



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102363728 B

(45) 授权公告日 2015. 06. 03

(21) 申请号 201110212367. 6

CN 101128563 A, 2008. 02. 20,

(22) 申请日 2011. 06. 09

审查员 张丹

(30) 优先权数据

2010-131609 2010. 06. 09 JP

(73) 专利权人 信越化学工业株式会社

地址 日本东京

(72) 发明人 塚谷敏彦 绵谷和浩

(74) 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专

利商标事务所 11038

代理人 李跃龙

(51) Int. Cl.

G09K 11/80(2006. 01)

H01L 33/50(2010. 01)

F21S 8/00(2006. 01)

F21V 9/10(2006. 01)

F21Y 101/02(2006. 01)

(56) 对比文件

US 5851428 A, 1998. 12. 22,

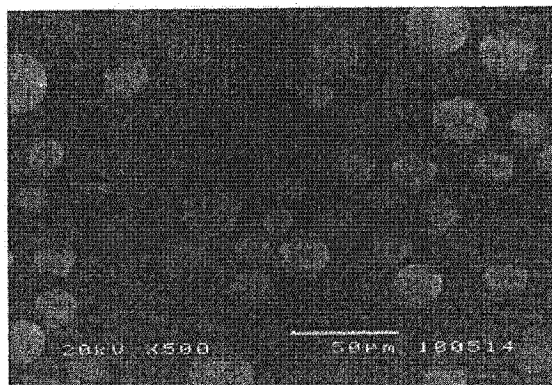
权利要求书1页 说明书6页 附图1页

(54) 发明名称

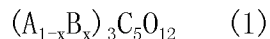
荧光体颗粒, 发光二极管, 以及照明设备和
使用它们的液晶面板背光装置

(57) 摘要

本发明涉及荧光体颗粒, 发光二极管, 以及照明设备和使用它们的液晶面板背光装置。本发明特别涉及一种平均颗粒尺寸为 5-50 μm 和平均球度至多 0.3 的整体球形的荧光体颗粒。所述荧光体包括具有式 $(\text{A}_{1-x}\text{B}_x)_3\text{C}_5\text{O}_{12}$ 的石榴石相, 其中 A 是 Y、Gd 或 Lu, B 是 Ce、Nd 或 Tb, C 是 Al 或 Ga, 且 $0.002 \leq x \leq 0.2$ 。



1. 整体球形的荧光体颗粒, 包含具有组成式 (1) 的石榴石相:



其中 A 是至少一种选自 Y、Gd、和 Lu 的稀土元素, B 是至少一种选自 Ce、Nd 和 Tb 的稀土元素, C 是至少一种选自 Al 和 Ga 的元素, 且 x 是 0.002-0.2 的数值, 所述荧光体颗粒具有 5-50 μm 的平均颗粒尺寸和至多 0.3 的平均球度, 其中

所述荧光体颗粒是通过包括如下步骤的方法制备的:

根据所需荧光体颗粒中的金属物质从单个金属氧化物、复合金属氧化物和金属氧化物混合物中选择 (一种或多种) 金属氧化物,

形成 (一种或多种) 氧化物浆料,

造粒所述浆料, 所得粒料是其中微颗粒聚结的团粒, 且将得到的粒料用作前体, 和

使粒料通过用于熔融该前体的气体燃烧器焰或等离子体, 所述粒料被热处理成烧结或整体颗粒, 和

其中该荧光体颗粒具有 0.1-0.7 的颗粒尺寸分散指数。

2. 根据权利要求 1 所述的荧光体颗粒, 具有 1.3-4g/cm³ 的堆密度。

3. 根据权利要求 1 所述的荧光体颗粒, 具有 1-40° 的休止角。

4. 一种发光二极管, 在能够发射激发光的光发射体上包含根据权利要求 1 所述的荧光体颗粒层。

5. 根据权利要求 4 所述的发光二极管, 其中所述层是分散在树脂中的荧光体颗粒层。

6. 根据权利要求 4 所述的发光二极管, 其中所述层是分散在无机玻璃中的荧光体颗粒层。

7. 一种照明设备, 其包含权利要求 1 所述的荧光体颗粒。

8. 一种用于液晶面板的背光单元, 其包含根据权利要求 4 所述的发光二极管。

9. 一种照明设备, 其包含根据权利要求 4 所述的发光二极管。

荧光体颗粒，发光二极管，以及照明设备和使用它们的液晶面板背光装置

技术领域

[0001] 本发明涉及荧光体 (phosphor) 颗粒,其适用于照明设备例如通用光源,背光源以及前灯光源的和发光二极管以及更特别地用于包括荧光体的照明设备,所述荧光体能够转变来自光源发射的波长,以及白色发光二极管;使用所述颗粒的发光二极管;以及照明设备和使用该发光二极管的液晶面板背光单元。

背景技术

[0002] 发光二极管 (LED) 在现有可用光源中效率最高。特别地,随着下一代光源替代白炽灯、荧光灯、冷阴极荧光灯 (CCFL) 和卤素灯,白光 LED 在市场中形成迅速扩大的份额。白光 LED 是通过将蓝光 LED 与在蓝光激发时能够发射的荧光体结合得到的。与蓝光 LED 结合以产生准白光 (pseudo-white) 的已知的发射黄光的荧光体的例子包括 $Y_3Al_5O_{12}:Ce$ 、 $(Y, Gd)_3(Al, Ga)_5O_{12}:Ce$ 、 $(Y, Gd)_3Al_5O_{12}:Ce$ 、 $Tb_3Al_5O_{12}:Ce$ 、 $CaGa_2S_4:Eu$ 、 $(Sr, Ca, Ba)_2SiO_4:Eu$ 和 $Ca-\alpha-SiAlON:Eu$ 。

[0003] JP-B-3700502 公开了通过如下方式制备荧光体的方法:将稀土元素 Y、Gd、和 Ce 以化学计量比例溶于酸中,用草酸将溶液共沉淀,烧制共沉淀物以得到共沉淀物的氧化物,将其与氧化铝混合,和在其中添加氟化铵作为助熔剂。将混合物置于坩锅中并在 1,400°C 的空气中烧制 3 小时。将烧制的材料放入球磨机中湿磨、洗涤、分离、干燥和最后筛分。

[0004] 当荧光体通过颗粒混合以及固态反应的这种常规方法合成时,荧光体性质常常由于未反应的颗粒而劣化,并且球磨可损害结晶度和产生细粉。所述颗粒具有不规则的形状以及宽的颗粒尺寸分布,表明广泛变化尺寸的荧光体颗粒的存在。当此类荧光体颗粒分散在用于 LED 封装的树脂中时,树脂中的荧光体数量、分布以及颗粒尺寸广泛地变化。这导致白光 LED 的色度变化以及导致产品收率降低。

[0005] 引用文献列表

[0006] 专利文献 1:JP-B-3700502

[0007] 发明概述

[0008] 本发明的目的是提供荧光体颗粒,其可以分散在用于发光二极管的介质中,如封装光发射体的树脂、用于分散荧光体颗粒的树脂和无机玻璃,同时使荧光体颗粒的数量、分布以及颗粒尺寸的变化最小化;包括所述颗粒并显示出最小色度变化的发光二极管;以及使用该发光二极管的照明设备和液晶面板背光单元。

[0009] 本发明人发现平均颗粒尺寸为 5 到 50 μm 以及平均球度 (roundness) 为至多 0.3 的整体球形荧光体颗粒能够均匀地分散在介质例如树脂和无机玻璃中,而具有荧光体颗粒的数量、分布和颗粒尺寸上的最小变化。特别地,已经发现具有此类性质且包括具有下面定义的组成式 (1) 的石榴石相的荧光体颗粒有利地用于白光 LED 结构中,作为能够在蓝光 LED 的光激发时发射的发射黄光的荧光体。

[0010] 在一个方面,本发明提供整体球形的荧光体颗粒,其包括一种具有组成式 (1) 的

石榴石相：



[0012] 其中 A 是至少一种选自 Y、Gd、和 Lu 的稀土元素，B 是至少一种选自 Ce、Nd、和 Tb 的稀土元素，C 是至少一种选自 Al 和 Ga 的元素，和 x 是从 0.002 到 0.2 数值，所述荧光体颗粒具有 5 到 50 μm 的平均颗粒尺寸和至多 0.3 的平均球度。

[0013] 在一个优选的实施方案中，荧光体粉末具有 0.1 到 0.7 的颗粒尺寸分散指数，1.3 到 4 g/cm^3 的堆密度，和 1° 到 40° 的休止角。

[0014] 在另一方面，本发明提供一种发光二极管，其包括能够发射激发光的光发射体上的荧光体颗粒层。所述层是典型地分散在树脂或无机玻璃中的荧光体颗粒层。

[0015] 又一方面，本发明提供一种包括所述荧光体颗粒的照明设备。

[0016] 这里还设想了一种用于液晶面板的背光单元，其包括发光二极管以及包括该发光二极管的照明设备。

[0017] 本发明的有益效果

[0018] 本发明的荧光体颗粒可以分散在介质例如树脂和无机玻璃中，具有在荧光体颗粒的数量、分布及颗粒尺寸方面的最小变化。该荧光体颗粒可以用来制造 发光二极管、照明设备以及液晶面板背光单元，其特点是具有色度的最小变化。

[0019] 附图简述

[0020] 图 1 和 2 分别显示了在实施例 2 和对比实施例 1 获得的荧光体颗粒的电子显微照片。

具体实施方式

[0021] 这里使用的术语“荧光体”是指一种荧光物质。术语“颗粒”和“粉末”是相同的，因为粉末是指大量的颗粒。这里用于限定颗粒形状的术语“整体球形”是指球形以及基本球形的形状。

[0022] 由整体球形的荧光颗粒组成的荧光粉末具有 5 到 50 μm 的平均颗粒尺寸和优选 0.1 到 0.7，且更优选平均 0.2 到 0.5 的分散指数。可以以中位径 D50（在累积 50 体积%处的颗粒尺寸）测量平均颗粒尺寸。分散指数由下述方程定义：

$$[0023] \quad \text{分散指数} = (D90 - D10) / (D90 + D10)$$

[0024] 其中 D10 和 D90 分别是在颗粒尺寸分布中在累积 10 体积%和 90 体积%处的颗粒尺寸。可以通过激光衍射法由颗粒尺寸分布的测量确定平均颗粒尺寸 D10 和 D90。

[0025] 所述荧光体颗粒具有等于或低于 0.3，优选等于或低于 0.2，且更优选等于或低于 0.1 的平均球度。虽然平均球度的下限理想地是 0，但是其一般地等于或大于 0.01。球度可以通过颗粒在电子显微镜下观察到的颗粒的投影图来确定。对于每个颗粒，测量其外接圆和内切圆的直径。球度由下述方程确定：

$$[0026] \quad \text{球度} = \{(\text{外接圆直径}) - (\text{内切圆直径})\} / \{[(\text{外接圆直径}) + (\text{内切圆直径})] \div 2\}$$

[0027] 所述荧光体粉末应优选具有 1.3 到 4 g/cm^3 ，更优选 1.5 到 3.5 g/cm^3 ，甚至更优选 1.8 到 3 g/cm^3 的堆密度和优选 1° 到 40° 和更优选 1° 到 35° 的休止角。

[0028] 当用荧光体颗粒填充封装树脂时，具有小的休止角即高流动性或高堆密度的荧光体粉末能够以可再现的方式装填。然后，可以形成薄的封装树脂基荧光体层。因为封装树

脂可以因热或紫外线降解而脱色,所以封装树脂量的减少为LED提供了延长的寿命。同样,具有低分散指数和窄颗粒尺寸分布的荧光体粉末保证当通过结合蓝光LED和发射黄光的荧光体构建能够发射准白光的白光LED时,白光LED呈现介于蓝色和黄色之间的颜色均匀性。

[0029] 所述荧光体颗粒优选是氧化物荧光体颗粒,典型的荧光体颗粒包括具有组成式(1)的石榴石相:



[0031] 其中A是至少一种选自Y、Gd和Lu的稀土元素,B是至少一种选自Ce、Nd和Tb的稀土元素,C是至少一种选自Al和Ga的元素,和x是从0.002到0.2的数字(即 $0.002 \leq x \leq 0.2$)。所述石榴石相是荧光体颗粒的主相。通常石榴石相优选占颗粒体积的至少99%。同样,硅酸盐基荧光体例如 $(Ba, Sr, Ca)_2SiO_4:Eu$ 和 $(Ba, Sr, Ca)_3SiO_5:Eu$ 也可适合用作荧光体。

[0032] 现在描述如何制备荧光体颗粒。通过如下方式制备荧光体颗粒:首先根据所需荧光体颗粒中的金属物质从单个金属氧化物、复合金属氧化物和金属氧化物混合物中选择(一种或多种)金属氧化物,形成(一种或多种)氧化物浆料和造粒所述浆料,将得到的粒料用作前体。

[0033] 复合金属氧化物或金属氧化物混合物可以例如通过下述方法制备。首先通过从金属元素的盐中选择合适的金属盐来构成荧光体颗粒(例如Y、Gd、Lu、Ce、Nd、Al、Ga等的硝酸盐和氯化物),在水中溶解这些金属盐和共沉淀该水溶液来制备共沉淀物。作为替代,可以通过从上述的金属盐和金属氧化物选择合适的起始原料,将形成其水溶液或浆料,并共沉淀该水溶液或浆料来制备共沉淀物。在800到1,500°C的空气中烧制所得的共沉淀物,获得复合氧化物或氧化物混合物。烧制时间通常为1到10小时。

[0034] 如有必要,可以将有机添加剂例如分散剂和粘结剂加入到氧化物浆料中。可将该浆料任选地碾磨成平均颗粒尺寸优选为0.01到2.0 μm的细颗粒的浆料。通过造粒技术,所需颗粒尺寸的整体球形粒料(前体)可以从该浆料制备。合适的造粒工艺包括空气雾化(或双流体)喷嘴、四流体喷嘴、流化床造粒、离心喷射、转鼓造粒、搅动造粒、压缩造粒(例如通过橡胶或等静压)、挤压造粒和粉碎造粒。由于从浆料造粒,它们之间的颗粒是组分均匀的。粒料优选具有基本上等于在热处理后由此获得的荧光体颗粒的尺寸,特别地对应于那些在热处理后的荧光体颗粒尺寸的100-120%的平均颗粒尺寸。

[0035] 所述粒料是其中微粉仅聚结的团粒。根据本发明,将粒料热处理成烧结的或整体的(integral)颗粒,用作荧光体颗粒。例如,将粒料置于瓷坩埚或熔 坩中,其中在1,000到1,900°C下,在空气、还原性气氛或真空中将它们进行热处理。热处理时间通常为1到20小时。如果这些粒料是从包含有机添加剂的浆料中得到的,在还原性气氛或真空中热处理前,可以将它们预先在空气中在400到1,700°C下烧制1到10小时以烧掉有机物质。

[0036] 为了在还原性气氛中热处理,这里所用的还原性气体可以是 H_2+N_2 气体, H_2+Ar 气体等。用于化学还原的热处理在1,300到1,800°C的温度下进行1到20小时,足以获得所需的荧光性质。

[0037] 还优选地,使粒料变成烧结或整体颗粒的热处理可以通过使粒料通过用于熔融的气体燃烧器焰(例如丙烷)或等离子体来进行。这里所用的等离子体源可以是高频等离子

体或直流等离子体。在这种情况下,可以在整体颗粒形成前将粒料以其整体一次完全地熔融。作为替代,只有团粒的各个微粉的表面部分被熔融,使得可以将微粉熔合到一起,由此获得其中微粉是紧密固结的烧结颗粒。同样在这种情况下,可以在火焰或等离子体处理之前,在 400 到 1,700℃ 下将粒料预烧制 1 到 10 小时。

[0038] 在另一种方法中,组成所需氧化物荧光体的金属以预定的原子比例组合,并在真空熔炉中熔融混合以形成合金熔体。将该合金熔体铸入模具中形成合金棒材或线材。通过转盘式喷雾器处理合金棒材或线材以形成平均颗粒尺寸等于或低于 50 μm 的整体球形金属(合金)颗粒。在小于或等于该合金熔点的温度下,在氧化性气氛或环境气氛下,烧制所述金属颗粒从而使金属转化为氧化物。由于得到的氧化物反映了合金的形状,并且起始原料为单分散合金,因此以未熔合形式获得了整体球状的颗粒。依赖于添加的活化剂的类型,为了得到具有高发射效率的荧光体颗粒,可以将氧化物颗粒在氧化性或还原性气氛中退火。

[0039] 在又一种方法中,整体球形氧化物颗粒可以从固相反应中获得。首先,采用湿沉淀技术来制备平均颗粒尺寸为 5 到 55 μm 的式 $(A_{1-x}B_x)_2O_3$ 的整体球形氧化物颗粒(其中 A 是至少一种选自 Y、Gd 和 Lu 的稀土元素, B 是至少一种选自 Ce、Nd 和 Tb 的稀土元素,和 x 是从 0.002 到 0.2 的数值),或金属盐(例如金属草酸盐)的整体球状颗粒作为氧化物的前体。将平均颗粒尺寸为 0.01 到 5 μm 的氧化铝颗粒和/或氧化镓颗粒加入到沉淀的颗粒中,将其烧制以发生固相反应。

[0040] 本发明的荧光体颗粒可以用于发光装置,典型为 LED。例如,荧光体颗粒适合用作波长转变材料以在光发射体上形成层(所述光发射体能够发射激发光),并典型地作为荧光体用于 LED 的波长转变。当荧光体颗粒分散在介质例如树脂(例如环氧树脂和有机硅树脂)和无机玻璃中,以使用荧光体层覆盖光发射体时,所述颗粒有利地均匀地分散在介质中并均匀分布在所述层中。所述层的特征在于最小化的荧光体的颗粒尺寸分布变化。

[0041] 所述荧光体颗粒适合作为用于转变来自 LED 的发光元件的光的波长的荧光体。因此,荧光体颗粒能够有利地用于 LED 和照明设备,并可以用 LED 制造用于液晶面板的背光装置。

[0042] 实施例

[0043] 以下通过说明而非限定的方式给出了本发明的实施例。YAG 指代钇-铝石榴石。LuAG 指代镥-铝石榴石。

[0044] 实施例 1

[0045] 平均颗粒尺寸为 1.0 μm 的 99.9% 纯度的氧化钇(Y_2O_3)粉末,平均颗粒尺寸为 0.5 μm 的 99.0% 纯度氧化铝(Al_2O_3)粉末和平均颗粒尺寸为 0.2 μm 的 99.9% 纯度的二氧化铈(CeO_2)粉末以摩尔比率 Y : Al : Ce = 2.94 : 5 : 0.06 进行组合以形成粉末混合物。将 1,000g 的粉末混合物与 1,500g 的去离子水,10g 的聚(丙烯酸铵),和 2g 的羧甲基纤维素组合并在球磨机中碾磨 6 小时。将所得的浆料通过双流体喷嘴造粒,从而得到平均颗粒尺寸为 15 μm 的粒料。将该粒料在空气中在 1,000℃ 下热处理 2 小时以烧掉有机物质。在真空中在 1,600℃ 下后续热处理 5 小时得到了荧光体颗粒。所述荧光体颗粒通过 XRD 定性分析,发现 YAG 相作为主相。

[0046] 在电子显微镜下观察荧光体颗粒。其为球形或基本上球形。荧光体颗粒的颗粒尺

寸由电子显微图确定,由此计算平均球度。颗粒尺寸分布通过激光衍射法测量,由此计算平均颗粒尺寸和分散指数。还测量了荧光体颗粒的堆密度和休止角。结果显示在表 1 中。

[0047] 荧光体颗粒的内量子效率是在 450nm 的激发波长下,在 480 到 780nm 发射波长范围,使用积分球测量的。其结果显示在表 1 中。

[0048] 实施例 2

[0049] 在球磨机中,将 1,000g 的平均颗粒尺寸为 $1.0\ \mu\text{m}$ 的 99.9% 纯度的 $\text{Y}_{2.94}\text{Ce}_{0.06}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 石榴石粉末用 1,500g 的去离子水,10g 的聚(聚丙烯酸铵)和 2g 的羧甲基纤维素碾磨 6 小时。将所得的浆料通过离心雾化器造粒,从而得到平均颗粒尺寸为 $24\ \mu\text{m}$ 的粒料。将该粒料在 $1,600^\circ\text{C}$ 的空气中热处理 2 小时以烧掉有机物质。将粒料送到直流电弧等离子体中,在其中熔融和再次固化。收集固化的颗粒作为荧光体颗粒。通过 XRD 定性分析荧光体颗粒,发现 YAG 相(石榴石相)为主相。将颗粒在 $1,400^\circ\text{C}$ 在 98 体积%氩和 2 体积%氢的还原性气氛中退火 4 小时,从而得到当用蓝光激发时能够发出黄光的荧光体。

[0050] 在电子显微镜下观察荧光体颗粒。电子显微照片显示在图 1 中。荧光体颗粒是球形或基本上球形。如实施例 1 中的方法,测量平均颗粒尺寸、分散指数、球度、堆密度、休止角和内量子效率。结果显示在表 1 中。

[0051] 实施例 3

[0052] 用 7,840g 的 99.9% 纯度的钇、4,044g 的 99.9% 纯度的铝,和 252g 的 99.9% 纯度的铈填充钽坩锅,将其在真空中熔融用于合金化。将合金熔体铸入直径 20mm 的模具以形成合金棒材。使用转盘式喷雾器,将合金棒加工为球形或基本上球形的精细颗粒。其包含不规则状的颗粒。使用倾斜板将不规则状颗粒与球形颗粒或基本球形颗粒分离。因此获得具有约 $35\ \mu\text{m}$ 的平均颗粒尺寸的合金颗粒。在空气炉中缓慢加热合金颗粒到 $1,500^\circ\text{C}$,然后冷却。

[0053] 当在电子显微镜下观察时,荧光体颗粒是球形或基本球形,且在 XRD 定性分析时,其由 YAG 相组成。将颗粒在 $1,500^\circ\text{C}$ 下,在 98 体积%氩和 2 体积%氢的还原性气氛中退火 4 小时,从而得到当用蓝光激发时能够发射黄光的荧光体。如实施例 1 中的方法,测量平均颗粒尺寸、分散指数、球度、堆密度、休止角和内量子效率。结果显示在表 1 中。

[0054] 实施例 4

[0055] 合成了平均颗粒尺寸为 $15\ \mu\text{m}$ 的 99.9% 纯度的 $\text{Y}_{1.94}\text{Ce}_{0.04}\text{O}_3$ 球形颗粒。将 75.3g 的平均颗粒尺寸为 $0.01\ \mu\text{m}$ 的氧化铝(Al_2O_3)加入到 100g 的球形颗粒中。将混合物在 $1,600^\circ\text{C}$ 下热处理 2 小时。所得到的颗粒在电子显微镜下观察时为球形或基本上球形,并在 XRD 定性分析时由 YAG 相组成。将颗粒在 $1,500^\circ\text{C}$ 下,在 98 体积%氩和 2 体积%氢的还原性气氛中退火 4 小时,从而得到能够在用蓝光激发时发出黄光的荧光体。如实施例 1 中的方法,测量平均颗粒尺寸、分散指数、球度、堆密度、休止角和内量子效率。结果显示在图 1 中。

[0056] 实施例 5

[0057] 在球磨机中将 1,000g 平均颗粒尺寸为 $1.0\ \mu\text{m}$ 的 99.9% 纯度的 $\text{Lu}_{2.94}\text{Ce}_{0.06}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 石榴石粉末用 1,500g 的去离子水、10g 的聚(丙烯酸铵)和 2g 的羧甲基纤维素碾磨 6 小时。将所得到的浆料通过离心雾化器造粒,从而得到平均颗粒尺寸为 $25\ \mu\text{m}$ 的粒料。将所述粒料在空气中于 $1,600^\circ\text{C}$ 下热处理 2 小时以烧掉有机物。将粒料送入直流电弧等离子体,在其中熔融并再次固化。收集的固化颗粒作为荧光体颗粒。荧光体颗粒通过 XRD 进行定性分

析,发现 LuAG 相(石榴石相)为主相。所述颗粒在 1,400℃下,在 98 体积%氩和 2 体积%氢的还原性气氛下退火 4 小时,得到当用蓝光激发时能够发出黄光的荧光体。

[0058] 如实施例 1 中的方法,测量平均颗粒尺寸、分散指数、球度、堆密度、休止角和内量子效率。结果显示在图 1 中。

[0059] 比较例 1

[0060] 将平均颗粒尺寸为 1.0 μm 的 99.9%纯度的氧化钇 (Y₂O₃) 粉末,平均颗粒尺寸为 0.5 μm 的 99.0%纯度的氧化铝 (Al₂O₃) 粉末和平均颗粒尺寸为 0.2 μm 的 99.9%纯度的二氧化铈 (CeO₂) 粉末以摩尔比 Y : Al : Ce = 2.94 : 5 : 0.06 组合以形成粉末混合物。将 1,000g 的该粉末混合物进一步与作为熔剂的 20g 氟化钡 (BaF₂) 组合,完全混合,并放入到氧化铝坩锅中,在该坩锅中将其在空气中在 1,400℃下进行热处理 5 小时。将烧制的材料在球磨机中在水中碾磨,用水清洗、分离、干燥和筛分,从而得到荧光体颗粒。在 XRD 定性分析时,发现荧光体含有 YAG 相(石榴石相)为主相。

[0061] 在电子显微镜下观察荧光体颗粒。电子显微照片显示在图 2。荧光体颗粒是不规则形状的。如实施例 1 中的方法,测量平均颗粒尺寸、分散指数、球度、堆密度、休止角和内量子效率。结果显示在表 1 中。

[0062] 表 1

[0063]

	平均颗粒 尺寸, μm	球度	分散指数	堆密度 g/cm ³	休止角, °	内量子效率
实施例 1	13	0.10	0.34	1.9	28	0.90
实施例 2	20	0.08	0.33	2.2	20	0.92
实施例 3	40	0.15	0.40	2.0	18	0.92
实施例 4	17	0.17	0.34	1.8	33	0.91
实施例 5	22	0.07	0.31	2.9	18	0.92
比较例 1	5.3	0.49	0.99	0.94	45	0.87

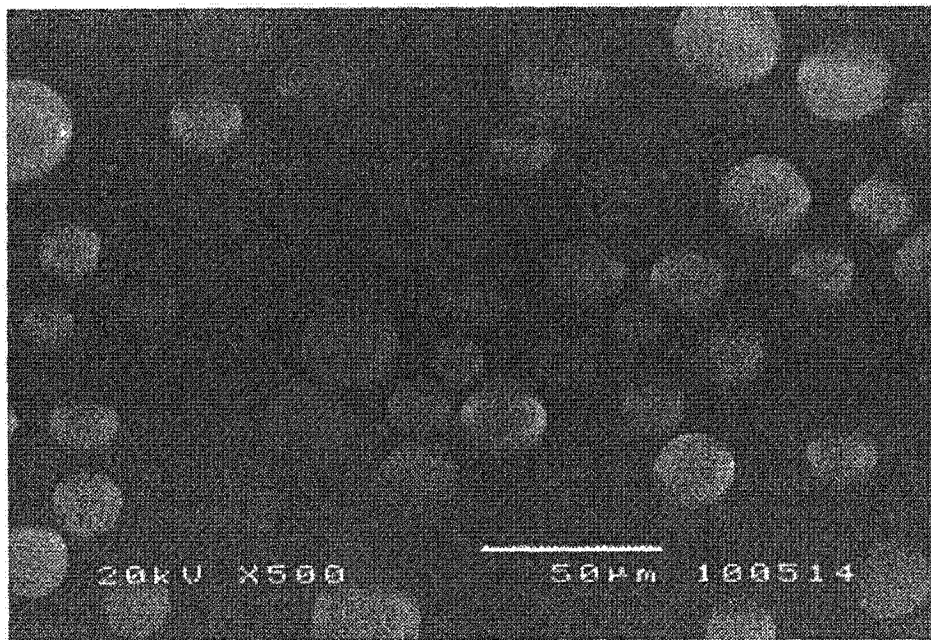


图 1

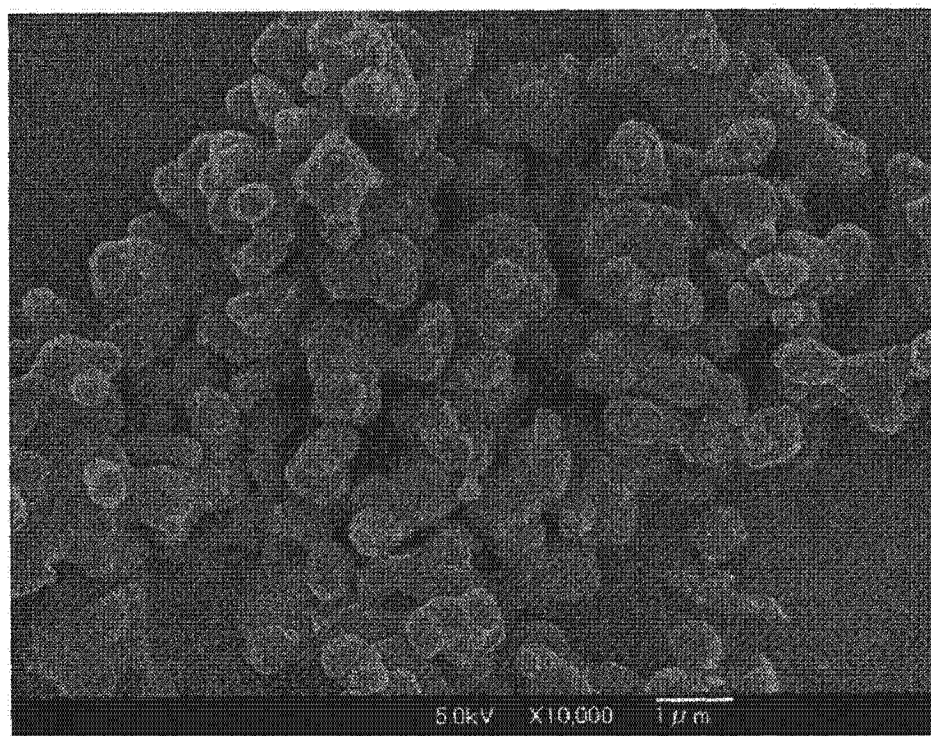


图 2