

# LiF 晶体中 $F_3^+$ - $F_2$ 混合色心激光器

顾洪恩 戚 蓝 郭绍章 万良风

(天津大学物理系)

李 浩

王 立 文

(天津市技术物理所)

(中国科学院北京电子学研究所)

## 提 要

本文报道了室温下 LiF 晶体中  $F_3^+$ - $F_2$  混合色心激光器。利用一块晶体和单一泵光, 输出激光波长范围从 510~580 nm、640~710 nm, 总带宽 140 nm。

关键词: LiF 晶体;  $F_3^+$  和  $F_2$  色心; 色心激光器。

## 一、引 言

目前碱卤色心激光器的波长复盖范围从红色至近红外<sup>[1]</sup>, 而在蓝、绿、黄光以及紫外光波段仍是空白。在 LiF 晶体中已实现激光器运行的色心有  $F_2$ 、 $F_2^+$  和  $F_2^-$ <sup>[2~4]</sup>。在早期报道中, 已观察到 LiF 晶体  $F_3^+$  心及  $F_3^+$  与  $F_2$  混合色心的激光振荡<sup>[5~8]</sup>, 近期又相继实现了  $F_3^+$  心及其  $F_3^+$  与一些未知色心混合激光运转<sup>[9~11]</sup>。本文报道  $F_3^+$  和  $F_2$  混合心激光器。

## 二、实验、结果及讨论

### 1. 实验装置

本文报道的色心激光器采用常见的消像散的三镜折叠腔<sup>[12]</sup>, 用着色的 LiF 晶体薄片作为激光物质, 用染料激光(香豆素460)同轴泵浦。LiF 晶体在室温下工作, 用循环水冷却, 我们称之为  $F_3^+$ - $F_2$  混合色心激光器。腔体结构如图 1 所示。

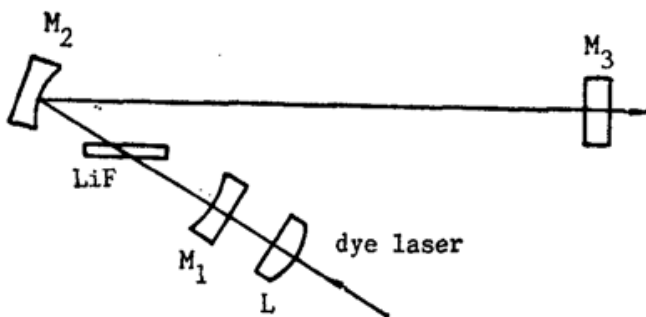


Fig. 1 Schematic diagram of the mixed color-center laser cavity

$M_1$  input mirror;  $M_2$  folding mirror;  
 $M_3$  output mirror; L focal lens

腔体结构如图 1 所示。 $M_1$  和  $M_2$  间距 50 mm,  $M_2$  和  $M_3$  间距 315 mm, 折叠角 20°, 腔镜镀以多层介质膜。 $M_1$  的曲率半径为 25 mm, 对泵光的透射率为 91%, 对  $F_3^+$  色心激光的反射率为 99.8%, 对  $F_2$  色心激光的反射率为 96%。 $M_2$  的曲率半径为 50 mm, 对  $F_3^+$  色心激光的反射率为 99.8%, 对  $F_2$  色心激光反

射率为 96%。 $M_3$  为平面反射镜, 对  $F_3^+$  色心激光的透射率为 1.5%, 对  $F_2$  色心激光的透射

率为 15%。

实验所用 LiF 晶体尺寸为  $35 \times 15 \times 1.79 \text{ mm}^3$ ，经光学加工后达到使用要求，利用低温电子束辐照着色。着色后的 LiF 晶体的颜色为绿中透红，对应 460 nm 波长的吸收系数为  $40 \text{ cm}^{-1}$ ，在室温下  $F_3^+$  和  $F_2$  色心可长期保持。

激光器输出端用滤光片滤去残余的泵浦光，以便于观测混合色心激光光谱和测量能量。用激光能量计(Rj-7200 型)测量混合色心激光能量。用单色仪(WDG500-1A 型)、光电倍增管(R 456 型)和示波器(Tektronix 466 型)记录激光光谱。

## 2. 实验结果及讨论

在含有  $F_3^+$ - $F_2$  混合色心的 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， $F_2$  色心相应光谱带的峰值波长在 445 nm 和 670 nm<sup>[13]</sup>。这两种色心的吸收带重叠很多，用 450 nm 的单色光去激发可以产生从浅绿色至深红的相当宽的荧光带<sup>[6]</sup>。

染料激光波长为 460 nm，单脉冲输出能量约 2 mJ。考虑到聚焦透镜及输入镜的反射损失，实际达到晶体上的泵浦光能量约 1.1 mJ，获得  $F_3^+$ - $F_2$  混合色心宽带激光单脉冲输出能量约 22  $\mu\text{J}$ ，其中  $F_3^+$  色心激光为 13  $\mu\text{J}$ ， $F_2$  色心激光为 9  $\mu\text{J}$ 。

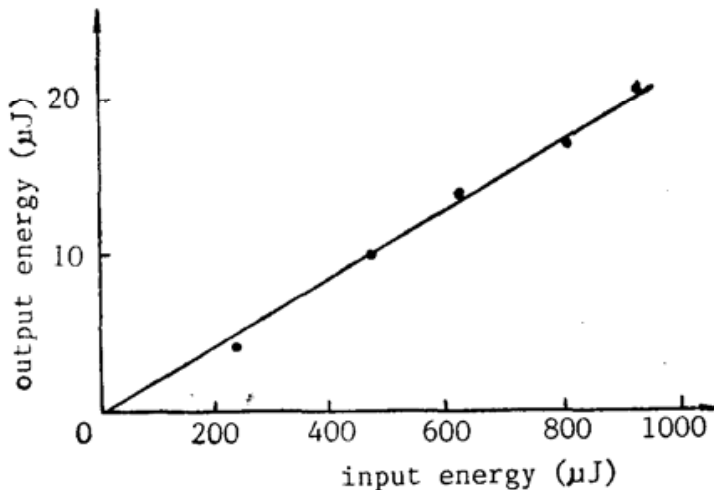


Fig. 2 Slope efficiency curve of the mixed color-center laser

测得激光束发散角为 1.0 mrad，对应  $F_3^+$  色心激光阈值约 7.5  $\mu\text{J}$ ， $F_2$  色心激光约 4.0  $\mu\text{J}$ 。斜率效率曲线如图 2 所示。

图 3 是测得的宽带输出的  $F_3^+$ - $F_2$  混合色心激光光谱，峰值波长分别位于 534 nm 和 672 nm 处。 $F_3^+$  色心激光输出从 510~580 nm， $F_2$  色心激光从 640~710 nm(总带宽 140 nm)。

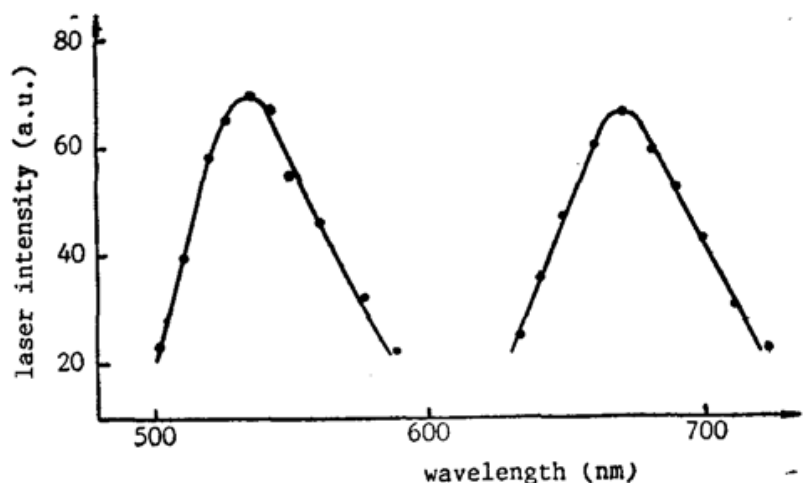


Fig. 3 Spectrum of the mixed color-center laser

在激光器运转中，观察到了  $F_2$  色心被泵光漂白从而导致红色激光输出下降。在较高能量的泵光作用下，晶体局部温度将上升，导致整个带宽的激光输出能量降低。为获得较长时间稳定的色心激光输出，采用循环水来加速晶体散热。采用此法之后， $F_2$  色心可以工作到 2~3 百个脉冲后才出现漂白现象，4~5 百个脉冲后无激光输出。晶体中被泵光照射部位出现海蓝色斑痕，从吸收谱可以观察到  $F_3^+$  色心的大量出现(见图 4，吸收谱取自 UV-240 型分光光度计，测量温度为 300 K)。经  $10^5$  个脉冲后， $F_3^+$  色心无漂白效应出现，激光输出也无明显变化。 $F_2$

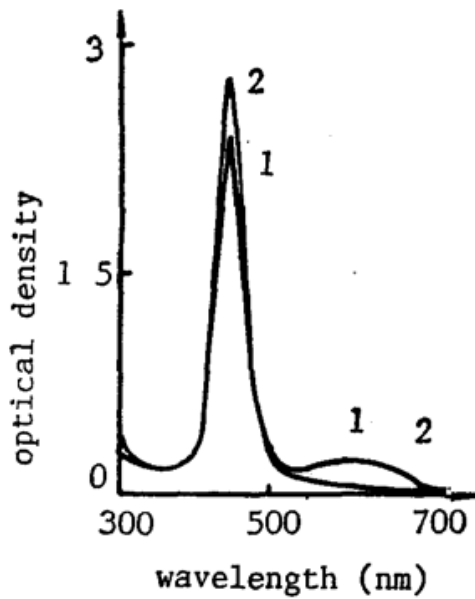


Fig. 4 Absorption spectra of the LiF laser crystal  
(1) after the  $F_2$  centers bleaching by the pump light (2) before the bleaching

色心未被漂白时,泵光为  $F_2^+$  和  $F_2$  色心共同吸收并产生激光。当  $F_2$  心被漂白后,泵光仅为  $F_2^+$  色心所吸收,  $F_2^+$  色心激光输出照理应该增强,但实验中并未观察到这一现象。一个可能的原因为:  $F_2$  色心被泵光漂白后转变成  $F_2^+$  色心,其吸收带一直延续到 500 nm(见图 4),与  $F_2^+$  色心的荧光带(峰值 530 nm)有一定重叠,吸收了一部分  $F_2^+$  色心的发光能量。实验中也确实观察到泵光重复频率加大时( $\sim 10\text{Hz}$ ),晶体中  $F_2^+$  色心产生的很快,  $F_2^+$  色心激光输出下降非常明显。继续增加泵浦脉冲次数,然后将晶体取下来用分光光度计检测,仍观测不到  $F_2^+$  色心的漂白现象。众所周知,  $\text{LiF:F}_2^-$  色心激光晶体在室温下是相当稳定的,  $F_2^-$  色心激光器已投入实际应用中。相比之下,  $\text{LiF:F}_2^+$  色心激光晶体在室温下的光、热稳定性也是相当好的,通过进一步完善与改进,  $F_2^+$  色心激光器的应用前景一定是十分可观的。

#### 参 考 文 献

- [1] I. Schneider; *Opt. Lett.*, 1982, **7**, No. 12 (Jun), 271.
- [2] L. F. Mollenauer; *Opt. Lett.*, 1977, **1**, No. 5 (Nov), 164.
- [3] Yu. L. Gusev *et al.*; *Sov. J. Quant. Electron.*, 1978, **8**, No. 8 (Aug), 960.
- [4] D. J. Jackson; *Opt. Commun.*, 1979, **29**, No. 3 (Jun), 357.
- [5] L. X. Zheng, L. F. Wan; *Opt. Commun.*, 1985, **55**, No. 4 (Sep), 277.
- [6] L. X. Zheng *et al.*; *Chinese Phys. Lett.*, 1985, **2**, No. 10 (Oct), 469.
- [7] A. P. Voítovich *et al.*; *Sov. J. Quantum Electr.*, 1987, **17**, No. 6 (Jun), 780.
- [8] V. A. Grigorov *et al.*; *Opt. Spectrosc. (USSR)*, 1986, **61**, No. 5 (Nov), 718.
- [9] H. E. Gu *et al.*; *Chinese Phys. Lett.*, 1988, **5**, No. 6 (Jun), 241.
- [10] H. E. Gu *et al.*; *Appl. Phys. Lett.*, 1988, **52**, No. 22 (May), 1845.
- [11] H. E. Gu *et al.*; *Opt. Commun.*, 1988, **67**, No. 3 (Jul), 237.
- [12] H. W. Kogelnik *et al.*; *IEEE J. Quantum Electr.*, 1972, **QE-8**, No. 3 (Mar), 373.
- [13] J. Nahum *et al.*; *Phys. Rev.*, 1967, **154**, No. 3 (Feb), 817.

## LiF crystal $F_3^+$ - $F_2$ mixed color-center laser

GU HONGEN, QI LAN, GUO SHAOZHANG AND WAN LIANGFENG

*(Department of Physics, Tianjin University)*

LI HAO

*(Tianjin Institute of Physics and Technology)*

WANG LIWEN

*(Institute of Electronics, Academia Sinica, Beijing)*

*(Received 24 February 1988; revised 24 January 1989)*

### Abstract

A pulsed laser using  $F_3^+$ - $F_2$  mixed color centers in a LiF crystal operated at room temperature is reported. The laser output wavelength ranges from 510 nm to 580 nm and from 640 nm to 710 nm using a LiF crystal and a pumping wavelength. The total bandwidth is 140 nm.

**Key words:** LiF crystals;  $F_3^+$  and  $F_2$  centers; color center laser.