

# LiF:F<sub>2</sub><sup>-</sup> 色心激光器

张贵芬

(中国科学院上海光机所)

**提要:** 本文报道了钹玻璃激光泵浦的 LiF:F<sub>2</sub><sup>-</sup> 色心激光器的实验结果。讨论了 F<sub>2</sub><sup>-</sup> 心的稳定性。

## LiF:F<sub>2</sub><sup>-</sup> colour center laser

Zhang Guifen

(Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica)

**Abstract:** This paper reports the experimental results on the LiF:F<sub>2</sub><sup>-</sup> laser pumped by a Nd<sup>3+</sup>: glass laser. The stability of F<sub>2</sub><sup>-</sup> colour centers are discussed.

LiF:F<sub>2</sub><sup>-</sup> 色心激光器, 其输出波长峰值在 1.12~1.16 微米, 带宽在 1000 厘米<sup>-1</sup> 以上, 正处在分子的振转能级吸收区, 用它研究腔内吸收光谱, 灵敏度已达到 10<sup>-8</sup> 厘米<sup>-1</sup>[1]。如果腔内放入色散元件, 能获得可调谐窄谱线输出, 可用于高分辨光谱的研究。特别值得重视的一点是, LiF:F<sub>2</sub><sup>-</sup> 色心激光器可以在室温下运转, 而且具有较好的稳定性, 这对很多实际应用是很便利的。

我们使用钹玻璃激光泵浦, 实现了 F<sub>2</sub><sup>-</sup> 心的激光振荡, 输出能量近百毫焦耳, 转换效率达到 4%。

### 一、F<sub>2</sub><sup>-</sup> 心的生成及稳定性

用  $\gamma$  射线对纯净的 LiF 晶体进行着色, 可以生成多种色心。生成色心的种类和浓度主要取决于辐照总剂量。在低辐照剂量下,

首先生成 F 心, 它是一个电子为一个卤离子空位俘获形成的最简单的色心。随着辐照剂量增加, F 心浓度增加, 同时生成 F 心的聚集心。在 10<sup>8</sup> 拉德时, 晶体中出现一定量的 F<sub>2</sub><sup>-</sup> 心, 它是沿 [110] 方向二个 F 心共同占有一个电子的聚集心。继续增加辐照剂量, F<sub>2</sub><sup>-</sup> 心线性增加。到 5×10<sup>8</sup> 拉德时, 又出现新的聚集心—R<sup>-</sup> 心, 它的生成要消耗 F<sub>2</sub><sup>-</sup> 心, 从而 F<sub>2</sub><sup>-</sup> 心有趋于饱和的倾向。

从 Smakula 方程可知 ( $Nf = 1.29 \times 10^{17} \times \frac{n}{(n^2+2)^2} \alpha W$ , 这里  $N$  为色心浓度,  $f$  为振子强度,  $n$  为材料折射率,  $W$  为以电子伏为单位的吸收半宽度,  $\alpha$  为吸收系数), 色心浓度正比于吸收系数, 所以可用吸收系数表示 F<sub>2</sub><sup>-</sup> 心的相对浓度。图 1 为 F<sub>2</sub><sup>-</sup> 心浓

收稿日期: 1983 年 6 月 10 日。

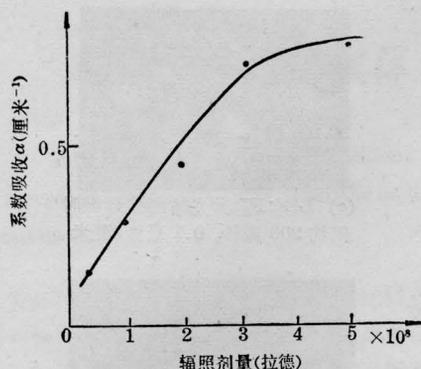


图1  $\alpha(F_2^-)$ 与辐照剂量的关系

度随辐照剂量的增长曲线。从该图可以大致求得所需的  $F_2^-$  心浓度。

$F_2^-$  心的特征吸收峰在 0.96 微米附近, 荧光发射峰在 1.12~1.16 微米处, 带宽在 1000 厘米<sup>-1</sup> 以上。图 2(a) 为用 SP-700 分光光度计测得的  $F_2^-$  心吸收谱; 图 2(b) 是用 PMQ-3 荧光光度计测量的  $F_2^-$  心发射谱(激发波长 0.93 微米)。从吸收谱可知, 在  $F_2^-$  心发射区内没有其它色心存在, 这对  $F_2^-$  心激光运转是很有利的。

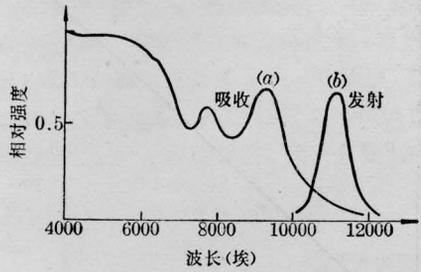


图2  $F_2^-$  心的吸收(a)和发射(b)谱

$F_2^-$  心就光照稳定性来说, 除去用紫外线长期照射会引起  $F_2^-$  心明显减少外, 对可见光, 特别是对 1.06 微米泵浦光, 是相当稳定的。我们曾用 LiF: $F_2^-$  晶体对重复率 YAG:Nd<sup>3+</sup> 激光器进行调 Q, 在 1.06 微米光照几百万次后,  $F_2^-$  心浓度没有明显变化, 调 Q 性能也没有什么变化。二块辐照剂量相同的晶体, 在自然环境下放置, 并用做调 Q 元件使用, 定期测量  $F_2^-$  心吸收系数, 随时间变化规律如图 3 所示。可以看到, 一块晶体

经过一年时间  $F_2^-$  心浓度变化很小(超过初始值, 是由于仪器误差所致), 另一块相对来说衰变则比较快。产生这种差别的原因有待进一步研究。

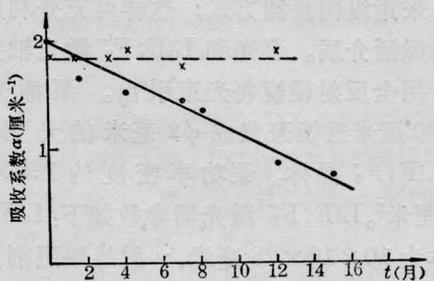


图3 吸收系数  $\alpha$  随时间的衰变关系

我们还做了  $F_2^-$  心热稳定性实验。将 LiF: $F_2^-$  色心晶体, 放入 +50°C 恒温箱内, 保温一小时, 然后再放入 -40°C 低温箱内保温一小时, 比较处理前后晶体的吸收谱。结果表明, 在仪器的误差范围内, 吸收系数没有什么变化。继续升温到 +180°C, 保温一小时,  $F_2^-$  心浓度明显减小。增加温度到 200°C 左右, 则  $F_2^-$  心的吸收峰消失, 样品外观变黑。这表明  $F_2^-$  心的热分解温度大约在 150°~180°C 之间。

从上述结果看来,  $F_2^-$  心的光热稳定性都比较好, 做激光介质使用是比较适宜的。

## 二、LiF: $F_2^-$ 激光振荡实验

从  $F_2^-$  心吸收谱可知, 用 0.96 微米光泵浦最为有利, 但目前缺少这样的强泵浦源。Nd<sup>3+</sup> 离子的 1.06 微米落在  $F_2^-$  心吸收带内, 可用它泵浦, 效率当然要低得多。

从 LiF: $F_2^-$  具有调 Q 功能可知, 对 1.06 微米光呈现出饱和吸收效应。饱和功率密度  $I_0 = \frac{h\nu_p}{\sigma_p \tau}$ ,  $F_2^-$  心的  $\sigma_p \sim 2 \times 10^{-17}$  厘米<sup>2</sup>,  $\tau \sim 10^{-7}$  秒<sup>[2]</sup>。可以估算出  $I_0 \sim 0.93 \times 10^5$  瓦/厘米<sup>2</sup>。泵浦功率控制在这个范围左右是合适的。我们用自由振荡的钨玻璃激光泵浦。

采用平凹稳定腔,腔内不加选模元件。凹面镜曲率半径为 200 厘米,在 1.06 微米处反射率为 99%。前腔为平板,反射率~8%。谐振腔长 60 厘米。

采用纵向泵浦方式,这样可充分利用泵能及激活介质。泵光和  $\text{LiF:F}_2^-$  激光轴夹角  $\alpha^\circ$ 。用全反射棱镜将光束引出。泵浦光径  $f=20$  厘米透镜聚集成  $\phi 2$  毫米的光束,射入  $\text{LiF:F}_2^-$  晶体。泵功率密度约  $1.5 \times 10^5$  瓦/厘米<sup>2</sup>。 $\text{LiF:F}_2^-$  激光器参数如下: $\text{LiF:F}_2^-$  晶体为  $10 \times 10 \times 28$  毫米, $\gamma$  射线辐照剂量为  $2 \times 10^8$  拉德。弱光下对 1.06 微米透光率为 30%。用半共焦腔,后腔为平面镜,在 1.12 微米处反射率为 98%。输出镜为凹面镜,曲率半径 100 厘米,反射率 80%。腔长 50 厘米。整个实验布局如图 4 所示。

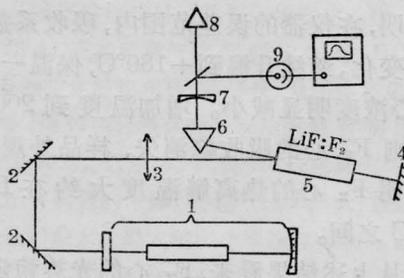
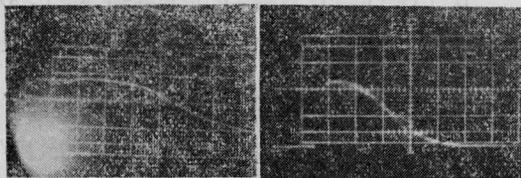


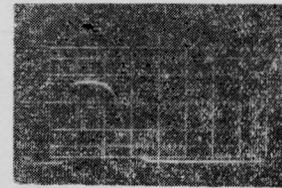
图 4 实验装置示意图

1—泵浦钷玻璃激光系统； 2—45°全反镜；  
3— $f=20$  厘米透镜； 4~7— $\text{LiF:F}_2^-$  激光器；  
8—能量卡计； 9—接收及示波器

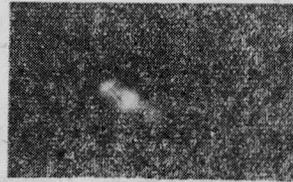
图 5 为  $\text{LiF:F}_2^-$  激光振荡实验结果。图 6 为  $\text{LiF:F}_2^-$  激光输出对输入泵能的关系。最大输出能量达到 100 毫焦耳,转换效率~4%。经过多次实验,输出比较稳定。



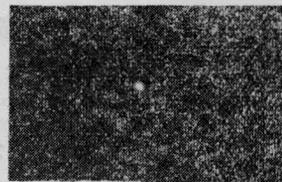
(a) 氙灯发光波形, 0.1 毫秒/厘米  
(b) 钷玻璃输出波形, 0.1 毫秒/厘米



(c)  $\text{LiF:F}_2^-$  激光输出波形振时间约 200 微秒, 0.1 毫秒/厘米



(d)  $\text{LiF:F}_2^-$  输出近场图



(e)  $\text{LiF:F}_2^-$  输出远场图

图 5 泵光和激光输出波形

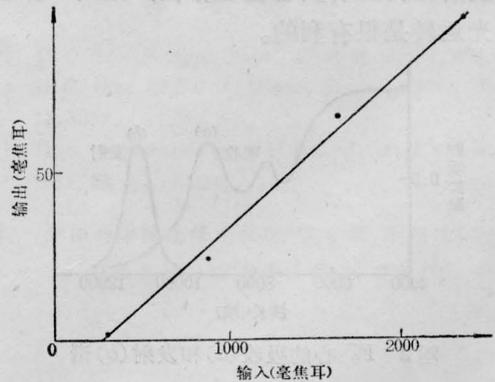


图 6 输出对泵能的关系

这种宽谱结构,可用于腔内吸收光谱学研究。腔内插入选模元件,即可得可调谐窄谱输出。

### 参 考 文 献

- [1] Ю. Л. Гусев и др.; *Кван. электр.*, 1982, 9, №10, 2150.
- [2] В. А. Бученков и др., *Кван. электр.*, 1981, 8, №10, 2239.