

文章编号: 0258-7025(2008)04-0605-05

共掺 Ce 对 Nd, Eu: ZnWO₄ 激光晶体的敏化作用

张钦辉¹ 刘 波¹ 徐玉恒²

(¹ 哈尔滨理工大学化学与环境工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150080; ² 哈尔滨工业大学应用化学系, 黑龙江 哈尔滨 150001)

摘要 为了研究共掺 Ce 对 Nd, Eu: ZnWO₄ 激光晶体的敏化作用, 采用提拉法生长了无宏观缺陷的一系列 Nd: ZnWO₄, Ce: ZnWO₄, Eu: ZnWO₄, Ce: Nd: ZnWO₄ 和 Ce: Eu: ZnWO₄ 晶体, 并进行了 X 射线衍射 (XRD)、吸收光谱和荧光光谱的测试。测试结果表明, 在 ZnWO₄ 晶体中 Ce³⁺ 离子在 324 nm 附近有很强的吸收, 可以有效地吸收抽运能量; Ce³⁺ 离子与 Nd³⁺ 离子和 Eu³⁺ 离子间存在明显的能量转移, 使 Nd³⁺ 离子在 474 nm, 572 nm 的上转换荧光以及 Eu³⁺ 离子在 613 nm 处的荧光强度明显增强, 并提出了敏化机制和能量转移过程。结果说明, 共掺 Ce 对 Nd, Eu: ZnWO₄ 激光晶体有较好的敏化作用, 有助于提高激光晶体的发光强度。

关键词 材料; 敏化作用; 激光晶体; 能量转移

中图分类号 TN 244 **文献标识码** A

Sensitization of Ce³⁺ Ions Co-doped in Zinc Tungstate Laser Crystals Doped with Nd³⁺ or Eu³⁺ Ions

Zhang Qinhuai¹ Liu Bo¹ Xu Yuheng²

¹ School of Chemical and Environmental Engineering,

Harbin University of Science and Technology, Harbin, Heilongjiang 150080, China

² Applied Chemistry Department, Harbin Institute of Technology, Harbin, Heilongjiang 150001, China

Abstract In order to study the sensitization of Ce ions co-doped in ZnWO₄ laser crystals doped with Nd or Eu ions, macro-defect-free Nd: ZnWO₄, Ce: ZnWO₄, Eu: ZnWO₄, Ce: Nd: ZnWO₄ and Ce: Eu: ZnWO₄ crystals were grown by the Czochralski method. The X-ray diffraction (XRD), absorption spectrum and fluorescence spectrum of the crystals were measured. The results of measurement indicated that the strong absorption of Ce³⁺ ions in ZnWO₄ crystals at 324 nm can absorb pump energy effectively and the energy transfer exists between Ce³⁺ ions and Nd³⁺ ions as well as Eu³⁺ ions obviously. It enhances the intensities of the up-conversion fluorescence (at 474 nm and 572 nm) of Nd³⁺ ions and the fluorescence (at 613 nm) of Eu³⁺ ions. The sensitization mechanism and the energy transfer processes are presented. The results demonstrated that the sensitization of Ce ions co-doped in ZnWO₄ laser crystals doped with Nd or Eu ions has better performance on enhancing the luminescence intensity of laser crystals.

Key words materials; effect of sensitization; laser crystal; energy transfer

1 引 言

激光材料是激光技术发展的核心和基础, 具有里程碑的意义和作用^[1~5]。激光晶体作为激光材料的重要部分, 一直占据着首席位置, 如 YAG 激光晶体到目前还是研究的热点^[6~8]; 到目前为止已经获

得激光输出的激光晶体有 400 多种, 而实际达到应用的只有 60 种。但在它们中几乎都存在一个重要的问题就是激光效率不高, 因此设法提高激光晶体的激光效率就显得尤为重要, 而敏化是一个比较有效的途径。

收稿日期: 2007-07-04; 收到修改稿日期: 2007-10-30

作者简介: 张钦辉(1983—), 男, 山东人, 硕士研究生, 主要从事钨酸盐激光晶体材料方面的研究。

E-mail: feixiang637@hotmail.com

导师简介: 刘 波(1956—), 男, 教授, 博士生导师, 主要从事人工晶体的生长和性能测试方面的研究。

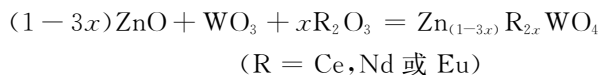
E-mail: liubo@hrbust.edu.cn

掺 Ce^{3+} 晶体有许多可成为高效率运转的固态激光器的特性, Ce^{3+} 的 $5d-4f$ 宇称允许跃迁概率大, 有接近 1 的量子效率; 大的 Stock 漂移, 导致宽的吸收光谱和分离的荧光光谱, 因此, Ce^{3+} 无论作为激活离子还是敏化剂都是很好的选择。在多种不同晶格的基质中, 三价 Ce^{3+} 离子对 Sm^{3+} , Eu^{3+} , Td^{3+} 和 Nd^{3+} 等稀土金属离子以及 Cr, Mn 等过渡金属离子的能量传递、荧光敏化作用曾多次见诸报道^[9,10]。本文以 ZnWO_4 晶体为基质材料, 生长了一系列的 Nd: ZnWO_4 , Ce: ZnWO_4 , Eu: ZnWO_4 , Ce: Nd: ZnWO_4 和 Ce: Eu: ZnWO_4 晶体, 并测试了它们的 X 射线衍射 (XRD)、吸收光谱和荧光光谱, 研究了共掺 Ce^{3+} 对 Nd: ZnWO_4 和 Eu: ZnWO_4 晶体的敏化作用。

2 晶体生长及光谱测试

2.1 晶体生长

采用提拉法生长了一系列的 ZnWO_4 晶体, 掺杂摩尔分数分别为: a, Nd: ZnWO_4 (0.5%); b, Ce: Nd: ZnWO_4 (0.1%, 0.5%); c, Ce: Nd: ZnWO_4 (0.3%, 0.5%); d, Ce: ZnWO_4 (0.1%); e, Eu: ZnWO_4 (1%); f, Ce: Eu: ZnWO_4 (0.3%, 1%); g, Ce: Eu: ZnWO_4 (0.5%, 1%)。晶体生长的原料是纯度为 99.99% 的 WO_3 , ZnO , Ce_2O_3 , Nd_2O_3 和 Eu_2O_3 。将 WO_3 和 ZnO 按摩尔比 1:1 进行配料, 并按掺杂量加入掺杂试剂后进行混料, 使原料充分混合均匀; 然后用马弗炉在 1000 °C 时烧结 20 h, 使原料能进行充分的固相反应, 反应式为:



使用 $\phi 70 \text{ mm} \times 50 \text{ mm}$ 的铂金坩埚, 用 DJL-400 型提拉式单晶炉加热 (采用 818P 型控制柜控制温度), 在大气气氛中生长。具体生长工艺条件为: 引晶温度为 $(1225 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C})$; 提拉速度为 1~3 mm/h; 籽晶转速为 35 r/min。经过缩颈、放肩、收肩、等径生长和拉脱等过程, 生长出了无宏观缺陷的单晶, 然后以 40 °C/h 的冷却速率降温。

2.2 光谱测试

生长出的晶体经定向、切割成样品后, 抛光至光学级, 抛光面为 [010]。在室温下, 采用日本岛津 XRD-6000 对晶体样品的结构进行分析, 辐射源为 $\text{CuK}\alpha$ 线 ($\lambda = 1.54056 \text{ nm}$), 2θ 角范围为 $10^\circ \sim 80^\circ$; 采用日立 U-3010 紫外吸收光谱仪和 F-4500 荧光光谱仪分别测试了晶体样品的吸收光谱和荧光光谱。

3 结果与讨论

3.1 X 射线衍射分析

图 1 为掺杂 ZnWO_4 晶体的粉末 X 射线衍射谱图。钨酸锌晶体结构为黑钨矿型, 空间群为 $P2/c$, $[\text{W}-\text{O}_6]$ 和 $[\text{Zn}-\text{O}_6]$ 八面体为构造的基本单元, 但是 $[\text{Zn}-\text{O}_6]$ 八面体中有两个长键比另外四个长 20%, 是一种畸变八面体。从图中可以看出没有新的衍射峰出现, 只是某些峰强度发生了变化, 即晶格结构没有改变; Ce^{3+} , Nd^{3+} 和 Eu^{3+} 进入晶体取代 Zn^{2+} 形成缺陷 $[\text{R}_{\text{Zn}}]^+$, 锌空位 $[\text{V}_{\text{Zn}}]^{2-}$ 作为电荷补偿, 于是在晶体内部形成了缺陷集团 $\{2[\text{R}_{\text{Zn}}]^+ - [\text{V}_{\text{Zn}}]^{2-}\}$ 。根据与晶面指数 (hkl) 相应的晶面间距 d 计算其晶胞参数为

$$\frac{1}{d_{hkl}^2} = \frac{h^2}{a^2 \sin^2 \beta} + \frac{k^2}{b^2} + \frac{l^2}{c^2 \sin^2 \beta} - \frac{2hl \cos \beta}{ac \sin^2 \beta},$$

其中未掺杂的 ZnWO_4 的计算结果为 $a = 0.4691 \text{ nm}$, $b = 0.5720 \text{ nm}$, $c = 0.4925 \text{ nm}$, $\beta = 90^\circ 64'$, 这与文献[11]报道的结果一致。

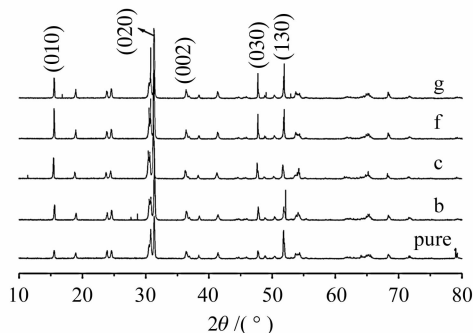


图 1 掺杂 ZnWO_4 晶体的粉末 X 射线衍射谱

Fig. 1 Powder XRD patterns of doped ZnWO_4 crystals

3.2 吸收光谱

采用日立 U-3100 紫外吸收光谱仪测试了晶体样品中 Ce^{3+} 离子的吸收光谱, 如图 2 和图 3 所示。图 2 是以未掺杂的 ZnWO_4 晶体为参比测得的, 可

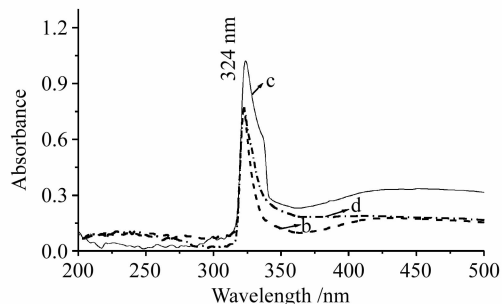
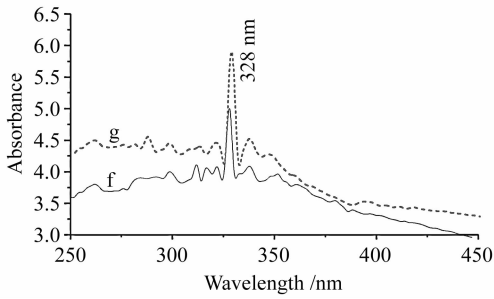


图 2 Ce: ZnWO_4 和 Ce: Nd: ZnWO_4 晶体的吸收光谱

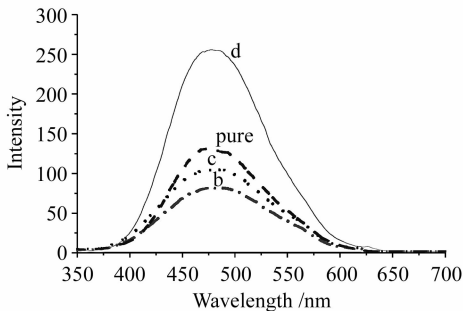
Fig. 2 Absorption spectrum of Ce: ZnWO_4 and Ce: Nd: ZnWO_4 crystals

图 3 Ce:Eu:ZnWO₄ 晶体的吸收光谱Fig. 3 Absorption spectrum of Ce:Eu:ZnWO₄ crystals

以确定在 324 nm 处的比较强的吸收峰是由掺杂的 Ce³⁺ 离子产生的, 对应于 Ce³⁺ 离子的 5d → 4f 的跃迁; 图 3 是以空气为参比时, 共掺 Ce, Eu 的 ZnWO₄ 晶体的吸收光谱, 同样在 328 nm 处也产生了一个很强的吸收峰, 也对应于 Ce³⁺ 离子的 5d → 4f 的跃迁。对 Ce³⁺ 离子的吸收光谱的测试结果说明, 掺杂 Ce³⁺ 的晶体可在 320~330 nm 附近有效地吸收抽运光, 使 Ce³⁺ 的很多电子处于激发态, 这也给从 Ce³⁺ 离子将能量有效传递给周围的其他离子提供了更多的机会。

3.3 荧光光谱

室温下, 采用 F-4500 荧光光谱仪测试了样品的荧光光谱, 测试结果如图 4~图 6。图 4 为在 320 nm 激发下 Ce:ZnWO₄, Ce:Nd:ZnWO₄ 及未掺杂 ZnWO₄ 晶体的发射光谱, 从图中可以看出 320 nm 激发时未掺杂 ZnWO₄ 在 400~600 nm 间产生一个宽发射峰(如图 4 中 pure), 当单掺 Ce³⁺ 摩尔分数为 0.1% 时, 这个发射峰增强了近 1 倍(如图 4 中 d), 这是由于 Ce³⁺ 离子的发射峰(对应于 Ce³⁺ 离子 5d → 4f 的跃迁)和 ZnWO₄ 晶体本身的发射峰, 即 [W-O₆] 基团的发射峰产生了重叠, 使该发射峰增强的缘故; 但当共掺杂摩尔分数为 0.5% 的 Nd³⁺ 时, 发

图 4 Ce:ZnWO₄ 和 Ce:Nd:ZnWO₄ 中 Ce³⁺ 离子 320 nm 激发荧光光谱Fig. 4 Fluorescence spectrum of Ce³⁺ ions in Ce:ZnWO₄ and Ce:Nd:ZnWO₄ crystals excited by 320 nm laser

射峰明显变弱(如图 4 中 b 和 c), 甚至比未掺杂 ZnWO₄ 晶体的发射峰还弱。这是由于除了 Ce³⁺ 离子和 Nd³⁺ 离子间存在明显的能量转移过程外, ZnWO₄ 晶体的 [W-O₆] 基团也与 Nd³⁺ 离子间存在能量转移过程; 文献[12]中也有关于在晶体中 Ce³⁺ 离子和 Nd³⁺ 离子间能量转移的相关报道。

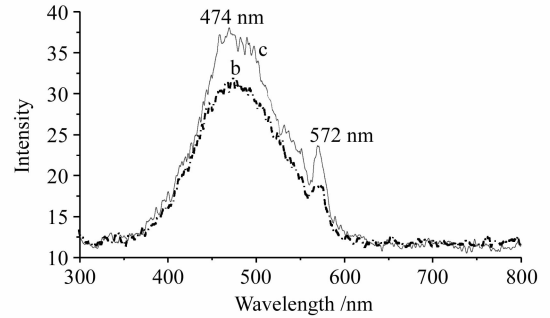
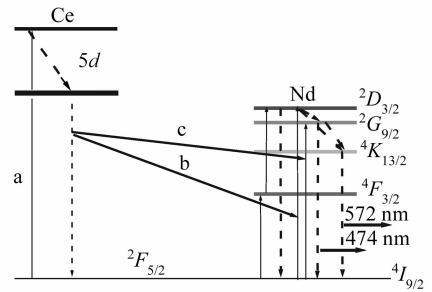
图 5 850 nm 激发 Ce:Nd:ZnWO₄ 晶体的上转换光谱Fig. 5 Upconversion fluorescence spectrum of Ce:Nd:ZnWO₄ crystals excited by 850 nm laser图 6 ZnWO₄ 晶体中 Ce³⁺ 离子和 Nd³⁺ 离子能量转移示意图Fig. 6 Energy transfer diagram between Ce³⁺ ions and Nd³⁺ ions in ZnWO₄ crystal

图 5 为 850 nm 激发 Ce:Nd:ZnWO₄ 晶体的上转换光谱。从图中可以看出, 晶体分别在 474 nm 和 572 nm 处有较强的发射峰, 分别对应于 Nd³⁺ 离子能级 ²G_{9/2}, ⁴K_{13/2} 到基态能级 ⁴I_{9/2} 的跃迁, 并且峰值随着 Ce³⁺ 离子掺杂浓度的增加而明显增强。这是由于 Ce³⁺ 离子 5d 能级参与了能量转移造成的, 具体过程为: 1) Nd³⁺ 离子首先经过双光子过程, 电子由基态能级 ⁴I_{9/2} 到达激发态能级 ²D_{3/2}, 即 ⁴I_{9/2} + 2hν → ²D_{3/2}; 2) 根据文献[13, 14]和荧光光谱的结果, Ce³⁺ 离子 5d 能级能在晶体场作用下发生能级分裂, 并能产生 400 nm 左右的 5d 能级, 又根据 Ce³⁺ 离子的吸收光谱, 吸收峰在 328 nm 左右, 因此可以通过三光子过程使电子由基态能级 ²F_{5/2} 跃迁到较高的 5d 激发态能级(如图 6 中 a), 即 3hν + ²F_{5/2}(Ce³⁺) → 5d(Ce³⁺), 然后通过无辐射跃迁过程

到达400 nm左右的5d能级;3) Ce³⁺离子处于5d能级的电子无辐射跃迁回基态,将能量还给Nd³⁺离子,使电子由基态跃迁到激发态能级²D_{3/2}和²G_{9/2}(如图6中b和c),即5d + ⁴I_{9/2}(Nd³⁺) → ²D_{3/2}(²G_{9/2}, Nd³⁺) + ²F_{5/2}(Ce³⁺); 4) Nd³⁺离子处于激发态²D_{3/2}和²G_{9/2},可弛豫到能级⁴K_{13/2},当处于能级²G_{9/2}和⁴K_{13/2}的电子跃迁回基态能级时,会产生474 nm和572 nm的上转换荧光。分析能量转移过程可知,由于Ce³⁺离子5d能级参与了能量转移,使Nd³⁺离子可以接受激发光源的能量外,同时还可以接受来自Ce³⁺离子5d能级的能量,这就使Nd³⁺离子处于激发态能级的电子数目增多,即多个电子同时跃迁回基态的概率增大,发射峰增强。除此之外,Ce³⁺离子通过三光子吸收过程直接参与850 nm激发上转换,并发出如图4的400~600 nm间的宽发射峰荧光,叠加在Nd³⁺离子的上转换发光474 nm和572 nm发光峰上,从而使其发射峰增强。

图7为280 nm激发Eu:ZnWO₄和Ce:Eu:ZnWO₄晶体的发射光谱。从图中可以观察到,除了Ce³⁺离子和ZnWO₄本身的发射峰外,在613 nm处还有一比较明显的峰,它对应于Eu³⁺离子⁵D₀ → ⁷F₂的能级跃迁产生的峰,这与文献[15]报道的结果一致,只是激发光波长不同。文献[13]中还提到ZnWO₄本身产生的发射峰是由晶体结构中[W-O₆]基团产生的,而且[W-O₆]与Eu³⁺离子间有明显的能量转移过程;本文中掺杂了Ce³⁺和Eu³⁺,Ce³⁺离子的发射峰位置和ZnWO₄本身产生的发射峰重叠,意味着Ce³⁺离子和Eu³⁺离子间也会存在一定的能量转移过程,能使Eu³⁺离子在613 nm处的发射峰增强;但同时还发现,虽然Ce:Eu:ZnWO₄晶体中Ce³⁺离子的掺杂浓度比Ce:Nd:ZnWO₄晶体大,但效果却没有Ce:Nd:ZnWO₄晶体的明显。

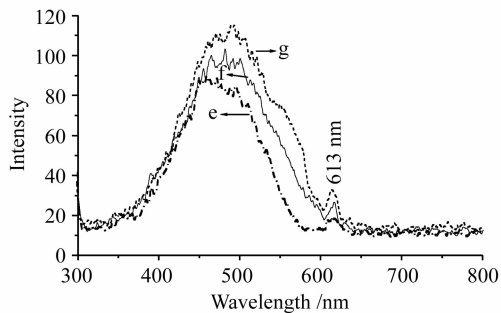


图7 280 nm激发Eu:ZnWO₄和Ce:Eu:ZnWO₄晶体的发射光谱

Fig.7 Emission spectrum of Eu:ZnWO₄ and Ce:Eu:ZnWO₄ crystals excited by 280 nm laser

分析原因可能有两方面:1) Ce³⁺离子浓度过大时会存在浓度猝灭效应,使能量不能有效地转移给Eu³⁺离子;2) Ce³⁺离子的5d能级和Eu³⁺离子的⁵D₀能级差较大,使能量转移效率不高。

4 结 论

采用提拉法生长了无宏观缺陷的一系列Nd:ZnWO₄, Ce:ZnWO₄, Eu:ZnWO₄, Ce:Nd:ZnWO₄和Ce:Eu:ZnWO₄晶体,并进行了各种光谱测试,来研究ZnWO₄晶体中共掺Ce³⁺离子时对Nd:ZnWO₄和Eu:ZnWO₄两种激光晶体中稀土激活离子的敏化作用。研究发现,Ce³⁺离子在324 nm附近有很强的吸收,因此它能有效地吸收抽运光能量,为敏化作用提供了一个必要的前提。根据Ce:Nd:ZnWO₄晶体和Ce:Eu:ZnWO₄晶体荧光光谱的测试结果可以确定,Ce³⁺离子与Nd³⁺离子和Eu³⁺离子间存在明显的能量转移,并提出了具体的能量转移过程和机制。这为有效地提高激光晶体的效率提供了一条途径和理论基础的支持。

参 考 文 献

- 1 T. H. Maiman. Stimulated optical radiation in ruby [J]. *Nature*, 1960, **187**:493~494
- 2 H. G. Danielmeyer, F. W. Ostermayer. Diode-pump-modulated Nd:YAG laser [J]. *J. Appl. Phys.*, 1972, **43**(6): 2911~2913
- 3 Zhao Wei, Wang Yishan, Cheng Zhao *et al.*. Compact single-stage femtosecond multipass Ti:sapphire amplifier at 1 kHz with high beam quality [J]. *Chin. Phys. Lett.*, 2006, **23**(8): 2098~2100
- 4 Ding Xin, Ma Hongmei, Zou Lei *et al.*. An all-solid-state high power quasi-continuous-wave tunable dual-wavelength Ti:sapphire laser system using birefringence filter [J]. *Chinese Physics*, 2007, **16**(7):1991~1995
- 5 Yujing Huo, Gangsheng Li, Jianbin He *et al.*. Laser diode pumped Nd:YVO₄ lasers [C]. *SPIE*, 1992, 155~159
- 6 Jiang Benxue, Xu Jun, Li Jindong *et al.*. Temperature gradient technique grown Nd:YAG crystal for heat capacity laser with laser output of 1200 W [J]. *Chinese J. Lasers*, 2006, **33**(7): 973~976
姜本学,徐军,李劲东等.温度梯度法生长Nd:YAG晶体的1200 W激光输出[J]. *中国激光*, 2006, **33**(7):973~976
- 7 Lin Zhifeng, Gao Mingwei, Gao Chunqing. Experimental investigation of laser diode end pump Tm:YAG laser [J]. *Chinese J. Lasers*, 2007, **34**(2):181~185
林志锋,高明伟,高春清.激光二极管端面抽运Tm:YAG激光器[J]. *中国激光*, 2007, **34**(2):181~185
- 8 Jianghua Ji, Xiaolei Zhu, Chunyu Wang *et al.*. Comparison of laser performance of electro-optic Q-switched Nd:YAG ceramic/single crystal laser [J]. *Chin. Opt. Lett.*, 2006, **4**(4):219~221
- 9 G. Blasse, A. Bril. Investigation of some Ce³⁺ activated phosphors [J]. *J. Chem. Phys.*, 1967, **47**(12):5139~5145
- 10 G. Blasse, A. Bril. Study of energy transfer from Sb³⁺, Br³⁺,

- Ce³⁺ to Sm³⁺, Eu³⁺, Tb³⁺, Dy³⁺ [J]. *J. Chem. Phys.*, 1967, **47**(6):1920~1926
- 11 A. R. Phani, M. Passacantando, L. Lozzi *et al.*. Structural characterization of bulk ZnWO₄ prepared by solid state method [J]. *Journal of Materials Science*, 2000, **35**:4879~4883
- 12 Yuan Guoqiang, Yan Shenghui, Zhong Yongcheng. Energy transfer from Ce³⁺ to Nd³⁺ in Nd, Ce, YAlO₃ laser crystal [J]. *Bull. Chine Cerrm. Soc.*, 1992, (4):28~30
袁国强, 颜声辉, 钟永成. Nd, Ce:YAlO₃ 激光晶体中 Ce³⁺ → Nd³⁺ 的能量转移特性[J]. *硅酸盐通报*, 1992, (4):28~30
- 13 Huang Chaohong, Zhang Qingli, Zhou Dongfang *et al.*. Excitation and luminescence properties of Ce³⁺:YAG single crystalline scintillator [J]. *Journal of Synthetic Crystals*, 2003, **32**(4):295~299
黄朝红, 张庆礼, 周东方等. Ce³⁺:YAG 单晶闪烁体的激发和发光特性[J]. *人工晶体学报*, 2003, **32**(4):295~299
- 14 Yongjun Dong, Jun Xu, Guoqing Zhu *et al.*. Blue upconversion luminescence generation in Ce:Gd₂SiO₅ crystals by infrared femtosecond laser irradiation [J]. *Opt. Express*, 2006, **14**(5):1899~1904
- 15 Fushan Wen, Xu Zhao, Hua Huo *et al.*. Hydrothermal synthesis and photoluminescent properties of ZnWO₄ and Eu³⁺ doped ZnWO₄ [J]. *Materials Letters*, 2002, **55**:152~157

慕尼黑上海激光、光电展绽放浦东

3月18日,第3届慕尼黑上海激光、光电展(LASER. World of Photonics China 2008)在上海新国际博览中心盛大召开,来自科技部、中国科学院、上海市的各级领导及企业界的嘉宾出席了开幕式。本次展会历时3天,共有来自16个国家和地区的206家展商参加了本次展会。自2006年首次举办以来,短短两年时间,该展会已经成为行业内顶尖级展会。



上海国际信息化博览会开幕式

1. 加盟上海国际信息化博览会, 创建更大展示平台

由上海市信息化委员会、上海市浦东新区人民政府共同主办的上海国际信息化博览会旨在为业界搭建一个紧跟世界IT发展方向,引进先进技术和设备的平台,并逐步发展成为具有影响力的区域专业品牌展览会。为了更好地促进上海信息化和信息产业发展,2008上海国际信息化博览会力邀上海三大顶尖电子行业展—慕尼黑上海电子展、SEMICON China、CPCA Show 倾力加盟,与慕尼黑上海激光、光电展一起,共同打造一个12万平方米的光电子产业链展示平台。

2. 展会凸显品牌, 规模再创新高

随着前两届慕尼黑上海激光、光电展的成功举办,此次展会已经成为国内外激光企业在中国推广新产品、宣传品牌形象的首选。本次展会上,世界著名的光电企业悉数登场,如德国通快、罗

芬、肖特;美国相干、理波、恩耐;英国GSI;全球领先的光电半导体制造商OSRAM,激光打标与机械打标的高科技公司镭射沃和Telesis;民族激光企业代表的大族激光、楚天激光、华工激光、华北光电、大陆激光;还有众多新展商的积极加盟,包括韩国伊欧、欧瑞康、IPG、海洋光学等。本次激光、光电展的展出面积再创新高,整体面积翻了一番,达到11500平方米。

3. 深入洞悉行业现状, 探索发展新路

展会期间,除了丰富的产品展示外,同期举办的会议也是精彩纷呈。本次激光、光电展期间,主要举办了两场相关行业研讨会和论坛。“光学前沿—2008'激光技术论坛暨'2007中国光学重要成果'发布会”以及“第三届国际应用激光技术中国研讨会(LPC 2008)”,分别集中研讨了激光加工技术、光学元件以及激光技术目前的发展与未来的趋势,以及关于当前激光器技术的前沿进展与面临的挑战。主要报告有中国科学院物理研究所许祖彦院士的《深紫外全固态激光技术及其应用》,中国科学院上海光机所陈卫标研究员的《空间应用的全固态技术》,中国科学院物理研究所魏志义研究员的《飞秒激光技术的新进展》,中国工程物理研究院激光聚变研究中心张小民研究员《高功率激光驱动器现状与发展趋势》,哈尔滨工业大学王骥教授的《毛细管放电软X光及其应用》。



科技部副部长曹健林、中国科学院副院长江绵恒、中科院上海光机所所长朱健强参观展会