



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116762479 A

(43) 申请公布日 2023. 09. 15

(21) 申请号 202180085337.5

(74) 专利代理机构 成都超凡明远知识产权代理有限公司 51258

(22) 申请日 2021.12.16

专利代理师 侯艳超

(30) 优先权数据

PV2020-688 2020.12.17 CZ

(51) Int. Cl.

H05B 45/20 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2023.06.16

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/IB2021/061828 2021.12.16

(87) PCT国际申请的公布数据

W02022/130268 EN 2022.06.23

(71) 申请人 海尼克·梅德里茨基

地址 捷克布拉格

申请人 丹尼尔·杰森斯基

丹尼尔·斯特潘

(72) 发明人 海尼克·梅德里茨基

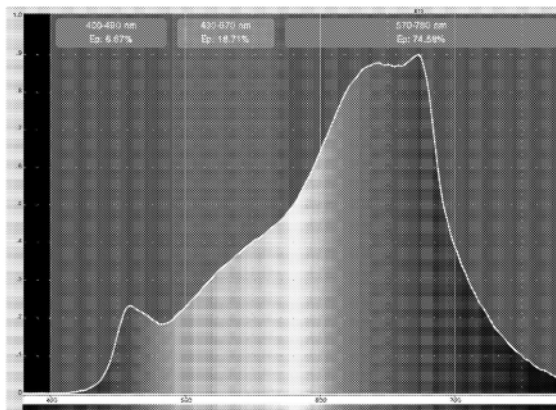
权利要求书1页 说明书11页 附图29页

(54) 发明名称

实时再生被蓝色光损坏的眼睛的视网膜的用于日常活动的白色照明装置

(57) 摘要

一种实时再生被蓝色光损坏的眼睛视网膜的用于日常活动的白色照明装置,该白色照明装置包括至少一个被发光体覆盖的蓝色芯片,其中,在波长 $\lambda = 670\text{nm}$ 至 680nm 处具有最大辐射能量,而波长范围 400nm 至 490nm 的蓝色光谱分量与波长范围 490nm 至 570nm 的绿色光谱分量之间的比例为 $1:1.6$ 的最大值;或者波长范围为 490nm 至 570nm 的绿色光谱分量与波长范围为 570nm 至 780nm 的红色光谱分量之间的比例为 $1:3$ 的最小值。



1. 一种实时再生被蓝色光损坏的眼睛视网膜的用于日常活动的白色光照明装置,其特征在在于,所述白色光照明装置包括至少一个白色LED芯片和至少一个红色芯片,所述白色LED芯片具有2100K至5000K的色度温度,所述红色芯片在波长 $\lambda=670\text{nm}$ 至 680nm 处具有最大辐射能量,

而波长范围400nm至490nm的蓝色光谱分量与波长范围490nm至570nm的绿色光谱分量之间的比例为1:1.6的最大值;或者

波长范围为490nm至570nm的绿色光谱分量与波长范围为570nm至780nm的红色光谱分量之间的比例为1:3的最小值。

2. 根据权利要求1所述的实时再生被蓝色光损伤的眼睛视网膜的用于日常活动的白色光照明装置,其特征在在于,波长范围为400nm至490nm的蓝色光谱分量与波长范围为490nm至570nm的绿色光谱分量的比例为1:1至1:1.6。

3. 根据权利要求1所述的实时再生被蓝色光损伤的眼睛视网膜的用于日常活动的白色光照明装置,其特征在在于,波长范围为490nm至570nm的绿色光谱分量与波长范围为570nm至780nm的红色光谱分量的比例为1:3至1:5。

4. 根据权利要求2所述的实时再生被蓝色光损伤的眼睛视网膜的用于日常活动的白色光照明装置,其特征在在于,所述白色LED芯片是被具有2700K至4000K的色度温度且至少90的CRI的发光体覆盖的蓝色芯片。

5. 根据权利要求1所述的实时再生被蓝色光损伤的眼睛视网膜的用于日常活动的白色光照明装置,其特征在在于,各光谱分量之间的比例以 mW/m^2 表示。

6. 根据权利要求1所述的实时再生被蓝色光损伤的眼睛视网膜的用于日常活动的白色光照明装置,其特征在在于,所述白色光照明装置包括具有波长范围为 $\lambda=420\text{nm}$ 至 450nm 的发射峰的蓝色LED芯片。

7. 根据权利要求1所述的实时再生被蓝色光损伤的眼睛视网膜的用于日常活动的白色光照明装置,其特征在在于,所述白色光照明装置包括具有波长范围为 $\lambda=470\text{nm}$ 至 480nm 的发射峰的促感知的蓝色LED芯片和具有波长范围 $\lambda=490\text{nm}$ 至 500nm 的发射峰的促感知的绿松石色LED芯片。

8. 根据权利要求1所述的实时再生被蓝色光损伤的眼睛视网膜的用于日常活动白色光照明装置,其特征在在于,所述白色光照明装置包括绿色芯片,所述绿色芯片具有波长范围为至少500nm至660nm且在 $\lambda=500\text{nm}$ 至 580nm 处具有最大值的发射光能。

实时再生被蓝色光损坏的眼睛的视网膜的用于日常活动的白色光照明装置

技术领域

[0001] 具有视网膜修复性效果的日用照明装置。

背景技术

[0002] 正如许多科学综述和出版物所示出的,使用红光进行一般性治疗是众所周知的。使用红光用于治疗例如季节性抑郁症的心理状况以及用于治疗伤口或用于大脑治疗。使用红光治疗视网膜是许多论文的主题,例如“Is light with lack of red spectral components a risk factor for age-related macular degeneration(AND)?(缺乏红色光谱分量的光是否是年龄相关性黄斑变性(AND)的危险因素?)”,SCHIERZ,Christoph.CIE x046:2019年第29届CIE会议论文集,美国华盛顿特区,2019年6月14日至6月22日,2019。该论文总结了蓝光的有害影响及其与年龄相关性黄斑变性的关联以及用红光治疗年龄相关性黄斑变性的可能性。该文件本身的结论通过下述各者等来进行阐明:

[0003] -尽管许多论文都陈述了蓝光的有害影响和红光的治疗效果,但在这个问题上不可能采取明确的立场,这是因为即使是个别论文也显示出不一致的结果。

[0004] -在结合时蓝光与红光的强度之间没有已知的理想“健康”比率。论文主要研究的是各个颜色区域单独或依次进行的效果,而不是各个颜色区域的组合的效果。

[0005] 日常生活中关于蓝光和红光的知识的实现方式尚不可用——这句话精美地描述了当前的技术。

[0006] 其他论文有,例如,Photobiomodulation for the treatment of retinal diseases:a review,GENEVA,Ivayla I.International journal of ophthalmology,2016,9.1:145或Red light of the visual spectrum attenuates cell death in culture and retinal ganglion cell death in situ,DEL OLMO-AGUADO,Susana; NÚÑEZ-ÁLVAREZ,Claudia;OSBORNE,Neville N.Acta Ophthalmologica,2016,94.6:e481-e491,或Mitochondrial signal transduction in accelerated wound and retinal healing by near-infrared light therapy,EELLS,Janis T.等人Mitochondrion,2004,4.5-6:559-567。

[0007] 大多数生长照明装置都可以提供扩展光谱并增加红色区域的强度,该生长照明装置包括LEDmeGROW、Kindle Grow Lights或Vova。这些光源试图模拟植物的自然辐射,并且通常富含更强烈的蓝色和红色区域。

[0008] 就专利文件所关注的而言,白色LED光源和红色LED光源的组合已经为人所知,要么提高CRI,要么改变色温。代表性文件例如是文件W02011143907A1,其描述了一种光源,该光源组合了白色LED光源和红色LED光源以增加所得到的光源的CRI。该专利在结合白色光源和红色光源以增加CRI的意义上构成了当前技术的一般状态。

[0009] 另一文献例如CN101540362A,其描述了一种结合了白色LED光源和红色LED的暖白色光源。与文献W02011143907A1类似,其在结合白色光源和红色光源的意义上形成了最先

进的技术,但目的不同——产生暖白色。

[0010] 当前技术的文献还有W02014013462,它描述了一种色温可调的光源,该光源包括白色LED光源、蓝色LED光源和红色LED光源,以及将白色LED光源至少转换成绿黄色光源的照明装置。与参考文件一样,本文件描述了光用于视网膜修复性以外的目的。

[0011] 本发明的描述

[0012] 已经创建了一种照明装置,该照明装置可以为在日常生活中会暴露在危险的蓝色光危害中的眼睛的视网膜提供即时修复功能。

[0013] 修复本身是由660nm至680nm范围内的光的红色分量提供的,但是当添加到色度温度为4000K且CRI为80至90的传统白色LED芯片时,这会导致发出的光有粉红色调,这在绝大多数应用中对于用户体验来说是不期望的。因此,带有修复性成分的照明装置模型首先被申请人否决。然而,其中一位发明人错误地将修复性红色LED芯片与色度温度为2700K且CRI为98的白色LED芯片组合在一起,令人惊讶的是,发现发出的光没有粉红色调,而是暖白色光的强化,营造出轻松的氛围。这一发现促使申请人研究是什么导致具有更高比重的红色光谱分量的光不会受到进一步添加修复性红色芯片的影响也转变为粉红色。结果,随后发现,490nm至570nm范围内的绿色光谱分量的比重,一旦超过一定阈值,发出的光就不能缓冲任何其他颜色光谱分量的添加。相反,它会根据每种分量的优势,将发出的白色光分解成各个分量。例如,包括由CCT为4000K和CRI为98的白色LED芯片的照明装置被发现在将具有0.48% LUX的红色LED芯片添加到白色芯片时发出的光出现粉红色,参见光谱A),这是因为光谱中绿色分量的比重相对于蓝色分量的比重超过了1.6的阈值。

[0014] 对于由CT 4000K和CRI 98的白色LED芯片组装而成的照明装置,添加峰值在475nm处、LUX为3.9%的蓝色芯片相对于白色芯片的贡献,以及峰值在495nm处、LUX为9.54%的绿松石色LED芯片相对于白色芯片和绿黄色芯片的贡献,主要发出的波长为490nm至570nm,发出的光是强烈的绿色(参见光谱D)。

[0015] 然而,将蓝色分量添加到蓝绿比例为1:1.6的情况下会导致发出的光再次变成白色。因此,仅通过将蓝色和绿色之间的比例调整到最多1:1.6的值;一旦绿色的比重增加(见光谱D2)超过此限制值,与白色光相比添加任何颜色都会明显改变色调。

[0016] 另一个观察到的现象是在由CCT为2700K和CRI为98的暖白色LED芯片组装而成的照明装置中发现的,它本身会发出相对暖的白色光,因此预计会将发出的光变成粉红色。然而,出乎意料的是,这并没有发生。非常放松的暖白色辐射照明装置被构建,没有显示出一丝粉红色。后来发现,绿色光谱分量与红色光谱分量的比例也起着决定性的作用。确切地说,绿色与红色的比例为1:3或更高。因此,例如,一份绿色分量和至少三份红色分量。然后添加修复性红色LED芯片,即所谓的缓冲,以确保光源仍然是暖白色。

[0017] 此外,这些发现证实了D)和D2)的光谱之间的差异。光谱D)代表由CCT 4000K和CRI 98的白色LED芯片、促感知的蓝色LED芯片、促感知的绿松石色LED芯片、绿色LED芯片和红色修复性芯片组装而成的原型照明装置。通过主观测试,所有评估人员发现该光谱明显呈绿色。然而,当额外的蓝色LED芯片(现在由D2光谱表示)被添加到该原型照明装置中时,绿色光谱分量与蓝色光谱分量的比例下降到1.6以下,准确地说是下降到1.4,并且发出的光停止受高比重的绿色影响,该照明装置发出白色光。

[0018] 对这种组成的照明装置进行了体外测试,测试它们对眼睛视网膜细胞的影响,准

确地说是细胞活力、线粒体膜去极化和R28组织培养物辐照产生的氧自由基。对照明装置原型CH)、D2)、唯一蓝色LED芯片和白色LED芯片4000K、CRI 98进行了测试。

[0019] 已经发现,单独使用蓝色LED芯片会显著损伤这些细胞,与在深色中的对照相比,这些细胞的活力降低至64%。白色LED芯片对细胞的损伤较小,与在深色中培养的一组对照细胞相比,细胞的活力降低至82%,但考虑到我们作为LED照明的用户经常暴露在这种光辐射下,这种损伤仍然相当强烈。原型照明装置D2),具有促感知的作用,即包含相对高比重的蓝色光谱分量,显示出非常良好的效果,在应用过程中对视网膜细胞没有损伤,与对照组细胞相比,这些样本表现出稍微好一些的情况,正好是13%。更好的结果是,含有低比重的蓝色光谱分量的原型照明装置CH),不仅没有损伤视网膜细胞,而且视网膜细胞的活力比在深色中培养的对照组细胞高出32%。

[0020] 同样,线粒体膜去极化的测量也通过观察光对线粒体损伤的影响进行了比较。新型实时再生照明装置显著提高了线粒体的活力,与在深色中培养的对照组细胞相比,原型照明装置D2影响下的活力恰好高出28%,在原型照明装置CH的影响下培养的视网膜细胞的活力高出100%。相比之下,与对照相比,在蓝色LED芯片和白色LED芯片的影响下,健康的重要线粒体数量分别降低了48%和22%。

[0021] 这导致了惊人的结论,即在CCT为2486K且具有高显色保真度CRI 95.6的暖白色的令人愉悦的照明下,早期受损伤的视网膜细胞也得到了修复。

[0022] 在示例6A中进一步发现并记录了蓝色光和红色光的作用对于视网膜谱系R28细胞的生长或分裂也很重要。

[0023] 在蓝色、白色、D2和CH照明装置照明的影响下,随着时间的推移监测了活细胞的数量差异。蓝色光引起快速细胞凋亡,相反,红色光分量中和了蓝色光的影响,确保细胞活力增加,这导致细胞在相对较短的时间内显著增殖。监测了细胞的状况,直到样品组在蓝色光下坍塌,即持续600分钟。CH照明装置下,即带有再生成分的暖白色光,细胞活力旺盛,细胞的数量从 1×10^5 增加到 1.8×10^6 ,然后随着实验的播种方式发生营养耗竭。另一发现是,尽管添加670nm至680nm区域的红色光谱分量的高比重的蓝色分量,但促感知的照明装置D2从未对眼睛的视网膜造成损伤。相反,影响仍然是再生性的。

[0024] 惊人 and 令人惊讶的结论是根据本发明的照明装置的简单使用,至少是白色LED芯片连同红色芯片,将会提供眼睛视网膜细胞的再生。

[0025] 除了根据本发明的照明装置外,示例6B还研究了当今最常用的促感知的照明装置的影响,这些照明装置也试图平衡发出的光的光谱。测试了具有以下参数的照明装置:

[0026] 功率密度($\lambda = 480\text{nm}$) = $240 \mu\text{W}/\text{cm}^2$, 功率密度($\lambda = 670\text{nm}$) = $98 \mu\text{W}/\text{cm}^2$, $I = 40\text{mA} - 60\text{mA}$

[0027] 纳斯利(Nasli)LED:LED 6500K CRI 93(原始能量 $\lambda \approx 450\text{nm}$)

[0028] 阳光般(Sunlike):LED 4000K CRI 95(原始能量 $\lambda \approx 420\text{nm}$)

[0029] LED 480:4000K CRI 80(原始能量 $\lambda \approx 450\text{nm}$)

[0030] D2 LED 4900K CRI 95,具有670nm(原始能量 \approx 多种)。

[0031] 并且与根据本发明的促感知的照明装置D2对比,上述市售的照明装置最接近照明装置D2。所有这些照明装置在约200分钟的照明后都会导致细胞凋亡。相反,D2照明装置确保活细胞数量在下降到播种细胞数量的一半后再次增加到原始值。随后的下降已经在预料

之中,并且似乎是在样品中营养素下降之后。

[0032] 使用的术语:

[0033] 蓝色光谱分量:光源发出波长范围为400nm至490nm的光能

[0034] 绿色光谱分量:光源发出波长范围为490nm至570nm的光能

[0035] 红色光谱分量:光源发出波长范围为570nm至780nm的光能

[0036] 促感知的蓝色LED芯片:发出470nm至480nm范围的光能的LED芯片

[0037] 促感知的绿松石色LED芯片:发出490nm至500nm范围的光能的LED芯片

[0038] 蓝色LED芯片:发出至少420nm至460nm的范围的光能的LED芯片

[0039] 红色修复性LED芯片:发出在波长 $\lambda=670\text{nm}$ 至 680nm 处具有最大值的光能的LED芯片。

[0040] 绿色LED芯片:发出至少为500nm至660nm范围的在 $\lambda=500\text{nm}$ 至 580nm 具有最大值的光能的LED芯片。

[0041] 组装的原型照明装置的组成:

[0042] A) CCT为3797和CRI为97.1的光源照明装置由白色LED芯片和红色修复性LED芯片组装而成,其中,白色LED芯片的CCT为4110K和CRI为97.5,相对输入功率为95.32%,以LUX计的照度的比例为99.52%;红色修复性LED芯片的相对输入功率为4.68%,LUX比例为0.48%。

[0043] B) CCT为3741和CRI为88.4的光源照明装置由白色LED芯片和红色修复性LED芯片组装而成,其中,白色LED芯片的CCT为4021K和CRI为85.2,相对输入功率为89.61%,以LUX计的照度比例为99.16%;红色修复性LED芯片的相对输入功率为10.39%,LUX比例为0.84%。

[0044] C) CCT为4681和CRI为86.5的光源照明装置由白色LED芯片、促感知蓝色LED芯片、促感知绿松石色LED芯片和红色修复性LED芯片组装而成,其中,白色LED芯片的CCT为4108K和CRI为97.7,相对输入功率为72.13%,以LUX计的照度比例为86.15%;促感知蓝色LED芯片的相对输入功率为12.12%,LUX照度比例为3.9%;促感知绿松石色LED芯片的相对输入功率为12.37%,LUX照度比例为9.54%;红色修复性LED芯片的相对输入功率为3.37%,LUX占比为0.40%。

[0045] D) CCT为4583和CRI为92.6的光源照明装置由白色LED芯片、促感知的蓝色LED芯片、促感知的绿松石色LED芯片、绿色LEDPC绿黄色芯片和红色修复性LED芯片组装而成,其中,白色LED芯片的CCT为4116K和CRI为97.6,相对输入功率为69.29%,以LUX计的照度比例为70.28%;促感知的蓝色LED芯片的相对输入功率为7.58%,以LUX计的照度比例为2.14%;促感知的绿松石色LED芯片的相对输入功率为6.15%,以LUX计的照度比例为4.05%,绿色LED PC绿黄色芯片的相对输入功率为12.51%,以LUX计的照度占的比例为23.04%;红色修复性LED芯片的相对输入功率为4.68%,以LUX计的照度占比为0.48%。

[0046] D2) CCT为4865和CRI为96的光源照明装置由白色LED芯片、蓝色440nm LED芯片、促感知蓝色475nm LED芯片、促感知绿松石色495nmLED芯片、绿色PC绿黄色LED芯片和红色修复性LED芯片组装而成,其中,白色LED芯片的CCT为4116K和CRI为97.6,相对功率输入为66.25%,以LUX计照度的比例为69.83%;蓝色440nmLED芯片的相对功率输入2.93%,LUX占比0.22%;促感知蓝色475nmLED芯片的相对功率输入8.7%,LUX占比2.55%;促感知绿松石

色495nmLED芯片的相对功率输入为5.88%，LUX比例为4.02%；绿色PC绿黄色LED芯片的相对功率输入为11.96%，LUX比例为22.9%；红色修复性LED芯片的相对功率输入为4.28%，照度比为0.48%。

[0047] E) CCT为4374、CRI为89.6的光源照明装置由蓝紫色LED芯片、蓝色440nm LED芯片、促感知蓝色475nm LED芯片、促感知绿松石色495nm LED芯片、绿色PC绿黄色LED芯片、橙色PC琥珀色LED芯片和红色修复性LED芯片，其中，蓝紫色LED芯片的相对功率输入为24.38%、LUX照度比例为12.63%；蓝色440nm LED芯片的相对功率输入为3.24%，LUX占比0.23%；促感知蓝色475nm LED芯片的相对功率输入13.07%，LUX占比3.23%；促感知绿松石色495nm LED芯片的相对功率输入13.5%并且LUX比例为7.65%；绿色PC绿黄色LED芯片的相对功率输入为37.75%，LUX比例为71.81%；橙色PC琥珀色LED芯片的相对功率输入为3.15%，LUX比例为3.93%，以及红色修复性LED芯片的相对功率输入4.91%，照度比0.51%。

[0048] C) CCT为5120和CRI为95.1的光源照明装置由色LED芯片、促感知蓝色LED芯片、促感知绿松石色LED芯片和红色修复性LED芯片组装而成，其中，白色LED芯片的CCT为5141K和CRI为96.8，相对输入功率为96.92%，以LUX计的照度比例为98.76%；促感知蓝色LED芯片的相对输入功率为0.97%，LUX照度比例为0.52%；促感知绿松石色LED芯片的相对输入功率为0.31%，LUX照度比例0.41%；红色修复性LED芯片的相对输入功率1.8%，LUX比例0.32%。

[0049] G) CCT为4932和CRI为98.6的光源照明装置由白色LED芯片组装而成，白色LED芯片的CCT为5141K和CRI为96.8，相对输入功率为100%，照度比例为LUX为100%。

[0050] H) CCT为4169和CRI为92.4的光源照明装置由白色LED芯片、蓝色LED芯片和红色修复性LED芯片组装而成，其中，白色LED芯片的CCT为4110K和CRI为97.5，相对输入功率为89.81%，以LUX计的照度比例为99.10%；蓝色LED芯片相对输入功率为4.4%，LUX比例为0.47%；红色修复性LED芯片的相对输入功率4.40%，LUX比例为0.47%。

[0051] CH) CCT为2486、CRI为95.6的光源照明装置由白色LED芯片和红色修复性LED芯片组装而成，其中，白色LED芯片的CCT为2653K、CRI为96.2，相对输入功率为95.23%，以LUX计的照度比例为99.31%；红色修复性LED芯片的相对输入功率为4.77%，LUX比例为0.69%。

[0052] I) CCT为2725、CRI为88.8的光源照明装置由白色LED芯片、蓝色LED芯片和红色修复性LED芯片相组装而成，其中，所述白色LED芯片的CCT为2653K、CRI为96.2，相对输入功率为85.31%，以LUX计的照度比例为98.51%；蓝色LED芯片的相对输入功率为8.25%，LUX占比为0.73%；红色修复性LED芯片的相对输入功率6.44%，LUX占比为0.76%。

[0053] 实时再生眼睛视网膜的日常活动照明装置的优势在于，可以使用在较低波长（即440nm、420nm甚至400nm）下激发的蓝色光谱分量比例较高的光源，这是因为在蓝色、绿色和红色光谱分量比例的设定条件下，这种照明装置会立即中和蓝光的负面危险影响。

[0054] 以lx计的发光强度比率仅用于比较所提出的恒定测量系统中的光谱。

发明内容

[0055] 一种实时再生被蓝色光损坏的眼睛视网膜的用于日常活动的白色光照明装置，所述白色光照明装置包括至少一个白色LED芯片和至少一个红色芯片，所述白色LED芯片具有2100K至5000K的色度温度，所述红色芯片在波长 $\lambda=670\text{nm}$ 至 680nm 处具有最大辐射能量，

[0056] 而波长范围400nm至490nm的蓝色光谱分量与波长范围490nm至570nm的绿色光谱分量之间的比例为1:1.6的最大值;或者

[0057] 波长范围为490nm至570nm的绿色光谱分量与波长范围为570nm至780nm的红色光谱分量之间的比例为1:3的最小值。

[0058] 优选地,波长范围为400nm至490nm的蓝色光谱分量与波长范围为490nm至570nm的绿色光谱分量的比例为1:1至1:1.6。。

[0059] 优选地,波长范围为490nm至570nm的绿色光谱分量与波长范围为570nm至780nm的红色光谱分量的比例为1:3至1:5。

[0060] 优选地,所述白色LED芯片是被具有2700K至4000K的色度温度且至少90的CRI的发光体覆盖的蓝色芯片。

[0061] 优选地,各光谱分量之间的比例以 mW/m^2 表示。

[0062] 所述白色光照明装置优选地包括具有波长范围为 $\lambda=420\text{nm}$ 至 450nm 的发射峰的蓝色LED芯片。

[0063] 所述白色光照明装置优选的包括具有波长范围为 $\lambda=470\text{nm}$ 至 480nm 的发射峰的促感知的蓝色LED芯片和具有波长范围为 $\lambda=490\text{nm}$ 至 500nm 的发射峰的促感知的绿松石色LED芯片。

[0064] 所述白色光照明装置优选地包括绿色芯片,所述绿色芯片具有波长范围为至少 500nm 至 660nm 且在 $\lambda=500\text{nm}$ 至 580nm 处具有最大值的发射光能。

附图说明

[0065] 图1.1单个光谱分量,照明装置A);

[0066] 图1.2单个光谱分量,照明装置B);

[0067] 图1.3单个光谱分量,照明装置C);

[0068] 图1.4单个光谱分量,照明装置D);

[0069] 图1.5单个光谱分量,照明装置D2);

[0070] 图1.6单个光谱分量,照明装置E);

[0071] 图1.7单个光谱分量,照明装置F);

[0072] 图1.8单个光谱分量,照明装置G);

[0073] 图1.9单个光谱分量,照明装置H);

[0074] 图1.10单个光谱分量,照明装置CH);

[0075] 图1.11单个光谱分量,照明装置I);

[0076] 图2光的个别光谱和特性的比较;

[0077] 图3.1具有单个芯片A)的指示光谱的光谱的各个组成部分;

[0078] 图3.2具有单个芯片B)的指示光谱的光谱的各个组成部分;

[0079] 图3.3具有单个芯片C)的指示光谱的光谱的各个组成部分;

[0080] 图3.4具有单个芯片D)的指示光谱的光谱的各个组成部分;

[0081] 图3.5具有单个芯片的指示光谱D2)的光谱的各个组成部分;

[0082] 图3.6具有单个芯片E)的指示光谱的光谱的各个组成部分;

[0083] 图3.7具有单个芯片G)的指示光谱的光谱的各个组成部分;

- [0084] 图3.8具有单个芯片H)的指示光谱的光谱的各个组成部分；
- [0085] 图3.9具有单个芯片CH)的指示光谱的光谱的各个组成部分；
- [0086] 图3.10具有单个芯片I)的指示光谱的光谱的各个组成部分；
- [0087] 图4.1光谱的各个分量与光谱分量的比率A)；
- [0088] 图4.2光谱的各个分量与光谱分量的比率B)；
- [0089] 图4.3光谱的各个成分与光谱分量的比率CH)；
- [0090] 图4.4光谱的各个分量与光谱分量的比率D2)；
- [0091] 图5单个照明装置组件的标识A)至I)；
- [0092] 图6照明装置原型A)至I)及其评估；
- [0093] 图7照明装置A)、B)、H)、CH)、D2)的颜色比例；
- [0094] 图8根据示例5B照明装置A)、B)、CH)、D2)针对组织培养的测试；
- [0095] 图9.1根据示例5C照明装置A)、B)、CH)、D2)对组织培养物的测试,光处理后的线粒体损伤的程度；
- [0096] 图9.2根据示例5C照明装置A)、B)、CH)、D2)对组织培养物的测试,光处理后的线粒体损伤的程度；
- [0097] 图9.3根据示例5C照明装置A)、B)、CH)、D2)对组织培养物的测试,光处理后的线粒体健康程度；
- [0098] 图9.4根据示例5C照明装置A)、B)、CH)、D2)对组织培养物的测试,光处理后的线粒体健康程度；
- [0099] 图10根据示例5D照明装置A)、B)、CH)、D2)对组织培养物的测试；
- [0100] 图11根据示例5用于测试的照明装置的蓝色和红色分量的光输出。

具体实施方式

[0101] 示例1原型照明装置A)

[0102] 组装了原型照明装置,其中,PCB上装有具有CCT 4110K和CR I97.5的16个白色LED芯片和1个红色修复性LED芯片,其中,每个白色LED的输入功率为360mW,照度636.61lx, λ_p 455nm, $\lambda_p V$ 12.22mW/m²,其中对于这些白色芯片总功率输入为5760mW,总照度为10185.61lx;每个红色修复性LED芯片的输入功率为282.5mW,照度48.751lx, λ_p 677nm, $\lambda_p V$ 54.85mW/m²。因此,照明装置的总输入功率为6042.5mW,总照度为10234.35lux。因此,白色芯片占整个照明装置的相对输入功率为95.32%,相对照度为99.52%,而红色修复性芯片占整个照明装置的相对输入功率为4.68%,相对照度为0.48%。

[0103] 对如此构建的原型照明装置进行了主观评估,得出的结论是该照明装置发出令人愉悦的白色光,但所有评估人员都感知它是粉红色的。此外,所感知的CCT被评估为中性白色。因此得出结论,该照明装置发出的光具有既不冷也不暖而是中性白色的感知色度温度。这意味着添加红色修复性LED芯片并没有提供更暖的白色光影,而是使其变成粉红色。

[0104] 蓝色和绿色的光谱分量比例为1:1.7,这已经超出了光缓冲的边缘,因此红色LED芯片的加入并没有混合/融合入现有的光,而是对光影的主观评价具有完全独立和单独的影响。

[0105] 示例2原型照明装置B)

[0106] 组装了原型照明装置,其中,PCB上装有具有CCT 4110K和CRI 85.2的16个白色LED芯片和3个红色修复性LED芯片,其中,每个白色LED芯片的输入功率为352.58mW,照度为886.41lx, λ_p 455nm, λ_pV 16.27mW/m²,其中这些白色芯片的总功率输入为5641.28mW,总照度为14182.41lx;每个红色修复性LED芯片的功率输入为218mW,照度40.17lx, λ_p 676nm, λ_pV 45.45mW/m²。因此,照明装置的总输入功率为6295.28mW,总照度为14302.91lux。因此,白色芯片占整个照明装置的相对输入功率为89.61%,相对照度为99.16%,而红色修复性芯片占整个照明装置的相对输入功率为10.39%,相对照度为0.84%。

[0107] 对如此构建的原型照明装置进行了主观评估,得出的结论是该照明装置发出令人愉悦的白色光,没有任何色调。此外,所感知的CCT被评估为中性白色。因此得出结论,该照明装置发出的光具有既不冷也不暖而是中性白色的感知色度温度。这意味着添加红色修复性LED芯片并没有提供更暖的白色阴影,也没有导致它变成粉红色。

[0108] 蓝色和绿色的光谱分量比例为1:1.6,光缓冲能力的上限,红色LED芯片的加入混合入了现有的光而不影响现有的光。

[0109] 示例3原型照明装置CH)

[0110] 组装了原型照明装置,其中,PCB上装有具有CCT 2653K和CRI 96.2的16个白色LED芯片和2个红色修复性LED芯片,其中,每个白色LED芯片的输入功率为360mW,照度为511.11lx, λ_p 635nm, λ_pV 12.55mW/m²,其中对于这些白色芯片总功率输入为5760mW,总照度为8177.61lx;每个红色修复性LED芯片的功率输入为144.2mW,照度28.51lx, λ_p 675nm, λ_pV 33.21mW/m²。因此,照明装置的总输入功率为6048.4mW,总照度为8234.61lux。因此,白色芯片占整个照明装置的相对输入功率为95.23%,相对照度为99.31%,红色修复性芯片占整个照明装置的相对输入功率为4.77%,相对照度为0.69%。

[0111] 对如此构造的原型照明装置进行了主观评估,得出的结论是该照明装置发出令人愉悦的暖白色光,没有任何色调。此外,所感知的CCT被评估为暖白色。因此得出结论,该照明装置发出的光具有暖白色的感知色度温度。这意味着这种情况下红色修复性LED芯片的添加,并没有干扰大部分暖白色LED芯片的颜色,只是与白色LED芯片混合。

[0112] 蓝色和绿色的光谱分量的比例为1:2.8,这超出了光缓冲的限制,因此第二个条件适用,即绿色和红色光谱分量的最小比例,至少为1:3,在此特定情况下为1:4,因此光的颜色不受添加红色LED芯片的影响。

[0113] 示例4原型照明装置D2)

[0114] 组装了原型照明装置,其中,PCB上装有:具有CCT 4116K和CRI 97.6的16个白色LED芯片,其中,每个白色LED芯片的功率为291.06mW,照度546.41lx, λ_p 455nm, λ_pV 10.64mW/m²,其中这些白色芯片的总功率消耗为4656.96mW,总照度为8742.41lx;波长为440nm的一个蓝色单色LED芯片,每个蓝色单色LED芯片的输入功率为205.92mW,照度为27.44lx, λ_p 437nm, λ_pV 67.91mW/m²;波长为475nm的三个蓝色单色LED芯片,每个蓝色单色LED芯片的输入功率为203.76mW,照度106.41lx, λ_p 474nm, λ_pV 34.48mW/m²;波长为495nm的两个绿松石色单色LED芯片,每个绿松石色单色LED芯片的功率206.64mW,照度251.91lx, λ_p 498nm, λ_pV 26.66mW/m²;三个绿色PC LED芯片,其中,每个绿色PCLED芯片的功率280.17mW,照度955.51lx, λ_p 543nm, λ_pV 17.45mW/m²;以及两个红色修复性LED芯片,其中,每个红色修复性LED芯片的功率150.48mW,照度30.13lx, λ_p 675nm, λ_pV 34.12mW/m²。因此,照明装置的

总输入功率为7028.91mW,总照度为12519.6lx。白色芯片占整个照明装置的相对功率输入66.25%,相对照度69.83%,红色修复性芯片占整个照明装置的相对功率输入60.26%,相对照度0.48%。

[0115] 对如此构建的原型照明装置进行了主观评估,得出的结论是该照明装置发出令人愉悦的白色光,没有任何色调。此外,所感知的CCT被评估为较冷的白色。因此得出结论,该照明装置发出的光具有较冷白色的感知色度温度。这意味着这种情况下红色修复性LED芯片的添加没有干扰白色LED芯片或其他颜色的LED芯片,只是与其他LED芯片发出的光混合。

[0116] 蓝色和绿色的光谱分量比例为1:1.4,在光缓冲的限制内,即光的颜色不受添加红色LED芯片的影响。

[0117] 示例5A

[0118] 根据示例1至示例4生产的原型照明装置在R28组织培养物(视网膜细胞系,Kerafast)上进行了测试。

[0119] 细胞在高浓度葡萄糖和丙酮酸盐的Dulbecco改良Eagle培养基(DMEM)中预生长,辅以3.3%v/v碳酸氢钠溶液、10% FBS、1% MEM非必需氨基酸、1% MEM维生素、1%谷氨酰胺和1%庆大霉素,在37°C 5% CO₂气氛中。

[0120] 将浓度为80,000个细胞/ml的0.1ml培养的R28细胞悬浮液移入96孔板的孔中,并在细胞暴露于不同的光处理之前允许沉降24小时,图11:

[0121] -CH-使用CH照明装置进行处理-添加红色成分的暖白色,输出为0.7mW/m²的蓝色光谱分量,输出为2.6mW/m²的红色光谱分量

[0122] -D2-使用D2照明装置进行处理-用添加的红色成分促感知的日白色,输出为1.9mW/m²的蓝色光谱分量,输出为1.9mW/m²的红色光谱分量

[0123] -蓝色-使用发出440nm蓝色光的照明装置进行处理,输出为23.5

[0124] mW/m²的蓝色光谱分量,输出为0.1mW/m²的红色光谱分量

[0125] -白色-使用发出CCT 4000K和CRI 98白色光的照明装置进行处理,输出为10.6mW/m²的蓝色光谱分量,输出为9.3mW/m²的红色光谱分量

[0126] -深色-深色处理

[0127] 在整个测试过程中,温度保持在37°C,气氛为5% CO₂。

[0128] 使用分光光度计来测量单独的照明装置。

[0129] 根据示例5B至示例5D对细胞进行测试:

[0130] 示例5B细胞活力

[0131] 使用还原试验(reduction test)评估细胞活力。对96孔板的细胞分别进行CH、D2、蓝色、白色和深色光处理12小时。选择深色处理(T)作为对照。随后,将(4,5-二甲基噻唑-2-基)-2,5-二苯基溴化四唑(MTT)以0.5mg/ml的终浓度添加到孔中,并将细胞在37°C下培养75分钟。然后去除培养基并通过向每个孔中添加100μl二甲基亚砷(DMSO)来降低MTT。将板搅拌10分钟,然后在570nm的波长下测量各个孔中的光密度。{每个实验中对照(T)的平均吸光度定义为100%,所有光处理的样品的测量值均以对照(T)作为参考。结果如图8所示。可以看出,蓝色光和白色光对细胞造成损伤,导致它们的吸光度降低。另一方面,CH和D2对细胞生长有支持作用。

[0132] 示例5C线粒体去极化

[0133] 为了评估线粒体膜去极化,细胞分别接受CH、D2、蓝色、白色和深色光处理12小时。选择深色处理(T)作为对照。然后,从培养物中去除培养基并将细胞用终浓度为2 μ g/ml的JC-1染料培养30分钟。然后,在590nm和530nm处进行检测。累积在健康细胞线粒体中的染料在590nm处显示为红色/橙色荧光。累积在受损细胞的去极化线粒体膜中的染料在530nm处显示为绿色荧光。从荧光显微镜图像进行图像分析,将对照的平均红色和绿色荧光设置为100%。结果如图9所示。图9.1和图9.2示出了线粒体损伤的程度,其中蓝色照明装置造成的损伤最大。就损坏而言,白色照明装置紧随其后,CH和D2照明装置照明的样品没有损坏。相反,图9.3和图9.4示出了线粒体活力支持的程度,线粒体在CH和D2照明装置照明后比深色处理后示出了更高的活力。

[0134] 示例5D活性氧物质(ROS)的产生及其响应

[0135] ROS产生:细胞分别接受CH、D2、蓝色、白色和深色光处理12小时。选择深色处理(T)作为对照。然后从培养物中去除培养基,用新鲜培养基漂洗培养物两次,然后用终浓度为40 μ M的二氢乙锭培养20分钟。去除溶液,用新鲜培养基冲洗细胞两次。紧接着,拍摄相位荧光/对比显微镜图像。在产生ROS的情况下,图像中可以看到细胞核中的红色荧光染色质。然后对图像进行图像分析,并将对照的平均红色荧光设置为0。结果如图10所示。ROS的产生是由光谱中蓝色分量的存在引起的。毫不奇怪,蓝色照明装置照明的样品示出了最高的ROS,其次是白色照明装置和D2照明装置。CH照明装置示出了最低的ROS产量。

[0136] 示例6

[0137] R28组织培养物细胞(视网膜细胞系,Kerafast)在实验室温度下解冻15分钟。随后,将细胞吸取至5ml DMEM+培养基中并离心5分钟。使用涡旋将细胞沉淀悬浮在10ml DMEM+培养基中,并将悬浮液在37 $^{\circ}$ C和5%CO₂的培养箱中培养两天。

[0138] 培养两天后,将细胞传代。用1ml EDTA冲洗细胞。接着,添加1ml EDTA和1ml胰蛋白酶,并将由此制备的培养物瓶在实验室温度下培养5分钟。然后添加5ml新鲜的DMEM+培养基并使用涡旋搅拌溶液。将一半的悬浮液吸取到新的培养物瓶中,并将新鲜的DMEM+培养基添加到两个瓶中至最终体积为20毫升。将如此制备好的培养瓶再次放入培养箱中,在37 $^{\circ}$ C、5%CO₂条件下培养3天。培养后的初始浓度约为每毫升519000至579000个细胞。

[0139] 然后将细胞吸取到12孔板的各个孔中。每天在显微镜下检查细胞的生长情况。随后,三天后,将细胞放入37 $^{\circ}$ C和5%CO₂培养箱中,并暴露于下面指定的各种光源,光源距离孔板最多400mm。在不同时间点依次对暴露于光发射器的细胞进行采样。在每个时间点,从一个孔中收集细胞,进行处理,并测量它们的浓度或活细胞数量。结果绘制在表格和图片中,并显示在图12A、图12B和图13A、图13B中。

[0140] A) 部分:图12A和图12B,根据本发明的光源:

[0141] -根据本发明的蓝色,440nm,

[0142] -根据本发明的白色,CCT 4000K和CRI 98,

[0143] -根据本发明的日白色,-D2-

[0144] -根据本发明的暖白色,-CH-

[0145] B) 部分:图13A和图13B,将根据本发明的光源与现有技术相比较,:

[0146] -纳斯利(Nasli)LED,

[0147] -阳光般(Sunlike)的4000K,

[0148] -LED 4000K CRI 80,

[0149] -根据本发明的暖白色-CH-

[0150] 所有光源的比功率被归一化为 $\lambda_{480\text{nm}} = 240\mu\text{W}/\text{cm}^2$,达到负责身体昼夜同步的非视觉系统的黑色素受体的最大灵敏度点。

[0151] 工业适用性

[0152] 对眼睛视网膜有修复性作用的照明装置。

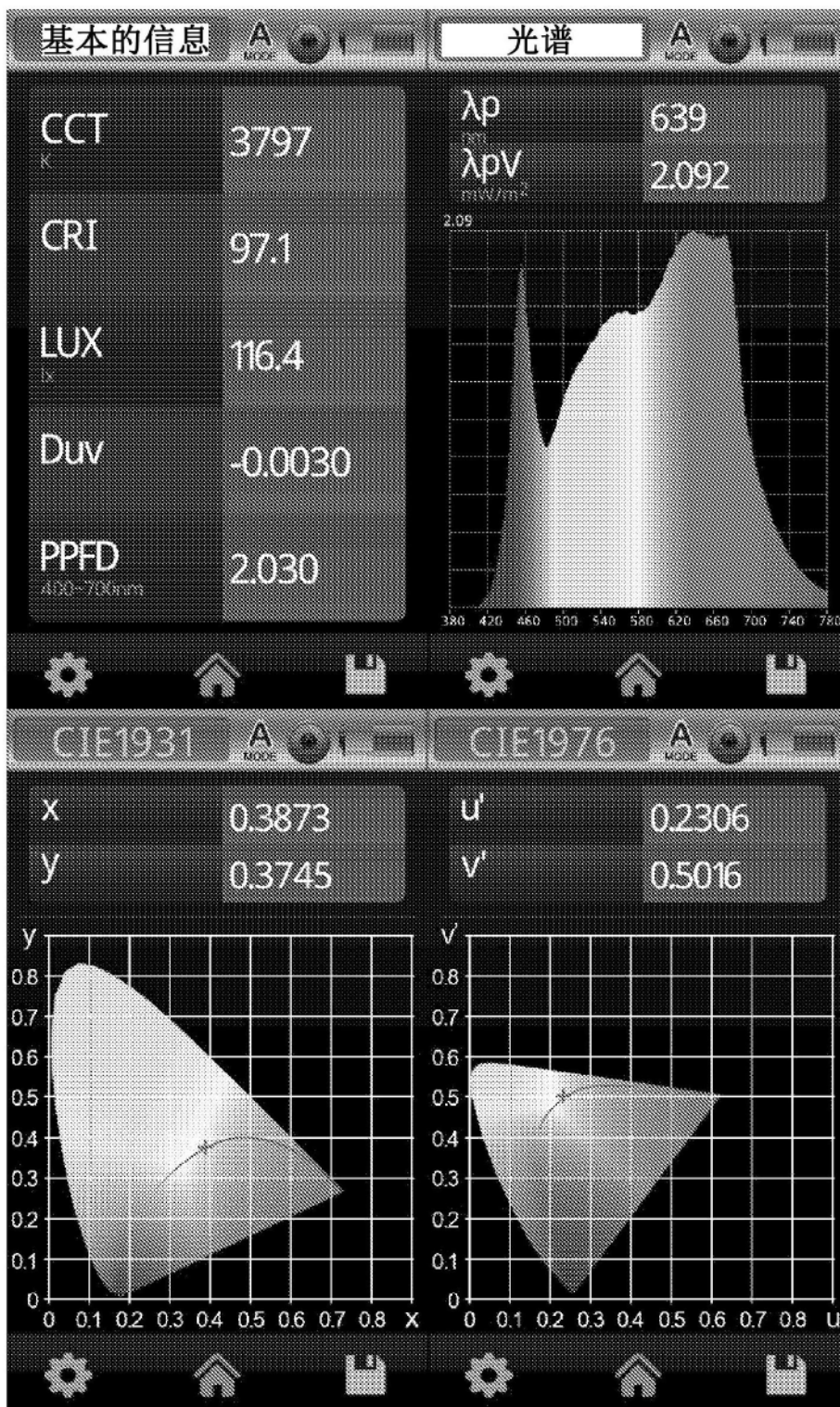


图1.1

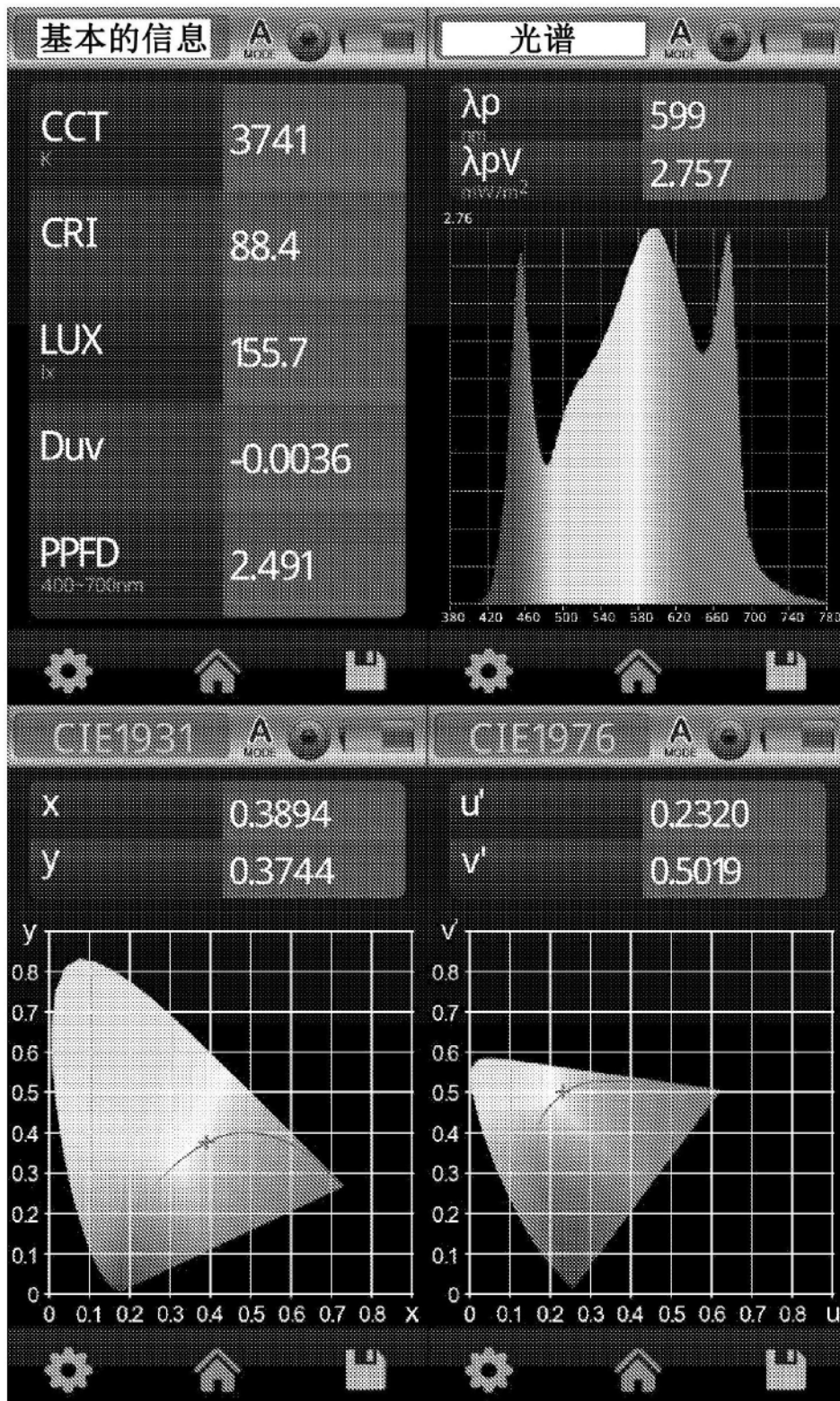


图1.2

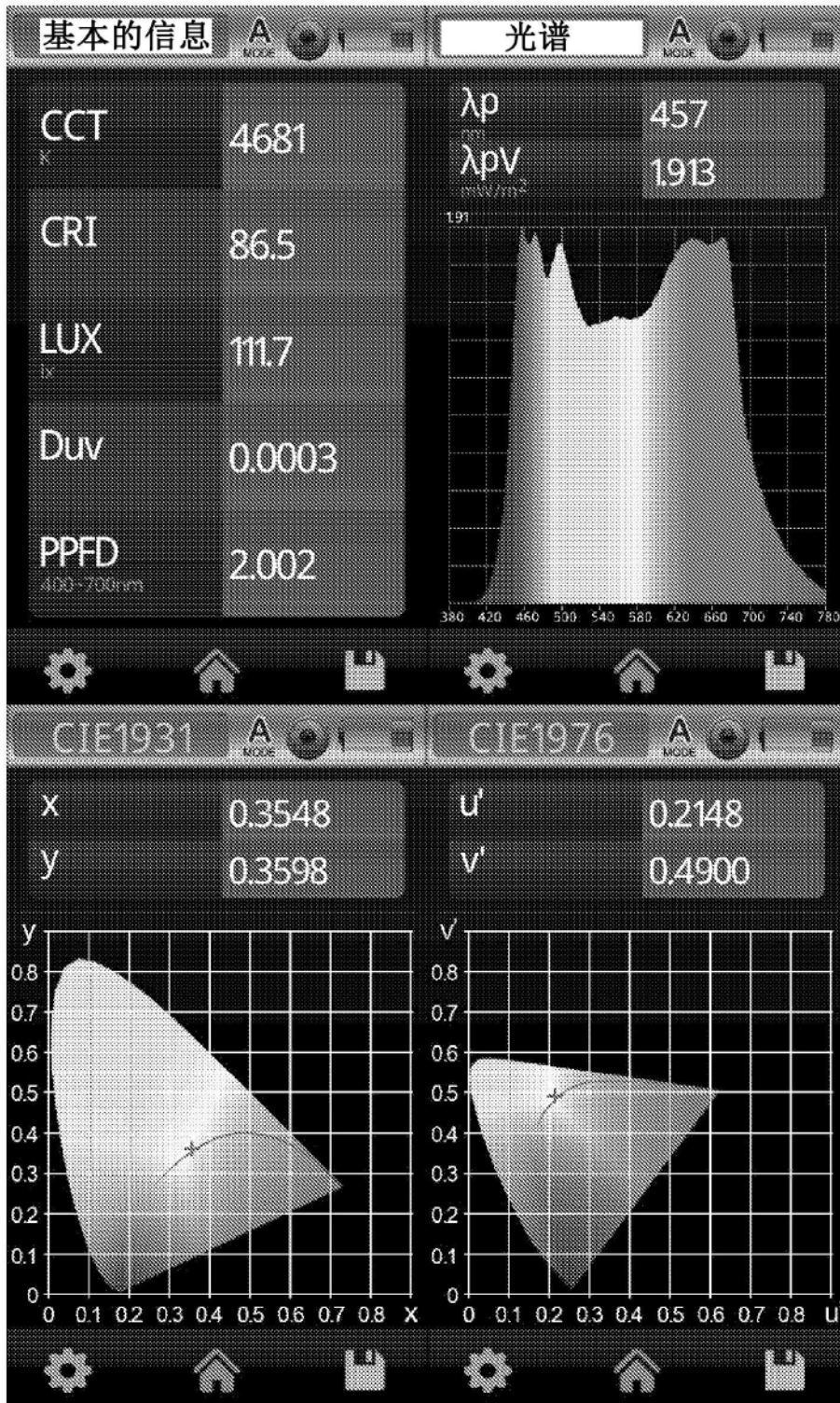


图1.3

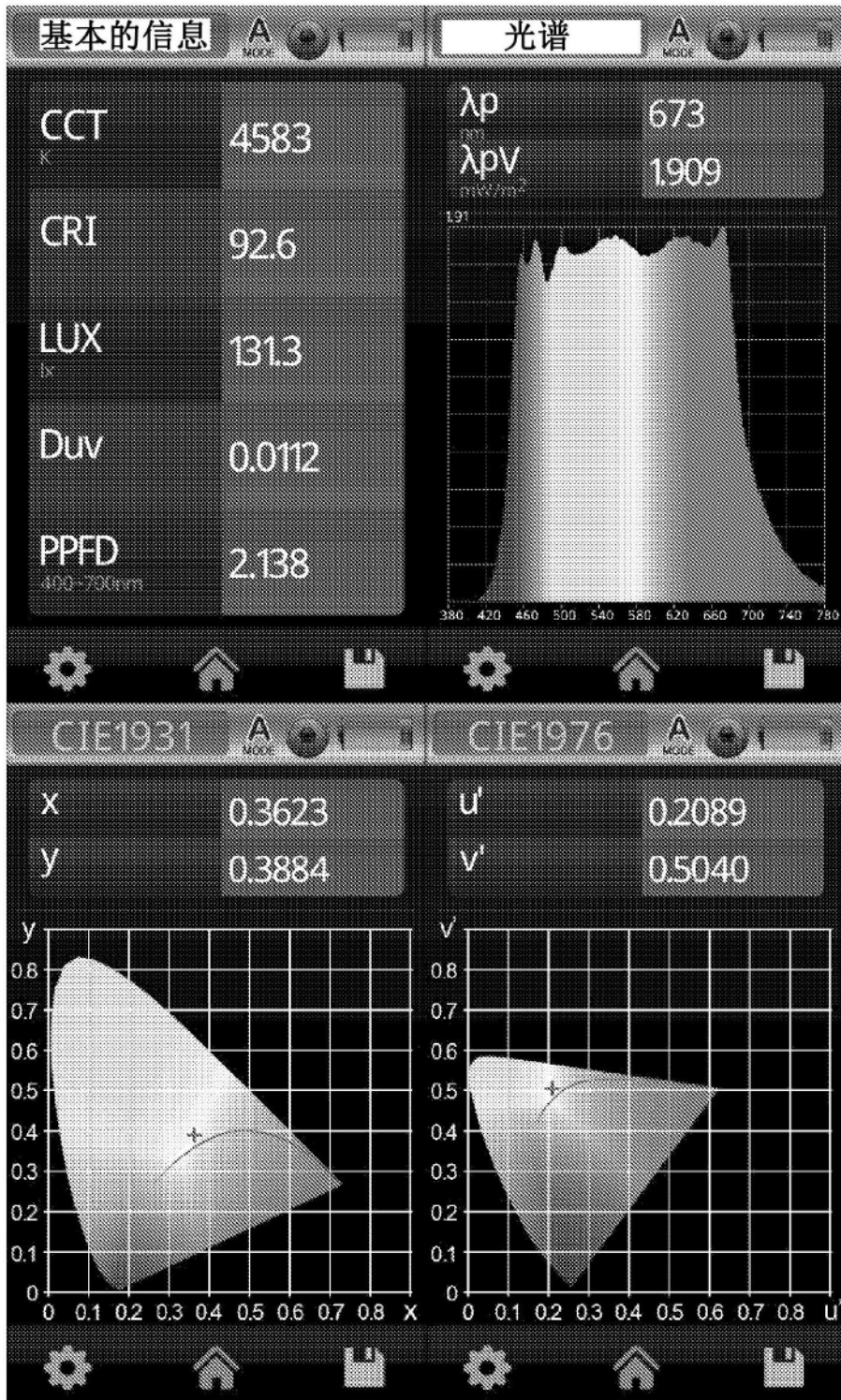


图1.4

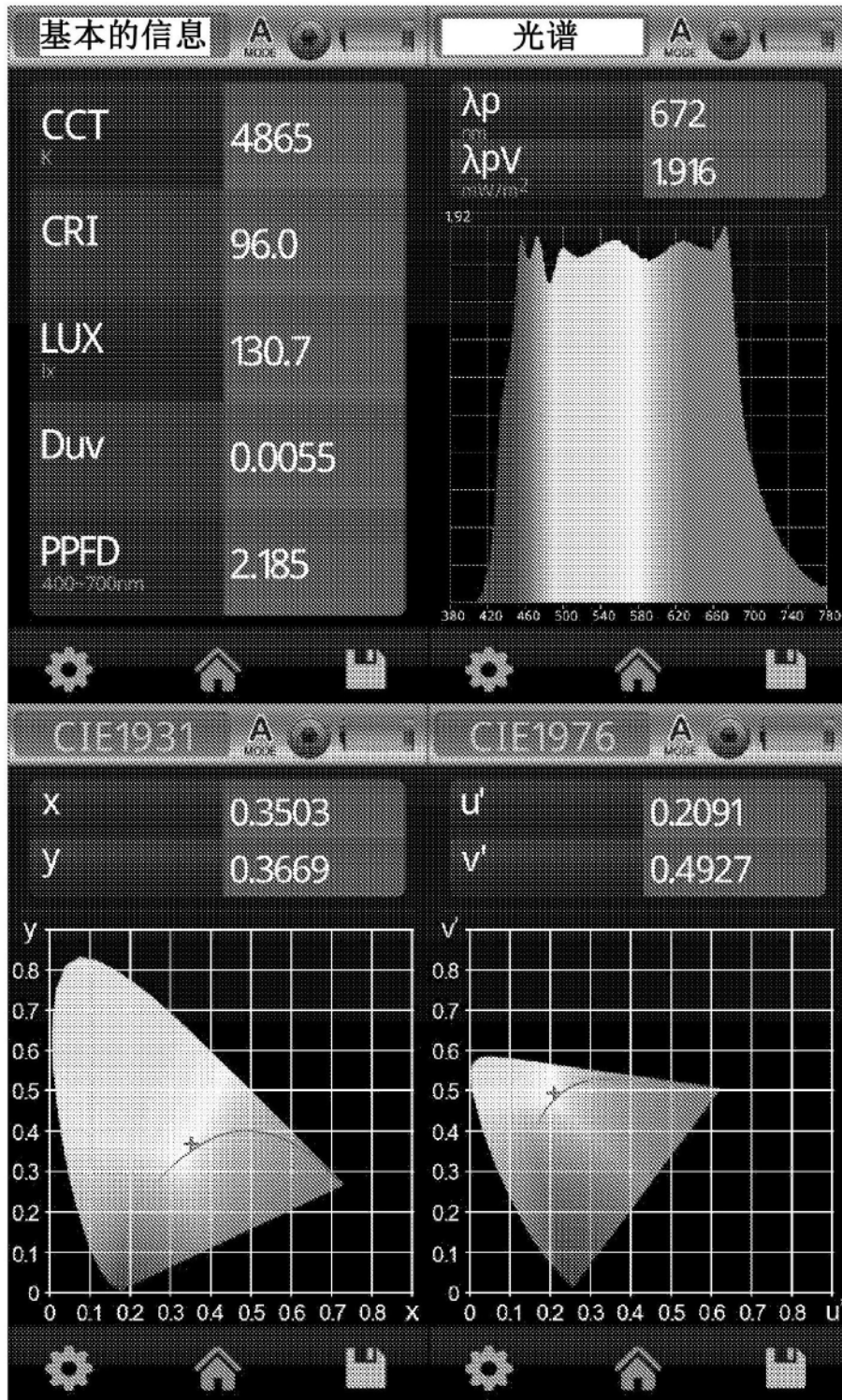


图1.5

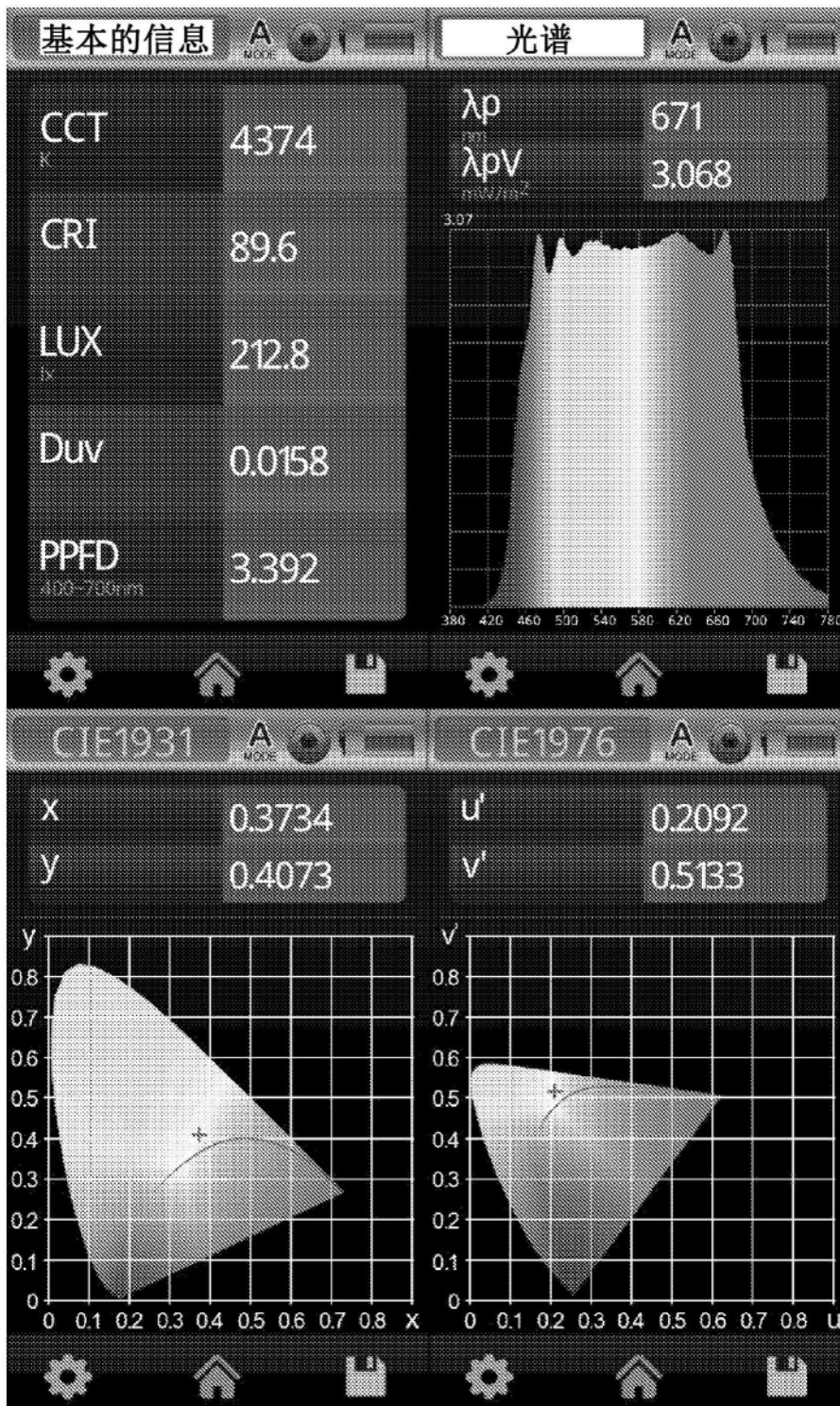


图1.6

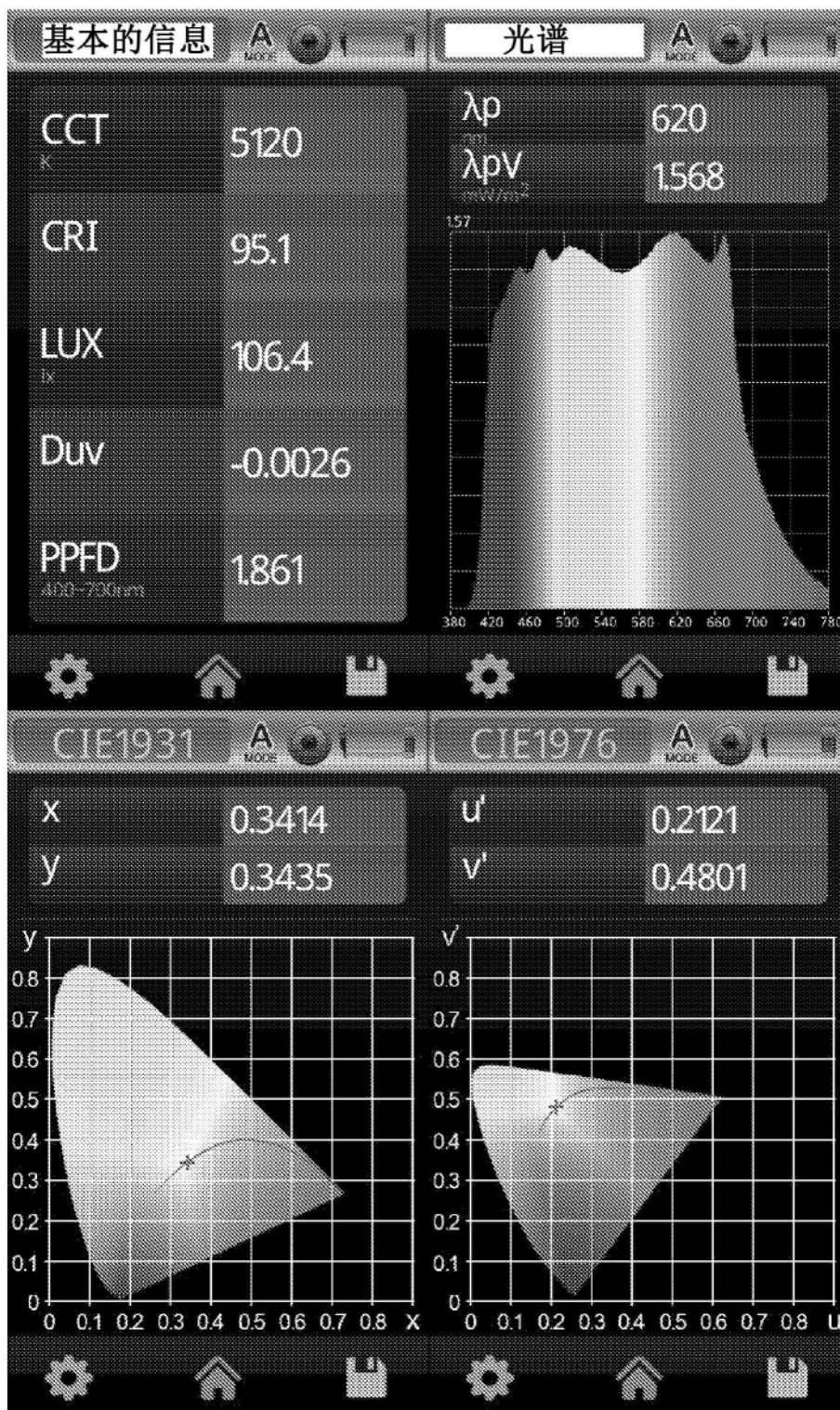


图1.7

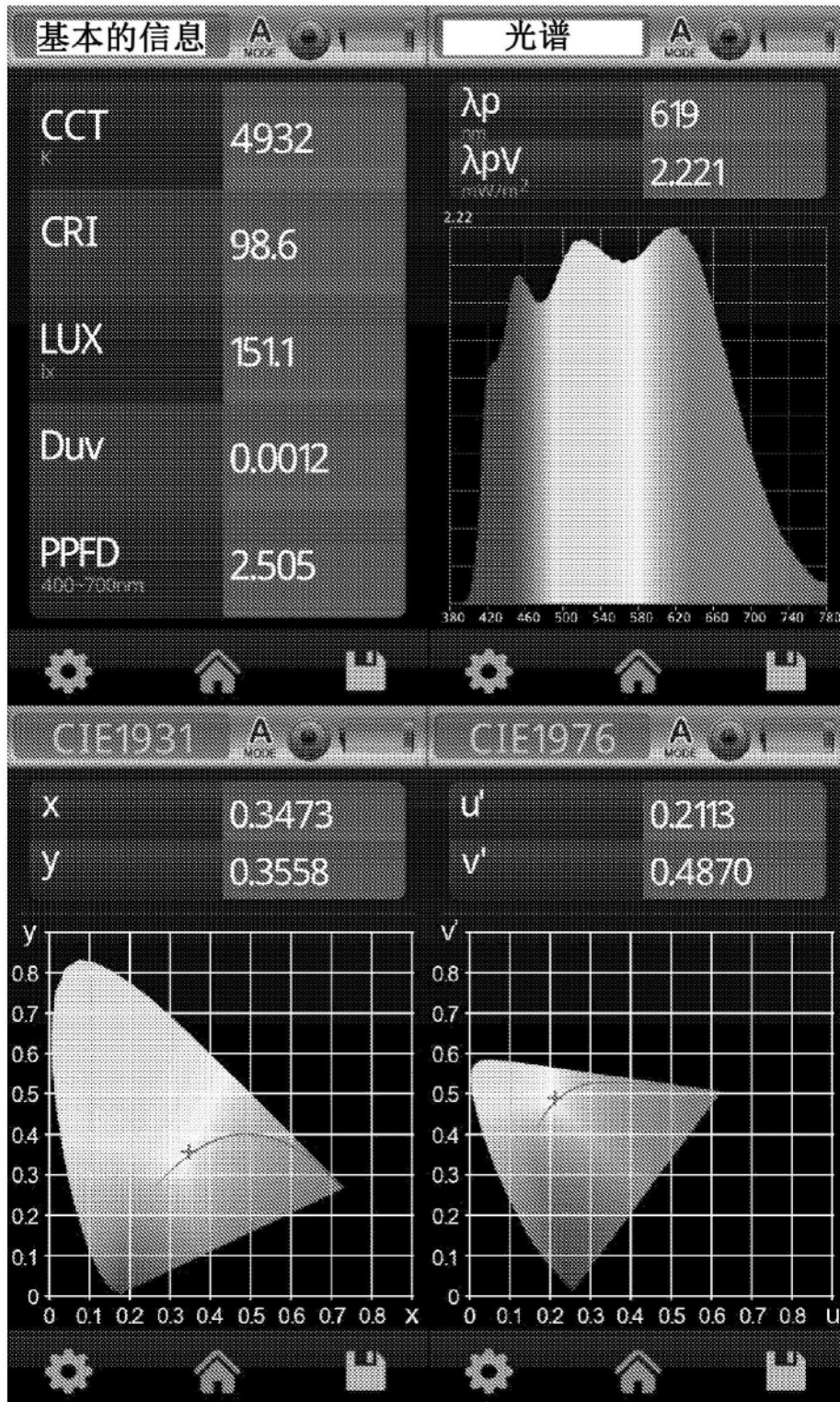


图1.8

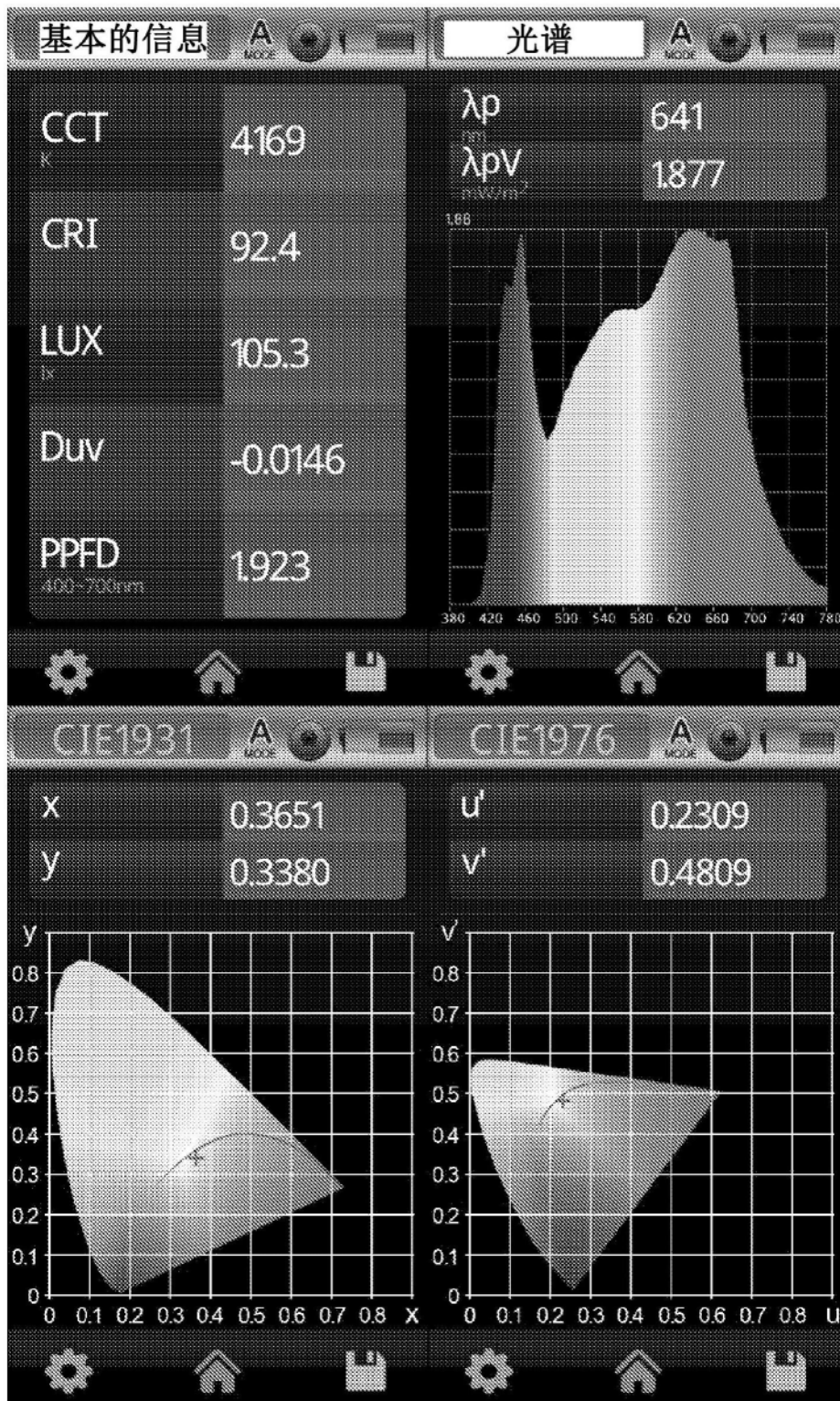


图1.9

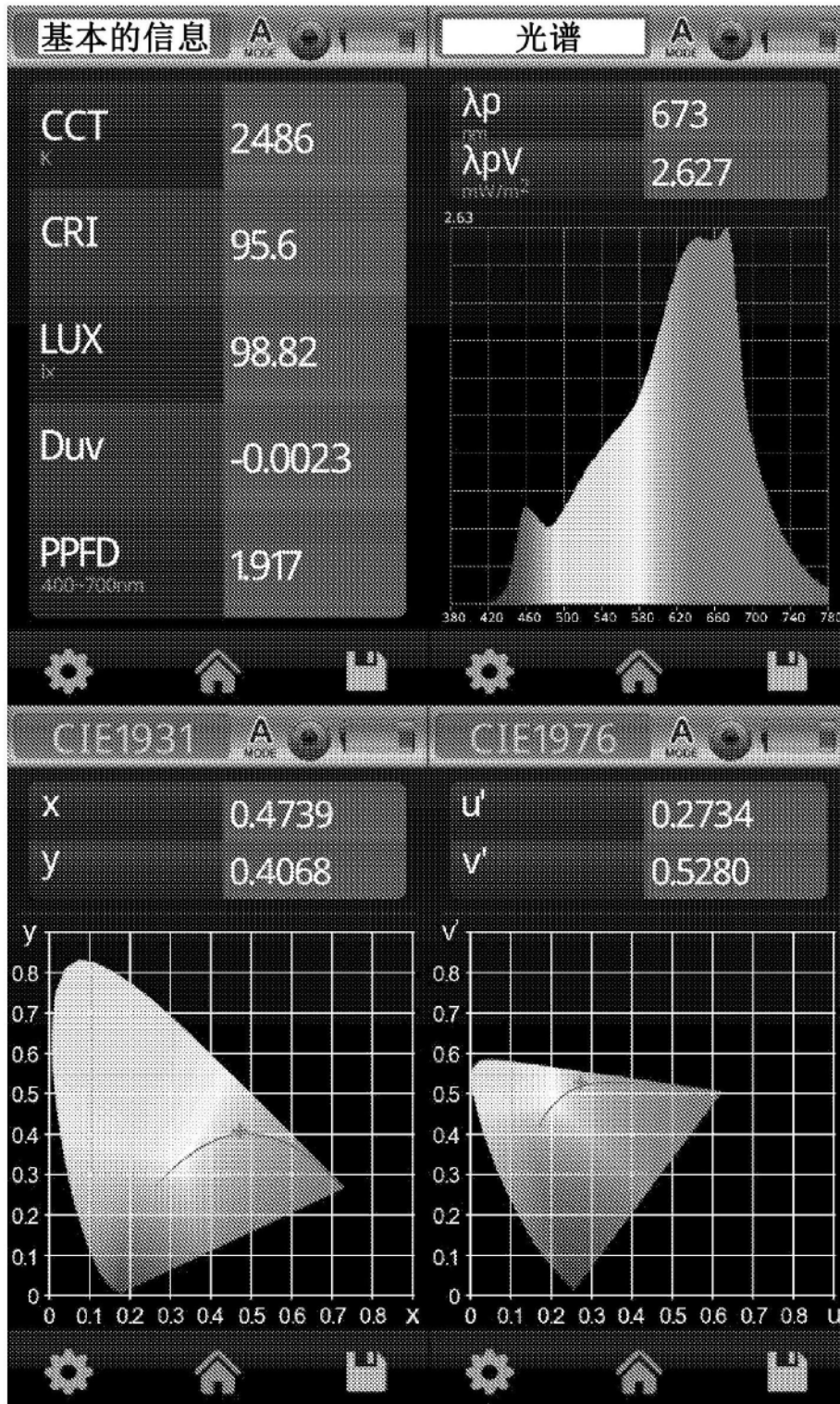


图1.10

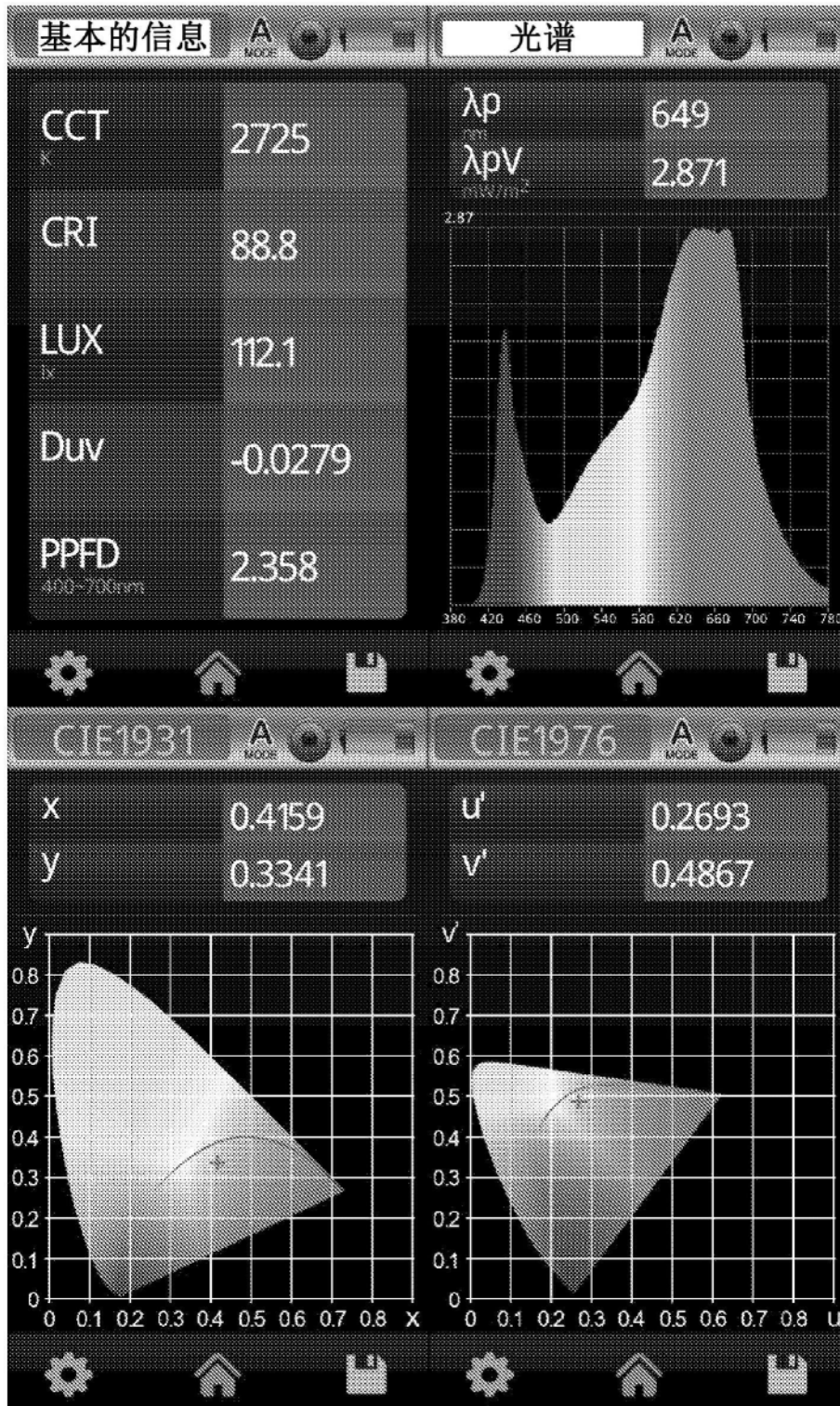


图1.11

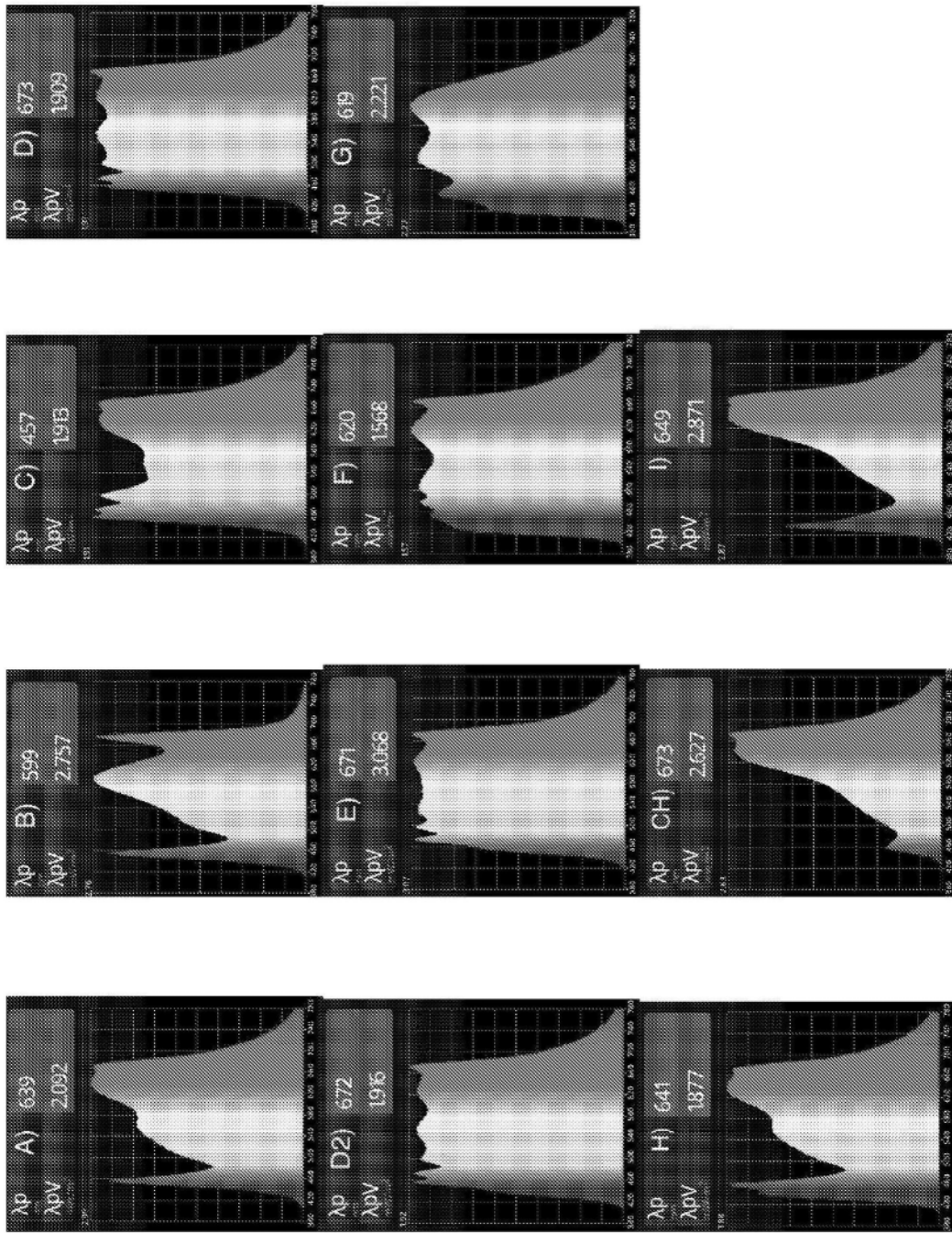


图2

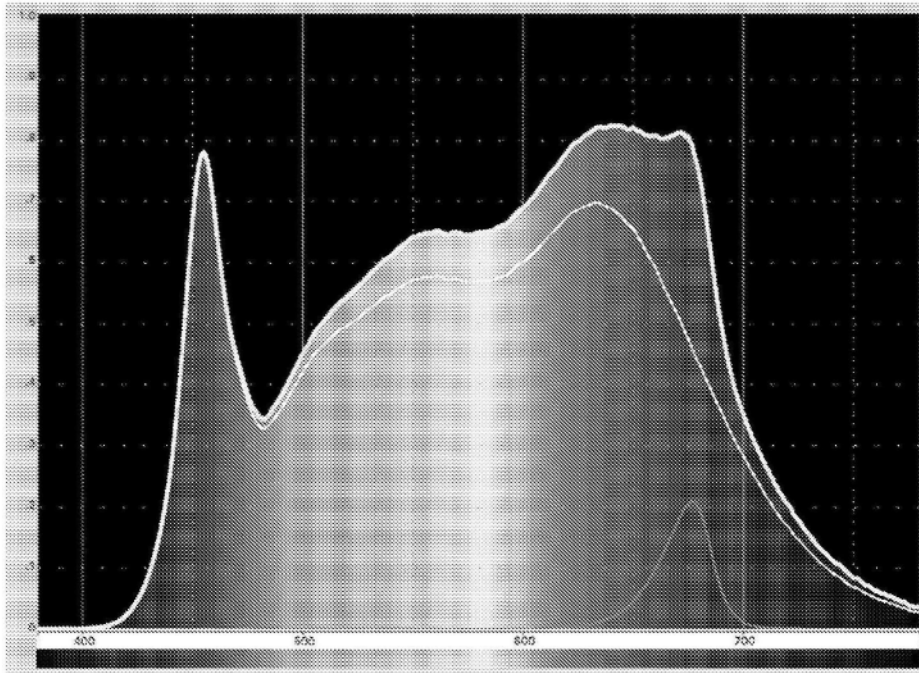


图3.1

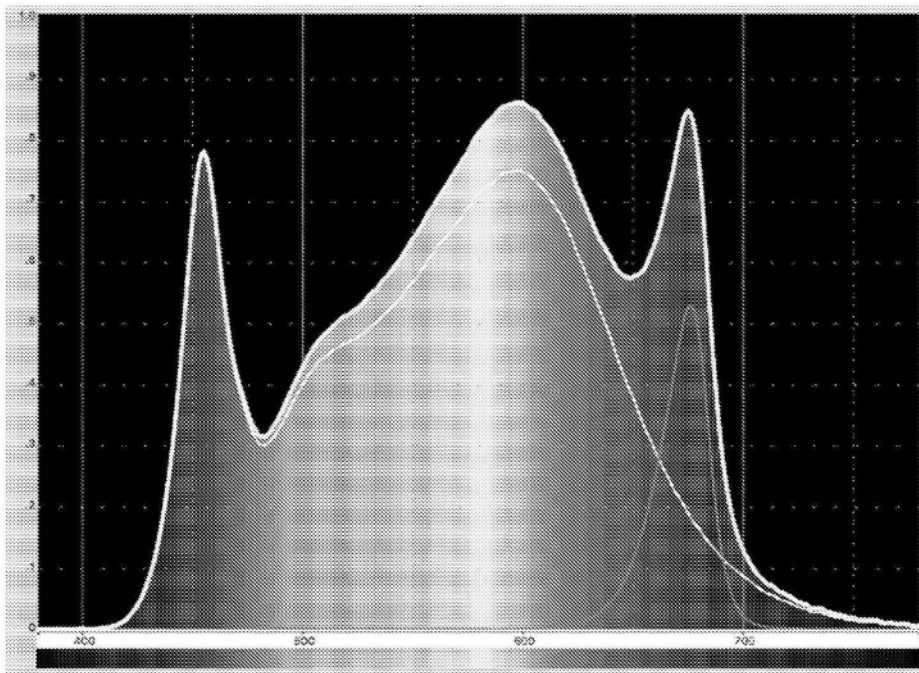


图3.2

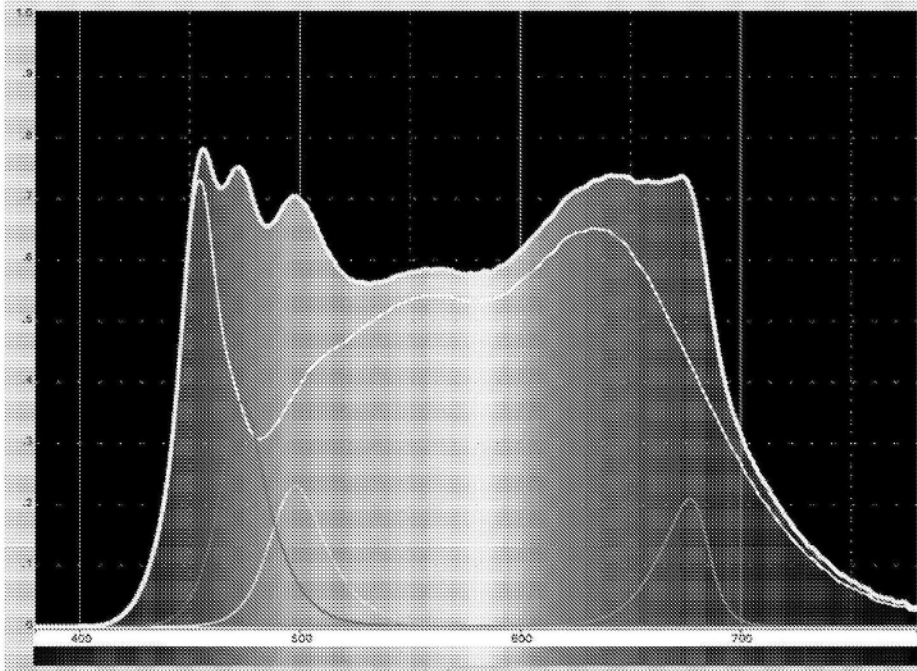


图3.3

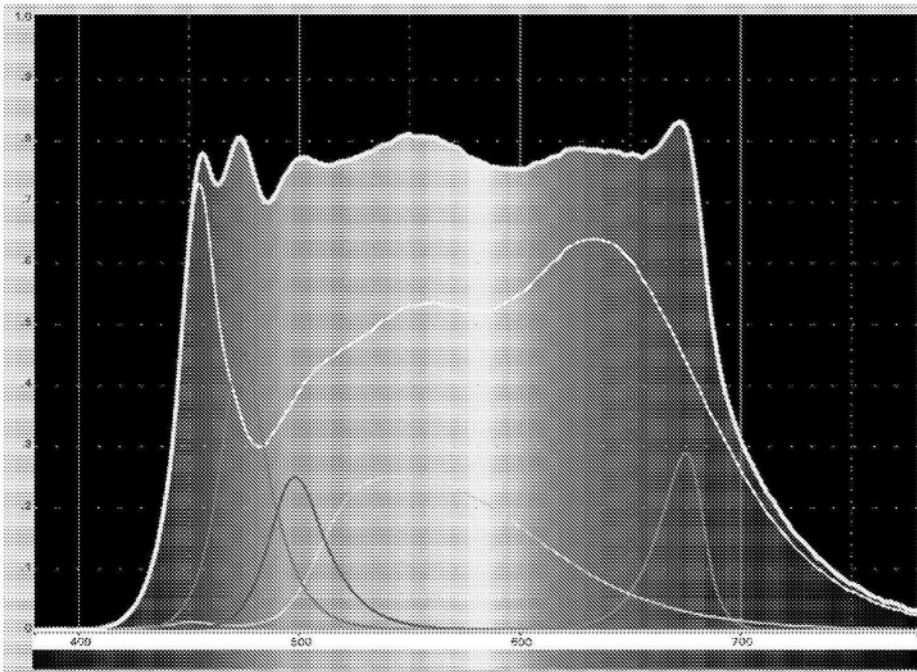


图3.4

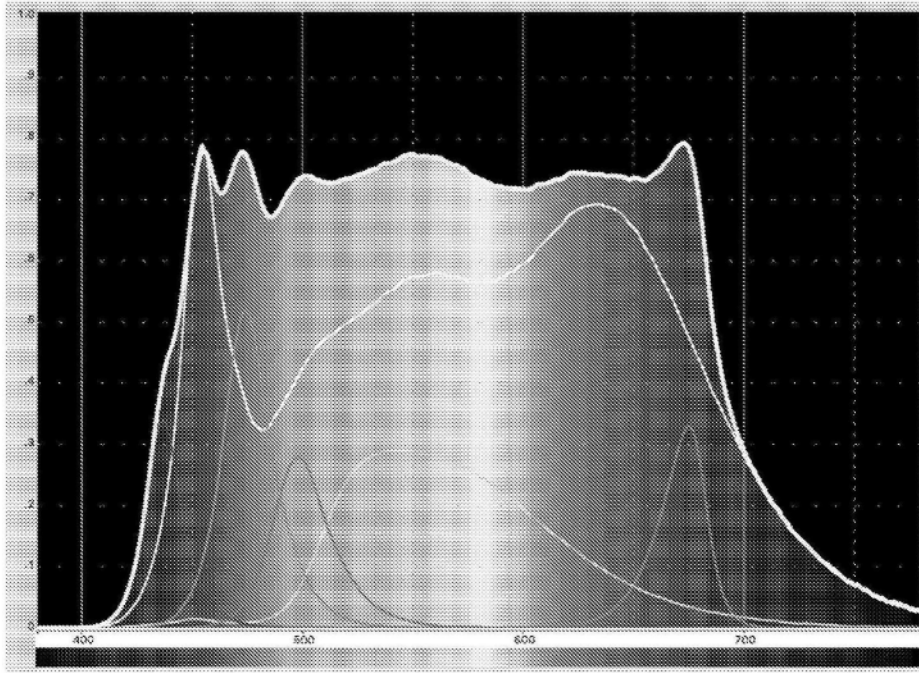


图3.5

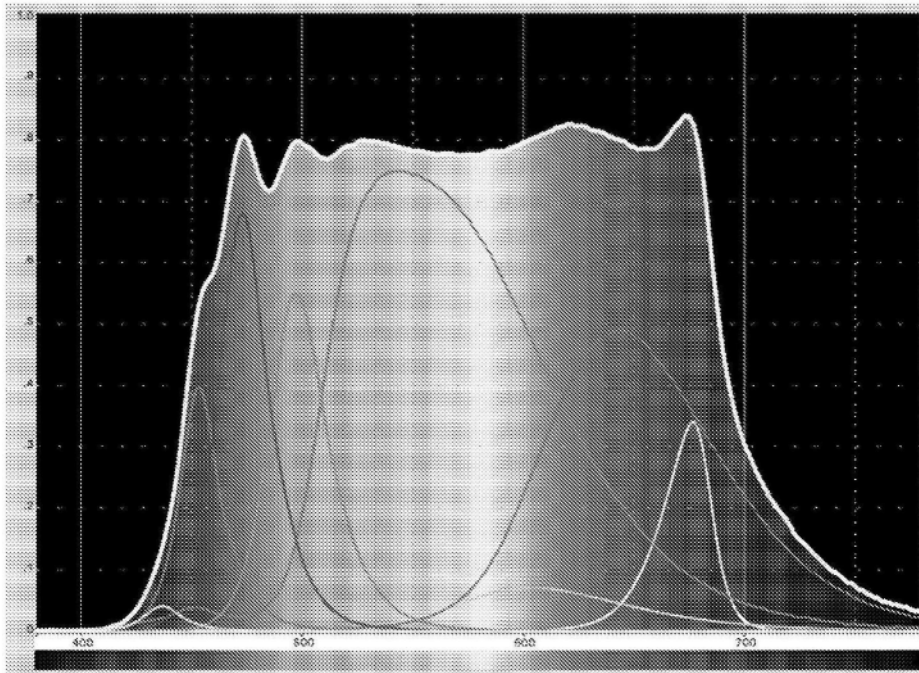


图3.6

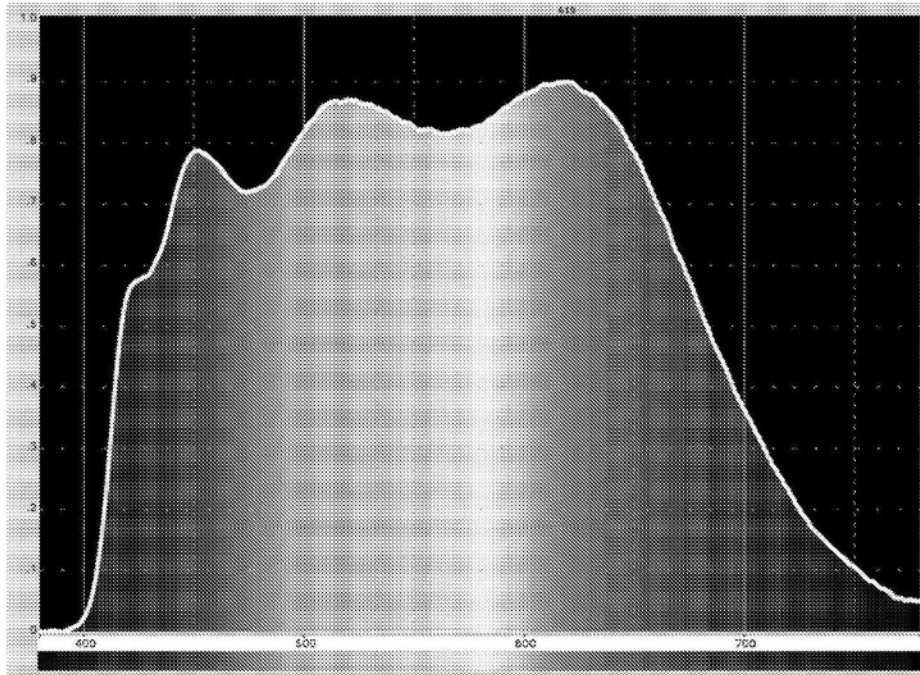


图3.7

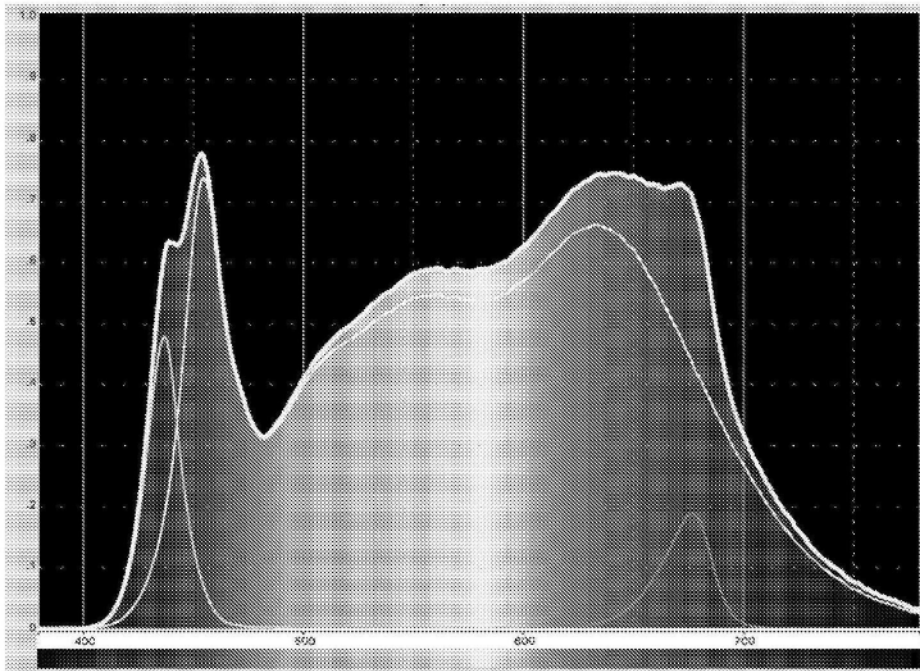


图3.8

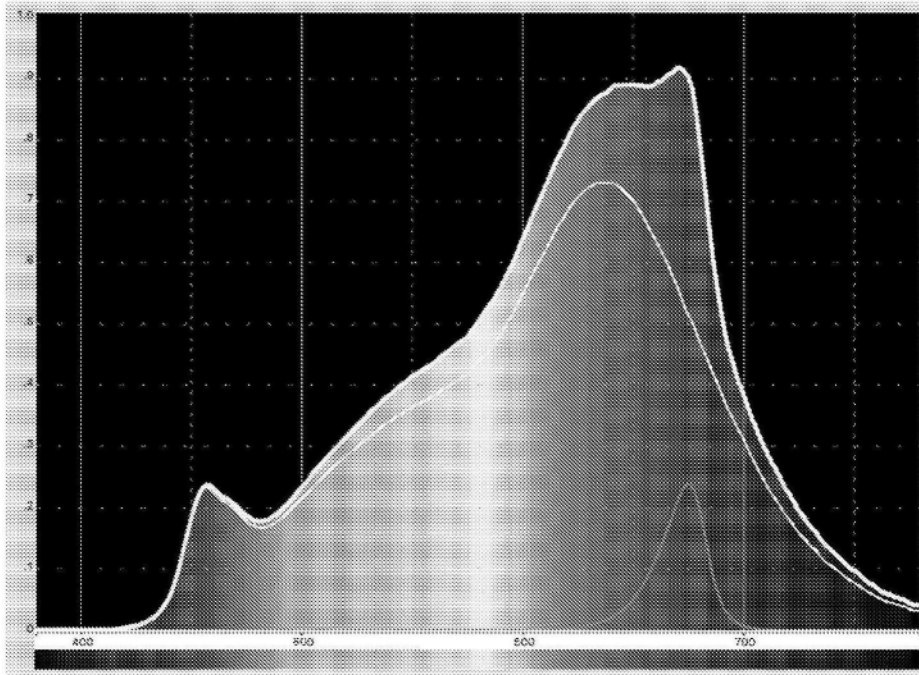


图3.9

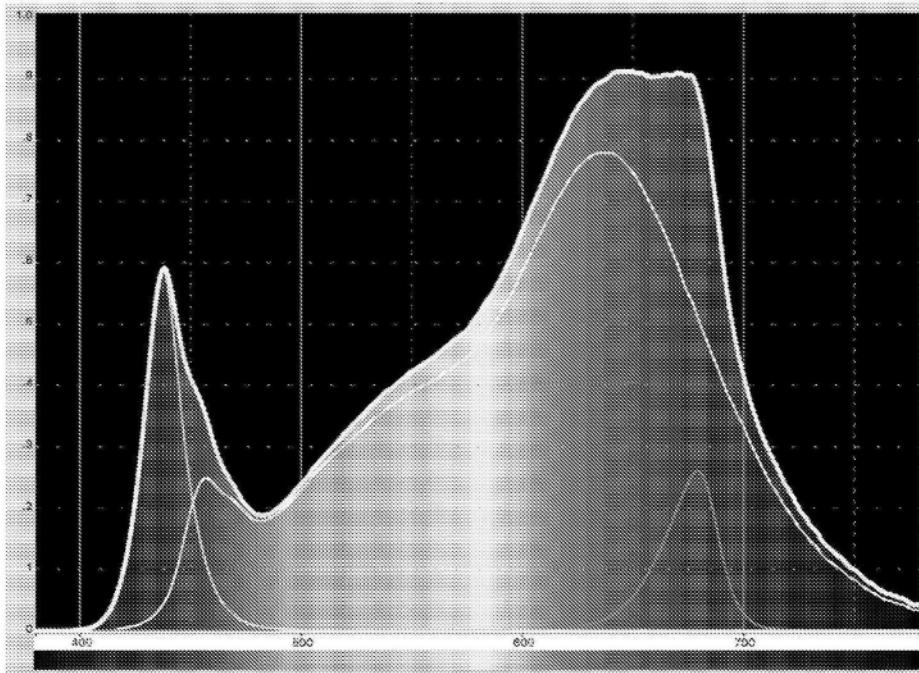


图3.10

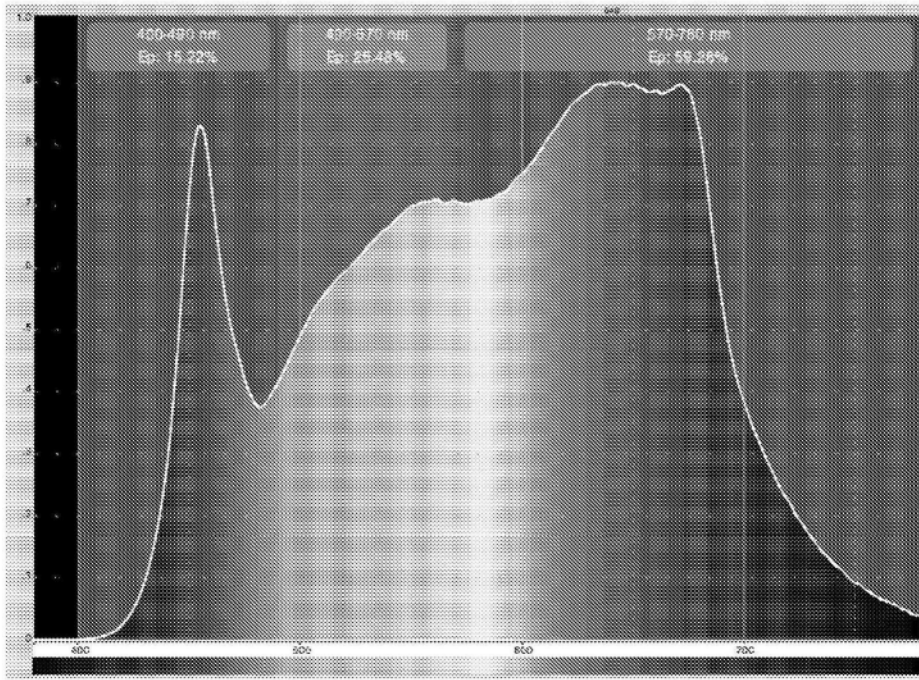


图4.1

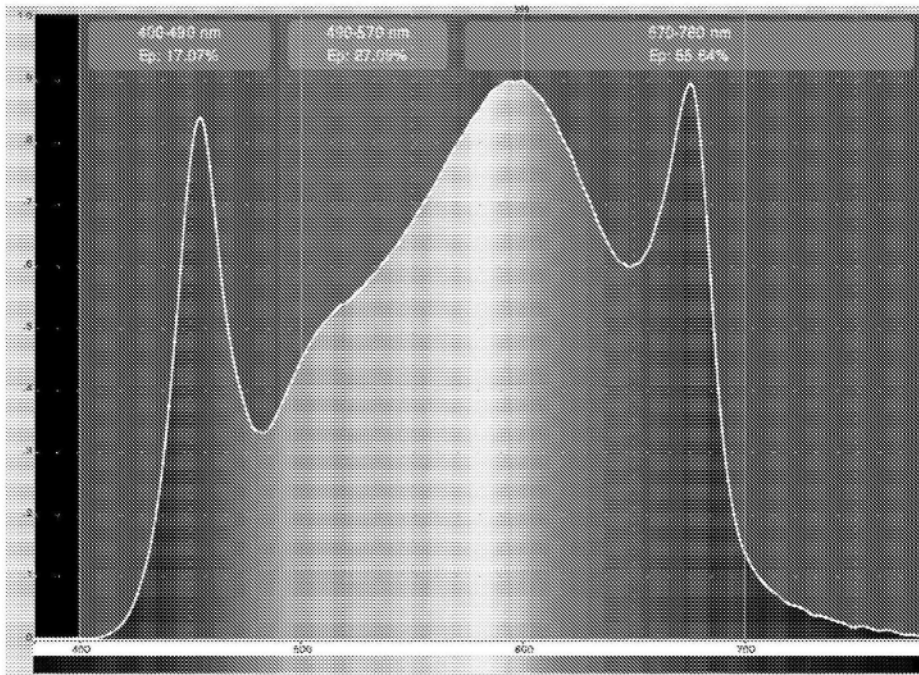


图4.2

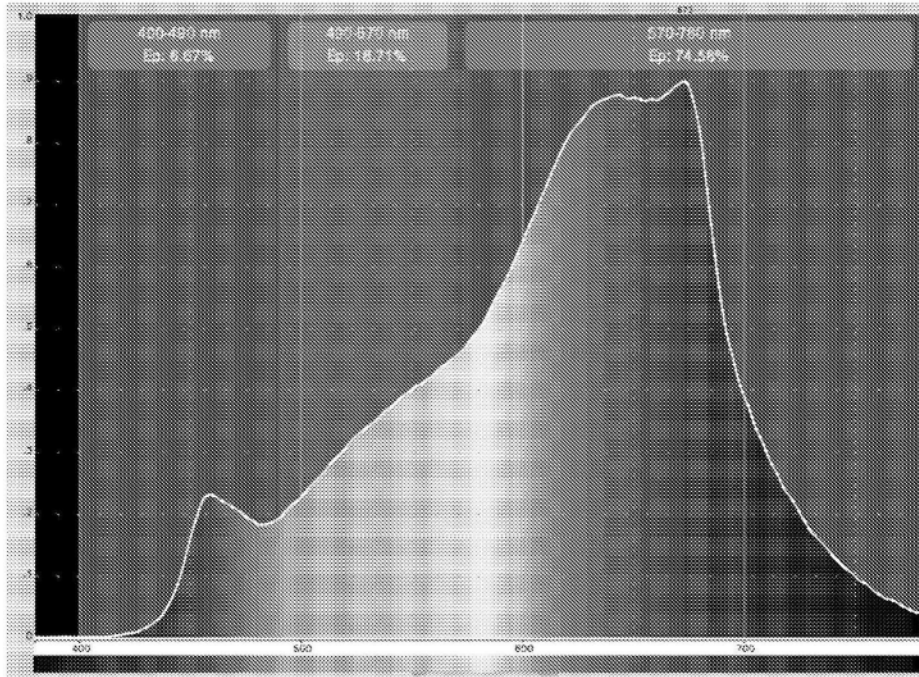


图4.3

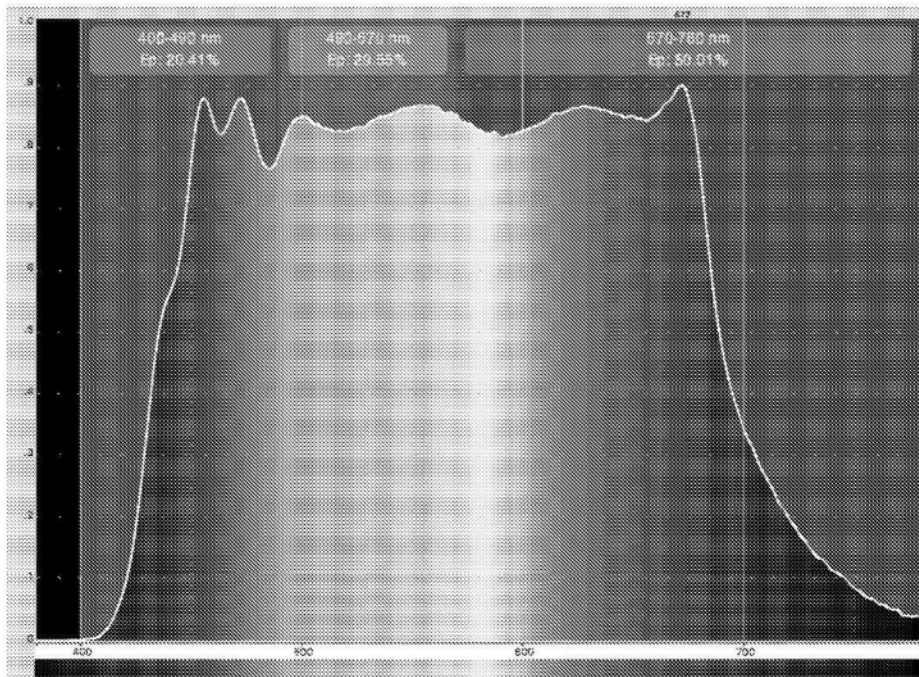


图4.4

照明装置	所使用的LED芯片	电流 [mA]	减少 [V]	功耗 [mW]	CCT [K]	CRI	LUX [lx]	λ_p [nm]	λ_{pV} [mW/m ²]	LED芯片的数目	总功耗	总照度 [lx]	相对功耗 [%]	定量照度 [%]
a)	4000K CRI 98	120	3	360	4110	97,5	636,6	455	12,22	16	5760	10185,6	95,32	99,52
	672 nm	125	2,26	282,5			48,75	677	54,85	1	282,5	48,75	4,68	0,48
b)	4000K CRI 80	122	2,89	352,58	4021	85,2	886,4	455	16,27	16	5641,28	14182,4	89,61	99,16
	672 nm	100	2,18	218			40,17	676	45,45	3	654	120,51	10,39	0,84
c)	4000K CRI 98	122	3,01	367,22	4108	97,7	645,6	454	12,35	16	5875,52	10329,6	72,13	86,15
	475 nm	86	2,87	246,82			117	474	38,38	4	987,28	468	12,12	3,90
	495 nm	86	2,93	251,98			286	498	30,06	4	1007,92	1144	12,37	9,54
	672 nm	122	2,25	274,5			48,08	677	53,57	1	274,5	48,08	3,37	0,40
d)	4000K CRI 98	99	2,94	291,06	4116	97,6	546,4	455	10,64	16	4656,96	8742,4	69,29	70,28
	475 nm	72	2,83	203,76			106,4	474	34,48	2,5	509,4	266	7,58	2,14
	495 nm	72	2,87	206,64			251,9	498	26,66	2	413,28	503,8	6,15	4,05
	672 nm	72	2,09	150,48			30,13	675	34,12	2	300,96	60,26	4,48	0,48
	PC - Lime	99	2,83	280,17			955,5	543	17,45	3	840,51	2866,5	12,51	23,04
d2)	4000K CRI 98	99	2,94	291,06	4116	97,6	546,4	455	10,64	16	4656,96	8742,4	66,25	69,83
	475 nm	72	2,83	203,76			106,4	474	34,48	3	611,28	319,2	8,70	2,55
	495 nm	72	2,87	206,64			251,9	498	26,66	2	413,28	503,8	5,88	4,02
	672 nm	72	2,09	150,48			30,13	675	34,12	2	300,96	60,26	4,28	0,48
	PC - Lime	99	2,83	280,17			955,5	543	17,45	3	840,51	2866,5	11,96	22,90
	672 nm	72	2,86	205,92			27,44	437	67,91	1	205,92	27,44	2,93	0,22
e)	PC - Purple	120	2,78	333,6			297,8	644	19,49	8	2668,8	2382,4	24,38	12,63
	PC - Lime	120	2,87	344,4	4218	47,7	1129	544	20,7	12	4132,8	13548	37,75	71,81
	PC - Amber	120	2,87	344,4	1791	54,1	742,1	604	22,24	1	344,4	742,1	3,15	3,93
	475 nm	120	2,98	357,6			152,4	473	49,79	4	1430,4	609,6	13,07	3,23
	495 nm	120	3,08	369,6			361	497	37,87	4	1478,4	1444	13,50	7,65
	672 nm	120	2,24	268,8			47,73	677	53,25	2	537,6	95,46	4,91	0,51
	672 nm	120	2,96	355,2			43,73	437	105,6	1	355,2	43,73	3,24	0,23
											10947,6	18865,29		

图5第一部分

f)	Sunlike 5000K	152	3,14	477,28	5141	96,8	716	622	10,52	16	7636,48	11456	96,92	98,76
	475 nm	10	2,54	25,4			19,99	477	6,279	3	76,2	59,97	0,97	0,52
	495 nm	10	2,45	24,5			47,34	501	4,584	1	24,5	47,34	0,31	0,41
g)		10	1,77	17,7			4,609	673	5,625	8	141,6	36,872	1,80	0,32
	Sunlike 5000K	152	3,14	477,28	5141	96,8	716	622	10,52	16	7636,48	11456	100	100
	4000K CRI 98	120	3	360	4110	97,5	636,6	455	12,22	16	5760	10185,6	89,81	99,10
h)		125	2,26	282,5			48,75	677	54,85	1	282,5	48,75	4,40	0,47
		125	2,97	371,25			43,61	437	107	1	371,25	43,61	5,79	0,42
	2700K CRI 98	120	3	360	2653	96,2	511,1	635	12,55	16	5760	8177,6	95,23	99,31
i)		70	2,06	144,2			28,5	675	33,21	2	288,4	57	4,77	0,69
	2700K CRI 98	120	3	360	2653	96,2	511,1	635	12,55	16	5760	8177,6	85,31	98,51
		182	2,39	434,98			63,37	679	70,33	1	434,98	63,37	6,44	0,76
	182	3,06	556,92			60,55	437	139,4	1	556,92	60,55	8,25	0,73	
											6751,9	8301,52		

图5第二部分

原型照明装置描述	版本	CRI	CCT	D _{uv}	测量次数	主观的光评估	总体评估, 指定
照明装置 a) 白色LED 4000 K, CRI 98 + 红色LED 672 nm	具有不透明的扩散器	97,1	3797	-0,003	195837	令人愉悦的白色光, 非常轻微的粉红色	良好
照明装置 b) 白色LED 4000 K, CRI 80 + 红色LED 672 nm 促感知的: 白色LED 4000 K, CRI 98 + 475 nm (蓝色) + 495 nm (绿松石) + 672 nm (红色)	具有不透明的扩散器	88,4	3741	-0,0036	200214	令人愉悦的白色光, 无色调	良好
照明装置 c) 促感知的: 白色LED 4000 K, CRI 98 + 475 nm (蓝色) + 495 nm (绿松石) + 绿黄色 555 nm + 672 nm (红色)	具有不透明的扩散器	86,5	4681	0,0003	202328	白色光, 具有蓝色色调	没有蓝色色调
照明装置 d) 促感知的: 白色LED 4000 K, CRI 98 + 475 nm (蓝色) + 495 nm (绿松石) + 绿黄色 555 nm + 672 nm (红色) + 440 nm 蓝色	具有不透明的扩散器	92,6	4583	0,0112	205842	白色光, 具有绿色色调	没有绿色色调
照明装置 d2) 紫色(450nm)和640 nm下的紫光 + 475 nm + 495 nm + PC绿黄色 555 nm + PC琥珀色600 nm + 672 nm + 440 nm 蓝色	具有不透明的扩散器	96	4865	0,0055	210803	白色光, 无色调	良好 (与包含附加440nm的版本d相比)
照明装置 e) Sunlike 8000K + 475 nm + 495 nm + 672 nm	具有不透明的扩散器	89,6	4374	0,0158	193905	不含440 nm的明显绿色调	不好, 人工非自然的绿光
照明装置 f) Sunlike 5000K	具有不透明的扩散器	95,1	5120	0,0026	213437	白色光, 看起来是人工的	不好, 光呈现出灰色+ 警告-BL 危险420nm
照明装置 g) 白色LED 4000 K, CRI 98 + 红色LED 672 nm	具有不透明的扩散器	98,6	4932	0,0012	213317	冷白色光	非常冷, 还有警告-BL 危险420nm
照明装置 h) 白色LED 2700 K, CRI 98 + 红色LED 672 nm	具有不透明的扩散器	92,4	4169	-0,0146	191334	白色光, 具有蓝色色调	良好
照明装置 ch) 白色LED 2700 K, CRI 98 + 红色LED 672 nm + 440 nm (蓝色)	具有不透明的扩散器	95,6	2486	-0,0023	194530	暖白色光	良好, 令人放松的
照明装置 i) 白色LED 2700 K, CRI 98 + 红色LED 672 nm + 440 nm (蓝色)	具有不透明的扩散器	88,8	2725	-0,0279	193457	暖白色光带蓝紫色色调	不好, 不自然的

图6

7A	% 光谱分量				
	光谱	蓝色	绿色	红色	总计
A		15,22	25,48	59,28	99,98
B		17,07	27,09	55,84	100
H		20,46	23,83	55,69	99,98
CH		6,67	18,71	74,58	99,96
D2		20,41	29,55	50,01	99,97
7B	比例 光谱分量				
	光谱	蓝色	绿色	红色	总计
A		1,0	1,7	3,9	6,6
B		1,0	1,6	3,3	5,9
H		1,0	1,2	2,7	4,9
CH		1,0	2,8	11,2	15,0
D2		1,0	1,4	2,5	4,9
7C	光谱分量				
	光谱	蓝色	绿色	红色	总计
A		0,6	1,0	2,3	3,9
B		0,6	1,0	2,1	3,7
H		0,9	1,0	2,3	4,2
CH		0,4	1,0	4,0	5,3
D2		0,7	1,0	1,7	3,4
7D	% 光谱分量				
	光谱	蓝色 + 绿色	红色	总计	
A		40,7	59,3	100,0	
B		44,2	55,8	100,0	
H		44,3	55,7	100,0	
CH		25,4	74,6	100,0	
D2		50,0	50,0	100,0	
7E	比例 光谱分量				
	光谱	蓝色 + 绿色	红色	总计	
A		1,0	1,5	2,5	
B		1,0	1,3	2,3	
H		1,0	1,3	2,3	
CH		1,0	2,9	3,9	
D2		1,0	1,0	2,0	

图7

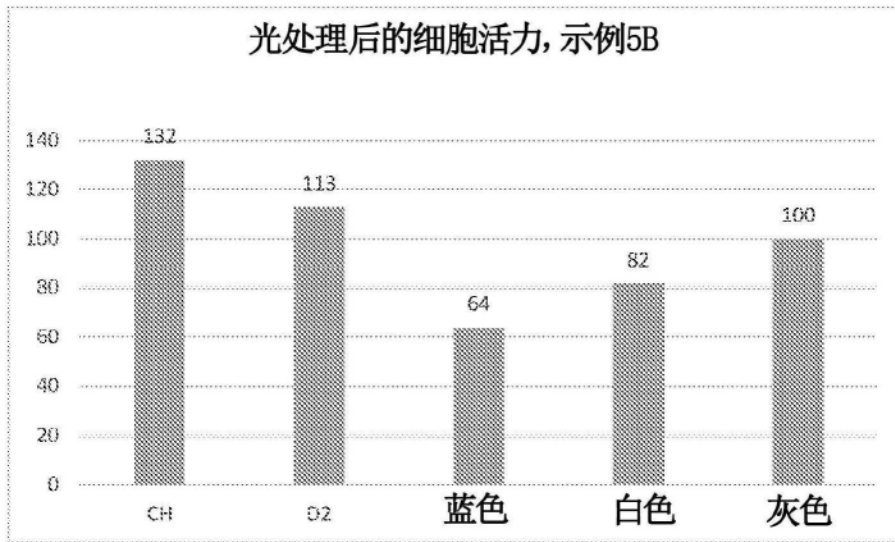


图8

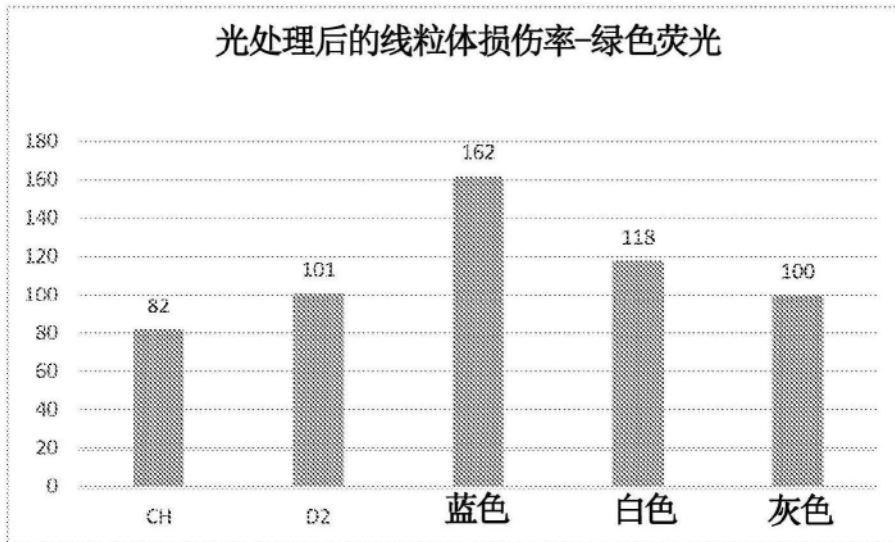


图9.1

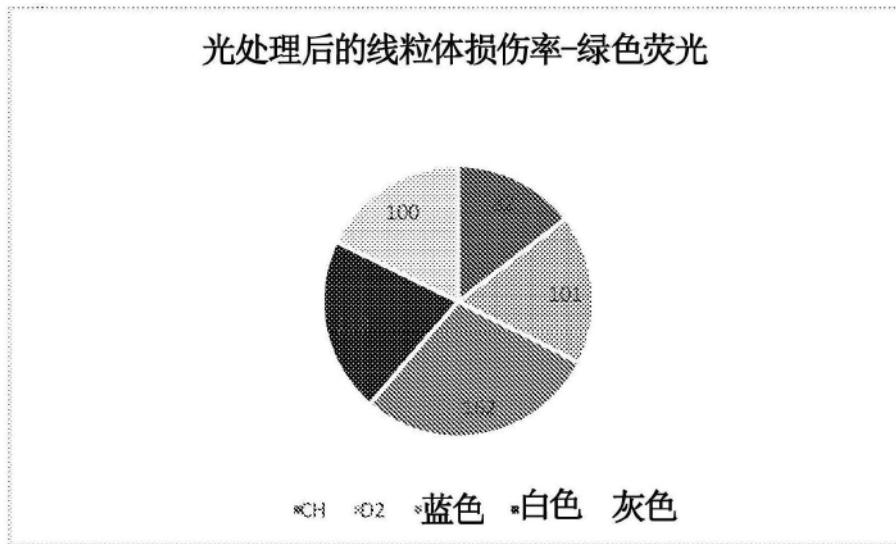


图9.2

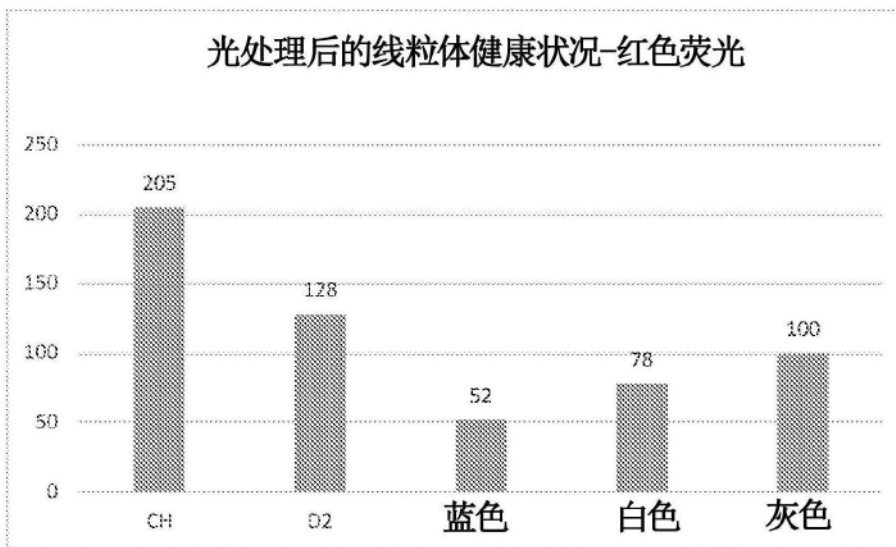


图9.3

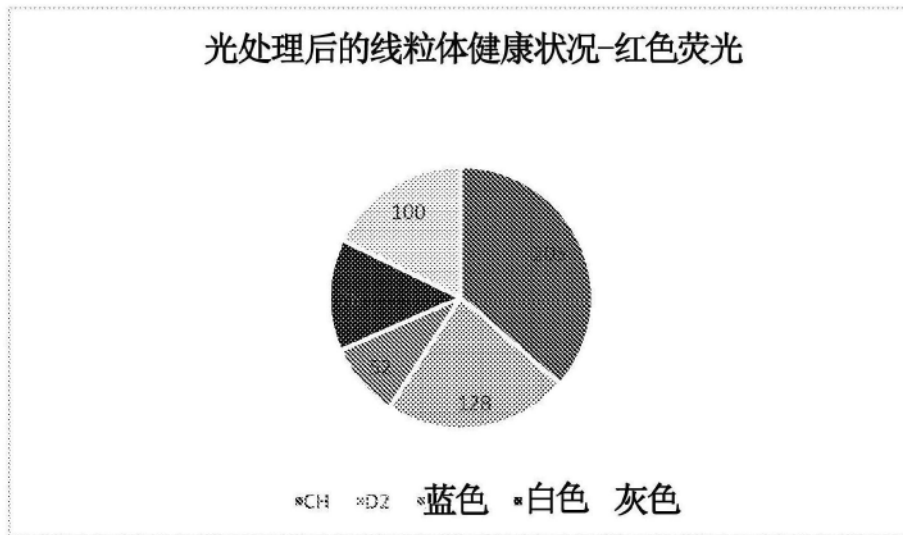


图9.4

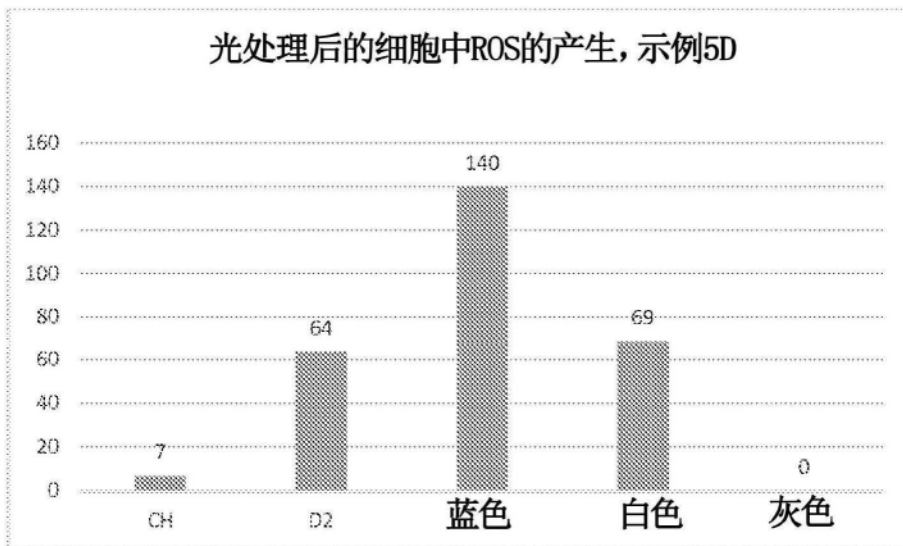


图10

时间 (min)	光发射器			
	蓝色(活细胞数目)	白色(活细胞数目)	日白色D2 (活细胞数目)	暖白色CH (活细胞数目)
0	575 000	519 000	560 000	579 000
30	144 000	512 000	142 000	133 000
60	185 000	554 000	393 000	582 000
90	104 000	474 000	341 000	1 330 000
120	118 000	294 000	137 000	1 720 000
600	9 000	284 000	66 300	1 204 740

图12A

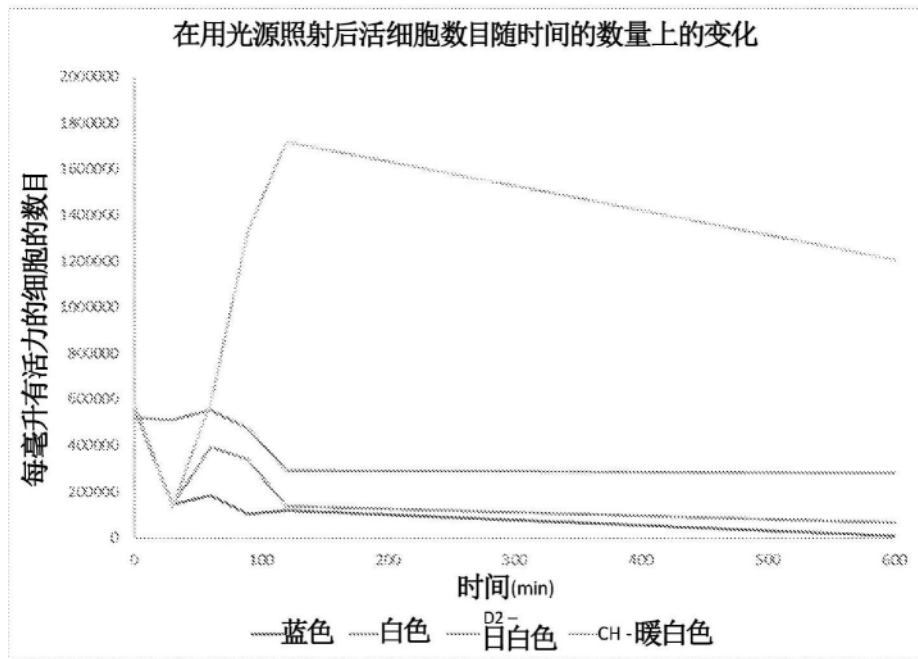


图12B

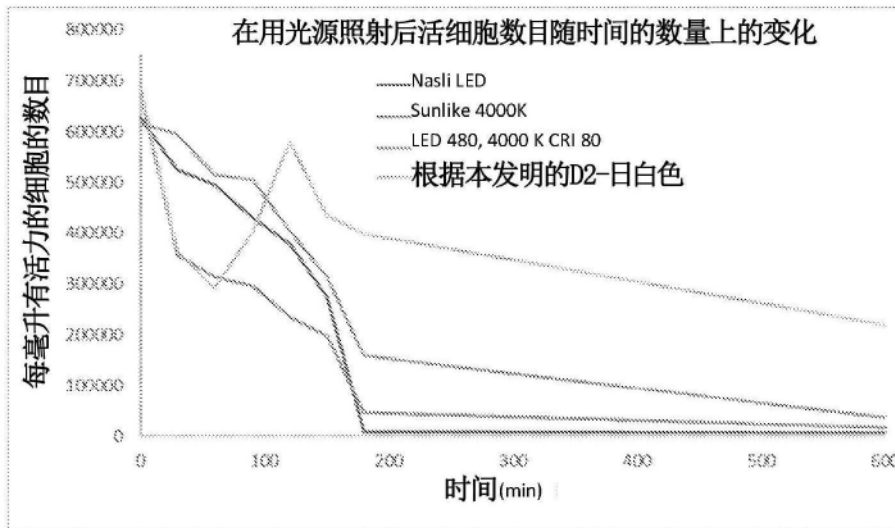


图13A

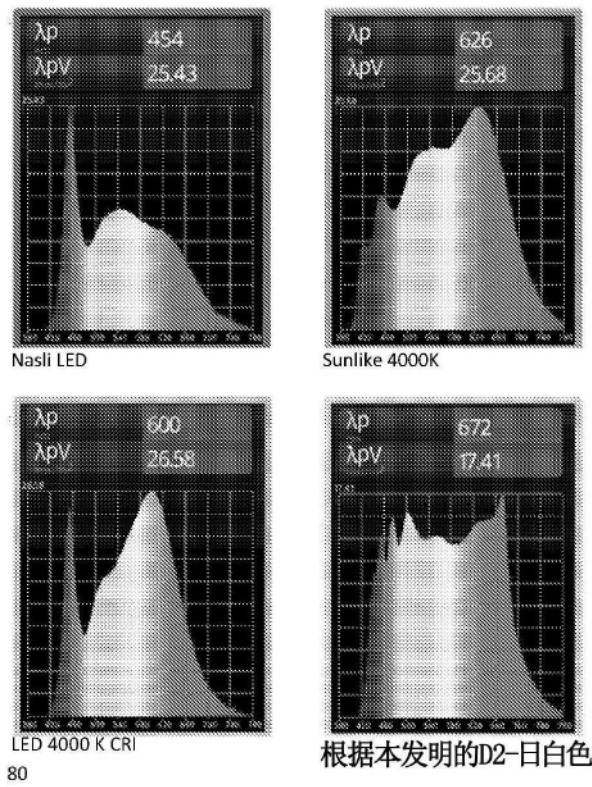


图13B