

# BeAl<sub>6</sub>O<sub>10</sub> 晶体中单体铬和铬离子 对的窄线发光

胡志伟 吴光照 马笑山 潘佩聪  
(中国科学院上海光学精密机械研究所)

## 提 要

BeAl<sub>6</sub>O<sub>10</sub>:Cr 的荧光谱由宽带和七条窄线组成。在室温下,宽带和窄线发光的衰减时间极不相同。本文根据线强度的温度关系、浓度关系推论,三条窄而强的荧光来自两种单体铬中心。另有两条稍宽的线来自铬离子对中心。宽带发射与这些窄线发射没有象 BeAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>:Cr 中那样的联系。  
关键词: BHA:Cr, 单体铬, 铬对。

在成功地生长了掺铬的六铝酸铍单晶 (BeAl<sub>6</sub>O<sub>10</sub>:Cr) 并测定了它的发射谱之后, 我们曾一度认为它是属于中场材料<sup>[1]</sup>。但是进一步的实验研究表明, 铬离在六铝酸铍中的情况不能简单地与在 BeAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 中类比。BeAl<sub>6</sub>O<sub>10</sub>:Cr (以下记为 BHA:Cr) 这种新晶体的荧光谱虽然也是由窄线和一个宽带组成, 但窄线和宽带之间却缺乏密切的联系。这主要表现在荧光寿命上。由于条件的限制我们不能准确地测定 BHA:Cr 的荧光寿命。据初步的观察, 在室温下 BHA:Cr 宽带发射的衰减时间大约是 30 μs, 而窄线的衰减时间都在几个 ms 的量级。它们的差别十分明显。应该认为这样的窄线发射和宽带发射几乎是孤立的, 或者说有点象 MgO:Cr 的发光<sup>[2]</sup>。因此, 有必要重新研究 BHA:Cr 窄线和宽带的性质。BHA:Cr 能否成为激光材料, 可能成为哪一类激光材料, 只有深入研究它的光谱性质之后才能做出判断。作为认识的第一步, 本文中着重从实验上描述 BHA:Cr 窄线发射的一些特点。根据这里的描述, 推测某些窄线的起源。

在 BHA:Cr 的低温和室温荧光谱上至少可以看到七条窄线。其中有三条窄而强的荧光线和一些弱的伴线集中分布在荧光谱的短波边, 另有两条稍宽的线落到宽带发射的极大值附近区域。图 1 是 BHA:Cr 77 K 荧光谱的有关部分。七条窄线按波长顺序被标为 L<sub>1</sub> ~ L<sub>7</sub>。它们的波长是 6870 Å (L<sub>1</sub>), 6894 Å (L<sub>2</sub>), 6913 Å (L<sub>3</sub>), 6923 Å (L<sub>4</sub>), 6953 Å (L<sub>5</sub>), 7160 Å (L<sub>6</sub>) 和 7350 Å (L<sub>7</sub>)。显然, BHA:Cr 既不象红宝石又不象 BeAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>:Cr, 窄而强的荧光不止有两条。这些线很可能不是来自同一种铬中心。相对荧光强度的温度关系有助于理解这一点。线强度随温度的变化示于图 2。尽管这里的线强度是取峰值的高度, 也能提供一些有用的信息。

图 2 提供的一个重要信息是 L<sub>1</sub> 和 L<sub>2</sub> 线的强度随温度有规律地变化。考虑到 L<sub>1</sub> 线和 L<sub>2</sub> 线间隔 51 cm<sup>-1</sup>, 如果它们是同一铬中心 <sup>3</sup>E 能级的分裂, 那末, L<sub>1</sub> 和 L<sub>2</sub> 线强度比的温度关系应该是  $I_1/I_2 = C \cdot \exp(-\Delta E/kT)$ ; 其中 I<sub>1</sub> 和 I<sub>2</sub> 表示 L<sub>1</sub> 和 L<sub>2</sub> 的强度,  $\Delta E = 51 \text{ cm}^{-1}$ 。

收稿日期: 1987 年 4 月 10 日; 收到修改稿日期: 1987 年 12 月 17 日

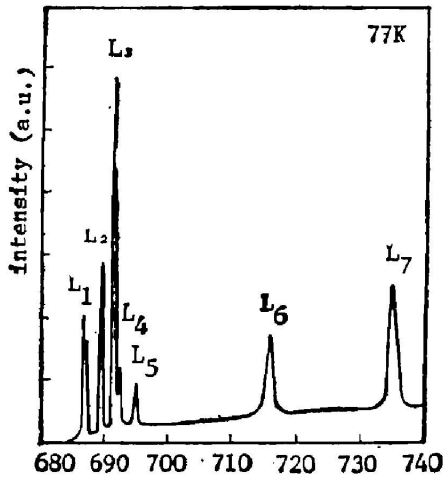


Fig. 1 Fluorescence spectrum of BHA:Cr (77K)

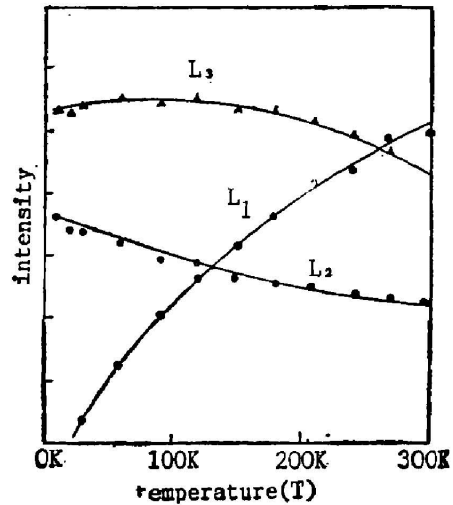


Fig. 2 Temperature dependence of the line intensities

实验结果表明了这种关系(见图3)。可以得出结论,  $L_1$  线和  $L_2$  线是来自同一单体铬中心的双  $R$ -线。这种中心多半是畸变的八面体中心,我们称其为  $A$  中心。

图2提供的另一条信息是  $L_3$  线强度随温度变化不大。在 200 K 以上稍有温度猝灭。 $L_3$

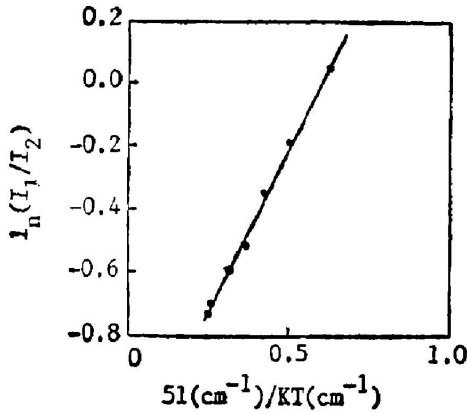


Fig. 3 The intensity ratio of  $L_1$  to  $L_2$  vs temperature

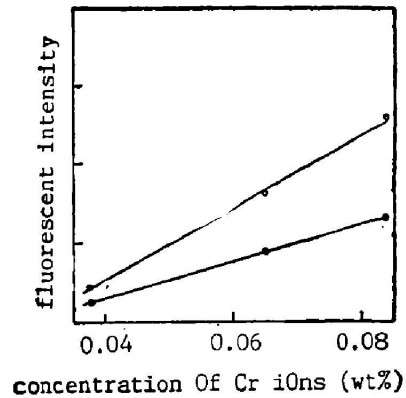


Fig. 4 Concentration dependence of the intensities in  $L_6$  and  $L_7$

线在强度上与其它线没有明显的联系。 $L_3$  线以及  $L_4$  和  $L_5$  弱线都在  $L_1$  和  $L_2$  线的长波侧,也不能当作是  $A$  中心的“ $S$ -线”。因此,我们认为  $L_3$  线属于另外一种单体铬中心,如非畸变的中心,我们称其为  $B$  中心。 $L_4$  和  $L_5$  可能是一声复制。

值得注意的是  $L_1$  和  $L_2$  线的总强度(即强度之和)非但没有温度猝灭,反而随温度的升高有所增长。正如本文开头提到的荧光寿命给出的暗示一样,宽带发射很难从这里提取能量。

至于  $L_6$  和  $L_7$  线,我们做了另一个实验。利用不同 Cr 浓度的样品观察这两条线强度的变化。图4给出了实验结果,给出  $L_6$  和  $L_7$  线强度相对于  $L_1$  线强度随 Cr 浓度的变化。

既然  $L_1$  是单体铬中心, 那末  $L_1$  的线强度  $I_1$  就应该正比于 Cr 浓度。假定  $I_1$  正比于 Cr 浓度, 则图 4 表明  $L_6$  线和  $L_7$  线的强度都正比于样品中 Cr 浓度的平方。即有  $I_6 \propto C^2$ ,  $I_7 \propto C^2$ , 其中  $C$  表示样品中 Cr 的浓度。换句话说,  $L_6$  和  $L_7$  具有铬对(多体铬)谱线的特征。因此把  $L_6$  和  $L_7$  归于铬对中心的发射。

BHA:Cr 的窄线发射在总发射中占有相当大的比重。窄而强的发射线相互靠近, 铬对线又落在宽带发射上。这些都会造成中心之间的能量传递。本文在强度上有限的考查不能完全说明能量传递的问题。随着温度的升高,  $L_1$  和  $L_2$  线的总强度, 以及宽带发射的强度都有增加, 可能是由于铬对的热分解。

通过对 BHA:Cr 窄线发射的实验研究, 目前得出如下一些结论。BHA:Cr 的  $L_1$  和  $L_2$  线属于畸变了八面体环境中的单体铬。  $L_3$  线属于另一种单体铬中心。  $L_6$  线和  $L_7$  线是铬对的发射。 Cr 在 BHA 中比在 BeAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 和  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 中更容易成对。 BHA:Cr 是一种多中心的发光材料。

### 参 考 文 献

- [1] 胡志伟等;《中国激光》,待发表。  
 [2] B. D. Bartolo;《Luminescence of Inorganic Solids》, (Plenum Press, New York, 1978), 146~153.

## Fluorescence lines of single Cr and Cr pairs in BeAl<sub>6</sub>O<sub>10</sub>:Cr crystals

HU ZHIWEI, WU GUANGZHAO, MA XIAOSHAN AND PAN PEICONG  
 (Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica)

(Received 10 April 1987; revised 17 December 1987)

### Abstract

The fluorescence spectrum of BeAl<sub>6</sub>O<sub>10</sub>:Cr crystal consists of seven narrow lines and a broad band. The difference between the lifetimes of the broad band and the lines is very big even at room temperature. There is less relationship between the band emission and the line emissions in BeAl<sub>6</sub>O<sub>10</sub>:Cr, unlike in BeAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>:Cr.

To identify the Cr centers, experimental study has been carried out. Based on the temperature- and the concentration dependence of the line intensities, we suggest that three mainlines result from two types of single Cr centers, and other two lines come from Cr pairs centers.

**Key words:** BHA:Cr; single Cr; Cr pairs.