



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109890342 A

(43)申请公布日 2019.06.14

(21)申请号 201780066843.3

(22)申请日 2017.10.04

(30)优先权数据

62/405,467 2016.10.07 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2019.04.26

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2017/055200 2017.10.04

(87)PCT国际申请的公布数据

W02018/067741 EN 2018.04.12

(71)申请人 英克罗马公司

地址 美国加利福尼亚州

(72)发明人 安德鲁·W·史密德

(74)专利代理机构 北京律盟知识产权代理有限公司 11287

代理人 顾晨昕

(51)Int.Cl.

A61H 5/00(2006.01)

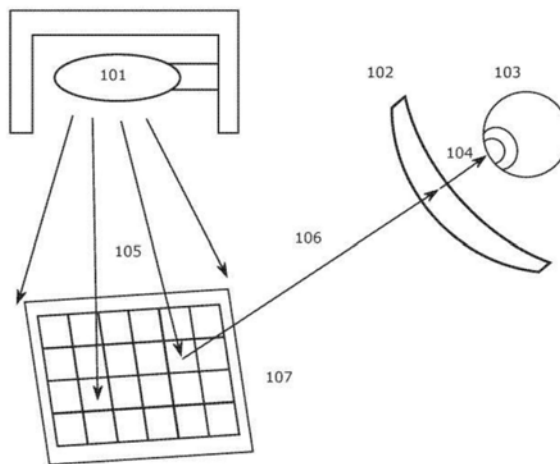
权利要求书2页 说明书11页 附图6页

## (54)发明名称

用于模拟色觉缺陷条件并展示色盲补偿眼镜有效性的照明系统

## (57)摘要

本发明大体上涉及展示改变人类色彩感知的眼镜片功能的装置,且涉及模拟色觉缺陷或色盲的方法和装置。



1. 一种用于模拟色觉缺陷的照明设备,所述设备包括:  
黄光发射器,其发射包括窄带光谱峰值的黄光,最大波长在570纳米与600纳米之间,且半最大带宽在1纳米与40纳米之间;  
其中所述黄光与显色指数为至少70且相关色温在与2400K到10000K之间的白光组合以形成输出光束;  
其中所述输出光束中白光的光通量是所述输出光束中黄光光通量的至少十分之一;且  
其中在所述照明设备的所述输出光束的中心十度内的任何位置用照度计测量所述光通量。
2. 根据权利要求1所述的照明设备,其中所述白光的至少一部分由并入到所述照明设备中的白光发射器发射。
3. 根据权利要求2所述的照明设备,其包括功率强度调制器,所述功率强度调制器被配置成控制和改变由所述白光发射器发射的白光量。
4. 根据权利要求3所述的照明设备,其包括光传感器,所述光传感器与所述功率强度调制器组合测量和控制所述输出光束中的白光量,以确保所述输出光束中至少存在最小量的白光。
5. 根据权利要求4所述的照明设备,其中通过所述白光发射器发射的白光与环境白光的组合来满足所述输出光束中的最小白光量。
6. 根据权利要求3到5中任一项所述的照明设备,其中所述输出光束中的所述最小白光量可以在所述黄光的发光强度的至少10%到所述黄光的发光强度的至少150%的范围内被控制和改变。
7. 根据权利要求1到6中任一项所述的照明设备,其包括蓝光发射器;其中所述蓝光发射器发射蓝光,其最大发射波长在440纳米与490纳米之间,半最大光谱带宽在1纳米与60纳米之间,以最大发射波长为中心;且  
其中所述蓝光与所述白光和所述黄光组合以形成所述输出光束。
8. 一种用于展示经设计以改善色觉缺陷影响的试验滤光片的系统,所述系统包括:  
根据权利要求1到7中任一项所述的照明设备;  
所述照明设备照明下的彩色物体;  
通过试验滤光片提供所述被照明的彩色物体的视图的光学路径;和  
绕过所述试验滤光片提供所述被照明的彩色物体的视图的光学路径;  
其中所述试验滤光片包括窄带光谱透射特征,所述窄带光谱透射特征包括光谱谷值,所述光谱谷值的透射最小值介于570与600纳米之间,且半最小宽度为40纳米或更小。
9. 根据权利要求8所述的系统,其中绕过所述试验滤光片提供所述被照明的彩色物体的视图的所述光学路径通过参考滤光片提供所述被照明的彩色物体的视图,所述参考滤光片不具有窄带光谱透射特征,所述窄带光谱透射特征包括透射最小值介于570到600纳米之间且半最小宽度为40纳米或更小的光谱谷值。
10. 根据权利要求9所述的系统,其中所述参考滤光片的白点色度在CIE xy坐标系中的所述试验滤光片的0.05个单位内。
11. 根据权利要求9所述的系统,其中所述参考滤光片的白点色度在CIE xy坐标系中的所述试验滤光片的0.05个单位内,且所述参考滤光片的平均日光透光率在所述试验滤光片

的平均日光透光率的75%与135%之间,且平均日光由CIE发光体D65定义。

12.根据权利要求8到11中任一项所述的系统,其中所述试验滤光片并入到安装在眼镜镜片中的眼镜片中。

13.根据权利要求8到11中任一项所述的系统,其中所述试验滤光片并入到安装在长柄眼镜中的眼镜片中。

14.根据权利要求8到11中任一项所述的系统,其中所述试验滤光片并入到窗口中。

15.一种用于展示经设计以改善色觉缺陷影响的眼镜片的方法,所述方法包括:

向人提供由照明设备照明的彩色物体的第一视图;

向人提供由照明设备照明并由试验滤光片滤光的彩色物体的第二视图;

其中所述照明设备包括根据权利要求1到7中任一项所述的照明设备;且

其中所述试验滤光片包括窄带光谱谷值,所述窄带光谱谷值的最小透射波长在570纳米与600纳米之间,且所述试验滤光片在以最小透射波长为中心的20纳米宽的光谱带上的平均光谱透射率小于所述眼镜片的透光率的二分之一。

## 用于模拟色觉缺陷条件并展示色盲补偿眼镜有效性的照明系统

[0001] 相关申请案的交叉参考

[0002] 本申请要求2016年10月7日提交的标题为“用于模拟色觉缺陷条件并展示色盲补偿眼镜有效性的照明系统 (Lighting System For Simulating Conditions of Color Deficient Vision and Demonstrating Effectiveness of Color Blindness Compensating Eyewear)”的美国临时专利申请第62/405,467号的优先权,所述美国临时专利申请以全文引用的方式并入本文中。

[0003] 本申请还涉及2012年3月5日提交的标题为“基于LP优化的多频带色觉滤光片和方法 (Multi-Band Color Vision Filters and Method by LP-Optimization)”的PCT专利申请第PCT/US2012/027790号、2013年8月30日提交的标题为“基于LP优化的多频带色觉滤光片和方法 (Multi-Band Color Vision Filters and Method by LP-Optimization)”的美国专利申请第14/014,991号和2016年3月8日提交的标题为“通过非线性优化以所需方式影响色觉的光学滤光片和其设计方法 (Optical Filters Affecting Color Vision in a Desired Manner and Design Method Thereof by Non-Linear Optimization)”的PCT专利申请第PCT/US16/21399号,所述专利申请以全文引用的方式并入本文中。

### 技术领域

[0004] 本发明大体上涉及发射基本上白光的设备,用于投影图像和/或照明物体,以供人和/或彩色摄影机(例如灯、灯组件、手电筒和投影仪)观看。本发明大体上还涉及光源的光谱功率分布的设计,以产生所需的显色质量。本发明大体上还涉及窄带光谱滤光片在眼科系统中的用途,以改善色觉缺陷和色盲的症状。本发明大体上还涉及夸大、展示或使功能性光学特征可见的方法和设备,通过对并有功能性光学特征的眼镜片或光学设备的普通视力检查,功能性光学特征不易被观察到。

[0005] 参考文献

[0006] 安德鲁·斯托克曼和林赛T.夏普.中长波长敏感视锥细胞的光谱敏感度来源于已知基因型观察器的测量值.视力研究,40(13):1711-1737,2000。

[0007] 冈特·怀斯基基和W.S.斯泰尔斯.色彩科学:概念和方法,定量数据和公式.光学与应用光学中的威立系列中的ISBN#0471021067.威立,1982。

[0008] Parkkinen J.P.S.、Hallikainen J.和Jaaskelainen T.“蒙赛尔色彩 (Munsell colors)”.美国光学学会杂志A,第6版,第2,1989号,第318到322页。

[0009] 蒙赛尔色彩公司:蒙赛尔色谱,光面版.ISBN#9994678620.1980。

[0010] C.S.McCamy、H.Marcus和J.G.Davidson(1976)。“色彩渲染图 (A Color-Rendition Chart)”.应用摄影工程学报2(3).第95-99页。

[0011] 视力测定与视力科学词典,第7版,米歇尔米洛多特.ISBN-9780702051883,电子书,发行日期:2008年

## 背景技术

[0012] 白光照明的人造光源是发射基本上白色的光的装置,通过所述装置,人可以执行依赖于适光三色色觉的任务。如果光的色彩位于黑体辐射曲线上或附近,那么人类观察器认为光基本上是白色的,黑体辐射曲线包括从黄色到蓝白色的一系列浅色。由发光体发射的光的光谱功率分布可以根据例如提供所需的显色质量,或者例如提供所需水平的发光效率(例如,以每瓦的流明来测量)的要求来设计。对于具有基本正常色觉的人来说,自然界中色盲人的经历不容易理解。展示残疾经历的设备可用于提高对缺乏直接体验的人的残疾状况的认识和了解。具有窄带光谱透射特性的光学滤光片可以并入到用于改善色觉缺陷症状的眼镜片中。改善色觉缺陷症状的眼镜片的效用不能由没有色觉缺陷的人直接体验。展示眼镜片功能化性质的装置在零售业中可用作视觉辅助物,用于解释和展示眼镜片产品对潜在客户、配镜师和医生以及公众的益处。

## 发明内容

[0013] 本文中公开了为视觉场景提供照明的设备,例如灯、照明灯具组合件、便携式手电筒或提供能够实现适光色觉的光源的任何相似装置。还公开了光的光谱功率分布,其能够模拟具有基本正常色觉的人的缺色视觉。还公开了对具有所述光谱功率分布的光源的实施例的描述。具有基本正常色觉的人包含具有正常色觉的人以及具有轻度或中度色觉缺陷的人。色觉缺陷包含红色盲(protanomaly/protanopia)、绿色盲(deuteranomaly/deuteranopia)、黄蓝色盲(tritanomaly/tritanopia)、红绿色盲、蓝绿色盲、全色盲、不全色盲、色素障碍、获得性色觉缺陷、S-锥单色、视杆单色,和一般失去色彩敏感度。本文中还公开了使用照明设备来展示某些眼镜片的有效性的方法,其中镜片使用窄带光谱透射特征,其经设计以改进具有色觉缺陷的人的色觉。

[0014] 本文公开的教示、方法和实施例可用于定义制造装置的制造要求和规格,所述制造装置提供对色觉和/或与改善色觉的眼镜片的期望交互的期望效果。提供所需效果的合适的发光技术包含发光二极管(LED)、荧光灯、低压钠灯、高压钠灯、弧光灯、白炽灯、量子点发射器、可见激光器以及这些技术的任何组合。可以通过光学滤光进一步修改由一种或多种发光技术发射的光,以实现期望效果。光学滤光构件包含吸收性光学滤光片、窄带吸收性光学滤光片、宽带吸收性光学滤光片、偏振滤光片、波长选择性四分之一波延迟器堆叠滤光片、绕射光栅、荧光波长移位膜、介电质多层波长选择性镜面和其合适的组合。可以执行将发光技术与光学滤光片技术相结合的任何合适的手段,以产生令人满意的照明设备,例如通过将各种合适的发光技术和滤光片结并入到外壳中并提供发射光的充分扩散,从而产生基本上白色的发光体,其具有基本上空间均匀的光谱辐射通量。

[0015] 眼镜片是用于眼睛的镜片。眼镜片可以向眼睛提供光学(聚焦)校正,或者其可以是零功率并且不提供此类校正。眼镜镜片(例如,透明或基本上透明的镜片)、着色或彩色镜片、太阳镜镜片、偏振镜片、渐变镜片、光致变色镜片、多焦距(例如渐进式、双焦式和三焦式)镜片和隐形镜片是眼镜片的实例。

[0016] 眼镜片是一种光学孔径。通常,光学孔径包含其它光学元件,例如窗口、膜、示波器。光学孔径可以通过并有光学材料而功能化,从而导致由孔径透射的光的光谱功率密度的波长选择性衰减。在本文中,除非另有说明,否则术语“滤光片”的不合格使用应理解为指

具有光谱透射功能的光学孔径。

[0017] 滤光片的透射率是在特定波长下通过滤光片的光的分数。透射率可以表示为比例,例如,0.40,或百分比,例如40%。可见光波长介于约390纳米和约750纳米之间,然而仅考虑介于400纳米和约700纳米之间,或介于420纳米和约670纳米之间,或介于450纳米和650纳米之间的波长也是合理的,这是因为在光谱敏感度窗口的极限处,人眼对光相对不敏感,因此对于人类色觉而言,在390纳米到450纳米之间以及650纳米与750纳米之间的滤光片的性质是难以察觉的或几乎不可察觉的。除非本文另有说明,否则滤光片的透射光谱是指其在可见光谱范围内的透射。滤光片的透射光谱可以通过使用例如1纳米的波长步长或使用任何其它合理的步长或实现10纳米或更小的光谱分辨率的其它采样方法将每波长的透射率制成表来量化。

[0018] 光谱功率密度函数(其可以表示光学滤光片的透射率、发射率、反射率或通常任何可测量的光谱性质)可以被描述为在波长光谱中的一个或多个位置处具有宽带特性,或者被描述为在一或多个部位处具有窄带特性,或被描述为具有宽带和窄带特性。宽带光谱特性在本文中定义为光谱功率光谱中的峰值或谷值,其具有围绕其最大透射(对于滤光片)、最大吸收率(对于滤光片)或最大发射(对于发光体)或最小发射(对于发光体)的波长的大于或等于四十(40)纳米的全宽半最大宽度。窄带光谱特性在本文中定义为光谱功率光谱中的峰值或谷值,其具有围绕其最大透射(对于滤光片)或最大吸收或最大发射(对于发光体)或最小发射(对于发光体)波长的小于四十(40)纳米的全宽半最大值。

[0019] 如上所述的宽与窄之间的区别基于典型的三色成像系统(例如人类色彩视觉)或三色相机传感器的敏感度。三色成像系统通常将可见光谱分成三个宽光谱带,因此对于足够窄的某些光谱特征是“盲的”。通过随意的视觉检查通常不容易观察到此类窄带特征。包括窄带特征的光学设备可以具有一般的色彩外观(例如由设备发射或由设备透射的光的平均色彩),并且所述色彩看起来与仅包含宽带特征的另一个光学设备的一般色彩外观相同。具有不同光谱组成但具有相同色彩外观的光的性质在色觉科学中被称为同色异谱。通过将三色图像感测描述为从无限维希尔伯特空间到三维色彩空间的线性投影来解释数学同色异谱。

[0020] 这里给出的宽特征与窄特征的定义通常用于划分经设计以实现光的光谱含量的特定变换函数的光学设备的性质,其中所述函数通常仅通过使用能够实现窄带光谱特征的光学组件来实现。

[0021] 关于包括一或多种染料或染料样吸收材料的吸收性光学材料,这些材料可被描述为宽带染料或窄带染料。这里使用的术语标准染料是指具有宽带特性且不具有窄带特性的染料。除了宽带吸收特性之外,例如氧化钼的一些材料可以在可见光谱中的一或多个位置处包括窄带吸收特征。

[0022] 滤光片的平均透射率是在连续波长范围内的平均透射率,例如,可以通过使用1纳米的步长对所述范围内的每个波长的透射率求和来计算500纳米与599纳米之间的平均透射率,然后将总和除以100。

[0023] 发光体的平均光谱亮度是连续波长范围内的平均辐射通量,例如,可以通过使用1纳米的步长对所述波长范围内的每个波长的辐射通量求和来计算500纳米与599纳米之间的平均光谱亮度,然后将总和除以100。

[0024] 滤光片的透光率是滤光片在可见光谱上的加权平均透射率,其中加权函数是适光发光效率函数。适光发光效率函数定义单色光的相对亮度,其中单色光是被定义为具有单一波长的辐射光子的光源。适光发光效率函数根据标准观察器模型定义,例如根据CIE 1932 2度标准观察器。

[0025] 发光体的光通量(流明)是发光体发射的光通量的总量。通过根据由适光发光效率函数定义的表现亮度对辐射通量的每个波长进行加权,光通量与辐射通量有关。适光发光效率函数定义单色光的相对亮度,其中单色光是被定义为仅具有一个波长的辐射光子的光源。适光发光效率函数根据标准观察器模型定义,例如根据CIE 1932 2度标准观察器。勒克斯是每单位面积光通量的测量值,其中1勒克斯等于1流明/平方米。正常的三色人类视觉通常在20(二十)勒克斯与20,000(二万)勒克斯之间操作。

[0026] 滤光片的白点是通过滤光片看到的平均日光的(x,y)色度坐标,其中平均日光定义为标准发光体D65,除非另有说明,否则(x,y)色度坐标根据CIE 1932 2度标准观察器和CIE  $Y_{xy}$ 色彩空间计算。

[0027] 发光体的白点是发光体发射的光的(x,y)色度坐标,其中除非另外指定,否则(x,y)色度坐标根据CIE 1932 2度标准观察器和CIE  $Y_{xy}$ 色彩空间计算。

[0028] 滤光片的相关色温是与最靠近滤光片白点的黑体轨迹上的点对应的温度。

[0029] 发光体的相关色温是与最靠近发光体白点的黑体轨迹上的点对应的温度。

[0030] 中性密度滤光片是在可见光谱范围内具有基本均匀透射率的滤光片。中性密度滤光片用字母“ND”表示,后跟数字,其中数字表示滤光片提供的透射百分比。例如,ND25滤光片在可见光谱范围内具有大致百分之25(二十五)的透射率。通过滤光片看到的中性密度滤光片相对于任何发光体的白点与发光体的白点基本相同。因此,ND25滤光片在不改变透射光色彩的情况下将光衰减4倍。

[0031] 眼科系统的透射光谱的测量可以根据用于测量眼镜片的光谱性质的合适方法来执行,例如通过平均对应于至少10度视场的镜片区上的测量值,当时眼科系统用于以典型方式对眼睛接收的光滤光时。例如,光谱测量可以通过使参考光通过镜片中心直径在约5毫米与约20毫米之间的眼镜镜片上的区域,然后对由眼科系统转换的光执行光谱分析来进行。光学滤光材料可以并入到眼镜片的整个主体中,或者并入到镜片的一部分中,或者可以在镜片的表面上施加增加密度的梯度。在隐形眼镜上的相似测量将使用适当选择的较小区域并且与镜片的直径成比例。光学滤光材料可以并入到隐形眼镜的整个主体中,或者可以仅限于覆盖瞳孔的区域。

[0032] 如果将光学滤光片并入到眼镜片中,那么其性质可以根据行业标准惯例和定义来测量,例如,刚刚描述的计算是根据美国国家标准协会Z80.3-2010第4.6部分(透射率)、第4.6.1部分(透光率)、第4.6.2部分(平均透射率)和第4.6.3.1部分(平均日光的白点/色度坐标针对眼镜定义的。隐形镜片的相似计算由ANSI Z80.20-2010定义,ANSI Z80.7-2002定义为人工晶状体,ASTM F659-12定义为滑雪和雪地护目镜。

[0033] 集成到灯组合件中的滤光片的透射光谱的测量可以包括测量当移除滤光片时由灯组合件发射的光的光谱亮度,然后当滤光片放置到输出光束的路径中时测量光的相对光谱亮度。还可以通过对输出光束内的多个位置处的光谱亮度进行采样和平均来执行测量。可以使用任何合理的方法来测量集成到系统中的滤光片的光谱响应。

[0034] 可以根据用于测量发光体的光谱性质的合适方法来执行发光体的光谱辐射通量的测量,例如通过用分光光度计在围绕所述球体的一或多个位置处将光分散到测量光谱辐射通量的累计球中。替代地,可以用分光光度计通过在输出光束内的位置处对光进行采样来测量光谱辐射通量,例如在发光体的输出光束或输出辐射锥中的峰值强度位置处。可以使用任何合理方法来测量发光体的光谱辐射通量。绝对辐射通量可以通过将分光光度测量值与从已知光谱亮度的校准光源获得的测量值进行比较来计算。勒克斯(流明/平方米)可以使用放置在输出光束内的照度计在观看被照明物体的适当位置处或在投影表面上测量。

[0035] 发光体的显色指数(CRI)的测量可以根据国际照明委员会定义的方法执行,如CIE(1999),彩色再现(TC 1-33闭幕致辞),公开案135/2,维也纳:CIE中央局,ISBN 3-900734-97-6中所描述。

[0036] 在一个实施例中,一种发光体包括至少两个光发射器:第一发射器,其包括具有至少70的CRI的基本上白色的光;和第二发射器,其具有基本上黄色的光,其特征在于窄带光谱特征的中心波长在570纳米与600纳米之间,带宽在1纳米与40纳米之间。

[0037] 在一种变化形式中,发光体具有能够调整第一发射器相对于第二发射器的相对光通量的控制系统。

[0038] 在另一变化形式中,发光体包括至少三个光发射器:第一发射器,其包括具有至少80的CRI的基本上白色的光;第二发射器,其具有基本上黄色的光,其特征在于窄带光谱特征的中心波长在570纳米与600纳米之间,带宽在1纳米与40纳米之间;和第三发射器,其包括基本上蓝色的光,其最大发射波长在440纳米到490纳米之间,光谱带宽在1纳米到60纳米之间,以约最大发射波长为中心。

[0039] 在另一变化形式中,发光体具有能够调整第一发射器相对于组合式第二和第三发射器的相对光通量的控制系统。

[0040] 在另一变化形式中,黄色发射器的光通量比白色发射器的光通量大至少五倍。在另一变化形式中,相对光通量至少大十倍。

[0041] 在另一变化形式中,发光体包括能够调整相对光通量的控制系统,使得白色发射器的光通量可以调整在黄色发射器的光通量的20%与150%之间。在另一变化形式中,调整范围包括10%到300%。

[0042] 在另一实施例中,一种用于展示经设计以改善色觉缺陷影响的滤光片的系统包括组件或系统,所述组件或系统包括具有上述任何发光体实施例的性质的发光体、在发光体照明下的彩色物体、被照明的物体相对于参考滤光片可见的孔径,以及物体通过试验滤光片可见的第二孔径。试验滤光片包括窄带光谱透射特征,其与发光体的窄带光谱发射特征互补。优选地,参考滤光片是零滤光片,或者是中性密度滤光片,或者仅包括宽带光谱透射特征。在一些方面,滤光片并入到窗口中,或并入到窗口上的区段中,通过所述区域,位于设备附近的观察器可以容易地观看被照明的物体。在一些方面,所述设备可以具有自助服务终端的形式。

[0043] 在另一实施例中,一种用于展示缺色视觉与正常色觉之间的差异的方法包括:配置包括黄色发射器和白色发射器的发光体,使得黄色发射器的光通量比白色发射器的光通量大至少五倍;观看发光体下的彩色物体或物品;然后使用控制系统调整发射器的相对光通量,使得黄色发射器的光通量比白色发射器的光通量大至多两倍。例如,发光体可以具有

上述任何发光体实施例的性质。

[0044] 在另一实施例中,一种用于展示经设计以改善色觉缺陷影响的眼镜片的方法包括:配置包括黄色发射器和白色发射器的发光体,使得黄色发射器的光通量比白色发射器的光通量大至少五倍;观看发光体下的彩色物体或物品;然后观看通过眼镜片看到的相同物体,其中眼镜片包括具有窄带特征的光谱透射,其特征在于窄带吸收性谷值的最大吸收波长在570纳米与600纳米之间,以最大吸收波长为中心的20纳米宽的光谱带上的平均光谱透射率小于眼镜片的透光率的二分之一。例如,发光体可以具有上述任何发光体实施例的性质。

[0045] 所属领域的技术人员在结合首先简短描述的随附图式参考本发明的以下更详细描述时将更显而易见本发明的这些和其它实施例、特征和优点。

### 附图说明

[0046] 图1示意性地描绘发光体的实例用途,以展示镜片的光谱过滤性质。发光体的光谱辐射通量可见光谱的黄色频带中具有发射峰值,且镜片具有位于可见光谱的黄色频带中的窄带透射谷值。

[0047] 图2示意性地描绘并有试验滤光片窗口和参考滤光片窗口的实例自助服务终端设备。

[0048] 图3描绘实例发光体系统的组织,所述实例发光体系统包括多个发射器和控制系统,用于调制发射器的相对光通量。

[0049] 图4是包括多个发射器的实例发光体的光谱功率分布的曲线图。

[0050] 图5是经设计用于补偿色觉缺陷症状的实例滤光片的光谱透射率的曲线图。

[0051] 图6是经设计用于补偿色觉缺陷症状的另一实例滤光片的光谱透射率的曲线图。

[0052] 图7是根据在模拟色觉缺陷的发光体下观看的来自标准色彩检查器的普通观察器的色彩名称表,且色彩名称由通过经设计用于补偿常见的红绿色盲症状的眼镜片观看相同色彩检查器的普通观察器给出。

### 具体实施方式

[0053] 以下详细描述应参看图式阅读,其中贯穿不同的图,相同的参考标号是指相同的元件。图式(其未必按比例)描绘选择性实施例且并不打算限制本发明的范围。具体实施方式以实例的方式而非以限制的方式说明本发明的原理。此描述将清楚地使所属领域的技术人员能够制造和使用本发明,并且描述了本发明的几个实施例、改编、变化、替代和使用情况,其中也包含目前被认为是实施本发明的最佳模式。除非上下文另外明确指示,否则如本说明书和所附权利要求书所用,单数形式“一个(种)(a/an)”和“所述”包含多个指示物。

[0054] 可设计或配置由发光体发射的光的光谱特性和质量,以相对于期望的功能优化发光体的性能,例如通过优化发光体的每瓦流明(功率效率),或其显色指数(CRI)或根据发光效率与CRI的任何所需相对权重。具有高CRI的光(例如具有至少80并且更优选地至少90的CRI)产生的光使得物体出现在合理程度上与标准日光相当的准确着色。如本文中所描述,具有异常低的显色指数的光还可用作色觉缺陷(也被称为色盲)的模拟。能够模拟色觉缺陷条件的发光体可用于展示色盲对具有基本正常色觉的人的影响。此外,含有窄带光谱透射

特征的眼镜片或其它光学孔径(例如窗口)的功能特性可以与包括互补窄带光谱发射特征的发光体组合展示,以便有助于人们理解和了解光学孔径的光谱功能特性。

[0055] 在具有高CRI(例如,至少80)的白光的普通检查下,包括窄带光谱透射特征的眼镜片似乎与仅具有宽带光谱透射特性的普通着色镜片难以区分。这种情况称为同色异谱,其中多个不同的光谱光对于人眼可能看起来是相同的。人眼将光谱功率分布的无限维空间减小到三色色觉的三维空间,因此对与色彩外观对应的等价类光谱的不同成份视而不见。包括窄带光谱特征的眼科滤光片的设计空间的维度可以包括多于三维的分量。例如,滤光片可包括五种不同窄带染料的混合物。设计空间的更大维度(即,五种染料的混合物)超过了人眼的维度(即,三类视网膜锥形感光色素),因此具有不同光谱透射性质的光学滤光片看起来与人眼具有相同的色彩。当关于宽带光观看时,例如在具有至少80的CRI和白色背景的光下观看。在传统的色彩科学中,设计例如印刷复制的颜料系统的目标是减少同色异谱的进入,使得色彩在例如荧光灯与日光之间的一系列照明类型下显得最大限度地稳定。关于包括窄带特征的眼科滤光片的设计,滤光片可以被设计成有意地破坏人类观察器的感知同色异谱。用于通过窄带滤光片夸大同色异谱破坏效应的实例系统包括将窄带滤光片与窄带光发射器组合。此系统可用作教育辅助,并且便于在零售环境中选择和销售镜片产品。

[0056] 在图1中以图形方式描绘用于展示包括窄带光谱透射特征的眼镜片的效果的实例方法和实例设备。此图示出了发光体101、眼镜片102(在本文中也称为“试验滤光片”)、由发光体105发射并入射在彩色物体107上的光,以及从物体反射并经眼镜片102滤光的辐射彩色光106,眼镜片102将反射的彩色光106转换成由观察器103的眼睛接收的彩色光104。在此方法和设备中,眼镜片与发光体的光谱辐射通量一起配置,使得与在没有介入试验镜片的情况下看到的物体的色彩相比,通过镜片看到的物体的表观色彩存在大的且容易看到的变化。下文参考图4描述由发光体辐射的光谱功率分布的实例。下文参考图5和图6描述设计用于产生补偿色觉缺陷症状的所需效果的眼镜片的光谱透射率的实例。可以配置发光体和眼镜片的光谱特征,使得与在照明下用肉眼观看彩色物体相比,当通过镜片观看时色彩的外观可以改变,以产生物体显著不同的色彩外观。在一个实例中,当直接观看彩色物体(没有介入镜片)时,物体上的红色和绿色看起来相同或几乎相同。相反,当通过介入的试验镜片观看相同照明下的彩色物体时,可以基本上或完全消除色彩之间的相似性,例如通过使先前看起来几乎相同的红色和绿色变得清楚地区分为生动的红色和绿色。此方法和装置可用于向具有基本正常色觉的个体展示试验镜片如何有效地补偿色觉缺陷的症状。例如,具有红绿色盲(也称为绿色盲(deuteranomaly/deuteranopia)、红色盲(protanomaly/protanopia))的人可能看到红色和绿色相似或几乎相同,并且试验镜片通过改进红色与绿色之间的表观差异为这些人提供功能性益处,同时不会损害其它色彩(例如蓝色、黄色和白色)的表观色彩准确度。

[0057] 在另一实施例中,在图2中以图形方式描绘用于展示包括窄带光谱透射特征的光学窗口的效果的实例方法和实例设备。此图示出了发光体201、试验光学窗口204和参考光学窗口207。使用外壳或框架210配置窗口,其中由发光体203辐射的光入射到彩色物体206上,使得彩色反射光211透射穿过试验窗口204和参考窗口207,从而产生由第一观察器202接收的第一透射图像205和由第二观察器209接收的第二透射图像208。参考光学窗口可包括例如中性密度滤光片,并且试验光学窗口可包括窄带光谱透射特征。根据观察器的位置

(例如,在第一位置202或第二位置209),通过试验窗口或参考窗口对物体的视图滤光。两个窗口可能看起来具有相同的色调(即,是同色异谱)。然而,通过从不同的有利位置观察被照明的物体,观察器能够了解由包括窄带光谱透射特征的窗口引起的色觉的功能差异。窗口的窄带光谱透射特征可以与发光体的光谱功率分布共同配置,以夸大或增强对色觉的影响。下文参考图4描述由发光体辐射的光谱功率分布的实例。下文参考图5和图6描述设计用于产生补偿色觉缺陷症状的所需效果的光学滤光片的光谱透射率的实例。光学滤光片能够并入到光学窗口中。

[0058] 与并入到第二光学窗口中的参考滤光片的宽带功能特征相比,图2中描绘的方法和设备使得能够展示并入到第一光学窗口中的试验滤光片的窄带功能特征,而不需要观察器使用眼镜,或以其它方式使用或保持并有光学镜片或窗口的物体(例如长柄眼镜)。例如,设备可以是放置在零售购物环境中,或放置在博物馆或其它公共空间中的独立式自助服务终端。

[0059] 在图1和图2中描绘的方法和设备的某些实施例中,发光体可以包括具有不同光谱功率分布的多个光发射器的组合。在某些实施例中,方法和设备还可以包括控制系统,所述控制系统能够调制多个发射器的相对光通量。控制系统可以用于交互地展示不同的视力条件,例如通过提供旋钮或滑块,操作者可以通过所述旋钮或滑块实时改变发射器的相对光通量。控制系统还可以自动调制相对光通量,例如通过遵循编程序列。

[0060] 在图3的流程图中以图形方式描绘了如图1和图2中所描绘的方法和设备的操作。在此流程图中,辐射光的发光体包括编号为301到305的元件(调光器控制器301、宽带白色发射器302、窄带发射器303、光学均匀器304和发射光305)。光学交互(例如反射和透射)系统包括元件306到312(光学反射306、彩色物体307、参考滤光片308、反射彩色光309、试验滤光片310、光学孔径311和光学孔径312),所述元件导致与通过参考滤光片308看到的彩色物体307的视图相比,对应于通过试验滤光片310看到的彩色物体307的视图的两种不同色彩感觉313和314。参考滤光片可以具有宽带光谱透射特征,例如其可以是具有与试验滤光片相同的透光率的中性密度滤光片。参考滤光片也可以是直通滤光片,例如透明窗口或“未滤光”条件。试验滤光片可以包括一或多个窄带光谱透射特征。例如,试验滤光片可以包括位于570与600纳米之间的窄带光谱吸收峰值。参考滤光片和试验滤光片可以各自并入到某种类型的光学孔径311和312中,例如眼镜片或窗口。发光体组件301到306可包括多种类型的光发射器,例如其可包括输出白光302的宽带发射器和窄带发射器303。可选择窄带发射器以使通过试验滤光片的窄带吸收特征来使发射器的光谱通量衰减,并且窄带发射光的衰减大于宽带发射光的衰减。例如,衰减可以大至少50%,或者可以大至少200%。

[0061] 图4的曲线图描绘了设计用于与本公开的方法一起起作用的实例发光体的光谱辐射通量。401处的窄带光谱特征包括以约589纳米为中心并且半最大宽度小于或等于5纳米的光谱发射峰值。此光谱特征是低压钠(LPS)气体放电管输出的特性。LPS灯的色彩通常被描述为黄色。402处的第二窄带光谱特征对应于蓝色LED的发射轮廓,以约455纳米为中心并具有约40纳米的半最大宽度。

[0062] 图5的曲线图描绘了一系列实例滤光镜片的光谱透射率,所述滤光镜片可以与本文中所描述的照明系统结合使用以实现期望的色觉效果。501处的曲线图对应于商品名为EnChroma Cx-65的市售镜片的透射率。此镜片的透射光谱包括以595纳米为中心的窄带

光谱透射特征,半最小宽度为约25纳米。502处的曲线图对应于实验镜片的透射率,其特征在于第一镜片所包括的窄带吸收染料的浓度增加。503处的曲线图对应于实验镜片的透射率,其特征在于窄带吸收染料的浓度进一步增加,并且添加具有约575纳米的最大吸收率的第三染料组分,导致位于580纳米到590纳米之间的吸收谷值特征的变宽。

[0063] 图6的曲线图描绘了另一系列实例滤光镜片的光谱透射率,所述滤光镜片可以与本文中所描述的照明系统结合使用以实现期望效果。603处的曲线图对应于商品名为EnChroma Cx-14的市售镜片的透射率。602处的曲线图对应于商品名为EnChroma Cx-25的市售镜片的透射率。601处的曲线图对应于实验镜片的透射率,所述实验镜片包括浓度降低的窄带吸收染料,但其比例与EnChroma Cx-14和EnChroma Cx-25中的比例相似。所有三个光谱透射率曲线(601、602、603)至少包括位于580纳米与590纳米之间的窄带光谱透射特征,其具有小于40纳米的半最小宽度。

[0064] 在第一个实例中,构造的发光体包括:窄带黄色发射器,其括由Philips Lighting Holding B.V.制造的商品名为SOX 90W BY22d 1SL/12的两个55瓦高强度低压钠灯泡;宽带白色发射器,其包括由Yuji International Co.,Ltd.制造的商品名为BC Series High CRI MCPCB LED Module的100瓦系列白光发光LED模块;以及蓝光发射器,其包括商品名为LEDENET 20"Super Bright 30LEDs 5050 Aquarium LED Strip-Waterproof Aluminum Lighting 12V DC的一系列60瓦的蓝光发光LED模块。将光发射器组装到具有棱形漫射器的外壳中,以提供空间均匀的输出。白光LED模块由24V可调光电源驱动,可以将白光发射器的相对光通量调整到其功率的0与100%之间。将照明组件定位在桌子表面上方两英尺处,并且用发光体的朗伯输出光束照射桌子的表面。白光发射器调整到零百分比(关闭)位置,房间灯关闭。使用分光光度计,在输出光束内的各种位置测量光谱亮度,并确认其合理均匀。所述实例的光谱辐射通量在图4的曲线图中示出,其中589纳米401处的窄带发射特征对应于两个钠灯的总和输出,并且位于455纳米处的第二窄带发射特征402对应于蓝色LED的总和输出。

[0065] 在普通室内照明有效的情况下,使用手持式照度计在桌子表面上测量的环境照明度为400勒克斯。这是室内办公室的典型照明度。关闭房间照明后,启动照明组件并将其白光分量设置为关闭位置。在同一桌子表面上测量的照明量为2300勒克斯,检测器位于输出光束的中心。为了评估照明组件下色彩的主观外观,将蒙赛尔色彩检查器放置在输出光束中心的桌子上。图7的表格列出了蒙赛尔色彩检查器的一些属性。蒙赛尔色彩检查器由一组色彩样本组成,按照图7中的“索引”列分为4行6个样本。每个样本都有相应的蒙赛尔符号色彩,用于定义所述样本的光谱反射率。样品也被赋予规范名称,例如“蒙赛尔描述”列中所示的“深色皮肤”、“浅色皮肤”等。样本也具有CIE xy色度坐标,其根据蒙赛尔在“参考CIE xy”列中给出。

[0066] 蒙赛尔色彩检查器如上所述相对于照明组件定位,并且关闭房间灯并且组件的白光发射器处于关闭位置,蒙赛尔色彩检查器基本上仅用蓝色和黄色光照明。可以将此照明的效果与双色色觉进行比较。在这种照明条件下,注意到蒙赛尔色彩检查器样本的色彩,并在“使用Y+B光的描述”列中的图7的表格中给出。此处可以理解,与红色-绿色轴的色彩空间相关的色彩信息对于观察器是不可见的。例如,在索引14和15处,通常分别描述为“绿色”和“红色”的色彩是“棕色”和“深棕色”,即是难以区分的色调。另外,二色显色使得紫色(例如

索引8和10) 呈现为蓝色阴影。

[0067] 利用如上所述的照明条件,然后通过EnChroma Cx-65镜片观察蒙赛尔色彩检查器。对于具有正常色觉的观察器,色彩没有明显变化,“使用Y+B光的描述”下提供的名称保持不变。接下来,通过EnChroma Cx-14镜片观察色彩。对于具有正常色觉的观察器,色彩没有明显变化,“使用Y+B光的描述”下提供的名称保持不变。

[0068] 接下来,打开房间灯,以便通过环境室内照明(安装在天花板上的荧光白灯)以及照明组件的蓝色和黄色窄带照明的组合照亮蒙赛尔色彩检查器。桌子表面上的照明度再次用照度计测量,并且记录为2700勒克斯。这种灯被理解为大约400勒克斯的环境室内照明和2300勒克斯的窄带蓝色和黄色照明的组合。窄带和宽带照明的结合产生了蒙赛尔色彩检查器中色彩的新主观体验,在“使用Y+B+W光的描述”一系列中给出。这些照明条件可以与具有异常三色视的人的视力进行比较,三色视是最常见的红绿色盲。这些人对红色和绿色有一些敏感性,但发现与具有正常色觉的观察器相比,红色和绿色色调之间的差异较小。在这些条件下观看蒙赛尔色彩检查器,具有正常色觉的观察器给出了“使用Y+B+W光的描述”中给出的描述。在这些描述中可以注意到,色彩中的红色与绿色的某种量是明显的。例如,名义上描述为“绿色”和“红色”的色彩样本被描述为“茶绿色”和“红棕色”。

[0069] 利用如上所述的照明条件,然后通过EnChroma Cx-65镜片观察蒙赛尔色彩检查器。对于具有正常色觉的观察器,色彩有显著变化。在这些条件下通过眼镜具有正常色觉的观察器观看的色彩名称在标题为“具有眼镜的Y+B+W”的一系列中给出。可以容易地了解,色彩名称基本上与“蒙赛尔描述”名称一致。接下来,通过EnChroma Cx-25镜片观察色彩。对于具有正常色觉的观察器,观察到相似的色彩感知变化。所见的表观色彩与“具有眼镜的Y+B+W”下给出的名称一致,但与通过EnChroma Cx-65眼镜观看时的外观相比,其色彩纯度也更高。

[0070] 在第三组照明条件下,关闭环境室内灯,然后启用并调整照明组件中的白光发光LED,直到在输出光束中心的桌子表面记录2800勒克斯的表面照度。重复对眼镜的色彩和试验的观察,并且使用环境室内照明给出与先前条件相同的结果。因此,当在暗室中使用所述方法和设备时,可以使用将宽带白光发射器包含在照明组件中来补充环境照明条件。可以由观察器手动调整白光发射器以实现期望的结果,或者可以自动调整白光发射器,例如通过使用环境光传感器,可以自动调整集成的白光发射器以实现在2800勒克斯到3200勒克斯之间的一致表面照度。

[0071] 上述教导有助于展示包括窄带光谱吸收特征的眼镜的方法。尽管此类眼镜的光谱特征不容易用肉眼观察到,并且此类眼镜的功能特征可能在室内办公室典型的某些照明条件下难以理解,但是照明组件可用于增强在例如零售商店的室内办公室中的窄带吸收眼镜的功能特性的增值。

[0072] 在第二实例中,如上构造的发光体可以配置在具有多个光谱透射特性的窗口的外壳内。例如,一个(参考)窗口可以具有中性密度25%光谱透射率(也称为ND25滤光片),并且第二(试验)窗口可以提供与EnChroma Cx-25镜片相当的透射率。为了实现自动操作,照明组件可以配备有环境光传感器,其自动调制白光发射器的强度以在外壳内实现不小于2800勒克斯的表面照明。在这种布置中,仔细查看第一个窗口的观察器会看到名称在图7中的“使用Y+B+W光的描述”下列出的蒙赛尔色彩检查器,但是当仔细查看第二个窗口时会看到名称在“具有玻璃的Y+B+W”下列出的蒙赛尔色彩检查器。使用中性密度滤光片(ND25)通过

每个窗口提供照明场景的一致亮度水平,但是此归一化亮度对于所述方法不是必需的。

[0073] 本公开是说明性的而非限制性的。鉴于本公开,进一步的修改对于所属领域的技术人员而言是显而易见的。例如,在其中上文所描述的方法和步骤指示某些事件以某种次序发生的情况下,所属领域的一般技术人员应认识到,某些步骤的次序可被修改且此类修改符合本文中所公开的发明。另外,这些步骤中的某些在可能时可以在一个平行程序中同时进行,以及如上文所描述依次进行。在本文中被称作方法或程序中的操作的行为也可以被理解为方法或程序中的“步骤”。因此,在本文中公开的发明的变化的范围内,这些变化在本公开的精神内或等效于本文中公开的发明,意图是本公开和其支持的权利要求也将涵盖所述变化。本公开中引用的所有公开案和专利申请案均以全文引用的方式并入本文中,如同每个单独的公开案或专利申请案在本文中具体和单独地提出一样。

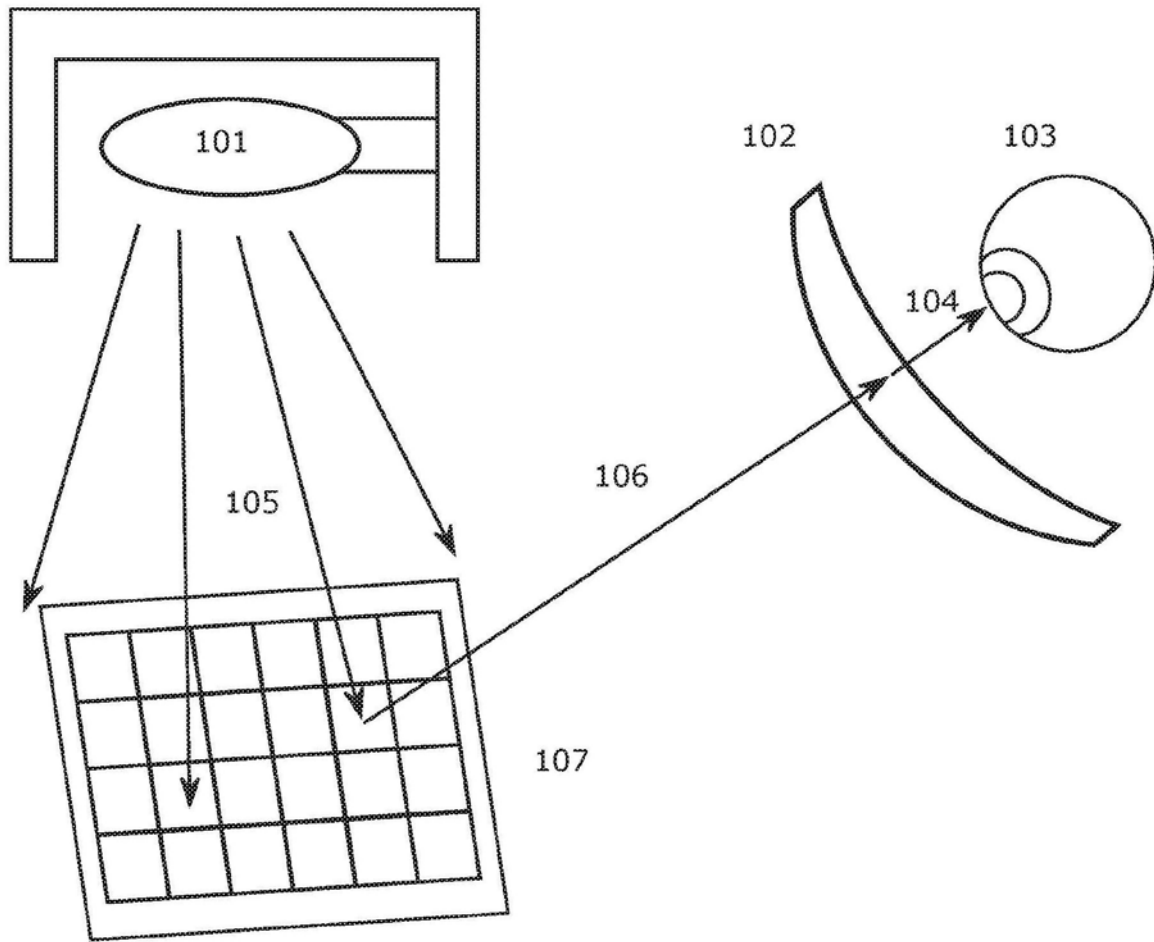


图1

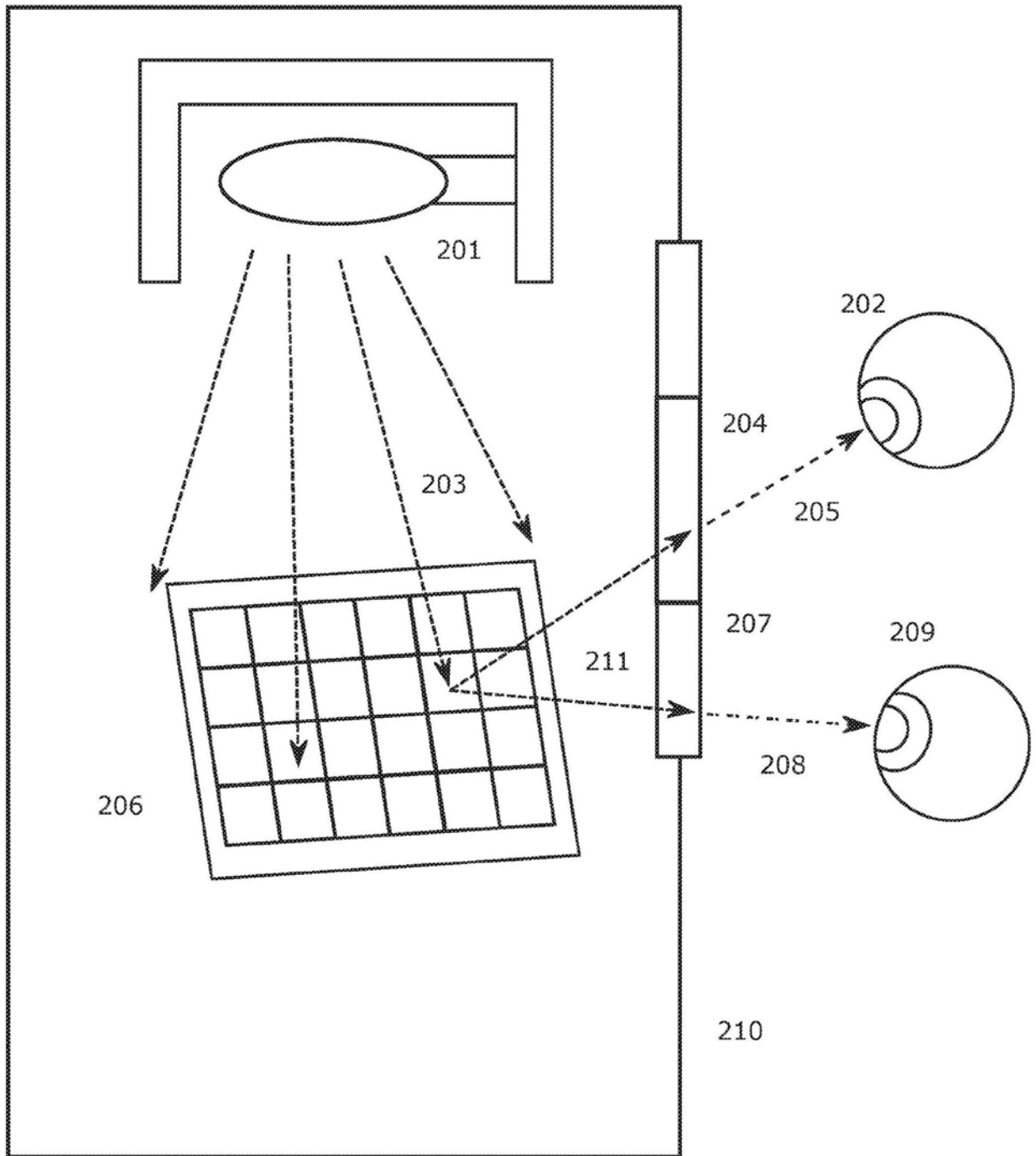


图2

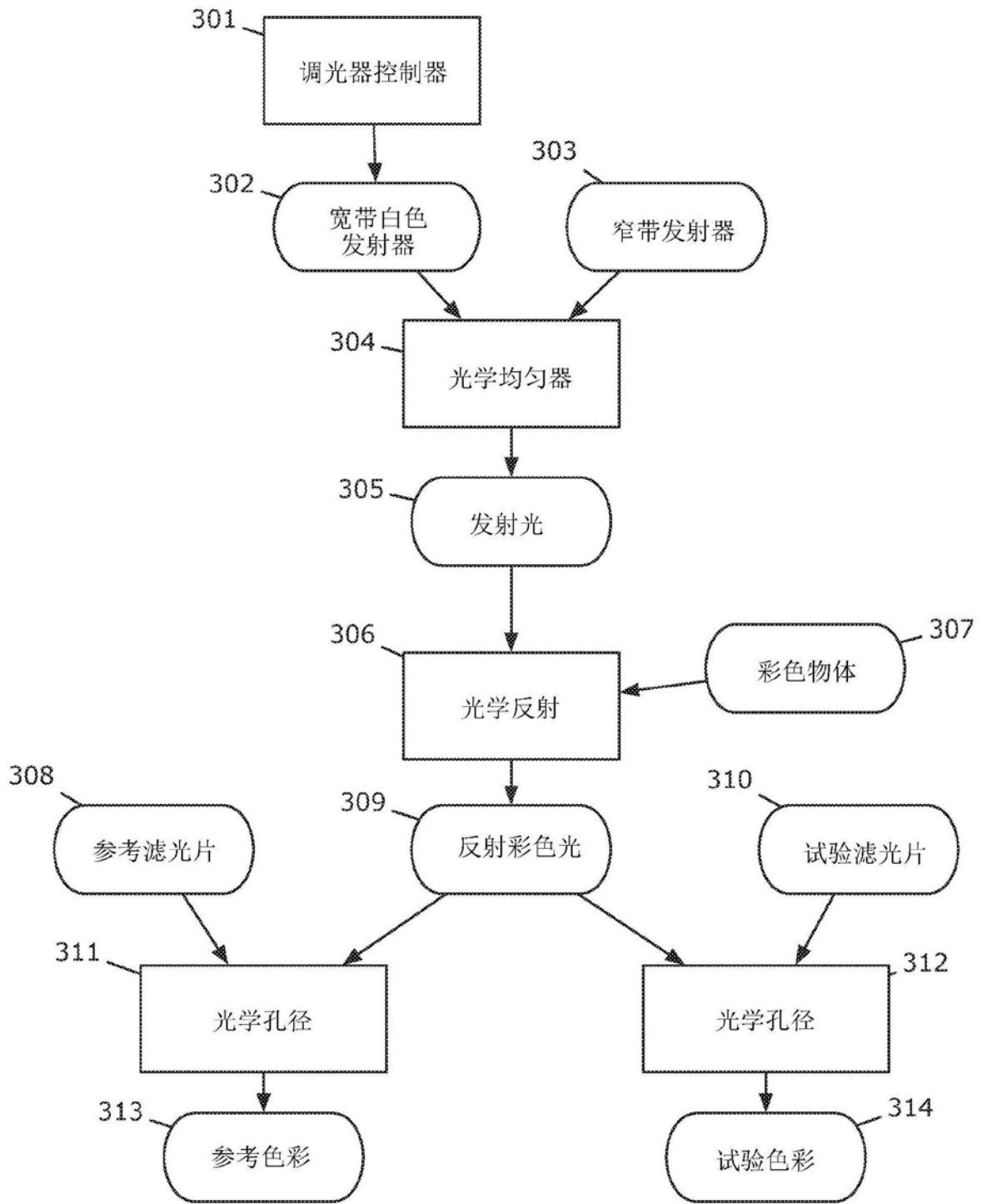


图3

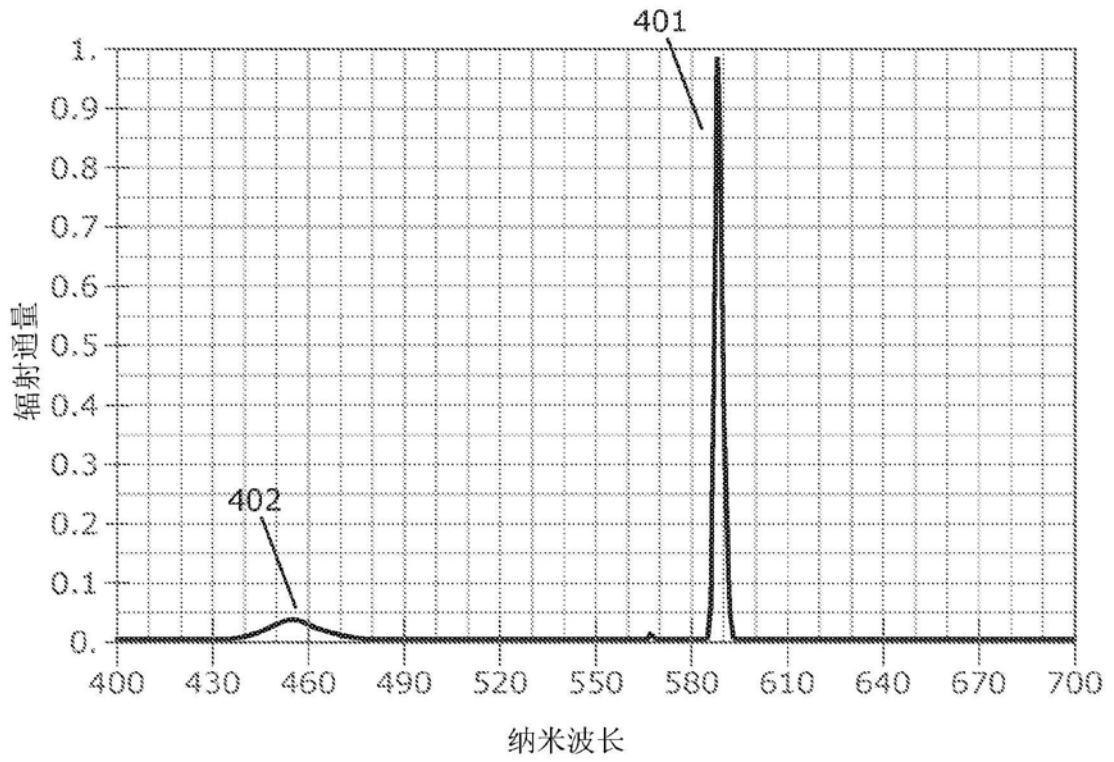


图4

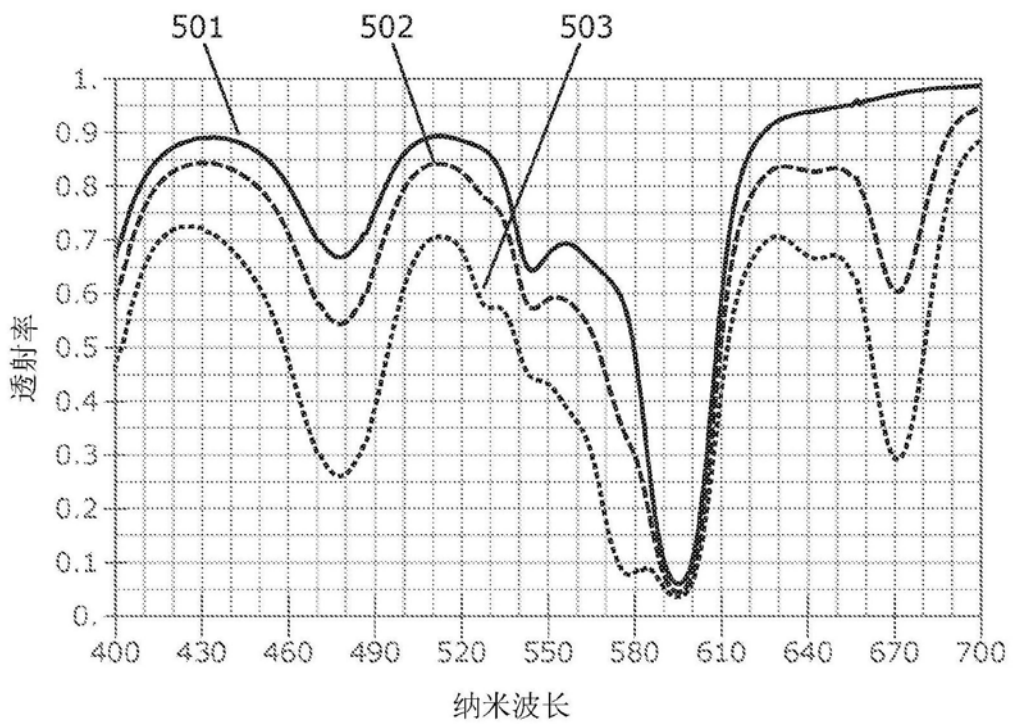


图5

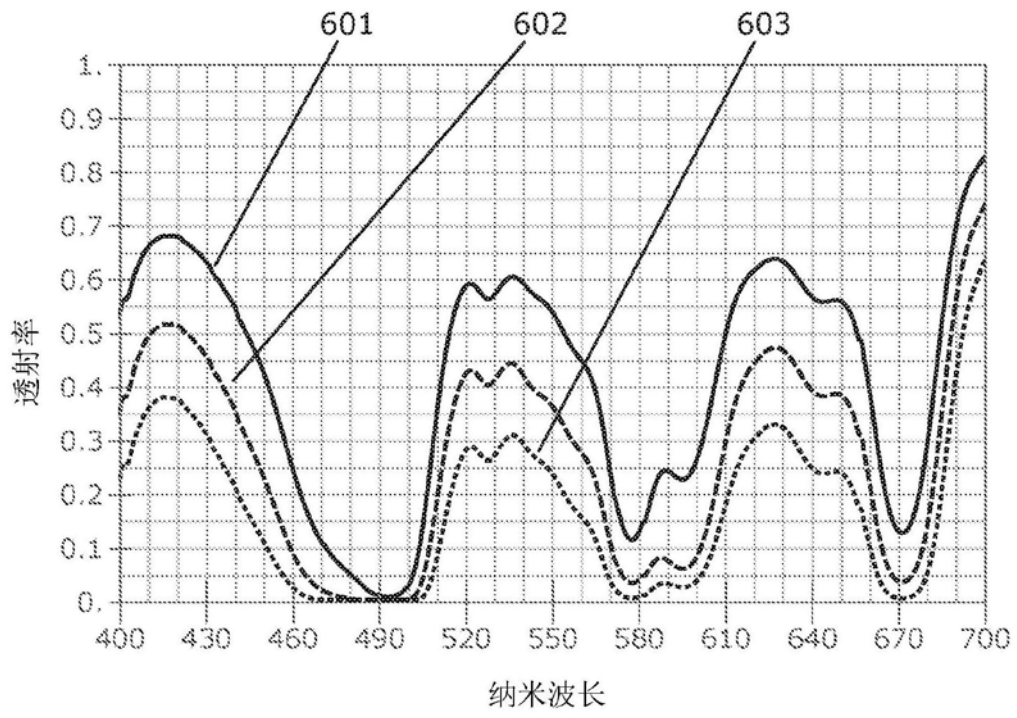


图6

索引	蒙赛尔符号	蒙赛尔描述	参考CIE xy	使用Y+B 光的描述	使用Y+B+W 光的描述	具有眼镜的 Y+B+W
<b>行1: 天然色</b>						
1	3 YR 3.7/3.2	深色皮肤	0.400, 0.350	棕色	棕色	棕色
2	2.2 YR 6.47/4.1	浅色皮肤	0.377, 0.345	米色	米色	驼色
3	4.3 PB 4.95/5.5	蓝天	0.247, 0.251	淡蓝色	淡蓝色	淡蓝色
4	6.7 GY 4.2/4.1	枝叶	0.337, 0.422	棕色	棕色	墨绿色
5	9.7 PB 5.47/6.7	蓝花	0.265, 0.240	淡蓝色	淡蓝色	淡紫色
6	2.5 BG 7/6	蓝绿色	0.261, 0.343	淡蓝灰色	淡蓝灰色	淡青色
<b>行2: 杂色</b>						
7	5 YR 6/11	橙色	0.506, 0.407	黄色	黄色	浅橙色
8	7.5 PB 4/10.7	藏蓝色	0.211, 0.175	蓝色	蓝色	蓝色
9	2.5 R 5/10	红色	0.453, 0.306	暗橙色	暗橙色	淡红色
10	5 P 3/7	紫色	0.285, 0.202	深蓝色	暗紫色	紫色
11	5 GY 7.1/9.1	黄绿色	0.380, 0.489	暗黄色	暗黄色	淡绿色
12	10 YR 7/10.5	橙黄色	0.473, 0.438	黄色	黄色	黄橙色
<b>行3: 原色</b>						
13	7.5 PB 2.9/12.7	蓝色	0.187, 0.129	深蓝色	深蓝色	深蓝色
14	0.1 G 5.4/9.6	绿色	0.305, 0.478	棕色	褐绿色	绿色
15	5 R 4/12	红色	0.539, 0.313	深棕色	栗色	红色
16	5 Y 8/11.1	黄色	0.448, 0.470	黄色	黄色	黄色
17	2.5 RP 5/12	洋红色	0.364, 0.233	淡蓝色	浅藏蓝色	浅洋红色
18	5 B 5/8	青色	0.196, 0.252	蓝色	蓝色	蓝色
<b>行4: 灰度色彩</b>						
19	N 9.5/	白色	0.310, 0.316	白色	白色	白色
20	N 8/	中性8	0.310, 0.316	浅灰色	浅灰色	浅灰色
21	N 6.5/	中性6.5	0.310, 0.316	中灰色	中灰色	中灰色
22	N 5/	中性5	0.310, 0.316	灰色	灰色	灰色
23	N 3.5/	中性3.5	0.310, 0.316	深灰色	深灰色	深灰色
24	N 2/	黑色	0.310, 0.316	黑色	黑色	黑色

图7