



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 98105468.4

[43]公开日 1998 年 11 月 4 日

[11] 公开号 CN 1197910A

[22]申请日 98.3.13

[30]优先权

[32]97.3.13 [33]JP[31]058925 / 97

[71]申请人 松下电器产业株式会社

地址 日本国大阪府

[72]发明人 矢野正 桥本健次郎 猪野原诚

[74]专利代理机构 上海专利商标事务所

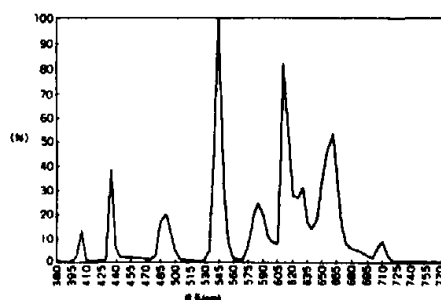
代理人 张政权

权利要求书 2 页 说明书 11 页 附图页数 6 页

[54]发明名称 暖白色荧光灯

[57]摘要

一种暖白色荧光灯,所述灯的视觉清晰度指数在 121 至 145 范围内,其照明光色的相关色温在 2700K 至 3150K 范围内,所述照明光色的色坐标位于从在 CIE1960uv 色品图上普朗克轨迹算起的色坐标的距离不小于-0.005 和不大于+0.005 的色品范围内。



权 利 要 求 书

1. 一种暖白色荧光灯，其特征在于：所述灯的视觉清晰度指数在 121 至 145 范围内，其照明光色的相关色温在 2700K 至 3150K 范围内，所述照明光色的色坐标位于从在 CIE 1960 uv 色品图上普朗克轨迹算起的色坐标的距离不小于-0.005 和不大于+0.005 的色品范围内。

2. 一种暖白色荧光灯，其特征在于：所述灯的视觉清晰度指数在 123 至 145 范围内，其照明光色的相关色温在 2700K 至 2900K 范围内，所述照明光色的色坐标位于从在 CIE 1960 uv 色品图上普朗克轨迹算起的色坐标的距离不小于-0.005 和不大于+0.005 的色品范围内。

3. 一种暖白色荧光灯，其特征在于：其照明光色的相关色温在 2700K 至 3150K 范围内，所述照明光色的色坐标位于从在 CIE 1960 uv 色品图上普朗克轨迹算起的色坐标的距离不小于-0.005 和不大于+0.005 的色品范围内，以及所述灯的视觉清晰度指数满足：

$$M \geq 75000/T + 97.0 \text{ 和}$$

$$M \leq 75000/T + 118.5 .$$

4. 如权利要求 1、2 或 3 所述的暖白色荧光灯，其特征在于：所述的灯是利用峰值波长位于 400nm 至 460nm 范围内的蓝色荧光粉、峰值波长位于 500nm 至 550nm 范围内的绿色荧光粉、峰值波长位于 600nm 至 620nm 范围内的红色荧光粉和峰值波长位于 625nm 至 670nm 范围内的深红色荧光粉制成的。

5. 如权利要求 4 所述的暖白色荧光灯，其特征在于：所述蓝色荧光粉是一种用峰值波长位于 400nm 至 460nm 范围内的二价铕激活的蓝色荧光粉，所述绿色荧光粉是一种用峰值波长位于 500nm 至 550nm 范围内的铽激活的绿色荧光粉，所述红色荧光粉是一种利用峰值波长位于 600nm 至 620nm 范围内的三价铕激活的红色荧光粉以及所述深红色荧光粉是一种利用峰值波长位于 625nm 至 670nm 范围内的锰激活的深红色荧光粉。

6. 如权利要求 4 或 5 所述的暖白色荧光灯，其特征在于：在所述的暖白色荧光灯中，按照重量，所述蓝色荧光粉在 0 % 至 6 % 的范围内，所述绿色荧光粉在 20 % 至 25 % 的范围内，所述红色荧光粉在 30 % 至 55 % 的范围内，以及所述深红色荧光粉在 20 % 至 55 % 的范围内。

7. 如权利要求 4 或 5 所述的暖白色荧光灯, 其特征在于: 在所述的暖白色荧光灯中, 按照重量, 所述蓝色荧光粉在 0 % 至 6 % 的范围内, 所述绿色荧光粉在 20 % 至 25 % 的范围内, 所述红色荧光粉在 30 % 至 50 % 的范围内, 以及所述深红色荧光粉在 25 % 至 50 % 的范围内。

8. 如权利要求 4 所述的暖白色荧光灯, 其特征在于: 所述蓝色荧光粉是一种用峰值波长位于 400nm 至 460nm 范围内的二价铈激活的蓝色荧光粉, 所述绿色荧光粉是一种用峰值波长位于 500nm 至 550nm 范围内的铽或铽铈激活的绿色荧光粉, 所述的红色荧光粉是一种利用峰值波长位于 600nm 至 620nm 范围内的三价铈激活的红色荧光粉, 以及所述的深红色荧光粉是一种利用峰值波长位于 625nm 至 670nm 范围内的铈锰激活的深红色荧光粉。

9. 如权利要求 1、2 或 3 所述的暖白色荧光灯, 其特征在于: 所述的灯主要是采用用二价铈激活的蓝色荧光粉、用铽或铽铈激活的绿色荧光粉和用铈锰激活的深红色荧光粉制成的。

说明书

暖白色荧光灯

本发明涉及在暖白色区域中产生照明光的暖白色荧光灯。

作为一般的照明灯，广泛地使用具有高效和高显色性的三波段荧光灯。三波段荧光灯是一种主要在人眼对颜色最敏感的三个波长区(即 450nm 附近蓝色、540nm 附近绿色和 610nm 附近红色)中产生照明光的荧光灯，因此在不降低光通量下提高了彩色再现性。通过改变三波长区中的能量，可产生具有不同照明光色的三波段荧光灯。

在过去的几年中，为产生模拟白炽灯颜色的照明光，形成温和而轻松的气氛而设计的三波段荧光灯(以下称为三波段暖白色荧光灯)一直受到人们的密切关注并已在室内照明方面找到应用。暖白色类似于白炽灯的光色，而由于三波段暖白色荧光灯在效能上优于白炽灯，因此这种类型的荧光灯具有替代白炽灯的潜能。

尽管光色相似，但是在以下几个方面，三波段暖白色荧光灯在彩色再现性上不如白炽灯。

白炽灯具有不仅增强温和而轻松气氛，还有显示彩色物体美丽和创造高质量气氛作用颜色特性。

另一方面，在物体颜色显现(color appearance)，尤其是红色和淡红色物体的颜色显现上，三波段暖白色荧光灯不如白炽灯。因此，以前的三波段暖白色荧光灯存在这样一个问题，即当它用在与白炽灯能够提供颜色显现相关的高质量气氛中时，其显色性显然不如白炽灯。有一条信息，对绿色和带绿色物体的颜色显现相当于或优于白炽灯的颜色显现。

考虑到以前的三波段暖白色荧光灯对红色和带红色物体的颜色显现较差，本发明的一个目的是提供一种对红色和带红色、绿色和带绿的颜色显现相当与或优于白炽灯的颜色显现，而其效率高于白炽灯效率的三波段暖白色荧光灯。

对于在照明光下的颜色显现，采用一种称为“评价颜色显现保真度的方法”的方法以定量地评价光源的显色特性。在 JIS Z 8726-1990 “规定光源的显色特性的方法”中的这种方法试图通过与在参考照明下显现的颜色进行比较，对被测试的灯如何如实地显现目标颜色作出定量评价。根据 CIE 出版物 13.2 “测量和规定

光源的显色特性的方法(1974)”确立的方法，对 JIS Z 8726-1990 “规定光源的显色特性的方法”作了实质性的调整。采用一般显色指数 R_a 表示其值。现在，荧光灯的发展方向是增大通用现色指数 R_a 和提高照明效率。

另一方面，除了颜色显现的保真度的评价方法以外，近年来在有关“评价颜色显现的合意性的方法”的工作一直在进行。试图用这种方法对与在参考照明下观察到的颜色相比，在被测试的光源引起的色漂移是沿合意的方向还是不合意的方向作出定量评价。这种评价方法表明，如果在用上述保真度评价时存在色漂移，如果漂移沿合意的方向，那么在用眼睛看时在颜色显现方面将带来更好的结果。

关于评价表的合意性的方法，通过注意与光源显色特性有关的视觉清晰度(视觉清晰度作用)，已经发现，利用由视觉清晰度概念发展而来的视觉清晰度指数能够评价物体颜色显现的鲜明度(degree of vividity)，正如在下面出版物中所述，诸如：Hashimoto 等人，“视觉清晰度和对比感觉，《颜色研究与应用》，19，3，1994 年 6 月、Hashimoto 等人，“根据视觉清晰度评价光源现色特性的方法”，《日本照明工程协会杂志》，Vol.79, No.11, 1995 和“日本专利未审查公报 NO.6-180248(日本专利申请号 4-333919)”。

于是，在研制这种能够产生与白炽灯的物体颜色显现一样美丽和高质量气氛的暖白色荧光灯中，如果利用评价颜色显现的合意性的方法能够取得与白炽灯的颜色显现相当或更好的对于光源视觉清晰度作用来说是重要的物体颜色显现，即，食物血的红色和树叶的绿色，那么，通过有效地仅引出物体颜色中对于增强高质量效果而言是重要的美丽颜色，这将有可能创造一个高质量的气氛。

换种说法，最重要的问题是，利用评价颜色显现的合意性的方法确定颜色特性范围，其中对于光源视觉清晰度作用来说是重要的物体颜色显现，即，食物的红色和树叶的绿色，能够与这些物体在白炽灯照明下的颜色显现相当或更好。

本发明提供一种高效的荧光灯，并且根据视觉清晰度指数 M ，提供基本上与白炽灯的彩色特性相当的彩色特性。

本发明的暖白色荧光灯是，所述灯的视觉清晰度指数在 121 至 145 范围内，其照明光色的相关色温在 2700K 至 3150K 范围内，所述照明光色的色坐标(chromaticity point)位于这样的色品范围内，从 CIE 1960 uv 色品图上普朗克轨迹算起，色坐标的距离不小于 -0.005 和不大于 +0.005。

本发明的暖白色荧光灯是，所述灯的视觉清晰度指数在 123 至 145 范围内，其照明光色的相关色温在 2700K 至 2900K 范围内，所述照明光色的色坐标位于这样的色品范围内，从 CIE 1960 uv 色品图上普朗克轨迹算起，色坐标的距离不小于-0.005 和不大于+0.005。

本发明的暖白色荧光灯是，其照明光色的相关色温在 2700K 至 3150K 范围内，所述照明光色的色坐标位于这样的色品范围内，从 CIE 1960 uv 色品图上普朗克轨迹算起的色坐标距离不小于-0.005 和不大于+0.005，并且所述灯的视觉清晰度指数满足：

$$M \geq 75000/T+97.0 \text{ 和}$$

$$M \leq 75000/T+118.5。$$

根据本发明的权利要求 1、2 或 3 所述的暖白色荧光灯是，所述的灯是利用峰值波长位于 400nm 至 460nm 范围内的蓝色荧光粉、峰值波长位于 500nm 至 550nm 范围内的绿色荧光粉、峰值波长位于 600nm 至 620nm 范围内的红色荧光粉和峰值波长位于 625nm 至 670nm 范围内的深红色荧光粉制成的。

根据本发明的权利要求 4 所述的暖白色荧光灯是，所述蓝色荧光粉是一种用峰值波长位于 400nm 至 460nm 范围内的二价铕激活的蓝色荧光粉，所述绿色荧光粉是一种用峰值波长位于 500nm 至 550nm 范围内的铽激活的绿色荧光粉，所述红色荧光粉是一种用峰值波长位于 600nm 至 620nm 范围内的三价铕激活的红色荧光粉，以及所述深红色荧光粉是一种用峰值波长位于 625nm 至 670nm 范围内的锰激活的深红色荧光粉。

根据本发明的权利要求 4 或 5 所述的暖白色荧光灯是，在所述的暖白色荧光灯中，按照重量，所述蓝色荧光粉在 0 % 至 6 % 的范围内，所述绿色荧光粉在 20 % 至 25 % 的范围内，所述红色荧光粉在 30 % 至 55 % 的范围内，以及所述深红色荧光粉在 20 % 至 55 % 的范围内。

根据本发明的权利要求 4 或 5 所述的暖白色荧光灯是，在所述的暖白色荧光灯中，按照重量，所述蓝色荧光粉在 0 % 至 6 % 的范围内，所述绿色荧光粉在 20 % 至 25 % 的范围内，所述红色荧光粉在 30 % 至 50 % 的范围内，以及所述深红色荧光粉在 25 % 至 50 % 的范围内。

根据本发明的权利要求 4 所述的暖白色荧光灯是，所述蓝色荧光粉是一用峰值波长位于 400nm 至 460nm 范围内的二价铕激活的蓝色荧光粉，所述绿色荧光

粉是一种用峰值波长位于 500nm 至 550nm 范围内的铯或铯铷激活的绿色荧光粉，所述红色荧光粉是一种用峰值波长位于 600nm 至 620nm 范围内的三价铈激活的红色荧光粉，以及所述深红色荧光粉是一种用峰值波长位于 625nm 至 670nm 范围内的铈锰激活的深红色荧光粉。

根据本发明的权利要求 1、2 或 3 所述的暖白色荧光灯是，所述的灯主要是由用二价铈激活的蓝色荧光粉、用铯或铯铷激活的绿色荧光粉和用铈锰激活的深红色荧光粉制成的。

图 1 是表明本发明一个实施例的暖白色荧光灯的相对光谱分布的图；

图 2 是表明提供本发明基本概念的视觉清晰度指数 M 的图；

图 3 是表明白炽灯的视觉清晰度的图；

图 4 是表明本发明一个实施例的暖白色荧光灯的相对光谱分布的图；

图 5 是表明色品偏差 SP 的图；以及

图 6 是表明本发明一个实施例的暖白色荧光灯的相对光谱分布的图。

首先，对视觉清晰度 M 作简要描述。利用四种测试颜色(红、黄、绿和蓝)的色面积大小来表示照明灯照射彩色物体的视觉清晰度的大小。根据 Nayatani 等人提出的非线性颜色显现模型(例如，Nayatani 等人，《颜色研究与应用》，20,3,(1995))中定义亮度(B)和多色性(colorfulness)(Mr-g, My-b)的色系，计算四种测试颜色的色面积大小。表 1 给出这四种测试颜色的光谱辐射系数。

〈用于评价视觉清晰度的四种测试颜色的光谱辐射系数〉

表

1

①	②	③	④	⑤	①	②	③	④	⑤
380	0.058	0.078	0.075	0.066	565	0.062	0.747	0.191	0.055
385	0.059	0.084	0.081	0.070	570	0.065	0.750	0.171	0.054
390	0.061	0.092	0.088	0.076	575	0.068	0.750	0.154	0.053
395	0.061	0.099	0.096	0.085	580	0.075	0.749	0.137	0.053
400	0.061	0.103	0.101	0.092	585	0.089	0.749	0.121	0.052
405	0.061	0.106	0.105	0.101	590	0.116	0.746	0.108	0.052
410	0.060	0.107	0.108	0.109	595	0.150	0.743	0.096	0.052
415	0.060	0.107	0.110	0.110	600	0.198	0.738	0.087	0.052
420	0.059	0.107	0.112	0.111	605	0.263	0.734	0.080	0.051
425	0.059	0.108	0.115	0.120	610	0.338	0.729	0.075	0.052
430	0.058	0.109	0.118	0.123	615	0.412	0.726	0.072	0.052
435	0.058	0.110	0.122	0.135	620	0.489	0.723	0.071	0.052
440	0.058	0.111	0.125	0.154	625	0.555	0.721	0.070	0.052
445	0.057	0.113	0.130	0.172	630	0.603	0.720	0.069	0.052
450	0.056	0.115	0.135	0.184	635	0.641	0.719	0.069	0.052
455	0.055	0.116	0.141	0.192	640	0.665	0.718	0.069	0.052
460	0.055	0.118	0.149	0.200	645	0.682	0.718	0.069	0.052
465	0.054	0.120	0.158	0.208	650	0.694	0.717	0.069	0.052
470	0.053	0.123	0.166	0.211	655	0.703	0.718	0.069	0.052
475	0.052	0.126	0.175	0.209	660	0.708	0.719	0.070	0.052
480	0.051	0.130	0.184	0.202	665	0.713	0.721	0.072	0.051
485	0.050	0.137	0.195	0.190	670	0.716	0.723	0.073	0.051
490	0.050	0.148	0.209	0.177	675	0.718	0.725	0.074	0.051
495	0.049	0.164	0.227	0.163	680	0.720	0.727	0.076	0.051
500	0.049	0.194	0.256	0.147	685	0.722	0.729	0.077	0.051
505	0.049	0.240	0.291	0.132	690	0.724	0.730	0.079	0.051
510	0.049	0.298	0.325	0.118	695	0.726	0.732	0.080	0.051
515	0.050	0.376	0.352	0.105	700	0.731	0.734	0.081	0.052
520	0.050	0.451	0.363	0.094	705	0.733	0.734	0.081	0.053
525	0.051	0.529	0.361	0.084	710	0.738	0.735	0.081	0.054
530	0.051	0.596	0.348	0.077	715	0.742	0.735	0.080	0.056
535	0.052	0.645	0.331	0.071	720	0.746	0.734	0.080	0.058
540	0.053	0.684	0.308	0.067	725	0.751	0.734	0.080	0.060
545	0.054	0.710	0.284	0.063	730	0.754	0.736	0.081	0.062
550	0.055	0.726	0.260	0.061	735	0.756	0.736	0.083	0.064
555	0.057	0.737	0.235	0.058	740	0.758	0.740	0.086	0.067
560	0.060	0.743	0.213	0.057	745	0.760	0.742	0.090	0.071
					750	0.763	0.744	0.094	0.077
					755	0.765	0.747	0.098	0.089
					760	0.766	0.747	0.102	0.106
					765	0.769	0.749	0.105	0.129
					770	0.770	0.750	0.108	0.155
					775	0.773	0.750	0.110	0.176
					780	0.774	0.749	0.112	0.193

① 波长 (nm)
 ② 红
 ③ 黄
 ④ 绿
 ⑤ 蓝

正如图 2 所示, 由于对视觉清晰度作用最大的测试颜色是红色, 因此取红测试颜色作为参考, 把由红、蓝和绿测试颜色所包围的三角形面积和由红、黄和绿测试颜色所包围的三角形面积之和定义为四种测试颜色(红、黄、绿和蓝)的色面积。利用四种颜色的色面积, 视觉清晰度指数 M 由公式 1 表示。

(公式 1)

$$M = [G(S, 1000(\text{勒克司})) / G(D65, 1000(\text{勒克司}))]^{1.6} \times 100$$

式中, $G(S, 1000(\text{勒克司}))$ 表示在测试光源 S 的 1000(勒克司)光照度下四种测试颜色的色面积, $G(D65, 1000(\text{勒克司}))$ 表示在参考光源 $D65$ 的 1000(勒克司)参考光照度下四种测试颜色的色面积。

这里, 当在任意照明灯的照明下四种测试颜色的色面积与在标准照明 $D65$ 下四种测试颜色的色面积基本相等时, 即, 在获得与标准照明 $D65$ 之下视觉清晰度等价的视觉清晰度时, 把灯的视觉清晰度指数 M 规定为 100。视觉清晰度指数 M 越高, 灯对提高物体颜色的视觉清晰度(诸如花的红色和树叶的绿色), 的作用越大。

在本发明中, 如上所述, 最重要的问题是确定视觉清晰度指数的范围, 其中对于光源视觉清晰度作用来说是重要的物体颜色显现(即, 食物、花和树叶的红色和绿色)与这些物体在白炽灯照明下颜色显现大体相当或更好。

为了确定效果基本与白炽灯的颜色显现相当的视觉清晰度指数的范围, 我们通过制作几个具有不同视觉清晰度指数 M 的不同 40W 直管式暖白色荧光灯进行了评价实验。

实验中所用的每个暖白色荧光灯是通过把三种荧光粉(即, 绿色荧光粉 $\text{LaPO}_4:\text{Ce}^{3+}$, Tb^{3+} (表 2 中表示为 LAP)、蓝色荧光粉 $\text{Sr}_{10}(\text{PO}_4)\text{Cl}_2:\text{Eu}^{2+}$ (表 2 中表示为 SCA) 和红色荧光粉 $\text{Y}_2\text{O}_3:\text{Eu}^{3+}$ (表 2 中表示为 YOX)) 与 $3.5\text{MgO} \cdot 0.5\text{MgF}_2 \cdot \text{GeO}_2:\text{Mn}^{4+}$ (表 2 中表示为 MFG)混合而制成的。此外, 为比较起见, 还制成一个相关色温 2800K 与要作比较的白炽灯色温相等的暖白色荧光灯。

表 2

NO.	SCA	LAAP	YOX	MGF	②	Δuv	③	④
1	1.6	20.8	0	77.6	2965	-2.4	201	×
2	0.8	21	23.5	54.7	2783	1.7	160	×
3	1.2	21.7	30.8	46.4	2780	1.4	150	×
4	1.5	22.5	38	38	2780	0.4	142	O
5	1.5	23.7	44.9	29.9	2809	1.2	135	O
6	1.5	24.5	51.8	22.3	2800	1.9	128	O
7	1.5	25.3	58.6	14.6	2773	1.4	123	O
8	3.9	25.1	71	0	2820	-1.1	112	×
①					2850	0	124	

① 白炽灯

② 相关色温

③ 视觉清晰度指数

④ 评价结果

在观察实验中,将各个荧光灯和白炽灯安装在深 170cm、宽 150cm、高 180cm 观察室的天花板上。

观察室的墙壁表面、地板表面和桌子的孟塞尔色度值分别为 N8.5、N5 和 N7。在桌子上放有诸如土豆、柠檬、橘子和青椒等食品、和诸如深红色玫瑰、红、粉红和白色康乃馨、黄色小菊花、带紫蓝色和紫红色花的补血草属植物、带紫色和粉红色边的白色风铃草属植物等各种颜色的花和植物以及诸如玻璃杯、石膏工艺品、小镜子、小稻草垫、报纸、杂志、15 种彩色薄片等其它物品。实验是在交替的荧光灯照明和白炽灯照明下进行的,随着时间的消逝,通过把荧光灯照明下的颜色显现与白炽灯照明下的颜色显现进行比较,对观察室中的颜色显现作出评价。

通过判断显现的物体颜色是否与它们在白炽灯照明下显现的颜色几乎一样美丽和鲜艳,以及判断显现的物体颜色是否不如它们在白炽灯照明下显现的颜色那样鲜艳,对每种荧光灯作为白炽灯的替代品作出评价。表 2 给出了评价实验中

所用的灯样品及其评价结果。

表 2 依次给出灯样品的编号(No)、荧光粉(SCA、LAP、YOX 和 MFG)的种类及其重量百分比、相关色温、从普朗克轨迹算起的色坐标的距离($\Delta u, v$ ，当距离位于普朗克轨迹的左上侧时为正，当距离位于普朗克轨迹的右下侧时为负)、视觉清晰度指数 M 以及观察评价结果。表 2 中评价结果的圆圈表示物体显色几乎与在白炽灯照明时显现一样美丽和鲜艳而又表示物体显色不如在白炽灯照明时显色那样鲜艳。

正如从表 2 中能够看到的，现已发现，当视觉清晰度指数 M 的值小于 150 但是不小于 124(这个值接近于白炽灯的视觉清晰度指数 M)时，荧光灯的颜色特性与白炽灯的颜色显现相当。

接下来，图 3 示出白炽灯的色温(TC)与视觉清晰度指数(M)之间的关系。正如从表 3 中能够看到的，在 3150K 下工作的白炽灯的视觉清晰度指数 M 为 121。这意味着具有相关色温为 3150K 的暖白色荧光灯的视觉清晰度指数 M 必须等于 121 或者更大，以便获得与 3150K 白炽灯的颜色显现相当或更好的颜色显现。同样，在 2900K 下工作的白炽灯的视觉清晰度指数 M 为 123。这意味着相关色温为 2900K 的暖白色荧光灯的视觉清晰度指数 M 必须等于 123 或者更大，以便获得与 2900K 白炽灯的颜色显现相当或更好的颜色显现。

用以下的联立不等式，能够以数字方式表示荧光灯颜色的相关色温 T 与视觉清晰度指数 M 之间的关系。

$$M \geq 75000/T + 97.0 \text{ 和}$$

$$M \leq 75000/T + 118.5.$$

这里，荧光灯光色的相关色温在 2700K 至 3150K 的范围，其光色的色坐标位于从在 CIE 1960 uv 色品图上普朗克轨迹算起的色坐标的距离不小于 -0.005 和不大于 +0.005 的色品范围内。

接着，下面将示出依照本发明一个实施例产生的暖白色荧光灯的相对光谱分布。

(荧光灯的第一个实施例)

首先，给出荧光灯的第一个实施例，它涉及一个利用四种荧光粉制成的具有 3000K 相关色温的 40W 直管式荧光灯。

图 4 示出通过把四种荧光粉 $\text{Sr}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{Cl}_2:\text{Eu}^{2+}$ 、 $\text{LaPO}_4:\text{Ce}^{3+}, \text{Tb}^{3+}$ 、

$\text{Y}_2\text{O}_3:\text{Eu}^{3+}$ 和 $3.5\text{MgO}\cdot 0.5\text{MgF}_2\cdot \text{GeO}_2:\text{Mn}^{4+}$ 依次按重量百分比约为 2:21:46:31 的比率混合制成的荧光灯的光谱分布。图 4 所示的荧光灯的视觉清晰度指数 M 为 133，其灯效率约为 72 lm/W。从在 CIE 1960 uv 色品图上普朗克轨迹算起的色坐标的距离为 -0.0003。

在 3000K 下的白炽灯的视觉清晰度指数 M 为 122，其灯效率约为 12 lm/W。

因此，图 4 所示的荧光灯，其灯效率约为白炽灯的灯效率的 6 倍，其视觉清晰度指数 M 高于白炽灯的视觉清晰度指数 M 。这意味着，这里所示的暖白色荧光灯能够显色，尤其是花的红色和树叶的绿色，比在白炽灯下再现的相同颜色更美丽和鲜艳。

(荧光灯的第二个实施例)

接着将描述本发明的第二个实施例。通常，白炽灯的工作温度约为 2800K。图 4 所示的荧光灯的相关色温为 3000K，因此，它的光线看上去比 2800K 白炽灯的光线稍白一些。因此，相关色温在 2700K 至 2900K，中心约在 2800K 被认为是替代普通白炽灯光的最佳色温。以下将示出利用四种荧光粉制成的相关色温为 2800K 的荧光灯的一个例子。

图 1 示出通过把四种荧光粉 $\text{Sr}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{Cl}_2:\text{Eu}^{2+}$ 、 $\text{LaPO}_4:\text{Ce}^{3+},\text{Tb}^{3+}$ 、 $\text{Y}_2\text{O}_3:\text{Eu}^{3+}$ 和 $3.5\text{MgO}\cdot 0.5\text{MgF}_2\cdot \text{GeO}_2:\text{Mn}^{4+}$ 依次按重量百分比约为 2:22:38:38 的比率混合制成的荧光灯的光谱分布。这个荧光灯对应于表 2 中第 4 号荧光灯。

图 1 所示的荧光灯的视觉清晰度指数 M 为 144，其灯效率约为 66 lm/W。从 CIE 1960 uv 色品图上普朗克轨迹算起，其光色的色坐标距离为 0.0004。另一方面，在 2800K 下工作的白炽灯的视觉清晰度指数 M 为 124，其灯效率约为 12 lm/W。

因此，图 1 所示的荧光灯，其灯效率约为白炽灯的灯效率的 5.5 倍，其视觉清晰度指数 M 高于白炽灯的视觉清晰度指数 M 。这意味着，这里所示的暖白色荧光灯能够显色，尤其是花的红色和树叶的绿色，比在白炽灯下显现的相同颜色更美丽和鲜艳。

(荧光灯的第三个实施例)

图 6 示出本发明的第三个实施例。这个实施例采用用铈锰激活的深红色荧光粉作为深红色荧光粉。

图 6 示出通过把三种荧光粉 $\text{BaMgAl}_{10}\text{O}_{17}:\text{Eu}^{2+}$ 、 $\text{LaPO}_4:\text{Ce}^{3+},\text{Tb}^{3+}$ 和

GdMgB₅O₁₀:Ce³⁺,Mn²⁺混合而制成的荧光灯的光谱分布。

在图 6 中,视觉清晰度指数 M 为 145,色温为 2800K,从 CIE 1960 uv 色品图上普朗克轨迹算起,光色的色坐标的距离为 0。

因此,图 6 所示的荧光灯的视觉清晰度指数 M 高于白炽灯的视觉清晰度指数 M,这意味着,这里所示的暖白色荧光灯能够显色,尤其是花的红色和树叶的绿色,比在白炽灯下显现的相同颜色更美丽和鲜艳。

尽管在图 1、4 和 6 中已经示出本发明的这些具体实施例,但是,应当明白,本发明也能够用其它荧光粉的不同组合来实施。例如,在 400nm 至 460nm 中发光的荧光粉有: Sr₂P₂O₇:Eu²⁺、Sr₁₀(PO₄)₆Cl₂:Eu²⁺、(Sr,Ca)₁₀(PO₄)₆Cl₂:Eu²⁺、(Sr,Ca)₁₀(PO₄)₆Cl₂·nB₂O₃:Eu²⁺和 BaMg₂Al₁₆O₂₇:Eu²⁺;在 500nm 至 550nm 中发光的荧光粉有: LaPO₄:Ce³⁺,Tb³⁺、La₂O₃·0.2SiO₂·0.9P₂O₅:Ce³⁺,Tb³⁺、CeMgAl₁₁O₁₉:Tb³⁺和 GdMgB₅O₁₀:Ce³⁺,Tb³⁺;在 600nm 至 620nm 上发光的荧光粉有: Y₂O₃:Eu³⁺;在 625nm 至 670nm 中发光的荧光粉有: Y₂O₃:Eu³⁺、GdMgB₅O₁₀:Ce³⁺,Tb³⁺,Mn²⁺、GdMgB₅O₁₀:Ce³⁺,Mn²⁺、Mg₆AsO₁₁:Mn⁴⁺和 3.5MgO·0.5MgF₂·GeO₂:Mn⁴⁺。

此外,应当明白,如果除了峰值辐射位于 400nm 至 460nm 范围内的蓝色荧光粉、峰值辐射位于 500nm 至 550nm 范围内的绿色荧光粉、峰值辐射位于 600nm 至 620nm 范围内的红色荧光粉和峰值辐射位于 625nm 至 670nm 范围内的深红色荧光粉以外,添加少量的峰值辐射在其它波长上的荧光粉,也能够产生其颜色特性基本与白炽灯的颜色特性相当的荧光灯。

上述的实施例都是涉及用 40W 直管制成的暖白色荧光灯,但是,应当认识到,用不同的灯瓦数和不同的灯管形状能够制成本发明的荧光灯。

当在 CIE 1960 uv 色品图上照明光色的色坐标到普朗克轨迹上的色坐标的距离 Δu, v 接近于 0 时,荧光灯的照明光色越接近白炽灯的光色。然而,在荧光灯的情况下,在制造过程中会发生光色偏差,为了产生接近于白炽灯光色的光色,应使距离 Δu, v 保持在相对于 0 的正、负 0.005 可接受范围内。

另外,如图 5 所示,色品距离 Δu, v 定义为 CIE 1960 uv 色品图上 S(u, v) 和 P(u₀, v₀) 之间的距离 SP, 这里, S(u, v) 是光源的光色的色坐标, 而 P(u₀, v₀) 是从色坐标 S 向普朗克轨迹作垂线而与普朗克轨迹相交的点。

这里, 当色坐标位于普朗克轨迹的左上侧(在带绿色的光色一侧)时, 距离是

正($\Delta u, v > 0$), 当色坐标位于普朗克轨迹的右下侧(在带红色的光色一侧)时, 距离是负($\Delta u, v < 0$).

如上所述, 根据本发明, 能够获得光颜色显现与白炽灯照明下颜色显现相当或更好, 而灯效率比白炽灯高的暖白色荧光灯.

说明书附图

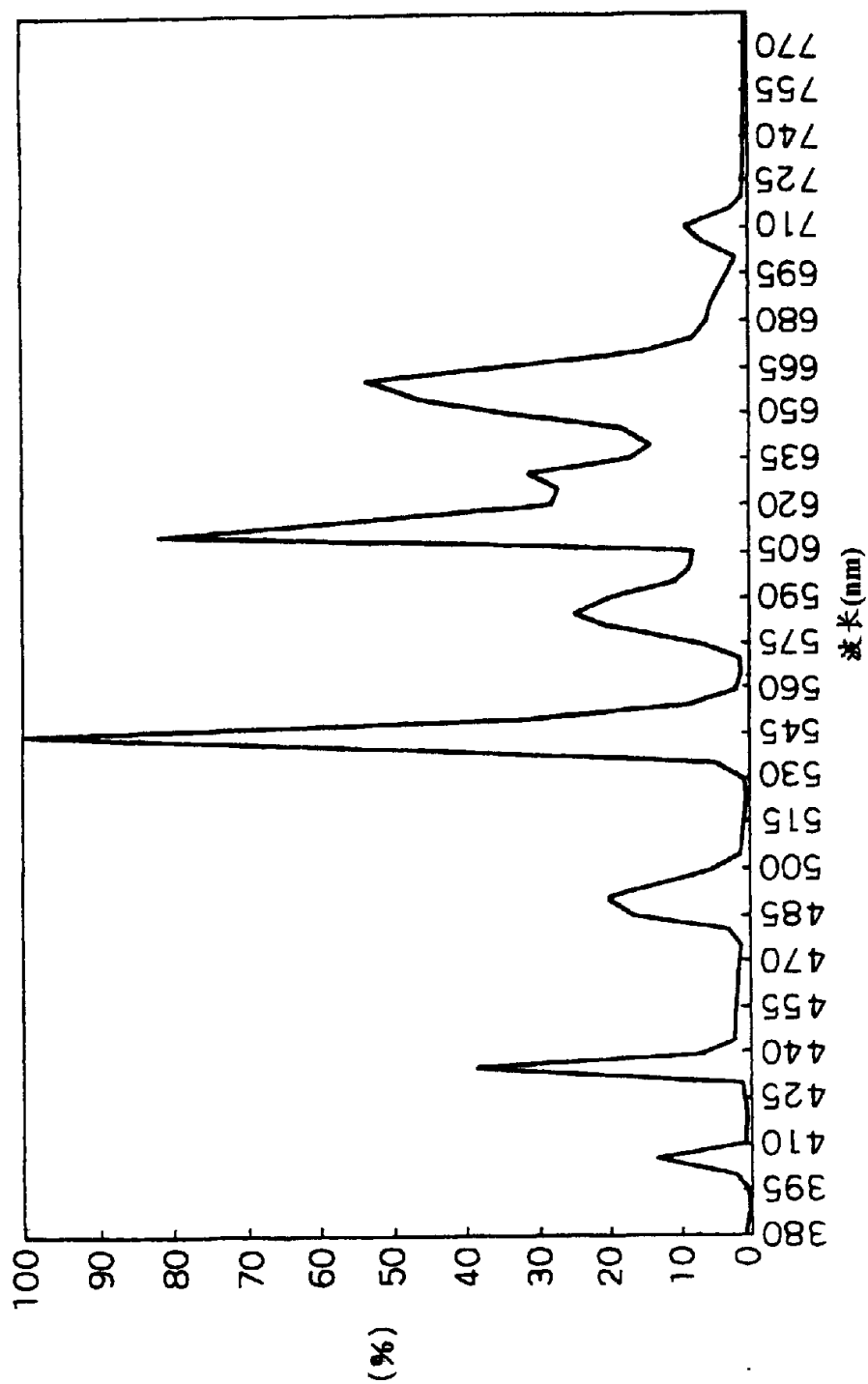


图 1

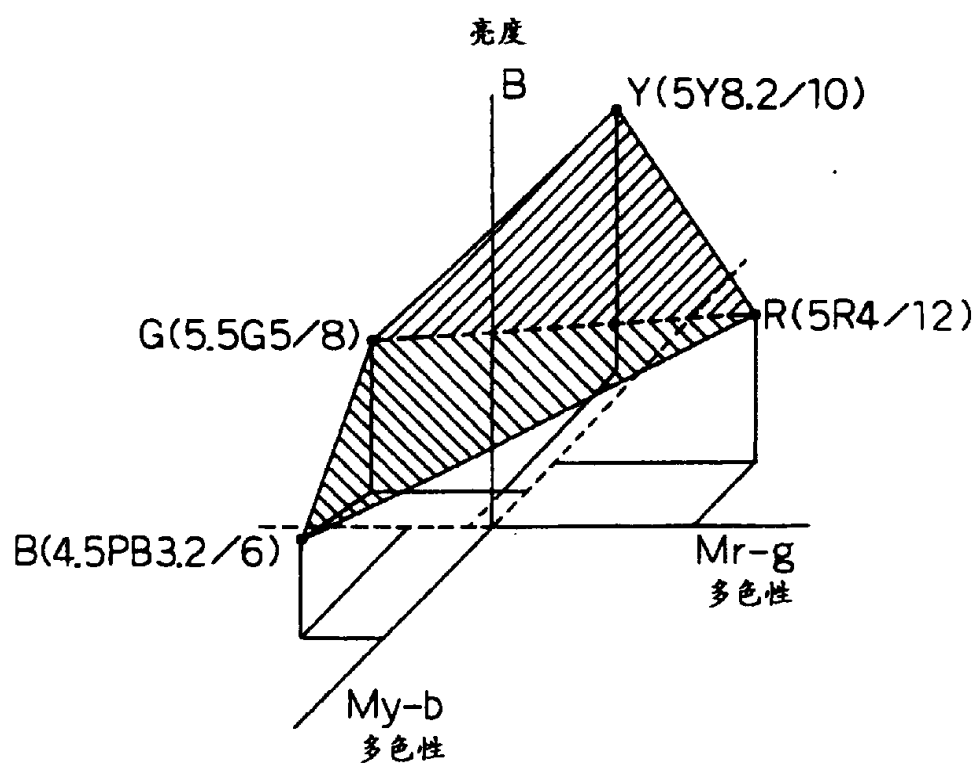


图 2

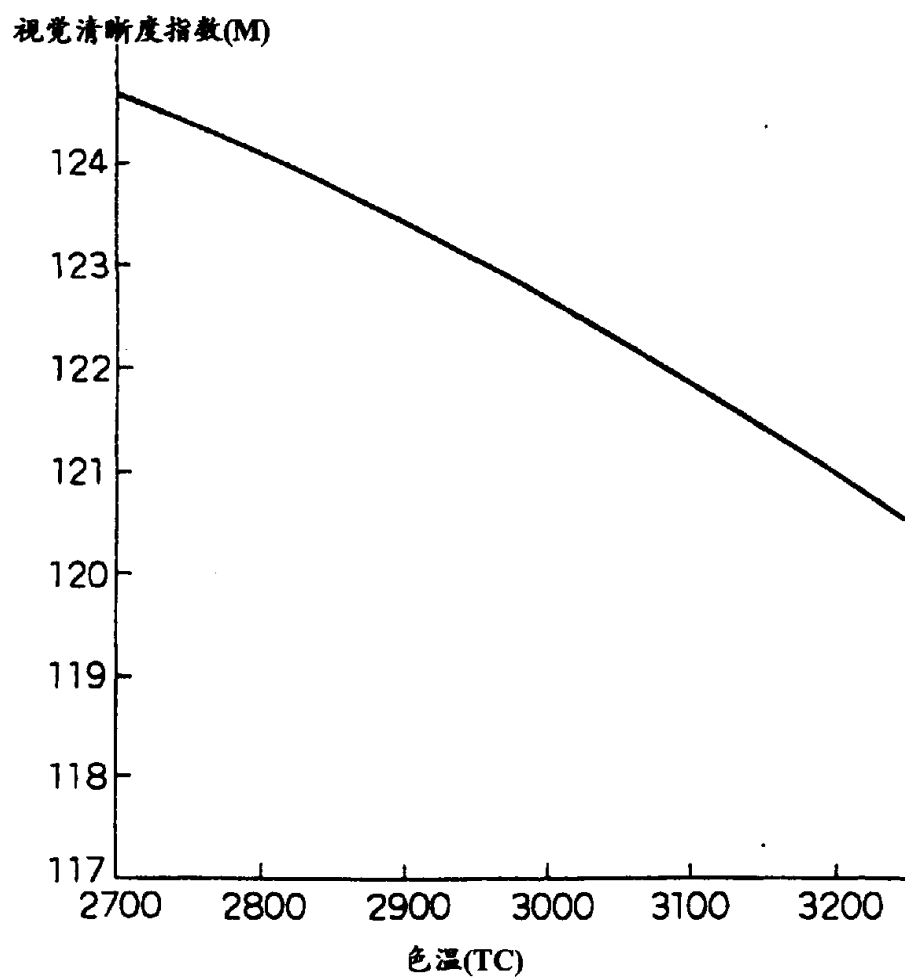
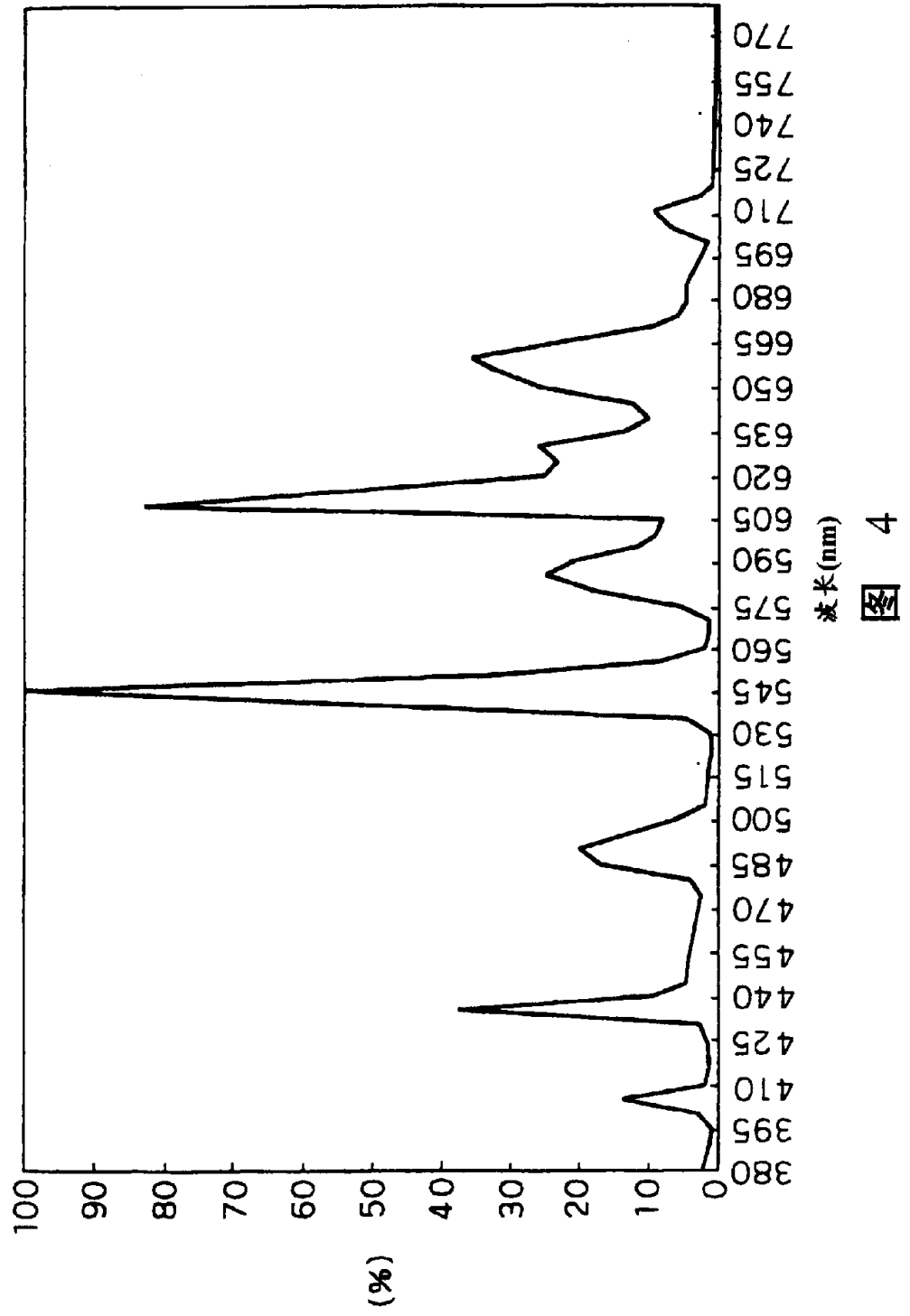


图 3

98.03.15



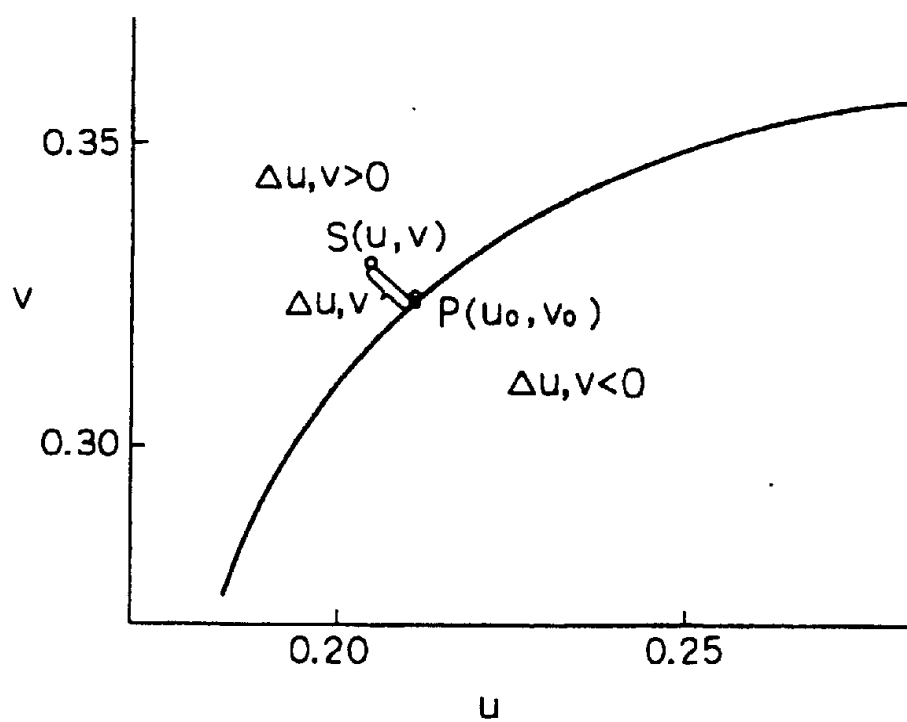


图 5

99.03.15

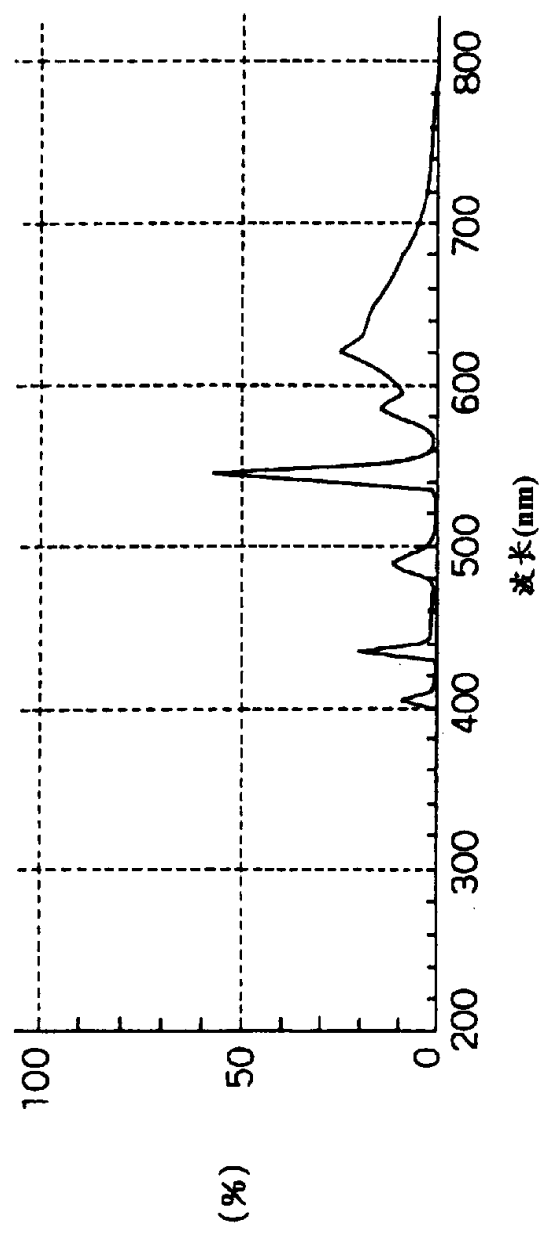


图 6