

## 激光棒光学质量的研究

中国科学院安徽光机所 郭承就

设计了一种以偏振激光为光源的激光棒多种光学质量参数测定装置。它可用于测量大角散射、透过率、吸收系数、消光比及各参数的径向分布;可用来研究材料内部各向异性。对研究中小微光棒的质量适用而方便。

用本装置对提拉法和火焰法两种红宝石激光棒作铬离子浓度及其分布的非破坏分析,结果与化学分析和干涉分析基本相符,表明它具有简便而不经破坏的优点。研究晶体内散射颗粒对光的影响表明,在其严重存在的区域,散射甚至可增大2~3倍,并因此降低透过率。但散射颗粒本身不存在对6328埃的附加吸收。

研究红宝石晶体内偏振光的散射性质,我们发现,红宝石晶体具有“双散射”的性质,即晶体具有两种不同的散射系数。对于6328埃,常光散射大于反常光散射,后者约为前者的60%左右。这种性质与晶体的双折射和双吸收相类似。同时考虑三种性质,有助于搞清散射中心的本质。

对掺钕铝石榴石的研究表明,立方晶系的YAG晶体,由于核心和应力等缺陷的存在,出现光学性质的各向异性。核心缺陷严重的晶体,消光比很低,各种光学参数的各向异性都很大。

对激光静态效率与各种光学参数的关系的研究结果表明,在大角散射、透过率、消光比、光学均匀性(干涉图)等各种质量参数中,目前起决定作用的是大角散射的大小。有三方面的实验证明这一结论。

我们还从光学参数的变化研究了Nd:YAG的退火效应。在1100°C保温48~66小时的第二次退火之后,发现除了各向异性降低——内应力减小,吸收-色心发生变化外,某些晶体退火后大角散射增加,增高2~3倍,吸收增大,激光效率因而大幅度下降。说明退火期间可能形成新的散射中心。初步分析表明,掺杂较高的晶体,在长时间退火处理中产生新的散射和吸收中心的可能性较大。

目前,对Nd:YAG和提拉红宝石,大角散射是最重要的质量参数。我所电阻炉Nd:YAG的大角散射系数一般为0.2~1.0%厘米<sup>-1</sup>,个别在0.1%厘米<sup>-1</sup>左右,达到钨玻璃水平。提拉法红宝石的大角散射系数接近YAG的水平。进一步降低散射系数,仍是当前改善晶体质量的关键。

## 为蓝绿光固体激光器寻找工作物质

四机部一四一一研究所 104组

蓝绿光是指波长位于0.47~0.54微米的短波可见光。这是水下电视、通讯和照明的有效波段。发展蓝绿光固体激光器,一方面须研制高效率、化学稳定的非线性倍频晶体,用Nd:YAG或Nd:YAP倍频工作,另一方面则希望寻找直接产生蓝绿光的固体激光工作物质。这两方面,特别后者是近年来受到国内外重视的科研项目。

0.48微米的蓝色激光跃迁有几种激活离子可供选择,如Pr<sup>3+</sup>的<sup>3</sup>P<sub>0</sub>→<sup>3</sup>H<sub>4</sub>, Tb<sup>3+</sup>的<sup>5</sup>D<sub>4</sub>→<sup>7</sup>F<sub>6</sub>, Dy<sup>3+</sup>的<sup>4</sup>F<sub>9/2</sub>→<sup>6</sup>H<sub>15/2</sub>, Er<sup>3+</sup>的<sup>2</sup>P<sub>3/2</sub>→<sup>4</sup>I<sub>11/2</sub>以及Tm<sup>3+</sup>的<sup>1</sup>G<sub>4</sub>→<sup>3</sup>H<sub>6</sub>等。但它们大多包含基态跃迁,满足不了室温工作的要求。此外还需要有效的紫外光泵。

0.54微米的绿色激光跃迁,目前集中研究Tb<sup>3+</sup>的是<sup>5</sup>D<sub>4</sub>→<sup>7</sup>F<sub>5</sub>。

适于蓝绿光激光工作的基质晶体正处于探索研究阶段。至今国外报导已实现激光工作的只有氟化钪铈(Pr<sup>3+</sup>:LiYF<sub>4</sub>, λ=0.479微米; Tb<sup>3+</sup>:Gd<sup>3+</sup>:LiYF<sub>4</sub>, λ=0.5445微米)。

我们于1977年四季度选择几种材料开展了晶体生长研究,希望在探索蓝绿光激光晶体方面积累经验,有所发现。

### 1. 氟化钇锂

采用提拉法已生长出  $\text{Er}^{3+}:\text{LiYF}_4$  和  $\text{Ho}^{3+}:\text{LiYF}_4$  透明单晶。掺  $\text{Tb}^{3+}$  的工作将在下一步进行。

### 2. $\text{CaF}_2-\text{YF}_3$ 二元系

根据  $\text{CaF}_2-\text{YF}_3$  二元系相图,有两种组分可做为激光基质晶体。一种是  $9\text{CaF}_2 \cdot \text{YF}_3$ ; 另一种组分是接近  $\text{CaF}_2 \cdot 2.6\text{YF}_3$  的同成分熔化的稳定化合物,属于六方晶系。我们进行了  $\text{Ca}_5\text{Y}_{13-x}\text{Tb}_x\text{F}_4$  的晶体生长研究,用提拉法获得透明单晶。在紫外灯辐照下晶体有较强的黄绿色荧光。发现该晶体可以在高真空条件下,以很高的生长速率(每小时达40毫米)生长出透明单晶。晶体极易开裂。还发现在生长时有相当长一段“晶体”位于熔体液面以下。曾将一根晶体加工成  $\phi 6 \times 50$  毫米激光棒,用约1500托的高压氙灯泵浦,输入达110焦耳时,未发现激光输出。

### 3. 钼酸钪

$\text{Gd}_2(\text{MoO}_4)_3$  是一种铁电晶体,近来它作为潜在的激光基质晶体受到重视。我们对  $\text{Tb}^{3+}:\text{Gd}_2(\text{MoO}_4)_3$  进行了提拉法晶体生长研究,获得不开裂的透明单晶。这种晶体也很易开裂。我们设计了一种有后热器和减少观察窗口冷气对流的生长系统。生长结束后封住窗口和拉晶孔,以24小时左右时间慢速降温,克服了晶体易开裂的性质。该晶体在掺2% Tb时,用紫外灯辐照,发现荧光较弱。性能测试工作正在筹备中。

### 4. 钆酸钪

我们曾尝试用提拉法生长  $\text{Tb}^{3+}:\text{Ce}^{3+}:\text{GdAlO}_3$ 。由于该晶体熔点较高(2070°C),在1300°C很容易开裂形成孪晶。我们用铍籽晶夹头引出一段半透明晶体,降温时开裂。晶体在紫外灯下有黄绿色荧光。

## 氟化钇锂激光晶体的特性和生长

四机部一四一一研究所 104 组

固体激光工作物质的最近发展动向之一是探索能在室温下产生新的激光波长的新材料。氟化钇锂是实现这一目标的颇有希望的激光基质晶体之一。据国外报导,在氟化钇锂中掺入不同的三价稀土激活离子和敏化离子,已实现以下几种激光跃迁:  ${}^3P_0 \rightarrow {}^3H_4$  ( $\text{Pr}^{3+}$ ,  $\lambda=0.479$  微米),  ${}^5D_4 \rightarrow {}^7F_5$  ( $\text{Tb}^{3+}$ ,  $\text{Gd}^{3+}$  敏化,  $\lambda=0.5445$  微米),  ${}^5S_2 \rightarrow {}^5I_7$  ( $\text{Ho}^{3+}$ ,  $\lambda=0.7505$  微米),  ${}^4S_{3/2} \rightarrow {}^4I_{11/2}$  ( $\text{Er}^{3+}$ ,  $\lambda=0.8500$  微米),  ${}^4E_{3/2} \rightarrow {}^4I_{11/2}$  ( $\text{Nd}^{3+}$ ,  $\lambda=1.0471, 1.0530\mu$ ) 以及  ${}^5I_7 \rightarrow {}^5I_8$  ( $\text{Ho}^{3+}$ ,  $\text{Er}^{3+}$ ,  $\text{Tm}^{3+}$  敏化,  $\lambda=2.0654$  微米)等。它们的激光性能大多较好。这种材料的主要缺点是机械性能差,生长激光晶体对原材料质量要求很高。

我们选择氟化钇锂作为开展激光晶体新材料探索研究打基础性的预先研究项目之一。1977年四季度到1978年二季度进行了提拉法晶体生长研究,生长出  $\text{Er}^{3+}:\text{LiYF}_4$  和  $\text{Ho}^{3+}:\text{LiYF}_4$  两种透明单晶。通过实践初步获得以下几点认识:

1. 生长掺杂氟化钇锂透明单晶,要求原材料氟化钇、氟化钇及其它稀土氟化物必须具备高质量(高纯度、不含水、氧化物、 $\text{O}^{2-}$  及  $\text{OH}^-$  等)。目前使用的氟化钇已可满足要求,稀土氟化物采用干法制取,设备工艺尚不能满足要求,需要改进。原料中的氧含量尚无分析方法。

2. 生长气氛对晶体质量有显著影响。(1)由于单晶炉限制,无法采用  $\text{HF}$  气氛。(2)氟化钇锂在高真空下熔融,出现氟化钇大量挥发,使熔体组分改变,无法生长晶体。(3)配料先在高真空下加热到  $450\sim 500^\circ\text{C}$ ,保温2小时以上进行去气处理,然后充入高纯氦气,在原料质量良好时,可以获得透明单晶。

3. 多数报导认为氟化钇锂是包晶固溶体,需要用溶液提拉法(TSSG)生长单晶。我们的生长实践发现,