

由于散射颗粒较小且形状不规则(圆点状或无定形),尚不能分析其成分。但考虑到 YAG:Nd<sup>3+</sup> 晶体是高温氧化物晶体(熔点 1970°C),在高温结晶过程中很容易产生大量过饱和点缺陷,而掺入的杂质原子 Nd 其离子半径虽大于 Y 的离子半径,一旦 Nd 的浓度大于溶解限度时,也有可能扩散并沉积在位错线上。此外,还有坩埚及加热体挥发进入熔体后,也会形成散射颗粒而引起缀饰效应,因对其形成的原因尚不了解,需作进一步的探讨。

## YAG:Nd<sup>3+</sup> 晶体散射颗粒的研究

中国科学院上海光机所八室

目前一般国产水平的 YAG:Nd<sup>3+</sup> 晶体中散射颗粒的存在是影响晶体质量的主要原因。我们对 YAG:Nd<sup>3+</sup> 晶体中散射颗粒进行了一系列观察分析,找到了产生散射颗粒的主要原因,提出了减少它的生长工艺条件。研究表明:

1. YAG:Nd<sup>3+</sup> 晶体中散射颗粒引起的散射损耗占光衰减的很大比重,使单程激光的内耗增加,激光阈值提高,效率下降。对连续工作激光影响更大,严重时甚至不能产生连续激光。在高功率工作下,散射颗粒是造成晶体破坏的主要原因,因为在千兆瓦/厘米<sup>2</sup>激光功率密度下,晶体中的金属颗粒吸收光能后可使其升温上万度,颗粒气化后产生 10<sup>5</sup> 公斤/厘米<sup>2</sup>的张应力,而晶体的抗张强度仅为 1400 公斤/厘米<sup>2</sup>。

2. 对我所高频引上法和电阻炉引上法生长的 YAG:Nd<sup>3+</sup> 晶体的大量观察发现,晶体中散射颗粒的分布具有一定规律性,一般在晶体头部多,中心密,并成层状分布。颗粒的大小不等,一般在微米量级。各种形状颗粒可分为四类:

- (1) 固体颗粒——多呈现有规则形状的金属颗粒和具有一定应力的无定形颗粒;
- (2) 液体颗粒——由组分过冷形成的液体包裹物;
- (3) 气体颗粒——球形气体包裹体;
- (4) 线状散射体——用超显微观察法观察到各种奇异形状的线状散射体,如封闭环、螺旋形、锯齿形和延伸整个晶体的直线,这是由于杂质在位错附近沉积缀饰引起的。

3. 通过掺杂、浓度、组分偏析、掺碳、掺钼等大量实验研究,得出结论:散射颗粒产生的主要原因是坩埚材料、加热材料对熔体的污染和生长工艺条件的突变引起的;而在正常情况下,与生长所用原料中的杂质浓度和可能的组分偏析影响不大。

熔体中的杂质被正在生长的晶体捕获存在一临界生长速度,而临界生长速度与颗粒的大小、热导率等有关。当晶体生长速度或转速、温度的波动使实际生长速度达到一临界生长速度时,对应的颗粒即被捕获。在此基础上提出了减少晶体中散射颗粒的几项具体措施,获得了较好的效果。

## 电阻炉 YAG 晶体的色心发光

中国科学院上海光机所 吴光照 张秀荣

在附加着色的电阻炉 YAG 晶体中发现了一个色心发光。测量表明,它很象 F<sup>+</sup> 心的发射并有以下特点(300°K):

1. 发射几率大,荧光寿命极短;
2. 激发谱与发射谱大致是镜对称的;
3. 振动能级间的声子过程相当快;

#### 4. 发散截面较大,量子效率高。

色心吸收带在 370 毫微米, 荧光发射带在 404 毫微米, 带宽都是 2000 厘米<sup>-1</sup> 左右。斯托克斯位移 2100 厘米<sup>-1</sup>。

荧光寿命 10<sup>-8</sup> 秒, 量子效率 0.8。这些参数说明 YAG 晶体中的色心发光可与最优秀的色心发光(如卤化物 F 心和 CaO:F<sup>+</sup> 心)相比拟, 而这些过去是不知道的。

大家知道, 材料的光学性质取决于材料本身和它里面的光学中心(激活离子或色心)。色心的吸收和发射是 YAG 光学性质的一个方面。发光的发现使我们能够进一步讨论 YAG 晶体的光学性质。

文中估计了发射几率、辐射寿命、振子强度、色心浓度和发射截面, 讨论了色心的能级和模型。

最后我们谈到了“YAG 色心激光器”, 其理由如下:

一个光谱特性好的色心发光可以做成色心激光器。主要要求是: 发光带宽在 1000~2000 厘米<sup>-1</sup> 范围之内, 并且宽一些好; 振动弛豫足够快。量子效率和发射截面越高越好, 而荧光寿命越短越好; 最好没有别的损耗性吸收和可在室温下工作。

YAG 色心发光, 带宽 2000 厘米<sup>-1</sup>, 荧光寿命 10<sup>-8</sup> 秒, 量子效率接近 1。这三个值是最合适的。当然寿命再短一些(如 10<sup>-9</sup> 秒)更好, 不过泵浦脉宽多半是 10<sup>-8</sup> 秒量级。

关键在于振子能级间的弛豫是否足够快。理论上晶格弛豫在 10<sup>-13</sup>~10<sup>-10</sup> 秒, 所以似乎没有问题。文中分析了这些问题, 讨论了 YAG 色心发光受激振荡的可能性。

## YAP:Nd 晶体的激光跃迁截面的性质和 在激光器中的一些新应用

中国科学院上海光机所 林福成 张珊珊 林 荷

YAlO<sub>3</sub> 中 Nd<sup>3+</sup> 的格位对称群为  $mc_{1n}$ , 所有的 Kramers 双态构成点群  $mc_{1n}$  的  $\Gamma_3$  和  $\Gamma_4$  不可约表示。矢径的分量 X、Y 构成  $\Gamma_1$  不可约表示, Z 构成  $\Gamma_2$  不可约表示。利用点群不可约表示的乘法表, 算出电偶极跃迁中不等于零的矩阵元, 在每个单胞中 4 个 Nd<sup>3+</sup> 格位进行平均。对于空间椭圆偏振光  $\mathbf{E} = \text{Re}(E\mathbf{e}e^{i\omega t})$  (其中  $\mathbf{e} = \mathbf{e}_1 + i\mathbf{e}_2 \cdot \mathbf{e}_1$ ,  $\mathbf{e}_2 = 0$ ,  $|\mathbf{e}|^2 = 1$ , 代表自  $\mathbf{e}_1$  向  $-\mathbf{e}_2$  旋转)。其对应的跃迁截面为  $A(e_{1a}^2 + e_{2a}^2) + B(e_{1b}^2 + e_{2b}^2) + C(e_{1c}^2 + e_{2c}^2)$ , 式中 A、B、C 是常数, 可由实验测出,  $\mathbf{e}_{1a}$  代表  $\mathbf{e}_1$  在 a 轴上投影, 对 b 轴取向和 c 轴取向的 YAP:Nd 激光棒进行了计算。实验上, 在激光器内插入起偏元件, 测出的阈值对偏振方向的关系和计算相符, 用光栅光谱仪拍到的激光光谱也和计算所预计的相同。用 b 轴取向的激光棒, 得到 1.064 微米、1.072 微米和 1.079 微米的不连续可调频输出。

用 Jones 的传输矩阵讨论了在 YAP:Nd 激光器中插入各向异性元件的偏振模式。对应于各向同性谐振腔的每一个纵模, 都分裂成两个纵模, 频率稍有不同, 偏振椭圆的长短轴互易位置, 旋转方向相反。

由于本征模式是椭圆偏振, 可以大大减轻空间烧孔的效应, 单纵模的输出能量比线偏振的情况为大。对于没有选纵模装置的器件, 同样工作条件下椭圆偏振模的线宽比线偏振模为窄。实验上用 K<sub>9</sub> 玻璃全反射棱镜作为偏振元件, 得到偏振情况和计算机计算结果相符, 棒的温度每改变 3~4°C, 偏振的方向改变一个周期。用 F-P 标准具拍出的线宽也比线偏振的情况为窄。

在腔内用电光晶体 LiNbO<sub>3</sub> 作偏振元件时, 用计算机算出本征模式的偏振状态和频率特性。对 LiNbO<sub>3</sub> 进行电光调制, 可以获得调频、调偏和调增益的工作方式。分析了调制的高效率区域和线性区域, 初步的实验表明, 脉冲工作时在激光棒内没有大的径向温度梯度时, 理论和实验符合, 偏振面随棒的温度变化而作周期性的变化。在连续工作时有大的径向温度梯度。传输矩阵的理论不能很好描述实验, 只能观察到多纵模工作时的新型电光调增益效应, 不能观察到单频的调偏振效应。