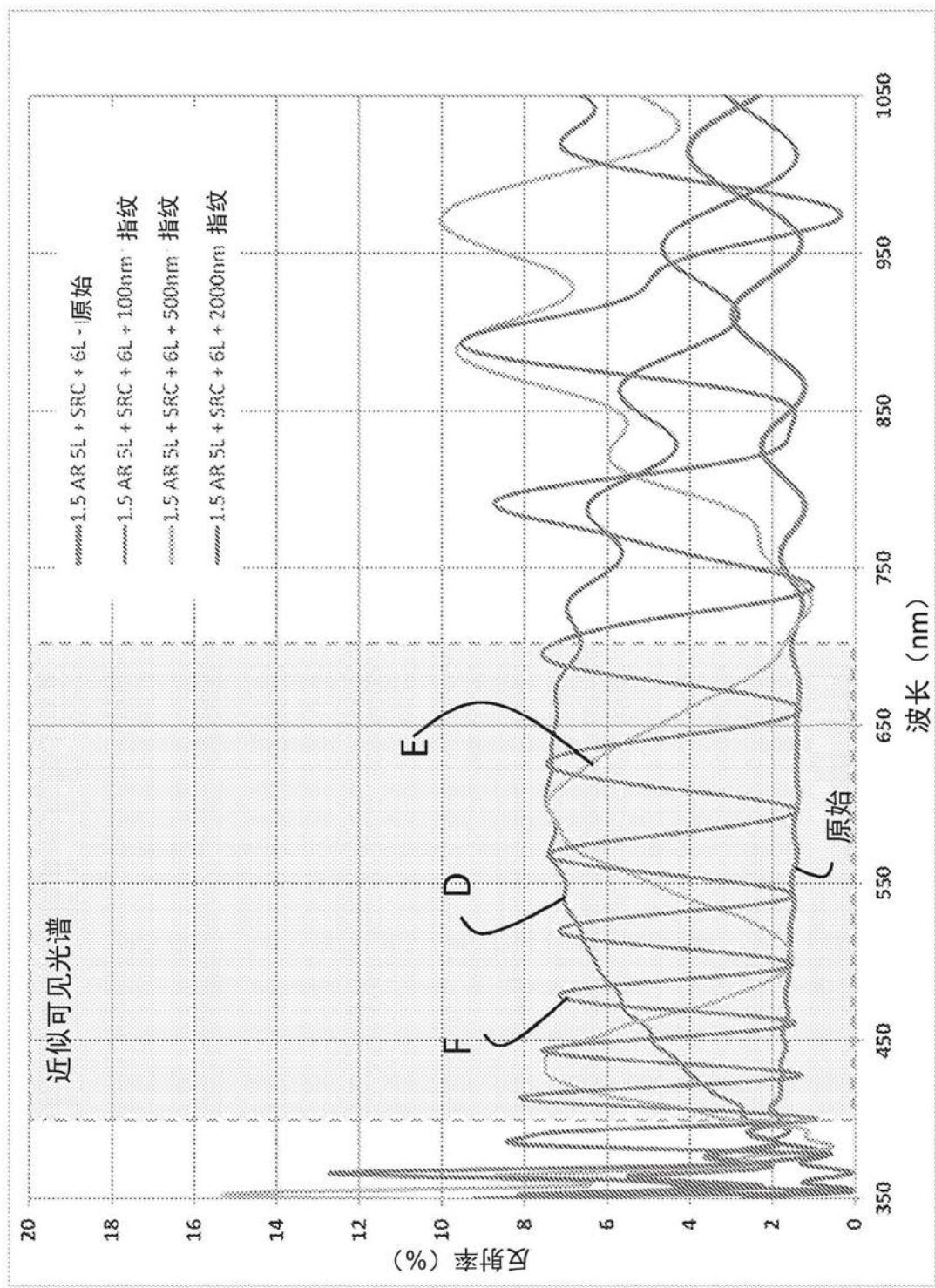


图13A

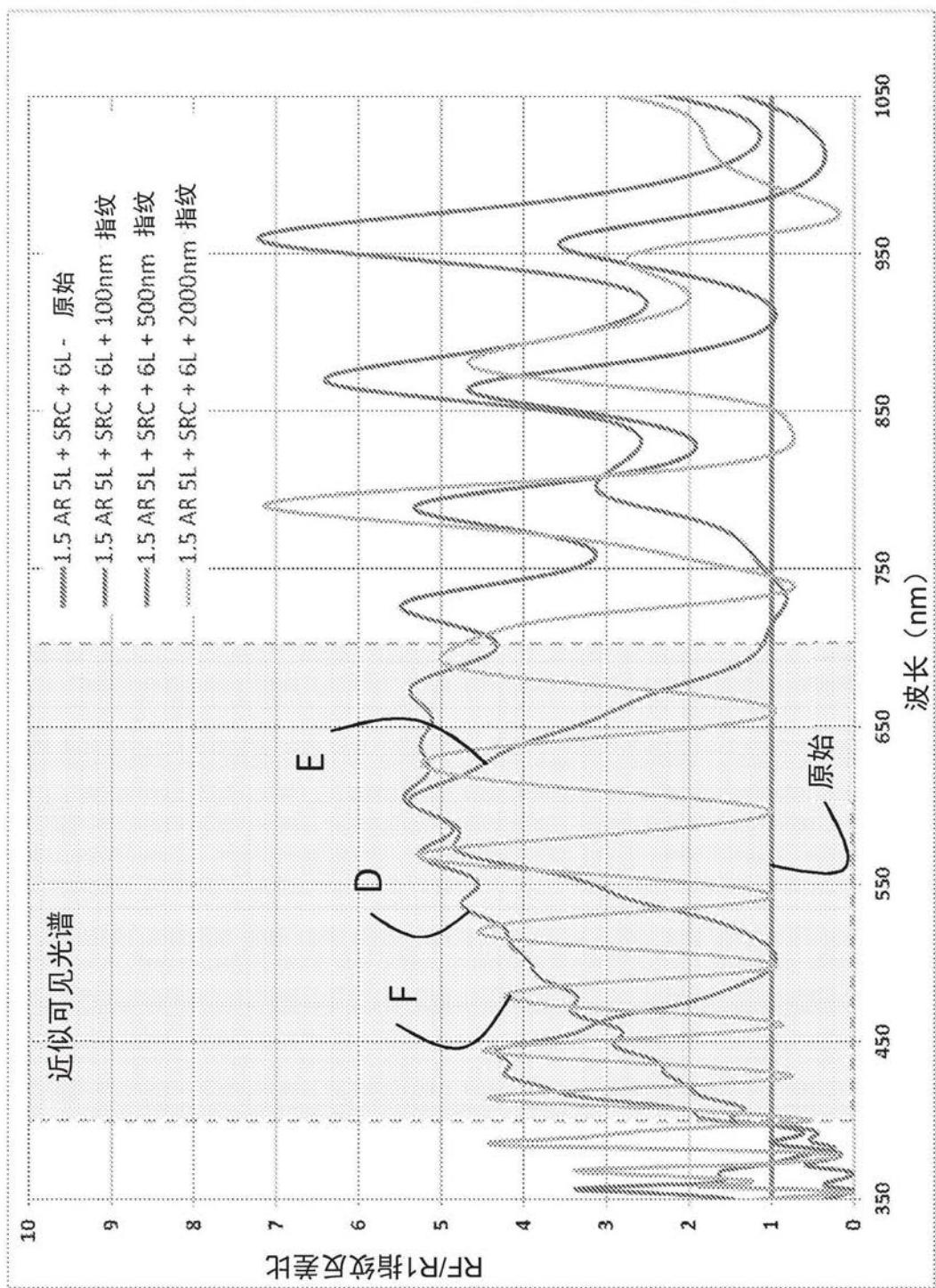


图13B

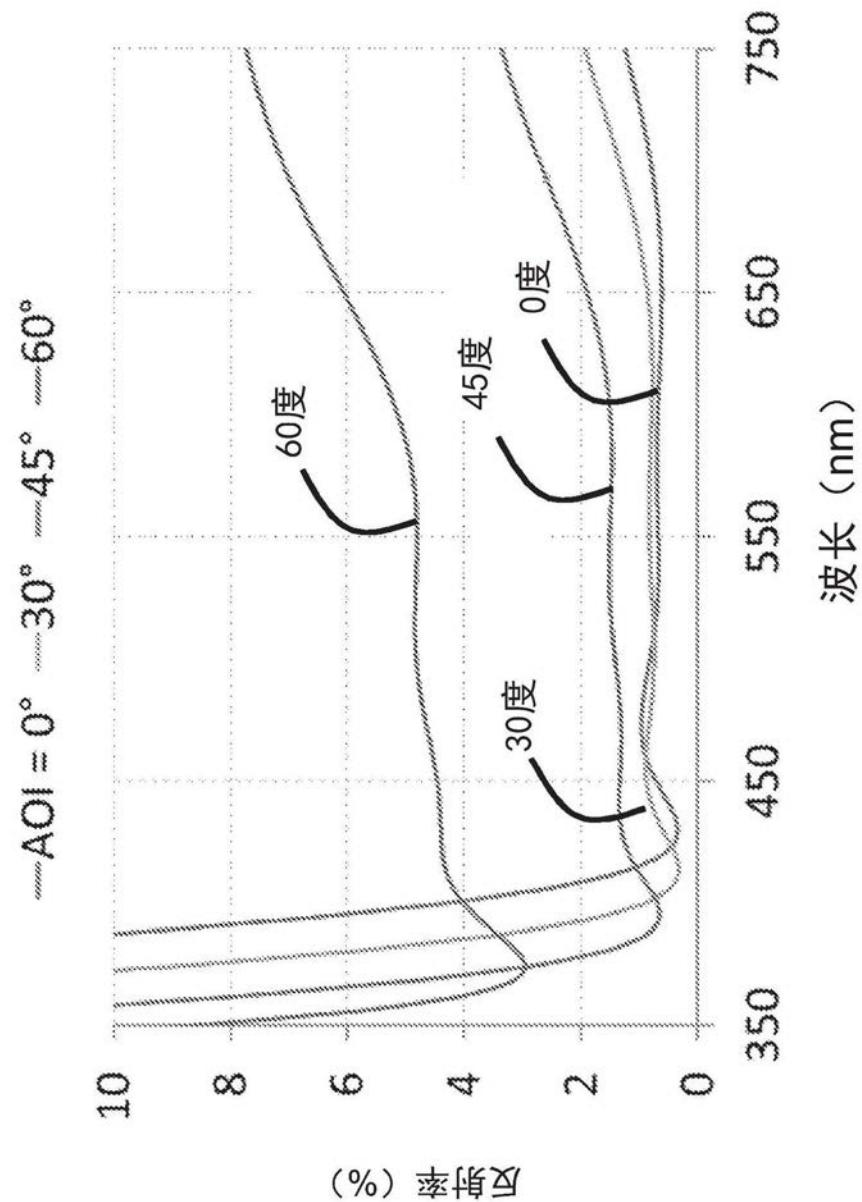


图14A

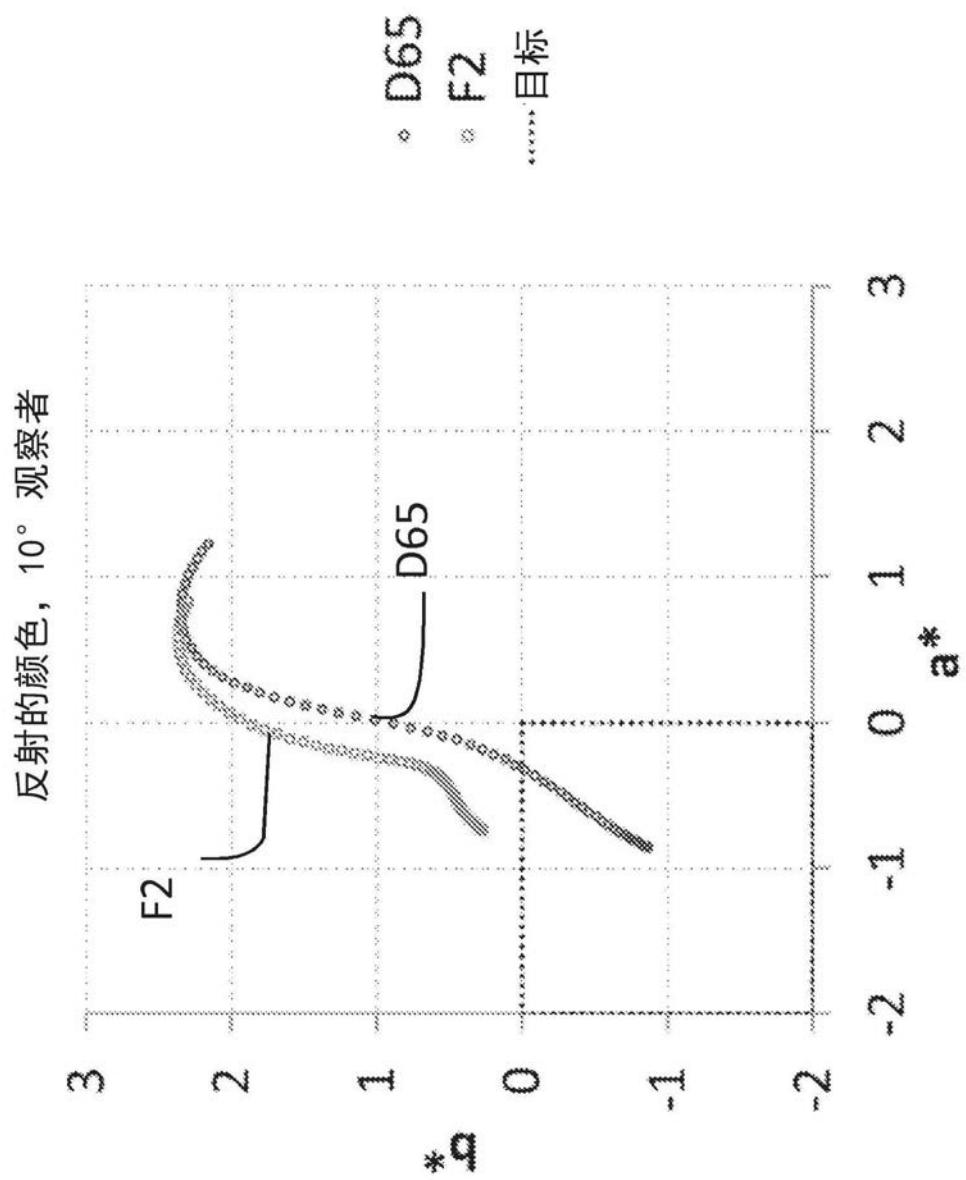


图14B

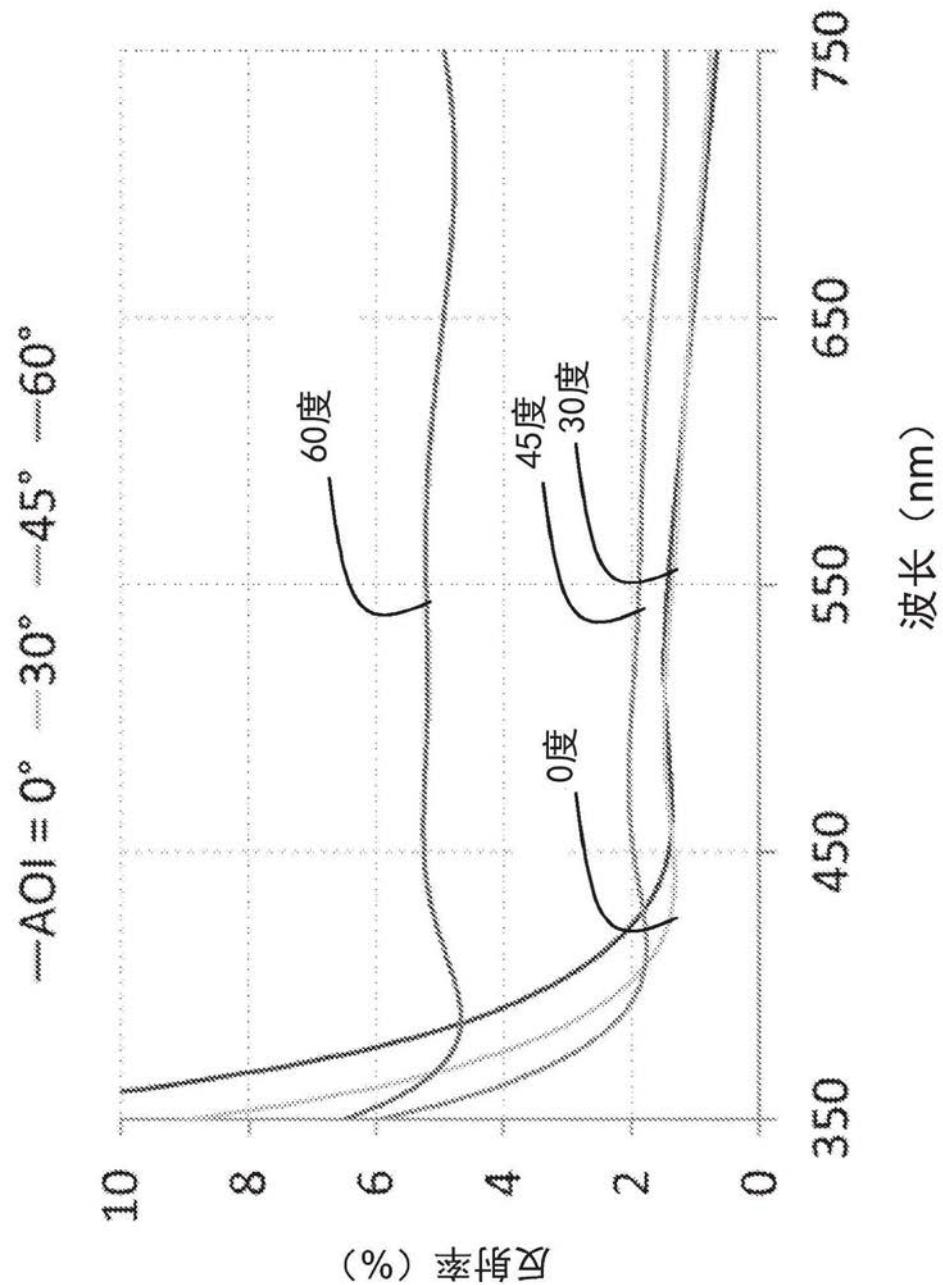


图15A

反射的颜色, 10° 观察者

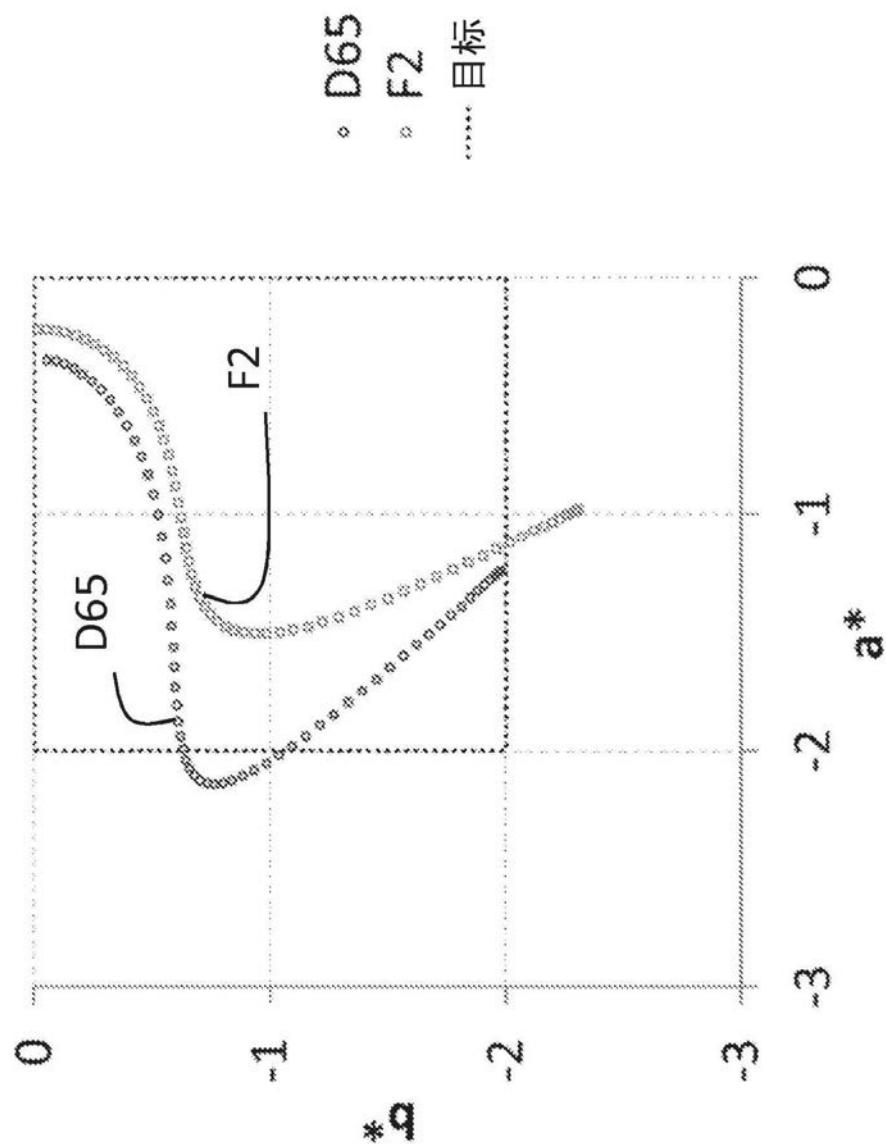


图15B