

TR³⁺ 离子晶体受激辐射激发的物理进展和实验

A. A. Kaminskii, A. V. Shubnikov

(苏联科学院晶体学研究所, 莫斯科)

本综述包括三部分, 主要论述我们实验室得到的许多新结果(近两年已经发表), 它们是, 具有 Nd³⁺、Ho³⁺、Er³⁺和 Yb³⁺离子的绝缘晶体在新激光作用通道波长上受激辐射(SE)激发实验的探讨, 以及对三价稀土离子(TR³⁺)斯塔克线间跃迁强度进行分析的多光子非辐射跃迁理论和晶体场。

第一部分介绍自激活(激活剂含量为 100%)钪的 LiErF₄ 和 BaEr₂F₈ 晶体的研究结果。用普通灯泵浦, 在新的 Er³⁺ 离子通道上首次对 2 微米区的室温受激辐射进行了激发。同时也给出了 Ho³⁺、Yb³⁺ 离子晶体的受激发射数据。对具有橄榄石结构(空间群 C_{2v}⁹)的掺钕低阈值晶体给予注意。这些化合物可以在原有基础上制备受激辐射激发特性改善的无序晶体。在有具氟化物结构(Fm3m)的多中心无序氟化物晶体中研究中, 发现 Er³⁺ 离子在 3 微米波长的受激辐射行为有有趣的特性。对这个事实和 Er³⁺ 在自饱和 ⁴I_{11/2}-⁴I_{13/2} 通道上产生的受激辐射新数据进行了讨论。在第一部分的结论中, 考虑了有高浓度 Nd³⁺ 离子的无序镧-镓-硅晶体的荧光和激光特性。这种晶体是在解决混合型石榴石问题时发现的。

第二部分讨论含氧晶体中 TR³⁺ 离子多声子非辐射跃迁的理论结果的描述, 这种描述是建立在电子-声子相互作用的非线性机制基础上的, 并且是按如下假定构成的, 即 n-声子跃迁是由电子-声子相互作用的哈密顿算符分解的第 n 个因子产生的, 而哈密顿算符的分解是由于离平衡中心最近的外围离子的移动。在此基础上并借助于有效声子密度的方法, 可以得到 YAlO₃ 和 Y₃Al₅O₁₂ 型晶体中 TR³⁺ 离子内多重非辐射跃迁的定量值, 还可画出非辐射跃迁几率与跃迁能量的理论关系。多声子非辐射通道决定了受激辐射的所有基本特性和特征, 特别是中红外区受激辐射的特性和特征。

第三部分用可交换电荷模型(计入杂质离子附近的晶格形变和阴离子的静态极化), 介绍了晶体中 TR³⁺ 离子晶体场的某些理论分析结果。以 ⁴F_{3/2} 亚稳态斯塔克能级中的自发跃迁几率计算和 Y₃Al₅O₁₂ 晶体中 Nd³⁺ 离子 ⁴I₇ 项的多重性为例子, 说明了该理论用以预言 TR³⁺ 离子荧光的光谱分布和空间分布的可能性。对理论计算结果和实验作了比较。