

高温固相法制备铝酸盐稀土发光材料及其发光性研究

吴春雷*

(牡丹江师范学院物理与电子工程学院,黑龙江牡丹江157011)

摘要:铝酸盐稀土材料作为新一代的发光材料,具有发光时间长、波长可调节、亮度高等特点。采用高温固相法制备铝酸盐稀土发光材料,同时研究了发光材料的发光性。首先采用燃烧法合成铝酸镁、铝酸钙、铝酸锌基质;然后采用高温固相法通过原料分配、原料混合、烘干、煅烧以及后处理制备完成铝酸盐稀土发光材料;最后利用荧光分光光度计测量制备样品材料的激发光谱与发射光谱。研究表明,激发波长不会影响发射光波长与光强度的关系, $\text{MgAl}_2\text{O}_4:\text{Tb}^{3+}$ 、 $\text{CaAl}_2\text{O}_4:\text{Tb}^{3+}$ 的发射光谱呈现窄带跃迁发射状态;激活剂稀土因子 Eu^{3+} 质量分数为6%、温度为1300℃时,发光材料发射峰强度达到最大值,发光强度最优。

关键词:高温固相法;铝酸盐稀土;激发光谱;发光;稀土因子;光强度

中图分类号:TM923.04

文献标志码:A

文章编号:0253-4320(2019)08-0197-06

DOI:10.16606/j.cnki.issn.0253-4320.2019.08.041

Study on luminescence properties of aluminates/rare earth luminescent materials prepared by high temperature solid phase method

WU Chun-lei*

(College of Physics and Electronic Engineering, Mudanjiang Normal University, Mudanjiang 157011, China)

Abstract: As a new generation of luminescent materials, rare earth-aluminates materials have the characteristics of long luminescence time, adjustable wavelength and high brightness. Rare earth-aluminate luminescent materials are prepared by high temperature solid phase method and their luminescence properties are studied. Firstly, magnesium aluminate, calcium aluminate and zinc aluminate matrix are respectively synthesized by combustion method. Then aluminate-rare earth luminescent materials are prepared by high temperature solid phase method through raw materials distribution, raw material mixing, drying, calcining and post-treatment. Finally, fluorescence spectrophotometer is used to measure the excitation and emission spectra of sample materials. The results show that the excitation wavelength does not affect the relationship between emission wavelength and light intensity, and the emission spectra of $\text{MgAl}_2\text{O}_4:\text{Tb}^{3+}$ and $\text{CaAl}_2\text{O}_4:\text{Tb}^{3+}$ show a narrow-band transition emission state. The emission peak intensity of luminescent materials reaches the maximum value and the luminescence intensity is optimal when the mass fraction of rare earth factor Eu^{3+} is 6% and the temperature is at 1300℃.

Key words: high temperature solid phase method; aluminates/rare earth; excitation spectrum; luminescence; rare earth factor; light intensity

近年来,铝酸盐稀土发光材料广泛应用于照明、显示、辐射场的探测以及辐射剂量的记录等领域,其中照明领域的应用较广^[1]。随着照明市场需求的不断增长,发光强度高的稀土发光材料具有广阔的应用前景^[2-3]。高温固相法是制备铝酸盐稀土发光材料的常用方法,具有操作过程简便、成本低且获取发光材料的结晶率和发光强度较高的优点。

高温固相法制备发光材料,首先依照固定化学

配置方法称取反应物,并将不同反应物充分混合置于坩埚,于高温炉中以某气体条件进行高温煅烧,煅烧完毕取出冷却、粉碎、筛选获取样品。

高温固相法制备铝酸盐稀土发光材料包括配料和煅烧两部分:在配料制备中将获取的反应物充分混合,增大反应物接触面积,提高反应物中分子、离子的扩散速度,提升反应速度^[4];煅烧的目的在于使反应物之间发生化学反应,得到具有一定晶体结

收稿日期:2019-06-18;修回日期:2019-07-15

基金项目:黑龙江省教育厅项目(1351MSYB001)

作者简介:吴春雷(1981-),女,理学硕士,副教授,主要从事物理学及稀土发光材料方面的研究,通讯联系人,wuchunlei301@163.com。

构的基质,并添加激活剂稀土离子到基质中,形成发光中心,获取激活剂稀土离子与基质混合粉末作为样品,对样品材料进行发光特性分析。

1 高温固相法制备铝酸盐稀土发光材料及其发光性研究

1.1 燃烧合成铝酸基质

采用燃烧合成法得到铝酸镁、铝酸钙、铝酸锌基质。氧化剂与还原剂是燃烧合成法使用原料的主要成分,一般将阳离子硝酸盐作为氧化剂,具有较优的水溶性,符合配备适应溶液的标准^[5]。将有机化合物作为还原剂的原因在于其具有结构组成精简、含碳量低等特点,可解决碳残留产生污染的问题,且在高温环境中反应时,产生的气体不具毒性^[6];另外,还原剂应易溶于水,与金属离子络合能力强,可有效解决燃烧挥发产生晶体打破整体均匀性的问题^[7]。硝酸铝、碱土金属硝酸盐、尿素是获取基质的主要原料,为保障发光材料的实验效果,选取纯度较高的实验原料,具体如表 1 所示。

表 1 原料名称与参数

原料名称	化学式	纯度/%
尿素	H ₂ NCONH ₂	A.R
硝酸铝	Al(NO ₃) ₃ ·9H ₂ O	A.R
硝酸镁	Mg(NO ₃) ₂	A.R
硝酸钙	Ca(NO ₃) ₂	A.R
硝酸锌	Zn(NO ₃) ₂	A.R
浓硝酸	HNO ₃	A.R
氧化铽	Tb ₄ O ₇	98.80
氧化铕	Eu ₂ O ₃	98.80
硝酸铈	Ce(NO ₃) ₃ ·6H ₂ O	98.80
氧化镝	Dy ₂ O ₃	98.80
硼酸	H ₃ BO ₃	A.R

根据上述方法得到铝酸盐稀土发光材料铝酸镁、铝酸钙、铝酸锌基质,继续采用高温固相法制备铝酸盐稀土发光材料。

1.2 铝酸盐稀土发光材料制备

1.2.1 样品制备

采用高温固相法制备铝酸盐稀土发光材料,温度区间为 1 020~1 500℃,接触、反应、成核以及晶体生长反应生成复合氧化物是高温固相法制备铝酸盐

稀土发光材料的主要步骤,该方法具有简单、便捷、使用频率高的特点^[8-9]。以得到优质铝酸盐稀土发光材料、节约研究成本、简化制备过程为目标,设计制备步骤如下:

步骤 1:原料分配。从生产厂商、生产日期、粒径、纯度等角度选取高品质的实验原料,原料质量依据对应的化学通式求取,采用高精度天平称取原料^[10],原料质量在 12 g 左右。

步骤 2:原料混合。用球磨罐存放分配完成的原料,同时倒入一定量的玛瑙球与无水乙醇,对上述原料进行时长 120 min、转速 320 r/min 的球磨混合。

步骤 3:烘干。使用玛瑙研钵研磨混合后的原料,符合均匀度标准时终止;设置烘干箱的温度为 65℃,持续烘干 5 h。

步骤 4:煅烧。再次研磨烘干后的粉末材料,放置在 Al₂O₃ 坩埚中,然后采用高温炉进行煅烧,煅烧温度为 1 020~1 500℃;设置煅烧炉的升温速度为 4.5℃/min,持续煅烧 4.2 h,煅烧炉自然冷却^[11]。通过直接在空气中以烧结的方式获取高价态的稀土离子发光材料;通过在还原气氛中煅烧得到低价态的稀土离子发光材料。

步骤 5:后处理。研磨、选粉、洗粉是后处理的几种方式。

高温固相法制备铝酸盐稀土发光材料流程如图 1 所示。

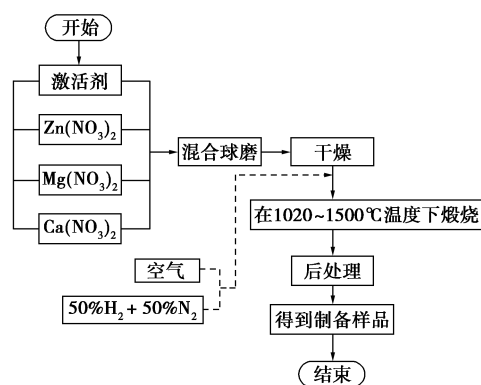


图 1 高温固相法制备铝酸盐稀土发光材料流程

1.2.2 仪器与设备

电子分析天平,测量精度为 0.001 g;坩埚,规格大小为 100 mL;SJG-16A 型高温电阻炉,正常工作温度为 1 500℃,尺寸大小为 500×300×17 mm;X 射线衍射仪;紫外灯和低压汞灯。

1.2.3 激发光谱与发射光谱获取

变换激发波长,发光材料的某个发光谱线的发

光强度和激发波长间的关系称为激发光谱,是不同波长的光激发材料效果的良好体现^[12-14];采用一定的波长激发发光材料,发射的不同波长光的强度与能量排列情况称为发射光谱。

发射光谱与激发光谱是描述发光材料发光性能的良好指标^[15],研究发光材料的发射光谱与激发光谱,不仅能够掌握发光材料的发光机理,还能了解不同实验环境下发光样品的发光性能。

2 实验结果

2.1 激活剂稀土因子 Tb^{3+} 与不同基质混合的发光性研究

2.1.1 铝酸镁基质

采用高温固相法制备得到掺杂 Tb^{3+} 的铝酸镁基质发光粉样品,观察发光粉样品可知,自然光照射下发光粉不能发光;在紫外光刺激下发光粉发出黄绿色光。利用荧光分光光度计测试样品的激发光谱与发射光谱,研究 Tb^{3+} 在铝酸镁基质中的发光性。

采用高温固相法制备的 $MgAl_2O_4:Tb^{3+}$ 的激发光谱如图 2 所示,监测波长为 446 nm; $MgAl_2O_4:Tb^{3+}$ 样品在不同波长下激发的发射光谱图如图 3、图 4 所示。

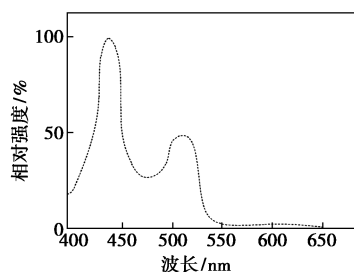


图 2 $MgAl_2O_4:Tb^{3+}$ 的激发光谱图

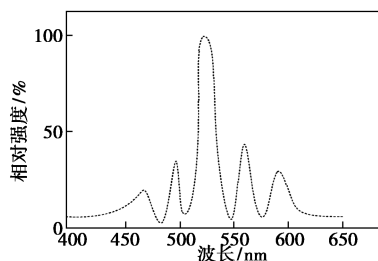


图 3 激发波长为 245 nm 时 $MgAl_2O_4:Tb^{3+}$ 的发射光谱

由图 2 可以看出, $MgAl_2O_4:Tb^{3+}$ 的激发光相对强度随着波长变化而改变。在监测波长为 446 nm 时, $MgAl_2O_4:Tb^{3+}$ 的激发光相对强度最高达到了 100%,

此时 $MgAl_2O_4:Tb^{3+}$ 激发光相对强度最强,也是第

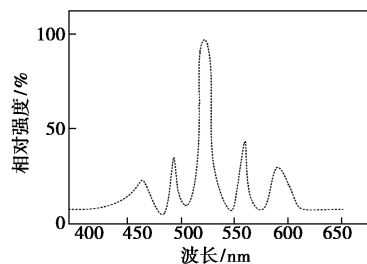


图 4 激发波长为 325 nm 时 $MgAl_2O_4:Tb^{3+}$ 的发射光谱

1 个激发峰值。第 2 个激发峰大约出现在 512 nm 处,此处激发样品的激发光波长较宽,波长宽度为 70 nm。当波长小于 550 nm 时能够激发样品发光。

由图 3、图 4 可以看出,变换激发波长得到的样品发射光谱大致吻合,2 种情况下均出现 5 个发射峰,分别出现在 465、492、522、558、592 nm 处。因此, $MgAl_2O_4:Tb^{3+}$ 激发波长的改变不会影响发射光波长与发光强度的关系。15 nm 是 $MgAl_2O_4:Tb^{3+}$ 最强发射峰的半峰宽度,此时样品发光呈现窄带跃迁发射状态,即半峰值在 30 nm 以下。

Tb^{3+} 质量分数对铝酸镁发光性能的影响如表 2 所示。

表 2 Tb^{3+} 质量分数对铝酸镁发光性能影响

Tb^{3+} 质量分数/%	发光效果	Tb^{3+} 质量分数/%	发光效果
4.5	不发光	7.0	强黄绿光
5.0	不发光	7.5	黄绿光变弱
5.5	弱黄绿光	8.0	弱黄绿光
6.0	弱黄绿光	8.5	不发光
6.5	弱黄绿光	9.0	不发光

由表 2 可以看出,当 Tb^{3+} 质量分数在 5.5% ~ 8.0% 之间时,样品发光效果较好,发光效果为黄绿光为主;当 Tb^{3+} 质量分数过低或过高,也就是低于 5.5% 或高于 8.0% 时,样品发光效果较差,几乎处于不发光状态。实验结果表明,当添加 Tb^{3+} 质量分数较小时,样品中进入 $MgAl_2O_4$ 形成晶体而形成发光中心的 Tb^{3+} 数量较少,所以表现为不发光;当 Tb^{3+} 质量分数过高时,样品中进入 $MgAl_2O_4$ 形成晶体而形成发光中心的 Tb^{3+} 数量较高时,由于多个 Tb^{3+} 处于同一个晶体中,而 Tb^{3+} 间存在离子斥力,使晶体激发时跃迁趋势受到削弱,导致样品不发光。

2.1.2 铝酸钙基质

和铝酸镁基质一样,采用高温固相法制备得到掺杂 Tb^{3+} 的铝酸钙基质发光粉,观察发光粉的样品可知:自然光照射下,发光粉不能发光;在紫外光刺激下发光粉可发出黄绿色的光。

采用高温固相法制备的 $CaAl_2O_4:Tb^{3+}$ 的激发光谱图如图 5 所示,监测波长为 542 nm; $CaAl_2O_4:Tb^{3+}$ 发射光谱图如图 6 所示,激发波长为 255 nm。

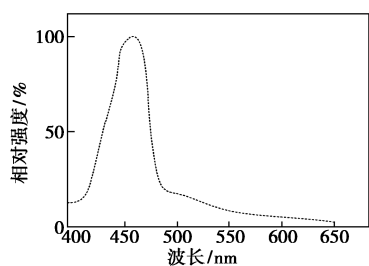


图 5 $CaAl_2O_4:Tb^{3+}$ 的激发光谱图

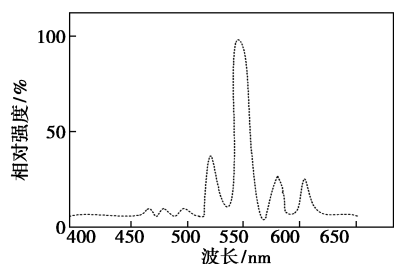


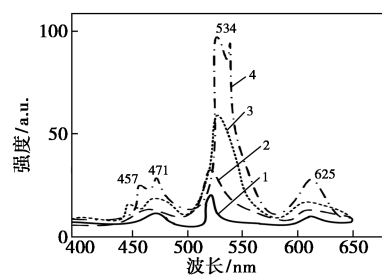
图 6 激发波长为 255 nm 时 $CaAl_2O_4:Tb^{3+}$ 的发射光谱

由图 5 可以看出,波长为 455 nm 时, $CaAl_2O_4:Tb^{3+}$ 的激发光谱出现最大的激发峰;由图 6 可以看出, $CaAl_2O_4:Tb^{3+}$ 的发射光谱表现出 4 个显著的发射峰和 3 个不显著的发射峰,显著的 $CaAl_2O_4:Tb^{3+}$ 的发射光谱的发射峰分别在 521、545、570、605 nm 处,不显著的 $CaAl_2O_4:Tb^{3+}$ 的发射光谱的发射峰分别在 468、471、498 nm 处。15 nm 是 $CaAl_2O_4:Tb^{3+}$ 的发射光谱最强发射峰的半峰宽度,此时 $CaAl_2O_4:Tb^{3+}$ 的发射光谱发光呈现窄带跃迁发射状态。

2.2 激活剂稀土因子 Eu^{3+} 与 $ZnAl_2O_4$ 混合的发光性研究

2.2.1 激活剂稀土因子 Eu^{3+} 质量分数对发光性能影响

将 $ZnAl_2O_4:Eu^{3+}$ 粉末作为发光特性研究的样品,不同质量分数 $ZnAl_2O_4:Eu^{3+}$ 样品的发光强度分别如图 7 所示, $ZnAl_2O_4:Eu^{3+}$ 发光强度与 Eu^{3+} 质量分数的变化曲线如图 8 所示。



1—8%;2—5%;3—7%;4—6%

图 7 不同 Eu^{3+} 质量分数的 $ZnAl_2O_4:Eu^{3+}$

发光强度

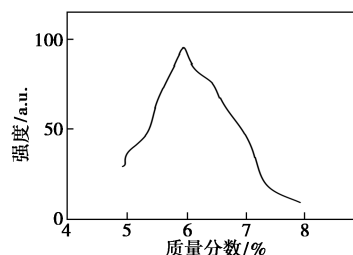


图 8 $ZnAl_2O_4:Eu^{3+}$ 发光强度与 Eu^{3+} 质量分数变化曲线

由图 7 可以看出,当 Eu^{3+} 质量分数为 8% 时, $ZnAl_2O_4:Eu^{3+}$ 发光强度最低; Eu^{3+} 质量分数为 6% 时, $ZnAl_2O_4:Eu^{3+}$ 发光强度最高。当 Eu^{3+} 质量分数为 8%、波长在 526 nm 时, $ZnAl_2O_4:Eu^{3+}$ 发光强度最低,最高强度为 31 a. u.;而 Eu^{3+} 质量分数为 6%、波长在 534 nm 时, $ZnAl_2O_4:Eu^{3+}$ 发光强度最高为 98.1 a. u.。因此,不同 Eu^{3+} 质量分数下, $ZnAl_2O_4:Eu^{3+}$ 发光强度有着明显的变化,随着 Eu^{3+} 质量分数的增加, $ZnAl_2O_4:Eu^{3+}$ 的发光强度呈先上升后下降的趋势,随着质量分数的不断增高, $ZnAl_2O_4:Eu^{3+}$ 发光强度逐渐下降。

由图 7 中曲线 2、曲线 4 以及图 8 可以看出,当 $ZnAl_2O_4:Eu^{3+}$ 中 Eu^{3+} 质量分数不断增加,出现发射峰强度增大的现象。当添加激活剂稀土因子 Eu^{3+} 质量分数为 6% 时,发射峰强度达到最大值。由图 7 中曲线 4、曲线 3、曲线 1 和图 8 可以看出,当 $ZnAl_2O_4:Eu^{3+}$ 中 Eu^{3+} 质量分数超出 6% 时,发射峰强度出现降低现象;当 $ZnAl_2O_4:Eu^{3+}$ 中 Eu^{3+} 质量分数超出 8% 时,发射峰强度猝灭。

$ZnAl_2O_4:Eu^{3+}$ 样品中临界传递距离与 Eu^{3+} 质量分数的关系式为:

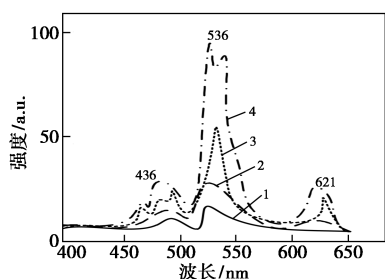
$$R_c \approx 2[3V/(4\pi x_c N)]^{1/3} \quad (1)$$

其中: V 表示粉末晶体参数; N 是晶体数量; x_c 为临界 Eu^{3+} 质量分数且数值为 0.04。

将上述数值代入式(1)可得 $R_c = 1.2506 \text{ nm}$, 而 $\text{ZnAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{3+}$ 样品交换作用的临界距离为 0.5 nm , R_c 值远小于该数值, 表明浓度猝灭不是由交换相互作用导致的。根据 Dexter 理论可知, $\text{ZnAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{3+}$ 粉末晶体中临界传递距离与 Eu^{3+} 质量分数的关系为电多极与电多极相互作用, 当该作用增强时, 会产生能量共振现象。而能量传递过程中若产生猝灭通道, 该能量会在猝灭通道中释放, 从而导致 $\text{ZnAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{3+}$ 不发光。发光材料的发光和猝灭为竞争关系, 若 Eu^{3+} 质量分数过高, 发光中心中激发能传递概率将远远优于转化为发光跃迁的概率, 而多次能量传递时遇到猝灭通道概率也不断增加, 导致 $\text{ZnAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{3+}$ 发光强度下降。

2.2.2 高温固相温度对 $\text{ZnAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{3+}$ 粉末发光性能影响

高温固相温度在影响混合物晶体结构的同时还影响混合物的发光性, 不同高温固相温度下 $\text{ZnAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{3+}$ 粉末的发光强度以及 $\text{ZnAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{3+}$ 样品的发射光谱强度随温度变化曲线分别如图 9 和图 10 所示。



1—1 200℃; 2—1 500℃; 3—1 400℃; 4—1 300℃

图 9 不同高温固相温度下 $\text{ZnAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{3+}$ 粉末的发光强度

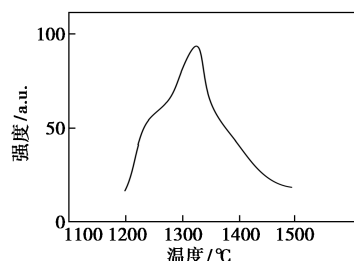


图 10 $\text{ZnAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{3+}$ 粉末的发射光谱强度随温度变化曲线

由图 9 可以看出, 当高温固相温度为 $1\ 200^\circ\text{C}$ 时, $\text{ZnAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{3+}$ 发光强度最低; 当高温固相温度为 $1\ 300^\circ\text{C}$ 时, $\text{ZnAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{3+}$ 发光强度最高。当高温固

相温度在 $1\ 200^\circ\text{C}$ 、波长在 527 nm 时, $\text{ZnAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{3+}$ 发光强度最低, 最高强度为 23.4 a.u. ; 当高温固相温度在 $1\ 300^\circ\text{C}$ 、波长在 536 nm 时, $\text{ZnAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{3+}$ 发光强度最高为 98.6 a.u. ; 当高温固相温度在 $1\ 400^\circ\text{C}$ 、波长在 546 nm 时, $\text{ZnAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{3+}$ 发光强度最高为 58.1 a.u. ; 当高温固相温度在 $1\ 500^\circ\text{C}$ 、波长在 436 nm 时, $\text{ZnAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{3+}$ 发光强度最高为 30.1 a.u. 。因此, 不同高温固相温度下, $\text{ZnAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{3+}$ 发光强度有着明显的变化, 随着高温固相温度的增加, $\text{ZnAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{3+}$ 的发光强度呈先上升后下降的趋势, 其中高温固相温度为 $1\ 300^\circ\text{C}$ 时, $\text{ZnAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{3+}$ 发光强度最高; 随着高温固相温度增高到 $1\ 500^\circ\text{C}$, $\text{ZnAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{3+}$ 发光强度逐渐下降。

从图 9 和图 10 可以看出, 随着高温固相温度从 $1\ 200^\circ\text{C}$ 提升到 $1\ 300^\circ\text{C}$, $\text{ZnAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{3+}$ 粉末的发射光谱强度逐渐提升; 随着高温固相温度从 $1\ 300^\circ\text{C}$ 提升到 $1\ 500^\circ\text{C}$, $\text{ZnAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{3+}$ 粉末的发射光谱强度逐渐降低。

3 讨论

当 $\text{ZnAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{3+}$ 中 Eu^{3+} 样品质量分数超出 6% 时, 发射峰强度出现降低现象, 此时发生 Eu^{3+} 质量分数猝灭。产生该现象的原因在于激活剂稀土因子 Eu^{3+} 质量分数较小时, $\text{ZnAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{3+}$ 中发光中心数量较少, 发光中心间距较大无明显相互作用。当激活剂稀土因子 Eu^{3+} 质量分数低于 6% 时, 发光强度逐渐增大, 发光中心数量增加, 此时 $\text{ZnAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{3+}$ 发光强度增强, 当激活剂稀土因子 Eu^{3+} 质量分数高于 6% 低于 8% 时, 发光数量大幅度提升, 导致各个发光中心距离变短, 初始发光中心间作用力增强, 降低了 $\text{ZnAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{3+}$ 发光强度。

高温固相温度从 $1\ 200^\circ\text{C}$ 提升到 $1\ 300^\circ\text{C}$, $\text{ZnAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{3+}$ 粉末的发射光谱强度逐渐提升, 原因在于温度升高时, $\text{ZnAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{3+}$ 粉末的结晶度显著提升且发光中心活性 Eu^{3+} 也不断提升, 因此 $\text{ZnAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{3+}$ 发光强度增强。而当高温固相温度高于 $1\ 300^\circ\text{C}$ 时, 随着温度的提升, $\text{ZnAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{3+}$ 发光强度呈现下降的趋势, 产生该现象的原因在于粉末中的基态和激发态电子与声子相互作用的温度依赖性不同, 所以发光强度降低。

4 结论

采用高温固相法制备铝酸盐稀土发光材料, 同

时对材料的发光特性进行详细研究,为掌握发光材料的发光机制、了解影响发光性能的因素提供有效依据。研究表明,激活剂稀土因子 Eu^{3+} 质量分数与温度均影响 ZnAl_2O_4 稀土发光材料的发光特性, Eu^{3+} 质量分数与温度应依据实际研究情况选取合理值,2 种参数与 ZnAl_2O_4 稀土发光材料的发光强度为非线性关系。

高温固相法制备铝酸盐稀土发光材料时,具有过程简便、成本低廉的优点。但相对传统方法,该方法具有煅烧反应时间较长、煅烧温度较高,在以后的发光材料制备研究中,可进一步采用微波法、水热法等新型制备方式,完善高温固相法制备铝酸盐稀土发光材料过程中的不足与缺陷。

参考文献

- [1] 李睿,罗凤珍,罗欢,等.稀土掺杂 $\text{Sr}_5(\text{PO}_4)_2\text{SiO}_4$ 发光材料的制备工艺研究[J].人工晶体学报,2017,46(11):2203-2206.
- [2] 徐超,卢佃清,刘学东.稀土掺杂铝酸锶长余辉材料陷阱类型及发光机理[J].稀土,2015,36(1):000074-000079.
- [3] 庾娟,王林香,叶颖,等.金属离子 Li^+ , Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Ba^{2+} 掺杂 $\text{Lu}_2\text{O}_3:\text{Pr}^{3+}$ 荧光粉的制备及发光特性研究[J].发光学报,2018,39(3):307-314.
- [4] 罗棋,袁强,甄安心,等. $\text{Er}^{3+}/\text{Yb}^{3+}$ 掺杂 $\text{NaY}(\text{MoO}_4)_2$ 荧光粉的制备及其上转换发光性能研究[J].中国钨业,2017,32(6):60-66.
- [5] 仇猛淋,王广甫,褚莹洁,等.高低温条件下氟化锂材料的离子激发发光光谱分析[J].物理学报,2017,66(20):215-221.
- [6] 曹钊,田莲花. Tb^{3+} 和 Ce^{3+} 在 $\text{Sr}_7\text{Zr}(\text{PO}_4)_6$ 基质中能量传递及发光特性研究[J].发光学报,2017,38(4):450-456.
- [7] 张建刚,谢晋鹏,马望京,等.高温固相合成 $\text{Gd}_2\text{O}_3\text{S}:\text{Tb}^{3+}$ 微米亚微米晶及其发光性能研究[J].影像科学与光化学,2017,35(6):824-832.
- [8] 戴智刚,李友芬,李刚,等. Yb^{3+} , Tb^{3+} 共掺杂 $\text{Sr}_2\text{B}_2\text{O}_5$ 荧光粉的制备及其下转换发光性能的研究[J].无机材料学报,2016,31(10):1081-1086.
- [9] 宋江齐,袁曦明,熊晓波. $\text{CaMgP}_2\text{O}_7:\text{Ce}^{3+}$, Mn^{2+} 荧光粉的制备及其发光性能[J].人工晶体学报,2016,45(3):674-679.
- [10] 吕雁鹏,周广洲,于欣阳,等.红色荧光粉 $\text{Ca}_3\text{Y}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}:\text{Pr}^{3+}$ 的制备及发光特性[J].材料导报,2015,29(10):5-8.
- [11] 陈七仙,吴铭,李林茹,等. $\text{NaSr}_4\text{B}_3\text{O}_{(9-3x/2)}\text{N}_x:\text{Eu}^{2+}$ 红色荧光粉制备及发光性能的研究[J].中国稀土学报,2016,34(5):531-537.
- [12] 吴疆,张萍,蒋春东,等.红色荧光粉 $\text{Ca}_3\text{Y}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}:\text{Eu}^{3+}$ 的制备及发光特性[J].稀有金属材料与工程,2016,45(4):1030-1034.
- [13] 程帅,徐旭辉,王鹏久,等.新型电子俘获型材料 $\beta\text{-Sr}_2\text{SiO}_4:\text{Eu}^{2+}$, La^{3+} 长余辉和光激励发光性能的研究[J].物理学报,2015,64(1):325-330.
- [14] 杨勇,韩越,关丽,等. $\text{SrBPO}_5:\text{Dy}^{3+}$ 荧光粉的制备及光谱性能研究[J].光谱学与光谱分析,2017,37(3):723-727.
- [15] 吴鹏超,陆津津,田跃.新型 $\text{Ca}_2\text{Sr}(\text{PO}_4)_6\text{Cl}_2:\text{Mn}^{2+}$ 红色荧光粉的合成及其发光特性[J].太原理工大学学报,2016,47(1):1-4. ■

朗盛开发 PU 弹性体替代橡胶用于制造废物分类耐用星轮

日前,朗盛聚氨酯系统业务部门开发了一种合成橡胶的替代品,该材料可以制造出用于物料分离装置和物料运输的星轮。它是基于 Adiprene 低游离(LF)预聚物生产的聚氨酯(PU)弹性体。PU 星轮不仅具有较长的使用寿命和优异的机械性能,而且还具有耐热性和防潮性。朗盛除了提供材料外还提供星轮的构造设计,构造设计是在 CAD 软件 Solidworks 的支持下,根据产品要求、技术应用和优化算法开发出来的,这个设计已拥有许可证明。“我们已与某北美处理器公司签署了合同,以确保星轮的最终客户可以拥有最高的质量和性能。”朗盛聚氨酯系统业务部全球市场发展负责人 Michael Timm 说道。

(1)使用寿命翻倍。虽然星轮的起源可以追溯到旧报纸的再加工,但现在它们可以用来从各种家庭混合废物中分离出纸张(单流回收)。用于单流循环过程的设备必须能够以高达 50 t/h 的速度处理废流,用于单流物料回收设施(MRF)的每个星形筛选机都由几个安装有星形轮子的钢轴组成,每个工作台面都根据筛选分离面积来安排自己的星轮排列,特别是第一个筛板的星轮极易磨损,因为它们必须在高速运行时分拣出较重的废料部件。“由我们的

Adiprene LF TDI 预聚物制成的车轮版本在工厂中使用,它的耐用性是橡胶组件的两倍。因此,不需要频繁地更换车轮,这节省了材料成本,也延长了设备的维护间隔。”Timm 说。星轮的极端耐磨性来自于 PU 弹性体的高耐磨性、耐撕裂性和抗切割性。

(2)健康保障、职业安全和环境保护。Adiprene LF TDI 依赖于 LF 技术,可将预聚体中游离 TDI 异氰酸酯(甲苯二异氰酸酯)的含量降低到 0.1% 以下。它符合最高的生态和工业卫生标准,使得处理器能够采用最低的保护措施。

(3)低粘度,快脱膜。该材料的优势也体现在加工过程中。根据 Timm 的说法,“Adiprene LF 预聚物系统的可操作时间长和低粘度允许在不使用溶剂的情况下进行可控加工。此外,PU 组件易于脱模,减少浪费,从而提高生产效率。”

(4)在农业、建筑和林业中具有应用潜力。Adiprene LF TDI 的使用并不限于用于废物回收和回收设施的星轮。“我们相信 PU 星轮也可以用于农业,例如用于收割系统或用于处理地膜、泥炭、腐殖质和堆肥。”Timm 解释说。可以在建筑行业进一步应用该材料,包括在建筑物的拆除、林业以及食品、饮料和保健品的快速生产的过程中。(文桦)