

室温运转的 LiF 晶体 F_2 色心 激光器的实验研究

王联治 黄振辉* 刘振清** 王庭鸾 刘有明***

王庭籍 陈代远 姚鑫兹

(中国科学院物理研究所)

提要: 以 YAG:Nd³⁺ 激光器二次谐波 0.532 微米激光为泵源, 对室温条件下运转的重复脉冲工作的 LiF 晶体 F_2 心激光器做了初步的实验研究和机理的讨论。

Experimental study on room temperature LiF crystal F_2 colour center lasers

Wang Lianzhi Huang Zhenghui* Liu Zhengqing** Wang Tingyuan Liu Youmin***

Wang Tingjie Chen Daiyuan Yao Xinci

(Institute of Physics, Academia Sinica)

Abstract: The second harmonics of YAG:Nd³⁺ laser at 0.532 μm was used as the pumping source. The experimental study was conducted on room temperature repetitive LiF crystal F_2 center lasers, and the mechanisms concerned are discussed.

近几年, 碱卤化合物晶体作为激活介质的色心激光器发展很快^[1~2]。由于这些晶体光学透明度很宽, 以及它们的色心作为光学激活中心, 具有宽频高量子输出的特点, 色心激光器已是可见光和近红外波段重要的新型固体调频激光器。我们是采用 γ 射线辐照 LiF 晶体建立 F_2 心, 以 Nd:YAG 激光器二次谐波 0.532 微米激光为泵浦光源, 获得的色心激光振荡, 并对室温条件下运转的重复率工作的 LiF 晶体 F_2 心激光器做了初步的实验研究。

一、实验装置

实验装置示于图 1。

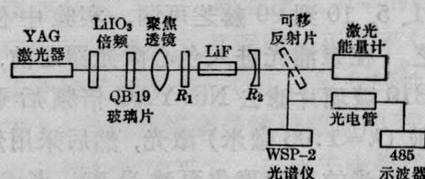


图 1 LiF 晶体色心激光器实验装置

实验中用重复率为每秒一次的 Nd:YAG 激光器的二次谐波 0.532 微米激光束对 LiF 晶体 F_2 心纵向方式进行泵浦。晶体

收稿日期: 1980 年 7 月 21 日。

* 中国科学院地质研究所。

** 北京玻璃研究所。

*** 中国科学院广州电子技术研究所。

* Institute of Geology, Academia Sinica.

** Beijing Institute of Glass.

*** Guangzhou Institute of Electronics, Academia Sinica.

放在多层电介质干涉反射镜构成的腔中，色心激光器腔长 140 毫米，LiF 晶体光轴与腔的轴线同心。 R_1 是泵浦光束的输入反射镜，它能透过投射到它上的 Nd:YAG 激光器二次谐波 0.532 微米激光能量的 60%，而对 F_2 心激光振荡中心波长 0.69 微米的反射率为 98%。 R_2 为球面多层电介质干涉反射镜，曲率半径为 0.5 米，对 LiF 晶体 F_2 色心激光中心波长 0.69 微米的反射率是 62%。为了充分利用泵浦光， R_2 对 0.532 微米激光反射率是 90%。

LiF 晶体尺寸为 $10 \times 10 \times 30$ 毫米³，光轴 c 沿长柱方向，晶体用 Co^{60} 的 γ 射线辐照着色， γ 射线剂量为 10^7 伦琴，着色后的 LiF 晶体是黄色透明体。 F_2 心的浓度从测量吸收带峰值处晶体的吸收系数 $\alpha_{最大}$ ，利用公式 $Nf = 1.29(10^7) \frac{n}{(n^2 + 2)^2} \alpha_{最大} W^{[3]}$ 可以测得 F_2 心的浓度 $N \cong 10^{17}$ /厘米³。式中 f 是振子强度， n 是晶体折射系数， W 是以电子伏特为单位的吸收带的半宽度。在室温条件下， F_2 心能稳定保持数月之久。

调 Q 的 Nd:YAG 激光的二次谐波，其脉冲功率为 150 千瓦，脉宽 12 毫微秒，重复率从 1、5、10 到 20 赫芝可调。实验中使用 1 赫芝。在泵浦光进入色心激光器之前，是用 QB19 玻璃片滤去 Nd:YAG 倍频后剩余的基波 ($\lambda = 1.06$ 微米) 激光，然后采用焦距为 300 毫米的透镜聚焦泵浦光束。长 30 毫米的 LiF 晶体放置在距离透镜位置 290 毫米处。

激光器输出端用滤光片滤去泵浦光 0.532 微米，以便于观测 LiF 晶体 F_2 心激光光谱和测量输出激光能量。用 WSP-2 型光栅光谱仪拍摄 F_2 色心激光光谱，该光谱仪隙缝调到 0.1。因实验室长度有限，采用了一块对 5500 埃到 7500 埃全反的多层电介质干涉反射镜对色心激光束转 90° 射入光谱仪隙缝。用中国计量科学研院所校准的激光能量

计测量 LiF 晶体 F_2 心激光能量，脉冲波形用 485 型示波器测试。

二、实验结果

含有 F_2 心的 LiF 晶体用分光光度计测得 F_2 心的吸收谱如图 2(a) 所示，表明其吸收波长从 4200 埃到 5800 埃，带宽达 1600 埃左右。图 2(b) 是用 5300 埃激光泵浦 LiF 晶体的 F_2 心后用荧光仪测得的荧光光谱。荧光带宽达 1500 埃以上。

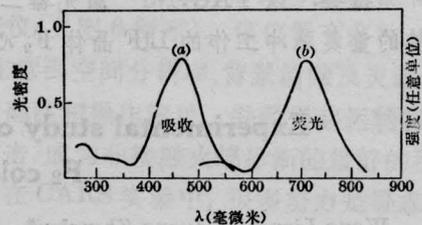


图 2 用 Co^{60} γ 射线辐照 (剂量为 2×10^{17} 伦琴) 后 LiF 晶体 F_2 心的吸收光谱和荧光光谱

室温时用 $\lambda = 0.532$ 微米光束激发 LiF 晶体 F_2 心，可以获得强烈的宽带荧光辐射。这是由于富兰克-康登原理，通过弛豫使被激发的 F_2 心移动到能量最小的位置。 F_2 心能级很象 H_2 分子被埋进连续介质的能级，弛豫使得 LiF 晶体中 F^- 离子空位之间距离和他们的振动态发生变化，正如图 3 所示。并因斯托克斯位移正好防止了吸收带与荧光带之间的重迭 (图 2)。

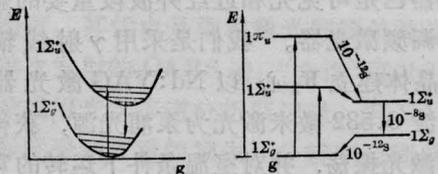


图 3

用波长 0.532 微米、功率为 150 千瓦的激光泵浦，泵浦光束沿 LiF 晶体 [100] 方向入射，泵浦光束偏振方向沿 [110] 方向，获得 LiF 晶体 F_2 心激光器输出功率为 $\sim 3 \times 10^3$ 瓦，脉冲宽度为 6.5 毫微秒，光束发散度为

1.5 毫弧度, 考虑反射镜 R_1 的反射损失为 40%, 实际上泵浦能量转换成 F_2 色心激光能量的转换效率为 2.2%。

图 4 是用 WSP-2 型光栅光谱仪拍摄的 LiF 晶体 F_2 心激光输出的激光光谱, 中心波长为 0.69 微米。由于色心激光器的输入反射镜 R_1 带宽 7600 埃到 5700 埃, 从图 4 可知, LiF 晶体 F_2 心激光器在很宽的红色带产生的激光, 在长波一侧没能达到应有的宽度, 整个激光带宽为 500 埃, 但已能得知 F_2 心激光器可能做成宽带调频激光器。实验时不用仪器也能观看到耀眼的红色激光打在白纸上的红色光点。



图 4 用 WSP-2 型光栅光谱仪拍摄 LiF 晶体 F_2 心激光器的激光光谱(宽带)

在室温条件下, LiF 晶体 F_2 心激光器的稳定度较差。我们的实验是每秒重复率为一次, 可以工作数十次到百余次, 而要等待数小时后, 当 F_2 心浓度恢复正常后才能又工作。说明 LiF 晶体的 F_2 心在 0.532 微米强激光照射下主要被离化为 F_2^+ 心, 使 F_2 心浓度迅速减小, 使 LiF 晶体的 F_2 心增益小于损耗, F_2 心激光因此而停止振荡。

实验观察到 LiF 晶体 F_2 心激光振荡在从逐渐地减少到消失的过程中, LiF 晶体的颜色由黄色迅速转变为绿色。这种绿色可能

表明 F_2^+ 心大量地出现。LiF 晶体的 F_2 心在室温条件热稳定性较好, 但在强的 0.532 微米激光照射下光稳定性就较差, 说明 LiF 晶体中 F_2^+ 心是 0.532 微米激光照射下 F_2 心离化的结果, 这种光离化机理可能是 F_2 心经多光子电离变成 F_2^+ 心。因为一个 0.532 微米的光子的能量不足以离化 F_2 心。这种离化是双光子过程, 还是两步光离化过程, 值得进一步做实验研究。

实验中还观察到了 LiF 晶体的 F_2^+ 心激光振荡, 这时反射镜 R_1 对 0.532 微米透射 70%, 对 F_2^+ 心激光中心波长 $\lambda=0.93$ 微米反射率为 98%, 反射镜 R_2 对 F_2^+ 心激光中心波长的反射率为 90%, 其腔长仍为 140 毫米, R_1 与 R_2 均为平面镜, 构成法布里-珀罗平行平面谐振腔。显然 F_2^+ 心在这个实验条件下, 产生激光的机理比 LiF 晶体的 F_2 心更为复杂得多, 这方面的工作比 LiF 晶体 F_2 心激光器也更有意义。实验与理论工作正在进之中。

我们的工作是在张志三先生的指导下进行的, 并得到激光研究室中很多同志的协助, 实验工作得到曾传相同志的很多帮助。物理所工厂水晶组、北京玻璃研究所加工 LiF 晶体, 在此表示感谢。

参 考 文 献

- [1] L. F. Mollenauer, D. H. Olson; *J. Appl. Phys.*, 1975, **46**, 3109.
- [2] Т. Т. Басиев, С. В. Мирков, А. М. Прохоров; *ДАН СССР*, 1979, **246**, №1, 72~74.
- [3] J. H. Schulman, W. D. Compton; "Color Centers in Solids"; New York, 1962.