



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104919342 B

(45)授权公告日 2017. 11. 14

(21)申请号 201480004778.8

(22)申请日 2014.01.08

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104919342 A

(43)申请公布日 2015.09.16

(30)优先权数据

61/751,994 2013.01.14 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2015.07.14

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2014/010630 2014.01.08

(87)PCT国际申请的公布数据

W02014/110101 EN 2014.07.17

(73)专利权人 3M创新有限公司

地址 美国明尼苏达州

(72)发明人 查德·R·沃尔德

迈克尔·F·韦伯

(74)专利代理机构 北京天昊联合知识产权代理

有限公司 11112

代理人 顾红霞 彭会

(51)Int.Cl.

G02B 5/20(2006.01)

(56)对比文件

WO 03084448 A1, 2003.10.16,

WO 0157583 A2, 2001.08.09,

CN 1227927 A, 1999.09.08,

JP 2000298249 A, 2000.10.24,

US 5574517 A, 1996.11.12,

US 6149270 A, 2000.11.21,

CN 1080406 A, 1994.01.05,

CN 88200988 U, 1988.11.02,

CN 1476545 A, 2004.02.18,

US 6135595 A, 2000.10.24,

CN 1165967 A, 1997.11.26,

CN 1236902 A, 1999.12.01,

CN 1170382 A, 1998.01.14,

CN 101558336 A, 2009.10.14,

CN 1062832 A, 1992.07.22,

CN 1073266 A, 1993.06.16,

CN 1165967 A, 1997.11.26,

审查员 叶凤娟

权利要求书1页 说明书29页 附图17页

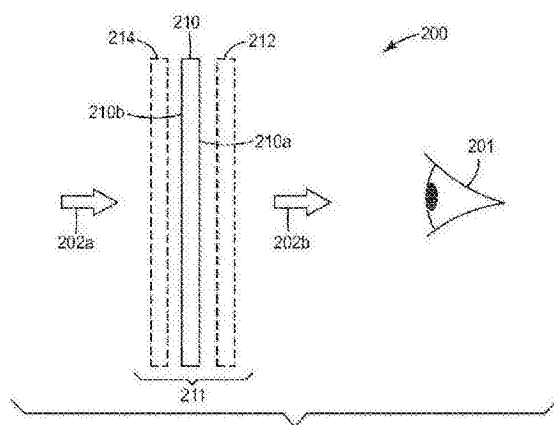
(54)发明名称

增强色觉缺陷个体的辨色能力的滤光片

(57)摘要

本发明公开了已被发现以增强具有色觉缺陷(CVD)的个体(亦称色盲个体)的辨色能力的某些滤光片。该滤光片通常包括在可见光谱的绿光区域的一部分中具有强而窄的反射带的多层光学膜。该膜在420nm至680nm的范围内具有至少50%、60%或70%的平均内部透射率,而在包括550nm的10nm宽范围内具有小于或等于10%、5%、2%或1%的平均内部透射率,该包括550nm的10nm宽范围与具有60nm或者50nm或更小的宽度(FWHM)的反射带相关联。该滤光片可包括设置在多层光学膜的观察者侧上以减少眩光的品红色层,该品红色层选择性地吸收绿光。与多层光

学膜结合的品红色层可提供宽度(FWHM)为60nm或更小的阻隔带。



1. 一种适用于改善具有色觉缺陷的个体的辨色能力的滤光片,所述滤光片包括:

多层光学膜,所述多层光学膜在设计入射角下在420nm至680nm的范围内具有至少50%的平均内部透射率,所述多层光学膜在所述设计入射角下在包括550nm的10nm宽波长范围内还具有10%或更小的平均内部透射率,所述包括550nm的10nm宽波长范围与具有60nm或更小的宽度(FWHM)的反射带相关联;和

设置在所述多层光学膜的一侧上的品红色吸收层,所述品红色吸收层选择性地吸收绿光,

其中所述反射带为红外反射带的谐波。

2. 根据权利要求1所述的滤光片,其中所述多层光学膜在所述设计入射角下在所述10nm宽波长范围内具有5%或更小的平均内部透射率。

3. 根据权利要求2所述的滤光片,其中所述多层光学膜在所述设计入射角下在所述10nm宽波长范围内具有2%或更小、或者1%或更小的平均内部透射率。

4. 根据权利要求1所述的滤光片,其中所述多层光学膜在所述设计入射角下在550nm处具有10%或更小的内部透射率。

5. 根据权利要求4所述的滤光片,其中所述多层光学膜在所述设计入射角下在550nm处具有5%或更小、或者2%或更小、或者1%或更小的内部透射率。

6. 根据权利要求1所述的滤光片,其中所述滤光片在所述设计入射角下在420nm至680nm的范围内具有至少60%的平均内部透射率。

7. 根据权利要求6所述的滤光片,其中所述滤光片在所述设计入射角下在420nm至680nm的范围内具有至少70%的平均内部透射率。

8. 根据权利要求1所述的滤光片,其中所述反射带的所述宽度(FWHM)为50nm或更小。

9. 根据权利要求8所述的滤光片,其中所述反射带的所述宽度(FWHM)在20nm至50nm的范围内。

10. 一种包括适用于改善具有色觉缺陷的个体的辨色能力的滤光片的眼镜,所述滤光片包括多层光学膜,所述多层光学膜在设计入射角下在420nm至680nm的范围内具有至少50%的平均内部透射率,所述多层光学膜在所述设计入射角下在包括550nm的10nm宽波长范围内还具有10%或更小的平均内部透射率,所述包括550nm的10nm宽波长范围与具有60nm或更小的宽度(FWHM)的反射带相关联,其中所述滤光片包括与吸收层结合的所述多层光学膜,所述吸收层设置在所述滤光片的面对所述眼镜的使用者的一侧上,所述吸收层选择性地吸收绿光,其中所述反射带为红外反射带的谐波。

增强色觉缺陷个体的辨色能力的滤光片

技术领域

[0001] 本发明整体涉及可用于增强色盲个体的辨色能力的光学膜,该光学膜具有此类膜的特定应用。本发明还涉及结合了此类膜的制品和系统,以及制造和使用此类膜的方法。

背景技术

[0002] 色觉缺陷(CVD)(通常也称为色盲)是指一些个体感知某些颜色之间的差异的有限的能力。CVD是人眼中缺乏一种或多种颜色光感受器、或人眼中的一种或多种颜色光感受器存在缺陷引起的。这些颜色光感受器分为三类:长波长(L)视锥感受器、中波长(M)视锥感受器和短波长(S)视锥感受器,它们分别对可见光谱中的红光部分、绿光部分和蓝光部分敏感。大约7%到10%的男性和0.5%到1%的女性有一定程度的色觉缺陷。红/绿色盲是CVD的最常见形式。

发明内容

[0003] 我们已开发了已被发现以增强具有CVD的个体(即,色盲个体)的辨色能力的滤光片。滤光片通常包括在可见光谱的绿光区域的一部分中具有强而窄的反射带的多层光学膜。但在可见光谱的其余部分中,该膜优选地具有相对高的透射率,例如该膜除了窄绿光反射带之外可能没有明显的可见反射带。膜在420nm至680nm的范围内具有至少50%、60%或70%的平均内部透射率。窄绿光反射带具有60nm或者50nm或更小,或者在20nm至40nm或20nm至50nm的范围内的宽度(FWHM)。与该窄绿光反射带相关联的是多层光学膜的在包括550nm的10nm宽波长范围内的不超过10%、5%、2%或1%的平均内部透射率。(即,在法向入射角或另一个如下所述的所关注的设计角度下,可发现包括550nm的至少一个10nm宽波长范围(例如,540nm至550nm的范围、或545nm至555nm的范围、或549nm至559nm的范围、或550nm至560nm的范围),多层光学膜的在此范围内的平均内部透射率不超过10%、5%、2%或1%)。在一些情况下,滤光片可基本上只由多层光学膜组成,而在其他情况下,此滤光片还可包括附加层和涂层以减轻眩光,该附加层和涂层诸如设置在多层光学膜的观察者侧上的品红色吸收层,该品红色吸收层选择性地吸收绿光。品红色吸收层的吸收带可具有80nm或更小的宽度(FWHM),而与多层光学膜的反射带结合的吸收带可具有60nm或更小的宽度(FWHM)。除此之外或作为另外一种选择,滤光片可包括其他有色吸收层,诸如选择性地吸收蓝色可见波长和红色可见波长的层,或选择性地吸收蓝色可见波长的层。滤光片在设计入射角下在420nm至680nm的范围内可具有至少50%、60%或70%的平均内部透射率,而在包括550nm的10nm宽波长范围内的平均内部透射率为10%或更小、5%或更小、2%或更小,或者1%或更小(与宽度(FWHM)为60nm或更小、或者50nm或更小、或者在20nm至40nm或20nm至50nm的范围内的阻隔带(例如,与吸收带结合的反射带)相关联)。设计入射角通常很小,例如15度或更小、或者10度或更小、或者5度或更小、或者基本上为0度。其中0度是指光沿着垂直于滤光片或膜的平面的轴线传播。在许多情况下,设计入射角可基本上为法向入射角(0度入射角)。可将滤光片结合到眼镜或其他制品中。例如,可将滤光片应用于镜片、窗户、电

子显示器、或透光防护罩。滤光片优选地可与高容量制膜工艺兼容,使得可以用合理的成本制造单块滤光片,这种单块滤光片可以是从较大的膜卷上切下的小膜片。

[0004] 本申请因此公开了适用于改善具有色觉缺陷的个体的辨色能力的滤光片。这些滤光片包括多层光学膜,该多层光学膜在设计入射角下在420nm至680nm的范围内具有至少50%的平均内部透射率,并且该多层光学膜在设计入射角下在包括550nm的10nm宽波长范围内还具有10%或更小的平均内部透射率(与具有60nm或更小的宽度(FWHM)的反射带相关联)。该多层光学膜在设计入射角下在10nm宽波长范围内可具有5%或更小、或者2%或更小、或者1%或更小的平均内部透射率。该多层光学膜在设计入射角下在550nm处可具有10%或更小、或者5%或更小、或者2%或更小、或者1%或更小的内部透射率。滤光片在设计入射角下在420nm至680nm的范围内可具有至少60%、或至少70%的平均内部透射率。该多层光学膜的反射带可具有50nm或更小,或者在20nm至50nm或20nm至40nm的范围内的宽度(FWHM)。反射带的宽度(FWHM)可限定反射带的短波长带边缘和长波长带边缘。多层光学膜在420nm到短波长带边缘、以及在长波长带边缘到680nm的范围内取平均值时可具有至少60%、或至少75%、或至少90%的内部透射率。反射带可为红外反射带的谐波。在一些情况下,滤光片可基本上由(只)由多层光学膜组成,但即便在这些情况下,仍可将滤光片应用于其他制品或主体,诸如眼镜。在其他情况下,滤光片可不止包括多层光学膜,还可包括有色吸收层,诸如设置在多层光学膜的一侧上的品红色吸收层,该品红色吸收层选择性地吸收绿光。

[0005] 我们还公开了包括多层光学膜和品红色吸收层的滤光片,该多层光学膜具有可见反射带,而品红色吸收层被设置在多层光学膜的一侧上并具有选择性地吸收绿光的吸收带。在设计入射角下,可见反射带与吸收带结合起来提供具有60nm或更小的宽度(FWHM)的阻隔带。在设计入射角下,多层光学膜与品红色吸收层的组合在包括550nm的10nm宽波长范围内具有10%或更小的平均内部透射率。另外,对于在入射在多层光学膜上之前以设计入射角并从使得光穿过品红色吸收层的方向入射到组合上的光而言,多层光学膜与品红色吸收层的组合在500nm至600nm波长范围内具有小于50%的最大(峰值)反射率。500nm至600nm波长范围内的最大峰值反射率也可小于40%、30%或20%。

[0006] 吸收带可具有与最大吸收率和最小透射率对应的峰值,该峰值设置在至少530nm且不超过560nm的波长处。吸收带的峰值可具有大于20%但小于80%的内部透射率。多层光学膜和品红色吸收层的组合在设计入射角下在10nm宽波长范围内可具有5%或更小、或者2%或更小、或者1%或更小的平均内部透射率。阻隔带可具有50nm或更小,或者在20nm至50nm或20nm至40nm的范围内的宽度(FWHM)。多层光学膜和品红色吸收层的组合在设计入射角下在420nm至680nm的范围内可具有至少50%的平均内部透射率。

[0007] 品红色吸收层在设置于多层光学膜的观察者侧上时,可大幅减少与多层光学膜的反射性相关联的眩光,同时对阻隔带的带宽和滤光片在420nm至680nm的范围内的平均透射率几乎没有不利影响。

[0008] 滤光片可基本上由(只)由多层光学膜和品红色吸收层组成。

[0009] 本发明还公开了可包括所公开的滤光片的眼镜。

[0010] 我们还公开了改善具有色觉缺陷的个体的辨色能力的方法。此类方法可包括利用滤光片来过滤由个体所感知的光,在设计入射角下,该滤光片在420nm至680nm的范围内具

有至少50%的,平均内部透射率该滤光片在设计入射角下在包括550nm的10nm宽波长范围内具有10%或更小的平均内部透射率(与具有60nm或更小的宽度(FWHM)的阻隔带相关联)。该滤光片在设计入射角下在420nm至680nm的范围内还可具有至少60%的平均内部透射率,而在10nm宽波长范围内还可具有5%或更小的平均内部透射率。

[0011] 如本文通篇所用,设计入射角可以是滤光片或膜被设计成在其下工作的任何合适的角度。在大多数应用中,该角度通常很小,例如不超过15度、10度、或5度,或基本上为0度(即,法向入射角)。如果该角度为非零,那么其使得多层光学膜的反射带相对于该反射带的光谱位置和法向入射角而偏移 to 较短的波长。例如,如果由交替的PET微层和coPMMA制成的多层光学膜具有在法向入射角(入射角度为0度)下产生以550nm为中心的狭窄一阶反射带的层厚度分布,那么这种多层光学膜的反射带的中心在10度的入射角下偏移 to 546nm,而在15度的入射角下偏移 to 542nm。因此,如果需要多层光学膜的反射带以550nm(或另一目标波长)为中心,并且该多层光学膜将被安装在相对于用户的视线倾斜适当角度(例如10度)的框架(例如眼镜框架)中,那么可将该多层光学膜设计成具有在法向入射角下的中心波长比目标波长略大(例如,如果目标波长为550nm,那么中心波长为约554nm)的反射带。

[0012] 给定滤光片或膜的光谱宽度(FWHM)的前述指定值可基于给定滤光片或膜的内部透射率。

[0013] 还讨论了相关方法、系统和制品。

[0014] 本申请的这些方面和其他方面通过下文的详细描述将显而易见。然而,在任何情况下都不应将上述发明内容理解是对要求保护的主题的限制,该主题仅由所附权利要求书限定,并且在审查期间可进行修改。

附图说明

[0015] 图1A为判别色盲的视觉检查中通常会用到的图案(石原颜色检测图或检测板)的前视图,此图案是彩色图案,但出于附图的目的以灰度图示出;

[0016] 图1B为图1的图案的前视图,但图案内的所选点已加深以显示出可被具有正常色觉的人可识别的图像;

[0017] 图2为使用滤光片来过滤被CVD个体观察到的光的系统的示意性侧视图,该滤光片被定制成增强个体区分或辨别颜色的能力;

[0018] 图3为假想滤光片或其元件(例如多层光学膜)的透射光谱的曲线图,该滤光片在可见光谱的绿光区域的一部分中的窄带内阻挡光;

[0019] 图4和图5为被制造和测试的各种多层光学膜的所测得的外部透射光谱的曲线图;

[0020] 图6为被制造和测试的各种染成品红色的吸收膜的所测得的外部透射光谱的曲线图;

[0021] 图7为具有将绿色可见光的一部分阻挡的反射带的多层光学膜的所测得的外部透射光谱的曲线图,该反射带比图5的膜的反射带更窄;

[0022] 图8为在所制造的膜卷上的两个不同位置处取样的多层光学膜的所测得的外部透射光谱的曲线图,这两个膜样品具有将绿色可见光的一部分阻挡的反射带,这些反射带比图7的反射带更窄;

[0023] 图9为具有将绿色可见光的一部分阻挡的反射带的多层光学膜的所测得的外部透

射光谱的曲线图,该反射带具有与图8的那些反射带类似的宽度;

[0024] 图10为各自具有将绿色可见光的一部分阻挡的反射带的若干多层光学膜的所测得的外部透射光谱的曲线图,这些膜中的每一者的反射带比图9的反射带更窄;

[0025] 图11为叠加在荧光光源的相对光谱强度的曲线图上的窄带绿光反射多层光学膜的所测得的透射光谱的曲线图;

[0026] 图12为把滤光片应用于眼镜以过滤被CVD个体观察到的光的系统的示意性侧视图,该滤光片被定制成增强个体的辨色能力;

[0027] 图12A为适于与所公开的滤光片一起使用的眼镜的透视图;

[0028] 图13为再现图6中品红色吸收膜的一些测得透射光谱的曲线图,该曲线图叠加在图7中窄带绿光反射多层光学膜的测得透射光谱上;

[0029] 图14为从图13得到的品红色吸收层的光谱吸收率(光密度)的曲线图,该吸收率由所测得的透射光谱来计算;

[0030] 图15为来自图13和图14的品红色吸收层的光谱吸收率的曲线图;

[0031] 图16为示出利用具有中等峰值吸收的适当设置的品红色吸收层可将来自窄带绿光反射多层光学膜的眩光(反射)明显减少到何种程度的曲线图;

[0032] 图17为窄带绿光反射多层光学膜在法向入射角下的所测得的透射率及其在倾斜角下的所计算的透射率的曲线图,该曲线图还包括品红色吸收层的所测得的透射率;

[0033] 图18为附加品红色吸收层的所测得的透射率的曲线图,该曲线图还包括窄带绿光反射多层光学膜的所测得的透射光谱;

[0034] 图19为图18中的品红色层的光谱吸收率的曲线图;

[0035] 图20为图18和图19中的品红色层的光谱吸收率(光密度)的曲线图;

[0036] 图21为具有与品红色吸收层结合的窄带绿光反射多层光学膜的滤光片的所测得的透射率的曲线图;

[0037] 图22为两个滤光片的所测得的透射率的曲线图,这两个滤光片中的每个滤光片包括与品红色吸收层结合的窄带绿光反射多层光学膜;

[0038] 图23为附加滤光片的所测得的透射率的曲线图,每个滤光片具有与品红色吸收层结合的窄带绿光反射多层光学膜;

[0039] 图24A为示出在不滤光的情况下而由19个不同个体(他们中的大多数有CVD)正确评估出的石原检测板的数量(共计25个检测板)的曲线图;

[0040] 图24B为类似于图24A的曲线图,但其中这19个不同个体各自通过特定的窄带滤光片观察石原检测板;

[0041] 图25为窄带绿光反射多层光学膜、品红色吸收层、和选择性地吸收蓝光波长和红光波长的层的内部透射率的曲线图;

[0042] 图26为包括与选择性地吸收蓝光波长和红光波长的层结合的窄带绿光反射多层光学膜的第一滤光片和把品红色吸收层添加到第一滤光片上得到的第二滤光片的内部透射率的曲线图;

[0043] 图27为示出与图26的那些滤光片类似的滤光片的所计算的颜色坐标(a^* , b^*)的曲线图,但其中红光或蓝光吸收层从重染料负载变为轻染料负载;

[0044] 图28为结合到一些窄带绿光阻挡滤光片中的各种蓝光吸收染色层的所测得的透

射率的曲线图。

[0045] 在附图中,类似的附图标号指示类似的元件。

具体实施方式

[0046] 我们已发现,可使用多层光学膜技术来构造可显著改善具有CVD的人的辨色能力的滤光片。这种滤光片可以是窄带绿光反射多层光学膜、或与其他层和涂层结合的此类多层光学膜。该其他层和涂层诸如选择性地吸收绿光波长的品红色吸收层,和/或选择性地吸收蓝光波长和/或蓝光波长和红光波长的层。所需的过滤特性包括在550nm处或附近具有强而窄的阻隔带,并且在其他可见波长处有相对高的透射率,使得滤光片不具有过于黯淡的外观。虽然理论上只利用吸收材料(诸如染料和颜料)就可获得此类过滤特性,但我们研究的吸收材料无法通过自身来提供(a)在550nm处或附近具有足够高的阻挡强度(足够低的透射率)与(b)足够窄的带宽两者的最佳搭配。相比之下,可将多层光学膜定制成在所关注的波长处并且在窄带中具有强阻挡(透射率非常低,对应地,反射率高)。多层光学膜的透射特性与反射特性基于光在一个或多个层叠堆中的数十个(通常情况)、数百个或数千个独立微层的界面处发生的相长干涉或相消干涉。通过适当选择微层的材料、加工条件和厚度,可把透射光谱定制成提供强而窄的反射带,因而在550nm处或附近提供窄带中的强阻挡。绿光阻挡带在波长空间中越窄(但在光谱上仍足够宽,以改善辨色能力),要提供改善的色彩平衡需要在光谱的红光部分和/或蓝光部分中阻挡的光越少,或者需要较小的蓝光吸收率。

[0047] 判断人类对颜色感知的一种常用方法是所谓的石原颜色检测法,这种石原颜色检测法会用到石原颜色检测图或检测板。一个此类石原检测图在图1A中示出。构成图案的独立点具有不同颜色,这些不同的颜色形成了特定数字的图像。该数字的图像可具有正常色觉的个体感知到,但是不能被具有CVD的个体感知到。图1A为这种石原检测图的灰度表示,并且该灰度表示清楚地表示具有CVD的个体的感知所达到的在点的图案内识别不到图像的程度。

[0048] 图1B为与图1A的相同的石原检测图的视图,但其中所选择的点已加深,以(在该灰度表示中)显示出有色数字的图像。加深的点形成数字“57”的图像。该图像可由具有色觉正常的人从石原检测图中识别出。一般来讲,本发明所公开的滤光片允许具有CVD的人也能识别出该数字的图像。

[0049] 用于过滤由具有CVD的个体观察到的光的此类滤光片被示意性地示为图2的系统200中的滤光片211。滤光片211接收入射光202a,并且滤光片选择光的波长以提供过滤光202b。过滤光202b由个体201的眼睛所感知,此个体可能具有CVD。如果设计得当,滤光片211效果就可显著增强具有CVD的个体区分或辨别颜色的能力。我们已凭经验确定,滤光片用于该目的的有效性可高度取决于滤光片211的设计参数,诸如阻隔带的波长范围。例如,我们已发现,在550nm处或附近的波长特别有效,而在570nm处或附近的波长几乎无效或完全无效。

[0050] 滤光片211通常至少包括多层光学膜210,该多层光学膜在550nm处或附近具有强而窄的阻隔带,但对于其他可见波长却具有相对高的透射率。因此,例如,在设计入射角(例如,法向入射角)下,膜210在420nm至680nm的范围内可具有至少50%,或至少60%的平均内部透射率。另外,膜210在设计入射角下在包括550nm的10nm宽波长范围内还可具有10%或

更小、或者5%或更小、或者2%或更小、或者1%或更小的平均内部透射率。该减小的透射率与具有60nm或更小、或者50nm或更小、或者在20nm至50nm或20nm至40nm的范围内的宽度(FWHM)的反射带相关联。下面结合图3进一步讨论这些光学特性。多层光学膜的光学特性有时在法向入射角下指定,或在所关注的不同入射方向上指定,原因在于多层光学膜的透射特性与反射特征可作为光的入射方向的函数而显著变化。

[0051] 多层光学膜可被设计成对于一些光波长具有高反射率和低透射率,而对于其他光波长具有低反射率和高透射率。此类膜至少对于可见波长、近红外波长和近紫外波长而言通常具有可忽略不计的吸收,使得未被反射的任何光基本上被透射,并且反之亦然。此类膜包括光学薄微层的叠堆(通常为具有大折射率失配的材料交替排列,诸如二氧化硅和二氧化钛的交替层),但也可使用其他合适的无机或有机材料。此类反射器可通过如下方式制备:将交替的层真空沉积到玻璃或其他合适的基底上,例如直接沉积在透镜构件的外表面上或者沉积在可随后施加到此类表面的膜或基底上。作为另外一种选择,可通过连续工艺制造合适的反射膜,该连续工艺可涉及共挤出交替的聚合物材料并拉伸所得的多层聚合物幅材,例如,如美国专利5,882,774(Jonza等人)、6,531,230(Weber等人)和6,783,349(Neavin等人)中所述的。无论用于二向色反射器的材料和所用的制造方法如何,该反射器都具有针对微层的叠堆的层厚度分布,该层厚度分布被定制成提供作为波长的函数的所需透射特性和反射特性。层厚度分布还可被定制成提供充当窄带反射器的多层光学膜,例如,凭借这种多层光学膜,窄带波长内的光被高度反射(相应地,透射率低),窄带波长外的光被高度透射(相应地,反射率低)。

[0052] 此类多层光学膜的反射带(也可称为阻隔带)作为光的入射方向的函数在波长中偏移。在法向入射角下,其中光沿着与膜的平面正交的方向入射,反射带在第一波长处或在第一波长范围内。然后,随着光以越来越倾斜的角度入射到膜上,反射带通常单调地偏移至比第一波长或第一波长范围更短的波长。

[0053] 除了膜210之外,滤光片211还可包括附加层或涂层,诸如品红色吸收层212和另一种有色吸收层214。品红色层212选择性地吸收绿光,并且因此在透射中具有品红色外观。如果品红色层212被施加到膜210的面向观察者201的主表面210a上,或者更为普遍地,如果层212被设置在膜210与观察者201之间,那么层212就可被有利地用于减少由从膜210反射的光引起的眩光。膜210在与其窄反射带相关联的绿光波长处具有特别高的反射率,因此能最大程度地减少眩光,这对于在设计入射角下将与膜210的反射带的波长至少大致对准的品红色层212的吸收带(和/或峰值吸收)而言是有利的。

[0054] 层214是可包括在滤光片211中的另一个任选层。在一些情况下,层214可用于对膜210和任选层212至少部分地进行颜色校正。即,由于膜210和层212选择性地阻挡至少一些绿光波长并对于其他可见波长具有较高透射率,所以它们在透射中往往具有品红色,这可能引起观察者201反感。要至少部分地减轻这种品红色,同时仍保持CVD个体的滤光片211的辨色能力,层214可被定制成选择性地吸收红光波长和/或蓝光波长。层214可施加到层212的与主表面210a相对的主表面210b上,如图所示。作为另外一种选择,层214可施加到或设置在滤光片211内的别处,包括膜210与层212之间,或层212的外表面上。如上所述,多层光学膜的绿光阻挡带越窄(在波长上),要提供改善的色彩平衡需要由层214阻挡的红光和/或蓝光就越少,并且反之亦然。

[0055] 层214(和/或滤光片211的其他层)还可以是所谓的深蓝光阻挡层或包括所谓的深蓝光阻挡层。深蓝光阻挡层提供对紫外线范围内和波长最高至约400nm、410nm或420nm的光的强阻挡(通过吸收、反射或其他机制)。此类层尤其可用于眼镜的上下文,以保护使用者的眼睛免受紫外和近紫外辐射的伤害。

[0056] 出于示例性目的,将层212、214和膜210显示为彼此分开,但是它们在单一构造中通常附接在一起,例如,没有内部空气或膜界面。可使用一个或多个粘合剂层(诸如一种或多种光学透明的粘合剂),或通过其他已知的附接材料或附接机制来实现附接。读者还将知道,示于图2中的滤光片211的给定元件可利用实现同样的期望功能的两个或更多个层或膜来替换,并且滤光片211的元件中的两个或更多个元件可结合到单个层或膜中以再次实现同样的期望功能。例如,层214和/或层212可分成两个或更多个层(它们可以是较薄的层,或者是吸光性较小的层),如果需要,所述两个或更多个层可设置在多层光学膜210的相对侧上。在另一个实例中,用于制造层212,214的染料可结合到与独立的层212,214具有相同透射特性的单个层中。滤光片211的元件的排列和顺序可根据需要重新排列。

[0057] 假想滤光片或其一个或多个元件(诸如多层光学膜)的透射特性示于图3中。在该图中,透射率百分比相对以纳米为单位的光波长 λ 来绘制,波长轴在400nm到700nm的范围内延伸,有时把该范围看作人类可见波长范围。然而,出于该申请的目的,我们认为人类可见光范围是420nm到680nm的波长范围。曲线301可代表在法向入射角或另一个设计入射角下,整个滤光片、或滤光片的一个或多个单独元件的所测得的透射率。在不丧失一般性的同时,为简单起见,对于该图3讨论内容的其余部分,我们将假设曲线301代表整个滤光片的透射率(然而应当注意,滤光片在一些情况下仅可能是多层光学膜)。由曲线301的阻隔带301a的低透射率证明,滤光片选择性地阻挡可见光谱的绿光区域的一部分中的窄带内的光。阻隔带301a可以是反射带、吸收带,或反射带与吸收带的组合。

[0058] 为了量化曲线301的相关特征,需要识别曲线301的基线值B、曲线301的峰值P(在该情况下,峰值P对应于阻隔带301a的透射率最小值,在点p3处示出),以及曲线301在P与B间的半程处的中间值H。曲线301与值H相交于点p1和点p2,这两个点的波长值分别等于阻隔带301a的短波长带边缘 λ_1 和长波长带边缘 λ_2 。可使用短波长带边缘和长波长带边缘来计算所关注的其他两个参数:阻隔带301a的宽度(半最大值处的全宽,或FWHM),其等于 $\lambda_2 - \lambda_1$;和阻隔带301a的中心波长 λ_c ,其等于 $(\lambda_1 + \lambda_2) / 2$ 。应当注意,中心波长 λ_c 可与阻隔带301a的峰值波长(见点p3)相同或不同,这具体取决于阻隔带301a的对称或不对称程度。

[0059] 基线B很容易识别滤光片在窄阻隔带之外只有很少的吸收或反射、或完全没有吸收或反射,如曲线301在阻隔带301a的两侧上的相对平坦的区域所示的。然而,在一些情况下,给定滤光片可能具有更复杂的光谱,例如具有多个峰值和谷,并且一些滤光片(例如,染色层)可能有很大的带宽,因此在所有可见波长下都表现出显著吸收效果,并且在此类情况下,就可使用替代基线。这些更复杂滤光片中的可用基线为滤光片的内部透射率的曲线上的100%透射率值,如下文定义的。具有更复杂的光谱的此类滤光片的实例为品红色吸收膜,该品红色吸收膜的光谱在下文作为图18中的曲线1801至1804而提供。用于计算这些染色膜的光谱宽度(FWHM)的基线值为膜的100%内部透射率值,其与图19中的对应吸收率曲线中的零吸收率对应。

[0060] 滤光片(或其一个或多个元件)的透射率一般是指透射光强度除以入射光强度(对

于给定波长、入射方向等的光而言),但可用术语“外部透射率”或“内部透射率”来表示。光学元件的外部透射率为光学元件浸没在空气中时的透射率,并且无需对元件前方的空气/元件界面处的菲涅尔反射、或者元件后方的元件/空气界面处的菲涅耳反射进行任何修正。光学元件的内部透射率为当将该光学元件的前表面和后表面处的菲涅耳反射移除后所得到的元件的透射率。移除前表面和后表面处的菲涅耳反射可通过计算完成(例如,从外部透射光谱减去适当函数),或通过实验完成。就许多类型的聚合物和玻璃材料来说,在两个外表面中的每个外表面处,菲涅耳反射为约4%至5%(对于法向入射角或近法向入射角而言),这导致外部透射率相对于内部透射率下移约10%。图3没有指定使用这两种透射率中的哪一种透射率,因此该图可能通常适用于内部透射率和外部透射率中的任一者。如果本文提及透射率时没有指明是内部透射率或外部透射率,那么,除非上下文另外指明,读者就可假定此透射率是指外部透射率。在很多眼镜镜片中,施加表面抗反射涂层可导致内部透射率 $\approx$ 外部透射率。

[0061] 阻隔带的光谱宽度(例如,被计算为阻隔带的半最大值处的全宽(FWHM))可略有不同,这取决于是基于内部透射率来计算的还是基于外部透射率来计算的。基于内部透射率所计算的FWHM通常比基于外部透射率所计算的FWHM略大,例如大不到5nm。在报告FWHM值的下面的表中的每个表中,除非另外指明,否则FWHM都是基于内部透射率来计算的。

[0062] 曲线301的另一潜在相关特征为其在420nm至680nm波长范围内的平均(内部或外部)透射率。该参数可通过计算曲线301在420nm至680nm的范围内的面积(例如,通过积分)然后将所得结果除以260nm得到,其提供对由滤光片总共阻挡了多少可见光的指示。作为另外一种选择,该参数可简单通过对420nm至680nm的范围内的所有波长值(例如,以1nm为增量,或另一个适当小的值为增量)的(内部或外部)透射率取平均值来计算。

[0063] 曲线301的另一个潜在相关特征为其在包括550nm的10nm宽波长范围内的平均(内部或外部)透射率。例如,可计算曲线301在540nm至550nm的波长范围内、或在545nm至555nm的波长范围内、或在549nm至559nm的波长范围内、或在550nm至560nm的波长范围内的平均(内部或外部)透射率。

[0064] 曲线301的又一个潜在相关特征为其在可见区域内但在阻隔带301a之外的平均(内部或外部)透射率,该透射率可通过计算从420nm到 λ_1 和从 λ_2 到680nm的曲线301下面积,然后将所得结果除以 $((\lambda_1-420)+(680-\lambda_2))$ nm得到。作为另外一种选择,该参数可通过对可见光谱在阻隔带的两侧上的部分进行简单平均来计算。

[0065] 制造若干类型的滤光片并检测一个或多个CVD以确定这些滤光片可用于帮助一个或多个CVD个体更好地区分或辨别颜色。现在描述这些滤光片,这些滤光片的一些滤光片只由多层光学膜组成。

[0066] 具有窄反射带的多层光学膜可通过共挤出聚合物树脂层以便形成相对窄的反射带而制成。结合使用高度双折射材料(诸如聚酯)与低折射率材料(诸如丙烯酸类材料)在交替层之间提供较大折射率处差异,这种较大折射率差异继而在反射带中提供高反射率。存在用于制造这些反射器的若干选择。在一些情况下,可将微层的层厚度分布定制成在期望的可见波长(例如在550nm处或附近的波长)处(在法向入射角下)提供一阶反射带。在其他情况下,可把微层制得更厚,使得法向入射角下的一阶反射带位于红外波长处,而红外波带的高阶谐波(例如,二阶、三阶或四阶谐波)则位于期望的可见波长处。该后一种设计方法和

后续的聚合物处理技术在美国专利6,531,230 (Weber等人)中有所论述。

[0067] 就一个多层光学膜而言,聚萘二甲酸乙二醇酯(PEN)和聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)的交替层被共挤出和双轴取向以形成具有大约412个微层的膜。分别具有275个层和137个层的第一组聚合物微层和第二组聚合物微层提供在法向入射角下具有两个不同一阶红外反射带的膜,这两个不同一阶红外反射带分别为:在约1125nm处的第一此类IR反射带,和在约1650nm处的第二此类IR反射带。第一IR反射带的二阶谐波基本上与第二IR反射带的三阶谐波重叠,或叠加在后者上,从而在大致560nm至590nm的可见波长处产生了强但有些窄的反射带。该膜在法向入射角下在400nm至700nm的范围内的所测得的外部透射率被示为图4中的曲线401。第一IR反射带的二阶谐波和第二IR反射带的三阶谐波的组合的可见光反射带401a在该图中可被容易识别出来。(如果需要,可将替代设计的多层光学膜制成具有与图4类似的可见光反射带,例如通过只提供一个一阶IR反射带,并且对其进行定制,使得二阶谐波或三阶谐波提供类似于带401a的可见光反射带。此类替代膜可能具有例如总计约300个微层,这些微层可交替地由PEN和PMMA、或聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)和共聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA共聚物)、或其他合适的聚合物组合制成。又一种替代多层光学膜可提供微层的厚度梯度,这种厚度梯度在可见区域中产生类似于反射带401a的一阶反射带。)

[0068] 图4的光谱4还在420nm和更短的波长处显示出深蓝光阻挡带。此反射带为在1125nm处的一阶IR反射带的三阶谐波。二阶谐波位于575nm处,如上所述。通过这样利用各种高阶谐波带,便可使用产生期望的黄光或绿光反射带的同一微层来形成深蓝光阻挡带。例如,如果IR反射带的三阶谐波的中心位于550nm附近,那么四阶谐波带将位于420nm附近,在这种情况下,准确位置将取决于多层光学膜中的微层所使用的构成材料的折射率色散。

[0069] 图4的多层光学膜的相关光学特征,诸如反射带401a的短波长带边缘和长波长带边缘(λ_1 和 λ_2),以及其他参数在下表1中被提供。此膜由2个CVD个体通过将膜保持在个体的眼睛附近并且使个体透过膜观察石原检测图和/或其他有色物体来进行检测。进行这些检测的环境为利用漫射太阳光与荧光吊灯光的均衡混合光来照明的办公室。就每个个体而言,当膜的平面垂直于个体的视线时,几乎没有或完全没有体验到辨色能力的改善。然而,通过使膜相对于视线倾斜某斜角(于是反射带401a相对于图4偏移 to 较短波长),每个个体都发现辨色能力有显著改善。

[0070] 通过得到图4的膜的切片来获得另外两个多层光学膜,并且将这些切片双轴拉伸不同的量以产生具有与图4的膜相同的基础构造的膜(例如,每个膜仍具有总计412个微层和两个不同的红外反射带。这两个红外反射带的三阶谐波和二阶谐波再次重叠,以产生一个可见光反射带),但它们更薄,因而具有在比图4的波长更短的波长处的可见光反射带。这两个附加膜在法向入射角下在400nm至700nm的范围内的所测得的外部透射率被示为图5中的曲线502和503。这些膜的各自的可见光反射带502a和503a在图中可被容易识别出来。

[0071] 这两个附加多层光学膜(在图5中通过其标记502和503识别)的相关光学特征在下表1中提供。这些膜由2个CVD个体通过使用眼镜框架进行检测,在眼镜框架中将膜以法向入射角保持在个体眼睛附近,膜的圆柱形曲率半径为约60mm,并且每块镜片的曲率中心定位 in 每只眼睛的视网膜正后方,并且使个体透过膜观察石原检测图和/或其他有色物体。进行这些检测的环境为利用漫射太阳光与荧光吊灯光的均衡混合光来照明的办公室。就每个个体而言,无论膜的平面是垂直于个体的视线、还是与个体的视线成一斜角,都几乎没有或完

全没有体验到辨色能力的改善。

[0072] 制造了另一种多层光学膜。该膜以与图4的膜类似的方式制成,但是挤出期间浇铸轮的速度被修改。该膜也总计有412个微层和两个不同的IR反射带,该这两个红外反射带的三阶谐波和二阶谐波再次重叠,以产生一个可见光反射带。法向入射角下的可见波长反射带相对于图4的膜位于较短波长处,但相对于与曲线502,503相关联的膜位于较长波长处。该膜在法向入射角下在400nm至700nm的范围内的所测得的外部透射率被示出图5中的曲线501。该膜的可见光反射带501a在图中可被容易识别出来。

[0073] 该多层光学膜(在图5中通过其标记501识别)的相关光学特征在下表1中提供。该膜由2个CVD个体通过使用眼镜框架进行检测,在眼镜框架中将膜以法向入射角保持在个体眼睛附近,膜的圆柱形曲率半径为约60mm,并且每块镜片的曲率中心定位在每只眼睛的视网膜正后方,并且使个体透过膜观察石原检测图和/或其他有色物体。进行这些检测的环境为利用漫射太阳光与荧光吊灯光的均衡混合光来照明的办公室。就每个个体而言,当膜的平面垂直于个体的视线时,体验到辨色能力的显著改善。

[0074] 表1—各种多层光学膜的光学特性

[0075]

膜 (曲线 标记)	λ_1 (nm)	λ_2 (nm)	FWHM 带宽(nm)	λ 中心 (nm)	包括 550nm 的 10nm 范 围内的平均 内部透射率 (%)	420nm 至 680nm 的 范围内的 平均内部 透射率(%)	420nm 至 λ_1 、 λ_2 至 680nm 的 范围内的 平均内部透射 率(%)
401	551	611	60	581	25.2 (550-560)	87.8	70.6
501	528	586	58	557	0.00 (545-555)	71.6	89.6
502	481	531	50	506	77.1 (540-550)	74.0	89.3
503	464	515	51	489	85.9 (540-550)	75.0	90.6

[0076] 可以预期,由染色或着色的膜,而非多层光学膜制成的滤光片会对CVD个体产生相似的颜色增强结果,但前提是这些染料或颜料在足够窄的吸收带中足够强地进行吸收。然而,大多数染料不具有特别窄的吸收带,并且具有强阻挡(低透射率)和不超过约60nm或50nm的带宽(FWHM)的染色膜很难获得。可容易找到的最窄带宽绿光吸收染料是由Epolin, Inc., Newark, NJ销售的被称为Epolight™5391可见光染料的一种染料。通过将这种染料以不同的量涂覆在透明载体膜上来制得五个不同的吸收性滤光片。由于绿光吸收,所以这些滤光片或膜在透射中各自具有品红色外观。

[0077] Epolight 5391染料结合在透明PET基膜上的Vitel涂层中。Vitel和5391染料两者以不同比率溶解在甲乙酮(MEK)中,然后利用迈耶棒(Mayer rods)以不同厚度值涂覆到50微米的透明聚酯膜上。重染料溶液的混合和涂覆细节总结在表2中,较轻染料溶液的混合和涂覆细节总结在表3中。这些样品都是手工制作的涂层,因此,均匀度不及生产涂层操作,并且结果也可能有变化。然而,如果需要,手工制作的好处是可容易调节涂层厚度或Vitel中的染料浓度。也可使用许多其他聚合物充当染料载体。Vitel中的两种浓度的染料的涂层溶

液在表2和表3中给出,就染料相对总固形物的固形物百分比而言,第二种浓度的染料的涂层溶液的浓度是第一种浓度染料的涂层溶液的浓度的一半。可利用各种迈耶棒使用不同涂层厚度值来把这两种混合物制成光密度范围很大的染料涂层。

[0078] 表2—重染料溶液

[0079]

成分	量 (g)	占总量的重量%	占总固形物的重量%
Epilight 5391染料	0.1	0.14%	1.2%
MEK	51.2	74%	
Vitel 2200共聚酯	8	12%	98.8%
甲苯	10	14%	
总计	69.3	100%	
涂层溶液	固体%	11.7%	

[0080] 表3—较轻染料溶液

[0081]

成分	量 (g)	占总量的重量%	占总固形物的重量%
Epilight 5391染料	0.1	0.09%	0.6%
MEK	73.2	67%	
Vitel 2200共聚酯	16	15%	99.4%
甲苯	20	18%	
总计	109.3	100%	

[0082]

涂层溶液	固体%	14.7%	
------	-----	-------	--

[0083] 利用此程序制得染料负载不同的五个膜样品。(就这一点而言,术语染料“负载”旨在涵盖染料浓度和/或染料厚度。)这些膜在法向入射角下在400nm至700nm的范围内的所测得的外部透射光谱被示为图6中的曲线601、602、603、604和605。这些曲线以染料负载递减的顺序列出,即,曲线601的膜具有最重染料负载,而曲线605的膜具有最轻染料负载。曲线602和603的膜使用表1的涂层特征制成;曲线604和605的膜使用表2的涂层特征制成;并且曲线601的膜通过将两个曲线602的膜与光学粘合剂层合在一起而制成。这些膜的可见光吸收带在图中显而易见。这些曲线在550nm附近的波长处各自具有透射率最小值(例如,见曲线605的点p)。鉴于此,这些染色膜选择性地吸收绿色可见光因此这些膜中的每个膜在透射中具有品红色外观。从图中还容易看出,吸收带的宽度(FWHM)随着染料负载增加而增大,这对于两个最重负载即曲线601和602来说,导致可见光谱的绿光部分的绝大部分和一些青色光被阻挡。

[0084] 这些染色膜(由它们在图6中使用的标记识别)的相关光学特征在下表4中提供。(获得表中的所计算的FWHM以用于如下图15所示的内部透射率的吸收曲线。)这些膜由CVD

个体通过将每个膜保持在个体眼睛附近进行检测,并且使个体透过膜观察一个或多个石原检测图和/或其他有色物体。进行这些检测的环境为具有漫射太阳光与荧光吊灯光的均衡混合光的有窗房间。对于该个体而言,对于在使用曲线603、604和605的膜,几乎没有或完全没有体验到辨色能力的改善。对于剩余的膜,即曲线601和602的那些膜时,CVD个体体验到辨色能力的一定程度的改善。但这些膜很暗,并具有微弱的绿光。

[0085] 表4—各种品红色吸收膜的光学特性

[0086]

膜 (曲线 标记)	λ_1 (nm)	λ_2 (nm)	FWHM 带宽 (nm)	λ 中心 (nm)	λ 峰值 (nm)	在 λ 峰 值处的 内部透 射率(%)	包括 550nm 的 10nm 范 围内的平 均内部透 射率(%)	420nm 至 680nm 的 范围内的 平均内部 透射率 (%)	420nm 至 λ 1、 λ_2 至 680nm 的 范围内的 平均内部 透射率(%)
601	495	582	87	538	554	1.53	1.98	64.2	87.4
602	500	580	80	540	554	3.08	3.82	67.8	88.9

[0087]

603	512	575	63	543	554	24.6	25.9	82.3	91.6
604	520	572	52	546	554	40.2	41.6	86.7	94.9
605	522	572	50	547	554	57.9	59.0	89.4	94.5

[0088] 图6的品红色吸收膜在光谱的绿光区域中具有足够强的光阻挡效果,但这些膜的带宽太宽以致产生非最佳(暗,亮度低)颜色观赏效果。然而,具有更低染料负载和较差绿光阻挡效果的此类膜可与窄带绿光反射多层光学膜结合使用(例如,当涂覆在所述多层光学膜的观察者侧上时),以帮助减少来自反射器的眩光。引起眩光的反射绿光实质上可两次穿过染料涂层,从而允许较轻染料负载也能够显著减少眩光。下面结合图12对此做进一步讨论。还可通过所公开的滤光片施加到其上的玻璃眼镜或眼镜的设计细节来减少眩光。例如,这种眼镜可采用弯曲的环绕式设计,这种设计使来自使用者身后的较少的光照射到眼镜的镜片上。还可添加不会影响反射器的内部各层的反射率的抗反射涂层,以减小来自镜片的表面的光的宽带反射,从而进一步减少来自镜片的眩光。

[0089] 制造了另外的多层光学膜。与图4和图5的膜类似,这些多层光学膜通过共挤出数百个交替的聚合物层、将多层挤出物浇铸到浇铸轮上,并且双轴拉伸浇铸膜来制成。在一种情况下,利用223个独立微层的叠堆制成多层光学膜,这些微层在PET材料和PMMA共聚物材料之间交替。此叠堆的层厚度分布被定制成在光谱的红外区域中产生一阶反射带。IR反射带的三阶谐波位于550nm处或附近的可见区域中。该膜在法向入射角下在400nm至700nm的范围内的所测得的外部透射率被示为图7中的曲线701。该膜的可见光反射带701a在图中可被容易识别出来。

[0090] 该多层光学膜(在图7中由其标记识别)的相关光学特征在下表5中提供。应当注意,反射带701a的宽度(FWHM)小于反射带501a的宽度。

[0091] 利用275个独立微层的叠堆制成另一个多层光学膜,这些微层在PET材料和PMMA共聚物材料之间交替。此叠堆的层厚度分布被定制成在光谱的红外区域中产生一阶反射带。IR反射带的三阶谐波位于550nm处或附近的可见区域中。该膜的光学特性作为所制造的膜幅材上的位置的函数而略有不同。在法向入射角下在膜上的两个不同位置处测量外部透射

率,并且所得结果被示为图8中的曲线801和802。该膜的可见光反射带801a和802a在图中可被容易识别出来。

[0092] 该多层光学膜(两个所测量的位置在图8中由其标记识别)的相关光学特征在下表5中提供。应当注意,反射带801a和801b的宽度(FWHM)小于反射带501a和701a的宽度。该膜由CVD个体通过使用眼镜框架进行检测,在眼镜框架中将膜以法向入射角保持在个体眼睛附近,膜的圆柱形曲率半径为约60mm,并且每块镜片的曲率中心定位在每只眼睛的视网膜的正后方,并且使个体透过膜观察一个或多个石原检测图和/或其他有色物体。进行这些检测的环境为具有漫射太阳光与荧光吊灯光的均衡混合光的有窗房间。对于该个体而言,体验到辨色能力的显著改善。

[0093] 制造了另一种多层光学膜。该多层光学膜为来自上文结合图8所述的多层光学膜的幅材的另一部分的膜的切片。在法向入射角下测量该膜的外部透射率,并且结果被示为图9中的曲线901。该膜的可见光反射带901a在图中可被容易识别出来。

[0094] 该多层光学膜(在图9中由其标记识别)的相关光学特征在下表5中提供。应当注意,反射带901a的宽度(FWHM)小于反射带501a和701a的宽度,而与反射带801a和802a的宽度大致相同。由于该膜是图8的膜的不单独检测的一部分。

[0095] 还使用相同层数、三阶反射带以及用于图8和图9的膜的材料来制造更多个多层光学膜,但是层厚度范围略有变化以便产生甚至更窄的反射带。使用相同的275层挤出物,通过使用不同的浇铸轮速来获得三个不同的多层光学膜。在法向入射角下测量这些膜的外部透射率,并且结果被示为图10中的曲线1001、1002和1003。这些膜的可见光反射带1001a、1002a和1003a在图中可被容易识别出来。由于类似的制造方法,带1001a、1002a和1003a的形状相似;但由于这些膜使用的拉伸比不同,故其带中心在波长上有所偏移。

[0096] 这些多层光学膜(在图10中由其标记识别)的相关光学特征在下表5中提供。应当注意,反射带1001a、1002a和1003a的宽度(FWHM)小于反射带501a、701a、801a、802a和901a的宽度。这些膜由CVD个体通过使用眼镜框架进行检测,在眼镜框架中将膜以法向入射角保持在个体眼睛附近,膜的圆柱形曲率半径为约60mm,并且每块镜片的曲率中心定位在每只眼睛的视网膜的正后方,并且使个体透过膜观察一个或多个石原检测图和/或其他有色物体。进行这些检测的环境为具有漫射太阳光与荧光吊灯光的均衡混合光的有窗房间。对于该个体,利用曲线1002的多层光学膜体验到辨色能力得的最大提高;而利用曲线1001和1003的多层光学膜体验到辨色能力有一定提高,但程度较小。

[0097] 本文所述的大多数颜色感知检测利用漫射太阳光与荧光吊灯光的均衡混合光在室内进行,或者在一些情况下,在仅由荧光灯照明的房间中进行。我们还研究了环境光照对颜色感知检测的影响。具体地,研究了三种不同的环境光照条件:仅利用荧光灯照明;利用漫射太阳光与荧光灯光的均衡混合光照明;以及仅利用太阳光照明。对于一些特定多层光学膜,在颜色感知检测中使用了这些不同的环境光照条件,这些多层光学膜中的每个多层光学膜具有中心波长在550nm处或附近、但FWHM带宽不同的反射带。第一个膜是曲线701的膜,具有约550nm的中心波长和48nm至49nm的带宽,其中膜面积只有微小变化。第二个膜是与曲线801和802相关联的膜:相同膜卷上的不同部分具有549nm的中心波长,并且由于膜面积的变化而具有35nm至38nm的范围内的带宽。第三个膜为曲线1002的膜,具有548nm的中心波长并且具有26nm的带宽。将这三个多层光学膜中的每个多层光学膜插入眼镜框架,在眼

镜框架中使膜以法向入射角保持在眼睛附近,然后由CVD在不同的环境光照条件下通过使用眼镜透过膜中的一个给定膜观察一个或多个石原检测图来进行测试。这些检测的结果是对于这三个膜中的每个膜,在仅利用荧光照明的环境中注意到辨色能力显著增强,在利用荧光/太阳光混合照明的环境中注意到辨色能力增强的程度略有下降,而在仅利用太阳光照明的环境中注意到辨色能力增强的程度更低,这取决于FWHM带宽。在仅利用太阳光照明的环境中,第一个膜和第二个膜(分别具有49nm和37nm的带宽)尤其是在与品红色弱吸光染料结合使用时(如下文进一步描述的),有助于CVD个体更清楚地看到红色物体。第三个膜(具有26nm的带宽)在仅利用太阳光照明的环境中几乎没有或完全没有辨色能力的增强,尤其是在单独使用第三个膜而不与品红色吸光染料一起使用时。

[0098] 为了提供CVD辨色能力的最大增强,需要使滤光片(或多层光学膜)在设计入射角下具有中心波长($\lambda_{\text{中心}}$)在540nm至560nm的范围内的阻隔带,尤其是在环境照明包括(部分或完全)荧光照明时。表现这种阻隔带的替代方式为,就在545nm至555nm波长范围内(或作为替代,在包括550nm的10nm宽波长范围内)的平均内部或外部透射率而言,例如此类平均值应当优选地不超过10%、5%、2%或1%,而同时如果任何其他可见反射带和高平均透射率在可见波长范围内,则具有较小的平均值。图11示出了代表性多层光学膜的所测得的透射率,在图中可看到叠加在测得的相对强度上的曲线1101和来自我们的检测中使用的一些环境的典型办公室荧光光源的曲线1102。就包括至少一些此类荧光灯的环境而言,推测多层光学膜的绿光反射带1101a与来自办公室荧光灯的绿光发射峰值至少部分重叠是有利的,以便对于增强辨色能力有效。曲线1101与图9的曲线901相同。因此,可通过在表5中查找曲线901的光学特征而获得曲线1101的多层光学膜的相关光学特征。

[0099] 表5—各种多层光学膜的光学特性

[0100]

膜 (曲线 标记)	λ_1 (nm)	λ_2 (nm)	FWHM 带宽 (nm)	$\lambda_{\text{中心}}$ (nm)	包括 550nm 的 10nm 宽范 围内的平均 内部透射率 (%)	420nm 至 680nm 的范 围内的平均 内部透射率 (%)	420nm 至 λ_1 、 λ_2 至 680nm 的范 围内的 平均内部透射率 (%)
701	524	573	49	548	3.20 (545-555)	78.4	94.3
801	532	567	35	549	0.02 (545-555)	85.2	96.4
802	530	568	38	549	0.02 (545-555)	84.5	96.8
901	532	567	35	549	0.01 (545-555)	84.6	96.0
1001	525	553	28	539	13.10 (540-550)	86.9	95.5
1002	534	562	28	548	0.03 (541-551)	87.0	95.6
1003	549	577	28	563	14.40 (550-560)	86.9	95.3

[0101] 图12的系统1200有助于说明眩光问题。环境白光1202a照亮物体(该物体可以是石原检测图或任何其他合适的物体),并且此物体将吸收一部分光,并将剩余的光散射为光

1202b。观察者1201 (可以是CVD个体) 使用眼镜1209 (例如, 护目镜、平光眼镜或玻璃眼镜) 通过物体散射的光1202b来观察物体。读者将理解, 虽然示出了观察者1201的仅一只眼睛和眼镜的仅一部分, 但该眼镜可包括与图12所示基本相同的另一半, 以及用于将眼镜保持在观察者头上适当位置的合适的框架、带具和/或其他支撑结构。眼镜包括镜片1216和施加到镜片的表面1216a的滤光片1211。滤光片1211可以是本文所公开的用于增强CVD个体的辨色能力的滤光片中的任一个滤光片。镜片1216被示为弯月形镜片, 但也可使用其他任何类型的镜片。此外, 术语“镜片”在此上下文中不仅是指具有正光焦度或负光焦度的常规镜片, 而且其足够宽以涵盖光焦度为零的厚度均匀的平坦或弯曲板 (这种平坦或弯曲板可用作防护罩或窗户)。

[0102] 散射光1202b穿过镜片1216, 并由滤光片1211过滤以提供过滤后的光1202c, 这种过滤后的光由观察者1201用于感知物体。滤光片1211优选地至少包括多层光学膜1210和品红色吸收层1212。多层光学膜1210在可见光谱的绿光区域的一部分中具有强而窄的反射带。品红色层1212 (例如) 在相对窄的吸收带中选择性地吸收绿光。滤光片1211可包括如本文别处所讨论的其他层和特征, 和/或其可利用本文所述的滤光片中的任一个滤光片来替换。滤光片1211可经由光学透明的粘合剂或其他任何合适的材料或方法施加到镜片1216上。优选地, 附接使滤光片1211和镜片1216之间没有气隙。

[0103] 可能源于观察者1201身后或观察者1201的侧面、或者可能为或包括从观察者面部反射的光的杂散光1203a照射在眼镜1209的观察者的侧面, 即从散射光1202b的反方向。可通过把合适的设计特征 (例如, 环绕式设计) 整合在眼镜中, 和/或通过在眼镜设计中包括不透明侧面屏蔽罩来最小化或减少这种杂散光。然而, 此类设计特征并非在所有情况下都是恰当的, 并且即便眼镜包括这些设计特征时, 它们也可能无法充分消除杂散光。杂散光1203a将通常不会针对普通眼镜引起问题, 原因是普通眼镜将通常只把一小部分杂散光反射成反射光1203b, 也可将这种反射光称作眩光1203b。但就多层光学膜1210而言, 它在光谱的绿光区域的一部分中具有强反射带 (并且在越来越倾斜的角度下, 此反射带偏移到更短的波长), 这一点不同于普通眼镜。因此, 即便杂散光1203a在可见红蓝光波长和可见蓝光波长处的那部分光可几乎没有反射地基本上穿过眼镜1209, 但多层光学膜1210的反射带内的绿光波长至少一部分将被强烈地反射为眩光1203b, 并且此类绿色眩光1203b可能使观察者1201分心、厌烦或换言之是观察者所不期望的。

[0104] 可在滤光片1211中采用品红色吸收层1212以显著减少此类眩光。为了实现这一点, 我们把品红色层1212设置在多层光学膜1210的观察者侧上, 使得可能变成眩光1203b的任何光需穿过品红色层1212两次。另外, 把品红色层定制成具有选择性地吸收至少一些绿色可见光的吸收带, 并且该吸收带 (和/或这种带的峰值吸收) 的波长优选地至少大致与膜1210的反射带波长对齐。由于光必须穿过品红色层1212两次才能变成眩光1203b, 所以品红色层可有利地提供程度相对较大的眩光减少 (通过吸收机理), 同时只有相对小的峰值吸收 (如在 (单程) 透射中所测得的)。在示例性实施例中: 多层光学膜的反射带与品红色层的吸收带结合以形成在设计入射角下宽度 (FWHM) 为60nm或更小、或者50nm或更小, 或者在20nm至50nm的范围内、或者在20nm至40nm的范围内的阻隔带; 和/或多层光学膜与品红色层的组合在设计入射角下在包括550nm的10nm宽波长范围内具有10%或更小、或者5%或更小、或者2%或更小、或者1%或更小的平均内部透射率; 和/或对于在入射到多层光学膜上之前以

设计入射角并从使得光穿过品红色吸收层的方向入射到多层光学膜与品红色吸收层的组合上的光而言,多层光学膜与品红色吸收层的组合在500nm至600nm波长范围内具有小于50%、或者小于40%、或者小于30%、或者小于20%的最大反射率百分比;和/或与品红色层的最大吸收率和最小透射率相对应的吸收峰值可位于至少530nm但不超过560nm的波长处;和/或吸收峰值具有可能大于20%但小于80%的内部透射率。

[0105] 包括合适的框架和一对镜片的示例性眼镜实施例在图12A中示出,所公开的滤光片可附接到或以其他方式结合到这对镜片;然而,眼镜1209可具有任何合适的设计。就矫正镜片眼镜而言,眼镜1209可使滤光片1211相对于使用者视线、或相对于与使用者面部正交的轴线倾斜大约10度角。滤光片1211可层合到或以其他方式附接到略微弯曲的眼镜镜片(例如,具有大于100mm的曲率半径)的内表面或外表面。基于PET的多层光学膜可被冷压为适形于这种曲率,并利用常用的光学粘合剂保持于此,尽管这种曲率小至100mm,但可能需要施加一些热来使膜适形。可使用大约100℃或更高温度的低水平加热帮助聚合物滤光片应用于曲率半径为约100mm甚至更小的镜片。在把聚合物滤光片热成形为小曲率半径表面时应小心以避免将膜不均匀拉伸。滤光片可层合至镜片的正面或背面,或可作为“夹式”结构附接到眼镜,这种“夹式”结构利用到机械附接元件和/或磁性附接元件。作为另外一种选择,可使用例如美国专利5,827,614 (Bhalakia等人) 和/或6,328,446 (Bhalakia等人) 中所讨论的那些方法来将膜结合在镜片中。其他附接技术包括抵靠滤光片注塑镜片材料,或者把镜片制成两个部分,然后将光学滤光片或其多个部件层合到两个镜片部分中的一个部分或其他部分上,再将两个镜片部分光学粘合到一起。滤光片不需要附接到任何矫正镜片,但是其可以是自承式的并被任何合适的眼镜框架(例如,常规眼镜框架)保持在适当的位置。在一些实施例中,滤光片或刚性层合体中的滤光片可与眼镜框架一起使用,该眼镜镜框将两个滤光片中的每个滤光片机械地以具有40mm或更大曲率半径的圆柱形构型保持在适当的位置,而无需热成形。在一些情况下,可能期望在眼镜镜片的前表面上包含偏振染料。在一些情况下,眼镜1209可省去镜片1216,例如通过使用合适的框架把聚合物膜滤光片保持在适当的位置、或以其他方式相对于(例如)使用者面部的法向成期望的入射角(倾斜角)并且以期望的曲率半径(不管是平坦的、还是不平坦的)保持该滤光片。

[0106] 现在将继续描述各种品红色吸光染料和可以在所公开的滤光片中例如结合所公开的多层光学膜使用以减少眩光的材料,并且我们还将描述用于所公开的滤光片中的其他有色吸收层。

[0107] 如果以染料的光密度衡量窄带染料的光谱宽度(如下文进一步讨论的),那么光谱宽度通常与染料负载无关。然而,从内部透射率百分比、吸收率百分比或吸收率曲线所测得的光谱宽度会随染料负载增加而显著增大。这种效应对与窄带染色层(或类似的窄带吸收层)结合的窄带反射多层光学膜的滤光片的性能有重大影响,窄带反射多层光学膜与窄带染色层这两者均对透射光进行窄带阻挡,并且用于提供更多吸收所反射的眩光的更宽的带。

[0108] 可选择具有绿光选择性吸收带的染料或其他吸收材料或层,这种绿光选择性吸收带的FWHM宽度(从内部透射率、吸收率或吸收率曲线所测得)可通过使用具有相对中等峰值吸收(例如,在40%至80%的范围内)的稀释涂层被定制成相对较窄。这允许落在多层光学膜的反射带之外的光具有相对高的透射率。把吸收层施加到多层光学膜的观察者侧上之

后,穿过吸收器的双程光在从多层光学膜反射之前和之后,较之单程吸收,该反射光的光衰减增大,原因在于吸收带宽和路径长度均有效增加。换言之,适度吸收染料在双程反射光下的FWHM较之单程透射光下的FWHM明显大得多。这便使反射绿光在染料的吸收峰值处的波长没有较大衰减。

[0109] 除使眩光减少外,吸收层(例如,稀释染料)的窄带宽还在设计入射角下向观察者透射与多层光学膜类似的颜色。当在较大角度范围内在透射过程中观察包含吸收层和多层光学膜两者的滤光片时,此复合膜的外观颜色显示出较之从滤光片省去吸收层、或吸收层的颜色选择性较小(诸如宽带灰色吸收膜)这些情况不那么明显的颜色改变。由多层光学膜的反射带随观察角度变化的已知颜色改变,使观察者不太可能因这种现象分心(参见例如美国专利6,531,230(Weber等人))。如果为大于约20度或30度偏离正交的观察角度,则在观察者看来颜色增强有益效果可能由于多层反射器出现带移而减小,但与诸如激光防护眼镜的一些应用不同,这种颜色增强有益效果减弱的情况可能不会给眼镜的使用者带来危险。就激光防护眼镜而言,反射带随观察角度变化而偏移这一现象被认为是极不受欢迎的,并且因此这种应用中的多层反射器通常被设置在高度弯曲的基底(例如,镜片、窗户或防护罩)上,例如曲率半径在40nm至60mm的范围内的基底,该基底和反射器的曲率中心通常定位在使用者眼睛的视网膜后方或附近。相比之下,本文所公开的眼镜和施加到此类眼镜上的所公开的滤光片不需要具有此类强曲率,但如果需要也可以有。例如,此类眼镜(例如,镜片)和滤光片可具有大于100mm或大于150mm的曲率半径,这些范围包括无穷大的曲率半径,即镜片表面或滤光片可能是平坦的。

[0110] 现在结合图6回顾上文讨论过的染成品红色的吸收膜,并进一步详细地评价这些膜。图13再现了所测得的外部透射光谱601,602,603和604,只是把它们分别重新标记为1301,1302,1303和1304。与这些光谱相关联的膜使用了不同负载量的Epolight™5391染料,如上所述。图13还在这些光谱上叠加了来自图7的窄带绿色反射多层光学膜的所测得的外部透射光谱(见曲线701),此光谱在图13中被重新标记为1305。叠加的透射光谱以图形展示出品红色吸收层的吸收带、和/或吸收带的峰值吸收的波长可至少大致对准多层光学膜的反射带。

[0111] 通过比较曲线1301至1304,并通过查看表4,使用来自图15的数据(其包括与曲线1301至1304相关联的吸收膜的光学特征)可以看出这些品红色吸收膜的吸收带的FWHM宽度作为染料负载的函数而变化。对于膜,染料负载越轻并且在可见范围内的平均透射率越高,吸收带宽就越窄(参见例如曲线1304)。对于膜,染料负载越重并且在可见范围内的平均透射率越低,吸收带宽就越宽(参见例如曲线1301)。具有较低染料负载的吸收带宽较窄的膜可用作可接受的窄带减眩光器。

[0112] 有趣的是,如果以光密度(OD)或吸光度重新阐释品红色吸收膜的透射特征,即

[0113] $\text{光密度(或OD)} = \text{吸光度} = -\text{Log}_{10}((\text{内部透射率}\%)/100)$,

[0114] 那么各种膜的所得透射光谱表现出的吸光宽度对于染料负载的依赖程度便大大降低。图13的染色膜中的一些染色膜的光密度或吸光度通过下述方式计算:通过首先在数学上从相应外部透射光谱消除聚合物/空气界面处的光反射效应(以便得到内部透射率百分比),然后除以100,并且根据上述等式计算负对数。聚合物/空气界面处的(菲涅耳)反射率可通过数学方式采用以下公式消除。该公式根据所测得的外部透射率“T外部”来计算膜

的内部透射率“T内部”：

[0115] $T_{\text{内部}} = (-b + \sqrt{b^2 - 4ac}) / 2a$, 其中：

[0116] $a = r_1 * r_2 * t$

[0117] $b = 1 - r_1 - r_2 + r_1 * r_2$

[0118] $c = -T_{\text{外部}}$

[0119] r_1 = 根据第一聚合物/空气表面的折射率计算得到的第一聚合物/空气表面的反射率，

[0120] r_2 = 根据第二聚合物/空气表面的折射率计算得到的第二聚合物/空气表面的反射率。

[0121] 这些计算的结果示于图14中。在图14中，曲线1401, 1402和1403为分别针对曲线1302, 1303和1304的品红色吸收膜所计算的光密度或吸光度。就图14中的每条曲线而言，提供了两条细竖直线，以标出吸光度为最大值一半处的短波长位置和长波长位置。

[0122] 从图中可以看到，染色程度不同的膜的吸光度或光密度谱线具有对染料负载的依赖程度降低的宽度（各自为约40nm）。然而，就用于增强CVD个体的辨色能力的本申请而言，吸收带宽的该量度（基于吸收层的光密度）的重要性比不上由吸收层所吸收的光的比例或百分比所测量的带宽（即，基于吸收率或内部透射率）。“吸收率”为介于0和1之间的参数，并且等于1减去内部透射率（这种情况下，内部透射率被表示为十进制值而非百分比）。如结合图6和图13看到的，与图14相比，染色膜的吸收带的宽度（FWHM）随染料负载变化而显著改变。然而，严格说来，图6和图13包括菲涅耳表面反射的效果，因此在这是就外部透射率而言而非内部透射率。可轻易通过数学方式如上所述从外部透射光谱消除前表面和后表面菲涅耳反射效果，以获得更严谨的结果。

[0123] 在该方法之后，计算曲线1302、1303和1304的吸收率，并分别绘制成图15中的曲线1501、1502和1503。对于图15中的每条曲线而言，再次提供了两条细竖直线，以标出吸收率为最大值一半处的短波长位置和长波长位置。于是得到了分别等于80nm、63nm和52nm的曲线1501、1502和1503的FWHM宽度。因此，再次看到这些品红色吸收膜的吸收带的宽度随着染料负载增加（并随着峰值吸收率增加）而显著增大。相似地，双程光经由来自相邻多层反射器的反射穿过染料层使染料负载有效翻倍，并且因此染料层在反射光下的FWHM较之染料层在单程透射光下的FWHM增大。

[0124] 从图13（和图15）可以看出，曲线1303和1304（曲线1502和1503）的品红色吸收膜的带宽与曲线1305的多层光学膜的带宽接近，并且这两个品红色吸收膜吸收多层光学膜的反射带之外的相对少量的光。因此，在这些吸收膜的相对稀释涂层中，大多数吸收发生在已被多层光学膜的反射带阻挡的带中，并且这些带（单独和一起）阻挡整个绿光可见范围的仅一部分。使用由曲线1305的多层光学膜与曲线1303或1304的品红色吸收层的组合制成的滤光片的观察者因此仍可感知大量绿色可见光，这些绿色可见光使观察者能够在减少的眩光下查看有色的物体和图像，同时多层光学膜针对绿光可见范围的所选择的部分提供大部分阻挡能力。

[0125] 图16提供了一些示例性透射率和反射率曲线，这些曲线显示了利用具有中等峰值吸收的适当设置的品红色吸收层可将来自窄带绿光反射多层光学膜的眩光（反射）明显减少到何种程度。曲线1601为窄带绿光反射多层光学膜的反射率（由在法向入射角下的多测

得的外部透射率计算得到)。曲线1602为类似于图6的那些膜的品红色吸收膜的内部透射率,该品红色吸收膜使用Epolight 5391染料制成。制作该品红色吸收膜的方式为:将染料溶解在耐划伤可紫外线固化丙烯酸酯硬质涂膜的溶剂中,然后与该硬质涂膜的树脂混合。利用43%二氧化硅烷装填该丙烯酸酯,并且把染料负载调整为提供期望的吸收峰值。如下表6中所示,硬质涂膜中的染料的光谱宽度(FWHM)大于Vitel涂层中同种染料的光谱宽度。将表4中的染料曲线604和605的FWHM值和峰值透射率与表6中曲线1602的FWHM值和峰值透射率进行比较。该不同染料主体还将峰值吸收波长从Vitel中的554nm偏移到551nm的较低值。光透射穿过品红色染料层两次这种情况近似为曲线1603,该曲线考虑了只有特定波长的光才被多层叠堆完全反射接着穿过染料层两次这一实际情况。曲线1603和1604基于曲线1601和1602计算得到。具体地,除了在多层光学膜的反射带1601a区域中存在差别外,曲线1603的走向和曲线1602基本一致。在反射带1601的区域中,鉴于该波长区域中的光穿过品红色吸收膜两次这一事实(参见图12),曲线1603为品红色吸收膜的“双程”内部透射率。曲线1603的峰值吸收比曲线1602的峰值吸收大得多。通过与图13和图15的曲线类比,吸收曲线1603的有效FWHM也比曲线1602的FWHM大得多,因此能提供更宽的带以用于更多地吸收反射眩光,同时还提供吸收透射光的更窄的吸收带以用于查看有色物体和图像。

[0126] 曲线1604为基于多层光学膜在法向入射角下的反射率(曲线1601)和曲线1603的透射光谱(所提供的吸收率)计算得到的总反射率或眩光。该曲线图考虑到了由于反射带的有限带宽而被品红色吸收膜显著吸收效果的光的并非所有波长会被多层光学膜明显反射这一实际情况。(还可考虑到反射带作为入射角的函数而出现偏移这一效应,此效应应在下文结合图17讨论。)这些考虑因素导致吸收层的吸收带的宽度和峰值吸收的复杂程度被“放大”。

[0127] 品红色吸收膜(由其标记1602识别)的相关光学特征在下表6中提供,多层光学膜(由其标记1601标识)的相关光学特征在下表7中提供。多层光学膜的反射带具有比染料的FWHM宽度窄的FWHM宽度。因此,多层光学膜将不会反射品红色吸收膜在其中具有显著吸收效果的所有波长,并且品红色吸收膜将不会在其整个吸收带上产生完全双程吸收。

[0128] 然而,就接近法向入射传播到膜上的光而言,例如由于光反射离开观察者眼球或离开观察者眼睛附近的皮肤,穿过品红色吸收膜两次的光仍将导致反射器带宽内的光衰减,如大致由图16的曲线1603示出。因此在光法向入射到具有竖直带边缘的多层光学膜上的情况下,眩光仍以图16中的曲线1604大致给出。滤光片构造因而能在500nm至600nm的范围内提供显著降低的峰值反射率。

[0129] 光以非法向角度进入吸收膜,然后被多层光学膜反射(由于光以非法向角度入射,该多层光学膜的反射带在光谱上出现偏移)的情况更为复杂,因为这取决于光的具体入射角度。图17的曲线图研究了与图16中相同的窄带绿光反射多层光学膜和品红色吸收膜的这种情况。在图17中,将多层光学膜在法向入射角下的所测得的外部透射率绘制为曲线1701,并将同一个膜在30度倾斜角下的所计算的外部透射率绘制为曲线1702。图17还包括品红色吸收膜的所测得的外部透射率,其标记为1703。在30度入射角下,穿过品红色吸收膜两次的光主要在大约500nm至530nm的波长范围内出现。吸收膜在这些波长处仍具有显著吸收效果,并将提供一定的抗眩光有益效果。在此处的实例中,在硬质涂膜中使用略微加宽的Epolight5391染料带宽和该染料的波长发生偏移的峰值,与在Vitel中使用同一种染料相

比,在较低的波长处吸收更多光。在较大入射角(例如45度至60度)下,多层光学膜的反射带将偏移到蓝色可见区域中,在该区域中,吸收膜吸收的光少得多。但由于人眼的明视灵敏度响应下降,此蓝色可见区域也在不易被眼睛发现的波长范围内。

[0130] 如果需要针对以大角度范围从滤光片反射的高强度光设计抗眩光解决方案,那么还可把宽带吸收器(例如,宽带染料,或共同产生宽带吸收的多种染料的组合)用作抗眩光层。这种宽带吸收器可以在可见区域内具有随波长而变的相对均匀的透射率(和相对均匀的吸收率)。虽然所得的滤光片构造(窄带绿光反射多层光学膜加上宽带吸收器)对光只有较低的总透射率,例如,对420nm至680nm范围的光的平均透射率可能小于50%、小于30%、或甚至小于20%,但这种滤光片构造却可用于需要低得多的总透射率的阳光充足的户外环境中。

[0131] 表6—各种品红色吸收膜的光学特性

[0132]

膜 (曲线 标记)	λ_1 (nm)	λ_2 (nm)	FWHM 带宽 (nm)	λ 中心 (nm)	λ 峰 值 (nm)	在 λ 峰 值处的 内部透 射率 (%)	包括 550nm 的 10nm 宽波长 范围内的 平均内 部透射 率(%)	420nm 至 680nm 的范围 内的平 均内部 透射率 (%)	420nm 至 λ_1 、 λ_2 至 680nm 的范围 内的平 均内部 透射率 (%)
1602	505	573	68	539	551	51.6	52.3	85.5	93.2
1801	514	575	61	544	553	52.7	54.2	82.8	88.7
1802	499	580	81	539	554	30.0	31.3	68.8	78.6
1803	499	587	88	543	559	9.2	14.2	55.9	68.4
1804	473	595	122	534	559	2.8	4.8	42.2	57.3

[0133] 表7—多层光学膜的光学特性

[0134]

膜 (曲线 标记)	λ_1 (nm)	λ_2 (nm)	FWHM 带宽 (nm)	λ 中心 (nm)	包括 550nm 的 10nm 宽波长范 围内的平均内 部透射率(%)	420nm 至 680nm 的 范围内的 平均内部 透射率(%)	420nm 至 λ_1 、 λ_2 至 680nm 的 范围内的 平均内部透射 率(%)
1601	532	567	35	549	0.01 (545-555)	84.6	96.0

[0135] 研究了Epolight 5391窄带染料的替代品。该替代品为可从日本东京山本化成株式会社(Yamamoto Chemicals, Inc., Tokyo, Japan)获得的SD-048型窄带染料。然后按照与用Epolight 5391染料制作膜类似的方式,使用SD-048染料以多种染料负载制成另外的品红色吸收膜。四种不同染料负载的制备细节(一些染料负载在Vitel中制备,一种染料负载在PMMA中制备)在下面的表8、9、10和11中提供。使用24号迈耶棒将这些染料溶液中的每一种手工涂布到50微米厚透明聚酯膜上,由此制出四种染色膜。

[0136] 表8—Vitel V22001:1染料溶液

[0137]

成分	量 (g)	占总量的重量%	占总固形物的重量%
Yamamoto SD-048染料	0.1	0.17%	1.2%

[0138]

MEK	42	70%	
Vitel 2200共聚酯	8	13%	98.8%
甲苯	10	17%	
总计	60.1	100%	
涂层溶液	固体%	13.5%	

[0139] 表9—Vitel V22001:2染料溶液

[0140]

成分	量 (g)	占总量的重量%	占总固形物的重量%
Yamamoto SD-048染料	0.1	0.10%	0.6%
MEK	64	63.94%	
Vitel 2200共聚酯	16	15.98%	99.4%
甲苯	20	19.98%	
总计	100.1	100%	
涂层溶液	固体%	16.1%	

[0141] 表10—Vitel V22003:1染料溶液

[0142]

成分	量 (g)	占总量的重量%	占总固形物的重量%
Yamamoto SD-048染料	0.3	0.30%	3.6%
MEK	82	81.75%	
Vitel 2200共聚酯	8	7.98%	96.4%
甲苯	10	9.97%	
总计	100.3	100%	
涂层溶液	固体%	8.3%	

[0143] 表11—PMMA V0443:1染料溶液

[0144]

成分	量 (g)	占总量的重量%	占总固形物的重量%
Yamamoto SD-048染料	0.3	0.30%	3.6%
MEK	60	59.82%	
丙酮	22	21.93%	

VO44PMMA	8	7.98%	96.4%
甲苯	10	9.97%	

[0145]

总计	100.3	100%	
涂层溶液	固体%	8.3%	

[0146] 对于所得的四个品红色吸收膜中的每个膜,在法向入射角下测量外部透射率。代表性的外部透射光谱被绘制成图18中的曲线1801、1802、1803和1804。曲线1801对应于由表9的染料溶液(Vitel 1:2溶液)制成的膜,曲线1802对应于由表8的染料溶液(Vitel 1:1溶液)制成的膜,曲线1803对应于由表10的染料溶液(Vitel 3:1溶液)制成的膜,曲线1804对应于由表11的染料溶液(PMMA 3:1溶液)制成的膜。这些品红色吸收膜(由它们相应的标记标识)的相关光学特征在上表6中由图图19的数据提供。图18中还绘制有曲线1805,该曲线是来自图7的多层光学膜的法向入射外部透射率。(透射光谱1805和相关联的反射带1805a分别与透射光谱701和反射带701a完全对应)。这样的多层光学膜可与吸收膜中的任一个结合以形成滤光片,这种滤光片由于吸收膜的作用导致眩光减少,能显著增强CVD个体区分或辨别颜色的能力。

[0147] 可使用上文结合图13到图15描述的技术重新计算以吸光度或光密度(OD)、或以吸收率表示的品红色吸收膜特性。以这种方式,分别基于外部透射率曲线1801、1802、1803和1804计算得到图19的吸收率曲线1901、1902、1903和1904。计算曲线1901、1902、1903和1904的FWHM宽度,分别为61nm、81nm、88nm和122nm。此处再次看到,像用Epolight5391制成的膜那样,这些品红色吸收膜的吸收带宽度随着染料负载增加且随着峰值吸收率增加而显著增大。在低染料负载下,该染料可在反射带波长范围之外提供相对高的透射率,而在反射带中提供良好吸收。在许多情况下,80nm或不到80nm的FWHM宽度就可能足以提供良好眩光控制和使人满意的带外透射率。

[0148] 还分别基于外部透射率曲线1801、1802、1803和1804计算得到图20的吸光度或光密度曲线2001、2002、2003和2004。计算曲线2001、2002、2003和2004的FWHM宽度,分别为47nm、56nm、40nm和43nm。这再次表明,染色程度不同的膜的吸光度或光密度谱线具有对染料负载的依赖程度降低的宽度。

[0149] 制作了多个组装了与品红色吸收层结合(层合)的窄带绿光反射多层光学膜的复合滤光片,并为了弄清这些复合滤光片是否能使有色觉缺陷个体的辨色能力出现任何改善,使一个或多个CVD个体对这些滤光片进行了检测。图21至图23示出这些滤光片的所测得的外部透射光谱。

[0150] 就图21的滤光片而言,它是将曲线701的窄带绿光反射多层光学膜(参见图7,该膜本身具有49nm的FWHM宽度)层合到曲线1304的品红色吸收膜(参见图13,该膜本身具有52nm的FWHM宽度)得到的。所得复合滤光片在法向入射角下具有由图21的曲线2101示出的所测得的外部透射率。在550nm处或附近很容易看到阻隔带2101a。该复合滤光片的相关光学特征在下表12中提供。复合滤光片的FWHM宽度(54nm)仅略大于单独的多层光学膜的FWHM宽度(49nm)或单独的品红色吸收层的FWHM宽度(52nm)。

[0151] 两个复合滤光片与图22相关联。这些滤光片以与图21的滤光片相同的方式制成，但浇铸轮速度被调整以使反射带偏移到所需波长。在第一个这样的滤光片中，窄带绿光反射多层光学膜层合到曲线1304的品红色吸收膜。像在图21中那样，多层光学膜的反射带为中心波长略小于550nm且FWHM宽度为约48nm的三阶带。所得复合滤光片在法向入射角下的所测得的外部透射率被示为图22中的曲线2201示出。该复合滤光片的相关光学特征在下表12中提供。FWHM增大至58nm，原因是多层光学膜的反射带移动到较短波长，染料的吸收带却没有。要提供光谱宽度 (FWHM) 较窄的阻隔带，可能需要使用吸收带在较短波长处的替代染料。

[0152] 图22的第二复合滤光片具有略大于550nm的中心波长。反射带的FWHM宽度为约49nm。该多层光学膜层合到与曲线2201的复合滤光片中所用相同的品红色吸收膜。所得复合滤光片在法向入射角下的所测得的外部透射率由曲线2202示出。该复合滤光片的相关光学特征在下表12中提供。FWHM增大至59nm，原因是多层光学膜的反射带移动到较短波长，染料的吸收带却没有。要提供光谱宽度 (FWHM) 较窄的阻隔带，可能需要使用吸收带在较短波长处的替代染料。

[0153] 三个复合滤光片与图23相关联，它们分别由多层反射器和品红色吸光染料层组成。这三个滤光片中的每个滤光片的多层反射器具有275个交替的PET和PMMA共聚物层，层厚度梯度在红外区域中产生一阶反射带，此反射带的三阶谐波在550nm处或附近产生可见反射带。通过在挤出过程中改变浇铸轮速度，把每个多层光学膜的可见反射带的精确光谱位置调整到期望值。第一个多层光学膜 (第一个复合滤光片的元件) 的可见反射带具有略小于550nm的中心波长，第二个多层光学膜 (第二个复合滤光片的元件) 的可见反射带具有最接近550nm的中心波长，第三个多层光学膜 (第三个复合滤光片的元件) 的可见反射带具有略大于550nm的中心波长。要制作复合滤光片，需将这些多层光学膜中的每一个附接到品红色吸收膜。在每种情况下，用到的品红色吸收膜都是具有由曲线2501 (参见下图25) 指示的染料负载的品红色吸光染料膜，该膜的内部透射率最小值为51%。该膜也是曲线1602所用且测得为该曲线的同一染色膜。曲线1703示出这同一染料层的外部透射率。该品红色吸收膜与上述三个多层光学膜的组合分别产生第一复合滤光片、第二复合滤光片和第三复合滤光片。这三个复合滤光片在法向入射角下的所测得的外部透射率分别被示出为图23的曲线2301、2302和2303。这些复合滤光片的阻隔带为相应多层光学膜的 (三阶) 反射带与品红色吸收膜的吸收带的组合，在图中可以清楚地看到。这些复合滤光片的相关光学特征在下表12中提供。应当注意，在增添曲线1602的品红色层 (FWHM为68nm) 后，曲线2301至2303的窄光谱宽度 (FWHM) 值仅略大于35nm的基础光学膜值 (曲线1701)。

[0154] 表12—多层光学膜+吸收膜组合的光学特性

[0155]

膜 (曲线 标记)	λ_1 (nm)	λ_2 (nm)	FWHM 带宽 (nm)	λ 中心 (nm)	包括 550nm 的 10nm 宽波长 范围内的平均 内部透射率 (%)	420nm 至 680nm 的范 围内的平均 内部透射率 (%)	420nm 至 λ_1 、 λ_2 至 680nm 的 范围内的 平均内部透射 率(%)
2101	521	575	54	548	0.44 (545-555)	73.1	89.5
2201	509	567	58	538	0.34 (540-550)	73.0	90.3
2202	528	587	59	557	0.57 (545-555)	70.3	87.4
2301	519	562	43	540	2.12 (540-550)	77.3	89.5
2302	531	572	41	551	0.01 (545-555)	77.3	89.5
2303	535	582	47	558	1.05	74.6	87.4

[0156]

					(550-560)		
--	--	--	--	--	-----------	--	--

[0157] 由19个个体(大多数有色觉缺陷)对图21的复合滤光片进行检测。(已知一个个体的色觉正常,没有色觉缺陷(见图24A、图24B中的10号个体);另一个个体自认有色觉缺陷,但检测结果显示他并没有色觉缺陷(见图24A、图24B中的4号个体);的确具有CVD的又一个个体接受两次检测,将检测结果分开报告为两个个体,即1号个体和11号个体。)将滤光片插入眼镜框架中,该眼镜框架把膜以约60mm的圆柱形曲率半径固定,且每块镜片的曲率中心定位在每只眼睛的视网膜正后方,以使观察者在法向入射到膜表面上的光下视物。在有漫射太阳光与荧光吊灯发光的均衡混合光的有窗房间环境中,使每个个体在不使用滤光眼镜的情况下尝试读取25个石原检测图中的数字图案。由每个个体正确识别出的石原检测图个数(共计25个检测图)绘制在图24A中。(没有绘制10号个体(已知其色觉正常)的数据点。该个体识别出全部25个石原检测图。)在该图中,纵轴为被正确识别出的石原检测图个数,横轴为参与检测的个体的身份编号(从1到20)(需要说明的是,横轴上的“个体”中有两个是接受了两次检测的同一个体)。采用标准化方法,回答正确得分13或不到13指示个体有色觉缺陷,回答正确得分17或17以上指示个体的色觉正常。为便于参考,在图中画出纵坐标值为13和17的两条细水平线。显而易见,这20个个体几乎全部有色觉缺陷。

[0158] 然后使同样的这19个个体中的每个个体戴上滤光眼镜(除此之外,其他条件基本相同),重新检测。把所有19个个体的结果绘成图24B中的正方形数据点,图24B的设置与图24A相同。为方便起见,还在24B中再现了原始数据点(个体未佩戴滤光眼镜得到的数据点),将它们绘成圆形数据点。请再次注意,图24B横轴上的“个体”中有两个(1号个体和11号个体)是接受了两次检测的同一有色觉缺陷个体。另外,在该检测中,10号个体在佩戴滤光眼镜的情况下再次将25个石原检测图悉数识别出。

[0159] 除1号个体外,使同样的这19个个体中的每个个体戴上滤光眼镜,在房间仅用顶置式荧光灯照明的不同照明条件下再次重新检测。随后召回1号个体重新参与检测,结果以11号个体报告。这样,该1号个体也接受了这部分检测。在这种情况下,把所有19个个体的结果

绘成图24B中的菱形数据点(请记住,没有提供数据点的10号个体再次将25个石原检测图悉数识别出)。

[0160] 还用图22的滤光片进行了辨色能力检测。就这些检测来说,对滤光玻璃眼镜作以下修改:把图21的滤光片替换为曲线2201的滤光片(其中心波长在上表12中示出,为538nm),此时滤光片具有相同的圆柱形构型,且从观察者眼睛的角度看来,提供大致法向入射的光。一般说来,组内CVD个体注意到,在佩戴装有曲线2101的滤光片的眼镜和装有曲线2201的滤光片的眼镜观察石原检测图时,辨色能力较之未佩戴滤光眼镜时有显著改善。通常情况下,这两种类型的眼镜对辨色能力的改善程度大致相同,且大多数有色觉缺陷个体无法辨别曲线2101的滤光片和曲线2201的滤光片之间的差别。

[0161] 还用图23的滤光片和其他若干滤光片进行了辨色能力检测。在这些检测中,向上文结合图21讨论的19个个体中的一个个体展示了若干个不同的石原检测图并要求其读取每个检测图中的数字图案,此个体为有色觉缺陷个体,并被认为是这19个个体的组中有色觉缺陷个体的典型代表。控制照明条件。记录该个体在“未使用滤光片”和佩戴施加了以下滤光片之一的眼镜时,成功和未成功读取石原检测图的个数。这些滤光片分别为:

[0162] □ • 曲线2301的复合滤光片(图23);

[0163] □ • 曲线2302的复合滤光片(图23);

[0164] □ • 曲线2303的复合滤光片(图23);

[0165] □ • 曲线2101的复合滤光片(图21);

[0166] □ • 仅由一片在法向入射角下具有以下内部透射率特征的多层光学膜组成的滤光片(本文中称为MB530),这些内部透射率特征为: $\lambda_1 = 513\text{nm}$; $\lambda_2 = 548\text{nm}$; FWHM带宽 = 35nm; $\lambda_{\text{中心}} = 530\text{nm}$; 在包括550nm的10nm宽波长范围内(在540nm到550nm的范围内,选择的该范围能提供最小数值结果)的平均内部透射率(%) = 38%; 420nm至680nm的范围内的平均内部透射率(%) = 86%; 420nm至 λ_1 以及 λ_2 至680nm的范围内的平均内部透射率(%) = 97%;

[0167] □ • 仅由一片在法向入射角下具有以下特征的多层光学膜组成的滤光片(本文中称为MB570),这些特征为: $\lambda_1 = 552\text{nm}$; $\lambda_2 = 588\text{nm}$; FWHM带宽 = 36nm; $\lambda_{\text{中心}} = 570\text{nm}$; 在包括550nm的10nm宽波长范围内(在550nm到560nm的范围内,选择的该范围能提供最小数值结果)的平均内部透射率(%) = 31%; 420nm至680nm的范围内的平均内部透射率(%) = 85%; 420nm至 λ_1 以及 λ_2 至680nm的范围内的平均内部透射率(%) = 96%。

[0168] 表13包含有色觉缺陷个体在所有电灯都关掉且日光透过窗户进入室内的有窗房间环境中,在上述滤光条件中的每一个下观察石原数字图案得到的判读结果。针对所检测的每个石原检测图,给定滤光片改善个体辨色能力的能力可通过比较以下三项来确定:(1)真实的数字图案;(2)有色觉缺陷个体在未使用滤光片时对数字图案的判读结果;(3)有色觉缺陷个体在使用了给定滤光片时对数字图案的判读结果。

[0169] 表13—有色觉缺陷个体对数字图案的判读结果(在只有日光的情况下)

[0170]

石原检测图	真实的数字图案	未使用滤光片	滤光片：MB530	滤光片：曲线 2301	滤光片：曲线 2302	滤光片：曲线 2101	滤光片：曲线 2303	滤光片：MB570
2	8	模模糊糊像 3	模模糊糊像 3	3	3	3	3	模模糊糊像 3
8	15	17	17	模模糊糊像 15	15	15	模模糊糊像 15	17
9	74	71 或 21	71 或 21	71 或 74	71 或 74	74	71	71 或 21
13	45	什么都看不清	什么都看不清	什么都看不清	模模糊糊像 45	模模糊糊像 45	什么都看不清	什么都看不清
16	16	什么都看不清	什么都看不清	模模糊糊像 16	模模糊糊像 16	16	模模糊糊像 16	什么都看不清

[0171] 表14包含有色觉缺陷个体在与表13相同的滤光条件下观察同样的石原数字图案得到的判读结果,不同的是在仅用顶置式荧光灯明亮照明的室内环境中进行检测。

[0172] 表14—有色觉缺陷个体对数字图案的判读结果(在只有荧光照明的情况下)

[0173]

石原检测图	真实的数字图案	未使用滤光片	滤光片：MB530	滤光片：曲线 2301	滤光片：曲线 2302	滤光片：曲线 2101	滤光片：曲线 2303	滤光片：MB570
2	8	模模糊糊像 3	模模糊糊像 8	8	加粗的 8	加粗的 8	8	什么都看不清
8	15	17	模模糊糊像 15	15	15	15	15	17
9	74	21 或 71	71	74	74	加粗的 74	74	21 或 71
13	45	什么都看不清	什么都看不清	模模糊糊像 45	模模糊糊像 45	模模糊糊像 45	模模糊糊像 45	什么都看不清
16	16	什么都看不清	什么都看不清	16	16	加粗的 16	16	什么都看不清

[0174] 除了选择性地吸收可见绿光波长的品红色吸收膜之外和/或替代该品红色吸收膜,本文所公开的滤光片还可以包括其他有色吸收膜或吸收层。例如,可使用选择性地吸收蓝色和红色可见波长的层,或选择性地吸收蓝色可见波长的层,来至少部分地把滤光片的透射颜色平衡调整为更中性的白色(或灰色)。如果没有尝试平衡颜色,那么,由于绿光波长范围的一部分受到强阻挡,滤光片在透射光后通常会呈现极其鲜明、或至少是显著的品红色外观。这种外观可能令一些使用者厌恶,即便这些使用者发现这种滤光片有助于增强辨

色能力也无法抵消他们的反感。另一方面,颜色平衡过度可能削弱滤光片增强有色觉缺陷个体辨色能力的性能。例如,如果采用选择性地阻挡一部分绿光且使蓝光、红光和剩余绿光自由透过的多层光学膜来增强辨色能力,那么,阻挡红光和蓝光但使绿光通过的吸收滤光片就很可能部分甚至全部抵消掉多层光学膜的效果。

[0175] 我们已发现,对所公开的滤光片进行一定程度颜色平衡通常是理想的,这种颜色平衡可与辨色能力(包括对红色或绿色的辨色能力)增强同时存在。

[0176] 从LEE Filters公司获得涂覆有绿色染料(213型白焰绿染料)的膜(www.leefilters.com)。就这一点而言,“绿色”染料是指选择性地吸收蓝光和红光波长并透射绿光,从而在透射中具有绿色外观的染料。该绿光吸收膜的内部透射率光谱被绘制为图25中的曲线2502。图25中还绘制了品红色染料的内部透射率光谱(见曲线2501),该品红色染料具体地讲是使用Epolight 5391染料制成的品红色染料。最终,曲线2503绘制出窄带绿光反射多层光学膜的内部透射率。该多层光学膜是与图16中的曲线1601和图17中的曲线1701相关联的同一个膜。可在2503a处看到该膜的反射带。采用与上文所述类似的数学过程,从外部透射率测量结果中消除聚合物/空气表面外部反射效果,获得内部透射率曲线2501、2502和2503。

[0177] 可使用图25中的内部透射率曲线,以数学方式构建或模拟一个或多个复合滤光片。所关注的第一复合滤光片是图25的所有三个膜的层合体,这三个膜分别为:多层光学膜(曲线2503)、品红色吸收膜(曲线2501),和绿光吸收膜(曲线2502)。如果这三个膜与光学透明粘合剂层合在一起,那么所得的第一复合滤光片的内部透射率将是曲线2501、2502和2503的组合。这样的组合,即第一复合滤光片的内部透射率被示为图26中的曲线2602。所关注的第二复合滤光片是多层光学膜(曲线2503)与绿光吸收膜(曲线2502)的层合体。如果这两个膜与光学透明粘合剂层合在一起,那么所得的第二复合滤光片的内部透射率将是图26中的曲线2601。应当注意,模拟的第一复合滤光片(曲线2602)与模拟的第二复合滤光片(曲线2601)之间存在差别是因为第二复合滤光片中没有品红色吸收膜。

[0178] 还可以使用简单的计算方法来研究较重染料负载或较轻染料负载对每个模拟的复合滤光片中的绿光吸收膜的效果。作这种研究的一个原因可能是想观察,比方说,出于至少部分平衡颜色的目的,绿色染料量的此类变化可使复合滤光片的外观颜色改变的程度。为简单起见,可将图25中的曲线2502与绿色染料负载值1或“1X”相关联。利用该基线很容易计算出内部透射率(或吸收率等),绿光吸收膜的染料负载为初始染料负载的两倍(2X)、或初始染料负载的三倍(3X),或甚至为零(0X,即,从滤光片中省去绿光吸收膜)。

[0179] 利用这些模拟工具,可将模拟的第一复合滤光片(1X绿色染料负载加上品红色染料的情况,见曲线2602)示为具有随绿色染料负载变化的以下光学特性:

[0180] 表15—模拟的第一复合滤光片的光学特性

[0181]

绿色染料负载	0X	0.5X	1X	1.5X	2X	2.5X	3X
色度x	0.3238	0.3203	0.3164	0.3121	0.3074	0.3024	0.2970
色度y	0.2431	0.2542	0.2656	0.2773	0.2892	0.3012	0.3133
T lum	55.20	51.21	47.71	44.63	41.89	39.47	37.30
T a*	48.82	39.41	30.52	22.13	14.21	6.73	-0.33
T b*	-29.27	-24.67	-20.42	-16.49	-12.88	-9.56	-6.53

T L*	79.15	76.81	74.64	72.64	70.80	69.09	67.50
------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

[0182] 可将模拟的第二复合滤光片(有1X绿色染料负载但没有品红色染料的情况,见曲线2601)相似地示为具有随绿色染料负载变化的以下光学特性:

[0183] 表16—模拟的第二复合滤光片的光学特性

[0184]

绿色染料负载	0X	0.5X	1X	1.5X	2X	2.5X	3X
色度x	0.3134	0.3095	0.3052	0.3006	0.2956	0.2902	0.28
色度y	0.2607	0.2732	0.2860	0.2989	0.3120	0.3251	0.34
T l _{um}	65.40	61.13	57.37	54.03	51.06	48.41	46.04
T a*	35.34	25.57	16.38	7.71	-0.45	-8.13	-15.37
T b*	-25.12	-20.27	-15.79	-11.66	-7.88	-4.42	-1.26
T L*	84.69	82.45	80.39	78.48	76.72	75.08	73.57

[0185] 上面列出的表15和表16假设:光源为CIE D65;观察者为196410度视角观察者;波长间隔1nm。此外,在这些表中,“色度x”和“色度y”是指模拟复合滤光片在CIE 1931x,y色度图中的颜色坐标;“T l_{um}”是指该颜色系统中限定的光透射率;“T a*”、“T b*”和“T L*”是指CIE1976L*a*b*颜色空间或CIELAB中限定的颜色和透射参数。

[0186] 模拟的第一复合滤光片和模拟的第二复合滤光片的(a*,b*)颜色坐标绘制在图27中,这些颜色坐标随绿光吸收层中绿色染料负载而变化。曲线2702绘出模拟的第一复合滤光片的(a*,b*)颜色坐标。曲线的一端2702a对应于零绿色染料负载(0X),另一端2702b对应于3X绿色染料负载。曲线2701绘出模拟的第二复合滤光片的(a*,b*)颜色坐标。曲线的一端2701a对应于零绿色染料负载(0X),另一端2701b对应于3X绿色染料负载。从这些曲线可以看出,无论滤光片是否包括品红色吸收层(或吸收膜),即便是只有少量绿色染料负载的绿光吸收膜都能至少一定程度帮助调整滤光片的颜色,使其更接近中性色点(0,0)。使用窄带绿光阻挡膜或只阻挡一部分绿光波长的滤光片能促进颜色平衡。如果绿光阻挡反射器或染料表现出宽得多的带宽(FWHM),例如等于或大于80nm或100nm,那么颜色平衡可能很困难,甚至完全无法实现。

[0187] 我们还研究了除品红色膜之外的一些有色吸收膜对给定滤光片协助有色觉缺陷个体辨别颜色的能力造成的影响。使用从LEE Filters公司获得的染料(www.leefilters.com)制成四个不同的有色吸收膜。这些染料中的至少三种在蓝光波长处比在绿光或红光波长处吸收更强。第一个吸收膜用764型Lee染料制成;该膜的所测得的外部透射率被示为图28中的曲线2801。第二个吸收膜用151型Lee染料制成;该膜的所测得的外部透射率被示为图28中的曲线2802。第三个吸收膜用009型Lee染料制成;该膜的所测得的外部透射率被示为图28中的曲线2803。第四个吸收膜用765型Lee染料制成;该膜的所测得的外部透射率被示为图28中的曲线2804。

[0188] 使结合上文的表13和表14进行检测的同一个有色觉缺陷个体以类似的方式检测上述四个吸收膜,判断透过这些膜观察石原检测图的结果。检测在所有电灯都关掉且明亮的日光透过窗户进入室内的有窗房间环境中进行。要求该个体在透过曲线2302的多层光学膜(见上图23),和透过与图28的四个有色吸收膜中的每一个结合使用的该同一多层光学膜观察石原检测图时分别辨识数字图案。有色觉缺陷个体在各种条件下对数字图案的判读结果汇总于下表17中。针对所检测的每个石原检测图,各种有色吸收膜对多层光学膜的颜色

辨别功能的影响可通过比较以下三项来确定：(1) 真实的数字图案；(2) 有色觉缺陷个体在只使用了曲线2302的多层光学膜时对数字图案的判读结果；(3) 有色觉缺陷个体在使用了与给定有色吸收膜结合的多层光学膜时对数字图案的判读结果。

[0189] 表17—其他有色吸收膜对有色觉缺陷个体的数字图案判读结果的影响(在明亮的白天里、只有阳光间接照射的情况下)

[0190]

石原检测图	真实的数字图案	滤光片：曲线 2302	滤光片：曲线 2302 和 曲线 2801	滤光片：曲线 2302 和 曲线 2802	滤光片：曲线 2302 和 曲线 2803	滤光片：曲线 2302 和 曲线 2804
2	8	3	没有变清楚	较清楚，像 3 或 8	较清楚，像 3 或 8	没有变清楚
8	15	15	稍微清楚一点，像 15	较清楚，像 15	较清楚，像 15	没有变清楚
13	45	模模糊糊像 45	稍微清楚一点，像 45	较清楚，像 45	稍微清楚一点，像 45	更不清楚
16	16	模模糊糊像 16	稍微清楚一点，像 16	清楚得多，像 16	较清楚，像 16	没有变清楚

[0191] 除非另外指明，否则本说明书和权利要求书中用于表示数量、特性量度等的所有数值都应当理解为由术语“约”修饰。因此，除非有相反的指示，否则本说明书和权利要求书中列出的数值参数均为近似值，这些近似值可根据本领域的技术人员利用本申请的教导内容寻求获得的所需特性而改变。每一个数值参数都并不旨在限制等同原则在权利要求书保护范围内的应用，至少应该根据所报告数值的有效数位和通过惯常的四舍五入法来解释每一个数值参数。虽然列出本发明宽范围的数值范围和参数是近似值，但就任何数值均在本文所述具体实例中列出来，其记录尽可能地精确并且合理。然而，任何数值都可能包含与测试或测量限制相关的误差。

[0192] 在不脱离本发明的实质和范围的前提下，对本发明的各种修改和更改对于本领域的技术人员来说将显而易见，并且应当理解，本发明不限于本文示出的示例性实施例。除非另外指明，否则读者应该假设一个所公开的实施例的特征也可以应用于其他全部所公开的实施例。应当理解，所有本文引用的美国专利、专利申请公开及其他专利和非专利文档都以其不与上述公开抵触的程度通过引用的方式并入。

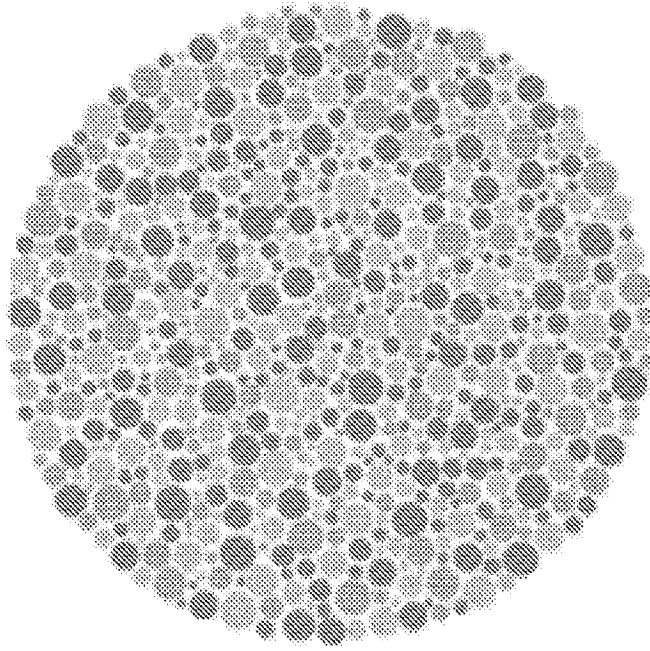


图1A

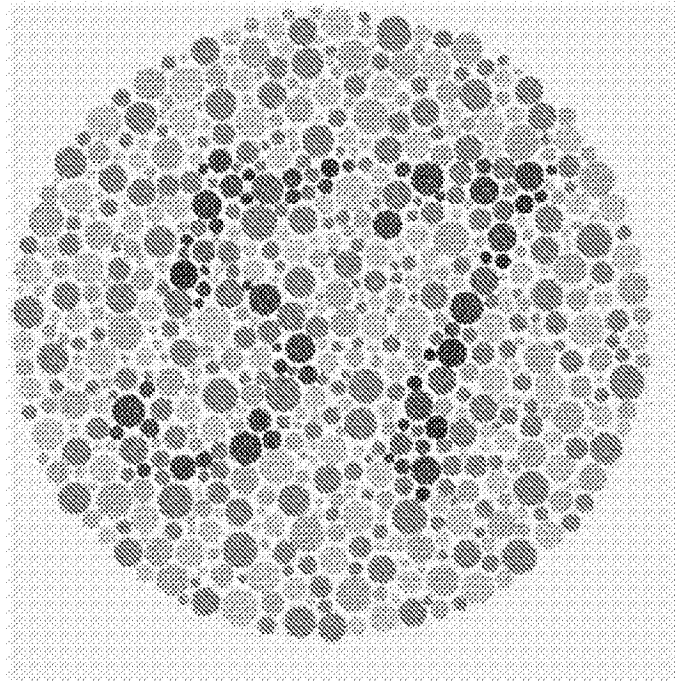


图1B

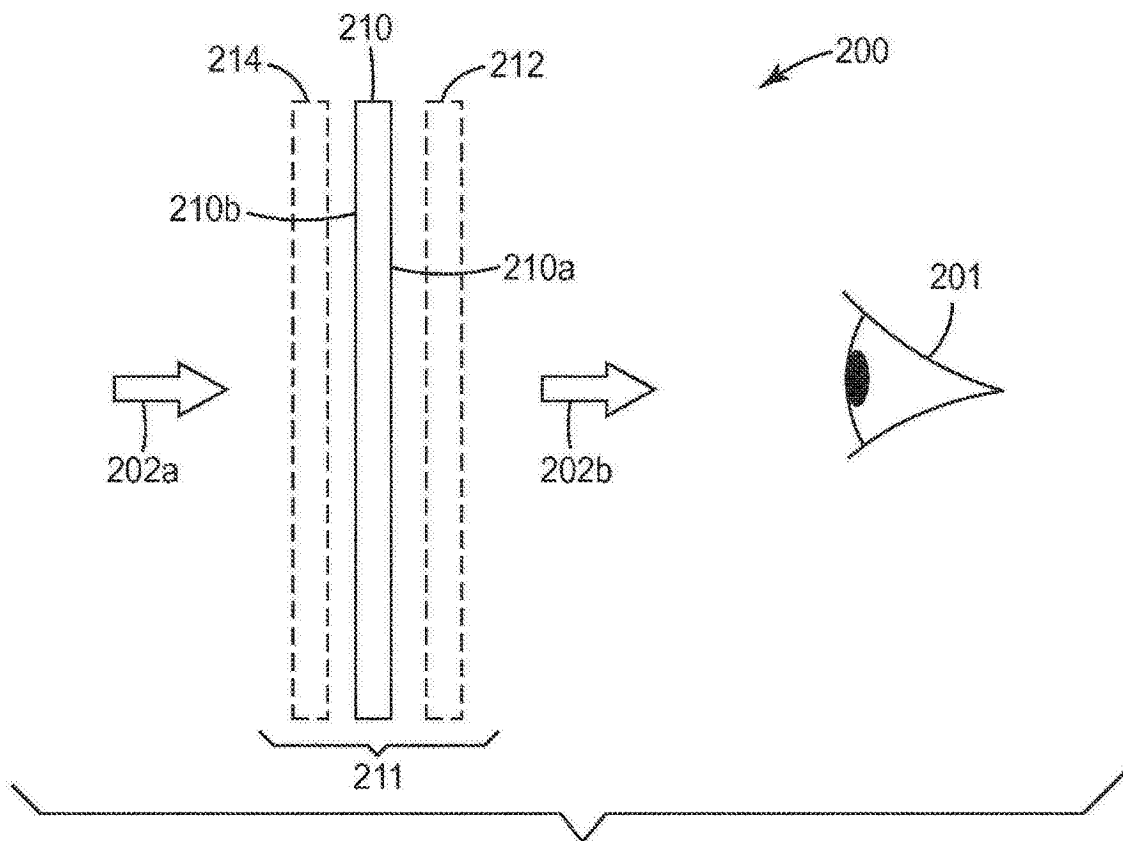


图2

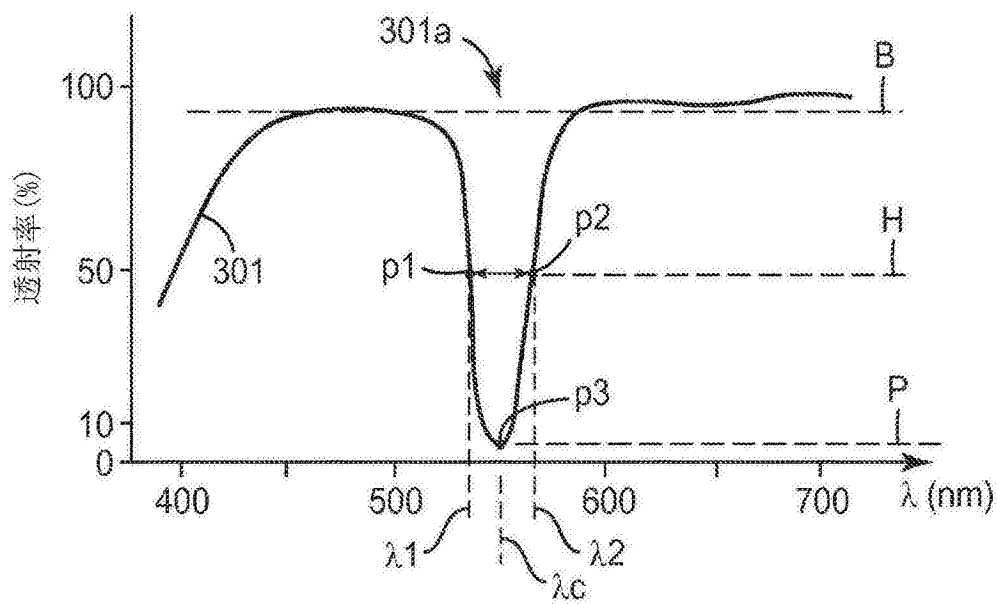


图3

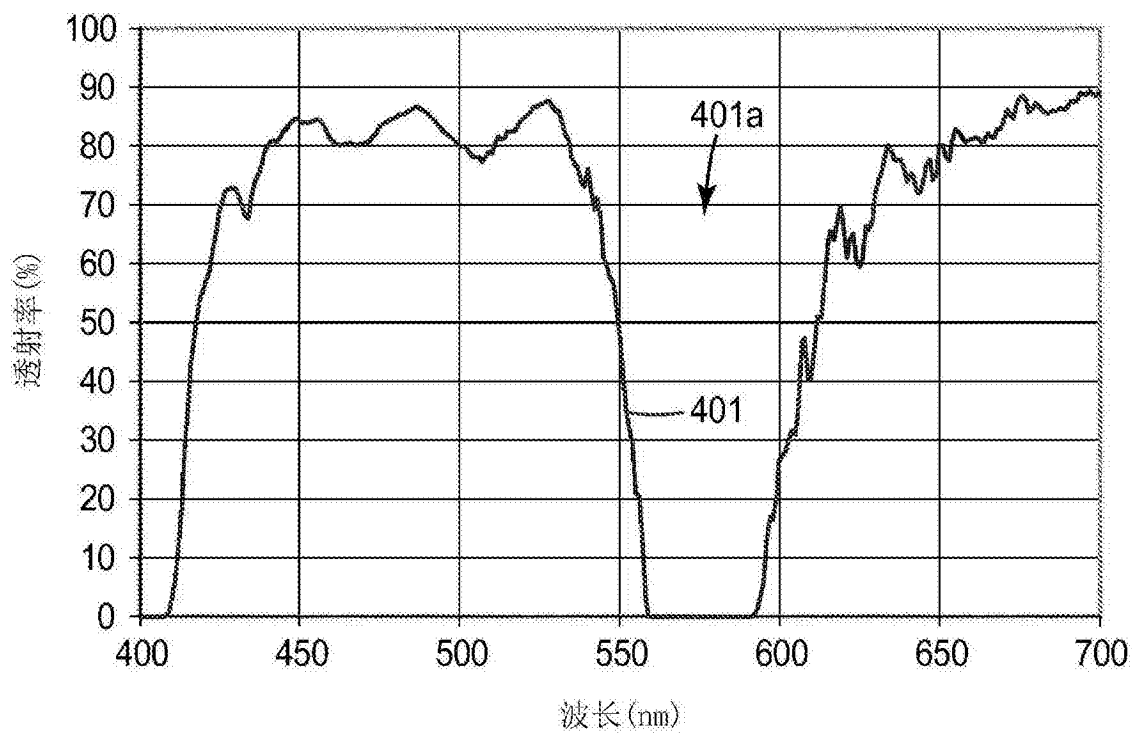


图4

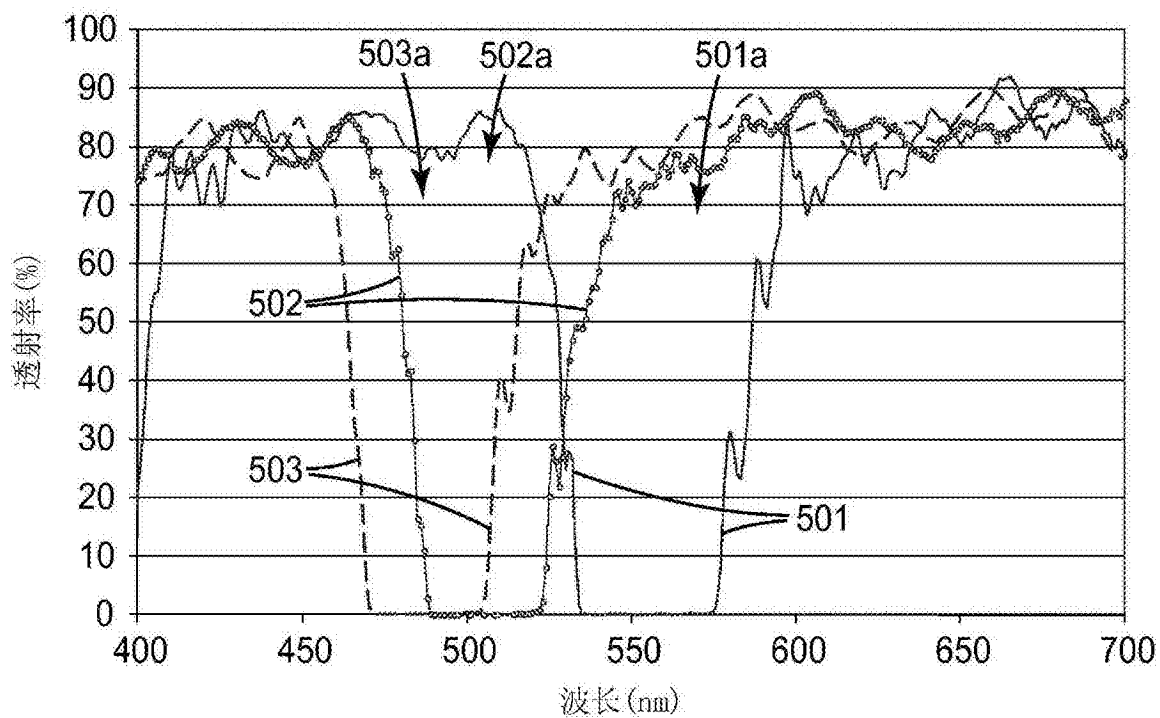


图5

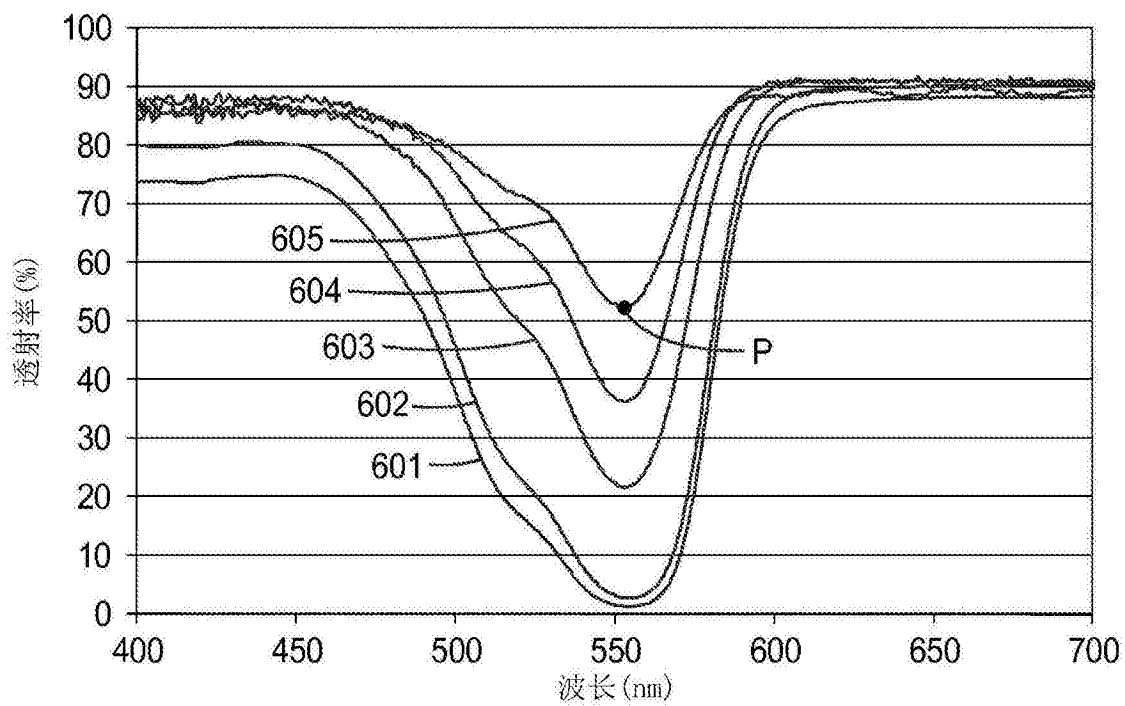


图6

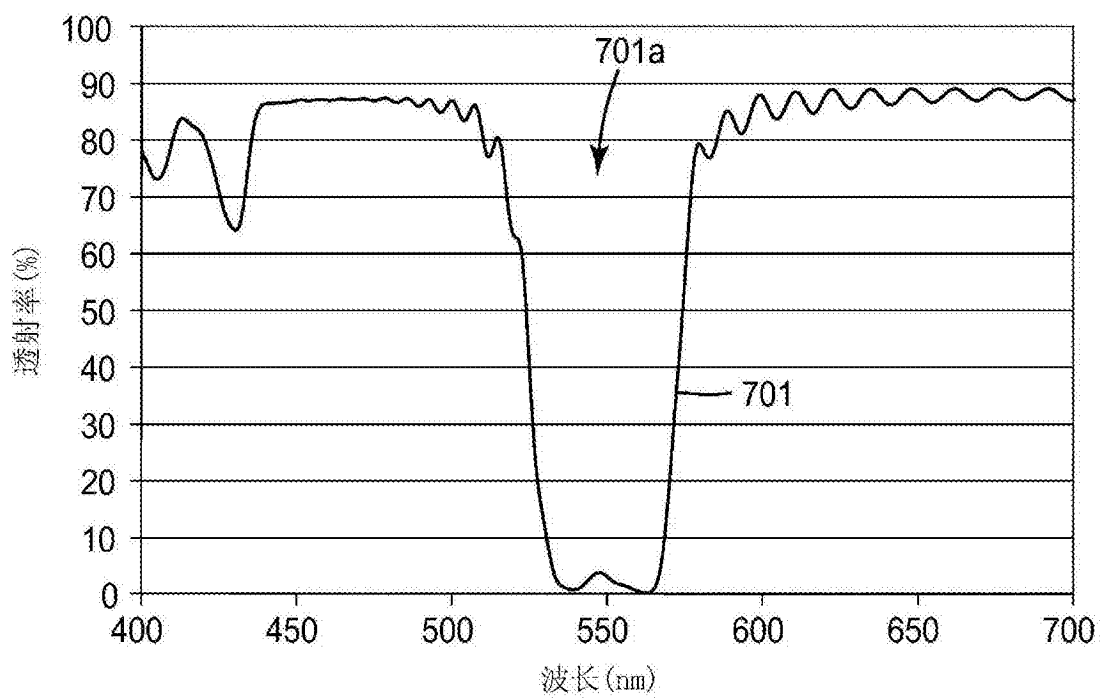


图7

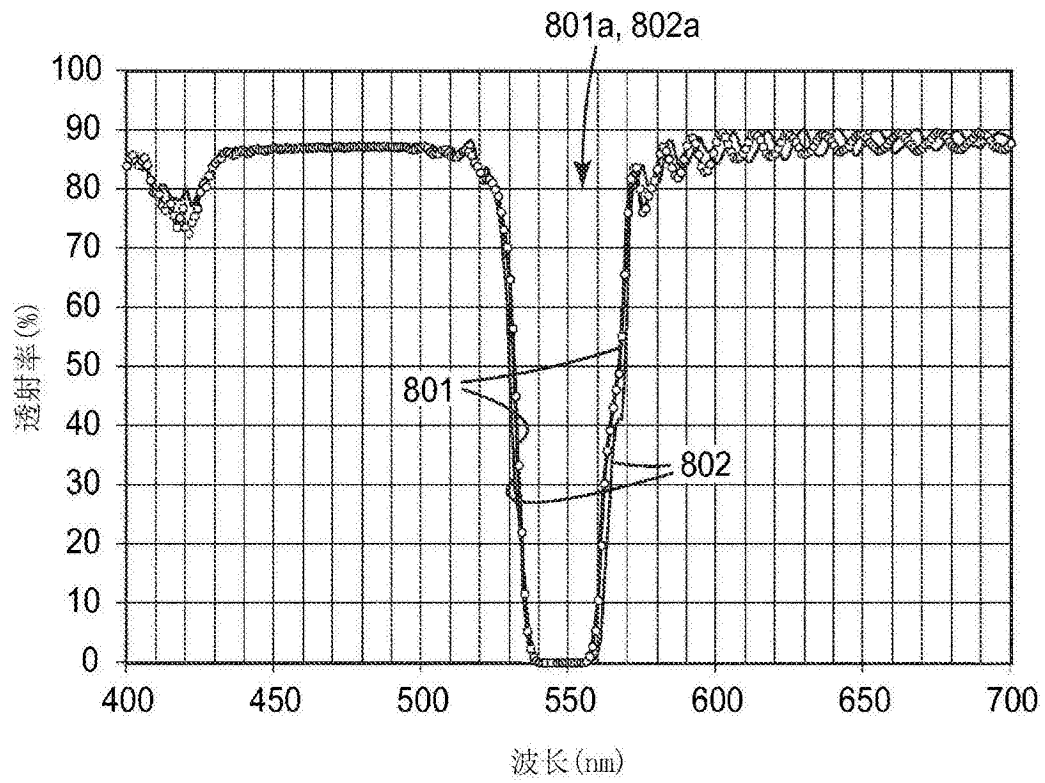


图8

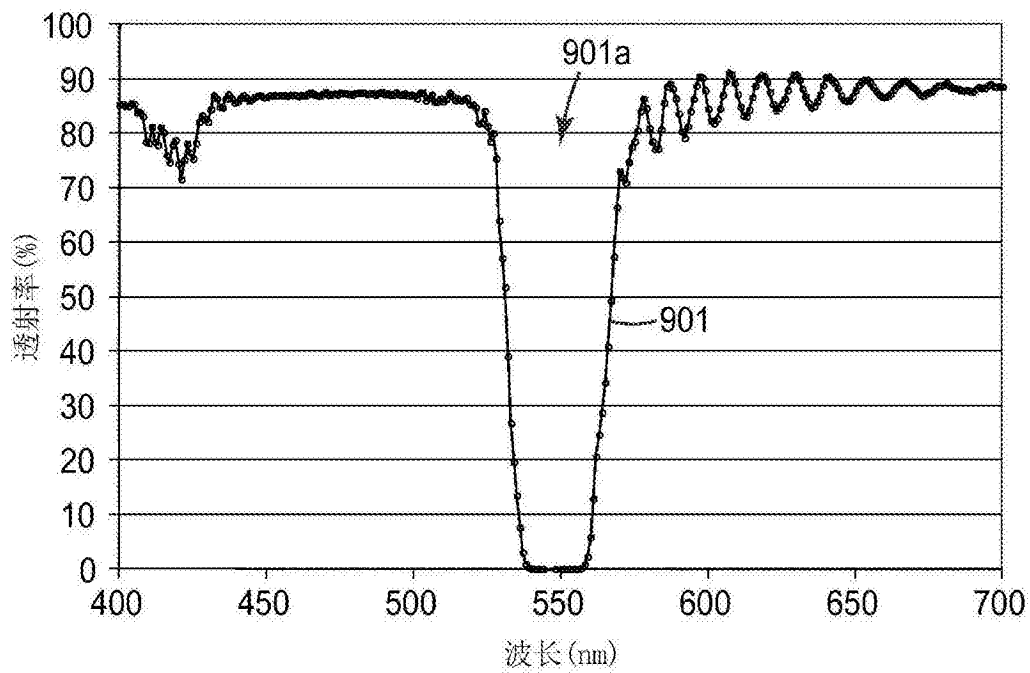


图9

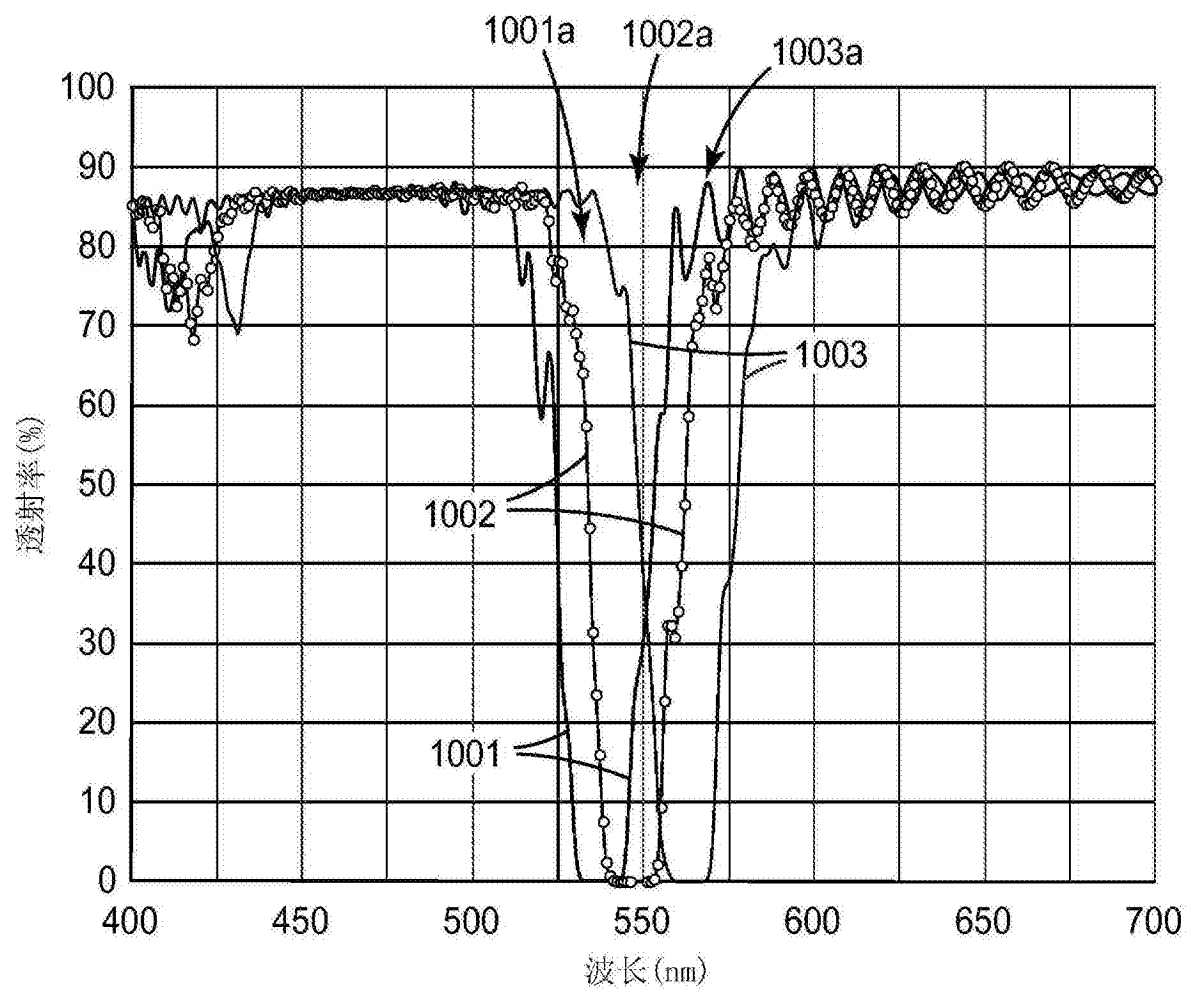


图10

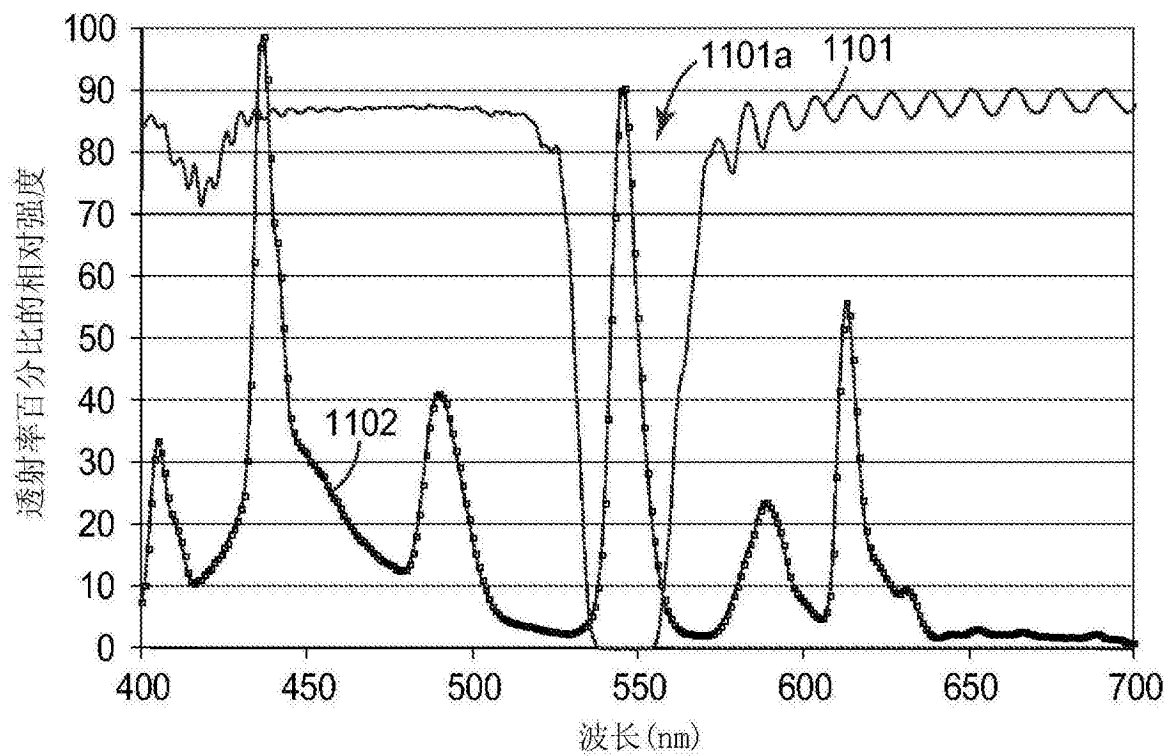


图11

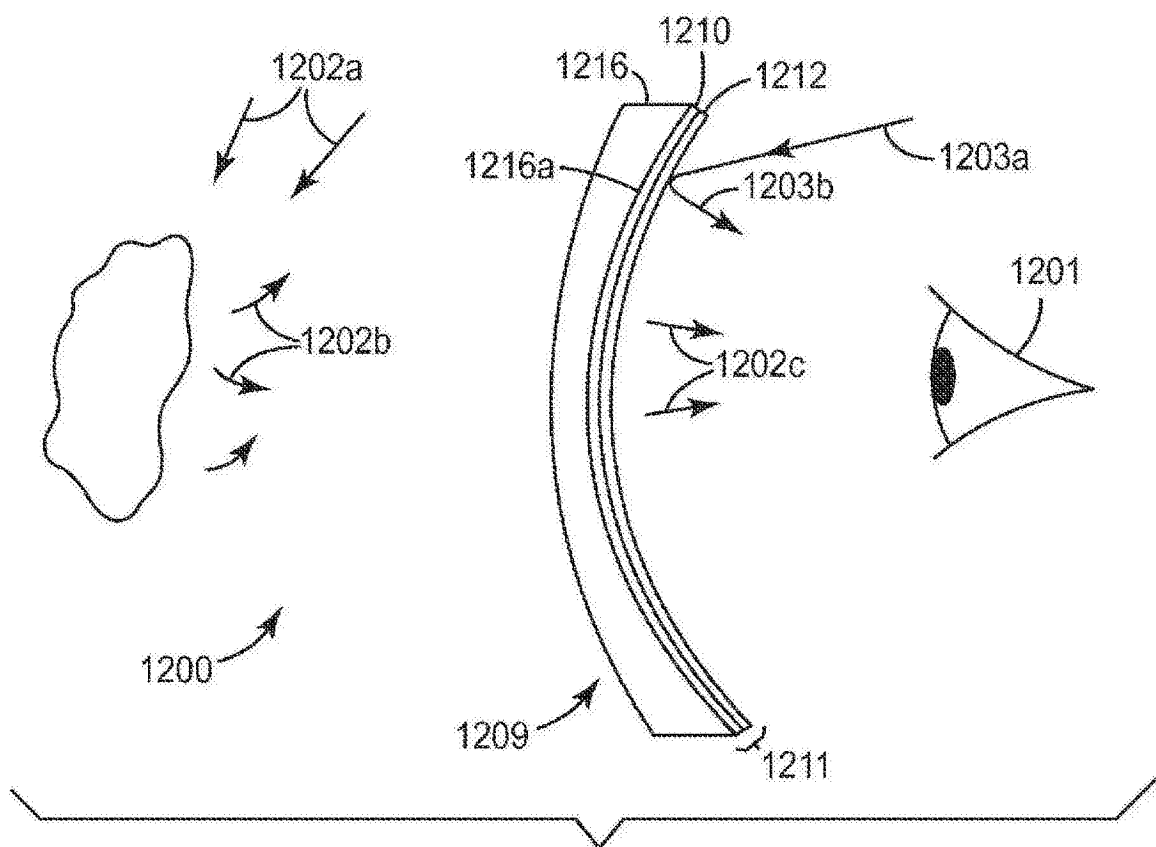


图12

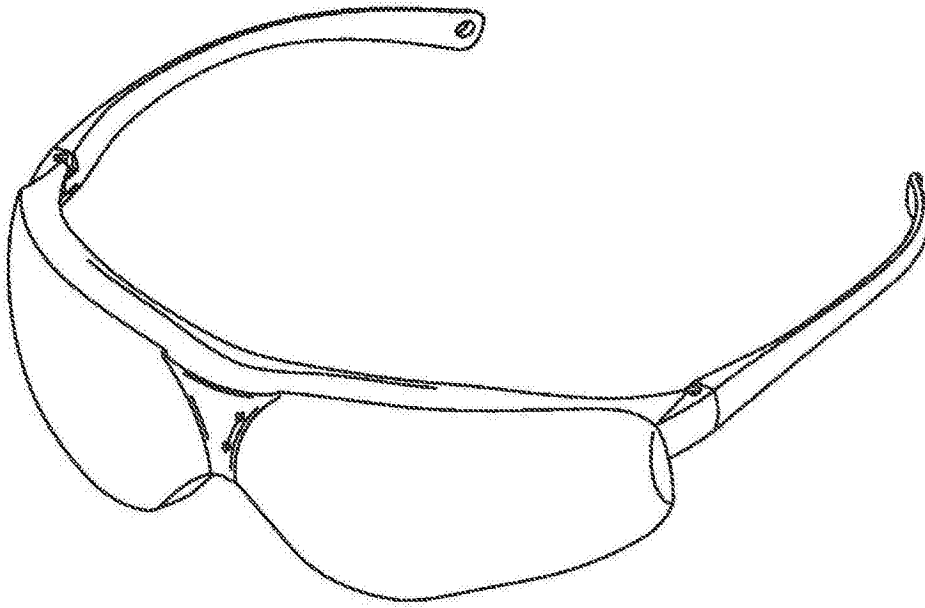


图12A

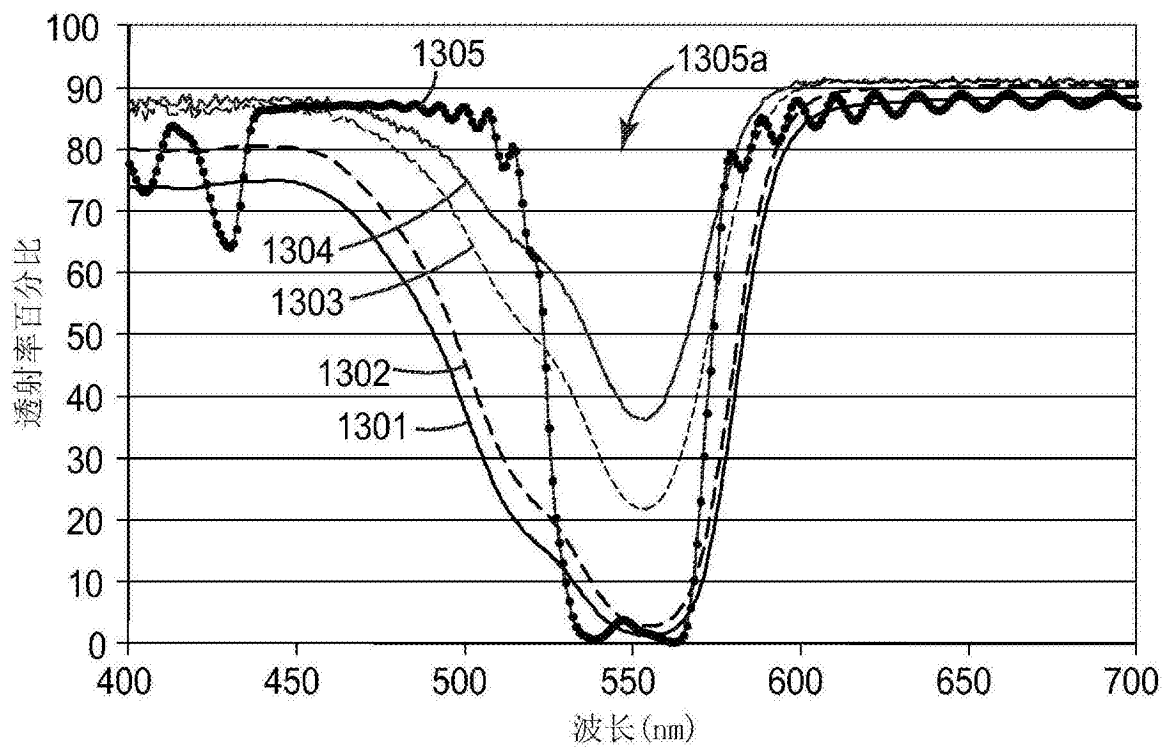


图13

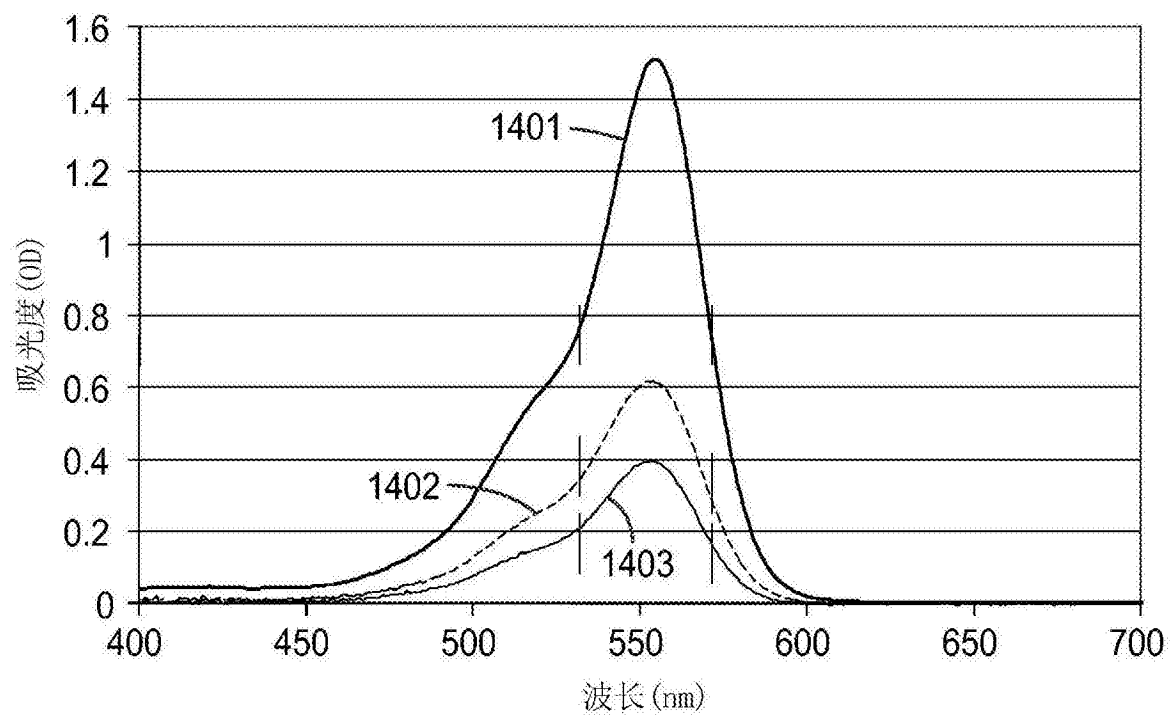


图14

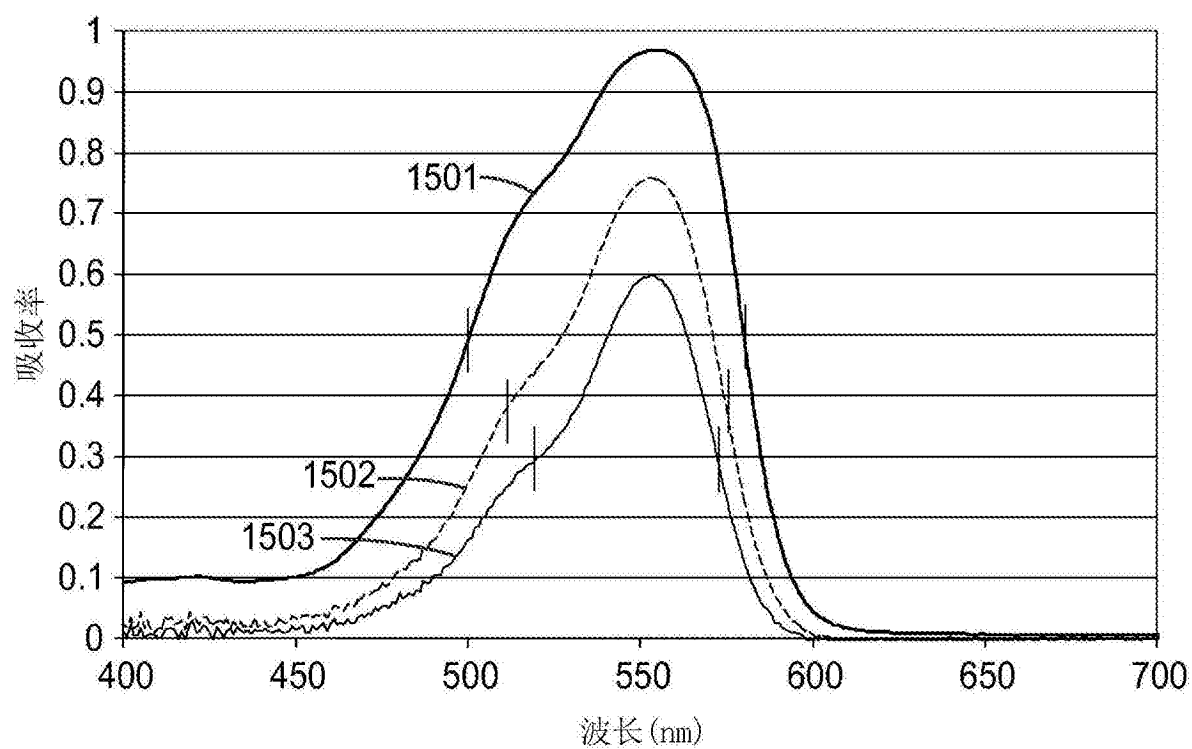


图15

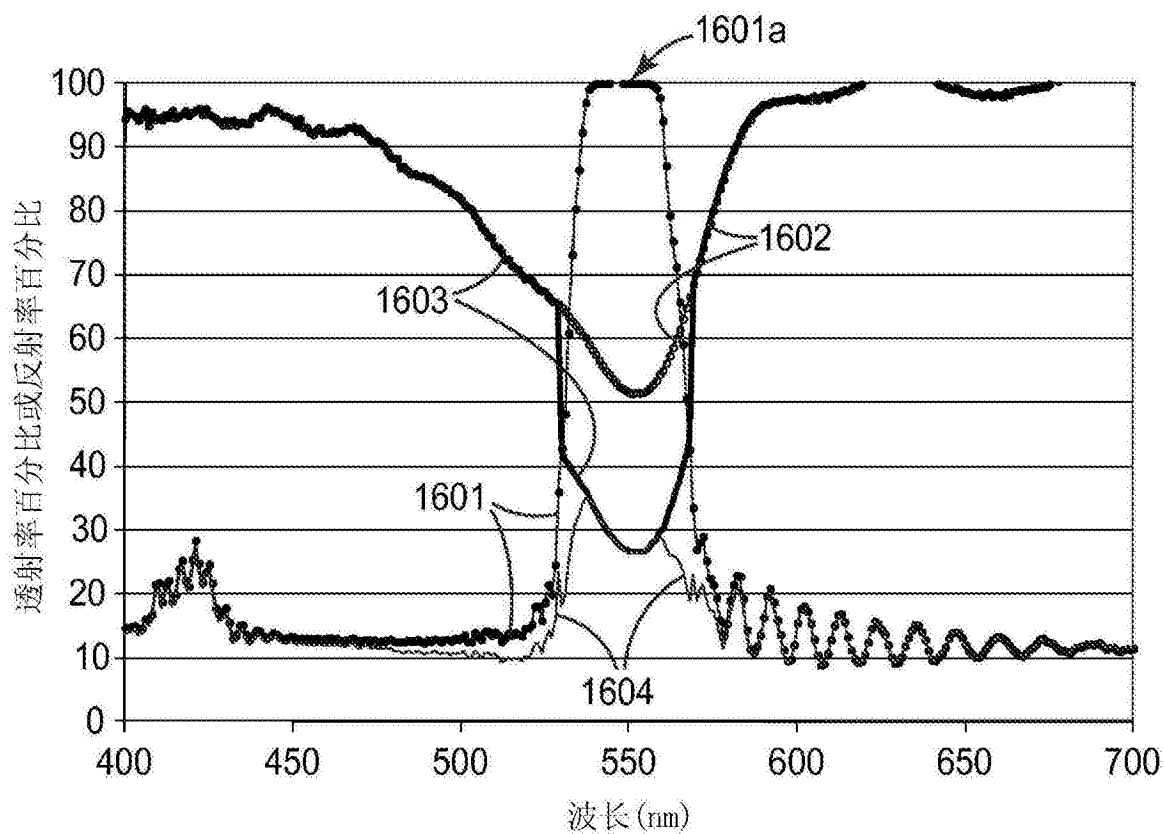


图16

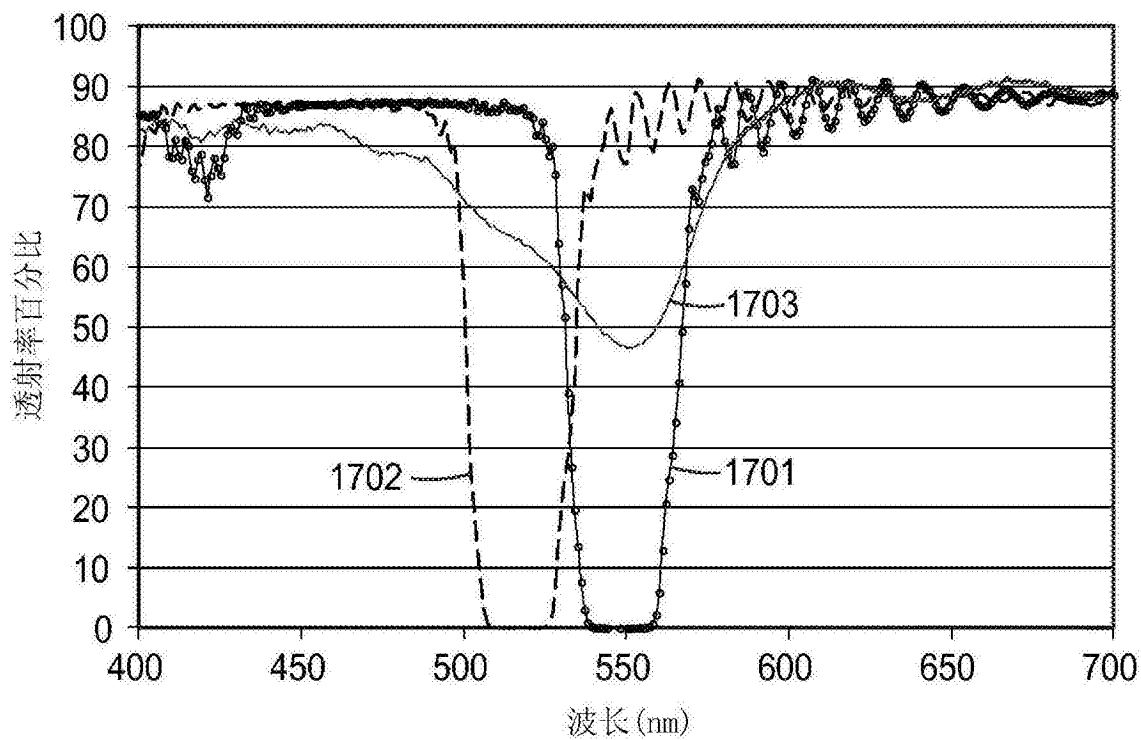


图17

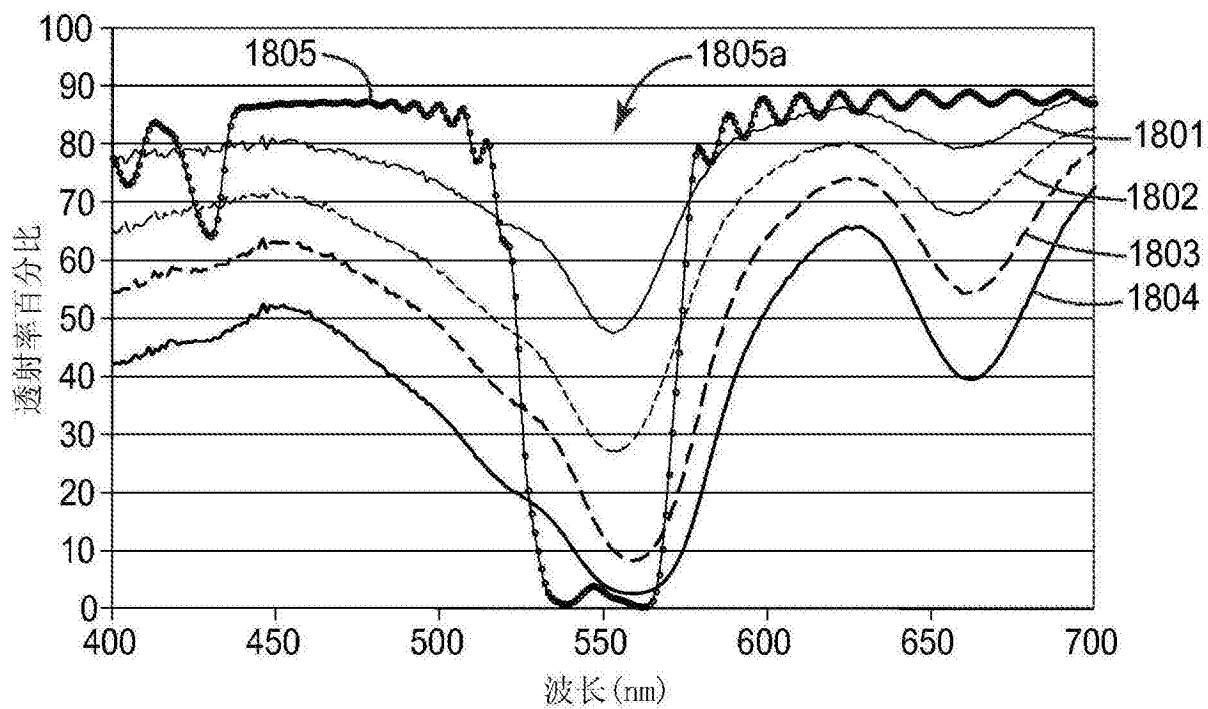


图18

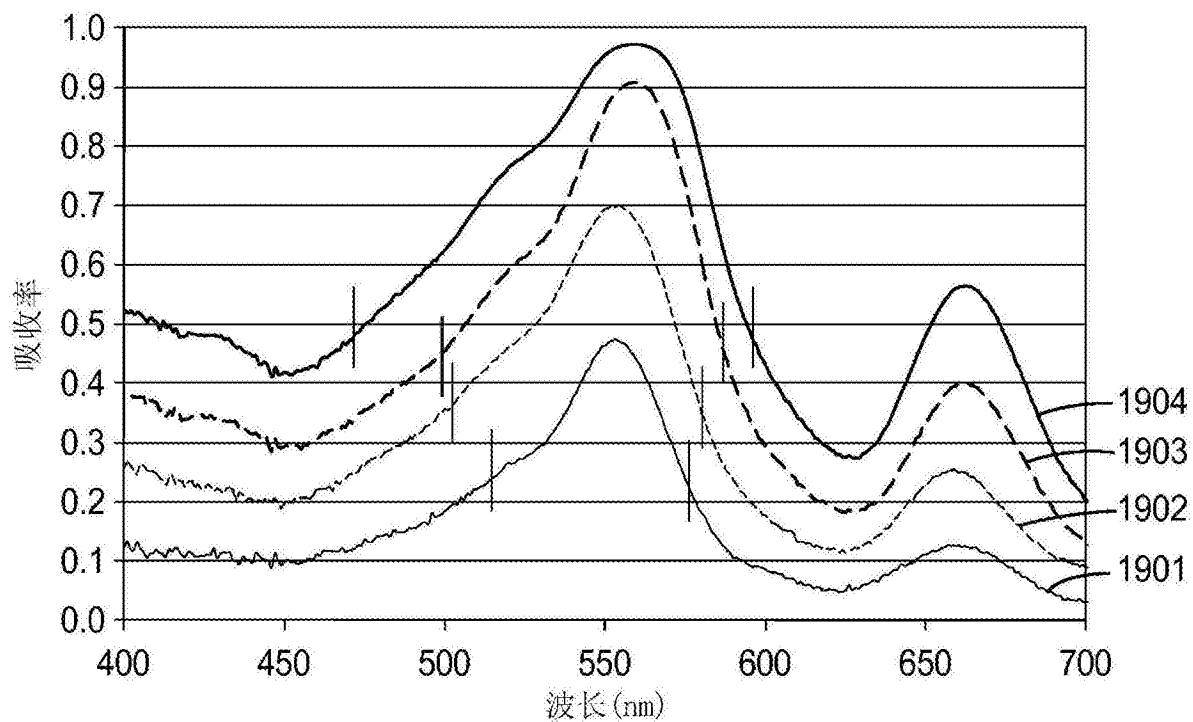


图19

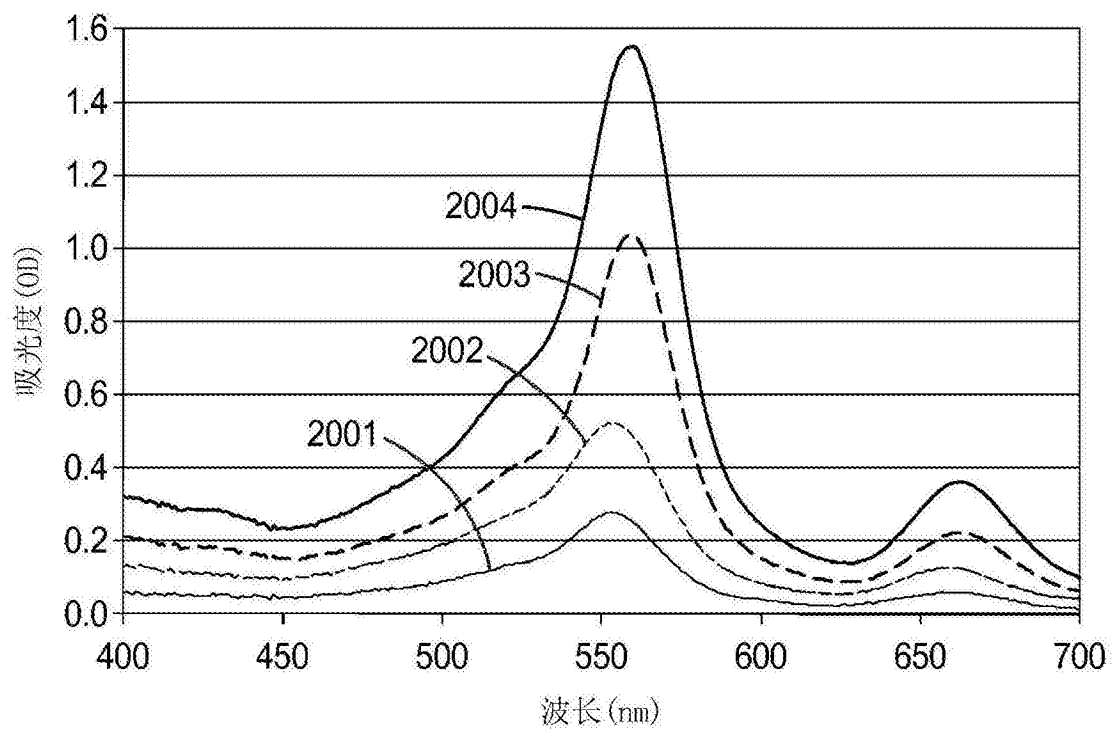


图20

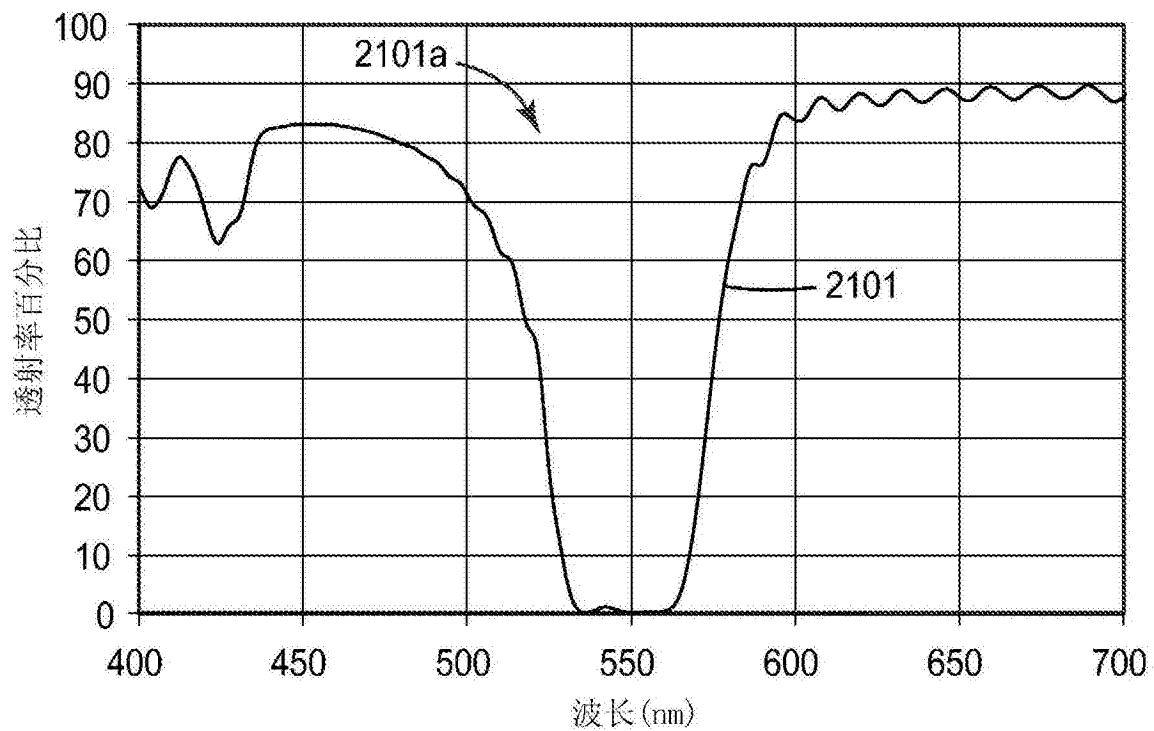


图21

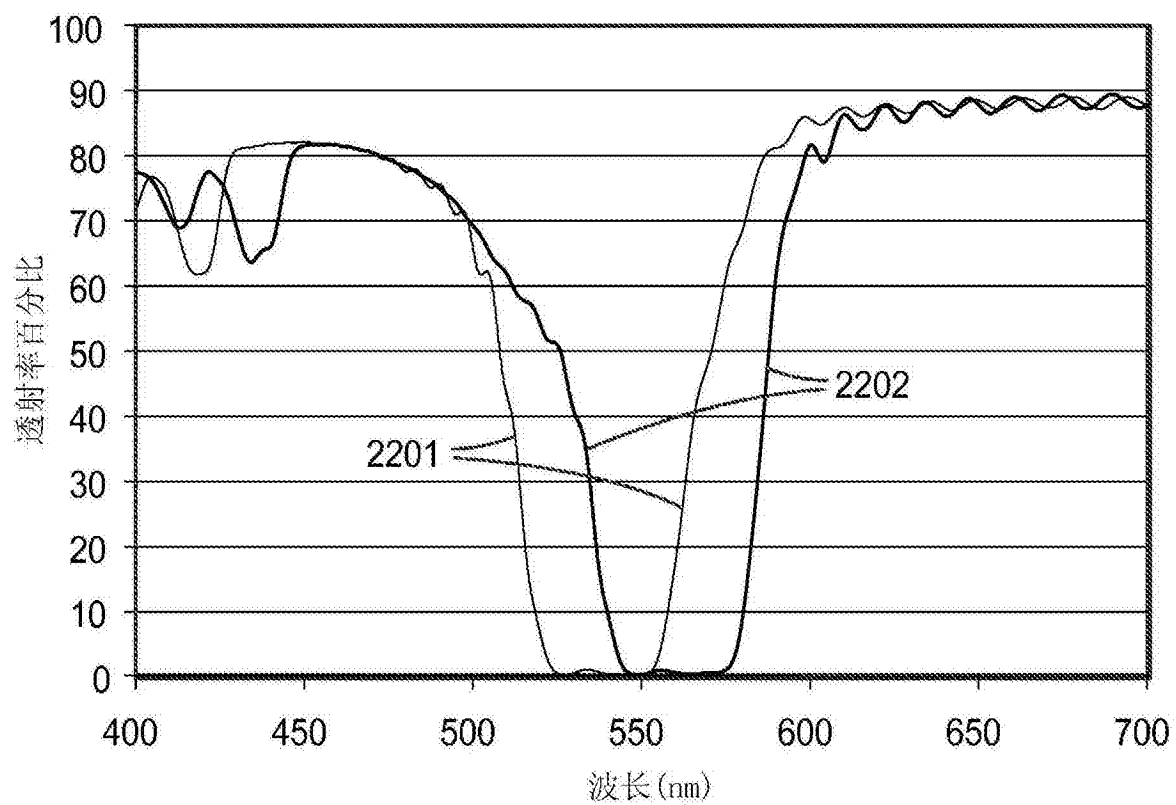


图22

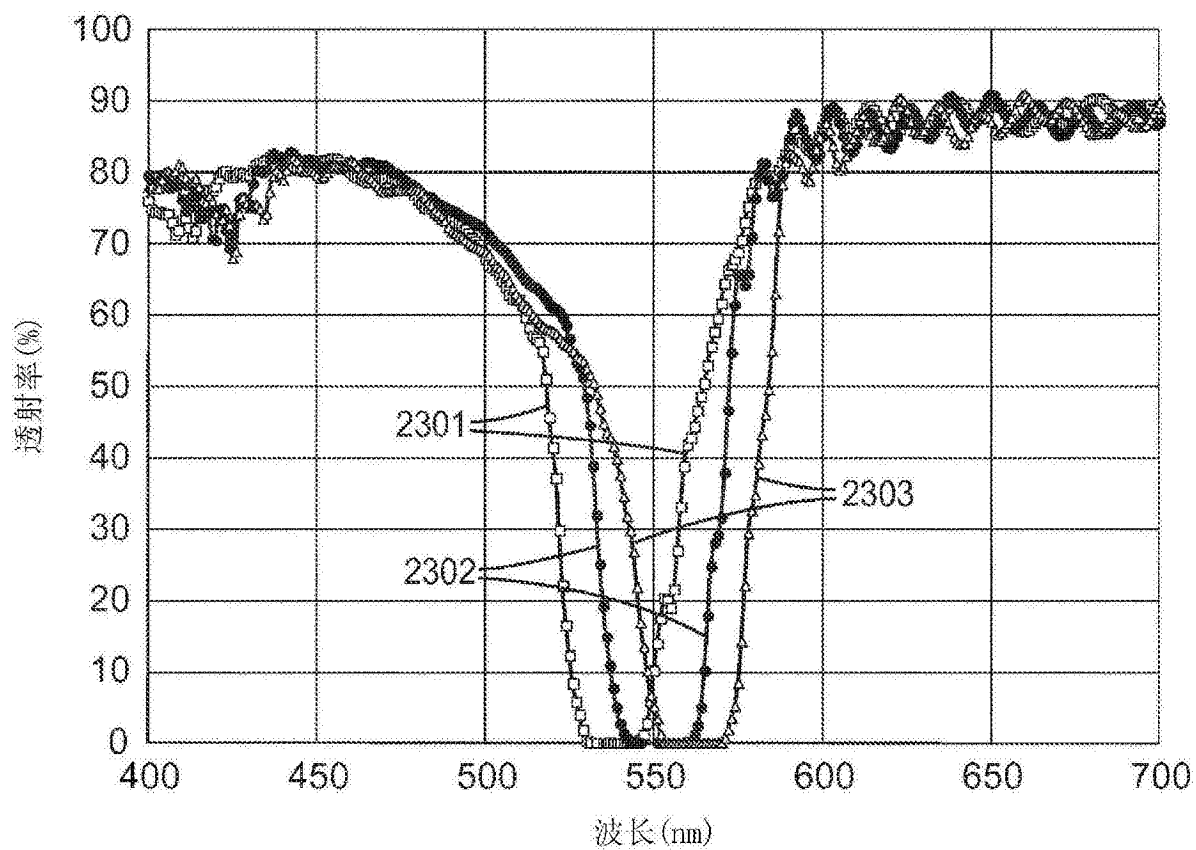


图23

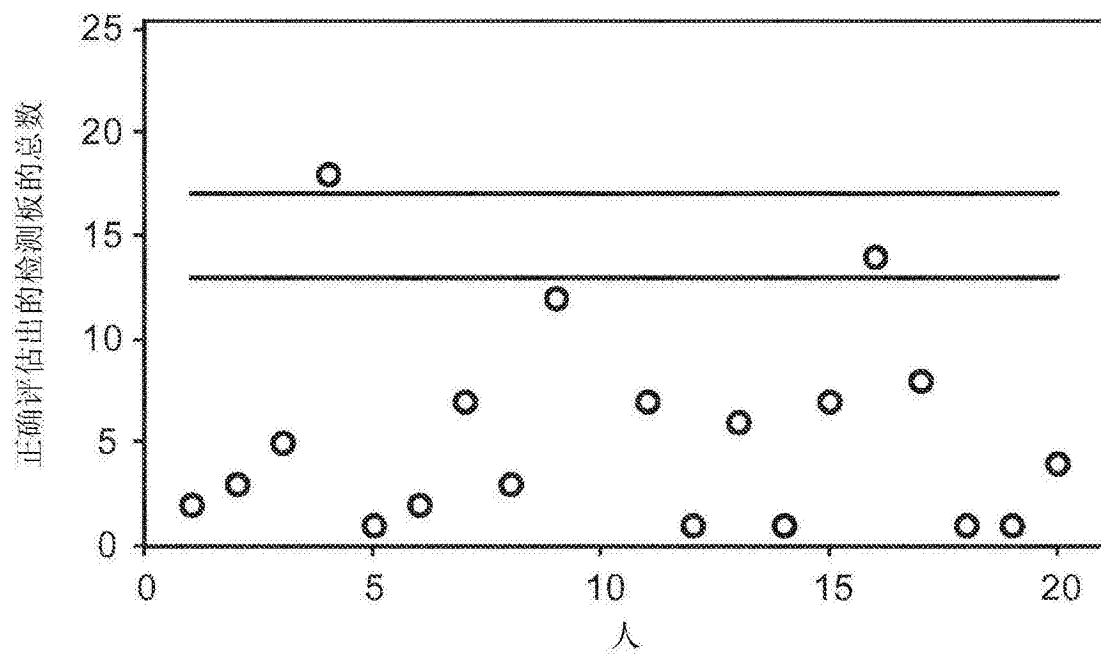


图24A

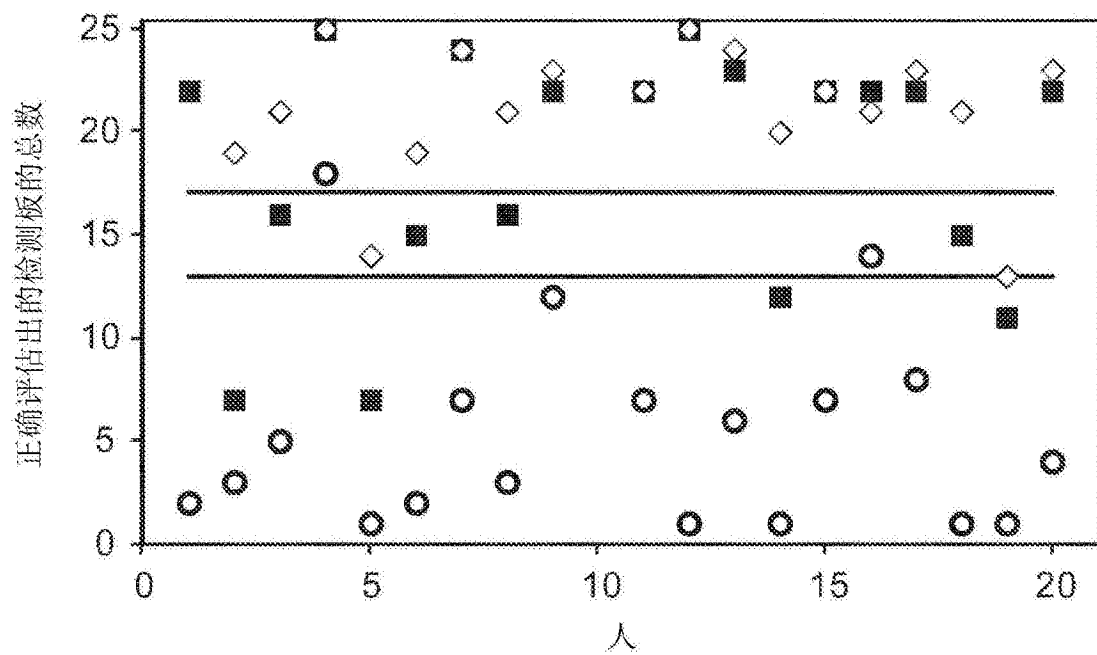


图24B

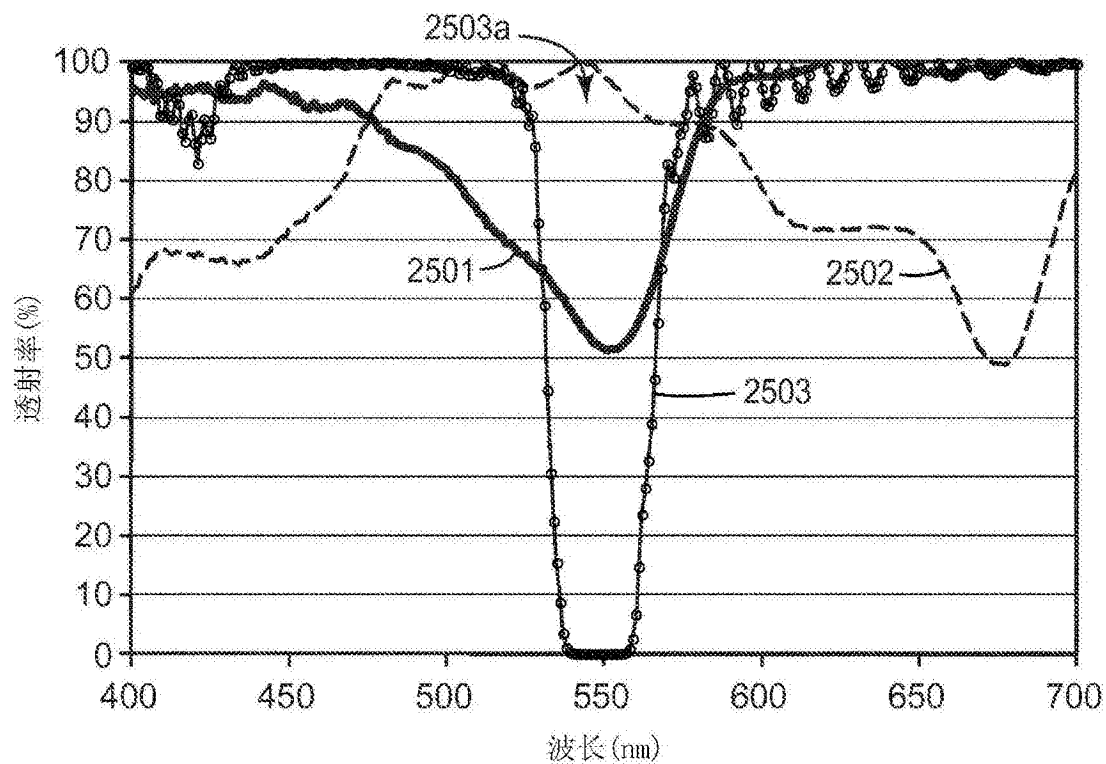


图25

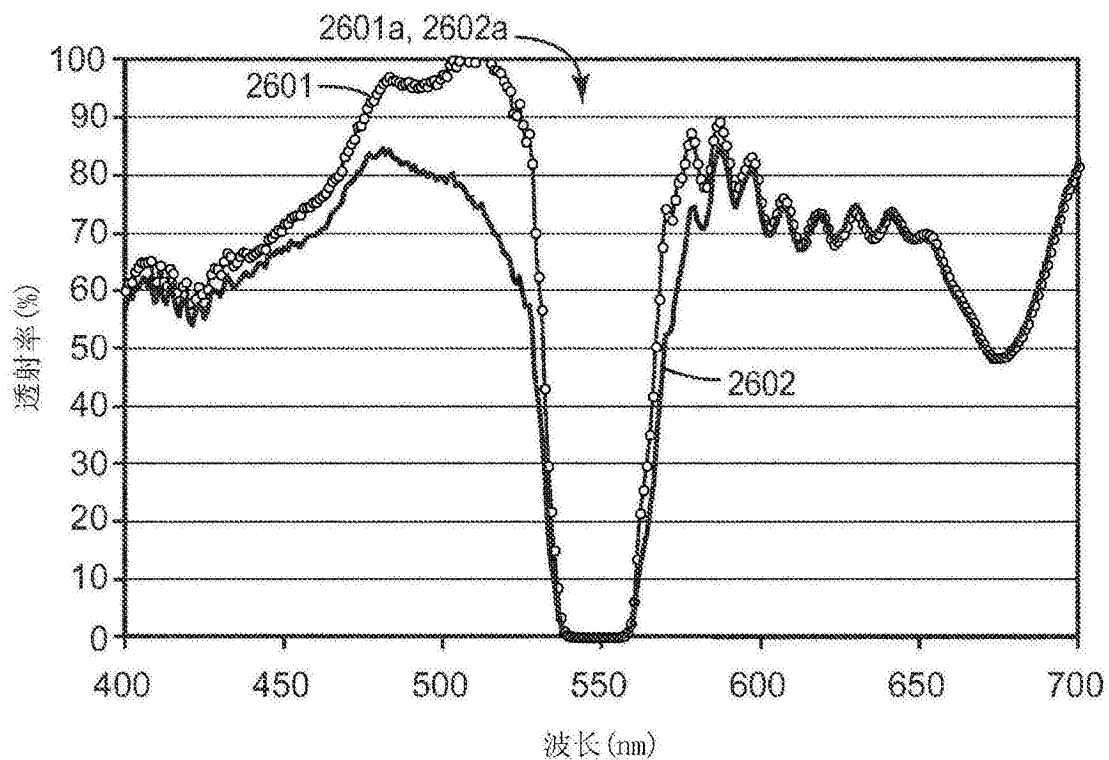


图26

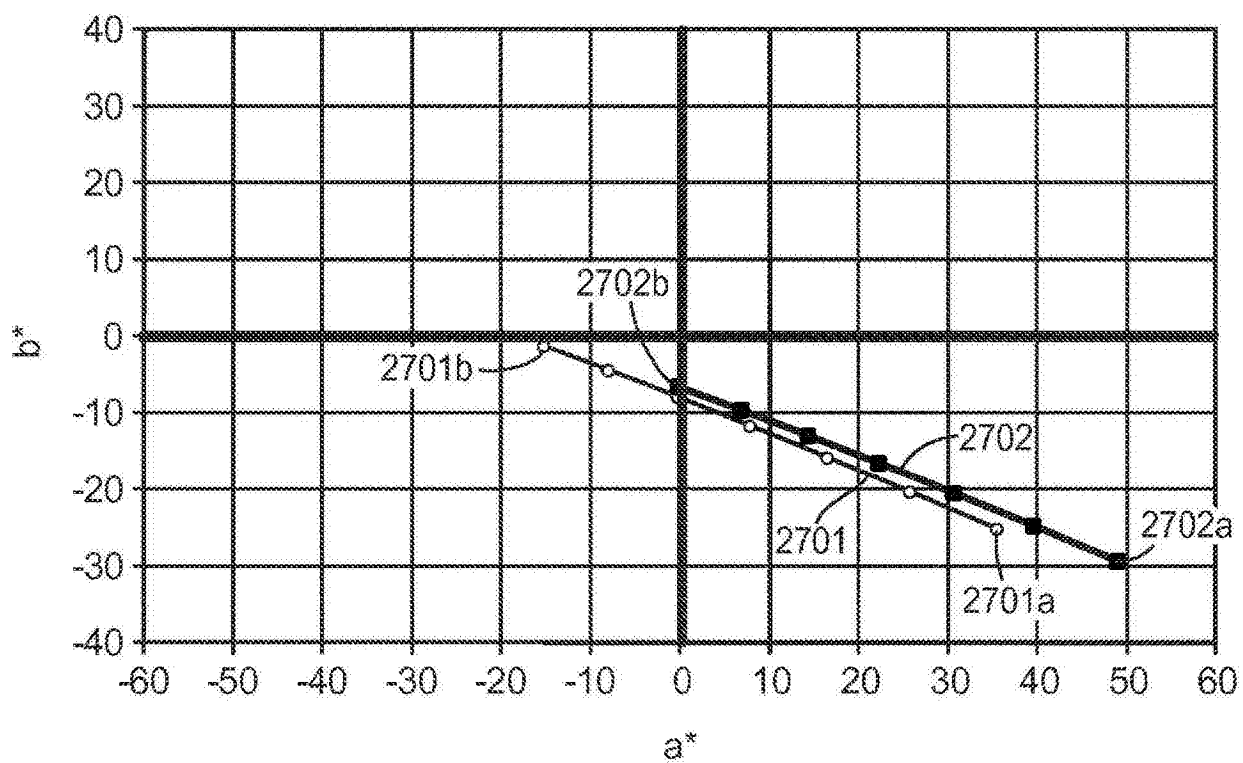


图27

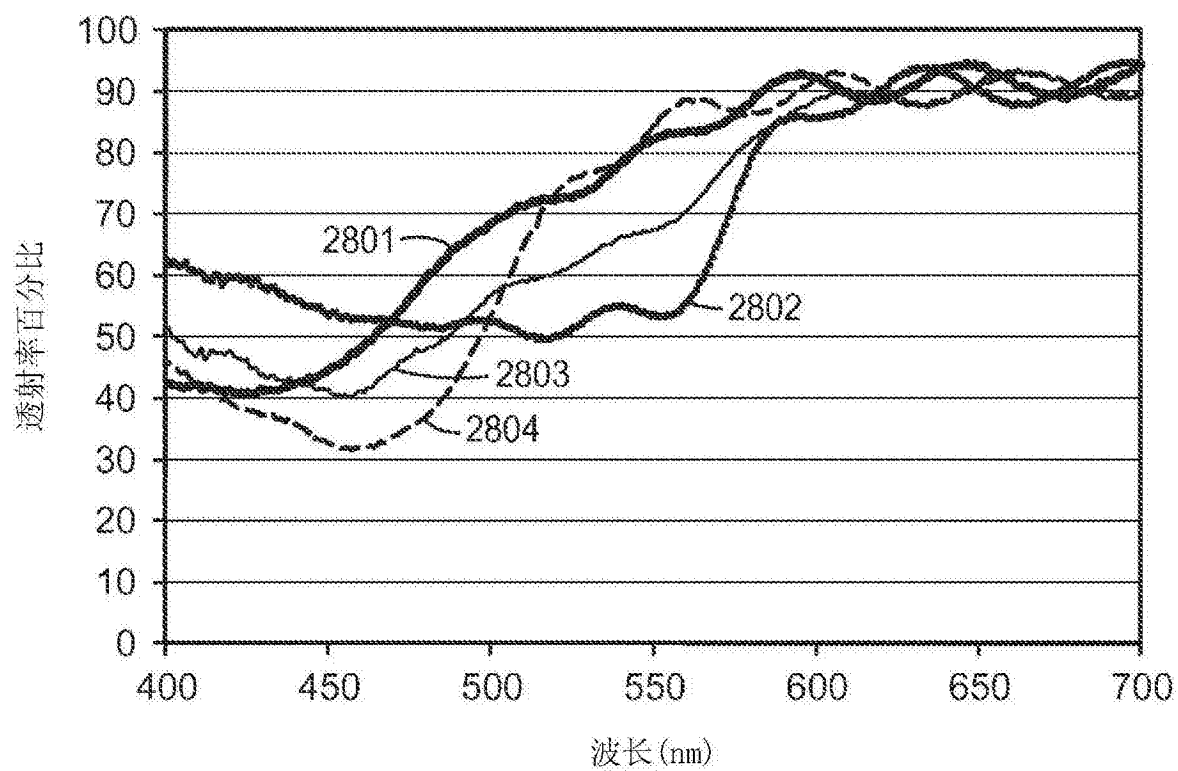


图28