



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110582859 B

(45) 授权公告日 2023.09.15

(21) 申请号 201880028662.6

(74) 专利代理机构 北京市金杜律师事务所

11256

(22) 申请日 2018.04.26

专利代理人 董莘

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 110582859 A

(51) Int.CI.

H01L 33/50 (2010.01)

(43) 申请公布日 2019.12.17

F21K 9/64 (2016.01)

(30) 优先权数据

F21V 9/00 (2018.01)

17168963.1 2017.05.02 EP

C09K 11/08 (2006.01)

17169476.3 2017.05.04 EP

C09K 11/77 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2019.10.30

(56) 对比文件

CN 101054519 A, 2007.10.17

(86) PCT国际申请的申请数据

CN 101009341 A, 2007.08.01

PCT/EP2018/060707 2018.04.26

US 2010038590 A1, 2010.02.18

(87) PCT国际申请的公布数据

US 2004217364 A1, 2004.11.04

W02018/202534 EN 2018.11.08

WO 2015124755 A1, 2015.08.27

(73) 专利权人 昕诺飞控股有限公司

WO 2015015363 A1, 2015.02.05

地址 荷兰艾恩德霍芬市

CN 106574175 A, 2017.04.19

(72) 发明人 M·P·J·皮特斯 R·T·韦格

WO 2017021087 A1, 2017.02.09

(续)

CN 102405538 A, 2012.04.04

审查员 史敏娜

权利要求书2页 说明书21页 附图5页

(54) 发明名称

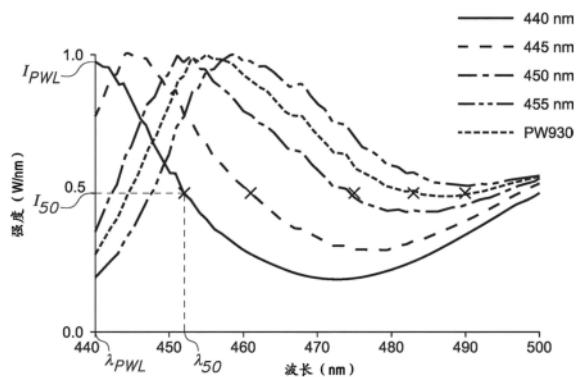
特别用于零售应用的暖白LED光谱

下的白色照明设备光(101)的光谱分布中的第一波长(λ_{50})，其中第一波长(λ_{50})是最接近峰值波长(λ_{PWL})的、但处于比蓝光(11)的峰值波长(λ_{PWL})更长的波长处的波长，其中峰值强度(I_{50})是峰值波长(λ_{PWL})处的强度(I_{PWL})的50%。

(57) 摘要

本发明提供了一种照明设备(100)，被配置为提供照明设备光(101)，该照明设备(100)包括：固态光源(10)，被配置为提供具有选自430nm-455nm的峰值波长(λ_{PWL})的蓝光(11)；第一发光材料(210)，被配置成将蓝光(11)的一部分转换成第一发光材料光(211)；以及第二发光材料(220)，被配置为将蓝光(11)和第一发光材料光(211)中的一个或多个的一部分转换成第二发光材料光(221)，其中固态光源(10)、第一发光材料(210)和第二发光材料(220)被选择为在照明设备(100)的第一设置下提供具有至少90的CRI、至少70的R₉值和最大465nm的R₅₀值的白色照明设备光(101)，其中R₅₀值被定义为在第一设置

CN 110582859 B



[转续页]

[接上页]

(56) 对比文件

JP 2012056970 A, 2012.03.22

US 2016116124 A1, 2016.04.28

JP 2013502711 A, 2013.01.24

1. 一种照明设备(100),被配置为提供照明设备光(101),所述照明设备(100)包括固态光源(10)、第一发光材料(210)以及第二发光材料(220),所述固态光源(10)被配置为提供具有选自430nm-455nm的范围的峰值波长的蓝光(11),所述第一发光材料(210)被配置成将所述蓝光(11)的一部分转换成第一发光材料光(211),所述第二发光材料(220)被配置为将所述蓝光(11)和所述第一发光材料光(211)中的一者或者的一部分转换成第二发光材料光(221),其中所述固态光源(10)、所述第一发光材料(210)和所述第二发光材料(220)被选择以在所述照明设备(100)的第一设置下提供白色照明设备光(101),所述白色照明设备光(101)具有至少90的CRI、至少100的色域面积指数(GAI)、至少70的R₉值和最大455nm的R₅₀值,其中所述R₅₀值被定义为在所述第一设置下的所述白色照明设备光(101)的光谱分布中的第一波长(λ₅₀),其中所述第一波长(λ₅₀)是最接近所述峰值波长(λ_{PWL})的、但处于比所述蓝光(11)的所述峰值波长(λ_{PWL})更长的波长处的波长,在所述第一波长(λ₅₀)处的峰值强度(I₅₀)是在所述峰值波长(λ_{PWL})处的强度(I_{PWL})的50%,并且其中所述第一发光材料光(211)具有在绿色和黄色中的一个或多个中的强度,所述第一发光材料光(211)具有CIE u'₁,并且所述第二发光材料光(221)具有在橙色和红色中的一个或多个中的强度,所述第二发光材料光(221)具有CIE u'₂,其中所述第一发光材料(210)和所述第二发光材料(220)被选择以提供由以下限定的所述第一发光材料光(211)和所述第二发光材料光(221):CIE u'₁(211)和CIE u'₂(221)的最大比率为CIE u'₂(221)=1.58*CIE u'₁(211)+0.255,以及CIE u'₁(211)和CIE u'₂(221)的最小比率为CIE u'₂(221)=2.3*CIE u'₁(211)+0.04。

2. 根据权利要求1所述的照明设备(100),其中所述蓝光(11)具有选自435nm-445nm的范围的峰值波长(λ_{PWL})。

3. 根据前述权利要求中任一项所述的照明设备(100),被配置为在所述第一设置下提供具有在101-120的范围内的色域面积指数(GAI)的白色照明设备光(101)。

4. 根据权利要求1或2所述的照明设备(100),被配置为在所述第一设置下提供具有最大450nm的R₅₀值的白色照明设备光(101)。

5. 根据权利要求1或2所述的照明设备(100),被配置为在所述第一设置下提供具有低于黑体轨迹(BBL)至少0.005的CIE v'、并且具有低于所述黑体轨迹(BBL)至多0.025的CIE v'的白色照明设备光(101)。

6. 根据权利要求1或2所述的照明设备(100),被配置为在所述第一设置下提供具有-0.014≤D_{uv}≤-0.005的白色照明设备光(101)。

7. 根据权利要求1或2所述的照明设备(100),其中所述第一发光材料(210)具有在绿色和黄色中的一个或多个中的强度,并且所述CIE v'值在0.55-0.58的范围内,并且所述第二发光材料具有在橙色和红色中的一个或多个中的强度,并且所述CIE v'值在0.52-0.55的范围内。

8. 根据权利要求1或2所述的照明设备(100),被配置为在所述第一设置下提供具有选自2700K-4000K的范围的相关色温的白色照明设备光(101)。

9. 根据权利要求1或2所述的照明设备(100),其中所述第一发光材料(210)包括M₃A₅O₁₂:Ce³⁺,其中M选自由Sc、Y、Tb、Gd和Lu组成的组,其中A选自由Al、Ga、Sc和In组成的组,并且其中A包括Ga和Al。

10. 根据权利要求1或2所述的照明设备(100),其中所述第二发光材料(220)包括

MA₁SiN₃:Eu，其中M包括选自由钡(Ba)、锶(Sr)和钙(Ca)组成的组中的一个或多个元素，其中所述第二发光材料(220)包括不同的MA₁SiN₃:Eu化合物，其中具有M的第一化合物至少包括Ca，并且具有M的第二化合物至少包括Sr。

11.根据权利要求1或2所述的照明设备(100)，其中：

-所述固态光源(10)被配置为提供具有选自435nm-445nm的范围的峰值波长(λ_{PWL})的蓝光(11)；

-所述固态光源(10)具有LED裸片(12)，其中所述照明设备(100)包括光转换器(200)，所述光转换器(200)包括所述第一发光材料(210)和所述第二发光材料(220)，并且其中所述光转换器与所述LED裸片(12)物理接触；

-所述第一发光材料(210)包括M₃A₅O₁₂:Ce³⁺，其中M选自由Sc、Y、Tb、Gd和Lu组成的组，其中A选自由Al、Ga、Sc和In组成的组，并且其中A包括Ga和Al；

-所述第二发光材料(220)包括MA₁SiN₃:Eu，其中M包括选自由钡(Ba)、锶(Sr)和钙(Ca)组成的组的一个或多个元素，其中所述第二发光材料(220)包括不同的MA₁SiN₃:Eu化合物，其中具有M的第一化合物至少包括Ca，并且具有M的第二化合物至少包括Sr；以及

-所述照明设备(100)被配置为在所述第一设置下提供具有最大455nm的R₅₀值的白色照明设备光(101)。

12.根据权利要求1或2所述的照明设备(100)，被配置为在所述第一设置下提供具有对于所述蓝光(11)在11%-13%的范围内、对于所述第一发光材料光(211)在40%-47%的范围内、以及对于所述第二发光材料光(221)在30%-48%的范围内的光谱分布(瓦特)的白色照明设备光(101)。

13.一种照明系统(1000)，包括：根据前述权利要求1-12中任一项所述的照明设备(100)、以及被配置成控制所述照明设备(100)的控制系统(130)。

14.一种根据前述权利要求1-12中任一项所述的照明设备(100)在零售照明中的用途。

特别用于零售应用的暖白LED光谱

技术领域

[0001] 本发明涉及照明设备、包括这种照明设备的照明系统以及这种照明设备的使用。

背景技术

[0002] 白光照明设备在本领域中是已知的。例如,WO2013/150470描述了一种发光模块，该发光模块适于产生具有在从400nm至440nm的波长范围内的发射峰的白输出光，该发光模块包括：至少一个第一发光元件，适于发射具有在440nm到460nm的第一波长范围内的发射峰的光；至少一个波长转换材料，布置成接收由所述第一发光元件发射的光，并且能够发射具有在绿色到红色波长范围中的发射峰的光；以及至少一个第二发光元件，适于发射具有在从400nm到440nm的第二波长范围内的发射峰的光。这种模块提供具有“纯白”效果的白光。

[0003] WO 2015/124755 A1公开了一种发光模块，该发光模块包括：第一模块，其发射具有白光的第一色点的第一光；以及第二模块，其发射峰值波长在440nm-470nm的范围内的蓝光峰值。

[0004] WO 2017/021087 A1公开了一种照明设备，该照明设备包括：光源，其产生在400nm-440nm的范围内的深蓝辐射和在440nm-490nm的范围内的蓝光；以及第一和第二发光材料，其用于转换来自光源的至少一部分光。

[0005] WO 2015/015363 A1公开了一种发光装置，该发光装置包括：蓝色发光元件，其具有在440nm-460nm的范围内的发射峰的；深蓝色发光元件，其具有在400nm-440nm的范围内的发射峰；窄频带波长转换材料；以及宽频带波长转换材料。

[0006] US 2016/116124 A1公开了一种照明系统，该照明系统包括：发光二极管，被配置为接收变化的电功率；以及第一磷光体、第二磷光体，其具有随着功率变化而变化的转换效率，其中来自LED、第一磷光体和第二磷光体的光组合以形成发射光。

[0007] EP 2587559 A1公开了一种具有LED和磷光体材料的白色发光半导体设备，该磷光体材料将来自LED的光进行转换。磷光体材料包括绿色磷光体和宽频带红色磷光体。

[0008] EP 2432037 A1公开了一种白色发光半导体设备，该白色发光半导体设备具有LED、产生蓝光的第一磷光体、产生绿光的第二磷光体和产生红光的第三磷光体。

发明内容

[0009] 对于零售照明，通常应用CDM(陶瓷放电金属卤化物)照明。CDM技术已经被大规模地采用，用于照明商店中的商品。

[0010] 采用替代性照明设备的关键似乎是高效率(特别地 $>100\text{lm/W}$)和高显色性(特别地 $\text{GRI} \geq 90$)和最佳白色感知(这在WO2013/150470中通过经由灯发射光谱中的深蓝色波长对光学亮度剂的激发而实现)。

[0011] 随着LED的引入，上述CDM技术的替换是可能的。应用于零售照明的主要LED光源是板上芯片(CoB)。CoB的小直径(发光源)使具有窄光束角的聚光照明成为可能。然而，这些

LED解决方案的普遍接受度受到效率、颜色和白色感知的滞后的阻碍。

[0012] 用于零售的LED照明的突破是W02013/150470(还参见上文)中纯白的发明。深蓝色发射峰的添加激发存在于白色织物、涂料和塑料中的光学增亮剂。这导致强烈改善的白度感知。该纯白光源在市场上被接受,作为在白度和显色方面的CDM的替换。

[0013] 看起来,向发射光谱添加深蓝光的替代性方案是将发射源的色点改变为远低于BBL的色点。主流零售照明CCT为3000K,并且伴随的色点显著低于黑体线(黑体轨迹(BBL)),诸如CIE y比BBL低至少0.05(CIE 1931)。在色温在大约2500K-3500K范围内并且(因此)CIE y比BBL低至少0.05(CIE 1931)的情况下可以获得良好结果。

[0014] 这允许提供具有低于BBL的目标色点的光源,其中发射光谱不具有如上文所指示的附加的深蓝色。因此,白度增值不是由于附加的深蓝色,而是由于相对于BBL较低的色点。

[0015] 高CRI不总是提供期望的颜色感知。色域面积指数(gamut area index)的使用对于进一步表征期望的光学特性似乎有用。由光源呈现的颜色的色域可以通过被称为色域面积指数(GAI或 G_a)的度量来测量。如果用于计算CRI的色点被连接在二维空间中,则它们形成的有界区域是色域面积。较高GAI导致颜色饱和。

[0016] 用黑体辐射体在3000K的CCT下呈现在CRI中使用的颜色将产生100的CRI。对于不能精确呈现如由黑体辐射体所呈现的色点的任何光源,CRI将小于100。连接所呈现的色点将形成色域面积。

[0017] 色域面积指数是通过由光源形成的色域面积除以由使用用于CRI的颜色的相同集合的参考源形成的色域面积来计算的。

[0018] 尽管其具有局限性,但是一般的显色指数(R_a)仍然是用于对光源的显色特性进行评级的唯一的CIE标准化和广泛使用的指数。它被照明制造商用于产品规格表中、由国家和国际标准[1-7]和监管机构[8-11]用于设置最低要求和用于在退税方案[12]中。一般的显色指数是:与具有相同相关色温的参考发光体相比,灯能够针对测试颜色样本的限定的集合重现颜色再现(rendition)的准确度的量度。因为仅计算和平均化颜色差异,所以 R_a 将不可避免地随着颜色差异的增加而降低,而不管颜色与参考发光体相比颜色是否或多或少地被有色地重现。在 R_a 之后添加捕获色彩度的平均变化的第二指数将是有益的。

[0019] Jost等人(<http://lrt.sagepub.com/cgi/reprint/1477153514555882v1.pdf?ijkey=bIowlxbucETGo5V&keytype=finite>) (Lighting Res. Technol. 2014; 0:1-26)已经发现,自然度与基于保真度的指数(像 R_a)相关地最好,并且对象吸引力与基于色域面积的指数相关地最好。为了使得能够在针对待测试的灯的自然度和吸引力之间作出直接权衡,有必要使用与用于计算一般显色指数相同的方法和测试颜色样本来计算基于色域面积的指数。为此,色域面积指数应基于CIE出版物13.3-1995[13]中描述的方法和过程,其通过引用并入本文。该节包括用于计算相对色域面积指数的方法。为了指示相对色域面积指数应该与一般显色指数(R_a)结合使用,相对色域面积指数由符号 G_a 指定。

[0020] 用于计算相对色域面积指数(G_a)的过程是基于在CIE出版物13.3-1995[13]的第5节中所描述的评级过程。待测试的灯和参考发光体两者的色域面积必须用八个测试颜色样本的集合进行计算,针对该八个测试颜色样本的集合的光谱辐射因子在CIE13.3-1995[13]的第8节的表1中指定。为此,首先必须针对待测试的灯和参考发光体两者确定八个测试颜色的CIE 1931三色刺激(tristimulus)值。下一步骤是将这些三色刺激值变换为1960UCS图

的坐标。

[0021] 自适应色移由具有由D.B.Judd给出的基本原色的Von Kries变换来解释(Proceedings of the National Academy of Sciences,07/1966;55 (6) :1313-30.DOI:10.1073/pnas.55.6.1313)。

[0022] 相对色域面积指数在1960均匀颜色空间中进行计算。

[0023] 对于参考发光体,采用与在CIE13.3-1995[13]的第5.2节中所描述的相同的过程。

[0024] 关于参考发光体的公差,应当使用与在CIE13.3-1995[13]的第5.3节中所描述的相同的标准。

[0025] 关于测试颜色样本,应当仅使用在CIE13.3-1995[13]的第5.4节(和第8节,表1)中描述的八个测试颜色样本的集合。

[0026] 关于八个测试颜色样本的CIE 1931三色刺激值的确定,应当使用与CIE13.3-1995[13]的第5.5节中规定的相同的程序。

[0027] 关于到1960UCS坐标的变换,应当使用与在CIE13.3-1995[13]的第5.6节中规定的相同的程序,但是仅针对在第8节的表1中指定的八个测试颜色样本。这将为用于待测试的灯($u_{k,i}, v_{k,i}$)以及用于参考发光体($u_{r,i}, v_{r,i}$)提供在1960均匀颜色空间中的八个测试颜色样本($i=1,8$)的色度坐标。

[0028] 关于自适应(感知的)色移的考虑,应当使用与CIE13.3-1995[13]的第5.7节中规定的相同的程序,但是仅针对在第8节的表1中指定的八个测试颜色样本。在考虑自适应色移之后,这将为待测试的灯(k)提供在1960均匀颜色空间中的八个测试颜色样本($i=1,8$)的色度坐标($u'_{k,i}, v'_{k,i}$)。

[0029] 关于色域面积的确定,参考发光体的色域面积(GA_{ref})应当(参见上文)通过使用以下公式,利用用参考发光体(r)照明的测试颜色样本的色度坐标来计算:

$$GA_{ref} = ((u_{r,1} \times v_{r,2}) - (u_{r,2} \times v_{r,1}) + (u_{r,2} \times v_{r,3}) - (u_{r,3} \times v_{r,2}) + (u_{r,3} \times v_{r,4}) - (u_{r,4} \times v_{r,3}) + (u_{r,4} \times v_{r,5}) - (u_{r,5} \times v_{r,4}) + (u_{r,5} \times v_{r,6}) - (u_{r,6} \times v_{r,5}) + (u_{r,6} \times v_{r,7}) - (u_{r,7} \times v_{r,6}) + (u_{r,7} \times v_{r,8}) - (u_{r,8} \times v_{r,7}) + (u_{r,8} \times v_{r,1}) - (u_{r,1} \times v_{r,8})) / 2$$

[0031] 在考虑自适应色移(参见上文)之后,待测试的灯的色域面积(GA_{test})应当通过使用以下公式,利用用待测试的灯(k)照明的测试颜色样本的色度坐标来计算:

$$GA_{test} = ((u'_{k,1} \times v'_{k,2}) - (u'_{k,2} \times v'_{k,1}) + (u'_{k,2} \times v'_{k,3}) - (u'_{k,3} \times v'_{k,2}) + (u'_{k,3} \times v'_{k,4}) - (u'_{k,4} \times v'_{k,3}) + (u'_{k,4} \times v'_{k,5}) - (u'_{k,5} \times v'_{k,4}) + (u'_{k,5} \times v'_{k,6}) - (u'_{k,6} \times v'_{k,5}) + (u'_{k,6} \times v'_{k,7}) - (u'_{k,7} \times v'_{k,6}) + (u'_{k,7} \times v'_{k,8}) - (u'_{k,8} \times v'_{k,7}) + (u'_{k,8} \times v'_{k,1}) - (u'_{k,1} \times v'_{k,8})) / 2$$

[0033] 相对色域面积指数(G_a)应当利用用于参考发光体的色域面积值(GA_{ref})和待测试的灯的色域面积值(GA_{test})(参见上文)根据以下公式来计算:

$$G_a = 100 \times GA_{test} / GA_{ref}$$

[0035] 相对色域面积指数(G_a)可以与一般显色指数(R_a)结合使用,以基于同样的测试颜色样本集合来公开关于光源的呈色质量的附加信息。它揭示了除了由 R_a 所公开的信息以外的其他信息。根据由Jost等人完成的工作, R_a 与自然度良好地相关,而基于色域的指数示出了与吸引力的高相关性。对由Jost提供的数据的附加分析显示, G_a 还与吸引力良好地相关。在二维(R_a-G_a)系统中,一个轴线可以与自然度相关,而另一轴线可以与对象的吸引力相关。当所有信息被压缩成一个单一的平均指数值时,这种权衡是不容易做出的。应当小心地将

该实验的发现推广到具有高自然度和高吸引力的区域,因为自然度和对象吸引力之间的平衡取决于预期应用[14]。尽管对象吸引力和 R_a 之间的相关性平均而言是高的,但是存在对于色域面积的增加量的限制[15],特别是对于肤色呈现,应当小心[14]。此外,高保真(R_a)分数不一定意味着对象的自然再现。

[0036] 如上所述,描述了用于计算相对色域面积指数(G_a)的过程。它应当最好与 R_a 结合使用来指示较低保真度分数的原点,即,与参考源相比较大或较小的色域。然而, G_a 也所有色移概括成一个单一数字,而对于特定应用来说,特定颜色的相对小的偏移可能比其他颜色的相对大的偏移更重要。图形表示提供了对用于确定指数值 R_a 和 G_a 的所有个体颜色的色彩度的变化和色调偏移的综合概览。它是补充性的,并且有助于做出更明智的设计决策。

[0037] 用于计算一般显色图形的过程基于先前章节中所描述的方法(参见上文)。起点是利用上述过程确定的针对参考发光体的色度坐标($u_{r,i}, v_{r,i}$)、以及利用上述程序确定的在考虑自适应色移之后的待测试的灯的色度坐标($u'_{k,i}, v'_{k,i}$)。通过以下公式将首先将色度坐标从CIE 1960 UCS变换到更感知均匀的CIE 1976 UCS:

$$[0038] u' = u, v' = 1.5 \times v$$

[0039] 随后,将计算从白色点到八个测试颜色样本的色度坐标中的每一个色度坐标的距离。待测试的灯的色度坐标应该接近黑体轨迹(CIE13.3-1995的第5.3节),如上所述。因此,在考虑自适应色移之后,待测试的灯的白色点的色度坐标等于参考发光体的色度坐标(u'_{wr}, v'_{wr})。对于所有八个测试颜色样本(i),将通过使用以下公式来确定到参考白色点的距离:

$$[0040] \text{对于参考源}(r): \Delta u'_{r,i} = u'_{r,i} - u'_{wr} \text{ 和 } \Delta v'_{r,i} = v'_{r,i} - v'_{wr}$$

$$[0041] \text{对于被测试灯}(k): \Delta u'_{k,i} = u'_{k,i} - u'_{wr} \text{ 和 } \Delta v'_{k,i} = v'_{k,i} \times 1.5 - v'_{wr}$$

[0042] 对于待测试的灯,符号 $v'_{k,i}$ 已经在上面指定。因此,该值应当乘以1.5以将其从CIE 1960 UCS变换到CIE 1976 UCS。

[0043] 为了能够比较待测试的灯的相对颜色偏移,与参考发光体相比,对于利用参考发光体(r)照射的所有个体测试颜色样本(i),距参考白色点的距离(u'_{wr}, v'_{wr})将首先被归一化。随后,从(u'_{wr}, v'_{wr})到利用测试灯(k)照射的测试颜色样本(i)的色度坐标距离应该根据以下公式被相应地缩放:

$$[0044] \Delta u'_{N,r,i} = \Delta u'_{r,i} / (\Delta u'_{r,i}^2 + \Delta v'_{r,i}^2)^{0.5}, \Delta v'_{N,r,i} = \Delta v'_{r,i} / (\Delta u'_{r,i}^2 + \Delta v'_{r,i}^2)^{0.5}$$

$$[0045] \Delta u'_{N,k,i} = \Delta u'_{k,i} / (\Delta u'_{r,i}^2 + \Delta v'_{r,i}^2)^{0.5}, \Delta v'_{N,k,i} = \Delta v'_{k,i} / (\Delta u'_{r,i}^2 + \Delta v'_{r,i}^2)^{0.5}$$

[0046] 用于参考源的缩放色差坐标($\Delta u'_{N,r,i}, \Delta v'_{N,r,i}$)和用于待测试的灯的缩放色差坐标($\Delta u'_{N,k,i}, \Delta v'_{N,k,i}$)可以被表示为在CIE 1976 $\Delta u'$, $\Delta v'$ 颜色空间中的图形(一般显色指数),其中白色点的色度坐标(u'_{wr}, v'_{wr})作为原点。在图8中提供了示例。

[0047] 显色指数图形的优点是它示出了为什么一般的显色指数(R_a)偏离值100。它示出了所有八个测试颜色样本的相对颜色变化(幅度和色调偏移两者)。该图形表示方法的缺点是:它不提供对于优选或允许的颜色变化的标准。同样,这期望由预期的应用确定。

[0048] 在本发明中,用于确定CRI的参考源和用于确定GAI的参考源被选择为是相同的(参见上文并且还参见CIE13.3-1995[13]的5.2节)。

[0049] 初始用户测试揭示了:略微增加的红色饱和是优选的。作为使用色域面积指数(其基于用于CRI计算的不饱和颜色)的替代或补充,可以使用红色饱和指数。红色过饱和的缺

点在于它将损失效率。进一步的测试显示,特别(同样)增加的黄色和/或绿色饱和(色调在90°和160°之间)是被接收的。通过使这些色调仓(bin)过饱和来增加色域面积可以在有限的效率损失下来完成。

[0050] 最佳(零售)照明解决方案不仅可以通过白色和颜色感知来描述,并且可以通过系统效率来描述。在效率(1m/W)、白色感知(白度)和颜色感知(色域面积指数)之间存在权衡。LED中效率最高的解决方案是关于BBL(标准CoB)的发射光谱,满足CRI>80且没有特别的GAI要求。纯白的解决方案可能具有相对低的效率:由于附加的深蓝光,每瓦特的总流明输出低于没有深蓝光时的情况。如上所述,用户测试揭示了红色和/或绿色/黄色的轻微过饱和是优选的。然而,红色的过饱和伴随着效率损失。为了满足零售照明的能源效率需求,通常在应用中的LED水平上需要至少1051m/W。因此,上述建议的解决方案可能无法提供所有期望的特性,特别地对于零售照明。色域面积指数GAI在本文中还被指示为GAI。

[0051] 因此,本发明的一个方面是提供一种替代性的照明设备,其优选地进一步至少部分地消除上述缺点中的一个或多个缺点,这特别具有相对高的效率、相对高的CRI、高G_a(GAI)、良好的显色性以及一个或多个颜色的一些饱和。

[0052] 良好的白色“呈现”看起来是通过向白光混合添加紫色LED来获得的,但是这是昂贵的并且可能具有显著的效率损失。可以通过添加深红色磷光体(即,增加红色饱和)来获得高颜色饱和指数,但这也可能具有显著的效率损失。

[0053] 令人惊讶地发现,通过将白色光谱中的蓝色峰值偏移到较短波长,可以获得良好白色“呈现”、高色域面积指数(有时还被指示为颜色饱和指数)、如CDM-elite的感知以及良好的效率中的一个或多个。这可以以各种方式实现:调节蓝色LED波长和/或调节(绿色)磷光体的吸收。

[0054] 因此,在第一方面中,本发明提供了一种照明设备(“设备”或“发光设备”),其被配置为提供照明设备光,照明设备包括:(a)固态光源,该固态光源被配置为提供具有选自430nm到455nm的范围的峰值波长的蓝光(“蓝色光源光”);(b)第一发光材料,该第一发光材料被配置为将蓝光的一部分转换成第一发光材料光,以及(c)第二发光材料,该第二发光材料被配置为将蓝光和第一发光材料光中的一者或者的一部分转换成第二发光材料光;其中固态光源、第一发光材料和第二发光材料被选择以在照明设备的第一设置下提供白色照明设备光,该白色照明设备光具有至少90的CRI、至少100的色域面积指数(GAI)和至少70的R₉值。白色照明设备光具有最大455nm的R₅₀值。在实施例中,白色照明设备光具有最大450nm的R₅₀值,特别地最大445nm,更特别地最大440nm。R₅₀值被定义为在第一设置下的白色照明设备光的光谱分布中的第一波长(λ_{50}),其中第一波长(λ_{50})是最接近(光谱分布中的蓝光的)峰值波长(λ_{PWL})的、但是处于比蓝光的峰值波长(λ_{PWL})更长的波长的波长,在该波长处,峰值强度(I₅₀)是在峰值波长(λ_{PWL})处的强度(I_{PWL})的50%。可选地,白色照明设备光具有选自2200K-4500K的范围的相关色温。

[0055] 这种发光设备可以在零售中用于照射诸如例如衣物、电子产品、(新鲜)食品、个人护理产品等的商品。令人惊讶的是,这种光源可以具有相对高的效率、相对高的CRI、相对高的GAI和一个或多个颜色的一些饱和。在(消费者)测试中,相比于现有技术方案和/或上述建议的解决方案,这种照明设备更被赏识。该设备还可以用于接待照明(诸如在餐馆、酒店、诊所或医院等中),或者用于其他照明应用(还参见下文)。

[0056] 在本文中,术语“紫光”或“紫色发射”特别涉及波长在约380nm-430nm范围内的光。术语“蓝光”或“蓝色发射”特别涉及波长在约430nm-495nm的范围内的光(包括一些紫色和青色色调)。术语“绿光”或“绿光发射”特别涉及波长在约495nm-570nm范围内的光。术语“黄光”或“黄色发射”特别涉及波长在约570nm-590nm范围内的光。术语“橙光”或“橙色发射”特别涉及波长在约590nm-620nm范围内的光。术语“红光”或“红光发射”特别涉及波长在约620nm-780nm范围内的光。术语“粉色”或“粉色发射”是指具有蓝色和红色分量的光。术语“可见”、“可见光”或“可见发射”是指波长在约380nm-780nm的范围内的光。

[0057] 如上所述,照明设备包括固态光源,该固态光源被配置为提供蓝光,该蓝光具有选自430nm-455nm的范围的峰值波长(λ_{PWL}),特别地具有选自435nm-450nm的范围的峰值波长(λ_{PWL}),更特别地选自435nm-445nm的范围,但更特别地选自435nm-440nm的范围。

[0058] 峰值波长指示固态光源的光谱分布的最大值,诸如例如由固态光源的生产者所指定的。峰值波长可以特别地关于在能量尺度上的光谱分布(y轴以能量为单位而不是光子计数)来定义。较小或较大峰值波长可能会导致具有不太期望的GAI的光谱光分布及/或较低效率的照明设备。代替术语“峰值波长”,还可以应用术语“最大峰值”。

[0059] 第一发光材料光(211)具有在绿色和黄色中的一个或多个中的强度,其具有CIE u'_1 ,并且第二发光材料光(221)具有在橙色和红色中的一个或多个中的强度,其具有CIE u'_2 ,其中第一发光材料(210)和第二发光材料(221)被选择为提供由以下限定的所述第一发光材料光(211)和所述第二发光材料光(221):CIE u'_1 (211)和CIE u'_2 (221)的最大比率为CIE u'_2 (221)=1.58*CIE u'_1 (211)+0.255,以及CIE u'_1 (211)和CIE u'_2 (221)的最小比率为CIE u'_2 (221)=2.3*CIE u'_1 (211)+0.04。看起来,当选择符合这些条件的一个或多个发光材料(即,具有由这些等式限定的比率,或者具有在这些最大和最小比率之间的值)时,特别地提供例如CIE和GAI的期望的光学特性,并且可以提供具有良好效率的照明设备。

[0060] 特别地,第一发光材料(210)具有在绿色和黄色中的一个或多个中的强度,并且CIE v' 值在0.55-0.58的范围内,并且第二发光材料具有在橙色和红色中的一个或多个中的强度,并且CIE v' 值在0.52-0.55的范围内。

[0061] 特别地,固态光源被配置为提供如下的光谱分布:在380nm-495nm的光谱区中的功率的至少80%处于415nm-470nm的范围内(诸如在420nm-465nm的范围内)。第一光源特别地被配置为提供具有在达到100nm的范围内(诸如在5nm-50nm的范围内)的半高全宽的蓝光。LED的典型半高全宽将在约15nm-25nm的范围内,特别地在约15nm-20nm的范围内。对于LED光源,主波长和峰值最大值通常基本上相同(对于蓝色LED而言,主波长(DWL)和峰值波长(PWL)的差异大约为5nm)。

[0062] 光源特别包括固态光源,诸如LED或激光二极管。术语“光源”还可以涉及多个光源,诸如2-512个,如2-20个固态光源。因此,术语“固态光源”还可以指多个LED。在本文中,术语“光源”还被应用,并且特别地指“固态光源”。当应用多个光源时,光源可以提供具有全部处于同一仓中的峰值波长(或主波长)的光,同一仓诸如5nm的仓或6nm的仓或10nm的仓。然而,可选地,可以应用两个或更多个仓。光源还可以包括COB(光源)。

[0063] 当应用不同的光源(或者在同一仓中选择,或者在例如两个或更多个不同仓中的光源的两个或更多个子集中选择)时,光源或子集可以被单独地控制。因此,照明设备可以进一步包括控制系统,该控制系统被配置为控制光源或被配置为控制多个光源(还参见下

文)。

[0064] 蓝色固态光源光的峰值波长(λ_{PWL})可以与白光的光谱分布中的蓝光的峰值波长略微不同。例如,这可能是由于(多个)发光材料在光源光的光谱宽度上的吸收的差异。因此,术语“峰值波长”可以指裸固态光源(裸片)的峰值波长,但在白色照明设备光的上下文中指代白色照明设备光的光谱分布中的蓝光的峰值波长(参见例如图3)。

[0065] 光源和发光材料特别地被辐射耦合。术语“辐射耦合”特别地指光源和发光材料彼此相关联,使得由光源发射的辐射的至少一部分由发光材料接收(并且至少部分地转换成发光)。

[0066] 当应用多个光源时,基本上每个光源可以被辐射耦合到两个发光材料。然而,在实施例中,第一(多个)光源(光源的第一子集)可以与第一发光材料辐射耦合,并且第二(多个)光源(光源的第二子集)可以与第二发光材料辐射耦合。注意,甚至可以包括如下实施例:其中光源仅与第一发光材料辐射耦合,并且第二发光材料基本上仅与第一发光材料辐射耦合。当第二发光材料基本上仅可由第一发光材料光激发,而不是可由光源光激发时,可能是这样的情况。然而,通常,第二发光材料也将转换光源光的一部分。

[0067] 本文中的术语“发光材料”特别涉及无机发光材料,该“发光材料”有时还被表示为磷光体。这些术语是本领域技术人员已知的。

[0068] 在实施例中,本发明提供了一种照明设备,该照明设备具有:第一发光材料,该第一发光材料被配置为提供具有CIE u' 的、具有在绿色和黄色中的一个或多个中的强度的第一发光材料光;以及第二发光材料,该第二发光材料被配置成将蓝光和第一发光材料光中的一个或多个的一部分转换成具有CIE u' 的、具有在橙色和红色中的一个或多个光中的强度的第二发光材料光,其中第一发光材料和第二发光材料被选择为提供由以下限定的所述第一发光材料光和所述第二发光材料光:CIE u' (211) 和CIE u' (221)的最大比率为CIE u' (221) = 1.58*CIE u' (211)+0.255,以及CIE u' (211) 和CIE u' (221)的最小比率是CIE u' (221) = 2.3*CIE u' (211)+0.04。

[0069] 术语“CIE u' (211)”在本文中还被指示为“CIE u' (第一发光材料光)”,并且还可以被指示为CIE u'_1 。术语“CIE u' (221)”在本文中还被指示为“CIE u' (第二发光材料光)”,并且还可以被指示为CIE u'_2 。

[0070] 本文中的发光材料、或特别地它们的发光材料光除其他之外由CIE u' 和 v' 参数标识。CIE u' v' 坐标是指CIE 1976颜色空间,其缩写已知为CIELUV。例如3000K光(在BBL上)由在x,y CIE中的为0.251,0.521或0.437,0.403的 u' , v' 色点表征。

[0071] 在实施例中,对于第一发光材料(即黄色和/或绿色发光材料),以及对于第二发光材料(即红色(和橙色)发光材料), v' 值在约0.52-0.58的范围内,特别对于黄色/绿色在约0.55-0.58范围内,对于橙色/红色在约0.52-0.55范围内。然而,其他值也是可能的。

[0072] 如上所述,在实施例中,第一发光材料和第二发光材料可以被选择为提供所述第一发光材料光和所述第二发光材料光,所述第一发光材料光和所述第二发光材料光特别地由以下限定:CIE u' 和CIE u' 的最大比率是CIE u' (第二发光材料光)=1.58*CIE u' (第一发光材料光)+0.255,以及CIE u' 和CIE u' 的最小比率是CIE u' (第二发光材料光)=2.3*CIE u' (第一发光材料光)+0.04。然而,其他值也是可能的。

[0073] 照明设备被配置为在设备的操作期间产生照明设备光。照明设备光可以包括固态

光源光、第一发光材料光和第二发光材料光中的一个或多个光。因此，在实施例中，照明设备光可以是白色的，而在其他实施例中，照明设备光可以是彩色的。在第一状态中，照明设备被配置为提供白色照明设备光，该白色照明设备光包括固态光源光以及第一发光材料光和第二发光材料光中的一个或多个发光材料光(特别地第一发光材料光和第二发光材料光两者)。

[0074] 如上所述，白色照明设备光特别具有以下项中的一个或多个：(i) 选自2200K-4500K的范围的相关色温，(ii) 至少90的CRI，(iii) 至少70的R₉值，和(iv) 最大455nm的R₅₀值。

[0075] 术语“相关色温”或“CCT”在本领域中是已知的。2200K-4500K(特别地2700K-4000K)的值特别受到消费者的赏识和/或似乎在项识别等方面提供期望的结果。

[0076] 术语“显色”在本领域中也是已知的。至少90的显色性相对较高，并且特别在项识别方面提供期望的结果。

[0077] 术语“R₉值”或“R₉”在本领域中也是已知的。CRI是基于R1-R8的平均值。R9是在计算CRI中不使用的六种饱和测试颜色中的一种。这里使用的术语“R₉值”是基于R₉的显色指数值，并且因此(理论上)可以是100，诸如可以是钨卤素灯的情况。因此，在实施例中，发光设备可以被配置为提供具有至少70(诸如至少80)的R₉值的白色照明设备光。

[0078] R₅₀值是指相对最接近于固态光源光峰值的峰值最大值(但处于较长波长)的波长，其中强度已下降到与固态光源光峰值的峰值最大值相关联的最大强度的50。因此，R₅₀值被定义为在第一设置下的白色照明设备光的光谱分布中的第一波长(λ_{50})，其中，第一波长(λ_{50})是最接近峰值波长(λ_{PWL})的、但是在比(在白光的光谱分布中的)蓝光的峰值波长(λ_{PWL})更长的波长处的波长，其中峰值强度(I₅₀)是在峰值波长(λ_{PWL})处的强度(I_{PWL})的50%。看起来，相对短的小波长处的R₅₀值提供良好的效率和/或颜色饱和等是所期望的。如上所述，白色照明设备光具有最大455nm的R₅₀值，特别地在最大450nm处，更特别地在最大445nm处，甚至更特别地在最大440nm处。利用这种值，可以获得良好的白色和红色呈现，具有相对高的效率和高的色域(还参见下文)。举例来说，在实施例中，发光设备可以被配置为在第一设置下提供具有至少90(诸如至少100)的色域面积指数(GAI)的白色照明设备光。

[0079] 在又一实施例中，发光设备可以特别被配置为在第一设置(标准CIE 2°观测器)下提供具有 $-0.016 \leq D_{uv} \leq -0.005$ 、特别地 $-0.014 \leq D_{uv} \leq -0.005$ 的白色照明设备光。

[0080] 在又一特定实施例中，发光设备被配置为在第一设置下提供白色照明设备光，其具有比黑体轨迹(BBL)低至少0.005的CIE v'，并且具有比黑体轨迹(BBL)低最大0.025的CIE v。

[0081] 看起来当选择符合这些条件的一个或多个发光材料(即，具有由这些等式限定的比率，或者具有在这些最大和最小比率之间的值)时，特别地提供例如CIE和GAI的期望光学特性，并且可以提供具有良好效率的照明设备。在本文中，术语“选择”可以包括从发光材料的库确定哪种发光材料和哪种发光材料的组合可以符合期望的特性，诸如具有至少在由上述两个等式限定的区域中的u'坐标。这种选择发光材料的类型是本领域技术人员已知的。发光材料数据可以包括吸收波长、激发波长、发射波长、色点、CRI等。因此，“发光材料数据”特别包括关于(多种)发光材料的激发和发射的光学数据。如下所示，术语“发光材料”还可以指多个发光材料。因此，当应用多个第一发光材料时，相关u'值基于多个第一发光材料中

的发光材料的光谱分布。同样地,当应用多个第二发光材料时,相关'值基于多个第二发光材料中的发光材料的光谱分布(在本文中还参见其中应用两个第二发光材料的示例,一个多一点橙色,另一个多一点红色)。

[0082] 在另外的实施例中,第一发光材料和第二发光材料被选择为提供由以下项限定的所述第一发光材料光和所述第二发光材料光:(a)在0.102-0.12的范围内的CIE u'(第一发光材料光)和在0.38-0.43的范围内的CIE u'(第二发光材料光),甚至更特别地在0.102-0.118的范围内的CIE u'(第一发光材料光)和在0.38-0.415的范围内的CIE u'(第二发光材料光)限定;或者(b)在0.136-0.164的范围内的CIE u'(第一发光材料光)和在0.4-0.47的范围内的CIE u'(第二发光材料光),甚至更特别地在0.14-0.158的范围内的CIE u'(第一发光材料光)和在0.4-0.44的范围内的CIE u'(第二发光材料光)。然而,本发明不限于这些实施例。

[0083] 在实施例中,照明设备包括第一发光材料,该第一发光材料被配置为将蓝光的一部分转换成具有在绿色和黄色中的一个或多个中的强度的第一发光材料光。在被光源激发时,第一发光材料还可以提供在其他光谱区域中的光强度。然而,特别地,第一发光材料光的光谱分布特别处于绿色和/或黄色中,甚至更特别地处于绿色中。如上所述,术语“第一发光材料”还可以指具有有助于第一发光材料光的不同光谱分布的多个不同的发光材料。特别地,第一发光材料被配置为提供如下的光谱分布,在该光谱分布中,功率的至少80%在470nm-650nm的光谱区域中,并且更特别地在485nm-630nm的范围内。

[0084] 特别地,第一发光材料可以包括 $M_3A_5O_{12}:Ce^{3+}$,其中M选自由Sc、Y、Tb、Gd和Lu组成的组,其中A选自由Al、Ga、Sc和In组成的组。特别地,A包括铝(Al),然而,A还可以部分地包括镓(Ga)和/或钪(Sc)和/或铟(In),特别地达到Al的约20%,更特别地达到Al的约10%(即,A离子基本上由以摩尔计90%或更多的Al和以摩尔计10%或更少的Ga、Sc和In中的一个或多个组成);A可以特别包括达到约10%的镓。在另一变型中,A和O可以至少部分地被Si和N取代,元素M可以特别地选自由钇(Y)、钆(Gd)、铽(Tb)和镥(Lu)组成的组。术语“:Ce”或“:Ce³⁺”指示发光材料中的金属离子的一部分(即,在石榴石中:“M”离子的一部分)被Ce代替。例如,假设 $(Y_{1-x}Lu_x)_3Al_5O_{12}:Ce$,部分的Y和/或Lu由Ce代替。这种表示法对于本领域技术人员是已知的。Ce将替换M通常不超过10%;通常,Ce浓度将特别地在0.1%-4%,特别地0.1%-2%的范围内(相对于M)。假设1%的Ce和10%的Y,完全正确的化学式可以是 $(Y_{0.1}Lu_{0.89}Ce_{0.01})_3Al_5O_{12}$ 。如本领域技术人员已知的,石榴石中的Ce基本上或仅处于三价状态。术语“YAG”特别地指M=Y且A=Al;术语“LuAG”特别地指M=Lu且A=Al。在特定实施例中,第一发光材料包括 $M_3A_5O_{12}:Ce^{3+}$,其中M选自由Sc、Y、Tb、Gd和Lu组成的组,其中A选自由Al、Ga、Sc和In组成的组,并且其中应用以下项中的至少一项或多项:(i)M包括Lu和(ii)A包括Ga。通过选择Lu和/或Ga,发光材料光的主波长相对于YAG移位到更短的波长。

[0085] 因此,合适的第一发光材料的特定示例是如下的发光材料,其具有选自510nm-570nm(特别地,515nm-560nm)的范围的峰值位置(即,发光材料光的光谱分布中的峰值位置),并且具有从100nm-150nm(诸如特别地在110nm-140nm的范围,如大约120nm)的范围选择的FWHM。特别地,这适用于相对宽带的绿色发光材料,例如掺杂铈的石榴石。

[0086] 在特定的实施例中,A包括Ga和Al。特别地,可以获得期望的光谱分布。

[0087] 备选地或另外地,在实施例中,第一发光材料包括包含二价铕的发光材料,诸如包

含二价铕的硅酸盐或包含二价铕的氮化物、或包含二价铕的氧氮化物、或包含二价铕的卤化物、或包含二价铕的卤氧化物、或包含二价铕的硫化物、或包含二价铕的氧硫化物、或包含二价铕的硫代镓酸盐。

[0088] 在特定实施例中,第一发光材料具有选自510nm-530nm的范围的峰值最大值和选自60nm-80nm的范围的半高全宽。这特别适用于较窄带的绿色发光材料(还参见下文)。

[0089] 在实施例中,第一发光材料包括 $\text{Ca}_8\text{Mg}(\text{SiO}_4)_4\text{Cl}_2:\text{Eu}^{2+}$ 和 $\text{Ca}_8\text{Zn}(\text{SiO}_4)_4\text{Cl}_2:\text{Eu}^{2+}$ (例如由S.Okamoto and H.Yamamoto,Electrochemical and solid-state letters,12,(12) J112-J115 (2009) 中所描述)中的一个或多个。在另外的实施例中,第一发光材料包括基于 $\beta\text{-SiAlON}:\text{Eu}^{2+}$ 的绿色发射磷光体,特别地具有分子式 $\text{Eu}_x(\text{A1})_{6-z}(\text{A2})_z\text{O}_y\text{N}_{8-z}(\text{A3})_{2(x+z-y)}$,其中 $0 < z \leq 4.2$; $0 \leq y \leq z$; $0 < x \leq 0.1$; A1是Si、C、Ge和/或Sn; A2包括Al、B、Ga和In中的一个或多个; A3包括F、Cl、Br和I中的一个或多个。由 $\text{Eu}_x(\text{A1})_{6-z}(\text{A2})_z\text{O}_y\text{N}_{8-z}(\text{A3})_{2(x+z-y)}$ 描述的新化合物组具有与 $\beta\text{-Si}_3\text{N}_4$ 相同的结构。元素A1和A2两者都居于Si位点上,并且O和N两者都占据 $\beta\text{-Si}_3\text{N}_4$ 晶体结构的氮位点。摩尔量(z-y)的A3⁻阴离子(限定为卤素)居于氮位点上。进一步参见例如:Synthesis and Photoluminescence Properties of β -sialon: $\text{Eu}^{2+}(\text{Si}_{6-z}\text{Al}_z\text{O}_z\text{N}_{8-z}:\text{Eu}^{2+})$,A Promising Green Oxynitride Phosphor for White Light-Emitting Diodes,R.-J.Xiez,N.Hirosaki,H.-L.Li,Y.Q.Li和M.Mitomo,J.Electrochem.Soc.,2007,154卷,10期,J314-J319。

[0090] 合适的第一发光材料的特定示例是如下的发光材料,其具有选自510nm-530nm(特别地515nm-525nm)的范围的峰值位置(即,在发光材料光光谱分布中的峰值位置),并且具有选自50nm-90nm(诸如特别地60nm-80nm,如大约70nm)的范围的FWHM。特别地,这适用于相对窄带的绿色发光材料。

[0091] 此外,如上所述,照明设备特别包括第二发光材料,该第二发光材料被配置为将蓝光和第一发光材料光中的一个或多个的一部分转换成具有在橙色和红色中的一个或多个中的强度的第二发光材料光。第二发光材料还可以在被光源激发时提供在其他光谱区域中的光强度。然而,特别地,第二发光材料光的光谱分布特别在橙色和/或红色中,甚至更特别地在红色中。如上所述,术语“第二发光材料”还可以指具有有助于第二发光材料光的不同光谱分布的多个不同的发光材料。特别地,第二发光材料被配置为提供如下的光谱分布,在该光谱分布中,在570nm-760nm的光谱区域中的功率的至少80%处于585nm-720nm的范围内。

[0092] 在实施例中,第二发光材料可以包括选自由 $(\text{Ba},\text{Sr},\text{Ca})\text{S}:\text{Eu}$ 、 $(\text{Ba},\text{Sr},\text{Ca})\text{AlSiN}_3:\text{Eu}$ 和 $(\text{Ba},\text{Sr},\text{Ca})_2\text{Si}_5\text{N}_8:\text{Eu}$ 组成的组的一个或多个材料。在这些化合物中,铕(Eu)是基本上或仅二价的,并且取代所指示的二价阳离子中的一个或多个。通常,Eu将不以大于阳离子的10%的量存在;它的存在将相对于它取代的(多个)阳离子特别地在约0.5%至10%的范围内,更特别地在约0.5%至5%的范围内。术语“:Eu”表示金属离子的一部分被Eu(在这些实施例中, Eu^{2+})替代。例如,假设在 $\text{CaAlSiN}_3:\text{Eu}$ 中有2%Eu,正确的分子式可以是 $(\text{Ca}_{0.98}\text{Eu}_{0.02})\text{AlSiN}_3$ 。二价铕通常将取代二价阳离子,诸如上述二价碱土金属阳离子,特别地Ca、Sr或Ba。

[0093] 材料 $(\text{Ba},\text{Sr},\text{Ca})\text{S}:\text{Eu}$ 还可以表示为MS:Eu,其中M选自由钡(Ba)、锶(Sr)和钙(Ca)组成的组中的一个或多个元素;特别地,M在该化合物中包括钙或锶、或钙和锶,更特别地钙。此处,Eu被引入并且替换M的至少一部分(即,替换Ba、Sr和Ca中的一个或多个)。

[0094] 此外,材料 $(Ba, Sr, Ca)_2Si_5N_8:Eu$ 还可以表示为 $M_2Si_5N_8:Eu$,其中M是选自由钡(Ba)、锶(Sr)和钙(Ca)组成的组中的一个或多个元素;特别地,M在该化合物中包括Sr和/或Ba。在另一个特定实施例中,M由Sr和/或Ba组成(不考虑Eu的存在),特别地50%-100%(更特别地50%-90%)的Ba和50%-0%(特别地50%-10%)的Sr,诸如 $Ba_{1.5}Sr_{0.5}Si_5N_8:Eu$ (即75%的Ba;25%的Sr)。此处,Eu被引入并且替换M的至少一部分(即,替换Ba、Sr和Ca中的一个或多个)。

[0095] 同样,材料 $(Ba, Sr, Ca)AlSiN_3:Eu$ 还可以表示为 $MA1SiN_3:Eu$,其中M是选自由钡(Ba)、锶(Sr)和钙(Ca)组成的组的一个或多个元素;特别地,在该化合物中M包括钙或锶、或钙和锶,更特别地钙。此处,Eu被引入并且替换M的至少一部分(即,替换Ba、Sr和Ca中的一个或多个)。

[0096] 在具体实施例中,第二发光材料包括 $MA1SiN_3:Eu$,其中M是选自由钡(Ba)、锶(Sr)和钙(Ca)组成的组的一个或多个元素,特别地Sr和Ca中的一个或多个。在一个实施例中,第二发光材料包括 $CaAlSiN_3:Eu$ ("eCAS"),并且在另一实施例中,第二发光材料包括 $SrAlSiN_3:Eu$ (eSCAS)。后者相对于前者被蓝移多达约30nm。特别地,这些类型的发光材料可以与第一发光材料和光源一起提供期望的光学特性。在另外的特定实施例中,第二发光材料包括不同的 $MA1SiN_3:Eu$ 化合物,其中具有M的第一化合物至少包括Ca,并且具有M的第二化合物至少包括Sr。因此,在这样的第一化合物,M可以是主要包括Ca(诸如至少50%,甚至更特别地至少90%),并且在这样的第二化合物中,M可以是主要包括Sr(诸如至少50%,甚至更特别地至少90%)。部分的M由Eu替换,例如约0.1%-4%。

[0097] 合适的第二发光材料的特定示例是如下的发光材料,其具有选自610nm-680nm(特别地616nm-650nm)的范围的峰值位置(即,在发光材料光光谱分布中的峰值位置),并且具有选自60nm-150nm(诸如特别地60nm-130nm,例如约80nm-120nm)的范围的FWHM。

[0098] 在特定实施例中,第二发光材料包括第一第二发光材料和第二发光材料,该第一第二发光材料具有选自610nm-640nm的范围的第一第二峰值最大值和选自60nm-110nm的范围的半高全宽,第二发光材料具有选自630nm-680nm的范围的第二发光材料峰值最大值和选自60nm-130nm的范围的半高全宽,并且其中,第一第二峰值最大值和第二峰值最大值相差至少10nm,诸如在15nm-40nm的范围内。第一第二发光材料可以比第二发光材料稍微更橙,并且第二发光材料可以(因此)比第一第二发光材料稍微更红。

[0099] 特别地当第二发光材料包括 $MA1SiN_3:Eu$ 时,可以获得好的结果,其中M包括选自由钡(Ba)、锶(Sr)和钙(Ca)组成的组的一个或多个元素,其中第二发光材料包括(至少两个)不同的 $MA1SiN_3:Eu$ 化合物,其中具有M的第一化合物至少包括Ca,并且具有M的第二化合物至少包括Sr。

[0100] 因此,照明设备包括第一发光材料和/或第二发光材料,特别地至少第一发光材料和第二发光材料两者,它们被辐射耦合到光源。第一发光材料特别地配置为提供具有在绿色、黄色或可选橙色中的主波长的第一发光材料光。第二发光材料特别地配置为提供具有在红色中的主波长的第二发光材料光。因此,第一发光材料和第二发光材料是不同的发光材料。当然,照明设备可以包括其他发光材料。

[0101] 因此,在发光设备的特定实施例中:

[0102] -固态光源被配置为提供具有选自430nm-455nm(特别地435nm-445nm)的范围的峰值波长(λ_{PWL})的蓝光;

[0103] -固态光源具有LED裸片，其中照明设备包括光转换器，该光转换器包括所述第一发光材料和所述第二发光材料，并且其中该光转换器与LED裸片物理接触；

[0104] -第一发光材料包括 $M_3A_5O_{12}:Ce^{3+}$ ，其中M选自由Sc、Y、Tb、Gd和Lu组成的组，其中A选自由Al、Ga、Sc和In组成的组，并且其中A包括Ga和Al；

[0105] -第二发光材料包括 $MA1SiN_3:Eu$ ，其中M包括选自由钡(Ba)、锶(Sr)和钙(Ca)组成的组的一个或多个元素，其中第二发光材料包括不同的 $MA1SiN_3:Eu$ 化合物，其中具有M的第一化合物至少包括Ca，并且具有M的第二化合物至少包括Sr；以及

[0106] -发光设备被配置为在第一设置下提供白色照明设备光，其具有最大455nm(特别地最大450nm)的 R_{50} 值。

[0107] (多个)发光材料可以这样提供，诸如主要或甚至完全由(多个)发光材料组成的发光材料的涂层，或者可以被嵌入基质中，例如硅树脂基质或PMMA基质。这些实施例的组合也是可能的。可以以不同的方式提供不同的发光材料，并且可以例如在不同的基质层中或在不同的基质中提供不同的发光材料。

[0108] 在特定实施例中，固态光源具有LED裸片，其中照明设备包括光转换器，光转换器包括所述第一发光材料和所述第二发光材料，并且其中光转换器与LED裸片物理接触。注意，可选地，光转换器可以仅包括发光材料中的一种发光材料。此外，术语“光转换器”还可以指多个(不同的)光转换器。此外，当应用多个光源时，一个或多个光源可以被辐射耦合到基本上包括仅第一发光材料的一个或多个光转换器，并且一个或多个光源可以被辐射耦合到基本上仅包括第二发光材料的一个或多个光转换器。光转换器可以包括石榴石材料或聚合物材料，如树脂或PMMA或硅氧烷聚合物等。光转换器对于光源光和发光材料光是透射性的。在可以与前述实施例中的一个或多个实施例组合的又一实施例中，光转换器不与光源物理接触，而是被配置在距LED裸片一定距离处，诸如距LED裸片0.5mm-100mm。

[0109] 照明设备特别被配置为(在第一设置下)提供白光。因此，特别地，照明设备被配置成在照明设备的所述第一设置下提供白色照明设备光。短语“在照明设备的第一设置”表示照明设备至少包括诸如“开”的单个设置。因此，本发明还提供除“开”和“关”之外(基本上)不具有强度可调性的照明设备。当存在多于一个光源时，多个设置可以特别地可用。当多个设置是可能的时，至少一个设置可以提供白光。其他设置可以提供具有不同色温的白光或有色光等。

[0110] 本文中术语“白光”是本领域技术人员已知的。特别地，其涉及具有在约2000K和20000K之间(特别地在2700K-20000K之间)的相关色温(CCT)的光，对于一般照明特别地在约2700K和6500K的范围内，并且对于背光照明目的特别地在约7000K和20000K的范围内，并且特别地在距BBL(黑体轨迹)约15SDCM(颜色匹配标准偏差)的范围内，特别地在距BBL约10SDCM内，甚至在一些实施例中，在距BBL约5SDCM内。

[0111] 因此，当照明设备还包括被配置成控制照明设备灯(通过控制(多个)光源)的控制系统时，可以特别地提供多个设置。因此，在又一实施例中，发光设备还可以包括控制系统，该控制系统被配置为控制向(一或多个)(固态)光源提供的功率。备选地或另外地，控制系统可以(被配置)在发光设备的外部。可选地，控制系统可以包括多个元件，其中一些元件可以由发光设备包含，而其他元件可以在发光设备的外部(诸如远程用户界面，还参见下文)。发光设备可以例如集成在照明系统中，该照明系统具有多个发光设备和可选的本文所描述

的之外的其他类型的发光设备。

[0112] 在又一特定实施例中,控制系统被配置为根据用户界面的输入信号来控制向一个或多个(固态)光源提供的功率。该用户界面可以被集成在发光设备中,但是还可以远离发光设备。因此,在实施例中,用户界面可以被集成在发光设备中,但在其他实施例中可以与发光设备分离。用户界面可以例如是图形用户界面。此外,用户界面可以由用于智能电话或其他类型的安卓设备的应用提供。因此,本发明还提供了可选地在记录载体(存储介质)上实现的计算机程序产品,其中该计算机程序产品当在计算机上运行时执行如本文所述的方法(见下文)和/或可以(根据向一个或多个(固态)光源提供的功率)控制如本文所述的发光设备(的发光设备光的色温)。

[0113] 备选地或另外地,控制系统被配置为根据传感器信号和计时器中的一个或多个来控制向一个或多个(固态)光源提供的功率。为此,可以使用例如计时器和/或传感器。例如,计时器可以用于在预定时间之后关闭。此外,例如,传感器可以是被配置为感测运动的运动传感器,其中控制系统被配置为当运动传感器感测到例如人的运动或存在时接通发光设备。此外,传感器可以是光学传感器,例如以感测由(用发光设备光照射的)产品反射的光,特别地发光设备光。

[0114] 因此,在另一方面中,本发明还提供一种照明系统,该照明系统包括:如本文中所定义的发光设备;和被配置为控制该发光设备的控制系统。如上所述,控制系统还可以由照明设备构成。照明系统可以特别地包括控制系统,该控制系统被配置为控制照明设备和一个或多个其他设备,诸如本文所述的多个照明设备以及可选地还有其他照明设备。控制系统可以根据传感器信号和计时器中的一个或多个来控制(一个或多个)照明设备(也参见上文)。

[0115] 如上所述,本领域技术人员知道如何从具有发光材料数据的库中选择发光材料以提供期望的光学性质。

[0116] 在又一实施例中,照明设备被配置为在所述照明设备的所述第一设置下提供具有至少80(特别地,至少90)的显色指数(CRI)的白色照明设备光。因此,特别地,光源和发光材料被选择成能够(在第一设置下)提供照明设备光的这种CRI。

[0117] 在另外的实施例中,照明设备被配置为在照明设备的所述第一设置下提供具有至少80(甚至更特别地至少90、但甚至更特别地至少100,诸如在101-120的范围内)的色域面积指数(GAI)的白色照明设备光。因此,特别地,光源和发光材料被选择成能够(在第一设置下)提供这样的GAI。

[0118] 在发光设备的特定实施例中,固态光源、第一发光材料和第二发光材料被配置为提供如下的光谱分布,在该光谱分布中,在380nm-495nm的光谱区域中的至少80%的功率处于440nm-480nm的范围内,在470nm-650nm的光谱区域中的至少80%的功率处于485nm-630nm的范围内,并且在570nm-760nm的光谱区域中的至少80%的功率处于585nm-720nm的范围内。更特别地,固态光源、第一发光材料和第二发光材料被配置为提供如下的光谱分布,该光谱分布具有:选自440nm-450nm的范围的第一最大值,该第一最大值具有从15nm-30nm的范围内选择的半高全宽(特别地,由光源提供);以及包括至少两个最大值的带,其中第二最大值选自515nm-545nm的范围(由于第一发光材料),并且第三最大值选自610nm-630nm的范围(由于第二发光材料),其中带在500nm-680nm的整个波长范围上具有第一最大

值的至少40% (瓦特) 的强度。发光带由第一发光材料和第二发光材料的发光提供。换句话说,这种发光设备的发光光谱中的高度在435nm-450nm处具有第一最大值,并且在500nm-680nm的整个波长范围内,光谱强度至少高达在440nm-450nm处的峰值最大值的50%。

[0119] 更特别地,固态光源被配置为提供具有从430nm-455nm的范围中选择的峰值波长的蓝光,其中第一发光材料包括 $M_3(Al,Ga)_5O_{12}:Ce$,并且其中第二发光材料包括(至少两种发光材料,其分别包括) $CaAlSiN_3:Eu$ 和 $SrAlSiN_3:Eu$,其中M如上文所定义,并且其中特别地A包括Al和Ga两者。

[0120] 一些合适的材料在下面(在第一表格中)指示,这些材料在以正确的比例组合并且与蓝色光源辐射耦合时,可以在操作中提供具有本文描述的期望性质的白色照明设备光:

	CIE x	CIE y	CIE '	CIE v'	发射最大值	激发最大值
绿色(第一发光材料)	0,3597	0,5558	0,1608	0,5589	525nm	441nm
橙色(红色)(第二发光材料)	0,6031	0,3959	0,3686	0,5444	610nm	< 400nm
红色(第二发光材料)	0,6452	0,3535	0,4336	0,5346	642nm	< 400nm
备选绿色(备选第一发光材料)	0,3664	0,5580	0,1635	0,5603	530nm	445nm

[0122]						
--------	--	--	--	--	--	--

[0123] 下面提供具有合适性质的照明设备光的一些实施例:

R ₅₀ (nm)		CIE u'	CIE v'	CIE x	CIE y
450		0,249	0,512	0,423	0,386
457		0,249	0,508	0,418	0,379

[0125] 其他实施例也是可能的。

[0126] 例如,相对于该第二表中的数据,u' 和v' 中的一个或多个可以最多相差这些值的5%。例如,u' 为 $0.249*1.05$ 或 $0.249*0.95$ 。或者,例如,v' 是 $0.512*1.05$ 或 $0.512*0.95$ 。特别地,相对于该表格中的数据,u' 和v' 中的一个或多个可以最多相差诸如最多相差2%,甚至更特别地最多相差1%。

[0127] 例如,相对于该表格中的数据,x和y中的一个或多个可以最多相差这些值的5%。例如,x为 $0.423*1.05$ 或 $0.423*0.95$ 。或者,例如,y为 $0.379*1.05$ 或 $0.379*0.95$ 。特别地,相对于该表格中的数据,u' 和v' 中的一个或多个可以最多相差诸如最多相差2%,甚至更特别

地最多相差1%。

[0128] 照明设备可以是以下系统的一部分或可以应用于以下系统：例如办公室照明系统、家庭应用系统、商店照明系统、住宅照明系统、重点照明系统、聚光照明系统、剧场照明系统、光纤应用系统、投影系统、自发光显示系统、像素化显示系统、分段显示系统、警告标志系统、医疗照明应用系统、指示标志系统、装饰照明系统、便携式系统、汽车应用、温室照明系统、园艺照明或LCD背光照明。

[0129] 照明设备可以用于接待照明、零售照明等。此外，照明设备可以被配置为改型灯。此外，照明设备可以包括光学元件。例如，在实施例中，照明设备被配置为抛物线镀铝反射器(PAR)灯。

附图说明

[0130] 现在将仅通过示例的方式参考示意性附图来描述本发明的实施例，其中对应的附图标记指示对应的部分，并且其中：

[0131] 图1a-图1c示意性地描绘了本发明的一些方面；

[0132] 图2示出了使用与第一红色或橙色磷光体和第二橙色或红色磷光体组合的GaYAG绿色(或绿色/黄色)磷光体(GaYAG)制成的优质白色产品的光谱。经调节以获得CRI ≥ 90 并且R₉=70的红色磷光体的混合物)；波长表示所使用的LED的峰值波长；PW930指示参考优质白色产品；

[0133] 图3示出了对于图2中所示的不同的光谱的R₅₀(nm)(在图中表示为λ₅₀)；

[0134] 图4示出了使用标准2°观测器计算的CIE u' v' 色点(空心圆)以及使用CIE 2006-10°观测器计算的CIE u' v' 色点(空心正方形)。标签给出4个样本的R₅₀(nm)；

[0135] 图5示出了随R₅₀(nm)变化的CIE v' 色点(CIE 2006-10°观测器)。在所有情况下，起始色点为(0.249, 0.512)(使用标准CIE 2°观测器计算)；

[0136] 图6示出与PW930和CDM相比，对于具有变化的PWL的白色LED光谱的IES TM30-15(标度-0.15至+0.15)中定义的色调仓1-16的色度变化；以及

[0137] 图7示出了随不同绿色磷光体(GaYAG与LuAG)的蓝色LED的PWL变化的R₅₀(nm)。

[0138] 示意图不一定是按比例的。

[0139] 图8：由Jost等人在研究中使用的用于测试光源的一般显色指数图形的示例。该图形示出了八个CIE 1974测试颜色样本(在CIE出版物13.3-1995中定义)的色彩度的变化和色调偏移。虚线圆圈指示个体到原点的距离，而连接测试光源的点的实线指示色域面积的相对增加。图形中的箭头表示八个测试颜色样本相对于参考发光体的色彩度和色调的变化。

具体实施方式

[0140] 图1a示意性地描绘了如本文所述的照明设备100的实施例。照明设备100包括光源10、第一发光材料210和第二发光材料220，光源10被配置为提供蓝色光源光11，第一发光材料210被配置为将光源光11的至少一部分转换成具有在绿色光谱区域和黄色光谱区域中的一个或多个中的光强度的第一发光材料光211，第二发光材料220被配置为：将(i)光源光11的至少一部分、或(ii)光源光11的至少一部分和第一发光材料光211的至少一部分转换成

具有在橙色和/或红色光谱区域中的光强度的第二发光材料光221。

[0141] 此外,照明设备包括光出射面110。在本文中,在图1a的实施例中,这可以是窗口105的下游面。

[0142] 术语“上游”和“下游”涉及项或特征相对于来自光生成装置(这里特别地第一光源)的光的传播的布置,其中相对于在来自光生成装置的光束内的第一位置,光束中更靠近光生成装置的第二位置是“上游”,而光束内更远离光生成装置的第三位置是“下游”。

[0143] 在图1b中,这是转换器200的下游面。这里,在图1a-图1c中,转换器200包括第一发光材料210和第二发光材料220,例如层(图1a),或作为混合物(图1b-图1c)。注意,转换器200还可以包括除第一发光材料210和第二发光材料220之外的材料和/或层。在图1a中,转换器被配置在光出射面上游,这里在窗口105的上游。特别地,当使用第一发光材料210和第二发光材料220的分离层时,后者被配置在前者的下游,以便进一步促进第一发光材料光211的吸收。如果第二发光材料220基本上不吸收第一发光材料光211,则层的顺序也可以反转。此外,还可以应用混合物(参见图1b-图1c)。

[0144] 此外,照明设备100被配置为在光出射面110的下游提供照明设备光101。这里,如图1a所示,照明设备光101包括所述光源光11、所述第一发光材料光211和所述第二发光材料光221中的一个或多个。如上所述,第二发光材料220被配置为利用(i)光源光11或(ii)光源光11和第一发光材料光211至少部分地饱和。

[0145] 第一发光材料和/或第二发光材料与光源10(特别地发光表面)之间的距离用参考标记d1指示,该参考标记d1在图1c(d1在图1c中未示出)的情况下(基本上)为零,并且d1可以在0.1mm-50mm的范围内,特别地在图1a-图1b的实施例中为1mm-20mm。在示意性描绘的实施例中,距离d1是固态光源120(诸如LED裸片)的光出射表面(或发光表面)122之间的距离。

[0146] 图1b示意性地进一步描绘了控制系统130,该控制系统130可以包括用户界面140。因此,图1b还示意性地描绘了照明系统1000。

[0147] 照明设备100可以特别地应用于提供白色照明设备光101。

[0148] 因此,除其他以外,本发明提供了用于提供蓝光的光源、用于提供第一发光材料光的第一发光材料和用于提供第二发光材料光的第二发光材料,这些被配置为(在第一设置下)提供白色照明设备光,该白色照明设备光具有对于蓝光而言在11%-14%(特别地,11.9%-12.7%)、对于第一发光材料光而言在31%-35%(特别地,32.7%-33.5%)、以及对于第二发光材料光而言在52%-57%(特别地,53.9%-55.3%)的范围内的光谱分布(瓦特)。更特别地,本发明提供了用于提供蓝光的光源、用于提供第一发光材料光的第一发光材料和用于提供第二发光材料光的第二发光材料,其中第二发光材料包括用于提供第一第二发光材料光的第一第二发光材料、以及用于提供第二发光材料光的第二发光材料,这些被配置为(在第一设置下)提供白色照明设备光,该白色照明设备光具有对于蓝光而言在11%-14%(特别地,11.9%-12.7%)、对于第一发光材料光而言在31%-15%(特别地,32.97%-33.5%)、以及对于第一第二发光材料光在28%-50%(特别地,29.8%-47.9%)、对于第二发光材料光在5%-27%(特别地,6%-25.5%)的范围内的光谱分布(瓦特)。特别地,这适用于具有相对窄带宽的第一发光材料,例如在60nm-90nm的范围内。

[0149] 因此,除其他之外,本发明提供了用于提供蓝光的光源、用于提供第一发光材料光的第一发光材料和用于提供第二发光材料光的第二发光材料,这些被配置为(在第一设置下)

提供白色照明设备光,该白色照明设备光具有对于蓝光而言在11%-13% (特别地,11.4%-12.2%)、对于第一发光材料光而言在40%-47% (特别地,41%-45.9%)、以及对于第二发光材料光而言在41%-49% (特别地,42.1%-47.6%) 的范围内的光谱分布(瓦特)。更特别地,本发明提供了用于提供蓝光的光源、用于提供第一发光材料光的第一发光材料和用于提供第二发光材料光的第二发光材料,其中第二发光材料包括用于提供第一第二发光材料光的第一第二发光材料、以及用于提供第二发光材料光的第二发光材料,这些被配置为(在第一设置下)提供白色照明设备光,该白色照明设备光具有对于蓝光而言在11%-13% (特别地,11.4%-12.2%)、对于第一发光材料光而言在40%-47% (特别地,41%-45.9%)、以及对于第一第二发光材料光在0-16% (特别地,0-14.6%)、对于第二发光材料光在30%-48% (特别地,32%-46%) 的范围内的光谱分布(瓦特)。

[0150] 光谱分布的百分比(在可见光中)加起来为100%。

[0151] 在最终白色光谱中的蓝色泵浦位置的作用影响白色“呈现”和色域面积。看上去,将蓝色LED峰值朝向较短波长偏移导致较好的(=较白的)白色“呈现”并增加色域面积。色域面积的延伸是在黄色和蓝色取向中,并且因此不会导致严重的效率损失。黄-蓝取向中的过饱和还发生在高压放电灯(如CDM-elite和CDM-ultimo)中,这些高压放电灯通常被视为提供最佳一般零售照明光谱。

[0152] 除其他以外,提出了基于LED的发光设备,其中应用以下项中的一个或多个:

[0153] 1. R_{50} (nm) \leqslant 455nm, 更特别地 R_{50} (nm) \leqslant 450nm

[0154] 2. CRI \geqslant 90

[0155] 3. $R_g \geqslant 70$

[0156] 4. CCT = 2700-4000K

[0157] 5. -0.005 \geqslant Duv \geqslant -0.014 (即,比BBL低约6-14个点)

[0158] 6. $R_g \geqslant 100$

[0159] 特别地,至少第一条条件适用。甚至更特别地,其他条件中的一个或多个条件也适用。通过上述方式,能够得到白色“呈现”、高颜色饱和指数、如CDM-elite的感知、以及较好的效率。可以通过添加紫色LED来获得良好的白色“呈现”,但是这是昂贵的并且具有显著的效率损失。可以通过添加深红色磷光体(即,增加红色饱和)来获得高颜色饱和指数,但这也有显著的效率损失。为了模仿CDM-Elite的感知,可能需要在黄-蓝取向的过饱和。我们惊讶地发现,本发明的目的可以通过将白色光谱中的蓝色峰值偏移到较短波长来实现。这可以以各种方式实现:调节蓝色LED波长和/或调节(绿色)磷光体的吸收。使用GaYAG和第一红色或橙色磷光体与第二橙色或红色磷光体的混合物制备LED;调节两种红色磷光体的比率以得到70的 R_g 和CRI \geqslant 90,还参见图2。使用在440nm和455nm之间具有不同泵浦波长(PWL)的蓝色LED。对于所有样本,目标色点在CIE u' v' 中为0.249,0.512。改变不同的红色/橙色发光材料的比率以保持CRI和 R_g 基本上相等。

[0160] 最终光谱中的蓝色峰值位置将取决于所使用的磷光体。最终白色光谱中的蓝色峰值位置由 R_{50} (nm) 来表征。 R_{50} (nm) 被定义为蓝色发射峰的长波长侧的、强度已经下降到蓝色峰值的最大强度的50%处的点。不同光谱的 R_{50} (nm) 在图3和以下表中示出。

[0161] 表1:对于图3所示的光谱,PWL和 R_{50} (nm)

<i>PWL (nm)</i>	<i>R₅₀ (nm)</i>
440	452
[0162] 445	461
450	475
455	490

[0163] 图4也支持更好的白色“呈现”。除显著的红移(CIE u')之外,对于使用更短波长蓝色泵浦LED(或更短R₅₀)的光谱,色点还移动到进一步低于BBL。因此,具有短R₅₀的样本的色点显著偏移以更低于BBL(到BBL的距离从约8pts增加到约13pts)。这被认为是更好的(更优选的)白色。

[0164] 在图5中示出了随R₅₀(nm)变化的CIE v'(使用CIE 2006-10°观测器计算)。

[0165] IES TM30-15用于计算由这些源引起的色度的变化。色度的变化针对由IE TM30-15定义的16个不同色调仓(图6)而被绘制在雷达图中。减小R₅₀(nm)导致色调仓4-7的色度的增加(增加饱和)。曲线的形状类似于对于CDM-elite(通常仍称为参考源)观察到的色度变化。我们通过优选测试发现这给出了接近CDM-elite的颜色感知。

[0166] 所提出的光谱特征的组合导致优选的颜色呈现,其与具有小效率损失和高颜色饱和指数R_g的良好白色呈现相结合。IES TM30-15中定义的GAI在本文中还被表示为“R_g”。

[0167] 在一个示例中,使用与第二橙色或红色磷光体以及第一红色或橙色磷光体(参见上文)组合的GaYAG。后两种是2种红色磷光体(SrAlSiN₃:Eu(“橙色”)和CaAlSiN₃:Eu(“红色”))的混合物。

[0168] 在另一示例中,可以使用由第二橙色或红色磷光体以及第一红色或橙色磷光体组合的Intematix GAL540。可以获得如上所示的非常相似的曲线图。然而,由于如图7所示的绿色磷光体的变化,在R₅₀(nm)中存在小(但显著)的偏移。样本的视觉判断显示R₅₀(nm)应低于462nm,但更优选甚至低于450nm。

[0169] 参考灯指示ad PW930对于所产生的白光具有以下值:R₅₀=472, cie v' = 0.511。产生两个备选的光谱分布:

[0170] -R₅₀=457nm, 优选地cie v' = 0.508;以及

[0171] -R₅₀=450nm, 优选地cie v' = 0.512。

[0172] 如下表所示,组成一些组合:

PWL (nm)	绿 色 / 黄 色 (第一发光 材料)	橙色发光材料 (第 二发光材料)	红色发光材料(也 是第二发光材料)	CRI	R9	R ₅₀ (nm)	
[0173]	440	GaYAG	不可用的	可用的	91	74	452
	445	GaYAG	可用的	可用的	93	73	462
	450	GaYAG	可用的	可用的	94	72	474
	455	GaYAG	可用的	可用的	93	74	-

[0174] 本领域技术人员将理解本文中的术语“基本上”，诸如在“基本上所有的光”或在“基本上由...组成”中的术语“基本上”。术语“基本上”还可以包括具有“完全”、“完整”、“全部”等的实施例，因此，在实施例中，形容词“基本上”也可以被移除。在适用的情况下，术语“基本上”还可以涉及90%或更高，诸如95%或更高，特别地99%或更高，甚至更特别地99.5%或更高，包括100%。术语“包括”还包括其中术语“包括”表示“由...组成”的实施例。术语“和/或”特别涉及在“和/或”之前和之后提及的一个或多个项。例如，短语“项1和/或项2”和类似短语可以涉及项1和项2中的一个或多个项。在实施例中，术语“包括”可以指“由...组成”，但在另一实施例中还可以指代“至少包括所限定的物质和可选的一个或多个其他物质”。

[0175] 此外，说明书和权利要求书中的术语“第一”、“第二”、“第三”等用于在类似元件之间进行区分，而不一定用于描述顺序或时序。应当理解的是，如此使用的术语在适当的情况下是可互换的，并且本文描述的本发明的实施例能够以不同于本文描述或示出的顺序操作。

[0176] 除其他之外，本文中的设备在操作期间被描述。如本领域的技术人员将清楚的是，本发明不限于操作的方法或操作中的设备。

[0177] 应注意，上述实施例说明而非限制本发明，且本领域的技术人员将能够在不脱离所附权利要求书的范围的情况下设计许多备选实施例。在权利要求中，放置在括号之间的任何附图标记不应被解释为限制权利要求。动词“包括”及其变形的使用不排除在权利要求中陈述的那些之外的元件或步骤的存在。在元件前面的冠词“一”或“一个”不排除多个这种元件的存在。本发明可以通过包括若干不同元件的硬件以及通过适当编程的计算机来实现。在列举若干装置的设备权利要求中，这些装置中的若干装置可以由同一硬件项目体现。在彼此不同的从属权利要求中记载了某些措施这一纯粹事实并不指示这些措施的组合不能被有利地使用。

[0178] 本发明还适用于包括在说明书中描述和/或在附图中示出的表征特征中的一个或多个表征特征的设备。本发明还涉及包括在说明书中描述和/或在附图中示出的表征特征中的一个或多个表征特征的方法或过程。

[0179] 本专利中讨论的各个方面可以被组合以提供附加的优点。此外，本领域的技术人员将理解，可以组合实施例，并且还可以组合多于两个的实施例。此外，一些特征可以形成一个或多个分案申请的基础。下面，提供了与色域面积指数(GAI或G_a)相关的一些参考文

献,这些文献通过引用引入本文。

[0180] G_a的参考文献

[0181] [1]American National Standards Institution,American National Standard for electric lamps-Specification for the Chromaticity of Fluorescent Lamps, ANSI C78.376-2001

[0182] [2]American National Standards Institution,American National Standard for electric lamps-Specifications for the Chromaticity of Solid State Lighting Products,ANSI C78.377:2011.

[0183] [3]CEI/IEC 60081:1997+A1:2000.Double-capped fluorescent lamps-Performance specifications.

[0184] [4]IEC 62612:2013.Self-ballasted LED lamps for general lighting services with supply voltages>50V-Performance requirements.

[0185] [5]IEC 62717:2014.LED modules for general lighting-Performance requirements

[0186] [6]IEC 62722-2-1:2014.Luminaire performance-Part 2-1:Particular requirements for LED luminaires.

[0187] [7]ISO 8995:2002(E)/CIE S 008/E-2001,Lighting of indoor work places

[0188] [8]Commission regulation (EC) No 244/2009,Implementing Directive2005/32/EC of the European Parliament and of the Council with regard to eco-design requirements for non-directional household lamps.

[0189] [9]Commission regulation (EC) No 245/2009.Implementing Directive 2005/32/EC of the European Parliament and of the Council with regard to eco-design requirements for fluorescent lamps without integrated ballast,for high intensity discharge lamps,and for ballasts and luminaires able to operate such lamps, and repealing Directive 2000/55/EC of the European Parliament and of the Council.

[0190] [10]Commission regulation (EU) No 347/2010.Amending Commission Regulation (EC) No 245/2009 as regards the eco-design requirements for fluorescent lamps without integrated ballast,for high intensity discharge lamps, and for ballasts and luminaires able to operate such lamps.

[0191] [11]Commission regulation (EU) No 1194/2012.Implementing Directive 2009/125/EC of the European Parliament and of the Council with regard to eco-design requirements for directional lamps,light emitting diode lamps and related equipment.

[0192] [12]ENERGY STAR®.Program Requirements Product Specification for Lamps(Light Bulbs) -Eligibility Criteria,Version 1.1,2014.

[0193] [13]Commission Internationale de l'Eclairage,Method of Measuring and Specifying Colour Rendering Properties of Light Sources.CIE Publication 13.3, Vienna:CIE 13.3,1995.

[0194] [14]Teunissen,C.,van der Heijden,F.H.F.W.,Poort,S.H.M.,&de Beer,E.(2016).Characterising user preference for white LED light sources with CIE color rendering index combined with a relative gamut area index.Lighting Research&Technology,1477153515624484.

[0195] [15]Ohno Y,Fein M,Miller C.Vision experiment on chroma saturation for color quality preference.In:Proceedings of the 28th CIE session 2015;CIE 216:2015,Volume 1,Part 1;pp.60-69.Manchester,United Kingdom,2015年6月28日-7月4日.

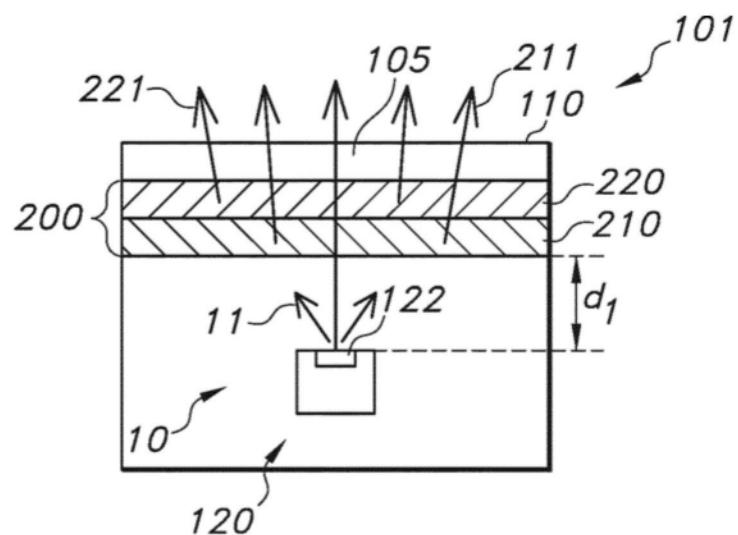


图1A

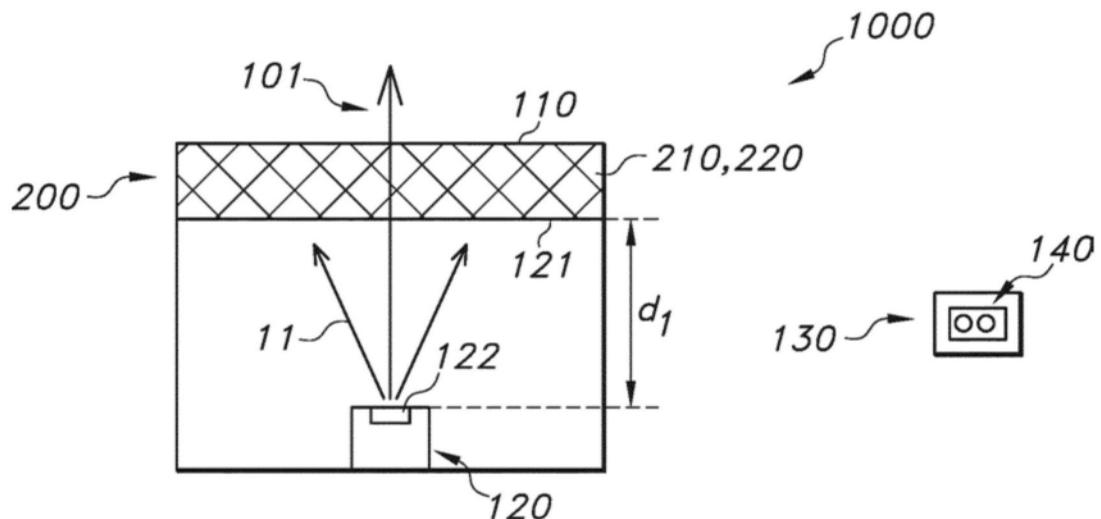


图1B

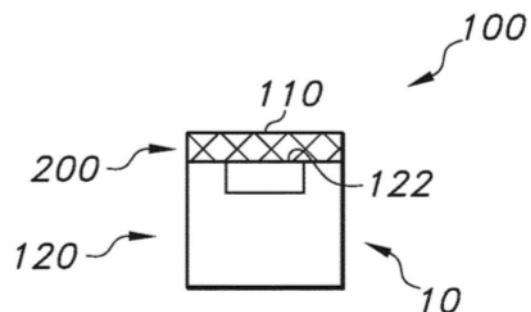


图1C

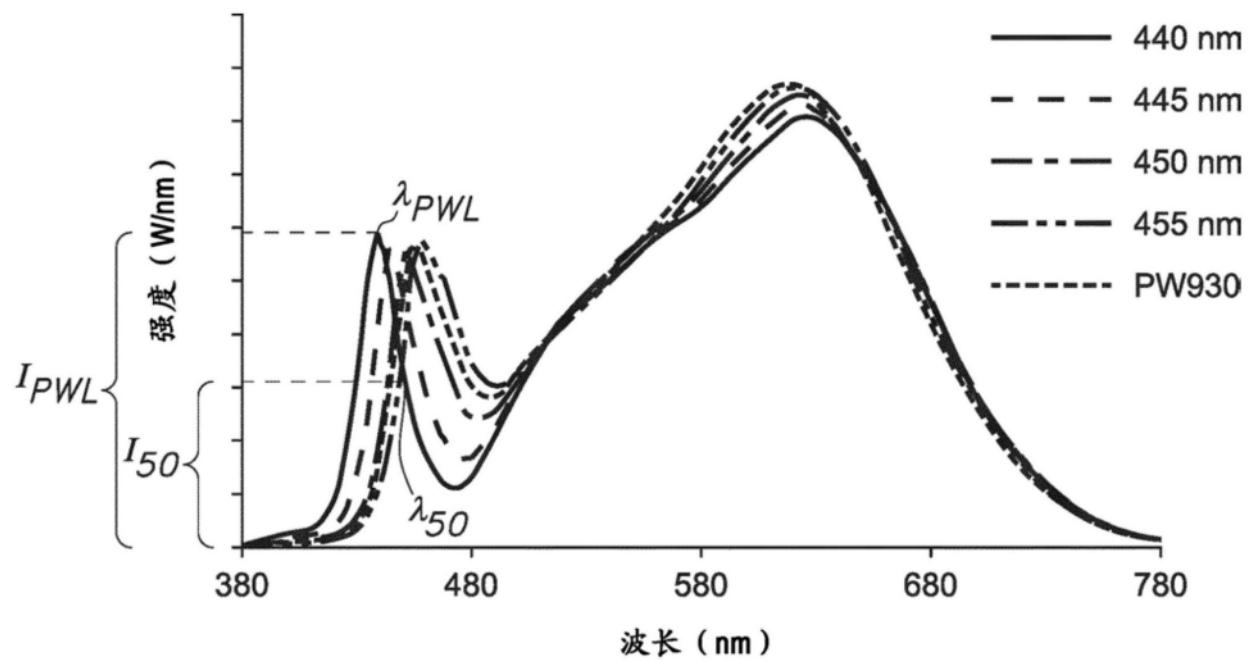


图2

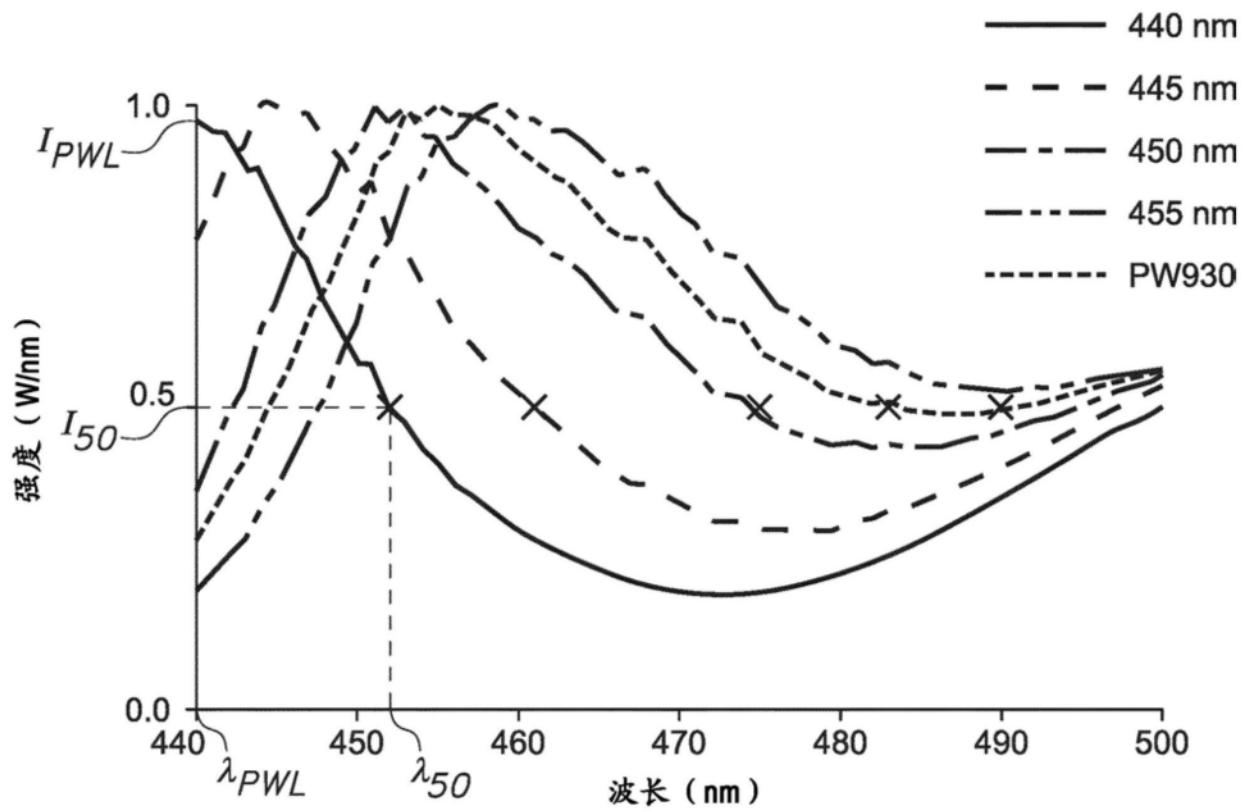


图3

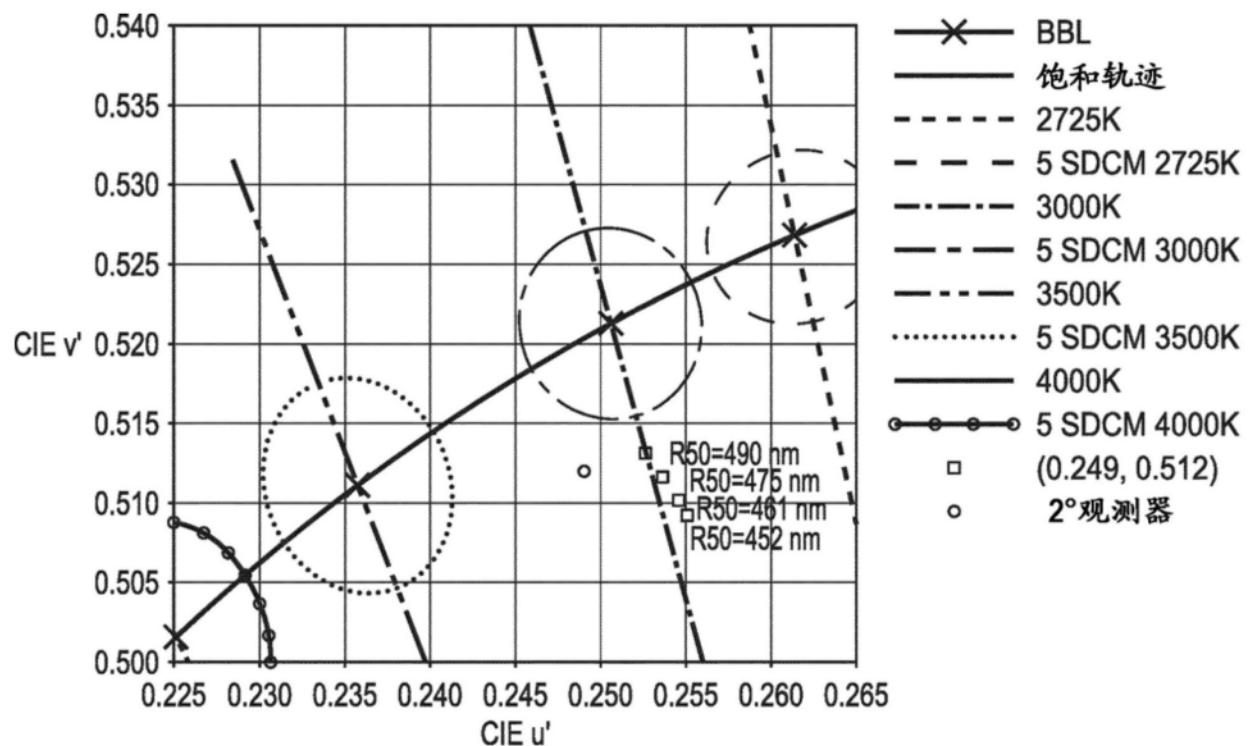


图4

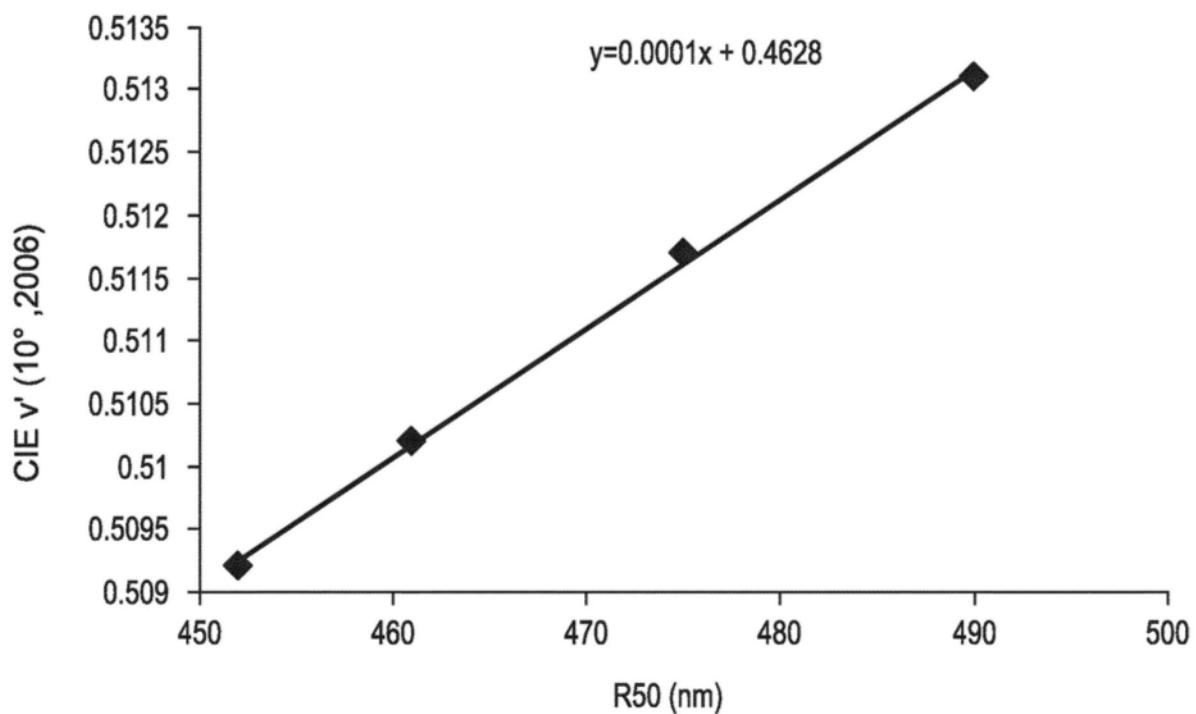


图5

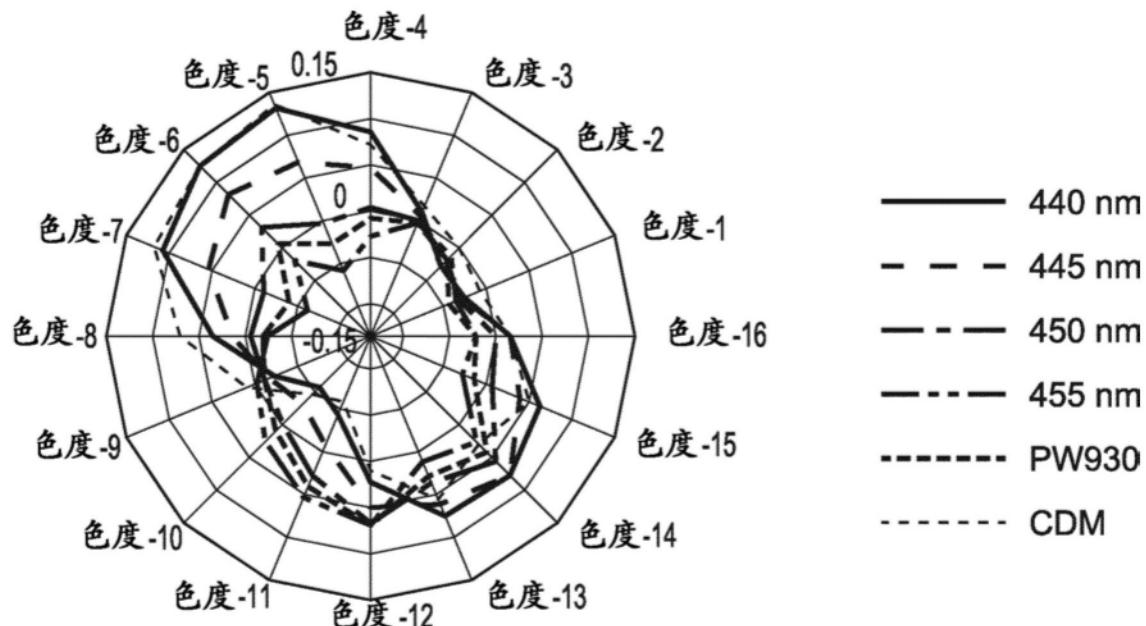


图6

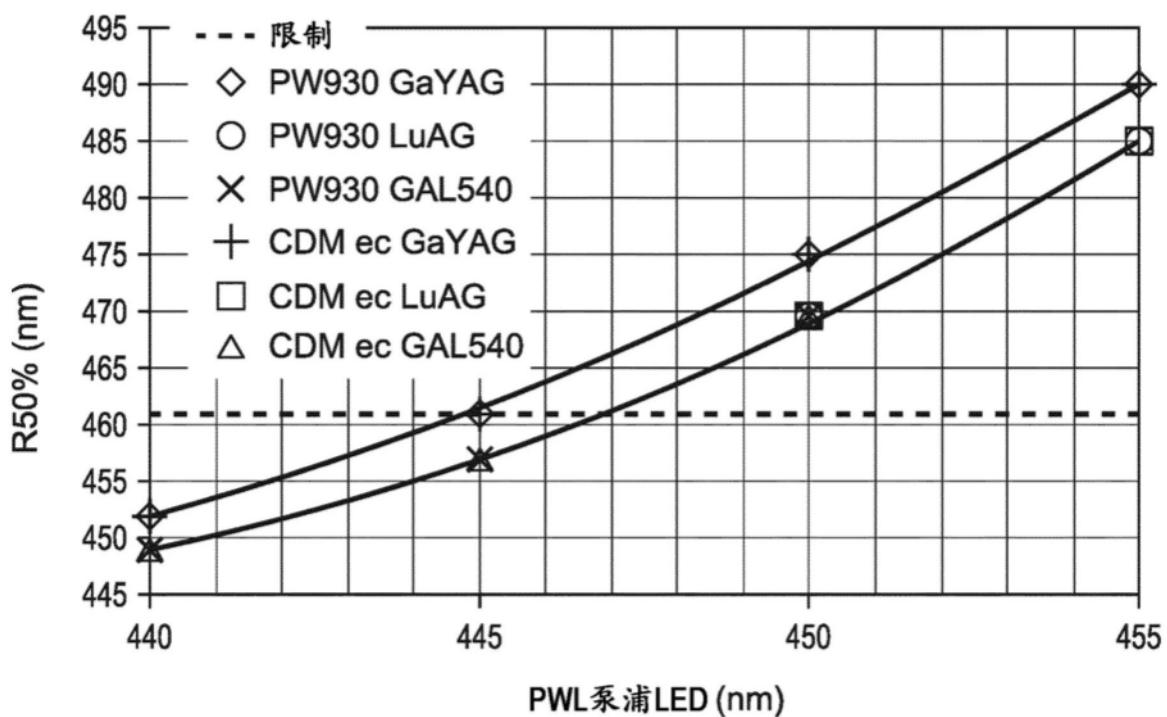


图7

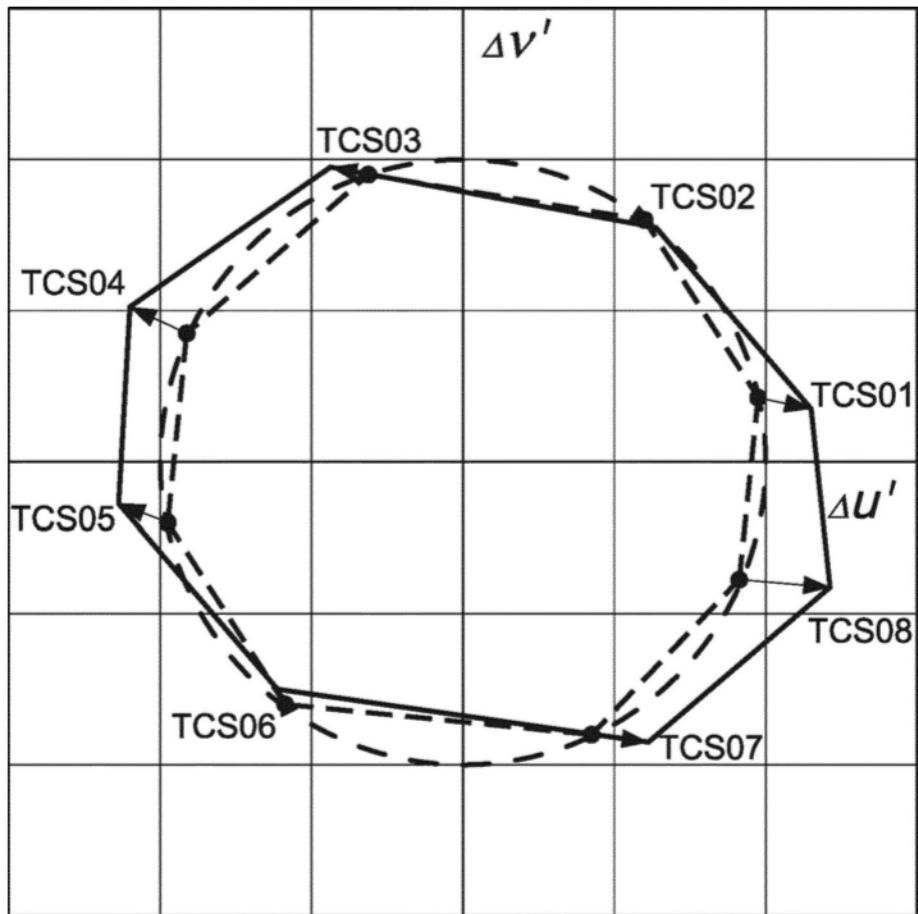


图8