

连续 LiF:F₂⁻ 色心激光器

Abstract: A CW and quasi-CW LiF:F₂⁻ color center laser pumped by YAG:Nd³⁺ laser ($\lambda=1.06\mu\text{m}$) is reported. The output power is 300 mW and 150 mW respectively. Laser emission wavelength ranges from 1.10 to 1.25 μm . The laser can operate stably at room temperature.

一、引言

F₂⁻ 色心从基态到第一激发态的吸收带有很高的辐照稳定性, 并能在室温下产生近红外宽带振荡。在 1978 年 Gusev 实现了短时间工作的 LiF:F₂⁻ 心的连续振荡^[1], 1981 年他和 Ronoplin 合作用环型谐振腔获得 LiF:F₂⁻ 连续输出^[2], 但由于未解决晶体的过热问题, 不能长时间稳定工作。本实验较好地解决了晶体的过热问题, 获得了 F₂⁻ 心的连续及准连续宽带振荡。

二、晶体的制备

实验所用的纯 LiF 晶体由上海光学仪器厂晶体组提供。晶体尺寸为 (12×13×35)mm, 光轴沿晶体的 [110] 轴方向。两个通光面光洁度达 IV 级, 其中一个端面与光轴成 2° 夹角。产生 F₂⁻ 心的 Co⁶⁰- γ 射线总辐照剂量为 2.8×10^8 Rad, 辐照后晶体的透过曲线如图 1。晶体对 1.06 μm 泵浦光辐射的吸收为 65%。

三、激光实验装置

实验装置如图 2。泵浦源为 1.06 μm 连续或声光调 Q 的 YAG:Nd³⁺ 激光器, 脉冲重复率为 1kHz, 脉冲峰值功率约为几千瓦, 输出为低阶模结构。采用纵向泵浦方式。1.06 μm 泵浦光束经表面镀增透膜的透镜 3 ($f=200\text{mm}$) 会聚后, 通过双色反射镜 M₃ 射到 LiF 晶体中, 在晶体中泵浦光斑点尺寸约 $\phi 1\text{mm}$ 。泵浦光与 F₂⁻ 心谐振腔的光轴约成 2° 的夹角, 以消除 1.06 μm 对测量的干扰。反射镜 M₃ 的曲率半径为 150mm, 对 1.06 μm 的透过率为 91%, 对 1.11~1.35 μm 波长范围为高反, 在波长 1.17 μm 处反射率为 99%。输出平面反射镜 M₄ 在波长 1.11~1.27 μm 范围内的透过率为 4% (图 3)。谐振腔的总长为 140mm。

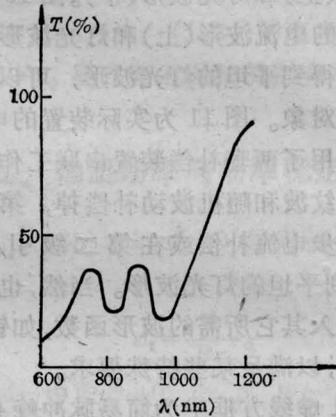


图 1 纯 LiF 晶体经 2.8×10^8 Rad γ 射线辐照后的透过曲线 (样品厚度为 2.5mm)

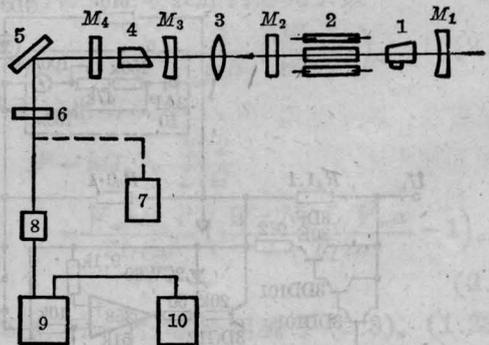


图 2 激光实验装置

1—声光调制器; 2—YAG:Nd³⁺ 激光器; 3—镀有增透膜的会聚透镜; 4—LiF:F₂⁻ 晶体; 5—反光镜; 6—1.06 μm 滤光片; 7—功率计; 8—光电二极管; 9—单色仪; 10—示波器 (COS 6100)

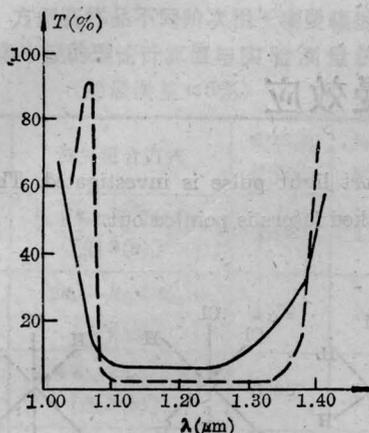


图3 色心激光腔反射镜透过曲线
(虚线为平凹双色反射镜透过曲线;实线为平面输出镜透过曲线)

在较高泵浦光功率作用下,晶体温度将上升,并将导致辐射波长朝长波移动,同时输出下降。温度升到 100°C 以上,还有可能引起 F_2^+ 的热离解。因此要获得长时间稳定 F_2^+ 心连续振荡,必须对晶体采取有效的冷却措施。由于 LiF 晶体有较好的导热性能,所以可采用与之有良好接触的铜块来传热降温。铜块的另一端采用低温制冷降温,根据泵浦功率大小,调节铜块冷端温度,使得晶体动态平衡温度稍高于室温,这样晶体不会因端面结水而无法振荡,也不会出现晶体过热变质现象。采用这种方法后 $\text{LiF}:\text{F}_2^+$ 心曾稳定连续或准连续工作3小时。 F_2^+ 心浓度经测量基本不变。

$\text{LiF}:\text{F}_2^+$ 输出经滤光片滤去部分残余 $1.06\mu\text{m}$ 后用55W平面光栅单色仪测量其宽带输出谱,单色仪输出用PIN光电二极管检测。

四、实验结果与讨论

在18W $1.06\mu\text{m}$ 连续波激励下获得 $\text{LiF}:\text{F}_2^+$ 300mW的连续宽带输出,效率达1.7%,比Gusev 1%效率要高。这主要是本实验所用的双色镜对 $1.06\mu\text{m}$ 泵浦有较高的透过率;合适地选择了输出反射镜的透过率(为4%), (Gusev的为2%);另外晶体

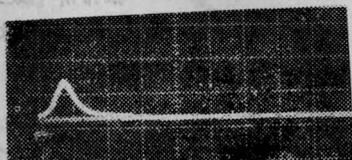


图4 声光调Q YAG:Nd³⁺激光器泵浦时的 $\text{LiF}:\text{F}_2^+$ 输出波形

的辐照剂量要比Gusev的高。在声光调Q $1.06\mu\text{m}$ 激励时,平均泵浦功率为6W时, $\text{LiF}:\text{F}_2^+$ 宽带平均输出功率为150mW,脉冲宽度为100ns,其脉冲激光输出波形如图4。

为了达到振荡阈值功率密度,连续泵浦光必须经聚焦透镜会聚。由于 F_2^+ 心吸收的非线性^[3,4],所以当泵浦功率密度超过一定转值后器件效率反而降低。另外为获得大的有效激活介质体积,必须尽量保持在晶体中有均匀的泵浦功率密度,这二个要求可通过选择合适焦距的聚焦透镜及调节晶体相对于透镜的距离来达到。本实验透镜焦距 $f=200\text{mm}$,实验证明比 $f=100\text{mm}$ 的透镜有利。为了减少腔内损耗,必须尽量缩短非受激区晶体的长度,即选择合适的晶体长度。根据本实验条件,晶体长度 $10\sim 15\text{mm}$ 较合适,为了便于致冷降温,本实验晶体的长度选35mm。

$\text{LiF}:\text{F}_2^+$ 准连续激光振荡输出光谱响应如图5所示。由于谐振腔反射镜具有宽带的反射特性,所以获得了较宽的输出光谱范围($1.10\sim 1.26\mu\text{m}$)。

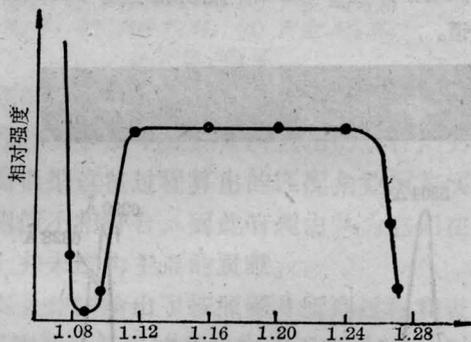


图5 $\text{LiF}:\text{F}_2^+$ 准连续激光振荡输出光谱的响应曲线

参 考 文 献

- [1] Yu. L. Gusev, S. I. Marennikov; *Sov. J. Quant. Electr.*, 1978, 8, No. 8, 960.
- [2] Yu. L. Gusev, S. N. Konoplin; *Sov. J. Quant. Electr.*, 1981, 11, No. 6, 808.
- [3] T. T. Basiev, Yu. K. Voron'ko; *Sov. J. Quant. Electr.*, 1982, 12, No. 8, 1125.
- [4] V. P. Chebotayev, S. I. Marennikov; *Appl. Phys. B*, 1983, 1331, No. 3, 193.

(上海市激光技术研究所 宋哲民
孙军 曹文治 宋林峰
1985年1月24日收稿)