

掺铒硝酸盐玻璃中的浓度猝灭机理研究^{*}

于春雷 戴世勋[†] 周 刚 张军杰 胡丽丽 姜中宏

(中国科学院上海光学精密机械研究所, 上海 201800)

(2004 年 11 月 30 日收到, 2005 年 3 月 8 日收到修改稿)

测试了掺铒硝酸盐玻璃在不同掺杂浓度下的荧光特性. 根据 Dexter 能量转移理论计算了 Er^{3+} 在硝酸盐玻璃中发生浓度猝灭的临界距离 R_0 及 Er^{3+} 间相互作用参数 $C_{\text{Er-Er}}$, 并与其他基质玻璃中 $C_{\text{Er-Er}}$ 数值进行了比较. 最后建立了 Er^{3+} 基于 OH^- 作为猝灭中心下硝酸盐玻璃中的浓度猝灭模型.

关键词: 浓度猝灭模型, 能量转移, 硝酸盐玻璃, Er^{3+}

PACC: 7855, 4255R, 7840

1. 引 言

自从 1997 年日本 NTT 公司的 Mori 等^[1]首先提出了掺铒硝酸盐玻璃光纤可以用于宽带放大器以来, 掺铒硝基光纤及其光纤材料基质方面的研究取得了很大的进展. 掺铒硝基光纤与传统的掺铒石英基质光纤相比具有受激发射截面大、增益带宽宽的特点. 由于玻璃基质的光纤损耗较高, 在硝基玻璃光纤中要实现理想的光功率输出需要高的 Er^{3+} 掺杂浓度以及高的抽运功率, 然而掺杂浓度的增加和抽运功率的提高会带来一些负面影响, 如浓度猝灭和合作上转换, 这对于光放大器都相当不利. 因此, 研究 Er^{3+} 在硝基玻璃光纤中的浓度猝灭问题极为重要. 目前, 在磷酸盐玻璃、硅酸盐玻璃以及铅铋基等玻璃^[2-5]中由于 Er^{3+} 浓度增加以及 OH^- 引起的浓度猝灭理论模型已有相应的报道, 但对 Er^{3+} 在硝酸盐玻璃中浓度猝灭的理论模型研究还未见报道.

本文通过对不同 Er^{3+} 掺杂浓度样品的吸收光谱、荧光光谱及荧光寿命的测试, 根据 Dexter^[6] 能量转移理论建立了 Er^{3+} 在硝酸盐玻璃中基于 OH^- 引起能量损失的浓度猝灭模型, 并与其他几种基质玻璃中的情况作了比较.

2. 实 验

2.1. 样品制备

选取玻璃组分(mol%)为 $75\text{TeO}_2-20\text{ZnO}(5-x)\text{La}_2\text{O}_3-x\text{Er}_2\text{O}_3$ ($x=0.05, 0.1, 0.3, 0.6, 1.0, 2.0, 3.0$), 其中 $\text{TeO}_2, \text{ZnO}, \text{La}_2\text{O}_3, \text{Er}_2\text{O}_3$ 的纯度为 99.99%. 按配方精确称取混合料约 30 g, 充分混合, 搅拌均匀, 放入白金坩锅中于 850 °C 左右的硅碳棒电炉中熔化 30—35 min, 然后经搅拌澄清后浇注在石墨模上, 移入预热到玻璃转变温度 T_g 左右的马弗炉中退火, 退火速度为 10 °C/h. 将玻璃加工成尺寸为 10 mm × 10 mm × 1.5 mm 的玻璃片, 玻璃片两大面抛光以供测试用.

2.2. 性能测试

样品密度采用排水失重法测量. 玻璃折射率用 V 型棱镜折光仪测定. 红外光谱用 HITACHI270-50 型红外分光光度计进行测量. 吸收光谱测试应用 PERKIN-ELMER-LANBDA900UV/VIS/NIR 型分光光度计, 测量范围为 400—1655 nm, 测量波长步长为 0.1 nm. 荧光光谱测试采用功率为 100 mW, 工作中心波长为 974 nm LD 作为激发源, 由法国 Jobin-Yvon 公司的 TRIAX550 型光谱仪记录. 荧光寿命测量采用脉冲宽度为 10 ns, 频率为 50 Hz 的 940 nm LD 作为激发

^{*} 国家自然科学基金(批准号 60207006)和上海市青年科技启明星计划(批准号 04QMX1448)资助的课题.

[†] 通讯联系人. E-mail: dsx@laserglass.com.cn

源,信号经单色仪、光电倍增管传递到示波器上,通过荧光曲线的衰减确定荧光寿命.整个测试中抽运源功率和位置保持不变,所有被测试样品都紧贴于光谱仪狭缝入口处同一位置.以上所有测试均在室温下进行.

3. 实验结果与讨论

3.1. Er^{3+} 的 ${}^4I_{13/2} \rightarrow {}^4I_{15/2}$ 荧光光谱性能随浓度的变化

图 1 给出了 Er^{3+} 从 ${}^4I_{13/2}$ 能级向 ${}^4I_{15/2}$ 能级跃迁产生的归一化荧光光谱曲线随掺杂浓度变化情况.从图 1 可以看出, Er^{3+} 在硝酸盐玻璃中的特征荧光主峰位于 1532 nm,对应于 ${}^4I_{13/2}$ 和 ${}^4I_{15/2}$ 两能级的最低 Stark 能级之间的跃迁.随着 Er^{3+} 掺杂浓度的增加荧光光谱半高宽(FWHM)呈明显增加的趋势.这种变宽主要是由于荧光俘获效应引起,它往往在三能级稀土离子(如 Er^{3+} , Yb^{3+})的吸收光谱和荧光光谱重叠时较易发生^[7,8].这里需要指出的是, Er^{3+} 在玻璃基质中的 1.5 μm 荧光发射主要取决于 Er^{3+} 周围晶体场的性质以及由基态能级 ${}^4I_{15/2}$ 和激发态能级 ${}^4I_{13/2}$ 产生的能级 Stark 分裂情况.当浓度为 3.0 mol% 时,在 1560 和 1600 nm 荧光峰明显增强也是由于 Er^{3+} 的增加使得在 ${}^4I_{15/2}$ 和 ${}^4I_{13/2}$ 能级的不同 Stark 子能级的粒子数分布改变所造成的.

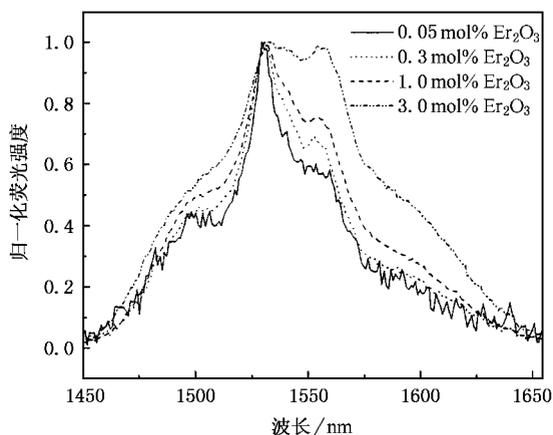


图 1 归一化荧光光谱曲线随 Er_2O_3 掺杂浓度的变化

图 2 是浓度为 0.1 mol% 的样品 Er^{3+} 的 ${}^4I_{13/2} \rightarrow {}^4I_{15/2}$ 跃迁的归一化吸收和发射截面,吸收和发射截面是根据吸收光谱计算的^[9-11].图 2 中重叠区面积约为整个吸收光谱面积的 75%,其他掺杂浓度的样

品计算结果与该图相似.

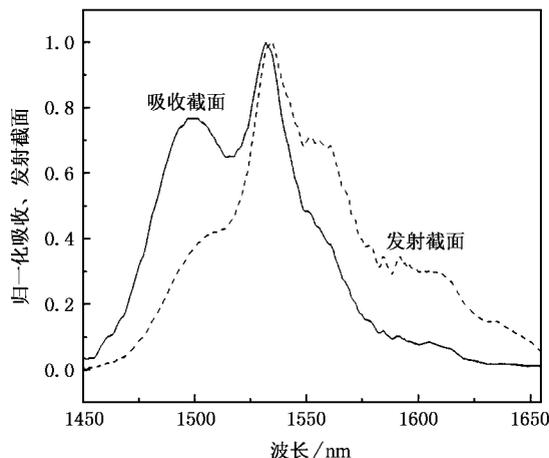


图 2 掺杂浓度为 0.1 mol% 的归一化吸收发射截面重叠曲线

图 3 为测得的 Er^{3+} 的 ${}^4I_{13/2}$ 能级荧光寿命和 ${}^4I_{13/2} \rightarrow {}^4I_{15/2}$ 荧光光谱峰值波长对应的荧光强度随 Er^{3+} 掺杂浓度变化曲线.从图 3 可见, Er^{3+} 的 ${}^4I_{13/2}$ 能级荧光寿命随掺杂浓度的增加而逐步降低,尤其是在 Er_2O_3 浓度大于 0.3 mol% 后,下降速度加快.这主要是由于 Er^{3+} 掺杂浓度的继续增加引起了严重的猝灭效应,这一点也可从 1532 nm 波长处的荧光强度随浓度变化曲线上得到体现.从该荧光强度变化曲线上看,随着 Er^{3+} 掺杂浓度的增加,荧光强度也逐渐增加,但增加的幅度有所降低,到 1.0 mol% 时荧光强度达到最大值,随后逐步降低.随 Er^{3+} 掺杂浓度的增加,一方面参与受激发射的 Er^{3+} 增多,导致荧光强度增加,另外一方面由于 Er^{3+} 之间团簇效应、 Er^{3+} 与玻璃中残存的 OH^- 发生无辐射能量转移造成猝灭加剧,导致荧光强度增加速度降低,甚至下降.当掺杂浓度增加到一定程度时,后者成为主要影响因素.

图 4 是测定的 Er^{3+} 的 ${}^4I_{13/2}$ 能级荧光寿命倒数 $1/\tau$ 与 Er^{3+} 掺杂浓度的关系,图中离散点为实验测得的数据,直线为拟合曲线.从 Er^{3+} 掺杂浓度为零时外推得到的跃迁概率为 224 s^{-1} ,这与应用 Judd-Ofelt 理论(J-O 理论)计算得到的数值(221 s^{-1})非常接近.

3.2. 硝酸盐玻璃中的 Er^{3+} 能量转移

随着 Er^{3+} 掺杂浓度的增加,激发态能级的无辐射弛豫概率将会迅速增加,在高的 Er^{3+} 掺杂浓度下,浓度猝灭部分的 Er^{3+} 激发态能量可以通过能量

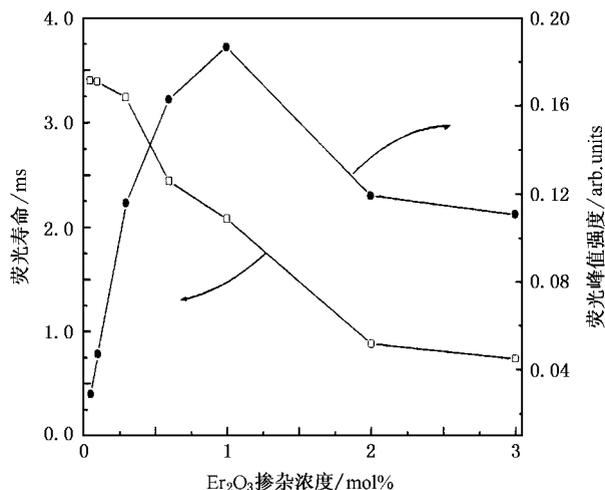
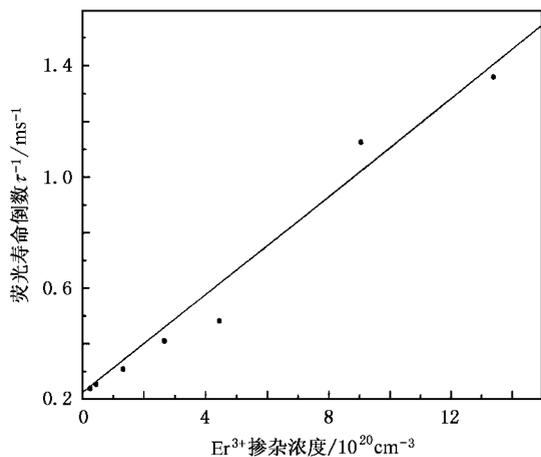


图3 荧光寿命和强度随浓度变化曲线

图4 寿命倒数 τ^{-1} 与 Er^{3+} 掺杂浓度的关系

共振转移到其他 Er^{3+} 上,单纯的这种能量转移并不会导致激发态能量损失,但是它却增加了到达猝灭中心 OH^- 的概率^[12].在掺杂 Er^{3+} 的玻璃中浓度猝灭主要是由于基质中存在 OH^- 以及合作上转换,而合作上转换现象主要在高抽运功率下才发生,在本实验中由于抽运功率较低并未观察到上转换发光,在此不予考虑.

Dexter 等^[13] 的浓度猝灭理论表明,激活离子的浓度猝灭强烈地依赖于激活剂到激活剂 (Er^{3+}) 的能量迁移概率. Blasse 等^[14] 指出,激活离子的激发和发射重叠越大,能量传递越高,猝灭浓度就越低.在玻璃中离子间作用机理一般为偶极-偶极相互作用,而对于偶极-偶极作用的能量传递或转移,按照 Dexter 能量传递共振理论,两个相同种类的偶极子相距为

R 发生共振,处于激发态的施主离子将能量转移到处于基态的受主离子使其跃迁到激发态,然后无辐射回到基态.这一能量传递概率可以表述为^[6]

$$P_{\text{dd}} = \left(\frac{R_0}{R} \right)^6 \frac{1}{\tau_0}, \quad (1)$$

$$R_0^6 = \frac{3h^4 c^4}{64\pi^5 n^4} Q_a \int \frac{f_a(E) f_e(E)}{E^4} dE. \quad (2)$$

(1) 式中, P_{dd} 为能量共振发生概率, R 是 Er^{3+} 间的平均中心距离,其数值大小为 $(4\pi N_{\text{Er}}/3)^{-1/3}$, R_0 是发生能量共振转移时临界距离, τ_0 是施主能级寿命. (2) 式中 Q_a 是积分能量吸收截面积, n 是玻璃折射率, E 是能量,积分遍于吸收和发射谱的重叠区(如图 2 中交叠部分).当 $R = R_0$ 时, $P_{\text{dd}} = 1$,说明在寿命 τ_0 内,激发态离子将以共振方式实现能量转移而发生无辐射跃迁.

$$Q_a = \int \sigma_a(E) dE = hk_a, \quad (3)$$

$$k_a = \int \sigma_a(\nu) d\nu,$$

$$f_e(E) = A\tau, \quad (4)$$

$$f_a(E) = \sigma_a(E) Q_a,$$

式中 $f_a(E)$ 和 $f_e(E)$ 是归一化的吸收和发射线性函数^[15]; A 为辐射跃迁概率,可由 J-O 理论计算得到.

应用(1)–(4)式,把各个参数值代入,对于 ${}^4I_{13/2} \rightarrow {}^4I_{15/2}$ 跃迁 E 对应于特征荧光峰 1532 nm 处的光子能量约为 0.81 eV,玻璃折射率为 $n = 2.01$, $Q_a = 5.5 \times 10^{-45} \text{ m}^2 \cdot \text{J}$, $\tau_0 = 4.52 \text{ ms}$.根据(2)式可以计算得到掺杂 Er^{3+} 在硝酸盐玻璃中发生能量转移时的临界离子间距离 $R_0 = 1.648 \text{ nm}$.

另一方面,激活离子 Er^{3+} 间 ${}^4I_{13/2} \rightarrow {}^4I_{15/2}$ 辐射跃迁时,发生能量转移时的相互作用参数 $C_{\text{Er-Er}}$ 可以根据下列公式计算^[16]:

$$P_{\text{dd}} = \frac{C_{\text{Er-Er}}}{R^6} = W_r \left(\frac{R_0}{R} \right)^6, \quad (5)$$

$$C_{\text{Er-Er}} = W_r R_0^6, \quad (6)$$

式中 W_r 是辐射跃迁概率,可以根据 J-O 理论计算得到.实验中 W_r 根据掺杂 0.05 mol% 的样品得到 $W_r = 221 \text{ s}^{-1}$,从而得到 $C_{\text{Er-Er}} = 44.3 \times 10^{40} \text{ cm}^6 \cdot \text{s}^{-1}$.这一数值明显高于硅酸盐和磷酸盐玻璃中掺杂 Er^{3+} 时的离子作用参数 $C_{\text{Er-Er}}$ 值,与铅铋基玻璃相差不大.已有研究^[17]表明, Er^{3+} 的配位环境随玻璃组分而发生明显变化,而稀土离子在玻璃中的光谱性质主要是由其配位环境决定,分析稀土离子在各种玻

玻璃中的配位特点,对光谱性质的改善有非常重要的作用。

表 1 列出了几种玻璃基质中 Er^{3+} 间相互作用参数 $C_{\text{Er-Er}}$ 及相关数据.从表 1 中可以看出, Er^{3+} 间相互作用参数 $C_{\text{Er-Er}}$ 值差别较大,在铅铋基玻璃、碲酸盐玻璃、硅酸盐玻璃、磷酸盐玻璃中 $C_{\text{Er-Er}}$ 值依次减小.根据 Dexter^[18] 的研究,基质玻璃的折射率对玻璃结构中稀土离子周围的有效场具有非常重要的影响,较大的折射率增加了稀土离子周围的配位场校正因子($n(n^2+2)^2/9$),从而导致较大的自发辐射跃迁概率.由 $C_{\text{Er-Er}}$ 的计算公式(6)可看出,由于铅铋基玻璃、碲酸盐玻璃的折射率明显高于磷酸盐、硅酸盐

玻璃基质,因此碲酸盐玻璃中 Er^{3+} 的 $^4I_{13/2} \rightarrow ^4I_{15/2}$ 跃迁具有较大的自发辐射跃迁概率,从而导致了大的 $C_{\text{Er-Er}}$ 值.这一点也可从 Er^{3+} 的 $^4I_{13/2} \rightarrow ^4I_{15/2}$ 受激发射截面和荧光 FWHM 的角度得到说明.表 2 列出了几种玻璃基质中 Er^{3+} 的 $^4I_{13/2} \rightarrow ^4I_{15/2}$ 受激发射截面和荧光 FWHM.从表 2 中可以看出, $C_{\text{Er-Er}}$ 值与受激发射截面和荧光 FWHM 具有类似的变化规律,由于铅铋基玻璃和碲酸盐玻璃基质具有高的折射率,这使其具有相对高的受激发射截面和宽的荧光 FWHM,并具有较大的积分重叠面积.正是基于这一原因,使得 Er^{3+} 间相互作用参数 $C_{\text{Er-Er}}$ 值在碲酸盐和铅铋基玻璃中明显比在磷酸盐玻璃和硅酸盐玻璃中大。

表 1 几种玻璃基质中的 R_0 和 $C_{\text{Er-Er}}$ 值及计算参数

玻 璃	$\int \sigma_a(E) dE/10^{-45} \text{ m}^2 \cdot \text{J}$	$\int \sigma_a(E) \sigma_r(E) E^{-4} dE/10^{94} \cdot \text{J}^{-5}$	R_0/nm	$C_{\text{Er-Er}}/10^{-40} \text{ cm}^6 \cdot \text{s}^{-1}$
碲酸盐玻璃	5.50	16.79	1.648	44.3
硅酸盐玻璃 ^[3]	—	—	1.950	23.2
磷酸盐玻璃 ^[2]	3.04	2.20	1.211	3.1
铅铋基玻璃 ^[4]	4.84	29.51	1.511	52.0

表 2 不同玻璃基质中 Er^{3+} 受激发射截面 σ_{emi} 和荧光 FWHM

玻 璃	折射率	$\sigma_{\text{emi}}/10^{-21} \text{ cm}^2$	荧光 FWHM/nm
碲酸盐玻璃	2.019	7.5	65
硅酸盐玻璃 ^[9]	1.585	5.5	40
磷酸盐玻璃 ^[9]	1.569	6.4	34
铅铋基玻璃 ^[4]	2.030	10.3	62

3.3. 基于 OH^- 参与的 Er^{3+} 在碲酸盐玻璃中浓度猝灭模型

众多研究^[2,3,5]表明, OH^- 是引起 Er^{3+} 发生无辐射跃迁的重要因素,是玻璃基质中的一种重要猝灭中心,这主要是由于其二次谐波振动频率与 Er^{3+} 的 $^4I_{13/2}$ 和 $^4I_{15/2}$ 两能级间能量差相当. OH^- 和 Er^{3+} 的相互作用将引起 Er^{3+} 亚稳态能量的损失,导致浓度猝灭,引起荧光寿命的缩短.因此猝灭概率由 Er^{3+} 浓度 N_{Er} 和 OH^- 浓度 N_{OH} 两方面决定.对于这无一辐射跃迁过程, $\text{Er}^{3+} : ^4I_{13/2} \rightarrow ^4I_{15/2}$ 跃迁概率与无辐射跃迁概率的关系可以表示为^[20]

$$\frac{1}{\tau} = \frac{1}{\tau_0} + \frac{1}{\tau_D} + W_{\text{mp}}, \quad (7)$$

式中, τ 是实验中测得 $^4I_{13/2}$ 能级荧光寿命; τ_0 是无能量转移时的激发态能级寿命; $1/\tau_D$ 是由于离子偶极-偶极作用导致的浓度猝灭速率,它由 Er^{3+} 掺杂浓度

和 OH^- 浓度共同决定; W_{mp} 是多声子弛豫概率.由于在碲酸盐玻璃中最大声子能量为 750 cm^{-1} ,而对应于 Er^{3+} 的 $^4I_{13/2}$ 与 $^4I_{15/2}$ 两能级间能量差约为 6500 cm^{-1} ,发生多声子弛豫需要八阶以上声子参与,弛豫概率很低,因此 W_{mp} 可以忽略.在这里借用 Yan 等^[21] 有关 OH^- 与 Er^{3+} 作用的三条假设:(1) OH^- 只和部分的 Er^{3+} 有效作用.(2)与 OH^- 相互作用的 Er^{3+} 数量决定于玻璃中 OH^- 的浓度, $N_{\text{Er-OH}} = \alpha N_{\text{OH}}$.(3)随着 Er^{3+} 掺杂浓度的增加在基态与激发态之间的能量转移概率也增加,激发态能量转移到 Er^{3+} 与 OH^- 作用区后,能量损失,发生浓度猝灭.根据这三条假设可有下述关系:

$$\frac{1}{\tau_D} = k N_{\text{Er}} N_{\text{Er-OH}} = \frac{9}{2\pi} \frac{N_{\text{Er}} (\alpha N_{\text{OH}})}{\tau_0 N_0^2}. \quad (8)$$

式中 $k = 8\pi R_0^6/\tau_0$. 结合(7)(8)两式,我们可以得到

$$\frac{1}{\tau} = \frac{1}{\tau_0} + 8\pi C_{\text{Er-Er}} N_{\text{Er}} N_{\text{Er-OH}}. \quad (9)$$

据此关系可以做出 $1/\tau$ 与浓度的关系图,图 4 表示的就是 $1/\tau$ 与浓度的关系拟合曲线,曲线的斜率是 $8\pi C_{\text{Er-Er}} N_{\text{Er-OH}}$. 根据 Feng 等^[21] 报道的红外吸收系数与 OH^- 浓度之间的关系,得出样品中的 OH^- 浓度 N_{OH} 范围为 $(5.3-6.5) \times 10^{19}/\text{cm}^3$. 从图 4 可以看出,最初浓度较低的几个样品点 ($N_{\text{Er}} < 6 \times 10^{20}/\text{cm}^3$) 处在

直线下方,说明通过与 OH^- 相互作用损失的能量较小.这是由于在掺杂 Er^{3+} 浓度低时 OH^- 与较少的 Er^{3+} 相互作用,玻璃中存在更多孤立的 OH^- ;随着 Er^{3+} 掺杂浓度的增大,与 OH^- 作用的 Er^{3+} 数目增多,每个 OH^- 可能自发地作用于两个或两个以上 Er^{3+} ,由 OH^- 引起的能量损失增大,因此几个浓度较高的样品点($N_{\text{Er}} > 8 \times 10^{20}/\text{cm}^3$)都相对处在直线上方.图 4 直线斜率为 $8.14 \times 10^{-19} \text{ cm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$,由此得到 $\alpha = 14\%$,即玻璃基质中约有近 14% 的 OH^- 参与了 Er^{3+} 的能量转移过程.

4. 结 论

硝酸盐玻璃中 Er^{3+} 的 ${}^4 I_{13/2} \rightarrow {}^4 I_{15/2}$ 荧光寿命降低

是由浓度猝灭引起的,此浓度猝灭是一个能量共振转移过程.玻璃中 Er^{3+} 和 OH^- 浓度的增加都会加大能量损失.根据 Dexter 能量转移模型计算得到硝酸盐玻璃基质中 Er^{3+} 发生能量转移时的临界距离 $R_0 = 1.648 \text{ nm}$.基于 OH^- 参与能量转移的模型,得出在未除水的硝酸盐玻璃中有近 14% 的 OH^- 参与了浓度猝灭过程.计算得到了硝酸盐玻璃基质中 Er^{3+} 间相互作用参数 $C_{\text{Er-Er}} = 44.3 \times 10^{-40} \text{ cm}^6 \cdot \text{s}^{-1}$,其数值明显高于硅酸盐玻璃和磷酸盐玻璃基质,与铅铋基玻璃相差不大.这主要是由于铅铋基玻璃和硝酸盐玻璃具有较大的折射率,以及 Er^{3+} 在碲基玻璃中的 ${}^4 I_{13/2} \rightarrow {}^4 I_{15/2}$ 跃迁具有较大的受激发射截面和宽的荧光 FWHM 引起的.

- [1] Mori A , Ohishi Y , Sudo S 1997 *Electron . Lett .* **22** 863
 [2] Yan Y C , Faber A J , Waal H 1995 *J. Non-Cryst. Solids* **181** 283
 [3] Snoeks E , Kik P G , Polman A. 1996 *Opt. Mater.* **5** 159
 [4] Choi Y G , Kim K H 1999 *J. Am. Ceram. Soc.* **82** 2762
 [5] Zhang L , Lin F Y , Hu H F 2001 *Acta Phys. Sin.* **50** 1378 (in Chinese) 张 龙、林凤英、胡和方 2001 物理学报 **50** 1378]
 [6] Dexter D L 1953 *J. Chem. Phys.* **21** 836
 [7] Ehrmann P R , Campbell J H 2002 *J. Am. Ceram. Soc.* **85** 1061
 [8] Dai S X , Yang J H , Dai N L *et al* 2003 *Acta Phys. Sin.* **52** 1533 (in Chinese) 戴世勋、杨建虎、戴能利等 2003 物理学报 **52** 1533]
 [9] Takebe H , Murata T , Morinaga K 1996 *J. Am. Ceram. Soc.* **9** 681
 [10] Deloach L D , Payne S A , Chase L L *et al* 1993 *IEEE J. Quantum Electron.* **9** 1179
 [11] Liu Z P , Hu L L , Zhang D B *et al* 2002 *Acta Phys. Sin.* **51** 2629 (in Chinese) 柳祝平、胡丽丽、张德宝等 2002 物理学报 **51** 2629]
 [12] Houde-Walter S N , Peters P M , Stebbins J F *et al* 2001 *J. Non-Cryst. Solids* **286** 118
 [13] Dexter D L *et al* 1954 *J. Chem. Phys.* **22** 1063
 [14] Blasse G *et al* 1968 *J. Electrochem. Soc.* **115** 1067
 [15] Liu J H , Zhang Q , Deng P Z *et al* 1994 *Chin. J. Lasers* **21** 577 (in Chinese) 刘建华、张 强、邓佩珍等 1994 中国激光 **21** 577]
 [16] Monie B , Brenier A , Pedrini C 1989 *IEEE J. Quantum Electron.* **25** 88
 [17] Peters P M , Houde-Walter S N 1997 *Appl. Phys. Lett.* **70** 541
 [18] Dexter D L 1958 *Solid State Physics* (New York :Academic) p 353
 [19] Yang J J , Dai S X , Wen L *et al* 2002 *Acta Opt. Sin.* **31** 1384 (in Chinese) 杨建虎、戴世勋、温 磊等 2002 光学学报 **31** 1384]
 [20] Weber M J 1973 *Phys. Rev. B* **8** 54
 [21] Feng X , Tanabe S , Hanada T 2001 *J. Am. Ceram. Soc.* **84** 165

Concentration quenching mechanism in erbium-doped tellurite glass^{*}

Yu Chun-Lei Dai Shi-Xun[†] Zhou Gang Zhang Jun-Jie Hu Li-Li Jiang Zhong-Hong

(Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics , Chinese Academy of Sciences , Shanghai 201800 , China)

(Received 30 November 2004 ; revised manuscript received 8 March 2005)

Abstract

The fluorescence properties of Er^{3+} ${}^4I_{13/2} \rightarrow {}^4I_{15/2}$ transition in tellurite glasses have been investigated as a function of the Er^{3+} concentration. The critical distance R_0 for which concentration quenching will happen , and the interaction microparameter $C_{\text{Er-Er}}$ in tellurite glasses were determined on the basis of the energy migration model of Dexter theory. The value of $C_{\text{Er-Er}}$ in the proposed tellurite glass was compared with that in other glass hosts. Finally , the concentration quenching mechanism described using a model based on energy transfer and quenching by hydroxyl groups was presented.

Keywords : concentration quenching model , energy transfer , tellurite glasses , Er^{3+}

PACC : 7855 , 4255R , 7840

^{*} Project supported by the National Natural Science Foundation of China (Grant No. 60207006) and the Qimingxing Program of Science and Technology of Shanghai , China (Grant No. 04QMX1448).

[†] E-mail : dsx@laserglass.com.cn