

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200910056445.0

[51] Int. Cl.

C04B 35/50 (2006.01)

C04B 35/505 (2006.01)

C04B 35/622 (2006.01)

[43] 公开日 2010 年 1 月 20 日

[11] 公开号 CN 101628811A

[22] 申请日 2009.8.14

[21] 申请号 200910056445.0

[71] 申请人 中国科学院上海光学精密机械研究所

地址 201800 上海市 800-211 邮政信箱

[72] 发明人 林 辉 周圣明

[74] 专利代理机构 上海新天专利代理有限公司

代理人 张泽纯

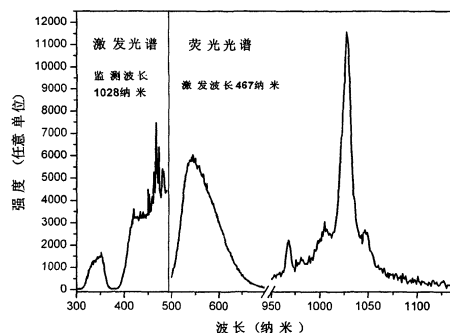
权利要求书 1 页 说明书 18 页 附图 1 页

[54] 发明名称

透明陶瓷及其制备方法

[57] 摘要

一种透明陶瓷及其制备方法，该透明陶瓷的结构式为： $\text{Ln}_x \text{Yb}_y \text{Y}_{(3-x-y)} \text{Al}_5 \text{O}_{12}$ 或 $\text{Ln}_w \text{Yb}_z \text{Y}_{(2-w-z)} \text{O}_3$ ，其中， $0.003 \leq x \leq 0.03$ ， $0.006 \leq y \leq 1.5$ ， $0.002 \leq w \leq 0.02$ ， $0.004 \leq z \leq 1$ ，Ln 代表 Ce、Tm、Pr 或 Tb 镧系元素。制备方法是：采用纯度不低于 99.9% 的氧化钇、氧化铝、氧化镱，再选取氧化铈、氧化铥、氧化镨或氧化铽的氧化物粉末中的一种为原料，按透明陶瓷的结构式的组成配置粉体原料，用湿法球磨以无水乙醇为介质制备陶瓷粉料，粉料烘干后造粒、压片，施以 200MPa 以上冷等静压成坯体；最后放入真空烧结炉中烧结获得 $\text{Ln}_x \text{Yb}_y \text{Y}_{(3-x-y)} \text{Al}_5 \text{O}_{12}$ 、 $\text{Ln}_w \text{Yb}_z \text{Y}_{(2-w-z)} \text{O}_3$ 透明陶瓷。可以提高单晶硅和多晶硅太阳能电池的转化效率。



1、一种透明陶瓷，其特征在于该透明陶瓷的结构式为：
 $\text{Ln}_x\text{Yb}_y\text{Y}_{(3-x-y)}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 或 $\text{Ln}_w\text{Yb}_z\text{Y}_{(2-w-z)}\text{O}_3$ ，其中， $0.003 \leq x \leq 0.03$ ， $0.006 \leq y \leq 1.5$ ， $0.002 \leq w \leq 0.02$ ， $0.004 \leq z \leq 1$ ，Ln 代表 Ce、Tm、Pr 或 Tb 元素。

2、权利要求 1 所述的透明陶瓷的制备方法，其特征在于包括下列步骤：

① 选定待制备的透明陶瓷的结构式 $\text{Ln}_x\text{Yb}_y\text{Y}_{(3-x-y)}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 或 $\text{Ln}_w\text{Yb}_z\text{Y}_{(2-w-z)}\text{O}_3$ 及相应的 x、y、w、z 和具体的 Ln 元素；

② 采用纯度不低于 99.9% 的氧化钇、氧化铝、氧化镱，再选取氧化铈、氧化铥、氧化镨或氧化铽的氧化物粉末中的一种为原料，按选定的结构式的化学配比配置粉体原料；

③ 将第②步的原料放入球磨罐中，用湿法球磨以无水乙醇为介质制备陶瓷粉料，粉料烘干后进行造粒、压片；

④ 对压片施以 200MPa 以上的冷等静压成坯体；

⑤ 最后放入真空烧结炉中在下列条件下进行烧结获得透明陶瓷：

(a) 对结构式为 $\text{Ln}_x\text{Yb}_y\text{Y}_{(3-x-y)}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 的坯体，真空烧结时的保温温度为 1600~1750℃，保温时间为 5~30 小时，真空度优于 $3 \times 10^{-3}\text{Pa}$ ；

(b) 对结构式为 $\text{Ln}_w\text{Yb}_z\text{Y}_{(2-w-z)}\text{O}_3$ 的陶瓷坯体，真空烧结时的保温温度为 1750~2150℃，保温时间为 5~30 小时，真空度优于 $3 \times 10^{-3}\text{Pa}$ 。

透明陶瓷及其制备方法

技术领域

本发明涉及透明陶瓷，特别是一种透明陶瓷及其制备方法。

背景技术

提高太阳能电池的光电转化效率是人们一直以来所追求的目标。限制单晶硅和多晶硅太阳能电池转化效率的一个重要原因就是其最强光谱相应波段在近红外区域，而太阳光辐射的最强波段位于可见光范围内，单晶硅和多晶硅太阳能电池在吸收能量较高的可见光光子后，会产生载流子的热化效应而导致转化效率的降低。针对上述问题，人们提出了采用合作下转换的方式将一个可见光光子转化为两个近红外光光子，以此来提高单晶硅和多晶硅太阳能电池的转化效率。目前研究最多的是 Yb^{3+} 离子和其它镧系金属离子（三价铈(Ce^{3+})、铥(Tm^{3+})、镨(Pr^{3+})、铽(Tb^{3+})等，记为 Ln^{3+})共掺于某一基质中， Ln^{3+} 离子所吸收的一个可见光子（400~500nm）的能量通过合作下转换的方式传递到两个 Yb^{3+} 离子的 $^2\text{F}_{5/2}$ 激发态，进而实现 Yb^{3+} 离子的高效发光， Yb^{3+} 离子发光波长在970~1100nm范围内，恰好对应于单晶硅和多晶硅太阳能电池的光谱最强响应区。上述能量转移的具体机理在参考文献1、2中有详细报道。（文献1、Q. Y. Zhang, G. F. Yang and Z. H. Jiang, Applied Physics Letters 91, 051903 (2007); 文献2、Daqin Chen, Yuansheng Wang, Yunlong Yu, Ping Huang and Fangyi Weng, Journal of Applied Physics 104, 116105 (2008)）。

之所以选择 Yb^{3+} 和 Ln^{3+} 共掺是因为：

(1) Yb^{3+} 离子仅有两个原子态，基态 $^2\text{F}_{7/2}$ 和激发态 $^2\text{F}_{5/2}$ ，相隔大约

10,000 cm^{-1} (=1000 nm), 更高的激发态在 5d 构型内, 与基态相距约 100,000 cm^{-1} , 这种简单的能级结构使得 Yb^{3+} 离子本身不存在激发态吸收和上转换发光。另外, Yb^{3+} 离子具有很高的荧光量子效率(约为 0.91)。

(2) 上述几种 Ln^{3+} 离子吸收可见光的能量大约为 Yb^{3+} 离子基态与激发态间能隙的两倍, 使得合作下转换发光可以实现。

合作下转换的能量转移过程是将一个可见光光子转化为两个红外光光子的过程, 因而可以有效提高单晶硅和多晶硅太阳能电池的转化效率。但目前的设计大多是基于荧光粉、氟氧化物玻璃陶瓷的, 由此在使用方面也产生了相应的问题: 荧光粉本身对光有较强的散射, 一方面它可以将一个可见光子转化为两个近红外光子, 但另一方面却大大降低了太阳光的透过率, 所以实际效果很可能得不偿失。氟氧化物玻璃陶瓷虽然可以获得较高的透过率, 但其组分中因含有氟化物而对人体及环境有害。另外, 荧光粉和氟氧化物玻璃陶瓷的抗紫外线辐照特性相对较差, 易老化。

作为近年来材料科学领域发展较快的一个分支, 透明陶瓷可以在紫外-可见-红外光范围具有很高的透过率(>80%), 且具有良好的物理化学稳定性及较好的机械加工性能。因此, 透明陶瓷很有可能成为用于提高单晶硅和多晶硅太阳能电池转化效率的实用材料。

发明内容

本发明的目的是为了提高单晶硅和多晶硅太阳能电池转化效率提供一种透明陶瓷及其制备方法, 该透明陶瓷具有低成本、对人体无毒害, 对环境无污染的优点, 另外, 相比荧光粉和氟氧化物玻璃陶瓷而言, 透明陶瓷的抗紫外线辐照特性也要好很多。

本发明的技术解决方案如下：

一种透明陶瓷，该透明陶瓷的结构式为： $\text{Ln}_x\text{Yb}_y\text{Y}_{(3-x-y)}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 或 $\text{Ln}_w\text{Yb}_z\text{Y}_{(2-w-z)}\text{O}_3$ ，其中， $0.003 \leq x \leq 0.03$ ， $0.006 \leq y \leq 1.5$ ， $0.002 \leq w \leq 0.02$ ， $0.004 \leq z \leq 1$ ，Ln 代表 Ce、Tm、Pr 或 Tb 镧系元素。

上述透明陶瓷的制备方法，包括下列步骤：

① 选定待制备的透明陶瓷的结构式 $\text{Ln}_x\text{Yb}_y\text{Y}_{(3-x-y)}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 或 $\text{Ln}_w\text{Yb}_z\text{Y}_{(2-w-z)}\text{O}_3$ 及相应的 x、y、w、z 和具体的 Ln 元素；

② 采用纯度不低于 99.9% 的氧化钇(Y_2O_3)、氧化铝(Al_2O_3)、氧化镱(Yb_2O_3)，再选取氧化铈(CeO_2)、氧化钪(Tm_2O_3)、氧化镨(Pr_6O_{11})或氧化铽(Tb_4O_7)氧化物粉末中的一种为原料，按选定的结构式的化学配比配置粉体原料；

③ 将第②步的原料放入球磨罐中，用湿法球磨以无水乙醇为介质制备陶瓷粉料，粉料烘干后进行造粒、压片；

④ 对压片施以 200MPa 以上的冷等静压成坯体；

⑤ 最后放入真空烧结炉中在下列条件下进行烧结获得具有 $\text{Ln}_x\text{Yb}_y\text{Y}_{(3-x-y)}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 或 $\text{Ln}_w\text{Yb}_z\text{Y}_{(2-w-z)}\text{O}_3$ 结构的透明陶瓷：

(a) 对结构式为 $\text{Ln}_x\text{Yb}_y\text{Y}_{(3-x-y)}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 的坯体，真空烧结时的保温温度为 1600~1750℃，保温时间为 5~30 小时，真空度优于 $3 \times 10^{-3}\text{Pa}$ ；

(b) 对结构式为 $\text{Ln}_w\text{Yb}_z\text{Y}_{(2-w-z)}\text{O}_3$ 的陶瓷坯体，真空烧结时的保温温度为 1750~2150℃，保温时间为 5~30 小时，真空度优于 $3 \times 10^{-3}\text{Pa}$ 。

本发明的技术效果：

实验表明，本发明所述的透明陶瓷在紫外-可见光-红外范围内具有良好的透过率、无毒害无污染，且可以有效地将部分可见光光子转化为双倍数量的近红外光子，可以提高单晶硅和多晶硅太阳能电池的转化效率，且其制备工艺也比较简单。

附图说明

图1为本发明实施例1所制备的 $\text{Ce}_{0.03}\text{Yb}_{1.5}\text{Y}_{1.47}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 透明陶瓷（厚度为1mm）的透过率曲线。

图2为本发明实施例1 $\text{Ce}_{0.03}\text{Yb}_{1.5}\text{Y}_{1.47}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 透明陶瓷的激发光谱和荧光光谱。

具体实施方式

下面结合实施例和附图对本发明作进一步说明，但不应以此限制本发明的保护范围。

实施例 1

采用纯度为 99.9%的氧化钇(Y_2O_3)、氧化铝(Al_2O_3)、氧化镱(Yb_2O_3)和氧化铈(CeO_2)粉末为原料，按 $\text{Ce}_{0.003}\text{Yb}_{0.006}\text{Y}_{2.991}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 的组成配置粉体原料，后用湿法球磨以无水乙醇为介质制备陶瓷粉料，粉料烘干后造粒、压片；随后对其施以 200MPa 以上冷等静压；最后放入真空烧结炉于 1600℃ 烧结 5 小时，烧结保温阶段的真空度为 $2.5 \times 10^{-3}\text{Pa}$ ，获得 $\text{Ce}_{0.003}\text{Yb}_{0.006}\text{Y}_{2.991}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 透明陶瓷。

该透明陶瓷进行实验，获得如图1和图2的实验结果：图1为本发明实施例1所制备的 $\text{Ce}_{0.03}\text{Yb}_{1.5}\text{Y}_{1.47}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 透明陶瓷（厚度为1mm）的透过率曲线，其中位于200~350nm、400~500nm处的吸收带分别对应于 Ce^{3+} 离子的 $4f \rightarrow 5d_2$ 、 $4f \rightarrow 5d_1$ 的跃迁；850~1040nm处的吸收带对应于 Yb^{3+} 离子的 $^2F_{7/2} \rightarrow ^2F_{5/2}$ 跃迁。除吸收带外，该透明陶瓷在紫外-可见-红外范围的透过率为80%左右。

图2为本发明实施例1 $\text{Ce}_{0.03}\text{Yb}_{1.5}\text{Y}_{1.47}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 透明陶瓷的激发光谱和荧光光谱。在激发光谱中，监测波长为 Yb^{3+} 离子的1028nm的发光，在400~500nm处可以观察到激发峰，说明了由 Ce^{3+} 离子到 Yb^{3+} 离子的能量转移；在荧光光谱中，采用457nm的蓝光激发该样品可以观察到 Yb^{3+} 离子在

1028nm处的发射峰，这也证明了上述能量转移过程的存在。

实施例 2

烧结保温温度为 1750℃，其他条件同实施例 1，同样可以获得 $\text{Ce}_{0.003}\text{Yb}_{0.006}\text{Y}_{2.991}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 透明陶瓷。

实施例 3

烧结保温温度为 1650℃，其他条件同实施例 1，同样可以获得 $\text{Ce}_{0.003}\text{Yb}_{0.006}\text{Y}_{2.991}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 透明陶瓷。

实施例 4

烧结保温时间为 30 小时，其他条件同实施例 1，同样可以获得 $\text{Ce}_{0.003}\text{Yb}_{0.006}\text{Y}_{2.991}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 透明陶瓷。

实施例 5

烧结保温时间为 20 小时，其他条件同实施例 1，同样可以获得 $\text{Ce}_{0.003}\text{Yb}_{0.006}\text{Y}_{2.991}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 透明陶瓷。

实施例 6

按 $\text{Ce}_{0.02}\text{Yb}_{0.04}\text{Y}_{2.94}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 的组成配置原料，其他条件同实施例 1，获得 $\text{Ce}_{0.02}\text{Yb}_{0.04}\text{Y}_{2.94}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 透明陶瓷。

实施例 7

烧结保温温度为 1750℃，其他条件同实施例 6，同样可以获得 $\text{Ce}_{0.02}\text{Yb}_{0.04}\text{Y}_{2.94}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 透明陶瓷。

实施例 8

烧结保温温度为 1650℃，其他条件同实施例 6，同样可以获得 $\text{Ce}_{0.02}\text{Yb}_{0.04}\text{Y}_{2.94}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 透明陶瓷。

实施例 9

烧结保温时间为 30 小时，其他条件同实施例 6，同样可以获得 $\text{Ce}_{0.02}\text{Yb}_{0.04}\text{Y}_{2.94}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 透明陶瓷。

实施例 10

烧结保温时间为 20 小时，其他条件同实施例 6，同样可以获得

$\text{Ce}_{0.02}\text{Yb}_{0.04}\text{Y}_{2.94}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 透明陶瓷。

实施例 11

按 $\text{Ce}_{0.03}\text{Yb}_{1.5}\text{Y}_{1.47}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 的组成配置好原料，其他条件同实施例 1，获得 $\text{Ce}_{0.03}\text{Yb}_{1.5}\text{Y}_{1.47}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 透明陶瓷。

实施例 12

烧结保温温度为 1750℃，其他条件同实施例 11，同样可以获得 $\text{Ce}_{0.03}\text{Yb}_{1.5}\text{Y}_{1.47}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 透明陶瓷。

实施例 13

烧结保温温度为 1650℃，其他条件同实施例 11，同样可以获得 $\text{Ce}_{0.03}\text{Yb}_{1.5}\text{Y}_{1.47}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 透明陶瓷。

实施例 14

烧结保温时间为 30 小时，其他条件同实施例 11，同样可以获得 $\text{Ce}_{0.03}\text{Yb}_{1.5}\text{Y}_{1.47}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 透明陶瓷。

实施例 15

烧结保温时间为 20 小时，其他条件同实施例 11，同样可以获得 $\text{Ce}_{0.03}\text{Yb}_{1.5}\text{Y}_{1.47}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 透明陶瓷。

实施例 16

采用纯度为 99.99% 的氧化钇(Y_2O_3)、氧化铝(Al_2O_3)、氧化镱(Yb_2O_3)和氧化铥(Tm_2O_3)粉末为原料，按 $\text{Tm}_{0.003}\text{Yb}_{0.03}\text{Y}_{2.967}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 的组成配置粉体原料，后用湿法球磨以无水乙醇为介质制备陶瓷粉料，粉料烘干后造粒、压片；随后对其施以 200MPa 以上冷等静压；最后放入真空烧结炉于 1600℃ 烧结 5 小时，烧结保温阶段的真空度为 $1 \times 10^{-3}\text{Pa}$ ，获得 $\text{Tm}_{0.003}\text{Yb}_{0.03}\text{Y}_{2.967}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 透明陶瓷。

实施例 17

烧结保温温度为 1750℃，其他条件同实施例 16，同样可以获得 $\text{Tm}_{0.003}\text{Yb}_{0.03}\text{Y}_{2.967}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 透明陶瓷。

实施例 18

烧结保温温度为 1650℃，其他条件同实施例 16，同样可以获得

$\text{Tm}_{0.003}\text{Yb}_{0.03}\text{Y}_{2.967}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 透明陶瓷。

实施例 19

烧结保温时间为 30 小时，其他条件同实施例 16，同样可以获得 $\text{Tm}_{0.003}\text{Yb}_{0.03}\text{Y}_{2.967}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 透明陶瓷。

实施例 20

烧结保温时间为 20 小时，其他条件同实施例 16，同样可以获得 $\text{Tm}_{0.003}\text{Yb}_{0.03}\text{Y}_{2.967}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 透明陶瓷。

实施例 21

按 $\text{Tm}_{0.02}\text{Yb}_{0.2}\text{Y}_{2.78}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 的组成配置好原料，其他条件同实施例 16，获得 $\text{Tm}_{0.02}\text{Yb}_{0.2}\text{Y}_{2.78}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 透明陶瓷。

实施例 22

烧结保温温度为 1750℃，其他条件同实施例 21，同样可以获得 $\text{Tm}_{0.02}\text{Yb}_{0.2}\text{Y}_{2.78}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 透明陶瓷。

实施例 23

烧结保温温度为 1650℃，其他条件同实施例 21，同样可以获得 $\text{Tm}_{0.02}\text{Yb}_{0.2}\text{Y}_{2.78}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 透明陶瓷。

实施例 24

烧结保温时间为 30 小时，其他条件同实施例 21，同样可以获得 $\text{Tm}_{0.02}\text{Yb}_{0.2}\text{Y}_{2.78}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 透明陶瓷。

实施例 25

烧结保温时间为 20 小时，其他条件同实施例 21，同样可以获得 $\text{Tm}_{0.02}\text{Yb}_{0.2}\text{Y}_{2.78}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 透明陶瓷。

实施例 26

按 $\text{Tm}_{0.03}\text{Yb}_{1.5}\text{Y}_{1.47}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 的组成配置好原料，其他条件同实施例 16，获得 $\text{Tm}_{0.03}\text{Yb}_{1.5}\text{Y}_{1.47}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 透明陶瓷。

实施例 27

烧结保温温度为 1750℃，其他条件同实施例 26，同样可以获得 $\text{Tm}_{0.03}\text{Yb}_{1.5}\text{Y}_{1.47}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 透明陶瓷。

实施例 28

烧结保温温度为 1650℃，其他条件同实施例 26，同样可以获得 $\text{Tm}_{0.03}\text{Yb}_{1.5}\text{Y}_{1.47}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 透明陶瓷。

实施例 29

烧结保温时间为 30 小时，其他条件同实施例 26，同样可以获得 $\text{Tm}_{0.03}\text{Yb}_{1.5}\text{Y}_{1.47}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 透明陶瓷。

实施例 30

烧结保温时间为 20 小时，其他条件同实施例 26，同样可以获得 $\text{Tm}_{0.03}\text{Yb}_{1.5}\text{Y}_{1.47}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 透明陶瓷。

实施例 31

采用纯度为 99.999%的氧化钇(Y_2O_3)、氧化铝(Al_2O_3)、氧化镱(Yb_2O_3)和氧化镨(Pr_6O_{11})粉末为原料，按 $\text{Pr}_{0.003}\text{Yb}_{0.03}\text{Y}_{2.967}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 的组成配置好粉体原料，后用湿法球磨以无水乙醇为介质制备陶瓷粉料，粉料烘干后经造粒、压片；后对其施以 200MPa 以上冷等静压制成坯体；最后放入真空烧结炉于 1600℃烧结 5 小时，烧结保温阶段的真空度为 $2\times 10^{-3}\text{Pa}$ ，获得 $\text{Pr}_{0.003}\text{Yb}_{0.03}\text{Y}_{2.967}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 透明陶瓷。

实施例 32

烧结保温温度为 1750℃，其他条件同实施例 31，同样可以获得 $\text{Pr}_{0.003}\text{Yb}_{0.03}\text{Y}_{2.967}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 透明陶瓷。

实施例 33

烧结保温温度为 1650℃，其他条件同实施例 31，同样可以获得 $\text{Pr}_{0.003}\text{Yb}_{0.03}\text{Y}_{2.967}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 透明陶瓷。

实施例 34

烧结保温时间为 30 小时，其他条件同实施例 31，同样可以获得 $\text{Pr}_{0.003}\text{Yb}_{0.03}\text{Y}_{2.967}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 透明陶瓷。

实施例 35

烧结保温时间为 20 小时，其他条件同实施例 31，同样可以获得 $\text{Pr}_{0.003}\text{Yb}_{0.03}\text{Y}_{2.967}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 透明陶瓷。

实施例 36

按 $\text{Pr}_{0.03}\text{Yb}_1\text{Y}_{2.97}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 的组成配置好原料, 其他条件同实施例 31, 获得 $\text{Pr}_{0.03}\text{Yb}_1\text{Y}_{2.97}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 透明陶瓷。

实施例 37

烧结保温温度为 1750°C , 其他条件同实施例 36, 同样可以获得 $\text{Pr}_{0.03}\text{Yb}_1\text{Y}_{2.97}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 透明陶瓷。

实施例 38

烧结保温温度为 1650°C , 其他条件同实施例 36, 同样可以获得 $\text{Pr}_{0.03}\text{Yb}_1\text{Y}_{2.97}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 透明陶瓷。

实施例 39

烧结保温时间为 30 小时, 其他条件同实施例 36, 同样可以获得 $\text{Pr}_{0.03}\text{Yb}_1\text{Y}_{2.97}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 透明陶瓷。

实施例 40

烧结保温时间为 20 小时, 其他条件同实施例 36, 同样可以获得 $\text{Pr}_{0.03}\text{Yb}_1\text{Y}_{2.97}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 透明陶瓷。

实施例 41

按 $\text{Pr}_{0.03}\text{Yb}_{1.5}\text{Y}_{1.47}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 的组成配置好原料, 其他条件同实施例 31, 获得 $\text{Pr}_{0.03}\text{Yb}_{1.5}\text{Y}_{1.47}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 透明陶瓷。

实施例 42

烧结保温温度为 1750°C , 其他条件同实施例 41, 同样可以获得 $\text{Pr}_{0.03}\text{Yb}_1\text{Y}_{2.97}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 透明陶瓷。

实施例 43

烧结保温温度为 1650°C , 其他条件同实施例 41, 同样可以获得 $\text{Pr}_{0.03}\text{Yb}_1\text{Y}_{2.97}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 透明陶瓷。

实施例 44

烧结保温时间为 30 小时, 其他条件同实施例 41, 同样可以获得 $\text{Pr}_{0.03}\text{Yb}_1\text{Y}_{2.97}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 透明陶瓷。

实施例 45

烧结保温时间为 20 小时，其他条件同实施例 41，同样可以获得 $\text{Pr}_{0.03}\text{Yb}_1\text{Y}_{2.97}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 透明陶瓷。

实施例 46

采用纯度为 99.9%的氧化钇(Y_2O_3)、氧化铝(Al_2O_3)、氧化镱(Yb_2O_3)和氧化铽(Tb_4O_7)粉末为原料，按 $\text{Tb}_{0.003}\text{Yb}_{0.03}\text{Y}_{2.967}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 的组成配置好粉体原料，后用湿法球磨以无水乙醇为介质制备陶瓷粉料，粉料烘干后经造粒、压片；后对其施以 200MPa 以上冷等静压制成坯体；最后放入真空烧结炉于 1600℃烧结 5 小时，烧结保温阶段的真空度为 $3\times 10^{-3}\text{Pa}$ ，获得 $\text{Tb}_{0.003}\text{Yb}_{0.03}\text{Y}_{2.967}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 透明陶瓷。

实施例 47

烧结保温温度为 1750℃，其他条件同实施例 46，同样可以获得 $\text{Tb}_{0.003}\text{Yb}_{0.03}\text{Y}_{2.967}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 透明陶瓷。

实施例 48

烧结保温温度为 1650℃，其他条件同实施例 46，同样可以获得 $\text{Tb}_{0.003}\text{Yb}_{0.03}\text{Y}_{2.967}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 透明陶瓷。

实施例 49

烧结保温时间为 30 小时，其他条件同实施例 46，同样可以获得 $\text{Tb}_{0.003}\text{Yb}_{0.03}\text{Y}_{2.967}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 透明陶瓷。

实施例 50

烧结保温时间为 20 小时，其他条件同实施例 46，同样可以获得 $\text{Tb}_{0.003}\text{Yb}_{0.03}\text{Y}_{2.967}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 透明陶瓷。

实施例 51

按 $\text{Tb}_{0.03}\text{Yb}_1\text{Y}_{2.97}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 的组成配置好原料，其他条件同实施例 46，获得 $\text{Tb}_{0.03}\text{Yb}_1\text{Y}_{2.97}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 透明陶瓷。

实施例 52

烧结保温温度为 1750℃，其他条件同实施例 51，同样可以获得 $\text{Tb}_{0.03}\text{Yb}_1\text{Y}_{2.97}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 透明陶瓷。

实施例 53

烧结保温温度为 1650℃，其他条件同实施例 51，同样可以获得 $\text{Tb}_{0.03}\text{Yb}_1\text{Y}_{2.97}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 透明陶瓷。

实施例 54

烧结保温时间为 30 小时，其他条件同实施例 51，同样可以获得 $\text{Tb}_{0.03}\text{Yb}_1\text{Y}_{2.97}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 透明陶瓷。

实施例 55

烧结保温时间为 20 小时，其他条件同实施例 51，同样可以获得 $\text{Tb}_{0.03}\text{Yb}_1\text{Y}_{2.97}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 透明陶瓷。

实施例 56

按 $\text{Tb}_{0.03}\text{Yb}_{1.5}\text{Y}_{1.47}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 的组成配置好原料，其他条件同实施例 46，获得 $\text{Tb}_{0.03}\text{Yb}_{1.5}\text{Y}_{1.47}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 透明陶瓷。

实施例 57

烧结保温温度为 1750℃，其他条件同实施例 56，同样可以获得 $\text{Tb}_{0.03}\text{Yb}_{1.5}\text{Y}_{1.47}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 透明陶瓷。

实施例 58

烧结保温温度为 1650℃，其他条件同实施例 56，同样可以获得 $\text{Tb}_{0.03}\text{Yb}_{1.5}\text{Y}_{1.47}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 透明陶瓷。

实施例 59

烧结保温时间为 30 小时，其他条件同实施例 56，同样可以获得 $\text{Tb}_{0.03}\text{Yb}_{1.5}\text{Y}_{1.47}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 透明陶瓷。

实施例 60

烧结保温时间为 20 小时，其他条件同实施例 56，同样可以获得 $\text{Tb}_{0.03}\text{Yb}_{1.5}\text{Y}_{1.47}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 透明陶瓷。

实施例 61

采用纯度为 99.99%的氧化钇(Y_2O_3)、氧化镱(Yb_2O_3)和氧化铈(CeO_2)粉末为原料，按 $\text{Ce}_{0.002}\text{Yb}_{0.004}\text{Y}_{1.994}\text{O}_3$ 的组成配置好粉体原料，后用湿法球磨以无水乙醇为介质制备陶瓷粉料，粉料烘干后造粒、压片；随后对其施以 200MPa 以上冷等静压；最后放入真空烧结炉中于 1750℃烧结 5

小时，烧结保温阶段的真空度为 $2.5 \times 10^{-3} \text{Pa}$ ，获得 $\text{Ce}_{0.002}\text{Yb}_{0.004}\text{Y}_{1.994}\text{O}_3$ 透明陶瓷。

实施例 62

烧结保温温度为 2150°C ，其他条件同实施例 61，同样可以获得 $\text{Ce}_{0.002}\text{Yb}_{0.004}\text{Y}_{1.994}\text{O}_3$ 透明陶瓷。

实施例 63

烧结保温温度为 1850°C ，其他条件同实施例 61，同样可以获得 $\text{Ce}_{0.002}\text{Yb}_{0.004}\text{Y}_{1.994}\text{O}_3$ 透明陶瓷。

实施例 64

烧结保温时间为 30 小时，其他条件同实施例 61，同样可以获得 $\text{Ce}_{0.002}\text{Yb}_{0.004}\text{Y}_{1.994}\text{O}_3$ 透明陶瓷。

实施例 65

烧结保温时间为 20 小时，其他条件同实施例 61，同样可以获得 $\text{Ce}_{0.002}\text{Yb}_{0.004}\text{Y}_{1.994}\text{O}_3$ 透明陶瓷。

实施例 66

按 $\text{Ce}_{0.005}\text{Yb}_{0.25}\text{Y}_{1.745}\text{O}_3$ 的组成配置好原料，其他条件同实施例 46，获得 $\text{Ce}_{0.005}\text{Yb}_{0.25}\text{Y}_{1.745}\text{O}_3$ 透明陶瓷。

实施例 67

烧结保温温度为 2150°C ，其他条件同实施例 66，同样可以获得 $\text{Ce}_{0.005}\text{Yb}_{0.25}\text{Y}_{1.745}\text{O}_3$ 透明陶瓷。

实施例 68

烧结保温温度为 1850°C ，其他条件同实施例 66，同样可以获得 $\text{Ce}_{0.005}\text{Yb}_{0.25}\text{Y}_{1.745}\text{O}_3$ 透明陶瓷。

实施例 69

烧结保温时间为 30 小时，其他条件同实施例 66，同样可以获得 $\text{Ce}_{0.005}\text{Yb}_{0.25}\text{Y}_{1.745}\text{O}_3$ 透明陶瓷。

实施例 70

烧结保温时间为 20 小时，其他条件同实施例 56，同样可以获得

$\text{Ce}_{0.005}\text{Yb}_{0.25}\text{Y}_{1.745}\text{O}_3$ 透明陶瓷。

实施例 71

按 $\text{Ce}_{0.01}\text{Yb}_1\text{Y}_{0.99}\text{O}_3$ 的组成配置好原料，其他条件同实施例 66，获得 $\text{Ce}_{0.01}\text{Yb}_1\text{Y}_{0.99}\text{O}_3$ 透明陶瓷。

实施例 72

烧结保温温度为 2150°C ，其他条件同实施例 71，同样可以获得 $\text{Ce}_{0.01}\text{Yb}_1\text{Y}_{0.99}\text{O}_3$ 透明陶瓷。

实施例 73

烧结保温温度为 1850°C ，其他条件同实施例 71，同样可以获得 $\text{Ce}_{0.01}\text{Yb}_1\text{Y}_{0.99}\text{O}_3$ 透明陶瓷。

实施例 74

烧结保温时间为 30 小时，其他条件同实施例 71，同样可以获得 $\text{Ce}_{0.01}\text{Yb}_1\text{Y}_{0.99}\text{O}_3$ 透明陶瓷。

实施例 75

烧结保温时间为 20 小时，其他条件同实施例 71，同样可以获得 $\text{Ce}_{0.01}\text{Yb}_1\text{Y}_{0.99}\text{O}_3$ 透明陶瓷。

实施例 76

采用纯度为 99.999% 的氧化钇(Y_2O_3)、氧化镱(Yb_2O_3)和氧化铥(Tm_2O_3)粉末为原料，按 $\text{Tm}_{0.002}\text{Yb}_{0.004}\text{Y}_{1.994}\text{O}_3$ 的组成配置好粉体原料，后用湿法球磨以无水乙醇为介质制备陶瓷粉料，粉料烘干后造粒、压片；随后对其施以 200MPa 以上冷等静压；最后放入真空烧结炉中于 1750°C 烧结 5 小时，烧结保温阶段的真空度为 $1\times 10^{-3}\text{Pa}$ ，获得 $\text{Tm}_{0.002}\text{Yb}_{0.004}\text{Y}_{1.994}\text{O}_3$ 透明陶瓷。

实施例 77

烧结保温温度为 2150°C ，其他条件同实施例 76，同样可以获得 $\text{Tm}_{0.002}\text{Yb}_{0.004}\text{Y}_{1.994}\text{O}_3$ 透明陶瓷。

实施例 78

烧结保温温度为 1850°C ，其他条件同实施例 76，同样可以获得

$\text{Tm}_{0.002}\text{Yb}_{0.004}\text{Y}_{1.994}\text{O}_3$ 透明陶瓷。

实施例 79

烧结保温时间为 30 小时，其他条件同实施例 76，同样可以获得 $\text{Tm}_{0.002}\text{Yb}_{0.004}\text{Y}_{1.994}\text{O}_3$ 透明陶瓷。

实施例 80

烧结保温时间为 20 小时，其他条件同实施例 76，同样可以获得 $\text{Tm}_{0.002}\text{Yb}_{0.004}\text{Y}_{1.994}\text{O}_3$ 透明陶瓷。

实施例 81

按 $\text{Tm}_{0.0025}\text{Yb}_{0.05}\text{Y}_{1.925}\text{O}_3$ 的组成配置好原料，其他条件同实施例 76，获得 $\text{Tm}_{0.0025}\text{Yb}_{0.05}\text{Y}_{1.925}\text{O}_3$ 透明陶瓷。

实施例 82

烧结保温温度为 2150℃，其他条件同实施例 81，同样可以获得 $\text{Tm}_{0.0025}\text{Yb}_{0.05}\text{Y}_{1.925}\text{O}_3$ 透明陶瓷。

实施例 83

烧结保温温度为 1850℃，其他条件同实施例 81，同样可以获得 $\text{Tm}_{0.0025}\text{Yb}_{0.05}\text{Y}_{1.925}\text{O}_3$ 透明陶瓷。

实施例 84

烧结保温时间为 30 小时，其他条件同实施例 81，同样可以获得 $\text{Tm}_{0.0025}\text{Yb}_{0.05}\text{Y}_{1.925}\text{O}_3$ 透明陶瓷。

实施例 85

烧结保温时间为 20 小时，其他条件同实施例 81，同样可以获得 $\text{Tm}_{0.0025}\text{Yb}_{0.05}\text{Y}_{1.925}\text{O}_3$ 透明陶瓷。

实施例 86

按 $\text{Tm}_{0.01}\text{Yb}_1\text{Y}_{0.99}\text{O}_3$ 的组成配置好原料，其他条件同实施例 76，获得 $\text{Tm}_{0.01}\text{Yb}_1\text{Y}_{0.99}\text{O}_3$ 透明陶瓷。

实施例 87

烧结保温温度为 2150℃，其他条件同实施例 86，同样可以获得 $\text{Tm}_{0.01}\text{Yb}_1\text{Y}_{0.99}\text{O}_3$ 透明陶瓷。

实施例 88

烧结保温温度为 1850℃，其他条件同实施例 86，同样可以获得 $\text{Tm}_{0.01}\text{Yb}_1\text{Y}_{0.99}\text{O}_3$ 透明陶瓷。

实施例 89

烧结保温时间为 30 小时，其他条件同实施例 86，同样可以获得 $\text{Tm}_{0.01}\text{Yb}_1\text{Y}_{0.99}\text{O}_3$ 透明陶瓷。

实施例 90

烧结保温时间为 20 小时，其他条件同实施例 86，同样可以获得 $\text{Tm}_{0.01}\text{Yb}_1\text{Y}_{0.99}\text{O}_3$ 透明陶瓷。

实施例 91

采用纯度为 99.99%的氧化钇(Y_2O_3)、氧化镱(Yb_2O_3)和氧化镨(Pr_6O_{11})粉末为原料，按 $\text{Pr}_{0.002}\text{Yb}_{0.004}\text{Y}_{1.994}\text{O}_3$ 的组成配置好粉体原料，后用湿法球磨以无水乙醇为介质制备陶瓷粉料，粉料烘干后经造粒、压片；随后对其施以 200MPa 以上冷等静压；最后放入真空烧结炉于 1750℃烧结 5 小时，烧结保温阶段的真空度为 $2 \times 10^{-3}\text{Pa}$ ，获得 $\text{Pr}_{0.002}\text{Yb}_{0.004}\text{Y}_{1.994}\text{O}_3$ 透明陶瓷。

实施例 92

烧结保温温度为 2150℃，其他条件同实施例 91，同样可以获得 $\text{Pr}_{0.002}\text{Yb}_{0.004}\text{Y}_{1.994}\text{O}_3$ 透明陶瓷。

实施例 93

烧结保温温度为 1850℃，其他条件同实施例 91，同样可以获得 $\text{Pr}_{0.002}\text{Yb}_{0.004}\text{Y}_{1.994}\text{O}_3$ 透明陶瓷。

实施例 94

烧结保温时间为 30 小时，其他条件同实施例 91，同样可以获得 $\text{Pr}_{0.002}\text{Yb}_{0.004}\text{Y}_{1.994}\text{O}_3$ 透明陶瓷。

实施例 95

烧结保温时间为 20 小时，其他条件同实施例 91，同样可以获得 $\text{Pr}_{0.002}\text{Yb}_{0.004}\text{Y}_{1.994}\text{O}_3$ 透明陶瓷。

实施例 96

按 $\text{Pr}_{0.006}\text{Yb}_{0.012}\text{Y}_{1.982}\text{O}_3$ 的组成配置好原料, 其他条件同实施例 91, 获得 $\text{Pr}_{0.006}\text{Yb}_{0.012}\text{Y}_{1.982}\text{O}_3$ 透明陶瓷。

实施例 97

烧结保温温度为 2150°C , 其他条件同实施例 96, 同样可以获得 $\text{Pr}_{0.006}\text{Yb}_{0.012}\text{Y}_{1.982}\text{O}_3$ 透明陶瓷。

实施例 98

烧结保温温度为 1850°C , 其他条件同实施例 96, 同样可以获得 $\text{Pr}_{0.006}\text{Yb}_{0.012}\text{Y}_{1.982}\text{O}_3$ 透明陶瓷。

实施例 99

烧结保温时间为 30 小时, 其他条件同实施例 96, 同样可以获得 $\text{Pr}_{0.006}\text{Yb}_{0.012}\text{Y}_{1.982}\text{O}_3$ 透明陶瓷。

实施例 100

烧结保温时间为 20 小时, 其他条件同实施例 96, 同样可以获得 $\text{Pr}_{0.006}\text{Yb}_{0.012}\text{Y}_{1.982}\text{O}_3$ 透明陶瓷。

实施例 101

按 $\text{Pr}_{0.01}\text{Yb}_1\text{Y}_{0.99}\text{O}_3$ 的组成配置好原料, 其他条件同实施例 91, 获得 $\text{Pr}_{0.01}\text{Yb}_1\text{Y}_{0.99}\text{O}_3$ 透明陶瓷。

实施例 102

烧结保温温度为 2150°C , 其他条件同实施例 101, 同样可以获得 $\text{Pr}_{0.01}\text{Yb}_1\text{Y}_{0.99}\text{O}_3$ 透明陶瓷。

实施例 103

烧结保温温度为 1850°C , 其他条件同实施例 101, 同样可以获得 $\text{Pr}_{0.01}\text{Yb}_1\text{Y}_{0.99}\text{O}_3$ 透明陶瓷。

实施例 104

烧结保温时间为 30 小时, 其他条件同实施例 101, 同样可以获得 $\text{Pr}_{0.01}\text{Yb}_1\text{Y}_{0.99}\text{O}_3$ 透明陶瓷。

实施例 105

烧结保温时间为 20 小时, 其他条件同实施例 101, 同样可以获得 $\text{Pr}_{0.01}\text{Yb}_1\text{Y}_{0.99}\text{O}_3$ 透明陶瓷。

实施例 106

采用纯度为 99.999%的氧化钇(Y_2O_3)、氧化镱(Yb_2O_3)和氧化铽(Tb_4O_7)粉末为原料, 按 $\text{Tb}_{0.002}\text{Yb}_{0.004}\text{Y}_{1.994}\text{O}_3$ 的组成配置好粉体原料, 后用湿法球磨以无水乙醇为介质制备陶瓷粉料, 粉料烘干后经造粒、压片; 随后对其施以 200MPa 以上冷等静压; 最后放入真空烧结炉于 1750℃烧结 5 小时, 烧结保温阶段的真空度为 $1 \times 10^{-3}\text{Pa}$, 获得 $\text{Tb}_{0.002}\text{Yb}_{0.004}\text{Y}_{1.994}\text{O}_3$ 透明陶瓷。

实施例 107

烧结保温温度为 2150℃, 其他条件同实施例 106, 同样可以获得 $\text{Tb}_{0.002}\text{Yb}_{0.004}\text{Y}_{1.994}\text{O}_3$ 透明陶瓷。

实施例 108

烧结保温温度为 1850℃, 其他条件同实施例 106, 同样可以获得 $\text{Tb}_{0.002}\text{Yb}_{0.004}\text{Y}_{1.994}\text{O}_3$ 透明陶瓷。

实施例 109

烧结保温时间为 30 小时, 其他条件同实施例 106, 同样可以获得 $\text{Tb}_{0.002}\text{Yb}_{0.004}\text{Y}_{1.994}\text{O}_3$ 透明陶瓷。

实施例 110

烧结保温时间为 20 小时, 其他条件同实施例 106, 同样可以获得 $\text{Tb}_{0.002}\text{Yb}_{0.004}\text{Y}_{1.994}\text{O}_3$ 透明陶瓷。

实施例 111

按 $\text{Tb}_{0.008}\text{Yb}_{0.75}\text{Y}_{1.242}\text{O}_3$ 的组成配置好原料, 其他条件同实施例 106, 获得 $\text{Tb}_{0.008}\text{Yb}_{0.75}\text{Y}_{1.242}\text{O}_3$ 透明陶瓷。

实施例 112

烧结保温温度为 2150℃, 其他条件同实施例 111, 同样可以获得 $\text{Tb}_{0.008}\text{Yb}_{0.75}\text{Y}_{1.242}\text{O}_3$ 透明陶瓷。

实施例 113

烧结保温温度为 1850℃，其他条件同实施例 111，同样可以获得 $\text{Tb}_{0.008}\text{Yb}_{0.75}\text{Y}_{1.242}\text{O}_3$ 透明陶瓷。

实施例 114

烧结保温时间为 30 小时，其他条件同实施例 111，同样可以获得 $\text{Tb}_{0.008}\text{Yb}_{0.75}\text{Y}_{1.242}\text{O}_3$ 透明陶瓷。

实施例 115

烧结保温时间为 20 小时，其他条件同实施例 111，同样可以获得 $\text{Tb}_{0.008}\text{Yb}_{0.75}\text{Y}_{1.242}\text{O}_3$ 透明陶瓷。

实施例 116

按 $\text{Pr}_{0.01}\text{Yb}_1\text{Y}_{0.99}\text{O}_3$ 的组成配置好原料，其他条件同实施例 106，获得 $\text{Pr}_{0.01}\text{Yb}_1\text{Y}_{0.99}\text{O}_3$ 透明陶瓷。

实施例 117

烧结保温温度为 2150℃，其他条件同实施例 116，同样可以获得 $\text{Pr}_{0.01}\text{Yb}_1\text{Y}_{0.99}\text{O}_3$ 透明陶瓷。

实施例 118

烧结保温温度为 1850℃，其他条件同实施例 116，同样可以获得 $\text{Pr}_{0.01}\text{Yb}_1\text{Y}_{0.99}\text{O}_3$ 透明陶瓷。

实施例 119

烧结保温时间为 30 小时，其他条件同实施例 116，同样可以获得 $\text{Pr}_{0.01}\text{Yb}_1\text{Y}_{0.99}\text{O}_3$ 透明陶瓷。

实施例 120

烧结保温时间为 20 小时，其他条件同实施例 116，同样可以获得 $\text{Pr}_{0.01}\text{Yb}_1\text{Y}_{0.99}\text{O}_3$ 透明陶瓷。

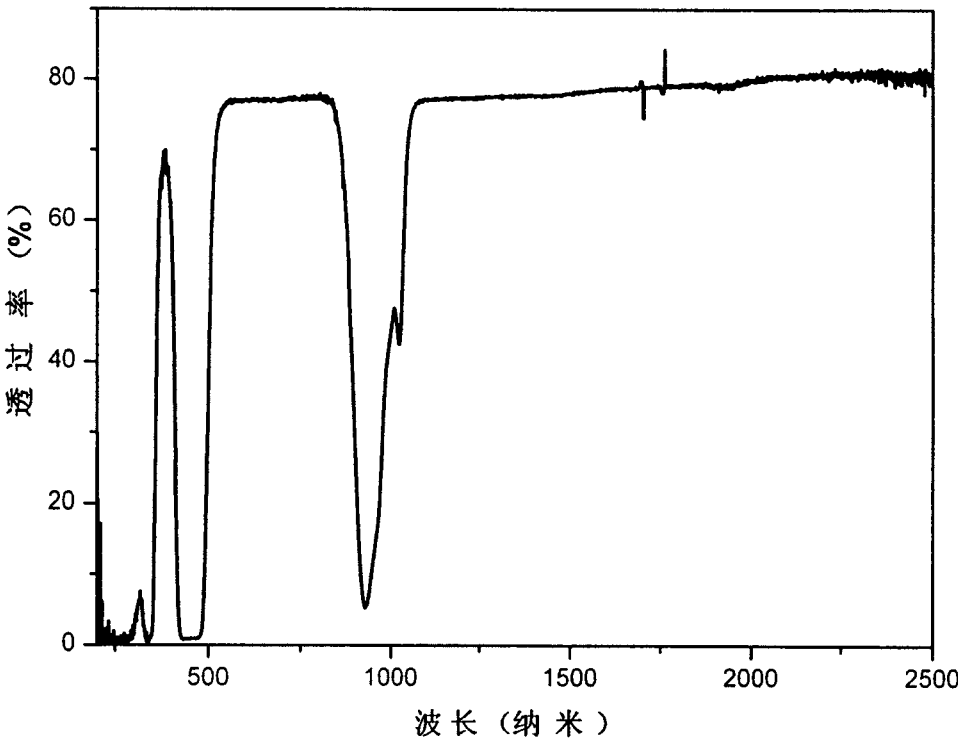


图 1

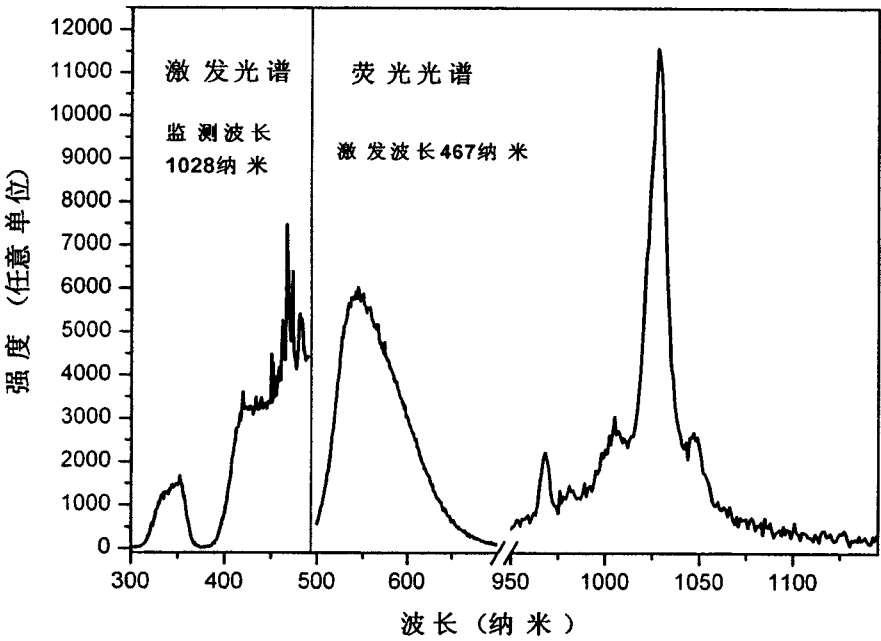


图 2