

氟化锂晶体色心的光谱与激光研究

张遵逢 陈代远 王廷籍 严柏生 鞠蕊

(中国科学院物理研究所)

1980年8月4日收到

离子晶体中的色心, 已经成为近红外区最重要的调频激光材料^[1]. 单是氟化锂一种材料, 就有三种色心实现了激光, 即 F_2^- 心^[2], F_2^+ 心^[3] 和 F_2 心^[4]. 前两种都已制成室温工作的调频激光器件. 液氮温度连续工作的 F_2^+ 色心激光, 输出超过 2 瓦^[5], 室温连续工作也达到 280 毫瓦^[6]. 用氟化锂中的 F_2^+ 心, 还得到了微微秒锁模激光^[5,7]. 然而, F_2^+ 色心在室温下是不稳定的, 会逐渐演变成稳定的 F_2 心, 半衰期约为半天. 目前, 要得到高浓度的 F_2^+ 心, 最巧妙的办法是两步电离法^[8], 即用 F_2 吸收带的光照射, 使 F_2 色心达到第一激发态, 然后再吸收同样的光子使 F_2 心电离, 生成 F_2^+ 色心.

我们对于氟化锂晶体色心, 进行了光谱与激光研究. 纯的单晶体 $10 \times 12 \times 19$ 毫米³, 两小面抛光, 用 ^{60}Co 源照射 10^7 伦琴. 辐照后 70 分钟时, 用 710 型分光光度计记录的吸收光谱如图 1a 所示. 其中最多的色心是 F 心(紫外), 其次是 F_2 心(在 M 带内), 红色区域的吸收是 F_2^+ 心, 在红外区则有 F_2^- 心. 图 1b 是经过三天 (F_2^+ 心减少), 并经过紫外光照(除去 F_2^- 心)以后的吸收光谱. 图 1c 是前两个光谱的差, 正好就是消失的 F_2^+ 色心吸收谱. 按 Smakula 公式计算, 可以求出 γ 辐照后生成的 F_2^+ 色心浓度为 1.8×10^{16} 厘米⁻³. 我们用 He-Ne 激光(633 毫微米)测量晶体的透过率, 由此求出 F_2^+ 色心的衰减速度. 图 2 是 γ 着色以后晶体透过率随时间的变化. 由图中看出, 透过率达到 76% 以后不再增加, 这表明有一部分 F_2^+ 心保留下来. 我们还用 He-Ne 激光激发 F_2^+ 色心的荧光(910 毫微米), 通过一个稜镜光谱仪再加上红外象转

物理

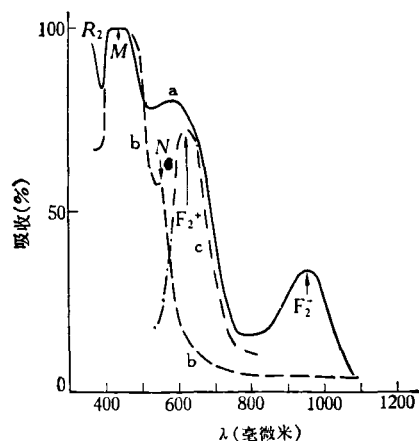


图 1 LiF 单晶体色心吸收光谱. 晶体 $10 \times 12 \times 19$ 毫米³, ^{60}Co 照射 10^7 伦琴. a—辐照后 70 分钟; b—三天后经紫外光处理; c—a 与 b 之差

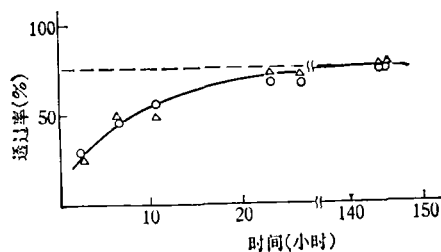


图 2 $10 \times 12 \times 19$ LiF 色心晶体经 γ 辐照后对 632 毫微米光透过率的变化

换管观察. γ 辐照后几个小时内荧光很强, 经过长时间以后减弱, 但是不完全消失, 这可能是由于晶体中含有微量的金属杂质造成的^[8].

处于蓝色区域的 M 吸收带, 结构复杂, 包括两个色心带重叠, 即 F_2 心(中心 440 毫微米)与 F_2^+ 心(中心 458 毫微米)^[9]. 我们用日立 MPF-4 型荧光光谱仪测量荧光, 从 440 毫微米光激发的荧光(图 3)可以看出, 荧光带 530 毫微米

米属于 F_2^+ 心, 红的荧光峰属于 F_2 色心, 文献中 F_2 色心的荧光峰在 670 毫微米^[9], 而我们用的样品的红峰在 640 毫微米。将样品置于两个平面镜之间进行激光实验, 第一个镜对红光反射

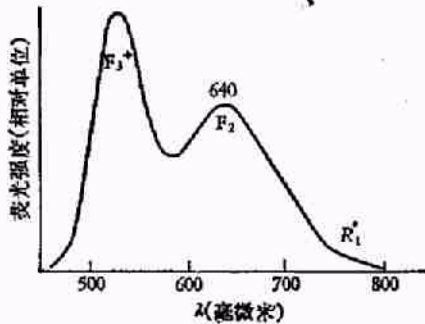


图3 用 440 毫微米光激发的 LiF 晶体色心荧光谱

率 ~100%, 第二个镜就是玻璃片。用峰功率 ~1 兆瓦的 Nd:YAG 的倍频激光(532毫微米)沿轴向泵浦, 泵浦光通过一个 f 17 厘米的透镜, 但是晶体离开透镜焦点 3 厘米。激光输出的光谱如图 4。 F_2 色心激光在非色散腔中处于 670 至 690 毫微米, 与荧光峰有偏离, 但是, 激光输

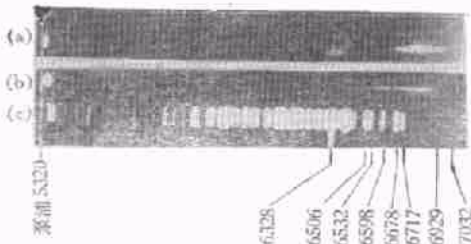


图4 LiF 晶体中 F_2 色心激光的光谱
(a) 激光; (b) 激光; (c) 荧光谱

出在 640 毫微米处还有一个带, 为此我们检查了用 535 毫微米光激发的荧光谱(图 5), 其中有一个在 632 毫微米的窄峰。此外, 激光输出的 640 毫微米带还可以看出有结构, 其原因尚有待进一步研究。经过多次振荡后, 红色激光消失, 光泵浦的通道变成绿色, 即 F_2 色心转化为 F_2^+

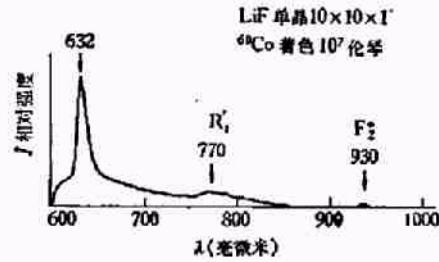


图5 LiF 色心的荧光谱, 激发波长 535 毫微米

色心, 所以 F_2 色心激光停止。

用上述装置我们曾观察过 F_2^+ 色心的激光, 这时 Nd:YAG 的倍频激光先用于两步电离, 然后再用于 F_2^+ 心的泵浦^[3,7], 腔反射面用 910 毫微米反射 ~99% 的平面, 激光输出用 920 毫微米干涉滤光片(带宽 9.1 毫微米)与红外象转换管观察, 看到激光输出的亮点, 观测系统经过仔细检查, 可见光与 1.06 微米的光都不可能进入象转换管。

详细的研究工作正在进行中。

本项工作是张志三教授倡导的, 作者们深致谢意。对于建材部人工晶体所蒋崇义等同志和北京玻璃所游江等同志提供晶体、本所孟宪民同志、本院化学所郑广霖同志在光谱工作中的协助、农科院原子能应用所司徒明等同志在钴源照射方面的帮助表示感谢。

参 考 文 献

- [1] 张志三, 物理, 9-2(1980), 131.
- [2] Ю. Л. Гусев, Квантовая Электроника, 6(1979), 2623.
- [3] Т. Т. Баснев ДАН СССР, 246(1979), 72.
- [4] Ю. Л. Гусев, Квантовая Электроника, 4(1979), 2024.
- [5] L. F. Mollenauer, Optics Letters, 4(1979), 247.
- [6] Ю. Л. Гусев, Квантовая Электроника, 7(1980), 1125.
- [7] Т. Т. Баснев, Письма в ЖЭТФ, 31 (1980), 316.
- [8] L. F. Mollenauer, Appl. Phys. Letters, 33(1978), 506.
- [9] J. Nahum, Phys. Rev., 154(1967) 817; 158 (1967), 814.