

Nd:YVO₄ 单晶的提拉法生长

赵宗源 张蕴芝 夏鸿昶 王昌庆 陈应平 吴 星

(中国科学院物理研究所, 北京 100080)

Growth of Nd:YVO₄ Single Crystals by Czochralski Technique

Zhao Zongyuan Zhang Yunzhi Xia Hongchang Wang Changqing

Chen Yingping and Wu Xing

(Institute of Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China)

掺钕钒酸钇(Nd:YVO₄)早期的研究表明,它具有吸收光谱宽,激光阈值低,转换效率高以及破坏阈值高(达到 $3.3 \pm 0.4 \text{ GW/cm}^2$)等优良的物理性能。 a 轴切割的 Nd:YVO₄ 晶体在 809nm 处的吸收系数是 Nd:YAG 的 3.5 倍,激光发射截面是 Nd:YAG 晶体的 2.7 倍。特别是近年来激光二极管泵浦固体激光器的快速发展, Nd:YVO₄ 激光晶体通过倍频实现绿光输出后,受到人们的广泛关注。它可以实现激光器小型化,高效率的运转,在高新技术领域获得应用的前景越趋明显。我们采用高频感应加热,从熔体提拉法研究了 Nd:YVO₄ 单晶的生长,讨论了生长过程中遇到的主要问题如小角晶界、包裹物以及晶体色心等。

采用高纯的 V₂O₅、Y₂O₃ 和 Nd₂O₃ 作原料,根据所要求 Nd³⁺ 浓度制备成所需原料放入干燥器中待用。

钒酸钇的熔点高达 1820℃,它需用铍金坩埚作容器,同时在生长炉内要充一定量的高纯的氩气或氮气作保护气氛。籽晶方向为结晶学的 c 轴或 a 轴,籽晶转速 10~20r/min,放肩结束后等径生长阶段的拉速是 2~3mm/h,晶体尺寸一般是直径为 15~20mm 长为 30mm 左右。采用高频感应加热单晶炉或俄罗斯制造的 NIKA-S 自动控制晶体生长设备。坩埚装料 200~450g,每次生长结束后,在坩中补入相当于晶体重量的生长原料。重复使用同一坩料时,随着使用次料的增多,坩中原料自发结晶越来越差,晶体的光学质量会逐渐降低,其宏观上表现为晶体的散射颗粒越来越严重,晶体颜色将会由透明的紫蓝色(日光灯照射)逐渐变成不透明的棕黑色,这时应及时更换坩中原料。

钒酸钇晶体由于生长时伴随着氧的损失和 V₂O₅ 的挥发,欲生长出大尺寸,光学质量均匀的晶体比较困难。在熔点以上温度时, V₂O₅ 熔体发生下列反应方程式:



当 x 较大时,随着温度的升高,次生氧化物增加,在高温下 V₂O₅—V₂O₃ 中间相亚稳态化合物共存。从生长时坩埚中剩余的原料可以看出,在较好的结晶条件下,坩埚中原料明显分为二层,上层是透明的淡黄色(纯 YVO₄)或淡紫红色(Nd:YVO₄),X 射线分析是纯 YVO₄ 相。下层是黑色不透明的,X 射线分析表明,除主要成分仍为 YVO₄ 相之外,还有 YVO₃ 和另一种化合物 Y₈V₂O₁₇,这与物构所庄健等人报道过的结果一致。

我们通过改进生长工艺,生长出无散射颗粒,小角晶界少, Nd 浓度在 0.5at%~3at% 之间的 YVO₄ 晶体,基本上能满足,晶体质量获得国内外用户较高评价。

关键词:激光晶体,钒酸钇晶体,提拉法晶体生长

Key words: laser crystal; YVO₄ crystal; crystal pulling