

# Ni<sup>2+</sup>:BeAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 激光晶体的红外荧光光谱及能级热移位特性的研究

文根旺

(湖南师范大学物理系)

刘颂豪

(华南师范大学量子电子学研究所)

## Study of infrared fluorescence spectra and thermal shift of energy levels of Ni<sup>2+</sup>:BeAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> laser crystals

Wen Genwang

(Department of Physics, Hunan Normal University, Changsha)

Liu Songhao

(Institute of Quantum Electronics, South China Normal University, Goungzhou)

**Abstract:** The fluorescence spectrum bandwidth, energy level position and low symmetry level splitting of Ni<sup>2+</sup>:BeAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> laser crystal were measured at temperature range of 10 to 300 K with laser induced fluorescence method. Some suitable relations were adapted to describe the temperature dependence of these parameters.

### 一、引言

文献[1]报道了 Ni<sup>2+</sup>:BeAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 晶体的晶场能级与 Ni<sup>2+</sup> 离子在晶体中择位与电荷补偿机理的研究结果,指出该晶体的红外荧光来源于处于具有 C<sub>4</sub> 对称畸变的八面体格值上的 Ni<sup>2+</sup> 离子 <sup>3</sup>T<sub>2g</sub> → <sup>3</sup>A<sub>2g</sub> 跃迁发光。但未能考虑谱宽、能级位置与低对称劈裂对于发光的影响。

为了研究用 Ni<sup>2+</sup>:BeAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 晶体制成激光器的工作稳定性与调谐功能等工作特性的需要,进一步研究温度对于该晶体发光特性的影响是十分必要的,本文将报道用激光诱导荧光方法测量 Ni<sup>2+</sup> 离子 <sup>3</sup>T<sub>2g</sub> → <sup>3</sup>A<sub>2g</sub> 跃迁的荧光带宽、子峰位置及能级低对称畸变随温度变化特性的研究结果。

### 二、实验装置与测试结果

测量荧光光谱的实验装置如图1所示,所用样品为用助熔剂缓冷法生长的、掺杂百分比浓度为 0.1% 的 Ni<sup>2+</sup>:BeAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 单晶。据文献[1]报道的吸收谱,使用 Nd:YAG 激光器 1.06 μm 的激光泵浦晶体,能使处于基态 <sup>3</sup>A<sub>2g</sub> 的 Ni<sup>2+</sup> 离子激励到 <sup>3</sup>T<sub>2g</sub> 态。激发

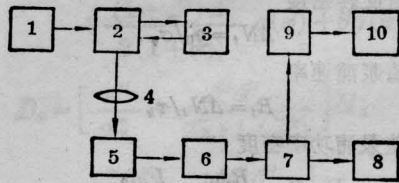


图1 实验装置图

1—Nd:YAG 激光器; 2—样品池; 3—制冷控温仪; 4—透镜; 5—光栅单色仪; 6—InSb 探头; 7—前置放大器; 8—示波器; 9—Boxcar; 10—X-Y 记录仪

离子弛豫发出的光由加液氮冷却的 InSb 探测器检测。信号经前置放大后分成两路,一路送示波器监视,另一路送到 Boxcar 进行平均后接 X-Y 记录仪记录光谱。Boxcar 的采样门宽取为 1 μs,采样点位于荧光时间曲线的顶峰(从监视示波器上观察决定延时时间),以克服向其它淬灭中心的能量转移造成测量结果的误差。晶体样品放在可控制冷器的样品池里,其温度可在 10~300 K 内通过控温仪进行控制和调节。实验过程中,先将样品冷冻到 10 K,然后逐步缓慢加温并控制稳定到一些指定的温度,我们测取了样品在这些温度的荧光光谱,得出了谱宽

表1 BeAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 晶体中 Ni<sup>2+</sup> 离子 <sup>3</sup>T<sub>2g</sub>-<sup>3</sup>A<sub>2g</sub> 跃迁  
在不同温度时的线宽和峰位置

温度 (K)	线宽 (cm <sup>-1</sup> )	峰 1 (cm <sup>-1</sup> )	峰 2 (cm <sup>-1</sup> )	峰 3 (cm <sup>-1</sup> )
10	1462	6990	7172	7335
20	1487	6969	7122	7340
30	1503	6920	7086	7336
50	1503	6881	7051	7315
69	1478	6864	7031	7294
80	1458	6859	7015	7279
100	1435	6857	7010	7250
115	1427	6858	7008	7245
130	1430	6860	7007	7247
150	1443	6862	7006	7260
168	1459	6863	7006	7280
180	1465	6862	7006	7294
200	1477	6861	7010	7319
220	1478	6859	7017	7339
240	1480	6857	7026	7351
260	1482	6858	7032	7355
270	1484	6859	7028	7353
288	1497	6861	7020	7351

(FWHM)及三个子峰 (<sup>3</sup>T<sub>2g</sub> 能级在 C<sub>4</sub> 格值劈裂为三个子峰)的位置, 测试结果列于表1。

### 三、实验结果与分析

Ni<sup>2+</sup>:BeAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 晶体 <sup>3</sup>T<sub>2g</sub>→<sup>3</sup>A<sub>2g</sub> 电子跃迁具有较大的 Stokes 位移(吸收中心 1.07 μm、荧光中心 1.43 μm), 这说明 Ni<sup>2+</sup> 离子的 <sup>3</sup>T<sub>2g</sub> 激发态具有较大的晶格弛豫, 它与晶格声子的作用属于强耦合情况, 我们可借助于一些经验关系式描述光谱的温度特性。

Ni<sup>2+</sup>:BeAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 晶体红外荧光对应的跃迁始于离子的第一激发态, 与 Ti<sup>3+</sup>:Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 晶体的发光过程类似, 带宽的温度变化可借助于声子谐振子模型给出的关系式<sup>[2]</sup>:

$$\Delta\nu(\tau) = \Delta\nu(0) [\tanh(\hbar\omega/2kT)]^{-1/2} \quad (1)$$

进行数据拟合。其中 Δν(0) 为绝对零度时的线宽, ħω 为引起谱线加宽的平均声子能量。利用表 1 的数据

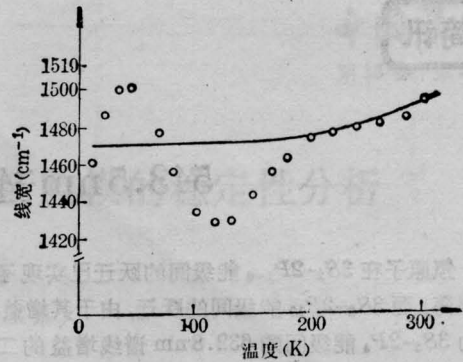


图2 荧光带宽的温度变化关系

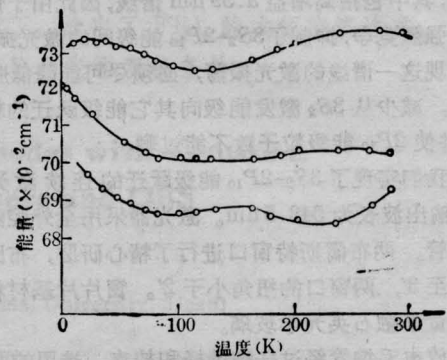


图3 荧光子峰位置的温度变化

拟合得出:  $\Delta\nu(0) = 1476 \text{ cm}^{-1}$ ,  $\hbar\omega = 671 \text{ cm}^{-1}$ , 拟合曲线如图 2 所示, 除低温时偏差较大外, 拟合结果与实验符合较好。

将表 1 给出不同温度下子能级位置的测量值描绘如图 3 所示(以“○”表示测量值), 在 0~300 K 温度范围内有四个极值点, 可用如下的五次多项式函数进行样条拟合:

$$E(T) = a_0 + a_1T + a_2T^2 + a_3T^3 + a_4T^4 + a_5T^5 \quad (2)$$

### 参 考 文 献

- 1 杭寅, 缪明华, 汤洪高. 量子电子学, 1985; 2(2): 157
- 2 Eyrvik C E et al. IEEE J. Quant. Electr., 1985; QE-21 (10): 1619

(收稿日期: 1987年3月16日)