

共沉淀法制备 $\text{SrAl}_2\text{O}_4 : \text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+}$ 发光材料及其性能表征

刘美英^{1,2}, 龙光明¹, 祁米香¹, 王舒娅^{1,2}

(1. 中国科学院青海盐湖研究所, 青海 西宁 810008 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘要: 研究了在液相共沉淀法制备长余辉发光粉体 $\text{SrAl}_2\text{O}_4 : \text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+}$ 的过程中, 原料锶铝比、煅烧温度、保温时间对前躯体和煅烧产物的物相组成以及产物的长余辉性能的影响。采用 X 射线粉晶衍射仪 (XRD)、荧光材料余辉特性测试仪对发光材料的物相组成和性能进行测试表征。研究表明, 液相共沉淀法制备长余辉发光粉体 $\text{SrAl}_2\text{O}_4 : \text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+}$ 的最佳条件为锶铝量比为 1:2 烧结温度 1200 °C 及保温时间为 3 h 长余辉材料的物相组成以 SrAl_2O_4 相为主晶相, 并存在富铝相 $\text{Sr}_4\text{Al}_4\text{O}_{25}$ 、 SrAl_4O_7 和 $\text{SrAl}_{12}\text{O}_{19}$ 。

关键词: 长余辉发光材料; 共沉淀法; 物相组成; 发光性能

中图分类号: TG146

文献标识码: A

文章编号: 1008-858X(2009)02-0050-07

长余辉发光材料是指在光源激发下能吸收光能并将能量储存起来, 并且以光的形式将能量慢慢释放的一种功能材料。如今发光材料在国民经济和人民生活等许多领域都获得了广泛的应用, 如光源、光电子器件、路牌和标牌等。目前长余辉发光材料主要有两大体系, 早期的硫化物体系和以 $\text{SrAl}_2\text{O}_4 : \text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+}$ 为代表的碱土铝酸盐体系。 $\text{SrAl}_2\text{O}_4 : \text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+}$ 是一种新型的蓄光发光材料, 具有发光亮度高、余辉时间长、耐热、耐辐射、强度高许多优点, 已经取代了硫化物系列发光材料, 达到装饰、标识的目的, 具有广阔的应用前景^[1-3]。

目前碱土铝酸盐长余辉发光材料主要的合成方法有高温固相法^[3-4]、溶胶-凝胶法^[5-6]、燃烧法^[7]和微波法^[8]等。高温固相法是应用较多的方法, 但该方法合成温度高、原料不易混合均匀、还原时间长、产品冷却时间长、硬度大、耗时又耗能^[9]等问题突出。溶胶-凝胶法和水热法则存在操作复杂、成本高、周期长且产品性能不理想等弊端^[10]。

化学共沉淀法可以保证复合粉料组分的均

匀性和精确可控性, 具有材料组成和粒度分布均匀、纯度高、制备温度低等特点^[11]; 同时可以提高材料的长余辉性能, 是一种具有较大应用前景的材料制备技术。本文采用草酸盐共沉淀的方法制备了 $\text{SrAl}_2\text{O}_4 : \text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+}$ 发光粉, 通过对前躯体和发光体的物相组成和发光性能进行测试表征, 讨论锶铝比、煅烧温度、保温时间对物相及发光性能的影响。

1 实验部分

1.1 实验试剂及仪器

$\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$, Al_2O_3 天津化学试剂三厂; $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$, Al_2O_3 天津市光复精细化工研究所; H_3BO_3 , Al_2O_3 北京化工厂; 浓 HNO_3 , Al_2O_3 白银良友化学试剂有限公司; 浓氨水, Al_2O_3 白银良友化学试剂有限公司; $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, Al_2O_3 天津市百世化工有限公司; Eu_2O_3 , 99.99%, Dy_2O_3 , 99.9%, 天津市津科精细化工研究所。

收稿日期: 2009-01-03 修回日期: 2009-03-03

基金项目: 青海省科技厅资助项目 (2005-G-125)

作者简介: 刘美英 (1981-), 女, 硕士生, 主要从事发光材料研究。E-mail: liumeiying916@126.com

箱式高温炉, SRJ4-13 天津市泰斯特仪器有限公司; 超声清洗器, KQ200E 昆山超声仪器有限公司; 玛瑙研钵, 辽宁省阜新县伟成玛瑙厂; 电热鼓风干燥箱, DG-1 型, 上海市地方国营劳动仪表厂。

1.2 实验步骤

1) 称取一定量的 $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ 、 $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ 用二次水加热溶解配制成 Sr^{2+} 浓度为 0.2 mol/L 的溶液 A, 再称取一定量的 Eu_2O_3 、 Dy_2O_3 用浓硝酸溶解 (Eu^{3+} 与 Dy^{3+} 的摩尔比为 $1:2$), 加入二次水配制成 Eu^{3+} 浓度为 0.01 mol/L 的溶液 B

2) 将草酸铵用二次水加热溶解并配成 1 mol/L 的溶液 C

3) 按一定的计量比将 A 和 B 两种溶液混合, 搅拌均匀, 并放入 $50 \sim 70 \text{ }^\circ\text{C}$ 的水浴中恒温。将 C 溶液加入到上述混合溶液中, 使体系中 Sr^{2+} 与 $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ 的摩尔比为 $1:2$, 此时为白色浑浊溶液, 边搅拌边缓慢滴加浓氨水, 出现大量的白色沉淀, 调节 pH 为 $9 \sim 10$ 静置陈化 12 h 后, 抽滤, 洗涤, $100 \text{ }^\circ\text{C}$ 烘干, 即为前驱体;

4) 在以上制备的前驱体中加入一定量的 H_3BO_3 , 并将其研细混匀, 在马沸炉内还原气氛中于 $900 \sim 1200 \text{ }^\circ\text{C}$ 焙烧一定时间, 得到煅烧产物, 粉碎, 研细, 进行一系列的性能测试。

1.3 测试仪器和方法

XRD 分析采用荷兰 PANalytical 公司的 X'PertPro 型 X 射线衍射仪对样品进行物相分析, X 射线源采用 $\text{Cu-K}\alpha$ 靶, 波长 0.1540 nm , 管压 40 kV , 步长 0.0167° ; 余辉亮度和衰减时间采用 SSP011 荧光材料余辉特性测试系统测定, 测试条件为环境温度为 $(22 \sim 25 \text{ }^\circ\text{C})$, 相对湿度 50% , 用 D65 标准光源, 照度 1000 Lx , 激发时间 15 min ; 测试前, 在暗处消光 24 h

2 结果与讨论

2.1 锶铝比的影响

2.1.1 锶铝比对前驱体物相组成的影响

在 $n(\text{Sr}) : n(\text{Al}) : n(\text{Eu}) : n(\text{Dy}) : n(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}) = 1 : 1.7 : 2.2 : 0.01 : 0.02$ 及 $\text{pH} \sim 10$ 范围不变的情况下, 合成前驱体。实验证明不同锶铝比所得到的前驱体的物相基本相同, 即 XRD 图谱没有明显的差别。前驱体的 XRD 谱图和其物相分析如图 1 所示。从图 1 可以看出, 前驱体中的主晶相是 $\text{SrC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, 其他晶相包括结晶 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 、 $\text{Sr}(\text{OH})_2$ 。由此

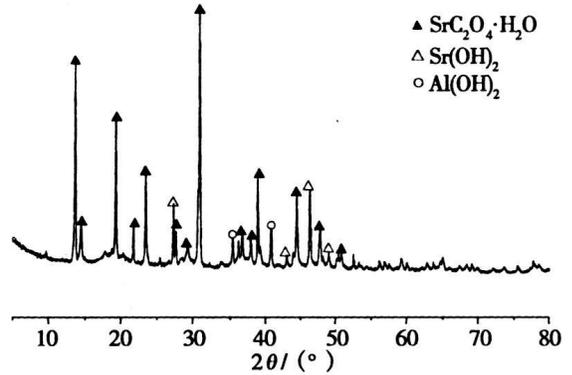
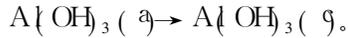
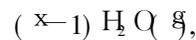
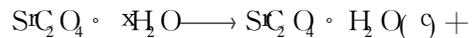
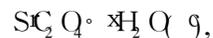
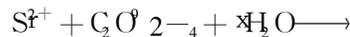


图 1 前驱体的 XRD 图谱

Fig 1 XRD Pattern of the Precursor

可以推断在制备前驱体的过程中, 主要的化学反应包括:



注: ^a表示为无定形; ^c表示晶体

在制备前驱体的过程中, 锶的沉淀反应受动力学因素控制, 因而其沉淀物相与平衡态结果不一致。在平衡状态, 沉淀物主要由不同锶盐的溶度积决定, 也就是说锶全部沉淀为 SrC_2O_4 , 不会有 $\text{Sr}(\text{OH})_2$ 相存在; 而由动力学控制的沉淀过程为非平衡态的产物, 产物的组成受反应速度的控制。由实验证明, Sr^{2+} 沉淀为 $\text{Sr}(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (9) 的过程为动力学优先过程。实验还证明, 在前驱体的制备过程中 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 发生了由无定形向晶体的转化, 而转化率并不高。由此可知,

前躯体的组成为 $Sr_2O \cdot H_2O \cdot Sr(OH)_2$ 、无定形 $Al(OH)_3$ 和结晶 $Al(OH)_3$ 。

2.1.2 锶铝比对煅烧产物物相组成的影响

将 2.1.1 中制备的不同前躯体与硼锶摩尔比为 0.3 的硼酸研磨混匀, 在 $1200\text{ }^\circ\text{C}$ 下煅烧

3 h 得到的煅烧产物的 XRD 谱图如图 2 所示。从图 2 可以看出, 不同锶铝比的前躯体在 $1200\text{ }^\circ\text{C}$ 烧结下得到的产物其主晶相均为 $SrAl_2O_4$, 单斜晶系, $P2_1$ 空间群, 晶胞参数为 $a=0.84470\text{ nm}$, $b=0.88160\text{ nm}$, $c=0.51630\text{ nm}$, $\alpha=\gamma=90.0000^\circ$,

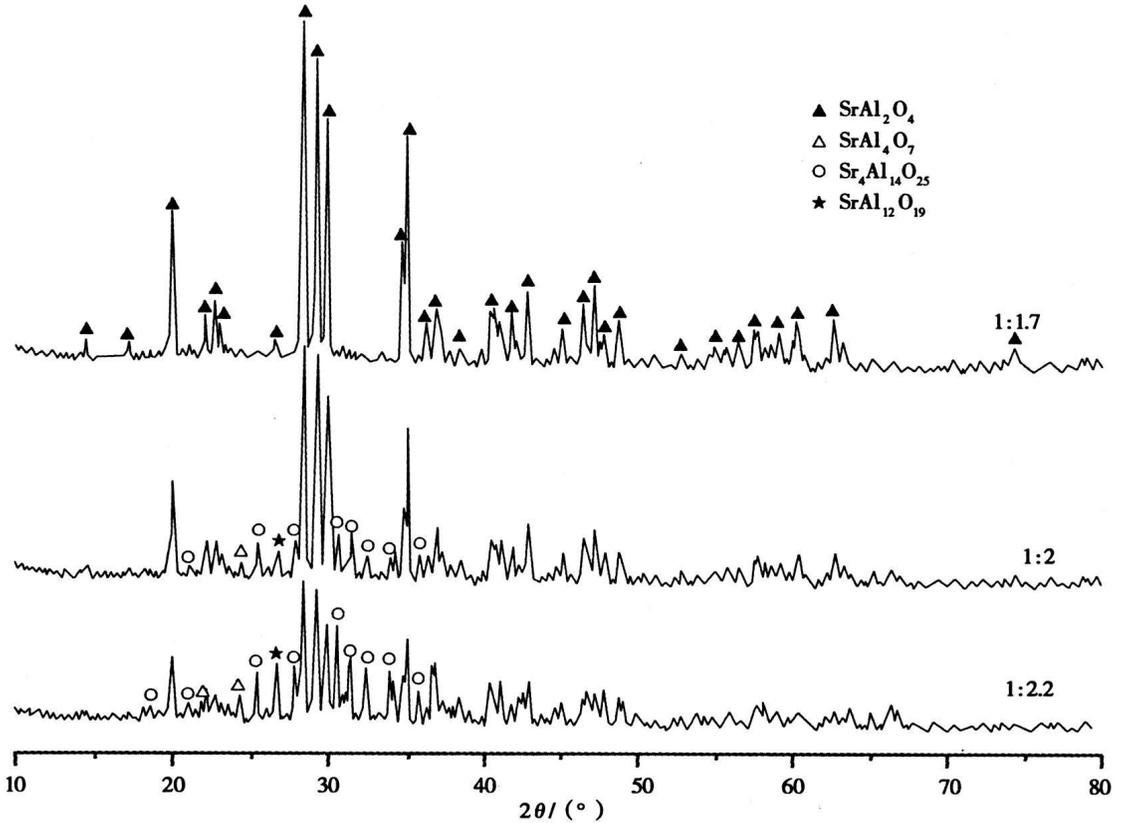


图 2 不同锶铝比下 $1200\text{ }^\circ\text{C}$ 煅烧 3 h 后的 XRD 图谱

Fig 2 XRD patterns for the powders with various Sr/Al ratio after calcinations for 3 h at $1200\text{ }^\circ\text{C}$

$\beta = 93.4200^\circ$ 。 Ea^{3+} 和 Dy^{3+} 的掺杂量对 $SrAl_2O_4$ 的晶体结构影响不大, 也没有观察到 Ea^{3+} 或 Dy^{3+} 化合物相的存在。从图中可以看出, 在 $n(Sr) : n(Al) = 1 : 1.7$ 时, 可以得到较纯的 $SrAl_2O_4$, 几乎无杂相。而随着前躯体中的锶铝比的增加, 即在 $n(Sr) : n(Al) = 1 : 2$ 和 $n(Sr) : n(Al) = 1 : 2.2$ 时, 除了得到主晶相 $SrAl_2O_4$ 外, 还有一定量的富铝相 $Sr_4Al_{14}O_{25}$ 、 $SrAl_4O_7$ 和 $SrAl_{12}O_{19}$ 存在, 而且随着锶铝比的增加, 富铝相的衍射峰变强。由于煅烧温度相同, 衍射峰变强可以归因于富铝相含量的增加。

高温下 SO 具有较高的蒸汽压, 所以在煅烧过程中, 一定量的 SO 会煅烧失掉, 即发生“跑锶”现象。而在 $SO \cdot Al_2O_3$ 体系中, 当 Al_2O_3

含量增高时, 会生成不同的富铝相, 而不会有 Al_2O_3 相存在。

可以得出, 制备 $SrAl_2O_4$ 相的优化条件为 $n(Sr) : n(Al)$ 比为 $1 : 1.7$ 而非化学计量比 $1 : 2$ 过量的铝以富铝相的形式存在, 不以氧化铝的形式存在。富铝相随前躯体中的铝含量增加而增加。

2.1.3 锶铝比对煅烧产物发光性能的影响

对 2.1.2 中得到的煅烧产物进行余辉亮度和余辉衰减时间的测试, 结果如图 3、图 4 所示。由图 3 可以看出, 在 $n(Sr) : n(Al) = 1 : 2$ 时, 煅烧产物的初始发光亮度和余辉衰减时间达到最大, 即产物的长余辉性能表现最好。上述研究表明在 $n(Sr) : n(Al) = 1 : 1.7$ 时, 生成纯的 $SrAl_2O_4$ 相, 而在 $n(Sr) : n(Al) = 1 : 2$ 时,

产物同时存在 $\text{Sr}_4\text{Al}_{14}\text{O}_{25}$ 、 SrAl_4O_7 和 $\text{SrAl}_{12}\text{O}_{19}$ 相, 由此可以推断, 一定量的富铝相存在有利于发光材料长余辉性能的提高。当 $n(\text{Sr}) : n(\text{Al}) = 1 : 2.2$ 时, $\text{Sr}_4\text{Al}_{14}\text{O}_{25}$ 、 SrAl_4O_7 和 $\text{SrAl}_{12}\text{O}_{19}$ 相含量增加, 其长余辉性能的降低说明大量的富铝相相对长余辉性能起到抑制作用。

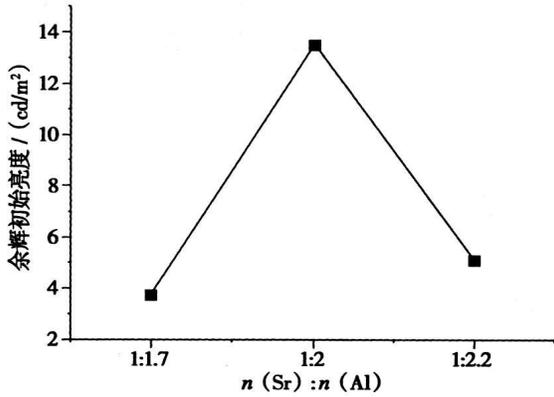


图 3 锶铝比与余辉初始亮度的关系

Fig 3 The initial luminescence of afterglow materials obtained from the co-precipitation method as a function of Sr/Al ratio

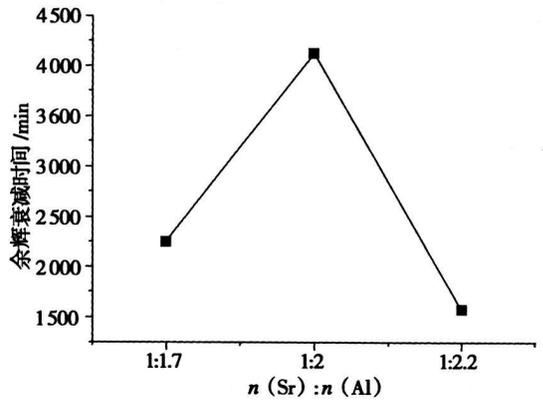


图 4 锶铝比与余辉衰减时间的关系

Fig 4 The decay time of afterglow materials obtained from the co-precipitation method as a function of Sr/Al ratio

综上所述, 锶铝比对发光材料性能的影响是比较复杂的。在低于化学计量比的锶铝比的条件下, 即在 $n(\text{Sr}) : n(\text{Al}) = 1 : 1.7$ 时, 可以得到几乎没有杂相的 SrAl_2O_4 相, 随着铝含量的增加, 出现富铝相 $\text{Sr}_4\text{Al}_{14}\text{O}_{25}$ 、 SrAl_4O_7 和 $\text{SrAl}_{12}\text{O}_{19}$ 。长

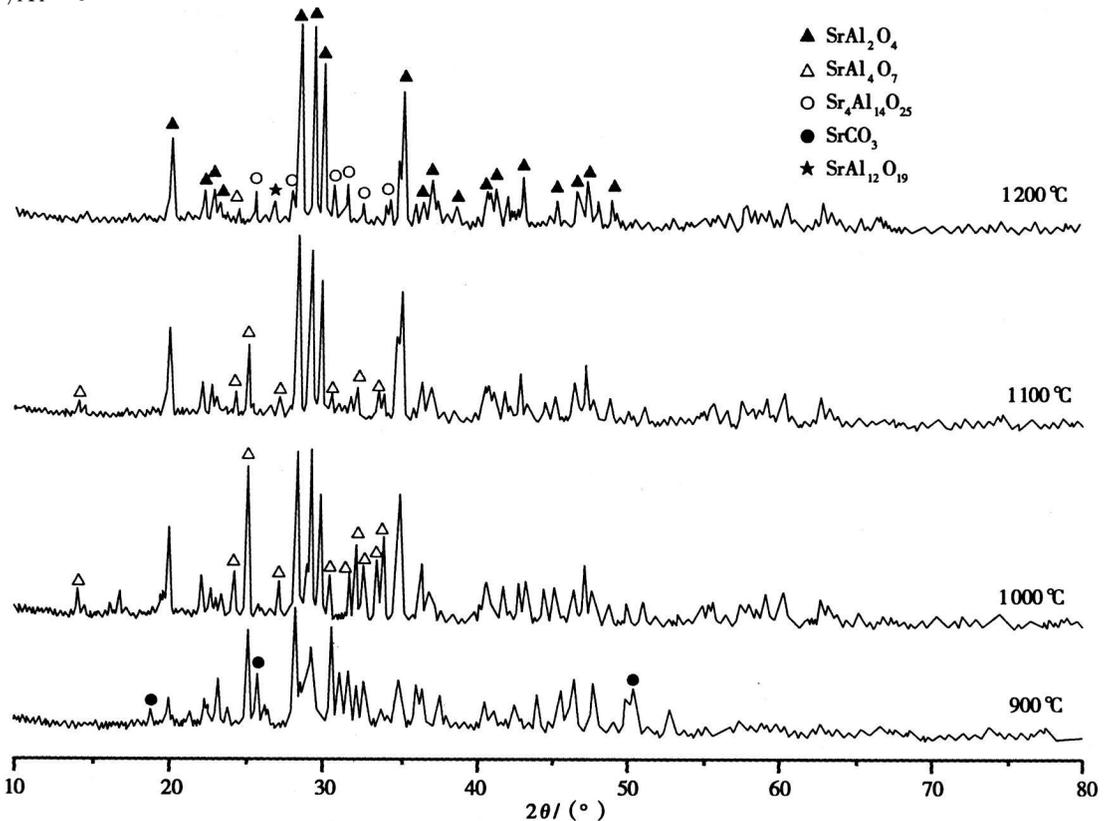


图 5 不同温度下烧结 3 h 后的 XRD 图谱

Fig 5 XRD Patterns of the powders after calcination for 3 h at various temperature

余辉 $\text{SrAl}_2\text{Q}_4:\text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+}$ 材料的发光性能取决于尖晶石相 SrAl_2Q_4 和富铝相的协同作用, 但富铝相的协同作用发生在一个较小的范围内。在化学计量的锶铝比 1:2 时, 材料表现出最佳的长余辉性能。

2.2 煅烧温度的影响

在 $n(\text{Sr}) : n(\text{Al}) : n(\text{Eu}) : n(\text{Dy}) : n(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}) : n(\text{H}_3\text{BO}_3) = 1 : 2 : 0.01 : 0.02 : 2 : 0.3$ 和 pH 为 9~10 的条件下制备的前躯体, 在不同的温度下煅烧 3 h 并对煅烧产物进行 XRD 余辉亮度和衰减时间测试。

2.2.1 煅烧温度对煅烧产物物相组成的影响

图 5 是前躯体分别在 900 °C、1 000 °C、1 100 °C、1 200 °C 下烧结 3 h 后的 XRD 图谱。从图中可以看出, 在 900 °C 下, 烧结产物已经生成 SrAl_2Q_4 相, 但衍射峰较宽, 说明晶体结构并不完整, 而且可以发现 SrCO_3 相存在于煅烧产物中, SrCO_3 是草酸锶热分解后二次碳化的产物。当温度提高到 1 000 °C 时, 碳酸锶物相消失, 主晶相为 SrAl_2Q_4 , 但存在大量的 SrAl_4Q_5 富铝相。1 100 °C 时, 富铝相 SrAl_4Q_5 含量减少, 没有新相生成。到 1 200 °C, 煅烧产物中的富铝相 SrAl_4Q_5 大部分转化为主晶相 SrAl_2Q_4 和富铝相 $\text{Sr}_4\text{Al}_{14}\text{Q}_{25}$ 、 SrAl_2Q_9 , 以致主晶相 SrAl_2Q_4 含量明显增高。

由此得出, 低温有利于富铝相 SrAl_4Q_5 的生成, 随着煅烧温度的升高, 富铝相 SrAl_4Q_5 逐渐转化为 SrAl_2Q_4 相和 $\text{Sr}_4\text{Al}_{14}\text{Q}_{25}$ 、 SrAl_2Q_9 富铝相。与高温固相法相比较, 液相共沉淀法可以降低尖晶石相 SrAl_2Q_4 的生成温度, 而其原因可以归因于液相共沉淀法得到的前躯体能够达到微观均匀混合的效果。

2.2.2 煅烧温度对煅烧产物发光性能的影响

图 6、图 7 表示产物的初始发光亮度和余辉时间与煅烧温度的关系。随着煅烧温度的升高, 煅烧产物的发光性能, 即初始亮度和余辉时间提高, 其余辉初始亮度和温度基本呈线性关系, 余辉时间与煅烧温度呈简单指数关系变化。由温度对煅烧产物的物相组成的影响情况来看, 温度升高有利于尖晶石相 SrAl_2Q_4 的生成,

促使富铝相 SrAl_4Q_5 的相变并且减少富铝相的含量, 从而可以使得发光材料的物相组成达到最佳的物相比, 即控制煅烧产物中富铝相处于适当的比例。另一方面, 温度升高有利于 Eu^{2+} 还原为 Eu^{3+} 。随着温度的升高, Eu^{3+} 还原为 Eu^{2+} 的比例增大, 提高了发光中心的浓度, 从而可以增强发光性能。在 1 200 °C 时, Eu^{3+} 几乎全部还原为 Eu^{2+} , 并且进入到基质的晶格中。

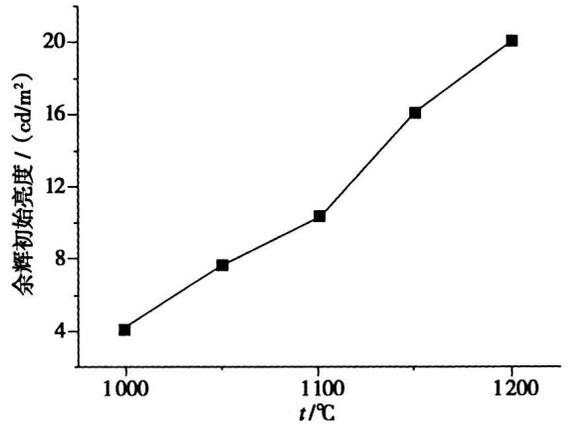


图 6 煅烧温度与余辉初始亮度的关系
Fig 6 The initial luminescence of afterglow materials obtained from the co-precipitation method as a function of calcination temperature

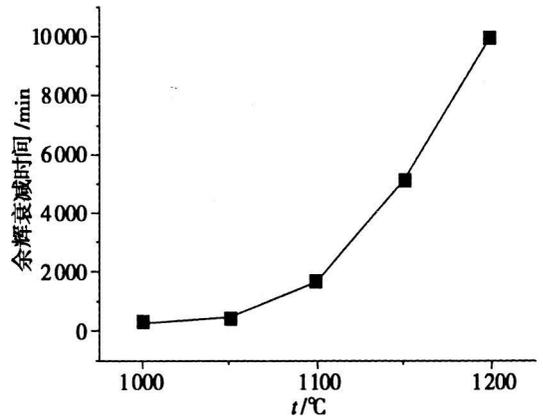


图 7 煅烧温度与余辉衰减时间的关系
Fig 7 The decay time of afterglow materials obtained from the co-precipitation method as a function of calcination temperature

可以得出, 在液相共沉淀法制备 $\text{SrAl}_2\text{Q}_4 : \text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+}$ 长余辉发光材料中, 煅烧温度为 1 200 °C 时, 材料的发光性能最好。

2.3 保温时间的影响

在 $n(\text{Sr}) : n(\text{Al}) : n(\text{Eu}) : n(\text{Dy}) : n(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}) : n(\text{H}_3\text{BO}_3) = 1 : 2 : 0.01 : 0.02 : 2 : 0.3$ 和 pH 为 9 ~ 10 的条件下制备的前躯体, 在

1 200 °C 下煅烧不同的时间, 并对煅烧产物进行 XRD 测试, 余辉亮度和余辉衰减时间测试。前躯体在 1 200 °C 下分别煅烧 2 h 3 h 4 h 后产物的 XRD 谱图如图 8 所示, 其余辉初始亮度和余辉时间随保温时间的变化趋势如图 9、图

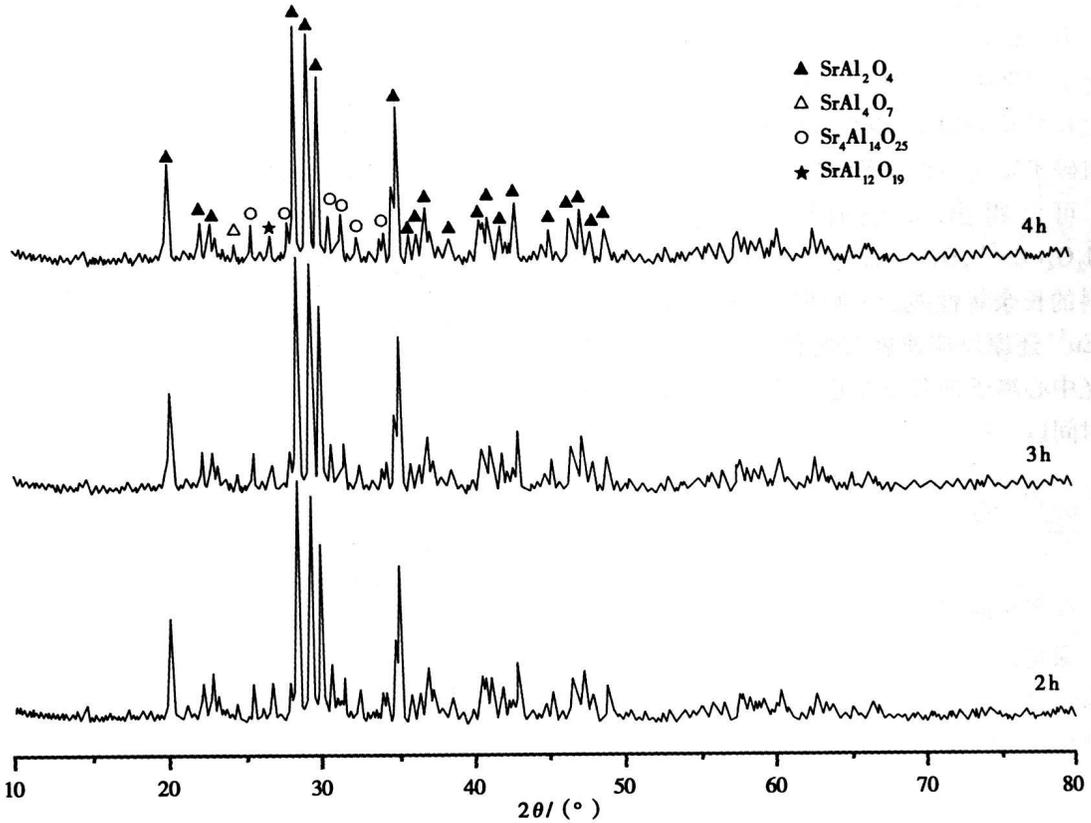


图 8 1 200 °C 下煅烧不同时间产物的 XRD 图谱

Fig 8 XRD patterns for the powders after calcination for various time at 1 200 °C

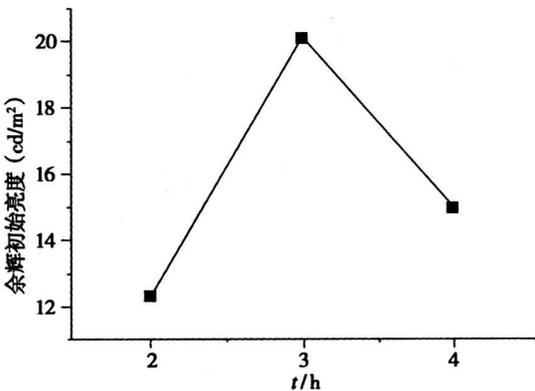


图 9 保温时间与余辉初始亮度的关系

Fig 9 The initial luminance of afterglow materials obtained from the coprecipitation method as a function of the holding time

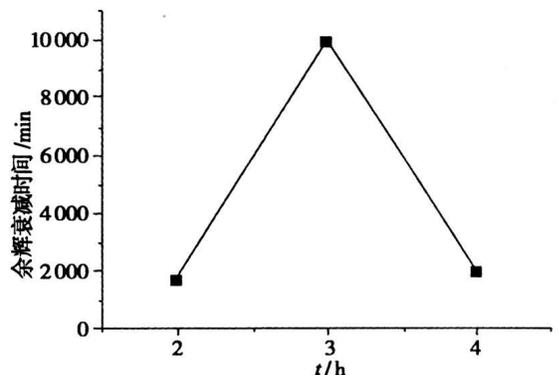


图 10 保温时间与余辉衰减时间的关系

Fig 10 The decay time of afterglow materials obtained from the coprecipitation method as a function of the holding time

10所示。从图 8可以看出,在保温时间为 2 h、3 h、4 h 时,除了主晶相 SrAl_2O_4 外,均有 SrAl_4O_7 、 $\text{Sr}_4\text{Al}_4\text{O}_{25}$ 和 SrAl_2O_9 相存在,峰型基本相同,可见保温时间对其物相的影响不大。但从其初始发光亮度和余辉衰减时间来看,在 $t=3$ h 时其初始亮度和余辉时间最佳。当保温时间为 2 h Eu^{3+} 还原为 Eu^{2+} 的气固两相反应未能达到平衡,从而发光中心离子的浓度较低;而过长的保温时间,有可能使晶粒进一步长大而阻碍了发光中心离子的激发跃迁。

可以得出,保温时间对长余辉材料 $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+}$ 的物相组成影响较小,但对材料的长余辉性能的影响较大,该影响可归因于 Eu^{3+} 还原反应速度较慢和较大的晶粒阻碍发光中心离子的激发跃迁。实验结果表明,保温时间以 3 h 为优。

3 结 论

本文在液相共沉淀法制备 $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+}$ 绿光长余辉发光材料的制备过程中,研究了锶铝比、煅烧温度和保温时间对前躯体和煅烧产物的物相组成及其发光性能的影响,实验结果表明:1)共沉淀前躯体主要由一水草酸锶和无定形氢氧化铝组成,并含有少量氢氧化锶和结晶氢氧化铝;2)当 $n(\text{Sr}):n(\text{Al})$ 为 1:1.7 时,可以得到 SrAl_2O_4 纯相,而 $n(\text{Sr}):n(\text{Al})$ 为 1:2 时由于材料物相组成中含有适量的富铝相 SrAl_4O_7 、 $\text{Sr}_4\text{Al}_4\text{O}_{25}$ 和 SrAl_2O_9 而使长余辉材料的初始亮度和余辉时间达到最佳;3)煅烧温度对长余辉材料的物相组成影响较大,而保温时

间对材料物相组成影响较小。获得最佳长余辉性能的煅烧温度为 1200°C ,保温时间为 3 h

参考文献:

- [1] 李成宇,苏锦,邱建英. 稀土元素掺杂长余辉发光材料研究的最新进展[J]. 发光学报, 2003, 24(1): 19-27.
- [2] 袁赵欣,常程康,毛大立. H_3BO_3 对化学共沉淀法制备 $\text{SrAl}_4\text{O}_{25}:\text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+}$ 的影响[J]. 功能材料, 2004, 35(1): 94-96.
- [3] Masuzuma T, Aki Y, Takeuchi N, et al. A new long phosphorescent with high brightness $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+}$ [J]. J Electrochem Soc, 1996, 43(8): 2670-2673.
- [4] 耿杰,吴召平,陈玮,等. $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+}$ 发光粉体的长余辉特性研究[J]. 无机材料学报, 2003, 18(2): 480-484.
- [5] 张希艳,卢利平,王晓春. 溶胶-凝胶法制备 $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+}$ 纳米发光材料[J]. 硅酸盐学报, 2003, 31(3): 268-271.
- [6] 王晓格,楼辉,唐寅轩,等. 溶胶-凝胶法合成铝酸锶: 镨荧光粉及其发光性能的研究[J]. 浙江大学学报(理学版), 2004, 31(1): 66-69.
- [7] 王惠琴,张磊,马林,等. 燃烧法快速合成铝酸锶: 镨及其发光性能[J]. 复旦学报(自然科学版), 1997, 36(1): 65-71.
- [8] 张迈生,王立格,杨燕生. 微波快速合成硫化锶铜铋磷光体及 B^{3+} 对 Cu^{2+} 的敏化发光[J]. 功能材料与器件学报, 2000, 6(2): 95-100.
- [9] 沈毅,李明,于涛. 草酸盐共沉淀法制备 $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+}$ 发光粉体的研究[J]. 材料导报, 2006, 20(6): 341-344.
- [10] 袁曦明,许永胜,于江波,等. 溶胶-凝胶法制备长余辉发光材料 $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+}$ 的研究[J]. 稀土, 2002, 23(4): 33-38.
- [11] 袁曦明,田熙科,于江波,等. 共沉淀法制备长余辉发光材料 $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+}$ 的研究[J]. 材料开发与应用, 2002, 17(2): 26-30.

Preparation and Properties Characterization of the Long Afterglow Materials $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+}$ by Co-precipitation Method

LIU Meiyi^{1,2}, LONG Guangming¹, QIMixiang¹, WANG Shuyi²

- (1. Qinghai Institute of Salt Lakes, Chinese Academy of Sciences, Xining, 810008, China)
- (2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100049, China)

Abstract: The influence of Sr/Al ratio, calcination temperature and holding time on the phase composition of precursors and calcinated products and the long afterglow performance of (下转第 68 页)

- 335.
- [28] 叶笃正, 符淙斌, 季劲钧, 等. 有序人类活动与生存环境[J]. 地球科学进展, 2001, 16(4): 453—460.
- [29] 刘东生. 开展“人类世”研究, 做新时代地学的开拓者—纪念黄汲清先生的地学创新精神[J]. 第四纪研究, 2004 24(4): 369—378.

Review of Research on Correlation of Holocene Environmental Change and Human Activities in China

YANG Lin-hai³, ZHOU Jié³, HE Zhong³, LONG Haó³

- (1. State key laboratory of Loess and Quaternary Geology, Institute of Earth Environment, Chinese Academy of Sciences, Xi'an 710075, China;
2. Qinghai Institute of Salt Lakes, Chinese Academy of Sciences, Xining, 810008, China;
3. Graduate Universities of Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100049, China)

Abstract: The Holocene is a very important period of environment change and human activities. With the appearance of global environmental issues, the correlation of Holocene environmental change and human activities has become the hotspot of many subjects. Chinese scholars' researches have shown that the human activities were impacted strongly by the Holocene climate and the environmental changes in China. As one of the key indications of Neolithic culture, agriculture origin was subject to the huge scale of environmental change caused mainly by climate variability. During the Holocene epoch, human activities were affected and controlled by natural environment. Furthermore, the extreme climate events often made a surprise attack on human being and brought destructive shock to human civilization. At the same time, human influences the environment by various means, and now, the contribution of human activities to environmental changes is becoming more and more notable. For promoting further research, there are two questions that we should take into account: 1. to adjust the study scale of space from single spot to regional or global perspective; 2. to transform the study mode from qualitative to quantitative and from single-disciplinary to multidisciplinary.

Key words: Holocene; Abrupt climate change; Environmental change; Human activities

(上接第 56 页)

calcinated products were studied in the preparation of long afterglow materials $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+}$ by coprecipitation method. Powders were characterized by XRD and afterglow characteristic tester. The results showed that the optimum sinter temperature is 1200 °C, the ratio of Sr/Al is 2, and the holding time is 3 h. The phase composition of the material are SrAl_2O_4 , SrAl_4O_7 , SrAl_4O_5 and SrAl_2O_4 as well.

Key words: Long afterglow material; Coprecipitation; Phase composition; Luminescent characteristic