

终端声子激光晶体光谱及其理论解释

杭寅 缪明华 汤洪高

(中国科学院安徽光机所)

近年来, 寻找掺过渡金属离子的晶体做为终端声子可调谐激光器已引起人们很大的重视, 已有不少文献报道了终端声子激光晶体的激光光谱特性。但是, 关于终端声子激光晶体的光谱理论解释大多是根据晶体场理论, 而很少从晶格弛豫和多声子跃迁理论方面来讨论。本文测量了 $\text{BeAl}_2\text{O}_4:\text{Cr}^{3+}$ 晶体和 $\text{BeAl}_2\text{O}_4:\text{Ni}^{2+}$ 晶体在 5 K、77 K、300 K 温度下的吸收光谱和荧光光谱, 从晶体场理论和晶格弛豫、多声子跃迁理论两个方面综合考虑, 研究了 $\text{BeAl}_2\text{O}_4:\text{Cr}^{3+}$ 和 $\text{BeAl}_2\text{O}_4:\text{Ni}^{2+}$ 晶体的光谱性能与晶体场参数和多声子跃迁之间的联系, 计算出一些光谱参数。本文的结果和讨论对探索新型终端声子可调谐激光晶体有一定的理论指导意义。

根据晶体场理论, 由 Tanabe-Sugano 谱项图确定了对应于吸收谱带的能级跃迁, 得到了能级图。从吸收光谱计算出晶体场强参数 D_q 的数值, 这是在晶体场理论中表征能否产生宽带荧光的参数, 估算了产生宽带荧光的临界场强 D_q^c 。运用 Jahn-Teller 定理解释了互组合谱带的多重结构。

从晶格弛豫、多声子跃迁理论和 Franck-Condon 原理出发, 借助于位形坐标图解释了低温下光谱的零声子线和声子边带谱, 研究了光谱的 Stokes 频移和光谱的相对强度以及光谱的半宽度, 讨论了无辐射跃迁。计算出 Huang-Rhys 参数 S , 这是在多声子跃迁理论中表征 Stokes 频移大小和宽带荧光的参数。

最后讨论了晶体场理论和晶格弛豫、多声子跃迁理论在探索新型终端声子可调谐激光晶体中的应用, 综合上述结果和讨论, 指出: 在终端声子激光晶体探索中, 不仅要求材料有适合的场强 D_q , 而且要有比较大的 Huang-Rhys 参数 S 。