



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 117083544 A

(43) 申请公布日 2023. 11. 17

(21) 申请号 202280025483.3

爱德华·J·基维尔

(22) 申请日 2022.03.03

(74) 专利代理机构 北京天昊联合知识产权代理

(30) 优先权数据

有限公司 11112

63/175,299 2021.04.15 US

专利代理师 张芸 周伟

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

(51) Int.Cl.

2023.09.27

G02B 5/28 (2006.01)

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/IB2022/051888 2022.03.03

(87) PCT国际申请的公布数据

W02022/219422 EN 2022.10.20

(71) 申请人 3M创新有限公司

地址 美国明尼苏达州

(72) 发明人 拉古纳特·帕迪亚斯 赵霖

吉勒斯·J·伯努瓦

马修·B·约翰逊

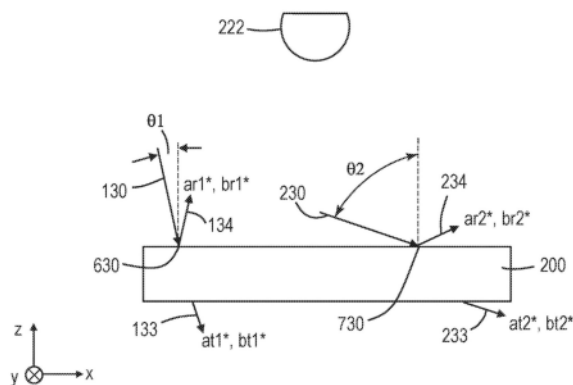
权利要求书3页 说明书15页 附图25页

(54) 发明名称

多层光学膜及包括其的玻璃层压体

(57) 摘要

本发明提供了一种多层光学膜,该多层光学膜包括多个交替的聚合物的第一层和第二层以及分散在多层光学膜的至少一个层中的光学吸收性材料。该多层光学膜在从约450nm延伸至约650nm的可见光波长范围内具有约0.5%至约40%的平均光学透射率、在可见光波长范围内具有小于约40%的平均光学反射率、并且在从约850nm延伸至约1200nm的红外波长范围内具有大于约60%的平均光学反射率。对于入射在多层光学膜上的照明体D65光,该多层光学膜将入射光的一部分反射和透射为反射光和透射光,该反射光和透射光在CIE $L^*a^*b^*$ 色彩空间中具有低于指定限度的色移。玻璃层压体包括设置在玻璃层之间的多层光学膜。



1. 一种多层光学膜,所述多层光学膜包括:

总计数量为至少20个的多个交替的聚合物的第一层和第二层,所述第一层和所述第二层中的每一者具有小于约500nm的平均厚度;和

光学吸收性材料,所述光学吸收性材料分散在所述多层光学膜的至少一个层中,

其中对于基本上垂直入射的光以及对于两个相互正交的偏振态中的每个偏振态,所述多层光学膜在从约450nm延伸至约650nm的可见光波长范围内具有约0.5%至约40%的平均光学透射率,在所述可见光波长范围内具有小于约40%的平均光学反射率,并且在从约850nm延伸至约1200nm的红外波长范围内具有大于约60%的平均光学反射率,并且其中对于从照明体D65入射在所述多层光学膜上的光,所述多层光学膜将入射光的一部分反射和透射为反射光和透射光,所述反射光和所述透射光在CIE $L^*a^*b^*$ 色彩空间中对于小于约10度的入射角具有相应的“ a^* ”比色参数 $ar1^*$ 和 $at1^*$,并且对于约40度的入射角具有相应的“ a^* ”比色参数 $ar2^*$ 和 $at2^*$, $at1^*$ 与 $at2^*$ 之间以及 $ar1^*$ 与 $ar2^*$ 之间差值的量值小于约20。

2. 根据权利要求1所述的多层光学膜,其中所述反射光和所述透射光在所述CIE $L^*a^*b^*$ 色彩空间中对于小于约10度的入射角具有相应的“ b^* ”比色参数 $br1^*$ 和 $bt1^*$,并且对于约40度的入射角具有相应的“ b^* ”比色参数 $br2^*$ 和 $bt2^*$, $br1^*$ 与 $br2^*$ 之间以及 $bt1^*$ 与 $bt2^*$ 之间差值的量值小于约35。

3. 根据权利要求1或2所述的多层光学膜,其中对于所述可见光波长范围内的相同第一可见光波长,所述第一层和所述第二层沿着相同平面内第一方向具有相应的折射率 $n1$ 和 $n2$ 以及对应的相应f比率 $f1$ 和 $f2$,并且其中 $n1 > n2$,并且 $f1$ 和 $f2$ 中的一者在约0.55至约0.80之间。

4. 根据权利要求3所述的多层光学膜,其中 $f1$ 和 $f2$ 中的一者在约0.6至约0.75之间。

5. 根据权利要求1或2所述的多层光学膜,其中对于所述可见光波长范围内的相同第一可见光波长,所述第一层和所述第二层沿着相同平面内第一方向具有相应的折射率 $n1$ 和 $n2$ 以及对应的相应f比率 $f1$ 和 $f2$,并且其中 $f1$ 和 $f2$ 中的每一者为约0.5。

6. 一种多层光学膜,所述多层光学膜包括:

总计数量为至少20个的多个交替的聚合物的第一层和第二层,所述第一层和所述第二层中的每一者具有小于约500nm的平均厚度;和

光学吸收性材料,所述光学吸收性材料分散在所述多层光学膜的至少一个层中,其中对于基本上垂直入射的光以及对于两个相互正交的偏振态中的每个偏振态,所述多层光学膜在从约450nm延伸至约650nm的可见光波长范围内具有约0.5%至约40%的平均光学透射率,在所述可见光波长范围内具有小于约40%的平均光学反射率,并且在从约850nm延伸至约1200nm的红外波长范围内具有大于约60%的平均光学反射率,并且其中对于从照明体D65入射在所述多层光学膜上的光,所述多层光学膜将入射光的一部分反射和透射为反射光和透射光,所述反射光和所述透射光在CIE $L^*a^*b^*$ 色彩空间中对于小于约10度的入射角具有相应的“ b^* ”比色参数 $br1^*$ 和 $bt1^*$,并且对于约60度的入射角具有相应的“ b^* ”比色参数 $br2^*$ 和 $bt2^*$,

$br1^*$ 与 $br2^*$ 之间以及 $bt1^*$ 与 $bt2^*$ 之间差值的量值小于约35。

7. 根据权利要求6所述的多层光学膜,其中所述反射光和所述透射光在所述CIE $L^*a^*b^*$ 色彩空间中对于小于约10度的入射角具有相应的“ a^* ”比色参数 $ar1^*$ 和 $at1^*$,并且对于约

60度的入射角具有相应的“a*”比色参数ar2*和at2*,at1*与at2*之间以及ar1*与ar2*之间差值的量值小于约35。

8.一种多层光学膜,所述多层光学膜包括:

总计数量为至少20个的多个交替的聚合物的第一层和第二层,所述第一层和所述第二层中的每一者具有小于约500nm的平均厚度;和

光学吸收性材料,所述光学吸收性材料分散在所述多层光学膜的至少一个层中,

其中对于基本上垂直入射的光以及对于两个相互正交的偏振态中的每个偏振态,所述多层光学膜在从约450nm延伸至约650nm的可见光波长范围内具有约0.5%至约40%的平均光学透射率,在所述可见光波长范围内具有小于约40%的平均光学反射率,并且在从约850nm延伸至约1200nm的红外波长范围内具有大于约60%的平均光学反射率,并且其中对于从照明体D65以一入射角入射在所述多层光学膜上的光,所述多层光学膜将入射光的一部分透射为透射光,所述透射光在CIE L*a*b*色彩空间中具有“a*”比色参数at*和“b*”比色参数bt*,当所述入射角从小于约10度连续变化到至少约40度时,at*和bt*中的每一者的量值保持小于约35。

9.根据权利要求8所述的多层光学膜,其中对于从所述照明体D65入射在所述多层光学膜上的光,所述多层光学膜将所述入射光的一部分反射为反射光,所述反射光在CIE L*a*b*色彩空间中具有“a*”

比色参数ar*和“b*”比色参数br*,当所述入射角从小于约10度连续变化到至少约40度时,ar*和br*中的每一者的量值保持小于约45。

10.根据权利要求9所述的多层光学膜,其中当所述入射角从小于约10度连续变化到至少约40度时,at*、bt*、ar*和br*中的每一者的量值保持小于约25。

11.一种多层光学膜,所述多层光学膜包括:

总计数量为至少20个的多个交替的聚合物的第一层和第二层,所述第一层和所述第二层中的每一者具有小于约500nm的平均厚度;和

光学吸收性材料,所述光学吸收性材料分散在所述多层光学膜的至少一个层中,

其中对于基本上垂直入射的光以及对于两个相互正交的偏振态中的每个偏振态,所述多层光学膜在从约450nm延伸至约650nm的可见光波长范围内具有约0.5%至约40%的平均光学透射率,在所述可见光波长范围内具有小于约40%的平均光学反射率,并且在从约850nm延伸至约1200nm的红外波长范围内具有大于约60%的平均光学反射率,并且其中对于从照明体D65以一入射角入射在所述多层光学膜上的光,所述多层光学膜将所述入射光的一部分反射为反射光,所述反射光在CIE L*a*b*色彩空间中具有“a*”比色参数ar*和“b*”比色参数br*,当所述入射角从小于约10度连续变化到至少约40度时,ar*和br*中的每一者的量值保持小于约45。

12.根据权利要求11所述的多层光学膜,其中当所述入射角从小于约10度连续变化到至少约40度时,ar*和br*中的每一者的量值保持小于约25。

13.根据权利要求1至12中任一项所述的多层光学膜,所述多层光学膜还包括与多个交替的聚合物的所述第一层和所述第二层一体化形成的第一表层和第二表层,所述第一表层和所述第二表层中的每一者具有大于约1微米的平均厚度,多个交替的聚合物的所述第一层和所述第二层设置在所述第一表层和所述第二表层之间,其中所述光学吸收性材料包括

分散在所述第一表层和所述第二表层中的至少一者中的第一光学吸收性材料以及分散在聚合物的所述第一层中的每个第一层或聚合物的所述第二层中的每个第二层中的第二光学吸收性材料,所述第一光学吸收性材料和所述第二光学吸收性材料具有不同的成分。

14. 根据权利要求13所述的多层光学膜,所述多层光学膜还包括第一粘合剂层和第二粘合剂层,所述第一表层、所述第二表层以及多个交替的聚合物的所述第一层和所述第二层设置在所述第一粘合剂层和所述第二粘合剂层之间,其中所述光学吸收性材料还包括分散在所述第一粘合剂层和所述第二粘合剂层中的至少一者中的第三光学吸收性材料,所述第三光学吸收性材料具有与所述第一光学吸收性材料和所述第二光学吸收性材料中的每一者不同的成分。

15. 一种玻璃层压体,所述玻璃层压体包括第一玻璃层、第二玻璃层以及设置在所述第一玻璃层和所述第二玻璃层之间的根据权利要求1至14中任一项所述的多层光学膜。

多层光学膜及包括其的玻璃层压体

背景技术

[0001] 红外反射膜可用于减少到空间中的太阳能热量增益(solar heat gain)。例如,红外反射光学膜可用作窗膜以减少建筑物中房间的太阳能加热,或者可用于层压挡风玻璃或遮阳篷顶以减少汽车内部的太阳能加热。

发明内容

[0002] 本发明整体涉及多层光学膜,该多层光学膜的反射光和/或透射光的色移(例如,沿着色彩空间中的至少一个轴线)低于指定限度。该多层光学膜在约850nm至约1200nm的红外波长范围内可具有大于约60%的平均光学反射率。该多层光学膜在从约450nm延伸至约650nm的可见光波长范围内可具有小于约50%的平均光学透射率。

[0003] 在本说明书的一些方面,提供一种多层光学膜。该多层光学膜包括总计数量为至少20个的多个交替的聚合物的第一层和第二层以及分散在多层光学膜的至少一个层中的光学吸收性材料,其中第一层和第二层中的每一者具有小于约500nm的平均厚度。对于基本上垂直入射的光以及对于两种相互正交的偏振态中的每一种偏振态,多层光学膜在从约450nm延伸至约650nm的可见光波长范围内具有约0.5%至约40%的平均光学透射率、在可见光波长范围内具有小于约40%的平均光学反射率、并且在从约850nm延伸至约1200nm的红外波长范围内具有大于约60%的平均光学反射率。在一些实施方案中,对于从照明体D65入射在多层光学膜上的光,多层光学膜将入射光的一部分反射和透射为反射光和透射光,该反射光和透射光在CIE $L^*a^*b^*$ 色彩空间中对于小于约10度的入射角具有相应的“ a^* ”比色参数 $ar1^*$ 和 $at1^*$,并且对于约40度的入射角具有相应的“ a^* ”比色参数 $ar2^*$ 和 $at2^*$, $at1^*$ 与 $at2^*$ 之间以及 $ar1^*$ 与 $ar2^*$ 之间差值的量值小于约20。在一些实施方案中,对于从照明体D65入射在多层光学膜上的光,多层光学膜将入射光的一部分反射和透射为反射光和透射光,该反射光和透射光在CIE $L^*a^*b^*$ 色彩空间中对于小于约10度的入射角具有相应的“ b^* ”比色参数 $br1^*$ 和 $bt1^*$,并且对于约60度的入射角具有相应的“ b^* ”比色参数 $br2^*$ 和 $bt2^*$,其中 $br1^*$ 与 $br2^*$ 之间以及 $bt1^*$ 与 $bt2^*$ 之间差值的量值小于约35。在一些实施方案中,对于从照明体D65以一入射角入射在多层光学膜上的光,多层光学膜将入射光的一部分透射为透射光,该透射光在CIE $L^*a^*b^*$ 色彩空间中具有“ a^* ”比色参数 at^* 和“ b^* ”比色参数 bt^* ,其中当入射角从小于约10度连续变化到至少约40度时, at^* 和 bt^* 中的每一者的量值保持小于约35。在一些实施方案中,对于从照明体D65以一入射角入射在多层光学膜上的光,多层光学膜将入射光的一部分反射为反射光,该反射光在CIE $L^*a^*b^*$ 色彩空间中具有“ a^* ”比色参数 ar^* 和“ b^* ”比色参数 br^* ,其中当入射角从小于约10度连续变化到至少约40度时, ar^* 和 br^* 中的每一者的量值保持小于约45。

[0004] 这些和其他方面将从以下详细描述中变得显而易见。但是,在任何情况下,本简要概述都不应解释为限制可要求保护的主体。

附图说明

- [0005] 图1A是根据一些实施方案的多层光学膜的示意性剖视图。
- [0006] 图1B是根据一些实施方案的多层光学膜的一部分的示意性剖视图。
- [0007] 图2是根据一些实施方案的玻璃层压体的示意性剖视图。
- [0008] 图3是根据一些实施方案的光学元件的示意性剖视图,示出了入射在光学元件上的光。
- [0009] 图4是根据一些实施方案的CIE $L^*a^*b^*$ 色彩空间的示意图,示出了随着入射角变化 a^* 和 b^* 比色参数的变化。
- [0010] 图5是根据一些实施方案的多层光学膜的光学反射率和光学透射率的示意图。
- [0011] 图6A是基本上垂直入射在不包含光学吸收性材料的光学膜上的光的计算反射率和透射率的曲线图。
- [0012] 图6B是根据一些实施方案的基本上垂直入射在与图6A的光学膜对应但包含光学吸收性材料的光学膜上的光的计算反射率和透射率的曲线图。
- [0013] 图7A至图7C是根据一些实施方案的入射照明体D65光的透射光或反射光的计算 a^* 、 b^* 比色参数的CIE $L^*a^*b^*$ 色彩空间曲线图。
- [0014] 图8是根据一些实施方案的包含蓝色染料、红色染料或黄色颜料的聚合物层的消光系数的曲线图。
- [0015] 图9A至图9B是根据一些实施方案的包括多层光学膜的玻璃层压体的计算透射率和计算反射率的曲线图,该多层光学膜包括加载有图8的蓝色染料和红色染料以及黄色颜料的表层。
- [0016] 图10A至图10B是根据一些实施方案的对于从照明体D65入射在玻璃层压体上的光,随着入射角变化时分别来自图9A至图9B的玻璃层压体的透射光和反射光的计算的 a^* 、 b^* 比色参数的CIE $L^*a^*b^*$ 色彩空间曲线图。
- [0017] 图11是根据一些实施方案的包含蓝色染料、红色染料、黄色染料或青色染料的聚合物层的消光系数的曲线图。
- [0018] 图12A至图12B是根据一些实施方案的包括多层光学膜的玻璃层压体的计算透射率和计算反射率的曲线图,该多层光学膜包括加载有图11的蓝色染料、红色染料、黄色染料和青色染料的表层。
- [0019] 图13A至图13B是根据一些实施方案的对于从照明体D65入射在玻璃层压体上的光,随着入射角变化时分别来自图12A至图12B的玻璃层压体的透射光和反射光的计算的 a^* 、 b^* 比色参数的CIE $L^*a^*b^*$ 色彩空间曲线图。
- [0020] 图14A至图14B是根据一些实施方案的包括多层光学膜的玻璃层压体的计算透射率和计算反射率的曲线图,该多层光学膜包括加载有图8的蓝色染料的表层。
- [0021] 图15A至图15B是根据一些实施方案的对于从照明体D65入射在玻璃层压体上的光,随着入射角变化时分别来自图14A至图14B的玻璃层压体的透射光和反射光的计算的 a^* 、 b^* 比色参数的CIE $L^*a^*b^*$ 色彩空间曲线图。

具体实施方式

- [0022] 在以下说明中参考附图,该附图形成本发明的一部分并且其中以举例说明的方式

示出各种实施方案。附图未必按比例绘制。应当理解,在不脱离本说明书的范围或实质的情况下,可设想并进行其他实施方案。因此,以下具体实施方式不应被视为具有限制意义。

[0023] 包括交替聚合物层的多层光学膜可用于通过适当选择层厚度和折射率差值来在期望的波长范围内提供期望的反射和透射,如美国专利5,882,774号(Jonza等人);6,179,948号(Merrill等人);6783349号(Neavin等人);6,967,778号(Wheatley等人);和9,162,406号(Neavin等人)中描述的那些。交替聚合物层通常包括交替的高折射率层和低折射率层,其可被描述为主要通过光学干涉来透射和反射光的光学层。包括交替的高折射率层和低折射率层的多层光学膜可被描述为包括多个光学重复单元,其中每个光学重复单元包括高折射率层和低折射率层。除高折射率层和低折射率层之外,每个光学重复单元可包括一个或多个层,如美国专利5,103,337号(Schrenk等人);例如,5,540,978号(Schrenk)和6,207,260号(Wheatley等人)中所述。

[0024] 多层光学膜可具有用于减少到空间中的太阳能热量增益的红外反射谱带。例如,红外反射光学膜可用于作用于减少建筑物中的房间的太阳能加热的窗膜。又如,可将红外反射光学膜用于层压挡风玻璃或遮阳篷顶中以减少汽车内部的太阳能加热。常规的红外反射光学膜对于反射光和/或透射光可具有不期望的随入射角的色移,这是由于例如红外反射谱带移位到可见光范围内和/或红外反射谱带的谐波移位到可见光范围内、移出可见光范围或在可见光范围内。根据本说明书的一些方面,已经发现,光学吸收性材料可以包含在光学膜的各层中,以显著减小从光学膜反射并透射穿过光学膜的光的随入射角的色移。在一些实施方案中,光学膜具有近红外反射谱带(例如,在至少从约850nm延伸至约1200nm的波长范围内),并且对于至少一个入射角,红外反射谱带的至少一个谐波至少部分地设置在约420nm至约680nm、或约450nm至约650nm的可见光波长范围内。在一些此类实施方案中,选择光学吸收性材料的第一部分来减少来自可见光范围内的谐波的反射并且导致反射中的低色移,并且选择光学吸收性材料的第二部分以导致透射中的低色移。例如,在一些实施方案中,第一部分可设置在光学膜的适于面向光源的一个或多个外层(例如,遮阳篷顶中的光学膜的顶层)中,并且第二部分可设置在光学膜的适于背离光源的一个或多个外层(例如,遮阳篷顶中的光学膜的底层)中。另选地或除此之外,光学吸收性材料的第一部分和/或第二部分的至少部分可分散在光学膜的光学层中。例如,在一些实施方案中,光学吸收性材料的第一部分可分散在表层中,并且光学吸收性材料的第二部分可分散在光学膜的交替的第一层和第二层的第一层中,其中第一层具有比第二层更高的折射率。

[0025] 可以选择光学吸收性材料以产生期望的可见光透射率,同时提供随入射角的低色移。期望的可见光透射率可取决于应用。例如,在一些遮阳篷顶应用中,可能期望约0.5%至约20%范围内的平均可见光透射率。反射光和/或透射光的颜色可以是中性的(例如,低 a^* 、 b^* 比色参数)或者可以具有预先确定的颜色(例如,在指定范围内的 a^* 、 b^* 比色参数),这取决于所选择的光学吸收性材料。

[0026] 多层光学膜可包括具有至少第一层和第二层的光学重复单元。光学膜的特征可在于光学重复单元的层的f比率。光学重复单元的层的f比率是该层的光学厚度除以该光学重复单元的光学厚度,其中该光学重复单元的每个层的光学厚度是该层的厚度乘以该层沿相同平面内方向的折射率,并且该光学重复单元的光学厚度是层中的每个层的光学厚度之和。折射率可在特定可见光波长范围(例如,约420nm至约680nm或约450nm至约650nm)内的

波长下测定。例如,折射率可以在约532nm、或约550nm、或约589nm、或约633nm的波长下测定。光学膜的f比率(当没有指定光学重复单元的层时)通常是指光学重复单元中的具有最高折射率的层的f比率。在一些实施方案中,光学膜具有约0.5的f比率。这可以导致红外反射谱带的抑制的二阶谐波,但是可以存在三阶谐波。在其他实施方案中,使用不同的f比率(例如,约0.55至约0.8或约0.2至约0.45)。已经发现,将f比率从0.5偏移允许红外反射谱带的二阶谐波和三阶谐波的强度被调谐以进一步减小反射光和/或透射光随入射角的色移。例如,可以选择f比率以在整个可见光波长范围内提供作为波长的函数的基本上恒定的反射率。

[0027] 图1A是根据一些实施方案的多层光学膜100的示意性剖视图。光学膜100包括多个交替的聚合物的第一层111和第二层112。光学膜100可包括比图1A中示意性示出的更多的层。图1B是根据一些实施方案的多层光学膜100的一部分的示意性剖视图,指示了更多数量的交替的第一层111和第二层112。在一些实施方案中,交替的第一层111和第二层112的总计数量至少为20个、或总计数量至少为40个、或总计数量至少为60个、或总计数量至少为80个、或总计数量至少为100个。在一些此类实施方案中,或在其他实施方案中,交替的第一层111和第二层112的总计数量不超过1000个,或总计数量不超过800个,或总计数量不超过700个,或总计数量不超过650个,或总计数量不超过600个。在一些实施方案中,第一层111和第二层112中的每一者具有小于约500nm、或小于约400nm或小于约350nm的平均厚度 t_1 、 t_2 。在一些此类实施方案中,或在其他实施方案中,第一层111和第二层112中的每一者具有大于约50nm,或大于约70nm,或大于约90nm的平均厚度 t_1 、 t_2 。

[0028] 多层光学膜100可被描述为包括多个光学重复单元110,其中每个光学重复单元110包括至少单独的第一层111和第二层112。例如,多个光学重复单元110的总计数量可以在约10至约400之间、或总计数量在约10至约300之间、或总计数量在约10至约250之间、或总计数量在约50至约250之间。光学重复单元通常是沿光学膜的厚度方向(z方向)重复的光学层的最小不同单元。多个光学重复单元中光学重复单元的总数是指不同光学重复单元的总数(膜中没有一层位于多于一个不同光学重复单元中)。在一些实施方案中,每个光学重复单元110单元可包括除第一层111和第二层112之外的一个或多个层。

[0029] 光学膜100还可包括第一表层121和第二表层122,其中多个交替的聚合物的第一层111和第二层112和/或多个光学重复单元110设置在第一表层121和第二表层122之间。在一些实施方案中,第一表层121和第二表层122中的每一者具有大于约500nm、或大于约750nm、或大于约1000nm(1微米)、或大于约1500nm、或大于约2000nm的平均厚度 ts_1 、 ts_2 。第一表层121和第二表层122可以与多个交替的聚合物的第一层111和第二层112和/或与多个光学重复单元110一体化形成。

[0030] 如本文使用,与第二元件“一体化形成的”第一元件意味着第一元件和第二元件是一起制造的,而不是分开地制造并且随后进行结合。一体化形成包括制造第一元件,紧接着在该第一元件上制造第二元件。例如,表层和光学层(例如,交替的聚合物的第一层和第二层和/或光学重复单元)彼此一体化形成,前提是该层是一起制造的(例如,组合为熔融流并且随后浇注到冷却辊上以形成具有该层中的每一者的浇注膜,并且随后将该浇注膜定向),而不是分开地制造并且随后进行结合。

[0031] 用于多层光学膜100中的各个层的合适材料包括例如聚萘二甲酸乙二醇酯(PEN)、

coPEN (共聚萘二甲酸乙二醇酯共聚物)、聚对苯二甲酸乙二醇酯 (PET)、聚萘二甲酸乙二醇酯共聚物 (PHEN)、乙二醇改性的PET (PETG)、乙二醇改性的PEN (PENG)、间同立构聚苯乙烯 (sPS)、THV (四氟乙烯、六氟丙烯和偏二氟乙烯的三元共聚物)、聚甲基丙烯酸甲酯 (PMMA)、coPMMA (甲基丙烯酸甲酯和丙烯酸乙酯的共聚物) 或其共混物。

[0032] 光学膜100可包括图1A至图1B中未示出的附加层。例如,如本领域已知的,可以包括光学重复单元的分组 (packet) 之间的保护性界面层。光学膜100还可包括第一粘合剂层和第二粘合剂层,其中第一表层121、第二表层122以及多个交替的聚合物的第一层111和第二层112 (和/或多个光学重复单元110) 设置在第一粘合剂层和第二粘合剂层之间。

[0033] 在一些实施方案中,光学膜100例如用于玻璃层压体中。图2是根据一些实施方案的玻璃层压体101的示意性剖视图,该玻璃层压体包括第一玻璃层124、第二玻璃层126以及设置在它们之间的多层光学膜100'。在例示的实施方案中,光学膜100'包括第一粘合剂层141、第二粘合剂层142以及设置在它们之间的多层光学膜100。

[0034] 第一粘合剂层141和第二粘合剂层142可以是例如已知适于粘结到玻璃的任何粘合剂。用于第一粘合剂层141和第二粘合剂层142的合适材料包括例如压敏粘合剂、液体光学透明粘合剂、辐射或热固化性粘合剂、或热熔融粘合剂中的一种或多种。在一些实施方案中,粘合剂层141和142中的每一者包含聚乙烯醇缩丁醛 (PVB)。

[0035] 在一些实施方案中,对于在从约420nm延伸至约680nm或从约450nm延伸至约650nm的可见光波长范围内的相同第一可见光波长,第一层111和第二层112 (例如,在光学重复单元110中的每一者中) 沿着相同平面内第一方向 (例如,x方向) 具有相应折射率 n_1 和 n_2 以及对应的相应f比率 f_1 和 f_2 。在一些实施方案中, $n_1 > n_2$ 。在其他实施方案中, $n_2 > n_1$ 。在一些实施方案中, f_1 和 f_2 中的每一者为约0.5 (例如,第一层和第二层中较厚的层可具有比第一层和第二层中较薄的层低的折射率,使得 f_1 为约0.5)。在一些实施方案中, $n_1 > n_2$ 并且 f_1 和 f_2 中的一者在约0.55至约0.80之间 (例如,在0.55至0.80的范围内) 或在约0.6至约0.75之间 (例如,在0.6至0.75的范围内) 或在约0.625至约0.725之间 (例如,在0.625至0.725的范围内)。在一些此类实施方案中, f_1 在约0.55至约0.80之间 (例如,在0.55至0.80的范围内) 或在约0.6至约0.75之间 (例如,在0.6至0.75的范围内) 或在约0.625至约0.725之间 (例如,在0.625至0.725的范围内)。在一些实施方案中,光学重复单元110仅包括两个单独的层 (例如,第一层111和第二层112)。在此类实施方案中, $f_1 + f_2 = 1$ 。光学膜的f比率可定义为光学重复单元中的具有最高折射率的层的f比率 (例如,如果第一层沿平面内第一方向具有比第二层更高的折射率,则 f_1 可称为光学膜的f比率)。

[0036] 在一些实施方案中,对于在从约420nm延伸至约680nm或从约450nm延伸至约650nm的可见光波长范围内的相同第一可见光波长,第一表层121和第二表层122沿着相同平面内第一方向 (例如,x方向) 具有相应折射率 n_{s1} 和 n_{s2} 。在一些实施方案中, n_{s1} 和 n_{s2} 大约彼此相等,并且在一些实施方案中, n_{s1} 和 n_{s2} 中的每一者大约等于 n_1 和 n_2 中的一者 (例如,表层121和122中的每一者可以由与第一层111和第二层112中的一者相同的材料形成)。在一些实施方案中,对于在从约420nm延伸至约680nm或从约450nm延伸至约650nm的可见光波长范围内的相同第一可见光波长,第一粘合剂层141和第二粘合剂层142沿着相同平面内第一方向 (例如,x方向) 具有相应折射率 n_{a1} 和 n_{a2} 。在一些实施方案中,例如 n_{a1} 和 n_{a2} 各自在约1.4至约1.6或约1.45至约1.55的范围内。

[0037] 一般来讲,层可以被描述为具有复折射率 N ,该复折射率 N 具有实部 n 和虚部 k 。复折射率 N 的实部 n 被称为折射率(refractive index)或折射率(index of refraction)(如果提到折射率而没有指明它是复折射率,则应该理解是指实部),而虚部 k 被称为消光系数。复折射率(及其实部和虚部)可沿不同方向定义(例如,复折射率对于沿不同方向偏振的光可不同)。在一些实施方案中,对于在从约420nm延伸至约680nm或从约450nm延伸至约650nm的可见光波长范围内的相同第一可见光波长,第一层111和第二层112(例如,在光学重复单元110中的每一者中)沿着相同平面内第一方向(例如,x方向)具有相应消光系数 k_1 和 k_2 。在一些实施方案中,对于在从约420nm延伸至约680nm或从约450nm延伸至约650nm的可见光波长范围内的相同第一可见光波长,第一表层121和第二表层122沿着相同平面内第一方向(例如,x方向)具有相应消光系数 k_{s1} 和 k_{s2} 。在一些实施方案中,对于在从约420nm延伸至约680nm或从约450nm延伸至约650nm的可见光波长范围内的相同第一可见光波长,第一粘合剂层141和第二粘合剂层142沿着相同平面内第一方向(例如,x方向)具有相应消光系数 k_{a1} 和 k_{a2} 。

[0038] 在一些实施方案中,第一层111和第二层112中的至少一者和/或第一表层121和第二表层122中的至少一者和/或第一粘合剂层141和第二粘合剂层142中的至少一者包含光学吸收性材料(例如,染料、颜料或它们的组合)。不包含光学吸收性材料的层沿着每个平面内方向并且对于在约420nm至约680nm或约450nm至约650nm的可见光波长范围内的每个波长可具有小于约 10^{-5} ,或小于约 7×10^{-6} ,或小于约 5×10^{-6} ,或小于约 2×10^{-6} 的消光系数 k (例如,对应于 k_1 、 k_2 、 k_{s1} 、 k_{s2} 、 k_{a1} 、 k_{a2} 中的一者或多者)。包含光学吸收性材料的层沿着至少一个平面内方向并且对于在约420nm至约680nm或者约450nm至约650nm的可见光波长范围内的至少一个波长可具有大于约 2×10^{-5} ,或大于约 5×10^{-5} ,或大于约 10^{-4} ,或大于约 5×10^{-4} ,或大于约 10^{-3} 的消光系数 k (例如,对应于 k_1 、 k_2 、 k_{s1} 、 k_{s2} 、 k_{a1} 、 k_{a2} 中的一者或多者)。在一些实施方案中,光学吸收性材料分散在多层光学膜的至少一个层中,其中该至少一个层包括一个或多个层,该一个或多个层沿着至少一个平面内方向并且对于在约420nm至约680nm或者约450nm至约650nm的可见光波长范围内的至少一个波长具有大于约 2×10^{-5} ,或大于约 5×10^{-5} ,或大于约 10^{-4} ,或大于约 5×10^{-4} ,或大于约 10^{-3} 的消光系数。在一些实施方案中,包含光学吸收性材料的层可以在近红外波长范围内具有相对低的光学吸收。例如,层中的每个层沿着每个平面内方向并且对于在约750nm至至少约1300nm(例如,约750nm至约1300nm或约750nm至约1400nm)的波长范围内的每个波长可以具有小于约 10^{-3} ,或小于约 5×10^{-4} ,或小于约 2×10^{-4} ,或小于约 10^{-4} 的消光系数 k (例如,对应于 k_1 、 k_2 、 k_{s1} 、 k_{s2} 、 k_{a1} 、 k_{a2} 中的一者或多者)。

[0039] 合适的光学吸收性材料包括例如染料、颜料或它们的组合。在一些实施方案中,包含两种、三种、四种或更多种不同的光学吸收性材料以便调节反射和/或透射颜色。例如,可以使用蓝色染料或颜料、黄色或绿色染料或颜料以及红色染料或颜料。光学吸收性材料可以包含在同一层中,或者可以分别包含在不同的层中。合适的染料和颜料包括例如分散蓝60($C_{20}H_{17}N_3O_5$;CAS编号12217-80-0);颜料黄147($C_{37}H_{21}N_5O_4$;CAS编号4118-16-5);红色偶氮染料诸如红色染料40($C_{18}H_{14}N_2Na_2O_8S_2$;CAS编号25956-17-6);蒽醌染料或颜料诸如溶剂黄163($C_{26}H_{16}O_2S_2$;CAS编号13676-91-0)、颜料红177($C_{28}H_{16}N_2O_4$;CAS编号4059-63-2)和分散红60($C_{20}H_{13}NO_4$;CAS编号12223-37-9);花系染料或颜料诸如颜料黑31($C_{40}H_{26}N_2O_4$;CAS编号

67075-37-0)、颜料黑32($C_{40}H_{26}N_2O_6$;CAS编号83524-75-8)和颜料红149($C_{40}H_{26}N_2O_4$;CAS编号4948-15-6);以及蓝色、黄色、红色和青色染料PD-325H、PD-335H、PD-104和PD-318H,分别得自日本东京的三井精细化学品公司(Mitsui Fine Chemicals,Tokyo Japan)。染料/颜料的量和颜色可基于不包含光学吸收性材料的对应光学膜的光学性质来选择。例如,在不包含光学吸收性材料的光学膜的色移主要是由于红外反射谱带的三阶谐波引起的实施方案中,可以选择染料/颜料以在整个期望的入射角范围内具有与三阶谐波重叠的吸收光谱,并且可以选择染料/颜料的量以将来自三阶谐波的反射减少到适于将色移减少到所需范围的程度。又如,在不包含光学吸收性材料的光学膜的色移主要是由于红外反射谱带的二阶谐波和三阶谐波的反射强度不匹配引起的实施方案中,可以选择染料/颜料以具有与在整个期望的入射角范围内具有较强反射的谐波重叠的吸收光谱,并且可以选择染料/颜料的量以减少来自谐波的反射以近似匹配其他谐波的反射强度。

[0040] 多层光学膜的特征可在于当基本上白色的光入射在光学膜上时,从光学膜反射的光和/或透射穿过光学膜的光的颜色。基本上白色的入射光可以从照明体D65,该照明体是由国际照明委员会(International Commission on Illumination)定义的标准照明体,基于其法国名称国际照明委员会(Commission Internationale de l'Éclairage)通常被称为CIE。从照明体D65的光可以是非偏振光。反射光和透射光的颜色可以根据CIE $L^*a^*b^*$ 色彩空间(也称为CIE 1976 $L^*a^*b^*$ 色彩空间或CIELAB色彩空间)的 a^* 和/或 b^* 比色参数来表征。 a^* 和 b^* 比色参数可如ASTM E308-18“使用CIE系统计算物体颜色的标准实施规程(Standard Practice for Computing the Colors of Objects by Using the CIE System)”中所述测定。ASTM E308-18标准还提供标准照明体D65的相对光谱功率分布。

[0041] 图1A示意性地示出了在入射平面(由入射光的方向和表面法线限定的平面)中入射在光学膜100上的光180。在例示的实施方案中,入射平面是 $x-z$ 平面,参考图示的 $x-y-z$ 坐标系。示出了 p 偏振态131(入射平面中的电场)和 s 偏振态132(正交于入射平面的电场)。还示出了基本上垂直入射在光学膜100上的光180'。光180和光180'入射在多层光学膜100的主表面127上。图3是根据一些实施方案的光学元件200的示意性剖视图,示出了入射在光学元件200的主表面227上的光130和光230。例如,光学元件200可以是对应于光学膜100或光学膜100'的光学膜。另选地,例如,光学元件200可以是对应于光学膜100或100'的多个光学重复单元110的多个光学重复单元(或多个交替的第一层和第二层)。另选地,光学元件200例如可以是对应于玻璃层压体101的玻璃层压体。光130以第一入射角 θ_1 入射在光学元件200上,并且光230以第二入射角 θ_2 入射在光学元件200上。光130和/或光230可从照明体D65。在图3中示意性地示出的照明体222例如可以是照明体D65。光学元件200透射入射光130的一部分作为透射光133,并且反射入射光130的一部分作为反射光134。透射光133在CIE $L^*a^*b^*$ 色彩空间中具有“ a^* ”比色参数 $at1^*$ 和“ b^* ”比色参数 $bt1^*$ 。反射光134在CIE $L^*a^*b^*$ 色彩空间中具有“ a^* ”比色参数 $ar1^*$ 和“ b^* ”比色参数 $br1^*$ 。光学元件200透射入射光230的一部分作为透射光233,并且反射入射光230的一部分作为反射光234。透射光233在CIE $L^*a^*b^*$ 色彩空间中具有“ a^* ”比色参数 $at2^*$ 和“ b^* ”比色参数 $bt2^*$ 。反射光234在CIE $L^*a^*b^*$ 色彩空间中具有“ a^* ”比色参数 $ar2^*$ 和“ b^* ”比色参数 $br2^*$ 。

[0042] 光130在入射位置630处入射在光学元件200上,并且光230在入射位置730处入射在光学元件200上。一般来讲,本文所述的光学性质(例如,反射光和/或透射光的低色移)可

适用于从光学膜的至少一侧入射在光学膜100、100'上的光(例如,在主表面127或227上和/或在与127或227相对的主表面上)并且适用于至少一个入射位置。例如,在一些实施方案中,光学吸收性材料包含在光学膜的第一表层中,但不包含在相对的表层中。在一些此类实施方案中,反射光对于入射在第一表层上的光和对于入射在第二表层上的光可以具有不同的 a^* 和/或 b^* 比色参数。在一些实施方案中,对于在光学膜的一侧或两侧上入射的光,本文所述的光学性质可适用于在光学膜的按面积计(例如,光入射在上面的主表面的面积或顶部平面图中的面积)的至少60%、或至少80%、或至少90%、或至少95%上的每个入射位置,或者对于在光学膜的一侧或两侧上入射的光,可适用于光学膜上的每个入射位置。

[0043] 入射角是入射在表面上的光的方向相对于该表面的法线的角度,并且在0度到90度的范围内。当指定光学元件(例如,光学膜或多个光学重复单元)的光学性质(例如,透射率或反射率或比色参数)时,除非另外指明,否则入射角为光入射的光学元件表面处的入射角。入射角 θ_1 可以小于约10度,或小于约6度,或小于约3度。入射角 θ_1 可以是例如约0度(例如,约2度或更小)。入射角 θ_2 可以是例如至少约40度,或至少约50度,或至少约60度,或至少约65度。例如,入射角 θ_2 可以是最高至约85度。入射角 θ_2 可以是例如约40度、或约50度、或约60度、或约65度、或约70度。

[0044] 图4是根据一些实施方案的CIE $L^*a^*b^*$ 色彩空间的示意图,示出了当入射角 θ 从具有色彩空间坐标 a_1^* 、 b_1^* 的点301处的第一入射角(例如, θ_1 ,其可以小于约10度)连续变化到具有色彩空间坐标 a_2^* 、 b_2^* 的点302处的第二入射角(例如, θ_2 ,其可以为约40度或更大)时 a^* 和 b^* 比色参数的变化。所示的 a^* 、 b^* 参数可以用于反射光或用于透射光。示出了当入射角从第一入射角连续变化到第二入射角时,CIE $L^*a^*b^*$ 色彩空间中距具有预先确定的色彩空间坐标 a_0^* 、 b_0^* 的预先确定的色彩空间位置303的最大欧几里得距离 d 。预先确定的色彩空间位置303可以对应于例如基本上白色的光(例如, $|a_0^*|$ 和 $|b_0^*|$ 中的每一者可以小于约15,或小于约10),或者可以对应于具有预先确定的颜色的光(例如, $|a_0^*|$ 和 $|b_0^*|$ 中的至少一者可以大于约25或大于约40)。在一些实施方案中, $|a_0^*|$ 和 $|b_0^*|$ 中的每一者小于约35、或小于约30、或小于约20、或小于约18、或小于约15、或小于约12、或小于约10、或小于约8、或小于约7、或小于约6、或小于约5、或小于约4、或小于约3、或小于约2、或小于约1。在一些实施方案中, $|a_0^*|$ 和/或 $|b_0^*|$ 大于约20,或大于约30,或大于约35,或大于约40。在一些实施方案中,最大欧几里得距离 d 小于约35、或小于约30、或小于约20、或小于约18、或小于约15、或小于约12、或小于约10、或小于约8、或小于约7、或小于约6、或小于约5、或小于约4、或小于约3、或小于约2、或小于约1。

[0045] 在一些实施方案中,对于从照明体D65入射在多层光学膜100、100'上的光130、230,多层光学膜将入射光的一部分反射和透射为反射光(134,234)和透射光(133,233)。在一些实施方案中,反射光和透射光在CIE $L^*a^*b^*$ 色彩空间中对于小于约10度的入射角 θ_1 具有相应的“ a^* ”比色参数 ar_1^* 和 at_1^* ,并且对于约40度的入射角 θ_2 具有相应的“ a^* ”比色参数 ar_2^* 和 at_2^* ,其中 at_1^* 与 at_2^* 之间以及 ar_1^* 与 ar_2^* 之间差值的量值小于约20、或小于约15、或小于约12、或小于约10、或小于约8、或小于约7、或小于约6、或小于约5、或小于约4、或小于约3、或小于约2、或小于约1。在一些此类实施方案中,或在其他实施方案中,反射光和透射光在CIE $L^*a^*b^*$ 色彩空间中对于小于约10度的入射角具有相应的“ b^* ”比色参数 br_1^* 和 bt_1^* 并且对于约40度的入射角具有相应的“ b^* ”比色参数 br_2^* 和 bt_2^* , br_1^* 与 br_2^* 之间以及

bt1*与bt2*之间差值的量值小于约35、或小于约30、或小于约25、或小于约20、或小于约18、或小于约15、或小于约12、或小于约10、或小于约8、或小于约7、或小于约6、或小于约5、或小于约4、或小于约3、或小于约2、或小于约1。在一些实施方案中,对于预先确定的“a*”比色参数a0*, $|at1*-a0*|$ 、 $|at2*-a0*|$ 、 $|ar1*-a0*|$ 和 $|ar2*-a0*|$ 中的每一者小于约20、或小于约18、或小于约15、或小于约12、或小于约10、或小于约8、或小于约7、或小于约6、或小于约5、或小于约4、或小于约3、或小于约2、或小于约1。在一些此类实施方案中,或在其他实施方案中,对于预先确定的“b*”比色参数b0*, $|bt1*-b0*|$ 、 $|bt2*-b0*|$ 、 $|br1*-b0*|$ 和 $|br2*-b0*|$ 中的每一者小于约35、或小于约30、或小于约25、或小于约20、或小于约18、或小于约15、或小于约12、或小于约10、或小于约8、或小于约7、或小于约6、或小于约5、或小于约4、或小于约3、或小于约2、或小于约1。在一些此类实施方案中,或在其他实施方案中,对于预先确定的“a*”比色参数a0*和预先确定的“b*”比色参数b0*, $|bt1*-b0*|$ 、 $|bt2*-b0*|$ 、 $|at1*-a0*|$ 和 $|at2*-a0*|$ 中的每一者小于约35、或小于约30、或小于约25、或小于约20、或小于约18、或小于约15、或小于约12、或小于约10、或小于约8、或小于约7、或小于约6、或小于约5、或小于约4、或小于约3、或小于约2、或小于约1。在一些此类实施方案中,或在其他实施方案中,对于预先确定的“a*”比色参数a0*和预先确定的“b*”比色参数b0*, $|br1*-b0*|$ 、 $|br2*-b0*|$ 、 $|ar1*-a0*|$ 和 $|ar2*-a0*|$ 中的每一者小于约35、或小于约30、或小于约25、或小于约20、或小于约18、或小于约15、或小于约12、或小于约10、或小于约8、或小于约7、或小于约6、或小于约5、或小于约4、或小于约3、或小于约2、或小于约1。 $|a0*|$ 可以小于约10或大于约10,或者 $|a0*|$ 可以在本文别处所述的任何范围内。 $|b0*|$ 可以小于约10或大于约10,或者 $|b0*|$ 可以在本文别处所述的任何范围内。

[0046] 在一些实施方案中,反射光和透射光在CIE L*a*b*色彩空间中对于小于约10度的入射角 θ_1 具有相应的“a*”比色参数ar1*和at1*,并且对于约60度的入射角 θ_2 具有相应的“a*”比色参数ar2*和at2*,其中at1*与at2*之间以及ar1*与ar2*之间差值的量值小于约35、或小于约30、或小于约20、或小于约15、或小于约12、或小于约10、或小于约8、或小于约7、或小于约6、或小于约5、或小于约4、或小于约3。在一些此类实施方案中,或在其他实施方案中,反射光和透射光在CIE L*a*b*色彩空间中对于小于约10度的入射角具有相应的“b*”比色参数br1*和bt1*并且对于约60度的入射角具有相应的“b*”比色参数br2*和bt2*,br1*与br2*之间以及bt1*与bt2*之间差值的量值小于约35、或小于约30、或小于约25、或小于约20、或小于约18、或小于约15、或小于约12、或小于约10、或小于约8、或小于约7、或小于约6、或小于约5、或小于约4、或小于约3。在一些实施方案中,对于预先确定的“a*”比色参数a0*, $|at1*-a0*|$ 、 $|at2*-a0*|$ 、 $|ar1*-a0*|$ 和 $|ar2*-a0*|$ 中的每一者小于约35、或小于约30、或小于约25、或小于约20、或小于约18、或小于约15、或小于约12、或小于约10、或小于约8、或小于约7、或小于约6、或小于约5、或小于约4、或小于约3、或小于约2。在一些此类实施方案中,或在其他实施方案中,对于预先确定的“b*”比色参数b0*, $|bt1*-b0*|$ 、 $|bt2*-b0*|$ 、 $|br1*-b0*|$ 和 $|br2*-b0*|$ 中的每一者小于约35、或小于约30、或小于约25、或小于约20、或小于约18、或小于约15、或小于约12、或小于约10、或小于约8、或小于约7、或小于约6、或小于约5、或小于约4、或小于约3、或小于约2。

[0047] 在一些实施方案中,对于从照明体D65入射在多层光学膜100、100'上的光130、230,多层光学膜将入射光的一部分反射和透射为反射光(134,234)和透射光(133,233)。在

一些实施方案中,反射光和透射光在CIE $L^*a^*b^*$ 色彩空间中对于小于约10度的入射角 θ_1 具有相应的“ a^* ”比色参数 $ar1^*$ 和 $at1^*$,并且对于入射角 $\theta_2 \geq \theta_1$ 具有相应的“ a^* ”比色参数 $ar2^*$ 和 $at2^*$ 。在一些实施方案中,反射光和透射光在CIE $L^*a^*b^*$ 色彩空间中对于小于约10度的入射角 θ_1 具有相应的“ b^* ”比色参数 $br1^*$ 和 $bt1^*$,并且对于入射角 $\theta_2 \geq \theta_1$ 具有相应的“ b^* ”比色参数 $br2^*$ 和 $bt2^*$ 。在一些实施方案中,当入射角 θ_2 从 θ_1 连续变化到至少约40度时, $at1^*$ 与 $at2^*$ 之间、 $ar1^*$ 与 $ar2^*$ 之间、 $bt1^*$ 与 $bt2^*$ 之间以及 $ar1^*$ 与 $ar2^*$ 之间差值的量值保持小于约35、或小于约30、或小于约25、或小于约20、或小于约18、或小于约15、或小于约12、或小于约10、或小于约8、或小于约7、或小于约6、或小于约5、或小于约4、或小于约3、或小于约2。例如,至少约40度的角度可以是最高至约85度、或最高至约80度、或最高至约75度、或最高至约70度。例如,至少约40度的角度可以是约40度、或约50度、或约60度、或约65度。

[0048] 在一些实施方案中,对于从照明体D65以入射角(例如, θ_1 、 θ_2)入射在多层光学膜100、100'上的光(例如,130、230),多层光学膜将入射光的一部透射为透射光(例如,133、233),该透射光在CIE $L^*a^*b^*$ 色彩空间中具有“ a^* ”比色参数 at^* (例如,对应于 $at1^*$ 或 $at2^*$)和“ b^* ”比色参数 bt^* (例如,对应于 $bt1^*$ 或 $bt2^*$),其中当入射角从小于约10度(例如, θ_1)连续变化到至少约40度(例如, θ_2)时, at^* 和 bt^* 中的每一者的量值保持小于约35、或小于约30、或小于约25、或小于约20、或小于约18、或小于约15、或小于约12、或小于约10、或小于约8、或小于约7、或小于约6、或小于约5、或小于约4。在一些此类实施方案中,或在其他实施方案中,对于从照明体D65以入射角(例如, θ_1 、 θ_2)入射在多层光学膜100、100'上的光(例如,130、230),多层光学膜将入射光的一部反射为反射光(例如,134、234),该反射光在CIE $L^*a^*b^*$ 色彩空间中具有“ a^* ”比色参数 ar^* (例如,对应于 $ar1^*$ 或 $ar2^*$)和“ b^* ”比色参数 br^* (例如,对应于 $br1^*$ 或 $br2^*$),其中当入射角从小于约10度(例如, θ_1)连续变化到至少约40度(例如, θ_2)时, ar^* 和 br^* 中的每一者的量值保持小于约45、或小于约40、或小于约35、或小于约30、或小于约25、或小于约20、或小于约18、或小于约15、或小于约12、或小于约10、或小于约8、或小于约7、或小于约6、或小于约5、或小于约4。在一些实施方案中,当入射角从小于约10度连续变化到至少约40度时, at^* 、 bt^* 、 ar^* 和 br^* 中的每一者的量值保持小于约30、或小于约25、或小于约20、或小于约18、或小于约15、或小于约12、或小于约10、或小于约8、或小于约7、或小于约6、或小于约5、或小于约4。小于约10度的角度可以在本文别处所述的 θ_1 的任何范围内。例如,至少约40度的角度可以是约40度、或约50度、或约60度、或约65度,或者可以在本文别处所述的 θ_2 的任何范围内。

[0049] 图5是根据一些实施方案的多层光学膜100、100'对于基本上垂直入射的光180'(例如,在垂直入射或名义上垂直入射的约20度内、或约10度内、或约5度内)在至少一个偏振态(例如,131和132中的至少一者)下的光学反射率377和光学透射率379的示意图。在一些实施方案中,对于正交的第一偏振态和第二偏振态,光学反射率和光学透射率大致相同(例如,光学膜可沿正交的第一平面内方向和第二平面内方向双轴取向)。在其他实施方案中,对于第一偏振态和第二偏振态,光学反射率和光学透射率可以不同。例如,光学膜可在幅材纵向(down web)方向和幅材横向(cross web)方向上不同地拉伸,以在幅材纵向方向和幅材横向方向上对入射平面产生不同的反射光谱。光学反射率377在 λ_1 至 λ_2 的波长范围内具有平均 R_{avg0} 并且在 λ_3 至 λ_4 的波长范围内具有平均 R_{avg1} 。光学透射率379在 λ_1 至 λ_2 的波长范围内具有平均 T_{avg0} 并且在 λ_3 至 λ_4 的波长范围内具有平均 T_{avg1} 。多层光学膜在 λ_1 至

λ_2 的波长范围内具有 $(100\% - \text{Ravg0} - \text{Tavg0})$ 的平均光学吸收率 (例如, 由于分散在多层光学膜的至少一个层中的光学吸收性材料)。

[0050] 对于一些应用 (例如, 许多遮阳篷顶应用), 可能期望对于可见光具有相对低的反射率和透射率 (例如, 各自小于 40%) 并且对于近红外光具有相对高的反射率 (例如, 大于 60%)。对于其他应用, 对于可见光可能期望更高的反射率或透射率。在一些实施方案中, 对于 λ_1 至 λ_2 的波长范围, Tavg0 不超过约 65%, 或不超过约 60%, 或不超过约 50%, 或不超过约 45%, 或不超过约 40%, 或不超过约 35%, 或不超过约 30%, 或不超过约 25%, 或不超过约 20%, 或不超过约 15%。在一些实施方案中, 对于 λ_1 至 λ_2 的波长范围, 平均透射率 Tavg0 为至少约 0.5%, 或至少约 0.75%, 或至少约 1%, 或至少约 1.5%, 或至少约 2%。在一些实施方案中, 对于 λ_1 至 λ_2 的波长范围, 平均反射率 Ravg0 小于约 65%, 或小于约 60%, 或小于约 50%, 或小于约 45%, 或小于约 40%, 或小于约 35%, 或小于约 30%, 或小于约 25%, 或小于约 20%, 或小于约 15%。在一些实施方案中, 对于 λ_3 至 λ_4 的波长范围, 平均反射率 Ravg1 大于约 50%, 或大于约 60%, 或大于约 70%, 或大于约 75%, 或大于约 80%, 或大于约 85%。在一些实施方案中, 对于 λ_3 至 λ_4 的波长范围, 平均透射率 Tavg1 小于约 40%, 或小于约 30%, 或小于约 20%, 或小于约 10%。在一些实施方案中, 对于 λ_3 至 λ_4 的波长范围的平均反射率 Ravg1 与对于 λ_1 至 λ_2 的波长范围的平均反射率 Ravg0 之间的差值为至少 10%, 或至少 20%, 或至少 30%, 或至少 40%, 或至少 50%, 或至少 60%。在一些实施方案中, 对于 λ_1 至 λ_2 的波长范围的平均透射率 Tavg0 与对于 λ_3 至 λ_4 的波长范围的平均透射率 Tavg1 之间的差值为至少 5%、或至少 10%、或至少 20%、或至少 30%、或至少 40%、或至少 50%。对于至少一个偏振态或对于两个相互正交的偏振态 (例如 131 和 132) 中的每个偏振态, 光学反射率 Ravg0 和 Ravg1 和/或光学透射率 Tavg0 和 Tavg1 可以在这些范围中的任何一者中。在一些实施方案中, 波长 λ_1 在约 400nm 至约 450nm 的范围内。例如, 波长 λ_1 可以是约 400nm、或约 420nm、或约 450nm。在一些实施方案中, 波长 λ_2 在约 650nm 至约 700nm 的范围内。例如, 波长 λ_2 可以是约 650nm、或约 680nm、或约 700nm。在一些实施方案中, 波长 λ_3 在约 800nm 至约 900nm 的范围内。例如, 波长 λ_3 可以是约 800nm、或约 850nm、或约 900nm。在一些实施方案中, 波长 λ_4 在约 1150nm 至约 1400nm 的范围内。例如, 波长 λ_4 可以是约 1150nm、或约 1200nm、或约 1300nm 或约 1400nm。

[0051] 在一些实施方案中, 对于基本上垂直入射的光 180' 并且对于两个相互正交的偏振态 (例如, 131 和 132) 中的每个偏振态, 多层光学膜 100、100' 在从约 450nm 延伸至约 650nm 的可见光波长范围内具有小于约 70%、或小于约 60%、或小于约 50%、或小于约 40%、或小于约 35%、或小于约 30%、或小于约 25%、或小于约 20%、或小于约 15% 的平均光学反射率 Ravg0 , 并且在从约 850nm 延伸至约 1200nm 的红外波长范围内具有大于 Ravg0 加上约 10% 的平均光学反射率 Ravg1 。在一些实施方案中, Ravg1 大于 Ravg0 加上约 20%, 或大于 Ravg0 加上约 30%, 或大于 Ravg0 加上约 40%, 或大于 Ravg0 加上约 50%。在一些实施方案中, Ravg1 大于约 50%, 或大于约 60%, 或大于约 65%, 或大于约 70%, 或大于约 75%, 或大于约 80%, 或大于约 85%。

[0052] 在一些实施方案中, 对于基本上垂直入射的光 180' 并且对于两个相互正交的偏振态 (例如, 131 和 132) 中的每个偏振态, 多层光学膜 100、100' 在从约 450nm 延伸至约 650nm 的可见光波长范围内具有约 0.5% 至约 40% 的平均光学透射率 Tavg0 , 在可见光波长范围内具有小于约 40% 的平均光学反射率 Ravg0 , 并且在从约 850nm 延伸至约 1200nm 的红外波长范围

内具有大于约60%的平均光学反射率 R_{avg1} 。在一些实施方案中,在可见光波长范围内的平均光学透射率 T_{avg0} 为至少约0.6%,或至少约0.75%,或至少约1%。在一些实施方案中,在可见光波长范围内的平均光学透射率 T_{avg0} 不超过约35%,或不超过约30%,或不超过约25%,或不超过约20%,或不超过约15%。例如,在可见光波长范围内的平均光学透射率 T_{avg0} 可以在约0.75%至约30%、或约1%至约20%的范围内。在一些实施方案中,在可见光波长范围内的平均光学反射率 R_{avg0} 小于约35%,或小于约30%,或小于约25%,或小于约20%,或小于约15%。在一些实施方案中,在可见光波长范围内的平均光学反射率 R_{avg0} 为至少约1%,或至少约3%,或至少约5%,或至少约8%。在一些情况下,在红外波长范围内的平均光学反射率 R_{avg1} 大于约65%,或大于约70%,或大于约75%,或大于约80%,或大于约85%。例如,在红外波长范围内的平均光学反射率 R_{avg1} 可以最高至约95%。在一些实施方案中,对于基本上垂直入射的光180'并且对于两个相互正交的偏振态(例如,131和132)中的每个偏振态,多层光学膜100、100'在从约850nm延伸至约1300nm或从约850nm延伸至约1400nm的红外波长范围内具有大于约60%的平均光学反射率。在此类红外波长范围内的平均光学反射率可以在对于在从约850nm延伸至约1200nm的红外波长范围内的平均光学反射率所描述的任何范围内。

[0053] 在一些实施方案中,多层光学膜100、100'包括分散在多层光学膜的至少一个层中的光学吸收性材料。分散在层中的光学吸收性材料是指与不具有光学吸收性材料的层相比显著增加层的光学吸收的材料(例如,对于可见光波长范围内的至少一个波长,例如其中可见光波长范围可以为约400nm至约700nm、或约420nm至约680nm、或约450nm至约650nm,使层的消光系数增加至少约2倍,或在一些情况下,至少约5倍或至少约10倍)。在一些实施方案中,第一表层121和第二表层122中的至少一者包含光学吸收性材料(例如,对于可见光波长范围内的至少一个波长, k_{s1} 和 k_{s2} 中的至少一者可以大于约 2×10^{-5} ,或者在本文别处描述的针对包含光学吸收性材料的层的范围内)。在一些实施方案中,多层光学膜100、100'包含光学吸收性材料,其中光学吸收性材料的至少一部分分散在第一层中(例如,对于可见光波长范围内的至少一个波长, k_1 可以大于约 2×10^{-5} 或者在本文别处描述的针对包含光学吸收性材料的层的范围中)或者在第二层中(例如,对于可见光波长范围内的至少一个波长, k_2 可以大于约 2×10^{-5} 或者在本文别处描述的针对包含光学吸收性材料的层的范围中)。在一些实施方案中,多层光学膜100、100'包含光学吸收性材料,该光学吸收性材料包括分散在第一表层121和第二表层122中的至少一者中的第一光学吸收性材料(例如,对于可见光波长范围内的至少一个波长, k_{s1} 和 k_{s2} 中的至少一者可以大于约 2×10^{-5} 或者在本文别处描述的针对包含光学吸收性材料的层的范围内)以及分散在聚合物的第一层111中的每个第一层(例如,对于可见光波长范围内的至少一个波长, k_1 可大于约 2×10^{-5} 或者在本文别处描述的针对包含光学吸收性材料的层的范围内)或分散在聚合物的第二层112中的每个第二层中的第二光学吸收性材料(例如,对于可见光波长范围内的至少一个波长, k_2 可大于约 2×10^{-5} 或者在本文别处描述的针对包含光学吸收性材料的层的范围内),并且其中第一光学吸收性材料和第二光学吸收性材料具有不同的成分。第一光学吸收性材料和第二光学吸收性材料通常具有不同的光学吸收光谱。如本文所用,“不同的光学吸收光谱”意指光谱具有不同的波长相关性并且不仅仅在总吸收比例上不同(例如,同一染料的不同浓度将不导致不同的光学吸收光谱)。在一些实施方案中,光学吸收性材料还包括分散在第一粘合剂层141

和第二粘合剂层142中的至少一者中的第三光学吸收性材料(例如,对于可见光波长范围内的至少一个波长,ks1和ks2中的至少一者可以大于约 2×10^{-5} 或者在本文别处描述的针对包含光学吸收性材料的层的范围内),其中第一光学吸收性材料、第二光学吸收性材料和第三光学吸收性材料具有彼此不同的成分。第一光学吸收性材料、第二光学吸收性材料和第三光学吸收性材料通常具有彼此不同的光学吸收光谱。在不同层中利用不同的光学吸收性材料允许使用更宽范围的染料和/或颜料(例如,不同层中的不同染料或颜料不必彼此相容)。

[0054] 可使用标准光学建模技术来计算多层光学膜的作为波长函数的光学反射率和透射率。此类技术允许测定反射光和透射光的波长分布,这允许计算CIE a^* 、 b^* 比色参数。

[0055] 图6A是在具有0.5的f比率并且不包含光学吸收性材料的示例性光学膜上的基本上垂直入射的光的计算反射率和透射率的曲线图。光学膜基本上是双轴取向的,并且透射率和反射率在正交偏振态上平均。该膜包括设置在外PET表层之间的总共650层交替的PET和coPMMA光学层,并且具有0.5的f比率。PET表层为2微米厚。图6B是根据一些实施方案的多层光学膜上的基本上垂直入射的光的计算反射率和透射率的曲线图,该多层光学膜对应于图6A的光学膜,不同的是PET光学层被建模为加载有蓝色染料(分散蓝60),PET表层被建模为加载有黄色颜料(颜料黄147,也称为PY147),并且着色(红色)粘合剂(PVB)层(可得自库拉雷美国(Kuraray America)的TROSIFOL Red PVB)被包括在该模型中。PET光学层和表层具有图8所示的蓝色和黄色PET层的消光系数。基本上垂直入射的光入射在TROSIFOL Red PVB上。图6B的光学膜在450nm至650nm的波长范围内的平均透射率和反射率分别为2.36%和6.29%。图6B的光学膜在850nm至1300nm的波长范围内的平均透射率和反射率分别为3.01%和88.91%。

[0056] 图7A至图7C是根据一些实施方案的当入射角从0度以10度增量变化到70度时,针对入射照明体D65光的透射光或反射光的计算的 a^* 、 b^* 比色参数的CIE $L^*a^*b^*$ 色彩空间曲线图。图7A示出透射穿过图6A的光学膜的光的色彩空间曲线图471和透射穿过图6B的光学膜的光的色彩空间曲线图472。与色彩空间曲线图471相比,色彩空间曲线图472示出了随着入射角的显著减少的颜色和显著减少的颜色变化。图7B示出了从图6A的光学膜反射的光的色彩空间曲线图481和从图6B的光学膜反射的光的色彩空间曲线图482。图7C示出了与图7B相比放大比例的色彩空间曲线图482。与色彩空间曲线图481相比,色彩空间曲线图482示出了随着入射角的高度减少的颜色和高度减少的颜色变化。

[0057] 反射光和/或透射光的颜色随入射角变化的偏移可通过改变f比率而进一步减小。已经发现,对于从照明体D65入射在包括交替的PET层和coPMMA层的光学膜上的光,其中PET层具有例如0.675的f比率,对于0度入射角的透射光和反射光的每一者的 a^* 和 b^* 中的每一者与对于40度入射角的对应 a^* 和 b^* 相差小于1。

[0058] 图8是根据一些实施方案的着色PET层的示例性消光系数的曲线图,其中每个着色PET层包括分散在PET中的蓝色染料(分散蓝60)、红色染料(分散红60)或黄色颜料(PY147)。对于其他染料或颜料和/或对于其他聚合物层可作出类似的曲线图。图8的消光系数可以是沿着两个正交平面内方向中的每个方向的消光系数(例如,层的沿着x方向和y方向的消光系数可以近似相同并且可以如图8中所示)。选择染料或颜料浓度以产生所示的消光系数。结合有染料或颜料的其他层的特征在于染料或颜料相对于实现图8的消光系数所需的浓度的浓度。图9A至图9B是包括设置在两个玻璃层(每个2.1mm厚)之间并用PVB层(每个0.38mm

厚) 粘结到玻璃层的多层光学膜的玻璃层压体的计算透射率和计算反射率的曲线图。多层光学膜包括总计数量为425个并且设置在25微米厚的PET表层之间的交替的PET和coPMMA光学层。PET光学层的f比率为0.625。PET表层被建模为加载有图8的蓝色染料、红色染料和黄色染料,其浓度分别为图8的相应着色PET层中浓度的0.117、0.067和0.05倍。Tp0和Ts0分别是沿第一平面内方向(例如,x方向)和沿正交的第二平面内方向(例如,y方向)偏振的光在垂直入射时的透射率。类似地,Rp0和Rs0分别是沿第一平面内方向和沿第二平面内方向偏振的光在垂直入射时的反射率。Tp60和Ts60分别是在平行于第一方向的入射平面中以60度入射角入射在玻璃层压体上的光在p偏振态和s偏振态下的透射率。类似地,Rp60和Rs60分别是在平行于第一方向的入射平面中以60度入射角入射在玻璃层压体上的光在p偏振态和s偏振态下的反射率。在450nm至650nm的波长范围内Tp0、Ts0、Rp0和Rs0的平均值分别为0.84%、0.63%、5.77%和5.82%。在850nm至1200nm的波长范围内Tp0、Ts0、Rp0和Rs0的平均值分别为10.15%、5.36%、67.58%和72.51%。

[0059] 图10A至图10B是对于从照明体D65以一入射角入射在玻璃层压体上的光,随着入射角从0度以2.5度增量变化到85度时分别来自图9A至图9B的玻璃层压体的透射光和反射光的计算a*、b*比色参数的CIE L*a*b*色彩空间曲线图。

[0060] 图11是根据一些实施方案的染色的PET层的示例性消光系数的曲线图,其中每个染色的PET层包括分散在PET中的蓝色(来自Mitsui Fine Chemicals的PD-325H)、红色(来自Mitsui Fine Chemicals的PD-104)、黄色(来自Mitsui Fine Chemicals的PD-335H)或青色(来自Mitsui Fine Chemicals的PD-318H)染料。对于其他染料或颜料和/或对于其他聚合物层可作出类似的曲线图。图11的消光系数可以是沿着两个正交平面内方向中的每个方向的消光系数(例如,层的沿着x方向和y方向的消光系数可以近似相同并且可以如图11中所示)。图12A至图12B是包括设置在两个玻璃层(每个2.1mm厚)之间并用PVB层(每个0.38mm厚)粘结到玻璃层的多层光学膜的玻璃层压体的透射率和反射率的曲线图。多层光学膜包括总计数量为425个并且设置在25微米厚的PET表层之间的交替的PET和coPMMA光学层。PET光学层的f比率为0.625。PET表层中的每个表层被建模为加载有图11的蓝色、红色、黄色和青色染料,其浓度分别为图11的相应染色的PET层中浓度的0.9、0.85、0.3和0.75倍。Tp0、Ts0、Tp0和Tp60如本文别处所述。在450nm至650nm的波长范围内Tp0、Ts0、Rp0和Rs0的平均值分别为4.77%、3.60%、10.50%和11.35%。在850nm至1200nm的波长范围内Tp0、Ts0、Rp0和Rs0的平均值分别为9.42%、4.97%、63.14%和67.74%。

[0061] 图13A至图13B是对于从照明体D65以一入射角入射在玻璃层压体上的光,随着入射角从0度以2.5度增量变化到85度时分别来自图12A至图12B的玻璃层压体的透射光和反射光的计算a*、b*比色参数的CIE L*a*b*色彩空间曲线图。

[0062] 图14A至图14B是多层光学膜的透射率和反射率的曲线图,该多层光学膜包括总计数量为425个并且设置在25微米厚的PET表层之间的交替的PET和coPMMA光学层。PET光学层的f比率为0.625。PET表层被建模为加载有图8的蓝色染料,其浓度为图8的蓝色染色的PET层中的浓度的0.117倍。Tp0、Ts0、Tp0和Tp60如本文别处所述。在450nm至650nm的波长范围内Tp0、Ts0、Rp0和Rs0的平均值分别为17.21%、13.05%、25.35%和28.90%。在850nm至1200nm的波长范围内Tp0、Ts0、Rp0和Rs0的平均值分别为10.19%、5.37%、67.77%和72.71%。

[0063] 图15A至图15B是对于从照明体D65以一入射角入射在玻璃层压体上的光,随着入射角从0度以2.5度增量变化到70度时分别来自图14A至图14B的玻璃层压体的透射光和反射光的 a^* 、 b^* 比色参数的CIE $L^*a^*b^*$ 色彩空间曲线图。

[0064] 诸如“约”的术语将在本领域普通技术人员在本说明书中使用和描述的上下文中理解。如果本领域普通技术人员在本说明书中使用和描述的上下文中对“约”应用于表达特征大小、数量和物理特性的量的使用不清楚,则“约”将被理解是指指定值的10%以内。给定为约指定值的量可精确地为指定值。例如,如果本领域普通技术人员在本说明书中使用和描述的上下文中对其不清楚,则具有约1的值的量是指该量具有介于0.9和1.1之间的值,并且该值可为1。

[0065] 上述所有引用的参考文献、专利和专利申请以一致的方式全文据此以引用方式并入本文。在并入的参考文献部分与本申请之间存在不一致或矛盾的情况下,应以前述说明中的信息为准。

[0066] 除非另外指出,否则针对附图中元件的描述应被理解为同样适用于其他附图中的对应元件。虽然本文已经例示并描述了具体实施方案,但本领域的普通技术人员将会知道,在不脱离本公开范围的情况下,可用多种另选的和/或等同形式的具体实施来代替所示出和所描述的具体实施方案。本申请旨在涵盖本文所讨论的具体实施方案的任何改型或变型或组合。因此,本公开旨在仅受权利要求及其等同形式的限制。

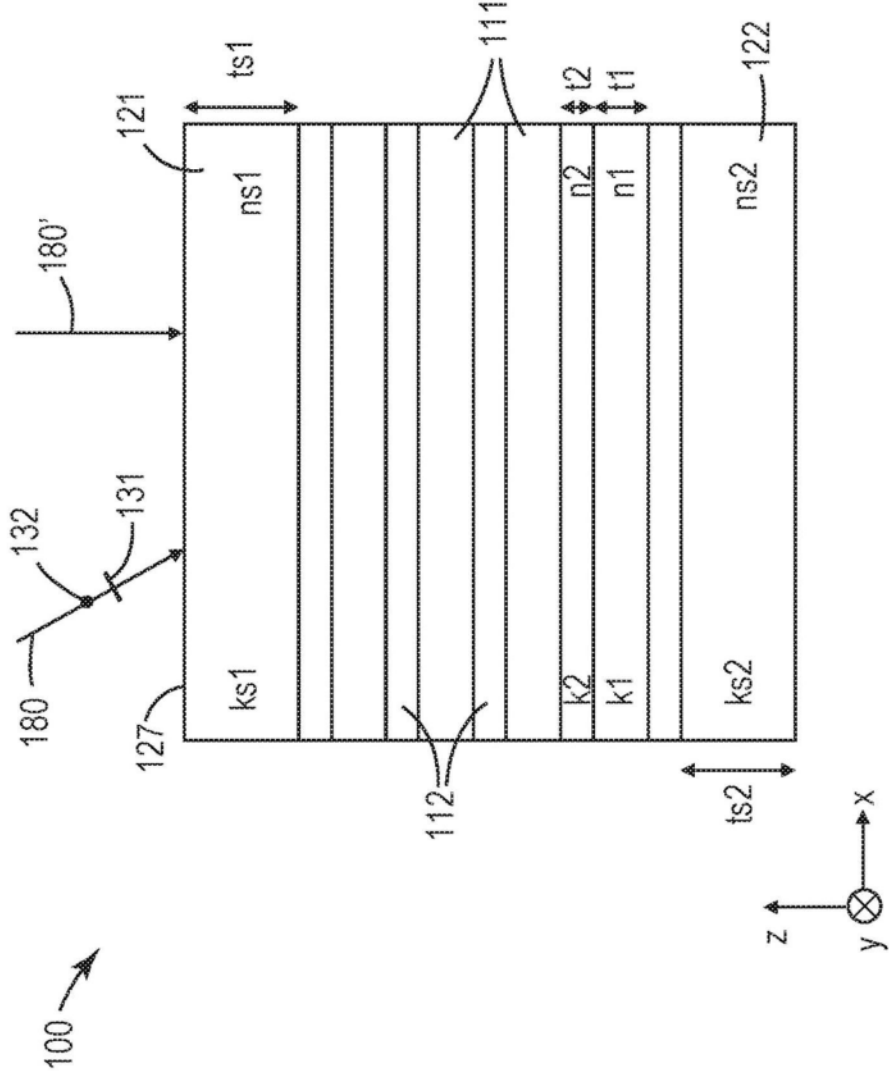


图1A

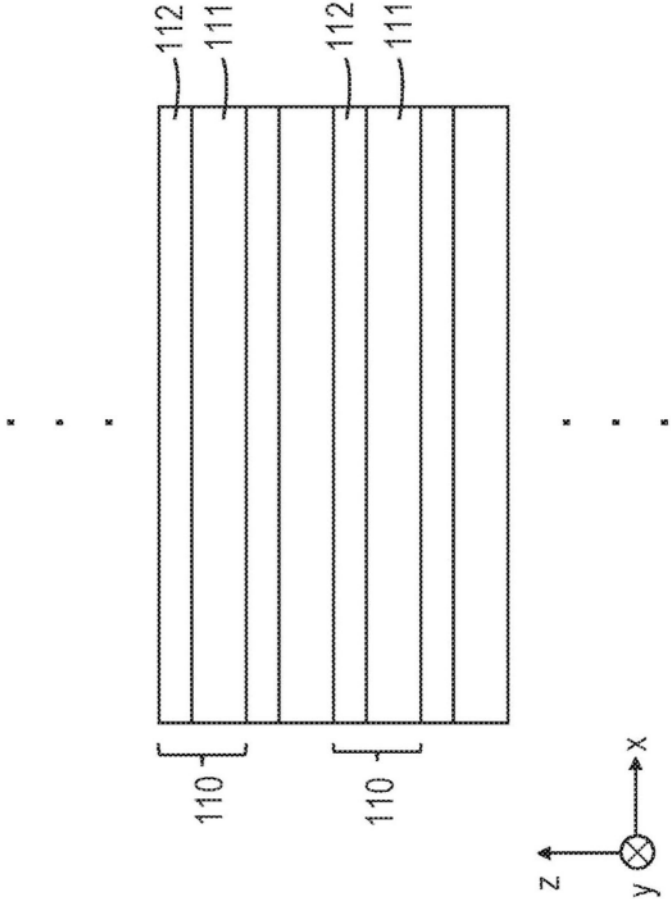


图1B

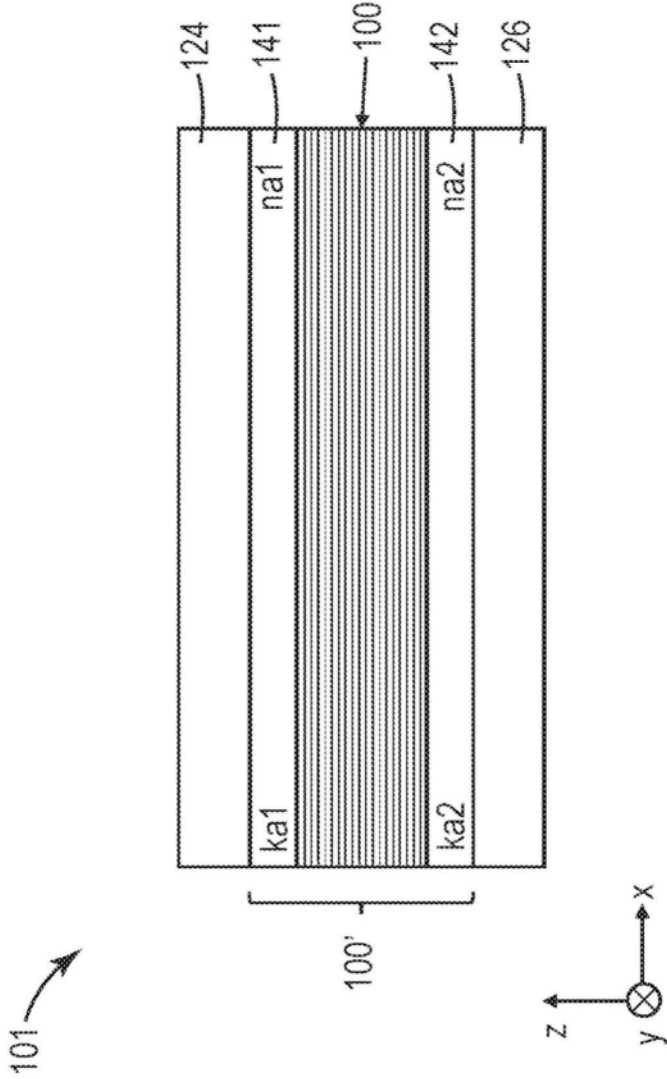


图2

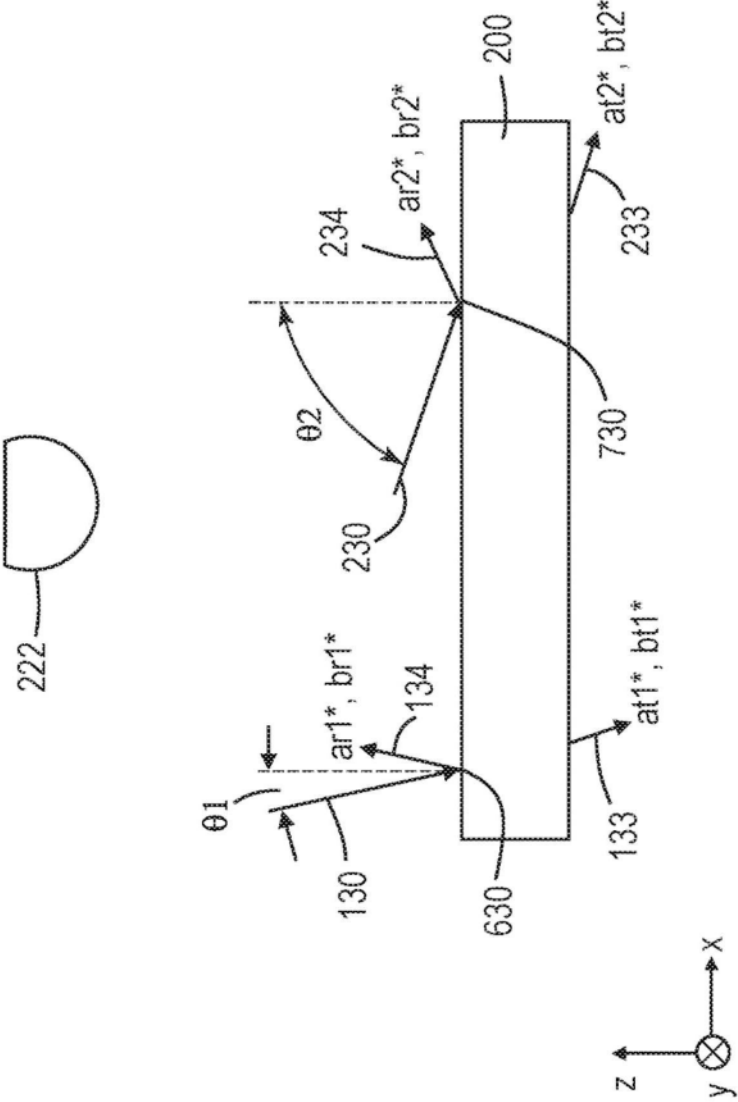


图3

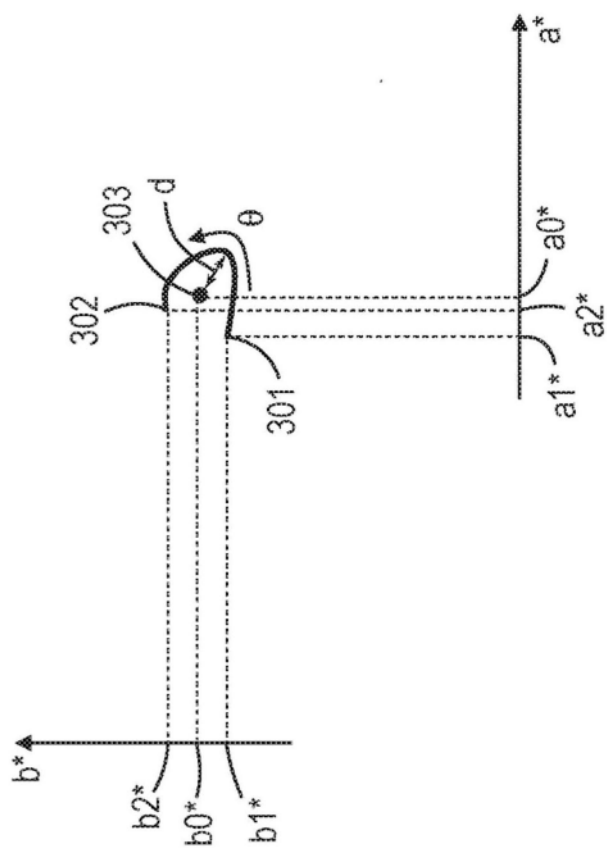


图4

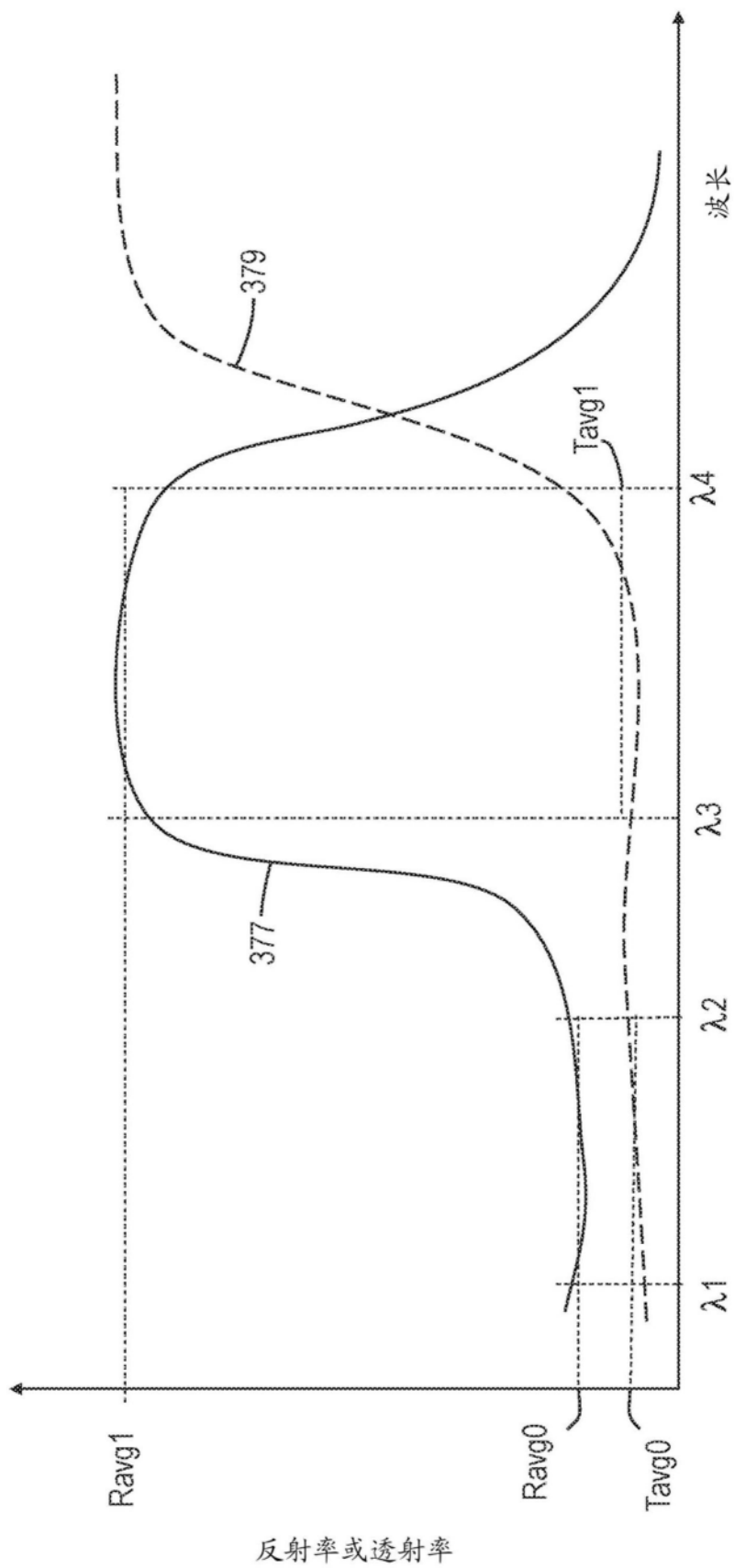


图5

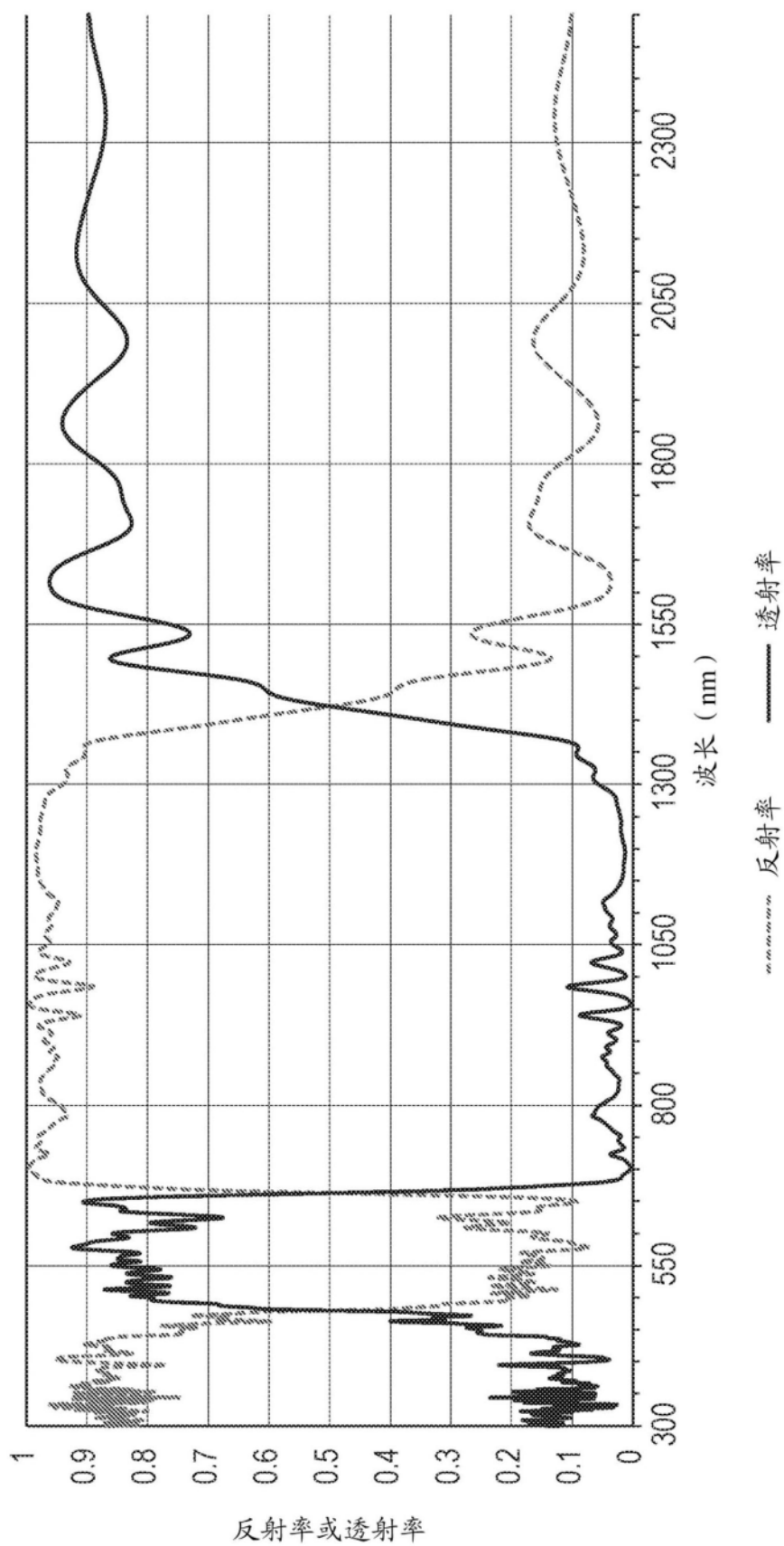


图6A

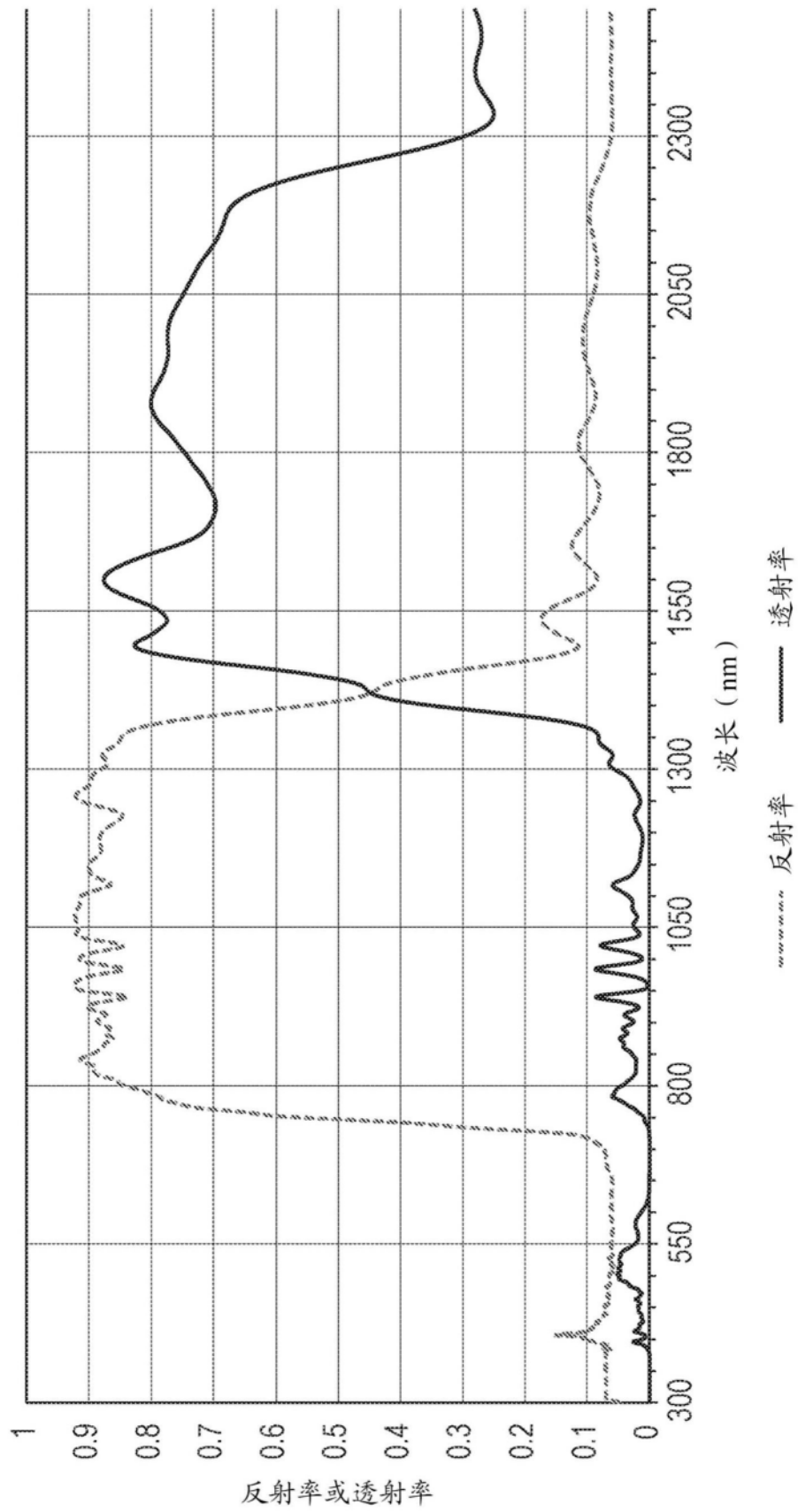


图6B

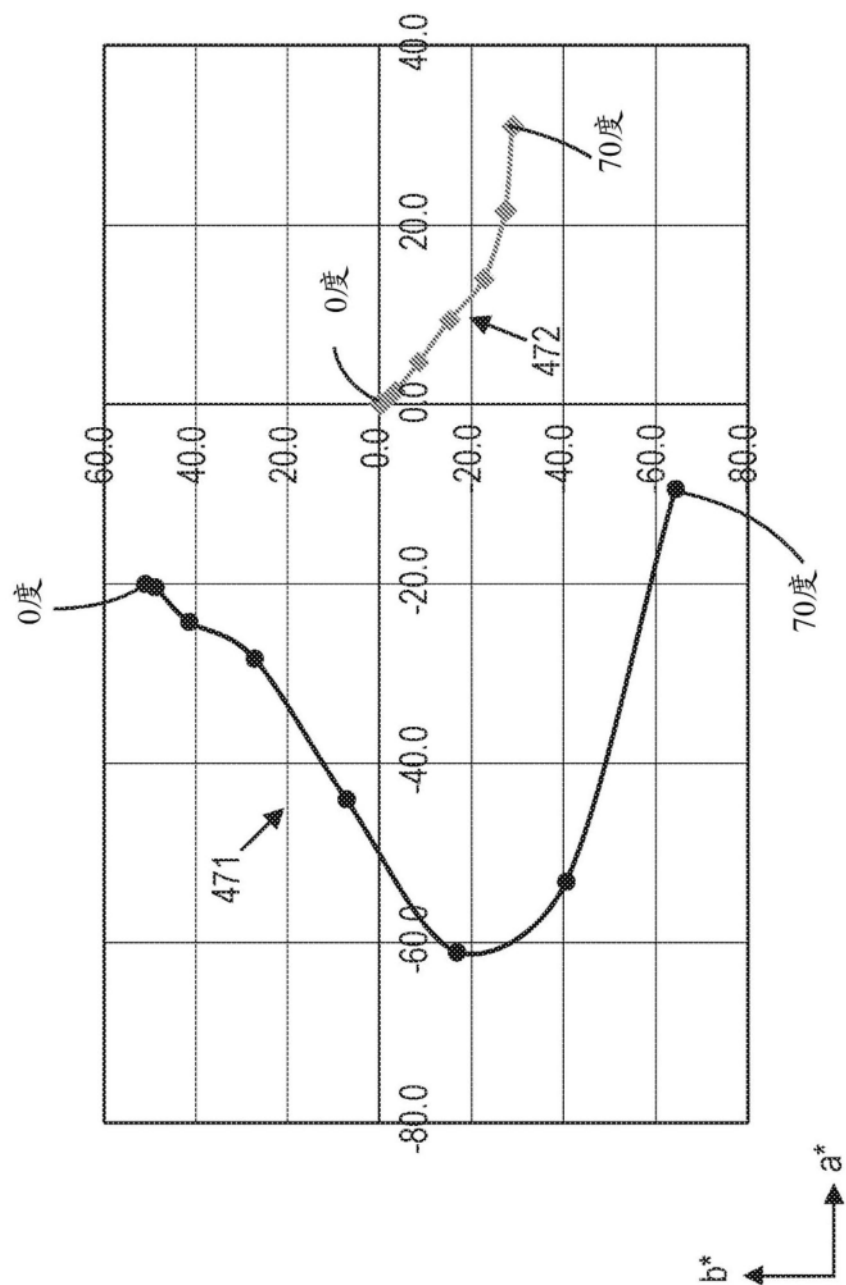


图7A

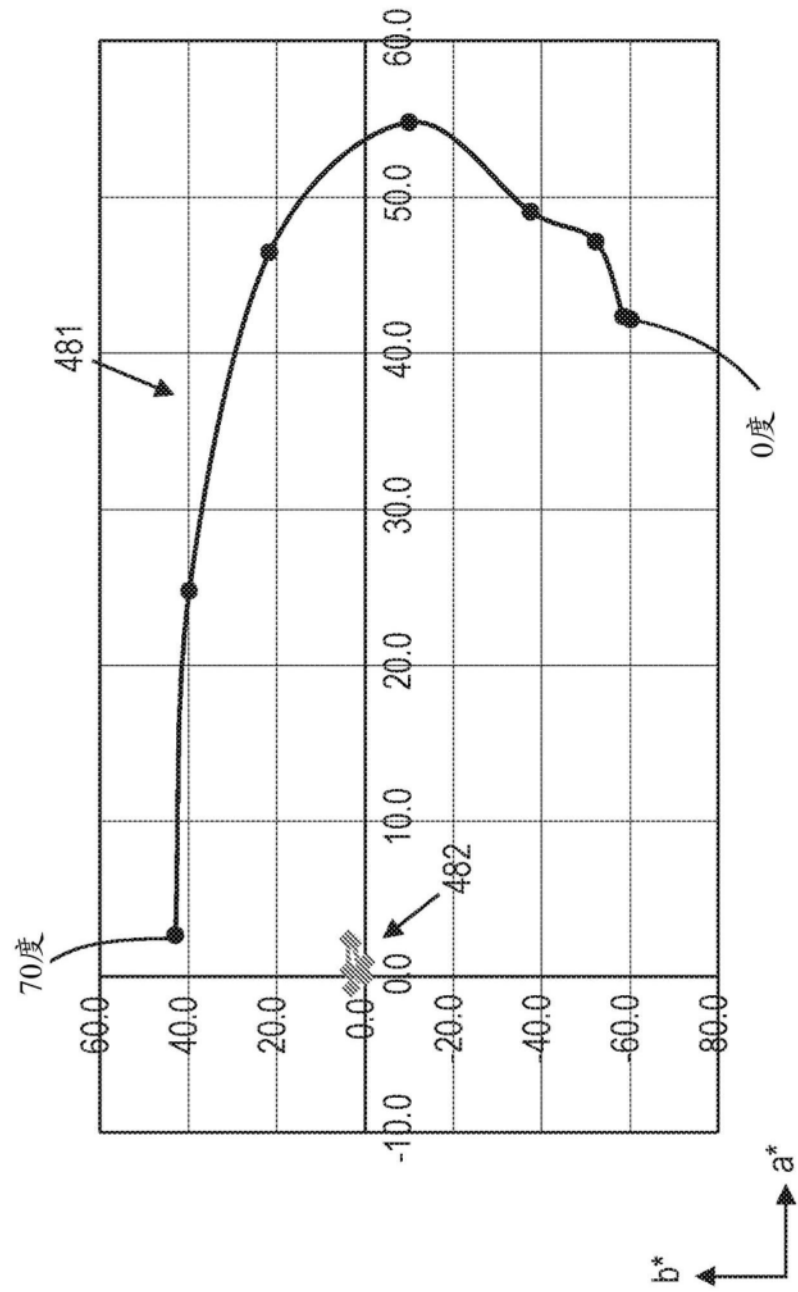


图7B

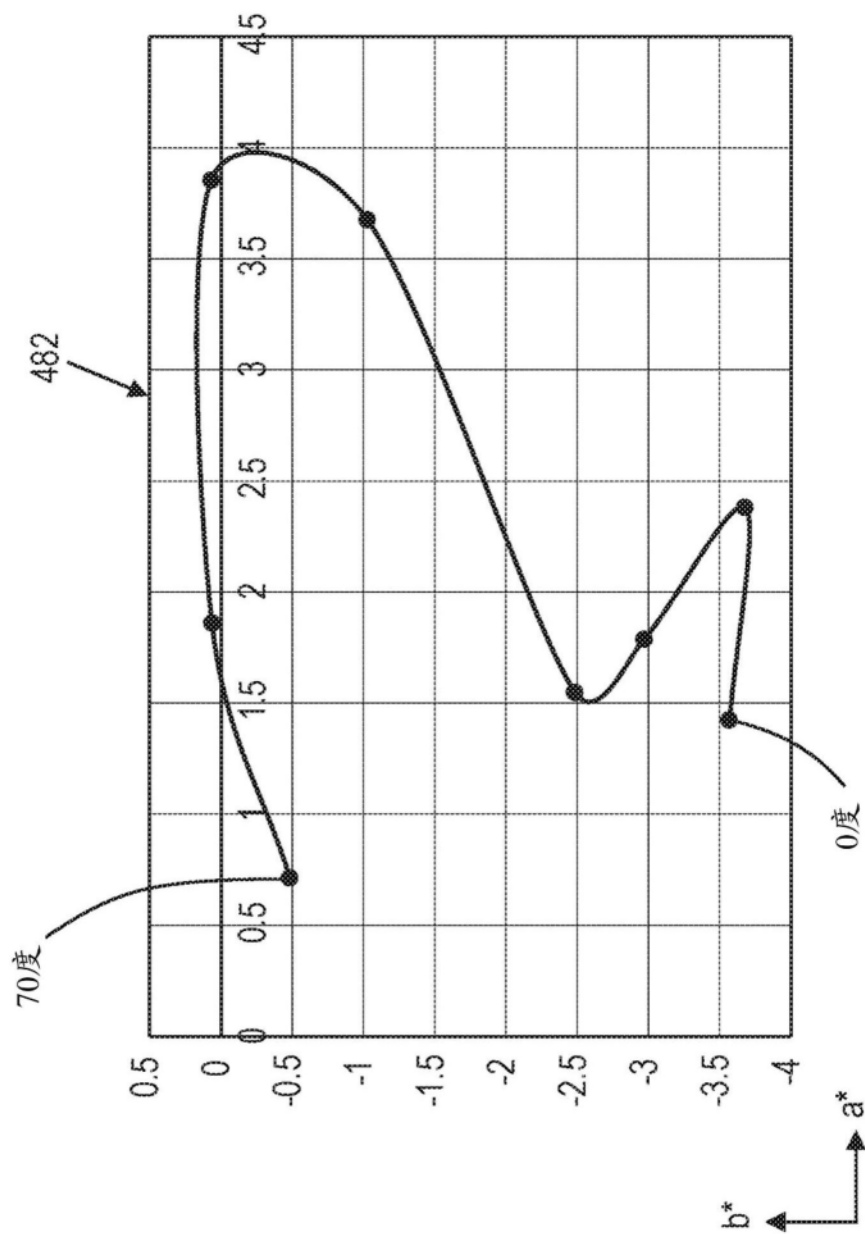


图7C

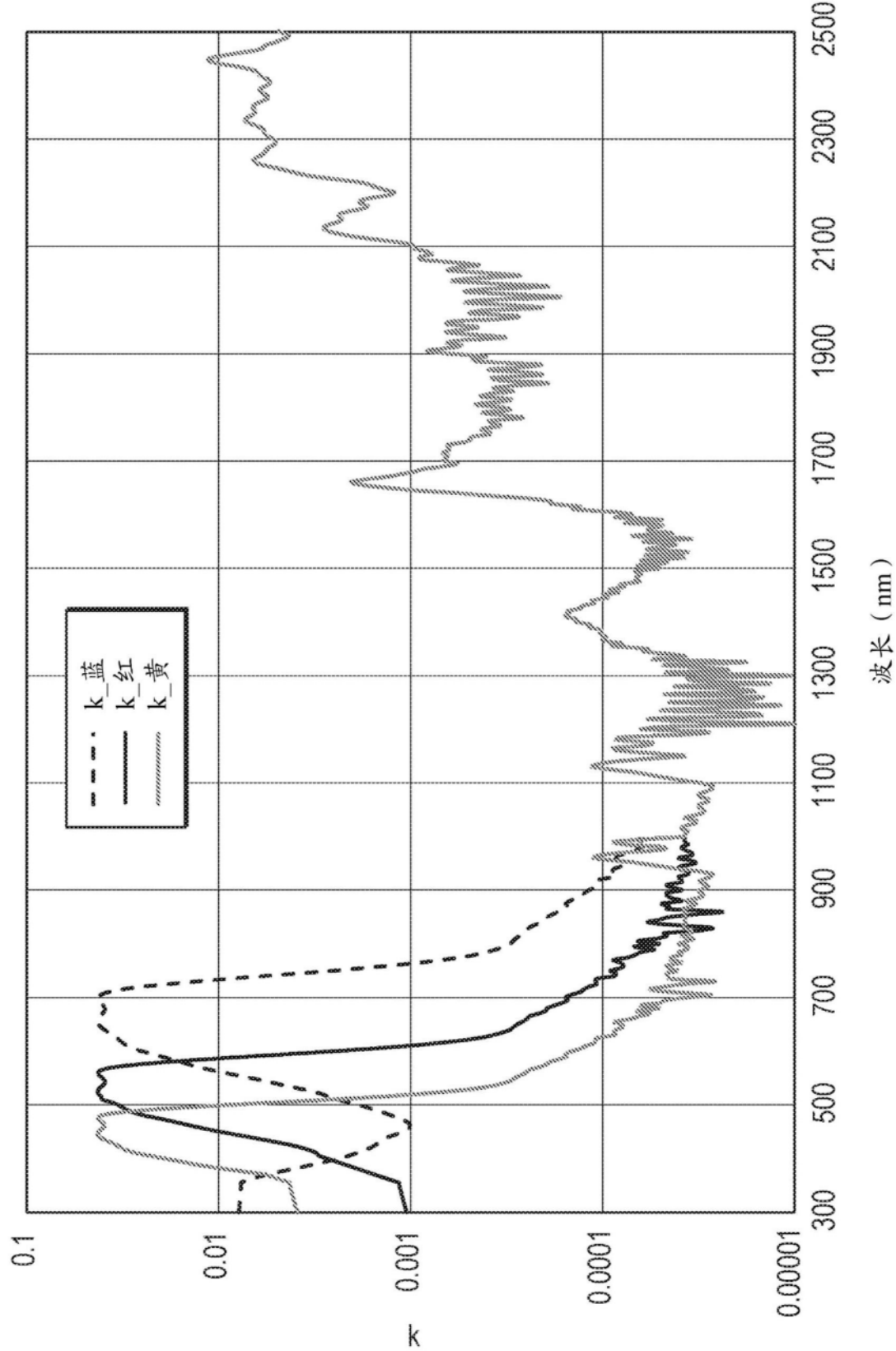


图8

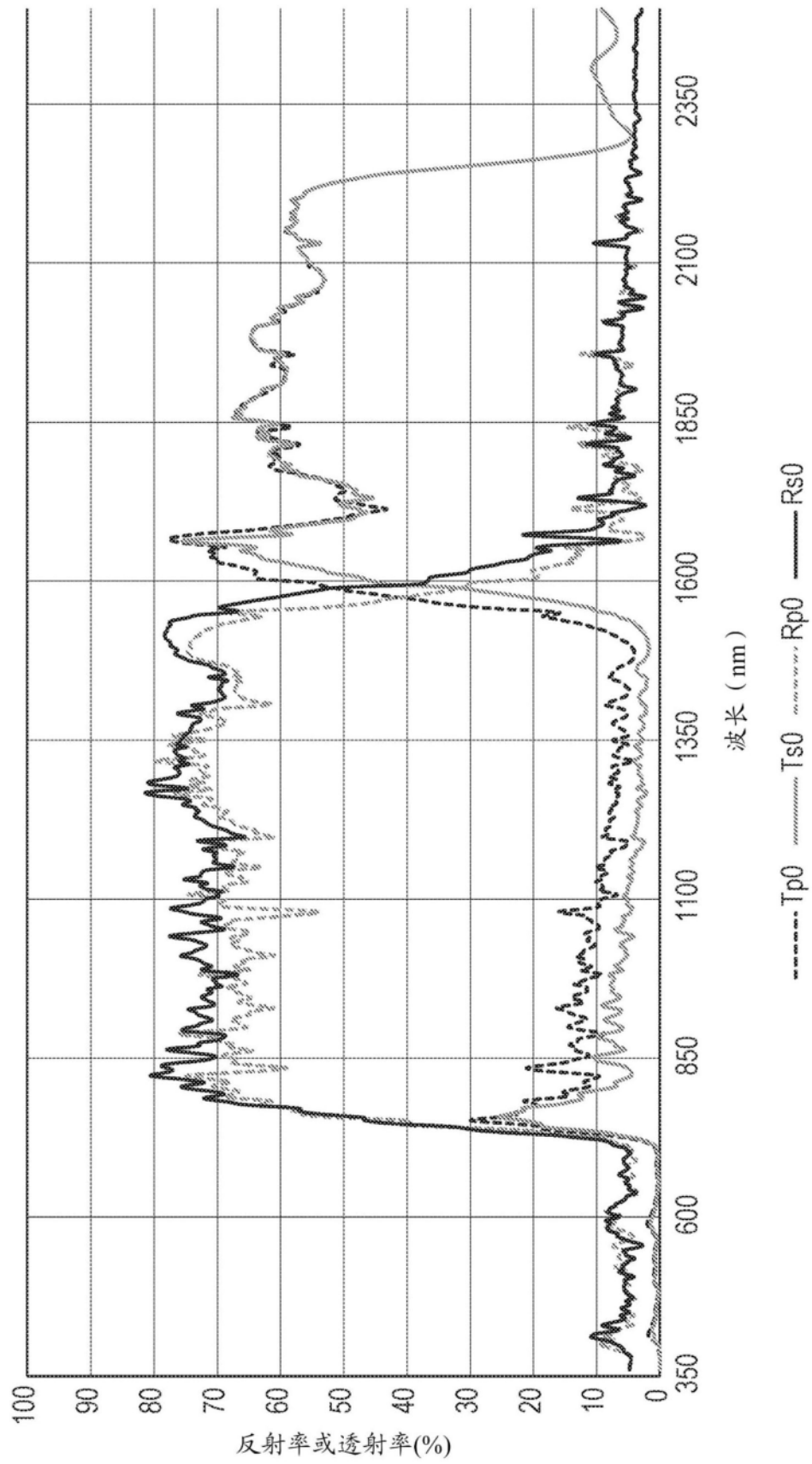


图9A

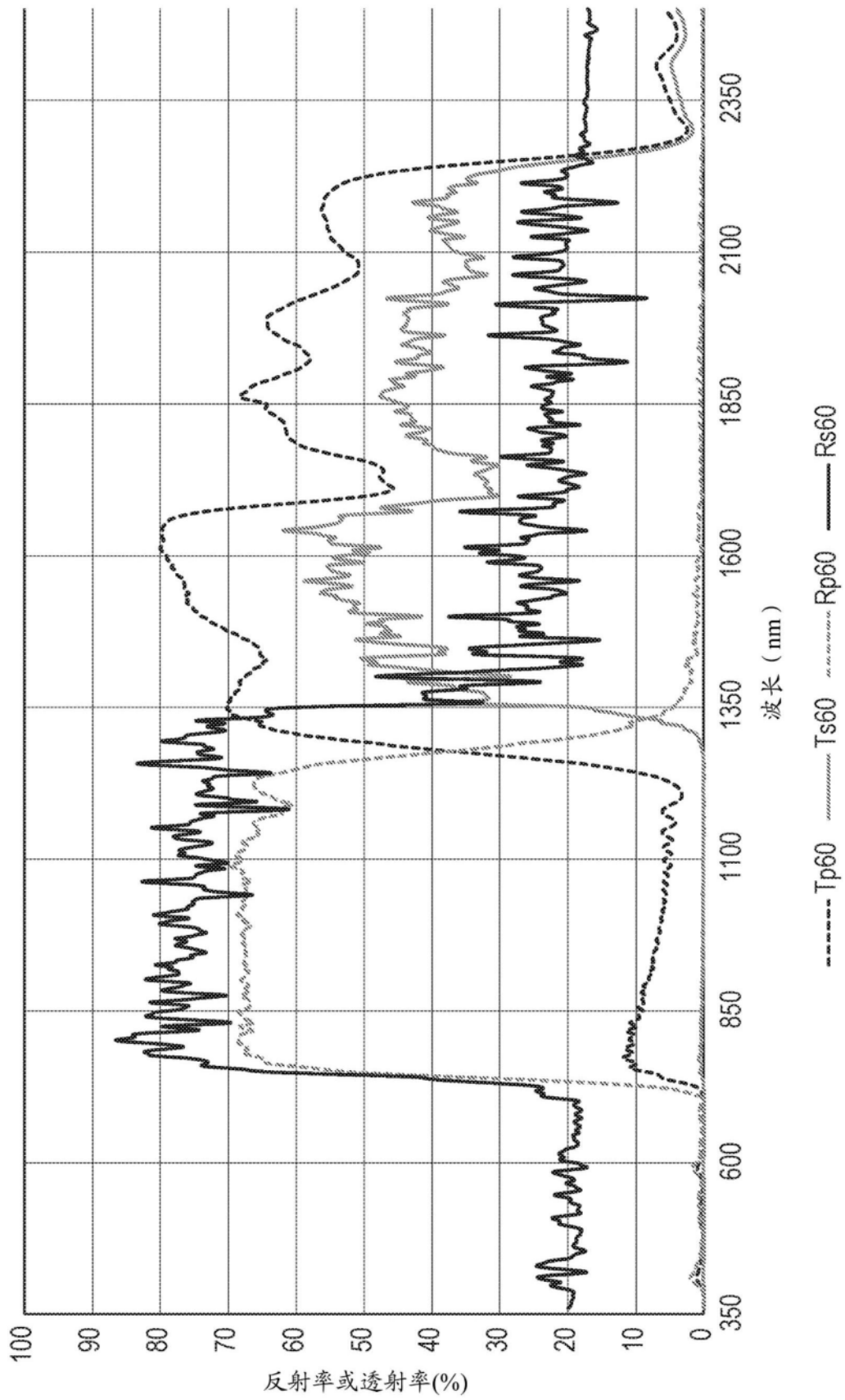


图9B

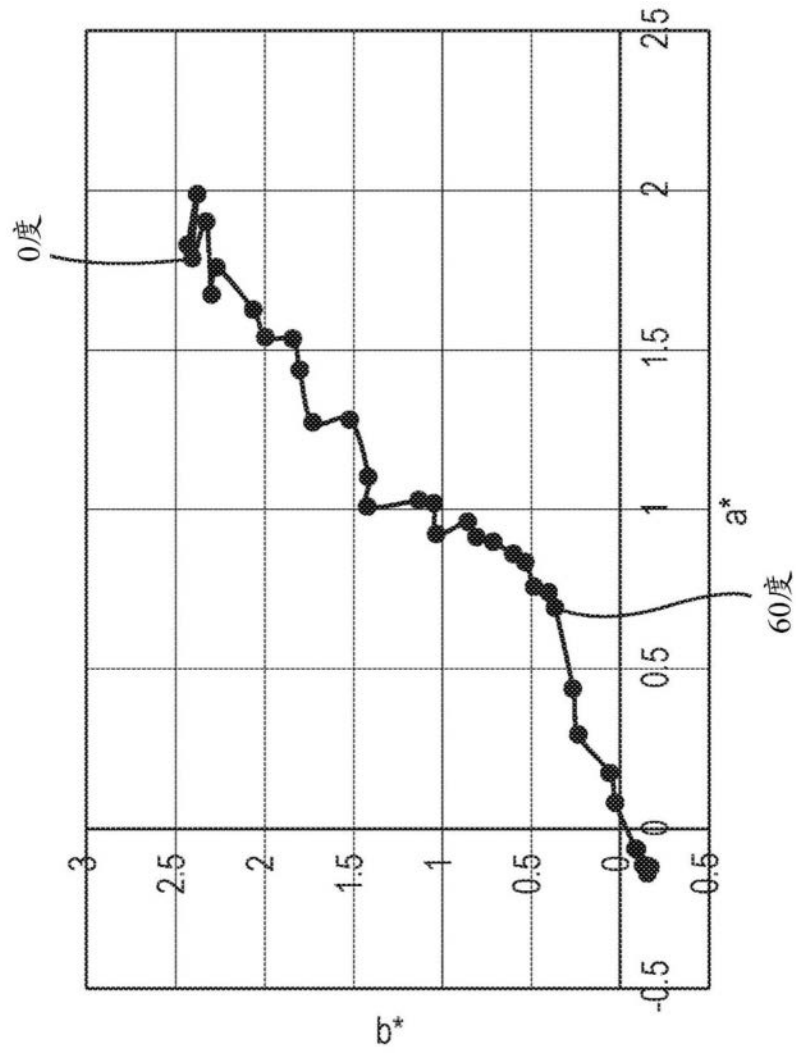


图10A

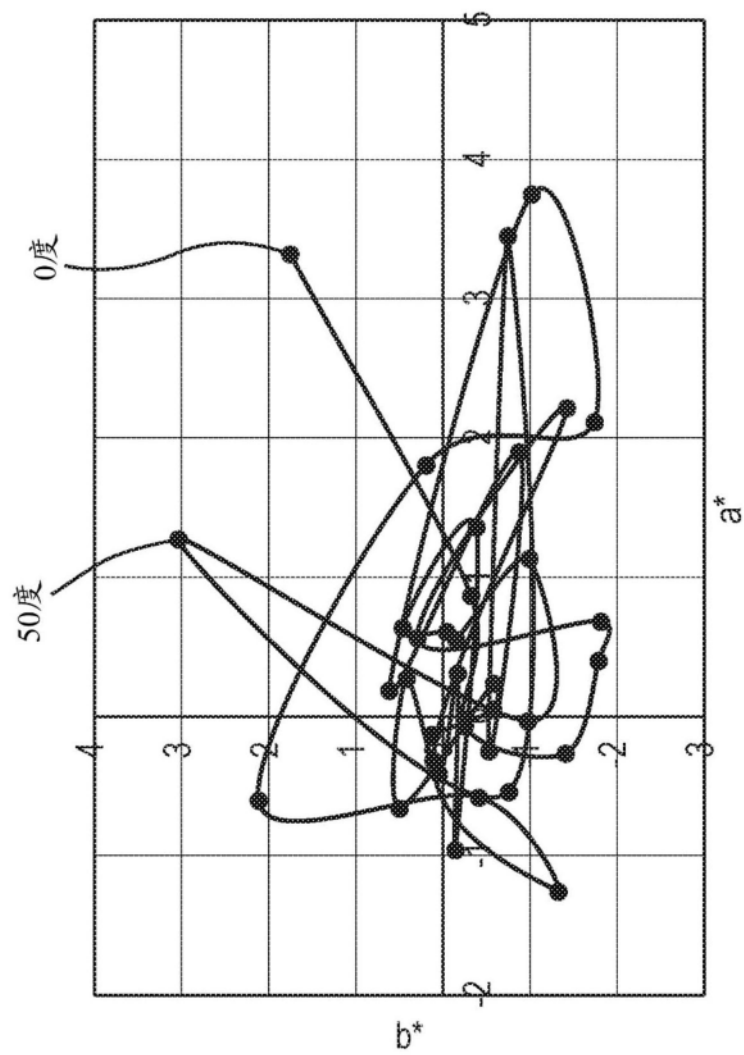


图10B

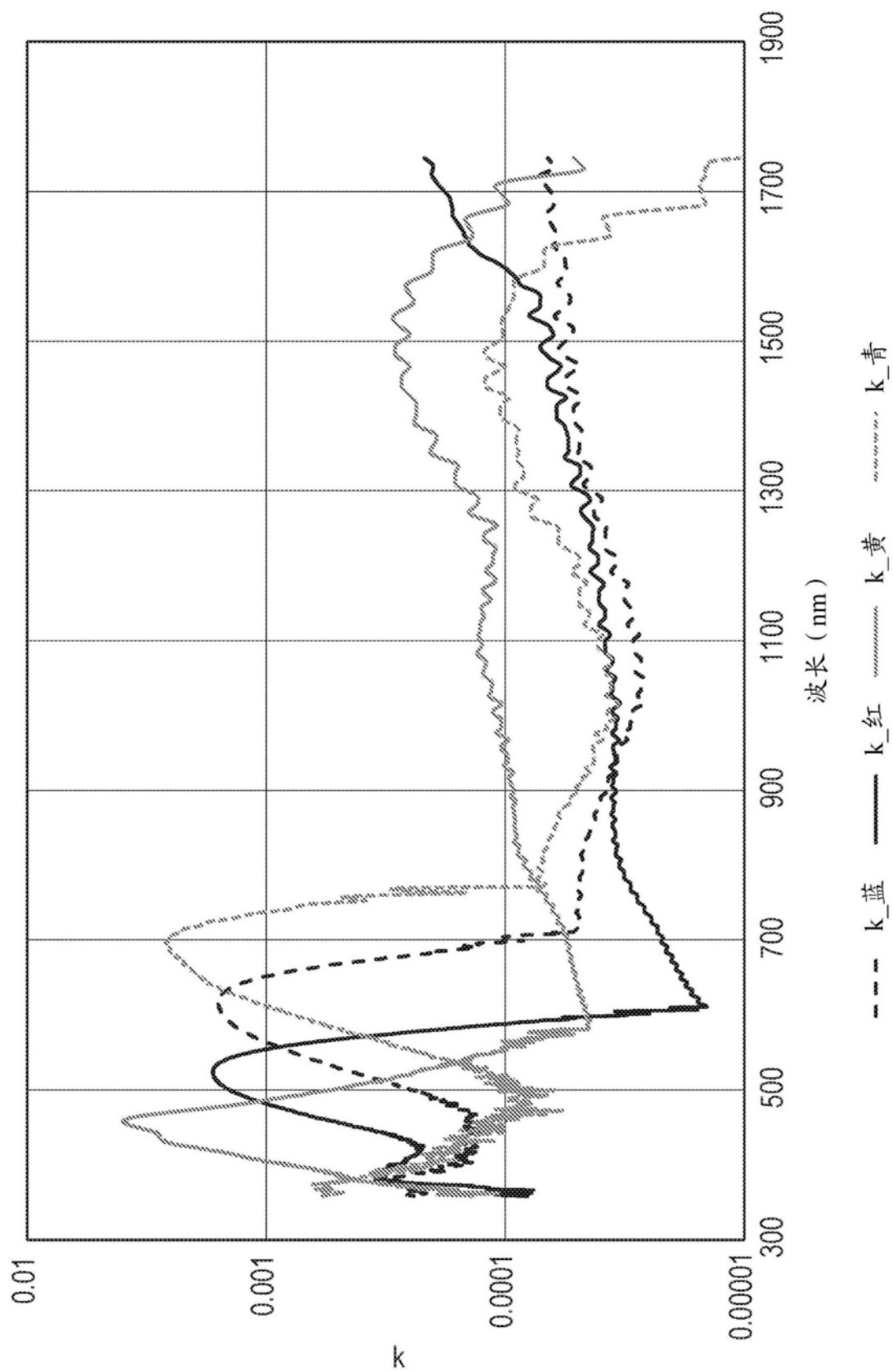


图11

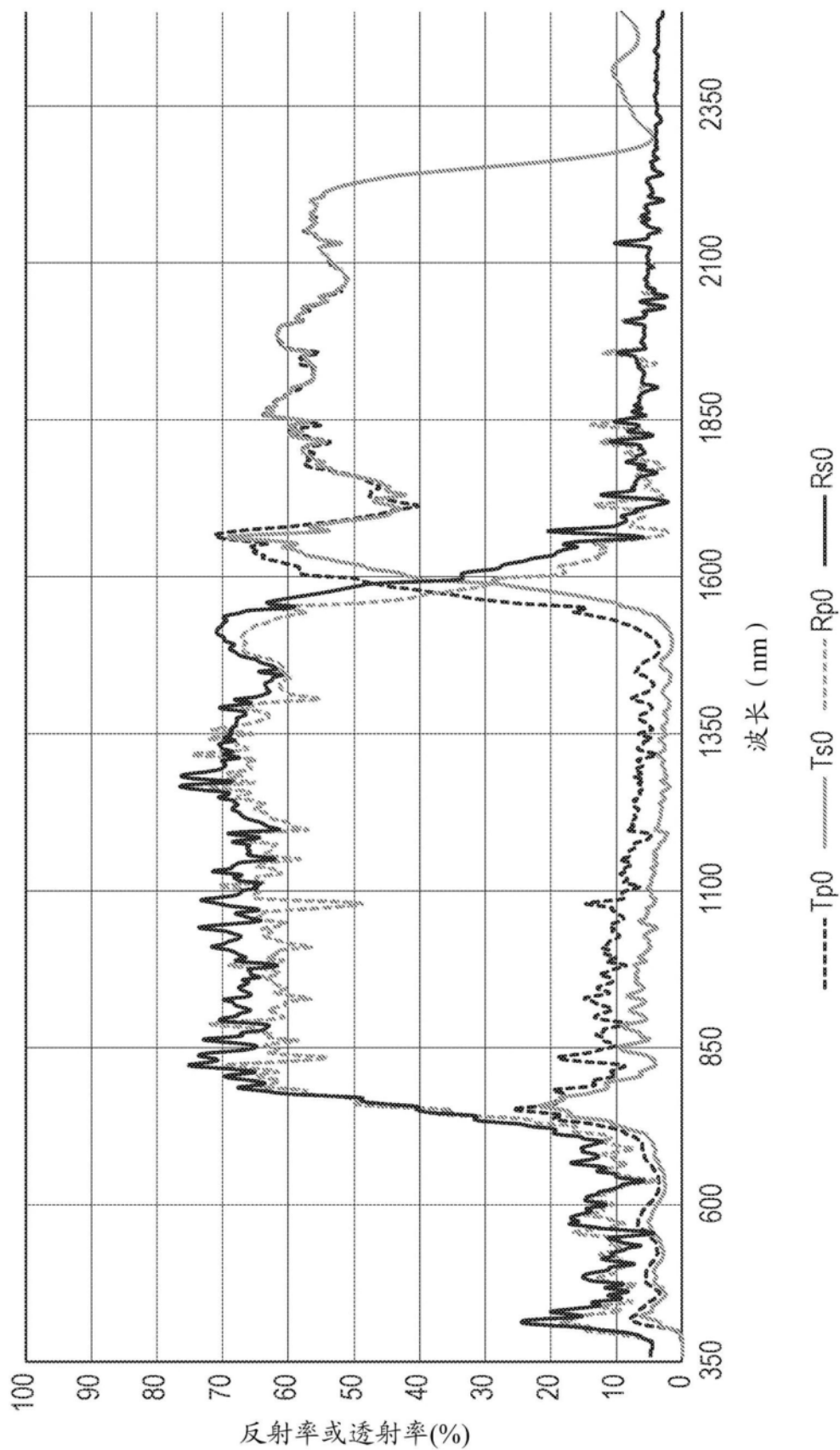


图12A

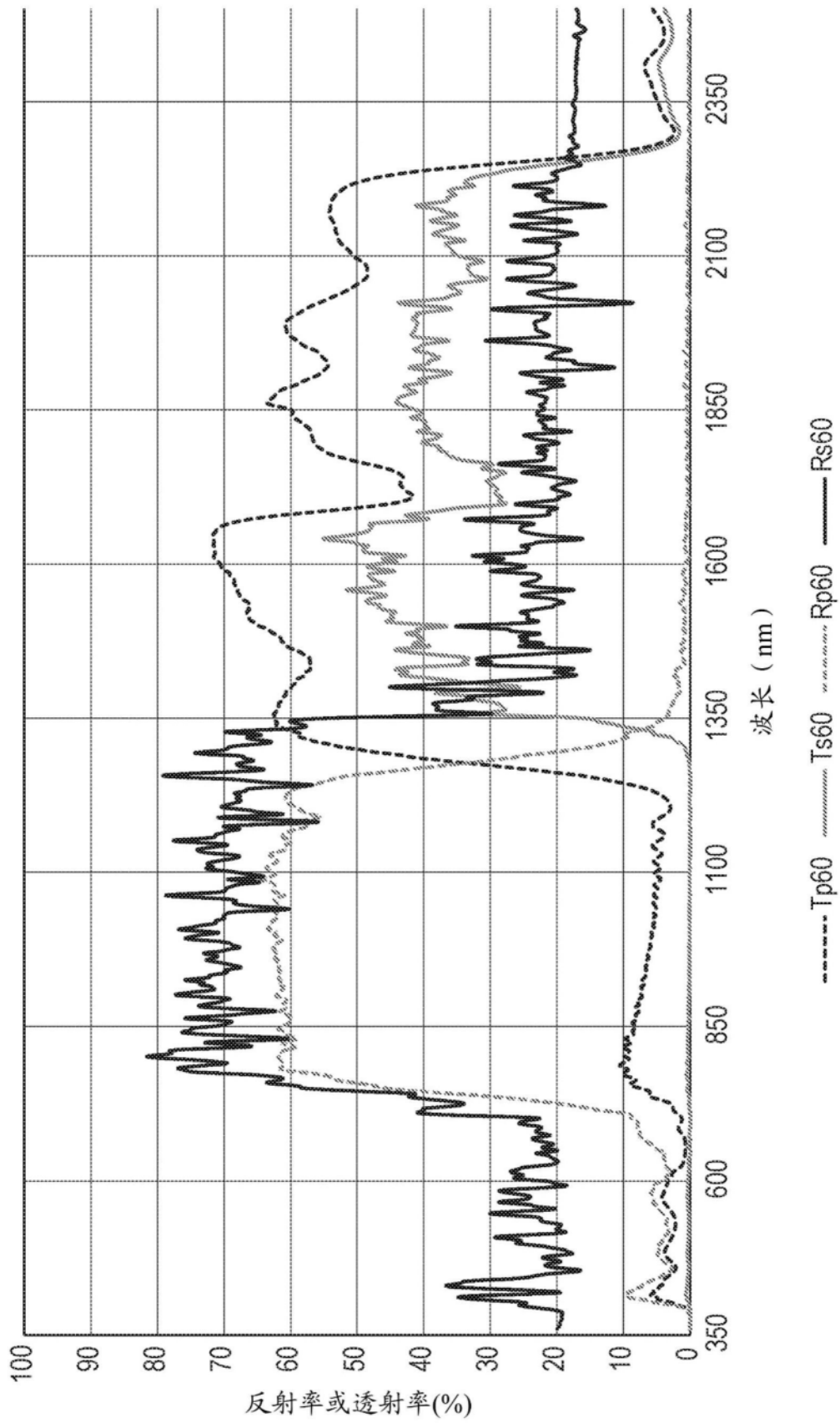


图12B

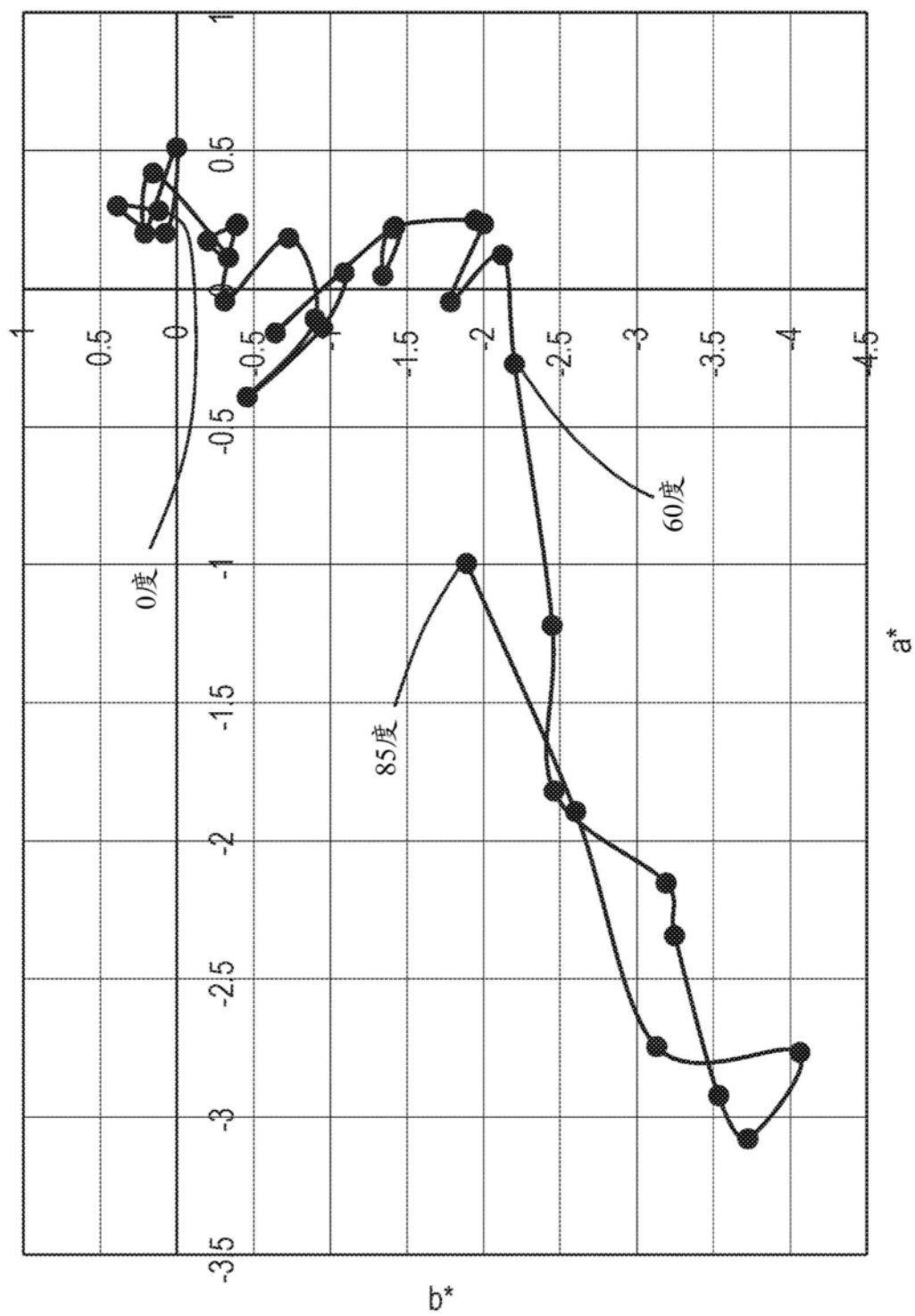


图13A

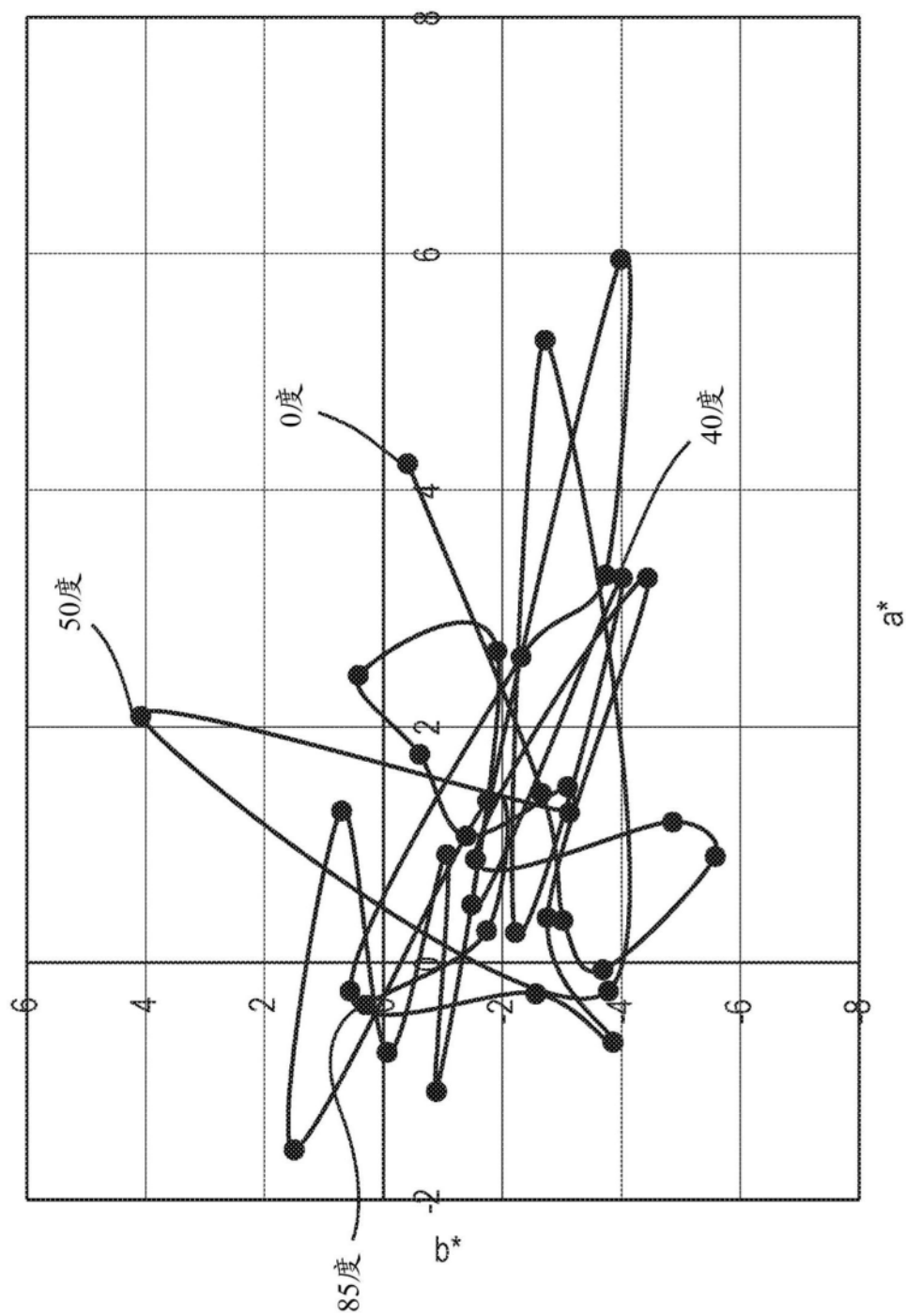


图13B

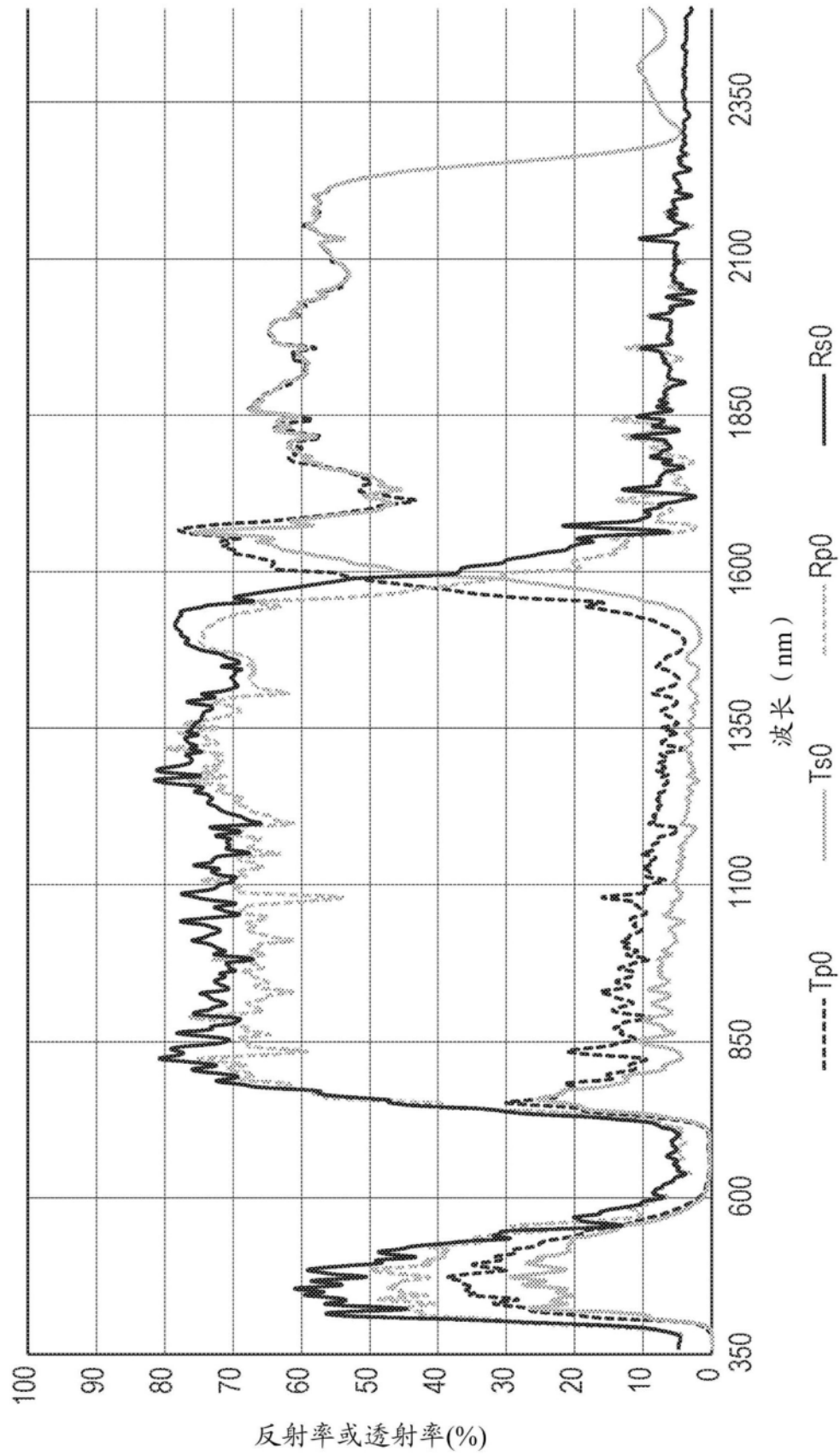


图14A

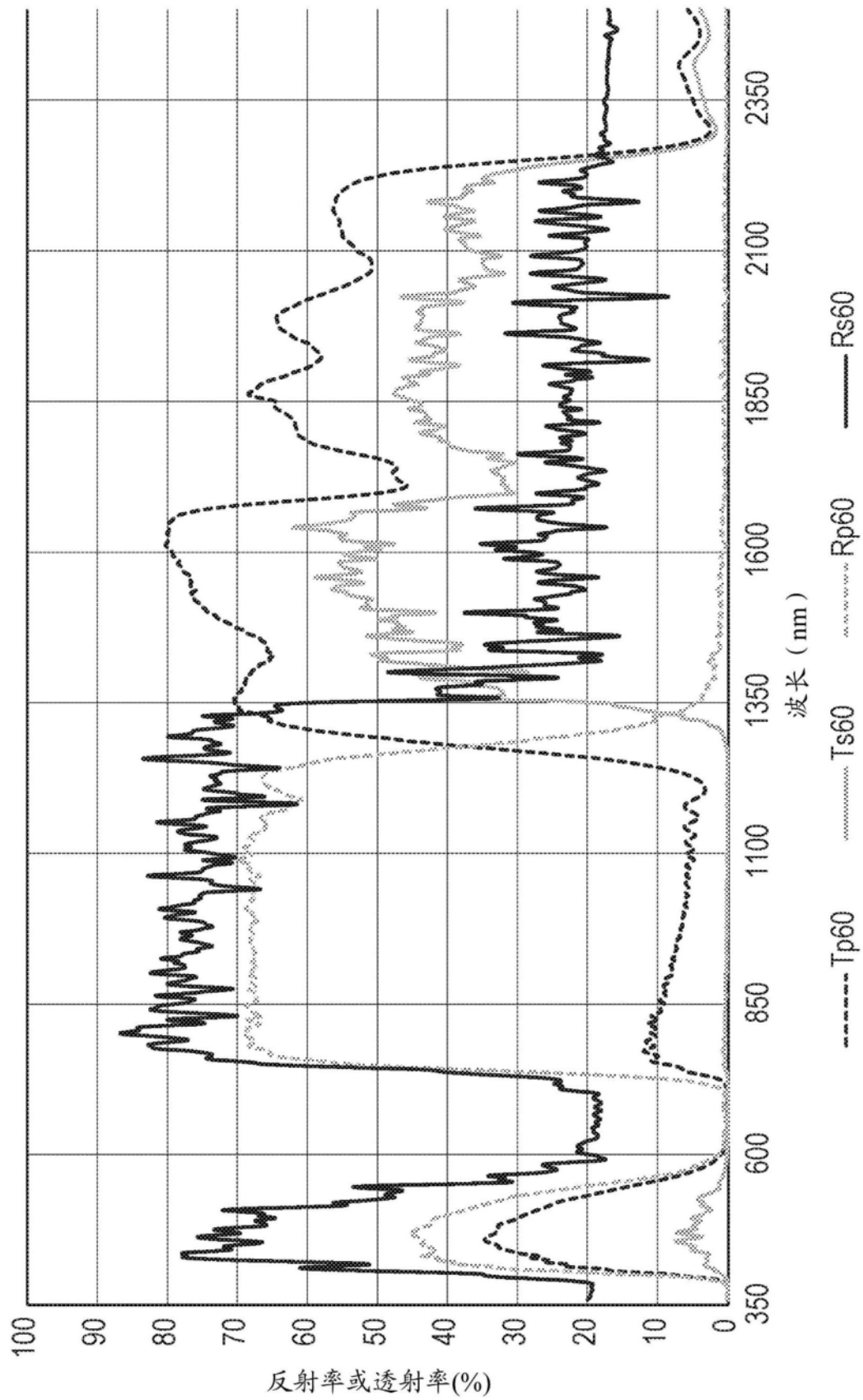


图14B

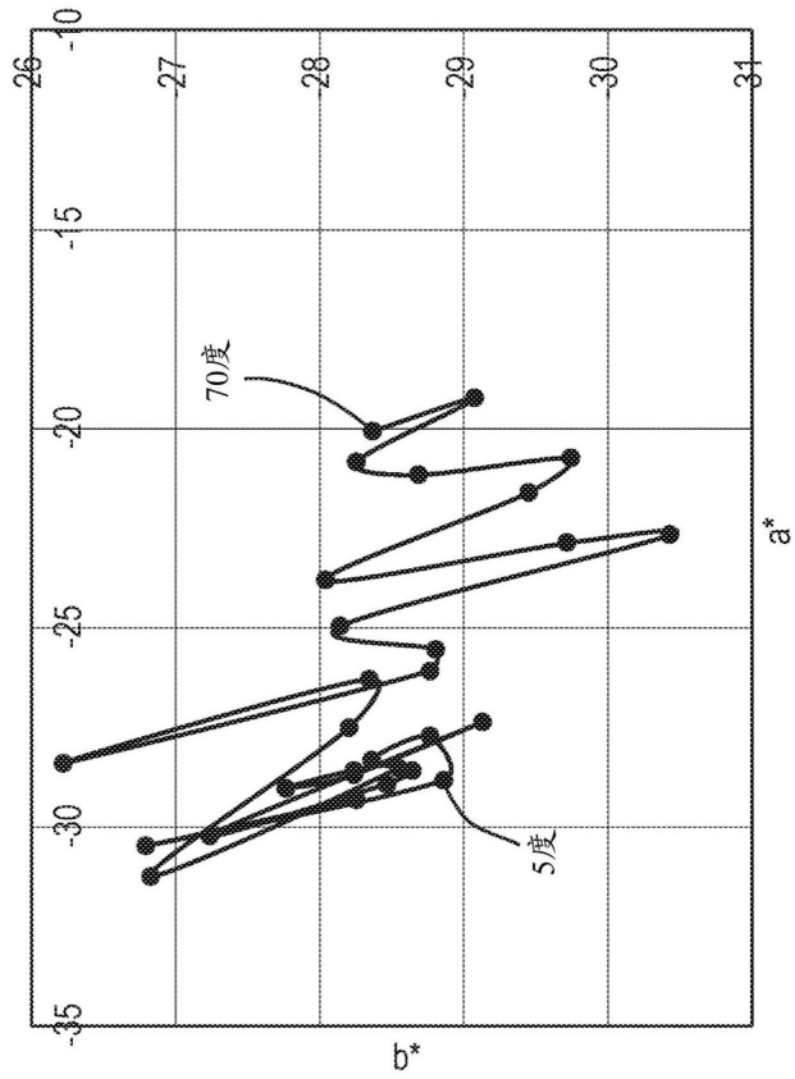


图15A

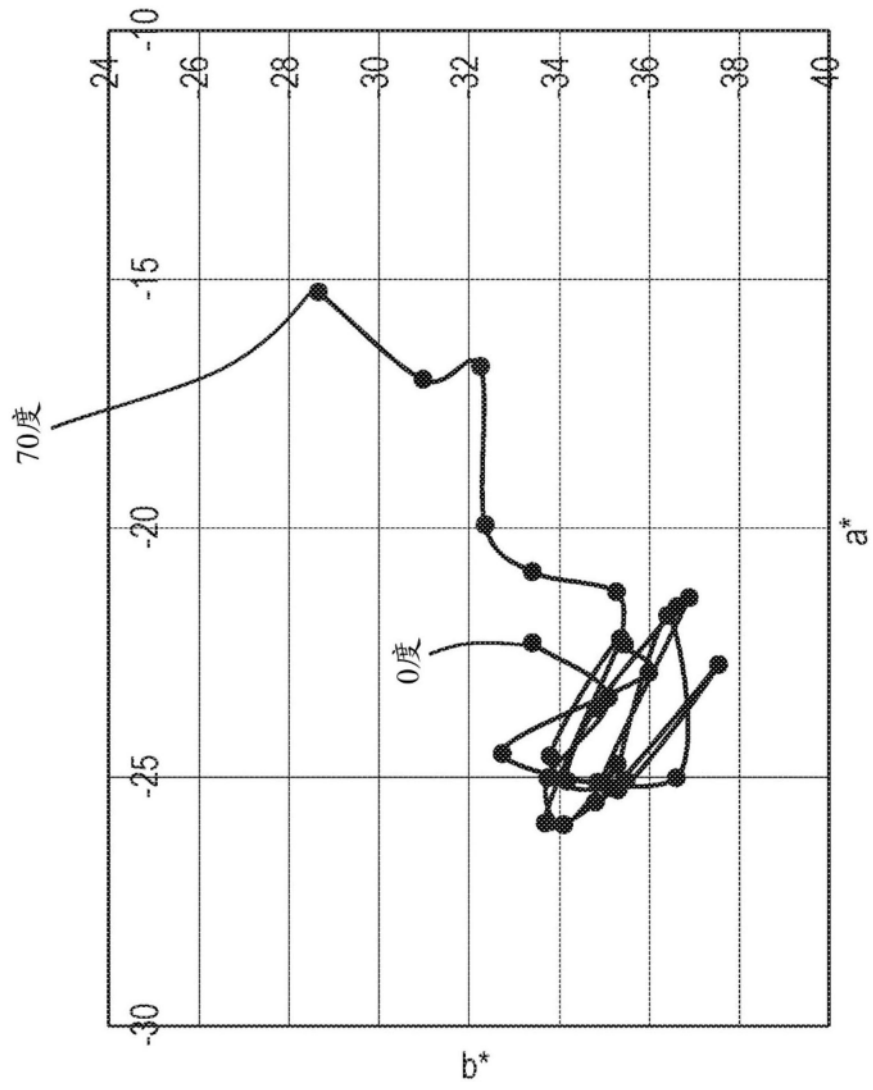


图15B