

LiMgPO₄:Tm, Tb 的热释光和光释光陷阱参数

郭竞渊 唐强 唐桦明 张纯祥 罗达玲 刘小伟

Thermoluminescence and optical stimulated luminescence trap parameters of LiMgPO₄:Tm, Tb

Guo Jing-Yuan Tang Qiang Tang Hua-Ming Zhang Chun-Xiang Luo Da-Ling Liu Xiao-Wei

引用信息 Citation: *Acta Physica Sinica*, **66**, 107802 (2017) DOI: 10.7498/aps.66.107802

在线阅读 View online: <http://dx.doi.org/10.7498/aps.66.107802>

当期内容 View table of contents: <http://wulixb.iphy.ac.cn/CN/Y2017/V66/I10>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

利用慢特征分析法提取层次结构系统中的外强迫

[Extracting the driving force signal from hierarchy system based on slow feature analysis](#)

物理学报.2017, 66(8): 080501 <http://dx.doi.org/10.7498/aps.66.080501>

复杂网络谱粗粒化方法的改进算法

[Improved algorithm of spectral coarse graining method of complex network](#)

物理学报.2017, 66(6): 060502 <http://dx.doi.org/10.7498/aps.66.060502>

弹性需求下的网络交通流逐日动态演化

[Day-to-day dynamical evolution of network traffic flow with elastic demand](#)

物理学报.2017, 66(6): 060501 <http://dx.doi.org/10.7498/aps.66.060501>

强迫 Lorenz 系统的可预报性研究

[Predictability of forced Lorenz system](#)

物理学报.2017, 66(6): 060503 <http://dx.doi.org/10.7498/aps.66.060503>

基于广义似然比判决的混沌信号重构方法

[Reconstruction algorithm of chaotic signal based on generalized likelihood ratio threshold-decision](#)

物理学报.2017, 66(4): 040503 <http://dx.doi.org/10.7498/aps.66.040503>

LiMgPO₄:Tm, Tb的热释光和光释光陷阱参数*郭竞渊 唐强[†] 唐桦明 张纯祥 罗达玲 刘小伟

(中山大学物理学院, 广州 510275)

(2017年1月13日收到; 2017年3月5日收到修改稿)

采用高温固相法合成了LiMgPO₄:Tm, Tb粉末样品, 测定了热释光陷阱参数激发能 E 和频率因子 s . 用脉冲退火和多次退火方法研究了其光释光陷阱参数 E 和 s , 并与用多速法得到的热释光的结果进行了比较. 对不同 β 射线剂量照射的样品发光曲线的研究表明, 300 °C高温峰属于一级动力学发光峰. 通过对热释光和光释光陷阱的相关性研究表明, 经200 °C预热的热释光信号(对应于300 °C高温峰)和光释光信号很有可能来自于同一深度的陷阱.

关键词: 光释光, 磷酸锂镁, 发光曲线分析, 陷阱参数

PACS: 78.60.Kn, 78.60.Lc, 61.72.U-

DOI: 10.7498/aps.66.107802

1 引言

近年来, LiMgPO₄作为基质的磷光体材料备受关注. Dhabekar等^[1]研制LiMgPO₄:Tb, B磷光体, 具有非常强的OSL信号, 主要热释光(TL)发光峰温在230 °C和410 °C左右, 其中230 °C的TL发光峰的灵敏度约为CaSO₄:Dy的0.26倍. Menon等^[2]研制出了TL信号灵敏度为CaSO₄:Dy的2.5倍的LiMgPO₄:Tb磷光体, 但其主发光峰温较低, 大约在170 °C, 在室温下1个月的信号衰退大约为原来的7%. Gai等^[3]发现在LiMgPO₄:Tb, B中掺入Sm³⁺, 样品的光释光(OSL)灵敏度可以提高到原来的2倍左右. LiMgPO₄:Eu, Sm, B^[4]的主发光峰温为354 °C, 可以应用于OSL实时剂量测量. Guo等^[5]制备了LiMgPO₄:Tm, Tb粉末样品, 该磷光体具有300 °C的主发光峰, TL和OSL都具有较高的灵敏度, 并具有良好的稳定性和可重复性, 有可能成为一种可以实用的光释光材料. 对LiMgPO₄作为基质的磷光体材料的释光特性的研究, 大多都只局限于其TL的陷阱参数, 并没有涉及OSL的陷阱参数. LiMgPO₄:Tm, Tb磷光体作

为一种有应用前景的光释光材料, 分析它的TL陷阱和OSL陷阱的动力学参数, 有助于我们理解这个材料的发光机理, 对研究TL和OSL陷阱之间的联系也是很有意义的.

研究热释光的发光机理已有多年的历史. 测定和分析TL发光曲线, 可以了解热释光的发光机理和模型参数从而解释热释光现象. 热释光发光曲线分析基于热释光动力学模型. Randall和Wilkins^[6]基于简化的能带模型, 假定在陷阱中的电子为玻尔兹曼分布, 电子一旦从陷阱中释放出来就会复合而不会再落入陷阱, 从而推导出了热释光发光曲线的“一级机理”的数学公式. 此后, Garlick和Gibson^[7]假设热激发到导带的电子有相当大的再俘获和复合的概率的存在, 推导出了热释光发光曲线的二级动力学公式. 一级和二级动力学方程是两种简化的处理. 当上述假定都不能满足时, 热释光发光峰可用一般级动力学方程描述. 动力学模型在研究LiF和Al₂O₃等的TL陷阱上获得了成功的应用. 基于TL动力学模型, 热释光陷阱深度 E 和频率因子 s 可用多种分析方法得出^[8], 这些方法通常要借助热退火处理. 因为所涉及的激发过程不同,

* 国家自然科学基金(批准号: 11375278)、广东省自然科学基金(批准号: 2016A030313276)和广州市科技计划项目(批准号: 20160701168)资助的课题;

[†] 通信作者. E-mail: ststq@mail.sysu.edu.cn

这些方法不能直接应用于OSL陷阱参数分析. 脉冲退火技术借助热处理和光激发, 对OSL陷阱参数的研究提供了可行的途径. 脉冲退火技术通常用于石英的OSL研究中, 以获得关于OSL陷阱和空穴储层的动力学参数的信息^[9]. Pagonis等^[10]使用石英进行不同加热速率的脉冲退火实验, 结果表明脉冲退火技术能得到合适的OSL陷阱和空穴储层的动力学参数. 脉冲退火技术也可以应用于测年中, 用以确定正确的热处理方法^[11].

本文采用高温固相法合成LiMgPO₄:Tm, Tb粉末样品, 使用多速法研究了该磷光体的TL信号, 确定TL陷阱参数 E 和 s ; 并使用脉冲退火和多次退火的方法分别研究了该样品的OSL信号, 确定了OSL陷阱参数 E 和 s , 与TL进行对比, 并为探索OSL的最佳测量条件提供了依据. 此外, 还与其他LiMgPO₄作为基质的磷光体的主发光峰的陷阱深度进行了对比.

2 材料制备与测量装置

本文采用高温固相法制备了LiMgPO₄:Tm, Tb磷光体. 将适量的LiOH·H₂O, NH₄H₂PO₄, Mg(NO₃)₂·6H₂O, Tm₂O₃和Tb₄O₇放入玛瑙研钵中, Tm, Tb离子的摩尔浓度均为0.5 mol%, 加入适量去离子水, 充分研磨至均匀糊状; 然后将糊状物放入氧化铝小杯, 并置于电炉上加热蒸干; 再将氧化铝杯放入管式炉中, 在1000 °C的高温下热处理2 h; 最后取出样品快速冷却, 再将样品研磨成粉末封入样品袋.

采用Risø TL/OSL-15-B/C热释光光释光测量仪对LiMgPO₄:Tm, Tb样品进行辐照, 热释光发光曲线和光释光衰退曲线的测量. 辐照使用仪器配备的⁹⁰Sr β放射源, 剂量率约为0.10 Gy/s. 测量OSL时激发光源采用蓝色发光二极管, 发光波长为470 nm, 功率为45 mW/cm², 测量中使用了U340滤光片, 用以滤除激发光.

3 测量方法与结果

3.1 TL陷阱参数

我们测量了不同辐照剂量下的发光曲线, 用于观察TL发光峰位随剂量变化的情况. 实验步骤如下: 选取单一样品, 从室温预热到500 °C, 升温速率为5 °C/s, 保持30 s. 然后使用⁹⁰Sr β放射源

辐照0.1 Gy, 再测量和记录TL发光曲线, 升温速率为5 °C/s. 重复以上步骤, 改变辐照剂量为0.2, 0.5, 1, 2, 5, 10, 20, 50 Gy, 再测量和记录TL发光曲线. LiMgPO₄:Tm, Tb的随剂量改变的TL发光曲线如图1所示, 可以看到, LiMgPO₄:Tm, Tb磷光体有三个主要发光峰, 低温峰峰温在90 °C左右, 高温峰峰温在300 °C左右. 图2给出了高温峰的峰温随剂量改变的变化规律, 可以看出, 辐照剂量从0.1 Gy增加到50 Gy. 高温峰的峰温几乎不随剂量的改变而变化.

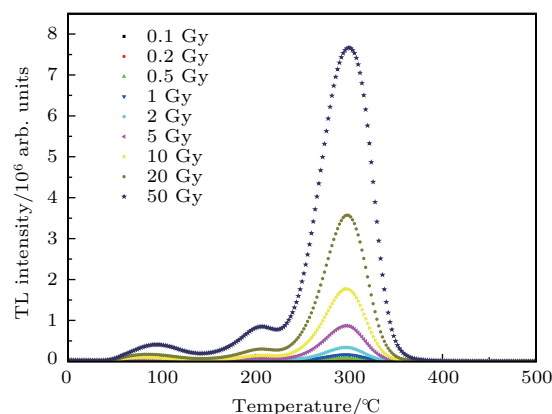


图1 (网刊彩色) LiMgPO₄:Tm, Tb随剂量改变的TL发光曲线

Fig. 1. (color online) The TL glow curves of LiMgPO₄:Tm, Tb with different doses.

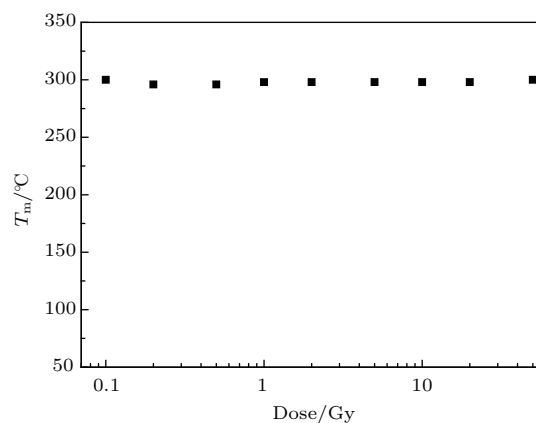


图2 随剂量改变的LiMgPO₄:Tm, Tb的TL高温峰的峰温

Fig. 2. The TL high temperature peak positions of LiMgPO₄:Tm, Tb with different doses.

一级动力学与二级动力学一个重要的不同在于, 发光峰 T_m 不随辐射剂量增加向低温方向移动, 二级动力学的发光峰峰温随陷阱中的初始电子浓度 n_0 增加而向低温方向移动. 此外, 一级动力学方程描述的发光峰形是不对称的, 当温度高于峰温 T_m 时, 发光峰下降较快, 二级动力学的峰形则显得

对称些. 如图 2 所示, 高温峰几乎不随辐射剂量的增加而移动. 若 T_m , T_1 , T_2 分别为峰温和半峰高时发光曲线对应的低端和高端的温度, 形状因子 μ_g 为 [12,13]

$$\mu_g = (T_2 - T_m)/(T_2 - T_1).$$

当 $\mu_g = 0.42$ 时为一级动力学峰, $\mu_g = 0.52$ 时为二级动力学峰. 本实验得到的 0.1—50 Gy 的发光峰形状因子平均值 $\mu_g = 0.43$, 表明 300 °C 高温峰属于一级动力学所描述的发光峰.

同时测量了不同升温速率下峰温的变化规律. 实验步骤如下: 选取单一样品, 从室温预热到 500 °C, 升温速率为 5 °C/s, 保持 30 s; 然后使用 ^{90}Sr β 放射源辐照 1 Gy, 再测量和记录 TL 发光曲线, 升温速率为 0.1 °C/s. 重复以上步骤, 改变测量 TL 时的升温速率为 0.2, 0.5, 1, 2, 5 °C/s, 再测量和记录 TL 发光曲线, 如图 3 所示. 从图 3 中可以看出, 升温速率从 0.1 °C/s 增加到 5 °C/s 的过程中, 高温峰的峰温逐渐向高温方向移动.

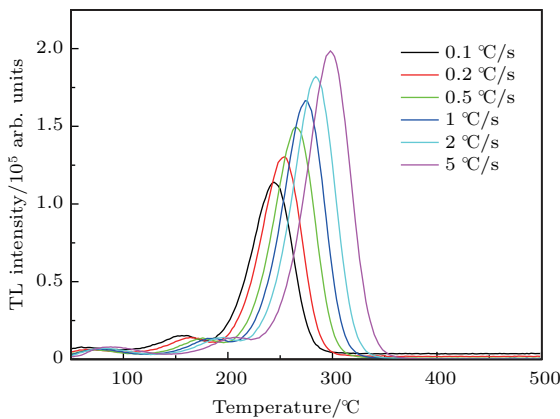


图 3 (网刊彩色) LiMgPO₄:Tm, Tb 随线性升温速率变化的 TL 发光曲线
Fig. 3. (color online) The TL glow curves of LiMgPO₄:Tm, Tb with different linear heating rates.

根据 TL 的动力学理论, T_m 和升温速率 β 的关系为 $\frac{\beta E}{kT_m^2} = s \exp\left(-\frac{E}{kT_m}\right)$, 因此可得到

$$\ln\left(\frac{T_m^2}{\beta}\right) = \left(\frac{1}{kT_m}\right)E + \ln\left(\frac{E}{sk}\right), \quad (1)$$

式中, s 是频率因子, E 是陷阱深度, k 是玻尔兹曼常数, T_m 是峰温, β 是升温速率. 利用方程 (1), Hoogenstraaten [14] 建议使用几个不同的加热速度并记录每次的 T_m 值, 做 $\ln(T_m^2/\beta) \propto 1/T_m$ 图, 得到一条斜率为 E/k 、截距为 $\ln(E/ks)$ 的直线, 可得到 E 和 s 的值. 根据 Randall-Wilkins 模型 [6] 的预言,

提高加热速率可使发光峰的最大峰温向高温方向移动. 多速法是在升温速率为 0.1, 0.2, 0.5, 1, 2, 5 °C/s 时测定的发光曲线, 如图 3 所示. 用一级动力学函数拟合得到高温峰的发光峰温, 再由 (1) 式得到的斜率和截距计算 E 和 s 值, 如图 4 所示, 所得结果为 $E = 1.72$ eV, $s = 3.97 \times 10^{14}$.

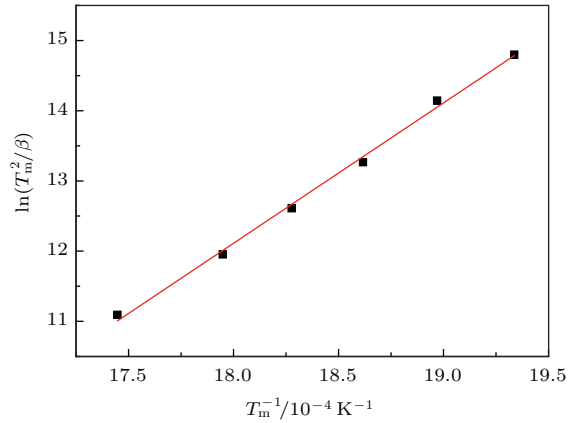


图 4 $\ln(T_m^2/\beta)$ 对 $1/T_m$ 做图
Fig. 4. Plot of $\ln(T_m^2/\beta)$ against $1/T_m$.

3.2 OSL 的脉冲退火法

Li 等 [15] 认为如果符合一级动力学所表示的缺陷模型, 则可以使用脉冲退火技术的多速法来确定 OSL 的陷阱参数. 而陷阱参数 E 和 s 和线性升温速率则满足以下等式:

$$\ln\left(\frac{T_m^2}{\beta}\right) = \left(\frac{1}{kT_m}\right)E + \ln\left(\frac{E}{sk}\right), \quad (2)$$

T_m 是 OSL 的微分强度得到的最大值, β 是预热过程的升温速率, k 是玻尔兹曼常数, s 是频率因子, E 是陷阱深度.

研究光释光陷阱参数的脉冲退火的方法步骤如下: 先选取单一的样品, 从室温预热到 500 °C, 升温速率为 5 °C/s, 保持 30 s, 对样品进行退火. 然后使用 ^{90}Sr β 放射源辐照 2 Gy, 再预热到 150 °C, 升温速率为 0.5 °C/s, 冷却到室温, 测量和记录 OSL, 保持 0.2 s. 然后改变辐照后的预热温度, 每次提高 10 °C, 重复辐照后的步骤 (不包括辐照), 保持升温速率不变, 直到 500 °C, 测量和记录 OSL. 重复以上步骤, 改变辐照后的预热升温速率为 1, 2, 5 °C/s, 分别测量和记录 OSL. 对以上实验进行了 6 次重复测量, 去掉最大最小值求平均, 得到 OSL.

图 5 给出了在不同的升温速率下 OSL 信号的积分强度与预热温度的关系. 积分强度为 OSL 信号在测量时间中的叠加值. 随着预热温度的增加,

残留 OSL 信号在逐步减少, 并且都在 150—250 °C 之间, 有一个明显平缓过程.

图 6 给出了在不同的升温速率下, OSL 信号的微分强度与预热温度的关系. 微分强度是两个相邻的积分强度相减的值, 这个值显示了在给定温度下由于加热而释放的 OSL 信号的强度. 图 6 中的横坐标的温度值为测量过程中的平均温度, 可见在预热温度为 250—300 °C 之间, 都有一个明显的峰, 并且这个峰温随着升温速率的增加逐渐向高温方向移动. 这个趋势与图 3 非常接近.

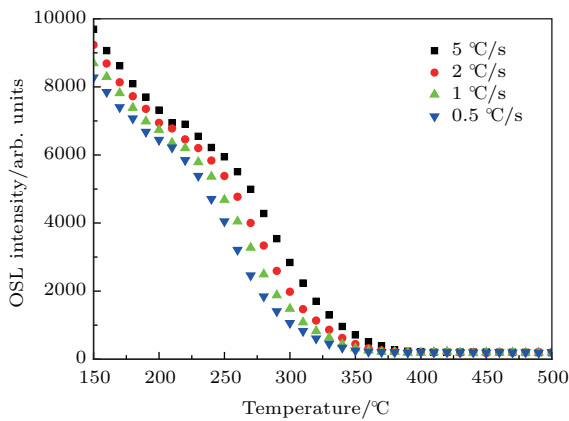


图 5 (网刊彩色) 激发时间为 0.2 s 的 OSL 的积分强度与预热温度的关系

Fig. 5. (color online) The relationship between the integral intensity of OSL and the preheating temperature with 0.2 s excitation time.

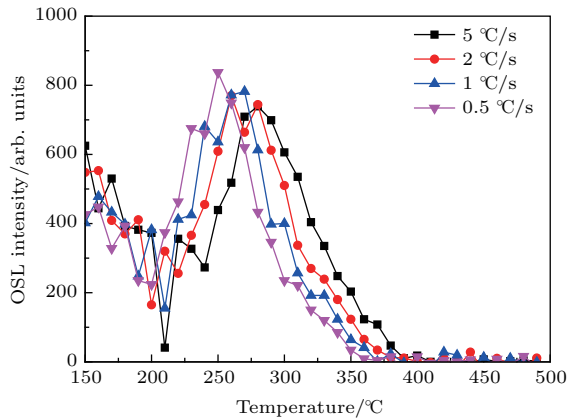


图 6 (网刊彩色) 曝光 0.2 s 的 OSL 的微分强度与预热温度的关系

Fig. 6. (color online) The relationship between the differential intensity of OSL and the preheating temperature 0.2 s excitation time.

当使用脉冲退火方法来确定陷阱参数时, 还需假定 OSL 陷阱中不存在电子转移现象^[15]. 由图 6, 使用一级动力学拟合得到高温峰的发光峰温, 如表 1; 再由 (2) 式得到斜率和截距, 如图 7 所

示, 计算得到激发时间为 0.2 s 的 OSL 陷阱参数 $E = 1.57 \text{ eV}$, $s = 2.94 \times 10^{13}$.

3.3 OSL 的多次退火法

由图 6 可以看出, 脉冲退火方法的数据涨落比较大, 而且该方法只记录了 OSL 快衰退成分的信号, 只能适合灵敏度非常高并且 OSL 信号主要为快衰退成分的样品. 为了增加对 OSL 慢衰退成分信号的研究, 在脉冲退火方法的基础上改进为多次退火方法. 实验步骤如下: 先选取单一的样品, 从室温预热到 500 °C, 升温速率为 5 °C/s, 保持 30 s, 对样品进行退火; 然后使用 ^{90}Sr β 放射源辐照 1 Gy, 再预热到 150 °C, 升温速率为 0.2 °C/s, 冷却到室温后, 再测量和记录 OSL, 保持 500 s. 然后重复以上的步骤, 改变辐照后的预热温度, 每次提高 10 °C, 保持升温速率不变, 直到 500 °C, 测量和记录 OSL. 重复以上步骤, 改变辐照后的预热升温速率为 0.5, 1, 2 °C/s, 分别测量和记录 OSL. 图 8 给出了在不同的升温速率下, OSL 信号的微分强度与预热温度的关系.

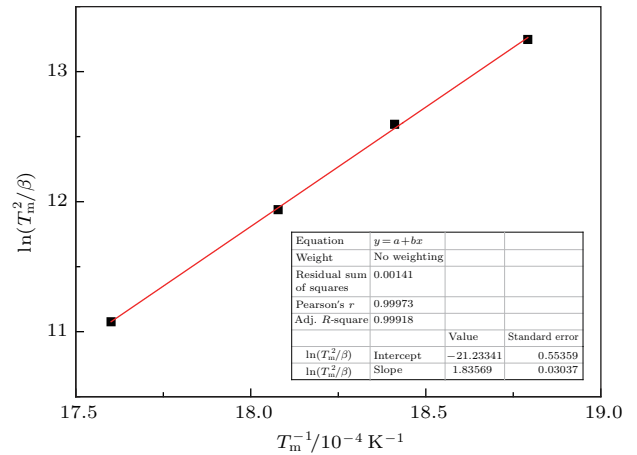


图 7 $\ln(T_m^2/\beta)$ 对 $1/T_m$ 做图

Fig. 7 Plot of $\ln(T_m^2/\beta)$ against $1/T_m$.

数据处理方法与 2.2 节类似, 图 9 中的横坐标的温度值为测量过程中的平均温度. 从图 6 与图 9 的对比可以看出, 多次退火方法得到的曲线更光滑.

与 2.2 节同理, 根据 Li 等^[15] 的假设, OSL 信号与陷阱中的电子浓度是成比例的, OSL 信号强度 $I = Cn$, C 是常数, n 是电子浓度. 因此长时间激发的 OSL 信号与短时间激发的 OSL 一样, 也能使用他们提出的数据处理方法计算 OSL 的陷阱参数.

由图 9, 使用一级动力学拟合得到高温峰的发光峰温, 如表 2, 再由 (2) 式得到斜率和截距, 如图 10 所示, 计算得到激发时间为 500 s 的 OSL 陷阱参数 $E = 1.69$ eV, $s = 1.05 \times 10^{14}$.

表 1 一级动力学拟合图 6 得到的峰温

Table 1. The peak positions of first order kinetics fitting in Fig. 6.

| | | | | |
|--|-----|-----|-----|-----|
| 升温速率/ $^{\circ}\text{C}\cdot\text{s}^{-1}$ | 0.5 | 1 | 2 | 5 |
| 一级动力学峰位/ $^{\circ}\text{C}$ | 259 | 270 | 280 | 295 |

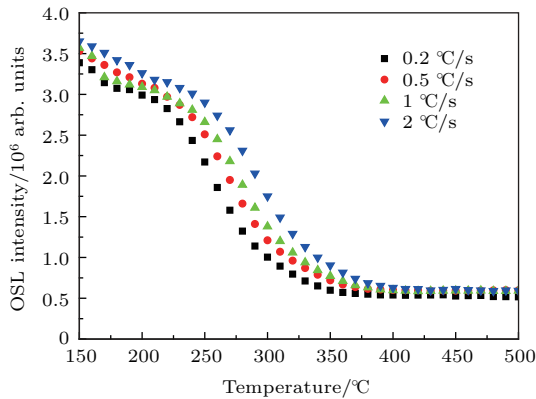


图 8 (网刊彩色) 激发时间为 500 s 的 OSL 的积分强度与预热温度的关系

Fig. 8. (color online) The relationship between the integral intensity of OSL and the preheating temperature with 500 s excitation time.

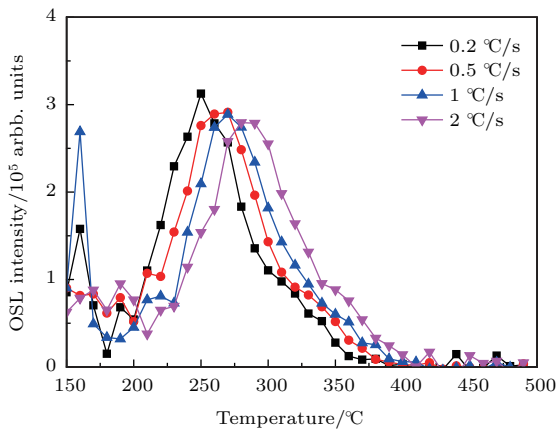


图 9 (网刊彩色) 激发时间为 500 s 的 OSL 的微分强度与预热温度的关系

Fig. 9. (color online) The relationship between the differential intensity of OSL and the preheating temperature 500 s excitation time.

表 2 一级动力学拟合图 9 得到的峰温

Table 2. The peak positions of first order kinetics fitting in Fig. 9.

| | | | | |
|--|-----|-----|-----|-----|
| 升温速率/ $^{\circ}\text{C}\cdot\text{s}^{-1}$ | 0.2 | 0.5 | 1 | 2 |
| 一级动力学峰位/ $^{\circ}\text{C}$ | 263 | 274 | 284 | 297 |

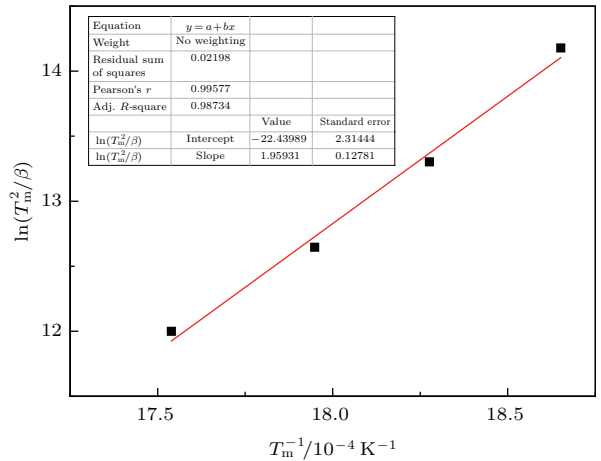


图 10 $\ln(T_m^2/\beta)$ 对 $1/T_m$ 做图

Fig. 10. Plot of $\ln(T_m^2/\beta)$ against $1/T_m$.

4 讨论

多次退火方法对于处理灵敏度低下和慢衰退成分占 OSL 信号主要部分的样品, 能得到较好的结果.

LiMgPO_4 作为基质的磷光体的 TL 陷阱的动力学参数已有较多的研究^[1,4,16]. 表 3 给出了 LiMgPO_4 作为基质在不同掺杂条件下的动力学参数, 其中 $\text{LiMgPO}_4:\text{Tm}$, Tb 是本文的结果. 从表 3 中可以看出, $\text{LiMgPO}_4:\text{Tm}$, Tb 磷光体主发光峰的陷阱深度比其他 LiMgPO_4 作为基质的磷光体的主发光峰的陷阱深度更大, 表明该样品具有更好的热稳定性.

对比 $\text{LiMgPO}_4:\text{Tm}$, Tb 的 TL 和 OSL 陷阱的动力学参数, 如表 3 和表 4 所列, 陷阱深度 E 的差别不大, 表明光释光信号也能确定出陷阱的相关参数, 经 200 $^{\circ}\text{C}$ 预热的热释光信号 (对应于 300 $^{\circ}\text{C}$ 高温峰) 和光释光信号很有可能来自于同一深度的陷阱. 这些值也支持了使用光释光信号评估的陷阱参数是可靠的.

表 3 不同掺杂的 LiMgPO_4 磷光体的 TL 陷阱的动力学参数

Table 3. The TL trap kinetic parameters of LiMgPO_4 phosphors.

| | 峰温/ $^{\circ}\text{C}$ | 陷阱深度 E/eV |
|--|------------------------|--------------------|
| $\text{LiMgPO}_4:\text{Tb}$, B ^[1] | 229.8 | 1.016 |
| $\text{LiMgPO}_4:\text{Eu}$, Sm, B ^[4] | 354 | 1.34 |
| $\text{LiMgPO}_4:\text{Tb}$ ^[16] | 110 | 0.738 |
| $\text{LiMgPO}_4:\text{Tm}$, Tb | 300 | 1.72 |

作为一种可以实用的热释光和光释光材料, 研究该磷光体的光释光测量条件对材料的应用是很有价值的. 如图 5 和图 8 所示, 预热到 200 °C, 样品能得到较好的 OSL 测量稳定性. 本文的不足之处在于只研究了 LiMgPO₄:Tm, Tb 的预热条件, 在未来的工作中, 应积极开展对 LiMgPO₄:Tm, Tb 磷光体其他测量条件的研究.

表 4 LiMgPO₄:Tm, Tb 的 OSL 陷阱的动力学参数
Table 4. The OSL trap kinetic parameters of LiMgPO₄:Tm, Tb.

| | E/eV | s |
|-------|--------|-----------------------|
| 脉冲退火法 | 1.57 | 2.94×10^{13} |
| 多次退火法 | 1.69 | 1.05×10^{14} |

5 结 论

采用高温固相法合成了 LiMgPO₄:Tm, Tb 粉末样品, 研究了该样品的 TL 和 OSL 信号. TL 高温峰基本不随辐照剂量而改变, 0.1—50 Gy 的高温峰形状因子平均值 $\mu_g = 0.43$, 表明高温峰属于一级动力学发光峰. OSL 的积分强度与预热温度的关系表明, 预热到 200 °C, 样品能得到较好的 OSL 测量稳定性. 根据多速法所得热释光陷阱的能级与用脉冲退火的方法和多次退火的方法所得光释光陷阱的能级接近, 说明经 200 °C 预热的热释光信号和光释光信号很有可能来自于同一深度的陷阱.

参考文献

- [1] Dhabekar B, Menon S N, Raja E A, Singh A K, Chougaoakar M P, Mayya Y S 2011 *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. Sect. B* **269** 1844
- [2] Menon S N, Dhabekar B, Raja E A, Chouhaonkar M P 2012 *Radiat. Meas.* **47** 236
- [3] Gai M Q, Chen Z Y, Fan Y W, Wang J H 2013 *J. Rare Earth* **31** 551
- [4] Gai M Q, Chen Z Y, Fan Y W, Yan S Y, Xie Y X, Wang J H, Zhang Y G 2015 *Radiat. Meas.* **78** 48
- [5] Guo J Y, Tang Q, Zhang C X, Luo D L, Liu X W *J. Rare Earth* (in Press)
- [6] Randall J T, Wilkins M H F 1945 *Proc. Phys. Soc.* **184** 366
- [7] Garlick G F J, Gibson A F 1948 *Proc. Phys. Soc.* **60** 574
- [8] Chen R, Kirsh Y 1981 *Analysis of Thermally Stimulated Processes* (Oxford: Pergamon Press)
- [9] Li S H, Chen G 2001 *J. Phys. D* **34** 493
- [10] Pagonis V, Wintle A G, Chen R 2007 *Radiat. Meas.* **42** 1587
- [11] Bulur E, Bøtter-Jensen L, Murray A S 2000 *Radiat. Meas.* **32** 407
- [12] Mahesh K, Weng P S, Furetta C 1989 *Thermoluminescence in Solids and its Applications* (England: Nuclear Technology Publishing)
- [13] Zhang C X, Tang Q, Luo D Y 2002 *Acta Phys. Sin.* **51** 2881 (in Chinese) [张纯祥, 唐强, 罗达玲 2002 物理学报 **51** 2881]
- [14] Hoogenstraaten W 1958 *Philips Res. Rep.* **13** 515
- [15] Li S H, Tso M Y W, Wong N W 1997 *Radiat. Meas.* **27** 43
- [16] Bajaj N S, Palan C B, Koparkar K A, Kulkarni M S, Omanwar S K 2016 *J. Lumin.* **175** 9

Thermoluminescence and optical stimulated luminescence trap parameters of $\text{LiMgPO}_4:\text{Tm}$, Tb^*

Guo Jing-Yuan Tang Qiang[†] Tang Hua-Ming Zhang Chun-Xiang
Luo Da-Ling Liu Xiao-Wei

(School of Physics, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China)

(Received 13 January 2017; revised manuscript received 5 March 2017)

Abstract

In recent years, the preparation and luminescent properties of LiMgPO_4 as a matrix have received much attention, but most of the studies are limited to the trap parameters of thermoluminescence (TL), which do not involve the trap parameters of optical stimulated luminescence (OSL). In this paper, $\text{LiMgPO}_4:\text{Tm}$, Tb powder samples are synthesized by solid-state reaction at high temperature. All the experiments reported here are measured by Risø TL/OSL-15-B/C reader after being irradiated by beta-rays. The TL glow curves obtained show that the high temperature peak at 300 °C belongs to the first-order kinetic peak because the peak temperature does not change as irradiation dose increases. Based on the first-order kinetics, the TL trap depth $E = 1.72$ eV and the frequency factor $s = 3.97 \times 10^{14}$ are determined by the methods of various heating rates.

However, $\text{LiMgPO}_4:\text{Tm}$, Tb is also an OSL material, the analysis of its OSL trap kinetic parameters would help to understand the OSL mechanism and to know the relationship between TL and OSL traps. The pulse annealing method is suitable for OSL trap parameter analysis. For low sensitivity samples, the fluctuation of the pulse annealing method is relatively large. And this method only records the OSL signal of fast decay component, which is suitable for measuring the samples with high sensitivity and fast fading OSL signals. In order to study the OSL signal of slow decay component, the multiple annealing method is proposed based on the pulse annealing method. The multiple annealing procedure is as follows. Firstly, the sample is annealed from room temperature to 500 °C which lasts 30 s. The heating rate is 5 °C/s. Secondly, the sample is irradiated with ^{90}Sr beta radiation doses of 1 Gy. Thirdly, the sample is preheated to 150 °C with a heating rate of 0.2 °C/s. And then OSL measurement lasts 500 s after cooling to room temperature. The above steps are repeated in preheating temperature steps of 10 °C. Four repetitive measurements are made for each preheating rate. The preheating rates are 0.2, 0.5, 1, and 2 °C/s.

Finally, the OSL trap parameters $E = 1.69$ eV and $s = 1.05 \times 10^{14}$ are determined by the multiple annealing method. The correlation between TL and OSL trap parameters shows that the TL and OSL signals are likely to come from the same traps. Besides, the trap depth of the main peak of the phosphor shows that the sample has better thermal stability than those of the other phosphors of LiMgPO_4 as the matrix.

Keywords: optically stimulated luminescence, LiMgPO_4 , luminescence curve analysis, trap parameter

PACS: 78.60.Kn, 78.60.Lc, 61.72.U–

DOI: [10.7498/aps.66.107802](https://doi.org/10.7498/aps.66.107802)

* Project supported by the National Natural Science Foundation of China (Grant No. 11375278), the Natural Science Foundation of Guangdong Province, China (Grant No. 2016A030313276) and Guangzhou Science and Technology Project, China (Grant No. 20160701168).

† Corresponding author. E-mail: ststq@mail.sysu.edu.cn