

LiF:F₂⁻晶体调Q钕玻璃激光器

张贵芬

(中国科学院上海光机所)

提要: LiF:F₂⁻ 饱和吸收晶体用于钕玻璃激光器调Q, 同样具有简便、效率高, 长期使用稳定的特点。特别是大大地压缩了输出谱线宽度。

A LiF:F₂⁻ crystal Q-switched Nd glass laser

Zhang Guifen

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

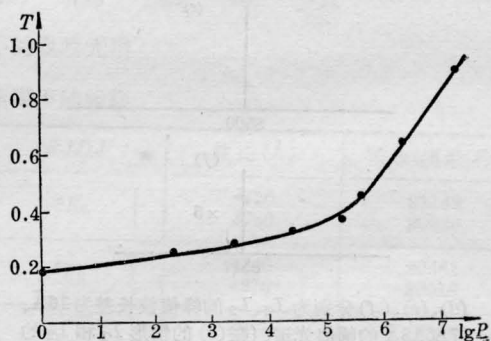
Abstract: LiF:F₂⁻ crystals have the advantages of high efficiency, convenience and stability when they are used for Q-switching of Nd glass lasers and the linewidth narrowing can be achieved in particular.

LiF:F₂⁻ 晶体调Q的原理和染料很相似, 晶体中的F₂⁻心等效于染料分子, 它在0.96微米处有吸收峰, 半宽度为0.2电子伏, 正好和钕离子的发射线相重迭。F₂⁻心的吸收和发射过程又是典型的四能级系统, 这种晶体受到一定光强照射后, 可以呈现出非线性饱和吸收效应, 因而可对钕实现调Q作用。

对被动式调Q元件, 饱和参量 I_s 是一个重要参量。它可以从公式 $I_s = \frac{h\nu}{\sigma\tau}$ 进行估算。

对F₂⁻心, σ 是吸收截面, 它的值为 2×10^{-17} 厘米², τ 是弛豫寿命, $\tau \approx 10^{-7}$ 秒, 对1.06微米来说, $h\nu \approx 1.86 \times 10^{-19}$ 焦耳。这样估算出 $I_s \approx 9.3 \times 10^4$ 瓦/厘米²。我们用脉宽为10毫微秒的高功率激光器, 测量了LiF:F₂⁻晶体透过率和光强的关系, 画出 $T \sim I$ 关系曲线, 如图1所示。由饱和功率密度定义 $\alpha = \frac{\alpha_0}{1+I/I_s}$,

式中 α_0 为初始吸收系数, 可以从曲线上求出

图1 LiF:F₂⁻晶体 $T \sim I$ 关系曲线

I_s , 大致也处在 10^5 瓦/厘米²范围内。

实验使用的激光器参数是: 钕玻璃棒 $\phi 6 \times 180$ 毫米, 双灯泵浦, 供电电容270微法, 指数式放电。谐振腔采用平行平面腔, 输出镜透过率为92%, 腔长为80厘米。自由振荡阈值为400焦耳, 光泵为500焦耳时, 输出为无规尖峰, 振荡时间为0.4毫秒。

收稿日期: 1982年11月3日。

LiF:F₂ 晶体初始透过率的选择, 主要取决于工作物质的增益和输出镜反射率 R , 满足关系式 $T_0 \geq \frac{1}{GR^{1/2}}$ 。对给定的 G 和 R , T_0 则可由调节晶体长度和吸收系数决定。吸收系数则由色心浓度, 即辐照剂量确定, 一般取 T_0 从 0.4 ~ 0.7。我们实验了三种不同初始透过率的 LiF:F₂ 样品。

第一块, 初始透过率 $T_0 \approx 60\%$ 。插入腔内后, 振荡阈值提高到 500 焦耳。光泵为 540 焦耳时, 输出为 230 毫焦耳, 开关效率约为 37%, 输出单脉冲电压为 80 伏。第二块样品 $T_0 \approx 50\%$ 。插入腔内后, 振荡阈值提高到 640 焦耳, 光泵为 650 焦耳时, 输出 540 毫焦耳, 开关效率为 52%, 单脉冲电压区为 120 伏。第三块晶体初始透过率 $T_0 \approx 40\%$ 。插入腔内后, 振荡阈值提高到 660 焦耳, 光泵为 700 焦耳时, 输出 850 毫焦耳, 开关效率约 50%。单脉冲输出电压范围为 170 伏。

用示波器配以 SI 1018 型强流二极管, 测出脉冲宽度为 40 毫微秒 ($FWHM$)。因此, 用该激光系统可得到 10 兆瓦以上的峰值功率。

钽玻璃激光器的宽谱线输出, 对很多应用来说是一个很大的缺点。通常要得到窄谱输出, 一般要在腔内加标准具来选模, 这样要降低效率。对被动调 Q 元件来说, 它既可起到开关作用, 又具有选择纵模效应。不用外加任何元件, 就能得到窄谱输出。输出谱线的特征又和被动开关的弛豫时间有很大关系^[2], 对弛豫时间和光在腔内往返一次时间相近或更长的元件, 会得到很窄的光谱输出。对 LiF:F₂ 晶体来说, 弛豫时间在 10^{-7} 秒, 而一般腔内往返时间在 10^{-8} 秒。所以 LiF:F₂ 晶体可以使钽玻璃输出谱线大为变窄, 实验证实了这一点。

为提高横模选择性能, 实验用平凸型不稳定腔。凸面镜曲率半径为 200 厘米, 输出镜为不镀膜的平板, 腔长 120 厘米。输出谱线用 Hilgerand Watts 的 F-P 标准具测量,

它的间距厚度为 3.13 毫米。

图 2(左)为 LiF:F₂ 晶体调 Q 的干涉图。测出谱线的宽度为 0.05\AA (它是经过倍频后的绿光测出的)。图 2(右)为 KDP 晶体主动式调 Q 输出谱宽(也是二次谐波干涉图), 因为远大于标准具的光谱自由程, 不能为干涉仪分辨, 用 0.5 米光栅光谱仪, 测得输出线宽(基波)约为 30\AA 。

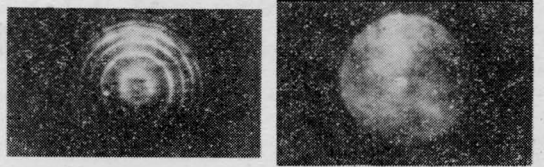


图 2 LiF:F₂ 晶体和 KDP 晶体调 Q 输出谱宽

图 3 为激光输出波形。图 3(左)为 LiF:F₂ 晶体调 Q 波形, 脉冲包络平滑。按 [1] 的观点, 用波形包络平滑程度判断纵模数目比用 F-P 还灵敏, 可以判断我们的激光输出基本上是单纵模。图 3(右)为 KDP 晶体调 Q 波形, 由于存在多纵模之间的竞争, 波形包络出现较大的调制。

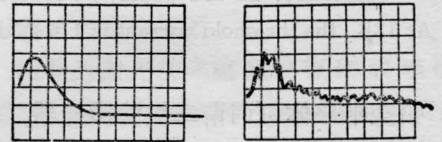


图 3 LiF:F₂ 晶体及 KDP 晶体调 Q 输出
(20 毫微秒/格)

实验结果和 YAG:Nd³⁺ 进行比较可知, 尽管加宽机构不同, 选纵模并不明显降低开关效率。这表明在 10^{-8} 秒内, 由于腔内强激光场的作用, 可以引起足够快的横向弛豫^[2]。

从上述结果可知, LiF:F₂ 晶体用于钽玻璃激光器调 Q 同样有较高的转换效率, 同时输出谱线得到了很大的压缩。

参 考 文 献

- [1] W. Koechner; "Solid-State Laser Engineering", New York, Springer, 1976, p. 439.
- [2] B. B. McFarland; *Nature*, 1965, **207**, 1180.