

测量了两次中温退火前后红宝石棒的焦距及干涉圈数,发现无明显变化,因此,铬离子在中温退火中的扩散可以忽略;另外,第二次中温退火后激光器效率不再进一步提高,这表明热处理对红宝石其他光学质量的影响不大,因此,中温退火提高红宝石激光器效率的原因只是由于扩散而除去在高温退火时进入红宝石中的一部分氢的缘故。

测定了一批端面光洁度加工较差的激光棒(在强光下可用肉眼观察到纵横交错的刻痕)在激光器上的效率,然后将端面抛光(用肉眼观察时刻痕显著减少),再在同样条件下测定其在激光器上的效率,发现平均提高达36%。

用焰熔法生长的红宝石棒,由于存在径向 Cr^{3+} 浓度梯度,而产生折射率梯度,这种折射率梯度则引起了光程差,因此,可将其端面修成球面从而加以补偿,这种补偿一般以星点法修到等光程,此时,激光器效率可成倍提高。对于一般的间歇使用的激光器来讲,如果使用一次后能充分冷却,而且红宝石直径与 Cr^{3+} 浓度的乘积不超过一定值,则可忽略热透镜效应的影响,端面补偿以达到等光程为最佳。

优质 $\text{Nd}^{3+}:\text{YAG}$ 最佳生长参数的研究

中国科学院物理研究所钕铝石榴石研究组

$\text{Nd}^{3+}:\text{YAG}$ 晶体已广泛地用于各种类型的激光器,不同的激光器对晶体的激光性能尽管有一些不同的要求,但是其基本要求大致相同,例如阈值低、内耗小、增益大、输出能量大,方向性和模式好等。这就要求晶体不但应当具有高而均匀的掺钕浓度,而且应当具有良好的光学性能。众所周知,掺钕量愈高,生长中愈容易出现组分过冷,于是晶体的光学质量愈差。因而研究在高频感应加热条件下优质晶体的最佳生长参数是一个重要的问题。

实验结果表明,增加 Nd^{3+} 浓度可以显著改善晶体的激光性能,晶体中平均钕浓度不超过1.3原子%,只要其他生长参数适宜,晶体光学质量亦能保持良好。在保证光学均匀性要求的前提下选择高浓度的钕浓度为最佳。然而过高的钕浓度将难于克服组分过冷,晶体的光学质量将严重下降,因而晶体的激光性能变坏。

晶体光学均匀性研究表明,晶体中的核心与侧心及其应力场、反差明显而紊乱的条纹、散射质点等是影响晶体光学均匀性和激光性能的主要缺陷。实验结果证实,如果建立起适宜的温度场,造成合适曲率(或顶角)的倒圆锥形晶液界面,就有可能获得核心细而直(<2 毫米)、无侧心、生长条纹极弱而均匀、基本无散射质点的晶体。这就是优质晶体对光学均匀性的要求。

晶液界面形状的进一步研究表明,界面顶角 α (或曲率)取决于界面附近纵横温度梯度之比 G_z/G_r 。当 $75^\circ < \alpha < 105^\circ$ 时, $0.77 \leq G_z/G_r \leq 1.30$, 则均可获得核心 <2.5 毫米的较优质晶体;最适宜的条件是 $80^\circ < \alpha < 90^\circ$, 即 $0.84 \leq G_z/G_r \leq 1.00$, 则可获得核心 <1.5 毫米的晶体。

选择适宜而平稳的晶升和晶转速率有利于抑制组分过冷,改善晶体质量。 Nd^{3+} 浓度增加,晶升速率应该相应下降。熔体中钕浓度为5原子%时,晶升速率为1.2~1.6毫米/小时,相应顶角 $\alpha = 90^\circ$ 的界面法向生长率为0.85~1.13毫米/小时(晶转速率为40~50转/分钟)。

坩埚形状和容量对温场及其变化有较大影响。实验结果指出,采用高度与直径比较小(约为1:2)、容量较大(约400克)的坩埚生长直径较小(15~18毫米)的晶体,有利于减小液面下降和 Nd^{3+} 浓度增加的速率,有利于减小熔体对流引起的温度波动,因而有利于抑制组分过冷,减小晶体中 Nd^{3+} 浓度梯度。

温场是否适宜是获得优质晶体的关键。实验表明,在晶液界面附近要具有足够大的纵向温度梯度,且纵横向温度之比约为1时,温度波动小于 0.5°C , 这是适宜温场的主要要求,生长中液面反差大、花纹清晰而对称,晶体中“暗带”清楚,晶体直径对温度(或电功率)变化的敏感性适宜等现象是适宜温场的重要标志。

如果上述参数一旦实现,并注意等径控制,那么就能够获得激光性能优异的晶体。