



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103299718 B

(45) 授权公告日 2015. 12. 23

(21) 申请号 201280005125. 2

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2012. 08. 31

H05B 37/02(2006. 01)

H01L 33/50(2006. 01)

(30) 优先权数据

2011-192140 2011. 09. 02 JP

2011-192142 2011. 09. 02 JP

2011-223472 2011. 10. 07 JP

(56) 对比文件

CN 1249530 A, 2000. 04. 05,

审查员 沈敏洁

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2013. 07. 11

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2012/072144 2012. 08. 31

(87) PCT国际申请的公布数据

W02013/031943 JA 2013. 03. 07

(73) 专利权人 西铁城电子株式会社

地址 日本山梨县

(72) 发明人 堀江秀善

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司

公司 11127

代理人 李辉 黄纶伟

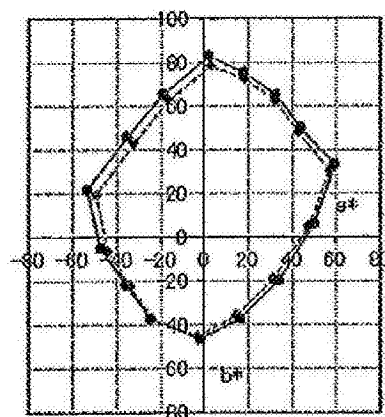
权利要求书13页 说明书65页 附图15页

(54) 发明名称

照明方法和发光装置

(57) 摘要

本发明的目的在于提供照明方法和发光装置,包括进行细致作业的情况在内,在 5000lx 左右以下、或者一般为 1500lx 左右以下的室内照度环境下,对于人感觉到的色貌,能够与各种显色评价指标(color rendition metric)的分数无关地实现如在室外的高照度环境下看到的自然、生动、视觉辨认性高、且舒适的色貌、物体外貌。在从发光装置射出的光对对象物进行照明时,以使在对象物的位置处测定到的光满足特定条件的方式进行照明。发光装置的特征在于,从发光装置在主辐射方向上射出的光满足特定条件。



1. 一种照明方法, 该照明方法包含以下步骤: 准备照明对象物的照明对象物准备步骤; 以及通过从包含作为发光要素的半导体发光元件的发光装置射出的光对对象物进行照明的照明步骤, 该照明方法的特征在于,

在所述照明步骤中, 从所述发光装置射出的光对对象物进行照明时, 以在所述对象物的位置处测定到的光满足以下 (1)、(2) 以及 (3) 的方式进行照明:

(1) 在所述对象物的位置处测定到的光离 ANSI C78.377 中定义的黑体辐射轨迹的距离 D_{uvSSL} 为 $-0.0350 \leq D_{uvSSL} \leq -0.0040$;

(2) 在设数学上假设了在所述对象物的位置处测定到的光的照明时的 #01 至 #15 的下述 15 种修正蒙赛尔色卡在 CIE 1976L*a*b*颜色空间中的 a^* 值、 b^* 值分别为 a_{nSSL}^* 、 b_{nSSL}^* , 其中 n 为 1 至 15 的自然数,

并且设数学上假设了根据在所述对象物的位置处测定到的光的相关色温 T_{SSL} (K) 选择的基准光的照明时的该 15 种修正蒙赛尔色卡在 CIE 1976L*a*b*颜色空间中的 a^* 值、 b^* 值分别为 a_{nref}^* 、 b_{nref}^* , 其中 n 为 1 至 15 的自然数时, 饱和度差 ΔC_n 满足:

$-3.8 \leq \Delta C_n \leq 18.6$, n 为 1 至 15 的自然数,

由下式 (1) 表示的饱和度差的平均值满足下式 (2):

$$\frac{\sum_{n=1}^{15} \Delta C_n}{15} \quad (1)$$

$$1.0 \leq \frac{\sum_{n=1}^{15} \Delta C_n}{15} \leq 7.0 \quad (2)$$

并且, 在设饱和度差的最大值为 ΔC_{max} 、饱和度差的最小值为 ΔC_{min} 时, 饱和度差的最大值与饱和度差的最小值之间的差 $\Delta C_{max} - \Delta C_{min}$ 满足:

$2.8 \leq (\Delta C_{max} - \Delta C_{min}) \leq 19.6$

其中, $\Delta C_n = \sqrt{\{ (a_{nSSL}^*)^2 + (b_{nSSL}^*)^2 \}} - \sqrt{\{ (a_{nref}^*)^2 + (b_{nref}^*)^2 \}}$,

15 种修正蒙赛尔色卡为:

#01 7.5 P 4 /10

#02	10	PB	4	/10
#03	5	PB	4	/12
#04	7.5	B	5	/10
#05	10	BG	6	/8
#06	2.5	BG	6	/10
#07	2.5	G	6	/12
#08	7.5	GY	7	/10
#09	2.5	GY	8	/10
#10	5	Y	8.5	/12
#11	10	YR	7	/12
#12	5	YR	7	/12
#13	10	R	6	/12
#14	5	R	4	/14
#15	7.5	RP	4	/12

(3) 在设数学上假设了在所述对象物的位置处测定到的光的照明时的所述 15 种修正蒙赛尔色卡在 CIE 1976L*a*b*颜色空间中的色相角为 θ_{nSSL} (度), 其中, n 为 1 至 15 的自然数,

并且设数学上假设了根据在所述对象物的位置处测定到的光的相关色温 T_{SSL} (K) 选择的基准光的照明时的该 15 种修正蒙赛尔色卡在 CIE 1976L*a*b*颜色空间中的色相角为 θ_{nref} (度), 其中, n 为 1 至 15 的自然数时, 色相角差的绝对值 $|\Delta h_n|$ 满足:

$0 \leq |\Delta h_n| \leq 9.0$ (度), n 为 1 至 15 的自然数,

其中, $\Delta h_n = \theta_{nSSL} - \theta_{nref}$ 。

2. 根据权利要求 1 所述的照明方法, 其特征在于,

设在所述对象物的位置处测定到的光的光谱分布为 $\Phi_{SSL}(\lambda)$ 、根据在所述对象物的位置处测定到的光的 T_{SSL} (K) 选择的基准光的光谱分布为 $\Phi_{ref}(\lambda)$ 、在所述对象物的位置处测定到的光的三刺激值为 $(X_{SSL}, Y_{SSL}, Z_{SSL})$ 、根据在所述对象物的位置处测定到的光的 T_{SSL} (K) 选择的基准光的三刺激值为 $(X_{ref}, Y_{ref}, Z_{ref})$,

将在所述对象物的位置处测定到的光的归一化光谱分布 $S_{SSL}(\lambda)$ 、根据在所述对象物的位置处测定到的光的 T_{SSL} (K) 选择的基准光的归一化光谱分布 $S_{ref}(\lambda)$ 、以及这些归一化光谱分布的差 $\Delta S(\lambda)$ 分别定义为:

$$S_{SSL}(\lambda) = \Phi_{SSL}(\lambda) / Y_{SSL}$$

$$S_{ref}(\lambda) = \Phi_{ref}(\lambda) / Y_{ref}$$

$$\Delta S(\lambda) = S_{ref}(\lambda) - S_{SSL}(\lambda)$$

设波长 380nm 以上 780nm 以内的范围中实现了 $S_{SSL}(\lambda)$ 的最长波长极大值的波长为 λ_R (nm) 时, 在比 λ_R 更靠长波长侧的位置存在成为 $S_{SSL}(\lambda_R)/2$ 的波长 $\Delta\lambda$,

在所述对象物的位置处测定到的光的由下式 (3) 表示的指标 A_{cg} 满足 $-360 \leq A_{cg} \leq -10$,

$$A_{cg} = \int_{380}^{495} \Delta S(\lambda) d\lambda + \int_{495}^{590} (-\Delta S(\lambda)) d\lambda + \int_{590}^{\lambda_4} \Delta S(\lambda) d\lambda \quad (3)。$$

3. 根据权利要求 1 所述的照明方法, 其特征在于,

设在所述对象物的位置处测定到的光的光谱分布为 $\phi_{SSL}(\lambda)$ 、根据在所述对象物的位置处测定到的光的 $T_{SSL}(K)$ 选择的基准光的光谱分布为 $\phi_{ref}(\lambda)$ 、在所述对象物的位置处测定到的光的三刺激值为 $(X_{SSL}, Y_{SSL}, Z_{SSL})$ 、根据在所述对象物的位置处测定到的光的 $T_{SSL}(K)$ 选择的基准光的三刺激值为 $(X_{ref}, Y_{ref}, Z_{ref})$,

将在所述对象物的位置处测定到的光的归一化光谱分布 $S_{SSL}(\lambda)$ 、根据在所述对象物的位置处测定到的光的 $T_{SSL}(K)$ 选择的基准光的归一化光谱分布 $S_{ref}(\lambda)$ 、以及这些归一化光谱分布的差 $\Delta S(\lambda)$ 分别定义为:

$$S_{SSL}(\lambda) = \phi_{SSL}(\lambda) / Y_{SSL}$$

$$S_{ref}(\lambda) = \phi_{ref}(\lambda) / Y_{ref}$$

$$\Delta S(\lambda) = S_{ref}(\lambda) - S_{SSL}(\lambda)$$

设波长 380nm 以上 780nm 以内的范围中实现了 $S_{SSL}(\lambda)$ 的最长波长极大值的波长为 λ_R (nm) 时, 在比 λ_R 更靠长波长侧的位置不存在成为 $S_{SSL}(\lambda_R)/2$ 的波长 λ_4 ,

在所述对象物的位置处测定到的光的由下式 (4) 表示的指标 A_{cg} 满足 $-360 \leq A_{cg} \leq -10$,

$$A_{cg} = \int_{380}^{495} \Delta S(\lambda) d\lambda + \int_{495}^{590} (-\Delta S(\lambda)) d\lambda + \int_{590}^{780} \Delta S(\lambda) d\lambda \quad (4)。$$

4. 根据权利要求 1 ~ 3 中的任意一项所述的照明方法, 其特征在于,

根据在所述对象物的位置处测定到的光的光谱分布 $\phi_{SSL}(\lambda)$ 导出的波长 380nm 以上 780nm 以下的范围的辐射效率 $K(lm/W)$ 满足:

$$180(lm/W) \leq K(lm/W) \leq 320(lm/W)。$$

5. 根据权利要求 1 ~ 3 中的任意一项所述的照明方法, 其特征在于,

所述色相角差的绝对值 $|\Delta h_n|$ 满足:

$$0.003 \leq |\Delta h_n| \leq 8.3(\text{度}), n \text{ 为 } 1 \text{ 至 } 15 \text{ 的自然数。}$$

6. 根据权利要求 1 ~ 3 中的任意一项所述的照明方法, 其特征在于,

由所述式 (1) 表示的饱和度差的平均值满足下式 (2)' :

$$1.2 \leq \frac{\sum_{n=1}^{15} \Delta C_n}{15} \leq 6.3 \quad (2)'。$$

7. 根据权利要求 1 ~ 3 中的任意一项所述的照明方法, 其特征在于,

所述饱和度差 ΔC_n 满足:

$$-3.4 \leq \Delta C_n \leq 16.8, n \text{ 为 } 1 \text{ 至 } 15 \text{ 的自然数。}$$

8. 根据权利要求 1 ~ 3 中的任意一项所述的照明方法, 其特征在于,

所述饱和度差的最大值与所述饱和度差的最小值之间的差 $\Delta C_{max} - \Delta C_{min}$ 满足:

$$3.2 \leq (\Delta C_{max} - \Delta C_{min}) \leq 17.8。$$

9. 根据权利要求 1 ~ 3 中的任意一项所述的照明方法, 其特征在于,
在所述对象物的位置处测定到的光离黑体辐射轨迹的距离 D_{uvSSL} 满足:
 $-0.0250 \leq D_{uvSSL} \leq -0.0100$ 。
10. 根据权利要求 2 或 3 所述的照明方法, 其特征在于,
由所述式 (3) 或 (4) 表示的指标 A_{cg} 满足:
 $-322 \leq A_{cg} \leq -12$ 。
11. 根据权利要求 1 ~ 3 中的任意一项所述的照明方法, 其特征在于,
关于在所述对象物的位置处测定到的光, 根据光谱分布 $\Phi_{SSL}(\lambda)$ 导出的波长 380nm 以上 780nm 以下的范围的辐射效率 $K(lm/W)$ 满足:
 $206(lm/W) \leq K(lm/W) \leq 288(lm/W)$ 。
12. 根据权利要求 1 ~ 3 中的任意一项所述的照明方法, 其特征在于,
在所述对象物的位置处测定到的光的相关色温 $T_{SSL}(K)$ 满足:
 $2550(K) \leq T_{SSL}(K) \leq 5650(K)$ 。
13. 根据权利要求 1 ~ 3 中的任意一项所述的照明方法, 其特征在于,
对所述对象物进行照明的照度为 150lx 以上 5000lx 以下。
14. 根据权利要求 1 ~ 3 中的任意一项所述的照明方法, 其特征在于,
所述发光装置射出包含所述半导体发光元件射出的光在内的、从 1 种以上 6 种以下的发光要素射出的光。
15. 根据权利要求 1 ~ 3 中的任意一项所述的照明方法, 其特征在于,
所述半导体发光元件的发光光谱的峰值波长为 380nm 以上且小于 495nm, 并且, 半值全宽为 2nm 以上 45nm 以下。
16. 根据权利要求 15 所述的照明方法, 其特征在于,
所述半导体发光元件的发光光谱的峰值波长为 395nm 以上且小于 420nm。
17. 根据权利要求 15 所述的照明方法, 其特征在于,
所述半导体发光元件的发光光谱的峰值波长为 420nm 以上且小于 455nm。
18. 根据权利要求 15 所述的照明方法, 其特征在于,
该半导体发光元件的发光光谱的峰值波长为 455nm 以上且小于 485nm。
19. 根据权利要求 1 ~ 3 中的任意一项所述的照明方法, 其特征在于,
所述半导体发光元件的发光光谱的峰值波长为 495nm 以上且小于 590nm, 并且, 半值全宽为 2nm 以上 75nm 以下。
20. 根据权利要求 1 ~ 3 中的任意一项所述的照明方法, 其特征在于,
所述半导体发光元件的发光光谱的峰值波长为 590nm 以上且小于 780nm, 并且, 半值全宽为 2nm 以上 30nm 以下。
21. 根据权利要求 1 ~ 3 中的任意一项所述的照明方法, 其特征在于,
所述半导体发光元件是在从由蓝宝石基板、GaN 基板、GaAs 基板、GaP 基板构成的组中选择的任意一种基板上制作的。
22. 根据权利要求 1 ~ 3 中的任意一项所述的照明方法, 其特征在于,
所述半导体发光元件是在 GaN 基板或 GaP 基板上制作的, 且所述基板的厚度为 100 μm 以上 2mm 以下。

23. 根据权利要求 1 ~ 3 中的任意一项所述的照明方法,其特征在于,

所述半导体发光元件是在蓝宝石基板或 GaAs 基板上制作的,并且半导体发光元件是从基板上剥离而成的。

24. 根据权利要求 1 ~ 3 中的任意一项所述的照明方法,其特征在于,

具有荧光体作为发光要素。

25. 根据权利要求 24 所述的照明方法,其特征在于,

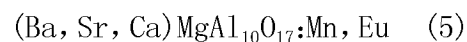
所述荧光体包含 1 种以上 5 种以下的发光光谱不同的荧光体。

26. 根据权利要求 24 所述的照明方法,其特征在于,

所述荧光体包含在室温下进行了光激发时的单体发光光谱的峰值波长为 380nm 以上且小于 495nm,并且半值全宽为 2nm 以上 90nm 以下的荧光体。

27. 根据权利要求 26 所述的照明方法,其特征在于,

所述荧光体包含从由以下荧光体构成的组中选择的 1 种以上荧光体:由下述一般式 (5) 表示的荧光体、由下述一般式 (5)' 表示的荧光体、 $(\text{Sr}, \text{Ba})_3\text{MgSi}_2\text{O}_8:\text{Eu}^{2+}$ 以及 $(\text{Ba}, \text{Sr}, \text{Ca}, \text{Mg})\text{Si}_2\text{O}_2\text{N}_2:\text{Eu}$,



在一般式 (5)' 中, X 为 Cl, 并且 c、d 以及 x 是满足 $2.7 \leq c \leq 3.3$ 、 $0.9 \leq d \leq 1.1$ 、 $0.3 \leq x \leq 1.2$ 的数,而且, a 和 b 满足 $a+b = 5-x$ 且 $0 \leq b/(a+b) \leq 0.6$ 的条件。

28. 根据权利要求 24 所述的照明方法,其特征在于,

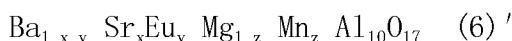
所述荧光体包含在室温下进行了光激发时的单体发光光谱的峰值波长为 495nm 以上且小于 590nm,并且半值全宽为 2nm 以上 130nm 以下的荧光体。

29. 根据权利要求 28 所述的照明方法,其特征在于,

所述荧光体包含从由以下荧光体构成的组中选择的 1 种以上荧光体: $\text{Si}_{6-z}\text{Al}_z\text{O}_z\text{N}_8:\text{Eu}$, 其中 $0 < z < 4.2$ 、由下述一般式 (6) 表示的荧光体、由下述一般式 (6)' 表示的荧光体以及 $\text{SrGaS}_4:\text{Eu}^{2+}$,



在一般式 (6) 中, a、b、c、d 以及 x 满足 $a+b+c+d+x = 2$ 、 $1.0 \leq a \leq 2.0$ 、 $0 \leq b < 0.2$ 、 $0.2 \leq c \leq 0.8$ 、 $0 \leq d < 0.2$ 以及 $0 < x \leq 0.5$,



在一般式 (6)' 中, x、y 以及 z 分别满足 $0.1 \leq x \leq 0.4$ 、 $0.25 \leq y \leq 0.6$ 以及 $0.05 \leq z \leq 0.5$ 。

30. 根据权利要求 24 所述的照明方法,其特征在于,

所述荧光体包含在室温下进行了光激发时的单体发光光谱的峰值波长为 590nm 以上且小于 780nm,并且半值全宽为 2nm 以上 130nm 以下的荧光体。

31. 根据权利要求 30 所述的照明方法,其特征在于,

所述荧光体包含从由以下荧光体构成的组中选择的 1 种以上荧光体:

由下述一般式 (7) 表示的荧光体;

由下述一般式 (7)' 表示的荧光体;

$(\text{Sr}, \text{Ca}, \text{Ba})_2\text{Al}_x\text{Si}_{5-x}\text{O}_x\text{N}_{8-x}:\text{Eu}$, 其中, $0 \leq x \leq 2$;

$\text{Eu}_y(\text{Sr}, \text{Ca}, \text{Ba})_{1-y}:\text{Al}_{1+x}\text{Si}_{4-x}\text{O}_x\text{N}_{7-x}$, 其中, $0 \leq x < 4, 0 \leq y < 0.2$;

$\text{K}_2\text{SiF}_6:\text{Mn}^{4+}$;

$\text{A}_{2+x}\text{M}_y\text{Mn}_z\text{F}_n$, 其中, A 为 Na 和 / 或 K, M 为 Si 和 Al, $-1 \leq x \leq 1$ 且 $0.9 \leq y+z \leq 1.1$ 且 $0.001 \leq z \leq 0.4$ 且 $5 \leq n \leq 7$;

$(\text{Ca}, \text{Sr}, \text{Ba}, \text{Mg})\text{AlSiN}_3:\text{Eu}$ 和 / 或 $(\text{Ca}, \text{Sr}, \text{Ba})\text{AlSiN}_3:\text{Eu}$; 以及

$(\text{CaAlSiN}_3)_{1-x}(\text{Si}_2\text{N}_2\text{O})_x:\text{Eu}$, 其中, x 为 $0 < x < 0.5$,

$(\text{La}_{1-x-y}, \text{Eu}_x, \text{Ln}_y)_2\text{O}_2\text{S}$ (7)

在一般式 (7) 中, x 和 y 分别表示满足 $0.02 \leq x \leq 0.50$ 和 $0 \leq y \leq 0.50$ 的数, Ln 表示 Y、Gd、Lu、Sc、Sm 以及 Er 中的至少 1 种三价稀土类元素,

$(k-x)\text{MgO} \cdot x\text{AF}_2 \cdot \text{GeO}_2:y\text{Mn}^{4+}$ (7)'

在一般式 (7)' 中, k、x、y 分别表示满足 $2.8 \leq k \leq 5, 0.1 \leq x \leq 0.7, 0.005 \leq y \leq 0.015$ 的数, A 是钙 (Ca)、锶 (Sr)、钡 (Ba)、锌 (Zn) 或它们的混合物。

32. 根据权利要求 1 ~ 3 中的任意一项所述的照明方法, 其特征在于,

具有荧光体作为发光要素, 所述半导体发光元件的发光光谱的峰值波长为 395nm 以上且小于 420nm, 所述荧光体包含 SBCA、 β -SiAlON 以及 CASON。

33. 根据权利要求 1 ~ 3 中的任意一项所述的照明方法, 其特征在于,

具有荧光体作为发光要素, 所述半导体发光元件的发光光谱的峰值波长为 395nm 以上且小于 420nm, 所述荧光体包含 SCA、 β -SiAlON 以及 CASON。

34. 根据权利要求 1 ~ 3 中的任意一项所述的照明方法, 其特征在于,

所述发光装置是从由封装化 LED、LED 模块、LED 照明器具以及 LED 照明系统构成的组中选择的任何一种。

35. 根据权利要求 1 ~ 3 中的任意一项所述的照明方法, 其特征在于,

该照明方法用于家庭用途。

36. 根据权利要求 1 ~ 3 中的任意一项所述的照明方法, 其特征在于,

该照明方法用于展示用途。

37. 根据权利要求 1 ~ 3 中的任意一项所述的照明方法, 其特征在于,

该照明方法用于演出用途。

38. 根据权利要求 1 ~ 3 中的任意一项所述的照明方法, 其特征在于,

该照明方法用于医疗用途。

39. 根据权利要求 1 ~ 3 中的任意一项所述的照明方法, 其特征在于,

该照明方法用于作业用途。

40. 根据权利要求 1 ~ 3 中的任意一项所述的照明方法, 其特征在于,

该照明方法用于工业设备内的用途。

41. 根据权利要求 1 ~ 3 中的任意一项所述的照明方法, 其特征在于,

该照明方法用于交通工具内部装饰用途。

42. 根据权利要求 1 ~ 3 中的任意一项所述的照明方法, 其特征在于,

该照明方法用于美术品用途。

43. 根据权利要求 1 ~ 3 中的任意一项所述的照明方法, 其特征在于,

该照明方法用于高龄者用途。

44. 一种发光装置,其至少具有半导体发光元件作为发光要素,该发光装置的特征在于,

从所述发光装置射出的光在主辐射方向上包含离 ANSI C78.377 中定义的黑体辐射轨迹的距离 D_{uvSSL} 为 $-0.0350 \leq D_{uvSSL} \leq -0.0040$ 的光,

并且,

设从所述发光装置在该辐射方向上射出的光的光谱分布为 $\phi_{SSL}(\lambda)$ 、根据从所述发光装置在该辐射方向上射出的光的相关色温 $T_{SSL}(K)$ 选择的基准光的光谱分布为 $\phi_{ref}(\lambda)$ 、从所述发光装置在该辐射方向上射出的光的三刺激值为 $(X_{SSL}, Y_{SSL}, Z_{SSL})$ 、根据从所述发光装置在该辐射方向上射出的光的相关色温 $T_{SSL}(K)$ 选择的基准光的三刺激值为 $(X_{ref}, Y_{ref}, Z_{ref})$,

将从所述发光装置在该辐射方向上射出的光的归一化光谱分布 $S_{SSL}(\lambda)$ 、根据从所述发光装置在该辐射方向上射出的光的相关色温 $T_{SSL}(K)$ 选择的基准光的归一化光谱分布 $S_{ref}(\lambda)$ 、以及这些归一化光谱分布的差 $\Delta S(\lambda)$ 分别定义为:

$$S_{SSL}(\lambda) = \phi_{SSL}(\lambda) / Y_{SSL}$$

$$S_{ref}(\lambda) = \phi_{ref}(\lambda) / Y_{ref}$$

$$\Delta S(\lambda) = S_{ref}(\lambda) - S_{SSL}(\lambda)$$

设波长 380nm 以上 780nm 以内的范围中实现了 $S_{SSL}(\lambda)$ 的最长波长极大值的波长为 $\lambda_R(nm)$ 时,在比 λ_R 更靠长波长侧的位置存在成为 $S_{SSL}(\lambda_R)/2$ 的波长 Λ_4 ,

由下式 (3) 表示的指标 A_{cg} 满足 $-360 \leq A_{cg} \leq -10$,

$$A_{cg} = \int_{380}^{495} \Delta S(\lambda) d\lambda + \int_{495}^{590} (-\Delta S(\lambda)) d\lambda + \int_{590}^{\Lambda_4} \Delta S(\lambda) d\lambda \quad (3)。$$

45. 一种发光装置,其至少具有半导体发光元件作为发光要素,该发光装置的特征在于,

从所述发光装置射出的光在主辐射方向上包含离 ANSI C78.377 中定义的黑体辐射轨迹的距离 D_{uvSSL} 为 $-0.0350 \leq D_{uvSSL} \leq -0.0040$ 的光,

并且,

设从所述发光装置在该辐射方向上射出的光的光谱分布为 $\phi_{SSL}(\lambda)$ 、根据从所述发光装置在该辐射方向上射出的光的相关色温 $T_{SSL}(K)$ 选择的基准光的光谱分布为 $\phi_{ref}(\lambda)$ 、从所述发光装置在该辐射方向上射出的光的三刺激值为 $(X_{SSL}, Y_{SSL}, Z_{SSL})$ 、根据从所述发光装置在该辐射方向上射出的光的相关色温 $T_{SSL}(K)$ 选择的基准光的三刺激值为 $(X_{ref}, Y_{ref}, Z_{ref})$,

将从所述发光装置在该辐射方向上射出的光的归一化光谱分布 $S_{SSL}(\lambda)$ 、根据从所述发光装置在该辐射方向上射出的光的相关色温 $T_{SSL}(K)$ 选择的基准光的归一化光谱分布 $S_{ref}(\lambda)$ 、以及这些归一化光谱分布的差 $\Delta S(\lambda)$ 分别定义为:

$$S_{SSL}(\lambda) = \phi_{SSL}(\lambda) / Y_{SSL}$$

$$S_{ref}(\lambda) = \phi_{ref}(\lambda) / Y_{ref}$$

$$\Delta S(\lambda) = S_{ref}(\lambda) - S_{SSL}(\lambda)$$

设波长 380nm 以上 780nm 以内的范围内实现了 $S_{SSL}(\lambda)$ 的最长波长极大值的波长为

λ_R (nm) 时, 在比 λ_R 更靠长波长侧的位置不存在成为 $S_{SSL}(\lambda_R)/2$ 的波长 Λ_4 ,

由下式 (4) 表示的指标 A_{cg} 满足 $-360 \leq A_{cg} \leq -10$,

$$A_{cg} = \int_{380}^{495} \Delta S(\lambda) d\lambda + \int_{495}^{590} (-\Delta S(\lambda)) d\lambda + \int_{590}^{780} \Delta S(\lambda) d\lambda \quad (4)。$$

46. 根据权利要求 44 或 45 所述的发光装置, 其特征在于,

从所述发光装置在该辐射方向上射出的光满足以下 (1) 和 (2) :

(1) 在设数学上假设了从所述发光装置在该辐射方向上射出的光的照明时的 #01 至 #15 的下述 15 种修正蒙赛尔色卡在 CIE 1976L*a*b*颜色空间中的 a^* 值、 b^* 值分别为 a_{nSSL}^* 、 b_{nSSL}^* , 其中 n 为 1 至 15 的自然数,

并且设数学上假设了根据在该辐射方向上射出的光的相关色温 T_{SSL} (K) 选择的基准光的照明时的该 15 种修正蒙赛尔色卡在 CIE 1976L*a*b*颜色空间中的 a^* 值、 b^* 值分别为 a_{nref}^* 、 b_{nref}^* , 其中 n 为 1 至 15 的自然数时, 饱和度差 ΔC_n 满足 :

$-3.8 \leq \Delta C_n \leq 18.6$, 其中 n 为 1 至 15 的自然数,

由下式 (1) 表示的饱和度差的平均值满足下式 (2) :

$$\frac{\sum_{n=1}^{15} \Delta C_n}{15} \quad (1)$$

$$1.0 \leq \frac{\sum_{n=1}^{15} \Delta C_n}{15} \leq 7.0 \quad (2)$$

并且, 在设饱和度差的最大值为 ΔC_{max} 、饱和度差的最小值为 ΔC_{min} 时, 饱和度差的最大值与饱和度差的最小值之间的差 $\Delta C_{max} - \Delta C_{min}$ 满足 :

$2.8 \leq (\Delta C_{max} - \Delta C_{min}) \leq 19.6$

其中, $\Delta C_n = \sqrt{\{(a_{nSSL}^*)^2 + (b_{nSSL}^*)^2\}} - \sqrt{\{(a_{nref}^*)^2 + (b_{nref}^*)^2\}}$,

15 种修正蒙赛尔色卡为 :

#01	7.5 P	4	/10
#02	10 PB	4	/10
#03	5 PB	4	/12
#04	7.5 B	5	/10
#05	10 BG	6	/8
#06	2.5 BG	6	/10
#07	2.5 G	6	/12
#08	7.5 GY	7	/10
#09	2.5 GY	8	/10

#10	5	Y	8.5	/12
#11	10	YR	7	/12
#12	5	YR	7	/12
#13	10	R	6	/12
#14	5	R	4	/14
#15	7.5	RP	4	/12

(2) 在设数学上假设了从所述发光装置在该辐射方向上射出的光的照明时的上述 15 种修正蒙赛尔色卡在 CIE 1976L*a*b*颜色空间中的色相角为 θ_{nSSL} (度), 其中 n 为 1 至 15 的自然数,

并且设数学上假设了根据在该辐射方向上射出的光的相关色温 T_{SSL} (K) 选择的基准光的照明时的该 15 种修正蒙赛尔色卡在 CIE 1976L*a*b*颜色空间中的色相角为 θ_{nref} (度), 其中 n 为 1 至 15 的自然数时, 色相角差的绝对值 $|\Delta h_n|$ 满足:

$0 \leq |\Delta h_n| \leq 9.0$ (度), n 为 1 至 15 的自然数,

其中, $\Delta h_n = \theta_{nSSL} - \theta_{nref}$ 。

47. 根据权利要求 44 或 45 所述的发光装置, 其特征在于,

关于从所述发光装置在该辐射方向上射出的光, 根据光谱分布 $\phi_{SSL}(\lambda)$ 导出的波长 380nm 以上 780nm 以下的范围的辐射效率 K (lm/W) 满足:

$180 \text{ (lm/W)} \leq K \text{ (lm/W)} \leq 320 \text{ (lm/W)}$ 。

48. 根据权利要求 46 所述的发光装置, 其特征在于,

所述色相角差的绝对值 $|\Delta h_n|$ 满足:

$0.003 \leq |\Delta h_n| \leq 8.3$ (度), n 为 1 至 15 的自然数。

49. 根据权利要求 46 所述的发光装置, 其特征在于,

由所述式 (1) 表示的饱和度差的平均值满足下式 (2)' :

$$1.2 \leq \frac{\sum_{n=1}^{15} \Delta C_n}{15} \leq 6.3 \quad (2)'。$$

50. 根据权利要求 46 所述的发光装置, 其特征在于,

所述饱和度差 ΔC_n 满足:

$-3.4 \leq \Delta C_n \leq 16.8$, n 为 1 至 15 的自然数。

51. 根据权利要求 46 所述的发光装置, 其特征在于,

所述饱和度差的最大值与所述饱和度差的最小值之间的差 $\Delta C_{\max} - \Delta C_{\min}$ 满足:

$3.2 \leq (\Delta C_{\max} - \Delta C_{\min}) \leq 17.8$ 。

52. 根据权利要求 44 或 45 所述的发光装置, 其特征在于,

从所述发光装置在该辐射方向上射出的光离黑体辐射轨迹的距离 D_{uvSSL} 满足:

$-0.0250 \leq D_{uvSSL} \leq -0.0100$ 。

53. 根据权利要求 44 或 45 所述的发光装置, 其特征在于,

由所述式 (3) 或 (4) 表示的指标 A_{cg} 满足:

$-322 \leq A_{cg} \leq -12$ 。

54. 根据权利要求 44 或 45 所述的发光装置,其特征在于,

关于从所述发光装置在该辐射方向上射出的光,根据光谱分布 $\phi_{SSL}(\lambda)$ 导出的波长 380nm 以上 780nm 以下的范围的辐射效率 $K(lm/W)$ 满足:

$206(lm/W) \leq K(lm/W) \leq 288(lm/W)$ 。

55. 根据权利要求 44 或 45 所述的发光装置,其特征在于,

所述相关色温 $T_{SSL}(K)$ 满足:

$2550(K) \leq T_{SSL}(K) \leq 5650(K)$ 。

56. 根据权利要求 44 或 45 所述的发光装置,其特征在于,

从所述发光装置在该辐射方向上射出的光对对象物进行照明的照度为 150lx 以上 5000lx 以下。

57. 根据权利要求 44 或 45 所述的发光装置,其特征在于,

所述发光装置在该辐射方向上发出包含所述半导体发光元件射出的光在内的、从 1 种以上 6 种以下的发光要素射出的光。

58. 根据权利要求 44 或 45 所述的发光装置,其特征在于,

所述半导体发光元件的发光光谱的峰值波长为 380nm 以上且小于 495nm,并且,半值全宽为 2nm 以上 45nm 以下。

59. 根据权利要求 58 所述的发光装置,其特征在于,

所述半导体发光元件的发光光谱的峰值波长为 395nm 以上且小于 420nm。

60. 根据权利要求 58 所述的发光装置,其特征在于,

所述半导体发光元件的发光光谱的峰值波长为 420nm 以上且小于 455nm。

61. 根据权利要求 58 所述的发光装置,其特征在于,

该半导体发光元件的发光光谱的峰值波长为 455nm 以上且小于 485nm。

62. 根据权利要求 44 或 45 所述的发光装置,其特征在于,

所述半导体发光元件的发光光谱的峰值波长为 495nm 以上且小于 590nm,并且,半值全宽为 2nm 以上 75nm 以下。

63. 根据权利要求 44 或 45 所述的发光装置,其特征在于,

所述半导体发光元件的发光光谱的峰值波长为 590nm 以上且小于 780nm,并且,半值全宽为 2nm 以上 30nm 以下。

64. 根据权利要求 44 或 45 所述的发光装置,其特征在于,

所述半导体发光元件是在从由蓝宝石基板、GaN 基板、GaAs 基板、GaP 基板构成的组中选择的任意一种基板上制作的。

65. 根据权利要求 44 或 45 所述的发光装置,其特征在于,

所述半导体发光元件是在 GaN 基板或 GaP 基板上制作的,且所述基板的厚度为 100 μm 以上 2mm 以下。

66. 根据权利要求 44 或 45 所述的发光装置,其特征在于,

所述半导体发光元件是在蓝宝石基板或 GaAs 基板上制作的,并且半导体发光元件是从基板上剥离而成的。

67. 根据权利要求 44 或 45 所述的发光装置,其特征在于,

该发光装置具有荧光体作为发光要素。

68. 根据权利要求 67 所述的发光装置,其特征在于,

所述荧光体包含 1 种以上 5 种以下的发光光谱不同的荧光体。

69. 根据权利要求 67 所述的发光装置,其特征在于,

所述荧光体包含在室温下进行了光激发时的单体发光光谱的峰值波长为 380nm 以上且小于 495nm,并且半值全宽为 2nm 以上 90nm 以下的荧光体。

70. 根据权利要求 69 所述的发光装置,其特征在于,

所述荧光体包含从由以下荧光体构成的组中选择的 1 种以上荧光体:由下述一般式 (5) 表示的荧光体、由下述一般式 (5)' 表示的荧光体、 $(\text{Sr}, \text{Ba})_3\text{MgSi}_2\text{O}_8:\text{Eu}^{2+}$ 以及 $(\text{Ba}, \text{Sr}, \text{Ca}, \text{Mg})\text{Si}_2\text{O}_2\text{N}_2:\text{Eu}$,

$(\text{Ba}, \text{Sr}, \text{Ca})\text{MgAl}_{10}\text{O}_{17}:\text{Mn}, \text{Eu}$ (5)

$\text{Sr}_a\text{Ba}_b\text{Eu}_x(\text{PO}_4)_c\text{X}_d$ (5)'

在一般式 (5)' 中, X 为 Cl, 并且 c、d 以及 x 是满足 $2.7 \leq c \leq 3.3$ 、 $0.9 \leq d \leq 1.1$ 、 $0.3 \leq x \leq 1.2$ 的数,而且, a 和 b 满足 $a+b=5-x$ 且 $0 \leq b/(a+b) \leq 0.6$ 的条件。

71. 根据权利要求 67 所述的发光装置,其特征在于,

所述荧光体包含在室温下进行了光激发时的单体发光光谱的峰值波长为 495nm 以上且小于 590nm,并且半值全宽为 2nm 以上 130nm 以下的荧光体。

72. 根据权利要求 71 所述的发光装置,其特征在于,

所述荧光体包含从由以下荧光体构成的组中选择的 1 种以上荧光体: $\text{Si}_{6-z}\text{Al}_z\text{O}_z\text{N}_{8-z}:\text{Eu}$, 其中 $0 < z < 4.2$ 、由下述一般式 (6) 表示的荧光体、由下述一般式 (6)' 表示的荧光体以及 $\text{SrGaS}_4:\text{Eu}^{2+}$,

$(\text{Ba}_a\text{Ca}_b\text{Sr}_c\text{Mg}_d\text{Eu}_x)\text{SiO}_4$ (6)

在一般式 (6) 中, a、b、c、d 以及 x 满足 $a+b+c+d+x=2$ 、 $1.0 \leq a \leq 2.0$ 、 $0 \leq b < 0.2$ 、 $0.2 \leq c \leq 0.8$ 、 $0 \leq d < 0.2$ 以及 $0 < x \leq 0.5$,

$\text{Ba}_{1-x-y}\text{Sr}_x\text{Eu}_y\text{Mg}_{1-z}\text{Mn}_z\text{Al}_{10}\text{O}_{17}$ (6)'

在一般式 (6)' 中, x、y 以及 z 分别满足 $0.1 \leq x \leq 0.4$ 、 $0.25 \leq y \leq 0.6$ 以及 $0.05 \leq z \leq 0.5$ 。

73. 根据权利要求 67 所述的发光装置,其特征在于,

所述荧光体包含在室温下进行了光激发时的单体发光光谱的峰值波长为 590nm 以上且小于 780nm,并且半值全宽为 2nm 以上 130nm 以下的荧光体。

74. 根据权利要求 73 所述的发光装置,其特征在于,

所述荧光体包含从由以下荧光体构成的组中选择的 1 种以上荧光体:

由下述一般式 (7) 表示的荧光体;

由下述一般式 (7)' 表示的荧光体;

$(\text{Sr}, \text{Ca}, \text{Ba})_2\text{Al}_x\text{Si}_{5-x}\text{O}_x\text{N}_{8-x}:\text{Eu}$, 其中 $0 \leq x \leq 2$;

$\text{Eu}_y(\text{Sr}, \text{Ca}, \text{Ba})_{1-y}:\text{Al}_{1+x}\text{Si}_{4-x}\text{O}_x\text{N}_{7-x}$, 其中 $0 \leq x < 4$ 、 $0 \leq y < 0.2$;

$\text{K}_2\text{SiF}_6:\text{Mn}^{4+}$;

$\text{A}_{2+x}\text{M}_y\text{Mn}_z\text{F}_n$, 其中 A 为 Na 和 / 或 K, M 为 Si 和 Al, $-1 \leq x \leq 1$ 且 $0.9 \leq y+z \leq 1.1$ 且 $0.001 \leq z \leq 0.4$ 且 $5 \leq n \leq 7$;

(Ca, Sr, Ba, Mg)AlSiN₃:Eu 和 / 或 (Ca, Sr, Ba)AlSiN₃:Eu ;以及

(CaAlSiN₃)_{1-x}(Si₂N₂O)_x:Eu, 其中 x 为 0<x<0.5,

(La_{1-x-y}, Eu_x, Ln_y)₂O₂S (7)

在一般式 (7) 中, x 和 y 分别表示满足 $0.02 \leq x \leq 0.50$ 和 $0 \leq y \leq 0.50$ 的数, Ln 表示 Y、Gd、Lu、Sc、Sm 以及 Er 中的至少 1 种三价稀土类元素,

(k-x)MgO • xAF₂ • GeO₂:yMn⁴⁺ (7)'

在一般式 (7)' 中, k、x、y 分别表示满足 $2.8 \leq k \leq 5$ 、 $0.1 \leq x \leq 0.7$ 、 $0.005 \leq y \leq 0.015$ 的数, A 是钙 (Ca)、锶 (Sr)、钡 (Ba)、锌 (Zn) 或它们的混合物。

75. 根据权利要求 44 或 45 所述的发光装置, 其特征在于,

该发光装置具有荧光体作为发光要素, 所述半导体发光元件的发光光谱的峰值波长为 395nm 以上且小于 420nm, 所述荧光体包含 SBCA、β-SiAlON 以及 CASON。

76. 根据权利要求 44 或 45 所述的发光装置, 其特征在于,

该发光装置具有荧光体作为发光要素, 所述半导体发光元件的发光光谱的峰值波长为 395nm 以上且小于 420nm, 所述荧光体包含 SCA、β-SiAlON 以及 CASON。

77. 根据权利要求 44 或 45 所述的发光装置, 其特征在于,

该发光装置是从由封装化 LED、LED 模块、LED 照明器具以及 LED 照明系统构成的组中选择的任意一种。

78. 根据权利要求 44 或 45 所述的发光装置, 其特征在于,

该发光装置作为家庭用照明装置使用。

79. 根据权利要求 44 或 45 所述的发光装置, 其特征在于,

该发光装置作为展示物用照明装置使用。

80. 根据权利要求 44 或 45 所述的发光装置, 其特征在于,

该发光装置作为演出用照明装置使用。

81. 根据权利要求 44 或 45 所述的发光装置, 其特征在于,

该发光装置作为医疗用照明装置使用。

82. 根据权利要求 44 或 45 所述的发光装置, 其特征在于,

该发光装置作为作业用照明装置使用。

83. 根据权利要求 44 或 45 所述的发光装置, 其特征在于,

该发光装置作为工业设备内用照明装置使用。

84. 根据权利要求 44 或 45 所述的发光装置, 其特征在于,

该发光装置作为交通工具内部装饰用照明装置使用。

85. 根据权利要求 44 或 45 所述的发光装置, 其特征在于,

该发光装置作为美术品用照明装置使用。

86. 根据权利要求 44 或 45 所述的发光装置, 其特征在于,

该发光装置作为高龄者用照明装置使用。

87. 一种发光装置的设计方法, 该发光装置至少具有半导体发光元件作为发光要素, 该发光装置的设计方法的特征在于调整为:

从所述发光装置射出的光在主辐射方向上包含离 ANSI C78.377 中定义的黑体辐射轨迹的距离 D_{uvSSL} 为 $-0.0350 \leq D_{uvSSL} \leq -0.0040$ 的光,

并且,

设从所述发光装置在该辐射方向上射出的光的光谱分布为 $\phi_{SSL}(\lambda)$ 、根据从所述发光装置在该辐射方向上射出的光的相关色温 $T_{SSL}(K)$ 选择的基准光的光谱分布为 $\phi_{ref}(\lambda)$ 、从所述发光装置在该辐射方向上射出的光的三刺激值为 $(X_{SSL}, Y_{SSL}, Z_{SSL})$ 、根据从所述发光装置在该辐射方向上射出的光的相关色温 $T_{SSL}(K)$ 选择的基准光的三刺激值为 $(X_{ref}, Y_{ref}, Z_{ref})$,

将从所述发光装置在该辐射方向上射出的光的归一化光谱分布 $S_{SSL}(\lambda)$ 、根据从所述发光装置在该辐射方向上射出的光的相关色温 $T_{SSL}(K)$ 选择的基准光的归一化光谱分布 $S_{ref}(\lambda)$ 、以及这些归一化光谱分布的差 $\Delta S(\lambda)$ 分别定义为:

$$S_{SSL}(\lambda) = \phi_{SSL}(\lambda) / Y_{SSL}$$

$$S_{ref}(\lambda) = \phi_{ref}(\lambda) / Y_{ref}$$

$$\Delta S(\lambda) = S_{ref}(\lambda) - S_{SSL}(\lambda)$$

设波长 380nm 以上 780nm 以内的范围中实现了 $S_{SSL}(\lambda)$ 的最长波长极大值的波长为 $\lambda_R(nm)$ 时,在比 λ_R 更靠长波长侧的位置存在成为 $S_{SSL}(\lambda_R)/2$ 的波长 Λ_4 ,

由下式 (3) 表示的指标 A_{cg} 为 $-360 \leq A_{cg} \leq -10$,

$$A_{cg} = \int_{380}^{495} \Delta S(\lambda) d\lambda + \int_{495}^{590} (-\Delta S(\lambda)) d\lambda + \int_{590}^{\Lambda_4} \Delta S(\lambda) d\lambda \quad (3)。$$

88. 一种发光装置的设计方法,该发光装置至少具有半导体发光元件作为发光要素,该发光装置的设计方法的特征在于调整为:

从所述发光装置射出的光在主辐射方向上包含离 ANSI C78.377 中定义的黑体辐射轨迹的距离 D_{uvSSL} 为 $-0.0350 \leq D_{uvSSL} \leq -0.0040$ 的光,

并且,

设从所述发光装置在该辐射方向上射出的光的光谱分布为 $\phi_{SSL}(\lambda)$ 、根据从所述发光装置在该辐射方向上射出的光的相关色温 $T_{SSL}(K)$ 选择的基准光的光谱分布为 $\phi_{ref}(\lambda)$ 、从所述发光装置在该辐射方向上射出的光的三刺激值为 $(X_{SSL}, Y_{SSL}, Z_{SSL})$ 、根据从所述发光装置在该辐射方向上射出的光的相关色温 $T_{SSL}(K)$ 选择的基准光的三刺激值为 $(X_{ref}, Y_{ref}, Z_{ref})$,

将从所述发光装置在该辐射方向上射出的光的归一化光谱分布 $S_{SSL}(\lambda)$ 、根据从所述发光装置在该辐射方向上射出的光的相关色温 $T_{SSL}(K)$ 选择的基准光的归一化光谱分布 $S_{ref}(\lambda)$ 、以及这些归一化光谱分布的差 $\Delta S(\lambda)$ 分别定义为:

$$S_{SSL}(\lambda) = \phi_{SSL}(\lambda) / Y_{SSL}$$

$$S_{ref}(\lambda) = \phi_{ref}(\lambda) / Y_{ref}$$

$$\Delta S(\lambda) = S_{ref}(\lambda) - S_{SSL}(\lambda)$$

设波长 380nm 以上 780nm 以内的范围内实现了 $S_{SSL}(\lambda)$ 的最长波长极大值的波长为 $\lambda_R(nm)$ 时,在比 λ_R 更靠长波长侧的位置不存在成为 $S_{SSL}(\lambda_R)/2$ 的波长 Λ_4 ,

由下式 (4) 表示的指标 A_{cg} 为 $-360 \leq A_{cg} \leq -10$,

$$A_{cg} = \int_{380}^{495} \Delta S(\lambda) d\lambda + \int_{495}^{590} (-\Delta S(\lambda)) d\lambda + \int_{590}^{780} \Delta S(\lambda) d\lambda \quad (4)。$$

照明方法和发光装置

技术领域

[0001] 本发明涉及利用从包含作为发光要素的半导体发光元件的发光装置射出的光对对象物进行照明的照明方法和具有作为发光要素的半导体发光元件的发光装置。

背景技术

[0002] 近年来, GaN 类半导体发光元件的高输出化、高效率化已取得显著进展。另外, 对半导体发光元件、或者以电子束为激发源的各种荧光体的高效率化也进行了广泛研究。其结果, 与以往相比, 当前的光源、包含光源的光源模块、包含光源模块的器具、包含器具的系统等发光装置迅速实现了节电化。

[0003] 例如, 内置 GaN 类蓝色发光元件作为黄色荧光体的激发光源, 并且基于该 GaN 类蓝色发光元件的光谱和该黄色荧光体的光谱, 制作所谓的伪白色光源, 广泛用于形成照明用光源、或者内置有该照明用光源的照明用器具、以及在空间内配置了多个该器具的照明系统。(参照专利文献 1)

[0004] 关于作为能够以这些形态内置的照明用光源的一种的封装化 LED (例如在封装件中包含该 GaN 类蓝色发光元件、黄色荧光体、密封剂等), 有的商品在 6000K 左右的相关色温 (Correlated Color Temperature/CCT) 区域中, 作为封装 LED 的光源效率超过 150lm/W。(参照非专利文献 2)

[0005] 而且, 液晶背光用光源等也同样在高效率化、节电化中取得了进展。

[0006] 但是, 对于这些以高效率化为目标的发光装置, 从各方面指出对色貌的考虑不充分。特别是在作为照明用途来使用时, 与光源 / 器具 / 系统等发光装置的高效率化同样, 照射物体时的“色貌 (Color appearance)”也非常重要。

[0007] 作为考虑到这些情况的尝试, 进行了如下所述的尝试等: 为了提高由国际照明委员会 (Commission Internationale de l'Eclairage/CIE) 建立的显色指数 (Colour Rendering Index/CRI) (CIE (13.3)) 的分数, 针对蓝色发光元件的光谱和黄色荧光体的光谱重叠红色荧光体或红色半导体发光元件的光谱。例如, 在不包含红色源时的典型光谱 (CCT=6800K 左右) 中, 平均显色指数 (R_a)、以及与鲜艳的红色的色卡对应的特殊显色指数 (R_9) 分别为 $R_a=81$ 、 $R_9=24$, 但是在包含红色源时能够将显色指数的分数提高为 $R_a=98$ 、 $R_9=95$ 。(参照专利文献 2)

[0008] 另外, 作为其他尝试, 还采取过如下措施: 特别是在特殊照明用途中, 调整从发光装置发出的光谱, 使得物体的色貌以期望的颜色为基调。例如, 在非专利文献 1 中记载了红色基调的照明光源。

[0009] 现有技术文献

[0010] 专利文献

[0011] 专利文献 1: 日本特许第 3503139 号公报

[0012] 专利文献 2: W02011/024818 号小册子

[0013] 非专利文献

[0014] 非专利文献 1：“一般蛍光灯ミートくん”、[online]、プリンス電機株式会社、[平成 23 年 5 月 16 日検索]、因特网<URL:http://www.prince-d.co.jp/pdct/docs/pdf/catalog_pdf/fl_nrb_ca2011.pdf>

[0015] 非专利文献 2：“LEDs MAGAZINE”、[平成 23 年 8 月 22 日検索]、因特网<URL:http://www.ledsmagazine.com/news/8/8/2>

发明内容

[0016] 发明所要解决的问题

[0017] 显色指数是表示相对于利用与作为评价对象的发光装置的光(试验光)所具有的 CCT 对应地选择的“基准光”进行照明时的色貌,利用试验光进行照明时的色貌的接近程度的指标。即,显色指数是表示作为评价对象的发光装置的逼真度的指标。但是,根据近年来的研究逐渐清楚,平均显色指数(R_a)和特殊显色指数(R_i (i 为 1 至 14,在日本根据 JIS 的规定, i 为 1 至 15))高,并不意味着必然使人产生良好的色觉。即,提高显色指数的分数的这些方法,存在不一定能实现良好的色貌的问题。

[0018] 而且,在当前的各种显色评价指标(color rendition metric)中,不包含色貌根据所照明的物体的照度而变化的效果。通常会体验到如下情形:对于在通常为 10000lx 左右以上照度的室外看见的鲜艳的花的颜色,当拿到 500lx 左右的室内时,尽管还是与原来相同的颜色,但看起来却像是颜色暗淡且彩度降低的另一物体。一般而言,与物体的色貌有关的饱和度依赖于照度,即使所照明的光谱分布相同,但当照度降低时,饱和度也会降低。即,色貌暗淡。这就是公知的摆动效应(Hunt effect)。

[0019] 虽然摆动效应对显色性有很大的影响,但是在目前的光源、器具、系统等全部发光装置的评价中都未得到积极的考虑。另外,最简单的摆动效应的补偿方法是极端地提高室内照度,但是这会不必要地增大能耗量。另外,尚不清楚具体采取怎样的措施才能够在室内照明环境程度的照度下实现如在室外看到的自然、生动、视觉辨认性高、且舒适的色貌、物体外貌。

[0020] 另一方面,在餐厅用途、食品照明用途等特殊照明用途中,对于例如在提高红色的彩度的方向上调整了光谱后的光,与基准光相比,存在黄色看着发红、蓝色看着发绿等色相(角)偏移变大等问题。即,作为照明对象而限定的对象以外的色貌不自然。另外,在用这种光来照射白色的物体时,还存在白色物体自身被着色,看起来不是白色的问题。

[0021] 本发明是为了解决如上所述的问题而完成的,其主要目的在于,提供如下所述的照明方法、照明光源、照明器具以及照明系统等各种发光装置:包括进行细致作业的情况在内,在 5000lx 左右以下、或者一般为 1500lx 左右以下的室内照度环境下,对于人感觉到的色貌,能够与各种显色评价指标(color rendition metric)的分数无关地实现如在室外的高照度环境下观察到的自然、生动、视觉辨认性高、且舒适的色貌、物体外貌。同时,本发明的目的还在于,高效率地实现舒适的照明环境。而且,本发明的目的还在于,提供这样理想的发光装置的设计方针。

[0022] 用于解决问题的手段

[0023] 为了实现上述目的,本发明的第一实施方式与以下事项有关。

[0024] [1] 一种照明方法,该照明方法包含以下步骤:准备照明对象物的照明对象物准

备步骤；以及通过从包含作为发光要素的半导体发光元件的发光装置射出的光对对象物进行照明的照明步骤，该照明方法的特征在于，

[0025] 在所述照明步骤中，从所述发光装置射出的光对对象物进行照明时，以在所述对象物的位置处测定到的光满足以下的(1)、(2)以及(3)的方式进行照明：

[0026] (1)在所述对象物的位置处测定到的光离ANSI C78.377中定义的黑体辐射轨迹的距离 D_{uvSSL} 为 $-0.0350 \leq D_{uvSSL} \leq -0.0040$ ；

[0027] (2)在设数学上假设了在所述对象物的位置处测定到的光的照明时的#01至#15的下述15种修正蒙赛尔色卡在CIE1976L*a*b*颜色空间中的a*值、b*值分别为 a_{nSSL}^* 、 b_{nSSL}^* (其中n为1至15的自然数)，

[0028] 并且设数学上假设了根据在所述对象物的位置处测定到的光的相关色温 T_{SSL} (K)选择的基准光的照明时的该15种修正蒙赛尔色卡在CIE1976L*a*b*颜色空间中的a*值、b*值分别为 a_{nref}^* 、 b_{nref}^* (其中n为1至15的自然数)时，饱和度差 ΔC_n 满足：

[0029] $-3.8 \leq \Delta C_n \leq 18.6$ (n为1至15的自然数)

[0030] 由下式(1)表示的饱和度差的平均值满足下式(2)：

$$[0031] \quad \frac{\sum_{n=1}^{15} \Delta C_n}{15} \quad (1)$$

$$[0032] \quad 1.0 \leq \frac{\sum_{n=1}^{15} \Delta C_n}{15} \leq 7.0 \quad (2)$$

[0033] 并且，在设饱和度差的最大值为 ΔC_{max} 、饱和度差的最小值为 ΔC_{min} 时，饱和度差的最大值与饱和度差的最小值之间的差 $\Delta C_{max} - \Delta C_{min}$ 满足：

[0034] $2.8 \leq (\Delta C_{max} - \Delta C_{min}) \leq 19.6$

[0035] 其中， $\Delta C_n = \sqrt{\{ (a_{nSSL}^*)^2 + (b_{nSSL}^*)^2 \}} - \sqrt{\{ (a_{nref}^*)^2 + (b_{nref}^*)^2 \}}$ ，

[0036] 15种修正蒙赛尔色卡为：

[0037]

#01	7.5 P	4	/10
#02	10 PB	4	/10
#03	5 PB	4	/12
#04	7.5 B	5	/10
#05	10 BG	6	/8
#06	2.5 BG	6	/10
#07	2.5 G	6	/12
#08	7.5 GY	7	/10
#09	2.5 GY	8	/10
#10	5 Y	8.5	/12

[0038]

#11	10 YR	7	/12
#12	5 YR	7	/12
#13	10 R	6	/12
#14	5 R	4	/14
#15	7.5 RP	4	/12

[0039] (3) 在设数学上假设了在所述对象物的位置处测定到的光的照明时的所述 15 种修正蒙赛尔色卡在 CIE1976L*a*b*颜色空间中的色相角为 θ_{nSSL} (度) (其中 n 为 1 至 15 的自然数),

[0040] 并且设数学上假设了根据在所述对象物的位置处测定到的光的相关色温 T_{SSL} (K) 选择的基准光的照明时的该 15 种修正蒙赛尔色卡在 CIE1976L*a*b*颜色空间中的色相角为 θ_{nref} (度) (其中 n 为 1 至 15 的自然数) 时, 色相角差的绝对值 $|\Delta h_n|$ 满足:

[0041] $0 \leq |\Delta h_n| \leq 9.0$ (度) (n 为 1 至 15 的自然数)

[0042] 其中, $\Delta h_n = \theta_{nSSL} - \theta_{nref}$ 。

[0043] [2] 在 [1] 中记载的照明方法中, 其特征在于,

[0044] 设在所述对象物的位置处测定到的光的光谱分布为 $\phi_{SSL}(\lambda)$ 、根据在所述对象物的位置处测定到的光的 T_{SSL} (K) 选择的基准光的光谱分布为 $\phi_{ref}(\lambda)$ 、在所述对象物的位置处测定到的光的三刺激值为 $(X_{SSL}, Y_{SSL}, Z_{SSL})$ 、根据在所述对象物的位置处测定到的光的 T_{SSL} (K) 选择的基准光的三刺激值为 $(X_{ref}, Y_{ref}, Z_{ref})$,

[0045] 将在所述对象物的位置处测定到的光的归一化光谱分布 $S_{SSL}(\lambda)$ 、根据在所述对象物的位置处测定到的光的 T_{SSL} (K) 选择的基准光的归一化光谱分布 $S_{ref}(\lambda)$ 、以及这些归一化光谱分布的差 $\Delta S(\lambda)$ 分别定义为:

[0046] $S_{SSL}(\lambda) = \phi_{SSL}(\lambda) / Y_{SSL}$

[0047] $S_{ref}(\lambda) = \phi_{ref}(\lambda) / Y_{ref}$

[0048] $\Delta S(\lambda) = S_{ref}(\lambda) - S_{SSL}(\lambda)$

[0049] 设波长 380nm 以上 780nm 以内的范围中实现了 $S_{SSL}(\lambda)$ 的最长波长极大值的波长为 λ_R (nm) 时, 在比 λ_R 更靠长波长侧的位置存在成为 $S_{SSL}(\lambda_R)/2$ 的波长 λ_4 ,

[0050] 在所述对象物的位置处测定到的光的由下式(3)表示的指标 A_{cg} 满足 $-360 \leq A_{cg} \leq -10$,

$$[0051] \quad A_{cg} = \int_{380}^{495} \Delta S(\lambda) d\lambda + \int_{495}^{590} (-\Delta S(\lambda)) d\lambda + \int_{590}^{\lambda_4} \Delta S(\lambda) d\lambda \quad (3)$$

[0052] [3] 在 [1] 中记载的照明方法中, 其特征在于,

[0053] 设在所述对象物的位置处测定到的光的光谱分布为 $\phi_{SSL}(\lambda)$ 、根据在所述对象物的位置处测定到的光的 $T_{SSL}(K)$ 选择的基准光的光谱分布为 $\phi_{ref}(\lambda)$ 、在所述对象物的位置处测定到的光的三刺激值为 $(X_{SSL}, Y_{SSL}, Z_{SSL})$ 、根据在所述对象物的位置处测定到的光的 $T_{SSL}(K)$ 选择的基准光的三刺激值为 $(X_{ref}, Y_{ref}, Z_{ref})$,

[0054] 将在所述对象物的位置处测定到的光的归一化光谱分布 $S_{SSL}(\lambda)$ 、根据在所述对象物的位置处测定到的光的 $T_{SSL}(K)$ 选择的基准光的归一化光谱分布 $S_{ref}(\lambda)$ 、以及这些归一化光谱分布的差 $\Delta S(\lambda)$ 分别定义为:

$$[0055] \quad S_{SSL}(\lambda) = \phi_{SSL}(\lambda) / Y_{SSL}$$

$$[0056] \quad S_{ref}(\lambda) = \phi_{ref}(\lambda) / Y_{ref}$$

$$[0057] \quad \Delta S(\lambda) = S_{ref}(\lambda) - S_{SSL}(\lambda)$$

[0058] 设波长 380nm 以上 780nm 以内的范围中实现了 $S_{SSL}(\lambda)$ 的最长波长极大值的波长为 λ_R (nm) 时, 在比 λ_R 更靠长波长侧的位置不存在成为 $S_{SSL}(\lambda_R)/2$ 的波长 λ_4 ,

[0059] 在所述对象物的位置处测定到的光的由下式(4)表示的指标 A_{cg} 满足 $-360 \leq A_{cg} \leq -10$,

$$[0060] \quad A_{cg} = \int_{380}^{495} \Delta S(\lambda) d\lambda + \int_{495}^{590} (-\Delta S(\lambda)) d\lambda + \int_{590}^{780} \Delta S(\lambda) d\lambda \quad (4)$$

[0061] [4] 在 [1] ~ [3] 中的任意一项记载的照明方法中, 其特征在于,

[0062] 根据在所述对象物的位置处测定到的光的光谱分布 $\phi_{SSL}(\lambda)$ 导出的波长 380nm 以上 780nm 以下的范围的辐射效率 K (lm/W) 满足:

$$[0063] \quad 180 \text{ (lm/W)} \leq K \text{ (lm/W)} \leq 320 \text{ (lm/W)}.$$

[0064] [5] 在 [1] ~ [4] 中的任意一项记载的照明方法中, 其特征在于,

[0065] 所述色相角差的绝对值 $|\Delta h_n|$ 满足:

$$[0066] \quad 0.003 \leq |\Delta h_n| \leq 8.3 \text{ (度)} \text{ (n 为 1 至 15 的自然数)}.$$

[0067] [6] 在 [1] ~ [5] 中的任意一项记载的照明方法中, 其特征在于,

[0068] 由所述一般式(1)表示的饱和度差的平均值满足下式(2)' :

$$[0069] \quad 1.2 \leq \frac{\sum_{n=1}^{15} \Delta C_n}{15} \leq 6.3 \quad (2)'$$

[0070] [7] 在 [1] ~ [6] 中的任意一项记载的照明方法中, 其特征在于,

- [0071] 所述饱和度差 ΔC_n 满足：
- [0072] $-3.4 \leq \Delta C_n \leq 16.8$ (n 为 1 至 15 的自然数)。
- [0073] [8] 在 [1] ~ [7] 中的任意一项记载的照明方法中,其特征在於,
- [0074] 所述饱和度差的最大值与所述饱和度差的最小值之间的差 $\Delta C_{\max} - \Delta C_{\min}$ 满足：
- [0075] $3.2 \leq (\Delta C_{\max} - \Delta C_{\min}) \leq 17.8$ 。
- [0076] [9] 在 [1] ~ [8] 中的任意一项记载的照明方法中,其特征在於,
- [0077] 在所述对象物的位置处测定到的光离黑体辐射轨迹的距离 D_{UVSSL} 满足：
- [0078] $-0.0250 \leq D_{UVSSL} \leq -0.0100$ 。
- [0079] [10] 在 [2] 或 [3] 中记载的照明方法中,其特征在於,
- [0080] 由所述式(3)或(4)表示的指标 A_{cg} 满足：
- [0081] $-322 \leq A_{cg} \leq -12$ 。
- [0082] [11] 在 [1] ~ [10] 中的任意一项记载的照明方法中,其特征在於,
- [0083] 关于在所述对象物的位置处测定到的光,根据光谱分布 $\Phi_{SSL}(\lambda)$ 导出的波长 380nm 以上 780nm 以下的范围的辐射效率 K (lm/W) 满足：
- [0084] 206 (lm/W) $\leq K$ (lm/W) ≤ 288 (lm/W)。
- [0085] [12] 在 [1] ~ [11] 中的任意一项记载的照明方法中,其特征在於,
- [0086] 在所述对象物的位置处测定到的光的相关色温 T_{SSL} (K) 满足：
- [0087] 2550 (K) $\leq T_{SSL}$ (K) ≤ 5650 (K)。
- [0088] [13] 在 [1] ~ [12] 中的任意一项记载的照明方法中,其特征在於,
- [0089] 对所述对象物进行照明的照度为 150lx 以上 5000lx 以下。
- [0090] [14] 在 [1] ~ [13] 中的任意一项记载的照明方法中,其特征在於,
- [0091] 所述发光装置发出包含所述半导体发光元件射出的光在内的、从 1 种以上 6 种以下的发光要素射出的光。
- [0092] [15] 在 [1] ~ [14] 中的任意一项记载的照明方法中,其特征在於,
- [0093] 所述半导体发光元件的发光光谱的峰值波长为 380nm 以上且小于 495nm,并且,半值全宽为 2nm 以上 45nm 以下。
- [0094] [16] 在 [15] 中记载的照明方法中,其特征在於,
- [0095] 所述半导体发光元件的发光光谱的峰值波长为 395nm 以上且小于 420nm。
- [0096] [17] 在 [15] 中记载的照明方法中,其特征在於,
- [0097] 所述半导体发光元件的发光光谱的峰值波长为 420nm 以上且小于 455nm。
- [0098] [18] 在 [15] 中记载的照明方法中,其特征在於,
- [0099] 该半导体发光元件的发光光谱的峰值波长为 455nm 以上且小于 485nm。
- [0100] [19] 在 [1] ~ [14] 中的任意一项记载的照明方法中,其特征在於,
- [0101] 所述半导体发光元件的发光光谱的峰值波长为 495nm 以上且小于 590nm,并且,半值全宽为 2nm 以上 75nm 以下。
- [0102] [20] 在 [1] ~ [14] 中的任意一项记载的照明方法中,其特征在於,
- [0103] 所述半导体发光元件的发光光谱的峰值波长为 590nm 以上且小于 780nm,并且,半值全宽为 2nm 以上 30nm 以下。
- [0104] [21] 在 [1] ~ [20] 中的任意一项记载的照明方法中,其特征在於,

[0105] 所述半导体发光元件是在从由蓝宝石基板、GaN 基板、GaAs 基板、GaP 基板构成的组中选择的任意一种基板上制作的。

[0106] [22] 在 [1] ~ [20] 中的任意一项记载的照明方法中,其特征在于,

[0107] 所述半导体发光元件是在 GaN 基板或 GaP 基板上制作的,且所述基板的厚度为 100 μm 以上 2mm 以下。

[0108] [23] 在 [1] ~ [20] 中的任意一项记载的照明方法中,其特征在于,

[0109] 所述半导体发光元件是在蓝宝石基板或 GaAs 基板上制作的,且从基板上剥离半导体发光元件。

[0110] [24] 在 [1] ~ [23] 中的任意一项记载的照明方法中,其特征在于,

[0111] 具有荧光体作为发光要素。

[0112] [25] 在 [24] 中记载的照明方法中,其特征在于,

[0113] 所述荧光体包含 1 种以上 5 种以下的发光光谱不同的荧光体。

[0114] [26] 在 [24] 或 [25] 中记载的照明方法中,其特征在于,

[0115] 所述荧光体包含在室温下进行了光激发时的单体发光光谱的峰值波长为 380nm 以上且小于 495nm,并且半值全宽为 2nm 以上 90nm 以下的荧光体。

[0116] [27] 在 [26] 中记载的照明方法中,其特征在于,

[0117] 所述荧光体包含从如下组中选择的 1 种以上荧光体,所述组由通过下述一般式 (5) 表示的荧光体、通过下述一般式 (5)' 表示的荧光体、 $(\text{Sr}, \text{Ba})_3\text{MgSi}_2\text{O}_8:\text{Eu}^{2+}$ 以及 $(\text{Ba}, \text{Sr}, \text{Ca}, \text{Mg})\text{Si}_2\text{O}_2\text{N}_2:\text{Eu}$ 构成,

[0118] $(\text{Ba}, \text{Sr}, \text{Ca})\text{MgAl}_{10}\text{O}_{17}:\text{Mn}, \text{Eu}$ (5)

[0119] $\text{Sr}_a\text{Ba}_b\text{Eu}_x(\text{PO}_4)_c\text{X}_d$ (5)'

[0120] (在一般式 (5)' 中, X 为 Cl。并且 c、d 以及 x 是满足 $2.7 \leq c \leq 3.3$ 、 $0.9 \leq d \leq 1.1$ 、 $0.3 \leq x \leq 1.2$ 的数。而且, a 和 b 满足 $a+b=5-x$ 且 $0 \leq b/(a+b) \leq 0.6$ 的条件)。

[0121] [28] 在 [24] 或 [25] 中记载的照明方法中,其特征在于,

[0122] 所述荧光体包含在室温下进行了光激发时的单体发光光谱的峰值波长为 495nm 以上且小于 590nm,并且半值全宽为 2nm 以上 130nm 以下的荧光体。

[0123] [29] 在 [28] 中记载的照明方法中,其特征在于,

[0124] 所述荧光体包含从由以下荧光体构成的组中选择的 1 种以上荧光体, $\text{Si}_{6-z}\text{Al}_z\text{O}_z\text{N}_{8-z}:\text{Eu}$ (其中 $0 < z < 4.2$)、由下述一般式 (6) 表示的荧光体、由下述一般式 (6)' 表示的荧光体以及 $\text{SrGaS}_4:\text{Eu}^{2+}$,

[0125] $(\text{Ba}_a\text{Ca}_b\text{Sr}_c\text{Mg}_d\text{Eu}_x)\text{SiO}_4$ (6)

[0126] (在一般式 (6) 中, a、b、c、d 以及 x 满足 $a+b+c+d+x=2$ 、 $1.0 \leq a \leq 2.0$ 、 $0 \leq b < 0.2$ 、 $0.2 \leq c \leq 0.8$ 、 $0 \leq d < 0.2$ 以及 $0 < x \leq 0.5$),

[0127] $\text{Ba}_{1-x-y}\text{Sr}_x\text{Eu}_y\text{Mg}_{1-z}\text{Mn}_z\text{Al}_{10}\text{O}_{17}$ (6)'

[0128] (在一般式 (6)' 中, x、y 以及 z 分别满足 $0.1 \leq x \leq 0.4$ 、 $0.25 \leq y \leq 0.6$ 以及 $0.05 \leq z \leq 0.5$)。

[0129] [30] 在 [24] 或 [25] 中记载的照明方法中,其特征在于,

[0130] 所述荧光体包含在室温下进行了光激发时的单体发光光谱的峰值波长为 590nm 以上且小于 780nm,并且半值全宽为 2nm 以上 130nm 以下的荧光体。

[0131] [31] 在 [30] 中记载的照明方法中,其特征在于,

[0132] 所述荧光体包含从由以下荧光体构成的组中选择的 1 种以上荧光体:由下述一般式(7)表示的荧光体、由下述一般式(7)'表示的荧光体、 $(\text{Sr}, \text{Ca}, \text{Ba})_2\text{Al}_x\text{Si}_{5-x}\text{O}_x\text{N}_8$:Eu (其中 $0 \leq x \leq 2$)、 $\text{Eu}_y(\text{Sr}, \text{Ca}, \text{Ba})_{1-y}:\text{Al}_{1+x}\text{Si}_{4-x}\text{O}_x\text{N}_7$ (其中 $0 \leq x < 4, 0 \leq y < 0.2$)、 $\text{K}_2\text{SiF}_6:\text{Mn}^{4+}$ 、 $\text{A}_{2+x}\text{M}_y\text{Mn}_z\text{F}_n$ (A 为 Na 和 / 或 K;M 为 Si 和 Al; $-1 \leq x \leq 1$ 且 $0.9 \leq y+z \leq 1.1$ 且 $0.001 \leq z \leq 0.4$ 且 $5 \leq n \leq 7$)、 $(\text{Ca}, \text{Sr}, \text{Ba}, \text{Mg})\text{AlSiN}_3:\text{Eu}$ 和 / 或 $(\text{Ca}, \text{Sr}, \text{Ba})\text{AlSiN}_3:\text{Eu}$ 以及 $(\text{CaAlSiN}_3)_{1-x}(\text{Si}_2\text{N}_2\text{O})_x:\text{Eu}$ (其中, x 为 $0 < x < 0.5$),

[0133] $(\text{La}_{1-x-y}, \text{Eu}_x, \text{Ln}_y)_2\text{O}_2\text{S}$ (7)

[0134] (在一般式(7)中, x 和 y 分别表示满足 $0.02 \leq x \leq 0.50$ 和 $0 \leq y \leq 0.50$ 的数, Ln 表示 Y、Gd、Lu、Sc、Sm 以及 Er 中的至少 1 种三价稀土类元素),

[0135] $(k-x)\text{MgO} \cdot x\text{AF}_2 \cdot \text{GeO}_2:y\text{Mn}^{4+}$ (7)'

[0136] (在一般式(7)'中, k、x、y 分别表示满足 $2.8 \leq k \leq 5, 0.1 \leq x \leq 0.7, 0.005 \leq y \leq 0.015$ 的数, A 是钙(Ca)、锶(Sr)、钡(Ba)、锌(Zn)、或它们的混合物)。

[0137] [32] 在 [1] ~ [14] 中的任意一项记载的照明方法中,其特征在于,

[0138] 具有荧光体作为发光要素,所述半导体发光元件的发光光谱的峰值波长为 395nm 以上且小于 420nm,所述荧光体包含 SBCA、 β -SiAlON 以及 CASON。

[0139] [33] 在 [1] ~ [14] 中的任意一项记载的照明方法中,其特征在于,

[0140] 具有荧光体作为发光要素,所述半导体发光元件的发光光谱的峰值波长为 395nm 以上且小于 420nm,所述荧光体包含 SCA、 β -SiAlON 以及 CASON。

[0141] [34] 在 [1] ~ [33] 中的任意一项记载的照明方法中,其特征在于,

[0142] 所述发光装置是从由封装化 LED、LED 模块、LED 照明器具以及 LED 照明系统构成的组中选择的任意一种。

[0143] [35] 在 [1] ~ [34] 中的任意一项记载的照明方法中,其特征在于,

[0144] 该照明方法用于家庭用途。

[0145] [36] 在 [1] ~ [34] 中的任意一项记载的照明方法中,其特征在于,

[0146] 该照明方法用于展示用途。

[0147] [37] 在 [1] ~ [34] 中的任意一项记载的照明方法中,其特征在于,

[0148] 该照明方法用于演出用途。

[0149] [38] 在 [1] ~ [34] 中的任意一项记载的照明方法中,其特征在于,

[0150] 该照明方法用于医疗用途。

[0151] [39] 在 [1] ~ [34] 中的任意一项记载的照明方法中,其特征在于,

[0152] 该照明方法用于作业用途。

[0153] [40] 在 [1] ~ [34] 中的任意一项记载的照明方法中,其特征在于,

[0154] 该照明方法用于工业设备内的用途。

[0155] [41] 在 [1] ~ [34] 中的任意一项记载的照明方法中,其特征在于,

[0156] 该照明方法用于交通工具内部装饰用途。

[0157] [42] 在 [1] ~ [34] 中的任意一项记载的照明方法中,其特征在于,

[0158] 该照明方法用于美术品用途。

[0159] [43] 在 [1] ~ [34] 中的任意一项记载的照明方法中,其特征在于,

[0160] 该照明方法用于高龄者用途。

[0161] 此外,用于实现上述目的的本发明的第二实施方式与以下事项有关。

[0162] [44] 一种发光装置,其至少具有半导体发光元件作为发光要素,该发光装置的特征在于,

[0163] 从所述发光装置射出的光在主辐射方向上包含离 ANSI C78.377 中定义的黑体辐射轨迹的距离 D_{uvSSL} 为 $-0.0350 \leq D_{uvSSL} \leq -0.0040$ 的光,

[0164] 并且,

[0165] 设从所述发光装置在该辐射方向上射出的光的光谱分布为 $\phi_{SSL}(\lambda)$ 、根据从所述发光装置在该辐射方向上射出的光的 $T_{SSL}(K)$ 选择的基准光的光谱分布为 $\phi_{ref}(\lambda)$ 、从所述发光装置在该辐射方向上射出的光的三刺激值为 $(X_{SSL}, Y_{SSL}, Z_{SSL})$ 、根据从所述发光装置在该辐射方向上射出的光的 $T_{SSL}(K)$ 选择的基准光的三刺激值为 $(X_{ref}, Y_{ref}, Z_{ref})$,

[0166] 并且将从所述发光装置在该辐射方向上射出的光的归一化光谱分布 $S_{SSL}(\lambda)$ 、根据从所述发光装置在该辐射方向上射出的光的 $T_{SSL}(K)$ 选择的基准光的归一化光谱分布 $S_{ref}(\lambda)$ 、以及这些归一化光谱分布的差 $\Delta S(\lambda)$ 分别定义为:

$$[0167] \quad S_{SSL}(\lambda) = \phi_{SSL}(\lambda) / Y_{SSL}$$

$$[0168] \quad S_{ref}(\lambda) = \phi_{ref}(\lambda) / Y_{ref}$$

$$[0169] \quad \Delta S(\lambda) = S_{ref}(\lambda) - S_{SSL}(\lambda)$$

[0170] 设波长 380nm 以上 780nm 以内的范围中实现了 $S_{SSL}(\lambda)$ 的最长波长极大值的波长为 λ_R (nm) 时,在比 λ_R 更靠长波长侧的位置存在成为 $S_{SSL}(\lambda_R)/2$ 的波长 λ_4 ,

[0171] 由下式(3)表示的指标 A_{cg} 满足 $-360 \leq A_{cg} \leq -10$,

$$[0172] \quad A_{cg} = \int_{380}^{495} \Delta S(\lambda) d\lambda + \int_{495}^{590} (-\Delta S(\lambda)) d\lambda + \int_{590}^{\lambda_4} \Delta S(\lambda) d\lambda \quad (3)。$$

[0173] [45] 一种发光装置,其至少具有半导体发光元件作为发光要素,该发光装置的特征在于,

[0174] 从所述发光装置射出的光在主辐射方向上包含离 ANSI C78.377 中定义的黑体辐射轨迹的距离 D_{uvSSL} 为 $-0.0350 \leq D_{uvSSL} \leq -0.0040$ 的光,

[0175] 并且,

[0176] 设从所述发光装置在该辐射方向上射出的光的光谱分布为 $\phi_{SSL}(\lambda)$ 、根据从所述发光装置在该辐射方向上射出的光的 $T_{SSL}(K)$ 选择的基准光的光谱分布为 $\phi_{ref}(\lambda)$ 、从所述发光装置在该辐射方向上射出的光的三刺激值为 $(X_{SSL}, Y_{SSL}, Z_{SSL})$ 、根据从所述发光装置在该辐射方向上射出的光的 $T_{SSL}(K)$ 选择的基准光的三刺激值为 $(X_{ref}, Y_{ref}, Z_{ref})$,

[0177] 将从所述发光装置在该辐射方向上射出的光的归一化光谱分布 $S_{SSL}(\lambda)$ 、根据从所述发光装置在该辐射方向上射出的光的 $T_{SSL}(K)$ 选择的基准光的归一化光谱分布 $S_{ref}(\lambda)$ 、以及这些归一化光谱分布的差 $\Delta S(\lambda)$ 分别定义为:

$$[0178] \quad S_{SSL}(\lambda) = \phi_{SSL}(\lambda) / Y_{SSL}$$

$$[0179] \quad S_{ref}(\lambda) = \phi_{ref}(\lambda) / Y_{ref}$$

$$[0180] \quad \Delta S(\lambda) = S_{ref}(\lambda) - S_{SSL}(\lambda)$$

[0181] 设波长 380nm 以上 780nm 以内的范围中实现了 $S_{SSL}(\lambda)$ 的最长波长极大值的波

长为 λ_R (nm) 时, 在比 λ_R 更靠长波长侧的位置不存在成为 $S_{SSL}(\lambda_R)/2$ 的波长 λ_4 ,

[0182] 由下式(4)表示的指标 A_{cg} 满足 $-360 \leq A_{cg} \leq -10$,

$$[0183] \quad A_{cg} = \int_{380}^{495} \Delta S(\lambda) d\lambda + \int_{495}^{590} (-\Delta S(\lambda)) d\lambda + \int_{590}^{780} \Delta S(\lambda) d\lambda \quad (4)$$

[0184] [46] 在 [44] 或 [45] 中记载的发光装置中, 其特征在于,

[0185] 从所述发光装置在该辐射方向上射出的光满足以下(1)和(2):

[0186] (1) 在设数学上假设了从所述发光装置在该辐射方向上射出的光的照明时的 #01 至 #15 的下述 15 种修正蒙赛尔色卡在 CIE1976L*a*b* 颜色空间中的 a^* 值、 b^* 值分别为 a_{nSSL}^* 、 b_{nSSL}^* (其中 n 为 1 至 15 的自然数),

[0187] 并且设数学上假设了根据在该辐射方向上射出的光的相关色温 T_{SSL} (K) 选择的基准光的照明时的该 15 种修正蒙赛尔色卡在 CIE1976L*a*b* 颜色空间中的 a^* 值、 b^* 值分别为 a_{nref}^* 、 b_{nref}^* (其中 n 为 1 至 15 的自然数) 时, 饱和度差 ΔC_n 满足:

[0188] $-3.8 \leq \Delta C_n \leq 18.6$ (n 为 1 至 15 的自然数)

[0189] 由下式(1)表示的饱和度差的平均值满足下式(2):

$$[0190] \quad \frac{\sum_{n=1}^{15} \Delta C_n}{15} \quad (1)$$

$$[0191] \quad 1.0 \leq \frac{\sum_{n=1}^{15} \Delta C_n}{15} \leq 7.0 \quad (2)$$

[0192] 并且, 在设饱和度差的最大值为 ΔC_{max} 、饱和度差的最小值为 ΔC_{min} 时, 饱和度差的最大值与饱和度差的最小值之间的差 $\Delta C_{max} - \Delta C_{min}$ 满足:

[0193] $2.8 \leq (\Delta C_{max} - \Delta C_{min}) \leq 19.6$

[0194] 其中, $\Delta C_n = \sqrt{\{ (a_{nSSL}^*)^2 + (b_{nSSL}^*)^2 \}} - \sqrt{\{ (a_{nref}^*)^2 + (b_{nref}^*)^2 \}}$,

[0195] 15 种修正蒙赛尔色卡为:

[0196]

#01	7.5 P	4	/10
#02	10 PB	4	/10
#03	5 PB	4	/12
#04	7.5 B	5	/10
#05	10 BG	6	/8
#06	2.5 BG	6	/10
#07	2.5 G	6	/12
#08	7.5 GY	7	/10
#09	2.5 GY	8	/10
#10	5 Y	8.5	/12
#11	10 YR	7	/12
#12	5 YR	7	/12
#13	10 R	6	/12
#14	5 R	4	/14
#15	7.5 RP	4	/12

[0197] (2) 在设数学上假设了从所述发光装置在该辐射方向上射出的光的照明时的上述 15 种修正蒙赛尔色卡在 CIE1976L*a*b*颜色空间中的色相角为 θ_{nSSL} (度) (其中 n 为 1 至 15 的自然数),

[0198] 并且设根据在该辐射方向上射出的光的相关色温 T_{SSL} (K) 选择的基准光的照明时的该 15 种修正蒙赛尔色卡在 CIE1976L*a*b*颜色空间中的色相角为 θ_{nref} (度) (其中 n 为 1 至 15 的自然数) 时, 色相角差的绝对值 $|\Delta h_n|$ 满足:

[0199] $0 \leq |\Delta h_n| \leq 9.0$ (度) (n 为 1 至 15 的自然数)

[0200] 其中, $\Delta h_n = \theta_{nSSL} - \theta_{nref}$ 。

[0201] [47] 在 [44] ~ [46] 中的任意一项记载的发光装置中, 其特征在于,

[0202] 关于从所述发光装置在该辐射方向上射出的光, 根据光谱分布 $\Phi_{SSL}(\lambda)$ 导出的波长 380nm 以上 780nm 以下的范围的辐射效率 K (lm/W) 满足:

[0203] $180 \text{ (lm/W)} \leq K \text{ (lm/W)} \leq 320 \text{ (lm/W)}$ 。

[0204] [48] 在 [46] 中记载的发光装置中, 其特征在于,

[0205] 所述色相角差的绝对值 $|\Delta h_n|$ 满足:

[0206] $0.003 \leq |\Delta h_n| \leq 8.3$ (度) (n 为 1 至 15 的自然数)。

[0207] [49] 在 [46] 中记载的发光装置中, 其特征在于,

[0208] 由所述一般式(1)表示的饱和度差的平均值满足下式(2)' :

$$[0209] \quad 1.2 \leq \frac{\sum_{n=1}^{15} \Delta C_n}{15} \leq 6.3 \quad (2) \quad \circ$$

[0210] [50] 在 [46] 中记载的发光装置中,其特征在于,

[0211] 所述饱和度差 ΔC_n 满足:

[0212] $-3.4 \leq \Delta C_n \leq 16.8$ (n 为 1 至 15 的自然数)。

[0213] [51] 在 [46] 中记载的发光装置中,其特征在于,

[0214] 所述饱和度差的最大值与所述饱和度差的最小值之间的差 $\Delta C_{\max} - \Delta C_{\min}$ 满足:

[0215] $3.2 \leq (\Delta C_{\max} - \Delta C_{\min}) \leq 17.8$ 。

[0216] [52] 在 [44] ~ [51] 中的任意一项记载的发光装置中,其特征在于,

[0217] 从所述发光装置在该辐射方向上射出的光与黑体辐射轨迹之间的距离 D_{uvSSL} 满足:

[0218] $-0.0250 \leq D_{\text{uvSSL}} \leq -0.0100$ 。

[0219] [53] 在 [44] ~ [52] 中的任意一项记载的发光装置中,其特征在于,

[0220] 由所述式 (3) 或 (4) 表示的指标 A_{cg} 满足:

[0221] $-322 \leq A_{\text{cg}} \leq -12$ 。

[0222] [54] 在 [44] ~ [53] 中的任意一项记载的发光装置中,其特征在于,

[0223] 关于从所述发光装置在该辐射方向上射出的光,根据光谱分布 $\Phi_{\text{SSL}}(\lambda)$ 导出的波长 380nm 以上 780nm 以下的范围的辐射效率 K (lm/W),满足:

[0224] $206 \text{ (lm/W)} \leq K \text{ (lm/W)} \leq 288 \text{ (lm/W)}$ 。

[0225] [55] 在 [44] ~ [54] 中的任意一项记载的发光装置中,其特征在于,

[0226] 所述相关色温 T_{SSL} (K) 满足:

[0227] $2550 \text{ (K)} \leq T_{\text{SSL}} \text{ (K)} \leq 5650 \text{ (K)}$ 。

[0228] [56] 在 [44] ~ [55] 中的任意一项记载的发光装置中,其特征在于,

[0229] 从所述发光装置在该辐射方向上射出的光对对象物进行照明的照度为 150lx 以上 5000lx 以下。

[0230] [57] 在 [44] ~ [56] 中的任意一项记载的发光装置中,其特征在于,

[0231] 所述发光装置在该辐射方向上发出包含所述半导体发光元件射出的光在内的、从 1 种以上 6 种以下的发光要素射出的光。

[0232] [58] 在 [44] ~ [57] 中的任意一项记载的发光装置中,其特征在于,

[0233] 所述半导体发光元件的发光光谱的峰值波长为 380nm 以上且小于 495nm,并且,半值全宽为 2nm 以上 45nm 以下。

[0234] [59] 在 [58] 中记载的发光装置中,其特征在于,

[0235] 所述半导体发光元件的发光光谱的峰值波长为 395nm 以上且小于 420nm。

[0236] [60] 在 [58] 中记载的发光装置中,其特征在于,

[0237] 所述半导体发光元件的发光光谱的峰值波长为 420nm 以上且小于 455nm。

[0238] [61] 在 [58] 中记载的发光装置中,其特征在于,

[0239] 该半导体发光元件的发光光谱的峰值波长为 455nm 以上且小于 485nm。

- [0240] [62] 在 [44] ~ [57] 中的任意一项记载的发光装置中,其特征在于,
- [0241] 所述半导体发光元件的发光光谱的峰值波长为 495nm 以上且小于 590nm,并且,半值全宽为 2nm 以上 75nm 以下。
- [0242] [63] 在 [44] ~ [57] 中的任意一项记载的发光装置中,其特征在于,
- [0243] 所述半导体发光元件的发光光谱的峰值波长为 590nm 以上且小于 780nm,并且,半值全宽为 2nm 以上 30nm 以下。
- [0244] [64] 在 [44] ~ [63] 中的任意一项记载的发光装置中,其特征在于,
- [0245] 所述半导体发光元件是在从由蓝宝石基板、GaN 基板、GaAs 基板、GaP 基板构成的组中选择的任意一种基板上制作的。
- [0246] [65] 在 [44] ~ [63] 中的任意一项记载的发光装置中,其特征在于,
- [0247] 所述半导体发光元件是在 GaN 基板或 GaP 基板上制作的,且所述基板的厚度为 100 μm 以上 2mm 以下。
- [0248] [66] 在 [44] ~ [63] 中的任意一项记载的发光装置中,其特征在于,
- [0249] 所述半导体发光元件是在蓝宝石基板或 GaAs 基板上制作的,且从基板上剥离半导体发光元件。
- [0250] [67] 在 [44] ~ [66] 中的任意一项记载的发光装置中,其特征在于,
- [0251] 该发光装置具有荧光体作为发光要素。
- [0252] [68] 在 [67] 中记载的发光装置中,其特征在于,
- [0253] 所述荧光体包含 1 种以上 5 种以下的发光光谱不同的荧光体。
- [0254] [69] 在 [67] 或 [68] 中记载的发光装置中,其特征在于,
- [0255] 所述荧光体包含在室温下进行了光激发时的单体发光光谱的峰值波长为 380nm 以上且小于 495nm,并且半值全宽为 2nm 以上 90nm 以下的荧光体。
- [0256] [70] 在 [69] 中记载的发光装置,其特征在于,
- [0257] 所述荧光体包含从由以下荧光体构成的组中选择的 1 种以上荧光体:由下述一般式(5)表示的荧光体、由下述一般式(5)'表示的荧光体、 $(\text{Sr}, \text{Ba})_3\text{MgSi}_2\text{O}_8:\text{Eu}^{2+}$ 以及 $(\text{Ba}, \text{Sr}, \text{Ca}, \text{Mg})\text{Si}_2\text{O}_2\text{N}_2:\text{Eu}$,
- [0258] $(\text{Ba}, \text{Sr}, \text{Ca})\text{MgAl}_{10}\text{O}_{17}:\text{Mn}, \text{Eu}$ (5)
- [0259] $\text{Sr}_a\text{Ba}_b\text{Eu}_x(\text{PO}_4)_c\text{X}_d$ (5)'
- [0260] (在一般式(5)'中,X为Cl。并且c、d以及x是满足 $2.7 \leq c \leq 3.3, 0.9 \leq d \leq 1.1, 0.3 \leq x \leq 1.2$ 的数。而且,a和b满足 $a+b=5-x$ 且 $0 \leq b/(a+b) \leq 0.6$ 的条件)。
- [0261] [71] 在 [67] 或 [68] 中记载的发光装置中,其特征在于,
- [0262] 所述荧光体包含在室温下进行了光激发时的单体发光光谱的峰值波长为 495nm 以上且小于 590nm,并且半值全宽为 2nm 以上 130nm 以下的荧光体。
- [0263] [72] 在 [71] 中记载的发光装置中,其特征在于,
- [0264] 所述荧光体包含从由以下荧光体构成的组中选择的 1 种以上荧光体: $\text{Si}_{6-z}\text{Al}_z\text{O}_z\text{N}_{8-z}:\text{Eu}$ (其中 $0 < z < 4.2$)、由下述一般式(6)表示的荧光体、由下述一般式(6)'表示的荧光体以及 $\text{SrGaS}_4:\text{Eu}^{2+}$,
- [0265] $(\text{Ba}_a\text{Ca}_b\text{Sr}_c\text{Mg}_d\text{Eu}_x)\text{SiO}_4$ (6)
- [0266] (在一般式(6)中,a、b、c、d以及x满足 $a+b+c+d+x=2, 1.0 \leq a \leq 2.0, 0 \leq b < 0.2,$

$0.2 \leq c \leq 0.8, 0 \leq d < 0.2$ 以及 $0 < x \leq 0.5$),

[0267] $\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x\text{Eu}_y\text{Mg}_{1-z}\text{Mn}_z\text{Al}_{10}\text{O}_{17}$ (6)'

[0268] (在一般式(6)'中, x 、 y 以及 z 分别满足 $0.1 \leq x \leq 0.4, 0.25 \leq y \leq 0.6$ 以及 $0.05 \leq z \leq 0.5$)。

[0269] [73] 在 [67] 或 [68] 中记载的发光装置中, 其特征在于,

[0270] 所述荧光体包含在室温下进行了光激发时的单体发光光谱的峰值波长为 590nm 以上且小于 780nm, 并且半值全宽为 2nm 以上 130nm 以下的荧光体。

[0271] [74] 在 [73] 中记载的发光装置, 其特征在于,

[0272] 所述荧光体包含从由以下荧光体构成的组中选择的 1 种以上荧光体: 由下述一般式(7) 表示的荧光体、由下述一般式(7)' 表示的荧光体、 $(\text{Sr}, \text{Ca}, \text{Ba})_2\text{Al}_x\text{Si}_{5-x}\text{O}_x\text{N}_{8-x}:\text{Eu}$ (其中 $0 \leq x \leq 2$)、 $\text{Eu}_y(\text{Sr}, \text{Ca}, \text{Ba})_{1-y}:\text{Al}_{1+x}\text{Si}_{4-x}\text{O}_x\text{N}_{7-x}$ (其中 $0 \leq x < 4, 0 \leq y < 0.2$)、 $\text{K}_2\text{SiF}_6:\text{Mn}^{4+}$ 、 $\text{A}_{2+x}\text{M}_y\text{Mn}_z\text{F}_n$ (A 为 Na 和 / 或 K; M 为 Si 和 Al; $-1 \leq x \leq 1$ 且 $0.9 \leq y+z \leq 1.1$ 且 $0.001 \leq z \leq 0.4$ 且 $5 \leq n \leq 7$)、 $(\text{Ca}, \text{Sr}, \text{Ba}, \text{Mg})\text{AlSiN}_3:\text{Eu}$ 和 / 或 $(\text{Ca}, \text{Sr}, \text{Ba})\text{AlSiN}_3:\text{Eu}$ 以及 $(\text{CaAlSiN}_3)_{1-x}(\text{Si}_2\text{N}_2\text{O})_x:\text{Eu}$ (其中, x 为 $0 < x < 0.5$),

[0273] $(\text{La}_{1-x}\text{Y}_x\text{Eu}_x\text{Ln}_y)_2\text{O}_2\text{S}$ (7)

[0274] (在一般式(7)中, x 和 y 分别是表示满足 $0.02 \leq x \leq 0.50$ 和 $0 \leq y \leq 0.50$ 的数, Ln 表示 Y、Gd、Lu、Sc、Sm 以及 Er 中的至少 1 种三价稀土类元素),

[0275] $(k-x)\text{MgO} \cdot x\text{AF}_2 \cdot \text{GeO}_2:y\text{Mn}^{4+}$ (7)'

[0276] (在一般式(7)'中, k 、 x 、 y 分别表示满足 $2.8 \leq k \leq 5, 0.1 \leq x \leq 0.7, 0.005 \leq y \leq 0.015$ 的数, A 为钙(Ca)、锶(Sr)、钡(Ba)、锌(Zn) 或它们的混合物)。

[0277] [75] 在 [44] ~ [57] 中的任意一项记载的发光装置中, 其特征在于,

[0278] 该发光装置具有荧光体作为发光要素, 所述半导体发光元件的发光光谱的峰值波长为 395nm 以上且小于 420nm, 所述荧光体包含 SBCA、 β -SiAlON 以及 CASON。

[0279] [76] 在 [44] ~ [57] 中的任意一项记载的发光装置中, 其特征在于,

[0280] 该发光装置具有荧光体作为发光要素, 所述半导体发光元件的发光光谱的峰值波长为 395nm 以上且小于 420nm, 所述荧光体包含 SCA、 β -SiAlON 以及 CASON。

[0281] [77] 在 [44] ~ [76] 中的任意一项记载的发光装置中, 其特征在于,

[0282] 所述发光装置是从由封装化 LED、LED 模块、LED 照明器具以及 LED 照明系统构成的组中选择的任意一种。

[0283] [78] 在 [44] ~ [77] 中的任意一项记载的发光装置中, 其特征在于,

[0284] 该发光装置作为家庭用照明装置使用。

[0285] [79] 在 [44] ~ [77] 中的任意一项记载的发光装置中, 其特征在于,

[0286] 该发光装置作为展示物用照明装置使用。

[0287] [80] 在 [44] ~ [77] 中的任意一项记载的发光装置中, 其特征在于,

[0288] 该发光装置作为演出用照明装置使用。

[0289] [81] 在 [44] ~ [77] 中的任意一项记载的发光装置中, 其特征在于,

[0290] 该发光装置作为医疗用照明装置使用。

[0291] [82] 在 [44] ~ [77] 中的任意一项记载的发光装置中, 其特征在于,

[0292] 该发光装置作为作业用照明装置使用。

- [0293] [83] 在 [44] ~ [77] 中的任意一项记载的发光装置中,其特征不在于,
 [0294] 该发光装置作为工业设备内用照明装置使用。
 [0295] [84] 在 [44] ~ [77] 中的任意一项记载的发光装置中,其特征不在于,
 [0296] 该发光装置作为交通工具内部装饰用照明装置使用。
 [0297] [85] 在 [44] ~ [77] 中的任意一项记载的发光装置中,其特征不在于,
 [0298] 该发光装置作为美术品用照明装置使用。
 [0299] [86] 在 [44] ~ [77] 中的任意一项记载的发光装置中,其特征不在于,
 [0300] 该发光装置作为高龄者用照明装置使用。
 [0301] 此外,用于实现上述目的的本发明的第三实施方式与以下事项有关。
 [0302] [87] 一种发光装置的设计方法,该发光装置至少具有半导体发光元件作为发光要素,该发光装置的设计方法的特征在于,
 [0303] 从所述发光装置射出的光在主辐射方向上包含离 ANSI C78.377 中定义的黑体辐射轨迹的距离 D_{uvSSL} 为 $-0.0350 \leq D_{uvSSL} \leq -0.0040$ 的光,
 [0304] 并且,
 [0305] 设从所述发光装置在该辐射方向上射出的光的光谱分布为 $\phi_{SSL}(\lambda)$ 、根据从所述发光装置在该辐射方向上射出的光的 $T_{SSL}(K)$ 选择的基准光的光谱分布为 $\phi_{ref}(\lambda)$ 、从所述发光装置在该辐射方向上射出的光的三刺激值为 $(X_{SSL}, Y_{SSL}, Z_{SSL})$ 、根据从所述发光装置在该辐射方向上射出的光的 $T_{SSL}(K)$ 选择的基准光的三刺激值为 $(X_{ref}, Y_{ref}, Z_{ref})$,
 [0306] 将从所述发光装置在该辐射方向上射出的光的归一化光谱分布 $S_{SSL}(\lambda)$ 、根据从所述发光装置在该辐射方向上射出的光的 $T_{SSL}(K)$ 选择的基准光的归一化光谱分布 $S_{ref}(\lambda)$ 、以及这些归一化光谱分布的差 $\Delta S(\lambda)$ 分别定义为:
 [0307] $S_{SSL}(\lambda) = \phi_{SSL}(\lambda) / Y_{SSL}$
 [0308] $S_{ref}(\lambda) = \phi_{ref}(\lambda) / Y_{ref}$
 [0309] $\Delta S(\lambda) = S_{ref}(\lambda) - S_{SSL}(\lambda)$
 [0310] 设波长 380nm 以上 780nm 以内的范围中实现了 $S_{SSL}(\lambda)$ 的最长波长极大值的波长为 λ_R (nm) 时,在比 λ_R 更靠长波长侧的位置存在成为 $S_{SSL}(\lambda_R)/2$ 的波长 $\Lambda 4$,
 [0311] 将由下式(3)表示的指标 A_{cg} 调整为 $-360 \leq A_{cg} \leq -10$,

$$[0312] \quad A_{cg} = \int_{380}^{495} \Delta S(\lambda) d\lambda + \int_{495}^{590} (-\Delta S(\lambda)) d\lambda + \int_{590}^{\Lambda 4} \Delta S(\lambda) d\lambda \quad (3)$$

- [0313] [88] 一种发光装置的设计方法,该发光装置至少具有半导体发光元件作为发光要素,该发光装置的设计方法的特征在于,
 [0314] 从所述发光装置射出的光在主辐射方向上包含离 ANSI C78.377 中定义的黑体辐射轨迹的距离 D_{uvSSL} 为 $-0.0350 \leq D_{uvSSL} \leq -0.0040$ 的光,
 [0315] 并且,
 [0316] 设从所述发光装置在该辐射方向上射出的光的光谱分布为 $\phi_{SSL}(\lambda)$ 、根据从所述发光装置在该辐射方向上射出的光的 $T_{SSL}(K)$ 选择的基准光的光谱分布为 $\phi_{ref}(\lambda)$ 、从所述发光装置在该辐射方向上射出的光的三刺激值为 $(X_{SSL}, Y_{SSL}, Z_{SSL})$ 、根据从所述发光装置在该辐射方向上射出的光的 $T_{SSL}(K)$ 选择的基准光的三刺激值为 $(X_{ref}, Y_{ref}, Z_{ref})$,

[0317] 将从所述发光装置在该辐射方向上射出的光的归一化光谱分布 $S_{SSL}(\lambda)$ 、根据从所述发光装置在该辐射方向上射出的光的 $T_{SSL}(K)$ 选择的基准光的归一化光谱分布 $S_{ref}(\lambda)$ 、以及这些归一化光谱分布的差 $\Delta S(\lambda)$ 分别定义为：

$$[0318] \quad S_{SSL}(\lambda) = \phi_{SSL}(\lambda) / Y_{SSL}$$

$$[0319] \quad S_{ref}(\lambda) = \phi_{ref}(\lambda) / Y_{ref}$$

$$[0320] \quad \Delta S(\lambda) = S_{ref}(\lambda) - S_{SSL}(\lambda)$$

[0321] 设波长 380nm 以上 780nm 以内的范围中实现了 $S_{SSL}(\lambda)$ 的最长波长极大值的波长为 λ_R (nm) 时, 在比 λ_R 更靠长波长侧的位置不存在成为 $S_{SSL}(\lambda_R)/2$ 的波长 λ_4 ,

[0322] 将由下式(4)表示的指标 A_{cg} 调整为 $-360 \leq A_{cg} \leq -10$,

$$[0323] \quad A_{cg} = \int_{380}^{495} \Delta S(\lambda) d\lambda + \int_{495}^{590} (-\Delta S(\lambda)) d\lambda + \int_{590}^{780} \Delta S(\lambda) d\lambda \quad (4)$$

[0324] 发明效果

[0325] 根据本发明, 实现了如下这样的照明方法和发光装置: 与利用基准光(有时记载为实验用基准光)进行照明时、或者利用放射出色貌接近于基准光、高 R_a 且高 R_l 的光(有时记载为实验用伪基准光)的发光装置进行照明时等相比, 即使是几乎相同的 CCT、几乎相同的照度, 也能够实现统计学上被多数被实验者判断为更加理想的真实良好的物体色貌。

[0326] 如果更具体地进行例示, 本发明所实现的效果如下。

[0327] 第一, 在利用本发明的照明方法进行照明时、或者利用本发明的光源、器具、系统等发光装置进行照明时, 与利用实验用基准光或实验用伪基准光进行照明的情况等相比, 即使是几乎相同的 CCT、几乎相同的照度, 白色也显得更白、更自然、更舒服。而且, 也容易视觉辨别白色、灰色、黑色等非彩色颜色间的亮度差。因此, 例如容易看清一般的白色纸上的黑色文字等。另外, 详情后述, 这种效果是根据到目前为止的常识完全预想不到的效果。

[0328] 第二, 利用本发明的照明方法进行照明时的照度、或者利用本发明的发光装置实现的照度, 即使是从几千 Lx 到几百 Lx 左右的通常室内环境的程度, 针对紫色、蓝紫色、蓝色、蓝绿色、绿色、黄绿色、黄色、黄红色、红色、紫红色等大半颜色, 根据情况不同可以针对所有颜色, 也能实现例如像在晴朗的日子的室外照度下那样数万 lx 的程度下看到的真实、自然的色貌。另外, 对于具有中间彩度的、被实验者(日本人)的肤色、各种食品、服装、木材颜色等, 也成为许多被实验者感觉更加理想的自然色貌。

[0329] 第三, 与利用实验用基准光或实验用伪基准光进行照明的情况等相比, 即使是几乎相同的 CCT、几乎相同的照度, 在利用本发明的照明方法进行照明时、或利用本发明的发光装置进行照明时, 更容易辨别接近的色相的颜色, 就好像能够进行高照度环境下的各种舒适的作业等。更具体地讲, 能够更容易地辨别例如具有类似的红色的多种口红等。

[0330] 第四, 与利用实验用基准光或实验用伪基准光进行照明时等相比, 即使是几乎相同的 CCT、几乎相同的照度, 在利用本发明的照明方法进行照明时、或利用本发明的光源、器具、系统进行照明时, 就好像在高照度环境下看到的那样, 能够更清楚、容易地视觉辨认物体。

附图说明

[0331] 图 1 示出了从内置有峰值波长为 459nm 的半导体发光元件且具有绿色荧光体和红色荧光体的封装 LED 射出的、假定照明 15 种修正蒙赛尔色卡的光谱分布、以及同时绘制了用该 LED 进行照明时和用基准光进行照明时该 15 种修正蒙赛尔色卡的 a^* 值和 b^* 值的 CIELAB 颜色空间。

[0332] 图 2 示出了从内置有峰值波长为 475nm 的半导体发光元件且具有绿色荧光体和红色荧光体的封装 LED 射出的、假定照明 15 种修正蒙赛尔色卡的光谱分布、以及同时绘制了用该 LED 进行照明时和用基准光进行照明时该 15 种修正蒙赛尔色卡的 a^* 值和 b^* 值的 CIELAB 颜色空间。

[0333] 图 3 示出了从内置有峰值波长为 425nm 的半导体发光元件且具有绿色荧光体和红色荧光体的封装 LED 射出的、假定照明 15 种修正蒙赛尔色卡的光谱分布、以及同时绘制了用该 LED 进行照明时和用基准光进行照明时该 15 种修正蒙赛尔色卡的 a^* 值和 b^* 值的 CIELAB 颜色空间。

[0334] 图 4 示出了从内置有峰值波长为 459nm 的半导体发光元件且具有绿色荧光体和红色荧光体的封装 LED 射出的、假定照明 15 种修正蒙赛尔色卡的光谱分布、以及同时绘制了用该 LED 进行照明时和用基准光进行照明时该 15 种修正蒙赛尔色卡的 a^* 值和 b^* 值的 CIELAB 颜色空间 ($Duv=0.0000$)。

[0335] 图 5 示出了从内置有峰值波长为 459nm 的半导体发光元件且具有绿色荧光体和红色荧光体的封装 LED 射出的、假定照明 15 种修正蒙赛尔色卡的光谱分布、以及同时绘制了用该 LED 进行照明时和用基准光进行照明时该 15 种修正蒙赛尔色卡的 a^* 值和 b^* 值的 CIELAB 颜色空间 ($Duv=0.0100$)。

[0336] 图 6 示出了从内置有峰值波长为 459nm 的半导体发光元件且具有绿色荧光体和红色荧光体的封装 LED 射出的、假定照明 15 种修正蒙赛尔色卡的光谱分布、以及同时绘制了用该 LED 进行照明时和用基准光进行照明时该 15 种修正蒙赛尔色卡的 a^* 值和 b^* 值的 CIELAB 颜色空间 ($Duv=0.0150$)。

[0337] 图 7 示出了从内置有峰值波长为 459nm 的半导体发光元件且具有绿色荧光体和红色荧光体的封装 LED 射出的、假定照明 15 种修正蒙赛尔色卡的光谱分布、以及同时绘制了用该 LED 进行照明时和用基准光进行照明时该 15 种修正蒙赛尔色卡的 a^* 值和 b^* 值的 CIELAB 颜色空间 ($Duv=-0.0100$)。

[0338] 图 8 示出了从内置有峰值波长为 459nm 的半导体发光元件且具有绿色荧光体和红色荧光体的封装 LED 射出的、假定照明 15 种修正蒙赛尔色卡的光谱分布、以及同时绘制了用该 LED 进行照明时和用基准光进行照明时该 15 种修正蒙赛尔色卡的 a^* 值和 b^* 值的 CIELAB 颜色空间 ($Duv=-0.0200$)。

[0339] 图 9 示出了从内置有峰值波长为 459nm 的半导体发光元件且具有绿色荧光体和红色荧光体的封装 LED 射出的、假定照明 15 种修正蒙赛尔色卡的光谱分布、以及同时绘制了用该 LED 进行照明时和用基准光进行照明时该 15 种修正蒙赛尔色卡的 a^* 值和 b^* 值的 CIELAB 颜色空间 ($Duv=-0.0300$)。

[0340] 图 10 示出了从内置有峰值波长为 459nm 的半导体发光元件且具有绿色荧光体和红色荧光体的封装 LED 射出的、假定照明 15 种修正蒙赛尔色卡的光谱分布、以及同时绘制了用该 LED 进行照明时和用基准光进行照明时该 15 种修正蒙赛尔色卡的 a^* 值和 b^* 值的

CIELAB 颜色空间 ($Duv = -0.0400$)。

[0341] 图 11 示出了从内置有峰值波长为 459nm 的半导体发光元件且具有绿色荧光体和红色荧光体的封装 LED 射出的、假定照明 15 种修正蒙赛尔色卡的光谱分布、以及同时绘制了用该 LED 进行照明时和用基准光进行照明时该 15 种修正蒙赛尔色卡的 a^* 值和 b^* 值的 CIELAB 颜色空间 ($Duv = -0.0500$)。

[0342] 图 12 示出了从内置有 4 种半导体发光元件的封装 LED 射出的、假定照明 15 种修正蒙赛尔色卡的光谱分布、以及同时绘制了用该 LED 进行照明时和用基准光进行照明时该 15 种修正蒙赛尔色卡的 a^* 值和 b^* 值的 CIELAB 颜色空间 ($Duv = 0.0000$)。

[0343] 图 13 示出了从内置有 4 种半导体发光元件的封装 LED 射出的、假定照明 15 种修正蒙赛尔色卡的光谱分布、以及同时绘制了用该 LED 进行照明时和用基准光进行照明时该 15 种修正蒙赛尔色卡的 a^* 值和 b^* 值的 CIELAB 颜色空间 ($Duv = 0.0100$)。

[0344] 图 14 示出了从内置有 4 种半导体发光元件的封装 LED 射出的、假定照明 15 种修正蒙赛尔色卡的光谱分布、以及同时绘制了用该 LED 进行照明时和用基准光进行照明时该 15 种修正蒙赛尔色卡的 a^* 值和 b^* 值的 CIELAB 颜色空间 ($Duv = 0.0200$)。

[0345] 图 15 示出了从内置有 4 种半导体发光元件的封装 LED 射出的、假定照明 15 种修正蒙赛尔色卡的光谱分布、以及同时绘制了用该 LED 进行照明时和用基准光进行照明时该 15 种修正蒙赛尔色卡的 a^* 值和 b^* 值的 CIELAB 颜色空间 ($Duv = 0.0300$)。

[0346] 图 16 示出了从内置有 4 种半导体发光元件的封装 LED 射出的、假定照明 15 种修正蒙赛尔色卡的光谱分布、以及同时绘制了用该 LED 进行照明时和用基准光进行照明时该 15 种修正蒙赛尔色卡的 a^* 值和 b^* 值的 CIELAB 颜色空间 ($Duv = 0.0400$)。

[0347] 图 17 示出了从内置有 4 种半导体发光元件的封装 LED 射出的、假定照明 15 种修正蒙赛尔色卡的光谱分布、以及同时绘制了用该 LED 进行照明时和用基准光进行照明时该 15 种修正蒙赛尔色卡的 a^* 值和 b^* 值的 CIELAB 颜色空间 ($Duv = -0.0100$)。

[0348] 图 18 示出了从内置有 4 种半导体发光元件的封装 LED 射出的、假定照明 15 种修正蒙赛尔色卡的光谱分布、以及同时绘制了用该 LED 进行照明时和用基准光进行照明时该 15 种修正蒙赛尔色卡的 a^* 值和 b^* 值的 CIELAB 颜色空间 ($Duv = -0.0200$)。

[0349] 图 19 示出了从内置有 4 种半导体发光元件的封装 LED 射出的、假定照明 15 种修正蒙赛尔色卡的光谱分布、以及同时绘制了用该 LED 进行照明时和用基准光进行照明时该 15 种修正蒙赛尔色卡的 a^* 值和 b^* 值的 CIELAB 颜色空间 ($Duv = -0.0300$)。

[0350] 图 20 示出了从内置有 4 种半导体发光元件的封装 LED 射出的、假定照明 15 种修正蒙赛尔色卡的光谱分布、以及同时绘制了用该 LED 进行照明时和用基准光进行照明时该 15 种修正蒙赛尔色卡的 a^* 值和 b^* 值的 CIELAB 颜色空间 ($Duv = -0.0400$)。

[0351] 图 21 示出了从内置有 4 种半导体发光元件的封装 LED 射出的、假定照明 15 种修正蒙赛尔色卡的光谱分布、以及同时绘制了用该 LED 进行照明时和用基准光进行照明时该 15 种修正蒙赛尔色卡的 a^* 值和 b^* 值的 CIELAB 颜色空间 ($Duv = -0.0500$)。

[0352] 图 22 示出了从内置有峰值波长为 405nm 的半导体发光元件且具有蓝色荧光体、绿色荧光体和红色荧光体的封装 LED 射出的、假定照明 15 种修正蒙赛尔色卡的光谱分布、以及同时绘制了用该 LED 进行照明时和用基准光进行照明时该 15 种修正蒙赛尔色卡的 a^* 值和 b^* 值的 CIELAB 颜色空间 ($Duv = 0.0001$)。

[0353] 图 23 示出了从内置有峰值波长为 405nm 的半导体发光元件且具有蓝色荧光体、绿色荧光体和红色荧光体的封装 LED 射出的、假定照明 15 种修正蒙赛尔色卡的光谱分布、以及同时绘制了用该 LED 进行照明时和用基准光进行照明时该 15 种修正蒙赛尔色卡的 a^* 值和 b^* 值的 CIELAB 颜色空间 ($Duv=0.0100$)。

[0354] 图 24 示出了从内置有峰值波长为 405nm 的半导体发光元件且具有蓝色荧光体、绿色荧光体和红色荧光体的封装 LED 射出的、假定照明 15 种修正蒙赛尔色卡的光谱分布、以及同时绘制了用该 LED 进行照明时和用基准光进行照明时该 15 种修正蒙赛尔色卡的 a^* 值和 b^* 值的 CIELAB 颜色空间 ($Duv=0.0194$)。

[0355] 图 25 示出了从内置有峰值波长为 405nm 的半导体发光元件且具有蓝色荧光体、绿色荧光体和红色荧光体的封装 LED 射出的、假定照明 15 种修正蒙赛尔色卡的光谱分布、以及同时绘制了用该 LED 进行照明时和用基准光进行照明时该 15 种修正蒙赛尔色卡的 a^* 值和 b^* 值的 CIELAB 颜色空间 ($Duv=0.0303$)。

[0356] 图 26 示出了从内置有峰值波长为 405nm 的半导体发光元件且具有蓝色荧光体、绿色荧光体和红色荧光体的封装 LED 射出的、假定照明 15 种修正蒙赛尔色卡的光谱分布、以及同时绘制了用该 LED 进行照明时和用基准光进行照明时该 15 种修正蒙赛尔色卡的 a^* 值和 b^* 值的 CIELAB 颜色空间 ($Duv=0.0401$)。

[0357] 图 27 示出了从内置有峰值波长为 405nm 的半导体发光元件且具有蓝色荧光体、绿色荧光体和红色荧光体的封装 LED 射出的、假定照明 15 种修正蒙赛尔色卡的光谱分布、以及同时绘制了用该 LED 进行照明时和用基准光进行照明时该 15 种修正蒙赛尔色卡的 a^* 值和 b^* 值的 CIELAB 颜色空间 ($Duv=0.0496$)。

[0358] 图 28 示出了从内置有峰值波长为 405nm 的半导体发光元件且具有蓝色荧光体、绿色荧光体和红色荧光体的封装 LED 射出的、假定照明 15 种修正蒙赛尔色卡的光谱分布、以及同时绘制了用该 LED 进行照明时和用基准光进行照明时该 15 种修正蒙赛尔色卡的 a^* 值和 b^* 值的 CIELAB 颜色空间 ($Duv=-0.0100$)。

[0359] 图 29 示出了从内置有峰值波长为 405nm 的半导体发光元件且具有蓝色荧光体、绿色荧光体和红色荧光体的封装 LED 射出的、假定照明 15 种修正蒙赛尔色卡的光谱分布、以及同时绘制了用该 LED 进行照明时和用基准光进行照明时该 15 种修正蒙赛尔色卡的 a^* 值和 b^* 值的 CIELAB 颜色空间 ($Duv=-0.0200$)。

[0360] 图 30 示出了从内置有峰值波长为 405nm 的半导体发光元件且具有蓝色荧光体、绿色荧光体和红色荧光体的封装 LED 射出的、假定照明 15 种修正蒙赛尔色卡的光谱分布、以及同时绘制了用该 LED 进行照明时和用基准光进行照明时该 15 种修正蒙赛尔色卡的 a^* 值和 b^* 值的 CIELAB 颜色空间 ($Duv=-0.0303$)。

[0361] 图 31 示出了从内置有峰值波长为 405nm 的半导体发光元件且具有蓝色荧光体、绿色荧光体和红色荧光体的封装 LED 射出的、假定照明 15 种修正蒙赛尔色卡的光谱分布、以及同时绘制了用该 LED 进行照明时和用基准光进行照明时该 15 种修正蒙赛尔色卡的 a^* 值和 b^* 值的 CIELAB 颜色空间 ($Duv=-0.0403$)。

[0362] 图 32 示出了从内置有峰值波长为 405nm 的半导体发光元件且具有蓝色荧光体和红色荧光体的封装 LED 射出的、假定照明 15 种修正蒙赛尔色卡的光谱分布、以及同时绘制了用该 LED 进行照明时和用基准光进行照明时该 15 种修正蒙赛尔色卡的 a^* 值和 b^* 值的

CIELAB 颜色空间(Duv=-0.0448)。

[0363] 图 33 示出了参数 A_{cg} 的积分范围(CCT 为 5000K 以上的情况)。

[0364] 图 34 示出了参数 A_{cg} 的积分范围(CCT 小于 5000K 的情况)。

[0365] 图 35 示出了试验光 5 的归一化试验光光谱分布(实线)以及与试验光 5 对应的计算用基准光的归一化基准光光谱分布(虚线)。

[0366] 图 36 示出了 CIELAB 颜色空间,在该 CIELAB 颜色空间中,同时描绘了分别假定用试验光 5 对对象物进行照明时(实线)和用与试验光 5 对应的计算用基准光进行照明时、该 15 种修正蒙赛尔色卡的 a^* 值和 b^* 值。

[0367] 图 37 示出了试验光 15 的归一化试验光光谱分布(实线)以及与试验光 15 对应的计算用基准光的归一化基准光光谱分布(虚线)。

[0368] 图 38 示出了 CIELAB 颜色空间,在该 CIELAB 颜色空间中,同时描绘了分别假定用试验光 15 对对象物进行照明时(实线)和用与试验光 15 对应的计算用基准光进行照明时、该 15 种修正蒙赛尔色卡的 a^* 值和 b^* 值。

[0369] 图 39 示出了试验光 19 的归一化试验光光谱分布(实线)以及与试验光 19 对应的计算用基准光的归一化基准光光谱分布(虚线)。

[0370] 图 40 示出了 CIELAB 颜色空间,在该 CIELAB 颜色空间中,同时描绘了分别假定用试验光 19 对对象物进行照明时(实线)和用与试验光 19 对应的计算用基准光进行照明时、该 15 种修正蒙赛尔色卡的 a^* 值和 b^* 值。

[0371] 图 41 示出了比较试验光 14 的归一化试验光光谱分布(实线)和与比较试验光 14 对应的计算用基准光的归一化基准光光谱分布(虚线)。

[0372] 图 42 示出了 CIELAB 颜色空间,在该 CIELAB 颜色空间中,同时描绘了分别假定用比较试验光 14 对对象物进行照明时(实线)和用与比较试验光 14 对应的计算用基准光进行照明时、该 15 种修正蒙赛尔色卡的 a^* 值和 b^* 值。

具体实施方式

[0373] 以下对本发明进行详细说明,但本发明不限于以下实施方式,只要在其要旨的范围内,就可以进行各种变更来实施。

[0374] 另外,在本发明的第一实施方式中的照明方法中,是利用在从该照明方法所使用的发光装置射出的光对对象物进行照明时该对象物的被照明位置处的光来确定发明的范围。因此,能够射出满足本发明的要件的“对象物的被照明位置”处的光的发光装置的照明方法属于本发明的范围。

[0375] 另外,在本发明的第二和第三实施方式中,是利用发光装置所辐射的光中的“主辐射方向”的光来确定发明的范围。因此,能够进行包含满足本发明的要件的“主辐射方向”的光的辐射的发光装置属于本发明的范围。

[0376] 此处,本发明的第二和第三实施方式中的“主辐射方向(radiant direction)”表示按照发光装置的使用状况而具有适当的范围、且向适当的方向辐射光的方向。

[0377] 例如,可以是发光装置的光度(luminous intensity)或亮度(luminance)最大或极大的方向。

[0378] 另外,可以是具有有限范围的方向,该有限范围包含发光装置的光度或亮度最大

或极大的方向。

[0379] 另外,可以是发光装置的辐射强度(radiant intensity)或辐射亮度(radiance)最大或极大的方向。

[0380] 另外,也可以是具有包含发光装置的辐射强度或辐射亮度最大或极大的方向在内的有限范围的方向。

[0381] 以下,具体地进行例示。

[0382] 在发光装置为单体发光二极管(LED)、单体封装 LED、单体 LED 模块、单体 LED 灯泡、荧光灯与半导体发光元件的单体复合灯、白炽灯泡与半导体发光元件的单体复合灯等时,主辐射方向可以是各发光装置的铅直方向、包含铅直方向在内的有限立体角内例如最大为 π (sr)、最小为 $\pi/100$ (sr) 的方向。

[0383] 发光装置是在所述封装 LED 等中附带有透镜、反射机构等的 LED 照明器具、内置有荧光灯和半导体发光元件的照明器具,在具有能够应用于所谓的直接式照明用途、半直接式照明用途、全扩散照明用途、直接/间接式照明用途、半间接式照明用途、间接式照明用途的配光特性时,主辐射方向可以是各发光装置的铅直方向、包含铅直方向在内的有限立体角内例如最大为 π (sr)、最小为 $\pi/100$ (sr) 的方向。另外,可以是发光装置的光度或亮度最大或极大的方向。另外,可以是包含发光装置的光度或亮度最大或极大的方向在内的有限立体角内例如最大为 π (sr)、最小为 $\pi/100$ (sr) 的方向。另外,可以是发光装置的辐射强度或辐射亮度最大或极大的方向。另外,可以是包含发光装置的辐射强度或辐射亮度最大或极大的方向在内的有限立体角内例如最大为 π (sr)、最小为 $\pi/100$ (sr) 的方向。

[0384] 在发光装置是搭载了多个所述 LED 照明器具或多个内置有荧光灯的照明器具的照明系统时,主辐射方向可以是各发光装置的平面中心的铅直方向、包含该铅直方向在内的有限立体角内例如最大为 π (sr)、最小为 $\pi/100$ (sr) 的方向。另外,可以是发光装置的光度或亮度最大或极大的方向。另外,可以是包含发光装置的光度或亮度最大或极大的方向在内的有限立体角内例如最大为 π (sr)、最小为 $\pi/100$ (sr) 的方向。另外,可以是发光装置的辐射强度或辐射亮度最大或极大的方向。另外,可以是包含发光装置的辐射强度或辐射亮度最大或极大的方向在内的有限立体角内例如最大为 π (sr)、最小为 $\pi/100$ (sr) 的方向。

[0385] 为了对从发光装置在该主辐射方向上射出的光的光谱分布进行测定,优选以测定点处的照度成为实际使用中的照度(如后所述为 150lx 以上 5000lx 以下)的距离进行测定。

[0386] 在本说明书中,有时将由 CIE 定义的作为基准的光记载为基准光、计算用的基准光、计算用基准光等,在预测数学上的色貌时,在计算中会用到所述 CIE。另一方面,有时将视觉的实际比较中使用的实验用的作为基准的光、即内置有钨丝的白炽灯泡光等记载为基准光、实验用的基准光、实验用基准光。另外,有时将预想色貌与基准光接近的、高 R_a 且高 R_i 的光(例如 LED 光源)即在比较视觉实验中作为实验用基准光的替代光而使用的光,记载为基准光、实验用的伪基准光、实验用伪基准光。另外,相对于基准光,有时将数学上或实验上作为研究对象的光记载为试验光。

[0387] 本发明的第一实施方式的照明方法中使用的发光装置包含作为发光要素的半导体发光元件。另外,本发明的第二实施方式的发光装置包含作为发光要素的半导体发光元

件。除此以外的结构没有特别限定,可以是在单体的半导体发光元件中赋予了作为通电机构的引线等的装置,也可以是进一步赋予了散热机构等并与荧光体等构成一体的封装化 LED 等。另外,也可以是在 1 个以上的封装化 LED 中进一步赋予了坚固的散热机构且一般搭载了多个封装 LED 的 LED 模块。而且,也可以是在封装 LED 等中赋予了透镜、光反射机构等的 LED 照明器具。此外,还可以是支撑着多个 LED 照明器具等、且以能够对对象物进行照明的方式完成的照明系统。本实施方式的发光装置包含全部这些装置。

[0388] 以下,对本发明进行详细说明。

[0389] 本发明人发现了即使在一般的室内照度环境下也能够如在室外的高照度环境下看到的那样,实现自然、生动、视觉辨认性高、且舒适的色貌、物体外貌的光谱或光谱分布中共同的辐射测量学特性(radiometric property)、测光学特性(photometric property)。而且,从测色学(colorimetry)的观点考察了,具有假设利用具备该光谱或光谱分布的光进行照明时的特定光谱反射特性的色卡的色貌与假设利用计算用基准光进行照明时相比,在发生怎样变化的情况下(或者没有变化的情况下)才能够实现上述目的,从而全体上实现了本发明。另外,本发明是立足于颠覆了到目前为止的常识的实验事实而完成的。

[0390] 具体的实现发明的全过程的概要如下。

[0391] [实现发明的全过程的概要]

[0392] 作为第一步骤,假定了光谱分布设定的自由度高的以下两种光源,进行了数学上的基础研究,这两种光源是:A)同时内置有半导体发光元件和荧光体的封装 LED 光源;B)不包含荧光体而仅内置有半导体发光元件作为发光要素的封装 LED 光源。

[0393] 此时,在假设利用计算用基准光进行照明时与假设利用作为研究对象的试验光进行照明时,把与具有特定光谱反射特性的色卡的色貌有关的数学变化作为指针,并且对色相、饱和度(彩度)等有所变化的试验光进行了详细研究。特别是,考虑了在相对于室外照度下降到 1/10 至 1/1000 的程度的通常的室内环境下的摆动效应,以所照明的物体的色貌的饱和度和发生变化的光为中心进行了数学研究。

[0394] 作为第二步骤,以进行了所述数学研究的试验光为基础,试制了封装 LED 光源、内置有该封装 LED 光源的照明器具。另外,为了第三步骤中所要进行的比较视觉实验,准备了具有钨丝的白炽灯泡作为实验用基准光。另外,还试制了能够得到色貌与计算用的基准光接近的高 R_a 且高 R_i 的光(实验用伪基准光)的光源、内置有该光源的照明器具。而且,为了进行使用了它们的视觉实验,并且为了让被实验者评价利用实验用基准光或实验用伪基准光来照明对象物时的色貌、和利用内置有封装 LED 光源的照明器具的光(试验光)来照明对象物时的色貌,制作了能够对多个观察对象物照射不同的照明光的照明实验系统。

[0395] 作为第三步骤进行了比较视觉实验。关于观察对象物的颜色,考虑了准备紫色、蓝紫色、蓝色、蓝绿色、绿色、黄绿色、黄色、黄红色、红色、紫红色等跨越所有色相的彩色对象物。而且,还准备了白色物、黑色物等非彩色颜色的对象物。关于这些对象物,准备了静物、鲜花、食品、服装、印刷物等多个种类。此处,让被实验者评价了利用实验用基准光或实验用伪基准光来照明对象物时的色貌、和利用试验光来照明对象物时的色貌。前者与后者的比较是在类似的 CCT 和类似的照度下进行的。评价是基于以下方面进行的:哪一种光能够更好地实现如在室外看到的自然、生动、视觉辨认性高、且舒适的色貌、物体外貌。另外,此时还探寻了优劣的判断理由。

[0396] 作为第四步骤,从实测值中提取了实验用基准光 / 实验用伪基准光和试验光所具有的辐射测量学特性、测光学特性。而且,关于与具有不同于上述观察对象物的特定光谱反射特性的色卡的色貌相关的测色学特性,将计算上假定了由计算用基准光的光谱分布实现的照明时、和计算上假定了由实测的实验用基准光 / 实验用伪基准光 / 试验光的光谱分布光实现的照明时的差,与视觉实验中的被实验者评价进行对照,提取了判断为真实舒适的照明方法或发光装置的特征。另外,第三步骤、第四步骤的内容也是本发明的第一实施方式的照明方法的实施例 / 比较例,第二步骤、第三步骤、第四步骤的内容也是本发明的第二和第三实施方式的实施例 / 比较例。

[0397] [色卡选择和色貌的定量方法]

[0398] 在第一步骤中,对于从本发明的照明方法主要研究的发光装置射出的光在对对象物进行照明的位置处的光谱分布、或者从本发明的发光装置射出的主辐射方向的光所具有的光谱分布,考虑到摆动效应,其饱和度与利用基准光进行照明的情况相比发生了变化。此处,为了对色貌及其变化进行定量,进行了以下选择。

[0399] 在根据上述光谱分布定量地对色貌进行评价时,定义数学上的光谱反射特性明确的色卡,对假定利用计算用基准光进行照明的情况与假定利用试验光进行照明的情况进行比较,认为将该色卡的色貌的差作为指标为宜。

[0400] 一般而言,虽然可以把 CRI 中使用的试验色作为选项,但是在导出平均显色指数等时使用的 R_1 到 R_8 的色卡为中等彩度的色卡,从而认为不合适于高彩度颜色的饱和度的讨论。另外,虽然 R_9 到 R_{12} 为高彩度的色卡,但是在全色相角范围的详细讨论中,样本数目不足。

[0401] 因此,在修正蒙赛尔表色系中的蒙赛尔色相环中,从最高彩度的位于最外周的色卡,按照色相类别选择了 15 种色卡。另外,这些色卡与美国 NIST (National Institute of Standards and Technology) 提出的作为新显色评价指标之一的 CQS (Color Quality Scale)(版本 7.4 和 7.5)中使用的色卡相同。以下列出本发明中使用的 15 种色卡。另外,为了便于理解,在开头记载了对色卡附上的编号。另外,本说明书中,有时用 n 来代表这些编号,例如 $n=3$ 是“5PB4/12”的意思。 N 是从 1 到 15 的自然数。

[0402]

#01	7.5 P	4	/10
#02	10 PB	4	/10
#03	5 PB	4	/12
#04	7.5 B	5	/10
#05	10 BG	6	/8
#06	2.5 BG	6	/10
#07	2.5 G	6	/12
#08	7.5 GY	7	/10
#09	2.5 GY	8	/10
#10	5 Y	8.5	/12
#11	10 YR	7	/12
#12	5 YR	7	/12
#13	10 R	6	/12
#14	5 R	4	/14
#15	7.5 RP	4	/12

[0403] 本发明中,在导出各种指标的方面,进行了如下尝试,即,对如下情形进行定量,作为发光装置应具有显色性提取出来,所述情形是:在假设利用计算用基准光进行照明的情况与假设利用试验光进行照明的情况之间这15种色卡的色貌如何变化(或者没有变化),才能够使得即使在一般的室内照度环境下,也能如在室外的高照度环境下看到的那样、实现自然、生动、视觉辨认性高、且舒适的色貌、物体外貌。

[0404] 另外,为了对根据上述光谱分布以数学方式导出的色貌进行定量评价,颜色空间的选择、色适应式的选择也很重要。在本发明中,使用了作为当前CIE所推荐的均匀颜色空间的CIE1976L*a*b* (CIELAB)。而且,在色适应计算中采用了CMCCAT2000 (Colour Measurement Committee's Chromatic Adaptation Transform of 2000)。

[0405] [根据对象物的被照明位置处的光谱分布、或者根据从发光装置射出的主辐射方向的光所具有光谱分布导出的色度点]

[0406] 在第一步骤中,为了试制各种封装LED光源,光源的色度点选择也很重要。根据来自光源的光在对象物的被照明位置处的光谱分布、或者从发光装置射出的主辐射方向的光所具有的光谱分布导出的色度,例如也可以在CIE1931 (x,y)色度图中进行定义,但是优选在更均匀的色度图、即CIE1976 (u',v')色度图中进行讨论。另外,在用CCT和 D_{uv} 来描述色度图上的位置时,特别使用(u', (2/3)v')色度图(与CIE1960 (u,v)色度图同义)。另外,本说明书中记载的 D_{uv} 是在ANSI C78.377中定义的量,把与(u', (2/3)v')色度图中的黑体辐射轨迹最接近的距离表示为其绝对值。另外,正符号表示发光装置的色度点位于黑体辐射轨迹的上方(v'大的一侧),负符号表示发光装置的色度点位于黑体辐射轨迹的下方(v'小的一侧)。

[0407] [与饱和度以及 D_{uv} 值有关的计算研究]

[0408] 即使在相同的色度点,物体的色貌也可以发生变化。例如,图 1、图 2、图 3 所示的 3 种光谱分布(试验光)是如下这样的例子:假设了内置有峰值波长为 425-475nm 的半导体发光元件且将其作为绿色荧光体和红色荧光体的激发光源的封装 LED,在相同的色度(CCT 为 5500K, D_{uv} 为 0.0000)下,使所照明的物体的色貌不同。虽然假设构成各个光谱分布的绿色荧光体和红色荧光体为相同材料,但是为了使饱和度变化,将蓝色半导体发光元件的峰值波长设为图 1 中的 459nm、图 2 中的 475nm、图 3 中的 425nm。当假设了基于各个光谱分布的照明和基于与该光谱分布对应的计算用基准光的照明时,该 15 种色卡的所预想的色貌表示在图 1 至图 3 的 CIELAB 颜色空间中。此处,图中用虚线连结的点是假设利用计算用基准光进行照明的情况,实线是假设利用各个试验光进行照明的情况。另外,虽然纸面垂直方向为亮度,但是此处为了便于理解,仅绘制了 a^* , b^* 轴。

[0409] 关于图 1 所示的光谱分布,认识到以下情况。根据假设利用计算用基准光进行照明时的计算、和假设利用图中的试验光进行照明时的计算,预料该 15 种色卡的色貌接近。另外,根据该光谱分布计算出的 R_a 高达 95。在假设利用图 2 所示的试验光进行照明的情况下,与假设利用计算用基准光进行照明时相比,预料红色和蓝色看起来鲜艳,但是紫色和绿色暗淡。根据该光谱分布计算出的 R_a 相对较低而为 76。相反,在假设利用图 3 所示的试验光进行照明的情况下,与假设利用计算用基准光进行照明时相比,预料紫色和绿色看起来鲜艳,但是红色和蓝色暗淡。根据该光谱分布计算出的 R_a 相对较低而为 76。

[0410] 这样可以理解到,在相同色度点处色貌可以发生变化。

[0411] 但是,根据本发明人的详细研究得知,对于位于黑体辐射的轨迹附近的光、即 D_{uv} 为 0 附近的光中,当使光谱分布变化,改变饱和度高的该 15 种色卡的色貌时,其自由度低。具体情况如下。

[0412] 例如图 2、图 3 所示,预料到红色 / 蓝色的饱和度变化与紫色 / 绿色的饱和度变化的趋势相反。也就是说,预料到当某种色相的饱和度提高时,其他色相的饱和度降低。另外,根据其他的研究,很难通过可简单实现的方法一次改变大多数色相的饱和度。由此,在利用黑体辐射轨迹附近的光、或者 $D_{uv}=0$ 附近的光进行了照明时,很难一次改变高彩度的该 15 种色卡的大多数色相的饱和度、或者在多个色相中比较均匀地实现饱和度的提高、降低等。

[0413] 因此,本发明人将针对多个光谱分布赋予了不同的 D_{uv} 值时的该 15 种色卡的色貌与假设利用计算用基准光进行照明的情况进行比较,同时进行了数学研究。一般而言,当 D_{uv} 偏向正时白色看起来发绿,而在 D_{uv} 为负时白色看起来发红,当 D_{uv} 从 0 附近离开时色貌整体显得不自然。特别是白色的着色会诱发这样的感觉。但是,本发明人为了提高饱和度的控制性,进行了以下研究。

[0414] 图 4 至图 11 所示的 8 个光谱分布是假定了内置有峰值波长为 459nm 的蓝色半导体发光元件且将其作为绿色荧光体和红色荧光体的激发光源的封装 LED,并且在相同 CCT (2700K)下使 D_{uv} 从 -0.0500 变化到 +0.0150 所得的计算结果。假设利用各个光谱分布(试验光)进行照明时和假设利用与各个试验光对应的计算用基准光进行照明时所预想的该 15 种色卡的色貌如图 4 至图 11 的 CIELAB 颜色空间所示。此处,图中用虚线连结的点是计算用基准光的结果,实线是各个试验光的结果。另外,虽然纸面垂直方向为亮度,但是此处为了便于理解,仅绘制了 a^* , b^* 轴。

[0415] 对于图4所示的 $D_{uv}=0.0000$ 的试验光,预料到:在假设利用计算用基准光进行照明时、和假设利用图中的试验光进行照明时,该15种色卡的色貌接近。根据该光谱分布计算出的Ra高达95。

[0416] 图5、图6的试验光是使 D_{uv} 在正方向上从+0.0100变化到+0.0150的例子。如在此所看到的那样,预料到:当使 D_{uv} 向正方向变化时,与 $D_{uv}=0.0000$ 的试验光的情况相比,能够使该15种色卡的饱和度在更广泛的色相范围中变化。并且得知,与 $D_{uv}=0.0000$ 的试验光的情况相比,还能够使得该15种色卡的饱和度比较均匀地变化。另外,在计算用基准光的情况和图中的试验光的情况中,预料到:在使 D_{uv} 向正方向变化时,该15种色卡的色貌除了蓝到蓝绿区域以外,几乎所有的颜色都显得暗淡。而且还预料到这样的趋势: D_{uv} 越向正偏移,饱和度下降得越多。根据图5、图6的光谱分布计算出的Ra分别是94和89。

[0417] 另一方面,图7至图11的试验光是使 D_{uv} 在负方向上从-0.0100变化到-0.0500的例子。如在此所看到的那样,可知:当使 D_{uv} 向负方向变化时,与 $D_{uv}=0.0000$ 的试验光的情况相比,能够使得该15种色卡的饱和度在更广泛的色相范围中变化。并且得知,当与 $D_{uv}=0.0000$ 的试验光的情况相比,还能够使该15种色卡的饱和度比较均匀地变化。另外,在假设利用计算用基准光进行照明时、和假设利用图中的试验光进行照明时,预料到:在使 D_{uv} 向负方向变化时,该15种色卡的色貌除了从蓝到蓝绿区域和紫区域以外,几乎所有的颜色都显得鲜艳。而且,还预料到这样的趋势: D_{uv} 越向负偏移,饱和度上升得越大。根据图7至图11的光谱分布计算出的Ra分别为92、88、83、77、71,根据当前一般普遍的理解,预料到,越使 D_{uv} 的值向负偏移,色貌与利用基准光进行照明的情况相差得越远,恶化越严重。

[0418] 此外,本发明人将针对形成光谱的发光要素(发光材料)不同的试验光赋予了各种 D_{uv} 值时预想的情形与计算用基准光进行比较,同时进行了数学研究,上述预想的情形是指:位于修正蒙赛尔表色系的最外周的最鲜艳的15种色卡将成为怎样的色貌。

[0419] 图12至图21所示的10种光谱分布是假定了内置有4种半导体发光元件的封装LED,并且在相同CCT(4000K)下使 D_{uv} 从-0.0500变化到+0.0400的结果。将4种半导体发光元件的峰值波长设为459nm、528nm、591nm、662nm。在假设利用10种试验光分别进行照明时、和假设利用与各个试验光对应的计算用基准光进行照明时,所预想的该15种色卡的色貌表示在图12至图21的CIELAB颜色空间中。此处,图中用虚线连结的点是计算用基准光的结果,实线是各个试验光的结果。另外,虽然纸面垂直方向为亮度,但是此处为了便于理解而仅绘制了 a^* 、 b^* 轴。

[0420] 对于图12所示的 $D_{uv}=0.0000$ 的试验光,预料到:在假设利用计算用基准光进行照明时、和假设利用图中的试验光进行照明时,该15种色卡的色貌接近。根据该光谱分布计算出的Ra高达98。

[0421] 图13至图16的试验光是使 D_{uv} 在正方向从+0.0100变化到+0.0400的例子。如在此所看到的那样,可知,当使 D_{uv} 向正方向变化时,与 $D_{uv}=0.0000$ 的试验光的情况相比,能够使该15种色卡的饱和度在更广泛的色相范围中变化。并且得知,与 $D_{uv}=0.0000$ 的试验光的情况相比,还能够使该15种色卡的饱和度比较均匀地变化。另外,在假设利用计算用基准光进行照明时、和假设利用图中的试验光进行照明时,预料到:在使 D_{uv} 向正方向变化时,该15种色卡的色貌除了从蓝到蓝绿区域和红色区域以外,几乎所有的颜色都显得暗淡。而且,还预料到这样的趋势: D_{uv} 越向正偏移,饱和度下降得越多。根据图13至图16的光谱分

布计算出的 R_a 分别为 95、91、86、77, 根据当前一般普遍的理解预料到, 越使 D_{uv} 的值向正偏移, 色貌与利用基准光进行照明的情况相差得越远, 恶化越严重。

[0422] 另一方面, 图 17 至图 21 的试验光是使 D_{uv} 在负方向上从 -0.0100 变化到 -0.0500 的例子。如在此所看到的那样, 可知, 当使 D_{uv} 向负方向变化时, 与 $D_{uv}=0.0000$ 的试验光的情况相比, 能够使该 15 种色卡的饱和度在更广泛的色相范围中变化。并且得知, 与 $D_{uv}=0.0000$ 的试验光的情况相比, 还能够使该 15 种色卡的饱和度比较均匀地变化。另外, 在假设利用计算用基准光进行照明时、和假设利用图中的试验光进行照明时, 预料到: 在使 D_{uv} 向负方向变化时, 该 15 种色卡的色貌除了从蓝到蓝绿区域和红区域以外, 几乎所有的颜色都显得鲜艳。而且, 还预料到这样的趋势: D_{uv} 越向负偏移, 饱和度上升得越多。根据图 17 至图 21 的光谱分布计算出的 R_a 分别为 95、91、86、81、75, 根据当前一般普遍的理解预料到, 越使 D_{uv} 的值向负偏移, 色貌与利用基准光进行照明的情况相差得越远, 恶化越严重。

[0423] 此外, 本发明人将针对形成光谱的发光要素(发光材料)进一步不同的试验光赋予了各种 D_{uv} 值时预想的情形与计算用基准光进行比较, 同时进行了数学研究, 上述预想的情形是指: 位于修正蒙赛尔表色系的最外周的最鲜艳的 15 种色卡将成为怎样的色貌。

[0424] 图 22 至图 32 所示的 11 种光谱分布是假定了内置有紫色半导体发光元件且将其作为蓝色荧光体、绿色荧光体、红色荧光体的激发光源的封装 LED, 并且在接近的 CCT (约 5500K) 下使 D_{uv} 从 -0.0448 变化到 $+0.0496$ 的计算结果。内置的半导体发光元件的峰值波长为 405nm。另外, 图 32 的结果是为了使 D_{uv} 成为极端的负值而未包含绿色荧光体所实现的结果。在假设利用 11 种试验光分别进行照明时、和假设利用与该试验光对应的计算用基准光进行照明时, 数学上所预想的该 15 种色卡的色貌如图 22 至图 32 的 CIELAB 颜色空间所示。此处, 图中用虚线连结的点是计算用基准光的结果, 实线是各个试验光的结果。另外, 虽然纸面垂直方向为亮度, 但是此处为了便于理解而仅绘制了 a^* , b^* 轴。

[0425] 对于图 22 所示的 $D_{uv}=0.0001$ 的试验光, 预料到: 在计算用基准光的情况和图中试验光的情况中, 该 15 种色卡的色貌接近。根据该光谱分布计算出的 R_a 高达 96。

[0426] 图 23 至图 27 的试验光是使 D_{uv} 在正方向上从 $+0.0100$ 变化到 $+0.0496$ 的例子。如在此所看到的那样, 可知, 当使 D_{uv} 向正方向变化时, 与 $D_{uv}=0.0001$ 的试验光的情况相比, 能够使该 15 种色卡的饱和度在更广泛的色相范围中变化。并且得知, 与 $D_{uv}=0.0001$ 的试验光的情况相比, 还能够使该 15 种色卡的饱和度比较均匀地变化。另外, 在假设利用计算用基准光进行照明时、和假设利用图中的试验光进行照明时, 预料到: 在使 D_{uv} 向正方向变化时, 该 15 种色卡的色貌除了蓝区域以外, 几乎所有的颜色都显得暗淡。而且, 还预料到这样的趋势: D_{uv} 越向正偏移, 饱和度下降得越多。根据图 23 至图 27 的光谱分布计算出的 R_a 分别为 92、85、76、69、62, 根据当前一般普遍的理解预料到, 越使 D_{uv} 的值向正偏移, 色貌与利用基准光进行照明的情况相差得越远, 恶化越严重。

[0427] 另一方面, 图 28 至图 32 的试验光是使 D_{uv} 在负方向上从 -0.0100 变化到 -0.0448 的例子。如上所述, $D_{uv}=-0.0448$ 是作为不包含绿色荧光体的系统而实现的。如在此所看到的那样, 可知, 当使 D_{uv} 向负方向变化时, 与 $D_{uv}=0.0001$ 的试验光的情况相比, 能够使该 15 种色卡的饱和度在更广泛的色相范围中变化。并且得知, 与 $D_{uv}=0.0001$ 的试验光的情况相比, 还能够使该 15 种色卡的饱和度比较均匀地变化。另外, 在假设利用计算用基准光进行照明时、和假设利用图中试验光进行照明时, 预料到: 在使 D_{uv} 向负方向变化时, 该 15 种色卡

的色貌除了蓝区域以外,几乎所有的颜色都显得鲜艳。而且,还预料到这样的趋势: D_{uv} 越向负偏移,饱和度上升得越多。根据图 28 至图 32 的光谱分布计算出的 R_a 分别为 89、80、71、61、56,根据当前一般普遍的理解预料到:越使 D_{uv} 的值向负偏移,色貌与利用基准光进行照明的情况相差得越远,恶化越严重。

[0428] [与饱和度控制和 D_{uv} 值有关的计算研究的总结]

[0429] 基于至此为止的计算研究,“根据当前广为确信的常识”预料到以下内容。

[0430] (1) 利用具有 $D_{uv}=0.0000$ 附近的色度点的试验光改变该 15 种色卡的饱和度的自由度低。具体地讲,很难一次改变高彩度的该 15 种色卡的大多数的色相的饱和度、或者在多个色相中使饱和度比较均匀地上升、下降等。

[0431] (2) 当使试验光的 D_{uv} 为正时,能够使该 15 种色卡的饱和度比较容易降低。与 $D_{uv}=0.0000$ 的试验光的情况相比,能够在更广泛的色相范围中、且比较均匀地使该 15 种色卡的饱和度下降。而且, D_{uv} 越向正偏移,饱和度越进一步下降。并且预料到:因为 R_a 进一步下降,因此在视觉实验等中, D_{uv} 越向正偏移,利用实验用基准光或实验用伪基准光来照明实际的照明对象物等时、与利用试验光进行照明时的色貌的差异越大,并且,它是恶化的。特别是白色发黄色(绿色),预料到色貌整体上显得不自然。

[0432] (3) 当使 D_{uv} 为负时,能够使该 15 种色卡的饱和度比较容易上升。与 $D_{uv}=0.0000$ 的试验光的情况相比,能够在更广泛的色相范围中、且比较均匀地使该 15 种色卡的饱和度提高。而且, D_{uv} 越向负偏移,饱和度越进一步上升。并且预料到:因为 R_a 进一步下降,因此 D_{uv} 越向负偏移,利用实验用基准光或实验用伪基准光来照明实际的照明对象物等时、与利用试验光进行照明时的色貌的差异越大,并且,它是恶化的。特别是白色发红色(桃色),预料到色貌整体上显得不自然。

[0433] 基于至此为止的计算研究,“根据当前广为确信的常识”预料到以下内容。

[0434] [定量指标的导入]

[0435] 作为详细讨论色貌、光谱分布自身所具有的特征、辐射效率等的准备,并且,作为详细讨论色貌的准备,在本发明中,导入了以下的定量指标。

[0436] [与色貌有关的定量指标的导入]

[0437] 首先,将在利用该试验光来照明对象物时的对象物的位置处测定到的试验光(基于本发明的照明方法)、和发光装置在主辐射方向上射出试验光时的该试验光(基于本发明的发光装置)在 CIE1976L*a*b*颜色空间中的该 15 种色卡的 a^* 值、 b^* 值分别定义为 a^*_{nSSL} 、 b^*_{nSSL} (其中 n 是 1 到 15 的自然数),将该 15 种色卡的色相角分别定义为 θ_{nSSL} (度) (其中 n 是 1 到 15 的自然数),将数学上假设了根据上述试验光的 CCT 选择的计算用的基准光(小于 5000K 为黑体辐射光,在 5000K 以上为 CIE 日光)的照明时的 CIE1976L*a*b*颜色空间中的该 15 种色卡的 a^* 值、 b^* 值分别定义为 a^*_{nref} 、 b^*_{nref} (其中 n 是 1 到 15 的自然数),将该 15 种色卡的色相角分别定义为 θ_{nref} (度) (其中 n 是 1 到 15 的自然数),将利用该两种光进行照明时的该 15 种修正蒙赛尔色卡的各个色相角差 Δh_n (度) (其中 n 是 1 到 15 的自然数)的绝对值定义为

[0438] $|\Delta h_n| = |\theta_{nSSL} - \theta_{nref}|$ 。

[0439] 这是因为考虑到如下情况:在每次使用试验光和实验用基准光或实验用伪基准光来进行视觉实验时,作为整体地评价各种物体、或者物体的色貌,并且实现自然、生动、视觉

辨认性高、且舒适的色貌、物体外貌的手段,与本发明中特别选择的该 15 种修正蒙赛尔色卡有关的数学上预想的色相角差成为重要的指标。

[0440] 此外,将假设利用试验光和计算用基准光这两种光进行照明时的该 15 种修正蒙赛尔色卡的饱和度差 ΔC_n (其中 n 是 1 到 15 的自然数) 分别定义为

$$[0441] \quad \Delta C_n = \sqrt{\{(a_{nSSL}^*)^2 + (b_{nSSL}^*)^2\}} - \sqrt{\{(a_{nref}^*)^2 + (b_{nref}^*)^2\}}。$$

[0442] 另外,认为该 15 种修正蒙赛尔色卡的饱和度差的平均值即下式(1)也是重要的指标。

$$[0443] \quad \frac{\sum_{n=1}^{15} \Delta C_n}{15} \quad (1)$$

[0444] 而且,在设该 15 种修正蒙赛尔色卡的饱和度差的最大值为 ΔC_{max} 、饱和度差的最小值为 ΔC_{min} 时,认为最大饱和度差与最小饱和度差之间的差(最大最小饱和度差之间的差)即

$$[0445] \quad (\Delta C_{max} - \Delta C_{min})$$

[0446] 也是重要的指标。这是因为考虑到如下情况:在每次利用试验光和实验用基准光或实验用伪基准光来进行视觉实验时,作为整体地评价各种物体、或者物体的色貌,并且实现自然、生动、视觉辨认性高、且舒适的色貌、物体外貌的手段,与本发明中特别选择的该 15 种修正蒙赛尔色卡的饱和度差有关的各种特性成为重要的指标。

[0447] [与光谱分布有关的定量指标的导入]

[0448] 在本发明中,为了针对光谱分布的辐射测量学特性、测光学特性也进行讨论,导入了以下两个定量指标。一个是指标 A_{cg} ,另一个指标是辐射效率 K (lm/W)。

[0449] 指标 A_{cg} 是尝试将由实验用基准光或实验用伪基准光实现的色貌、与由试验光实现的色貌之差描述为光谱分布或光谱形状所具有的辐射测量学特性和测光学特性的指标。根据各种研究的结果,在本发明中以如下所述的方式来定义指标 A_{cg} 。

[0450] 将在照明对象物的位置处进行测定时(基于本发明的照明方法)、或者对来自发光装置的在主辐射方向射出的光进行测定时(基于本发明的发光装置)的、作为不同颜色刺激的计算用基准光和试验光的光谱分布分别设为 $\phi_{ref}(\lambda)$ 、 $\phi_{SSL}(\lambda)$,将等色函数设为 $x(\lambda)$ 、 $y(\lambda)$ 、 $z(\lambda)$,将与计算用基准光和试验光对应的三刺激值分别设为 $(X_{ref}, Y_{ref}, Z_{ref})$ 、 $(X_{SSL}, Y_{SSL}, Z_{SSL})$ 。此处,关于计算用基准光和试验光,以 k 为常数,下式成立。

$$[0451] \quad Y_{ref} = k \int \phi_{ref}(\lambda) \cdot y(\lambda) d\lambda$$

$$[0452] \quad Y_{SSL} = k \int \phi_{SSL}(\lambda) \cdot y(\lambda) d\lambda$$

[0453] 此处,将通过各自的 Y 对计算用基准光和试验光的光谱分布进行归一化后的归一化光谱分布定义为

$$[0454] \quad S_{ref}(\lambda) = \phi_{ref}(\lambda) / Y_{ref}$$

$$[0455] \quad S_{SSL}(\lambda) = \phi_{SSL}(\lambda) / Y_{SSL},$$

[0456] 将这些归一化基准光光谱分布与归一化试验光光谱分布的差设为

$$[0457] \quad \Delta S(\lambda) = S_{ref}(\lambda) - S_{SSL}(\lambda)。$$

[0458] 而且,此处,以如下方式来定义指标 A_{cg} 。

$$[0459] \quad A_{cg} = \int_{\Lambda 1}^{\Lambda 2} \Delta S(\lambda) d\lambda + \int_{\Lambda 2}^{\Lambda 3} (-\Delta S(\lambda)) d\lambda + \int_{\Lambda 3}^{\Lambda 4} \Delta S(\lambda) d\lambda$$

[0460] 另外,此处各积分的上下限波长分别为:

[0461] $\Lambda 1=380\text{nm}$

[0462] $\Lambda 2=495\text{nm}$

[0463] $\Lambda 3=590\text{nm}$ 。

[0464] 另外, $\Lambda 4$ 分为以下两种情况进行了定义。首先,在归一化试验光光谱分布 $S_{SSL}(\lambda)$ 中,在设 380nm 到 780nm 内实现最长波长极大值的波长为 $\lambda_R(\text{nm})$ 、其光谱强度为 $S_{SSL}(\lambda_R)$ 时,将比 λ_R 靠近长波长侧且强度为 $S_{SSL}(\lambda_R)/2$ 的波长设为 $\Lambda 4$ 。如果在 780nm 以内的范围内不存在这样的波长,则 $\Lambda 4$ 为 780nm。

[0465] 指标 A_{cg} 是进行如下判断的指标:将与产生颜色刺激的辐射有关的可视区域大致分割为短波长区域(或者还包含紫色等的蓝色区域)、中间波长区域(还包含黄色等的绿色区域)、长波长区域(还包含橙色等的红色区域),与数学上的归一化基准光光谱分布进行比较,判断在归一化试验光光谱分布内的适当位置处是否存在适当强度的光谱凹凸。如图 33、图 34 所例示的那样,长波长积分范围根据最长波长极大值的位置而不同。并且根据试验光的 CCT,计算用基准光的选择不同。在图 33 的情况下,由于图中实线所示的试验光的 CCT 为 5000K 以上,因此如图中虚线所示,基准光选择了 CIE 日光(CIE daylight)。在图 34 的情况下,由于图中实线所示的试验光的 CCT 小于 5000K,因此如图中虚线所示,基准光选择了黑体辐射的光。另外,图中阴影部分示意地示出了短波长区域、中间波长区域、长波长区域的积分范围。

[0466] 在短波长区域中,在归一化试验光光谱分布的光谱强度比数学上的归一化基准光光谱分布强的情况下,指标 A_{cg} 的第一项($\Delta S(\lambda)$ 的积分)容易取负值。在中间波长区域中,相反,在归一化试验光光谱分布的光谱强度比归一化基准光光谱分布弱的情况下,指标 A_{cg} 的第二项($-\Delta S(\lambda)$ 的积分)容易取负值。而且,在长波长区域中,在归一化试验光光谱分布的光谱强度比归一化基准光光谱分布强的情况下,指标 A_{cg} 的第三项($\Delta S(\lambda)$ 的积分)容易取负值。

[0467] 另外,如上所述,计算用基准光根据试验光的 CCT 而改变。即,关于计算用基准光,在试验光的 CCT 小于 5000K 时,计算用基准光使用黑体辐射的光,在试验光的 CCT 为 5000K 以上时,计算用基准光使用所定义的 CIE 日光(CIE daylight)。在指标 A_{cg} 的值的导出中, $\phi_{ref}(\lambda)$ 使用了数学上定义的黑体辐射的光或 CIE 日光,另一方面, $\phi_{SSL}(\lambda)$ 使用了仿真中使用的函数、或实验中实测的值。

[0468] 而且,当每次评价在照明对象物的位置处进行测定时(基于本发明的照明方法)、或者对从发光装置射出的主辐射方向的光进行测定时(基于本发明的发光装置)的试验光光谱分布 $\phi_{SSL}(\lambda)$ 时,辐射效率 K (Luminous Efficacy of radiation) (lm/W) 遵循广泛使用的以下定义。

$$[0469] \quad K = K_m \times \left[\int_{380}^{780} [\phi_{SSL}(\lambda) \times V(\lambda)] d\lambda \right] / \left[\int_{380}^{780} \phi_{SSL}(\lambda) d\lambda \right]$$

[0470] 在上式中,

[0471] K_m :最大发光度(lm/W)

[0472] $V(\lambda)$:光谱发光效率

[0473] λ :波长(nm)。

[0474] 在照明对象物的位置处进行测定时(基于本发明的照明方法)、或者对从发光装置射出的主辐射方向的光进行测定时(基于本发明的发光装置)的试验光光谱分布 $\Phi_{SSL}(\lambda)$ 的辐射效率 K (lm/W),是光谱分布作为其形状而具有的效率,是当与构成发光装置的所有材料特性有关的效率(例如半导体发光元件的内部量子效率、光提取效率、荧光体的内部量子效率、外部量子效率、密封剂的透光特性等的效率)为 100% 时,光源效率 η (lm/W) 的量。

[0475] [第二步骤的详细内容]

[0476] 如上所述,作为第二步骤,以数学研究的光谱(试验光)为基础,试制了封装 LED 光源、照明器具。另外,还试制了色貌与计算用基准光接近的高 R_a 且高 R_i 的光(实验用伪基准光)用的光源、内置有该光源的照明器具。

[0477] 具体地讲,试制了用蓝色半导体发光元件来激发绿色荧光体、红色荧光体的光源、用蓝色半导体发光元件来激发黄色荧光体、红色荧光体的光源、用紫色半导体发光元件来激发蓝色荧光体、绿色荧光体、红色荧光体的光源,成为器具。

[0478] 作为蓝色荧光体使用了 BAM 或 SBCA。作为绿色荧光体使用了 BSS、 β -SiAlON、或 BSON。作为黄色荧光体使用了 YAG。作为红色荧光体使用了 CASON 或 SCASN。

[0479] 在试制封装 LED 时,采用了通常执行的方法。具体地讲,在内置有可电导通的金属配线的陶瓷封装上倒装地安装了半导体发光元件(芯片)。接着配置由所使用的荧光体和粘合剂树脂混合成的浆料,作为荧光体层。

[0480] 在准备了封装 LED 之后,使用它们制成 MR16Gu10、MR16Gu5.3 等 LED 灯泡。在该 LED 灯泡中内置驱动用电路,并且还搭载了反射镜、透镜等,制成一种照明器具。另外,还准备了一部分市场上销售的 LED 灯泡。而且,为了实现实验用基准光,还准备了内置有钨丝的白炽灯泡。

[0481] 而且,配置了多个这些 LED 灯泡,制作了用于进行比较视觉实验的照明系统。此处,搭制了能够瞬间切换 3 种灯泡来进行照明的系统。驱动用电源线中的一种专用于具有钨丝的白炽灯泡(实验用基准光),在其后段配置可变变压器,针对 100V 的输入电压,将驱动电压从 110V 升压到 130V,从而使 CCT 变化。另外,驱动用电源线中的其余 2 个系统专用于 LED 灯泡,其中 1 个系统用于实验用伪基准光(LED 光源),剩下的 1 个系统用于试验光。

[0482] [第三步骤的详细内容]

[0483] 作为第三步骤,进行了比较视觉实验,即:对实验用基准光(或实验用伪基准光)和试验光进行切换,让被实验者评价多个观察对象物的色貌。该照明系统设置在暗室中,排除了干扰。另外,关于观察对象物的位置处的照度,改变搭载在照明系统上的实验用基准光(或实验用伪基准光)、试验光的器具数,使得照度大致一致。在照度为约 150lx 到约 5000lx 的范围内进行了实验。

[0484] 以下例示了实际的照明对象物、观察物。此处,考虑了准备紫色、蓝紫色、蓝色、蓝绿色、绿色、黄绿色、黄色、黄红色、红色、紫红色等跨越全部色相的彩色对象物。而且,还准备了白色物、黑色物等非彩色颜色的对象物。准备了具有颜色的照明对象物。另外,准备了静物、鲜花、食品、服装、印刷物等许多种类。另外,在实验中将实验者(日本人)自身的皮

肤也作为观察对象。另外,在以下的一部分物体名称之前标记的颜色名称表示在通常环境下看上去的颜色,不表示精确的颜色。

[0485] 白色陶瓷盘、白色芦笋、白色蘑菇、白色大丁草、白色手帕、白色衬衫、米饭、芝麻盐、盐煎饼

[0486] 紫色鲜花

[0487] 蓝紫布制手帕、蓝色牛仔裤、蓝绿毛巾

[0488] 绿色辣椒、莴苣、圆白菜丝、西兰花、绿橙、绿色苹果

[0489] 黄色香蕉、黄色辣椒、黄绿色柠檬、黄色大丁草、煎蛋

[0490] 橙色橘子、橙色辣椒、胡萝卜

[0491] 红色西红柿、红色苹果、红色辣椒、红色香肠、梅干

[0492] 粉红色领带、粉红大丁草、烤鲑鱼

[0493] 小豆色领带、米色工作服、肉饼、炸猪排、牛蒡、曲奇饼、巧克力

[0494] 花生、木器

[0495] 被实验者(日本人)自身的皮肤

[0496] 报纸、包含白色背景上的黑色文字的彩色印刷物(多彩)、平装书、周刊杂志

[0497] 外壁材料颜色样本(三菱树脂公司制 ALPOLIC 白、蓝、绿、黄色、红)

[0498] 色盘(X-rite 公司制 Color checker classic 包含 18 色的彩色和 6 种非彩色颜色(白 1、灰色 4、黑 1)在内共计 24 色的色卡)

[0499] 另外,色盘中的各个色卡的名称和蒙赛尔表述如下。

[0500]

Name	Munsell		Notation
Dark skin	3.05	YR	3.69/3.20
Light skin	2.2	YR	6.47/4.10
Blue sky	4.3	PB	4.95/5.55
Foliage	6.65	GY	4.19/4.15
Blue flower	9.65	PB	5.47/6.70
Bluish green	2.5	BG	7/6
Orange	5	YR	6/11
Purplish blue	7.5	PB	4/10.7
Moderate red	2.5	R	5/10
Purple	5	P	3/7
Yellow green	5	GY	7.08/9.1
Orange yellow	10	YR	7/10.5
Blue	7.5	PB	2.90/12.75
Green	0.1	G	5.38/9.65
Red	5	R	4/12
Yellow	5	Y	8/11.1
Magenta	2.5	RP	5/12
Cyan	5	B	5/8
White		N	9.5/
Neutral 8		N	8/
Neutral 6.5		N	6.5/
Neutral 5		N	5/
Neutral 3.5		N	3.5/

[0501]

Black	N	2/
-------	---	----

[0502] 另外,在比较视觉实验中使用的各种照明对象物的色貌、与关于计算中使用的 15 种蒙赛尔色卡的色貌的各种数学指标之间存在相关性未必是显而易见的。这要通过视觉实验来明确。

[0503] 视觉实验是按照如下所述的顺序来进行的。

[0504] 按照在照明对象物的位置处测定所准备的实验用基准光、实验用伪基准光、试验光的每个 CCT (基于本发明的照明方法),或者,对所准备的实验用基准光、实验用伪基准光、

试验光在主辐射方向上射出的光进行测定,分别按照每个 CCT (基于本发明的发光装置),进行分类而用于 6 个实验。即,如下所述。

[0505] 【表 1】

实验	CCT范围 (K)	
	A	2500以上 小于2600
	B	2600以上 小于2700
	C	2700以上 小于2900
	D	2900以上 小于3250
	E	3500以上 小于4100
	F	5400以上 小于5700

[0507] 在一个视觉实验中,切换实验用基准光(或者实验用伪基准光)和试验光来对相同对象物进行照明,让被实验者相对地判断哪种光能够实现如在室外看到的那样自然、生动、视觉辨认性高、且舒适的色貌、物体外貌。此时还探寻了优劣的判断理由。

[0508] [第四步骤的详细内容实验结果]

[0509] 在第四步骤中,使用在第二步骤中试制的 LED 光源 / 器具 / 系统,总结了在第三步骤中进行的比较视觉实验的结果。表 2 是与实验 A 对应的结果,表 3 是与实验 B 对应的结果。以下同样,表 7 是与实验 F 对应的结果。在表 2~7 中,关于与基准光对应的试验光的综合评价,以表示相同程度的色貌的“0”为中心,试验光略好一些的评价为“1”,试验光较好的评价为“2”,试验光更好的评价为“3”,试验光非常好的评价为“4”,试验光特别好的评价为“5”。另一方面,试验光略差一些的评价为“-1”,试验光比较不好的评价为“-2”,试验光更加不好的评价为“-3”,试验光非常不好的评价为“-4”,试验光特别不好的评价为“-5”。

[0510] 在第四步骤中,特别是在视觉实验中,与利用实验用基准光或实验用伪基准光来进行照明的情况相比,针对判断为利用试验光进行照明时的照明对象物的色貌良好的情况,尝试从实测光谱中提取试验光共同的光谱分布的辐射测量学特性、测光学特性。即,关于 A_{cg} 、辐射效率 K (lm/W)、CCT (K)、 D_{uv} 等数值,提取了照明对象物的位置(基于本发明的照明方法)、以及从发光装置在主辐射方向上射出的光(基于本发明的发光装置)的特征。同时,关于假设利用计算用基准光来进行照明时的该 15 种色卡的色貌、与假设基于在照明对象物的位置处实测到的试验光光谱分布(基于本发明的照明方法)来进行照明时、或者假设基于对从发光装置在主辐射方向上射出的光进行实测得到的试验光光谱分布(基于本发明的发光装置)来进行照明时的该 15 种色卡的色貌的之间的差,也是将 $|\Delta h_n|$ 、

$$\frac{\sum_{n=1}^{15} \Delta C_n}{15}、$$

[0512] ΔC_n 、 $(\Delta C_{\max} - \Delta C_{\min})$ 作为指标进行了总结。另外,关于 $|\Delta h_n|$ 、 ΔC_n ,虽然其值根据 n 的选择而变化,但是此处示出了最大值和最小值。这些值也一并记载在表 2 至表 7 中。另外,关于照明对象物的色貌,由于被实验者的综合评价结果比较依赖于照明对象物的位置处的试验光(基于本发明的照明方法)、或者从发光装置射出的主辐射方向的试验光(基

于本发明的发光装置)的 D_{uv} 值,因此表 2 至表 7 是按照 D_{uv} 的值降低的顺序来排列的。

[0513] 作为整体,通过本实验,判断出:在 D_{uv} 为适当的值且取负值,并且 $|\Delta h_n|$ 、

$$[0514] \quad \frac{\sum_{n=1}^{15} \Delta C_n}{15}、$$

[0515] ΔC_n 、 $(\Delta C_{\max} - \Delta C_{\min})$ 等处于适当范围时,或者,指标 A_{cg} 等处于适当范围时,利用试验光进行照明的实际观察物的物体外貌、色貌比利用实验用基准光进行照明时更加理想。这对于步骤 1 中“按照当前广为确信的常识的结果”而言,是出乎意料的。

[0516] 【表 2】

[0517]

表2: 实验A的总结 (视觉实验结果和各种指标)

	发光要素	CCT (K)	D _{uv}	$\left \Delta h_v \right $ 最大值	$\left \Delta h_v \right $ 最小值	$\frac{\sum_{n=1}^{15} \Delta C_n}{15}$	ΔC_{max}	ΔC_{min}	$\left \frac{\Delta C_{max}}{\Delta C_{min}} \right $	Acg	辐射效率 (lm/W)	Pa	综合评价
基准光	钨丝白炽灯泡 (110V)	2,589	-0.00023	0.20	0.02	0.07	0.30	-0.10	0.40	18.05	140	100	—
比较 试验光1	紫LED BAM BSS CASON	2,559	-0.00169	6.14	0.01	0.45	3.50	-2.04	5.54	-2.04	240	97	0
试验光1	紫LED SBCA β-SIAION CASON	2,548	-0.00516	8.22	0.20	1.95	9.41	-3.44	12.84	-32.01	235	94	1
试验光2	紫LED SBCA β-SIAION CASON	2,538	-0.01402	6.90	0.00	4.39	13.90	-0.83	14.73	-41.70	229	92	4

[0518] 【表 3】

[0519]

表3：实验B的总结（视觉实验结果和各种指标）

	发光要素	CCT (K)	D _{uv}	$ \Delta h_v $ 最大值	$ \Delta h_v $ 最小值	$\frac{\sum_{n=1}^{15} \Delta C_n}{15}$	ΔC_{mean}	ΔC_{min}	$ \frac{\Delta C_{\text{max}}}{\Delta C_{\text{min}}} $	Avg	辐射效率 (lm/W)	Ra	综合评价
基准光	钨丝白炽灯泡 (120V)	2,679	-0.00010	0.10	0.00	0.03	0.14	-0.05	0.19	3.40	145	100	—
比较 试验光2	紫LED BAM BSS CASON	2,631	-0.00255	6.24	0.00	0.71	4.23	-1.91	6.14	20.42	239	97	0
试验光3	紫LED SBGA β-SiAlON CASON	2,672	-0.00464	7.02	0.08	1.32	6.08	-1.85	7.93	-11.06	236	96	1
试验光4	紫LED SBGA β-SiAlON CASON	2,636	-0.01299	8.32	0.04	3.50	13.41	-2.43	15.83	-63.83	229	95	4
试验光5	紫LED SBGA β-SiAlON CASON	2,668	-0.01803	7.23	0.10	4.68	14.47	-0.67	15.14	-114.08	222	91	5
试验光6	紫LED SBGA β-SiAlON CASON	2,628	-0.02169	7.42	0.40	5.09	16.84	-0.96	17.81	-126.42	216	90	4

[0520] 【表 4】

[0521]

表4：实验C的总结（视觉实验结果和各种指标）

	发光要素	CCT (K)	D _w	$ \Delta h_v $ 最大值	$ \Delta h_v $ 最小值	$\sum_{n=1}^{15} \Delta C_n$ 15	ΔC_{max}	ΔC_{min}	$ \Delta C_{max}$ - $\Delta C_{min} $	A _{cg}	辐射效率 (lm/W)	Ra	综合评价
比较 试验光3	蓝色LED BSON SCASN	2,811	0.01380	9.51	0.29	-6.42	-0.11	-18.50	18.39	142.46	322	91	-4
比较 试验光4	蓝色LED BSON SCASN	2,788	0.00970	5.00	0.51	-3.49	0.05	-11.04	11.10	102.87	309	94	-2
比较 试验光5	市场上销售的LED	2,880	0.00819	5.78	0.29	-3.35	-0.07	-8.02	7.95	211.76	294	92	-2
比较 试验光6	蓝色LED BSON SCASN	2,723	0.00020	1.84	0.00	0.51	3.47	-2.37	5.84	15.58	299	94	0
基准光	钨丝白炽灯泡（130V）	2,749	-0.00017	0.12	0.00	0.04	0.18	-0.08	0.26	16.59	150	100	-
比较 试验光7	紫LED BAM BSS CASON	2,703	-0.00331	6.26	0.08	0.91	4.76	-1.78	6.53	22.48	238	97	0
试验光7	紫LED BAM BSS CASON	2,784	-0.00446	6.30	0.06	1.17	5.46	-1.92	7.37	-13.19	235	96	1
试验光8	紫LED BAM BSS CASON	2,761	-0.00561	7.16	0.07	1.48	6.60	-2.16	8.76	-46.26	232	96	1
试验光9	蓝色LED BSON SCASN	2,751	-0.01060	5.22	0.28	2.79	8.47	-2.02	10.49	-28.57	289	93	3
试验光10	紫LED SBCA β-SiAlON CASON	2,798	-0.01991	6.11	0.06	4.25	13.37	-0.63	14.01	-141.79	221	91	5
试验光11	紫LED SBCA β-SiAlON CASON	2,803	-0.02141	7.56	0.30	4.82	14.26	-0.84	15.10	-176.30	216	90	4
试验光12	蓝色LED BSON SCASN	2,736	-0.02210	4.56	0.07	4.99	12.13	-0.97	13.11	-139.12	257	85	4
试验光13	蓝色LED BSON SCASN	2,718	-0.02840	7.10	0.23	6.36	16.62	0.89	15.72	-174.29	251	84	2
比较 试验光8	蓝色LED BSON SCASN	2,711	-0.03880	7.83	0.84	7.42	20.26	0.49	19.77	-253.28	240	80	-1
比较 试验光9	蓝色LED BSON SCASN	2,759	-0.04270	7.61	0.16	7.86	20.06	1.64	19.03	-228.40	231	77	-2
比较 试验光10	蓝色LED BSON SCASN	2,792	-0.04890	5.92	0.24	7.50	19.12	1.22	17.90	-267.67	227	70	-3

[0522] 【表 5】

[0523]

表5: 实验D的总结 (视觉实验结果和各种指标)

	发光要素	CCT (K)	D _{uv}	$ \Delta h_v $ 最大值	$ \Delta h_v $ 最小值	$\frac{\sum_{n=1}^{15} \Delta C_n}{15}$	ΔC_{max}	ΔC_{min}	$ \frac{\Delta C_{max}}{\Delta C_{min}} $	A _{og}	辐射效率 (lm/W)	Ra	综合评价
比较 试验光11	蓝色LED YAG:CaSON	3,005	0.01411	18.54	0.18	-5.95	4.13	-13.83	17.96	197.80	376	69	-4
伪基准光	紫LED BAM:BSS:CaSON	2,973	0.00064	3.48	0.02	-0.04	1.49	-1.48	2.98	31.87	245	97	—
比较 试验光12	蓝色LED YAG:CaSON	2,911	-0.00667	18.39	0.62	0.82	14.09	-11.10	25.20	61.34	330	72	-2
试验光14	紫LED SBICA:β-SiAlON:CaSON	3,026	-0.00742	3.77	0.18	3.53	6.06	-0.15	6.21	-17.86	281	92	1
比较 试验光13	蓝色LED YAG:CaSON	3,056	-0.01276	16.81	0.95	1.79	16.35	-10.53	26.88	25.24	319	74	-2
试验光15	紫LED SBICA:β-SiAlON:CaSON	2,928	-0.01742	5.87	0.33	4.15	10.17	0.10	10.07	-177.14	216	88	5
比较 试验光14	蓝色LED YAG:CaSON	3,249	-0.01831	15.98	1.15	2.37	17.15	-10.01	27.16	-6.20	310	75	-2
试验光16	紫LED SBICA:β-SiAlON:CaSON	2,992	-0.02498	7.63	0.33	4.86	13.54	-1.11	14.65	-247.50	210	88	3
试验光17	紫LED SBICA:β-SiAlON:CaSON	3,001	-0.02525	7.66	0.34	4.88	13.55	-1.14	14.69	-253.58	209	88	2

[0524] 【表 6】

[0525]

表6: 实验E的总结 (视觉实验结果和各种指标)

	发光要素	CCT (K)	D _{uv}	$\left \Delta h_v \right $ 最大值	$\left \Delta h_v \right $ 最小值	$\frac{\sum_{n=1}^{15} \Delta C_n}{15}$	ΔC_{max}	ΔC_{min}	$\left \frac{\Delta C_{max}}{\Delta C_{min}} \right $	Avg	辐射效率 (lm/W)	Ra	综合评价
伪基准光	SBCA 紫LED β-SiAlON CASON	3,866	0.00006	4.76	0.05	0.52	3.37	-2.13	5.50	-6.84	249	94	—
试验光18	SBCA 紫LED β-SiAlON CASON	3,673	-0.01302	2.86	0.04	2.32	5.16	-0.20	5.36	-82.35	236	93	4
试验光19	SBCA 紫LED β-SiAlON CASON	4,072	-0.01666	1.97	0.10	2.69	4.63	0.60	4.03	-116.16	230	89	5
试验光20	SBCA 紫LED β-SiAlON CASON	3,631	-0.02102	3.29	0.11	3.38	6.72	0.53	6.19	-173.43	223	87	4

[0526] 【表 7】

[0527]

表7：实验中的总结（视觉实验结果和各种指标）

	发光要素	CCT (K)	D _{uv}	$\left \Delta h_{50} \right $ 最大值	$\left \Delta h_{50} \right $ 最小值	$\frac{\sum_{n=1}^{15} \Delta C_n}{15}$	ΔC_{max}	ΔC_{min}	$\left \frac{\Delta C_{\text{max}}}{\Delta C_{\text{min}}} \right $	Δ_{cg}	辐射效率 (lm/W)	Ra	综合评价
比较	紫LED	5,490	0.0073137	5.45	0.03	-0.07	2.20	-2.45	4.65	56.25	255	94	-2
试验光15	SBCA-β-SiAlON CASON												
伪基准光	紫LED	5,451	-0.002917	4.50	0.02	0.07	2.21	-3.05	5.26	94.78	275	96	-
	BAM BSS CASON												
试验光21	紫LED	5,484	-0.005339	3.32	0.02	1.61	3.19	0.03	3.16	-84.44	234	92	1
	SBCA-β-SiAlON CASON												
试验光22	紫LED	5,538	-0.007788	2.95	0.10	1.91	3.94	0.58	3.36	-86.47	231	90	2
	SBCA-β-SiAlON CASON												
试验光23	紫LED	5,661	-0.009925	3.32	0.27	2.17	4.70	0.91	3.80	-114.17	229	88	2
	SBCA-β-SiAlON CASON												
试验光24	紫LED	5,577	-0.012668	3.72	0.08	2.49	5.31	0.95	4.36	-136.35	226	86	4
	SBCA-β-SiAlON CASON												
试验光25	紫LED	5,504	-0.01499	4.05	0.07	2.76	5.79	0.99	4.81	-155.28	224	84	4
	SBCA-β-SiAlON CASON												
试验光26	紫LED	5,531	-0.017505	4.53	0.06	3.04	6.48	0.93	5.55	-173.79	222	82	5
	SBCA-β-SiAlON CASON												
试验光27	紫LED	5,650	-0.020101	5.14	0.13	3.34	7.34	0.79	6.56	-180.73	220	79	4
	SBCA-β-SiAlON CASON												
试验光28	紫LED	5,470	-0.026944	6.06	0.25	4.06	8.68	0.82	7.86	-239.07	214	73	2
	SBCA-β-SiAlON CASON												
试验光29	紫LED	5,577	-0.033351	6.98	0.17	4.73	10.23	0.67	9.56	-322.02	205	66	1
	SBCA-β-SiAlON CASON												
比较	紫LED	5,681	-0.038497	7.53	0.04	5.26	11.36	0.51	10.86	-419.02	194	61	-1
试验光16	SBCA-β-SiAlON CASON												
比较	紫LED	5,509	-0.043665	7.95	0.39	5.74	12.04	0.37	11.66	-486.05	189	56	-2
试验光17	SBCA-β-SiAlON CASON												

[0528] [第四步骤的详细内容考察]

[0529] 以下对实验结果进行考察。另外，有时将表中的试验光和比较试验光统称为“试验光”。

[0530] 1) 试验光的 D_{uv}比实验用基准光(或实验用伪基准光) 更靠正侧的情况

[0531] 在表 4、表 5、表 7 中,包含了试验光的 D_{uv} 比实验用基准光(或实验用伪基准光)更靠正侧的结果。由此可知,试验光的 D_{uv} 越靠正侧,被实验者针对照明对象物的色貌和物体外貌,越判断为不理想。具体情况如下。

[0532] 关于所照明的白色物的外貌, D_{uv} 越靠正侧看起来越发黄色(绿色),被实验者越判断为不适感更大。关于所照明的色盘的灰色部分的外貌,被实验者判断为更难以辨认亮度差。而且,被实验者指出,所照明的印刷物的文字也更难看清。而且,关于所照明的各种彩色颜色的色貌,与利用实验用基准光(或实验用伪基准光)进行照明时相比,被实验者判断为:试验光的 D_{uv} 越靠正侧,看起来越不自然,而且暗淡。被实验者指出:感觉所照明的各种外壁材料颜色样本与在室外看到的色貌明显不同,自身的肤色看起来也不自然、不健康。另外,被实验者还指出:同种相似颜色的鲜花花瓣的色差与利用实验用基准光进行照明时相比,难以辨别、很难看清轮廓。

[0533] 而且可知:这些结果基本与表 4、表 5、表 7 中记载的试验光的 CCT 无关,并且,也基本与发光装置的发光要素(发光材料)的构成无关。

[0534] 由于试验光的 D_{uv} 越靠正侧,作为整体的趋势, R_a 下降得越多,因此可以说这些结果中的一些属于能够根据步骤 1 的详细数学研究预料到的范围。

[0535] 2) 试验光的 D_{uv} 比实验用基准光(或实验用伪基准光)更靠负侧的情况

[0536] 在表 2 至表 7 的所有表中,都包含了试验光的 D_{uv} 比实验用基准光(或实验用伪基准光)更靠负侧的结果。由此可知,如果试验光的 D_{uv} 处于适当范围且为负、而且表中的各种指标进入到适当范围,则关于照明对象物的色貌和物体外貌,被实验者判断为略好、较好、更好、非常好、以及特别好。另一方面,还可知,在试验光的 D_{uv} 处于同样范围且为负,但表中的各种指标未进入适当范围的情况下,如表 5 所示,判断为由试验光实现的色貌和物体外貌不好。

[0537] 此处,完全没有预料到的是,在试验光的 D_{uv} 处于适当范围且为负、而且表中的各种指标处于适当范围内的情况下,利用试验光进行照明时的对象物的色貌与利用实验用基准光(或实验用伪基准光)进行照明时的色貌相比,成为自然且理想的色貌、以及理想的物体外貌。被实验者所指出的特征的详细情况如下。

[0538] 关于白色物,被实验者判断为:在试验光的 D_{uv} 处于适当范围且为负、而且表中的各种指标处于适当范围内的情况下,与利用实验用基准光(或实验用伪基准光)进行照明时相比,黄色(绿色)减少,看起来略白、看起来较白、看起来更白、看起来非常白、以及看起来特别白。并且指出,随着接近最佳范围,成为更自然且更良好的色貌。这是完全出乎意料的结果。

[0539] 而且,关于色盘的灰色部分,被实验者判断为:在试验光的 D_{uv} 处于适当范围且为负、而且表中的各种指标处于适当范围内的情况下,与利用实验用基准光(或实验用伪基准光)进行照明时相比,各自的亮度差看起来略微增大、看起来增加得较大、看起来增加得更大、看起来增加得非常、看起来增加得特别大。而且被实验者指出,随着接近最佳范围,成为更自然且视觉辨认性更高的色貌。这是完全出乎意料的结果。

[0540] 而且,关于各个非彩色色卡的轮廓,被实验者判断为:在试验光的 D_{uv} 处于适当范围且为负、而且表中的各种指标处于适当范围内的情况下,与利用实验用基准光(或实验用伪基准光)进行照明时相比,看起来略清楚、看起来比较清楚、看起来更清楚、看起来非常清

楚、看起来特别清楚。而且被实验者指出,随着接近最佳范围,成为更自然且视觉辨认性更高的色貌。这是完全出乎意料的结果。

[0541] 而且,关于印刷物的文字,被实验者判断为:在试验光的 D_{uv} 处于适当范围且为负、而且表中的各种指标处于适当范围内的情况下,与利用实验用基准光(或实验用伪基准光)进行照明时相比,略容易看清、比较容易看清、更容易看清、非常容易看清、特别容易看清。而且被实验者指出,随着接近最佳范围,成为更自然且视觉辨认性更高的文字的色貌。这是完全出乎意料的结果。

[0542] 而且,关于各种彩色的照明对象物的色貌,被实验者判断为:在试验光的 D_{uv} 处于适当范围且为负、而且表中的各种指标处于适当范围内的情况下,与利用实验用基准光(或实验用伪基准光)进行照明时相比,是稍显自然的鲜艳、比较自然的鲜艳、更加自然的鲜艳、非常自然的鲜艳、以及特别自然的鲜艳。而且被实验者指出,随着接近最佳范围,成为更自然且理想的色貌。这是完全出乎意料的结果。

[0543] 而且,关于各种外壁材料颜色样本的色貌,被实验者判断为:在试验光的 D_{uv} 处于适当范围且为负、而且表中的各种指标处于适当范围内的情况下,与利用实验用基准光(或实验用伪基准光)进行照明时相比,与在室外看到时的记忆略接近、比较接近、更加接近、非常接近、以及特别接近。而且被实验者指出,随着接近最佳范围,成为更自然、且与室外看到的记忆接近的理想色貌。这是完全出乎意料的结果。

[0544] 而且,关于被实验者自身(日本人)的皮肤的色貌,被实验者判断为:在试验光的 D_{uv} 处于适当范围且为负、而且表中的各种指标处于适当范围内的情况下,与利用实验用基准光(或实验用伪基准光)进行照明时相比,看起来略显自然、看起来比较自然、看起来更加自然、看起来非常自然、以及看起来特别自然。而且被实验者指出,随着接近最佳范围,成为更自然、且健康的理想色貌。这是完全出乎意料的结果。

[0545] 而且,关于同种相似颜色的鲜花花瓣的色差,被实验者判断为:在试验光的 D_{uv} 处于适当范围且为负、而且表中的各种指标处于适当范围内的情况下,与利用实验用基准光(或实验用伪基准光)进行照明时相比,略容易辨别、比较容易辨别、更加容易辨别、非常容易辨别、以及特别容易辨别。而且被实验者指出, D_{uv} 越比实验范围内的适当上限更靠负侧,越容易辨别。这是完全出乎意料的结果。

[0546] 而且,关于各种照明对象物,被实验者判断为:在试验光的 D_{uv} 处于适当范围且为负、而且表中的各种指标处于适当范围内的情况下,与利用实验用基准光(或实验用伪基准光)进行照明时相比,略微清楚地看到轮廓、比较清楚地看到轮廓、更加清楚地看到轮廓、非常清楚地看到轮廓、以及特别清楚地看到轮廓。而且被实验者指出, D_{uv} 越比实验范围内的适当上限更靠负侧,越能清楚地看到轮廓。这是完全出乎意料的结果。

[0547] 即使从试验光的 D_{uv} 越靠负侧、作为整体趋势 R_a 下降得越多的情况看,也可以说这些结果是在步骤 1 的详细数学研究中完全预想不到的。如表 2 至表 7 所示,当只关注 R_a 的值时,尽管也存在有多个 R_a 为 95 以上的试验光,但是,例如综合地讲,被视为“特别良好”的试验光的 R_a 为 82 至 91 左右。另外,此次的比较视觉实验是超越了在 ANSI C78.377-2008 中记载的 D_{uv} 的范围而进行的。由此可以说,基于上述结果,创新地发现了在当前常识的推荐色度范围以外,存在与所照明的物体的色貌有关的感觉良好区域。

[0548] 另外,在本发明的第一实施方式的照明方法中,为了得到如上所述的感觉,除了 D_{uv}

以外,还需要使得表 2 至表 7 中记载的各种指标、即 $|\Delta h_n|$ 、

$$[0549] \quad \frac{\sum_{n=1}^{15} \Delta C_n}{15}$$

[0550] ΔC_n 、 $(\Delta C_{\max} - \Delta C_{\min})$ 处于适当范围。并且了解到,优选的是指标 A_{cg} 、辐射效率 K (lm/W) 处于适当范围。

[0551] 特别是,当根据视觉实验中判断为良好的试验光的结果来考虑 $|\Delta h_n|$ 、

$$[0552] \quad \frac{\sum_{n=1}^{15} \Delta C_n}{15}$$

[0553] ΔC_n 、 $(\Delta C_{\max} - \Delta C_{\min})$ 的特性时,可知存在以下趋势。即,对于实现了良好的色貌、物体外貌的试验光,关于假设利用计算用基准光进行照明时的该 15 种色卡的色貌、和假设基于实测的试验光光谱分布进行照明时的该 15 种色卡的色貌,具有以下特性。

[0554] 由试验光实现的照明和由计算用基准光实现的照明中的该 15 种色卡的色相角差 ($|\Delta h_n|$) 比较小,而且由试验光实现的照明的该 15 种色卡的平均饱和度

$$[0555] \quad \frac{\sum_{n=1}^{15} \Delta C_n}{15}$$

[0556] 与由计算用基准光实现的照明的该 15 种色卡的平均饱和度相比,在适当的范围内得到提高。而且,不仅是该平均值,即使是单独地观察 15 种色卡的饱和度 (ΔC_n),由试验光实现的照明的该 15 种色卡的各 ΔC_n 与由计算用基准光实现的照明的该 15 种色卡的各 ΔC_n 相比,既不会极端地下降也不会极端地提高,全部都处于适当范围内,其结果是,最大最小饱和度差之间的差 ($\Delta C_{\max} - \Delta C_{\min}$) 在适当范围内缩小。而且,简略地说,可以推测出如下情况是比较理想的,即:对于该 15 种色卡而言,与假设利用基准光进行照明的情况相比,在假设利用试验光进行照明的情况下,在该 15 种色卡所有的色相中,色相角差变小,而且在适当的范围内 15 种色卡的饱和度比较均匀地提高。

[0557] 图 35 的实线是在表 3 中作为综合判断而判断为“特别好”的试验光 5 的归一化试验光光谱分布。另外,该图中虚线是根据该试验光的 CCT 算出的计算用基准光(黑体辐射的光)的归一化光谱分布。另一方面,图 36 是假设利用该试验光 5 进行照明时(实线)、和假设利用计算用基准光(黑体辐射的光)进行照明时(虚线)、与该 15 种色卡的色貌有关的 CIELAB 绘制图。另外,虽然纸面垂直方向为亮度,但是此处为了便于理解而仅绘制了 a^* 、 b^* 轴。

[0558] 此外,图 37 和图 38 是与上述同样地总结了表 5 中作为综合判断而判断为“特别好”的试验光 15 的结果的图,图 39 和图 40 是与上述同样地总结了表 6 中作为综合判断而判断为“特别好”的试验光 19 的结果的图。

[0559] 由此可知:在视觉实验中成为理想的色貌、物体外貌时,与假设利用与该 15 种色

卡对应的基准光进行照明时相比,在假设利用试验光进行照明时,在该 15 种色卡所有的色相中,色相角差较小、且在适当的范围内 15 种色卡的饱和度比较均匀地提高。另外,由该观点还可知,4000K 附近的 CCT 是优选的。

[0560] 另一方面,在 D_{uv} 处于适当范围内且具有负值的情况下,例如对于表 5 中 $D_{uv} = -0.0183$ 的比较试验光 14,在视觉实验中判断为由试验光实现的色貌不好。认为这是因为 $|\Delta h_n|$ 、

$$[0561] \quad \frac{\sum_{n=1}^{15} \Delta C_n}{15}$$

[0562] ΔC_n 、 $(\Delta C_{\max} - \Delta C_{\min})$ 的特性中的一些不合适。图 41、图 42 是针对比较试验光 14,与图 35、图 36 等同样地绘制了与归一化光谱分布和 15 种色卡的色貌有关的 CIELAB 制图的结果。从这些图也可以清楚地看出,对于该 15 种色卡而言,对假设利用基准光进行照明的情况与假设利用试验光进行照明的情况进行比较可知,在该 15 种色卡的一些色相中,色相角差大,并且,15 种色卡的饱和度非常不均匀地变化。

[0563] 根据视觉实验结果和考察可知,各个定量指标优选为以下范围。

[0564] 本发明的第一实施方式的照明方法中的 D_{uv} 为 -0.0040 以下,略优选为 -0.0042 以下,比较优选为 -0.0070 以下,更优选为 -0.0100 以下,非常优选为 -0.0120 以下,特别优选为 -0.0160 以下。

[0565] 另外,本发明的第一实施方式的照明方法中的 D_{uv} 为 -0.0350 以上,略优选为 -0.0340 以上,比较优选为 -0.0290 以上,更优选为 -0.0250 以上,非常优选为 -0.0230 以上,特别优选为 -0.0200 以上。

[0566] 本发明的第一实施方式的照明方法中的 $|\Delta h_n|$ 为 9.0 以下,非常优选为 8.4 以下,特别优选为 7.3 以下。另外,认为 $|\Delta h_n|$ 更小的话会更理想,认为 6.0 以下更加格外的理想, 5.0 以下进一步格外的理想, 4.0 以下特别格外的理想。

[0567] 另外,本发明的第一实施方式的照明方法中的 $|\Delta h_n|$ 为 0 以上,视觉实验时的最小值为 0.0029 。而且,在视觉实验中实际进行了使用试验光的研究,位于该研究中的理想实验结果内侧的 $|\Delta h_n|$ 的优选范围为 8.3 以下、 0.003 以上。

[0568] 本发明的第一实施方式的照明方法中的

$$[0569] \quad \frac{\sum_{n=1}^{15} \Delta C_n}{15}$$

[0570] 为 1.0 以上,略优选为 1.1 以上,比较优选为 1.9 以上,非常优选为 2.3 以上,特别优选为 2.6 以上。

[0571] 并且为 7.0 以下,比较优选为 6.4 以下,非常优选为 5.1 以下,特别优选为 4.7 以下。

[0572] 另外,在视觉实验中实际进行了使用试验光的研究,位于该研究中的理想实验结果内侧的上述指标的优选范围为 1.2 以上、 6.3 以下。

[0573] 本发明的第一实施方式的照明方法中的 ΔC_n 为 -3.8 以上, 略优选为 -3.5 以上, 非常优选为 -2.5 以上, 特别优选为 -0.7 以上。

[0574] 另外, 本发明的第一实施方式的照明方法中的 ΔC_n 为 18.6 以下, 非常优选为 17.0 以下, 特别优选为 15.0 以下。而且, 在视觉实验中实际进行了使用试验光的研究, 位于该研究中的理想实验结果内侧的 ΔC_n 的优选范围为 -3.4 以上、16.8 以下。

[0575] 虽然本发明的第一实施方式的照明方法中的 $(\Delta C_{\max} - \Delta C_{\min})$ 为 19.6 以下, 但是非常优选的是 17.9 以下, 特别优选为 15.2 以下。此外, 认为 $(\Delta C_{\max} - \Delta C_{\min})$ 越小会更理想, 14.0 以下进一步格外的理想, 13.0 以下非常格外的理想。

[0576] 另外, 本发明的第一实施方式的照明方法中的 $(\Delta C_{\max} - \Delta C_{\min})$ 为 2.8 以上, 视觉实验时的最小值为 3.16。而且, 在视觉实验中实际进行了使用试验光的研究, 位于该研究中的理想实验结果内侧的 $(\Delta C_{\max} - \Delta C_{\min})$ 的优选范围为 3.2 以上、17.8 以下。

[0577] 另一方面, 使用表 2 至表 7, 尝试用试验光光谱分布所具有的辐射测量学特性和测光学特性来代表视觉实验中综合判断为特性理想的试验光所附带的特性。

[0578] 此时也如至此为止考察的那样, D_{uv} 值为 -0.0040 以下, 略优选为 -0.0042 以下, 比较优选为 -0.0070 以下, 更优选为 -0.0100 以下, 非常优选为 -0.0120 以下, 特别优选为 -0.0160 以下。

[0579] 另外, 本发明中的 D_{uv} 为 -0.0350 以上, 略优选为 -0.0340 以上, 比较优选为 -0.0290 以上, 更优选为 -0.0250 以上, 非常优选为 -0.0230 以上, 特别优选为 -0.0200 以上。

[0580] 另一方面, 指标 A_{cg} 的情况如下。

[0581] 根据表 2 至表 7 的结果, 本发明的第一实施方式的照明方法的合适的光谱分布是 A_{cg} 为 -10 以下且 -360 以上。精确的定义已在前面叙述, 但是其物理学上的大致含义、透彻的解释如下。 A_{cg} 在适当范围内取负的值含义是指: 在归一化试验光光谱分布中存在适当的凹凸, 在从 380nm 到 495nm 之间的短波长区域中, 存在归一化试验光光谱分布的辐射通量强度比数学上的归一化基准光光谱分布强的趋势, 并且 / 或者, 在从 495nm 到 590nm 的中间波长区域中, 存在归一化试验光光谱分布的辐射通量强度比数学上的归一化基准光光谱分布弱的趋势, 并且 / 或者, 在从 590nm 到 $\lambda 4$ 的长波长区域中, 存在归一化试验光光谱分布的辐射通量强度比数学上的归一化基准光光谱分布强的趋势。由于 A_{cg} 是短波长区域、中间波长区域、长波长区域中的各个要素的合计, 因此各个独立的要素未必为上述趋势。在此基础上, 可以理解为, 在将 A_{cg} 定量为 -10 以下 -360 以上时, 成为良好的色貌、良好的物体外貌。

[0582] 本发明的第一实施方式的照明方法中的 A_{cg} 适合为 -10 以下, 略优选为 -11, 更优选为 -28 以下, 非常优选为 -41 以下, 特别优选为 -114 以下。

[0583] 另外, 在本发明的第一实施方式的照明方法中, A_{cg} 适合为 -360 以上, 略优选为 -330 以上, 比较优选为 -260 以上, 非常优选为 -181 以上, 特别优选为 -178 以上。

[0584] 另外, 在视觉实验中实际进行了使用试验光的研究, 位于该研究中的理想实验结果内侧的 A_{cg} 的优选范围为 -322 以上、-12 以下。

[0585] 此外, 虽然本发明的第一实施方式的目的在于实现色貌良好且效率高的试验光, 但是关于辐射效率 K 的情况如下。

[0586] 由本发明的第一实施方式的照明方法实现的光谱分布所具有的辐射效率适合为 180 (lm/W) 到 320 (lm/W) 的范围,比通常白炽灯泡等的值即 150 (lm/W) 最少提高了 20% 以上。这是因为含有来自半导体发光元件的辐射和来自荧光体的辐射,且在与 $V(\lambda)$ 之间的关系中,在光谱分布的适当位置处存在适当的凹凸。从与此同时地实现良好色貌的方面考虑,本发明的照明方法的辐射效率优选为以下范围。

[0587] 本发明的第一实施方式的照明方法的辐射效率 K 适合为 180 (lm/W) 以上,略优选为 205 (lm/W) 以上,比较优选为 208 (lm/W) 以上,非常优选为 215 (lm/W) 以上。另一方面,虽然理想地讲辐射效率 K 越高越好,但是在本发明中,适合的是 320 (lm/W) 以下,从与色貌之间的平衡考虑,略优选为 282 (lm/W) 以下,比较优选为 232 (lm/W) 以下,特别优选为 231 (lm/W) 以下。

[0588] 另外,在视觉实验中实际进行了使用试验光的研究,位于该研究中的理想实验结果内侧的 K 的优选范围为 206 (lm/W) 以上、288 (lm/W) 以下。

[0589] 此外,关于本发明的第一实施方式的照明方法中的 CCT,了解到如下情况。根据比较视觉实验,为了使得被判断为理想的各种指标、即 $|\Delta h_n|$ 、

$$[0590] \quad \frac{\sum_{n=1}^{15} \Delta C_n}{15}$$

[0591] ΔC_n 、 $(\Delta C_{\max} - \Delta C_{\min})$ 成为更恰当的值,在本发明的照明方法中, CCT 优选取接近 4000K 的值。这是因为,对于 4000K 附近的光,即使观察基准光,其光谱分布也基本与波长无关而能量恒定,能够实现相对于基准光容易形成凹凸的试验光光谱分布。换言之,即使与其他 CCT 的情况相比,也能在 $|h_n|$ 和 $(\Delta C_{\max} - \Delta C_{\min})$ 保持比较小的状态下,使得

$$[0592] \quad \frac{\sum_{n=1}^{15} \Delta C_n}{15}$$

[0593] 增加,能够将与大多数色卡对应的 ΔC_n 容易地控制为期望值。

[0594] 由此,本发明的第一实施方式的照明方法中的 CCT 略优选为 1800K 到 15000K,比较优选为 2000K 到 10000K,更优选为 2300K 到 7000K,非常优选为 2600K 到 6600K,特别优选为 2900K 到 5800K,最优选为 3400K 到 5100K。

[0595] 另外,在视觉实验中实际进行了使用试验光的研究,位于该研究中的理想实验结果内侧的 CCT 的优选的范围为 2550 (K) 以上、5650 (K) 以下。

[0596] 另一方面,在本发明的第二实施方式的发光装置中,为了得到如上所述的感觉,除了 D_{uv} 以外,表 2 至表 7 中记载的指标 A_{cg} 也需要处于适当范围。并且了解到:优选的是各种指标、即辐射效率 K (lm/W)、 $|\Delta h_n|$ 、

$$[0597] \quad \frac{\sum_{n=1}^{15} \Delta C_n}{15}$$

[0598] ΔC_n 、 $(\Delta C_{\max} - \Delta C_{\min})$ 处于适当范围。

[0599] 第一,根据视觉实验中被判断为良好的试验光的结果可知,关于 D_{uv} 和指标 A_{cg} 的情况如下。

[0600] 首先, D_{uv} 值为 -0.0040 以下,略优选为 -0.0042 以下,比较优选为 -0.0070 以下,更优选为 -0.0100 以下,非常优选为 -0.0120 以下,特别优选为 -0.0160 以下。

[0601] 另外,本发明中的 D_{uv} 为 -0.0350 以上,略优选为 -0.0340 以上,比较优选为 -0.0290 以上,更优选为 -0.0250 以上,非常优选为 -0.0230 以上,特别优选为 -0.0200 以上。

[0602] 而且,根据表 2 至表 7 的结果,在本发明的第二实施方式的发光装置中,关于光谱分布, A_{cg} 为 -10 以下且 -360 以上。虽然精确的定义已经在上面叙述,但是其物理学上的大致含义、透彻的解释如下。 A_{cg} 在适当范围内取负值的含义是指:在归一化试验光光谱分布中存在适当的凹凸,在 380nm 到 495nm 之间的短波长区域中,存在归一化试验光光谱分布的辐射通量强度比数学上的归一化基准光光谱分布强的趋势,并且 / 或者,在从 495nm 到 590nm 的中间波长区域中,存在归一化试验光光谱分布的辐射通量强度比数学上的归一化基准光光谱分布弱的趋势,并且 / 或者,在从 590nm 到 $\lambda 4$ 的长波长区域中,存在归一化试验光光谱分布的辐射通量强度比数学上的归一化基准光光谱分布强的趋势。在此基础上,可以理解为:在将 A_{cg} 定量为 -10 以下 -360 以上的情况下,成为良好的色貌、良好的物体外貌。

[0603] 根据从本发明的第二实施方式的发光装置在主辐射方向上射出的光的光谱分布导出的 A_{cg} 为 -10 以下,略优选为 -11 以下,更优选为 -28 以下,非常优选为 -41 以下,特别优选为 -114 以下。

[0604] 另外,根据从本发明的第二实施方式的发光装置在主辐射方向上射出的光的光谱分布导出的 A_{cg} 为 -360 以上,略优选为 -330 以上,比较优选为 -260 以上,非常优选为 -181 以上,特别优选为 -178 以上。

[0605] 另外,在视觉实验中实际进行了使用试验光的研究,位于该研究中的理想实验结果内侧的 A_{cg} 的优选范围为 -322 以上、 -12 以下。

[0606] 第二,虽然本发明的目的在于实现色貌良好且效率高的试验光,但是关于辐射效率 K 的情况如下。

[0607] 本发明的第二实施方式的发光装置的光谱分布所具有的辐射效率适合为 $180(1\text{m}/\text{W})$ 到 $320(1\text{m}/\text{W})$ 的范围,比通常的白炽灯泡等的值即 $150(1\text{m}/\text{W})$ 最少提高了 20% 以上。这是因为含有来自半导体发光元件的辐射和来自荧光体的辐射,且在与 $V(\lambda)$ 之间的关系中,在光谱分布的适当位置处存在适当的凹凸。从与此同时地实现良好色貌的方面考虑,根据从本发明的第二实施方式的发光装置在主辐射方向上射出的光所具有的光谱分布求出的辐射效率优选为以下范围。

[0608] 本发明的第二实施方式的发光装置的辐射效率 K 适合为 $180(1\text{m}/\text{W})$ 以上,略优选为 $205(1\text{m}/\text{W})$ 以上,比较优选为 $208(1\text{m}/\text{W})$ 以上,非常优选为 $215(1\text{m}/\text{W})$ 以上。另一方面,虽然理想地讲辐射效率 K 越高越好,但是在本发明中,适合的是 $320(1\text{m}/\text{W})$ 以下,从与色貌之间的平衡考虑,略优选为 $282(1\text{m}/\text{W})$ 以下,比较优选为 $232(1\text{m}/\text{W})$ 以下,特别优选为 $231(1\text{m}/\text{W})$ 以下。

[0609] 另外,在视觉实验中实际进行了使用试验光的研究,位于该研究中的理想实验结

果内侧的 K 的优选范围为 206 (1m/W) 以上、288 (1m/W) 以下。

[0610] 第三, 当考虑 $|\Delta h_n|$ 、

$$[0611] \quad \frac{\sum_{n=1}^{15} \Delta C_n}{15}$$

[0612] ΔC_n 、 $(\Delta C_{\max} - \Delta C_{\min})$ 的特性时, 可知存在以下趋势。即, 关于实现了良好的色貌、物体外貌的试验光, 对于假设利用计算用基准光进行照明时的该 15 种色卡的色貌、和假设利用实测的试验光光谱分布进行照明时的该 15 种色卡的色貌, 具有以下特性。

[0613] 由试验光实现的照明和由计算用基准光实现的照明的该 15 种色卡的色相角差 ($|\Delta h_n|$) 比较小, 且由试验光实现的照明的该 15 种色卡的平均饱和度

$$[0614] \quad \frac{\sum_{n=1}^{15} \Delta C_n}{15}$$

[0615] 与由计算用基准光实现的照明的该 15 种色卡的平均饱和度相比, 在适当的范围内提高。而且, 不仅是该平均值, 即使单独地观察 15 种色卡的饱和度 (ΔC_n), 由试验光实现的照明的该 15 种色卡的各 ΔC_n 与由计算用基准光实现的照明的该 15 种色卡的各 ΔC_n 相比, 既不会极端地下降也不会极端地提高, 全部都处于适当范围内, 其结果是, 最大最小饱和度差之间的差 ($\Delta C_{\max} - \Delta C_{\min}$) 在适当范围内缩小。而且, 简略地说, 可以推测出如下情况是比较理想的, 即: 对于该 15 种色卡而言, 与假设利用基准光进行照明的情况相比, 在假设利用试验光进行照明的情况下, 在该 15 种色卡所有的色相中, 色相角差变小, 而且在适当的范围内 15 种色卡的饱和度比较均匀地提高。

[0616] 图 35 的实线是在表 3 中作为综合判断而判断为“特别好”的试验光 5 的归一化试验光光谱分布。另外, 该图中虚线是根据该试验光的 CCT 算出的计算用基准光(黑体辐射的光)的归一化光谱分布。另一方面, 图 36 是假设利用该试验光 5 进行照明时(实线)、和假设利用计算用基准光(黑体辐射的光)进行照明时(虚线)、与该 15 种色卡的色貌有关的 CIELAB 绘制图。另外, 虽然纸面垂直方向为亮度, 但是此处为了便于理解而仅绘制了 a^* , b^* 轴。

[0617] 此外, 图 37 和图 38 是与上述同样地总结了表 5 中作为综合判断而判断为“特别好”的试验光 15 的结果的图, 图 39 和图 40 是与上述同样地总结了表 6 中作为综合判断而判断为“特别好”的试验光 19 的结果的图。

[0618] 由此可知: 在视觉实验中成为理想的色貌、物体外貌时, 与假设利用与该 15 种色卡对应的基准光进行照明时相比, 在假设利用试验光进行照明时, 在该 15 种色卡所有的色相中, 色相角差较小、且在适当的范围内 15 种色卡的饱和度比较均匀地提高。另外, 由该观点还可知, 4000K 附近的 CCT 是优选的。

[0619] 另一方面, 即使在 D_{uv} 处于适当范围内且具有负值的情况下, 例如对于表 5 中的 $D_{uv} = -0.01831$ 的比较试验光 14, 在视觉实验中也判断为由试验光实现的色貌不理想。这是因为指标 A_{cg} 的特性不合适。图 41、图 42 是针对比较试验光 14, 与图 35、图 36 等同样地

绘制了与归一化光谱分布和 15 种色卡的色貌有关的 CIELAB 图的结果。根据这些图中也可以清楚地看出,对于该 15 种色卡,对假设利用基准光进行照明时、与假设利用试验光进行照明时进行比较可知,在该 15 种色卡的一些色相中,色相角差大,并且,15 种色卡的饱和度非常不均匀地变化。

[0620] 根据视觉实验结果和考察可知,各个定量指标优先为以下范围。

[0621] 本发明的第二实施方式的发光装置中的 D_{uv} 如上所述为 -0.0040 以下,略优选为 -0.0042 以下,比较优选为 -0.0070 以下,更优选为 -0.0100 以下,非常优选为 -0.0120 以下,特别优选为 -0.0160 以下。

[0622] 另外,本发明的第二实施方式的发光装置中的 D_{uv} 为 -0.0350 以上,略优选为 -0.0340 以上,比较优选为 -0.0290 以上,更优选为 -0.0250 以上,非常优选为 -0.0230 以上,特别优选为 -0.0200 以上。

[0623] 本发明的第二实施方式的发光装置中的 $|\Delta h_n|$ 适合为 9.0 以下,非常优选为 8.4 以下,特别优选为 7.3 以下。另外,认为 $|\Delta h_n|$ 更小的话会更理想, 6.0 以下更加格外的理想, 5.0 以下进一步格外的理想, 4.0 以下特别格外的理想。

[0624] 另外,本发明的第二实施方式的发光装置中的 $|\Delta h_n|$ 适合为 0 以上,视觉实验时的最小值为 0.0029 。而且,在视觉实验中实际进行了使用试验光的研究,位于该研究中的理想实验结果内侧的 $|\Delta h_n|$ 的优选范围是 8.3 以下、 0.003 以上。

[0625] 本发明的第二实施方式的发光装置中的

$$\frac{\sum_{n=1}^{15} \Delta C_n}{15}$$

[0627] 适合为 1.0 以上,略优选为 1.1 以上,比较优选为 1.9 以上,非常优选为 2.3 以上,特别优选为 2.6 以上。

[0628] 另外,适合为 7.0 以下,优选为 6.4 以下,非常优选为 5.1 以下,特别优选为 4.7 以下。

[0629] 另外,在视觉实验中实际进行了使用试验光的研究,位于该研究中的理想实验结果内侧的上述指标的优选范围为 1.2 以上、 6.3 以下。

[0630] 本发明的第二实施方式的发光装置中的 ΔC_n 适合为 -3.8 以上,略优选为 -3.5 以上,非常优选为 -2.5 以上,特别优选为 -0.7 以上。

[0631] 另外,本发明的第二实施方式的发光装置中的 ΔC_n 适合为 18.6 以下,非常优选为 17.0 以下,特别优选为 15.0 以下。

[0632] 另外,在视觉实验中实际进行了使用试验光的研究,位于该研究中的理想实验结果内侧的 ΔC_n 的优选范围为 -3.4 以上、 16.8 以下。

[0633] 本发明的第二实施方式的发光装置中的 $(\Delta C_{\max} - \Delta C_{\min})$ 适合为 19.6 以下,非常优选为 17.9 以下,特别优选为 15.2 以下。此外,认为 $(\Delta C_{\max} - \Delta C_{\min})$ 越小会更理想, 14.0 以下进一步格外的理想, 13.0 以下非常格外的理想。

[0634] 另外,本发明的第二实施方式的发光装置中的 $(\Delta C_{\max} - \Delta C_{\min})$ 适合为 2.8 以上,视觉实验时的最小值为 3.16 。而且,在视觉实验中实际进行了使用试验光的研究,位于该研究

中的理想实验结果内侧的 $(\Delta C_{\max} - \Delta C_{\min})$ 的优选范围为 3.2 以上、17.8 以下。

[0635] 第四,关于本发明的第二实施方式的发光装置中的 CCT,了解到如下情况。根据比较视觉实验,为了使得被判断为理想的各种指标、即 $|\Delta h_n|$ 、

$$[0636] \quad \frac{\sum_{n=1}^{15} \Delta C_n}{15}$$

[0637] ΔC_n 、 $(\Delta C_{\max} - \Delta C_{\min})$ 成为更恰当的值,在本发明的第二实施方式的发光装置中, CCT 优选取接近 4000K 的值。这是因为,对于 4000K 附近的光,即使观察基准光,其光谱分布也基本与波长无光而能量恒定,能够实现相对于基准光容易形成凹凸的试验光光谱分布。换言之,即使与其他的 CCT 的情况相比,也能在 $|\Delta h_n|$ 和 $(\Delta C_{\max} - \Delta C_{\min})$ 保持比较小的状态下,使得

$$[0638] \quad \frac{\sum_{n=1}^{15} \Delta C_n}{15}$$

[0639] 增加,能够将与大多数的色卡对应的 ΔC_n 容易地控制为期望值。

[0640] 由此,本发明的第二实施方式的发光装置中的 CCT 略优选为 1800K 到 15000K,比较优选为 2000K 到 10000K,更优选为 2300K 到 7000K,非常优选为 2600K 到 6600K,特别优选为 2900K 到 5800K,最优选为 3400K 到 5100K。

[0641] 另外,在视觉实验中实际进行了使用试验光的研究,位于该研究中的理想实验结果内侧的 CCT 的优选范围为 2550 (K) 以上、5650 (K) 以下。

[0642] 以下对用于实施本发明的照明方法和发光装置的优选实施方式进行说明,但是用于实施本发明的照明方法和发光装置的方式不限于以下说明中使用的方式。

[0643] 关于本发明的照明方法,只要对照明对象物照射的产生颜色刺激的试验光的测光学特性处于适当的范围,并且假设利用计算用基准光进行照明时的该 15 种色卡的色貌与假设基于实测的试验光光谱分布进行照明时的该 15 种色卡的色貌的差处于适当的范围,就对发光装置的结构、材料等没有限制。

[0644] 关于本发明的发光装置,只要从发光装置向主辐射方向射出的对照明对象物产生颜色刺激的试验光的辐射测量学特性、测光学特性处于适当的范围,就对发光装置的结构、材料等没有限制。

[0645] 用于实施本发明的照明方法或发光装置的照明光源、包含该照明光源的照明器具、包含该照明光源或照明器具的照明系统等发光装置包含至少一个作为发光要素的半导体发光元件。包含半导体发光元件的照明光源例如可以将蓝色、绿色、红色这些种类不同的多个半导体发光元件内置在一个照明光源中,并且,也可以在一个照明光源中包含蓝色半导体发光元件,在不同的一个照明光源中包含绿色半导体发光元件,而且在不同的另一个照明光源中包含红色半导体发光元件,在照明器具中将它们与透镜、反射镜、驱动电路等构成为一体来提供到照明系统中。而且,在一个照明器具中存在一个照明光源,并且在其中内置有单体的半导体发光元件的情况下,虽然不能将本发明的照明方法或发光装置作为单

体的照明光源、照明器具来实施,但是通过与来自照明系统中存在的不同照明器具的光之间的加色混合,可以使作为照明系统辐射的光在照明对象物的位置处满足期望的特性,或者可以使作为照明系统辐射的光中的主辐射方向的光满足期望的特性。无论是任意一种方式,只要使得最终照射到照明对象物的产生颜色刺激的光、或者从发光装置射出的光中的主辐射方向的光满足本发明的适当条件即可。

[0646] 以下,对在满足上述适当条件的基础上,用于实施本发明的第一实施方式的照明方法的发光装置、以及本发明的第二实施方式的发光装置优选应具有的特性进行说明。

[0647] 用于实施本发明的第一实施方式的照明方法的发光装置、或者本发明的第二实施方式的发光装置优选具备在 $\Lambda 1$ (380nm) 到 $\Lambda 2$ (495nm) 的短波长区域内具有峰值的发光要素(发光材料),并且具备在 $\Lambda 2$ (495nm) 到 $\Lambda 3$ (590nm) 的中间波长区域内具有峰值的其他发光要素(发光材料),而且还具备在 $\Lambda 3$ (590nm) 到 780nm 的长波长区域内具有峰值的其他发光要素(发光材料)。这是因为,通过对各个发光要素独立地进行强度设定或者强度控制,能够容易地实现理想的色貌。

[0648] 由此,用于实施本发明的第一实施方式的照明方法的发光装置、或者本发明的第二实施方式的发光装置优选具备至少每一种在上述 3 个波长区域各自之中具有发光峰值的发光要素(发光材料),并且,更优选的是在该 3 个波长区域中的 2 个区域中各具有一种发光要素(发光材料),在另外的 1 个区域具有多个发光要素(发光材料),而且,非常优选的是在该 3 个波长区域中的 1 个区域中具有 1 种发光要素(发光材料),在其他的 2 个区域中具有多个发光要素(发光材料),特别优选的是在该 3 个波长区域全部之中都具有多个发光要素。这是因为,通过以在 1 个区域中具有两个以上的峰值波长的方式内置发光要素,能够显著提高光谱分布的控制性,在数学上,容易以期望的方式控制所照明的对象物的色貌。

[0649] 由此,在将半导体发光元件作为荧光体用激发光源来使用的现实发光装置中,优选的是,1 个发光装置中的荧光体种类为 2 种,连同半导体发光元件的波长一起在该 3 个波长区域中分别具有峰值波长。而且,更优选的是,荧光体种类为 3 种,连同半导体发光元件的波长一起在该 3 个波长区域中的至少 1 个区域中内置有 2 种发光要素。基于这样的考虑,荧光体种类非常优选为 4 种以上,特别优选为 5 种。特别要说明的是,在 1 个光源内存在 6 种以上荧光体时,光谱的控制性反而会由于荧光体间的相互吸收等而下降,因此不理想。另外,从与此不同的方面、即实现简单的发光装置的方面考虑,也可以使荧光体种类为 1 种,并连同半导体发光元件的发光峰值一起利用 2 种发光要素来构成发光装置。

[0650] 另外,在仅利用具有不同峰值波长的半导体发光元件来构成实际的发光装置时也是同样。即,从要实现理想的光谱分布的方面考虑,1 个光源中的半导体发光元件的种类优选为 3 种以上,更优选为 4 种以上,非常优选为 5 种以上,特别优选为 6 种。在 7 种以上的情况下,由于会产生在光源中的搭载性复杂等问题,因此不理想。另外,从与此不同的实现简单发光装置的方面考虑,也可以利用 2 种半导体发光元件来构成发光装置。

[0651] 另外,还可以自由混合地搭载半导体发光元件和荧光体,可以将蓝色发光元件和 2 种(绿色、红色)的荧光体搭载在 1 个光源内,并且,还可以将蓝色发光元件和 3 种(绿色、红色 1、红色 2)的荧光体搭载在 1 个光源内。而且,也可以将紫色发光元件和 4 种荧光体(蓝色、绿色、红色 1、红色 2)搭载在 1 个光源内。此外,也可以在一个光源中,内置有搭载了蓝色发光元件和 2 种(绿色、红色)荧光体的部分、以及搭载了紫色发光元件和 3 种荧光体(蓝

色、绿色、红色)的部分。

[0652] 关于 3 个波长区域各自内的发光要素(发光材料),从控制峰值部分的强度和峰值间的谷的强度的方面、即在光谱分布中形成适当的凹凸的方面考虑,优选的是至少一个波长区域包含比较窄的波段的发光要素。相反,仅仅利用具有与 3 个波长区域各自的范围相同程度的范围的发光要素,很难在光谱分布中形成适当的凹凸。由此,在本发明中,虽然优选至少一个波长区域含有比较窄的波段的发光要素,但更优选的是在 3 个波长区域中的 2 个区域中含有比较窄的波段的发光要素,进一步优选的是在 3 个波长区域所有的区域中都含有比较窄的波段的发光要素。此时,虽然比较窄的波段的发光要素可以是仅其单体处于某波长区域内的发光要素,但是优选的是在该波长区域内存在多种比较窄的波段的发光要素,而且,更优选的是在该波长区域内同时存在比较窄的波段的发光要素和比较宽的波段的发光要素。

[0653] 另外,此处所说的比较窄的波段是指,发光要素(发光材料)的半值全宽为短波长区域(380nm 至 495nm)、中间波长区域(495nm 至 590nm)、长波长区域(590nm 至 780nm)各自的区域宽度即 115nm、95nm、190nm 的 2/3 以下。另外,即使在比较窄的波段的发光要素中,其半值全宽也优选为各个区域宽度的 1/2 以下,更优选为 1/3 以下,非常优选为 1/4 以下,特别优选为 1/5 以下。另外,对于过度极端狭窄的波段的光谱,有时如果不在发光装置内搭载多种发光要素就不能实现期望的特性,因此该半值全宽优选为 2nm 以上,更优选为 4nm 以上,非常优选为 6nm 以上,特别优选为 8nm 以上。

[0654] 如果从实现期望的光谱分布的方面对它们进行描述,则当组合了比较窄的波段的发光要素(发光材料)时,容易在光谱分布中形成凹凸形状,容易使得视觉实验中明确了适当范围的指标 A_{cg} 、辐射效率 K (lm/W) 等成为期望的值,因此是优选的。另外,把该光当作颜色刺激,关于假设利用该发光装置进行照明时的该 15 种色卡的色貌、与假设利用计算用基准光进行照明时的色貌之间的差,通过在发光要素中内置比较窄的波段的发光要素,容易使得饱和度控制、特别是视觉实验中明确了适当范围的 $|\Delta h_n|$ 、

$$[0655] \quad \frac{\sum_{n=1}^{15} \Delta C_n}{15}$$

[0656] ΔC_n 、 $(\Delta C_{\max} - \Delta C_{\min})$ 等成为适当的数值范围,因此是优选的。而且,当使用比较窄的波段的荧光体时,与使用宽波段荧光体时相比, D_{uv} 控制也变得容易,因此是优选的。

[0657] 在本发明的照明方法和发光装置中,优选将以下的发光材料、荧光体材料、半导体发光元件作为发光要素内置在发光装置中。

[0658] 首先,在该 3 个波长区域中的 $\Lambda 1$ (380nm)至 $\Lambda 2$ (495nm)的短波长区域中,可以包含来自热丝等的热辐射光、来自荧光管、高压钠灯等的放电辐射光、来自激光器等感应发射光、来自半导体发光元件的自然发射光、来自荧光体的自然发射光等从各种光源发出的光。其中,特别是对于来自被光激发的荧光体的发光、来自半导体发光元件的发光、来自半导体激光器的发光而言,它们体积小且能效高、还能够实现比较窄的波段的发光,因此是优选的。

[0659] 具体地讲,优选情况如下。

[0660] 作为半导体发光元件,优选的是在活性层构造中含有蓝宝石基板上或 GaN 基板上形成的 In (Al)GaN 类材料的紫色发光元件(峰值波长为 395nm 至 420nm 左右)、蓝紫色发光元件(峰值波长为 420nm 至 455nm 左右)、蓝色发光元件(峰值波长为 455nm 至 485nm 左右)。而且,在活性层构造中含有 GaAs 基板上形成的 Zn (Cd) (S) Se 类材料的蓝色发光元件(峰值波长为 455nm 至 485nm 左右)也是优选的。

[0661] 另外,通常情况下,半导体发光元件或荧光体等发光要素(发光材料)所呈现的辐射通量的光谱分布、其峰值波长根据周边温度、封装或灯具等发光装置的散热环境、注入电流、电路结构、或者情况引起的劣化等,会发生一些变动。由此,对于某驱动条件下的峰值波长为 418nm 的半导体发光元件,还存在当周边环境的温度上升时例如呈现出 421nm 的峰值波长的情况等。

[0662] 可以说,对于以下叙述的半导体发光元件或荧光体等发光要素(发光材料)所呈现的辐射通量的光谱分布及其峰值波长,也同样如此。

[0663] 活性层构造可以是层叠有量子阱层和势垒层的多量子阱构造,或者是包含比较厚的活性层和势垒层(或者覆盖层)的单异质或者双异质构造,还可以是由一个 pn 结构成的均质接合。

[0664] 特别是在活性层中含有 In (Al)GaN 类材料的情况下,对于与蓝色发光元件相比、活性层构造内 In 浓度变低的蓝紫色发光元件、紫色发光元件而言,由 In 的偏析引起的发光波长波动变小且发光光谱的半值全宽变窄,因此是优选的。而且,对于蓝紫色发光元件、紫色发光元件而言,波长比较靠近本波长区域即 380nm 至 495nm 的外侧(短波长侧),容易进行 D_{uv} 的控制,因此是优选的。即,在本发明中,关于在 $\lambda 1$ (380nm)至 $\lambda 2$ (495nm)的短波长区域中具有发光峰值的半导体发光元件而言,优选的是蓝色发光元件(峰值波长为 455nm 至 485nm 左右),更优选的是波长更短的蓝紫色发光元件(峰值波长为 420nm 至 455nm 左右),非常优选的是紫色发光元件(峰值波长为 395nm 至 420nm 左右)。另外,使用多种类的这些发光元件也是优选的。

[0665] 另外,作为发光要素,使用半导体激光器也是优选的,基于与上述同样的原因,优选的是蓝色半导体激光器(振荡波长为 455nm 至 485nm 左右),更优选的是波长更长的蓝紫色半导体激光器(振荡波长为 420nm 至 455nm 左右),非常优选的是紫色半导体激光器(振荡波长为 395nm 至 420nm 左右)。

[0666] 关于本发明的照明方法或发光装置中使用的短波长区域的半导体发光元件,优选其发光光谱的半值全宽窄。根据该观点,短波长区域中使用的半导体发光元件的半值全宽优选为 45nm 以下,更优选为 40nm 以下,非常优选为 35nm 以下,特别优选为 30nm 以下。另外,关于极端狭窄的波段的光谱,有时如果不在发光装置内搭载多种发光要素则不能实现期望的特性,因此短波长区域中使用的半导体发光元件的半值全宽优选为 2nm 以上,更优选为 4nm 以上,非常优选为 6nm 以上,特别优选为 8nm 以上。

[0667] 关于本发明的照明方法或发光装置中使用的短波长区域的半导体发光元件,由于优选在活性层构造中含有 In (Al)GaN 类材料,因此优选的是在蓝宝石基板上或 GaN 基板上形成的发光元件。特别是在 GaN 基板上形成的发光元件的活性层中的 In 偏析程度比在蓝宝石基板上形成时更加良好。这取决于基板与活性层构造材料之间的晶格匹配性。因此,能够使得 GaN 基板上的 In (Al)GaN 发光光谱的半值全宽更窄,所以可以期待与本发明之间

的显著的协同效应,是非常优选的。而且,即使是 GaN 基板上的发光元件,也特别优选在半极性面、无极性面上形成的元件。这是因为,针对晶体生长方向的压电极化效应减小,因此量子阱层内的空间电子与空穴的波动函数在空间上的重叠变大,原理上能够实现发光效率的提高和光谱的窄波段化。由此,通过使用半极性或无极性 GaN 基板上的半导体发光元件,可以期待与本发明之间的显著的协同效应,因此是非常优选的。

[0668] 另外,基板的厚度厚的情况、或从半导体发光元件上完全剥离的情况中的任意一个情况都是优选的。特别是在 GaN 基板上制作了短波长区域的半导体发光元件的情况下,为了促进来自 GaN 基板侧壁的光的取出,基板优选为厚,优选为 100 μm 以上,更优选为 200 μm 以上,非常优选为 400 μm 以上,特别优选为 600 μm 以上。另一方面,从方便制作元件的方面考虑,基板厚度优选为 2mm 以下,更优选为 1.8mm 以下,非常优选为 1.6mm 以下,特别优选为 1.4mm 以下。

[0669] 另一方面,在蓝宝石基板等上制作发光元件的情况下,优选利用激光剥离等方法来剥离基板。由此,能够降低施加给因与基板之间的极端的晶格失配而促进了宽波段化的量子阱层上的应力,其结果,能够实现发光元件的光谱的窄波段化。由此,对于剥离了蓝宝石基板等的发光元件,可以期待与本发明之间的显著的协同效应,是非常优选的。

[0670] 作为在本发明的照明方法或发光装置中使用的短波长区域的荧光体材料,优选其半值全宽窄。根据该观点,短波长区域中使用的荧光体材料在室温下被光激发时的发光光谱的半值全宽优选为 90nm 以下,更优选为 80nm 以下,非常优选为 70nm 以下,特别优选为 60nm 以下。另外,关于极端狭窄的波段的光谱,有时如果不在发光装置内搭载多种发光要素则不能实现期望的特性,因此短波长区域中使用的荧光体材料的半值全宽优选为 2nm 以上,更优选为 4nm 以上,非常优选为 6nm 以上,特别优选为 8nm 以上。

[0671] 关于短波长区域的荧光体材料,考虑对该荧光体材料进行激发的状况和 D_{uv} 的控制性,优选在以下的范围内具有峰值波长。在进行光激发的情况下,峰值波长优选为 455nm 至 485nm,更优选的是波长更短的 420nm 至 455nm。另一方面,在进行电子束激发的情况下,峰值波长优选为 455nm 至 485nm,更优选的是波长更短的 420nm 至 455nm,峰值波长非常优选为 395nm 至 420nm。

[0672] 作为本发明的照明方法或发光装置中使用的短波长区域的荧光体材料的具体例子,只要满足上述半值全宽就可以理想地使用,其中存在将 Eu^{2+} 作为活化剂并将由碱土类铝酸盐或碱土类卤磷酸盐构成的晶体作为母体的蓝色荧光体。更具体地可以列举出通过下述一般式(5)表示的荧光体、通过下述一般式(5)'表示的荧光体、 $(\text{Sr}, \text{Ba})_3\text{MgSi}_2\text{O}_8:\text{Eu}^{2+}$ 、以及 $(\text{Ba}, \text{Sr}, \text{Ca}, \text{Mg})\text{Si}_2\text{O}_2\text{N}_2:\text{Eu}$ 。

[0673] $(\text{Ba}, \text{Sr}, \text{Ca})\text{MgAl}_{10}\text{O}_{17}:\text{Mn}, \text{Eu}$ (5)

[0674] (将通过一般式(5)表示的碱土类铝酸盐荧光体称为 BAM 荧光体。)

[0675] $\text{Sr}_a\text{Ba}_b\text{Eu}_x(\text{PO}_4)_c\text{X}_d$ (5)'

[0676] (在一般式(5)'中, X 为 Cl。另外, c、d 以及 x 是满足 $2.7 \leq c \leq 3.3$ 、 $0.9 \leq d \leq 1.1$ 、 $0.3 \leq x \leq 1.2$ 的数。而且, a 和 b 满足 $a+b=5-x$ 且 $0 \leq b/(a+b) \leq 0.6$ 的条件。)(将通过一般式(5)'表示的碱土类卤磷酸盐荧光体中含有 Ba 的荧光体称为 SBGA 荧光体,将不含有 Ba 的荧光体称为 SCA 荧光体。)

[0677] 这些荧光体的优选示例有: BAM 荧光体、SBGA 荧光体、SCA 荧光体、以及 Ba-SiON 荧

光体((Ba, Sr, Ca, Mg) Si₂O₂N₂:Eu)、(Sr, Ba) ₃MgSi₂O₈:Eu²⁺荧光体等。

[0678] 接着,在该 3 个波长区域中的 $\Lambda 2$ (495nm)至 $\Lambda 3$ (590nm)的中间波长区域中,可以包含来自热丝等的热辐射光、来自荧光管、高压钠灯等的放电辐射光、来自包含利用了非线性光学效应的二次谐波发生器(SHG)等的激光器等感应发射光、来自半导体发光元件的自然发射光、来自荧光体的自然发射光等从各种光源放出的光。其中,特别是对于来自被光激发的荧光体的发光、来自半导体发光元件的发光、来自半导体激光器、SHG 激光器的发光而言,它们体积小且能效高,还能够实现比较窄的波段发光,因此是优选的。

[0679] 具体地讲,优选情况如下。

[0680] 作为半导体发光元件,优选的是在活性层构造中含有蓝宝石基板上或 GaN 基板上的 In (Al) GaN 类材料的蓝绿发光元件(峰值波长为 495nm 至 500nm 左右)、绿色发光元件(峰值波长为 500nm 至 530nm 左右)、黄绿色发光元件(峰值波长为 530nm 至 570nm 左右)、黄色发光元件(峰值波长为 570nm 至 580nm 左右)。另外,优选的还有基于 GaP 基板上的 GaP 的黄绿色发光元件(峰值波长为 530nm 至 570nm 左右)、基于 GaP 基板上的 GaAsP 的黄色发光元件(峰值波长为 570nm 至 580nm 左右)。而且,优选的还有基于 GaAs 基板上的 AlInGaP 的黄色发光元件(峰值波长为 570nm 至 580nm 左右)。

[0681] 活性层构造可以是层叠有量子阱层和势垒层的多量子阱构造,或者是包含比较厚的活性层和势垒层(或者覆盖层)的单异质或者双异质构造,也可以是由一个 pn 结构成的均质接合。

[0682] 特别是在使用了 In (Al)GaN 类材料的情况下,对于与黄色发光元件相比活性层构造内 In 浓度降低的黄绿色发光元件、绿色发光元件、蓝绿色发光元件而言,由 In 的偏析引起的发光波长波动变小,发光光谱的半值全宽变窄,因此是优选的。即,在本发明中,关于在 $\Lambda 2$ (495nm)至 $\Lambda 3$ (590nm)的中间波长区域中具有发光峰值的半导体发光元件,优选的是黄色发光元件(峰值波长为 570nm 至 580nm 左右),更优选的是波长更短的黄绿色发光元件(峰值波长为 530nm 至 570nm 左右),非常优选的是波长比此更短的绿色发光元件(峰值波长为 500nm 至 530nm 左右),特别优选的是蓝绿色发光元件(峰值波长为 495nm 至 500nm 左右)。

[0683] 另外,作为发光要素,还优选使用半导体激光器、或者通过非线性光学效应对半导体激光器的振荡波长进行了波长转换后的 SHG 激光器等。作为振荡波长,基于与上述同样的原因,优选处于黄色(峰值波长为 570nm 至 580nm 左右)区域内,更优选处于波长更短的黄绿色(峰值波长为 530nm 至 570nm 左右)区域内,非常优选处于波长比此更短的绿色(峰值波长为 500nm 至 530nm 左右)区域内,而且,特别优选处于蓝绿色(峰值波长为 495nm 至 500nm 左右)区域内。

[0684] 关于本发明的照明方法或发光装置中使用的中间波长区域的半导体发光元件,优选其发光光谱的半值全宽窄。根据该观点,中间波长区域中使用的半导体发光元件的半值全宽优选为 75nm 以下,更优选为 60nm 以下,非常优选为 50nm 以下,特别优选为 40nm 以下。另外,关于极端狭窄的波段的光谱,有时如果不在发光装置内搭载多种发光要素则不能实现期望的特性,因此中间波长区域中使用的半导体发光元件的半值全宽优选为 2nm 以上,更优选为 4nm 以上,非常优选为 6nm 以上,特别优选为 8nm 以上。

[0685] 关于本发明中使用的中间波长区域的半导体发光元件,在活性层构造含有 In(Al)

GaN 类材料的情况下,优选的是在蓝宝石基板上或 GaN 基板上形成的发光元件。另外,特别是在 GaN 基板上形成的发光元件更加优选。这是因为,在制作中间波长区域的 InAlGaN 类元件时,需要在活性层构造中导入较多量的 In,但是在 GaN 基板上形成的情况下,与在蓝宝石基板上形成时相比,由与基板之间的晶格常数差引起的压电效应减小,能够抑制在量子阱层内注入载流子时的电子 / 空穴在空间上的分离。其结果,发光波长的半值全宽能够实现窄波段化。由此,在本发明中,对于 GaN 基板上的中间波长区域的发光元件而言,可以期待显著的协同效应,因此是优选的。而且,即使是 GaN 基板上的发光元件,特别优选的是在半极性面、无极性面上形成的元件。这是因为,针对晶体生长方向的压电极化效应减小,因此量子阱层内的空间电子与正孔的波动函数在空间上的重叠变大,原理上能够实现发光效率的提高和光谱的窄波段化。由此,通过使用半极性面或无极性 GaN 基板上的半导体发光元件,可以期待与本发明之间的显著的协同效应,因此是非常优选的。

[0686] 对于在任何基板上形成的任何半导体发光元件而言,都是优选基板的厚度厚的情况或完全去除的情况中的任意一种情况。

[0687] 特别是在 GaN 基板上制作中间波长区域的半导体发光元件时,为了促进来自 GaN 基板侧壁的光的取出,基板优选为厚,优选为 100 μm 以上,更优选为 200 μm 以上,非常优选为 400 μm 以上,特别优选为 600 μm 以上。另一方面,从方便制作元件的方面考虑,基板厚度优选为 2mm 以下,更优选为 1.8mm 以下,非常优选为 1.6mm 以下,特别优选为 1.4mm 以下。

[0688] 另外,在 GaP 基板上制作中间波长区域的半导体发光元件的情况也是同样,为了促进来自 GaP 基板侧壁的光的取出,基板优选为厚,优选为 100 μm 以上,更优选为 200 μm 以上,非常优选为 400 μm 以上,特别优选为 600 μm 以上。另一方面,从方便制作元件的方面考虑,基板厚度优选为 2mm 以下,更优选为 1.8mm 以下,非常优选为 1.6mm 以下,特别优选为 1.4mm 以下。

[0689] 另一方面,对于在 GaAs 基板上形成的 AlInGaP 类材料而言,由于基板的带隙比形成活性层构造的材料带隙小,因此吸收了发光波长区域的光。因此,优选的是基板的厚度薄的情况,优选的是从半导体发光元件上完全剥离的情况。

[0690] 而且,在蓝宝石基板等上制作半导体发光元件的情况下,优选的是利用激光剥离等方法来剥离基板。由此,施加给由于与基板之间的极端的晶格失配而宽波段化的量子阱层上的应力减小,其结果,能够实现发光元件的光谱的窄波段化。由此,剥离了蓝宝石基板等后的半导体发光元件可以期待与本发明之间的显著的协同效应,是非常优选的。

[0691] 作为本发明的照明方法或发光装置中使用的中间波长区域的荧光体材料,优选其半值全宽窄。根据该观点,中间波长区域中使用的荧光体材料在室温下被光激发时的发光光谱的半值全宽优选为 130nm 以下,更优选为 110nm 以下,非常优选为 90nm 以下,特别优选为 70nm 以下。另外,关于极端狭窄的波段的光谱,有时如果不在发光装置内搭载多种发光要素则不能实现期望的特性,因此中间波长区域中使用的荧光体材料的半值全宽优选为 2nm 以上,更优选为 4nm 以上,非常优选为 6nm 以上,特别优选为 8nm 以上。

[0692] 关于中间波长区域的荧光体材料,考虑到 D_{90} 的控制性,优选的是峰值波长为 495nm 至 500nm 的情况,以相同的程度更加优选峰值波长为 500nm 至 530nm 的情况和峰值波长为 570nm 至 580nm 的情况,非常优选的是峰值波长为 530nm 至 570nm 的情况。

[0693] 作为本发明的照明方法或发光装置中使用的中间波长区域的荧光体材料的具体

例子,只要满足上述半值全宽即可理想地使用。另外,作为其具体例,可以列举出含有 Eu^{2+} , Ce^{3+} 等作为活化剂的绿色荧光体。将 Eu^{2+} 作为活化剂的合适的绿色荧光体是将由碱土类硅酸盐、碱土类硅氮氧化物或 SiAlON (硅铝氧氮聚合材料) 构成的晶体作为母体的绿色荧光体。这种绿色荧光体通常可以使用紫外~蓝色半导体发光元件来进行激发。

[0694] 在将碱土类硅酸盐晶体作为母体的具体例子中,可以列举出通过下述一般式(6)表示的荧光体、通过下述一般式(6)'表示的荧光体。

[0695] $(\text{Ba}_a\text{Ca}_b\text{Sr}_c\text{Mg}_d\text{Eu}_x)\text{SiO}_4$ (6)

[0696] (在一般式(6)中, a 、 b 、 c 、 d 以及 x 满足 $a+b+c+d+x=2$ 、 $1.0 \leq a \leq 2.0$ 、 $0 \leq b < 0.2$ 、 $0.2 \leq c \leq 0.8$ 、 $0 \leq d < 0.2$ 以及 $0 < x \leq 0.5$ 。)(将通过一般式(6)表示的碱土类硅酸盐称为 BSS 荧光体。)

[0697] $\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x\text{Eu}_y\text{Mg}_{1-z}\text{Mn}_z\text{Al}_{10}\text{O}_{17}$ (6)'

[0698] (在一般式(6)'中, x 、 y 以及 z 分别满足 $0.1 \leq x \leq 0.4$ 、 $0.25 \leq y \leq 0.6$ 以及 $0.05 \leq z \leq 0.5$ 。)(将通过一般式(6)'表示的碱土类铝酸盐荧光体称为 G-BAM 荧光体。)

[0699] 在将 SiAlON 晶体作为母体的具体例子中,可以列举出由 $\text{Si}_6\text{Al}_z\text{O}_z\text{N}_{8-z}:\text{Eu}$ (其中 $0 < z < 4.2$) 表示的荧光体(这称为 β - SiAlON 荧光体)。作为将 Ce^{3+} 作为活化剂的合适的绿色荧光体,还有将石榴石型氧化物晶体作为母体的绿色荧光体、例如 $\text{Ca}_3(\text{Sc}, \text{Mg})_2\text{Si}_3\text{O}_{12}:\text{Ce}$, 或者将碱土类金属钪酸盐晶体作为母体的绿色荧光体、例如 $\text{CaSc}_2\text{O}_4:\text{Ce}$ 。除此以外,还可以列举出 $\text{SrGaS}_4:\text{Eu}^{2+}$ 等。

[0700] 此外,作为其他例子,可以列举出由 $(\text{Ba}, \text{Ca}, \text{Sr}, \text{Mg}, \text{Zn}, \text{Eu})_3\text{Si}_6\text{O}_{12}\text{N}_2$ 表示的氮氧化物荧光体(将其称为 BSON 荧光体)。

[0701] 此外,还可以列举出由 $(\text{Y}_{1-u}\text{Gd}_u)_3(\text{Al}_{1-v}\text{Ga}_v)_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$, Eu (其中, u 和 v 分别满足 $0 \leq u \leq 0.3$ 以及 $0 \leq v \leq 0.5$)表示的钇/铝/石榴石类荧光体(将其称为 YAG 荧光体。)、由 $\text{Ca}_{1.5x}\text{La}_{3-x}\text{Si}_6\text{N}_{11}:\text{Ce}$ (其中, x 为 $0 \leq x \leq 1$)表示的镧氮化硅荧光体(将其称为 LSN 荧光体。))。

[0702] 这些荧光体中的优选示例有 BSS 荧光体、 β - SiAlON 荧光体、BSON 荧光体、G-BAM 荧光体、YAG 荧光体以及 $\text{SrGaS}_4:\text{Eu}^{2+}$ 荧光体等。

[0703] 接着,在该 3 个波长区域中的 $\lambda 3$ (590nm) 至 780nm 的长波长区域中,可以包含来自热丝等的热辐射光、来自荧光管、高压钠灯等的放电辐射光、来自激光器等感应发射光、来自半导体发光元件的自然发射光、来自荧光体的自然发射光等从各种光源放出的光。其中,特别对于来自被光激发的荧光体的发光、来自半导体发光元件的发光、来自半导体激光器的发光而言,它们体积小且能效高,还能够实现比较窄的波段的发光,因此是优选的。

[0704] 具体地讲,优选情况如下。

[0705] 作为半导体发光元件,优选的是在活性层构造中含有 GaAs 基板上形成的 AlGaAs 类材料、GaAs 基板上形成的 (Al)InGaP 类材料的橙色发光元件(峰值波长为 590nm 至 600nm 左右)、红色发光元件(600nm 至 780nm)。另外,优选的是在活性层构造中含有 GaP 基板上形成的 GaAsP 类材料的红色发光元件(600nm 至 780nm)。

[0706] 活性层构造可以是层叠有量子阱层和势垒层的多量子阱构造,或者是包含比较厚的活性层和势垒层(或者覆盖层)的单异质或者双异质构造,也可以是由一个 pn 结构成的均质接合。

[0707] 特别是在该波长区域中,考虑到 Duv 控制性与辐射效率的同时实现,优选峰值波长接近 630nm 附近。根据该观点,与橙色发光元件相比,更优选红色发光元件。即,在本发明中,关于在 $\Lambda 3$ (590nm)至 780nm 的长波长区域中具有发光峰值的半导体发光元件,优选的是橙色发光元件(峰值波长为 590nm 至 600nm 左右),更优选的是红色发光元件(峰值波长为 600nm 至 780nm 左右),非常优选的是峰值波长接近 630nm 左右的红色发光元件。尤其峰值波长为 615nm 至 645nm 的红色发光元件是非常优选的。

[0708] 另外,作为发光要素,也优选使用半导体激光器。作为振荡波长,基于与上述相同的原因,优选的是在橙色(峰值波长为 590nm 至 600nm 左右)区域内具有振荡波长,更优选的是在红色(峰值波长为 600nm 至 780nm 左右)区域内具有振荡波长,而且非常优选的是振荡波长位于接近 630nm 左右的红色区域内。尤其振荡波长为 615nm 至 645nm 的红色半导体激光器是非常优选的。

[0709] 关于本发明的照明方法或发光装置中使用的长波长区域的半导体发光元件,优选其发光光谱的半值全宽窄。根据该观点,长波长区域中使用的半导体发光元件的半值全宽优选为 30nm 以下,更优选为 25nm 以下,非常优选为 20nm 以下,特别优选为 15nm 以下。另外,关于极端狭窄的波段的光谱,有时如果不在发光装置内搭载多种发光要素则不能实现期望的特性,因此长波长区域中使用的半导体发光元件的半值全宽优选为 2nm 以上,更优选为 4nm 以上,非常优选为 6nm 以上,特别优选为 8nm 以上。

[0710] 在长波长区域中,由于 GaAs 基板的带隙比形成活性层构造的材料带隙小,因此吸收了发光波长区域的光。因此,优选的是基板的厚度薄的情况,优选的是完全去除的情况。作为本发明的照明方法或发光装置中使用的长波长区域的荧光体材料,优选其半值全宽窄。根据该观点,长波长区域中使用的荧光体材料的在室温下被光激发时的发光光谱的半值全宽优选为 130nm 以下,更优选为 110nm 以下,非常优选为 90nm 以下,特别优选为 70nm 以下。另外,关于极端狭窄的波段的光谱,有时如果不在发光装置内搭载多种发光要素则不能实现期望的特性,因此长波长区域中使用的荧光体材料的半值全宽优选为 2nm 以上,更优选为 4nm 以上,非常优选为 6nm 以上,特别优选为 8nm 以上。

[0711] 对于长波长区域的荧光体材料而言,关于峰值波长,考虑到 Duv 控制性与辐射效率的同时实现,在与其他材料一体地制作发光装置时,非常优选其峰值波长接近 630nm。即,在本发明中,在 $\Lambda 3$ (590nm)至 780nm 的长波长区域中具有发光峰值的荧光体材料优选在 590nm 至 600nm 之间具有峰值,更优选的是在 600nm 至 780nm 左右具有峰值,非常优选的是峰值波长接近 630nm。尤其峰值波长为 620nm 至 655nm 的荧光体材料是非常优选的。

[0712] 作为本发明的照明方法或发光装置中使用的长波长区域的荧光体材料的具体例子,只要满足上述半值全宽即可理想地使用。并且,作为其具体例,可以列举出将 Eu^{2+} 作为活化剂并且将由碱土类硅氮化物、 α -SiAlon 或碱土类硅酸盐构成的晶体作为母体的荧光体。这种红色荧光体通常可以使用紫外~蓝色半导体发光元件来进行激发。在将碱土类硅氮化物晶体作为母体的荧光体的具体例子中,可以列举出由 $(\text{Ca}, \text{Sr}, \text{Ba}, \text{Mg}) \text{AlSiN}_3:\text{Eu}$ 和 / 或 $(\text{Ca}, \text{Sr}, \text{Ba}) \text{AlSiN}_3:\text{Eu}$ 表示的荧光体(将其称为 SCASN 荧光体)、由 $(\text{CaAlSiN}_3)_{1-x}(\text{Si}_2\text{N}_2\text{O})_x:\text{Eu}$ (其中, x 为 $0 < x < 0.5$) 表示的荧光体(将其称为 CASON 荧光体)、由 $(\text{Sr}, \text{Ca}, \text{Ba})_2\text{Al}_x\text{Si}_{5-x}\text{O}_x\text{N}_{8-x}:\text{Eu}$ (其中 $0 \leq x \leq 2$) 表示的荧光体、由 $\text{Eu}_y(\text{Sr}, \text{Ca}, \text{Ba})_{1-y}:\text{Al}_{1+x}\text{Si}_{4-x}\text{O}_x\text{N}_{7-x}$ (其中 $0 \leq x < 4, 0 \leq y < 0.2$) 表示的荧光体。

[0713] 此外,还可以列举出 Mn^{4+} 活化氟化络合物荧光体。 Mn^{4+} 活化氟化络合物荧光体是将 Mn^{4+} 作为活化剂,将碱金属、胺或碱土类金属的氟化络合物盐作为母体晶体的荧光体。在形成母体晶体的氟化络合物中,包括配位中心为三价金属(B、Al、Ga、In、Y、Sc,镧系元素)的氟化络合物、配位中心为四价金属(Si、Ge、Sn、Ti、Zr、Re、Hf)的氟化络合物、配位中心为五价金属(V、P、Nb、Ta)的氟化络合物,在其周围配位的氟原子的数量为 5 ~ 7 个。

[0714] 优选的 Mn^{4+} 活化氟化络合物荧光体是将碱金属的六氟络合物盐作为母体晶体的 $\text{A}_{2+x}\text{M}_y\text{Mn}_z\text{F}_n$ (A 为 Na 和 / 或 K ; M 为 Si 和 Al ; $-1 \leq x \leq 1$ 且 $0.9 \leq y+z \leq 1.1$ 且 $0.001 \leq z \leq 0.4$ 且 $5 \leq n \leq 7$)。其中特别优选的是 A 为从 K (钾) 或 Na (钠) 中选择的 1 种以上、M 为 Si (硅) 或 Ti (钛) 的荧光体,例如 $\text{K}_2\text{SiF}_6:\text{Mn}$ (将其称为 KSF 荧光体)、用 Al 和 Na 置换了该构成元素的一部分(优选为 10% 摩尔百分比以下)的 $\text{K}_2\text{Si}_{1-x}\text{Na}_x\text{Al}_x\text{F}_6:\text{Mn}$ 、 $\text{K}_2\text{TiF}_6:\text{Mn}$ (将其称为 KSNAF 荧光体)等。

[0715] 此外,还可以列举出通过下述一般式(7)表示的荧光体、以及通过下述一般式(7)'表示的荧光体。



[0717] (在一般式(7)中, x 和 y 分别表示满足 $0.02 \leq x \leq 0.50$ 和 $0 \leq y \leq 0.50$ 的数, Ln 表示 Y、Gd、Lu、Sc、Sm 以及 Er 中的至少 1 种三价稀土类元素。)(将通过一般式(7)表示的硫氧化镧荧光体称为 LOS 荧光体。)



[0719] (在一般式(7)'中, k、x、y 分别表示满足 $2.8 \leq k \leq 5$ 、 $0.1 \leq x \leq 0.7$ 、 $0.005 \leq y \leq 0.015$ 的数, A 为钙(Ca)、锶(Sr)、钡(Ba)、锌(Zn)、或它们的混合物。)(将通过一般式(7)表示的锆酸盐荧光体称为 MGOF 荧光体。)

[0720] 在这些荧光体中,优选示例有 LOS 荧光体、MGOF 荧光体、KSF 荧光体、KSNAF 荧光体、SCASN 荧光体、CASON 荧光体、 $(\text{Sr}, \text{Ca}, \text{Ba})_2\text{Si}_5\text{N}_8:\text{Eu}$ 荧光体、 $(\text{Sr}, \text{Ca}, \text{Ba})\text{AlSi}_4\text{N}_7$ 荧光体等。

[0721] 在本发明的照明方法或发光装置中,对于用于适当地控制发光装置的光谱分布的材料没有特别限制。但是,作为具体实现的发光装置,非常优选以下情况。

[0722] 优选的是:将紫色 LED (峰值波长为 395nm 至 420nm 左右)作为短波长区域的发光要素,而且在光源中内置有从作为比较窄的波段的荧光体的 SBCA、SCA、BAM 中选择的至少一种以上当作短波长区域中的发光要素,在光源中内置有从作为比较窄的波段的荧光体的 β -SiAlON、BSS、BSON、G-BAM 中选择的至少一种以上当作中间波长区域中的发光要素,在光源中内置有从 CASON、SCASN、LOS、KSF、KSNAF 中选择的至少一种以上当作长波长区域中的发光要素。

[0723] 进一步的情况如下。

[0724] 非常优选的是:将紫色 LED (峰值波长为 395nm 至 420nm 左右)作为短波长区域的第一发光要素,而且在光源中内置有作为比较窄的波段的荧光体的 SBCA 当作短波长区域中的第二发光要素,将作为比较窄的波段的荧光体的 β -SiAlON 用作中间波长区域中的第一发光要素,将 CASON 用作长波长区域中的第一发光要素。

[0725] 此外,非常优选的是:将紫色 LED (峰值波长为 395nm 至 420nm 左右)作为短波长区域的第一发光要素,而且在光源中内置有作为比较窄的波段的荧光体的 SCA 当作短波长

区域中的第二发光要素,将作为比较窄的波段的荧光体的 β -SiAlON 用作中间波长区域中的第一发光要素,将 CASON 用作长波长区域中的第一发光要素。

[0726] 此外,非常优选的是:将紫色 LED (峰值波长为 395nm 至 420nm 左右) 作为短波长区域的第一发光要素,而且在光源中内置有作为比较窄的波段的荧光体的 BAM 当作短波长区域中的第二发光要素,将作为比较窄的波段的荧光体的 BSS 当作中间波长区域中的第一发光要素,将 CASON 用作长波长区域中的第一发光要素。

[0727] 另一方面,优选的是:将蓝紫色 LED (峰值波长为 420nm 至 455nm 左右) 和 / 或蓝色 LED (峰值波长为 455nm 至 485nm 左右) 作为短波长区域的发光要素,在光源中内置有从作为比较窄的波段的荧光体的 β -SiAlON、BSS、BSON、G-BAM 中选择的至少一种以上当作中间波长区域中的发光要素,在光源中内置有从作为 CASON、SCASN、LOS、KSF、KSNAF 中选择的至少 1 种以上当作长波长区域中的发光要素。

[0728] 进一步的情况如下。

[0729] 非常优选的是:将蓝紫色 LED (峰值波长为 420nm 至 455nm 左右) 和 / 或蓝色 LED (峰值波长为 455nm 至 485nm 左右) 作为短波长区域的发光要素,而且将作为比较窄的波段的荧光体的 BSON 用作中间波长区域中的第一发光要素,将 SCASN 用作长波长区域中的第一发光要素。

[0730] 非常优选的是:将蓝紫色 LED (峰值波长为 420nm 至 455nm 左右) 和 / 或蓝色 LED (峰值波长为 455nm 至 485nm 左右) 作为短波长区域的发光要素,而且将作为比较窄的波段的荧光体的 β -SiAlON 用作中间波长区域中的第一发光要素,将 CASON 用作长波长区域中的第一发光要素。

[0731] 非常优选的是:将蓝紫色 LED (峰值波长为 420nm 至 455nm 左右) 和 / 或蓝色 LED (峰值波长为 455nm 至 485nm 左右) 作为短波长区域的发光要素,而且将作为比较窄的波段的荧光体的 β -SiAlON 用作中间波长区域中的第一发光要素,将 CASON 用作长波长区域中的第一发光要素,将 KSF 或 KSNAF 用作长波长区域中的第二发光要素。

[0732] 非常优选的是:将蓝紫色 LED (峰值波长为 420nm 至 455nm 左右) 和 / 或蓝色 LED (峰值波长为 455nm 至 485nm 左右) 作为短波长区域的发光要素,而且将作为比较窄的波段的荧光体的 β -SiAlON 用作中间波长区域中的第一发光要素,将 SCASN 用作长波长区域中的第一发光要素。

[0733] 非常优选的是:将蓝紫色 LED (峰值波长为 420nm 至 455nm 左右) 和 / 或蓝色 LED (峰值波长为 455nm 至 485nm 左右) 作为短波长区域的发光要素,而且将作为比较窄的波段的荧光体的 β -SiAlON 用作中间波长区域中的第一发光要素,将 SCASN 用作长波长区域中的第一发光要素,将 KSF 或 KSNAF 用作长波长区域中的第二发光要素。

[0734] 关于这些发光要素的组合,因为在视觉实验中实现了被实验者认为理想的色貌、物体外貌,因而各个发光要素所具有的峰值波长位置、半值全宽等非常合适。

[0735] 在本发明的照明方法或发光装置中,当使用截至于此记载的发光要素(发光材料)时,由于容易将指标 A_{cg} 、辐射效率 K (lm/W)、 D_{uv} 等设定为期望值,因此是优选的。另外,将该光当作颜色刺激,当使用上述记载的发光要素时,与假设利用该发光装置进行照明时的该 15 种色卡的色貌和假设利用计算用基准光进行照明时的色貌之间的差有关的 $|\Delta h_n|$ 、

$$[0736] \quad \frac{\sum_{n=1}^{15} \Delta C_n}{15}$$

[0737] ΔC_n 、($\Delta C_{\max} - \Delta C_{\min}$) 也容易设定为期望值, 因此是优选的。

[0738] 为了使 D_{uv} 从 0 下降而成为适当的负值, 可以考虑各种方法。例如设想在该 3 个波长区域中分别具有一个发光要素的发光装置, 此时, 可以执行如下操作等: 使短波长区域内的发光要素的发光位置进一步向短波长侧移动、使长波长区域内的发光要素的发光位置进一步向长波长侧移动、使中间波长区域内的发光要素的发光位置从 555nm 偏离。而且, 还可以进行如下操作等: 提高短波长区域内的发光要素的相对发光强度、提高长波长区域内的发光要素的相对发光强度、降低中间波长区域内的发光要素的相对发光强度。另外, 此时, 为了在不改变 CCT 的情况下使 D_{uv} 变化, 只要同时进行如下操作等即可: 使短波长区域内的发光要素的发光位置向短波长侧移动、并且使长波长区域内的发光要素的发光位置向长波长侧移动。而且, 在使 D_{uv} 向正侧变化时, 只要进行与上述记载相反的操作即可。

[0739] 此外, 例如设想在该 3 个波长区域中分别具有两个发光要素的发光装置, 为了使 D_{uv} 降低, 例如还可以进行如下操作等: 提高短波长区域内的两个发光要素中相对地位于短波长侧的发光要素的相对强度、提高长波长区域内的两个发光要素中相对地位于长波长侧的发光要素的相对强度。另外, 此时, 为了在不改变 CCT 的情况下使 D_{uv} 降低, 只要同时进行如下操作即可: 提高短波长区域内的两个发光要素中相对地位于短波长侧的发光要素的相对强度、并且提高长波长区域内的两个发光要素中相对地位于长波长侧的发光要素的相对强度。而且, 在使 D_{uv} 向正侧变化时, 只要进行与上述记载相反的操作即可。

[0740] 另一方面, 作为用于改变与假设利用该发光装置进行照明时的该 15 种色卡的色貌和假设利用计算用基准光进行照明时的色貌之间的差有关的 $|\Delta h_n|$ 、

$$[0741] \quad \frac{\sum_{n=1}^{15} \Delta C_n}{15}$$

[0742] ΔC_n 、($\Delta C_{\max} - \Delta C_{\min}$) 的方法, 特别是为了使 ΔC_n 增大, 在整体地调整光谱分布使得 D_{uv} 成为期望值的基础上, 可以进行如下操作。将各发光要素置换为半值全宽窄的材料, 作为光谱形状, 为了在各发光要素之间适当地分离的各发光要素的光谱中形成凹凸, 可以采取如下方式等: 在照明光源、照明器具等中设置吸收期望波长的滤波器、在发光装置中进一步增加搭载进行窄波段发光的发光要素。

[0743] 如上所述, 在本发明中明确了用于实现以下目的的第一意义的照明方法或发光装置, 即: 在进行了视觉实验的约 150lx 到约 5000lx 的照度范围中, 使得具有各种色相的各种各样的照明对象物成为如在室外那样超过 10000lx 的高照度环境下看到的自然、生动、视觉辨认性高、且舒适的色貌、物体外貌。特别是能够使各个色相显得自然鲜艳, 同时与实验用基准光相比, 能够使白色物感觉更白。

[0744] 本发明的照明方法中的用于实现如在高照度环境下看到的、自然、生动、视觉辨认

性高、且舒适的色貌、物体外貌的手段是使照明对象物的位置处的光的 D_{uv} 处于适当范围，并且，使得与假设利用该光进行照明时的该 15 种色卡的色貌和假设利用计算用基准光进行照明时的该 15 种色卡的色貌之间的差有关的 $|\Delta h_n|$ 、

$$[0745] \quad \frac{\sum_{n=1}^{15} \Delta C_n}{15}$$

[0746] ΔC_n 、 $(\Delta C_{\max} - \Delta C_{\min})$ 等指标处于适当的范围。

[0747] 换言之，本发明的照明方法是在光谱分布中将从半导体发光元件射出的光包含为构成要素，并且向照明对象物照射 $|\Delta h_n|$ 、

$$[0748] \quad \frac{\sum_{n=1}^{15} \Delta C_n}{15}$$

[0749] ΔC_n 、 $(\Delta C_{\max} - \Delta C_{\min})$ 、 D_{uvSSL} 等处于适当范围的光的照明方法，作为本发明的照明方法中使用的发光装置，只要是能够进行如上所述的照明的装置即可，可以是采用任何结构的装置。该装置例如可以是照明光源单体，也可以是在散热板等上搭载了至少一个以上的该光源的照明用模块，还可以是在该光源或模块中附带有透镜、反射机构、驱动用电气电路等的照明器具。而且，也可以是集合了光源单体、模块单体、器具单体等，并且至少具有对它们进行支撑的机构的照明系统。

[0750] 另外，本发明的发光装置中的用于实现如在高照度环境下看到的自然、生动、视觉辨认性高、且舒适的色貌、物体外貌的手段是使得根据在主辐射方向上射出的光的光谱分布求出的 D_{uv} 处于适当范围的发光装置，并且，是使得指标 A_{cg} 处于适当范围的发光装置。

[0751] 换言之，本发明是将从半导体发光元件射出的光作为光谱构成要素包含在主辐射方向的光谱分布中、并且根据该辐射方向的光的光谱分布导出的 D_{uv} 、指标 A_{cg} 处于适当范围的发光装置，只要是这样的发光装置，就可以是采用任何结构的装置。该装置例如可以是照明光源单体，也可以是在散热板等上搭载了至少一个以上的该光源的照明用模块，还可以是在该光源或模块中附带有透镜、反射机构、驱动用电气电路等的照明器具。而且，也可以是集合了光源单体、模块单体、器具单体等，并且至少具有对它们进行支撑的机构的照明系统。

[0752] 产业上的可利用性

[0753] 本发明的照明方法、或者照明光源、照明器具以及照明系统等发光装置的应用领域非常广，可以在不限于特定用途的情况下进行使用。但是，根据本发明的照明方法或发光装置的特长，优选应用于以下领域。

[0754] 例如，在利用本发明的照明方法或发光装置进行照明时，与以往的照明方法或发光装置相比，即使是几乎相同的 CCT、几乎相同的照度，白色看起来更白、更自然、更舒服。而且，也容易视觉辨认白色、灰色、黑色等非彩色颜色之间的亮度差。

[0755] 因此，例如，容易读取一般的白色纸上的黑色文字等。优选充分利用如上所述的特

长,而应用于阅读灯、学习机用照明、办公用照明等作业用照明。而且,根据作业内容不同,在工厂等中,还要考虑到进行精细部件的外观检查、在布料等上进行接近颜色的辨别、进行用于确认生肉的新鲜度的颜色确认、进行与限度样品对照的产品检查等情况,但是在利用本发明的照明方法进行照明时,容易辨别接近的色相的颜色,能够实现就好像在高照度环境下那样舒适的作业环境。由此,从这方面讲,也优选应用于作业用照明。

[0756] 而且,由于颜色的辨别能力提高,因此优选应用于例如外科手术用光源、胃镜等中使用的光源等的医疗用照明。这是因为,虽然动脉血富含氧从而为鲜红色,但是静脉血却富含二氧化碳从而为暗红色。虽然两者都同样为红色,但是其彩度不同,因此,利用实现了良好色貌(彩度)的本发明的照明方法或装置,可以期待容易地判别动脉血和静脉血。另外,可知在像内窥镜那样的彩色图像信息中良好的颜色显示对诊断有很大的影响,可期待容易地区分正常的部位和病变的部位等。基于同样的原因,也适合用作产品的图像判定器等工业用设备内的照明方法。

[0757] 在利用本发明的照明方法或发光装置进行照明时,即使照度为几千 Lx 到几百 Lx 左右,针对紫色、蓝紫色、蓝色、蓝绿色、绿色、黄绿色、黄色、黄红色、红色、紫红色等大半颜色,根据情况可以针对所有颜色,实现了例如像晴朗的日子的室外照度下那样数万 lx 的程度下看到的真实、自然的色貌。另外,对于具有中间彩度的、被实验者(日本人)的肤色、各种食品、服装、木材颜色等,也成为许多被实验者感觉更加理想的自然色貌。

[0758] 由此,如果将本发明的照明方法或发光装置应用于家庭用途等一般照明中,则使得食品看起来新鲜且促进食欲,报纸和杂志等也容易阅览,台阶等的视觉辨认性也得到提高,从而有助于家庭内的安全性提高。由此,优选将本发明应用于家庭用照明中。另外,也优选作为服装、食品、汽车、包、鞋、装饰品、家具等展示物用照明,能够实现从周边突显出来而能视觉辨认的照明。也优选作为化妆品等、颜色的微妙差异成为购买决定性因素的物品的照明。当作为白色服装等展示物用照明来使用时,即使是相同的白色,也容易视觉辨认发蓝的白、接近乳白色的白等微妙的颜色差异,因此能够选择出本人希望的颜色。而且,也适合作为婚礼礼堂、剧场等中的演出用照明,纯粹的白色的服装等看起来纯白,歌舞伎等的和服、京剧脸谱等也看起来清楚。而且肤色也能突显出来,十分理想。另外,当作为美容室的照明来使用时,在对毛发进行彩色处理时,能够成为与在室外看到时没有差异的颜色,能够防止过度染色和染色不足。

[0759] 而且,白色看起来更白,容易进行非彩色颜色的辨别,并且,彩色颜色也自然鲜艳,因此在有限的一定空间中,适合作为进行多种活动的场所中的光源。例如,在飞机内的客席中,可以读书、可以工作、可以用餐。而且在电车、长途客车等中情况也是类似的。本发明适合作为如上所述的交通工具的内部装饰用照明。

[0760] 而且,由于白色看起来更白,容易进行非彩色颜色的辨别,并且,彩色颜色也自然鲜艳,因此能够将美术馆等中的绘画等照明成如在室外看到的那样自然的色调,因而本发明也适合作为美术品用照明。

[0761] 另一方面,本发明也适合作为高龄者用照明。即,在细的文字在通常的照度下很难看清、或者很难看见台阶等的情况等中,通过应用本发明的照明方法或发光装置,也容易实现非彩色颜色间、或彩色颜色间的辨别,因此能够解决这些问题。由此,在疗养院或医院的候诊室、书店或图书馆等、供不确定多数的人利用的公共设施等的照明中,也适合利用本发

明。

[0762] 而且,在根据容易因各种原因成为比较低的照度的照明环境而确保视觉辨认性的应用中,也适合利用本发明的照明方法或发光装置。

[0763] 例如,也优选应用于路灯、汽车的前照灯、脚灯中,与使用了以往光源的情况相比,提高了各种情况的视觉辨认性。

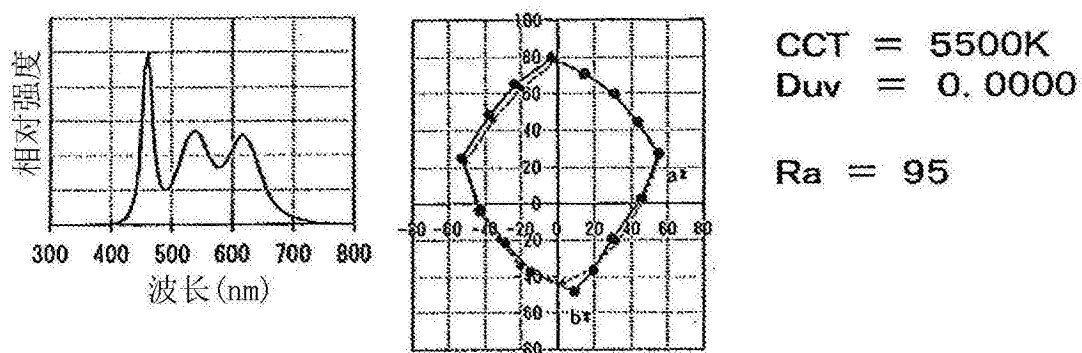


图 1

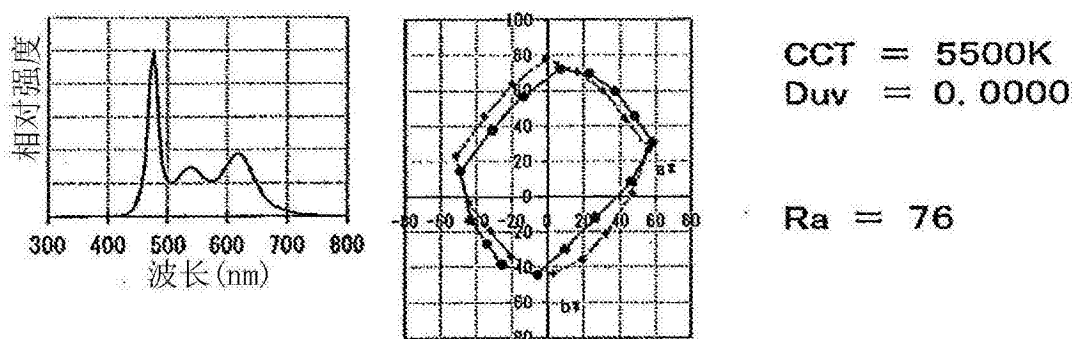


图 2

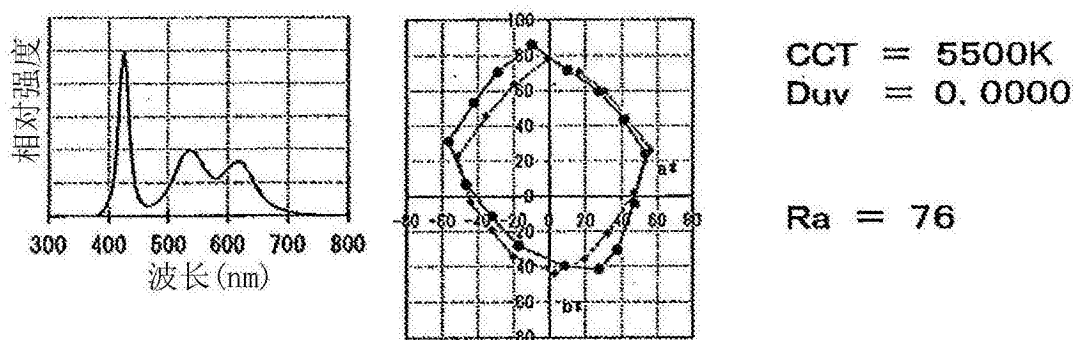


图 3

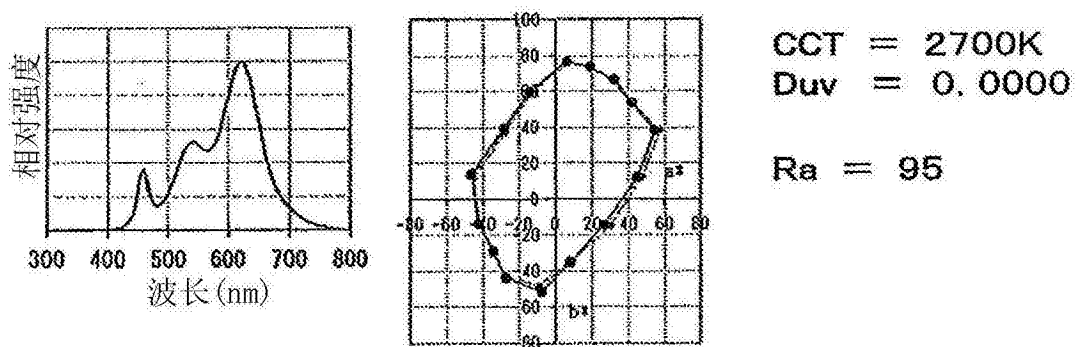


图 4

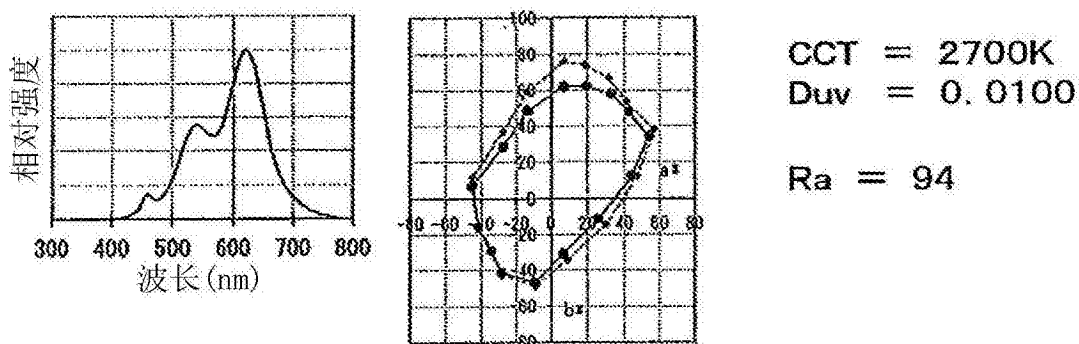


图 5

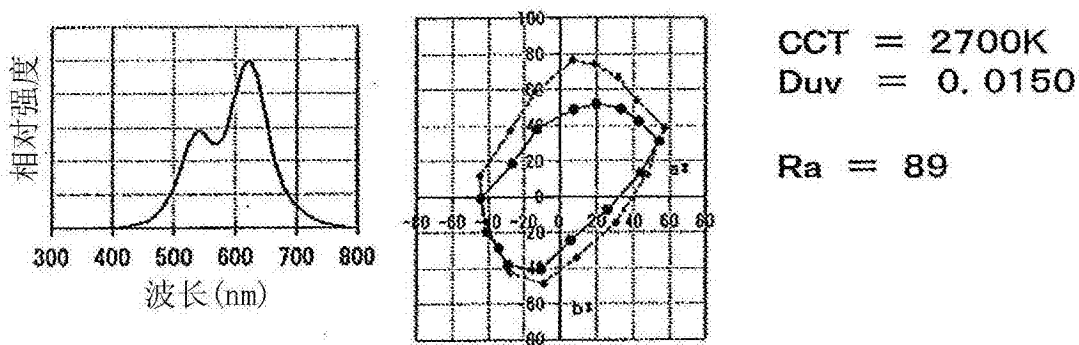


图 6

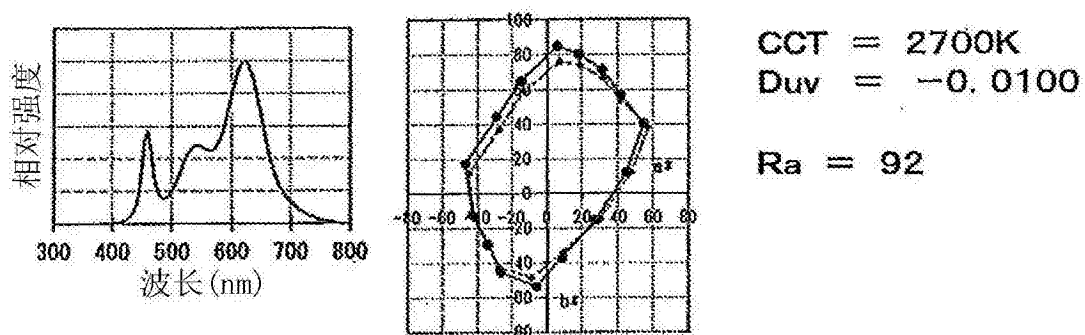


图 7

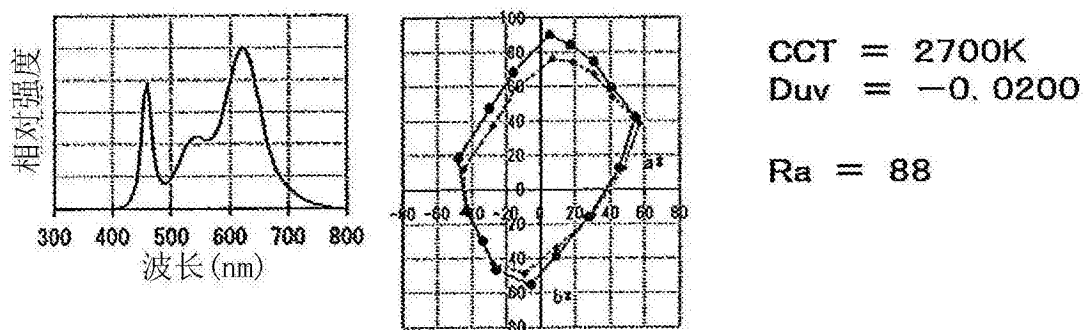


图 8

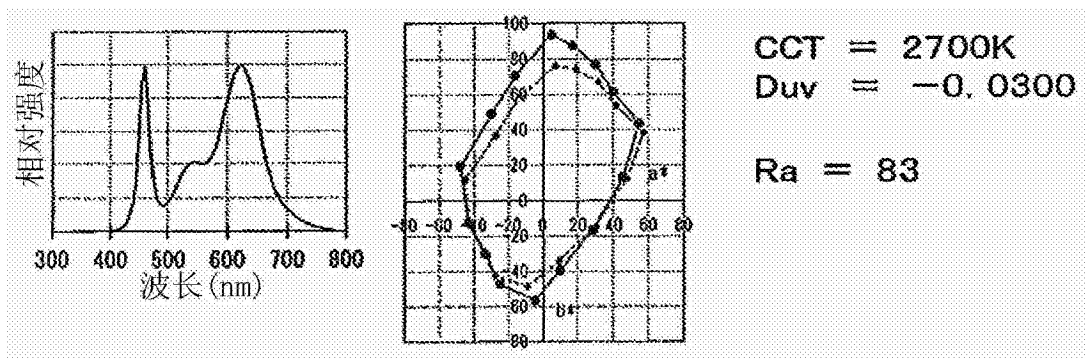


图 9

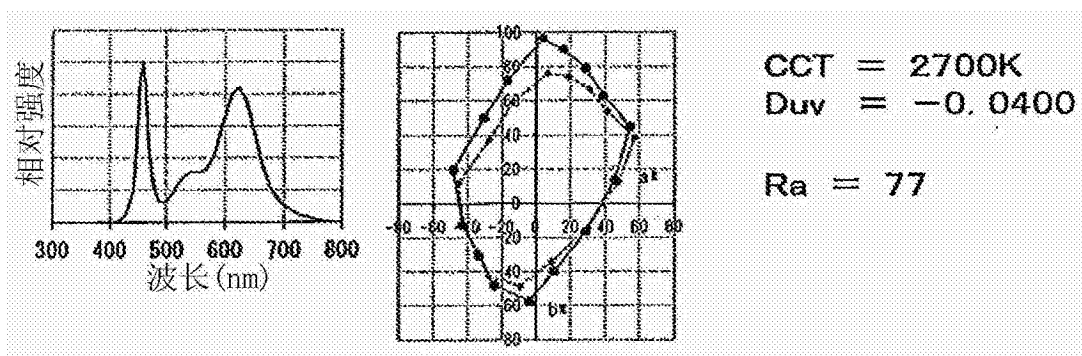


图 10

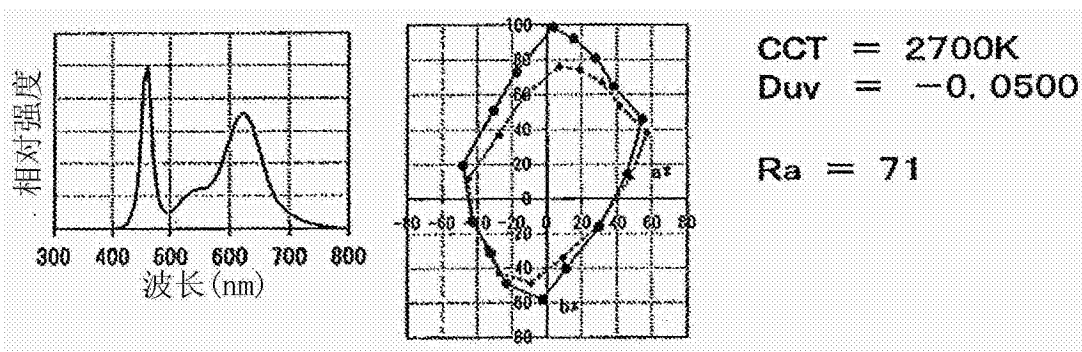


图 11

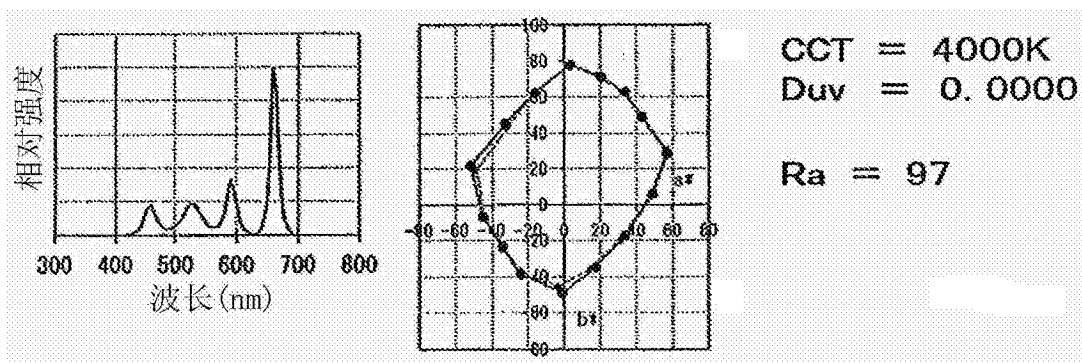


图 12

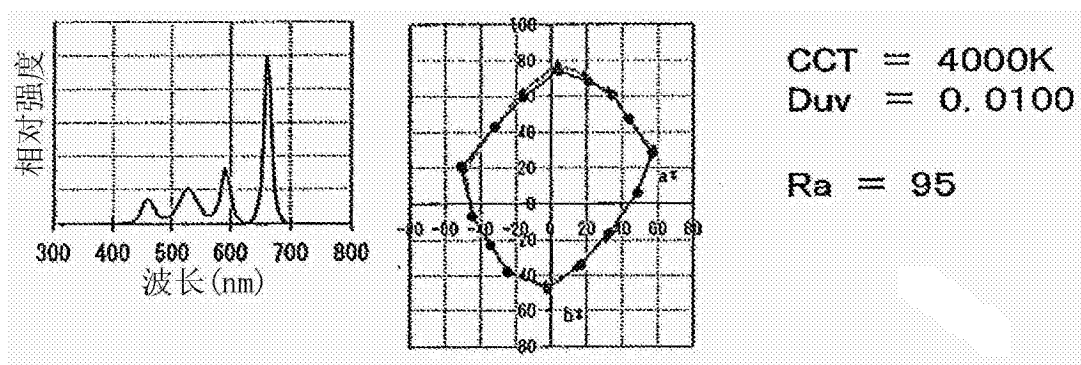


图 13

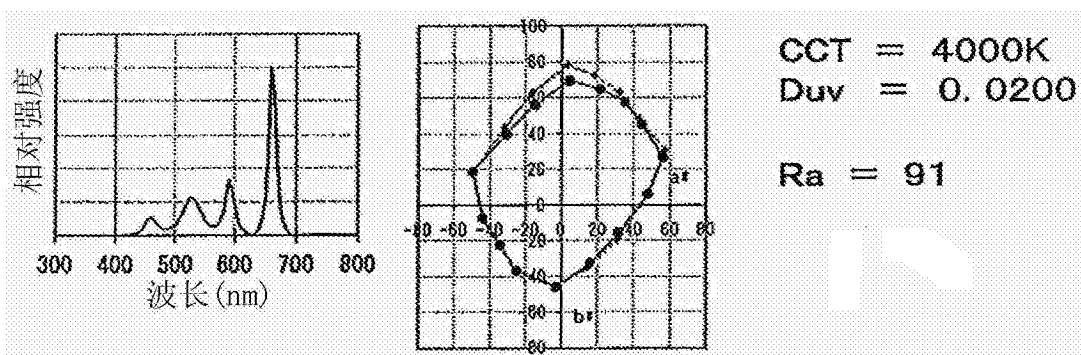


图 14

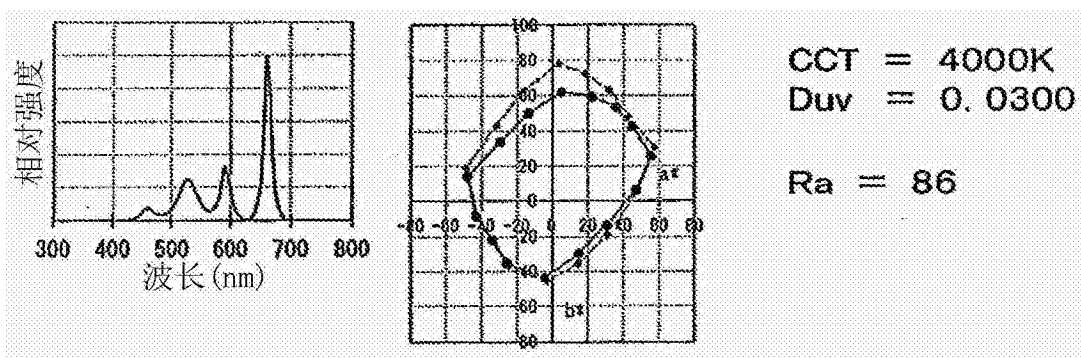


图 15

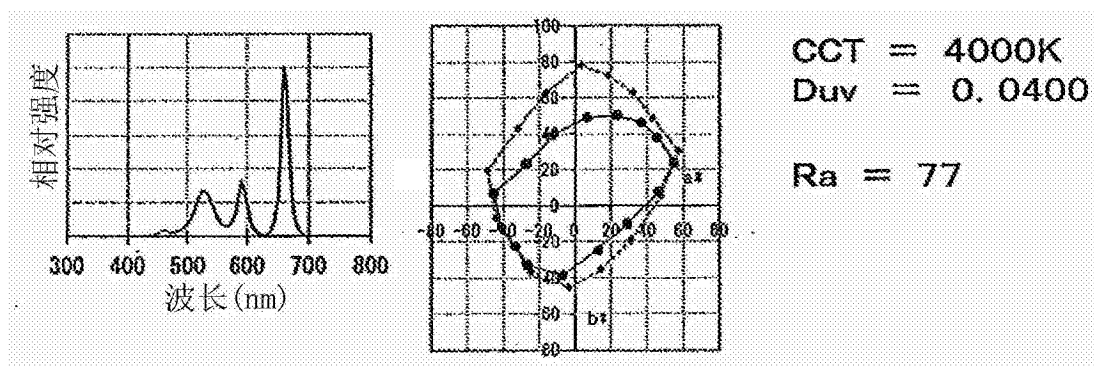


图 16

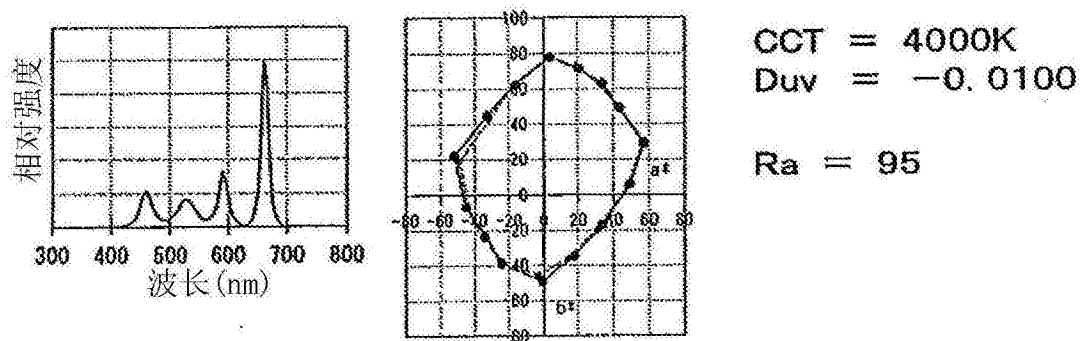


图 17

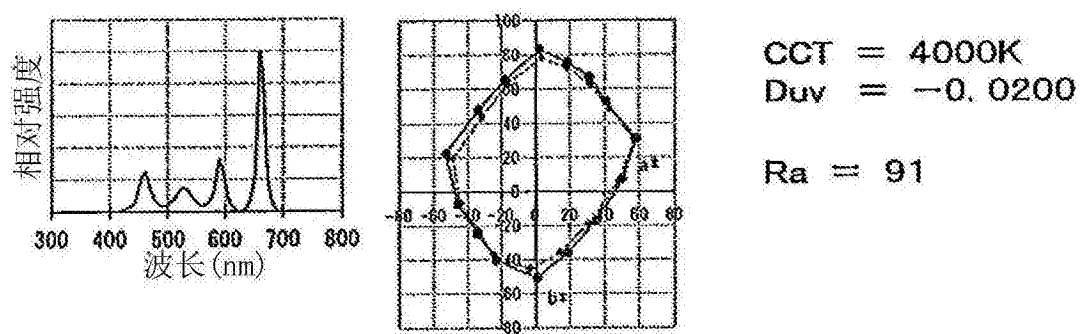


图 18

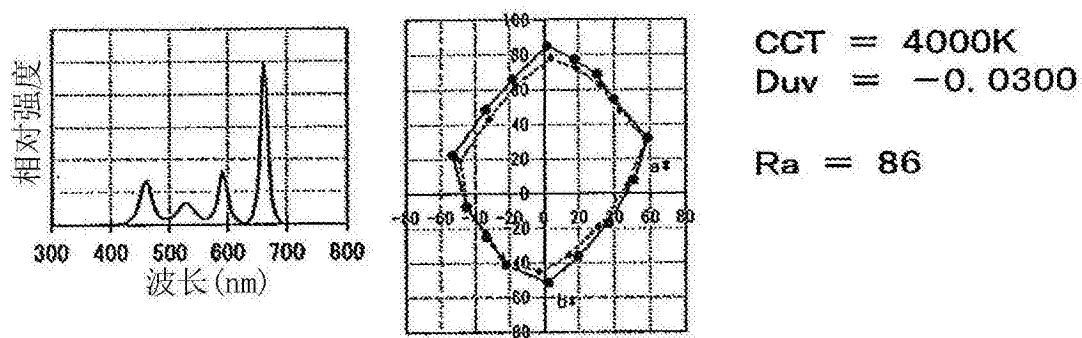


图 19

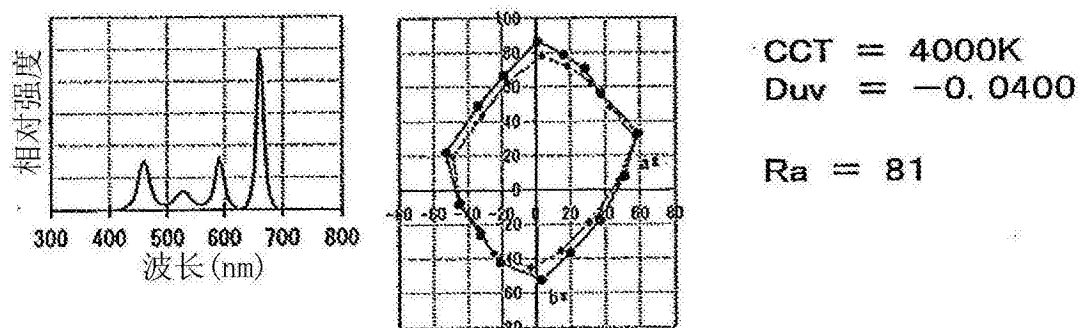


图 20

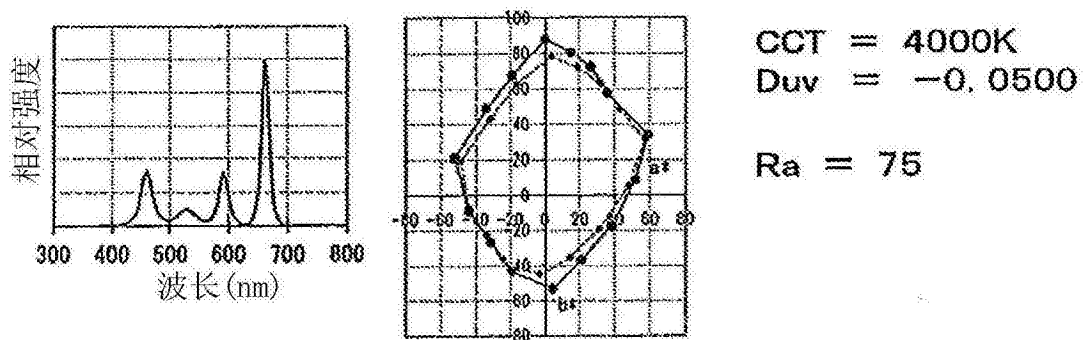


图 21

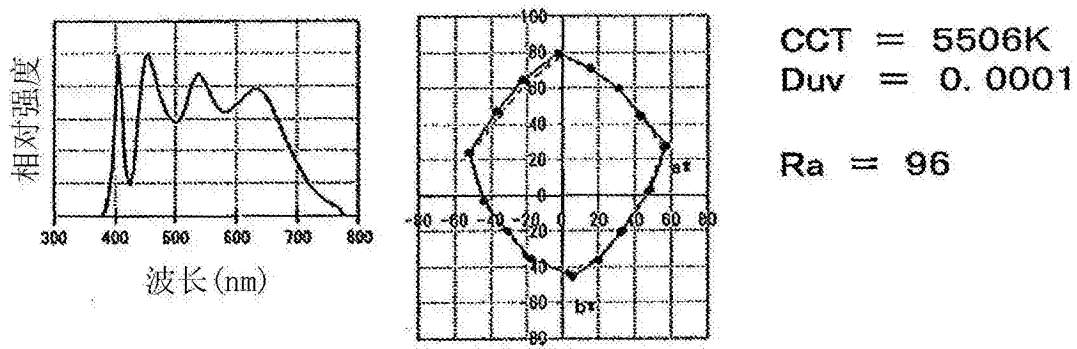


图 22

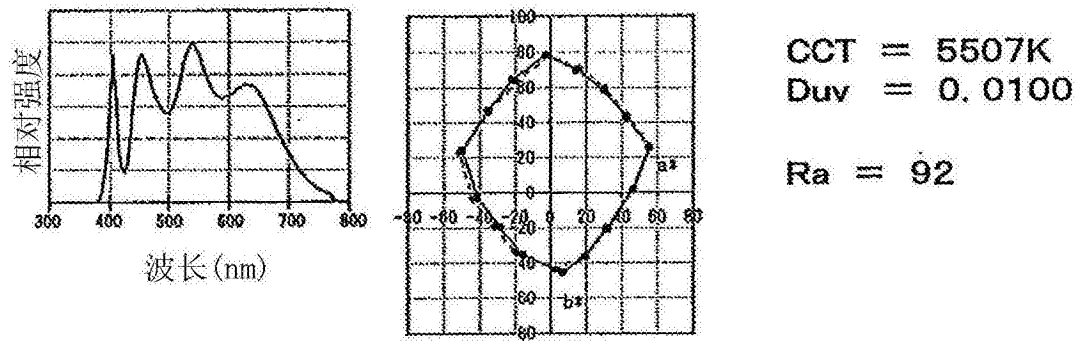


图 23

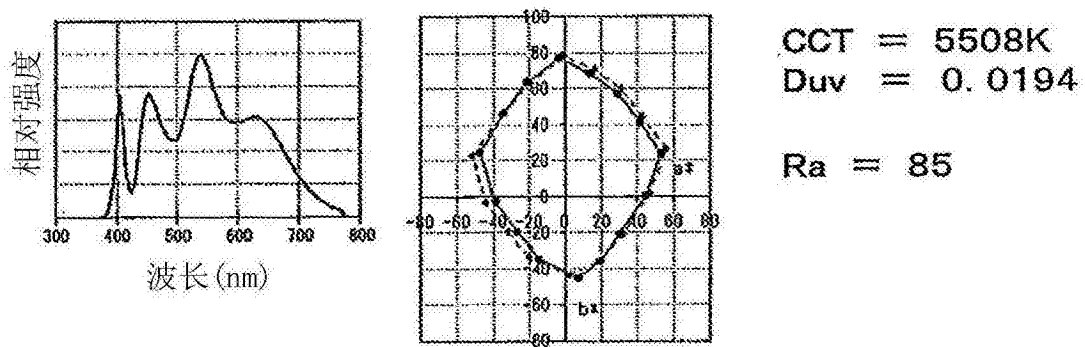


图 24

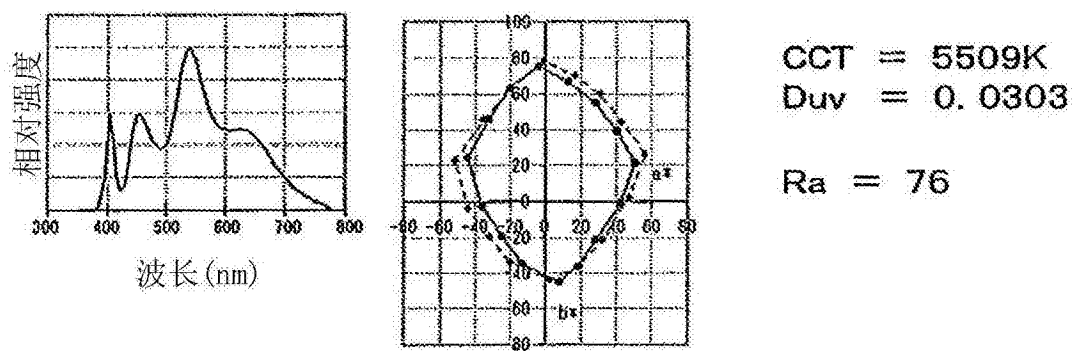


图 25

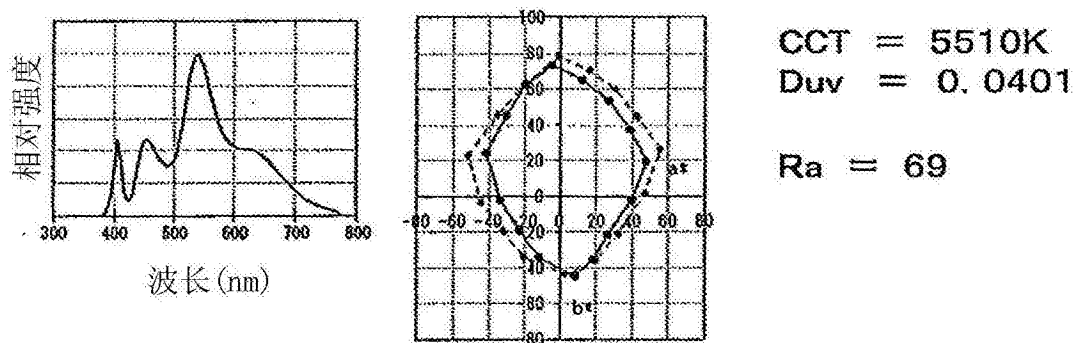


图 26

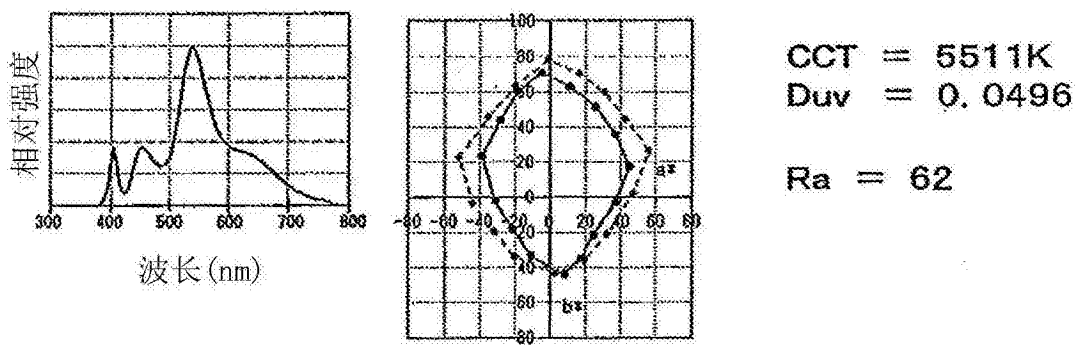


图 27

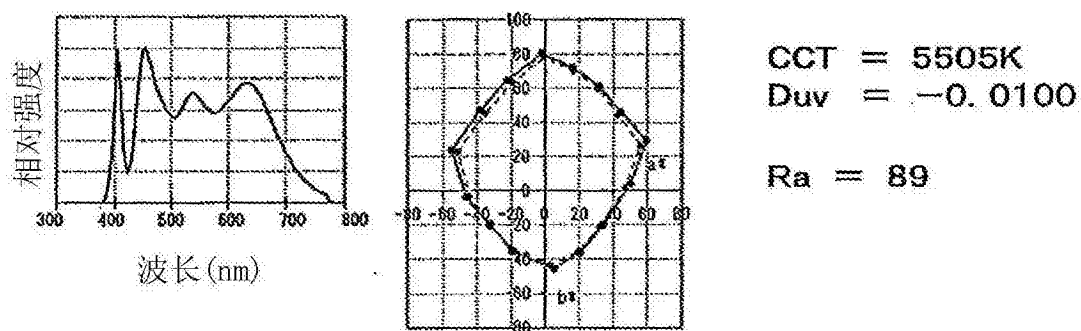


图 28

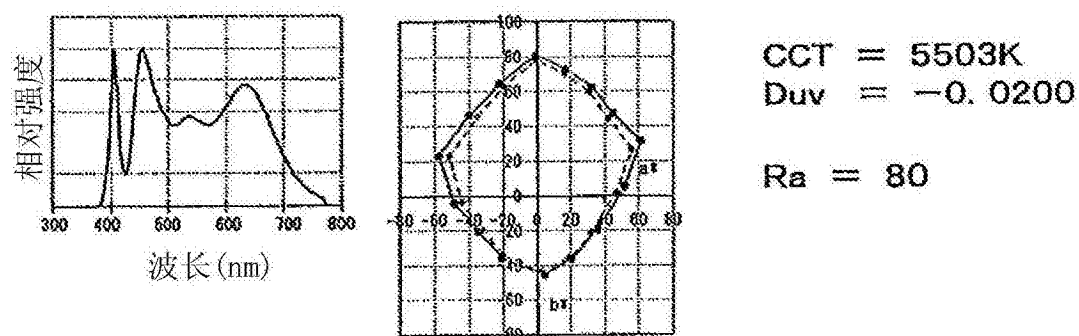


图 29

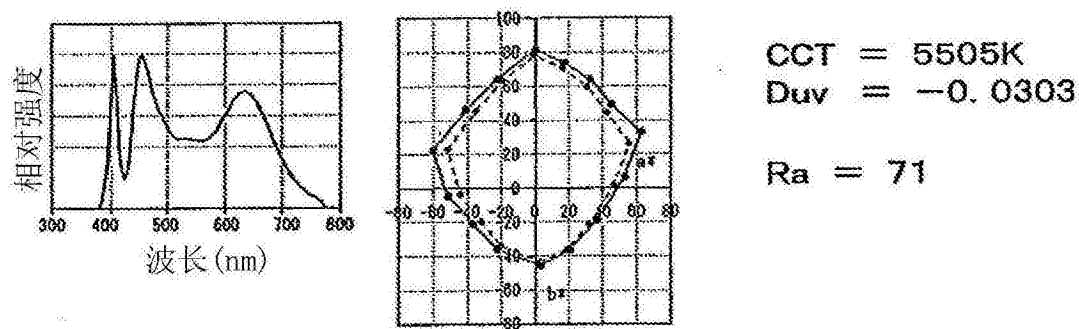


图 30

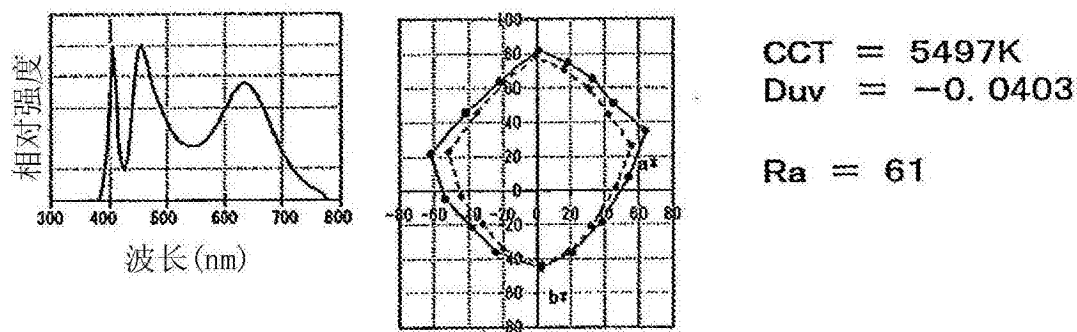


图 31

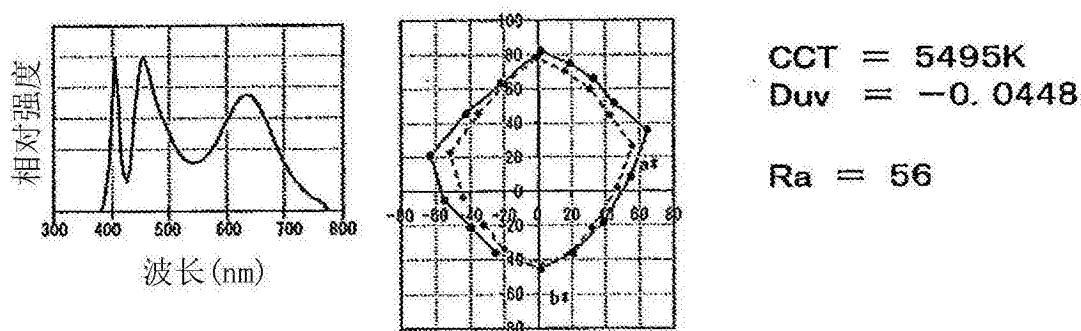


图 32

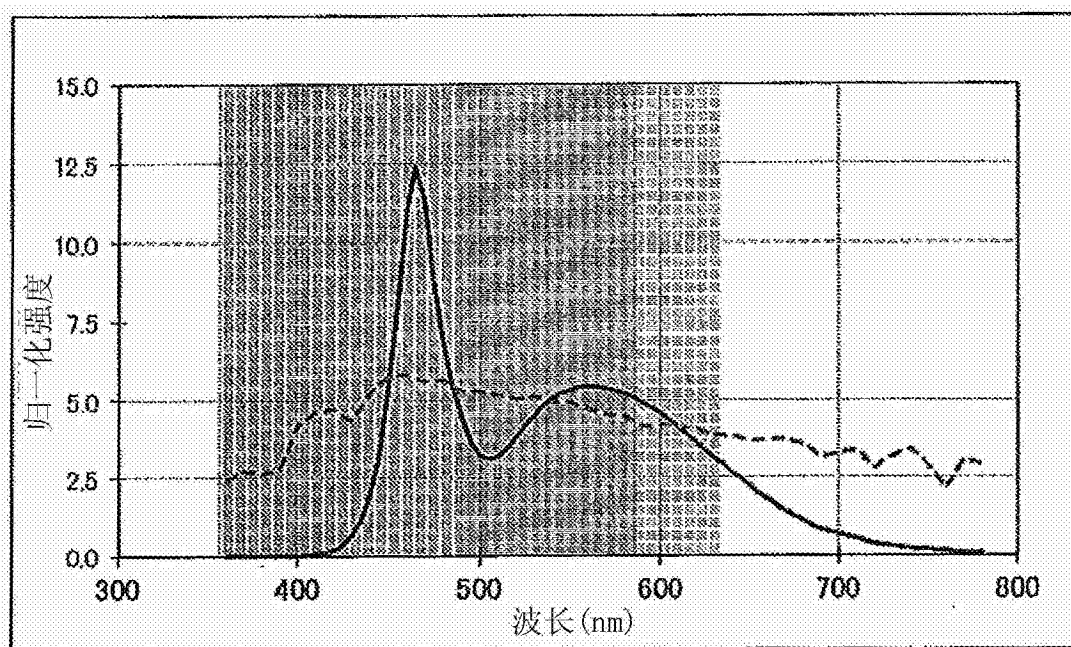


图 33

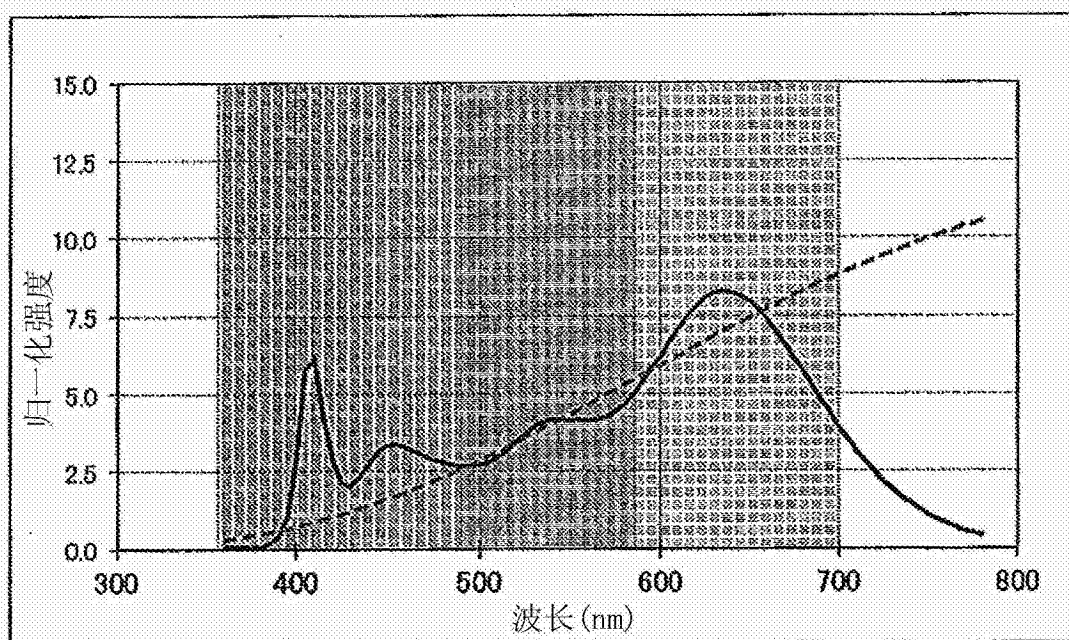
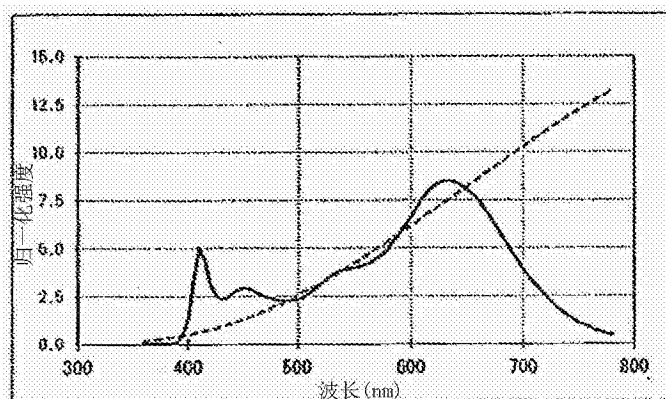


图 34



CCT = 2668.4K
Duv = -0.0180
Ra = 91

图 35

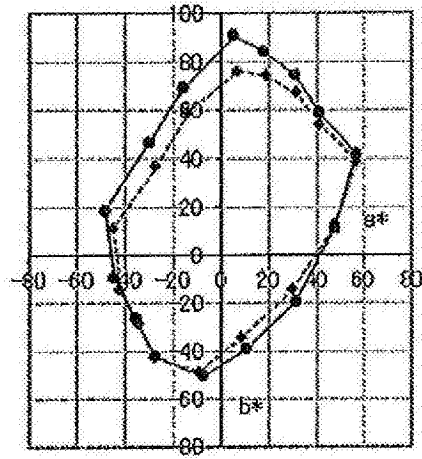


图 36

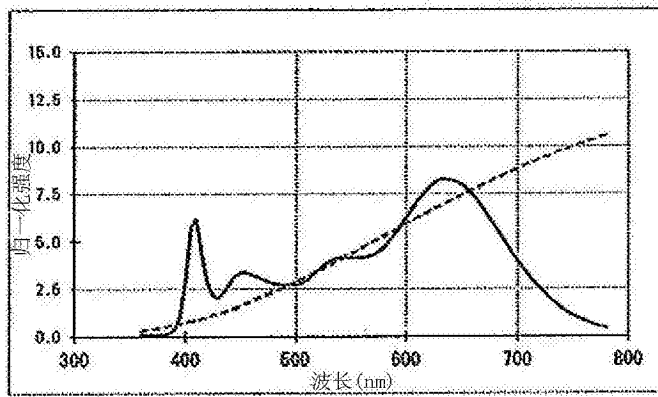
 $CCT = 2928.4K$ $Duv = -0.0174$ $Ra = 88$

图 37

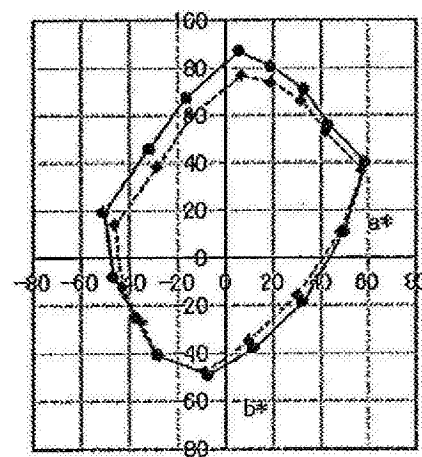
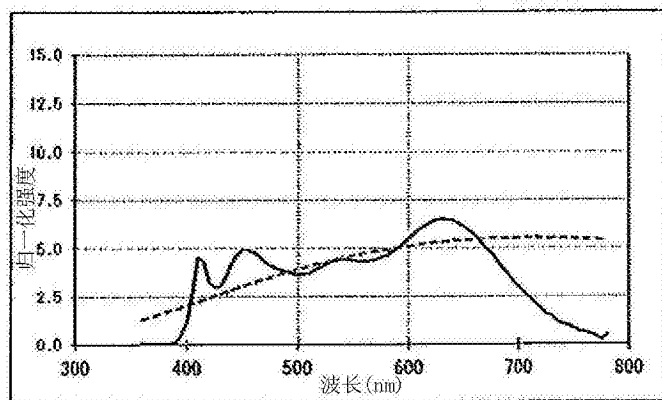


图 38



CCT = 4072.3K
Duv = -0.0167

Ra = 89

图 39

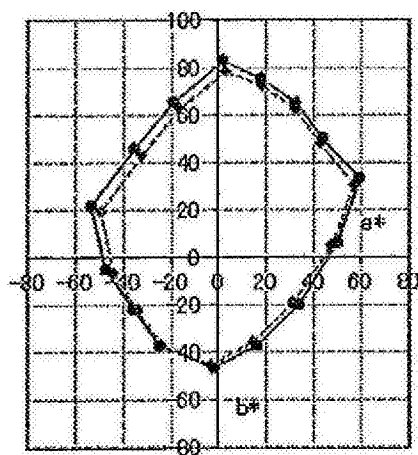
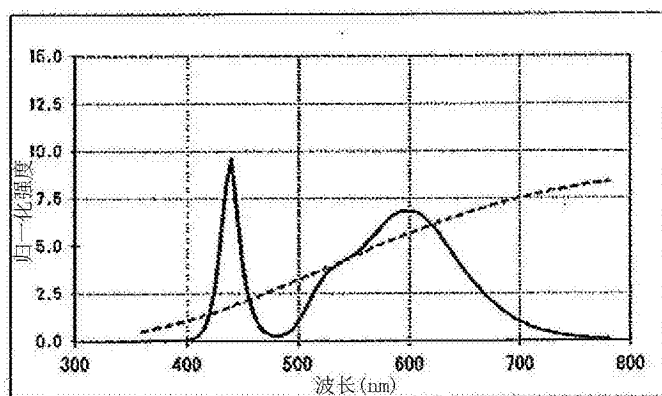


图 40



CCT = 3248.5K
Duv = -0.0183

Ra = 75

图 41

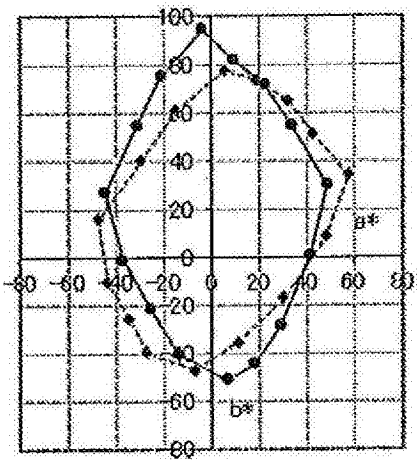


图 42