



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107750401 A

(43)申请公布日 2018.03.02

(21)申请号 201680036820.3

(74)专利代理机构 永新专利商标代理有限公司  
72002

(22)申请日 2016.06.23

代理人 房永峰

(30)优先权数据

2015-126776 2015.06.24 JP

2016-082968 2016.04.18 JP

(51)Int.Cl.

H01L 33/00(2010.01)

H01L 33/50(2010.01)

H05B 37/02(2006.01)

F21S 2/00(2016.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2017.12.22

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2016/068714 2016.06.23

(87)PCT国际申请的公布数据

W02016/208683 JA 2016.12.29

(71)申请人 株式会社东芝

地址 日本东京都

申请人 东芝高新材料公司

(72)发明人 山川昌彦 八木典章 小林薰平

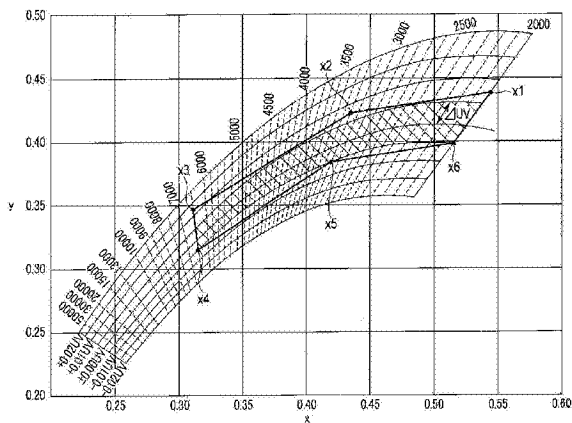
权利要求书5页 说明书46页 附图20页

(54)发明名称

白色光源系统

(57)摘要

能够通过美术馆的展示品等被要求与自然光同样的高彩色再现性的各种对象物的照明光源,考虑地域差、时间差地再现照射到地球上的太阳光,并且将能够放射担心对绘画等造成不良影响的紫外至蓝色发光成分被降低了的白色光的照明装置具体化。使用由紫外至紫色发光LED和荧光体的组合构成的至少4种白色光源,通过调节所使用的荧光体的材料种类、白色光源的混合比,来连续地再现特定季节、特定地域的太阳光的一日的变化,并且再现通过装置构造的研究而照顾到安全方面等的白色光。



1. 一种白色光源系统,其特征在于,

能够再现黑体辐射的轨迹上的特定色温的白色光以及具有与上述黑体辐射的轨迹之间的特定偏差的差异的相关色温的白色光,

在将从上述白色光源系统射出的白色光的发光光谱设为 $P(\lambda)$ ,将对应的色温的黑体辐射的发光光谱设为 $B(\lambda)$ ,将光谱光视效率的光谱设为 $V(\lambda)$ 的情况下,当在 $\lambda$ 为380nm至780nm的波长区域中 $P(\lambda)$ 、 $B(\lambda)$ 、 $V(\lambda)$ 满足下述式(1)时,上述 $P(\lambda)$ 以及上述 $B(\lambda)$ 在波长范围400nm至495nm中满足下述式(2),

[数1]

$$\int_{380}^{780} P(\lambda) V(\lambda) d\lambda = \int_{380}^{780} B(\lambda) V(\lambda) d\lambda \quad (1)$$

$$P(\lambda)/B(\lambda) \leq 1.8 \quad (2)。$$

2. 根据权利要求1所述的白色光源系统,其特征在于,

上述 $P(\lambda)$ 以及上述 $B(\lambda)$ 在波长范围400nm至495nm中满足下述式(5),

$$P(\lambda)/B(\lambda) \leq 1.5 \quad (5)。$$

3. 根据权利要求1或2所述的白色光源系统,其特征在于,

上述 $P(\lambda)$ 在380nm至780nm的波长范围示出没有中断的连续的发光光谱。

4. 根据权利要求1至3中任意一项所述的白色光源系统,其特征在于,

能够再现黑体辐射的轨迹上的特定范围的色温的白色光和与上述白色光的色温之间的偏差处于 $\pm 0.005\text{duv}$ 的范围内的任意的相关色温的白色光。

5. 根据权利要求4所述的白色光源系统,其特征在于,

能够再现黑体辐射的轨迹上的2000K至6500K的色温的白色光和与上述白色光的色温之间的偏差处于 $\pm 0.005\text{duv}$ 的范围内的任意的相关色温的白色光。

6. 根据权利要求1至5中任意一项所述的白色光源系统,其特征在于,

在将 $P(\lambda) \times V(\lambda)$ 成为最大的波长设为 $\lambda_{\text{max}1}$ ,将 $B(\lambda) \times V(\lambda)$ 成为最大的波长设为 $\lambda_{\text{max}2}$ 时,满足下述式(3),

$$-0.2 \leq [(P(\lambda) \times V(\lambda)) / (P(\lambda_{\text{max}1}) \times V(\lambda_{\text{max}1})) - (B(\lambda) \times V(\lambda)) / (B(\lambda_{\text{max}2}) \times V(\lambda_{\text{max}2}))] \leq +0.2 \quad (3)。$$

7. 根据权利要求6所述的白色光源系统,其特征在于,

满足下述式(4),

$$-0.1 \leq [(P(\lambda) \times V(\lambda)) / (P(\lambda_{\text{max}1}) \times V(\lambda_{\text{max}1})) - (B(\lambda) \times V(\lambda)) / (B(\lambda_{\text{max}2}) \times V(\lambda_{\text{max}2}))] \leq +0.1 \quad (4)。$$

8. 一种白色光源系统,其特征在于,

能够再现黑体辐射的轨迹上的特定范围的色温的白色光和与上述黑体辐射的轨迹具有特定偏差的差异的相关色温的白色光,

从上述白色光源系统射出的白色光的一般显色指数 $R_a$ 为95以上,显色指数 $R_1$ 至 $R_8$ 以及特殊显色指数 $R_9$ 至 $R_{15}$ 全部为85以上。

9. 根据权利要求8所述的白色光源系统,其特征在于,

从上述白色光源系统射出的白色光的一般显色指数 $R_a$ 为97以上,显色指数 $R_1$ 至 $R_8$ 以及

特殊显色指数 $R_9$ 至 $R_{15}$ 全部为90以上。

10. 根据权利要求8或9所述的白色光源系统,其特征在在于,

在将从上述白色光源系统射出的白色光的发光光谱设为 $P(\lambda)$ 时,上述 $P(\lambda)$ 在380nm至780nm的波长范围示出没有中断的连续的发光光谱。

11. 根据权利要求8至10中任意一项所述的白色光源系统,其特征在在于,

能够再现黑体辐射的轨迹上的2000K至6500K的色温的白色光和与上述白色光的色温之间的偏差处于 $\pm 0.005\text{duv}$ 的范围内的任意的相关色温的白色光。

12. 根据权利要求8至11中任意一项所述的白色光源系统,其特征在在于,

在将从上述白色光源系统射出的白色光的发光光谱设为 $P(\lambda)$ ,将对应的色温的黑体辐射的发光光谱设为 $B(\lambda)$ ,将光谱光视效率的光谱设为 $V(\lambda)$ ,将 $P(\lambda) \times V(\lambda)$ 成为最大的波长设为 $\lambda_{\text{max}1}$ ,将 $B(\lambda) \times V(\lambda)$ 成为最大的波长设为 $\lambda_{\text{max}2}$ 时,满足下述式(3),

$$-0.2 \leq [(P(\lambda) \times V(\lambda)) / (P(\lambda_{\text{max}1}) \times V(\lambda_{\text{max}1})) - (B(\lambda) \times V(\lambda)) / (B(\lambda_{\text{max}2}) \times V(\lambda_{\text{max}2}))] \leq +0.2 \quad (3)$$

13. 根据权利要求12所述的白色光源系统,其特征在在于,

满足下述式(4),

$$-0.1 \leq [(P(\lambda) \times V(\lambda)) / (P(\lambda_{\text{max}1}) \times V(\lambda_{\text{max}1})) - (B(\lambda) \times V(\lambda)) / (B(\lambda_{\text{max}2}) \times V(\lambda_{\text{max}2}))] \leq +0.1 \quad (4)$$

14. 根据权利要求8至13中任意一项所述的白色光源系统,其特征在在于,

在将从上述白色光源系统射出的白色光的发光光谱设为 $P(\lambda)$ ,将对应的色温的黑体辐射的发光光谱设为 $B(\lambda)$ ,将光谱光视效率的光谱设为 $V(\lambda)$ 的情况下,当在 $\lambda$ 为380nm至780nm的波长区域中 $P(\lambda)$ 、 $B(\lambda)$ 、 $V(\lambda)$ 满足下述式(1)时,上述 $P(\lambda)$ 以及上述 $B(\lambda)$ 在波长范围400nm至495nm中满足下述式(2),

[数2]

$$\int_{380}^{780} P(\lambda) V(\lambda) d\lambda = \int_{380}^{780} B(\lambda) V(\lambda) d\lambda \quad (1)$$

$$P(\lambda) / B(\lambda) \leq 1.8 \quad (2)$$

15. 根据权利要求14所述的白色光源系统,其特征在在于,

上述 $P(\lambda)$ 以及上述 $B(\lambda)$ 在波长范围400nm至495nm中满足下述式(5),

$$P(\lambda) / B(\lambda) \leq 1.5 \quad (5)$$

16. 根据权利要求1至15中任意一项所述的白色光源系统,其特征在在于,

上述白色光源包括射出发光峰值波长为360nm~420nm的紫外至紫色的一次光的LED和吸收来自上述LED的一次光并射出白色的二次光的荧光体。

17. 根据权利要求16所述的白色光源系统,其特征在在于,

还包括含有上述荧光体以及树脂的荧光体层。

18. 根据权利要求17所述的白色光源系统,其特征在在于,

上述荧光体层的膜厚为0.07mm以上1.5mm以下。

19. 根据权利要求17或18所述的白色光源系统,其特征在在于,

上述荧光体层中的上述荧光体的质量比为60质量%以上90质量%以下。

20. 根据权利要求16至19中任意一项所述的白色光源系统,其特征在于,上述荧光体的平均粒径为 $5\mu\text{m}$ 以上 $50\mu\text{m}$ 以下。
21. 根据权利要求17至21中任意一项所述的白色光源系统,其特征在于,上述荧光体层形成为覆盖上述LED,从上述白色光源系统射出的LED一次光的强度为 $0.4\text{mW}/\text{lm}$ 以下。
22. 根据权利要求16至21中任意一项所述的白色光源系统,其特征在于,上述荧光体是蓝色荧光体、绿色荧光体、黄色荧光体、红色荧光体中的至少3种荧光体的混合物。
23. 根据权利要求22所述的白色光源系统,其特征在于,上述荧光体是从由蓝色荧光体、绿色荧光体、黄色荧光体以及红色荧光体构成的组中选择的至少4种荧光体的混合物。
24. 根据权利要求22或23所述的白色光源系统,其特征在于,上述荧光体的混合物中还含有蓝绿色荧光体。
25. 根据权利要求22至24中任意一项所述的白色光源系统,其特征在于,将上述荧光体的混合物所包含的各荧光体的发光光谱的峰值与相邻的峰值的峰值波长间隔为 $150\text{nm}$ 以下。
26. 根据权利要求22至25中任意一项所述的白色光源系统,其特征在于,上述荧光体的混合物所包含的各荧光体示出具有 $50\text{nm}$ 以上的半光谱幅值的发光光谱。
27. 根据权利要求22至26中任意一项所述的白色光源系统,其特征在于,上述荧光体的混合物所包含的各荧光体的发光光谱具有不同的峰值波长,并且具有至少一处各发光光谱的一部分与其他发光光谱重叠的波长区域。
28. 根据权利要求22至27中任意一项所述的白色光源系统,其特征在于,上述蓝色荧光体是发光峰值波长为 $480$ 至 $500\text{nm}$ 的铈激活锶铝酸盐荧光体、以及发光峰值波长为 $440$ 至 $460\text{nm}$ 的铈激活碱土类磷酸盐荧光体中的至少1种。
29. 根据权利要求22至28中任意一项所述的白色光源系统,其特征在于,上述绿色荧光体是发光峰值波长为 $520$ 至 $550\text{nm}$ 的铈激活原硅酸盐荧光体、发光峰值波长为 $535\sim 545\text{nm}$ 的铈激活 $\beta$ 赛隆荧光体、以及发光峰值波长为 $520$ 至 $540\text{nm}$ 的铈激活锶塞隆荧光体中的至少1种。
30. 根据权利要求22至29中任意一项所述的白色光源系统,其特征在于,上述黄色荧光体是发光峰值波长为 $550$ 至 $580\text{nm}$ 的铈激活原硅酸盐荧光体、以及发光峰值波长为 $550\sim 580\text{nm}$ 的铈激活稀土类铝石榴石荧光体中的至少1种。
31. 根据权利要求22至30中任意一项所述的白色光源系统,其特征在于,上述红色荧光体是发光峰值波长为 $600\sim 630\text{nm}$ 的铈激活锶塞隆荧光体、发光峰值波长为 $620\sim 660\text{nm}$ 的铈激活钙氮化物铝硅酸盐荧光体、以及发光峰值波长为 $640\sim 660\text{nm}$ 的锰激活氟锆酸镁荧光体中的至少1种。
32. 根据权利要求22至31中任意一项所述的白色光源系统,其特征在于,在将上述白色光源系统的点亮初始和连续点亮 $6000$ 小时后的色度变化用CIE色度图上的色度的变化表示时,上述色度变化小于 $0.01$ 。
33. 根据权利要求1至32中任意一项所述的白色光源系统,其特征在于,具备:

至少4种LED模块,示出在黑体轨迹的正侧具有偏差的xy色度图上的至少2点和在黑体轨迹的负侧具有偏差的xy色度图上的至少2点的色度点各自的白色发光;以及

控制部,控制上述至少4种LED模块的发光强度,

通过将来自被控制为任意的强度的上述至少4种LED模块的发光混合,能够再现黑体辐射的轨迹上的特定范围的色温的白色光和与上述白色光的色温之间的偏差处于 $\pm 0.005\text{duv}$ 的范围内的任意的相关色温的白色光。

34. 根据权利要求1至32中任意一项所述的白色光源系统,其特征在于,具备:

至少6种LED模块,示出在黑体轨迹的正侧具有偏差的xy色度图上的至少3点和在黑体轨迹的负侧具有偏差的xy色度图上的至少3点的色度点各自的白色发光;以及

控制部,控制上述至少6种LED模块的发光强度,

通过将来自被控制为任意的强度的上述至少6种LED模块的发光混合,能够再现黑体辐射的轨迹上的2000K至6500K的色温的白色光和与上述白色光的色温之间的偏差处于 $\pm 0.005\text{duv}$ 的范围内的任意的相关色温的白色光。

35. 根据权利要求33或34所述的白色光源系统,其特征在于,

上述LED模块包括基板、安装在上述基板上的射出紫外至紫色的一次光的LED、以及吸收来自上述LED的一次光并射出白色的二次光的荧光体。

36. 根据权利要求35所述的白色光源系统,其特征在于,

上述LED是InGaN系LED、GaN系LED或者AlGaIn系LED,并且是发光峰值波长为360nm至420nm的紫外至紫色光的发光二极管。

37. 根据权利要求35或36所述的白色光源系统,其特征在于,

上述基板由氧化铝板或环氧玻璃板构成。

38. 根据权利要求35至37中任意一项所述的白色光源系统,其特征在于,

包括形成在上述基板上的导电部。

39. 根据权利要求38所述的白色光源系统,其特征在于,

上述导电部包含从由Ag、Pt、Ru、Pd以及Al构成的组中选择出的至少1种金属。

40. 根据权利要求39所述的白色光源系统,其特征在于,

包含形成在上述导电部的表面的Au膜。

41. 根据权利要求35至40中任意一项所述的白色光源系统,其特征在于,

上述LED包含多个LED芯片,上述多个LED芯片排列为线状或栅格状。

42. 根据权利要求41所述的白色光源系统,其特征在于,

包含上述多个LED芯片排列为线状的芯片列,上述芯片列形成有至少1列以上。

43. 根据权利要求41或42所述的白色光源系统,其特征在于,具备:

硅树脂含有层,被设置成覆盖上述多个LED芯片中的至少一个LED芯片的上表面或者侧面;以及

荧光体,分散在上述硅树脂含有层中,通过从上述至少一个LED芯片射出的光而发出可见光。

44. 根据权利要求43所述的白色光源系统,其特征在于,

上述硅树脂含有层由多层构成,形成有包含硅树脂和分散在上述硅树脂中的荧光体的荧光体层、以及与上述荧光体层的内表面或外表面对置且包含硅树脂的透明树脂层。

45. 根据权利要求44所述的白色光源系统,其特征在于,  
上述透明树脂层包含无机化合物粉末,该无机化合物粉末具有通过上述透明树脂层的光的波长的1/4以下的最大粒径。
46. 根据权利要求45所述的白色光源系统,其特征在于,  
上述无机化合物粉末是从二氧化硅粉末或氧化铝粉末中选择出的至少1种。
47. 根据权利要求45或46所述的白色光源系统,其特征在于,  
上述透明树脂层中的上述无机化合物粉末的含有量是0.1质量%以上5质量%以上的范围。
48. 根据权利要求43或44所述的白色光源系统,其特征在于,还包括:  
外围器件,形成为覆盖上述LED模块;  
透明部,形成在上述外围器件的一部分上并能够取出光;以及  
形成在上述透明部的内表面或者外表面、或上述硅树脂含有层的外表面并含有无机材料的粉末的膜。
49. 根据权利要求48所述的白色光源系统,其特征在于,  
上述无机材料含有从由氧化锌、氧化钛以及氧化铝构成的组中选择出的至少1种。
50. 根据权利要求48所述的白色光源系统,其特征在于,  
上述无机材料含有氧化硅以及氧化锆中的至少1种。
51. 根据权利要求48所述的白色光源系统,其特征在于,  
上述膜是2层以上的多层膜,包括:第1层,包含从由氧化锌、氧化钛以及氧化铝构成的组中选择出的至少1种和有机树脂;以及第2层,包含氧化硅以及氧化锆中的至少1种和有机树脂。
52. 根据权利要求43至51中任意一项所述的白色光源系统,其特征在于,  
上述基板是吸水率为5%以上60%以下的氧化铝基板,并且上述氧化铝基板与上述硅树脂含有层的贴附强度为1N以上。
53. 根据权利要求1至52中任意一项所述的白色光源系统,其特征在于,  
将根据地球上的特定地点的纬度、经度以及固有环境的不同而变化的太阳光再现为具有特定的相关色温的白色光,并且连续地再现时刻变化的上述相关色温。
54. 根据权利要求53所述的白色光源系统,其特征在于,  
具备数据库,该数据库保存有国内外的主要地域的随时间变化而变化的太阳光的光谱,上述白色光源系统能够基于上述数据库中的所希望的太阳光谱数据,控制上述多个LED模块的发光强度,来再现与特定地域的特定时期相当的太阳光。
55. 根据权利要求53或54所述的白色光源系统,其特征在于,  
被使用于办公室、医院或者家庭用的照明。
56. 根据权利要求53或54所述的白色光源系统,其特征在于,  
被使用于展示物的照明。
57. 根据权利要求56所述的白色光源系统,其特征在于,  
上述展示物是美术工艺品。

## 白色光源系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及要求与太阳光同等的自然光的照明,例如美术馆等中的展示物、在医院等中不得不长期入院的患者、以及要求高彩色再现的家庭内或办公室等的照明所使用的白色光源以及白色光源系统。

### 背景技术

[0002] 在艺术品、工艺品中,作品所具有的色彩是最重要特性之一,但是由于例如绘画、罐自身不发光,所以在美术馆等中鉴赏展示物时的照明也具有与作品相同的重要意义。这是因为展示物的鉴赏者观察从照明光源照射出的可见光中的被展示物的表面反射后的光。不管艺术家表现了如何优美的色彩,如果对展示物照射的光源中不包括与特定的色彩对应的发光成分,则鉴赏者也只能以暗淡、缺乏色彩感觉的色调观察展示物。

[0003] 在这样的照明用途中最希望的光源是太阳光。太阳光如由连续的光的波长成分构成那样,几乎均衡地包括作为可见光波长的400nm到780nm的所有光成分,能够将自然界中存在的所有的颜色再现为该物质具有的本来的颜色。然而,无论太阳光作为光源如何出色,也不会将绘画等高级艺术品在屋外明亮的空间中直接暴露于太阳光来进行鉴赏。收藏于美术馆等特定的场所来进行鉴赏一部分是为了防止被雨风损坏、被盗取等事故,但除了这些以外的重要理由是保护艺术品不被照射大量的光。

[0004] 这是因为太阳光包括所有的波长的可见光,同时也包括紫外光、红外光等可见光以外的发光成分。特别是由于紫外光与可见光相比能量较强,所以如果直接暴露于太阳光,则会加快有历史的绘画等的退色、脆化等。因此,需要人工光源,需要除了能够进行光量的调节、使紫外线量极力减少等的人工光才具有的便利的特长之外,还能够尽量忠实地再现太阳光的光源。

[0005] 另一方面,作为人工光源,近年来从节能、减少二氧化碳排量的观点出发,使用了LED(发光二极管)的光源备受瞩目。与使用了钨丝的以往的白炽灯相比,能够实现寿命长且节能,由于其便利性所以LED照明迅速地打开市场。最初的LED照明大多是将蓝色发光的LED与黄色发光的荧光体组合来获得白色光的类型的照明,只能再现缺乏热度的不自然的白色。然而,在LED产品扩大市场的同时性能提高也很显著,进行了与LED和荧光体的组合有关的各种改进,结果,开发出几种能够再现太阳光的白色光源。

[0006] 专利文献1是涉及具有与太阳光同等的发光光谱的白色光源的发明,使色温不同的太阳光以相同的色温的黑体辐射光谱再现。在该发明中,相对于与时间一起变化的各种色温的太阳光,能够获得不仅表现上的白色光近似甚至包括光谱形状在内也近似的白色光源。专利文献2是涉及使用了白色光源的照明系统的发明,涉及照明的对象以人等为中心的办公室照明等。在能够一边检测屋外光的变化、一边调整屋内光的色温、照度的系统中,能够获得与人类的生理现象、季节引起的变化对应的白色照明。另外,专利文献3是涉及将不同色温的多个发光二极管模块组合而成的人工太阳光系统的发明,能够再现照射到地球上的不同纬度、经度的地点的太阳光的色温的变化。

- [0007] 在先技术文献
- [0008] [专利文献1]国际公开第2012/144087号公报
- [0009] [专利文献2]日本特开2011-23339号公报
- [0010] [专利文献3]日本特表2009-540599号公报

## 发明内容

[0011] 发明要解决的课题

[0012] 本发明的目的在于,涉及在对如美术馆等的展示品、长期入院患者那样需要与太阳光同等的自然照明的对象能够使用的人工光源系统中,能够尽量接近太阳光、并且即便是因时间、场所而变化的太阳光的微妙差异也能连续地再现的照明系统。

[0013] 近年来,关于能够再现太阳光的人工光源,如专利文献1至3所示那样,提出了几个专利,并且与这些不同地将太阳光再现作为卖点的产品也在市场上出现很多。在这些照明产品中,只是近似于某一瞬间的太阳光的光源;或即便是捕捉到太阳光的变化的情况,也几乎都着眼于太阳光的表观上的色温变化来谋求太阳光近似的产品。其中,也有如专利文献3那样想要控制因时间、场所的不同引起的太阳光的色温以及光特性变化数据的想法,但在专利文献3的情况下,对于色温以外的光特性变化没有进行具体的说明、改进。

[0014] 然而,太阳光的变化并不仅限于色温。例如,也根据照射率、纯度/浊度而变化。除了色温以外还包括这些要素的微妙的变化成为每个地域产生不同的风土的大的因素。例如,在将日本国内分为日本海侧和太平洋侧的情况下,日本海侧的地域阴天、雨、雪的日子多,由于大气中包含很多水蒸气、灰尘等浮游物,所以太阳光产生暗影,物的颜色看起来浑浊。在另一方的太平洋侧,由于水蒸气少,所以大气的纯度高,物看起来为清澈的颜色。由于这样的情况,所以根据地域对颜色的偏好产生不同,存在居住在日本海侧的人们喜欢浊色,太平洋侧的人们喜欢清色的趋势。

[0015] 绘画等美术品是人的创作。因此,虽然是个人的原始作品,但作品所具有的色彩表现无法避免环境的影响。如果是写实画当然如此,即便是抽象画的情况,也存在强调红或强调蓝,喜欢清色或喜欢浊色,这些的选择自身已经受到风土等的影响的可能性,相反,即便这些的选择是纯粹基于个人感性的选择,既然通过来自光源的反射光来识别创作物的色表现,那么也不能避免影响。即,即使作者以个人的意图强调了红色,但关于其程度,当然受到光源中所包含的相同的波长的红色成分的量的影响。

[0016] 因此,在美术鉴赏等中,为了理解作品的真正价值,除了再现太阳的自然光以外,再现与制作作品的光环境相同的光环境也非常重要。即,应该只有在与作品被制作的国家、地域、季节、时间、甚至时代、天气等等作者体验到的相同的光下进行鉴赏,才能够以与作者相同的立场来理解作品。

[0017] 用于解决课题的手段

[0018] 在本发明的白色光源中,以再现各种色温的太阳光作为基本。即,每当再现特定的色温的太阳光时,以将与太阳光相同的色温的黑体辐射光谱视为太阳光线的光谱,并使其形状也近似作为基本。可认为太阳是黑体的1种,黑体的辐射光谱曲线与太阳光的发光光谱曲线的一致性良好,实际的太阳光线的光谱分布接近于5800K的黑体辐射光谱。

[0019] 但是,到达地球上的实际的太阳光的发光光谱与黑体辐射光谱产生了若干差异。



这是因为即使从太阳照射的白色光近似为黑体辐射的光谱,在到达地面为止的期间,也通过地表上的空气、水蒸气甚至灰尘等的层,导致特定波长的光散射。虽然蓝色光的散射等引起的宏观的变化能够作为色温的变化来应对,但难以通过人工再现出在发光光谱的特定波长域产生的微小的凹凸波形。

[0020] 然而,这样的微小的差异是产生因地域引起的风土不同的因素,本发明致力于能够包括微小的差异在内来进行应对。具体而言,对于达到了地面的太阳光的光谱和与太阳光相同的色温的黑体辐射光谱的差异,将其不同的程度换算为与黑体轨迹的偏差,再现具有规定的偏差的相关色温的白色光。

[0021] 在本发明的白色光源中,除了上述那样的、再现因地域差引起的微妙的色变化之外,还连续再现时刻变化的太阳光的色温变化,通过人工光源提供极其自然的太阳光。而且,在本发明的白色光源中,使被视为对绘画、人体有害的紫外光、蓝色光的发光成分比以往的人工光源大幅降低,提供在所有的方面采取太阳光的优点且自然的白色光。

[0022] 根据实施方式,能够提供以下的发明。

[0023] [1]一种白色光源,其特征在于,在将具有相对于黑体辐射轨迹的偏差 $duv$ 为 $\pm 0.005$ 以下的特定的相关色温的白色光源的发光光谱设为 $P(\lambda)$ ,将对应的色温的黑体辐射的发光光谱设为 $B(\lambda)$ ,将光谱光视效率的光谱设为 $V(\lambda)$ ,将 $P(\lambda) \times V(\lambda)$ 为最大的波长设为 $\lambda_{max1}$ ,将 $B(\lambda) \times V(\lambda)$ 为最大的波长设为 $\lambda_{max2}$ 时,满足

[0024]  $-0.2 \leq [(P(\lambda) \times V(\lambda)) / (P(\lambda_{max1}) \times V(\lambda_{max1})) - (B(\lambda) \times V(\lambda)) / (B(\lambda_{max2}) \times V(\lambda_{max2}))] \leq +0.2$ 。

[0025] [2]根据[1]所述的白色光源,其特征在于,白色光源的相关色温为2600~6500K。

[0026] [3]一种白色光源系统,具备:由[1]~[2]所述的白色光源构成的各个LED模块,上述白色光源在由相对于任意的两种色温的白色光的偏差 $duv$ 为 $\pm 0.005$ 的4种色度点围起的区域内,示出具备在黑体轨迹的正侧具有偏差的至少2点、和在黑体轨迹的负侧具有偏差的至少2点的色度点的白色发光;以及控制部,控制LED模块的发光强度,上述白色光源系统获得将来自被控制为任意的强度的至少4种LED模块的发光混合后的白色光。

[0027] [4]在[3]的白色光源系统中,具备数据库,该数据库保存有国内外的主要地域的伴随时间变化而变化的太阳光的光谱,能够基于上述数据库中的所希望的太阳光谱数据,控制上述多个LED模块的发光强度,来再现与特定地域的特定时期相当的太阳光。

[0028] [5]在[3]至[4]的白色光源系统中,其特征在于,上述LED模块具备LED和荧光体,上述荧光体形成有将荧光体与树脂混合而成的荧光体层。

[0029] [6]在[5]的白色光源系统中,其特征在于,上述LED放射峰值波长为360nm~420nm的紫外至紫色的一次光,形成为覆盖上述LED的荧光体层吸收来自LED的一次光而射出白色的2次光,从白色光源射出的LED一次光的强度为0.4mW/1m以下。

[0030] [7]其特征在于,[3]至[6]的白色光源系统被利用于在美术馆、博物馆等展示的艺术工艺品的照明。

[0031] {1}一种白色光源系统,其特征在于,能够再现黑体辐射的轨迹上的特定色温的白色光、以及具有与上述黑体轨迹的特定偏差的差异的相关色温的白色光,在将从上述白色光源射出的白色光的发光光谱设为 $P(\lambda)$ ,将对应的色温的黑体辐射的发光光谱设为 $B(\lambda)$ ,将光谱光视效率的光谱设为 $V(\lambda)$ 的情况下,当在 $\lambda$ 为380nm至780nm的波长区域中 $P(\lambda)$ 、 $B$

$P(\lambda)$ 、 $V(\lambda)$  满足下述式 (1) 时, 上述  $P(\lambda)$ 、 $B(\lambda)$  在波长范围 400nm 至 495nm 中满足下述式 (2)。

[0032] [数1]

$$[0033] \int_{380}^{780} P(\lambda) V(\lambda) d\lambda = \int_{380}^{780} B(\lambda) V(\lambda) d\lambda \quad (1)$$

$$[0034] P(\lambda) / B(\lambda) \leq 1.8 \quad (2)$$

[0035] {2} 在 {1} 的白色光源系统中, 能够再现黑体辐射的轨迹上的特定范围的色温的白色光、和与上述白色光的色温的偏差处于  $\pm 0.005\text{duv}$  的范围内的任意的相关色温的白色光。

[0036] {3} 在 {2} 的白色光源系统中, 能够再现黑体辐射的轨迹上的 2000K 至 6500K 的色温的白色光、和与上述白色光的色温的偏差处于  $\pm 0.005\text{duv}$  的范围内的任意的相关色温的白色光。

[0037] {4} 在 {1} 至 {3} 的白色光源系统中, 当将从上述系统射出的白色光的发光光谱设为  $P(\lambda)$ , 将对应的色温的黑体辐射的发光光谱设为  $B(\lambda)$ , 将光谱光视效率的光谱设为  $V(\lambda)$ , 将  $P(\lambda) \times V(\lambda)$  为最大的波长设为  $\lambda_{\max 1}$ , 将  $B(\lambda) \times V(\lambda)$  为最大的波长设为  $\lambda_{\max 2}$  时, 满足下述式 (3)。 $-0.2 \leq [(P(\lambda) \times V(\lambda)) / (P(\lambda_{\max 1}) \times V(\lambda_{\max 1})) - (B(\lambda) \times V(\lambda)) / (B(\lambda_{\max 2}) \times V(\lambda_{\max 2}))] \leq +0.2$  (3)

[0038] {5} 在 {4} 的白色光源系统中, 其特征在于, 满足下述式 (4)。 $-0.1 \leq [(P(\lambda) \times V(\lambda)) / (P(\lambda_{\max 1}) \times V(\lambda_{\max 1})) - (B(\lambda) \times V(\lambda)) / (B(\lambda_{\max 2}) \times V(\lambda_{\max 2}))] \leq +0.1$  (4)

[0039] {6} 一种白色光源系统, 其特征在于, 能够再现黑体辐射的轨迹上的特定范围的色温的白色光、和与上述黑体轨迹具有特定偏差的差异的相关色温的白色光, 从上述白色光源系统射出的白色光的一般显色指数  $R_a$  为 95 以上, 显色指数  $R_1$  至  $R_8$  以及特殊显色指数  $R_9$  至  $R_{15}$  全部为 85 以上。

[0040] {7} 在 {6} 记载的白色光源系统中, 能够再现黑体辐射的轨迹上的 2000K 至 6500K 的色温的白色光、和与上述白色光的色温的偏差处于  $\pm 0.005\text{duv}$  的范围内的任意的相关色温的白色光。

[0041] {8} 在 {7} 记载的白色光源系统中, 从上述白色光源系统射出的白色光的一般显色指数  $R_a$  为 97 以上, 显色指数  $R_1$  至  $R_8$  以及特殊显色指数  $R_9$  至  $R_{15}$  全部为 90 以上。

[0042] {9} 在 {6} 至 {8} 的白色光源系统中, 其特征在于, 在将从上述白色光源射出的白色光的发光光谱设为  $P(\lambda)$ , 将对应的色温的黑体辐射的发光光谱设为  $B(\lambda)$ , 将光谱光视效率的光谱设为  $V(\lambda)$  的情况下, 当在  $\lambda$  为 380nm 至 780nm 的波长区域中  $P(\lambda)$ 、 $B(\lambda)$ 、 $V(\lambda)$  满足下述式 (1) 时, 上述  $P(\lambda)$ 、 $B(\lambda)$  在波长范围 400nm 至 495nm 中满足下述式 (2)。

[0043] [数2]

$$[0044] \int_{380}^{780} P(\lambda) V(\lambda) d\lambda = \int_{380}^{780} B(\lambda) V(\lambda) d\lambda \quad (1)$$

$$[0045] P(\lambda) / B(\lambda) \leq 1.8 \quad (2)$$

[0046] {10} 一种白色光源系统, 能够再现黑体辐射的轨迹上的特定范围的色温的白色光、和与上述白色光的色温的偏差处于  $\pm 0.005\text{duv}$  的范围内的任意的相关色温的白色光,

其特征在于,上述白色光源系统具备:各个LED模块,该各个LED模块示出在黑体轨迹的正侧具有偏差的xy色度图上的至少2点、和在黑体轨迹的负侧具有偏差的xy色度图上的至少2点的色度点的白色发光;以及控制部,控制LED模块的发光强度,上述白色光源系统通过将来自被控制为任意的强度的至少4种LED模块的发光混合来获得白色光。

[0047] {11}一种白色光源系统,其特征在于,能够再现黑体辐射的轨迹上的2000K至6500K的色温的白色光、和与上述白色光的色温的偏差处于 $\pm 0.005\text{duv}$ 的范围内的任意的相关色温的白色光,上述白色光源系统具备:各个LED模块,该各个LED模块示出在黑体轨迹的正侧具有偏差的xy色度图上的至少3点、和在黑体轨迹的负侧具有偏差的xy色度图上的至少3点的色度点的白色发光;以及控制部,控制LED模块的发光强度,上述白色光源系统通过将来自被控制为任意的强度的至少6种LED模块的发光混合来获得白色光。

[0048] {12}在{10}至{11}的白色光源系统中,其特征在于,在将从上述白色光源射出的白色光的发光光谱设为 $P(\lambda)$ ,将对应的色温的黑体辐射的发光光谱设为 $B(\lambda)$ ,将光谱光视效率的光谱设为 $V(\lambda)$ 的情况下,当在 $\lambda$ 为380nm至780nm的波长区域中 $P(\lambda)$ 、 $B(\lambda)$ 、 $V(\lambda)$ 满足下述式(1)时,上述 $P(\lambda)$ 、 $B(\lambda)$ 在波长范围400nm至495nm中满足下述式(2)。

[0049] [数3]

$$[0050] \int_{380}^{780} P(\lambda) V(\lambda) d\lambda = \int_{380}^{780} B(\lambda) V(\lambda) d\lambda \quad (1)$$

$$[0051] P(\lambda) / B(\lambda) \leq 1.8 \quad (2)$$

[0052] {13}在{10}至{12}的白色光源系统中,其特征在于,上述LED模块由射出发光峰值波长为360nm~420nm的紫外至紫色的一次光的LED、与吸收来自上述LED的一次光并射出白色的2次光的荧光体的组合构成。

[0053] {14}在{13}的白色光源系统中,其特征在于,上述荧光体形成有将荧光体与树脂混合而成的荧光体层。

[0054] {15}在{14}的白色光源系统中,其特征在于,上述荧光体层形成为覆盖上述LED,从白色光源射出的LED一次光的强度为 $0.4\text{mW}/1\text{m}$ (流明)以下。

[0055] {16}在{15}的白色光源系统中,其特征在于,在上述荧光体层的外部,以覆盖上述荧光体层的方式形成有由氧化锌、氧化钛、氧化铝中的至少1种粉末材料与树脂材料构成的粉末材料层;或者在构成上述白色光源系统的外围器件的透明部件,形成有基于上述氧化锌、氧化钛、氧化铝中的至少1种的薄膜。

[0056] {17}在{15}至{16}的白色光源系统中,其特征在于,在上述荧光体层的外部,以覆盖上述荧光体层的方式形成有由氧化硅、氧化锆中的至少1种粉末材料和树脂材料构成的粉末材料层;或者在构成上述白色光源系统的外围器件的透明部件,形成有基于上述氧化硅、氧化锆中的至少1种的薄膜。

[0057] {18}在{13}至{17}的白色光源系统中,上述荧光体是由蓝色荧光体、绿色荧光体、黄色荧光体、红色荧光体构成的至少4种以上的混合物。

[0058] {19}在{18}的白色光源系统中,其特征在于,上述荧光体混合物中还含有蓝绿色荧光体。

[0059] {20}在{18}的白色光源系统中,其特征在于,上述蓝色荧光体是发光峰值波长为

480至500nm的铈激活锆铝酸盐荧光体,或发光峰值波长为440至460nm的铈激活碱土类磷酸盐荧光体中的至少1种。

[0060] {21}在{18}至{20}的白色光源系统中,其特征在于,上述绿色荧光体是发光峰值波长为520至550nm的铈激活原硅酸盐荧光体、发光峰值波长为535~545nm的铈激活β赛隆荧光体、以及发光峰值波长为520至540nm的铈激活锆塞隆荧光体中的至少1种。

[0061] {22}在{18}至{21}的白色光源系统中,其特征在于,上述黄色荧光体是发光峰值波长为550至580nm的铈激活原硅酸盐荧光体、或发光峰值波长为550~580nm的铈激活稀土类石榴石荧光体。

[0062] {23}在{18}至{22}的白色光源系统中,其特征在于,上述红色荧光体是发光峰值波长为600~630nm的铈激活锆塞隆荧光体、发光峰值波长为620~660nm的铈激活钙氮化物铝硅酸盐荧光体、发光峰值波长为620~630nm的铈激活硫氧化镧荧光体、以及发光峰值波长为640~660nm的铈激活氟锆酸镁荧光体中的至少1种。

[0063] {24}在{1}至{5}的白色光源系统中,其特征在于,上述 $P(\lambda)$ 、 $B(\lambda)$ 在波长范围400nm至495nm中满足下述式(5)。 $P(\lambda)/B(\lambda) \leq 1.5$  (5)

[0064] {25}在{9}或者{12}的白色光源系统中,其特征在于,上述 $P(\lambda)$ 、 $B(\lambda)$ 在波长范围400nm至495nm中满足下述式(5)。 $P(\lambda)/B(\lambda) \leq 1.5$  (5)

[0065] {26}在{1}至{25}的白色光源系统中,其特征在于,将根据地球上的特定地点的纬度、经度、以及固有环境的不同而变化的太阳光再现为具有特定的相关色温的白色光,并且连续地再现时刻变化的上述相关色温。

[0066] {27}在{26}的白色光源系统中,具备数据库,该数据库保存有国内外的主要地域中的随着时间变化而变化的太阳光的光谱,能够基于上述数据库中的所希望的太阳光谱数据,控制上述多个LED模块的发光强度,来再现与特定地域的特定时期相当的太阳光。

[0067] {28}其特征在于,{1}至{27}的白色光源系统被利用于办公室、家庭用的照明。

[0068] {29}其特征在于,{1}至{27}的白色光源系统被利用于在美术馆、博物馆等展示的美术工艺品的照明。

[0069] 一种白色光源系统,能够再现黑体辐射的轨迹上的特定色温的白色光、以及具有与上述黑体辐射的轨迹的特定偏差的差异的相关色温的白色光,其特征在于,在将从上述白色光源系统射出的白色光的发光光谱设为 $P(\lambda)$ ,将对应的色温的黑体辐射的发光光谱设为 $B(\lambda)$ ,将光谱光视效率的光谱设为 $V(\lambda)$ 的情况下,当在 $\lambda$ 为380nm至780nm的波长区域中, $P(\lambda)$ 、 $B(\lambda)$ 、 $V(\lambda)$ 满足下述式(1)时,上述 $P(\lambda)$ 以及上述 $B(\lambda)$ 在波长范围400nm至495nm中满足下述式(2)。

[0070] [数4]

$$[0071] \int_{380}^{780} P(\lambda) V(\lambda) d\lambda = \int_{380}^{780} B(\lambda) V(\lambda) d\lambda \quad (1)$$

[0072]  $P(\lambda)/B(\lambda) \leq 1.8$  (2)

[0073] 在能够再现黑体辐射的轨迹上的特定范围的色温的白色光、和与上述黑体辐射的轨迹具有特定偏差的差异的相关色温的白色光的白色光源系统中,其特征在于,从上述白色光源系统射出的白色光的一般显色指数 $R_a$ 为95以上,显色指数 $R_1$ 至 $R_8$ 以及特殊显色指数

R<sub>9</sub>至R<sub>15</sub>全部为85以上。

[0074] 发明效果

[0075] 本发明的白色光源能够在再现了黑体辐射的光谱形状的基础上,包括时间差、地域差在内,近似为具有与到达地面的太阳光相同的形状的发光光谱。因此,如果利用于艺术品等展示物所涉及的馆内照明,则能够接近于与创作展示物的时期、场所相同的太阳光,可获得能够更加忠实地再现作者的意图的照明。

[0076] 另外,本发明的白色光源能够连续地再现太阳光的一日的变化、即从日出到日落的期间时刻变化的太阳光的色温变化。因此,在应用于艺术品等的照明的情况下,能够在美术馆的屋内通过自然的变化享受被早上的太阳到傍晚的太阳的各种太阳光照射的绘画的色彩。另外,在使用于医院等的屋内照明的情况下,能够在医院内感受到包括色温变化在内的一天中的太阳光。特别是关于其变化的样子,由于再现为人无法知觉的微小的差异,所以例如入院患者无法注意到色温变化的瞬间,是对患者而言极其自然、容易接收的照明。另外,与以往的人工白色光源相比,使蓝色发光成分等的强度大幅降低,当然是对人体等体贴的照明。

#### 附图说明

[0077] 图1是表示意大利的米兰市的冬天的中午的太阳光的发光光谱的图。

[0078] 图2是表示日本的东京都的春天的傍晚的太阳光的发光光谱的图。

[0079] 图3是表示本发明的白色光源所示出的发光色度域的图。

[0080] 图4是表示春天的日本东京都的1日的太阳光的色温以及照度变化的图。

[0081] 图5是表示春天的日本横滨市的早上/中午/傍晚的太阳光的发光光谱的图。

[0082] 图6是表示再现了春天的日本横滨市的早上/中午/傍晚的太阳光的发光光谱的本发明的白色光源的发光光谱的图。

[0083] 图7是表示光源A的发光光谱与具有相同的色温的黑体辐射光谱的差分光谱的图。

[0084] 图8是表示光源B的发光光谱与具有相同的色温的黑体辐射光谱的差分光谱的图。

[0085] 图9是表示光源C的发光光谱与具有相同的色温的黑体辐射光谱的差分光谱的图。

[0086] 图10是将光源C的 $P(\lambda)V(\lambda)$ 与具有相同的色温的黑体辐射的 $B(\lambda)V(\lambda)$ 的光谱强度进行了比较的图。

[0087] 图11是将光源B的 $P(\lambda)V(\lambda)$ 与具有相同的色温的黑体辐射的 $B(\lambda)V(\lambda)$ 的光谱强度进行了比较的图。

[0088] 图12是将光源A的 $P(\lambda)V(\lambda)$ 与具有相同的色温的黑体辐射的 $B(\lambda)V(\lambda)$ 的光谱强度进行了比较的图。

[0089] 图13是表示春天的日本横滨市的1日的太阳光的色温以及照度变化的图。

[0090] 图14是表示了比较例1的白色光源的发光光谱特性、 $(P(\lambda) \times V(\lambda) / (P(\lambda_{\max 1}) \times V(\lambda_{\max 1}))$ 的图。

[0091] 图15是关于与比较例1的白色光源对应的色温的黑体辐射光谱,表示了 $B(\lambda) \times V(\lambda) / (B(\lambda_{\max 2}) \times V(\lambda_{\max 2}))$ 的图。

[0092] 图16是表示了比较例1的白色光源与对应的色温的黑体辐射光谱两者间的差分光谱的图。

- [0093] 图17是将比较例1的白色光源的 $P(\lambda)V(\lambda)$ 与具有相同的色温的黑体辐射的 $B(\lambda)V(\lambda)$ 的光谱强度进行了比较的图。
- [0094] 图18是将实施例2的白色光源(5)的 $P(\lambda)V(\lambda)$ 与具有相同的色温的黑体辐射的 $B(\lambda)V(\lambda)$ 的光谱强度进行了比较的图。
- [0095] 图19是将实施例2的白色光源(6)的 $P(\lambda)V(\lambda)$ 与具有相同的色温的黑体辐射的 $B(\lambda)V(\lambda)$ 的光谱强度进行了比较的图。
- [0096] 图20是将实施例2的白色光源的(7) $P(\lambda)V(\lambda)$ 与具有相同的色温的黑体辐射的 $B(\lambda)V(\lambda)$ 的光谱强度进行了比较的图。
- [0097] 图21是将比较例的白色光源(9)的 $P(\lambda)V(\lambda)$ 与具有相同的色温的黑体辐射的 $B(\lambda)V(\lambda)$ 的光谱强度进行了比较的图。
- [0098] 图22是表示春天的日本稚内市(北海道)的1日的太阳光的色温以及照度变化的图。
- [0099] 图23是表示夏天的台湾台北市的1日的太阳光的色温以及照度变化的图。
- [0100] 图24是表示夏天的美国洛杉矶市的1日的太阳光的色温以及照度变化的图。
- [0101] 图25是表示秋天的日本堺市(大阪)的1日的太阳光的色温以及照度变化的图。
- [0102] 图26是表示冬天的日本那霸市(冲绳)的1日的太阳光的色温以及照度变化的图。
- [0103] 图27是实施方式的白色光源系统的一个例子的概略图。
- [0104] 图28是实施方式的白色光源系统的第二例的概略图。
- [0105] 图29是表示白色光源系统所使用的LED模块的第一例的剖视图。
- [0106] 图30是表示白色光源系统所使用的LED模块的第二例的剖视图。
- [0107] 图31是表示白色光源系统所使用的LED模块的第三例的剖视图。
- [0108] 图32是表示白色光源系统所使用的LED模块的第四例的剖视图。
- [0109] 图33是表示白色光源系统所使用的LED模块的第五例的剖视图。
- [0110] 图34是表示荧光体的发光光谱以及激励光谱的第一例的图。
- [0111] 图35是表示荧光体的发光光谱以及激励光谱的第二例的图。
- [0112] 图36是将比较例的白色光源(10)的 $P(\lambda)V(\lambda)$ 与具有相同的色温的黑体辐射的 $B(\lambda)V(\lambda)$ 的光谱强度进行了比较的图。
- [0113] 图37是表示实施例A的白色光源系统涉及的色温的再现区域的图。
- [0114] 图38是表示实施例A的白色光源系统的LED模块的概略图。
- [0115] 图39是将实施例A的白色光源7的 $P(\lambda)V(\lambda)$ 与具有相同的色温的黑体辐射的 $B(\lambda)V(\lambda)$ 的光谱强度进行了比较的图。
- [0116] 图40是将实施例A的白色光源8的 $P(\lambda)V(\lambda)$ 与具有相同的色温的黑体辐射的 $B(\lambda)V(\lambda)$ 的光谱强度进行了比较的图。
- [0117] 图41是将实施例A的白色光源9的 $P(\lambda)V(\lambda)$ 与具有相同的色温的黑体辐射的 $B(\lambda)V(\lambda)$ 的光谱强度进行了比较的图。
- [0118] 图42是将实施例A的白色光源10的 $P(\lambda)V(\lambda)$ 与具有相同的色温的黑体辐射的 $B(\lambda)V(\lambda)$ 的光谱强度进行了比较的图。
- [0119] 图43是表示实施例C的白色光源系统中的荧光体层的俯视图。
- [0120] 图44是将实施例A的白色光源11的 $P(\lambda)V(\lambda)$ 与具有相同的色温的黑体辐射的 $B(\lambda)V(\lambda)$ 的光谱强度进行了比较的图。

V( $\lambda$ ) 的光谱强度进行了比较的图。

### 具体实施方式

[0121] (白色光源的发光特性)

[0122] 本发明的白色光源以更忠实地再现太阳光作为目的。为了忠实地进行再现,需要准确地捕捉因时间、场所而变化的太阳光的发光光谱。其中,由于太阳的入射角度的不同,所以通过地球表面的大气层的距离不同,由此产生因地球的纬度、经度的不同引起的变化。即,当太阳光在大气中通过时,太阳光因浮游于空气中的气体分子等而散射,根据距离而蓝色光等的散射程度产生不同。这样的太阳光的变化能够宏观地捕捉为色温的不同。该情况下,色温不同的太阳光的发光光谱能够由对应的色温的黑体辐射光谱近似,通过下述所示的公式,能够比较容易地再现色温不同的各种发光光谱。式中,h是普朗克常数,k是玻尔兹曼常数,c是光速,e是自然对数的底,由于以恒定的数值被固定,所以如果决定了色温T,则能够容易地求出与各波长 $\lambda$ 对应的光谱分布B( $\lambda$ )。

[0123] [数5]

$$[0124] \quad B(\lambda) = \frac{2hc^2}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{hc/\lambda kT} - 1} \quad (6)$$

[0125] 另一方面,太阳光的发光光谱不仅因纬度、经度的不同而变化,还因地域差而变化。该情况下,对变化的因素能够考虑各种因素。首先是光散射的影响,散射不仅与空气、气体的分子有关系,也与水蒸气、灰尘等微粒有关系。然而,例如水蒸气、灰尘等的浓度根据地域而各式各样。在近海的地域与接近沙漠的地域中,当然存在很大的不同。而且,不仅散射,因反射造成的影响也不能忽略。即,在人感觉为太阳光的光中,除了从太阳沐浴的直接光以外,还包括到达地面之后反射的光。在近海的地域、接近森林的地域、以及建筑物密集的都市中,反射光所包含的光成分的不同当然存在。这样,对因地域差引起的太阳光的变化而言,大量的因素复杂地纠缠在一起,没有一般的规则性,需要捕捉基于地域固有的因素的变化。

[0126] 为了再现这样的太阳光的变化,在本发明中,实际测量了按每个地域、时间变化的太阳光的发光光谱,在此基础上收集尽量多的数据,并保存灵活运用,由此进行再现。具体而言,在世界的主要地域中测定太阳光的发光光谱,收集了按每一个时间变迁的一日的变化、按每一个季节变迁的1年的变化作为数据。其中,本发明中收集到的数据原则上是与晴天有关的数据,不考虑阴天、雨、雪等的影响。

[0127] 图1是意大利的米兰的冬天(12月16日)的中午(午后12时)的太阳光的发光光谱,图2是东京都的春天(5月27日)的傍晚(17时)的太阳光的发光光谱的一个例子。这些发光光谱通过以下的方法来测定。

[0128] 将组装有衍射光栅并具有光强度的波长成分分解功能的测色装置(分光分布测定器)的光检测部分朝向太阳,由直接分光分布测定器获取太阳光并测定了发光光谱。将测定的波长范围设为包罗了可见光域的360nm至780nm。对于由分光分布测定器获取的光强度的调整而言,通过组装于测定器的曝光时间调节功能,确认为在发光的强度大的波长区域中也没有饱和现象。对测定结果而言,根据电子数据计算每一个波长的光强度,并基于该结果

计算出CIE色度坐标值和相关色温、偏差。CIE是国际照明委员会(Commission International de l'Eclairage)的简称。

[0129] 所有的发光光谱都由锯齿状的曲线构成,但如果对它们进行平滑则能够近似为特定的色温的黑体辐射光谱的形状。若将2个图比较,则由于光谱曲线中的凹凸的位置重叠,所以可知分别不是噪声等,而是基于特定浮游物等的固有因素的结果。特别是由于在长波长域中存在表示特征性的凹凸的位置,其程度也表现得最大,所以这些波长域的光谱形状被推断为产生地域差等的因素之一。如果根据图1、图2的光谱形状来计算发光色,则明确了图1是表示5991K+0.001duv的相关色温的白色光,图2是表示4483K-0.001duv的相关色温的白色光。

[0130] 上述是仅两个地方的比较,但在对各地域、各时间的太阳光的光谱数据进行比较评价,确认整体的趋势时,明确了发光色当然表示接近于(x,y)色度图上的黑体轨迹的点,不限于与黑体轨迹上的点完全一致,而且对几乎全部的数据而言,色温夹着2000K至6500K之间的黑体轨迹,偏差收敛在 $\pm 0.005\text{duv}$ 的相关色温的范围内。

[0131] 在本发明的白色光源中,能够再现上述范围内的全部的发光色。具体例如如图3所示,能够再现图中的由X1、X2、X3、X4、X5、X6围起的范围内的发光色。因此,本发明的白色光源具备与X1、X2、X3、X4、X5、X6相当的6种白色光源。即,通过将上述6种白色光源中的至少2种以上白色光源以任意的强度比例混合,能够再现多边形形状的范围内的全部的发光色。根据图3可知,该形状的范围包罗了色温为2000K至6500K的黑体轨迹上的发光色、和来自黑体轨迹的偏差为 $\pm 0.005\text{duv}$ 的范围内的白色光区域的全部。因此,在本发明的白色光源中,不仅是黑体轨迹上的白色光,还包括因地球上的各种环境因素而变化的微妙的色温的差异在内也能够再现。

[0132] 上述对特定的多边形等的范围内的色再现进行了说明,通过将多边形各顶点相当的发光色设定为各种相关色温的白色,当然能够再现各种白色光。另外,在上述白色光源中,将6种白色光源任意混合而得到了本发明的白色发光,但作为基础的白色光源的种类利用8种甚至10种等更多的白色光源的情况当然能够更细致地再现各种色温的太阳光。特别是,在一个白色光源系统中,当再现更宽范围的色温的白色光时是有利的。但是,如果作为基础的光源的种类过多则系统的设计变得复杂,所以如果最低使用4种光源,则能够至少发挥本发明的效果。另外,再现的白色光的色温的范围是2000K至6500K,能够将两者作为上下限,来选择两种以上任意的光源间的色温作为再现范围。

[0133] 另外,在本发明的白色光源系统中,除了太阳光的发光色以外,还能够包括发光光谱形状在内进行再现。在具备上述的X1~X6等至少4种以上的白色光源的白色光源系统中,各个白色光源中具备能够再现太阳光的发光光谱的全部的发光成分。因此,在组合上述4种以上白色光源中的至少2种以上白色光源,再现了黑体轨迹上的特定的色温的白色光、或接近黑体轨迹的特定的相关色温的白色光的情况下,混合白色光的发光光谱形状与这些所对应的色温的黑体辐射的发光光谱形状良好地一致。

[0134] 具体而言,特征在于,在将从白色光源系统发出的混合白色光的发光光谱设为 $P(\lambda)$ ,将表示与白色光源相同的色温的黑体辐射的发光光谱设为 $B(\lambda)$ ,将光谱光视效率(spectral luminous efficiency)的光谱设为 $V(\lambda)$ ,将 $P(\lambda) \times V(\lambda)$ 为最大的波长设为 $\lambda_{\text{max}1}$ ,将 $B(\lambda) \times V(\lambda)$ 为最大的波长设为 $\lambda_{\text{max}2}$ 时,本发明的白色光源的发光光谱满足下述式



(3)

[0135]  $-0.2 \leq [(P(\lambda) \times V(\lambda)) / (P(\lambda_{\max 1}) \times V(\lambda_{\max 1})) - (B(\lambda) \times V(\lambda)) / (B(\lambda_{\max 2}) \times V(\lambda_{\max 2}))] \leq +0.2$  (3)。

[0136]  $(P(\lambda) \times V(\lambda))$  表示光谱光视效率  $V(\lambda)$  区域中的白色光源的发光光谱的强度。通过将  $(P(\lambda) \times V(\lambda))$  除以作为最大值的  $(P(\lambda_{\max 1}) \times V(\lambda_{\max 1}))$ ，能够成为以 1.0 作为上限的值。另外， $(B(\lambda) \times V(\lambda))$  表示光谱光视效率  $V(\lambda)$  区域中的黑体辐射的发光光谱的强度，通过将  $(B(\lambda) \times V(\lambda))$  除以作为最大值的  $(B(\lambda_{\max 2}) \times V(\lambda_{\max 2}))$ ，能够成为以 1.0 作为上限的值。接下来，求取差异  $A(\lambda) = [(P(\lambda) \times V(\lambda)) / (P(\lambda_{\max 1}) \times V(\lambda_{\max 1})) - (B(\lambda) \times V(\lambda)) / (B(\lambda_{\max 2}) \times V(\lambda_{\max 2}))]$ 。该差异  $A(\lambda)$  为  $-0.2 \leq A(\lambda) \leq +0.2$  的情况表示了光谱光视效率  $V(\lambda)$  区域中的白色光源的发光光谱近似于黑体辐射的发光光谱、即自然光的发光光谱。即，如果差异  $A(\lambda) = 0$ ，则是能够再现与自然光相同的发光光谱这一意思。

[0137] 并且，本发明的白色光源在更严密地再现黑体辐射的发光光谱的意思下，希望满足下述式 (4)。

[0138]  $-0.1 \leq [(P(\lambda) \times V(\lambda)) / (P(\lambda_{\max 1}) \times V(\lambda_{\max 1})) - (B(\lambda) \times V(\lambda)) / (B(\lambda_{\max 2}) \times V(\lambda_{\max 2}))] \leq +0.1$  (4)

[0139] 这样在本发明的白色光源系统中，作为基础的至少 4 种白色光源平均地保有太阳光所具有的各发光色成分，将至少 4 种光源以任意的比例混合后的各白色光也具备太阳光所具有的发光成分。即，通过本发明的白色光源系统获得的白色光的特征在于，不仅具有各色温的黑体辐射光谱的特征，还能够包括特定波长域的微妙的变动在内进行再现。

[0140] 另外，在本发明的白色光源系统中，关于太阳光的一日的变化，能够表示为对人的眼睛极其自然的连续变化。根据 David Lewis MacAdam 从视觉的等色实验导出的结果（色彩工学第 2 版，东京电机大学出版社），如果将针对特定的中心色的识别变动的标准偏差表示为  $xy$  色度图，则表示在被称为“麦克亚当椭圆”的形状的范围，发现为人能够识别的是上述标准偏差的 3 倍。根据该见解，如果应用于 5000K 的白色光来进行计算，则能够识别的阈值获得了 330K (4850K~5180K) 这一值。因此，例如若是 5000K 的白色光，则通过人的眼睛无法识别约 330K 以下的色温的差异。

[0141] 图 4 是针对位于北纬 35 度的东京的春天的一日，表示了从上午 6 时至午后 6 时的太阳光的色温变化以及照度变化的曲线。在图 4 中用附图标记 1 表示的曲线表示色温变化，用附图标记 2 表示的曲线表示照度变化。该曲线基于每隔 3 分钟实测太阳光的随时间变化而得到的结果来创建。图表中的照度是以特定的值作为基准进行相对比较，表示为照度比 (%) 的值。另外，由于太阳光的一日的色温变化是在 3 分钟大致减弱 200K 的速度，所以本发明中的每个测定单位的色温的不同无法通过人的眼睛进行识别。因此，即使使用该测定数据再现色温变化，也无法识别光源的色温变化的瞬间，能够以自然的形式接受好像连续地变化那样的变化。

[0142] (LED 模块)

[0143] 本发明的白色光源在发光特性具有特征，如果能够实现太阳光的再现，则可以使用任意的构成部件。因此，能够应用各种光源，但为了获得各种相关色温的白色光，使用荧光体进行发光色的调整的方法是最简便的，希望采用荧光体应用产品。特别是基于 LED (发光二极管, light emitting diode) 与荧光体的组合的光源不仅在特性方面，在制造方面、

应用方面也具有出色的特征而是最佳的。

[0144] 优选LED使用发光峰值波长处于紫外线~紫色区域的LED,具体而言处于350~420nm的范围。在使用了发光峰值波长超过420nm的LED的情况下,由于LED的发光以特定波长示出尖锐(sharp)的发光,所以与一般具有宽的光谱形状的荧光体的发光的平衡变差,难以满足上述的式(3)、(4)的关系。但是如果LED的发光色是紫外或者紫色,则由于视灵敏度低,所以对白色光赋予的影响少,并且通过将来自LED的一次光截止以便不发出到发光装置的外部,也能够消除问题。其中,对于LED的种类,在发光峰值波长以外没有特别限制的条件,也可以是激光发光的LED,另外,LED的材料也可以是任意的材料。

[0145] 白色光源的发光光谱为了满足上述式(3)、(4)的关系,优选作为与LED组合的荧光体,从蓝色荧光体、蓝绿色荧光体、绿色荧光体、黄色荧光体以及红色荧光体中使用3种以上,进而使用5种以上。通过这些荧光体按照对应的黑体辐射的光谱任意地混合,能够获得具有任意的色温或任意的偏差的白色发光。优选荧光体使用被发光峰值波长为350~420nm的LED激励,在420~700nm的范围示出发光峰值的荧光体。另外,优选各荧光体的峰值波长错移150nm以下,进而优选错移10~100nm,更优选错移10~50nm。即,某一峰值波长与相邻的峰值波长的距离优选为150nm以下,进而优选为10~100nm,更优选为10~50nm。希望构成荧光体的混合物的至少两种荧光体的发光光谱满足这样的关系。而且,优选构成荧光体的混合物的至少1种荧光体的发光光谱的半光谱幅值宽至50nm以上,更优选宽至50~100nm。通过使用满足这些条件的荧光体,使得各荧光体的发光光谱容易与其他荧光体的发光光谱重叠,随着在各发光光谱间重叠的面积增大,在所获得的混合白色光的光谱曲线中,能够获得凹凸少、更平滑且通过黑体辐射的光谱近似的特性。

[0146] 另外,通过使用发光光谱重合的多个荧光体,能够抑制长时间连续点亮时的发光色变化。在本发明所使用的荧光体中,存在具有宽幅的吸收带的荧光体。这样的荧光体不仅被紫外光、紫色光激励,还能够被蓝色光或绿色光同时激励,发出绿色光或红色光。在这样的荧光体中,如果使用发光光谱重合的多个荧光体,则容易发生荧光体间的再吸收、二重激励,能够抑制发光色变化。例如若以绿色荧光体为例,则不仅被从LED射出的紫外至紫色光激励而发出绿色光,还吸收被LED激励而产生蓝色光的蓝色荧光体的发光,能够发光为绿色。即,绿色荧光体能够通过LED与蓝色荧光体的2重激励而发光。一般在人工的白色光源中,通过将红绿蓝等的多个荧光体的发光在装置内部混合,来获得白色光。在将这样的白色光源连续点亮的情况下,荧光体的明亮度通常随着时间的经过而不断降低。此时,如果各荧光体的明亮度以相同的程度随时间变化,则所获得的白色光的色度不变化。但是,如果多种荧光体中的特定种类的荧光体的亮度劣化速度与其他几个荧光体的亮度劣化速度不同,则所获得的白色光中特定成分的发光产生多或少,所获得的发光色产生变化。然而,如果像本发明这样产生相互吸收、二重激励,则由于荧光体间的劣化速度被平均化,能够抑制仅特定的荧光体劣化的情况,所以结果所获得的白色光的色度变化变少。

[0147] 此外,对于特定的荧光体以怎样的波长激励、发光为怎样的波长能够通过测定荧光体的激励光谱、发光光谱而容易地确认。因此,如果在预先进行了发光光谱特性的测定的基础上,选择使用荧光体的组合,则能够极力降低连续点亮中的色度变化。通过利用以上的效果,本发明的白色光源系统能够使使用了CIE色度图的白色光源的点亮初始和连续6000小时点亮后的色度变化的大小小于0.010。在色度变化的大小的测定方法中,遵照JIS-Z-1

8518,分别测定白色光源的点亮初始和连续6000小时后的色度坐标 $u'$ 、 $v'$ 。求出作为此时的色度坐标之差的 $\Delta u'$ 、 $\Delta v'$ ,通过色度变化的大小= $[(\Delta u')^2+(\Delta v')^2]^{1/2}$ 来求取。本发明的白色光源系统能够使该色度变化的大小小于0.010,进而小于0.009。色度变化的大小小于0.010表示即便长时间使用也从初始点亮时起几乎没有色的变化的状态。因此,能够长期再现太阳光。

[0148] 本发明的白色光源系统中能够使用的具体的荧光体如以下所述。作为蓝色荧光体,可举出铈激活碱土类磷酸盐荧光体(峰值波长440~455nm)或铈激活钡镁铝酸盐荧光体(峰值波长450~460nm)等。另外,作为蓝绿色荧光体,可举出铈激活锶铝酸盐荧光体(峰值波长480~500nm)、铈、锰激活钡镁铝酸盐荧光体(峰值波长510~520nm)等。作为绿色荧光体,可举出铈激活原硅酸盐荧光体(峰值波长520~550nm)、铈激活 $\beta$ 赛隆荧光体(峰值波长535~545nm)、铈激活锶塞隆荧光体(峰值波长520~540nm)等。另外,作为黄色荧光体,可举出铈激活原硅酸盐荧光体(峰值波长550~580nm)、铈激活稀土类铝石榴石荧光体(峰值波长550~580nm)等。另外,作为红色荧光体,可举出铈激活锶塞隆荧光体(峰值波长600~630nm)、铈激活钙氮化物铝硅酸盐荧光体(峰值波长620~660nm)、铈激活硫氧化镧荧光体(峰值波长620~630nm)、锰激活氟锆酸镁荧光体(峰值波长640~660nm)等。

[0149] 图34表示绿色发光的铈激活原硅酸盐荧光体的发光特性,描绘了在527nm具有峰值的发光光谱57、和与峰值波长527nm的发光对应的激励光谱58。根据图34也可知,该荧光体的激励光谱58的长波长端扩展至约525nm,被紫外光或紫色光、进而被蓝色光或蓝绿色光激励而示出绿色发光。同样,图35是表示红色发光的铈激活钙氮化物铝硅酸盐荧光体的发光光谱59以及激励光谱60的图。可知该荧光体的激励光谱60从紫外域扩展至黄色域,被紫外光或紫色光、进而被蓝色光或绿色光甚至黄色光激励而示出红色发光。在对以上的两种荧光体组合紫色LED和蓝色荧光体而构成了白色发光的光源时,蓝色荧光体被LED激励,绿色荧光体被LED和蓝色荧光体激励,红色荧光体被LED、蓝色荧光体以及绿色荧光体激励,产生荧光体间的再吸收、重叠激励。在这样的光源中,由于假设即使仅蓝色荧光体随时间变化大幅亮度劣化,蓝色光的亮度变化也对绿色荧光体、红色荧光体的亮度造成影响,整体的亮度变化被平均化,所以结果可获得白色光的色度变化的抑制效果。

[0150] 表1-1是针对本发明所使用的荧光体的发光光谱,总结了半光谱幅值的数据的表。表中的数值是在各荧光体的发光光谱中,将与主峰值相当的发光光谱的半光谱幅值表示为代表值的值。根据表1-1也可知,虽然一部分存在例外,但大部分的荧光体的半光谱幅值为50nm以上,如果适当地选择所使用的荧光体,则能够构成全部的荧光体的半光谱幅值为50nm以上的作为组合的白色光源。

[0151] [表1-1]

[0152]

表1—1

发光色	荧光体化合物	半值宽度 (nm)
蓝色	铕激活碱土类磷酸盐荧光体	50
蓝色	铕激活钡镁铝酸盐荧光体	55
蓝绿色	铕激活锶铝酸盐荧光体	61
蓝绿色	铕、铕激活钡镁铝酸盐荧光体	12
绿色	铕激活原硅酸盐荧光体	65
绿色	铕激活β-赛隆 (Sialon) 荧光体	58
绿色	铕激活锶塞隆荧光体	60
黄色	铕激活原硅酸盐荧光体	89
黄色	铕激活稀土类铝石榴石荧光体	75
红色	铕激活锶塞隆荧光体	110
红色	铕激活钙氮化物铝硅酸盐荧光体	93
红色	铕激活硫氧化钨荧光体	15
红色	铕激活氟铝酸盐荧光体	33

[0153] 荧光体与树脂材料混合,被以荧光膜(荧光体层)的形式使用。通过将LED芯片的周围直接或者间接用荧光体层覆盖,从LED射出的一次光被荧光体层转换为二次光(白色光),向光源的外部放射。

[0154] (LED模块的发光特性)

[0155] 通过使用上述的LED与荧光体的组合,本发明的白色光源能够示出与太阳光几乎同等的发光光谱分布。因此,在使用本发明的白色光源作为照明用的情况下,能够示出太阳光同等的高的彩色再现特性,使一般显色指数(general color rendering index) Ra为95以上。而且,不仅是平均值,也能够使显色指数R<sub>1</sub>至R<sub>8</sub>以及特殊显色指数(Special Color Rendering Index) R<sub>9</sub>至R<sub>15</sub>全部为85以上。

[0156] 并且,根据本发明更希望的白色光源,也能够使一般显色指数Ra为97以上,并使显色指数R<sub>1</sub>至R<sub>8</sub>以及特殊显色指数R<sub>9</sub>至R<sub>15</sub>全部为90以上。

[0157] 另外,在不将本发明的白色光源利用为艺术品等无机物的照明,而利用为以人体作为对象的照明用的情况下,能够成为宛如是太阳光那样的对人体有益的照明。最近LED照明变得普及,蓝光危害的问题被忽视。由于白色发光中所含的蓝色光成分的强度过强,所以如果长时间持续使用则成为眼睛疲劳的原因,另外,如果在夜间过度沐浴LED白色光,则存在人体所具有的昼夜节奏紊乱等担心对人体造成各种损害的问题。在以往的LED白色光中,通过对蓝色LED组合黄色荧光体等来获得白色光,可认为这是带来上述损害的原因。这是因为由于荧光体一般示出宽的发光光谱,与之相对,蓝色LED具有在特定的蓝色波长中拥有峰值的极端尖锐的光谱形状,所以如果将两者组合,则只能获得蓝色波长区域突出的不自然的白色发光光谱分布。另一方面,本发明的白色光源的发光光谱分布如之前说明那样,在蓝色波长区域中没有不自然的突出部分,能够包括蓝色波长域在内再现太阳光的发光光谱。因此,本发明的白色光源能够作为不引起蓝光危害等的、对人体体贴的照明光源而灵活运用。

[0158] 即使存在蓝色光对人体有害的可能性,为了获得高彩色再现的白色照明,也需要在白色光中含有一定强度的蓝色成分。如果目的只是获得蓝色成分少的白色光,则只要选择色温低的白色光源即可。这是因为,色温越低则白色光中含有的红色成分等的相对含量越增加,蓝色光等的相对含量越减少。然而,在本发明的白色光源中,再现所有的色温的太阳光是本来的目的。因此,考虑到对人体的有害性,无法仅限定为特定色温的再现。因此,在本发明中,作为同时满足照明用途的彩色再现性和对人体的安全性的判断基准,采用以下说明的 $P(\lambda)/B(\lambda)$ 值作为对本发明的白色光源的特性赋予特色的指标。

[0159] 在将本发明的白色光源的发光光谱设为 $P(\lambda)$ ,将对应的相关色温的黑体辐射的发光光谱分布设为 $B(\lambda)$ ,而且将光谱光视效率的光谱设为 $V(\lambda)$ ,并分别满足下述式时,

[0160] [数6]

$$[0161] \int_{380}^{780} P(\lambda) V(\lambda) d\lambda = \int_{380}^{780} B(\lambda) V(\lambda) d\lambda \quad (1)$$

[0162] 本发明的白色光源的发光光谱在波长范围400nm至495nm中,能够满足关系式: $P(\lambda)/B(\lambda) \leq 1.8$  (2)。因此,在400nm至495nm的波长范围中,即使存在 $P(\lambda)$ 的强度高于 $B(\lambda)$ 的强度的波长域,该波长域中的两者的强度比( $P(\lambda)/B(\lambda)$ )最大也不会超过1.8。其中,在本发明的更优选的白色光源中,当 $P(\lambda)V(\lambda)$ 与 $B(\lambda)V(\lambda)$ 满足上述式时,在波长范围400nm至495nm间,能够满足关系式(5): $P(\lambda)/B(\lambda) \leq 1.5$  (5)。因此,本发明的白色光源示出在蓝色波长区域中特定波长的发光强度不极端突出、更流畅且平滑的连续光谱。

[0163] 关于上述 $P(\lambda)/B(\lambda)$ 值,对下限值没有特别限定。如果是再现太阳光,则希望上述 $P(\lambda)/B(\lambda)$ 值表示接近1的值。这是因为如果495nm以下的波长的光不足,则无法将照明对象物的色再现为自然的色。然而,本发明的白色光源如已经说明那样,是一般显色指数、特殊显色指数能够表示恒定值以上的光源。另外,如上述式(3)(4)所示那样,在本发明的白色光源中,以遍及可见光波长整个区域与黑体辐射的发光光谱近似作为特征。因此,即使不特别设定 $P(\lambda)/B(\lambda)$ 值的下限值,本发明的白色光源所要求的实际的特性也满足。白色光源的 $P(\lambda)/B(\lambda)$ 值表示与相同的色温的黑体辐射的发光光谱相比过度包含的蓝色光成分的比例,根据对人体的影响度等,其上限值特别重要。

[0164] 在本发明的白色光源中,通过荧光体发光的组合来获得白色发光,希望来自LED的一次光尽量多的能量被荧光体吸收,同时需要避免LED光向光源外部漏出。特别是在LED光中包含紫外线的情况下,由于会损害美术品等的体色、存在对人体的皮肤等造成不良影响的可能性,所以强烈要求防止漏出。

[0165] 在本发明的LED模块中,为了防止紫外线的漏出,将荧光体层的厚度形成为足够的厚膜。按照被各个荧光体粒子表面反射后的LED光不透过荧光体层而漏出到光源的外部的的方式,将荧光体层厚膜化。此时,如果荧光体层的厚度极端过厚,则荧光体的发光自身也无法出射到荧光体层之外,导致荧光体层的发光强度降低。一般,公知荧光体的粒径与最佳膜厚处于比例关系,本发明的荧光体层使用在实用上尽量成为大粒子的荧光体,将荧光体层尽量厚膜化。出于这样的目的,本发明的LED模块所使用的荧光体优选平均粒径为 $5\mu\text{m}$ 以上 $50\mu\text{m}$ 以下的范围。更优选的范围是平均粒径为 $10\mu\text{m}$ 以上 $40\mu\text{m}$ 以下的范围。而且,希望与这些平均粒径对应的荧光体层的厚度为 $0.07\text{mm}$ 以上 $1.5\text{mm}$ 以下的范围。更优选的范围是 $100\mu\text{m}$ 以上 $1000\mu\text{m}$ 以下。另外,作为荧光体层中的荧光体的含有量,希望荧光体层中的荧光体的质量比为60质量%以上90质量%以下。在荧光体含有量小于60质量%的情况下,即使增厚荧光体层,也存在荧光体层中的荧光体含量不足的可能性。如果荧光体含量不足,则LED光的一部分在荧光体粒子间的缝隙穿过,漏出到白色光源的外部。另一方面,在荧光体含有量过多的情况下,虽然LED光的漏出没有问题,但由于将荧光体粒子相互结合的粘合剂量过少,所以荧光体层的物理强度成为问题。如以上那样,能够获得荧光体层的发光极力不降低并且将紫外线的漏出抑制为 $0.4\text{mW}/1\text{m}$ 以下的LED模块。

[0166] 另外,为了更彻底地防止紫外线漏出,也可以在荧光体层的外侧形成紫外线吸膜。该情况下,作为紫外线的吸收/反射材料,能够使用氧化锌、氧化钛、氧化铝等的微粒白色颜料。将这些微粒颜料与荧光体层同样地分散到树脂中,在荧光体层的外侧直接或间接形成紫外线吸收膜,由此能够获得目标的LED模块。在这样获得的本发明的LED模块中,能够使漏出到模块外部的紫外线的量降低至 $0.4\text{mW}/1\text{m}$ 以下。

[0167] 上述紫外线量的数值能够通过以下的方法来求出。将由发光装置射出的白色光的发光光谱设为 $P(\lambda)$ ,将光谱光视效率的光谱设为 $V(\lambda)$ ,将两者相乘比积分来求出下述 $\phi$ 。

[0168] [数7]

$$[0169] \quad \phi = 683 \cdot \int P(\lambda) \cdot V(\lambda) d\lambda \quad (7)$$

[0170] (7)式中的683是在555nm的波长中满足 $1\text{W}=683\text{Lm}$ 的常数。

[0171] 由LED射出的一次光能通过下述式在360~420nm的范围对光谱 $F(\lambda)$ 进行积分而求出下述UV。

[0172] [数8]

$$[0173] \quad UV = \int_{360}^{420} P(\lambda) d\lambda \quad (8)$$

[0174] 由发光装置射出的发光的每一个光束的1次光能够通过 $UV/\phi$ 来取出。

[0175] 本发明的白色光源具有与太阳光的发光光谱大致同等的形状,蓝色光的波长区域中的发光光谱的强度也与太阳光处于大致同等等级如上述说明那样,但在想要更可靠地降低蓝色光、紫色光的强度的情况,或者想要与太阳光所含的蓝色成分、紫色成分的发光强度

相比进一步降低的情况下,只要形成这些发光的漏出防止膜即可。该情况下,作为紫色光、蓝色光的吸收材料,能够使用氧化锆、氧化硅的微粒颜料。通过将上述微粒颜料与荧光体层同样地分散到树脂中,在荧光体层的外侧直接或间接形成吸收膜,能够获得目标的LED模块。另外,作为获得与上述的间接方法相同的效果的方法,能够在白色光源的透明外围器件,例如LED电灯的透明灯罩件形成氧化锆或氧化硅的蒸镀膜来进行应对。

[0176] (白色光源系统)

[0177] 图27表示实施方式的白色光源系统的一个例子。如图所示,实施例的白色光源系统包括白色光源部21和控制部22。白色光源部21包括基板23、配置在基板23上的多个白色光源24、以及按照覆盖多个白色光源的方式被固定于基板23的发光装置外围器件25。多个白色光源24分别由LED模块构成。LED模块包括配置在基板23上的LED芯片26、和配置在基板23上并覆盖LED芯片26的荧光体层27。在基板23设有布线网,LED芯片26的电极与基板23的布线网电连接。此外,发光装置外围器件25能够在与基板23对置一侧的壁部的外侧的面配置透镜(未图示)。另外,也能够将发光装置外围器件25的至少一部分作为可取出光的透明部。优选透明部形成在与基板23对置一侧的壁部。并且,能够将反射器(未图示)例如配置于发光装置外围器件25的内侧面。

[0178] 控制部22具备管理部28、存储器部29、以及数据输入输出部30。由LED模块构成的白色光源24通过布线31与管理部28的电子电路(未图示)连接,白色光源24通过从管理部28经过布线31流动的电流而发光。在管理部28的电子电路存储器部29中,按每个场所以及按每个季节(时期)保存有太阳光的一日的变化数据。为了获得所希望的图案的照明光源,系统使用者将都市名或者纬度/经度等场所信息、季节等时间信息输入至数据输入输出部30,并将获得的数据向管理部28送出。管理部28提取出与输入数据对应的保存数据,读取场所和季节的特定的太阳光的相关色温与照度的数据,根据这些数据来计算各白色光源的混合强度比。根据计算结果,管理部28的电子电路对施加给各白色光源24的电流值进行控制,能够再现所需要的太阳光的特性变化。

[0179] 在白色光源系统中使用包括LED和荧光体的LED模块。LED模块包括基板、载置在基板上的LED芯片、以及形成覆盖LED芯片的周围的荧光体层。

[0180] 优选基板使用氧化铝、氮化铝、氮化硅、环氧玻璃等材料。特别是从热传导性、针对紫外至紫色光的耐性、绝缘性、反射率、成本等观点综合判断,更优选选择氧化铝基板、环氧玻璃基板。构成基板的材料的种类能够为1种或者两种以上。

[0181] 关于LED,如果是发光为紫外至紫色的材料,则可以使用任意的材料,例如能够使用GaN系的InGaN、GaN或者AlGaN等。

[0182] 在LED模块50中,例如如图28所示那样,多个LED芯片52在基板51上排列为线状。芯片列能够为一列以上。能够根据使用个数来排列多个芯片列。例如在图28中,多个芯片列排列为矩阵状。希望LED芯片52尽量排列为高密度,但如果LED芯片52间的距离过近,则由于产生LED芯片52彼此的LED发光的相互吸收,所以不优选,另外,为了促进连续点亮时由LED芯片52产生的热的散热,也希望LED芯片52隔开适当的间隔进行排列。此外,芯片的排列并不限于线状,也可以排列为锯齿栅格状等,能够同样成为高密度的排列。

[0183] 在图28中,各LED芯片52通过线53连接,并且与电极54相连。电极54具有特定图案,兼作基板51上的导电部。希望导电部的材料使用从Ag、Pt、Ru、Pd以及Al等中选择的至少一

种金属。而且,希望在金属的表面出于防止腐蚀等的目的而形成Au膜。Au膜可以使用印刷法、蒸镀法以及镀覆法的任意一个来形成。

[0184] 基板51上的LED芯片52的周围直接或者间接被荧光体层覆盖。图29~图33表示荧光体层的配置例。可以如图29所示,在LED芯片52的表面上直接形成荧光体层55。也可以如图30所示,在用荧光体层55覆盖了LED芯片52的周围之后,用透明树脂层56覆盖荧光体层的周围。另外,也可以如图31所示那样,在用透明树脂层56覆盖了LED芯片52的表面之后,用荧光体层55覆盖透明树脂层56的几乎整个面。并且,在图29~图31中成为用单一的荧光体层55或透明树脂层56覆盖多个LED芯片52的构造,但也可以如图32、图33那样用单一的荧光体层55或者单一的透明树脂层56覆盖单一的LED芯片52。并且,作为应用例之一,也可以成为用透明树脂层覆盖单独或者多个LED芯片的周围,在其外侧形成荧光体层,进而在外侧形成透明树脂层的层叠构造。

[0185] 在上述的各种膜构成中,形成透明树脂层的目的是发光强度的均匀化。在多个LED芯片以某一图案排列的情况下,在基板上存在LED芯片的位置、和不存在LED芯片的位置共存。在用荧光体层覆盖了这样的图案的LED芯片的周围的情况下,由于在存在LED芯片的部分发光强度高,在不存在LED芯片的部分发光强度变弱,所以不能获得遍及荧光体层整个面的均匀的发光。此时,如果在荧光体层的内表面或者外表面形成有透明树脂层,则在层整体容易获得均匀的光。这是因为如果在荧光体层的内表面形成有透明树脂层,则来自LED的一次光在透明树脂层内散射。另一方面,这是因为如果在荧光体层的外表面形成有透明树脂层,则来自荧光体的二次光在透明树脂层内散射。另外,在LED芯片的个数不是多个而是一个的情况下也能获得相同的效果。LED芯片的一般形状是直六面体,但从直六面体的各面射出的发光强度不相同,根据射出的方向产生了发光的强度分布。因此,如果在覆盖LED芯片的周围的荧光体层的内表面或者外表面形成有透明树脂层,则能够与LED芯片为多个情况同样地实现发光强度的均匀化。

[0186] 如以上所述,通过透明树脂层内的光散射效果能够获得发光强度的均匀化。不过不是简单的透明树脂层而使树脂层内含有微粒状的无机化合物粉末,能够发挥进一步的散射效果。作为树脂层内含有的无机材料粉末,可举出气相二氧化硅(干式二氧化硅)或者沉淀二氧化硅(湿式二氧化硅)等二氧化硅粉末、气相氧化铝或者粉碎氧化铝等氧化铝粉末、氧化铈粉末、氧化锆粉末、氧化钛粉末、钛酸钡粉末等金属氧化物粉末。所使用的无机材料的种类可以为1种或者两种以上。在这些中,由于二氧化硅粉末以及氧化铝粉末分别廉价并且容易微粒化,所以优选作为透明树脂层中含有的无机化合物粉末。特别是,由于气相二氧化硅以及气相氧化铝分别容易获得球状的超微粒,所以优选使用。

[0187] 另外,希望无机材料粉末的最大粒径是通过透明树脂层内的光的波长的 $1/4$ 以下。如果使用最大粒径为光的波长的 $1/4$ 以下的无机化合物粉末,则由于透过的光适度地散射,所以从光源射出的光的强度被均匀化,能够改善光的取向性。在最大粒径超过光的波长的 $1/4$ 的情况下,从LED或荧光体射出的光被无机材料的微粉末反射,返回到光源的内部(LED芯片侧)的概率变高。无机材料粉末的最大粒径的下限值从散射效果方面出发没有特别限定,但在工业上难以获得极端的微粒,另外,从粉末的操作方面出发,也希望大于数nm,更希望为数十nm以上。

[0188] 无机材料粉末的具体的最大颗粒直径相对于560nm的黄色光为140nm以下,相对于



420nm的紫色光为105nm以下。透过的光的最小波长是使用了在360nm具有发光峰值的LED的情况的紫外光。如果使用最大颗粒直径为90nm的无机材料粉末,则也能够应对任何情况的透明树脂层。

[0189] 优选使透明树脂层在0.1~5质量%的范围含有上述那样的无机化合物粉末。如果透明树脂层中的无机化合物粉末的含有量小于0.1质量%,则存在无法获得由无机化合物粉末带来的光的散射效果之虞。另一方面,如果无机化合物粉末的含有量超过5质量%,则容易产生光的重叠散射等,存在被取出到光源的外部的光减少之虞。更优选透明树脂层中的无机化合物粉末的含有量为1质量%以上。

[0190] 可以在荧光体层中含有透明树脂材料。另一方面,透明树脂层可以是以透明树脂材料为主体的层,但也可以含有荧光体或者无机材料粉末等其他成分。作为这样的透明树脂材料,如果是满足强度、耐热性以及透明性的材料,则可以使用任意的材料,具体而言,优选使用硅树脂、环氧树脂等。特别是在如本发明那样将透明树脂层与紫外线发光的LED组合使用的情况下,更希望使用对紫外线的耐劣化特性出色的硅树脂。

[0191] 在使用上述硅树脂作为透明树脂材料的情况下,希望基板材料使用吸水率为5~60%的范围的氧化铝基板。通过使用这样的具有适度的吸水率的氧化铝基板,与硅树脂含有层(例如,包括硅树脂的透明树脂层以及荧光体层)的贴附强度会提高。具体而言,能够使氧化铝基板与硅树脂含有层的贴附强度为1N(100gf)以上。氧化铝基板的吸水率表示通过由EMAS-9101公开的吸水率评价手法测定出的值。氧化铝基板与硅树脂含有层的贴附强度表示从侧面通过张力计按压硅树脂含有层(荧光体层),硅树脂含有层(荧光体层)剥离时的按压力。

[0192] 根据吸水率为5%以上的氧化铝基板,由于硅树脂适度地浸入,所以能够提高与硅树脂含有层的贴附强度。在氧化铝基板的吸水率小于5%的情况下,硅树脂的浸入弱,无法获得足够的贴附强度。但是,如果氧化铝基板的吸水率超过60%,则硅树脂过多侵入,难以将硅树脂含有层(荧光体层)成形为规定形状。更优选氧化铝基板的吸水率为20~50%的范围。

[0193] 氧化铝基板的吸水率例如能够通过使基板烧制时的烧制温度变化来进行调整。具体而言,通过根据氧化铝基板的形成材料等,将基板烧制时的温度在1100~1500℃的范围适当地调整,能够获得具有适度的吸水率(5~60%的范围)的氧化铝基板。

[0194] 通过使用上述的氧化铝基板,能够使氧化铝基板与硅树脂含有层的贴附强度为1N以上。在LED芯片与荧光体层之间夹有透明的硅树脂含有层的情况也相同,能够使氧化铝基板与透明的硅树脂含有层的贴附强度为1N以上。这样,通过使氧化铝基板与硅树脂含有层或透明的硅树脂含有层的贴附强度为1N以上,会提高LED模块的操作性。即,可抑制操作时的硅树脂含有层的剥离。因此,能够再现性良好地抑制因硅树脂含有层的剥离引起的点不亮、破坏。

[0195] (实施例)

[0196] 以下,与连续地再现太阳光的变化方法一起,对将要再现的白色光所包含的紫外光、蓝色光成分降低至适当量的方法具体进行说明。

[0197] (实施例1)

[0198] 首先,制作了基于蓝色荧光体、绿色荧光体、黄色荧光体、红色荧光体这4种荧光体与LED的组合的6种白色光源。具体将表1-2所记载的组成的荧光体以表中记载的规定的比例混合,成为6种色温的白色光。各荧光体使用平均颗粒直径为25~35 $\mu\text{m}$ 的粉末,通过向LED

芯片的周围涂覆分散于硅树脂的浆料,制成了LED模块。按照荧光体层的膜厚为500~700μm,荧光体层中的荧光体粉末的密度为70~80质量%的范围的方式进行了调整。另外,LED使用了在410nm具有发光峰值的GaN系的LED。对以上那样的LED模块安装反射器、透镜、外围器件,并且连接电子电路来作为实施例的白色光源。

[0199] [表1-2]

[0200]

表1-2

光源 No	色温度	蓝色荧光体		绿色荧光体		黄色荧光体		红色荧光体	
		重量(%)	重量(%)	重量(%)	重量(%)	重量(%)	重量(%)	重量(%)	重量(%)
1	2000K+0.0075 duv	铕激活碱土类 磷酸盐荧光体	8.2	铕激活铈塞隆 荧光体	4	铕激活原硅酸盐 荧光体	4	铕激活钙氮化物 铝硅酸盐荧光体	1.0
			铕激活钡镁铝 酸盐荧光体						
2	3200K+0.0075 duv	铕激活碱土类磷 酸盐荧光体	8.4	铕激活原硅酸盐 荧光体	3	铕激活原硅酸盐 荧光体	4	铕激活钙氮化物 铝硅酸盐荧光体	9
			铕活稀土类磷 酸盐荧光体						
3	6500K+0.0125 duv	铕激活碱土类磷 酸盐荧光体	9.2	铕激活原硅酸盐 荧光体	3	铕激活原硅酸盐 荧光体	4	铕激活钙氮化物 铝硅酸盐荧光体	1
			铕活稀土类磷 酸盐荧光体						
4	6500K-0.0050 duv	铕激活碱土类磷 酸盐荧光体	9.5	铕激活原硅酸盐 荧光体	2	铕激活原硅酸盐 荧光体	1	铕激活钙氮化物 铝硅酸盐荧光体	2
			铕活钡镁铝 酸盐荧光体						
5	3100K-0.0050 duv	铕激活碱土类磷 酸盐荧光体	8.5	铕激活原硅酸盐 荧光体	3	铕激活原硅酸盐 荧光体	2	铕激活钙氮化物 铝硅酸盐荧光体	1.0
			铕活稀土类磷 酸盐荧光体						
6	2000K-0.0050 duv	铕激活碱土类磷 酸盐荧光体	8.6	铕激活原硅酸盐 荧光体	2	铕激活原硅酸盐 荧光体	2	铕激活钙氮化物 铝硅酸盐荧光体	1.0
			铕活稀土类磷 酸盐荧光体						

[0201] 接下来,使用上述6种白色光源,再现了特定场所中的、太阳光的一日的变化。再现的是春天(2015年5月14日)的横滨市的一日的变化。为了再现而利用的数据是从当日的日落到日出,每隔约3分钟测定了太阳光发光光谱的数据。图5是将上述数据中的当日上午7时00分、午后12时00分、以及午后6时45分各自的太阳光的发光光谱分布提取出进行图示的图。对于3种时刻的太阳光,如果根据发光光谱数据,计算各个相关色温,则上午7时00分为 $4236\text{K}+0.004\text{duv}$ ,午后12时00分为 $5704\text{K}+0.001\text{duv}$ ,另外,午后6时45分为 $2990\text{K}-0.004\text{duv}$ 。

[0202] 首先,使用本发明的上述6种白色光源(白色光源1~6),再现了3种时刻的太阳光发光光谱。各光源色的混合比率如表2所示。其中,表中的数字是表示强度比(相对值)的值。另外,3种白色光源的发光光谱分布如图6中的曲线6至8所示。如果将这些发光光谱形状与相同的色温的黑体辐射的发光光谱比较,则可知除了在发光光谱曲线是否存在微小的凹凸之外,两者的整体形状示出良好的一致。特别是在人的眼睛的灵敏度高的400nm至650nm的波长区域中,两者示出非常近似的曲线。

[0203] [表2]

[0204]

表2

	时刻	光源1	光源2	光源3	光源4	光源5	光源6
A	07:00	40	—	—	—	25	35
B	12:00	—	40	10	20	30	—
C	18:45	40	—	—	—	5	55

[0205] 对于光源A—C的发光光谱、和与各光源的相关色温相同的色温的黑体辐射的发光光谱,求出了两者的差分光谱。差分光谱是在将各白色光源的发光光谱设为 $P(\lambda)$ ,将表示与白色光源相同的色温的黑体辐射的发光光谱设为 $B(\lambda)$ ,将光谱光视效率的光谱设为 $V(\lambda)$ ,将 $P(\lambda) \times V(\lambda)$ 为最大的波长设为 $\lambda_{max1}$ ,将 $B(\lambda) \times V(\lambda)$ 为最大的波长设为 $\lambda_{max2}$ 时,求取 $[(P(\lambda) \times V(\lambda)) / (P(\lambda_{max1}) \times V(\lambda_{max1})) - (B(\lambda) \times V(\lambda)) / (B(\lambda_{max2}) \times V(\lambda_{max2}))]$ ,并从可见光波长域380nm一直到780nm进行描绘而得到的光谱。根据图7~图9可知,由于光源A、B、C都是差分光谱处于 $\pm 0.1$ 以下的范围内,满足上述式(3),所以每一个光源都具有与本发明的白色光源相应的特性。

[0206] 接着,求出这些各光源的显色指数。针对3种光源,在从380nm到780nm的波长范围,以5nm间隔求出了各光谱强度的数据之后,按照JIS-8726所记载的方法进行计算,求出了一般显色指数和特殊显色指数。结果如下述的表3所示,实施例1的白色光源在全部的评价指数中都示出高的值,表示与太阳光大致同等的出色的彩色再现性。

[0207] [表3]

[0208]

表3

	Ra	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15
光源A	97.3	97.6	97.7	98.0	97.3	97.6	96.0	97.0	97.1	90.5	95.1	96.0	94.7	97.2	98.9	98.8
光源B	98.4	98.1	98.6	99.7	98.6	98.2	97.6	98.1	98.4	98.5	97.7	97.9	91.4	98.0	99.4	98.0
光源C	97.5	97.7	98.5	99.0	96.6	97.3	96.0	98.0	96.9	87.0	97.7	93.6	94.9	97.4	98.6	99.4

[0209] 实施例1的白色光源使用了将在410nm具有发光峰值的紫色发光LED与4种荧光体组合而成的LED模块。由于一般LED在发光峰值波长中具有尖锐的形状的发光光谱,荧光体具有宽的发光光谱,所以整体的光谱形状容易成为LED的发光突出的不自然的形状。然而,既然实施例1中使用的LED的发光峰值波长不处于蓝色区域,而处于紫色波长域,蓝色光不显著,那么由于从LED射出的紫色光大都被荧光体吸收,所以漏出到模块外的LED光为十分少的光量。

因此,在本发明的白色光源中能够成为没有蓝光危害等之虞的对人体体贴的白色光源。

[0210] 为了针对本发明的白色光源定量地评价上述效果,通过计算求出了各白色光源的  $P(\lambda)/B(\lambda)$  的值。 $P(\lambda)/B(\lambda)$  值的求取方法例如若以上述光源C为例则如以下所述。首先,使用分光分布测定器来测定光源C的发光光谱分布。作为测定装置,最近市场上出售有很多装置,如果没有精度上的问题,则不需要特别进行机型限定等。具体的发光光谱的形状如已经说明那样,是图6的曲线8所示那样的形状,将该发光光谱设为  $P(\lambda)$ 。如果使用该  $P(\lambda)$  的发光光谱分布数据来求取  $xy$  色度图上的发光色度点,则可知光源C是2990K-0.004duv的相关色温的白色光源。因此,由于与之对应的黑体辐射的发光光谱  $B(\lambda)$  的色温为2990K,所以通过在上述式(6)对色温(T)代入2990K,能够求出具体的光谱形状。

[0211] 通过将所获得的  $P(\lambda)$  与  $B(\lambda)$  的发光强度进行比较,能够求出  $P(\lambda)/B(\lambda)$  值,但如果将所获得的发光光谱分布直接进行比较,则由于结果也按照求取方式而变化,所以在设定两者的总能量变为相同的值的条件,并求出了可满足该条件的  $P(\lambda)$ 、 $B(\lambda)$  之后,将两者进行了比较。具体的条件满足下述式(1)。

[0212] [数9]

$$[0213] \int_{380}^{780} P(\lambda) V(\lambda) d\lambda = \int_{380}^{780} B(\lambda) V(\lambda) d\lambda \quad (1)$$

[0214] 式中  $V(\lambda)$  是光谱光视效率的光谱分布,通过计算求出了满足上述(1)式的  $P(\lambda)$  以及  $B(\lambda)$  的各光谱分布。若果将修正后的  $P(\lambda)$  以及  $B(\lambda)$  归纳到为一个图表,则可获得图10所示的光谱分布。曲线9是修正后的  $B(\lambda)$ ,曲线10是修正后的  $P(\lambda)$ 。

[0215] 在图10中,如果将400nm至495nm的范围中的、两个光谱分布的强度进行比较,则  $P(\lambda)$  的发光强度高于  $B(\lambda)$  的发光强度的位置约存在3处,如果在这些波长区域中求取  $P(\lambda)/B(\lambda)$  比的最大值,则获得了1.37这一值。即,在400nm至495nm之间的全部的波长中,意味着  $P(\lambda)$  的发光强度为  $B(\lambda)$  的发光强度的1.37倍或者其以下。

[0216] 在本发明中,如上述求出了各白色光源的  $P(\lambda)/B(\lambda)$  那样采用  $P(\lambda)/B(\lambda)$  比的最大值作为代表值,设为各白色光源的评价基准。即,  $P(\lambda)/B(\lambda)$  值超过1并且表示越大的值,则意味着各白色光源所包含的400nm至495nm的可见光、尤其是蓝色光相对于黑体辐射的发光光谱中所包含的相同的波长范围的可见光过度并且大量含有。综上可知,光源C在波长范围400nm至495nm中满足下述式(9)的关系。

$$[0217] P(\lambda)/B(\lambda) \leq 1.37 \quad (9)$$

[0218] 如果对表3中的光源B、A也确认了相同的关系,则分别能够获得图11、图12的光谱曲线,

[0219] 可知光源B满足下述式(10)

$$[0220] P(\lambda)/B(\lambda) \leq 1.26 \quad (10)$$

[0221] 光源A满足下述式(11)

$$[0222] P(\lambda)/B(\lambda) \leq 1.07 \quad (11)$$

[0223] 因此,上述白色光源C、B、A在蓝色波长域中示出凹凸少的平滑的发光光谱,能够视为针对人体的昼夜节奏造成不良影响少的体贴光源。

[0224] 另外,在实施例1的LED模块中,从模块漏出的紫外线量也减少。如果使用上述式

(7)、(8)来计算从实施例的光源漏出的LED一次光,则全部为0.1mW/1m,是非常微弱的LED一次光。因此,在将实施例1的白色光源用于艺术品等的照明的情况下,能够不使艺术品所使用的颜料等劣化,另外,在用于人体的照明用的情况下,能够不损伤人体的皮肤、眼睛地成为适合这些用途的照明。

[0225] 以上,说明了实施例1的白色光源的各种特征,但上述只不过举出了早中晚的代表的白色光,能够将实际上具有上述特征白色光再现为1日的连续的变化。图13表示了春天(2015年5月14日)的横滨市的1日的变化的曲线。使用每隔3分钟测定出的太阳光的发光光谱数据,求出各相关色温的值,为了获得规定的相关色温而决定光源1~光源6的混合比例进行了再现。另外,照度的变化是根据实测值计算以特定的值作为基准的相对值,并描绘为照度比(%)的变化。

[0226] 在图13中,曲线15表示相关色温的变化,曲线16表示照度变化。对于春天的横滨市的1日的变化而言,在日出的同时照度变亮,在上午11点左右照度最高,然后在过了午后1点之前继续高的状态,之后随着日落照度缓缓降低。对于另一方的色温而言,在日出时出现约2200K的火红的太阳,与照度的增加一同色温也上升,从温白色变化为白色进而变化为亮白色,在午后12点左右,达到最高度而约为6000K。然后经过与上午相反的经过,在午后7点左右返回到2300K,变为日落。

[0227] 在本发明的白色光源系统中,管理对白色光源施加的电流值来再现了图13所示的色温、照度的随时间的变化。首先为了获得特定的相关色温的白色光,决定了对光源1~光源6施加的电流的强度比率。接下来,为了与照度的变化对应,在保持上述的电流比率不变的状态下,调整了总电流的强度以便获得规定的照度。在本发明的白色光源中,为了能够针对图13所示的随时间变化的数据根据每隔3分钟的实测值进行调整,而进行电流值的程序控制,再现了太阳光的随时间变化。

[0228] 将这样的白色光源系统应用为美术馆、医院、甚至家庭用的照明。通过该照明,不再再现太阳光的瞬间的特性,而再现时刻变化的发光特性,可期待对人体所具有的昼夜节奏等的良好影响。并且,由于因白色照明引起的特性变化再现了通过人的眼睛无法识别的稳定的变化,所以被人感觉为与太阳光同样的极其自然的变化。因此,在体力差的医院患者等中,也能够作为合适的照明而接受。

[0229] (比较例1)

[0230] 与太阳光的的光谱形状无关地创建了位于黑体辐射的轨迹上的特定色温的白色光源。所使用的LED模块是基于蓝色LED与黄色荧光体的组合的模块,LED使用了发光峰值波长为448nm的InGaN系的LED,荧光体使用了峰值波长为560nm的铈激活原硅酸盐荧光体。荧光体的平均粒径为7 $\mu$ m。使该荧光体粒子分散到硅树脂中而制作了荧光体浆料,通过按照覆盖载置于基板上的LED芯片的方式均匀地涂覆浆料,由此制作了LED模块。将LED的蓝色光与荧光体的黄色光混合并调整为成为所希望的白色光的厚度的结果是,荧光体层的膜厚约为65 $\mu$ m。

[0231] 对上述LED模块安装反射器、透镜、外围器件并且连接电子电路而作为比较例的白色光源。所获得的白色光源的色温为6338K,发光光谱特性、 $(P(\lambda) \times V(\lambda) / (P(\lambda_{\max 1}) \times V(\lambda_{\max 1}))$ 如图14所示。另外,如果关于对应的6338K的色温的黑体辐射光谱,求取 $B(\lambda) \times V(\lambda) / (B(\lambda_{\max 2}) \times V(\lambda_{\max 2}))$ ,则获得了图15的曲线。并且,图14与图15的差分光谱 $(P(\lambda) \times V(\lambda) / (P(\lambda_{\max 1}) \times V(\lambda_{\max 1})) - B(\lambda) \times V(\lambda) / (B(\lambda_{\max 2}) \times V(\lambda_{\max 2}))$ 如图16所示。根据图16可知,

差分光谱分布在 $-0.32 \sim +0.02$ 的范围内,无法满足差分光谱的绝对值在全部的波长范围中为0.2以下这一上述式(2)的条件,没有再现太阳光的光谱。

[0232] 比较例1的白色光源虽然与黑体辐射的轨迹上的色温一致,但由于发光光谱形状不同,所以无法示出如太阳光那样的高的彩色再现性。一般显色指数Ra低至约70,关于R1~R15也如下表那样,离太阳光的特性很远。

[0233] [表4]

[0234]

表4

	Ra	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15
比较例1	69.6	68.3	73.4	72.6	70.7	61.9	61.8	79.3	61.6	24.9	32.7	65.1	38.1	68.2	84.1	65.8

[0235] 接着,对比较例1的白色光源确认了蓝色波长域的特性。在将比较例1的白色光源的发光光谱设为 $P(\lambda)$ ,将对应的相关色温的黑体辐射的发光光谱分布设为 $B(\lambda)$ ,而且将光



谱光视效率的光谱设为 $V(\lambda)$ ，且分别满足下述式(1)时，

[0236] [数10]

$$[0237] \int_{380}^{780} P(\lambda) V(\lambda) d\lambda = \int_{380}^{780} B(\lambda) V(\lambda) d\lambda \quad (1)$$

[0238] 比较例1的白色光源的发光光谱在波长范围400nm至495nm间，示出下述式(12)

$$[0239] P(\lambda) / B(\lambda) \leq 1.87 \quad (12)$$

[0240] 的关系，超过本发明的白色光源的上限值1.8。具体如图17所示。根据图17也可知，比较例1的白色光源具备在450nm附近具有峰值的尖锐的发光光谱形状，若与黑体辐射的发光光谱形状进行比较，则在450nm附近具有过大的凸部，并且在500nm的近前具有过大的凹部，明确地示出具有与黑体辐射(太阳光)不同的特征的发光光谱。此外，使用了蓝色LED的白色光源的特征在于示出这样显著的凸部，白色光源的色温越低，则该凸部越明显。因此，比较例1的白色光源是高至6338K的色温的白色光源，但如果色温更低，则处于上述 $P(\lambda) / B(\lambda)$ 值大于1.87的趋势。

[0241] 这样，比较例1的白色光源虽然表观上示出了与本发明相同的白色发光，但红色匮乏，示出了彩色再现性差的特性。而且，在使用了这样的白色光源作为医院用的照明的情况下，由于蓝色区域中包含强的发光波长成分，所以担心蓝光危害等问题、对人体的昼夜节奏的不良影响。另外，由于在比较例1的白色光源中使用了蓝色发光LED作为LED模块，所以在比较例1的白色光源中，几乎不含有紫外线，但在如果使用了紫外发光LED的情况下，明显会漏出大量的紫外线，在如果作为美术馆用照明而使用的情况下，当然会担心加快绘画的退色等有害的影响。此外，由于比较例1的白色光源与太阳光所具有的发光特性在所有的方面差异都过大，所以即使使用这样的光源来再现1日的太阳光变化也没有意义，不能制成本发明的白色光源系统。

[0242] (实施例2)

[0243] 对本发明的白色光源所含有的蓝色发光成分如何被人体感知进行了评价实验。在本发明中，针对白色光源所含有的蓝色光的强度，将上述式(1)所示的 $P(\lambda) / B(\lambda)$ 值作为评价的判断基准。从照明光源的彩色再现性以及对人体的安全性的方面出发，该数值越接近1，则成为综合性最希望的值。另一方面，从安全性的方面出发，希望该数值越小越好，对作为上限值被允许到怎样的程度进行了确认实验。

[0244] 在实验中，准备各种 $P(\lambda) / B(\lambda)$ 值的白色光源，根据观察到从该白色光源放射的光的人感知怎样程度的眩晕，来调查对人体的影响度。即，如果能够确认因蓝色光的强度差，人体中的眩晕的感知程度产生差异，则成为蓝色光造成影响的佐证。这里，成为问题的是实验的方法。人观看光源而感到眩晕由来自光源的光的强度左右。成为实验的对象的光源是白色光源，即使假设确定了某一白色光源的眩晕，也需要首先能够确认为眩晕的原因不是白色光整体的强度、红色发光成分等的强度，而蓝色发光成分的强度是主要因素。需要在此基础上，在感知到的眩晕的程度与蓝色成分的强度变化之间确认相关关系。

[0245] 作为将蓝色光针对眼睛的影响的程度与其他可见光引起的影响的程度加以区别来进行评价的方法，在本发明中利用了蓝色光所具有的物理特性。包括蓝色光的400至495nm的波长范围的发光成分具有比其他波长的可见光成分高的能量。一般具有高能量的

电磁波在空间进行移动的过程中容易与各种障碍物碰撞而散射。即，公知蓝色光与其他可见光成分相比容易散射。因此，从白色光源放射出的发光中的蓝色发光成分在因空气中的气体分子、垃圾等浮游物的影响而散射的同时，到达眼睛中的蓝色光也在水晶体中移动的过程中强烈受到散射的影响。另一方面，透过了水晶体之后到达的视网膜的视细胞由主要处于视网膜的中心部且平时观看明亮的图像的锥体、和主要处于视网膜的周边部且观看暗图像的杆体构成。于是，散射的蓝色光达到本来应该感知暗图像的杆体。如果通常不感知的明亮的散射光到达杆体，则瞳孔的括约肌过度收缩，人会强烈地感到眩晕。

[0246] 在以上的现象中，当人感到眩晕时，在蓝色光的情况下主要因过度的光到达杆体，另一方面，在蓝色光以外的可见光中，主要因为过度的光到达锥体，因此在两者之间感到眩晕的机制不同。因此，通过利用这样的现象，例如在将白色光源整体的强度保持为恒定的基础上，使构成白色光的蓝色光成分的含有比率变化，由此能够准确地评价人感知的眩晕的程度。即，即便在到达锥体的光量恒定或减少若干的情况下，如果到达杆体的光量增加，则人也会更强烈地感知眩晕，对该变化进行测定成为评价蓝色光对人体的影响的最有效手段。

[0247] 以下，总结具体的实验内容和其结果。

[0248] 出于调查的目的，为了获得各种 $P(\lambda)/B(\lambda)$ 值的光源，追加试制以下5种光源，作为实施例、比较例的光源。

[0249] 首先，制成在白色光的发光光谱中使蓝色波长域的发光强度极力减少的白色光源。具体而言，对实施例1的光源B的LED模块形成紫外至蓝色光吸收膜来对应。在实施例1的光源B的覆盖LED芯片的周围的荧光体层的周围形成了3层膜的最内侧，形成了基于平均颗粒直径 $0.3\mu\text{m}$ 的氧化锌颜料的约 $3\mu\text{m}$ 的薄膜(第1层)，在中间形成了基于平均颗粒直径 $0.08\mu\text{m}$ 的氧化锆的约 $0.9\mu\text{m}$ 的膜(第2层)，而且在最外侧形成了基于平均颗粒直径 $0.5\mu\text{m}$ 的氧化硅的约 $6\mu\text{m}$ 的薄膜(第2层)。各个薄膜在将各微粒粉末分散到硅树脂中，并调整了比重、粘度之后，浆料涂覆规定量而形成。

[0250] 对所获得的LED模块施加规定的电流，确认为发光为白色。使用分光分布测定器测定了从LED模块射出的白色光的发光光谱分布。如果根据所获得的发光光谱数据，计算 $(x, y)$ 色度图上的色度点，则为 $5110\text{K}-0.002\text{duv}$ ，移至相对于将紫色至蓝色成分截止之前的光源B的相关色温 $5704\text{K}+0.001\text{duv}$ 降低约 $600\text{K}$ 的色温。

[0251] 在将紫色至蓝色成分截止后的白色光源的发光光谱设为 $P(\lambda)$ ，将对应的相关色温的黑体辐射的发光光谱分布设为 $B(\lambda)$ ，而且将光谱光视效率的光谱设为 $V(\lambda)$ ，且分别满足下述式(1)时，

[0252] [数11]

$$[0253] \int_{380}^{780} P(\lambda) V(\lambda) d\lambda = \int_{380}^{780} B(\lambda) V(\lambda) d\lambda \quad (1)$$

[0254]  $P(\lambda)/B(\lambda)$ 的比率在 $400\text{nm}$ 至 $495\text{nm}$ 的波长间最大为 $0.98$ ，能够满足下述式(13)。

[0255]  $P(\lambda)/B(\lambda) < 1 \quad (13)$

[0256] 即，在将所获得的白色光源的发光强度与黑体辐射的发光强度进行了比较时，在 $400\text{nm}$ 至 $495\text{nm}$ 的全部的波长中，实施例2的光源的发光强度不超过黑体辐射的发光强度。

[0257] 接下来,制作了上述 $P(\lambda)/B(\lambda)$ 值表示比较大的值的、实施例2的4种白色光源(4)~(7)。试制所使用的材料、部件全部与实施例1相同,并将它们与实施例1同样地组装。即,通过将实施例1的白色光源1~6的光源色以表5-2所示的混合比率混合,得到了实施例2的4种白色光源(4)~(7)。此外,表5-2中的数字表示强度比(相对值)。强度比的控制通过控制对白色光源1~6施加的电流值来进行。另外,如果为了评价所获得的白色光源的 $P(\lambda)/B(\lambda)$ 值,而将追加试制的白色光源(5)~(7)、和与上述白色光源对应的黑体辐射的发光光谱进行比较,则获得了图18、图19、图20的图表。根据这些图表也可知,在各个光源中,对于400nm至495nm的波长域中的 $P(\lambda)/B(\lambda)$ 值的最大值而言,图18的光源为1.47,图19的光源为1.69,图20的光源为1.76。

[0258] 另外,白色光源(4)~(7)的差分光谱处于 $\pm 0.1$ 以下的范围内,满足上述式(3)。

[0259] [表5-1]

[0260]

表5-1

光源★	色温	$P(\lambda)/B(\lambda)$ ★★
(1)	4236K+0.004duv	1.07
(2)	5704K+0.001duv	1.26
(3)	2990K-0.004duv	1.37
(4)	5110K-0.002duv	0.98
(5)	5198K+0.002duv	1.47
(6)	4322K-0.002duv	1.69
(7)	5262K+0.001duv	1.76
(8)	6338K+0.005duv	1.87
(9)	3886K-0.001duv	2.11
(10)	2960-0.0004duv	3.28

★ (1)、(2)、(3) 分别相当于实施例1的光源A、B、C。

(4)~(7) 相当于实施例2的追加试制光源。

(8) 相当于比较例1的光源。

(9) (10) 相当于在实施例2中追加试制的比较例的光源。

★★ 波长 $\lambda$ 为400~495nm的波长区域的 $P(\lambda)/B(\lambda)$ 比的最大值。

[0261] [表5-2]

[0262]

表5-2

	光源1	光源2	光源3	光源4	光源5	光源6
光源(4)	0.09	—	0.51	0.34	—	0.06
光源(5)	0.09	—	0.70	0.18	—	0.03
光源(6)	—	0.23	0.19	0.23	0.35	—
光源(7)	—	0.14	0.43	0.33	0.10	—

[0263] 另外,追加试制了两种比较例的白色光源。比较例的一个白色光源(9)所使用的材料、部件与比较例1完全相同,但通过使荧光体层的膜厚降低至62 $\mu\text{m}$ 来变更与LED组合的荧光体量,成为示出不同的 $P(\lambda)/B(\lambda)$ 值的白色光源。具体的发光光谱形状如图21所示,400nm至495nm的波长域中的 $P(\lambda)/B(\lambda)$ 值的最大值为2.11。另外,比较例的另一个白色光源(10)也同样所使用的材料、部件与比较例1完全相同,但通过使荧光体层的膜厚降低至55 $\mu\text{m}$ 来变更与LED组合的荧光体量,成为示出不同的 $P(\lambda)/B(\lambda)$ 值的白色光源。具体的发光光谱形状如图36所示,400nm至495nm的波长域中的 $P(\lambda)/B(\lambda)$ 值的最大值为3.28。

[0264] 除了以上的试制品以外,如果将这次的评价所使用的光源的各个特性总结,则如表5-1~5-2所示。作为评价用的光源,除了在实施例2中试制的光源以外,为了比较还追加了实施例1、比较例1的光源。另外,在表6中将在实施例2中试制的主要的光源的显色指数的特性总结为一览表。

[0265] [表6]

[0266]

表6

光源	Ra	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15
(5) 实施例	97.4	99.4	98.1	93.2	97.5	99.3	96.7	97.5	97.1	95.5	93.1	97.4	89.9	99.6	95.5	98.0
(6) 实施例	97.2	97.7	97.4	97.6	98.1	97.4	95.2	97.3	96.9	04.6	94.3	95.9	92.8	97.1	99.0	99.4
(7) 实施例	97.0	98.8	98.0	92.5	96.3	99.6	96.9	96.6	96.1	93.4	92.8	96.8	91.9	99.2	95.0	97.1
(9) 比较例	97.6	99.0	98.1	94.8	97.8	97.9	95.4	98.6	99.1	96.8	94.0	96.4	79.5	98.9	96.6	98.5
(10) 比较例	91.2	96.3	92.9	87.3	88.7	93.4	90.4	89.4	91.0	85.1	82.4	90.3	78.4	94.9	91.8	94.1

[0267] 为了评价白色光源,进行了基于人的感觉的主观试验。为了实验而准备了上述表5-1的10种光源。使10种光源以光源的亮度为相同的动作条件依次点亮。在光源的点亮试验中,挡上窗帘,并且按照室内照度不变化的方式将顶板照明的明亮度总是保持为恒定值。而且,人站立在离光源3m的位置,直接眺望各光源,对从光源接受的刺激的强度进行了比较评价。评价的基准为了实现简单化,对于是否感到光源炫目,采取了获得是或者否这两种回答的方法。另外,受检者为色觉正常的成人男女合计50名。其中,对于戴眼镜的人,在确认了不使用蓝光截止类型的眼镜的基础上实施了试验。

[0268] 对于10种白色光源样本,将主观评价的结果与光源的主要特性一起总结于表7。

[0269] [表7]

[0270]

表7

白色光源	色温 (K)	$P(\lambda) / B(\lambda)$	感到光源炫目的人数比例(%)
(10)	2960-0.0004duv	3.28	8.5%
(9)	3886K-0.001duv	2.11	6.8%
(8)	6338K+0.005duv	1.87	5.4%
(7)	5262K+0.001duv	1.76	4.4%
(6)	4322K-0.002duv	1.69	4.0%
(5)	5198K+0.002duv	1.47	2.8%
(3)	2990K-0.004duv	1.37	1.8%
(2)	5704K+0.001duv	1.26	2.2%
(1)	4236K+0.004duv	1.07	1.4%
(4)	5110K-0.002duv	0.98	1.4%

[0271] 在全部为相同的亮度的条件下比较评价了10种白色光源,按理说人应该对全部的光源感受到相同程度的眩晕。然而,结果如表6所示,是按照白色光源的种类而大幅不同的情况。得到了这样的结果是因为蓝色光的特异性而产生的,该数据验证了实验方法的准确度。例如,观看表6可知,处于 $P(\lambda) / B(\lambda)$ 值越大,则感知眩晕的人的比例越大致增加的趋势,这意味着即使入射至眼睛、且眼睛感知到的光的强度没有变化,也由于蓝色成分的量越多则散射光的量越多,所以人会更强烈感到眩晕。

[0272] 将上述现象以更明确的形式表示的情况是将表7的光源(1)与光源(6)、或表7的光源(4)与光源(5)的两种组合进行了比较的结果。在这些白色光源中,构成对的相互的光源的色温几乎相同。并且,由于亮度全部相同,所以在人观察了这些光源的情况下,对彼此的光源两者都应该视为明亮度、色都相同。尽管如此,眩晕的感知程度也产生大的差异。具体而言,例如在将表7的光源(4)与光源(5)比较的情况下,色温虽然两者都约为5100K,但感到光源(4)炫目的人的比例为14%,而在光源(5)中为28%,被认为大的差异。若确认两者的 $P(\lambda) / B(\lambda)$ 值,则光源(4)为0.98,而光源(5)为1.47,入射至眼睛的散射光的比例与 $P(\lambda) / B(\lambda)$ 值的大小对应地增加,对眩晕的感知程度造成影响。

[0273] 另一方面,作为上述的例外,在表7的光源(2)与光源(3)的关系中,人感知眩晕的程度与 $P(\lambda)/B(\lambda)$ 值之间出现反转现象。尽管光源(2)的 $P(\lambda)/B(\lambda)$ 值为1.26,比光源(3)的1.37小,但感到光源(2)炫目的人为22%,示出比光源(3)的18%大的值,相互的关系反转。乍一看是矛盾的数据,但这样的结果是因白色光源的色温的不同而产生的。 $P(\lambda)/B(\lambda)$ 值是对与对应的黑体辐射比较而过度包含的蓝色光的含有量进行了规定的值。但是,对成为比较的基准的黑体辐射的色温而言,光源(3)为2990K,而光源(2)为5704K。一般白色光的色温的值越高,则蓝色发光成分的相对比率越增加。因此,在求取 $P(\lambda)/B(\lambda)$ 值时成为比较基准的黑体辐射的光谱中,光源(2)的蓝色光成分变得比光源(3)的蓝色光成分多。因此,虽然针对黑体辐射成为过度量的蓝色光是光源(3)的情况多,但作为蓝色光的整体量,光源(2)的情况变多,眩晕的感知程度根据蓝色光的含有量而变化的情况没有改变。

[0274] 根据以上的结果确认为:白色光源中的蓝色光成分的含有量对人感知眩晕的程度造成影响,并且 $P(\lambda)/B(\lambda)$ 值越大,则人越感到炫目。该结果是验证最初的推论的内容,作为感到白色光源炫目的原因,过度的蓝色发光成分引起的影响被认为特别重要。而且,对比较例的白色光源(8)~(10)而言, $P(\lambda)/B(\lambda)$ 值为1.87、2.11以及3.28,示出超过1.8的大的值,是受检者中的过半数感知蓝色光的眩晕的等级。这样强烈感到眩晕的光源是担心有近年来备受瞩目的蓝光危害等问题的照明,是等待今后查明真相、改善研究的光源。另一方面,实施例的白色光源的 $P(\lambda)/B(\lambda)$ 值处于0.98~1.76的范围,与作为以往光源的比较例相比得以向蓝色成分少的方向改善,另外感到眩晕的人的比例小于50%,被判断为是针对蓝光危害等问题得到了改善的光。

[0275] 此外,在表5-1~表5-2中,作为实施例的白色光源,例示了色温为2990K至5704K, $P(\lambda)/B(\lambda)$ 值为0.98至1.76的范围的光源,但本发明的白色光源的特征在于,色温处于2000K至6500K, $P(\lambda)/B(\lambda)$ 值处于1.8以下的范围。因此,本发明的白色光源中的蓝色光成分的含有量与作为以往光源的比较例1的白色光源相比,可靠地减少。其原因在于,比较例1的白色光源为6338K,大致接近上限值。另一方面,本发明的白色光源由于是与比较例1大致同等的色温,或更低的色温的白色光源,所以蓝色光成分的含有量与比较例1同等或为比较例以下。并且,由于 $P(\lambda)/B(\lambda)$ 值成为小于比较例1的值,所以本发明的白色光源中的蓝色光成分的含有量成为相对于比较例1的白色光源可靠地降低的值。而且,在 $P(\lambda)/B(\lambda)$ 值为1.5以下的本发明的白色光源(例如白色光源V)中,感知眩晕的人的比例相对于比较例1的光源几乎减半,能够更显著地降低蓝色光成分的影响。这样,本发明的白色光源与作为比较例的以往光源相比,具有明显的改善效果。

[0276] (实施例A)

[0277] 制作了由4种白色光源构成的白色光源系统。在该系统中,由于将构成系统的白色光源的个数限定为必要的最小个数,所以能够忠实地再现黑体辐射的光谱的范围变窄。具体是具备图37所示的光源7~10的白色光源系统,遍及图中的由光源7至光源10围起的四边形内的色温区域、即4500K至6500K的色温,能够再现 $\pm 0.005\text{duv}$ 的偏差内的相关色温。在这样的系统中,虽然难以再现太阳的1日的变化,但由于明亮耀眼地再现中午的太阳而覆盖了足够的色温的范围,所以对灵活运用为例如办公室用的高彩色再现照明是足够的特性。

[0278] 4种白色光源通过以下的顺序制成。如图38所示,在外形为 $30 \times 30\text{mm}$ 的氧化铝基板71将芯片形状为 $0.4 \times 0.4\text{mm}$ 的LED芯片72配置为5直列 $\times$ 5并列。LED使用了发光峰值波长为

405nm的紫色发光的GaN。另外,在使用了氧化铝基板的吸水率为20~30%的图38所示的LED模块70中,将串联连接了LED芯片72而得到的芯片列分别独立地用透明树脂层(未图示)覆盖,并将多列的透明树脂层各自的整个面用荧光体层73覆盖。其中,在透明树脂层内,将平均一次粒径为7nm、最大粒径为25nm的气相二氧化硅作为微粒二氧化硅粉末,对透明树脂添加了3质量%。另外,荧光体层中含有的各荧光体粉末使用了平均颗粒直径为30~40 $\mu\text{m}$ 的粉末。通过将使微粒二氧化硅粉末分散于硅树脂的浆料涂覆到LED芯片的周围来形成了透明树脂层。接下来,通过将使荧光体粉末分散于硅树脂的浆料涂覆到透明树脂层的整个面来形成了荧光体层73。按照荧光体层73的膜厚为500~750 $\mu\text{m}$ ,荧光体层中的荧光体粉末的密度为75~85质量%的范围的方式进行了调整。另外,在基板71上形成导电部75作为电极,各LED芯片72与电极相连。电极的材料使用Pa金属,为了保护电极材在表面形成了基于印刷法的Au膜。挡块(dam)74在基板71上被配置成包围LED芯片72的列。对以上那样的LED模块70安装反射器、透镜、外围器件,并且连接电子电路而成为实施例A的白色光源系统所包含的白色光源。

[0279] 各白色光源是蓝色荧光体、绿色荧光体、黄色荧光体、红色荧光体这4种荧光体与LED的组合,各荧光体的种类和配合比例、以及所获得的光源的相关色温如下表的表8所示。

[0280] [表8]



[0281]

表8

光源 No	色温	蓝色荧光体		绿色荧光体		黄色荧光体		红色荧光体	
		重量(%)	重量(%)	重量(%)	重量(%)	重量(%)	重量(%)	重量(%)	重量(%)
7	4500K+0.006 duv	钨激活碱土类 磷酸盐荧光体	钨激活铍塞隆 荧光体	钨激活原硅酸盐 荧光体	钨激活钙氮化物 铝硅酸盐荧光体	80	3	11	6
		钨激活碱土类 磷酸盐荧光体	钨激活β赛隆 荧光体	钨激活原硅 酸盐荧光体	钨激活铍塞隆 荧光体	89	2	6	3
9	6500K-0.005 duv	钨激活碱土类 磷酸盐荧光体	钨激活原硅酸 盐荧光体	钨激活原硅酸盐 荧光体	钨激活钙氮化物 铝硅酸盐荧光体	92	1	4	3
		钨激活碱土类 磷酸盐荧光体	钨激活原硅酸盐 荧光体	钨激活原硅酸盐 荧光体	钨激活铍塞隆 荧光体	83	3	7	7

[0282] 图39至图42表示了使4种白色光源的发光光谱与对应的色温的黑体辐射的光谱对比的图表。通过图39~42可知,4种光源一致为高于黑体辐射的光谱的等级,在求取各白色

光源与对应的黑体辐射光谱的差分光谱时,确认为4种全部都处于 $\pm 0.2$ 以下的范围内,满足上述关系式(3)。因此,所有的光源都具有与本发明的白色光源相应的特性,将上述4种白色光混合而得到的白色光也相应于本发明的白色光源,能够再现太阳光。

[0283] 另外,对于将4种白色光源混合而得到的混合白色光,确认了通过上述关系式(2)以及(5)获得的 $P(\lambda)/B(\lambda)$ 值。作为一个例子,按照成为以下的强度比率,光源7:光源8:光源9:光源10=0.14:0.41:0.34:0.11的方式将4种光源混合,得到了光源11。混合白色光源的相关色温为6000K+0.001duv。而且,如果将相同的色温的黑体辐射的光谱和形状进行比较,则如图44所示。根据图44可知, $P(\lambda)/B(\lambda)$ 值为1.17,确认为都满足关系式(2)以及关系式(5)的光源。

[0284] 然而,如图39至图42所示,本发明的白色光源的发光光谱能够在380nm至780nm的波长范围,示出没有中断的连续光谱。这里连续光谱是在上述波长范围中,不存在发光强度实际为零的平坦的波长域的光谱。

[0285] 为了确认本发明的白色光源的发光光谱的特征,例如试着将作为本发明的光源的图39的发光光谱与在实施例1中制成的比较例1的光源的图17的发光光谱形状进行比较。两个光谱都在其光谱曲线观察到1~3个凹部。这样的凹部是因接近的两种发光光谱的缝隙而产生的,但凹部的底的发光强度不为零是因为短波长侧的发光光谱的长波长端与长波长侧的发光光谱的短波长端重叠。本发明的光源与比较例的光源相比,光谱曲线的凹凸的程度少是因为发光光谱彼此重叠的面积大,这样的效果通过使半光谱幅值大的发光光谱彼此尽量接近而产生。在这样的组合中,通过进一步选择荧光体的种类,容易引起荧光体彼此的再吸收,并且也容易引起2重激励等,能够将光源连续点亮中的发光色变化抑制得尽量低。另外,由于可获得凹凸少的平滑的曲线,所以容易再现黑体辐射的发光光谱,彩色再现性等当然被改善。特别是本发明的光源的特征在于,在380nm的近紫外域、780nm的深红色区域中发光强度也不为零。另一方面,在比较例的图17的光源中,在400nm以下以及750nm以上示出平坦的曲线,其强度是实质视为零的等级。这样,本发明的白色光源在成为彩色再现评价指数的评价对象的380nm至780nm的全部的波长域,不存在发光强度实质为零的平坦的波长域。因此,本发明的白色光源除了平均评价数Ra以外,能够遍及 $R_1$ 至 $R_{15}$ 的全部示出高的数值。具体如表9所示。作为在380nm至780nm的全部的波长域示出没有中断的连续光谱、即不存在发光强度实质为零的平坦的波长域的发光光谱的另一例,例如可举出图18~图20。

[0286] [表9]

[0287]

表9

光源	Ra	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15
光源 7	95.1	91.7	94.2	96.2	91.7	90.8	92.0	96.9	88.6	85.1	85.7	90.4	85.9	92.0	97.6	89.0
光源 8	96.9	96.4	97.7	98.8	96.3	96.1	96.7	98.2	94.6	85.0	94.5	96.4	88.7	96.7	99.3	94.8
光源 9	95.2	90.5	93.4	98.9	93.1	91.7	92.1	97.6	92.0	85.2	97.9	90.7	87.2	90.6	98.4	88.4
光源 10	95.4	93.1	95.3	99.1	94.8	93.8	93.7	98.4	94.8	85.0	91.2	92.6	90.0	93.1	98.8	92.2
光源 11	98.1	98.8	98.8	99.9	96.8	97.8	98.1	97.0	97.6	98.5	98.5	99.2	85.8	98.2	99.4	95.6

[0288] 针对白色光源7~12,对连续点亮中的发光色变化测定了u'v'色度图上的变动并进行了评价。在使用积分球测定了白色光源7~12的发光光谱之后,通过计算求出了u'、v'

色度值。测定从初始点亮时1小时后的 $u'$ 、 $v'$ ，接下来，在保持该状态连续点亮6000小时后，测定了经过6000小时的时刻的 $u'$ 、 $v'$ 。其中，测定在室温25℃、湿度60%的室内环境中进行。根据1小时后的 $(u', v')$ 和经过6000小时后的 $(u', v')$ ，分别求出差分 $\Delta u'$ 、 $\Delta v'$ ，将色度变化的大小计算为 $[(\Delta u')^2 + (\Delta v')^2]^{1/2}$ 。结果表示于表10。

[0289] [表10]

表10

光源	将色度变化的大小作为 $[(\Delta u')^2 + (\Delta v')^2]^{1/2}$
光源7	0.006
光源8	0.007
光源9	0.006
光源10	0.008
光源11	0.009
光源12	0.017
实施例A	
实施例A	
实施例A	
实施例A	
实施例A	
比较例	

[0290]

[0291] 表中，白色光源12是为了比较特性而试制的比较例的光源。LED模块的基本构成与实施例A的光源7~10相同，但使用在455nm具有发光峰值的InGaN作为LED，所组合的荧光体使用了铈激活钇铝石榴石荧光体。另外，按照从比较例的光源12射出5300K的色温的白色光的方式，调整了荧光体层的膜厚和荧光体量。具体设为0.15mm的膜厚，荧光体层中的荧光体

粉末的含有量为10质量%。

[0292] 比较例的光源12多连续点亮后的色度变化超过0.01的大的光源。这是因为虽然光源12的白色光通过LED的蓝色光与荧光体的黄色光的混合而获得,但由于连续点亮中的LED的亮度降低与荧光体的亮度降低的速度不同,所以示出大的变化。另一方面,在本发明的白色光源7~11中,由于采用了白色光的构成成分全部利用荧光体的发光,而且使用的荧光体被LED和荧光体2重激励,并且产生荧光体间的再吸收的组合,所以各荧光体的亮度降低速度被平均化,结果产生了色变化变小的效果。本发明的白色光源中的色度变化的大小都小到0.01以下。

[0293] (实施例B)

[0294] 为了调查氧化铝基板的吸水率与硅树脂的贴附强度的关系,制作了白色光源。用于制作光源的使用部件除了基板材料以外,使用了与实施例A的光源7相同的部件。LED模块的基本构造也与光源7相同,但为了评价树脂膜的强度而使构造简化,不使LED的芯片排列为矩阵状而成为仅一系列的线状排列。

[0295] 作为光源13的基板,准备了吸水率为5.8%的氧化铝基板(形状:8×3×0.38mm)。该氧化铝基板是通过将基板烧制时的温度设为1480℃来将吸水率调整为5.8%的基板。在该基板上将三个LED芯片排列为线状,并串联连接。按照三个LED芯片被同时覆盖的方式,在这些LED芯片上涂覆包括4种荧光体以及硅树脂的浆料,并以140℃的温度进行热处理来使硅树脂固化。这样一来,形成了纵6.5mm、横2.5mm、厚度1.9mm的柱状的荧光体层。

[0296] 作为光源14、15的基板,准备吸水率分别为38%、59%的氧化铝基板,制作了与光源13相同的LED模块。

[0297] 另外,作为光源16,制作了具有透明的硅树脂层和荧光体层的二层构造的LED模块。在对吸水率为11%的氧化铝基板安装了三个LED芯片之后,涂覆不含有荧光体的硅树脂。接下来,涂覆为了光源13用而调制的荧光体浆料。通过将其以140℃的温度进行热处理而使硅树脂固化,由此形成了透明的硅树脂层的厚度为3mm、荧光体层的厚度为0.5mm的二层膜。

[0298] 作为光源17,制作了以下说明的模块。除了使用吸水率为0%的氧化铝基板作为基板材料以外,通过与光源13相同的方法制作。在以上的5种白色光源13~17以及实施例A的光源10中流过20mA的电流,并测定了各光源的发光效率之后,通过规定的方法测定了硅树脂层与基板的贴附强度。结果表示于表11。在使用了水分吸收率处于5%~60%的范围内的氧化铝基板的实施例A的光源10以及实施例B的光源13~16中,示出硅树脂层与基板间的贴附强度超过1N的特性,能够成为树脂层没有剥离、操作性良好的光源。

[0299] [表11]

[0300]

表11

	基板的吸水率 (%)	树脂层的构造	贴附强度 (N)	发光效率 (lm/W)
光源10 (实施例A)	2.1	二层膜	5.9	6.5
光源13 (实施例B)	5.8	单层膜	4.1	6.0
光源14 (实施例B)	3.8	单层膜	7.2	5.9
光源15 (实施例B)	5.9	单层膜	8.8	6.1
光源16 (实施例B)	1.1	二层膜	5.1	6.4
光源17 (实施例B)	0	单层膜	0.5	5.9

[0301] (实施例C)

[0302] 制作了用于确认作为LED模块的构成部件的透明树脂层的特性效果、和透明树脂层所含有的无机微粒粉末的特性效果的白色光源。

[0303] 首先,对透明树脂层的效果进行了评价。用于制作光源的使用部件使用了与实施例A的光源7完全相同的部件。对于LED的排列、基板形状、以及透明树脂层等,出于评价的目的而成为独自的构成。

[0304] 在光源18中,通过焊膏等将3个紫色发光LED芯片(GaN)分别以2.0mm的间隔固晶(diebond)到具备布线图案电极的氧化铝基板(纵8.0mm×横3.0mm)。使用金线将接合后的LED芯片引线键合到布线图案。在确认了LED的点亮后,利用热固化性透明硅树脂覆盖了LED

以及金线。对覆盖方法而言,按照中央的LED芯片成为中心部,且上述3个LED被共用的连续的透明树脂层覆盖的方式使用分配器、掩模等涂覆必要量的上述树脂,并以100~150℃的温度使其加热固化,形成了透明树脂层。透明树脂层的大小是纵5.5mm×横2.5mm,厚度为1.2mm。接下来,对透明树脂层的表面涂覆包括荧光体的硅树脂,并使其加热固化,由此形成荧光体层(纵7.5mm×横3.0mm×厚度1.5mm),制作了实施例C的LED模块。

[0305] 在光源19中,除了透明树脂层以外,制作了与光源18完全相同的构成的光源。关于透明树脂层,不利用连续的透明树脂层覆盖三个LED芯片,而将各个LED芯片用分别独立的透明树脂层覆盖。关于荧光体层,用相同的连续的荧光体层覆盖三个透明树脂膜,形成了与光源18相同的荧光体层(纵7.5mm×横3.0mm×厚度1.5mm)。

[0306] 制作了光源20。光源20是与光源18、光源19相同的构成,但在LED与荧光体层的中间没有形成透明树脂层。

[0307] 上述3种光源和实施例A的光源10的评价按照以下的顺序进行。如图43所示那样,决定荧光体层84上的9个测定点A~I,通过柯尼卡美能达公司制的二维色彩亮度计CA-2000测定了各测定点上的亮度。根据各测定点的亮度的测定值评价了各半导体发光装置的亮度不均。结果如表12所示。表中的数值为亮度( $\text{Cd}/\text{m}^2$ ),()内的数值表示将E点处的亮度设为100的情况下的相对值。若进行中心点E与其周围的各点的亮度比较,则可知各实施例中的中心部与周围部的亮度差少,实施例A以及实施例C的发光装置具有大致均匀的亮度特性。

[0308] [表12]

[0309]

表12

	测定点									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	
光源10 实施例A	30715 (89)	31059 (90)	30369 (88)	33131 (96)	34511 (100)	33476 (97)	29334 (85)	31060 (90)	30025 (87)	
光源18 实施例C	26961 (86)	28529 (91)	27275 (87)	30723 (98)	31350 (100)	31037 (99)	27275 (87)	28529 (91)	27275 (87)	
光源19 实施例C	26926 (81)	27591 (83)	25596 (77)	30915 (93)	33242 (100)	30583 (92)	27258 (82)	27257 (82)	26594 (80)	
光源20 实施例C	20324 (60)	21001 (62)	21340 (63)	30824 (91)	38873 (100)	30819 (91)	21679 (64)	21339 (63)	20662 (61)	

[0310] (实施例D)

[0311] 接下来,对分散在透明树脂层中的无机微粒粉末的种类进行了评价。通过制作将各种无机微粒粉末分散到透明树脂层中的光源,并测定所获得的光源的发光效率来进行评价。发光效率的测定使用蓝菲光学(labsphere)公司制的积分球来测定。其中,在上述光源21~25中,LED的装置构成除了透明树脂层中的无机微粒粉末的有无以外,与上述实施例C的光源18相同。将结果表示于表13。在表13中一并记载了实施例A的光源10的结果。

[0312] 根据表13可知,最大粒径使用了LED芯片的发光峰值波长(405nm)的1/4以下的无机微粒粉末的实施例A的光源10以及实施例D的光源21~23与最大粒径使用了超过LED芯片的发光峰值波长(405nm)的1/4的无机微粒粉末的实施例D的光源24、25相比,发光效率出色。特别是使用了最大粒径25 $\mu$ m的气相二氧化硅的光源10以及光源21示出了优异的特性。



[0313] [表13]

[0314]

表13

	无机微粒粉末				发光效率 (lm/w)
	材料种类	平均一次粒径(μm)	最大粒径(μm)	含有量(质量%)	
光源10 (实施例A)	气相二氧化硅	7	25	3	65.0
光源21 (实施例D)	气相二氧化硅	7	25	3	67.0
光源22 (实施例D)	胶体二氧化硅	48	79	3	64.5
光源23 (实施例D)	气相氧化铝	30	77	3	65.1
光源24 (实施例D)	胶体二氧化硅	101	125	3	52.1
光源25 (实施例D)	粉碎氧化铝	210	545	3	49.3

[0315] (实施例E)

[0316] 最后,对透明树脂层中的无机微粒粉末确认了最佳含有量。在评价中利用了以示出最佳的特性的气相二氧化硅为中心,使含有量变化的光源。光源的细节构成除了使无机

微粒粉末的含有量变化以外,与光源21、23相同。结果如表14所示。在表14中一并记载了实施例A的光源10的结果。通过使无机微粒粉末分散到透明树脂层中,能够提高光源的发光效率。无机微粒粉末优选的含有量是0.1质量%以上5质量%以下,更优选的含有量是1质量%以上5质量%以下。

[0317] [表14]

[0318]

表14

光源	无机微粒粉末 材料种类	含有量 (质量%)	发光效率 (lm/W)
光源10 (实施例A)	气相二氧化硅	3.0	65.0
光源26 (实施例E的光源21)	气相二氧化硅	0.06	53.5
光源27 (实施例E的光源23)	气相氧化铝	0.08	52.9
光源28 (实施例E的光源21)	气相二氧化硅	1.0	63.9
光源29 (实施例E的光源23)	气相氧化铝	1.0	62.7
光源30 (实施例E的光源21)	气相二氧化硅	2.0	65.5
光源31 (实施例E的光源21)	气相二氧化硅	3.5	66.8
光源32 (实施例E的光源21)	气相二氧化硅	4.8	65.8
光源33 (实施例E的光源21)	气相二氧化硅	6.0	55.9
光源34 (实施例E的光源21)	—	0	52.5

[0319] (实施例3~7)

[0320] 通过将来自实施例1的表1-2所记载的白色光源1~6中的至少两种光源的光任意

混合,制作了能够再现各种相关色温的本发明的白色光源系统。在该系统中,由于能够全部再现由各光源所示的6个发光色度点构成的六边形的内面的色度点,所以能够遍及2000K至6500K的全部的色温,全部再现 $\pm 0.005\text{duv}$ 以下的范围内的相关色度点。而且,各光源使用与实施例1相同的光源,通过该白色光源系统再现的白色光当然能够发挥与其他实施例相同的特征、即彩色再现性、发光光谱形状等特征。

[0321] 在实施例3~7中,使用该白色光源系统,再现了各地中的太阳光的一日的变化。各地中的相关色温和照度的变化如图22至图26所示。

[0322] 实施例3 春天的日本、稚内(北海道)的太阳光的1日的变化

[0323] 实施例4 夏天的台湾、台北的太阳光的1日的变化

[0324] 实施例5 夏天的美国、洛杉矶的太阳光的1日的变化

[0325] 实施例6 秋天的日本、堺市(大阪)的太阳光的1日的变化

[0326] 实施例7 冬天的日本、那霸市(冲绳)的太阳光的1日的变化

[0327] 在上述说明中,仅再现了地球上的几个地方的太阳光的变化,但通过利用者从保存于系统的数据中指定特定位置的特定季节的太阳光的数据,能够良好地再现这些地域的太阳光的变化。即,本发明的白色光源的发光光谱能够与和太阳光相同的色温的黑体辐射的发光光谱在可见光区域中示出良好的一致。并且,不仅仅再现黑体辐射的光谱形状,能够在黑体辐射(太阳)的发光到达地球上的各地点的期间受到的影响程度量化为与黑体辐射的色温的偏差,再现包括该偏差的色温的白色光。由此,由于能够再现特定地域的太阳光,并且只含有与太阳光相比极其微弱的紫外线,所以例如在作为美术馆等的展示物的照明而使用的情况下,与以往的光源相比,不会损伤绘画等,并且能够以非常高的精度再现展示物本来的体色。而且,本发明的白色光源能够放射与以往的人工光源相比充分降低了担心对绘画、人体造成不良影响的蓝色光的发光成分强度的白色光,可获得与太阳光同样高的彩色再现效果,并且也能够成为可恰当地维持人体的昼夜节奏的、对人体等体贴的光源。

[0328] [附图标记的说明]

[0329] 1...表示相关色温的变化的曲线,2...表示照度的变化的曲线,3...傍晚的太阳光的发光光谱(相关色温 $2990\text{K}-0.004\text{duv}$ ),4...早上的太阳光的发光光谱(相关色温 $4236\text{K}+0.004\text{duv}$ ),5...中午的太阳光的发光光谱(相关色温 $5704\text{K}+0.001\text{duv}$ ),6...光源A的发光光谱,7...光源B的发光光谱,8...光源C的发光光谱,9...表示修正后的黑体辐射光谱 $B(\lambda)$ 的曲线,10...表示修正后的白色光源发光光谱 $P(\lambda)$ 的曲线,11...表示修正后的黑体辐射光谱 $B(\lambda)$ 的曲线,12...表示修正后的白色光源发光光谱 $P(\lambda)$ 的曲线,13...表示修正后的黑体辐射光谱 $B(\lambda)$ 的曲线,14...表示修正后的白色光源发光光谱 $P(\lambda)$ 的曲线,15...表示相关色温的变化的曲线,16...表示照度的变化的曲线,17...表示修正后的黑体辐射光谱 $B(\lambda)$ 的曲线,18...表示修正后的白色光源发光光谱 $P(\lambda)$ 的曲线,19...表示修正后的黑体辐射光谱 $B(\lambda)$ 的曲线,20...表示修正后的白色光源发光光谱 $P(\lambda)$ 的曲线,21...白色光源部,22...控制部,23...基板,24...多个白色光源,25...发光装置外围器件,26...LED芯片,27...荧光膜(荧光体层),28...管理部,29...存储器部,30...数据输入输出部,31...布线,32...表示修正后的黑体辐射光谱 $B(\lambda)$ 的曲线,33...表示修正后的白色光源发光光谱 $P(\lambda)$ 的曲线,34...表示修正后的黑体辐射光谱 $B(\lambda)$ 的曲线,35...表示修正后的白色光源发光光谱 $P(\lambda)$ 的曲线,36...表示修正后的黑体辐射光谱 $B(\lambda)$ 的曲线,37...表示修正后的白色光源发光光谱 $P(\lambda)$ 的曲线,

38...表示相关色温的变化的曲线,39...表示照度的变化的曲线,40...表示相关色温的变化的曲线,41...表示照度的变化的曲线,42...表示相关色温的变化的曲线,43...表示照度的变化的曲线,44...表示相关色温的变化的曲线,45...表示照度的变化的曲线,46...表示相关色温的变化的曲线,47...表示照度的变化的曲线,50...LED模块,51...基板,52...LED芯片,53...线,54...电极,55...荧光体层,56...透明树脂层,57...表示发光光谱的曲线,58...表示激励光谱的曲线,59...表示发光光谱的曲线,60...表示激励光谱的曲线,61...表示修正后的黑体辐射光谱 $B(\lambda)$ 的曲线,62...表示修正后的白色光源发光光谱 $P(\lambda)$ 的曲线,70...LED模块,71...基板,72...LED芯片,73...荧光体层,74...挡块,75...导电部,76...表示修正后的黑体辐射光谱 $B(\lambda)$ 的曲线,77...表示修正后的白色光源发光光谱 $P(\lambda)$ 的曲线,78...表示修正后的黑体辐射光谱 $B(\lambda)$ 的曲线,79...表示修正后的白色光源发光光谱 $P(\lambda)$ 的曲线,80...表示修正后的黑体辐射光谱 $B(\lambda)$ 的曲线,81...表示修正后的白色光源发光光谱 $P(\lambda)$ 的曲线,82...表示修正后的黑体辐射光谱 $B(\lambda)$ 的曲线,83...表示修正后的白色光源发光光谱 $P(\lambda)$ 的曲线,84...荧光体层,85...表示修正后的黑体辐射光谱 $B(\lambda)$ 的曲线,86...表示修正后的白色光源发光光谱 $P(\lambda)$ 的曲线。

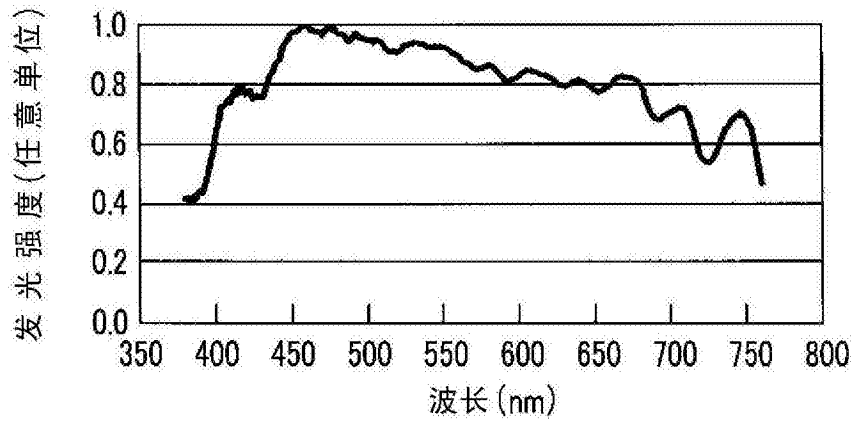


图1

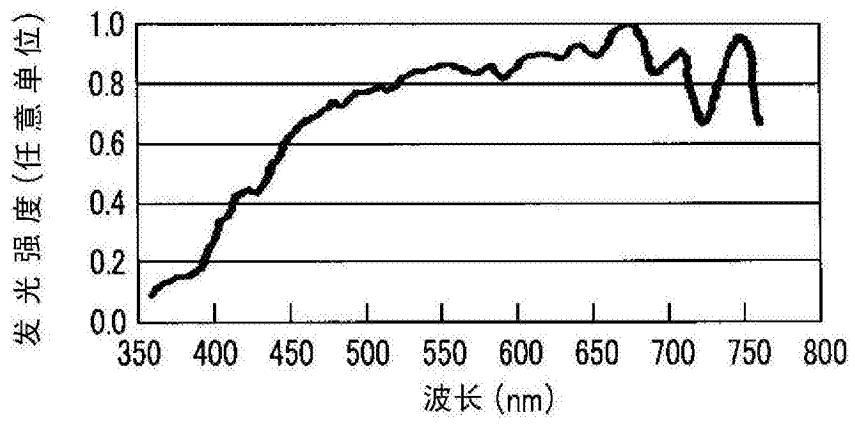


图2

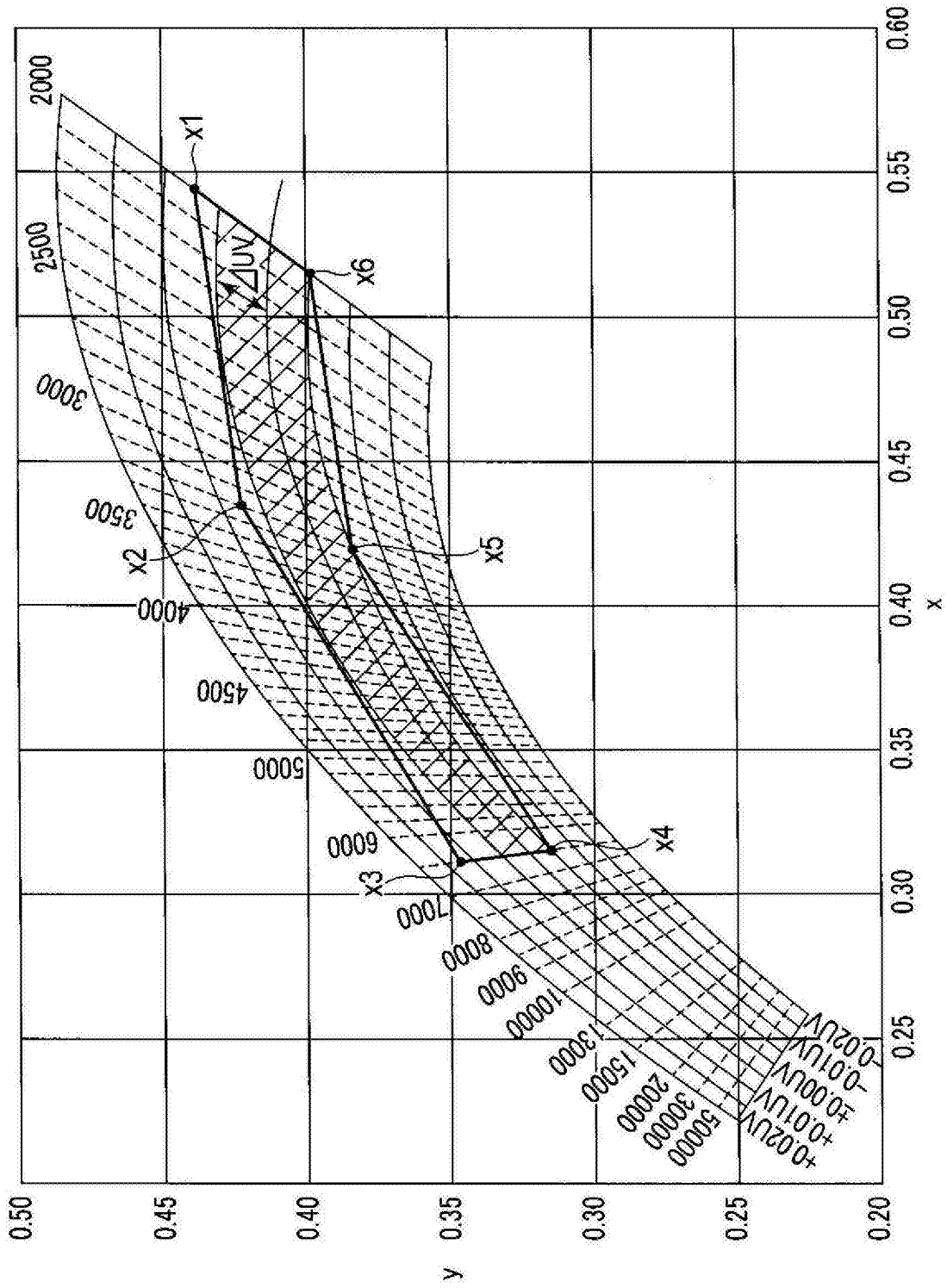


图3

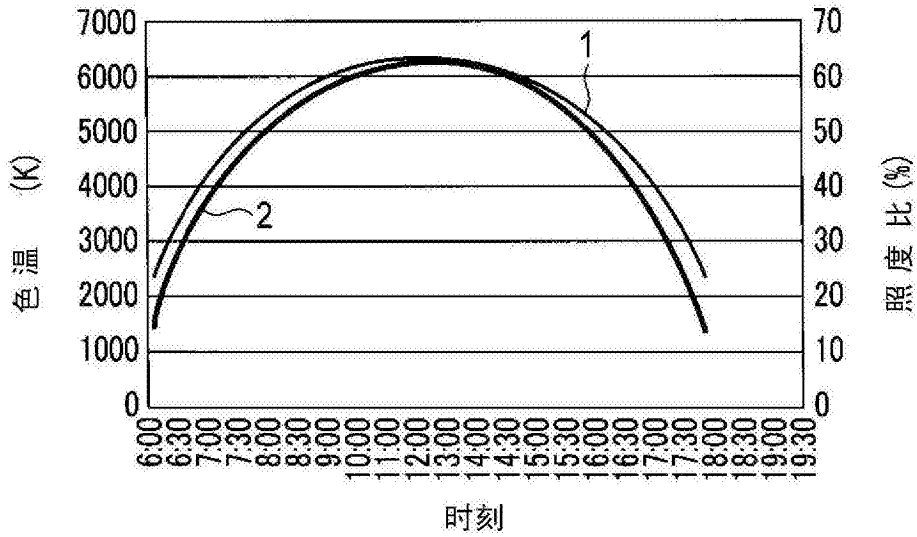


图4

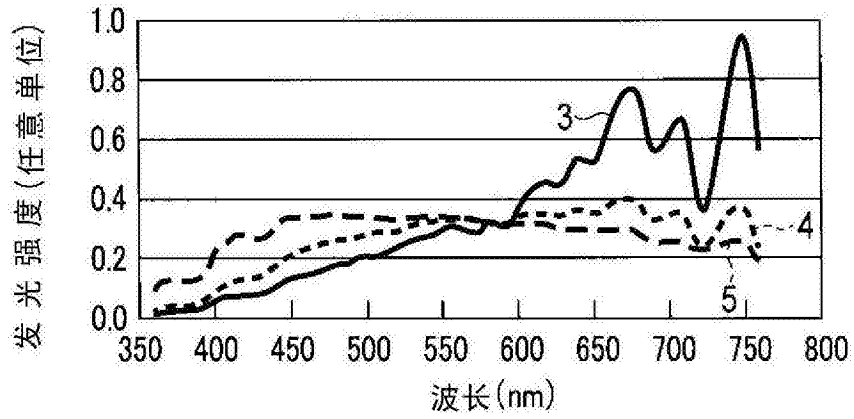


图5

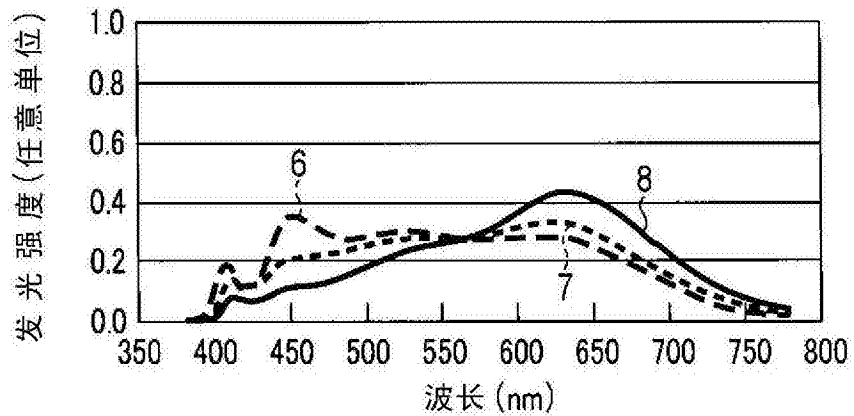


图6

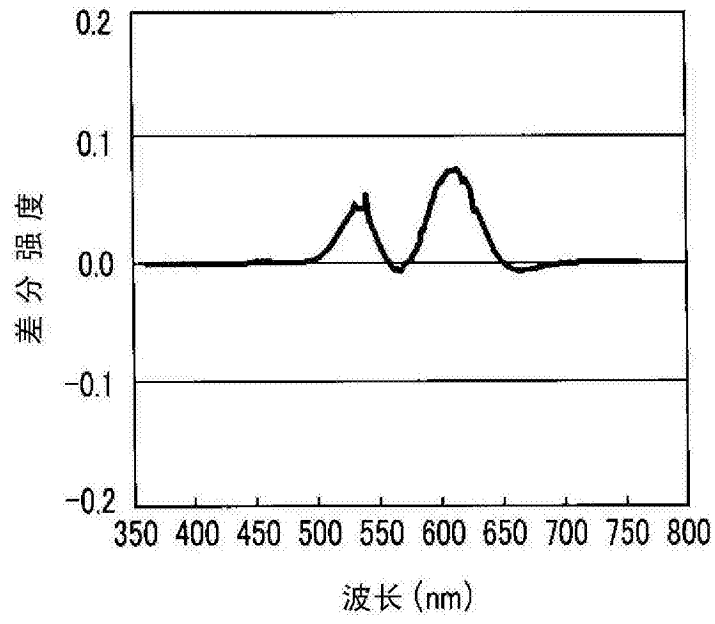


图7

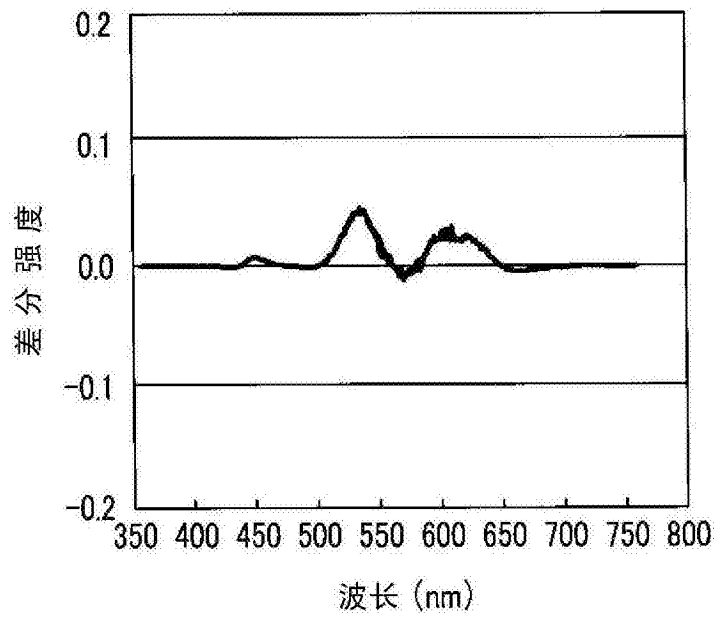


图8



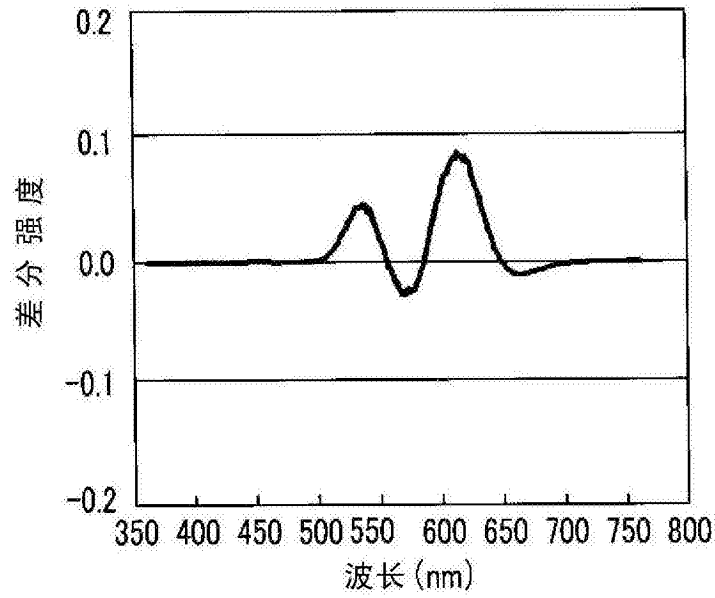


图9

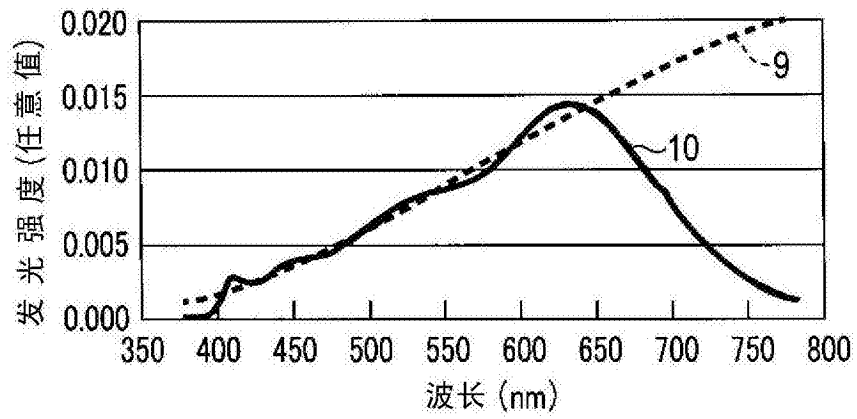


图10

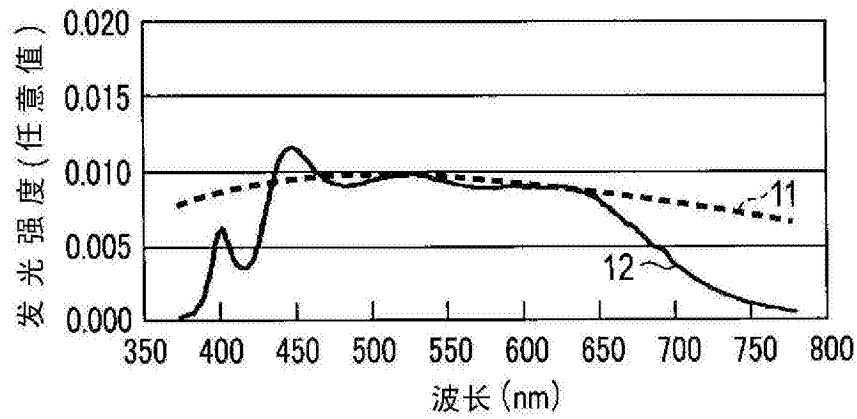


图11

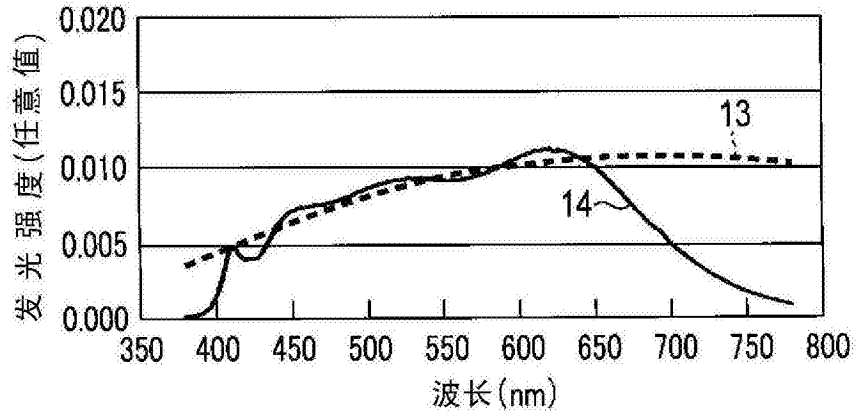


图12

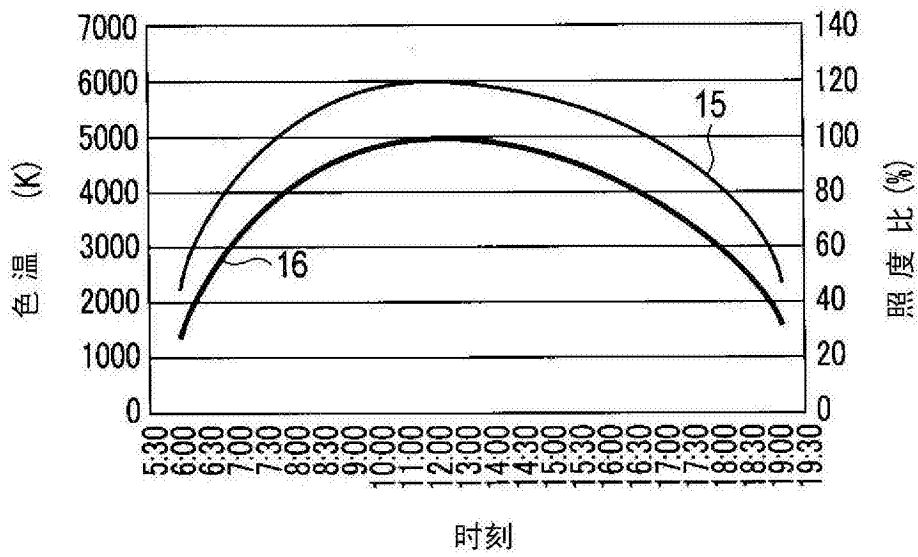


图13

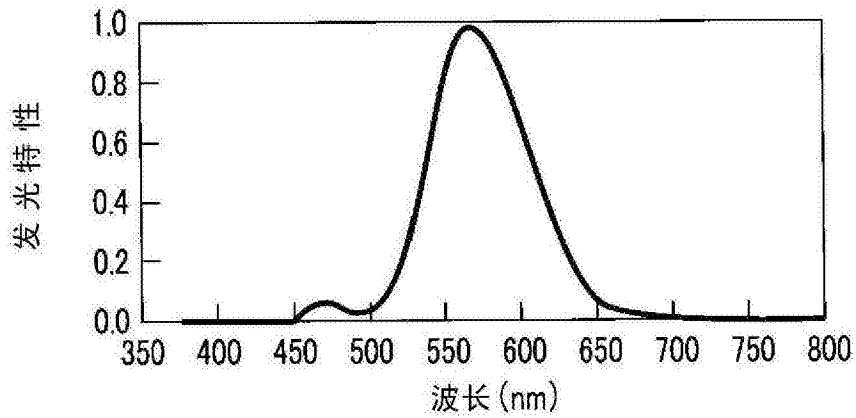


图14

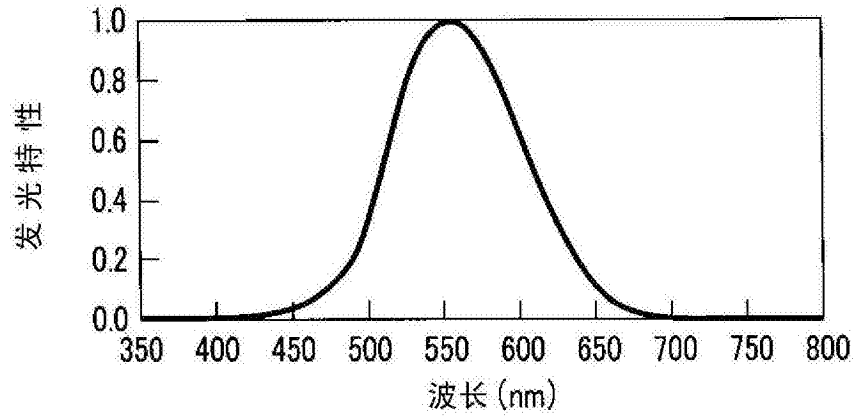


图15

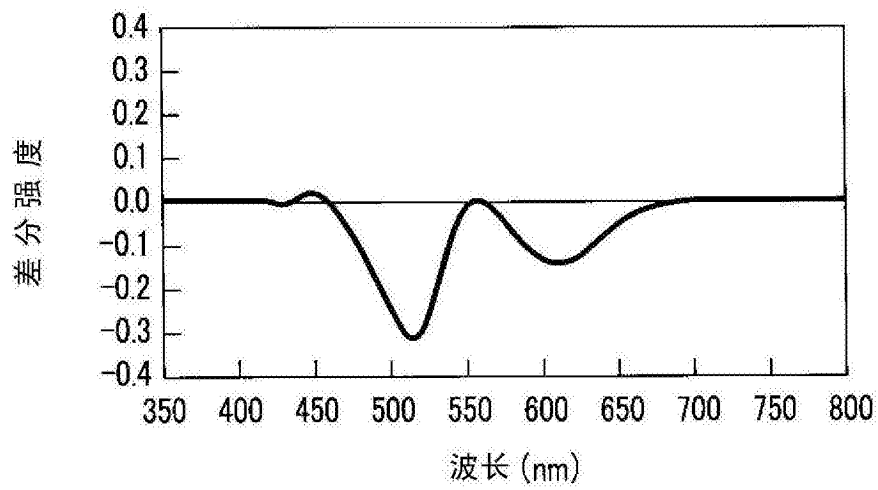


图16

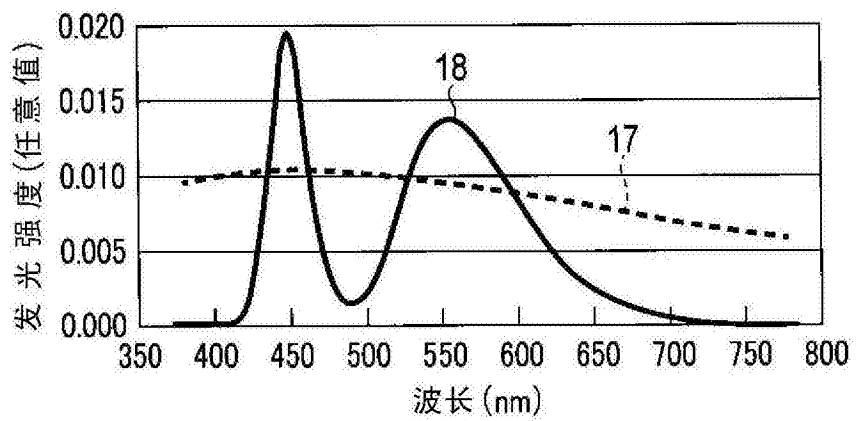


图17

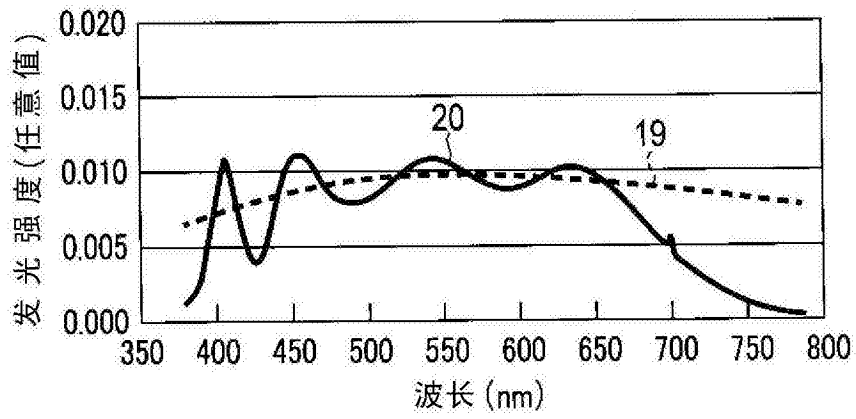


图18

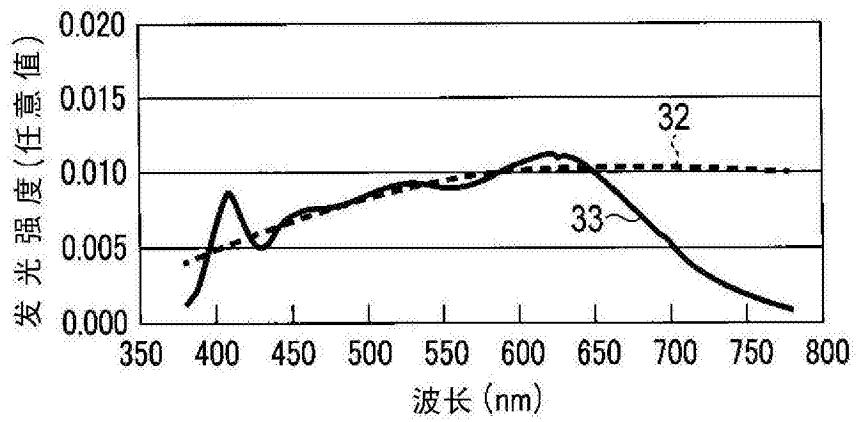


图19

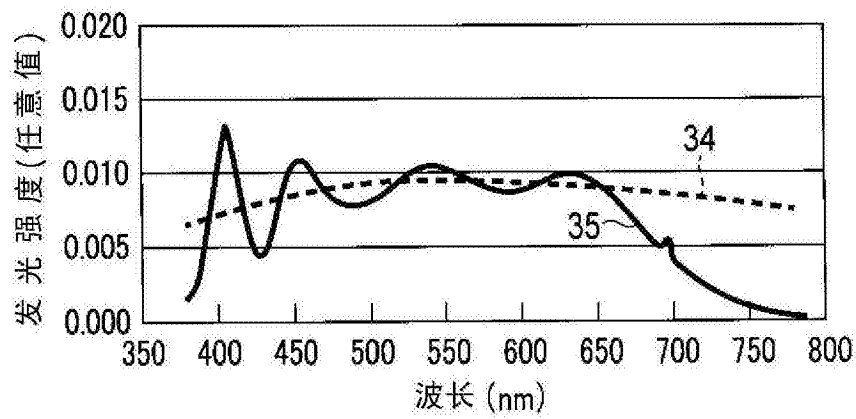


图20

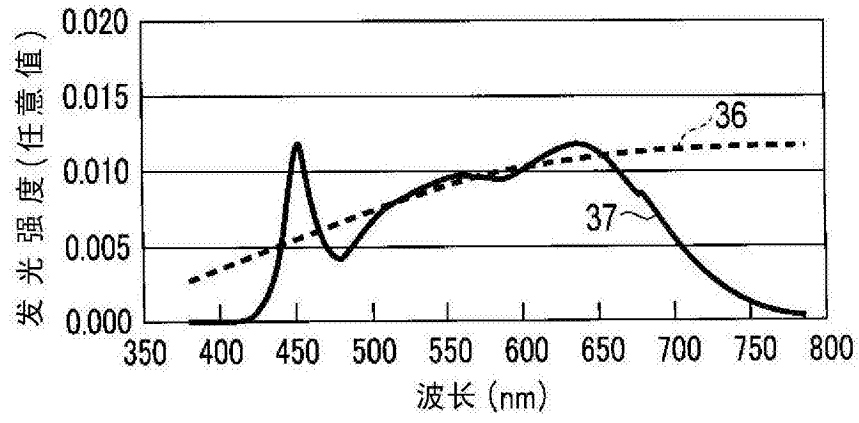


图21

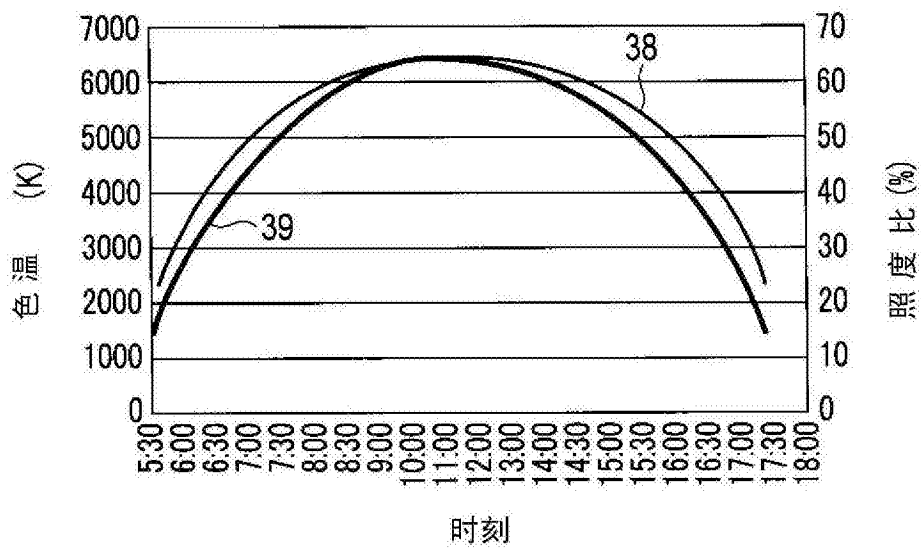


图22

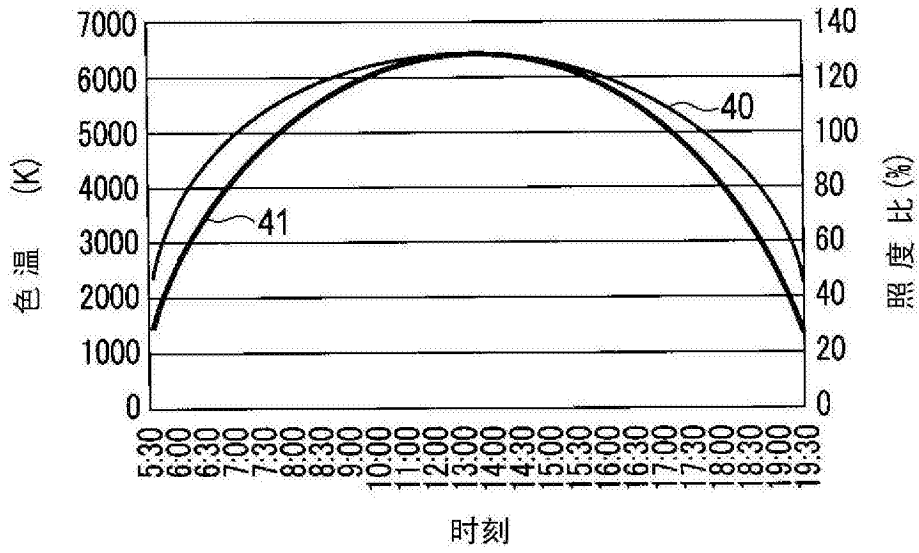


图23

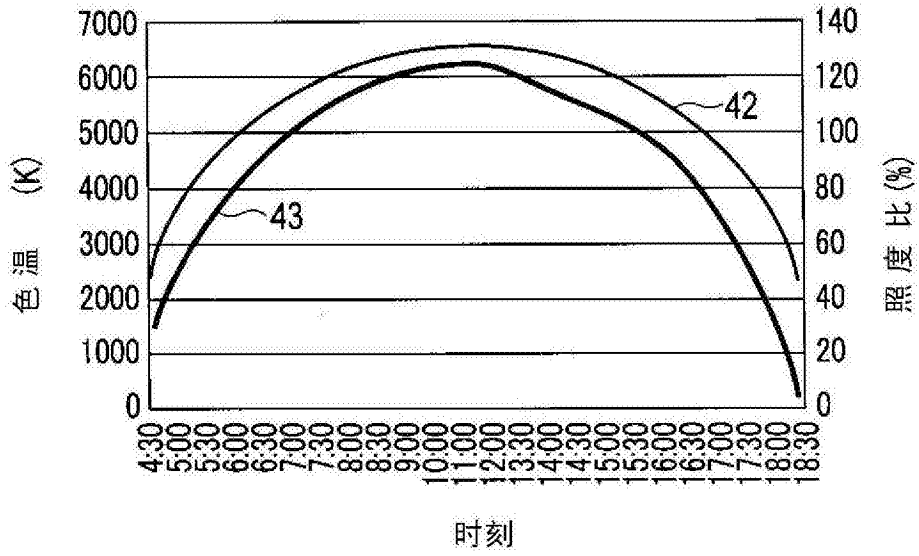


图24

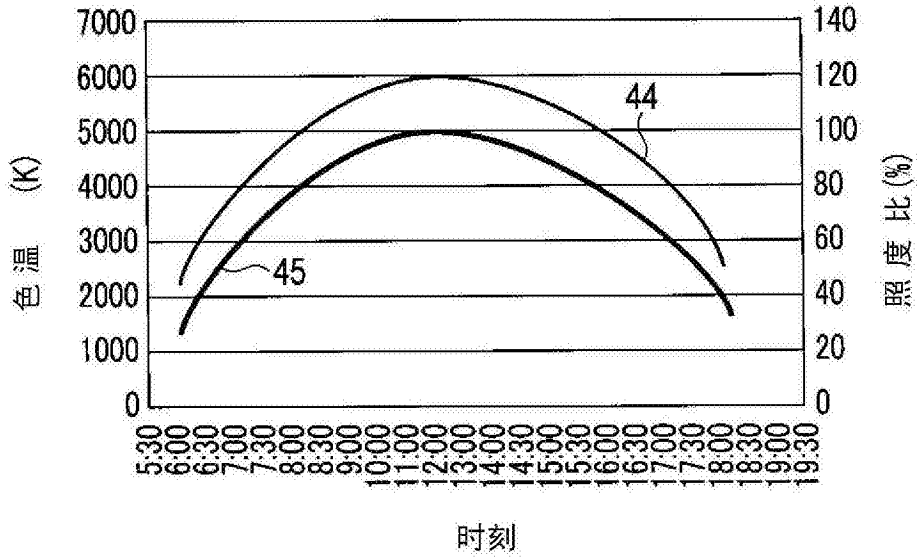


图25

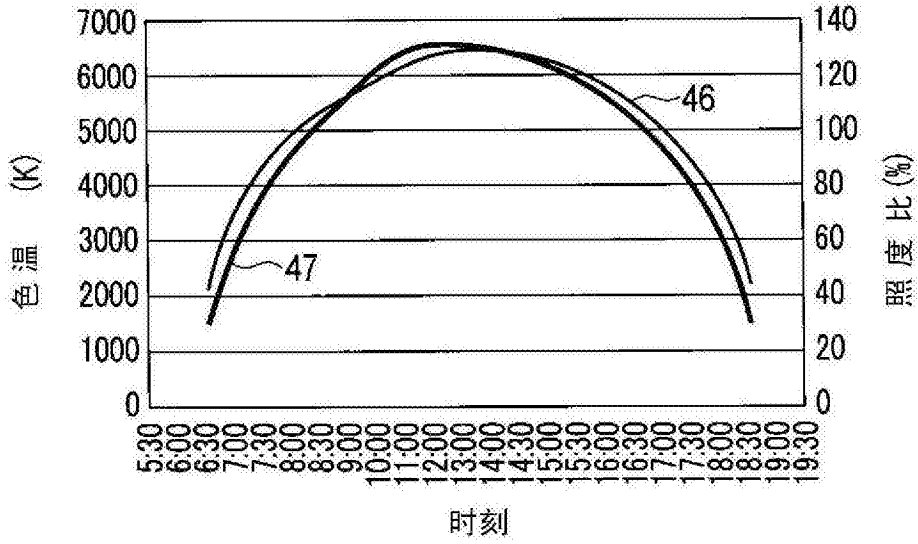


图26

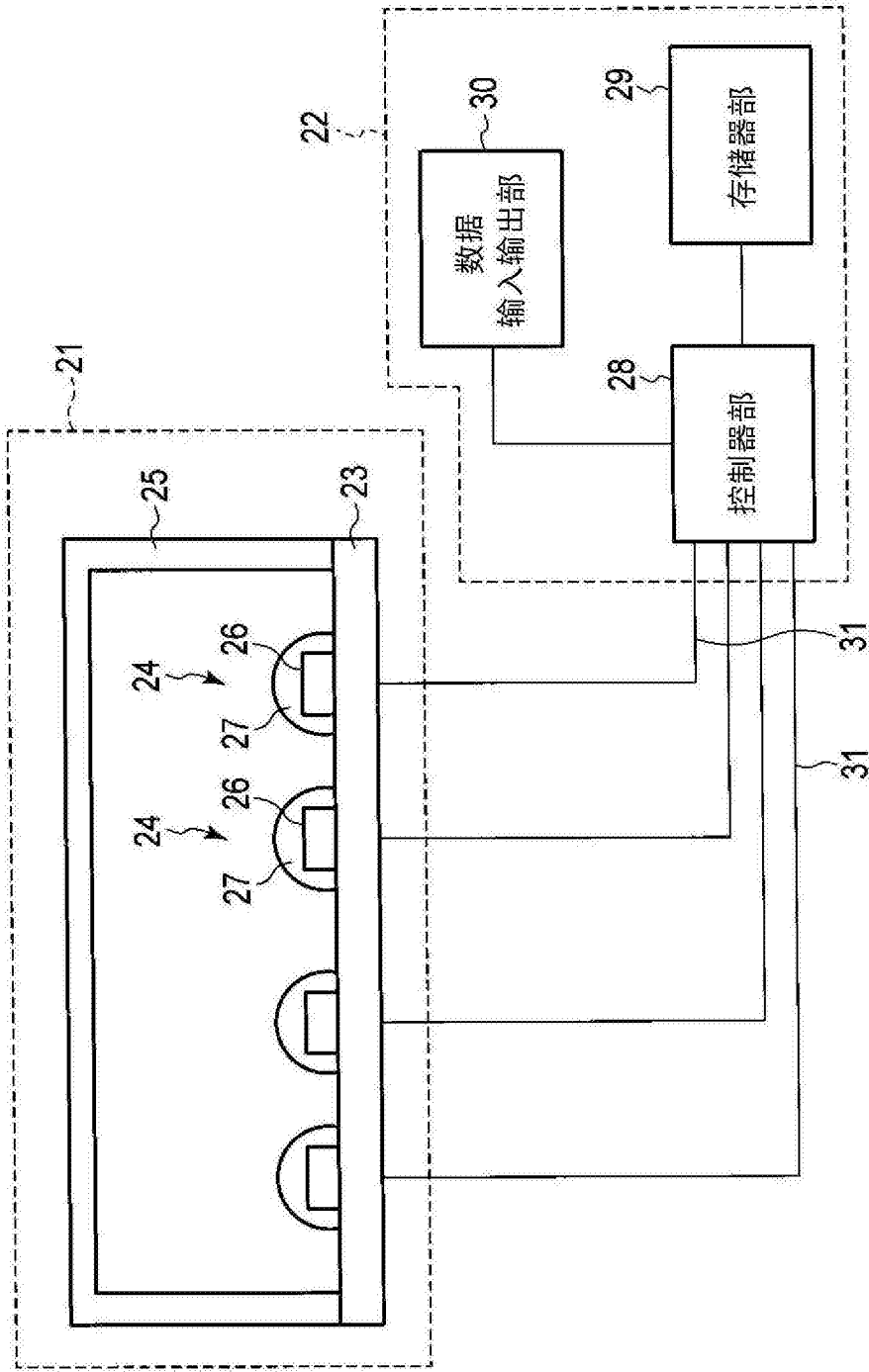


图27



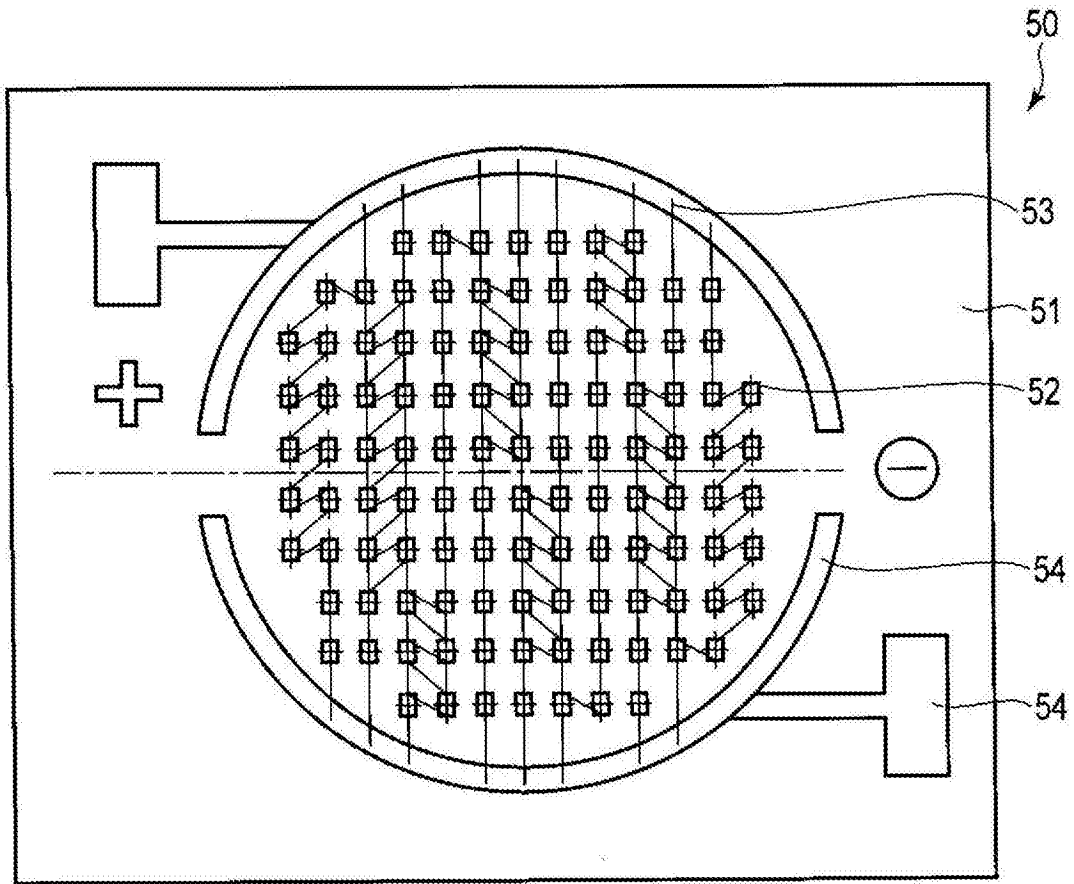


图28

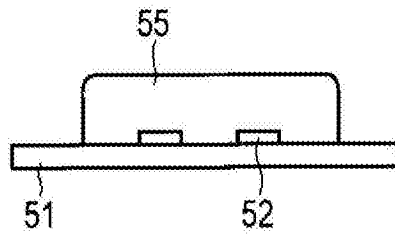


图29

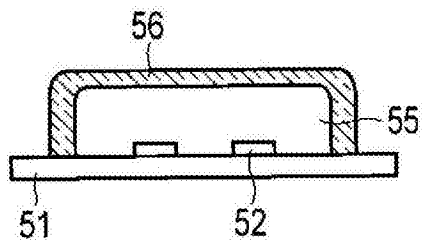


图30

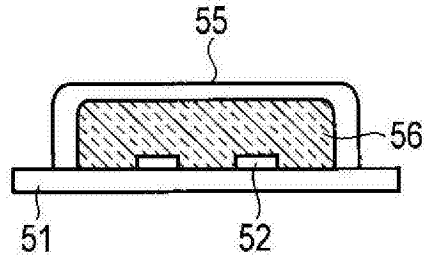


图31

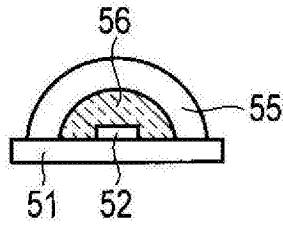


图32

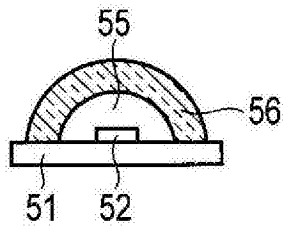


图33

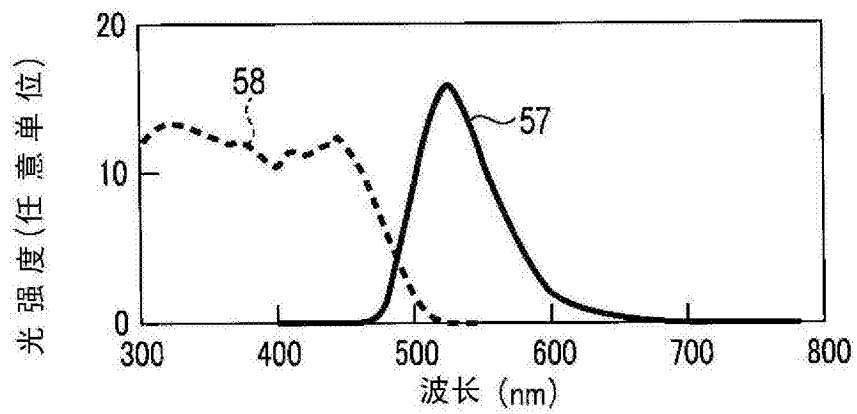


图34

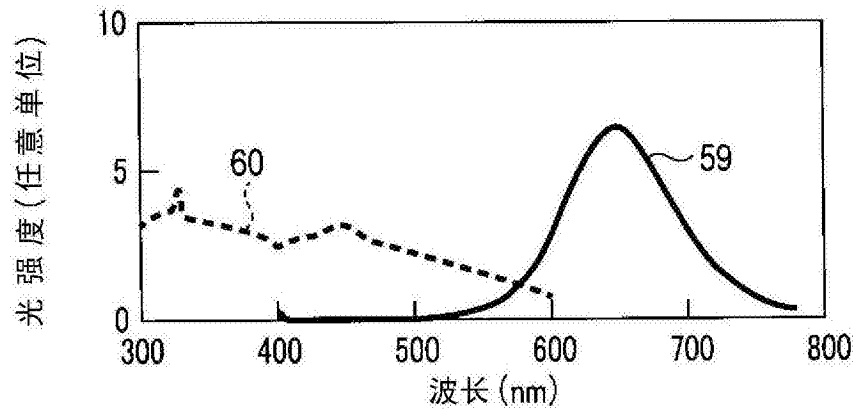


图35

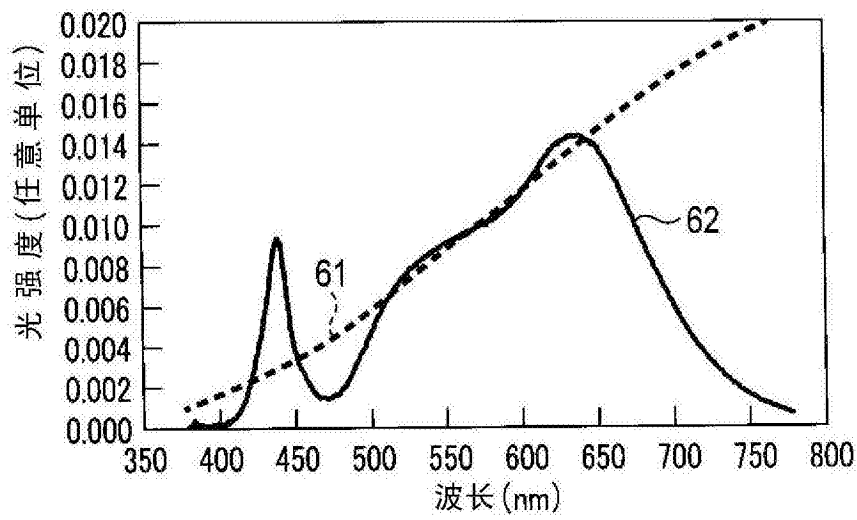


图36

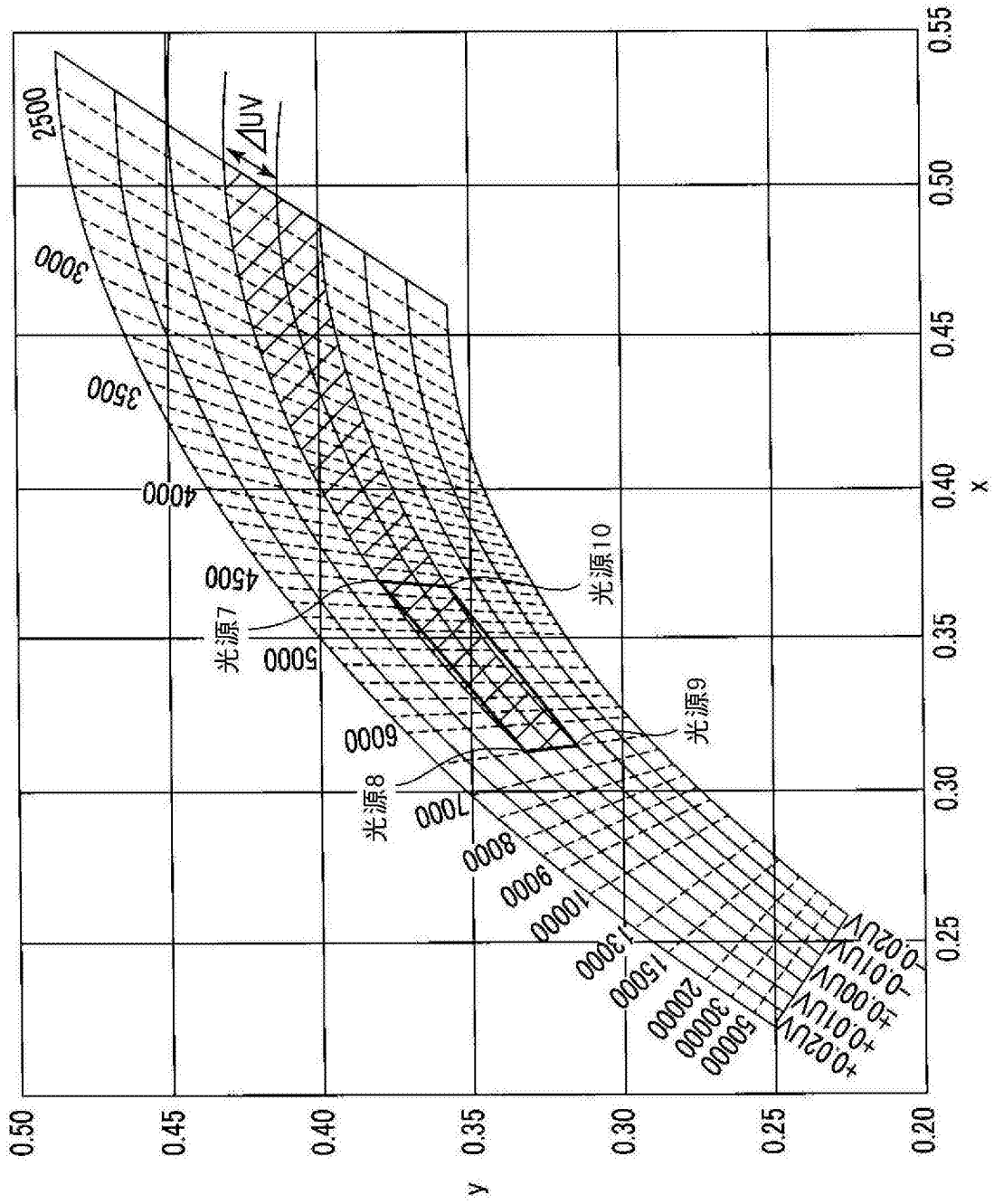


图37

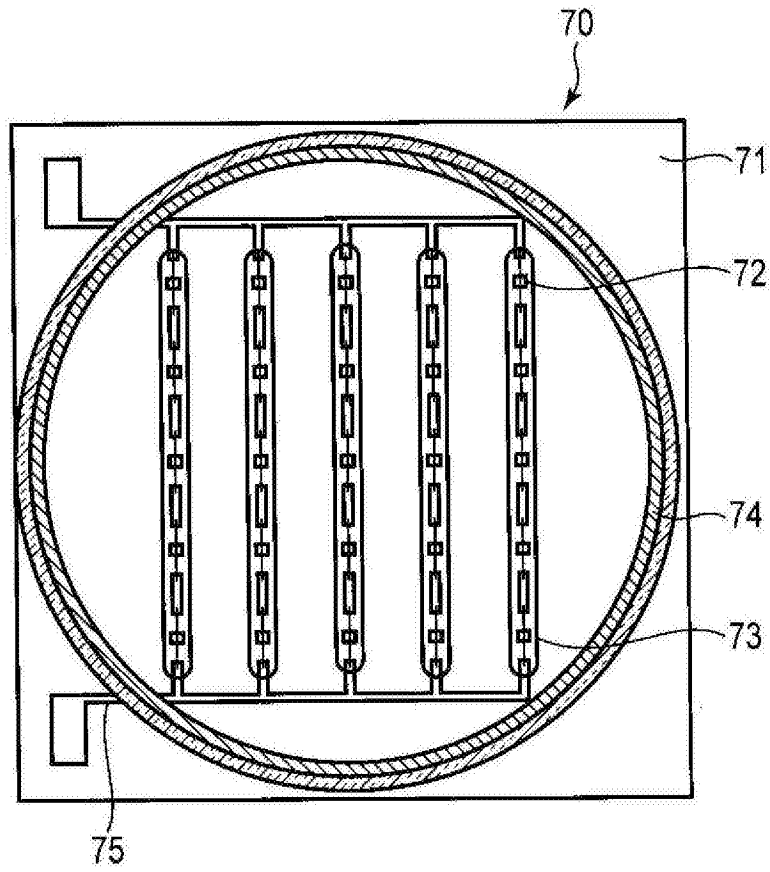


图38

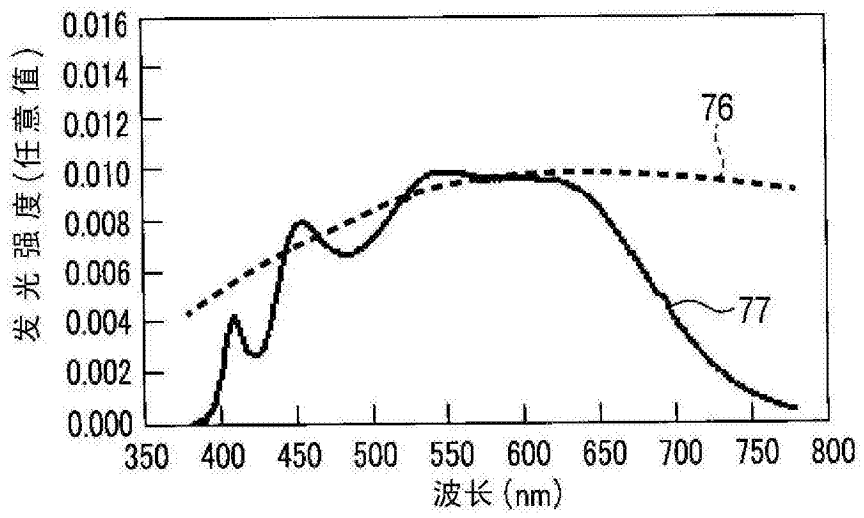


图39

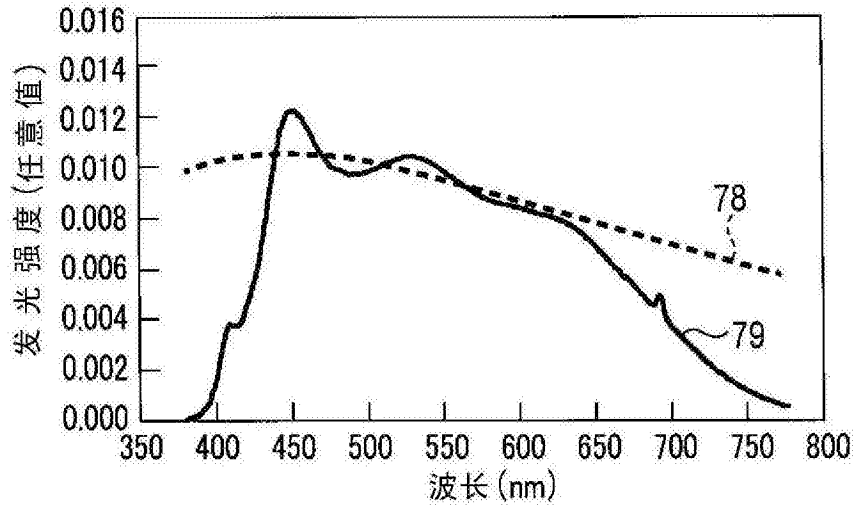


图40

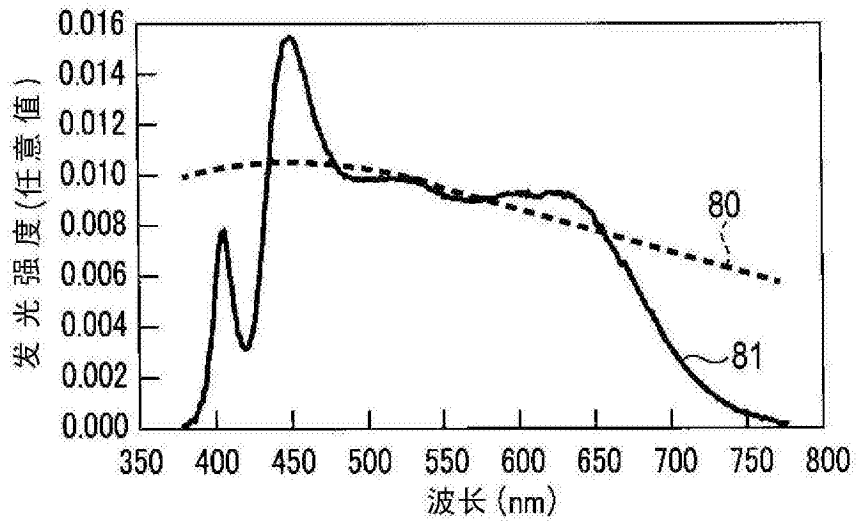


图41

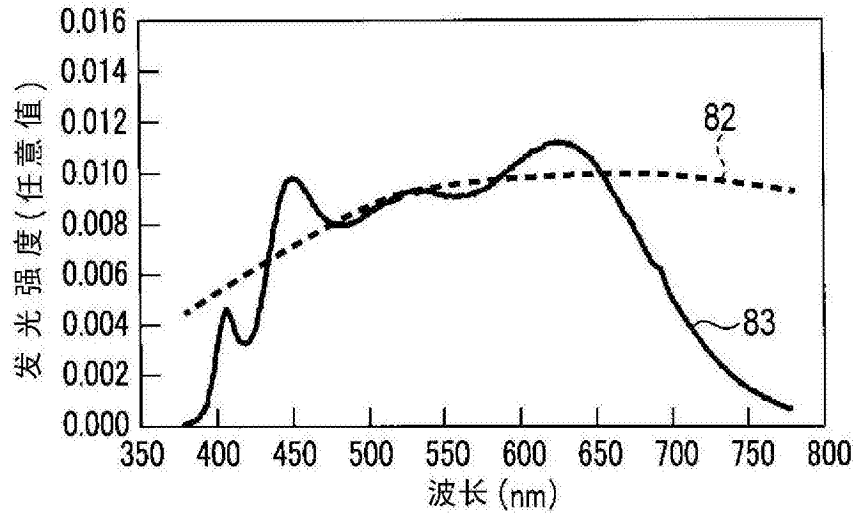


图42

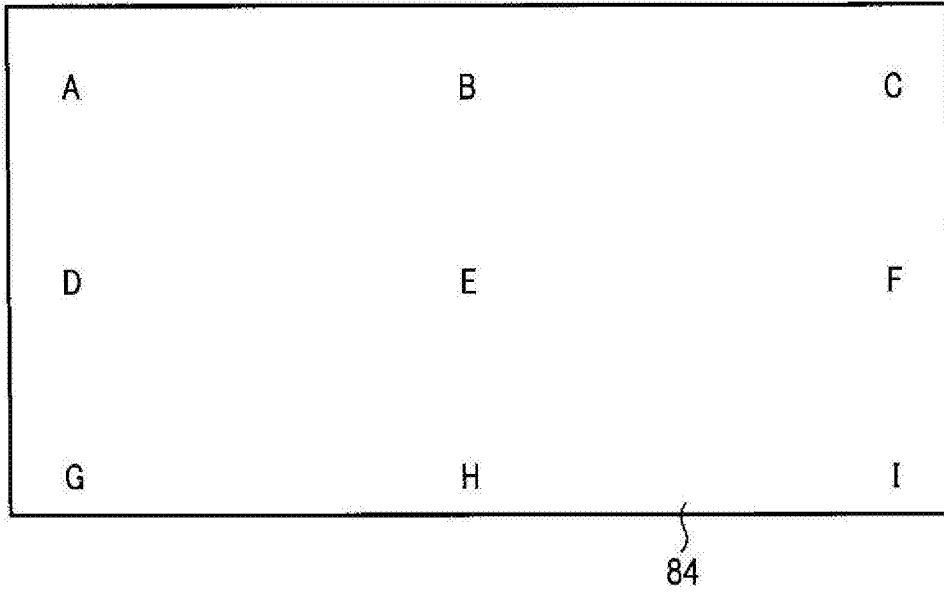


图43

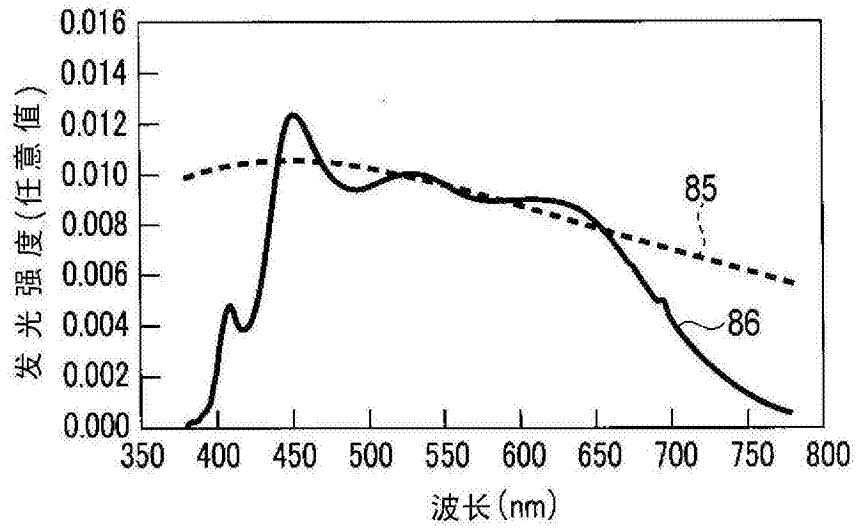


图44