



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 107533169 B

(45) 授权公告日 2024. 04. 16

(21) 申请号 201680024193.1

(22) 申请日 2016.03.08

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 107533169 A

(43) 申请公布日 2018.01.02

(30) 优先权数据  
62/133,207 2015.03.13 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日  
2017.10.26

(86) PCT国际申请的申请数据  
PCT/US2016/021399 2016.03.08

(87) PCT国际申请的公布数据  
W02016/148984 EN 2016.09.22

(73) 专利权人 恩光码公司  
地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 安德鲁·W·史密德  
唐纳德·M·穆佛森

(74) 专利代理机构 北京律盟知识产权代理有限公司 11287

专利代理师 顾晨昕

(51) Int.Cl.  
G02B 5/20 (2006.01)  
G02C 7/10 (2006.01)

(56) 对比文件  
CN 104919342 A, 2015.09.16  
US 2014268031 A1, 2014.09.18  
CN 103688145 A, 2014.03.26  
CN 101441289 A, 2009.05.27  
CN 102947680 A, 2013.02.27  
CN 104024891 A, 2014.09.03  
TW 201431546 A, 2014.08.16  
US 2004114242 A1, 2004.06.17  
US 4826286 A, 1989.05.02  
US 5218386 A, 1993.06.08  
US 5574517 A, 1996.11.12

审查员 王永强

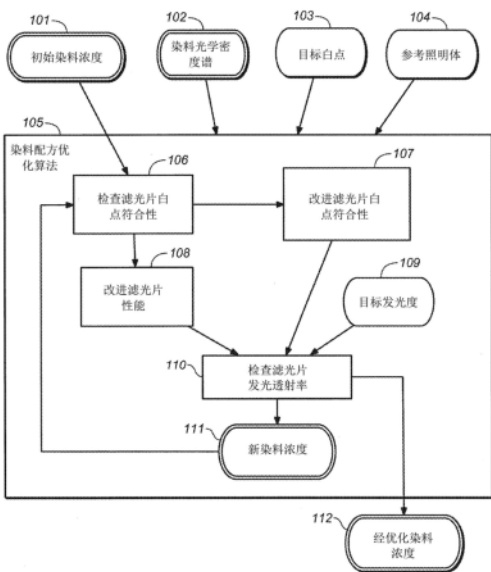
权利要求书1页 说明书26页 附图30页

(54) 发明名称

以期望方式影响颜色视觉的光学滤光片及其通过非线性优化的设计方法

(57) 摘要

本发明一般来说涉及对到达人类视觉的光的颜色表现的色度及发光方面提供调节及/或增强的光学滤光片,一般来说涉及此类光学滤光片的应用,涉及此类光学滤光片的治疗应用,涉及此类光学滤光片在并入于例如辐射防护性眼睛佩戴物中时的工业及安全应用,涉及设计此类光学滤光片的方法,涉及制造此类光学滤光片的方法,且涉及将此类光学滤光片并入到包含例如眼睛佩戴物及照明体的设备中的设计及方法。



1. 一种光学滤光片,其包括第一窄频带染料和第二窄频带染料,所述第一窄频带染料和第二窄带染料为在其峰值吸收波长周围具有至多40纳米的半峰全宽宽度的染料,其中:

所述第一窄频带染料具有595纳米的峰值吸收波长,且所述第二窄频带染料具有475纳米的峰值吸收波长,且染料浓度经配置使得滤光片在475纳米下的透射率为滤光片在595纳米下的透射率的至少4倍大;或

所述第一窄频带染料具有575纳米的峰值吸收波长,且所述第二窄频带染料具有475纳米的峰值吸收波长,且染料浓度经配置使得滤光片在475纳米下的透射率为滤光片在575纳米下的透射率的至少3倍大;

所述滤光片的发光透射率为至少40%;

所述滤光片的红绿分离因数大于1.0,且所述光学滤光片的所述发光透射率根据CIE 1932 2度标准观察者被定义为CIE标准照明体D65的经加权明视透射率。

2. 根据权利要求1所述的光学滤光片,其中所述滤光片的所述红绿分离因数大于1.25。

3. 根据权利要求1所述的光学滤光片,其中所述滤光片的所述红绿分离因数大于1.5。

4. 根据前述权利要求中任一权利要求所述的光学滤光片,其中所述滤光片的所述发光透射率大于50%。

5. 根据权利要求1到3中任一权利要求所述的光学滤光片,其中所述滤光片的所述发光透射率大于60%。

6. 根据权利要求1到3中任一权利要求所述的光学滤光片,其中滤光片颜色为蓝色。

7. 根据权利要求1到3中任一权利要求所述的光学滤光片,其中所述滤光片颜色为紫色。

8. 一种眼科眼镜镜片,其包括根据权利要求1到7中任一权利要求所述的光学滤光片,其中所述光学滤光片过滤至少10度视域。

9. 一种灯组合件,其包括根据权利要求1到5中任一权利要求所述的光学滤光片。

## 以期望方式影响颜色视觉的光学滤光片及其通过非线性优化的设计方法

[0001] 相关申请案交叉参考

[0002] 本申请案主张2015年3月13日提出申请的标题为“以期望方式影响颜色视觉的光学滤光片及其通过非线性优化的设计方法”的美国临时专利申请案第62,133,207号的优先权权益,所述美国临时专利申请案以全文引用的方式并入本文中。

[0003] 本申请案还涉及2013年8月30日提出申请的标题为“多频带颜色视觉滤光片及通过LP优化的方法”的美国专利申请案第14/014,991号且涉及2012年3月5日提出申请的标题为“多频带颜色视觉滤光片及通过LP优化的方法”的PCT/US2012/027790,所述两者均以全文引用的方式并入本文中。

### 技术领域

[0004] 本发明一般来说涉及对如由人类颜色视觉所见的光的颜色表现的色度及发光方面提供调节及/或增强的光学滤光片,一般来说涉及此类光学滤光片的应用,涉及此类光学滤光片在眼科镜片中的应用,涉及此类光学滤光片的治疗应用,涉及此类光学滤光片在并入于例如辐射防护性眼睛佩戴物中时的工业及安全应用,涉及设计此类光学滤光片的方法,涉及制造此类光学滤光片的方法且涉及将此类光学滤光片并入到包含例如眼睛佩戴物、隐形镜片、窗、涂层及照明体的光学系统中的设计及方法。

### 背景技术

[0005] 光学滤光片为具有作用于光源或光接收器的波长选择性透射的装置。此类滤光片可经配置以变换如由人类眼睛所见的颜色表现的方面。改进或修改颜色视觉的方面的光学滤光片可给具有颜色视觉缺陷的人、给具有低视觉障碍的人且给具有不正常颜色视觉的人提供治疗益处。光学滤光片可提供眼睛保护以免受紫外、可见及/或红外光谱中的高能量辐射。并入有影响颜色视觉及/或颜色表现的光学滤光片的设备包含眼睛佩戴物、隐形镜片、镜组合件、相机、窗、涂层及灯组合件。此类设备通常可称为光学系统。其中光学滤光片用以修改由眼睛使用安置于面部或眼睛前方的镜片或罩接收的光的设备通常称为眼科系统。

### 发明内容

[0006] 本文中揭示用于设计(举例来说)关于人类颜色感知对颜色表现提供增强及/或调节的光学滤光片的方法。通过所描述方法产生的光学滤光片设计可用作制造规范的基础以使用吸收性光学材料(例如窄频带吸收染料及/或宽频带吸收染料)制作光学滤光片。此类滤光片可制造为施加到光学衬底的表面上的涂层,其中光学衬底基本上是透明的或可并入到光学衬底的块体质量块中或两者。光学衬底可(举例来说)并入到眼睛佩戴物(例如,眼镜、太阳镜、面罩、单片眼镜、安全镜片、隐形镜片或任何其它适合眼科镜片)中,或可并入到镜组合件(例如,双目镜)中,或并入到相机镜头中(例如,作为放置于相机镜头组合件上的滤光片),或可并入到灯组合件(例如,灯泡、闪光灯)中,或可并入到施加到反射表面的涂层

(例如,施加到已通过颜料或通过印刷过程而涂色的纸或其它衬底上的清透涂层)中。

[0007] 眼科镜片为供与眼睛一起使用的镜片。眼科镜片可提供对眼睛的光学(聚焦)校正,或所述眼科镜片可具有零倍率且不提供此类校正。眼镜镜片(例如,清透或基本上透明镜片)、经染色或经着色镜片、太阳镜镜片、偏振镜片、梯度镜片、光致变色镜片、多焦点(例如,渐进式、双焦点或三焦点)镜片及隐形镜片为眼科镜片的实例。

[0008] 光学滤光片可由关于其透射率光谱的可测量性质表征。在本文中,术语“滤光片”的未经限定使用应理解为意指“光学滤光片”,除非另有规定。透射率为在特定波长下通过滤光片的光的分数。透射率可陈述为比率(例如,0.40)或陈述为百分比(例如,40%)。可见光波长介于约390纳米与约750纳米之间,然而仅考虑介于400纳米与约700纳米之间或介于420纳米与约670纳米之间的波长也是合理的,因为人类眼睛对具有接近可见光谱的端的波长的光相对不敏感且接近可见光谱的端的滤光片的性质可因此对颜色感知几乎没有影响。滤光片的透射率光谱是指其跨越光的可见光谱的透射,除非本文中另有规定。可通过使用(举例来说)1纳米的波长步长或使用任何其它合理步长或者其它取样方法将每波长透射率列表显示而在计算机上模拟滤光片的透射率光谱。

[0009] 滤光片的均值透射率为在连续波长范围内的平均透射率,举例来说,介于500纳米与599纳米之间的均值透射率可通过以下操作而计算:将所述范围内的每一波长处的透射率(使用1纳米的步长)求和且接着将所述和除以100。

[0010] 滤光片的发光透射率为通过滤光片的标准照明体的经加权平均透射率,其中加权函数为由标准观察者模型定义的明视发光效率函数。在本发明中,滤光片的发光透射率被定义为CIE标准照明体D65的经加权平均透射率且加权函数为由CIE 1932 2度标准观察者定义的明视发光效率函数。

[0011] 滤光片的白点为如通过滤光片所见的平均日光的(x,y)色度坐标,其中平均日光被定义为CIE标准照明体D65且(x,y)色度坐标根据CIE 1932 2度标准观察者及CIE Yxy颜色空间来计算,除非另有规定。

[0012] 滤光片的相关色温为对应于黑体轨迹上的最接近于滤光片的白点的点的温度。

[0013] 当眼科系统用于对由眼睛以典型方式接收的光进行滤光时,对集成到眼科系统中的滤光片的透射率光谱的测量可通过(举例来说)以下操作而执行:将对应于至少10度视域的镜片的区域内的测量求平均。举例来说,光谱测量可通过以下操作而执行:使参考光通过眼镜镜片上的在所述镜片的中心处具有介于约5毫米与约20毫米之间的直径的区,且接着对由眼科系统变换的光执行光谱分析。对隐形镜片的类似测量将使用经适当选择且与镜片的直径成比例的较小区。对集成到灯组合件中的滤光片的透射率光谱的测量可包括:将系统的在输出光束的一部分(举例来说,对应于总输出光功率的约10%)内的光谱响应求平均。可使用测量集成到系统中的滤光片的光谱响应的任何合理方法,其中针对考虑滤光片引起的视觉效果(即,如由正常人类肉眼所见的效果)而适当选择测量方法。

[0014] 如果光学滤光片并入到眼科镜片中,那么所述光学滤光片的性质可根据工业标准惯例及定义来测量,举例来说,由美国国家标准协会Z80.3-2010章节4.6(透射率)、章节4.6.1(发光透射率)、章节4.6.2(均值透射率)及章节4.6.3.1(白点/平均日光的色度坐标)关于眼睛佩戴物定义刚刚所描述的计算。针对隐形镜片,类似计算由ANSI Z80.20-2010定义;针对眼内镜片,所述类似计算由ANSI Z80.7-2002定义;且针对滑雪护目镜,所述类似计



算由ASTM F659-12定义。

[0015] 在一个方面中,一种用于设计用于以期望方式影响颜色视觉的光学滤光片的计算机实施的方法(其中所述滤光片包括两种或两种以上染料组分的组合)包括使用计算机来模拟依据滤光片的组分染料浓度给出的所述滤光片的状态,所述组分染料浓度使用染料配方以如下形式来给出

$$[0016] \quad F = \alpha_1 \Omega_1 + \cdots + \alpha_N \Omega_N$$

[0017] 其中在以上配方中, $\Omega_i$ 表示染料光学密度谱且 $\alpha_i$ 表示第i种染料的对应染料浓度。且在此方法中,根据比尔-朗伯(Beer-Lambert)定律,滤光片的透射率光谱 $\tau_F$ 通过染料组分的组合而模拟,

$$[0018] \quad \tau_F = 10^{(-1 \times F)}$$

[0019] 且所述方法包括重复地(反复地)执行选择对染料配方的最优改变(本文中称为染料增量)直到滤光片达到期望目标发光透射率( $\tau_v$ )为止的例程。且在所述例程的每一重复处,对染料配方的最优改变选自候选改变的集合,其中每一改变对应于染料的染料浓度的小离散增量,且最优改变为使对应候选滤光片的比色性能改变对发光透射率减小的比率最大化的改变,及/或最优改变为使候选滤光片的距目标白点的距离减小对发光透射率减小的比率最大化的改变。

[0020] 在一些实施例中,目标白点为色度空间中的单个点。在一些实施例中,目标白点为色度空间中的圆形区域。在一些实施例中,目标白点为色度空间中的四边形区域。在一些实施例中,目标白点在黑体轨迹上在对应于具有介于约2700开尔文(Kelvin)与约10000开尔文之间的色温的黑体辐射体的位置处。

[0021] 在一些实施例中,目标白点经配置使得所得滤光片颜色为蓝色(即,当通过滤光片时,白色光的表观颜色变换为蓝色颜色)。在一些实施例中,目标白点经配置使得滤光片颜色为紫罗兰色。在一些实施例中,目标白点经配置使得滤光片颜色为粉色。在一些实施例中,目标白点经配置使得滤光片颜色为紫色。在一些实施例中,目标白点经配置使得滤光片颜色为朱红色(朱红色为浅粉灰色颜色)。在一些实施例中,目标白点经配置使得滤光片颜色为黄色。在一些实施例中,目标白点经配置使得滤光片颜色为棕色。在一些实施例中,目标白点经配置使得滤光片颜色为红色。在一些实施例中,目标白点经配置使得滤光片颜色为灰色。

[0022] 在一些实施例中,提供额外约束以确保滤光片在580纳米与600纳米之间的透射率为至少5%或为发光透射率的至少 $1/10^{\text{th}}$ 或者为滤光片的发光透射率的至少 $1/5^{\text{th}}$ 。

[0023] 在一些实施例中,所述方法经修改以限制特定染料的最大浓度以符合制造在期望聚合衬底中含有所述染料的物件必需的溶解度极限。

[0024] 在一些实施例中,所述方法经修改以使用递归预看(look-ahead),使得对最优改变的计算考虑染料浓度的最佳递增增加(其将维持输入约束条件可需要的预期未来改变纳入考虑)。

[0025] 在一些实施例中,所述方法经配置以使用一组标准染料操作,其中标准染料被定义为在其峰值吸收波长周围具有大于40纳米的半峰全宽(full-width-half-maximum)宽度的染料。峰值吸收波长为可见光谱内的在其处染料的光学密度达到其最大值的波长。一些染料可在可见光谱外部的区域中(例如,在紫外或红外光谱中)具有较高光学密度,然而这

些性质与设计用于以期望方式影响颜色视觉的滤光片不相关。

[0026] 在一些实施例中,所述方法经配置以使用一组窄频带染料操作,其中窄频带染料被定义为在其峰值吸收波长周围具有至多40纳米的半峰全宽宽度的染料。

[0027] 在一些实施例中,所述方法经配置以使用包含至少一种窄频带染料及至少一种标准染料的一组染料操作。

[0028] 在一些实施例中,所述方法经配置以使用红绿分离因数作为比色性能量度。

[0029] 在一些实施例中,比色性能量度通过测量如通过滤光片所见的一组参考颜色(例如,针对一组孟塞尔(Munsell)颜色样本)的色度色域面积而计算。

[0030] 在另一方面中,用于表征用于影响颜色视觉的滤光片的比色性能量度包括计算三个邻近非重叠光谱区域内的均值透射率:介于约500纳米与约555纳米之间的绿色区域内的均值透射率( $\tau_G$ )、介于约555纳米与约600纳米之间的黄色区域内的均值透射率( $\tau_Y$ )及介于约600纳米与约650纳米之间的红色区域内的均值透射率( $\tau_R$ ),且接着计算滤光片的发光透射率( $\tau_v$ ),且接着使用以下公式计算滤光片的红绿分离因数( $\Psi_{RG}$ ):

[0031] 
$$\Psi_{RG} = ((\tau_v \times (((\tau_G + \tau_R) / 2) / \tau_Y) - 1)) / (1 - \tau_v) + 1)$$

[0032] 如本文中所定义,红绿分离因数针对中性滤光片(具有每波长恒定透射率的滤光片)为零,且针对增强沿着颜色空间的红绿轴组织的颜色的饱和度和/或亮度的滤光片大于零。

[0033] 在另一方面中,用于以期望方式影响颜色视觉的滤光片包括一或多种窄频带染料,且所述滤光片具有至少40%的发光透射率及至少1.0的红绿分离因数。

[0034] 在一些实施例中,所述滤光片包括两种或两种以上窄频带染料。

[0035] 在一些实施例中,所述滤光片包括三种或三种以上窄频带染料。

[0036] 在一些实施例中,所述滤光片包括四种或四种以上窄频带染料。

[0037] 在一些实施例中,所述滤光片包括五种或五种以上窄频带染料。

[0038] 在一些实施例中,所述滤光片包括一或多种窄频带染料及一或多种标准染料。

[0039] 在一些实施例中,所述滤光片包括两种或两种以上窄频带染料及一或多种标准染料。

[0040] 在一些实施例中,所述滤光片包括三种或三种以上窄频带染料及一或多种标准染料。

[0041] 在一些实施例中,所述滤光片包括四种或四种以上窄频带染料及一或多种标准染料。

[0042] 在一些实施例中,所述滤光片包括五种或五种以上窄频带染料及一或多种标准染料。

[0043] 在一些实施例中,所述滤光片具有大于40%的发光透射率且具有大于1.0的红绿分离因数。

[0044] 在一些实施例中,所述滤光片具有大于40%的发光透射率且具有大于1.25的红绿分离因数。

[0045] 在一些实施例中,所述滤光片具有大于40%的发光透射率且具有大于1.5的红绿分离因数。

[0046] 在一些实施例中,所述滤光片具有大于40%的发光透射率且具有大于2.0的红绿

分离因数。

[0047] 在一些实施例中,所述滤光片具有大于50%的发光透射率且具有大于1.0的红绿分离因数。

[0048] 在一些实施例中,所述滤光片具有大于50%的发光透射率且具有大于1.25的红绿分离因数。

[0049] 在一些实施例中,所述滤光片具有大于50%的发光透射率且具有大于1.5的红绿分离因数。

[0050] 在一些实施例中,所述滤光片具有大于50%的发光透射率且具有大于2.0的红绿分离因数。

[0051] 在一些实施例中,所述滤光片具有大于60%的发光透射率且具有大于1.0的红绿分离因数。

[0052] 在一些实施例中,所述滤光片具有大于60%的发光透射率且具有大于1.25的红绿分离因数。

[0053] 在一些实施例中,所述滤光片具有大于60%的发光透射率且具有大于1.5的红绿分离因数。

[0054] 在一些实施例中,所述滤光片具有大于60%的发光透射率且具有大于2.0的红绿分离因数。

[0055] 在一些实施例中,其中所述滤光片具有至少约40%的发光透射率且所述滤光片具有至少1.0的红绿分离因数,滤光片颜色为蓝色。

[0056] 在一些实施例中,其中所述滤光片具有至少约40%的发光透射率且所述滤光片具有至少1.0的红绿分离因数,滤光片颜色为蓝绿色。

[0057] 在一些实施例中,其中所述滤光片具有至少约40%的发光透射率且所述滤光片具有至少1.0的红绿分离因数,滤光片颜色为紫罗兰色。

[0058] 在一些实施例中,其中所述滤光片具有至少约40%的发光透射率且所述滤光片具有至少1.0的红绿分离因数,滤光片颜色为紫色。

[0059] 在一些实施例中,其中所述滤光片具有至少约40%的发光透射率且所述滤光片具有至少1.0的红绿分离因数,滤光片颜色为粉色。

[0060] 在一些实施例中,其中所述滤光片具有至少约40%的发光透射率且所述滤光片具有至少1.0的红绿分离因数,滤光片颜色为朱红色(朱红色为浅粉灰色)。

[0061] 在一些实施例中,滤光片的白点经配置以具有介于2700开尔文与10000开尔文之间的相关色温且在CIE (x,y) 1932 2度标准观察者色度空间中滤光片白点距黑体轨迹的距离为至多约0.05个单位。

[0062] 在一些实施例中,滤光片的白点经配置以具有介于2700开尔文与10000开尔文之间的相关色温且在CIE (x,y) 1932 2度标准观察者色度空间中滤光片白点距黑体轨迹的距离为至多约0.025个单位。

[0063] 在一些实施例中,所述滤光片包括具有约575纳米的峰值吸收波长的第一窄频带染料及具有约595纳米的峰值吸收波长的第二窄频带染料。

[0064] 在一些实施例中,所述滤光片包括具有约575纳米的峰值吸收波长的第一窄频带染料及具有约595纳米的峰值吸收波长的第二窄频带染料,且所述染料的浓度经配置使得

滤光片在575纳米下的透射率为约10%+/-5%。

[0065] 在一些实施例中,所述滤光片包括具有约575纳米的峰值吸收波长的第一窄频带染料及具有约595纳米的峰值吸收波长的第二窄频带染料,且所述染料的浓度经配置使得滤光片在595纳米下的透射率为约5%+/-3%。

[0066] 在一些实施例中,所述滤光片包括具有约595纳米的峰值吸收波长的第一窄频带染料及具有约475纳米的峰值吸收波长的第二窄频带染料,且染料浓度经配置使得滤光片在475纳米下的透射率为滤光片在595纳米下的透射率的至少约4倍大,且使得滤光片的发光透射率为至少40%或为至少50%或者为至少60%。

[0067] 在一些实施例中,所述滤光片包括具有约575纳米的峰值吸收波长的第一窄频带染料及具有约475纳米的峰值吸收波长的第二窄频带染料,且染料浓度经配置使得滤光片在475纳米下的透射率为滤光片在575纳米下的透射率的至少约3倍大,且使得滤光片的发光透射率为至少40%或为至少50%或者为至少60%。

[0068] 在另一方面中,一种用于给经受颜色视觉缺陷的个体验配眼科镜片的方法包括:测试所述个体的颜色视觉且接着验配(推荐或选择)含有光学滤光片的镜片,其中如果所述个体具有绿色弱视,那么镜片经选择使得滤光片在575纳米下的透射率为在595纳米下的透射率的至少两倍大,及/或如果所述个体具有红色弱视,那么镜片经选择使得滤光片在595纳米下的透射率为在575纳米下的透射率的至少两倍大。

[0069] 在另一方面中,一种用于给经受颜色视觉缺陷的个体验配眼科镜片的方法包括:测试所述个体的颜色视觉且接着验配(推荐或选择)含有光学滤光片的镜片,其中如果所述个体具有绿色弱视,那么镜片经选择使得滤光片在575纳米下的透射率为在595纳米下的透射率的至少两倍大,及/或如果所述个体具有红色弱视,那么镜片经选择使得滤光片在595纳米下的透射率为在575纳米下的透射率的至少两倍大,且滤光片的发光透射率大于约70%。

[0070] 在另一方面中,一种用于以期望方式影响颜色视觉的滤光片包括一或多种窄频带染料,并且所述滤光片具有至少约70%的发光透射率且在390纳米与430纳米之间具有至多25%的均值透射率,且所述滤光片包括具有约595纳米的峰值吸收波长的窄频带染料,且窄频带染料的浓度经配置使得滤光片在595纳米下的透射率为至多约75%。

[0071] 在一些实施例中,所述滤光片具有约85%的发光透射率且在390纳米与430纳米之间具有约20%的均值透射率。

[0072] 在一些实施例中,所述滤光片具有约75%的发光透射率且在390纳米与430纳米之间具有约5%的均值透射率。

[0073] 在一些实施例中,所述滤光片包括具有约595纳米的峰值吸收波长的第一窄频带吸收染料及具有约405纳米的峰值吸收波长的第二窄频带染料,且所述第二窄频带染料还具有处于约510纳米的较小吸收峰值。

[0074] 在一些实施例中,所述滤光片包括具有约595纳米的峰值吸收波长的第一窄频带吸收染料及具有约420纳米的峰值吸收波长的第二窄频带染料,且所述第二窄频带染料还具有处于约525纳米的较小吸收峰值。

[0075] 在另一方面中,一种用于以期望方式影响颜色视觉的滤光片包括一或多种窄频带染料及一或多种蓝色吸收标准染料,且所述滤光片具有至多40%的发光透射率,且在390纳

米与425纳米之间的滤光片透射率为至多1%。

[0076] 在一些实施例中,在390纳米与450纳米之间的滤光片透射率为至多1%。

[0077] 在一些实施例中,所述滤光片包括具有约595纳米的峰值吸收波长的窄频带染料,且所述窄频带染料的浓度经配置使得滤光片在595纳米下的透射率为至多约10%。

[0078] 在另一方面中,包括一或多种窄频带染料及视情况一或多种标准染料的滤光片(其中所述滤光片经配置而以期望方式影响颜色视觉)并入到眼科系统中。

[0079] 在一些实施例中,所述眼科系统为一类型的眼睛佩戴物,所述类型的眼睛佩戴物包括眼科镜片及/或窗,举例来说眼镜镜片、太阳镜镜片或面罩。在一些此类实施例中,所述滤光片可经并入使得视野的一部分受影响,其中视野的所述部分为近场观看条件发生之处。在一些此类实施例中,滤光片可经并入使得视野的一部分受影响,其中视野的所述部分为远场观看条件发生之处。

[0080] 在一些实施例中,其中所述眼科系统为一类型的眼睛佩戴物,滤光片并入到施加到镜片衬底的表面的涂层中。

[0081] 在一些实施例中,其中所述眼科系统为一类型的眼睛佩戴物,滤光片并入到镜片衬底的块体材料中。

[0082] 在一些实施例中,其中所述眼科系统为一类型的眼睛佩戴物,滤光片并入到镜片衬底的块体材料中且并入到施加到镜片衬底的表面的涂层中。

[0083] 在一些实施例中,其中所述眼科系统为一类型的眼睛佩戴物,镜片组合件包含第二滤光片,其中所述第二滤光片为或包括光致变色染料、或者为或包括线性偏振器、或者为或包括圆形偏振器。

[0084] 在一些实施例中,所述眼科系统包括隐形镜片。

[0085] 在一些实施例中,所述眼科系统包括眼内镜片。

[0086] 在另一方面中,以期望方式影响颜色视觉的滤光片(其中所述滤光片包括一或多种窄频带染料)并入到光学系统中。

[0087] 在一些实施例中,所述光学系统为灯组合件且所述滤光片经并入使得对由灯发射的光中的一些或全部光进行滤光。

[0088] 在一些实施例中,所述灯组合件为闪光灯、头灯或类似便携式光源。

[0089] 在一些实施例中,所述光学系统为灯泡、灯具或类似可永久性安装光源。

## 附图说明

[0090] 图1:描绘设计用于以期望方式影响颜色视觉的滤光片的优化染料配方的反复方法的过程流程图。

[0091] 图2:描绘测量对用于以期望方式影响颜色视觉的滤光片的染料配方的候选改进的方法的过程流程图。

[0092] 图3:描绘测量针对候选经改进滤光片的改进的方法的过程流程图,其中所期望改进为增加比色性能度量。

[0093] 图4:描绘测量针对候选经改进滤光片的改进的方法的过程流程图,其中所期望改进为恢复与目标白点约束的符合性。

[0094] 图5:典型人类眼睛的S视锥、M视锥、L视锥及视杆光色素的吸收率光谱。

[0095] 图6:展示具有规范颜色名称的区域及包括介于绿色与红色之间的中间颜色的三角形区域的色度图。

[0096] 图7:每波长白点与光谱轨迹之间的距离的曲线及表示对应于介于绿色与红色之间的光谱颜色的波长的矩形区域。

[0097] 图8:选定标准染料的光学密度谱。

[0098] 图9:包括标准黄色吸收染料的蓝色滤光片的透射率光谱。

[0099] 图10:包括标准黄色吸收染料的粉色滤光片的透射率光谱。

[0100] 图11:包括氧化钼的蓝色滤光片的透射率光谱。

[0101] 图12:标准黄色吸收染料及窄频带黄色吸收染料的光学密度谱。

[0102] 图13:选定窄频带染料的光学密度谱。

[0103] 图14:包括单个窄频带染料的蓝色滤光片的透射率光谱。

[0104] 图15:包括单个窄频带染料的粉色滤光片的透射率光谱。

[0105] 图16:包括多个窄频带染料的蓝色滤光片的透射率光谱。

[0106] 图17:包括多个窄频带染料的朱红色滤光片的透射率光谱。

[0107] 图18:包括多个窄频带染料的灰色滤光片的透射率光谱。

[0108] 图19:包括多个窄频带染料及/或标准染料的HEV(高能量可见)辐射吸收滤光片的透射率光谱。

[0109] 图20:包括多个窄频带染料及/或标准染料的全色盲辅助滤光片的透射率光谱。

[0110] 图21:展示选定滤光片的白点位置及用于滤光片颜色的分类的色度区域的色度曲线图。

[0111] 图22:针对选定滤光片实例的发光透射率对红绿分离因数的散点图,及用于比色滤光片性能的分类的三个区域。

[0112] 图23A:展示眼科镜片的构造的示意图,所述眼科镜片包括作为经接合涂层施加于镜片衬底上的基于功能性染料的滤光片。

[0113] 图23B:光源组合件的示意图,所述光源组合件包括作为与灯输出光束相交的光学窗并入的基于功能性染料的滤光片。

[0114] 图24A:展示镜片上的区域的图式,其中滤光片可经施加以针对近场观看条件提供对颜色视觉的期望效应。

[0115] 图24B:展示镜片上的区域的图式,其中滤光片可经施加以针对远场观看条件提供对颜色视觉的期望效应。

[0116] 图25:用于描述及演示过程流程图在其出现于其它图中时的语法及结构的实例性过程流程图。

[0117] 图26:标准染料的经正规化光学密度谱的表。

[0118] 图27:DCB系列的光学滤光片的透射率光谱的表。

[0119] 图28:DCP系列的光学滤光片的透射率光谱的表。

[0120] 图29:ACE系列的光学滤光片的透射率光谱的表。

[0121] 图30:窄频带染料的经正规化光学密度谱的表。

[0122] 图31:DMB系列的光学滤光片的透射率光谱的表。

[0123] 图32:DMP系列的光学滤光片的透射率光谱的表。

- [0124] 图33: CXB系列的光学滤光片的透射率光谱的表。
- [0125] 图34: CXV系列的光学滤光片的透射率光谱的表。
- [0126] 图35: CXN系列的光学滤光片的透射率光谱的表。
- [0127] 图36: UVH系列的光学滤光片的透射率光谱的表。
- [0128] 图37: ACR系列的光学滤光片的透射率光谱的表。
- [0129] 图38: 具有  $\Psi_{RG} > 1$  及  $\tau_v > 0.40$  的滤光片的性质的表。
- [0130] 图39: 具有  $\Psi_{RG} < 1$  的滤光片的性质的表。

### 具体实施方式

[0131] 应参考图式阅读以下详细说明,其中贯穿不同图,相同元件符号指代相似元件。未必按比例绘制的图式描绘选择性实施例且并不打算限制本发明的范围。详细说明以实例方式而非限制方式图解说明本发明的原理。本说明将明确地使得所属领域的技术人员能够制作并使用本发明,且描述本发明的数个实施例、更改形式、变化形式、替代方案及使用,包含目前据信为实施本发明的最佳模式的方案。如本说明书及所附权利要求书中所使用,单数形式“一(a、an)”及“所述(the)”包含多个指示物,除非上下文另有明确指示。

[0132] 光学滤光片可并入到眼睛佩戴物中以提供多种有用效应以用于辅助颜色视觉,特定来说以用于给具有颜色视觉缺陷的人提供较佳颜色视觉。如美国专利申请案第14/014,991号中所描述,针对以期望方式影响颜色视觉的光学滤光片的相关设计约束以线性程序的形式容易地陈述且可在给出成本函数的情形下快速地以唯一全局最优解来解出。此类约束包含(举例来说)如通过滤光片所见的任何指定光源的表观所要求的色度及/或发光度界限。格式良好(可解)线性程序的约束形成n维多面体,其中n为基元素的数目。基元素为(举例来说)针对光的每一波长的单色光源(离散狄拉克-德尔塔(dirac-delta)函数)或可为高斯基函数或者任何透射率对波长的函数。此外,线性程序的解的一般性质为所述解必定位于n维约束多面体的顶点处。此类型的最优性条件等效于以下陈述:在对具有较高成本的基元素的任何利用之前,总是优选地使对特定基元素(例如,具有最小成本的元素)的利用最大化。在不存在对最小及最大光谱透射率的任何指定约束的情况下,最优滤光片必须具有每波长一个二进制透射率函数,此意指在每一波长下,滤光片为100%透射的或100%阻挡的。换句话说,具有平滑改变的透射率函数(对波长)的任何滤光片解对应于位于约束多面体的内部上的线性程序解,且因此并非为最优的,因为其并不关于约束条件使成本最小化(或等效地,使益处最大化)。在其中指定约束(举例来说,管控特定光的最小必要发光度)的事件中,这些约束可导致其中最小光谱透射率具有较低界限的区域。举例来说,使用此类较低界限约束可导致从通频带延伸到邻近阻频带中的肩(shoulder)特征的出现。总之,用于以期望方式影响颜色视觉的优化滤光片为具有一或多个阻频带(凹口)切口且其中每一频带过渡区处的斜率的绝对量值尽可能高的滤光片。此类滤光片的频带过渡区的此特性还可描述为“清晰分离的”、“窄频带宽”、“高频率”、“高衰减因数”或类似术语。

[0133] 用于实施如所描述具有一或多个清晰分离阻频带的滤光片的手段包含电介质堆叠(等效于光学无限脉冲响应滤光片)、偏振延迟器堆叠(等效于光学有限脉冲响应滤光片)、吸收性染料、荧光染料及包括前述手段中的两者或两者以上的混合方法。可将电介质堆叠及偏振延迟器堆叠两者均视为一般滤光片设计技术类型,因为所述两者能够适应于几

乎任意目标滤光片规范。此类技术适于与上文所描述的基于线性程序的设计方法一起使用。然而,对于基于染料的组合的滤光片的设计,使用不同方法可为优选的,所述不同方法优选用于使用适应染料的非线性混合性质的反复算法确定适当染料配方。染料的性质固有地为非线性的(根据比尔-朗伯定律表征),且因此不适合作为到线性程序求解器的输入。另外,基于染料的滤光片的设计提出额外问题,包含:1)染料由于基础化学品而限制于离散选择,且可用于配制的染料的光学密度谱可不容易被修改。2)染料的光谱吸收率(例如,在聚合载体基质中)并非理想选择性的且通常具有旁频带或以其它方式导致光谱的不同区中的吸收,3)染料向可具有审美效果(特定来说在并入到眼睛佩戴物中时)的滤光片赋予着色。给出理论上最优目标透射率光谱(例如,如通过线性程序的方法计算),可能难以找到准确地约计目标同时还提供关于对颜色视觉的期望效应的充分性能的染料组合。另外,对于包括两种或两种以上染料组分的复杂配方的滤光片,滤光片性质在所述配方的任何标量修改下改变。举例来说,假定染料配方对于其染料组分以相等比例稀释以达成具有较高发光透射率的新滤光片。经稀释滤光片与经设计(例如,使用下文所描述的方法)以具有与经稀释滤光片相同的目标发光透射率的滤光片相比较将并非最优的。

[0134] 下文详细描述用于设计及优化以期望方式影响颜色视觉的滤光片的反复方法,其中滤光片基于染料的组合(使用染料配方来指定)。此方法在于计算机上实施时达成用于以期望方式影响颜色视觉的滤光片的染料配方的自动优化。通过此方法提供的染料配方可用作此类滤光片的制造规范的基础。连同图14到20的说明一起提供使用此方法及/或所述方法的变化形式设计的滤光片的实例、滤光片对颜色视觉的期望效应以及其它详细说明。如本文中所描述的方法能够生产用于关于比色性能度量而优化同时还满足一或多个约束(例如,对特定指定光源的色度及/或发光度的约束)的滤光片的染料配方。在所述方法的一些变体中,比色性能度量定义为红绿分离因数,下文详细定义及描述所述红绿分离因数。在一些变体中,比色性能度量为指定参考颜色的色度色域面积。在一些变体中,比色性能度量为高能量可见光(即,短波长蓝色光)的透射的最小化。在一些变体中,(举例来说)通过要求标准照明体D65具有特定发光度且其色度(如通过滤光片观看)限于色度空间中的特定区域内,比色约束涉及指定白色光的发光度及/或色度。在一些变体中,(举例来说)通过要求黄色LED具有达成此类光的可见性(在通过滤光片观看时)所需的最小发光度,比色约束涉及指定黄色光的发光度。在一些变体中,比色约束涉及将暗视透射率限制为发光透射率的小部分(举例来说,小于约三分之一)(暗视光为由视杆细胞光色素接收的包括介于约430纳米与约570纳米之间的波长的光)。

[0135] 图1是描绘优化用于滤光片的染料配方的前述反复方法(算法)(给出设计准则规范)的实施例的过程流程图。所展示设计准则包含初始染料浓度101的向量、可用于配制的染料(组分染料)的光学密度谱102、滤光片的目标白点103(例如,参考照明体的期望CIE 1932(x,y)色度坐标)及参考照明体的功率谱104。通常,参考照明体为CIE标准照明体D65,但还可为另一照明体(例如具有不同相位的日光的照明体),或萤光灯,或具有发光二极体的照明体或者任何其它指定光源。设计准则作为输入提供到染料配方优化算法105,反复的过程在所述染料配方优化算法内发生,其中一组初始染料浓度反复地更新直到过程终止为止,且在终止后的染料浓度的状态为一组经优化染料浓度112。

[0136] 反复过程通过使用初始染料浓度及组分染料光学密度谱模拟滤光片而初始化。通



常,初始染料浓度全部为零(即,经初始模拟的滤光片为完全透明的)。接着,关于指定白点约束检查所模拟滤光片。滤光片的白点为依据适合颜色空间(举例来说,CIE  $Y_{xy}$ 或CIE LUV颜色空间)中的二维色度坐标而计算。白点约束检查包括测量相对于参考照明体的目标白点103与由当前所模拟滤光片提供的白点之间的距离。如果目标白点为单个点,那么所述距离为向量长度。如果目标白点为2维区域,那么所述距离为将当前所提供白点连接到所述区域的边界的最短线的长度,或对于位于所述区域的边界上或位于所述区域内的点,所述距离为零。如果距离值小于经适当选择小正数( $\epsilon$ ) (举例来说,在CIE  $(x, y)$  色度空间中约0.001个单位),那么滤光片白点检查被视为通过(即,符合)。在一些变化形式中,可选择较大的小正数值(例如,在CIE  $(x, y)$  色度空间中0.05个单位),其中使用较大的小正数值等效于界定圆形的、弯曲的或修圆的目标白点区域。如果滤光片白点检查被视为通过,那么执行子过程,其中考虑对滤光片的比色性能的改进108。如果所述检查被视为未通过(即,不符合),那么执行子过程,其中考虑对滤光片白点符合性的改进107。所述两个前述子过程107、108分析当前染料配方且接着选择对应于新所模拟滤光片的新染料配方。接着,将这些数据提供到另一子过程,其中测量滤光片的发光透射率110。如果发光透射率小于或等于目标发光度109,那么染料配方优化过程终止且当前染料浓度经输出作为最终经优化染料浓度112。如果发光透射率大于目标发光度,那么更新染料浓度向量111且通过返回到106处所指示的滤光片白点检查步骤而重复如刚刚所描述的过程流程。

[0137] 每当执行所展示的过程回圈时,染料中的一者的浓度增加,从而导致到当前所模拟滤光片的非线性变换。随着浓度随每一反复而单调增加,滤光片的发光度将随每一反复而变小,从而最后在滤光片达到期望目标发光度时导致过程的终止。在每一反复中,染料浓度改变量总计为小的离散步进,所述小的离散步进随时间推移而约计 $n$ 维空间中的连续线,其中 $n$ 为从可用于配制的所述组染料提供的染料光学密度谱102的数目。所得滤光片的最优性为沿着此线的每一步进的最优性的结果。下文进一步详细描述在子过程106及107中的每一者中选择最优步进的方法。

[0138] 图1中的子过程106及107两者均考虑对染料配方的可能改进,且利用常见算法结构来模拟可能改进,接着测量候选经改进滤光片的功效且接着选择可从候选选项获得的最佳改进。在图2中描绘对此一般过程的说明。子过程106及107对应于此一般过程的两个变化形式,其中考虑不同类型的改进。下文连同图3及图4的说明一起解释对不同类型的改进的功效的计算。

[0139] 现在参考图2,将选择对染料配方的最优改进的方法(给出一组候选改进)描绘为过程流程图。本文中,过程从以下各项初始化:一组当前染料浓度201、可用于配制的染料的一组光学密度谱202,及对应于组分染料的以其根据染料配方的对应浓度的混合物的当前所模拟滤光片204、当前滤光片的透射率光谱206以及由对应于每一染料的染料增量组成的一组染料浓度增量203。染料浓度增量为小量,对应染料的浓度将增加达所述小量。举例来说,通过将总浓度增加达约0.001单位。小染料增量值在随时间被考虑时约计每一染料的浓度的连续改变。必须适当选择增量大小以产生连续性的良好近似,否则算法可导致非最优解。针对每一染料浓度增量,模拟对应于当前染料配方的滤光片205,其中对应染料的浓度已相应地增加,从而产生候选滤光片的透射率光谱的集合207。针对对应于染料增量的每一候选滤光片,计算关于染料增量的改进功效209,此涉及候选滤光片与当前滤光片之间的比

较。接着收集染料增量功效得分210且接着将所述染料增量功效得分进行分类以选择具有最佳性能的染料增量211,从而产生经更新且最优经改进滤光片212及对应于经改进滤光片的一组新染料浓度213以及对应于经选择为最优的染料增量的功效得分214。接着,将新染料浓度传回到上文连同图1一起描述的封围例程。另外,可在每一步进处监视功效得分214以获得对在封围反复设计方法执行时所实现的改进量的洞察。

[0140] 在图3中描绘关于比色性能量度的对与当前滤光片301相比的候选经改进滤光片302的计算。所述计算通过评估针对当前滤光片303及针对候选滤光片304两者的比色性能且通过计算当前滤光片305及候选滤光片306的发光透射率而初始化。接着,计算所述两个数量的改变量,从而提供当前滤光片与候选滤光片之间的比色性能的改变量307及当前滤光片与候选滤光片之间的发光度的减小量308。注意,候选滤光片总是具有比当前滤光片低的发光透射率,然而比色性能可取决于在候选滤光片的配制中哪一染料浓度递增而较大或较小。接着,将所述两个差比比较为比率309,从而给出每发光透射率改变的比色性能改变速率(其可理解为关于比色性能的对应该染料增量的改进功效的量度310)。

[0141] 在以上计算中,理解以下内容可为有用的:给出当前染料配方及对应滤光片以及可用于配制的所述组染料,期望使最有效的染料的浓度朝向改进比色性能而增加,然而可“装载”到配方中的染料的总量受滤光片的目标发光度限制。因此,如果最大程度增加比色性能的染料还在其减小滤光片发光度的程度方面具有高成本,那么所述染料可并非用以增加浓度的最优染料。如果将可用发光度视为通过增加染料浓度而招致的所耗费/花费的资源,那么用以增加的优化染料为给出发光度与比色性能之间的最佳成本:效益比率的染料。如上文所描述的图3的计算可理解为对所述成本:效益比率的计算。

[0142] 在依据染料浓度配方设计最优滤光片的方法的另一变化形式中,染料增量的大小可针对每一染料而变化,使得在每一步进处,发光度的改变针对所有滤光片候选者而保持恒定。

[0143] 下文连同相应地设计的滤光片的实例一起进一步详细描述选择用于以期望方式影响颜色视觉的适当比色性能量度。

[0144] 在图4中描绘关于评估对染料配方的候选改进的另一计算,其中目标为确定关于恢复当前滤光片与目标白点约束的符合性的改进功效。在此计算中,评估当前滤光片的透射率光谱401以确定其距目标白点的距离405及其发光透射率407。在406及408处根据相同内容评估候选经改进滤光片402。距目标白点的距离相对于目标白点404(其可为色度坐标或色度空间中的区域,如先前所描述)且相对于参考照明体403(先前也描述)而界定。接着,分别在409及410处的差操作中将目标白点距离及发光度值进行比较,且接着将所述目标白点距离及发光度值输入到411处的比率计算中以确定关于白点约束准则的候选滤光片的改进的总体量度。

[0145] 刚刚描述的计算的基本性质类似于图3的计算的基本性质,其中目的为确定对应于候选滤光片的染料增量的成本:效益比率。然而,在由图4描绘的计算中,具有最大功效的染料为在具有滤光片发光度的最小减小的情况下减小目标白点距离的染料。换句话说,期望将白点恢复为符合而不使滤光片不必要地变暗。

[0146] 在以上计算的另一变化形式中,用比色性能量度来替换407及408处的发光度计算,如图3中303及304处。在此变化形式中,具有最大功效的滤光片候选者为在具有比色性

能的最小减小的情况下恢复白点符合性的滤光片候选者。

[0147] 现在可将图1中所描绘的反复方法与由图2、图3及图4所定义的子过程的细节一起理解为对如下方法的详细说明:可通过所述方法而将打算以期望方式影响颜色视觉的滤光片设计为从一组可用染料对染料浓度的配制。

[0148] 在所述反复方法的一个变化形式中,反复基本上如上文所描述而进行,其中在每一步进处,过程考虑对目标白点约束符合性或对期望比色性能的改进。对于足够小的染料增量值,此方法可为充分的,然而在一些情形中,较高阶版本的反复过程可为优选的。在此变体中,递归地计算所述过程的重复,以便在根据不同染料增量选择所作的数个步进之后模拟滤光片候选者的最优性,且接着考虑此较大候选者组来选择对应于最优选择的染料增量。可能的递归计算的深度受可用计算资源(例如,处理器时间及存储器)限制。在另一变化形式中,可将染料增量视为诱发一种以上染料组分的改变(即,“步进方向”并不限于沿 $n$ 维解空间的仅一个轴的移动)。

[0149] 连同以下额外图一起详细描述所述过程的额外变化形式,所述额外变化形式经配置以产生对于特定应用为优选的滤光片。

[0150] 以有用方式影响颜色视觉的滤光片在集成到光学系统中时提供光谱透射率,所述光谱透射率修改通过所述系统的光的功率谱。给出适合制造手段,可将此类滤光片并入到眼睛佩戴物或隐形镜片中(举例来说)以变换由眼睛接收的图像。还可将此类滤光片并入到灯组合件中以变换用于照射工作区的光。

[0151] 人类颜色视觉的本质为基于眼睛中的光感受器的光谱敏感度,所述光感受器中的每一者广泛地对可见光谱内的特定子频带的光作出响应。在图5的曲线中展示光感受器色素的经正规化吸收率,其中S视锥吸收率501在约440纳米下具有峰值吸收率,M视锥吸收率503在约540纳米下具有峰值吸收率,L视锥吸收率504在约565纳米下具有峰值吸收率且视杆细胞吸收率在约510纳米下具有峰值吸收率502。人类的颜色感知是通过将三种不同类型的相邻光感受器(其以6百万个到7百万个光感受器细胞的镶嵌图案(mosaic)一起堆积于视网膜的表面上)的相对刺激进行比较而形成。

[0152] 所有可能可见功率谱的空间为无限维向量空间,其投射到所感知颜色及明度的3维空间上。所述投射描述为希尔伯特(Hilbert)空间的数学概念。具有正常颜色视觉的人类能够区分近似1百万个独特颜色深浅(shade of color)。诱发相同色觉的不同光谱刺激物称作位变异构。基于三种相异视锥类别的视觉称作三色颜色视觉。表观颜色的3维空间可分解成基本上为正交感知对象的三个通道:明度或亮度的通道(从白色横跨到黑色);及色度的两个通道,其包括蓝黄通道(按照颜色感知对象的蓝度到黄度来组织所述颜色感知对象)及红绿通道(按照颜色感知对象的红度到绿度来组织所述颜色感知对象)。蓝黄通道对应于S视锥刺激对经组合M视锥与L视锥刺激的比较。红绿通道对应于M视锥刺激对L视锥刺激的比较。来自视锥细胞的刺激的视觉称为明视视觉,且来自视杆细胞的刺激的视觉为暗视视觉。视杆细胞光感受器浸没于亮光中(变白),且因此为单色视觉机制的暗视视觉仅在夜间及/或在极低光条件中活跃。例如在夜间驾驶汽车的活动为由于汽车头灯及交通信号灯的亮度而实际上使用明视视觉来执行。

[0153] 可从图5中的光感受器吸收率的曲线观察到,在(尤其M视锥及L视锥的)吸收率曲线之间存在大量重叠。此外,在人类群体中,存在导致M视锥及L视锥的光谱位置在个体之间

变化的基因变异。具有M视锥与L视锥吸收率之间的经增加重叠的人称作红绿色盲,尽管技术上较正确地将此状况称为颜色视觉缺陷(CVD)。CVD根据类型(M视锥的异常(绿色弱视)或L视锥的异常(红色弱视))且根据程度(对应于经增加重叠的量,其可为可轻微的、中度的、重度的或完全的)来归类。针对其中所述重叠小于完全的CVD的情形,三色视觉仍为功能性的,尽管可显着减损。针对轻微减损,可感知颜色的数目可下降到十万个(正常的10%),而针对强个体,所述可感知颜色的数目可低到一万个(正常的1%)。通常发现本文中所揭示的滤光片对于三色视觉(包含正常三色视觉以及针对异常三色视觉的大多数情形)的增强是有用的。这些滤光片如何修改颜色视觉的基本机制为:所述滤光片选择性地阻挡具有对应于其中发现光色素吸收率曲线之间的显着量的重叠的位置的波长的光。除红绿色盲之外,其它类型的异常三色视觉还包含蓝黄色弱视(其中S视锥功能有缺陷的状况)、色度敏感度的一般丧失(通常伴随低视觉并发症(例如视网膜色素变性)及青光眼的状况)及不完全全色盲(关于重度功能障碍或几乎完全缺乏视锥细胞但具有功能性视杆细胞的状况,有时还称作“昼盲”)。

[0154] 出于设计辅助红绿色盲的滤光片的目的,且特定来说针对也具有高发光透射率的滤光片,本文中提供易于计算的比色性能度量。所述度量在本文中称为红绿分离因数,其还在本发明中表示为 $\Psi_{RG}$ 。给出滤光片的透射率光谱 $\tau(\lambda)$ ,根据以下公式给出对红绿分离因数的计算:

$$[0155] \quad \Psi_{RG} = ((\tau_v \times (((\tau_g + \tau_r)/2)/\tau_v) - 1)) / (1 - \tau_v) + 1)$$

[0156] 其中在以上公式中, $\tau_v$ 为滤光片的发光透射率, $\tau_g$ 为滤光片在500纳米与555纳米之间的平均光谱透射率, $\tau_v$ 为滤光片在555纳米与600纳米之间的平均光谱透射率, $\tau_r$ 为滤光片在600纳米与650纳米之间的平均光谱透射率。发明人已发现,当滤光片的目标发光度大于约40%时,将红绿分离因数用作比色性能度量对于与所揭示反复滤光片设计方法一起使用为优选的。针对小于40%的目标发光度,其它比色性能度量(例如一组参考颜色的色度色域面积(如美国专利申请案第14/014,991号中所描述))可为优选的。

[0157] 图6中所展示的色度图包含多个区域,所述多个区域根据其规范颜色名称而使用字母数字代码来标记。具有高红绿分离因数的滤光片由对应于被视为介于红色(R)与绿色(G)之间的光谱颜色的光波长内的阻频带或透射率的一般抑制来表征。光谱颜色为单色光的表观所感知颜色,其对应于位于色度图中的光谱轨迹上的色度坐标。将具有约580纳米的波长的单色光视为黄色(Y)且将具有介于555纳米到580纳米之间的波长的单色光视为(gY)浅绿黄色、(yG)浅黄绿色或(YG)黄绿色并将具有介于590纳米到610纳米之间的波长的单色光视为浅黄橙色(yO)、橙色(O)、浅红橙色(rO)。所采用的这些区域共同近似横跨红色与绿色之间的中间颜色,且抑制这些波长的透射的滤光片将趋向于放大红色及绿色颜色的表观饱和度(在通常于人造及自然环境中观察时)。在601处指示具有波长555纳米的单色光颜色在色度轨迹上的位置,且在602处指示具有波长600纳米的单色光颜色在色度轨迹上的位置。在603处指示色度图上的对应于标准照明体D65的点。将603连接到601及将603连接到602的直线界定从这些单色颜色坐标到指定白点的距离。

[0158] 图7的曲线图给出每波长从色度轨迹到指定白点的距离的曲线701。在此曲线上,两个最小值可注记于703及704处,所述两个最小值分别对应于被视为青色及黄色的单色光。在所有单色光中,青色及黄色被视为“最类似”于白色,且因此可预期在任何颜色空间中

具有距白色的最小距离,其中距离与所感知颜色差成比例或近似成比例。在此曲线图上,702处的区域表示介于约555纳米与约600纳米之间的光的子频带,如先前所描述。

[0159] 在图8中标绘一组标准染料的光学密度谱。本文中的术语“标准染料”是指通常用于吸收性眼科镜片(例如,太阳镜镜片及其它颜色的镜片)中的染料化合物,且出于本发明的目的而技术上定义为具有大于约40纳米的半峰全宽(FWHM)宽度的任何染料,如通过图8中的全部满足此性质的染料光学密度谱例示。在本发明中,光学密度谱数据经正规化为在峰值吸收率的波长处的1.0的最大值。从经正规化光学密度到实体浓度单位(例如,每毫米百万分率)的转换可通过将所述数据乘以线性比例因数而容易地执行。此转换取决于可通过简单实验而获得或在许多情形中可直接从制造商的染料数据表单获得的染料强度。

[0160] 本文中所描述的标准染料为基于化学色素(包括但不限于蒽醌、环酮(perinone)、重氨基、单偶氮、若丹明(rhodamine)及其它)。所述染料可在Keyplast<sup>TM</sup>商标下从伊利诺伊州芝加哥的Keystone Aniline Corporation商业获得,且可通过多种方法(包含浇铸(例如,浇铸丙烯酸)、射出成型(例如,使用聚碳酸酯)或涂覆(例如,通过旋涂或浸涂过程而施加的聚氨基甲酸酯或丙烯酸涂层))而并入到光学滤光片及/或眼科镜片中。染料色素可借以并入到眼科镜片中的另一过程涉及将镜片浸入于流体及色素的经加热浴中,其中通过扩散,染料色素分子嵌入到可染色硬涂层的多孔表面中。所述过程有时用于眼科处理实验室中以生产低制造量定制染色的镜片产品。所得色泽提供基本上类似于本文中所描述的标准染料的透射率光谱,且除其它供应商的外还可在Opti-Safe<sup>TM</sup>商标下从加利福尼亚州圣地亚哥的Phantom Research Laboratories商业购得。标准染料商业提供者还提供用于形成常见颜色的标准染料的经预混合组合物(掺和物)。举例来说,颜色黑色需要数种标准染料的掺和物来形成对理想中性密度滤光片的良好近似。

[0161] 在本发明中,标准染料还理解为包含光致变色染料,所述光致变色染料还可用于宽广范围的颜色中且具有类似宽频带光谱透射率性质(例如,由Vivimed Labs Ltd.制造且由Keystone Aniline Corporation分配的Reversacol<sup>TM</sup>商标的光致变色染料)。光致变色染料的行为是取决于周围UV辐射量而时变的,然而此类改变可通过在以下两种状态中分析滤光片性质而合理地约计:第一状态,其中光致变色染料未活化(即,褪色状态);及第二状态,其中光致变色染料根据平均日光而活化(即,曝光状态),其中测量包括光致变色染料的镜片的曝光状态及褪色状态的方法由ANSI Z80.3-2010章节5.7给出。

[0162] 再次参考图8,在801处指示的光学密度谱对应于蓝色吸收染料(在本发明中称为SD415Y)。在802处指示的光学密度谱对应于蓝色吸收染料(在本发明中称为SD435Y且可在商标名称Keyplast<sup>TM</sup>Yellow YC下商业购得)。在803处指示的光学密度谱对应于蓝绿色吸收染料(在本发明中称为SD510R且可在商标名称Keyplast<sup>TM</sup>Orange LFP下商业购得)。在804处指示的光学密度谱对应于黄绿色吸收染料(在本发明中称为SD565P)。在805处指示的光学密度谱对应于黄色吸收染料(在本发明中称为SD600V)。在806处指示的光学密度谱对应于红色吸收染料(在本发明中称为SD675B)。吸收特定颜色(例如,黄色)的染料在被添加到光学系统时致使白点朝向相对色度颜色(例如,朝向蓝色)移位。在图26中于400纳米与700纳米之间使用5纳米间隔将前述染料的经正规化光学密度列表显示。波长出现于标头“nm”下方的行中,且染料光学密度谱在上文列举的标头(例如,SD415Y等)下方。

[0163] 下文连同图9及图10一起描述基于标准染料的组合的增加红绿分离因数( $\Psi_{RG}$ )的

滤光片的实例。这些实例还经选择以结合大于约40%的目标发光度( $\tau_v$ )示范关于 $\Psi_{RG}$ 的可达到极限。

[0164] 在图9中标绘一系列滤光片(统称为DCB系列)的透射率光谱。在901处的曲线对应于具有约40%的发光透射率且在本发明中称为DCB40的滤光片。参考先前所描述的所述组标准染料及图26的表中所提供的所述组标准染料的光学密度,用于DCB40的染料配方可表达为以下配方:

$$[0165] \quad DCB40 = 0.252 \times SD565P + 0.599 \times SD600V$$

[0166] 其中在以上配方中,数字0.252及0.599对应于染料的浓度,且SD565P及SD600V对应于包含于此配方中的经正规化光学密度谱(列表显示于图26中)并且代码DCB40对应于以给出比例包括组分染料的混合物,其中向量DCB40的单位为光学密度且包括由给出染料混合物组成的滤光片的光学系统的透射率由以下公式给出:

$$[0167] \quad \tau_{DCB40} = 10^{(-1.0 \times DCB40)}$$

[0168] 返回到图9,在902处的曲线对应于具有约55%发光透射率且在本发明中称为DCB55的滤光片,且所述滤光片具有以下染料配方:

$$[0169] \quad DCB55 = 0.168 \times SD565P + 0.399 \times SD600V$$

[0170] 在903处的曲线对应于具有约70%发光透射率且在本发明中称为DCB70的滤光片,且所述滤光片具有以下染料配方:

$$[0171] \quad DCB70 = 0.0839 \times SD565P + 0.2 \times SD600V$$

[0172] DCB系列的滤光片具有蓝色颜色(即,赋予通过滤光片的白色光蓝色色泽)且提供介于0.7与0.8之间的红绿分离因数。例如这些滤光片的滤光片通常可用于给用于审美目的的眼科镜片着色,但关于对红色及绿色颜色的增强的比色性能并不显着。在图27的表中以5纳米(nm)步进来提供DCB系列的滤光片的透射率光谱。

[0173] 在图10中标绘另一系列的滤光片(统称为DCP系列)的透射率光谱。这些滤光片具有浅粉色白点(即,赋予通过滤光片的白色光粉色、浅红色或浅紫色颜色)。这些滤光片提供介于0.6与0.7之间的红绿分离因数。具有类似于此处描绘的透射率曲线的透射率曲线的滤光片可作为针对颜色视觉缺陷的光学辅助而市售。此类滤光片的浅粉色颜色趋向于破坏消失板型色盲筛选测试(例如石原氏(Ishihara)板测试、HRR板测试等)的设计中的伪等色要求,然而在实际使用应用中,所述滤光片通常被发现为过暗及/或不够有效。

[0174] 再次参考图10,在1001处的曲线对应于具有约40%发光透射率且在本发明中称为DCP40的滤光片的透射率光谱,且所述滤光片具有以下染料配方:

$$[0175] \quad DCP40 = 1.07 \times SD565P$$

[0176] 在1002处的曲线对应于具有约55%发光透射率且在本发明中称为DCP55的滤光片的透射率光谱,且所述滤光片具有以下染料配方:

$$[0177] \quad DCP55 = 0.713 \times SD565P$$

[0178] 在1003处的曲线对应于具有约55%发光透射率且在本发明中称为DCP70的滤光片的透射率光谱,且所述滤光片具有以下染料配方:

$$[0179] \quad DCP70 = 0.357 \times SD565P$$

[0180] 在图28的表中以5纳米(nm)步进来将DCP系列的滤光片的透射率光谱列表显示。

[0181] 上文所提供的DCB及DCP系列滤光片的低性能(其可通过将所述滤光片的红绿分离

因数注记为小于1.0而量化)为其组分染料的结果,所述组分染料为具有相对宽广光谱吸收率曲线的标准染料。对于增加红绿颜色分离且因此可能关于某一形式的红绿色盲而辅助个体优选的滤光片应具有大于1.0或更优选地大于1.25或者更优选地大于1.5的红绿分离因数。标准染料的宽频带吸收率导致具有不良光谱选择性的滤光片。提供具有优选红绿分离因数的滤光片需要使用非标准光学材料。

[0182] 非标准吸收性光学材料的一个实例为特定稀土氧化物、特定来说具有介于约570纳米与约590纳米之间的特性吸收频带的氧化钕。含有氧化钕的可商业购得玻璃称为ACE Blau且由Barberini SpA出售。本文中,在光学路径长度的范围内分析ACE Blau材料的性能以更佳地理解其关于红绿分离因数性能度量的性质。现在参考图11,在1101处的曲线对应于处于1.8毫米的厚度的ACE Blau玻璃。对应滤光片在本文中称为ACE40。ACE40提供约0.64的红绿分离系数及约40%的发光透射率。在1102处的曲线对应于处于1.2毫米的厚度的ACE Blau玻璃。对应滤光片在本文中称为ACE55,且具有约55%的发光透射率并且提供0.75的红绿分离因数。在1103处的曲线对应于处于0.6毫米的厚度的ACE Blau玻璃。对应滤光片在本文中称为ACE70,且具有约70%的发光透射率并且提供0.84的红绿分离因数。ACE系列的滤光片具有蓝灰色颜色(即,白点趋向于蓝色但不如上文所描述的DCB系列的滤光片染色浓烈)。尽管这些滤光片的着色对于先前所描述的DCB及DCP系列的着色为优选的(由于其较低饱和度),但并不将ACE系列视为具有对颜色视觉的足够强效应以作为针对颜色视觉缺陷的光学辅助而市售。基于氧化钕的滤光片的基本问题为存在处于大约520纳米的吸收性频带,此特定来说使绿色颜色的品质降级。

[0183] 在图29的表中以5纳米(nm)步进来提供ACE系列的滤光片的透射率光谱。

[0184] 非标准光学材料的另一实例为窄频带染料。在本文中将窄频带染料定义为在最大吸收波长周围具有小于或等于40纳米的FWHM的光学密度谱的染料。窄频带染料基于专属有机化学配制。窄频带染料可从包含俄亥俄州代顿的Exciton Inc及纽约州宾厄姆顿的Crysta-Lyn Chemical Company的供应商商业购得。

[0185] 图12中所展示的曲线图展示均吸收黄色光的两种染料的经正规化光学密度谱,所述两种染料中的一者为标准染料且另一者为窄频带染料。此曲线图图解说明标准染料与窄频带染料之间的显著差异。在1201处的曲线对应于先前所描述的染料SD600V的光学密度。染料SD600V具有约85纳米的FWHM。在1202处的曲线对应于窄频带染料(在本发明中称为NBD595)的光学密度。染料NBD595具有约20纳米的FWHM,所述FWHM显著小于标准染料的FWHM。

[0186] 在图13中标绘窄频带染料的集合的经正规化光学密度谱。这些选定染料仅表示可商业购得染料的小部分,然而这些选定染料是从被发现对于配制用于以期望方式影响颜色视觉的滤光片为最有用的染料中选择的。其它候选染料(举例来说,具有处于约565纳米的峰值吸收的染料)由作者使用本文中所描述的反复方法进行测试且并未发现是有用的(即,最优配方总是被推断出含零浓度的不合意染料)。在1301处的曲线对应于窄频带染料(本文中称为NBD405且可在商标名称Exciton ABS510下购得)的光学密度谱。在1302处的曲线对应于窄频带染料(本文中称为NBD425且可在名称Exciton ABS527下购得)的光学密度谱。在1303处的曲线对应于窄频带染料(本文中称为NBD475且可在名称Exciton ABS473下购得)的光学密度谱。在1304处的曲线对应于窄频带染料(本文中称为NBD490且可在名称Exciton



P491下购得)的光学密度谱。在1305处的曲线对应于窄频带染料(本文中称为NBD575且可在名称Exciton ABS575下购得)的光学密度谱。在1306处的曲线对应于窄频带染料(本文中称为NBD595且可在名称Exciton ABS595下购得)的光学密度谱。在1307处的曲线对应于窄频带染料(本文中称为NBD670且可在名称Exciton ABS668下购得)的光学密度谱。可在Crysta-Lyn产品目录中发现针对以上商业染料的替代染料,且此类替代由本发明涵盖。

[0187] 在图30的表中以5纳米(nm)步进来提供上文所描述的窄频带染料的经正规化光学密度谱。

[0188] 下文连同图14及图15一起描述提供高红绿分离因数(即,大于1.0)结合高发光度(即,发光透射率大于40%)的滤光片的实施例。这些实例为仅包括单个窄频带染料组分的滤光片,所述滤光片通过简单修改单个染料浓度直到实现期望发光透射率为止的普通设计过程而容易地设计。

[0189] 图14描绘仅包括染料组分NBD595的系列滤光片的透射率光谱。所述滤光片在本文中共同称为DMB系列。在1401处的曲线对应于具有40%的发光透射率及2.5的红绿分离因数的称为DMB40的滤光片。用于DMB40的配方为:

[0190]  $DMB40 = 4.31 \times NBD595$

[0191] 在1402处的曲线对应于具有约55%的发光透射率及1.97的红绿分离因数的称为DMB55的滤光片。用于DMB55的配方为:

[0192]  $DMB55 = 2.15 \times NBD595$

[0193] 在1403处的曲线对应于具有约70%的发光透射率及1.82的红绿分离因数的称为DMB70的滤光片。用于DMB70的配方为:

[0194]  $DMB55 = 1.08 \times NBD595$

[0195] 在图31的表中以5纳米(nm)步进来提供DMB系列的滤光片的透射率光谱。

[0196] DMB系列滤光片产生介于1.8到2.5之间的高量的红绿分离。对于作为眼科镜片的一般室内使用来说,较暗实施例(DMB40及DMB55)可为过暗的。此类滤光片的低光谱透射率也可构成对在眼睛佩戴物中的一般使用的危害:当在光谱中的任何点处,透射率下降到低于约5%或发光透射率( $\tau_v$ )的 $1/10^{th}$ 中的较小者时,所得滤光片可致使特定人工光源的表现变得太暗而不能确保一般安全。举例来说,黄色LED光通常用作警告指示器光(举例来说,在交通信号灯中)。由于眼科镜片中的滤光作用而无法看到此光为安全问题。此系列(DMB70)的最亮实施例仅导致总体发光度的较小减小(70%发光透射率)且具有符合最小光谱透射率需要(如所描述)的优选透射率光谱。此特定实施例由作者在眼睛佩戴物中进行测试且被发现对于宽广范围的典型室内低光及夜间应用是充分的,同时还提供对红绿颜色感知的显着改进。DMB系列的额外优选性质为其对暗视透射率几乎不具有影响,换句话说,夜间视觉(如通过视杆细胞而介导)将不受佩戴包括此滤光片的镜片影响。DMB系列的较不优选性质为其颜色,当直接通过滤光片观看时,所述颜色被视为蓝色,然而当路径长度由于放置于镜片后面的反射对象而加倍时,所述颜色改变成蓝紫色色调。特定来说,当将所述滤光片并入到眼睛佩戴物中且佩戴于面部上时,皮肤的表观颜色呈现看起来令人不安且不自然的紫罗兰色或淡紫色颜色。供在眼睛佩戴物中使用的优选滤光片应具有当将所述优选滤光片佩戴于面部上时为蓝色、粉色、红色、黄色、棕色或灰色的颜色表现。因此,当考虑用于并入到其中着色对外部观察者不可见的眼科系统(例如隐形镜片或鉴识望远镜组合件)中的滤光片



时,例如DMB70的滤光片实施例可为优选选择。

[0197] 在图15中展示另一系列的滤光片的透射率光谱,其中所述滤光片仅由单个窄频带染料组分组成。在1501处的曲线对应于具有40%的发光透射率及2.28的红绿分离因数的称为DMP40的滤光片。用于DMP40的配方为:

[0198]  $DMP40 = 3.58 \times NBD575$

[0199] 在1502处的曲线对应于具有约55%的发光透射率及2.15的红绿分离因数的称为DMP55的滤光片。用于DMP55的配方为:

[0200]  $DMP55 = 1.83 \times NBD575$

[0201] 在1503处的曲线对应于具有约70%的发光透射率及1.98的红绿分离因数的称为DMB70的滤光片。用于DMP70的配方为:

[0202]  $DMP70 = 0.875 \times NBD575$

[0203] 在图32的表中以5纳米(nm)步进来提供DMP系列的滤光片的透射率光谱。

[0204] DMP系列具有通常描述为粉色的颜色表现:当于眼睛佩戴物中佩戴于面部上时,特定来说针对较暗DMP40及DMP55,颜色表现异常浓烈且被发现并非审美上令人愉悦的。

[0205] DMP70滤光片及DMB70滤光片对于在隐形镜片中使用为优选的,而使用隐形镜片需要高发光透射率(例如,至少70%)且关于如所描述的着色的审美问题是无关紧要的。另外,关于隐形镜片应用于辅助红色弱视或绿色弱视颜色视觉缺陷,DMB70滤光片的透射率光谱对于与绿色弱视颜色视觉缺陷一起使用为优选的且DMP70滤光片的透射率光谱对于与红色弱视颜色视觉缺陷一起使用为优选的。此偏好是由以下观察产生:1)红色弱视个体经历对长波长可见光(即,红色光)的减小的敏感度;及2)红色弱视个体经历较低波长的独特黄色而绿色弱视个体经历较长波长的独特黄色及对较长波长光的较高敏感度。用于给具有颜色视觉缺陷的个体体验配隐形镜片的方法可包括:首先进行色盲测试以确定其缺陷的类型及程度,且接着推荐选自具有基本上如上文所描述的透射率光谱的两种隐形镜片替代方案的适当镜片。在关于刚刚所描述的方法的另一变化形式中,可通过类似程序而推荐眼镜镜片,然而眼镜镜片可具有较低发光透射率(例如,介于40%与60%之间),并入到此类镜片中的滤光片可含有NBD575及NBD595(或等效)窄频带染料两者的混合物。在这些变化形式中,方法包括给绿色弱视个体推荐含有基本上类似于CXB系列滤光片(下文所描述)中的一者的光学滤光片的镜片,及/或给红色弱视个体推荐含有基本上类似于CXV系列滤光片(下文也描述)中的一者的光学滤光片的镜片。由CXB系列滤光片共享的性质为:滤光片在575纳米下的透射率为滤光片在595纳米下的透射率的至少大约2倍大。由CXV系列滤光片共享的性质为:滤光片在595纳米下的透射率为滤光片在575纳米下的透射率的至少大约2倍大。

[0206] 下文连同图16、图17、图18、图19及图20一起详细描述包括2种或2种以上染料(包含至少一种窄频带吸收染料)的组的滤光片的实施例。此类滤光片的设计复杂性随着在考虑中的每一额外染料而增加(即,满足输入色度约束的可能位变异构滤光片的数目是重大的),且因此优选地使用上文连同图1到4一起描述的反复方法来优化此类滤光片的染料配方。连同这些对应滤光片实例一起描述设计方法的优选配置及变化形式。

[0207] 在图16中展示一系列滤光片的透射率光谱。这些滤光片在本文中称为CXB系列。所述滤光片包括2种与4种之间的窄频带染料组分的组合。所述滤光片具有蓝绿色颜色(即,白点趋向于朝向蓝色且也朝向绿色)。然而,所提供颜色并非浓烈的,从而显现为也基本上类

似于灰色。所述系列的滤光片包含具有介于约40%与约65%之间的发光透射率的实施例。在1603处的曲线对应于具有40%的发光透射率及1.72的红绿分离因数的本文中称为CXB40的滤光片。用于CXB40的配方为：

$$[0208] \quad CXB40 = 0.511 \times NBD670 + 0.557 \times NBD475 + 0.795 \times NBD575 + 1.29 \times NBD595$$

[0209] 在1602处的曲线对应于具有55%的发光透射率及1.57的红绿分离因数的本文中称为CXB55的滤光片。用于CXB55的配方为：

$$[0210] \quad CXB55 = 0.251 \times NBD475 + 0.199 \times NBD575 + 1.29 \times NBD595$$

[0211] 在1601处的曲线对应于具有65%的发光透射率及1.55的红绿分离因数的本文中称为CXB65的滤光片。用于CXB65的配方为：

$$[0212] \quad CXB65 = 0.167 \times NBD475 + 1.21 \times NBD595$$

[0213] 在图33的表中以5纳米 (nm) 步进来提供CXB系列的滤光片的透射率光谱。

[0214] 用于CXB系列 (例如, 如上文所揭示) 的优化配方 (其中对应优化滤光片提供优选红绿分离因数 (大于1.0) 及高发光透射率 (大于约40%)) 可通过以下操作而产生: 使用红绿分离因数作为比色性能量度且使用蓝绿色色度坐标作为目标白点来评估所描述反复设计方法。优选地, 根据孟塞尔颜色系统, 蓝绿色色度坐标对应于介于10B与5B之间的色调及介于4与6之间的色度。

[0215] 在图17中展示另一系列的滤光片的透射率光谱。这些滤光片在本文中称为CXV系列。所述滤光片包括2种与4种之间的窄频带染料组分的组合。所述滤光片提供被视为朱红色的白点颜色, 所述朱红色为具有轻微粉色或紫色色泽的灰色颜色。所述系列的滤光片包含具有介于约40%与约65%之间的发光透射率的实施例。在1703处的曲线对应于具有40%的发光透射率及1.3的红绿分离因数的本文中称为CXV40的滤光片。用于CXV40的配方为：

$$[0216] \quad CXV40 = 0.39 \times NBD475 + 0.557 \times NBD575 + 1.29 \times NBD595 + 1.39 \times NBD490$$

[0217] 在1702处的曲线对应于具有55%的发光透射率及1.46的红绿分离因数的本文中称为CXV55的滤光片。用于CXV55的配方为：

$$[0218] \quad CXV55 = 0.195 \times NBD475 + 0.755 \times NBD575 + 0.724 \times NBD595 + 1.14 \times NBD490$$

[0219] 在1701处的曲线对应于具有65%的发光透射率及1.48的红绿分离因数的本文中称为CXV65的滤光片。用于CXV65的配方为：

$$[0220] \quad CXV65 = 0.279 \times NBD475 + 0.795 \times NBD575$$

[0221] 在图34的表中以5纳米 (nm) 步进来提供CXV系列的滤光片的透射率光谱。

[0222] 用于CXV系列 (例如, 如上文所揭示) 的优化配方 (其中对应优化滤光片提供优选红绿分离因数 (大于1.0) 及高发光透射率 (大于约40%)) 可通过以下操作而产生: 使用红绿分离因数作为比色性能量度且使用紫色或粉色色度坐标作为目标白点来评估所描述反复设计方法。优选地, 根据孟塞尔颜色系统, 目标白点对应于约5P的色调及介于2与4之间的色度。

[0223] 在图18中展示另一系列的滤光片的透射率光谱。这些滤光片在本文中称为CXN系列。所述滤光片包括5种窄频带染料组分的组合。所述滤光片提供被视为中性或基本上几乎不具有表观着色的灰色的白点颜色。所述系列的滤光片包含具有介于约14%与约40%之间的发光透射率的实施例。在1801处的曲线对应于具有40%的发光透射率及0.69的红绿分离因数的本文中称为CXN40的滤光片。用于CXN40的配方为：

[0224]  $CXN40 = 0.431 \times NBD595 + 0.557 \times NBD475 + 0.755 \times NBD575 + 0.868 \times NBD670 +$

[0225]  $1.64 \times NBD490$

[0226] 在1802处的曲线对应于具有25%的发光透射率及0.594的红绿分离因数的本文中称为CXN25的滤光片。用于CXN25的配方为：

[0227]  $CXN25 = 0.862 \times NBD595 + 1.06 \times NBD475 + 1.11 \times NBD575 + 1.38 \times NBD670 +$

[0228]  $2.53 \times NBD490$

[0229] 在1803处的曲线对应于具有15%的发光透射率及0.497的红绿分离因数的本文中称为CXN15的滤光片。用于CXN15的配方为：

[0230]  $CXN15 = 1.03 \times NBD595 + 1.59 \times NBD475 + 1.67 \times NBD575 + 2.07 \times NBD670 +$

[0231]  $3.79 \times NBD490$

[0232] 在图35的表中以5纳米 (nm) 步进来提供CXN系列的滤光片的透射率光谱。

[0233] 用于CXN系列 (例如, 如上文所揭示) 的优化配方 (其中对应优化滤光片提供强颜色增强效应及适于并入到太阳镜中的低发光透射率 (小于40%)) 可通过以下操作而产生: 使用基于色域面积的性能度量来评估所描述反复设计方法。举例来说, 性能度量可被定义为由对应于如通过滤光片所见的一组参考颜色的一组色度坐标封围的面积, 且参考颜色对应于法恩斯沃斯 (Farnsworth) D-15盖布置测试中使用的孟塞尔颜色样本。色域面积性能度量描述于美国专利申请案第14/014,991号中。优选地, 根据孟塞尔颜色系统, 目标白点对应于小于2的色度。

[0234] 在图19中展示另一系列的滤光片的透射率光谱。这些滤光片在本文中称为UVH系列。所述滤光片包括3种窄频带染料组分及视情况1种标准染料组分的组合。所述系列的滤光片包含具有介于约35%与约85%之间的发光透射率的实施例。UVH系列的滤光片经设计以抑制高能量可见光 (还称作HEV光) 的透射, 所述高能量可见光为其中光子具有最大能量 (对应于介于约390纳米与约450纳米之间的波长) 的可见光的子频带。在1901处的曲线对应于以商标名称BluTech已知的可商业购得HEV阻挡滤光片。此滤光片由跨越光谱的透射率的几乎单调改变表征。本文中所揭示的UVH系列的滤光片具有在每波长透射率上为非单调的复杂光谱量变曲线。在1902处的曲线对应于具有85%的发光透射率的本文中称为UVH415的滤光片。用于UVH415的配方为：

[0235]  $UVH415 = 0.227 \times NBD595 + 0.397 \times NBD425 + 1.57 \times NBD405$

[0236] 在1903处的曲线对应于具有75%的发光透射率的本文中称为UVH430的滤光片。用于UVH430的配方为：

[0237]  $UVH430 = 0.322 \times NBD595 + 1.32 \times NBD425 + 2.09 \times NBD405$

[0238] 在1904处的曲线对应于具有35%的发光透射率的本文中称为UVH450的滤光片。用于UVH450的配方为：

[0239]  $UVH450 = 1.4 \times NBD595 + 7.15 \times NBD425 + 9.95 \times NBD405 + 2.08 \times SD435Y$

[0240] 在图36的表中以5纳米 (nm) 步进来提供UVH系列的滤光片的透射率光谱。

[0241] 滤光片实例UVH415及UVH430提供具有高发光透射率且对于打算用于室内使用及夜间使用的一般用途眼睛佩戴物来说为充分的滤光片。这些滤光片具有基本上中性的颜色, 出于审美原因, 所述颜色是优选的。另外, 光谱透射率中的凹口 (例如, 处于510纳米及处于590纳米) 的配置提供对颜色视觉的品质的小但显着增加。

[0242] 滤光片实例UVH450具有被视为黄色或棕色的颜色且具有约2700开尔文的相关色温。所述滤光片对于并入到太阳镜镜片中为优选的,其中所述滤光片还可与偏振滤光片及/或光致变色染料组合。UVH450实例的光谱透射率针对从400纳米到450纳米的所有波长均小于1%,从而使得能够将主张“UV450”(其与由工业定义为指示阻挡至少99%的具有400纳米或更小波长的光的镜片的术语“UV400”有关)用于商业广告。在另一变化形式中,标准染料组分SD435Y的浓度可在上文所提供的配方中减小,以产生具有较低防护等级的滤光片(例如,“UV425”),所述滤光片具有以下折衷:在所得滤光片颜色的饱和度(色度)减小的情况下,所述所得滤光片颜色可为优选的。优选地,根据孟塞尔颜色系统,所述滤光片颜色具有介于2与4之间的色度。

[0243] 用于UVH系列(例如,如上文所揭示)的优化配方(其中对应优化滤光片提供HEV光防护结合优选滤光片颜色)可通过以下操作而产生:使用HEV衰减因数(通过以下公式计算的比色性能量度)来评估所描述反复设计方法

$$[0244] \quad \Psi_{\text{HEV}} = ((\tau_v \times ((\tau_h / \tau_l) - 1)) / (1 - \tau_v) + 1)$$

[0245] 其中在以上公式中, $\tau_h$ 为滤光片在约390纳米与约450纳米之间的均值透射率, $\tau_l$ 为滤光片在约450纳米与约650纳米之间的均值透射率且 $\tau_v$ 为滤光片的发光透射率。针对具有高发光透射率(例如,大于75%)的此类滤光片,根据孟塞尔颜色系统,白点优选地对应于小于2的色度。针对具有低发光透射率(例如,小于40%)的此类滤光片,白点优选地在CIE xy色度空间中的黑体轨迹的约0.025个单位内。滤光片实例UVH415的HEV衰减因数为约6.1且红绿分离因数为约0.47。滤光片实例UVH430的HEV衰减因数为约6.2且红绿分离因数为约0.35。滤光片实例UVH450的HEV衰减因数为约44.2且红绿分离因数为约0.25。滤光片实例UVH415及UVH430提供具有低饱和度的白点,其中距(x,y)坐标(.31,.33)处的D65的标准表观的距离为至多约0.025个单位。滤光片实例UVH450提供基本上被视为黄色的白点且基本上将标准照明体D65(具有6500开尔文的相关色温)变换为标准照明体A(具有2700开尔文的相关色温)的颜色。

[0246] 在图20中展示另一系列的滤光片的透射率光谱。这些滤光片在本文中称为ACR系列。所述滤光片包括2种窄频带染料组分及1种标准染料组分以及视情况中性密度吸收体(例如灰色染料混合物、灰色光致变色染料或灰色偏振器)的组合。ACR系列的滤光片经设计以抑制暗视光(由视杆细胞光色素接收的光)(其为具有介于约450纳米与约550纳米之间的波长的光子)的透射。针对经受全色盲(由部分或完全缺乏功能性视锥细胞表征的低视觉状况)的个体,通常验配显着限制暗视光的透射的滤光片。受限制暗视透射使得佩戴者能够在典型室内照明及室外日光条件期间使用暗视视觉(即,夜间视觉)来观看。用以满足此类需要的一种方法将为提供适当暗度的中性灰色滤光片,然而与达成部分颜色视觉的橙色或红色滤光片相比,此为较不优选的。可将全色盲的情形归类为完全全色盲(即,视锥功能的全丧失)或不完全全色盲(即,视锥功能的部分丧失)。针对后一情形,提供选择性透射的镜片为优选的。在2001处的曲线对应于可由眼科医师验配以在室内与全色盲一起使用的常规滤光片。此滤光片具有橙色颜色及约30%的发光透射率。在2003处的曲线对应于可由眼科医师验配以在室外与全色盲一起使用的常规滤光片。此滤光片具有红色颜色及约8%的发光透射率。此类滤光片可商业购买,举例来说,来自密歇根州南里昂的NoIR Medical Technologies Inc的橙色颜色滤光片#570以及也来自密歇根州南里昂的NoIR Medical

Technologies Inc的红色颜色滤光片#95及滤光片#99。此处所展示的ACR系列的滤光片通过并入可给具有不完全全色盲的个体提供较佳颜色视觉的颜色增强染料(例如,NBD595)而对这些常规设计进行改进。在2002处的曲线对应于具有25%的发光透射率的本文中称为ACR25的滤光片。用于ACR25的配方为:

[0247]  $ACR25 = 0.167 \times NBD475 + 1.29 \times NBD595 + 1.81 \times SD510R$

[0248] 在2004处的曲线对应于具有10%的发光透射率的本文中称为ACR10的滤光片。ACR10采用与ACR25相同的基本配方,添加了透射40%的光的中性密度吸收体。举例来说,所述吸收体可为中性密度染料(例如,通常为用以形成灰色且具有每波长近似恒定的透射率的标准染料的混合物),优选地为线性偏振器元件或优选地为光致变色染料或者更佳地为偏振光致变色染料。

[0249] 在图37的表中以5纳米(nm)步进来提供ACR系列的滤光片的透射率光谱。

[0250] 例如ACR系列中的滤光片的设计通过关于反复设计方法的变化形式而达成,其中由暗视透射率约束(即,根据视杆细胞光色素的接受性的表观亮度)来替换目标白点约束。所述替代是适当的,因为对于对颜色视觉的期望效应的极端需要优先于对滤光片颜色的任何偏好。目标暗视透射率优选地小于约10%或优选地小于滤光片的发光透射率的约 $1/3^{rd}$ 。结合经修改约束,一般颜色增强的测量可作为比色性能量度而应用(举例来说,如先前所描述的基于色域面积的度量,而色域面积度量在暗(低发光透射率)滤光片的设计中为优选的),或红绿分离因数可用作比色性能量度以将最优解驱向改进颜色视觉的滤光片。

[0251] 图21描绘相对于CIE 1932 2度标准观察者的根据CIE  $Y_{xy}$ 颜色空间的色度图。2105处的虚线对应于普朗克(Planckian)轨迹(或黑体轨迹),所述普朗克轨迹为具有介于10000开尔文与0开尔文之间的温度的理想黑体辐射体的色度空间中的曲线。对于集成到眼科系统中为优选的滤光片为具有以下各项的滤光片:1)并非浓烈着色的色泽;及2)优选地接近黑体轨迹的颜色。在2111处指示满足这些优选性质的区域。所述区域从约8000K到约2700K横跨黑体轨迹温度。落入到此区域中的白点颜色基本上被视为在表观上为中性的或大多为中性的,但呈现浅着色。由2107处的实心圆标记指示滤光片系列CXN的白点,所述白点对应于具有6500K的相关色温的基本上灰色或中性颜色。由2106及2104处的空心圆标记指示滤光片系列UVH的白点,其中2106对应于实例UVH430且2104处的标记对应于实例UVH450。滤光片UVH430具有带有朝向黄色的浅色泽的基本上中性表现。滤光片UVH450呈现较浓烈黄色(或棕色)表现且具有约2700K的相关色温。在2103处指示颜色的较不优选区域(其横跨2700K到约2000K的相关色温),其中此区域中的滤光片可显现为橙色。在2115处近似指示对于滤光片的颜色较不优选的另一区域(其对应于具有浓烈着色的粉色、紫色及红色颜色)。滤光片系列ACR(ACR25及ACR10)具有为红色颜色的对应于2109处的空心正方形标记的白点。较不优选颜色为暗视透射率约束的必然结果。在另一实例中,滤光片系列DMP具有由2113处的直立三角形指示的对应白点,其中最饱和的标记对应于滤光片DMP40。这些滤光片具有出于审美原因而被视为不合意的浓烈粉色或紫色颜色。CXV系列的滤光片还具有趋向于朝向粉色的白点(但完全含于2111处的优选区域内),其中2110处的菱形标记对应于这些滤光片的白点。几乎为灰色的浅粉色或浅紫色滤光片还称作“朱红色”(尤其在眼睛佩戴物工业中)。在2116处指示色度空间中的也是较不优选(特定来说对于眼睛佩戴物)的另一区域:此区域对应于具有不被大多数消费者偏好的异常表现的基本上蓝紫色滤光片。滤

光片系列DMB具有在此区域中由2114处的倒三角形指示的对应白点。而浅蓝色滤光片优选用于同时地达成高红绿分离因数与高发光透射率,在2112处指示的色度区域标定对应于蓝绿色颜色的区,滤光片系列CXB的白点含于所述区内且由2108处的实心正方形标记指示。区域2101对应于浓烈绿色颜色且区域2102对应于黄绿色颜色,所述颜色与含于区域2111或2112内的实施例相比再次是较不优选的。

[0252] 在图22中展示演示上文所描述的滤光片实例的红绿分离因数( $\Psi_{RG}$ )对发光透射率( $\tau_v$ )的散点图,对应数据列表显示于图38及图39中。中性滤光片(在所有波长处透射率相等)提供为零的红绿分离因数(举例来说,由对应于40% (ND40)、55% (ND55) 及70% (ND70) 发光透射率的中性滤光片的2204处的倒三角形展示)。对此曲线图的分析对较佳地理解作为比色性能量度飞红绿分离因数如何定义打算用作针对红绿色盲的光学辅助的滤光片、特定来说针对被评定为类别1镜片(其名义上为具有介于约40%与约80%之间的发光透射率的镜片)的此类滤光片的优选性质是有用的。类别1镜片被视为适合作为太阳镜镜片。类别1镜片具有足够高发光度,使得所述类别1镜片在典型室内照明条件以及低光情形(例如傍晚及夜间使用)下是可用的。例如CXN25及CXN15的滤光片被发现为具有强颜色增强效应,然而对于室内使用来说是过暗的。滤光片CXN40具有对应于类别1镜片的下限的发光透射率,然而在主观使用者测试中,所述滤光片CXN40被发现为仅具有对颜色感知的轻微效应,其中CXV40及CXB40被发现为具有强效应。推断当目标发光度大于约40%时,作为比色性能量度的红绿分离因数为供与吾人的反复设计方法一起使用的合理选择。在2201处指示的区域展示类别1镜片的红绿分离因数对发光透射率的优选范围,其中发光透射率介于约40%与约80%之间且红绿分离因数大于1.0。优选地,此类滤光片提供大于约1.25或大于约1.5或者大于约2.0的红绿分离因数。优选地,此类滤光片提供大于约50%或大于约60%的发光透射率。在2202处指示的区域封围具有在类别1范围内的发光透射率但也具有小于1.0的红绿分离因数的滤光片设计(如先前所描述(例如ACE系列、DCB及DCP系列))。在2203处指示的区域封围具有在类别2范围(包括从约18%到约40%的发光透射率)内的发光透射率或具有在类别3范围(包括从约8%到约18%的发光透射率)内的发光透射率的滤光片设计。类别2镜片被视为中等太阳镜镜片,且类别3镜片被视为暗太阳镜镜片。

[0253] 以眼科镜片工业中已知的多种方法实现将基于染料的滤光片集成到眼科系统中。在图23A中展示含有基于染料的滤光片的可能眼科系统的实例,其中眼科系统的层描绘于堆叠式布置中。在此实例中,顶部层(镜片的距眼睛最远的侧)为疏水性涂层23A01,下一层为抗反射涂层23A02(其本身包括数个层),下一层为功能性涂层(其中含有基于染料的滤光片,此为(举例来说)通过遍及基于丙烯酸酯的涂层分散染料)。功能性涂层使用任何适合衔接方法(旋涂、模转印等)接合到镜片衬底23A04。接着,镜片衬底的背侧另外涂覆有背侧抗反射涂层23A05及背侧疏水性涂层23A06。上文所描述的系统对于形成处方镜片(含有聚焦能力的镜片)为优选的。处方镜片使用跨越镜片表面的厚度变化来形成光学倍率,然而为维持均匀光谱滤光,功能性涂层应维持近似恒定厚度。因此,如果镜片还起作用以形成光学倍率,那么将染料组分集成到镜片衬底中是较不优选的。在另一变化形式中,镜片可具有零倍率或具有合理低倍率(例如,介于+/-2屈光度之间),且在此变化形式中,可将滤光片染料直接分散到镜片衬底23A04中且省略功能性涂层23A03。在额外变化形式中,可将功能性涂层施加于镜片衬底的后表面上,或可将组分染料分布于镜片衬底与功能性涂层两者之间。在

额外变化形式中,可省略抗反射涂层及/或疏水性涂层。在进一步变化形式中,可将染料分散到施加到镜片衬底的前表面及后表面两者的硬涂层(抗刮擦涂层)中。另一类型的眼科镜片为隐形镜片,其中可将染料溶液集成到镜片衬底中或集成到衬底内的区域中,使得染料组分以化学方式接合到形成隐形镜片的聚合物。

[0254] 在图23B中描绘将基于染料的滤光片集成到灯组合件中。本文中,灯组合件包括照明体23B05(例如,LED、白炽灯丝或气体放电管)、光束形成镜片23B04(其可投射窄光束、宽光束或其它空间分布的光)及光束通过的窗23B02。本文中,将滤光片组分染料分散于形成窗的衬底内。针对经改进效率,窗可包含前表面23B01及后表面23B03上的抗反射涂层。在另一变化形式中,可使用功能性涂层(如先前所描述)而非使用窗将组分染料直接施加于光束形成镜片的表面上。在另一变化形式中,可将组分染料直接分散到光束形成镜片中。在另一变化形式中,光束形成镜片可包括镜(例如,抛物面镜或椭球面镜)及作为功能性涂层施加于所述镜的表面的组分染料,且所述染料的浓度减小约50%以计及有效路径长度的加倍。在一些变化形式中,仅对光束的一部分进行滤光。

[0255] 关于将类别1滤光片(其具有介于约40%与约80%之间的发光透射率)集成到眼睛佩戴物中,滤光片的经减小发光度可存在在特定照明条件(尤其在低光或夜间条件)中具有对佩戴者的视觉阻碍的问题。所述问题可通过限制将光学滤光片施加到镜片内的区域而减轻。图24A展示一副实例性眼睛佩戴物,其中镜片24A01在24A02处含有近场区域。在此实例中,可施加滤光片以便仅影响近场区域24A02中的视觉。在一般不阻碍视觉的情况下,此布置对于打算在需要经增强颜色视觉处用于特写任务工作的眼睛佩戴物可为有用的。在另一实例中,图24B展示一副实例性眼睛佩戴物,其中将镜片分裂成24B02处的近场区域及24B01处的远场区域。在此实例中,可施加滤光片以便仅影响远场区域24B02中的视觉。当眼睛佩戴物打算用于辅助解译经着色信号光(举例来说,在航海、汽车或航空导航中)且其中主要在视平线以上观看信号光时,此布置可为优选的。在另一变化形式中,近场区域与远场区域之间的分裂为连续梯度而非具有明显线。

[0256] 本发明中所包含的图可为视觉上描绘一般化对象以及处理及产生所述对象的操作的流程的过程流程图。图25描绘过程流程图的实例以辅助理解视觉语言。在此图式中,修圆方框(例如,在2501及2503处)描绘对象,所述对象可理解为物理实体、虚拟实体(例如数值数据)或含有异质组件对象聚合的复合对象。含有同质对象聚合的复合对象由具有双线边界的修圆方框(例如,如在2508及2511处所展示)描绘。从复合对象提取的组件对象利用虚线箭头(例如,如所展示连接2501与2503)描绘。过程中的对象的流程由实线箭头(例如,如所展示连接2501与2502)展示。正方形方框(例如,在2502及2505处)表示操作。操作可产生对象、变换对象或分析对象。操作的输出由指向远离其方框的箭头展示。操作的输出取决于其输入,可通过跟随引导到其方框中的所有箭头而追踪所述输入。可通过囊封另一过程图而将操作形成为复合操作(例如,如在2506处所展示)。此构造使得过程流程图能够在多页上延伸,借此在一个图式中定义的复合操作可以引用方式在另一图式中被调用。操作可串联或并联连接在一起,执行特定操作的次序的细节不必由过程流程图语法定义且必须由随附说明推测。双线箭头(例如,如所展示连接2508与2509)表示多个同质对象的流程的反复,且可在随附说明中使用短语“针对每一(for each)…”来识别过程流程。反复的操作利用双线正方形边界(例如,在2509处)展示。反复的操作关于每一反复的物件而使其输入变

化,但可关于非反复的物件保持恒定输入(例如,如沿着连接2507与2509的流程箭头所展示)。本发明中所使用的过程流程图经提供以在连同随附详细说明进行解释时辅助理解。本发明中所使用的过程流程图并不构成算法的正式说明书而是为经提供以辅助理解随附说明的说明性装置。

[0257] 本文中所揭示的方法可(举例来说)在具有2.3GHz英特尔酷睿i7处理器及8GB的RAM的计算机上使用可从Wolfram Research, Inc购得的可商业购得计算机软件程序 **Mathematica®** (包含其线性程序求解器) 实施。然而,所属领域的技术人员应理解,本文中所揭示的方法并不限于以上实施方案且独立于计算机/系统架构。因此,所述方法可同样在其它计算平台上实施、使用其它计算机软件(不论是可商业购得还是针对滤光片设计方法具体编码)且还可硬接线到电路或其它计算组件中。

[0258] 本发明是说明性而非限制性的。鉴于本发明,所属领域的技术人员将明了进一步修改。举例来说,在上文所描述的方法及步骤指示以特定次序发生的特定事件的情况下,所属领域的技术人员将认识到,特定步骤的排序可被修改且此类修改是根据本文中所揭示的发明。另外,可在可能的情况下在并行过程中同时执行以及如上文所描述而顺序地执行步骤中的特定步骤。本文中称为方法或过程中的操作的动作还可理解为所述方法或过程中的“步骤”。因此,在存在本文中所揭示的发明的变化形式(其在本发明的精神内或等效于本文中所揭示的发明)的情况下,本发明及其所支持的权利要求书打算也将涵盖所述变化形式。本发明中所引用的所有出版物及专利申请案是以其全文引用的方式并入本文中,犹如本文中具体且个别地提出每一个别出版物或专利申请案。



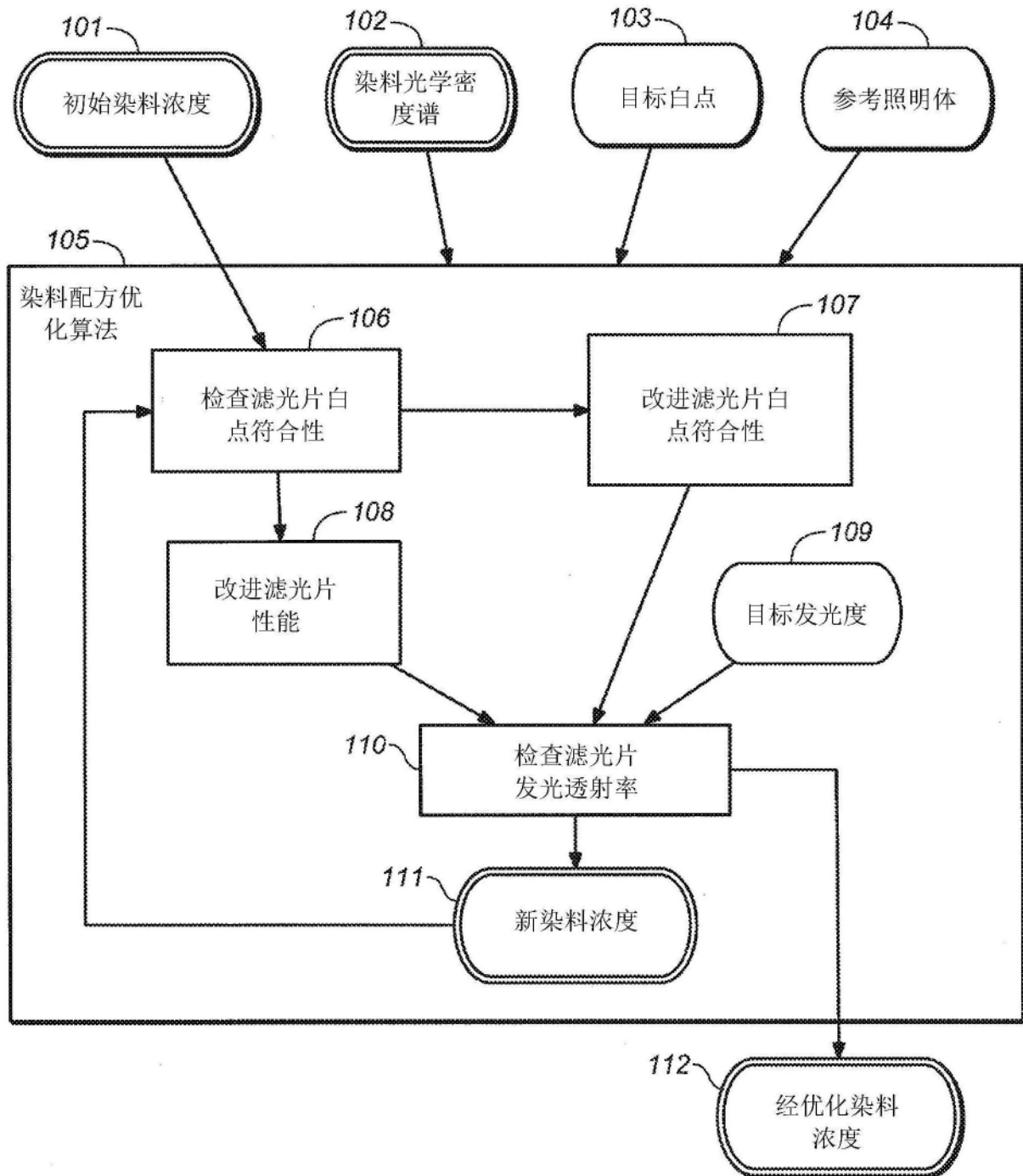


图1

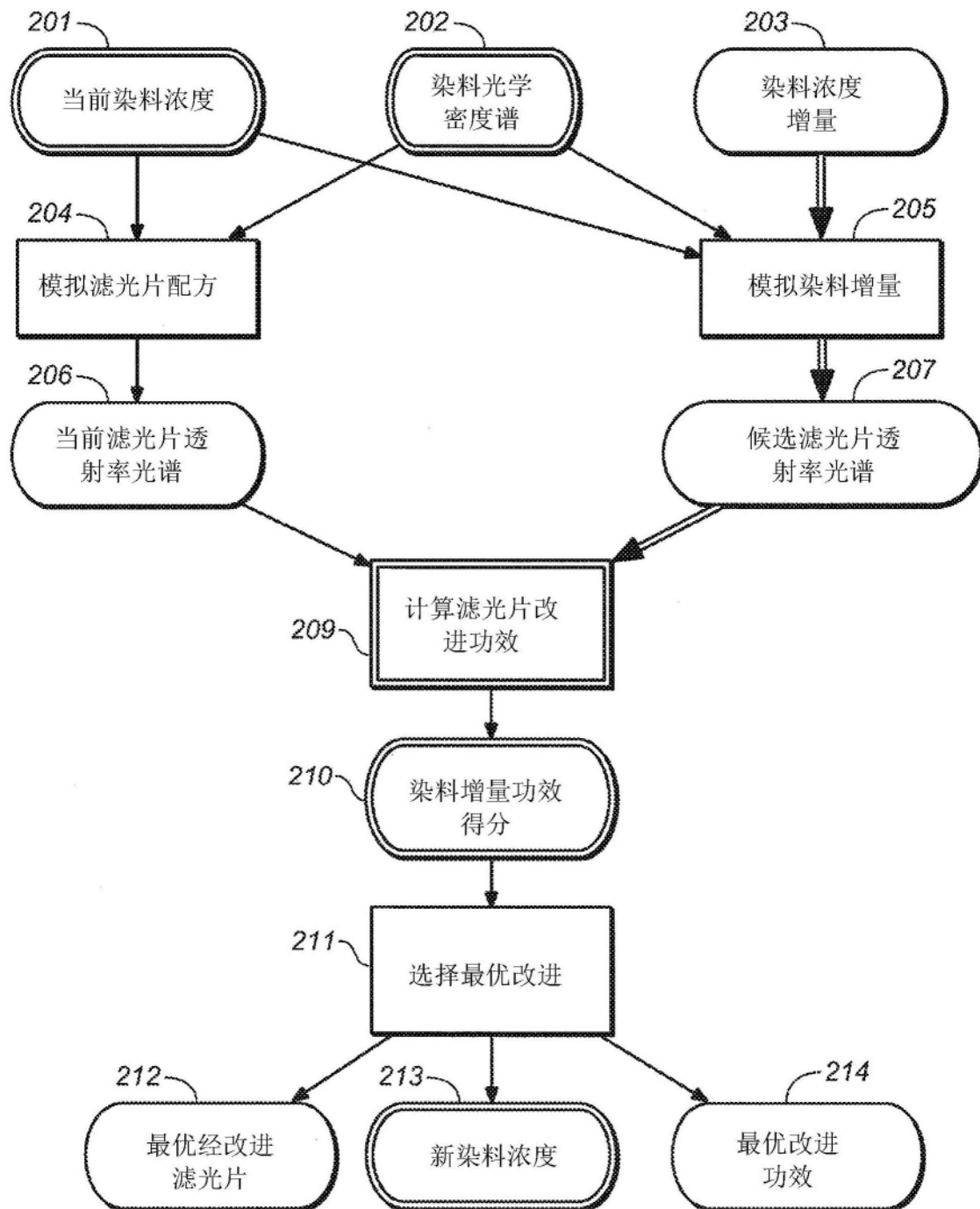


图2

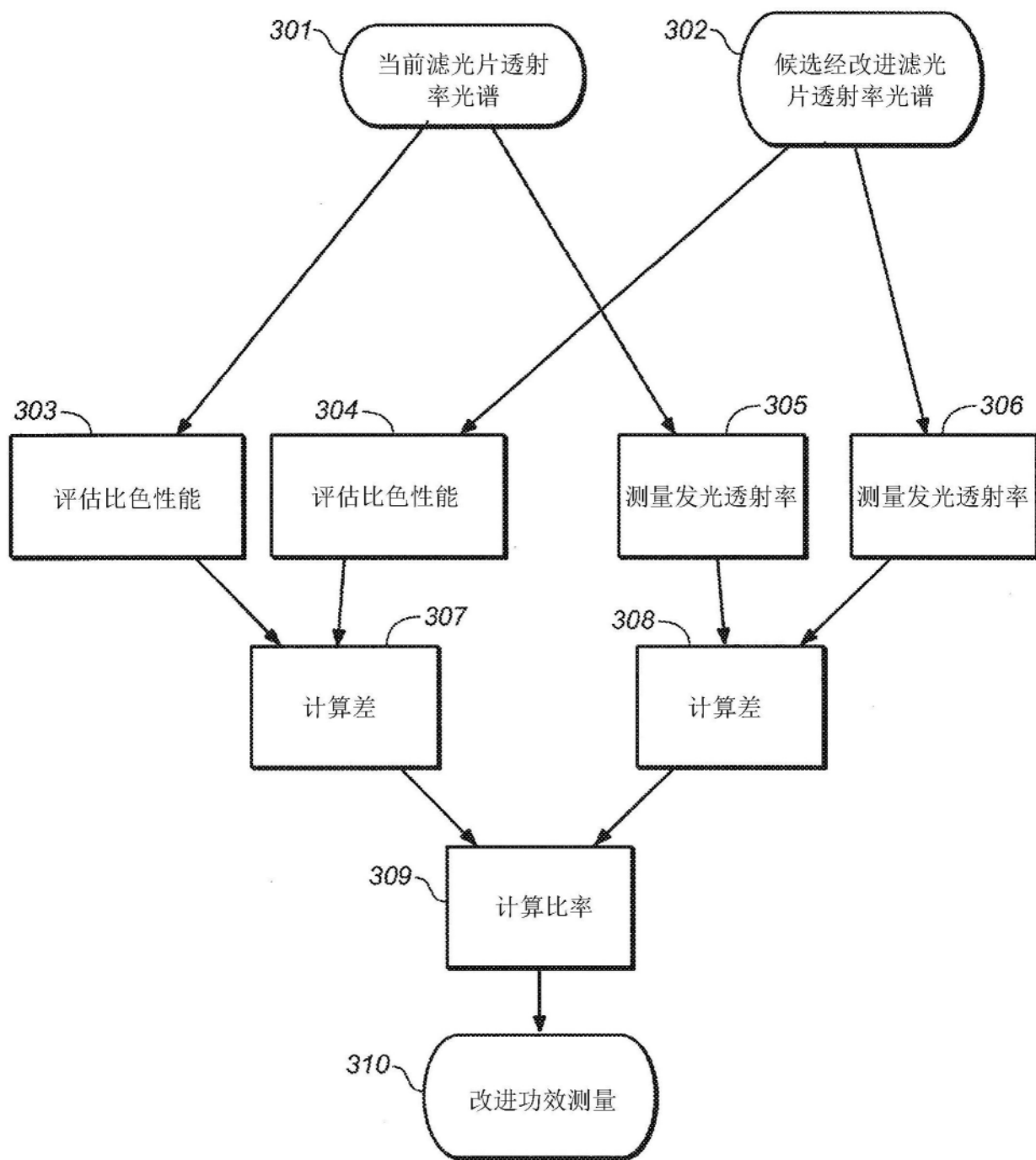


图3

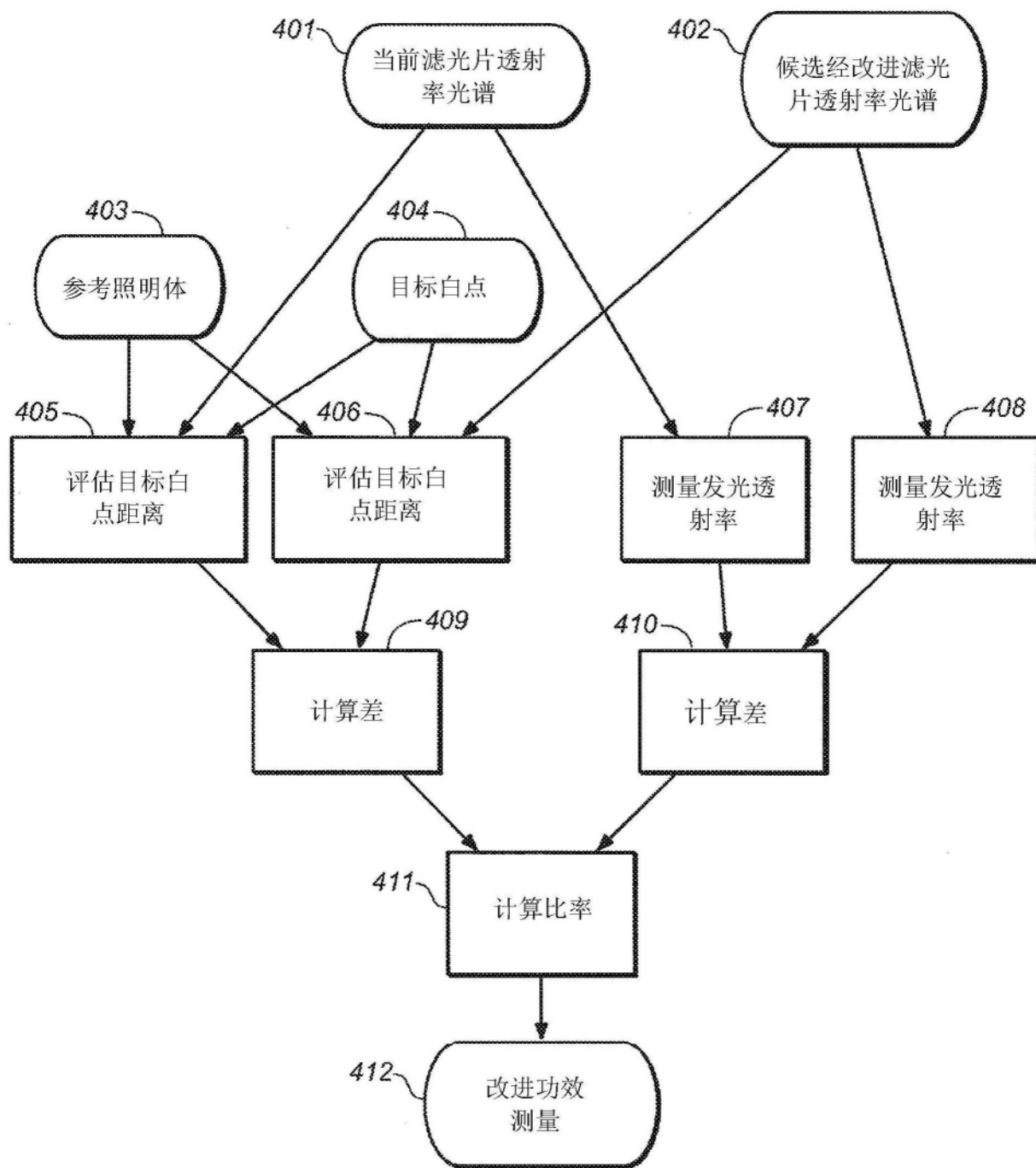


图4

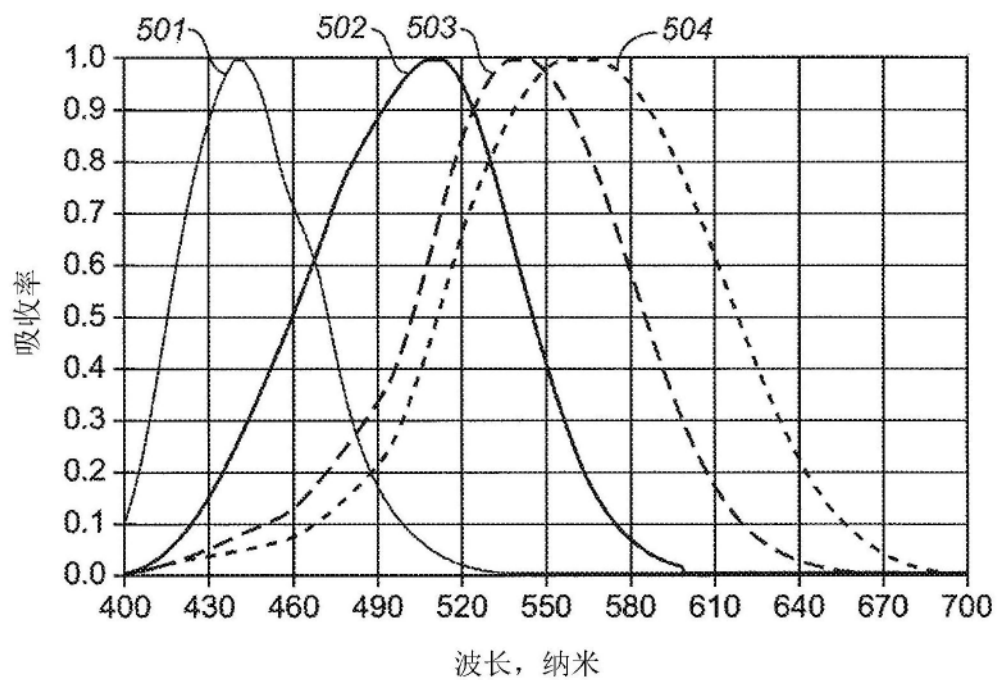


图5

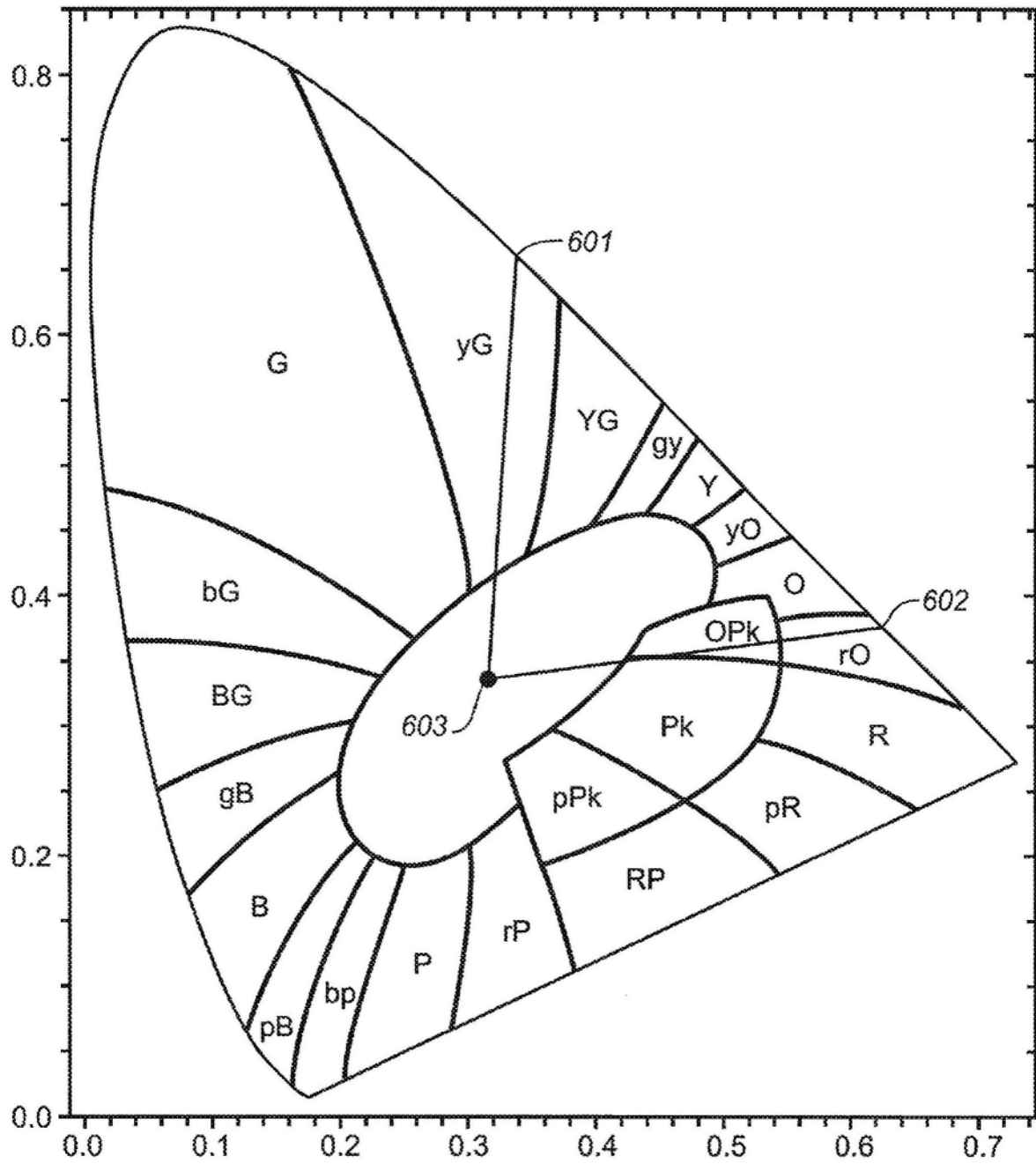


图6

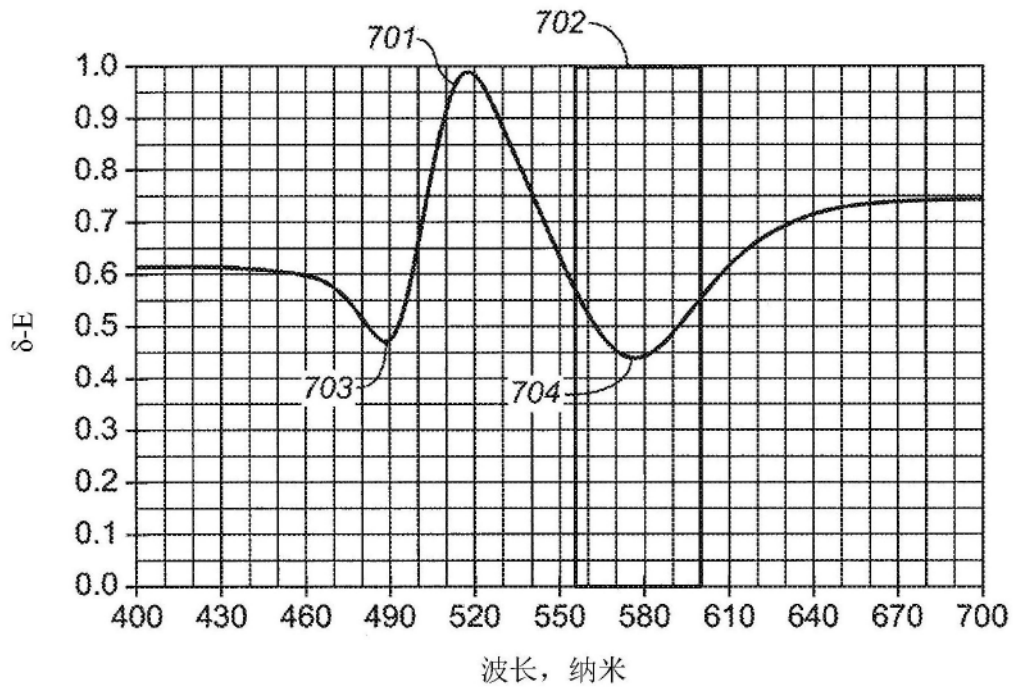


图7

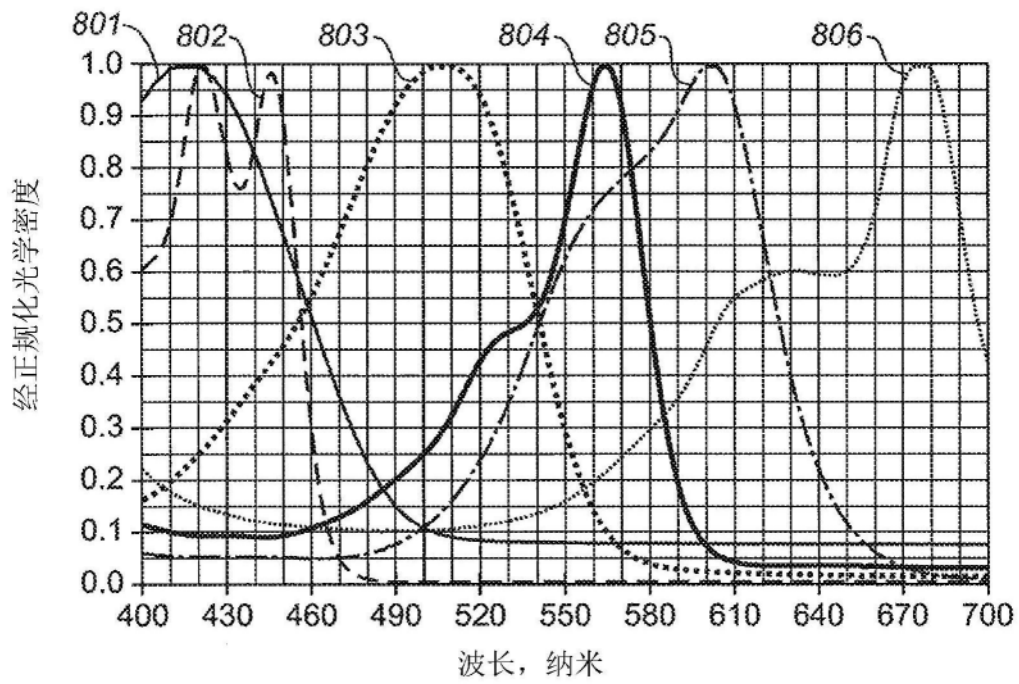


图8

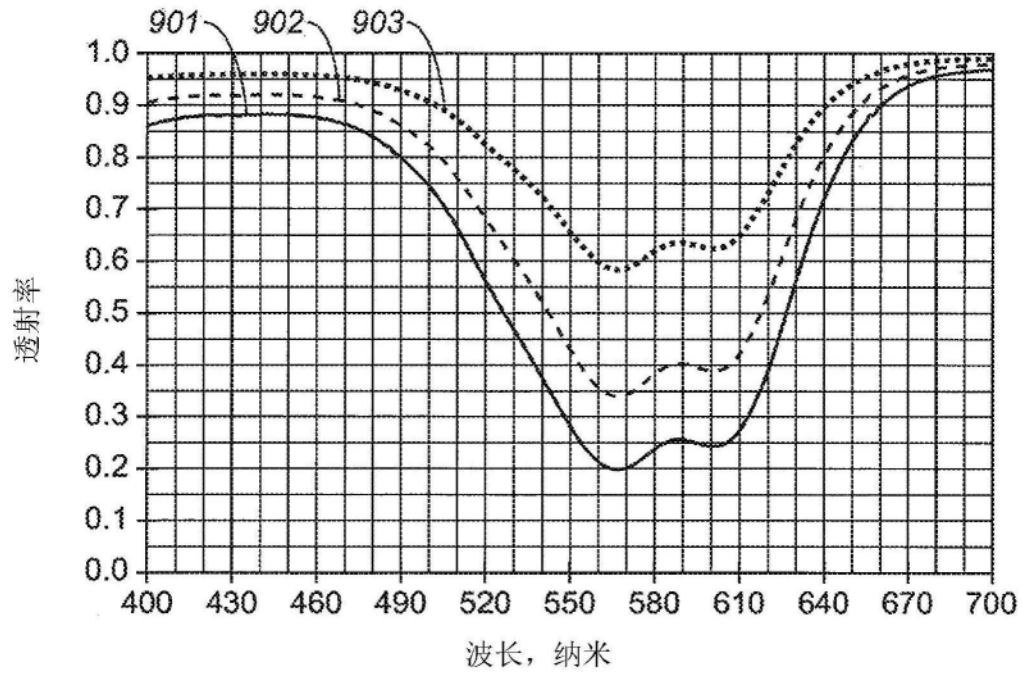


图9

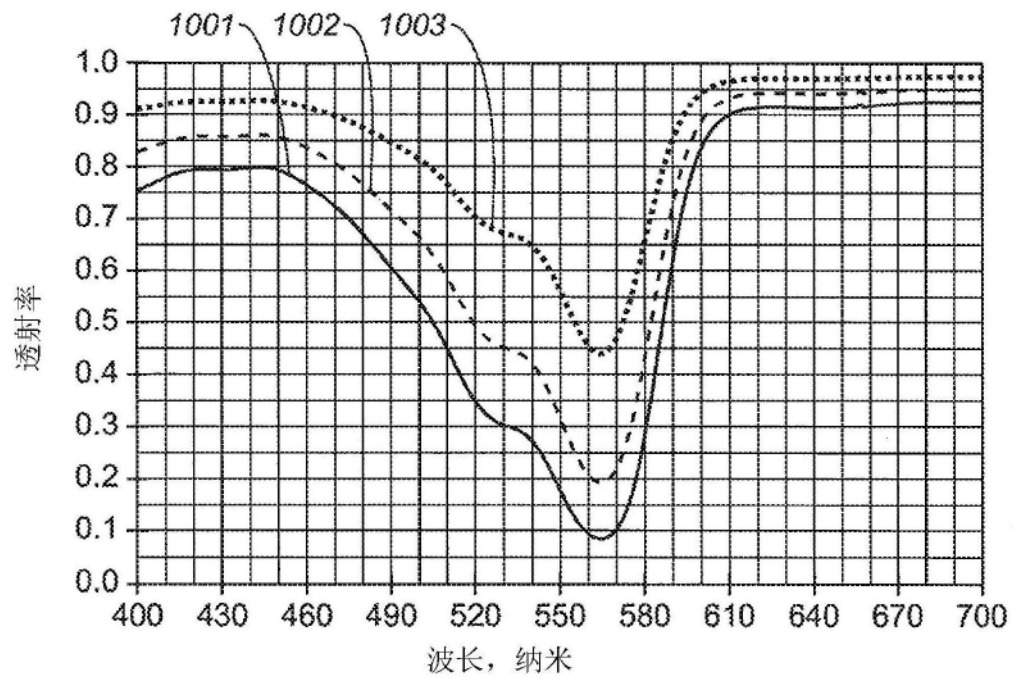


图10



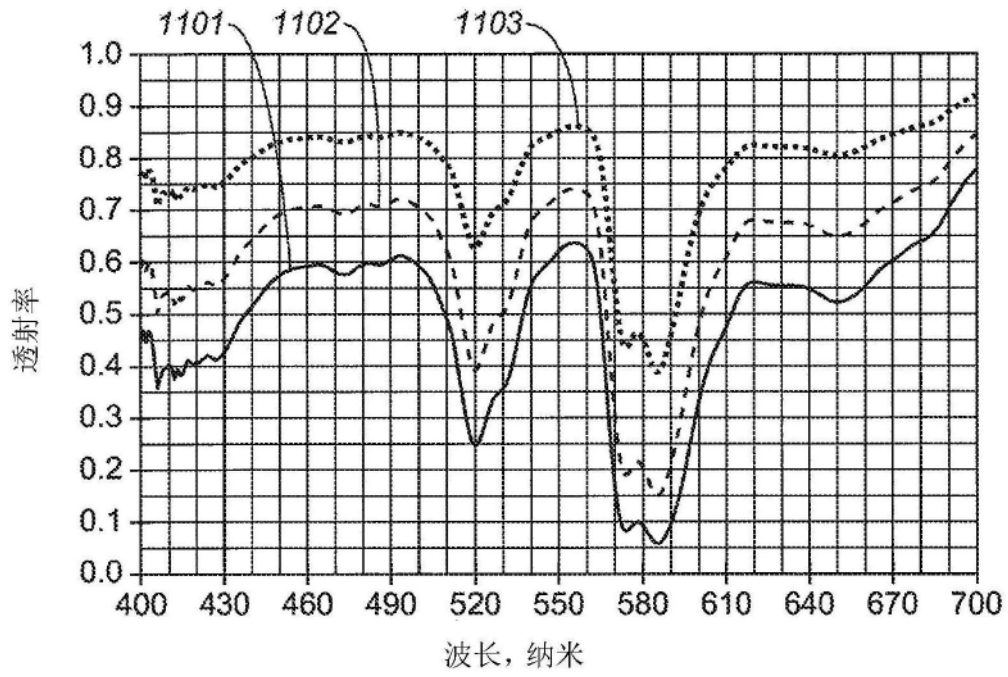


图11

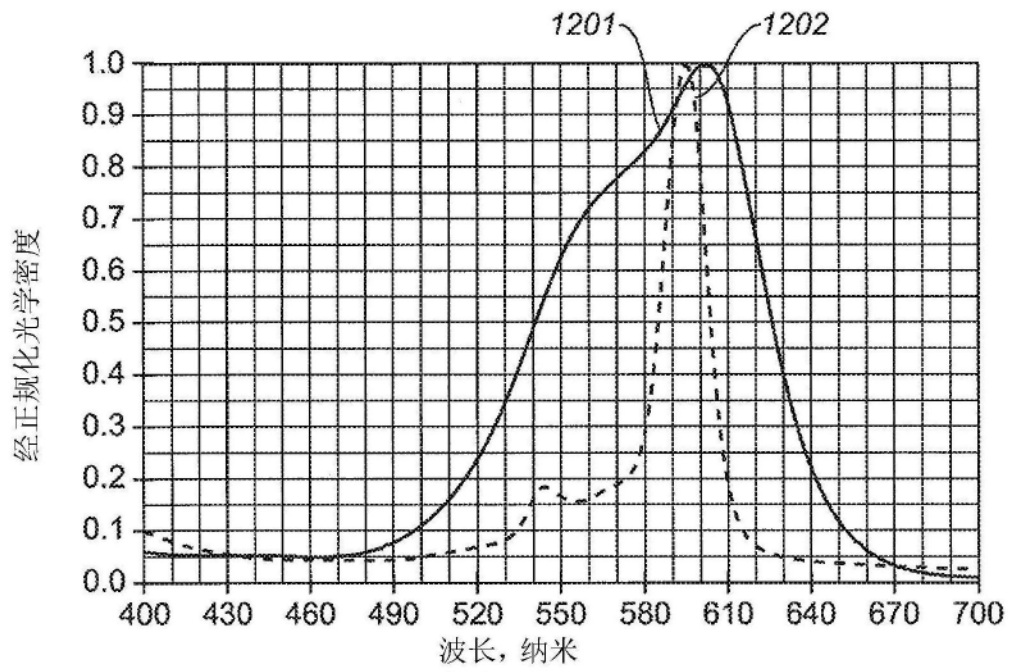


图12

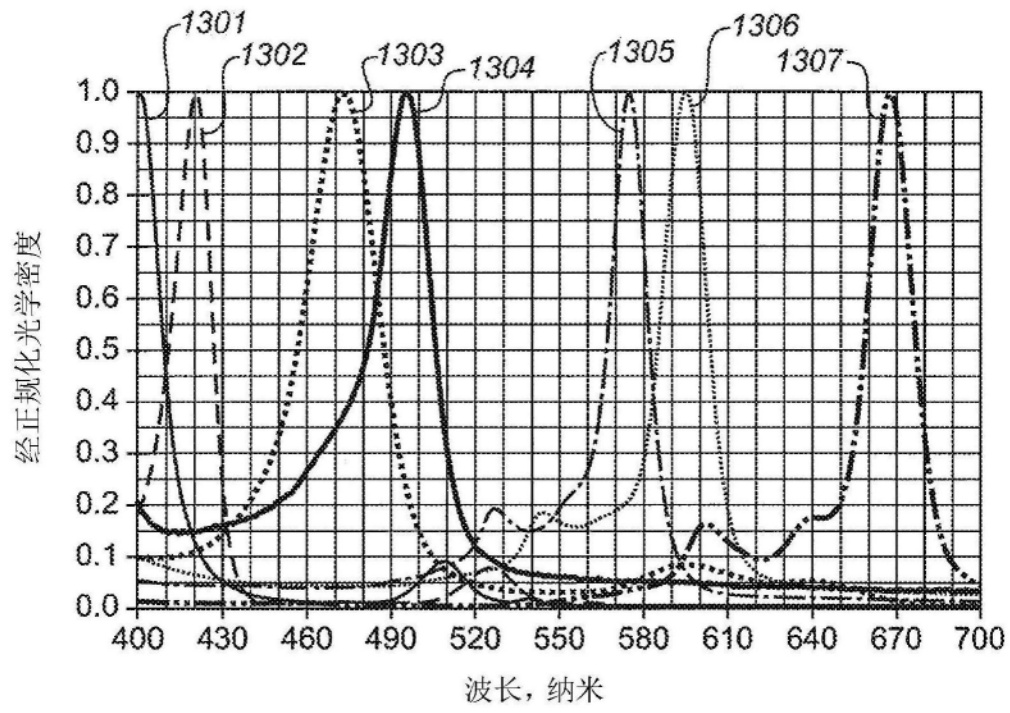


图13

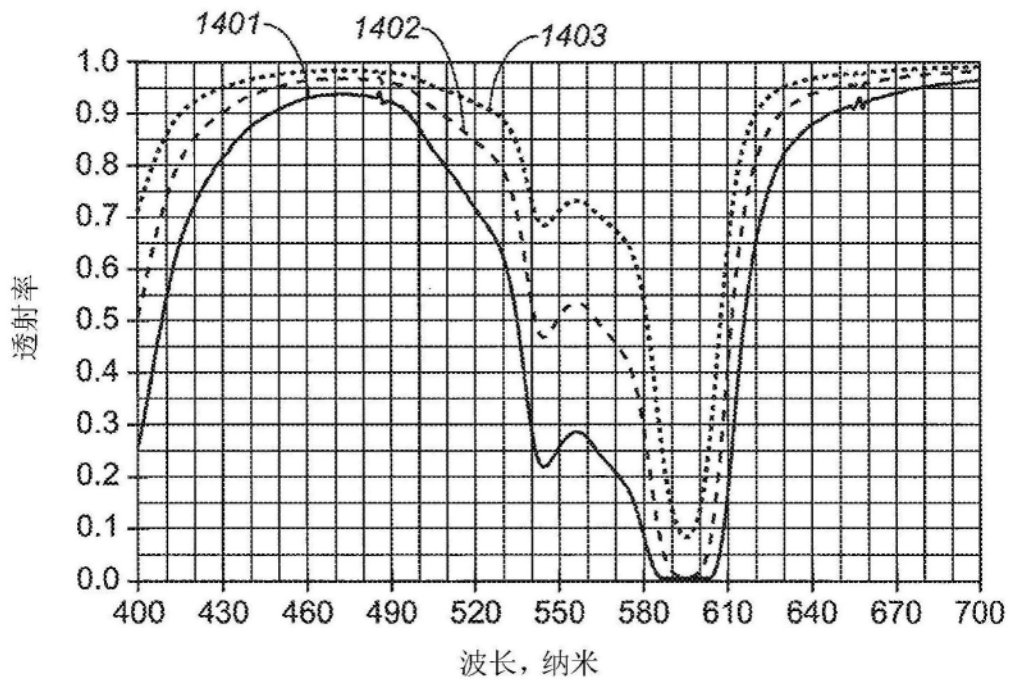


图14

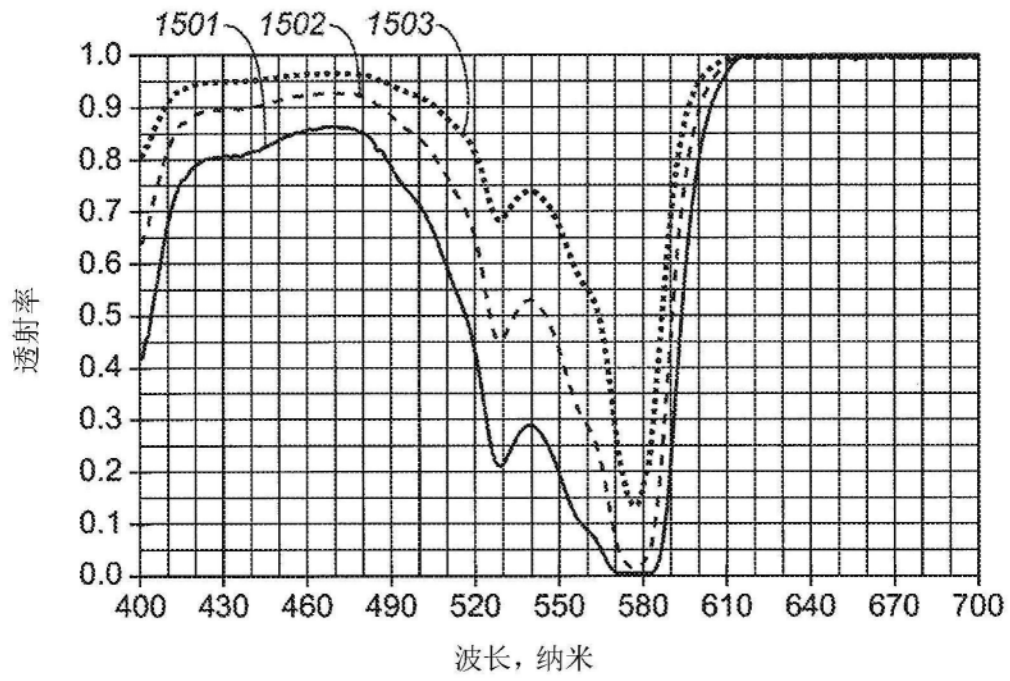


图15

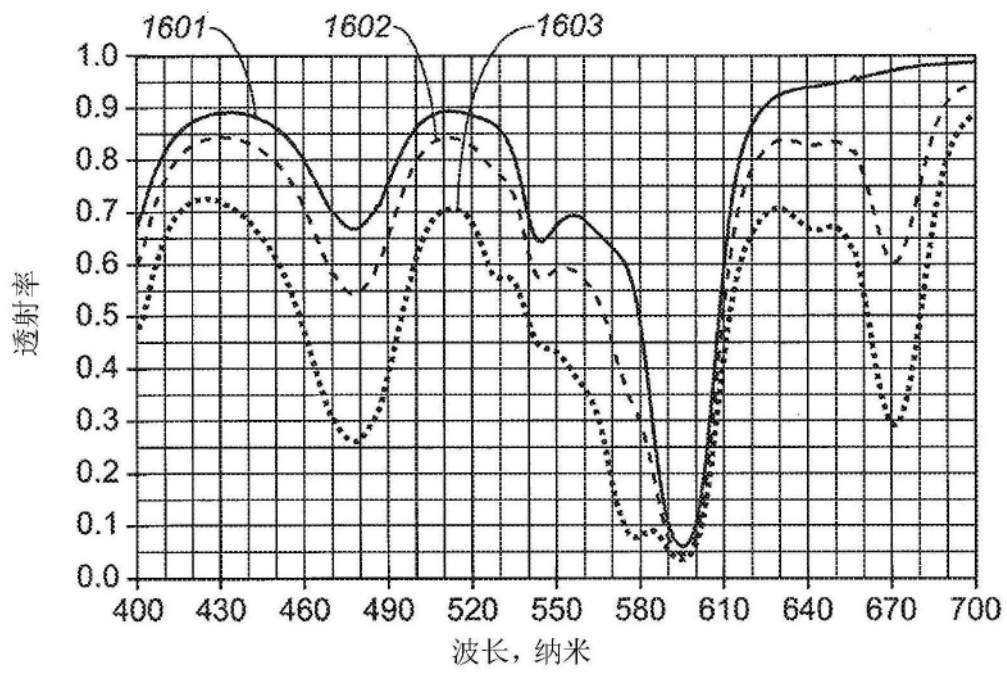


图16

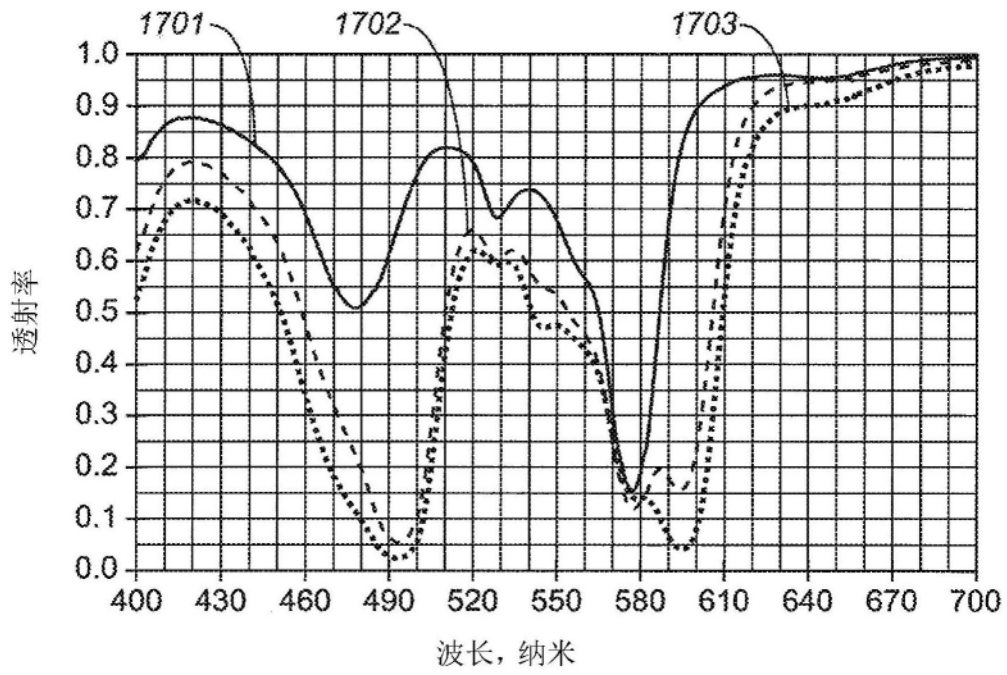


图17

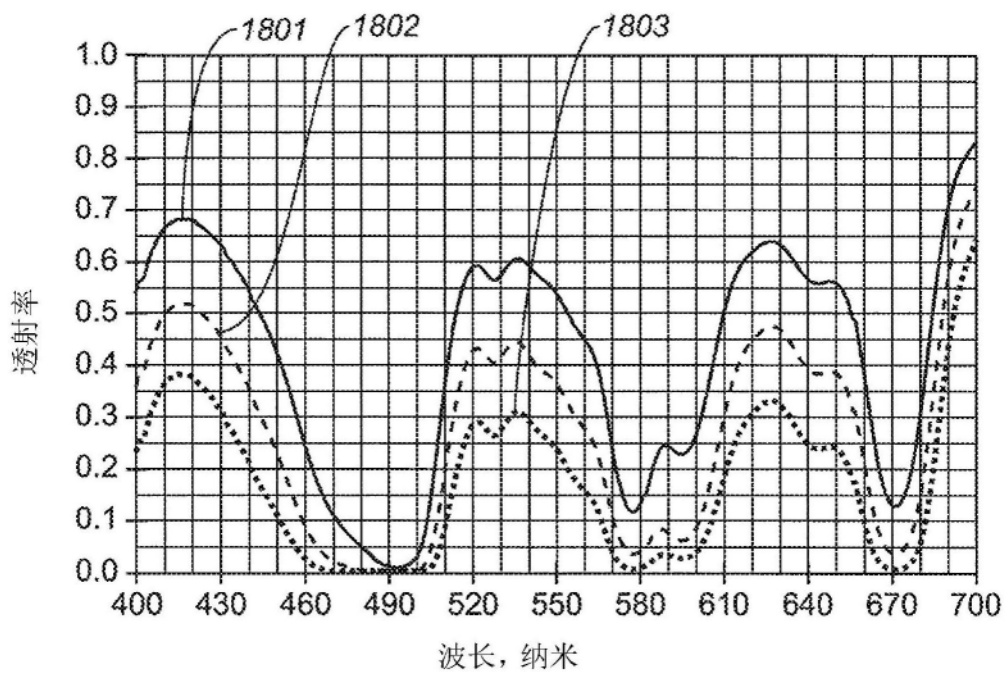


图18

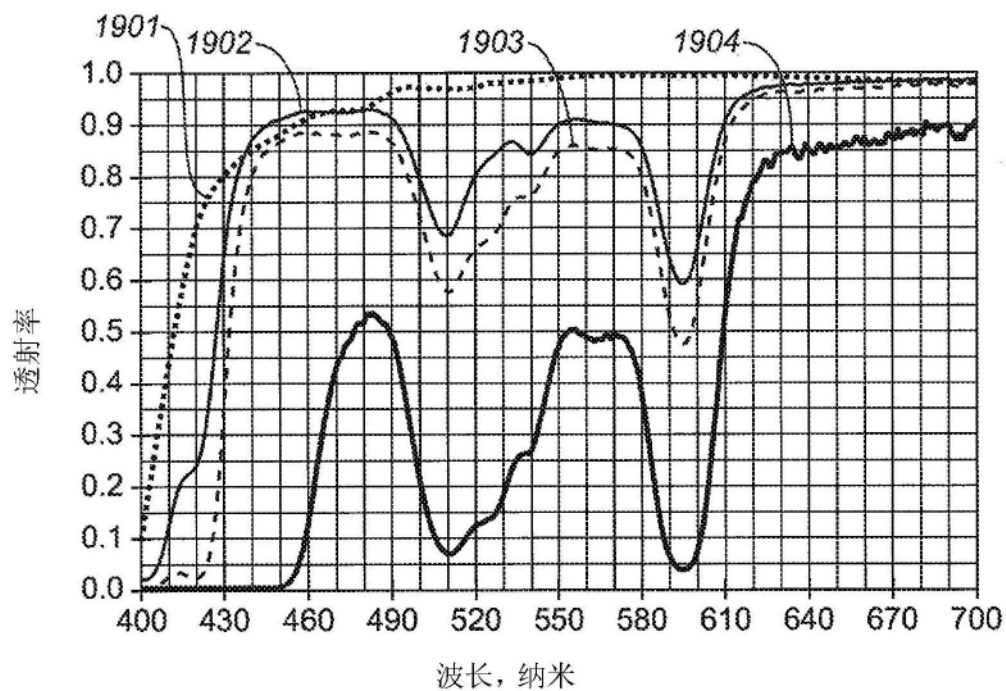


图19

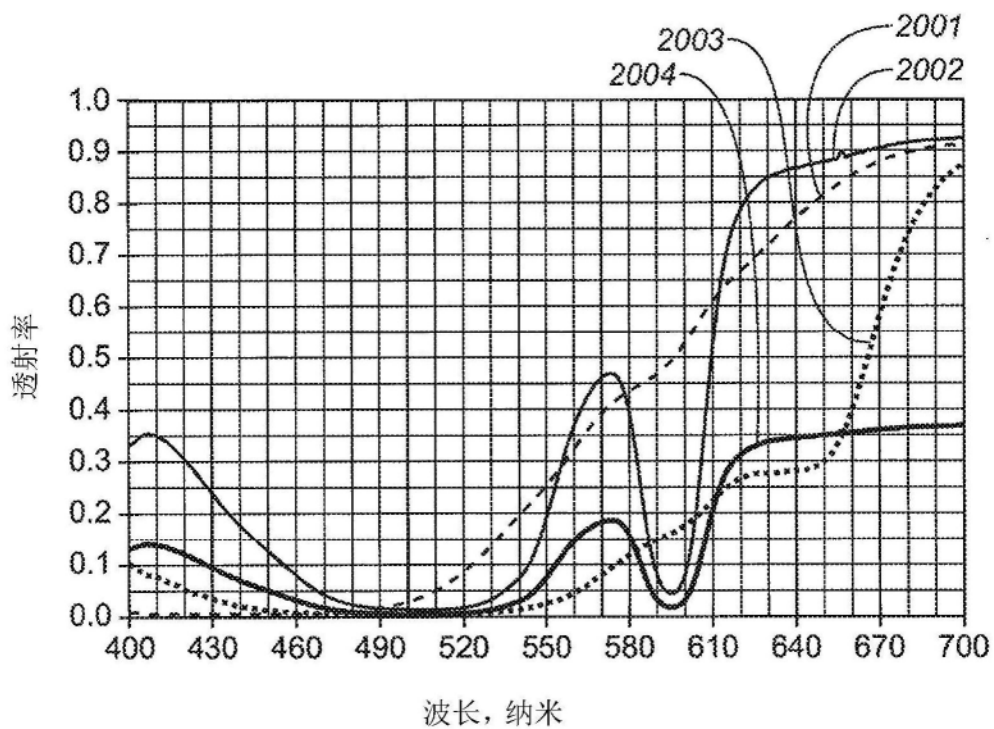


图20

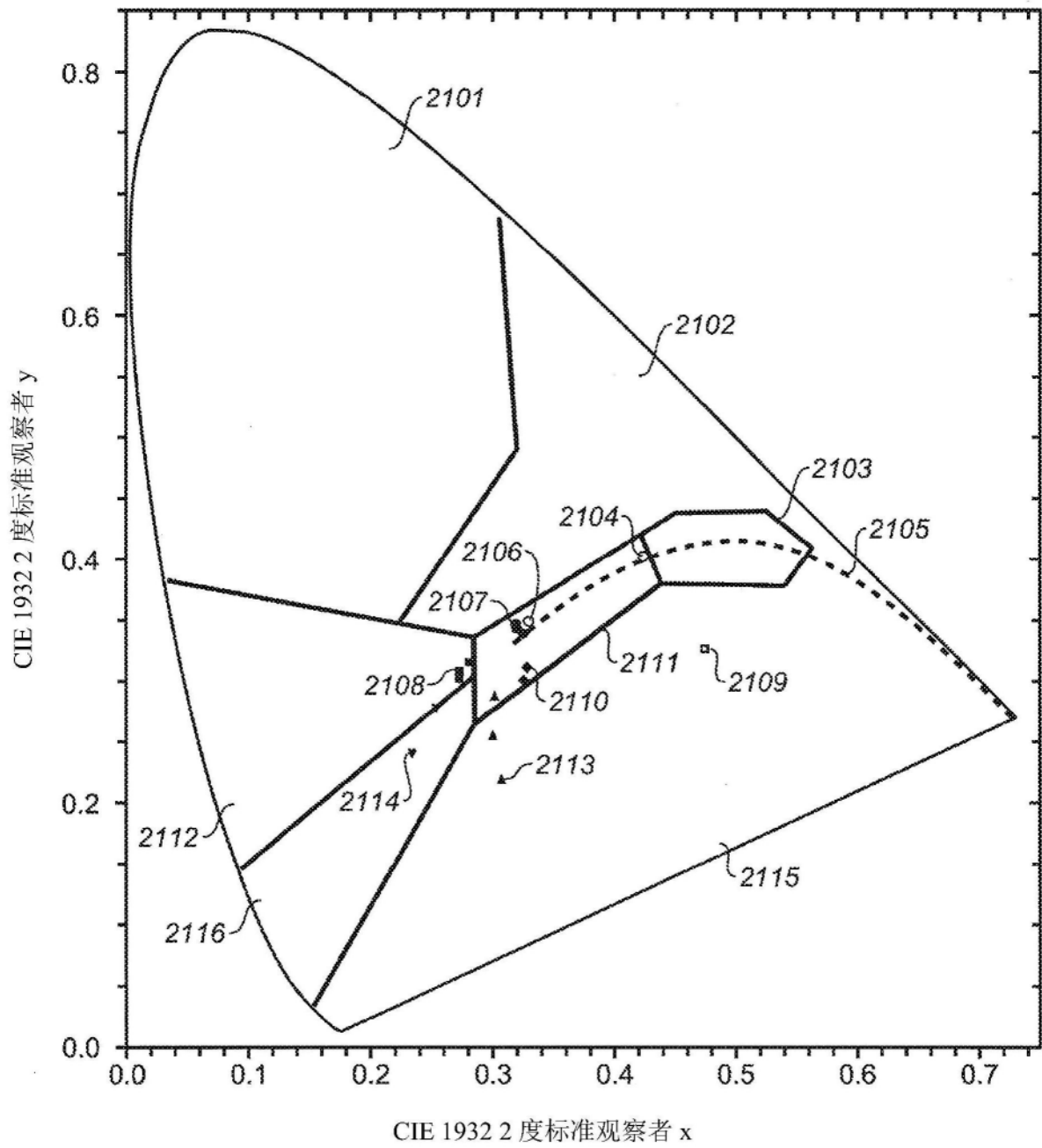


图21

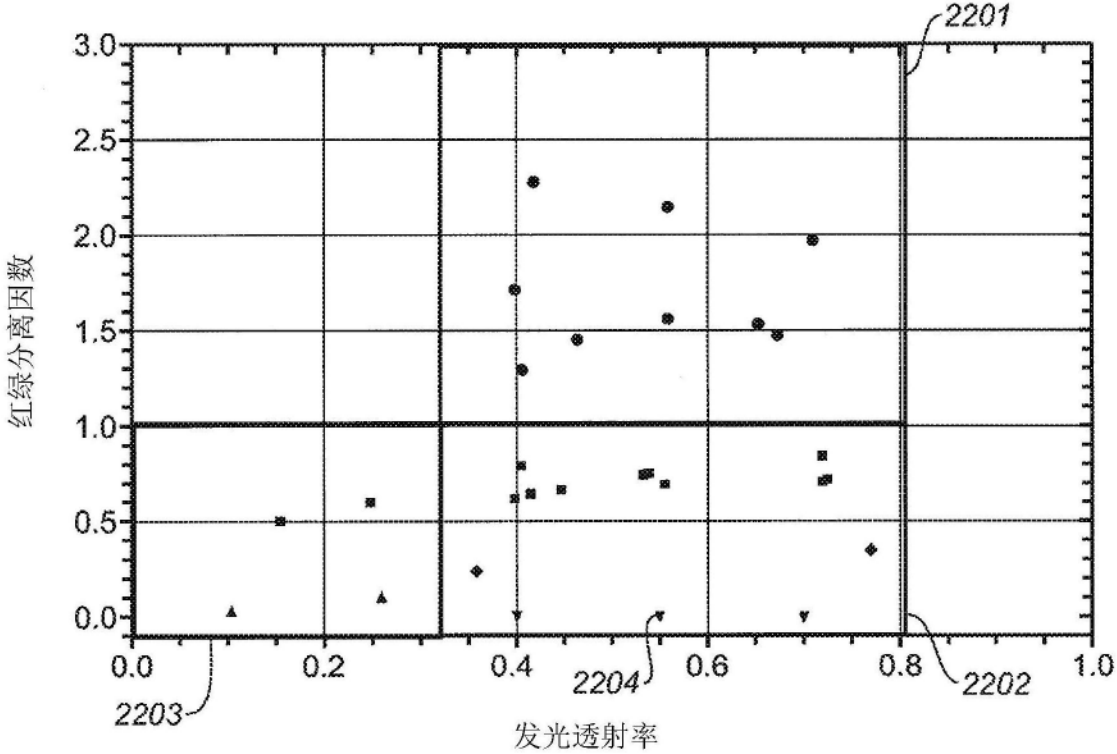


图22

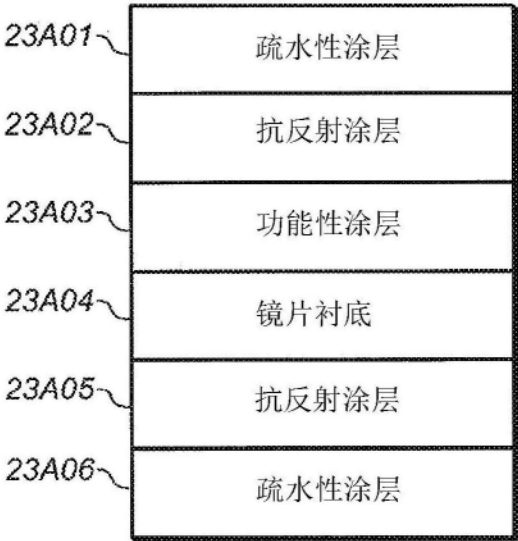


图23A

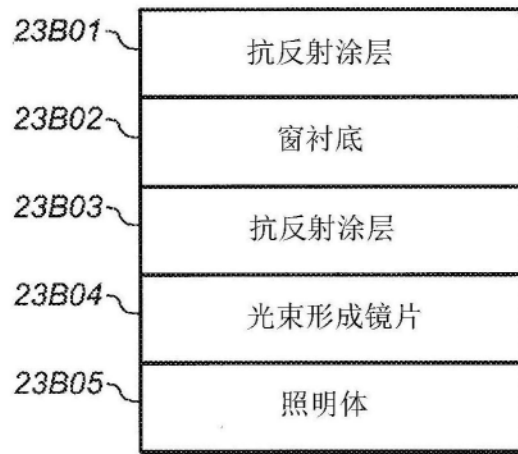


图23B

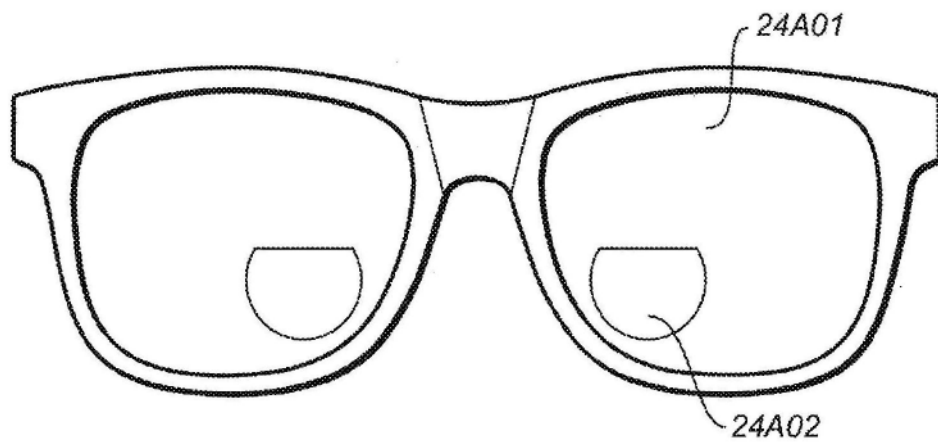


图24A

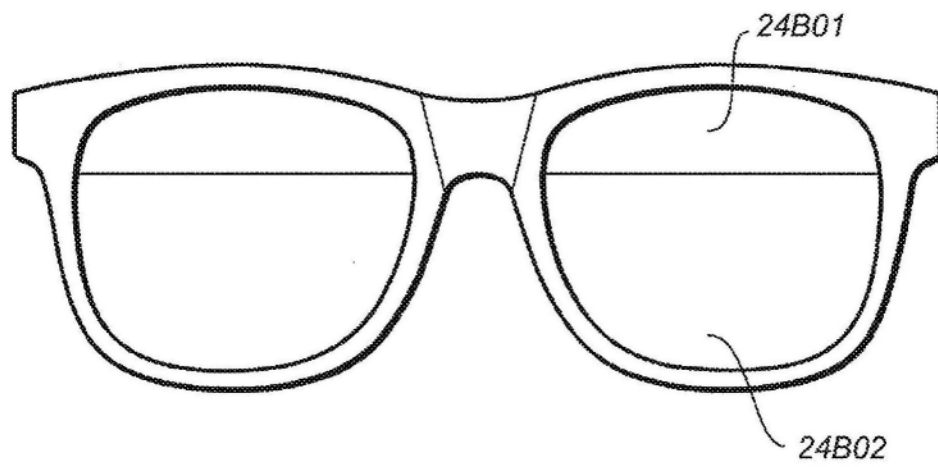


图24B



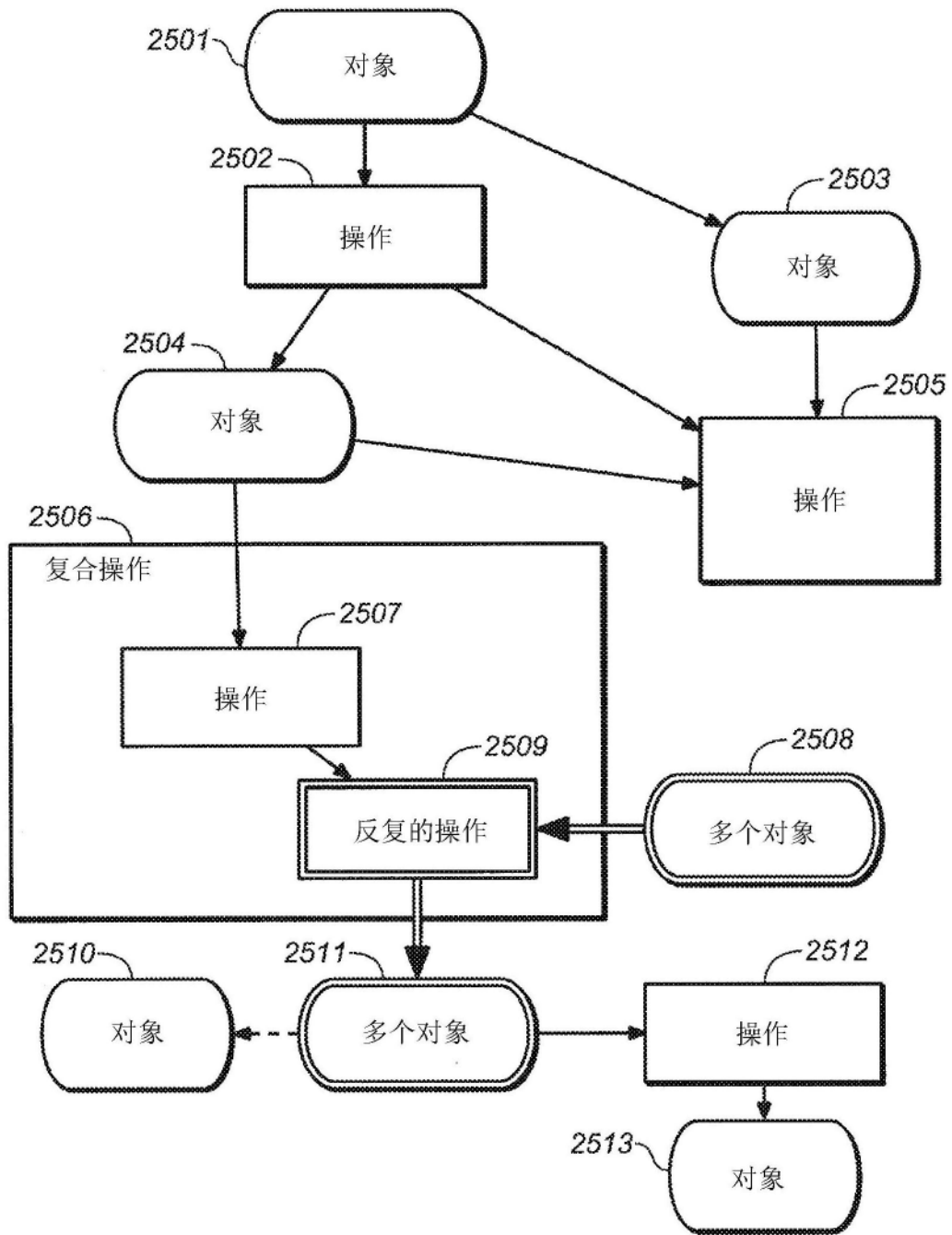


图25

表 1: 标准染料的经正归化光学密度

nm	SD415Y	SD435Y	SD510R	SD565P	SD600V	SD675B
400	0.93	0.6	0.16	0.11	0.061	0.22
405	0.97	0.63	0.18	0.11	0.057	0.2
410	0.99	0.69	0.2	0.1	0.056	0.18
415	1	0.84	0.22	0.097	0.054	0.16
420	1	0.99	0.25	0.094	0.053	0.15
425	0.98	0.96	0.28	0.094	0.053	0.14
430	0.94	0.83	0.31	0.094	0.052	0.14
435	0.89	0.76	0.35	0.093	0.053	0.13
440	0.83	0.85	0.39	0.092	0.053	0.12
445	0.75	0.98	0.42	0.091	0.053	0.12
450	0.67	0.9	0.46	0.094	0.052	0.12
455	0.59	0.6	0.5	0.1	0.051	0.11
460	0.51	0.3	0.55	0.11	0.05	0.11
465	0.44	0.12	0.61	0.12	0.05	0.11
470	0.36	0.049	0.67	0.13	0.052	0.11
475	0.29	0.021	0.74	0.14	0.054	0.1
480	0.23	0.011	0.81	0.16	0.059	0.1
485	0.19	0	0.87	0.18	0.067	0.1
490	0.15	0	0.92	0.2	0.077	0.1
495	0.13	0	0.96	0.23	0.092	0.1
500	0.11	0	0.98	0.25	0.11	0.1
505	0.098	0	1	0.28	0.13	0.11
510	0.091	0	1	0.32	0.16	0.11
515	0.087	0	0.98	0.38	0.2	0.11
520	0.085	0	0.94	0.43	0.24	0.11
525	0.083	0	0.87	0.47	0.29	0.12
530	0.082	0	0.77	0.48	0.35	0.12
535	0.081	0	0.66	0.5	0.42	0.13
540	0.081	0	0.53	0.53	0.49	0.14
545	0.081	0	0.4	0.59	0.56	0.15

nm	SD415Y	SD435Y	SD510R	SD565P	SD600V	SD675B
550	0.08	0	0.29	0.7	0.63	0.16
555	0.08	0	0.21	0.84	0.68	0.18
560	0.08	0	0.14	0.96	0.72	0.2
565	0.079	0	0.098	1	0.75	0.22
570	0.08	0	0.069	0.92	0.78	0.24
575	0.08	0	0.05	0.73	0.8	0.27
580	0.079	0	0.039	0.51	0.83	0.3
585	0.079	0	0.033	0.32	0.86	0.32
590	0.079	0	0.029	0.19	0.91	0.36
595	0.079	0	0.027	0.11	0.96	0.4
600	0.079	0	0.025	0.073	1	0.46
605	0.078	0	0.024	0.053	0.99	0.51
610	0.078	0	0.023	0.043	0.92	0.55
615	0.078	0	0.022	0.038	0.81	0.57
620	0.078	0	0.021	0.037	0.67	0.58
625	0.078	0	0.02	0.036	0.53	0.6
630	0.078	0	0.019	0.036	0.4	0.6
635	0.078	0	0.019	0.037	0.3	0.6
640	0.077	0	0.018	0.037	0.22	0.6
645	0.077	0	0.018	0.037	0.16	0.59
650	0.077	0	0.018	0.037	0.12	0.6
655	0.078	0	0.017	0.036	0.086	0.64
660	0.077	0	0.017	0.035	0.063	0.71
665	0.077	0	0.017	0.034	0.045	0.84
670	0.077	0	0.016	0.033	0.033	0.96
675	0.077	0	0.016	0.032	0.025	1
680	0.077	0	0.016	0.032	0.019	0.99
685	0.077	0	0.016	0.032	0.016	0.89
690	0.077	0	0.016	0.032	0.013	0.72
695	0.077	0	0.016	0.032	0.011	0.55
700	0.076	0	0.015	0.032	0.01	0.43

图26

表 2: DCB 滤光片系列的透射率

nm	DCB40	DCB55	DCB70
400	0.86	0.9	0.95
405	0.87	0.91	0.95
410	0.87	0.91	0.96
415	0.88	0.92	0.96
420	0.88	0.92	0.96
425	0.88	0.92	0.96
430	0.88	0.92	0.96
435	0.88	0.92	0.96
440	0.88	0.92	0.96
445	0.88	0.92	0.96
450	0.88	0.92	0.96
455	0.88	0.92	0.96
460	0.88	0.92	0.96
465	0.87	0.91	0.96
470	0.86	0.91	0.95
475	0.85	0.9	0.95
480	0.84	0.89	0.94
485	0.82	0.88	0.94
490	0.8	0.86	0.93
495	0.77	0.84	0.92
500	0.74	0.82	0.91
505	0.71	0.79	0.89
510	0.66	0.76	0.87
515	0.61	0.72	0.85
520	0.56	0.68	0.82
525	0.51	0.64	0.8
530	0.47	0.6	0.78
535	0.42	0.56	0.75
540	0.38	0.52	0.72
545	0.33	0.48	0.69

nm	DCB40	DCB55	DCB70
550	0.28	0.43	0.66
555	0.24	0.39	0.62
560	0.21	0.36	0.6
565	0.2	0.34	0.58
570	0.2	0.34	0.59
575	0.22	0.36	0.6
580	0.24	0.38	0.62
585	0.25	0.4	0.63
590	0.26	0.4	0.63
595	0.25	0.4	0.63
600	0.24	0.39	0.62
605	0.25	0.39	0.63
610	0.27	0.42	0.65
615	0.32	0.47	0.69
620	0.39	0.53	0.73
625	0.47	0.61	0.78
630	0.56	0.68	0.83
635	0.65	0.75	0.87
640	0.72	0.8	0.9
645	0.78	0.85	0.92
650	0.83	0.88	0.94
655	0.87	0.91	0.95
660	0.9	0.93	0.97
665	0.92	0.95	0.97
670	0.94	0.96	0.98
675	0.95	0.97	0.98
680	0.96	0.97	0.99
685	0.96	0.97	0.99
690	0.96	0.98	0.99
695	0.97	0.98	0.99
700	0.97	0.98	0.99

图27

表 3: DCP 滤光片系列的透射率

nm	DCP40	DCP55	DCP70
400	0.75	0.83	0.91
405	0.77	0.84	0.91
410	0.78	0.85	0.92
415	0.79	0.85	0.92
420	0.79	0.86	0.93
425	0.79	0.86	0.93
430	0.79	0.86	0.93
435	0.79	0.86	0.93
440	0.8	0.86	0.93
445	0.8	0.86	0.93
450	0.79	0.86	0.93
455	0.78	0.85	0.92
460	0.76	0.84	0.91
465	0.75	0.82	0.91
470	0.72	0.81	0.9
475	0.7	0.79	0.89
480	0.67	0.77	0.88
485	0.64	0.74	0.86
490	0.61	0.72	0.85
495	0.57	0.69	0.83
500	0.54	0.66	0.81
505	0.5	0.63	0.79
510	0.45	0.59	0.77
515	0.4	0.54	0.73
520	0.35	0.49	0.7
525	0.32	0.47	0.68
530	0.3	0.45	0.67
535	0.29	0.44	0.66
540	0.27	0.42	0.65
545	0.23	0.38	0.62

nm	DCP40	DCP55	DCP70
550	0.18	0.32	0.56
555	0.13	0.25	0.5
560	0.095	0.21	0.46
565	0.085	0.19	0.44
570	0.1	0.22	0.47
575	0.16	0.3	0.55
580	0.28	0.43	0.66
585	0.45	0.59	0.77
590	0.62	0.73	0.85
595	0.75	0.83	0.91
600	0.83	0.89	0.94
605	0.88	0.92	0.96
610	0.9	0.93	0.97
615	0.91	0.94	0.97
620	0.91	0.94	0.97
625	0.91	0.94	0.97
630	0.91	0.94	0.97
635	0.91	0.94	0.97
640	0.91	0.94	0.97
645	0.91	0.94	0.97
650	0.91	0.94	0.97
655	0.91	0.94	0.97
660	0.92	0.94	0.97
665	0.92	0.95	0.97
670	0.92	0.95	0.97
675	0.92	0.95	0.97
680	0.92	0.95	0.97
685	0.92	0.95	0.97
690	0.92	0.95	0.97
695	0.92	0.95	0.97
700	0.92	0.95	0.97

图28

表 4: ACE 滤光片系列的透射率

nm	ACE40	ACE55	ACE70
400	0.45	0.59	0.77
405	0.41	0.55	0.74
410	0.4	0.55	0.74
415	0.39	0.53	0.73
420	0.41	0.55	0.74
425	0.42	0.56	0.75
430	0.43	0.57	0.75
435	0.48	0.61	0.78
440	0.51	0.64	0.8
445	0.55	0.67	0.82
450	0.57	0.69	0.83
455	0.59	0.7	0.84
460	0.59	0.71	0.84
465	0.6	0.71	0.84
470	0.58	0.7	0.83
475	0.58	0.69	0.83
480	0.59	0.71	0.84
485	0.6	0.71	0.84
490	0.6	0.71	0.85
495	0.61	0.72	0.85
500	0.59	0.71	0.84
505	0.56	0.68	0.82
510	0.49	0.62	0.79
515	0.36	0.51	0.71
520	0.25	0.39	0.63
525	0.32	0.46	0.68
530	0.36	0.5	0.71
535	0.44	0.58	0.76
540	0.55	0.67	0.82
545	0.59	0.7	0.84

nm	ACE40	ACE55	ACE70
550	0.62	0.73	0.85
555	0.64	0.74	0.86
560	0.63	0.73	0.86
565	0.5	0.63	0.79
570	0.17	0.3	0.55
575	0.086	0.19	0.44
580	0.093	0.2	0.45
585	0.058	0.15	0.39
590	0.097	0.21	0.46
595	0.2	0.34	0.58
600	0.33	0.48	0.69
605	0.42	0.56	0.75
610	0.48	0.61	0.78
615	0.54	0.66	0.81
620	0.56	0.68	0.82
625	0.56	0.68	0.82
630	0.55	0.67	0.82
635	0.55	0.67	0.82
640	0.55	0.67	0.82
645	0.53	0.66	0.81
650	0.52	0.65	0.81
655	0.53	0.66	0.81
660	0.55	0.67	0.82
665	0.58	0.7	0.84
670	0.6	0.71	0.85
675	0.62	0.73	0.85
680	0.64	0.74	0.86
685	0.66	0.76	0.87
690	0.7	0.79	0.89
695	0.75	0.82	0.91
700	0.78	0.85	0.92

图29

表 5: 窄频带染料的经正规化光学密度

nm	NBD405	NBD425	NBD475	NBD490	NBD575	NBD595	NBD670
400	0.99	0.18	0.098	0.21	0.054	0.1	0.014
405	0.82	0.27	0.096	0.16	0.051	0.089	0.013
410	0.44	0.47	0.098	0.15	0.047	0.08	0.011
415	0.23	0.75	0.1	0.14	0.046	0.072	0.011
420	0.13	1	0.11	0.15	0.044	0.065	0.01
425	0.078	0.71	0.12	0.16	0.044	0.06	0
430	0.053	0.24	0.14	0.16	0.044	0.055	0
435	0.037	0.062	0.17	0.17	0.044	0.051	0
440	0.026	0.019	0.21	0.18	0.044	0.048	0
445	0.02	0.011	0.26	0.19	0.042	0.046	0
450	0.017	0	0.33	0.21	0.041	0.045	0.01
455	0.014	0	0.45	0.23	0.04	0.044	0.01
460	0.012	0	0.63	0.27	0.04	0.044	0.01
465	0.012	0.011	0.83	0.31	0.04	0.044	0
470	0.012	0.011	0.97	0.35	0.04	0.044	0
475	0.012	0.012	0.99	0.39	0.041	0.044	0
480	0.012	0.012	0.84	0.47	0.042	0.044	0
485	0.011	0.012	0.61	0.62	0.046	0.043	0
490	0.016	0.011	0.4	0.85	0.052	0.044	0
495	0.029	0.011	0.24	1	0.057	0.046	0
500	0.052	0.011	0.15	0.88	0.062	0.05	0
505	0.079	0.014	0.098	0.56	0.071	0.055	0
510	0.09	0.024	0.072	0.31	0.082	0.059	0
515	0.066	0.042	0.057	0.18	0.095	0.064	0
520	0.035	0.065	0.047	0.12	0.13	0.069	0
525	0.019	0.079	0.04	0.097	0.19	0.074	0
530	0.013	0.068	0.036	0.081	0.18	0.083	0
535	0.014	0.042	0.033	0.07	0.16	0.11	0
540	0.018	0.023	0.032	0.065	0.15	0.16	0
545	0	0.013	0.032	0.062	0.16	0.18	0

nm	NBD405	NBD425	NBD475	NBD490	NBD575	NBD595	NBD670
550	0	0	0.031	0.063	0.19	0.17	0.014
555	0	0	0.032	0.062	0.23	0.16	0.019
560	0	0.011	0.032	0.056	0.27	0.16	0.022
565	0	0	0.034	0.054	0.41	0.18	0.025
570	0	0	0.04	0.056	0.76	0.19	0.029
575	0	0	0.048	0.054	1	0.21	0.036
580	0	0	0.06	0.05	0.69	0.29	0.041
585	0	0	0.071	0.051	0.31	0.51	0.047
590	0	0	0.081	0.05	0.13	0.85	0.065
595	0	0	0.085	0.05	0.069	1	0.11
600	0	0	0.082	0.048	0.044	0.79	0.16
605	0	0	0.074	0.048	0.033	0.41	0.15
610	0	0	0.066	0.046	0.028	0.19	0.13
615	0	0	0.059	0.041	0.025	0.1	0.11
620	0	0	0.052	0.042	0.023	0.07	0.097
625	0	0	0.049	0.042	0.022	0.057	0.098
630	0	0	0.05	0.045	0.021	0.049	0.12
635	0	0	0.052	0.043	0.021	0.045	0.16
640	0	0	0.054	0.039	0.02	0.041	0.18
645	0	0	0.051	0.04	0.02	0.039	0.18
650	0	0	0.045	0.039	0.019	0.038	0.21
655	0	0	0.036	0.041	0.019	0.036	0.33
660	0	0	0.027	0.036	0.018	0.035	0.63
665	0	0	0.02	0.035	0.018	0.033	0.95
670	0	0	0.015	0.035	0.017	0.032	0.95
675	0	0	0.01	0.035	0.016	0.03	0.64
680	0	0	0	0.033	0.016	0.029	0.33
685	0	0	0	0.037	0.016	0.028	0.16
690	0	0	0	0.034	0.015	0.028	0.086
695	0	0	0	0.036	0.014	0.027	0.06
700	0	0	0	0.031	0.014	0.026	0.045

图30

表 6: DMB 滤光片系列的透射率

nm	DMB40	DMB55	DMB70
400	0.26	0.51	0.71
405	0.4	0.63	0.8
410	0.55	0.74	0.86
415	0.65	0.81	0.9
420	0.73	0.85	0.92
425	0.78	0.88	0.94
430	0.82	0.9	0.95
435	0.85	0.92	0.96
440	0.87	0.93	0.97
445	0.89	0.94	0.97
450	0.91	0.95	0.98
455	0.92	0.96	0.98
460	0.93	0.96	0.98
465	0.93	0.97	0.98
470	0.94	0.97	0.98
475	0.94	0.97	0.98
480	0.94	0.97	0.98
485	0.93	0.96	0.98
490	0.92	0.96	0.98
495	0.9	0.95	0.98
500	0.87	0.93	0.97
505	0.83	0.91	0.95
510	0.8	0.89	0.94
515	0.76	0.87	0.93
520	0.72	0.85	0.92
525	0.68	0.82	0.91
530	0.62	0.79	0.89
535	0.49	0.7	0.84
540	0.29	0.54	0.73
545	0.22	0.47	0.68

nm	DMB40	DMB55	DMB70
550	0.26	0.51	0.71
555	0.29	0.53	0.73
560	0.27	0.52	0.72
565	0.24	0.49	0.7
570	0.21	0.46	0.68
575	0.17	0.41	0.64
580	0.085	0.29	0.54
585	0.01	0.1	0.32
590	0	0.019	0.14
595	0	0	0.084
600	0	0.019	0.14
605	0.016	0.13	0.36
610	0.17	0.42	0.64
615	0.46	0.68	0.82
620	0.65	0.81	0.9
625	0.76	0.87	0.93
630	0.82	0.91	0.95
635	0.85	0.92	0.96
640	0.88	0.94	0.97
645	0.89	0.95	0.97
650	0.91	0.95	0.98
655	0.91	0.95	0.98
660	0.92	0.96	0.98
665	0.93	0.97	0.98
670	0.94	0.97	0.98
675	0.95	0.97	0.99
680	0.95	0.98	0.99
685	0.96	0.98	0.99
690	0.96	0.98	0.99
695	0.96	0.98	0.99
700	0.97	0.98	0.99

图31



表 7: DCP 滤光片系列的透射率

nm	DCP40	DCP55	DCP70
400	0.75	0.83	0.91
405	0.77	0.84	0.91
410	0.78	0.85	0.92
415	0.79	0.85	0.92
420	0.79	0.86	0.93
425	0.79	0.86	0.93
430	0.79	0.86	0.93
435	0.79	0.86	0.93
440	0.8	0.86	0.93
445	0.8	0.86	0.93
450	0.79	0.86	0.93
455	0.78	0.85	0.92
460	0.76	0.84	0.91
465	0.75	0.82	0.91
470	0.72	0.81	0.9
475	0.7	0.79	0.89
480	0.67	0.77	0.88
485	0.64	0.74	0.86
490	0.61	0.72	0.85
495	0.57	0.69	0.83
500	0.54	0.66	0.81
505	0.5	0.63	0.79
510	0.45	0.59	0.77
515	0.4	0.54	0.73
520	0.35	0.49	0.7
525	0.32	0.47	0.68
530	0.3	0.45	0.67
535	0.29	0.44	0.66
540	0.27	0.42	0.65
545	0.23	0.38	0.62

nm	DCP40	DCP55	DCP70
550	0.18	0.32	0.56
555	0.13	0.25	0.5
560	0.095	0.21	0.46
565	0.085	0.19	0.44
570	0.1	0.22	0.47
575	0.16	0.3	0.55
580	0.28	0.43	0.66
585	0.45	0.59	0.77
590	0.62	0.73	0.85
595	0.75	0.83	0.91
600	0.83	0.89	0.94
605	0.88	0.92	0.96
610	0.9	0.93	0.97
615	0.91	0.94	0.97
620	0.91	0.94	0.97
625	0.91	0.94	0.97
630	0.91	0.94	0.97
635	0.91	0.94	0.97
640	0.91	0.94	0.97
645	0.91	0.94	0.97
650	0.91	0.94	0.97
655	0.91	0.94	0.97
660	0.92	0.94	0.97
665	0.92	0.95	0.97
670	0.92	0.95	0.97
675	0.92	0.95	0.97
680	0.92	0.95	0.97
685	0.92	0.95	0.97
690	0.92	0.95	0.97
695	0.92	0.95	0.97
700	0.92	0.95	0.97

图32



表 8: CXB 滤光片系列的透射率

nm	CXB40	CXB55	CXB65
400	0.46	0.59	0.67
405	0.57	0.69	0.75
410	0.65	0.76	0.81
415	0.7	0.8	0.85
420	0.72	0.83	0.87
425	0.73	0.84	0.88
430	0.72	0.84	0.89
435	0.71	0.84	0.89
440	0.68	0.83	0.89
445	0.65	0.82	0.88
450	0.61	0.8	0.86
455	0.55	0.76	0.84
460	0.47	0.71	0.8
465	0.38	0.65	0.75
470	0.3	0.58	0.7
475	0.27	0.55	0.67
480	0.26	0.55	0.67
485	0.3	0.58	0.7
490	0.39	0.65	0.75
495	0.5	0.73	0.82
500	0.61	0.8	0.86
505	0.68	0.83	0.88
510	0.7	0.84	0.89
515	0.7	0.84	0.89
520	0.68	0.83	0.89
525	0.61	0.8	0.88
530	0.57	0.77	0.86
535	0.57	0.73	0.81
540	0.49	0.63	0.69
545	0.44	0.57	0.64

nm	CXB40	CXB55	CXB65
550	0.43	0.59	0.67
555	0.4	0.59	0.69
560	0.36	0.57	0.68
565	0.3	0.53	0.66
570	0.18	0.45	0.63
575	0.09	0.36	0.6
580	0.081	0.3	0.49
585	0.089	0.19	0.27
590	0.054	0.077	0.1
595	0.035	0.045	0.06
600	0.064	0.08	0.1
605	0.2	0.25	0.3
610	0.42	0.51	0.59
615	0.58	0.7	0.78
620	0.66	0.78	0.86
625	0.69	0.82	0.9
630	0.71	0.84	0.92
635	0.69	0.83	0.93
640	0.67	0.83	0.94
645	0.67	0.83	0.94
650	0.67	0.83	0.95
655	0.64	0.82	0.95
660	0.55	0.77	0.96
665	0.38	0.67	0.96
670	0.29	0.6	0.97
675	0.33	0.64	0.98
680	0.49	0.74	0.98
685	0.68	0.85	0.98
690	0.8	0.91	0.98
695	0.86	0.93	0.99
700	0.89	0.95	0.99

图33

表 9: CXV 滤光片系列的透射率

nm	CXV40	CXV55	CXV65
400	0.53	0.62	0.8
405	0.61	0.7	0.83
410	0.68	0.76	0.86
415	0.71	0.79	0.88
420	0.72	0.79	0.88
425	0.71	0.79	0.87
430	0.69	0.77	0.86
435	0.66	0.75	0.85
440	0.63	0.72	0.83
445	0.57	0.68	0.81
450	0.52	0.63	0.78
455	0.44	0.56	0.75
460	0.34	0.48	0.69
465	0.25	0.39	0.62
470	0.18	0.32	0.55
475	0.14	0.26	0.52
480	0.098	0.2	0.51
485	0.053	0.11	0.54
490	0.029	0.066	0.62
495	0.026	0.056	0.7
500	0.054	0.098	0.77
505	0.2	0.27	0.81
510	0.42	0.5	0.82
515	0.56	0.62	0.82
520	0.62	0.66	0.79
525	0.6	0.62	0.72
530	0.59	0.6	0.69
535	0.59	0.62	0.72
540	0.52	0.58	0.74
545	0.47	0.55	0.72

nm	CXV40	CXV55	CXV65
550	0.48	0.53	0.68
555	0.46	0.49	0.61
560	0.43	0.46	0.57
565	0.38	0.4	0.5
570	0.26	0.24	0.31
575	0.16	0.13	0.17
580	0.14	0.13	0.19
585	0.12	0.19	0.39
590	0.065	0.18	0.68
595	0.042	0.16	0.83
600	0.08	0.24	0.89
605	0.26	0.46	0.92
610	0.54	0.7	0.94
615	0.73	0.84	0.95
620	0.82	0.9	0.96
625	0.87	0.93	0.96
630	0.89	0.94	0.96
635	0.9	0.94	0.96
640	0.9	0.95	0.96
645	0.9	0.95	0.95
650	0.91	0.95	0.96
655	0.91	0.95	0.96
660	0.93	0.96	0.97
665	0.94	0.97	0.97
670	0.95	0.97	0.98
675	0.96	0.98	0.98
680	0.97	0.98	0.99
685	0.97	0.98	0.99
690	0.97	0.99	0.99
695	0.98	0.99	0.99
700	0.98	0.99	0.99

图34

表 10: CXN 滤光片系列的透射率

nm	CXN40	CXN25	CXN15	nm	CXN40	CXN25	CXN15
400	0.54	0.36	0.23	550	0.54	0.36	0.24
405	0.61	0.44	0.31	555	0.49	0.32	0.19
410	0.66	0.5	0.36	560	0.45	0.28	0.16
415	0.68	0.52	0.38	565	0.39	0.22	0.11
420	0.68	0.52	0.38	570	0.24	0.11	0.039
425	0.66	0.49	0.35	575	0.13	0.043	0
430	0.63	0.46	0.31	580	0.13	0.043	0.01
435	0.59	0.41	0.26	585	0.21	0.075	0.027
440	0.55	0.36	0.22	590	0.24	0.077	0.035
445	0.49	0.29	0.16	595	0.23	0.062	0.028
450	0.42	0.23	0.11	600	0.27	0.086	0.041
455	0.34	0.16	0.063	605	0.38	0.17	0.092
460	0.25	0.09	0.027	610	0.5	0.3	0.18
465	0.17	0.045	0	615	0.58	0.4	0.26
470	0.11	0.022	0	620	0.62	0.45	0.31
475	0.077	0.012	0	625	0.64	0.47	0.33
480	0.052	0	0	630	0.63	0.47	0.32
485	0.026	0	0	635	0.6	0.43	0.29
490	0.013	0	0	640	0.57	0.39	0.25
495	0.012	0	0	645	0.56	0.38	0.24
500	0.03	0	0	650	0.56	0.39	0.24
505	0.15	0.047	0.01	655	0.51	0.33	0.19
510	0.36	0.2	0.088	660	0.39	0.21	0.1
515	0.52	0.35	0.21	665	0.21	0.082	0.024
520	0.59	0.43	0.29	670	0.13	0.039	0
525	0.58	0.42	0.27	675	0.16	0.054	0.013
530	0.57	0.42	0.28	680	0.3	0.15	0.058
535	0.61	0.45	0.31	685	0.53	0.36	0.22
540	0.59	0.42	0.29	690	0.71	0.57	0.43
545	0.57	0.39	0.26	695	0.79	0.69	0.57
				700	0.83	0.74	0.64

图35

表 11: UVH 滤光片系列的透射率

nm	UVH415	UVH430	UVH450	nm	UVH415	UVH430	UVH450
400	0.022	0	0	550	0.9	0.85	0.47
405	0.038	0	0	555	0.91	0.86	0.5
410	0.13	0.027	0	560	0.91	0.85	0.49
415	0.21	0.033	0	565	0.9	0.85	0.48
420	0.24	0.024	0	570	0.9	0.86	0.5
425	0.38	0.077	0	575	0.89	0.85	0.47
430	0.64	0.36	0	580	0.86	0.8	0.38
435	0.8	0.67	0	585	0.76	0.68	0.18
440	0.87	0.8	0	590	0.64	0.53	0.064
445	0.9	0.85	0	595	0.59	0.48	0.039
450	0.91	0.87	0	600	0.66	0.55	0.077
455	0.92	0.88	0.03	605	0.81	0.74	0.27
460	0.93	0.89	0.13	610	0.91	0.87	0.54
465	0.93	0.88	0.3	615	0.95	0.93	0.72
470	0.93	0.88	0.43	620	0.96	0.95	0.79
475	0.92	0.88	0.48	625	0.97	0.96	0.83
480	0.93	0.88	0.52	630	0.97	0.96	0.84
485	0.93	0.88	0.53	635	0.98	0.96	0.84
490	0.91	0.87	0.49	640	0.98	0.96	0.85
495	0.87	0.81	0.37	645	0.98	0.97	0.86
500	0.8	0.72	0.21	650	0.98	0.97	0.86
505	0.72	0.63	0.11	655	0.98	0.97	0.86
510	0.68	0.58	0.07	660	0.98	0.97	0.88
515	0.73	0.61	0.089	665	0.98	0.97	0.86
520	0.8	0.66	0.12	670	0.98	0.97	0.87
525	0.83	0.68	0.14	675	0.98	0.97	0.88
530	0.86	0.72	0.19	680	0.98	0.97	0.88
535	0.86	0.76	0.25	685	0.99	0.98	0.89
540	0.84	0.76	0.27	690	0.99	0.98	0.9
545	0.87	0.81	0.37	695	0.98	0.97	0.87
				700	0.99	0.98	0.91

图36

表 12: ACR 滤光片系列的透射率

nm	ACR25R	ACR10R
400	0.33	0.13
405	0.35	0.14
410	0.35	0.14
415	0.33	0.13
420	0.3	0.12
425	0.27	0.11
430	0.24	0.095
435	0.21	0.082
440	0.18	0.07
445	0.15	0.06
450	0.13	0.051
455	0.1	0.041
460	0.08	0.032
465	0.059	0.024
470	0.042	0.017
475	0.031	0.012
480	0.023	0
485	0.019	0
490	0.016	0
495	0.015	0
500	0.014	0
505	0.014	0
510	0.014	0
515	0.015	0
520	0.017	0
525	0.023	0
530	0.033	0.013
535	0.051	0.02
540	0.075	0.03
545	0.12	0.046

nm	ACR25R	ACR10R
550	0.19	0.076
555	0.28	0.11
560	0.37	0.15
565	0.43	0.17
570	0.46	0.18
575	0.47	0.19
580	0.39	0.16
585	0.21	0.086
590	0.078	0.031
595	0.044	0.018
600	0.08	0.032
605	0.25	0.1
610	0.52	0.21
615	0.7	0.28
620	0.78	0.31
625	0.83	0.33
630	0.85	0.34
635	0.86	0.34
640	0.87	0.35
645	0.87	0.35
650	0.88	0.35
655	0.88	0.35
660	0.89	0.36
665	0.9	0.36
670	0.91	0.36
675	0.91	0.36
680	0.91	0.36
685	0.92	0.37
690	0.92	0.37
695	0.92	0.37
700	0.92	0.37

图37

表 13: 具有  $\Psi_{RG} > 1$  及  $\tau_v > 0.40$  的滤光片的性质

	$T_v$	$\Psi_{RG}$
DMB40	0.408	2.5
DMB55	0.565	1.97
DMB70	0.706	1.82
DMP40	0.418	2.28
DMP55	0.558	2.15
DMP70	0.709	1.98
CXB40	0.398	1.72
CXB55	0.558	1.57
CXB65	0.652	1.55
CXV40	0.405	1.3
CXV55	0.464	1.46
CXV65	0.672	1.48

图38

表 14: 具有  $\Psi_{RG} < 1$  的滤光片的性质

	$T_V$	$\Psi_{RG}$
DCB40	0.405	0.788
DCB55	0.533	0.736
DCB70	0.72	0.703
DCP40	0.446	0.658
DCP55	0.555	0.686
DCP70	0.724	0.714
ACE40	0.415	0.635
ACE55	0.538	0.745
ACE70	0.719	0.837
CXN40	0.398	0.609
CXN25	0.248	0.594
CXN15	0.153	0.497
UVH430	0.77	0.352
UVH450	0.358	0.24
ACR25R	0.259	0.109
ACR10R	0.103	0.0359
ND40	0.4	0
ND55	0.55	0
ND70	0.7	0

图39