

退火处理对 Nd³⁺:YAG 光学性质的异常影响

中国科学院安徽光机所 张邦星

本文叙述了通过实验,研究和分析了退火处理对 Nd³⁺:YAG 光学性能和激光特性的影响。发现某些晶体棒经退火处理后其光学和激光性能均出现反常的变化。在一般情况下, Nd³⁺:YAG 经退火处理可以消除有害色心和应力,提高激光效率。但某些 Nd³⁺:YAG 棒经 1100°C、48~64 小时的退火后出现异常情况。实验结果指出: (1) 经较长时间退火处理会改变晶体的光学性能,不仅影响透过率、激光效率而且影响散射损耗。(2) 退火处理对材料的光学均匀性(干涉条纹)无明显影响。(3) 某些晶体经退火后散射损耗明显增加(多至 2~3 倍),对 1.06 微米吸收损耗增大,激光效率显著下降(最多的下降 3 倍)。分析实验结果指出:在退火处理中同时存在两种作用。一方面经退火处理可以减少或消除晶体中的应力和因氧缺位而形成的色心,增强泵浦带的激活吸收,使激光效率提高。另一方面,退火处理使晶体中的某些缺陷进一步扩展,使散射和吸收损耗增大,激光效率下降。如果前者大于后者,表现出的综合效果是激光效率提高,相反则激光效率下降。

文章对退火处理的影响机理做了初步分析和讨论。

YAG:Nd³⁺ 晶体中的缀饰位错

中国科学院上海光机所 邓佩珍 张守都 钱振英 王浩炳

众所周知,人们为了观测晶体中的位错分布,常采用缀饰法,即在晶体内人为掺入一种杂质原子使其沉积在位错线上而用光学显微镜以观察被缀饰的位错。但在实际生长晶体的过程中,常会自身产生过饱和点缺陷以及杂质原子对位错的缀饰效应。J. W. Matthew 以及 W. T. Stagg 对钽石榴石(GGG)晶体的研究工作指出了在晶体中存在着各种形态的缀饰位错,并有害于晶体的质量。

有关 YAG:Nd³⁺ 晶体中有否这类缺陷很少报导。我们在近两年来用超显微法观测了一批引上法生长的 YAG:Nd³⁺ 晶体,发现在一部分晶体中存在着缀饰的位错线及位错环,其形态有多种,如直线、折线、螺旋线以及封闭环等,并得到以下几个结果:

1. 用侵蚀法得位错线在与晶体表面相交的露头处所对应的蚀斑,证实了 YAG:Nd³⁺ 晶体中存在着缀饰位错。

2. 散射颗粒与位错间的交互作用。缀饰位错一般存在于散射颗粒较多的晶体中,而且散射颗粒会使位错线作攀移增殖运动。剖析 G₂-7606 整根晶体,可以看到有些最初的直线在运动过程中碰到较大的颗粒时会发生弯结和形成折线,随着颗粒的增加而继续攀移成很长的螺旋线,有的螺旋线竟达数厘米长(5 厘米)。另外尺寸较大的颗粒(可能是包裹物)在晶体中会由于与基体膨胀系数的差别而发生棱柱挤压,形成棱柱位错环,在 YAG:Nd³⁺ 晶体内这类棱柱位错环的大小在 0.05~0.5 毫米之间。用 X 射线衍射分析定出了环的攀移面。

3. 对 8 个晶体样品进行了高温退火(~1850°C),实验证明在高温下保持较长时间(48 小时)会加速杂质向位错线的扩散及沉积作用,致使原有能看到的位错线更加清晰可见,并且显露出许多新的缀饰位错线(这些线可能在退火前粒子沉积不够多而看不到)。

4. 缀饰位错只在高频引上的晶体中看到,而在石墨加热的电阻炉生长的晶体中尚未发现,这说明当晶体中其他缺陷较多时位错缀饰的缺陷往往被掩盖。而这种缺陷一般在完整性较高的晶体中才能看到。但由于颗粒较小,不易在透射光下观察到而被忽略。