

室温下 LiF 晶体中 F_3^+ 色心激光器的实验研究

顾洪恩 戚 蓝 万良风

(天津大学物理系)

Experimental study on F_3^+ color center in LiF crystal laser at room temperature

Gu Hongen, Qi Lan, Wan Liangfeng

(Department of Physics, Tianjin University, Tianjin)

提要: 以氮分子激光泵浦的染料激光(波长 460 nm)为泵源, 对室温下脉冲式工作的 LiF 晶体 F_3^+ 色心激光器做了初步的实验研究

关键词: LiF 晶体, F_3^+ 色心

目前, 在 LiF 晶体中已实现激光器运行的色心有 F_2 、 F_2^+ 和 F_2^- , 可调谐范围从红色至近红外^[1-3]。本文报道我们采用低温下电子束辐照 LiF 晶体建立 F_3^+ 色心, 以氮分子激光泵浦的染料激光(香豆素 460)为泵浦源, 对室温下运行的 LiF 晶体 F_3^+ 色心激光器做了初步的实验研究。

一、实验装置

实验装置如图 1。

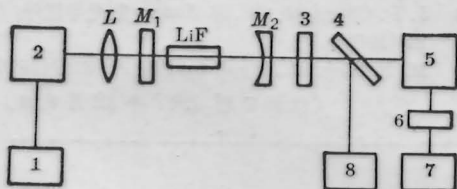


图 1 LiF 晶体色心激光器实验装置

1—氮分子激光器; 2—染料激光器; 3—滤光片;
4—半反射镜; 5—单色仪; 6—倍增管; 7—示波器;
8—激光能量计

染料激光器重复率为每秒一次, 激光波长为 460 nm。晶体放在多层电介质干涉反射镜构成的腔中, 腔长为 140 mm。 M_1 是泵浦光束的输入反射镜, 对 460 nm 波长光的透射率为 91%, 而对 F_3^+ 色心激光中心波长 530 nm 的反射率为 99.8%。 M_2 为色心激光的输出反射镜, 曲率半径为 150 mm, 对色心激光的透射率为 3.5%。在泵浦光进入色心激光器

之前, 用焦距为 300 mm 的透镜 L 聚焦泵浦光束。长 20 mm 的 LiF 晶体放置在离透镜 290 mm 处。

LiF 晶体尺寸为 $20 \times 10 \times 5 \text{ mm}^3$, 在液氮温度下用电子束辐照, 电子束能量为 1.5 MeV。辐照结束后, 立即把晶体置于暗处适当地加热至室温, 经色心聚集后形成高浓度的 F_3^+ 色心, 着色后的 LiF 晶体为黄绿色。对应 460 nm 波长的吸收系数为 32 cm^{-1} , 在室温条件下, F_3^+ 色心能长期稳定保持。

激光器输出端用滤光片滤去残余的泵浦光, 用激光能量计(Rj-7200 型)测量色心激光能量。用单色仪(WDG500-1A 型)、光电倍增管(R456 型)和示波器(Tek-466 型)记录激光光谱。

二、实验结果及讨论

含有 F_3^+ 色心的 LiF 晶体中, F_3^+ 色心在峰值波长 460 nm 和 530 nm 处分别有较宽的吸收带和荧光带^[4]。利用 460 nm 的单色光去激发可以产生较宽的荧光带, 如图 2 所示(荧光谱取自 RF-540 型荧光分光光度计)。

泵浦染料激光单脉冲输出能量约 1.5 mJ。考虑到聚焦透镜和输入镜的反射损失, 实际入射到 LiF 晶体上的能量约 1.0 mJ, 获得 LiF 晶体 F_3^+ 色心激光输出单脉冲能量约 $9.4 \mu\text{J}$, 脉冲宽度为 4 ns, 光束发散角为 2.5 mrad。测得 F_3^+ 色心激光阈值约 $100 \mu\text{J}$ 。

图 3 是测得的 F_3^+ 色心激光光谱(宽带)。激光输

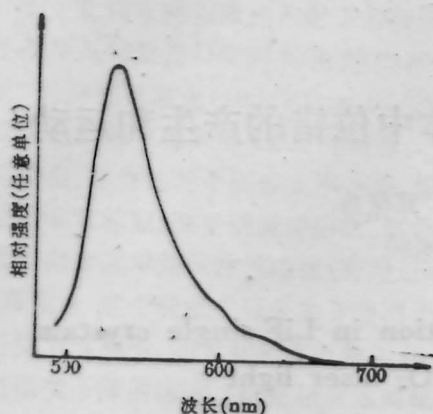


图2 LiF: F₂⁺色心的荧光谱

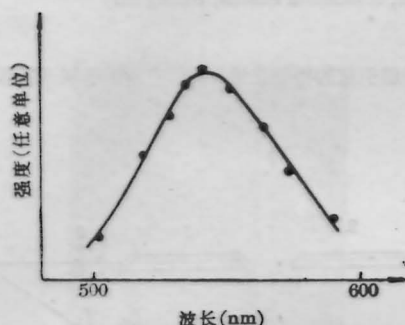


图3 F₂⁺色心激光光谱

出波长从 515 nm 至 575 nm, 中心波长位于 540 nm, 带宽 60 nm, 从而可知 F₂⁺ 色心激光器很有可能做成宽带可调谐激光器。实验时在纸屏上可以观看到闪耀的绿色激光光点。

在室温条件下, 如果泵浦光单脉冲能量控制在

几百微焦耳, 不加任何冷却措施, 经几百个脉冲以后, F₂⁺ 色心激光输出能量才出现明显下降趋势。如果停止泵浦作用, 几分钟后又可恢复当初的激光输出水平。这说明 F₂⁺ 色心在激光作用下是比较稳定的, 激光输出能量的减少可能是由于高度聚集的泵浦光在晶体内部的焦点处产生瞬时高热所致, 为获得长时间稳定的色心激光输出, 我们采用循环水来加速晶体散热。采用这种措施后 LiF 晶体 F₂⁺ 色心激光器曾稳定工作 3 个小时, F₂⁺ 色心浓度经测量无明显变化。这说明 F₂⁺ 色心激光器在室温下工作还是比较理想的。

实验中我们还发现, 随着低温电子束辐照着色条件不同, 所获得的 LiF 激光晶体的光谱特性不同, 从而导致色心激光输出光谱范围不同。辐照时始终保持在液氮温度下, 着色的 LiF 晶体中 F₂⁺ 色心占绝对优势, 激光输出在绿色波段; 温度略高于液氮温度, 晶体中除 F₂⁺ 色心外, 还可以有一定比例的 F₂ 色心 (670 nm), 色心激光输出中会同时有红色激光出现。

实验中还观察到, LiF 晶体不宜做得太厚, 最好在 5 mm 左右。这是因为电子束的穿透力比较低 (约 2~3 mm), 过厚的晶体会出现着色不均匀现象, 影响输出激光的质量甚至无激光输出。

参 考 文 献

- 1 L. F. Mollenauer, *Opt. Lett.*, **1**, 164 (1979)
- 2 Yu. L. Gusev et al., *Sov. J. Quant. Electr.*, **8**(8), 960 (1978)
- 3 D. J. Jackson, *Opt. Commun.*, **29**, 357 (1979)
- 4 J. Nahum et al., *Phys. Rev.*, **154**, 817 (1967)

(收稿日期: 1987 年 12 月 4 日)

(上接第 382 页)

来, 激光对穴位的效应与非穴位还是有所区别的。由此观察所得, 反映了穴位有其相对的特异性。国内外许多学者认为穴位中有多种神经末梢感受器^[4]。从现代的神经理论学角度看, 百会、太阳穴以及枕后部的风府、风池穴分别在三叉神经和上位颈神经集中分布的区域内^[5], 上述穴位十分接近中枢神经系统。可以设想, 激光照射诸穴位所产生的刺激信息可能由三叉神经和颈神经末梢传入中枢三叉神经感觉核与颈脊髓神经节段, 通过脑干和脊髓神经原突触传递途径, 影响植物神经系统, 由此调整机体各部的功

能。

参 考 文 献

- 1 张世仪, 中国针灸, (3), 46 (1984)
- 2 Greenfield A. D. M., *The Circulation Through Skins Handbook of Physiology Section II, Circulation 2: 1325, 1963*
- 3 Barcroft H., *Physiol. Rev.*, **40**, 81 (1960)
- 4 Kroetlinger M., *Acupuncture & Electro-Therapeutics Res*, **5**, 297 (1980)
- 5 张钦 et al., 上海针灸杂志 (2), 38 (1982)

(收稿日期: 1988 年 7 月 13 日)