

# Li<sup>+</sup> 对 Gd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:Eu<sup>3+</sup> 荧光粉发光性能的影响

廖世才,马非凡,王广发,王龙成

(浙江理工大学材料与纺织学院,杭州 310018)

**摘 要:** 通过水热法,按照不同的 Gd<sup>3+</sup>、Eu<sup>3+</sup> 浓度配比制备 Gd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:Eu<sup>3+</sup> 荧光粉,在 800℃ 热处理后,通过荧光光谱测试发现 Gd<sup>3+</sup> 与 Eu<sup>3+</sup> 浓度比为 20:1 时候发光性能最优。在此基础上,研究了掺杂 Li<sup>+</sup> 离子对 Gd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:Eu<sup>3+</sup> 的结晶性能、晶粒形貌和发光特性的影响。以 X 射线衍射(XRD)、扫描电子显微镜(SEM)、发射光谱等手段表征材料性能。XRD 测试结果表明:所得产物是立方晶系,扫描电镜分析产物主要有长片状和短片状两种形貌,短片状形貌 Gd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:Eu<sup>3+</sup> 荧光粉的荧光强度更高。Li<sup>+</sup> 的掺入能提高 Gd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:Eu<sup>3+</sup> 量子效率、增强 Gd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:Eu<sup>3+</sup> 荧光强度、缩短荧光衰减时间。

**关键词:** 共掺;荧光强度;浓度淬灭;量子效率

**中图分类号:** O63      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1673-3851(2016)05-0702-06      **引用页码:** 090101

## 0 引 言

稀土氧化物本身发射峰窄,色度纯,因此稀土氧化物发光材料在 X 射线发光和阴极发光领,高清晰度投影电视(HDPTV)和平板显示等领域的应用广泛<sup>[1-2]</sup>。氧化钐本身具有独特的电子结构,具有多样性的电子能级和谱线,是一种性能优秀的光学材料,同时具有耐高温耐腐蚀的性能,机械强度高,化学性能稳定,禁带宽度  $E_g$  大,可实现高浓度的稀土离子掺杂<sup>[3-4]</sup>。Eu<sup>3+</sup> f-f 跃迁受外场影响较小,以氧化钐为基质, Eu<sup>3+</sup> 作为激发剂<sup>[5-7]</sup>,可以合成所需的发光性能稳定的荧光粉。Eu<sup>3+</sup> 单掺到氧化钐中发光性能不是特别理想,可以通过掺杂如 Li<sup>+</sup> 离子等进行电荷补偿后改善发光性能,缪翔等<sup>[8]</sup>通过水热法合成 YBO<sub>3</sub>:Eu<sup>3+</sup> 的荧光粉,其发光强度相对于传统的红色荧光粉有了较大提高, Dhananjaya 等<sup>[9]</sup>采用低温溶液燃烧法合成掺杂 Li<sup>+</sup> 的 Gd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:Eu<sup>3+</sup> 的荧光粉,其发射波长在 612 nm, 其发光强度得到很大提高。但是对于水热法合成的掺杂 Li<sup>+</sup> 的 Gd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:Eu<sup>3+</sup> 的荧光粉研究报道较少。

常见的荧光粉末材料一般采用高温固相法、溶胶凝胶法、沉淀法等方法合成<sup>[10-11]</sup>, 高温固相法是将反应温度在 1100~1500℃,易造成颗粒团聚,因此要得到适中的粒度就必须进行研磨,但这样会造成发光亮度的降低。溶胶凝胶法则需要对反应的工艺进行严格控制,对反应环境有较高要求。沉淀法在合成的时候粒度难以控制容易积聚,雾热解法发光强度较高但不适合大规模的工业生产。相对其他反应方法,水热法反应条件温和,合成温度低,产物粒度和形貌可控。本文采用水热法合成 Gd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:Eu<sup>3+</sup> 以及相关的掺杂样品。

## 1 实验部分

### 1.1 实验材料及设备

材料:硝酸铕(分析纯,纯度 99.9%,山东鱼台清达精细化工厂);硝酸钐(分析纯,纯度 99.9%,太仓美达试剂有限公司);硝酸锂(分析纯,上海山海工学团实验二厂);氢氧化钠(分析纯,上海山海工学团实验二厂)。

设备:XRD 衍射仪(瑞士 Therm ARL 公司,Cu K<sub>α</sub> 线,波长为 1.54 nm,扫描范围 20°~80°,扫描速

度  $4^\circ/\text{min}$ ); FL4600 荧光光谱仪; 热场发射扫描电子显微镜(德国 Carl Zeiss SMT Pte Ltd); CJJ78-1 磁力搅拌器(上海梅香仪器公司)。

## 1.2 $\text{Gd}_2\text{O}_3:\text{Eu}^{3+}$ 和 $\text{Gd}_2\text{O}_3:\text{Eu}^{3+}$ 掺杂 $\text{Li}^+$ 荧光粉的制备

### 1.2.1 $\text{Gd}_2\text{O}_3:\text{Eu}^{3+}$ 的制备

称取一定  $\text{Gd}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  和  $\text{Eu}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  溶液配置成 0.2 mol/L 的溶液, 将  $\text{Gd}(\text{NO}_3)_3$ 、 $\text{Eu}(\text{NO}_3)_3$  按照体积比 40 : 1、35 : 1、30 : 1、25 : 1、20 : 1、15 : 1、10 : 1、5 : 1 混合, 然后滴入适量的 1 mol/L 的 NaOH 溶液, 放在磁力搅拌器上搅拌 3 min, 得到絮状沉淀后倒入反应釜, 放入马弗炉中在  $200^\circ\text{C}$  加热 12 h, 冷却至室温后然后取出, 用无水乙醇和蒸馏水洗涤, 过滤后放入干燥箱干燥, 干燥温度设置为  $80^\circ\text{C}$ 。干燥完毕后取出倒入反应舟放进马弗炉, 在  $800^\circ\text{C}$  加热 3 h, 降温冷却后在室温打开。

### 1.2.2 $\text{Gd}_2\text{O}_3:\text{Eu}^{3+}$ 掺杂 $\text{Li}^+$ 的制备

将  $\text{Gd}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  和  $\text{Eu}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{LiNO}_3$  按照体积比 20 : 1 : 0.5、20 : 1 : 1、20 : 1 : 5、20 : 1 : 10、20 : 1 : 15、20 : 1 : 20 加入, 重复上述 1.2.1 中实验操作, 制备掺杂  $\text{Li}^+$  的  $\text{Gd}_2\text{O}_3:\text{Eu}^{3+}$  荧光粉。

## 1.3 $\text{Gd}_2\text{O}_3:\text{Eu}^{3+}$ 和 $\text{Gd}_2\text{O}_3:\text{Eu}^{3+}$ 掺杂 $\text{Li}^+$ 荧光粉的性能表征

采用 XRD 分析两类样品的结晶性; 采用 SEM 分析样品的表面形貌; 采用 FL 光谱仪分析两类样品的发光强度、荧光衰减时间, 采用 QY-2000 测量样品的量子效率。

## 2 分析与讨论

### 2.1 晶型分析

$\text{Gd}_2\text{O}_3:\text{Eu}^{3+}$  荧光粉和掺杂  $\text{Li}^+$  的  $\text{Gd}_2\text{O}_3:\text{Eu}^{3+}$  荧光粉的 XRD 测试结果如图 1 和图 2 所示。

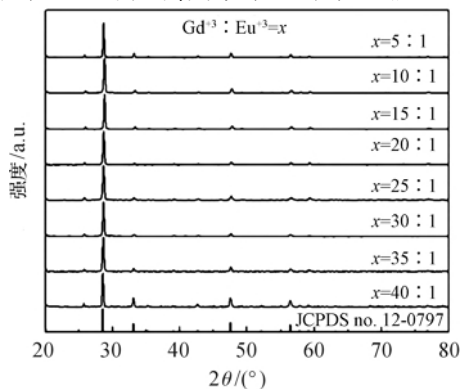


图1  $\text{Gd}_2\text{O}_3:\text{Eu}^{3+}$  的 XRD 测试结果

图 1 为  $\text{Gd}_2\text{O}_3:\text{Eu}^{3+}$  荧光粉的 XRD 检测结果。图谱中第一衍射峰对应(222)晶面, 第二衍射峰对应(400)晶面, 第三衍射峰对应(440)晶面, XRD 的检测结果跟 JCPDS 卡(12-0797 对比发现基本一致, 因此可知得到的是立方晶系。当  $\text{Gd}^{3+}:\text{Eu}^{3+}=20:1$  时, 衍射峰强度最大,  $\text{Gd}^{3+}:\text{Eu}^{3+}=25:1$  次之。XRD 结果表明衍射峰的强度随着  $\text{Eu}^{3+}$  的增加而发生一个先增加, 至  $\text{Gd}^{3+}:\text{Eu}^{3+}=20:1$  的时候达到最强, 然后随着  $\text{Eu}^{3+}$  的继续增大衍射峰强度又降低。

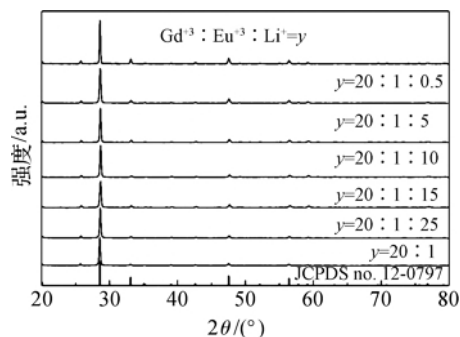
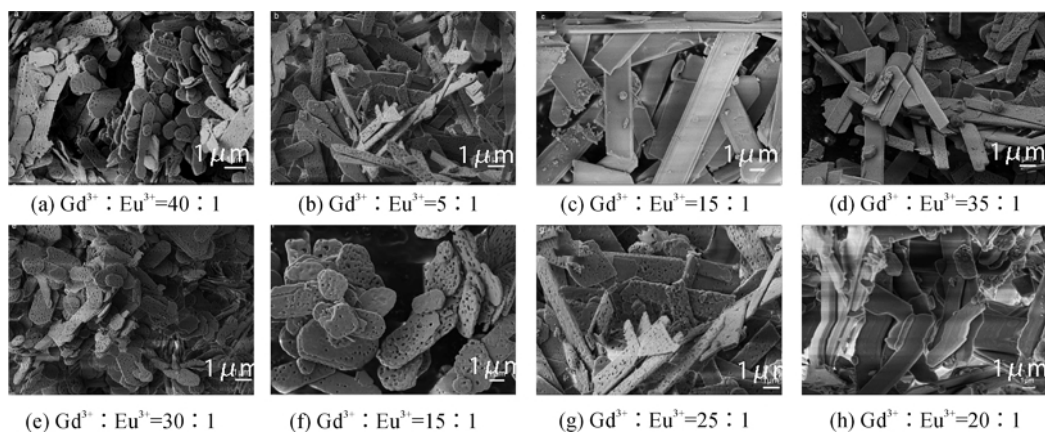
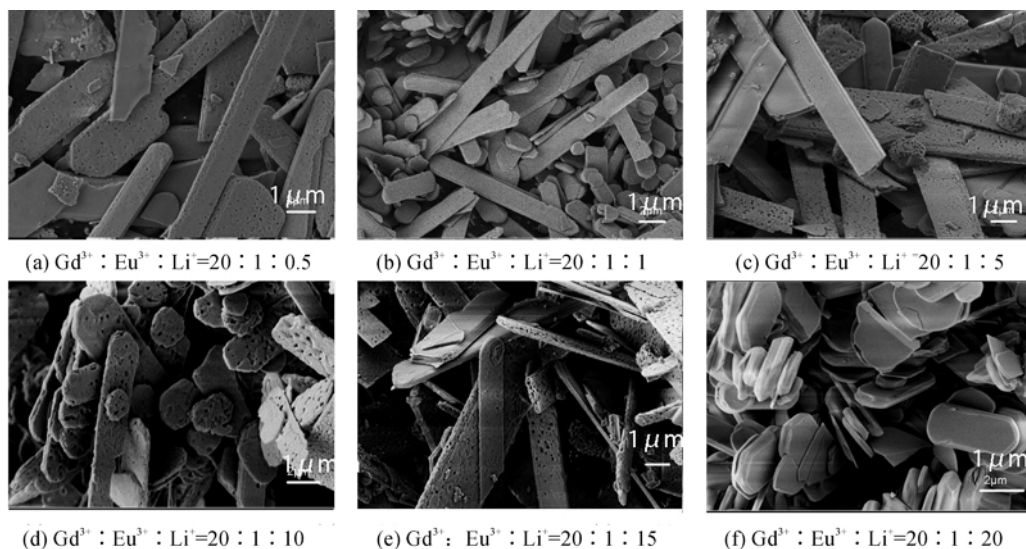


图2 掺杂  $\text{Li}^+$  的  $\text{Gd}_2\text{O}_3:\text{Eu}^{3+}$  的 XRD 测试结果

图 2 是掺杂  $\text{Li}^+$  的  $\text{Gd}_2\text{O}_3:\text{Eu}^{3+}$  荧光粉的 XRD 测试结果。XRD 分析表明所合成的物质中没有  $\text{Li}_2\text{O}$  杂峰, 跟 JCPDS(12-0797) 标准卡对比发现基本吻合, 表明掺杂  $\text{Li}^+$  后仍为立方晶系, 且晶体发育良好。按照不同的掺杂浓度比例发现, 当  $\text{Gd}^{3+}:\text{Eu}^{3+}:\text{Li}^+=20:1:0.5$  时候, 衍射峰强度最高,  $\text{Gd}^{3+}:\text{Eu}^{3+}:\text{Li}^+=20:1:1$  次之, 随着浓度的继续增大, 衍射峰的强度逐渐减小。当  $\text{Gd}^{3+}:\text{Eu}^{3+}:\text{Li}^+=20:1:20$  时, 已经和未掺杂前衍射峰强度接近。说明了  $\text{Li}^+$  的掺入对  $\text{Gd}_2\text{O}_3:\text{Eu}^{3+}$  的结晶性能有一定影响。

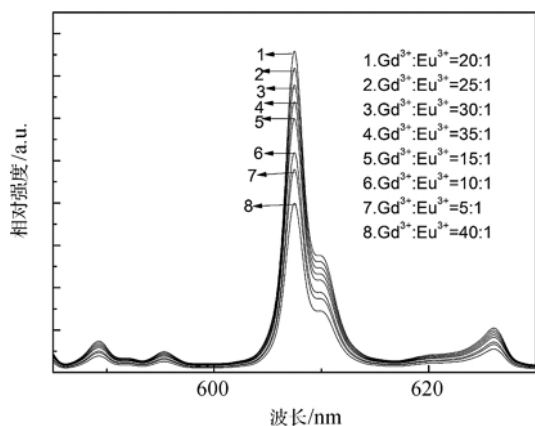
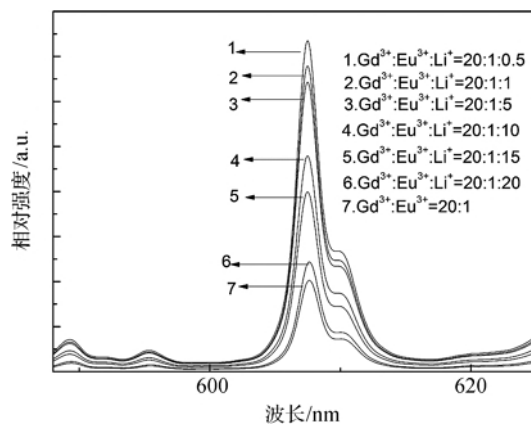
### 2.2 形态分析

$\text{Gd}_2\text{O}_3:\text{Eu}^{3+}$  荧光粉和掺杂  $\text{Li}^+$  的  $\text{Gd}_2\text{O}_3:\text{Eu}^{3+}$  荧光粉的 SEM 测试结果如图 3 和图 4 所示。SEM 分析发现, 未掺杂  $\text{Li}^+$  时候  $\text{Gd}_2\text{O}_3:\text{Eu}^{3+}$  荧光粉样貌多呈窄片状, 宽  $0.6\sim1.2\ \mu\text{m}$ , 长  $30\sim50\ \mu\text{m}$ 。随着  $\text{Li}^+$  的加入, 片状物质的长度逐渐变短  $2\sim5\ \mu\text{m}$ , 宽度仍为  $1\ \mu\text{m}$  左右。随着  $\text{Li}^+$  的掺杂量继续增多, 片状样品逐渐堆叠在一起形成团聚。 $\text{Li}^+$  的掺杂量越多, 团聚现象越明显。说明未掺杂时候,  $\text{Gd}_2\text{O}_3:\text{Eu}^{3+}$  荧光粉的晶粒是沿着某一方向优先生长, 而加入  $\text{Li}^+$  之后, 由于  $\text{Li}^+$  的助溶剂效果使得  $\text{Gd}_2\text{O}_3:\text{Eu}^{3+}$  荧光粉晶粒的生长均匀化。

图3  $\text{Gd}_2\text{O}_3:\text{Eu}^{3+}$  荧光粉 SEM 扫描照片图4 掺杂  $\text{Li}^+$  的  $\text{Gd}_2\text{O}_3:\text{Eu}^{3+}$  的 SEM 扫描照片

### 2.3 荧光光谱分析

$\text{Gd}_2\text{O}_3:\text{Eu}^{3+}$  荧光粉和掺杂了  $\text{Li}^+$  的荧光粉的荧光光谱图如图5和图6所示。

图5 未掺杂  $\text{Li}^+$  的荧光光谱图6 掺杂  $\text{Li}^+$  的荧光光谱

在图5中,显示的  $\text{Eu}^{3+}$  的特征荧光图。最强发射峰对应的 608 nm,也就是发生  $^5\text{D}_0 \rightarrow ^7\text{F}_2$  跃迁所发射的光对应的波长,为重点研究的对象同时还可观

察到位于  $579\text{ nm} (^5\text{D}_0 - ^7\text{F}_0)$ 、 $587\text{ nm}$ 、 $591\text{ nm}$ 、 $597\text{ nm} (^5\text{D}_0 - ^7\text{F}_1)$  和  $628\text{ nm} (^5\text{D}_0 - ^7\text{F}_4)$  的发射。通过 PL 图谱测量结果可以发现, 荧光光谱的强度随着  $\text{Eu}^{3+}$  的掺入而发生变化。当  $\text{Gd}^{3+}:\text{Eu}^{3+}=40:1$  时, 荧光光谱强度最低, 直到  $\text{Gd}^{3+}:\text{Eu}^{3+}=20:1$  时, 强度达到最高值, 而随着  $\text{Eu}^{3+}$  的继续增大, 强度逐渐降低。当  $\text{Gd}^{3+}:\text{Eu}^{3+}=40:1$  时, 中荧光强度最弱。

掺杂  $\text{Li}^+$  之后荧光光谱图如图 6 所示, 掺杂后显示的仍然是  $\text{Eu}^{3+}$  特征峰。相应的发射峰的位置没有发生变化。但是发射峰的强度发生变化。当  $\text{Gd}^{3+}:\text{Eu}^{3+}:\text{Li}^+=20:1:0.5$  时, 其发光强度是未掺杂  $\text{Li}^+$  发光强度的 2.5 倍。当  $\text{Gd}^{3+}:\text{Eu}^{3+}:\text{Li}^+=20:1:1$  时候, 荧光强度为未掺杂时候的 2.3 倍。随着  $\text{Li}^+$  的继续增加, 荧光强度的增幅逐渐降低, 强度依次为原来的 1.8 倍、1.5 倍、1.3 和 1.1 倍。荧光强度测试的结果说明:  $\text{Li}^+$  的掺入能够提高发光强度, 且最高为原来的两倍。过多的  $\text{Li}^+$  的掺入使得强度的增幅减弱。

#### 2.4 量子效率分析

$\text{Gd}_2\text{O}_3:\text{Eu}^{3+}$  荧光粉和掺杂了  $\text{Li}^+$  的  $\text{Gd}_2\text{O}_3:\text{Eu}^{3+}$  荧光粉的量子效率测试结果如图 7 和图 8 所示。

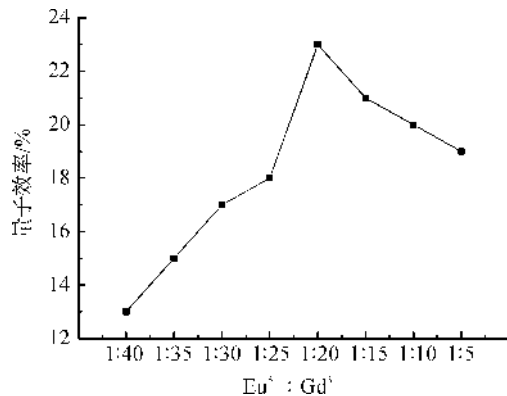


图 7 未掺杂  $\text{Li}^+$  量子效率随着  $\text{Eu}^{3+}:\text{Gd}^{3+}$  变化的关系

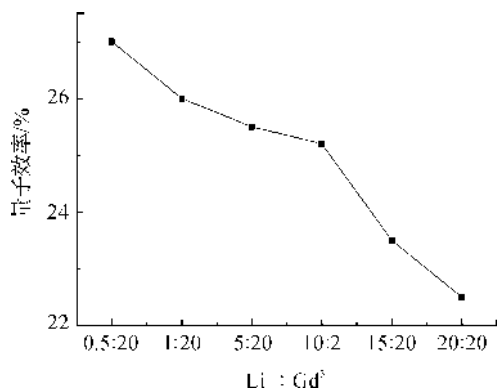


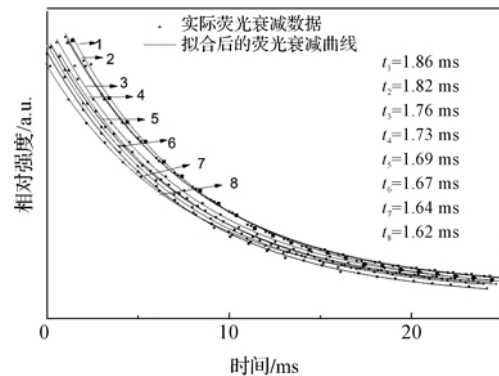
图 8 掺杂  $\text{Li}^+$  量子效率随着  $\text{Li}^+:\text{Gd}^{3+}$  变化的关系

图 7 反应了  $\text{Gd}_2\text{O}_3:\text{Eu}^{3+}$  荧光粉的量子效率随着  $\text{Eu}^{3+}$  变化关系图, 随着  $\text{Eu}^{3+}$  的含量增大, 量子效率逐渐增大, 当  $\text{Gd}^{3+}:\text{Eu}^{3+}=20:1$  达到最大值, 随着  $\text{Eu}^{3+}$  的继续增大量子效率降低。随着  $\text{Eu}^{3+}$  浓度的继续增加, 量子效率依次下降了 1%、2%、3%。

在图 8 中, 选取  $\text{Eu}^{3+}:\text{Gd}^{3+}=1:20$  掺入  $\text{Li}^+$  量子效率均有不同幅度增大。最高点为  $\text{Gd}^{3+}:\text{Eu}^{3+}:\text{Li}^+=20:1:0.5$ , 随着  $\text{Li}^+$  的掺入量增大, 量子效率的增幅减缓。表明掺杂  $\text{Li}^+$  可能促使了  $\text{Gd}^{3+}$ 、 $\text{Eu}^{3+}$ 、 $\text{Li}^+$  之间有能量转移,  $\text{Li}^+$  起到了助溶剂的效果, 而当  $\text{Li}^+$  继续增大  $\text{Gd}_2\text{O}_3:\text{Eu}^{3+}$  荧光粉会发生团聚, 因而量子效率降低。

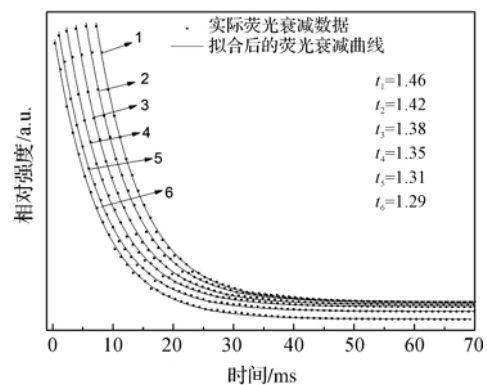
#### 2.5 荧光衰减曲线表征

$\text{Gd}_2\text{O}_3:\text{Eu}^{3+}$  荧光粉和掺杂了  $\text{Li}^+$  的荧光粉的荧光衰减测试结果如图 9 和图 10 所示。



1.  $\text{Gd}^{3+}:\text{Eu}^{3+}=40:1$ ; 2.  $\text{Gd}^{3+}:\text{Eu}^{3+}=5:1$ ;
3.  $\text{Gd}^{3+}:\text{Eu}^{3+}=15:1$ ; 4.  $\text{Gd}^{3+}:\text{Eu}^{3+}=35:1$ ;
5.  $\text{Gd}^{3+}:\text{Eu}^{3+}=30:1$ ; 6.  $\text{Gd}^{3+}:\text{Eu}^{3+}=15:1$ ;
7.  $\text{Gd}^{3+}:\text{Eu}^{3+}=25:1$ ; 8.  $\text{Gd}^{3+}:\text{Eu}^{3+}=20:1$

图 9  $\text{Gd}_2\text{O}_3:\text{Eu}^{3+}$  荧光粉衰减时间测量与拟合对比



1.  $\text{Gd}^{3+}:\text{Eu}^{3+}:\text{Li}^+=20:1:20$ ; 2.  $\text{Gd}^{3+}:\text{Eu}^{3+}:\text{Li}^+=20:1:15$ ; 3.  $\text{Gd}^{3+}:\text{Eu}^{3+}:\text{Li}^+=20:1:10$ ;
4.  $\text{Gd}^{3+}:\text{Eu}^{3+}:\text{Li}^+=20:1:5$ ; 5.  $\text{Gd}^{3+}:\text{Eu}^{3+}:\text{Li}^+=20:1:1$ ; 6.  $\text{Gd}^{3+}:\text{Eu}^{3+}:\text{Li}^+=20:1:0.5$

图 10 掺杂  $\text{Li}^+$   $\text{Gd}_2\text{O}_3:\text{Eu}^{3+}$  荧光粉衰减时间测量与拟合对比

图9是 $\text{Gd}_2\text{O}_3:\text{Eu}^{3+}$ 荧光粉的衰减曲线图。本文测量了608 nm发射波长随时间的荧光衰减变化,采用单指数拟合得到了相应的荧光衰减时间。当 $\text{Gd}^{3+}:\text{Eu}^{3+}=40:1$ 时,荧光衰减时间为1.86 ms,当 $\text{Eu}^{3+}$ 的含量继续增大,荧光衰减时间逐渐缩短,当 $\text{Gd}^{3+}:\text{Eu}^{3+}=20:1$ 时,荧光衰减时间缩短至最短的1.62 ms,随着 $\text{Eu}^{3+}$ 的再次增大,荧光衰减时间开始增加,当 $\text{Gd}^{3+}:\text{Eu}^{3+}=5:1$ 时,荧光衰减时间为1.76 ms,整个过程中荧光衰减经历了先缩短然后增加的变化。说明了 $\text{Eu}^{3+}$ 的含量与荧光衰减时间的长短之间有某种联系。

为了进一步探索 $\text{Li}^+$ 在 $\text{Gd}_2\text{O}_3:\text{Eu}^{3+}$ 光致发光中所起到的作用,测量了在393 nm激发下608 nm发射波长的荧光衰减曲线图,采用单指数拟合得到了相应的荧光衰减时间。掺杂前衰减时间随着 $\text{Eu}^{3+}$ 的含量不同而变化,范围波动变化为1.62~1.86 ms,掺杂后荧光衰减时间均发生不同幅度缩短,波动范围为1.29~1.46 ms。衰减时间的减少与 $\text{Li}^+$ 的助溶剂效果存在一定关联,进一步的研究正在进行中。

### 3 结 论

a)  $\text{Li}^+$ 掺入并没有改变晶体的晶系结构,仍为立方晶系。

b) 掺杂 $\text{Li}^+$ 使 $\text{Gd}_2\text{O}_3:\text{Eu}^{3+}$ 荧光粉的晶貌结构发生变化。未掺杂 $\text{Li}^+$ 时晶体析出呈方片状,随着 $\text{Li}^+$ 的掺入量增大,方片状样品长度缩短。继续增大 $\text{Li}^+$ 的掺入量团聚现象明显。

c) 水热法制备的 $\text{Gd}_2\text{O}_3:\text{Eu}^{3+}$ 荧光粉发光强度随着 $\text{Li}^+$ 掺杂量的变化而变化, $\text{Gd}^{3+}:\text{Eu}^{3+}:\text{Li}^+$ 为20:1:0.5时发光强度达到最大,为未掺杂 $\text{Li}^+$ 时候 $\text{Gd}_2\text{O}_3:\text{Eu}^{3+}$ 发光强度的2倍。随着 $\text{Li}^+$ 的含量继续增加,由于 $\text{Li}^+$ 引起的晶粒团聚,发光强度相对未掺杂 $\text{Li}^+$ 时增幅下降。

d)  $\text{Gd}^{3+}:\text{Eu}^{3+}:\text{Li}^+$ 在20:1:0.5时候最大,当 $\text{Li}^+$ 的继续增大量子效率相对未掺杂时增幅降低。

e) 掺杂 $\text{Li}^+$ 比未掺杂 $\text{Li}^+$ 有效缩短 $\text{Gd}_2\text{O}_3:\text{Eu}^{3+}$ 荧光衰减时间0.2~0.6 ms。

### 参考文献:

- [1] 吴亚茹,曹兴忠,李玉晓,等. 稀土铕离子掺杂聚合物基荧光材料的研究进展[J]. 郑州大学学报,2015,29(5):140-145.
- [2] 闫凤巧,肖林久,谢颖,等.  $\text{Gd}_2\text{O}_3$  掺  $\text{Yb}^{3+}$  和  $\text{Eu}^{3+}$  荧光粉的制备以及发光性能[J]. 信阳师范学院学报,2015,28(3):385-389.
- [3] 王进贤,车红锐,董相廷. 静电纺丝技术制备  $\text{Gd}_2\text{O}_3:\text{Eu}^{3+}$  发光纳米纤维与表征[J]. 光学学报,2012,30(2):472-475.
- [4] 蒲勇,刘碧桃,朱达川,等. 溶剂热-溶胶凝胶两步法合成  $(\text{Y,Gd})(\text{P,V})\text{O}_4:\text{Eu}^{3+},\text{Bi}^{3+}$  荧光粉及其发光研究[J]. 稀有金属材料工程,2015,44(10):2529-2533.
- [5] 周卫新,刘军,刘延雷.  $\text{Ba}_3\text{Gd}(\text{BO}_3)_3:\text{Eu}^{3+},\text{Tb}^{3+}$  荧光粉的制备及其发光性能的研究[J]. 光源与照明,2015,(1):15-19.
- [6] 桑晓彤,雷明霞,连景宝.  $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S}:\text{Eu}^{3+}$  发光粉的还原法合成与光致发光[J]. 中国陶瓷,2015,51(4):21-26.
- [7] 陶萍芳,覃利琴,庞起. 超声波辅助合成  $\text{YOF}:\text{Tb}$  荧光粉及其荧光性能[J]. 广西大学学报,2015,44(2):40-44.
- [8] 缪翔,曾红春,杨静静,等. 掺杂 $\text{Li}^+$ 对荧光粉 $\text{YBO}:\text{Eu}^{3+}$ 发光性能的影响[J]. 浙江理工大学学报,2012,29(2):270-273.
- [9] DHANANJAYA N, NAGABHUSHANA H, NAGABHUSHANA B M, et al. Effect of  $\text{Li}^+$ -dopant on photoluminescence of  $\text{Gd}_2\text{O}_3:\text{Eu}^{3+}$  + nanophosphor[J]. Aip Conference,2011,1349(1):1247-1248.
- [10] TAMRAKAR R K, BISEN D P, BRAHME N, et al. Structural and luminescence behavior of  $\text{Gd}_2\text{O}_3:\text{Er}^{3+}$  phosphor synthesized by solid state reaction method[J]. Optik,2015,126:2654 - 2658.
- [11] TAMRAKAR R K, BISEN D P, UPADHYAY K, et al. Upconversion and colour tunability of  $\text{Gd}_2\text{O}_3:\text{Er}^{3+}$  phosphor prepared by combustion synthesis method[J]. Journal of Alloys and Compounds,2016,655:423-432.

## Effect of Li<sup>+</sup> Doping on the Luminescent Properties of Gd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:Eu<sup>3+</sup>

LIAO Shicai, MA Feifan, WANG Guangfa, WANG Longcheng

(College of Materials and Textiles, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 30018, China)

**Abstract:** Gd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:Eu<sup>3+</sup> phosphors with different concentration ratio of Gd<sup>3+</sup> and Eu<sup>3+</sup> were prepared by hydrothermal method. After heat treatment at 800°C, Gd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:Eu<sup>3+</sup> phosphors with a 20 : 1 ratio of Gd<sup>3+</sup> to Eu<sup>3+</sup> obtained the optimum fluorescence intensity. On this basis, the Gd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:Eu<sup>3+</sup> doped with Li<sup>+</sup> were synthesized by the same method. The effect of Li<sup>+</sup> on the structural, morphological, and luminescent properties were studied by means of X-ray diffraction (XRD), scanning electron microscope (SEM), and PL spectra. XRD results showed that the samples have a cubic structure. SEM analysis showed that there are two main morphologies: long sheet and short sheet, and the fluorescence intensity of Gd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:Eu<sup>3+</sup> phosphors with short sheet is higher. The doping of Li<sup>+</sup> may improve the luminescent intensity and quantum efficiency of Gd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:Eu<sup>3+</sup> phosphors and shorten the fluorescence decay time.

**Key words:** co-doping; fluorescence intensity; concentration quenching; quantum efficiency

(责任编辑:唐志荣)