

关于提拉红宝石晶体质量与生长参数的讨论

中国科学院安徽光机所 喻先锋

文中讨论了高频加热提拉红宝石中气泡、云层形成的原因及克服方法。

通过对气泡、云层的仔细观察,发现云层主要由微细气泡组成。认为它们主要来源于原料空隙,由于红宝石熔体粘度大,而坩埚由于熔点限制,难以过热排除气相杂质。因而在结晶过程中,由于排杂作用而富集于固液界面附近的大量微细气泡,在温度波动时,进入晶体形成云层,其形状与固液界面一致。

为了克服气泡和云层的形成,必须严格控制温度。我们采用铍-铍热偶作一次仪表,以解决取光信号的光通道问题以及取功率信号的间接性。为了排除“干扰”,必须严格注意热偶热端的位置,使其避免晶体和熔体的直接辐射,并距发热体(坩埚)有一定距离,以免因系统热惯性太小而产生振荡。

为了排除固液界面附近富集的气相杂质,必须适当增加熔体中的自然对流。文中详细讨论了关于熔体中液流的几种假说,指出,对于如何确定临界雷诺数(Re_c),虽然目前尚无定论,但是欲生长高质量的晶体,必须使系统的雷诺数小于临界雷诺数。

指出,由于红宝石晶体各个取向上的 Cr^{3+} 浓度相差不大,如(0001)及(1011)面上的 Cr^{3+} 仅比体浓度高2%,因而不能形成“核心”,故不需要增大 Re ,以求消除小晶面,而应该在系统的 Re 较小的情况下进行生长,以形成适当的自然对流,排除杂质及结晶潜热,并补充新鲜的有一定过冷度的熔体,而不必过分追求平坦的固液界面。

我们设计了一定形状的保温腔,在目前的实验条件下,系统的雷诺数 $Re = \pi \rho D^2 \omega_s / 2\eta \approx 200$,因而自然对流为主,固液界面为尖锥状,锥角约 58° 。即使转速增加,但 $Re < (Re_c)$ 时,锥角也没有明显的变化。利用这一系统生长时,可以观察到明显的自然对流。而且能稳定地控制温度($\Delta t \leq \pm 0.5^\circ C$),拉速为4~5毫米/小时,生长出了质量较好的红宝石单晶,消除了云层和大量的气泡。晶体结构完整无镶嵌结构,光学均匀性良好。虽仍存在少量残余应力,但不需退火即可加工成激光棒。

指出,对于液流的状态及其作用尚需进行深入的研究,以从根本上认识晶体生长的规律。

红宝石参数对激光器效率的影响

中国科学院安徽光机所 曹德兆

用熔熔法以基本相同的工艺条件生长了一批 Cr_2O_3 含量不同的宝石棒,从原料中掺入 Cr_2O_3 的重量百分比计算分别为0.16、0.18、0.20、0.23(红宝石中 Cr_2O_3 的实际含量为原料中掺入量的30%)。将这些棒加工成 $\phi 12 \times 150$ 毫米的激光棒后,测定了在激光器上的静态效率,结果,当原料中掺入 Cr_2O_3 的重量百分数为0.18左右时,红宝石激光器的效率最高。

另外,我们把几年来加工的直径为10毫米,长度为100毫米左右的所有 Cr^{3+} 浓度不同的激光棒以统计的方法加以平均,效率最高的也是原料中 Cr_2O_3 浓度为0.18%的红宝石棒。

红宝石棒在氢气钼丝炉中加热至 $1800^\circ C$ 进行退火处理后,颜色变为暗红色,为了证实这种变化对激光器效率有无影响,我们将一些激光棒样品在 $1400^\circ C$ 于空气气氛中重新进行热处理(中温退火),测定了热处理前后激光器效率的变化,结果发现,红宝石棒经中温退火后,在激光器上的效率平均提高约30%。

为了进一步证实中温退火的效果,我们又对同一批样品进行了第二次中温退火,并测定了退火前后红宝石棒在同一激光器上的效率,结果发现,第二次中温退火后,效率不再有显著变化。