

文章编号: 0258-7025(2001)12-1061-02

# 宽调谐室温 Co:MgF<sub>2</sub>激光器\*

崔益本<sup>1</sup> 张 伟<sup>1</sup> 张增明<sup>2</sup> 姜芸芸<sup>1</sup> 纪玉峰<sup>1</sup> 戎春华<sup>1</sup>

(<sup>1</sup> 中国科学院安徽光机所 合肥 230031 <sup>2</sup> 中国科技大学天文与应用物理系 合肥 230061)

**提要** 用双折射滤光片不同干涉级次和多组谐振腔镜连续调谐室温 Co:MgF<sub>2</sub>激光器, 波长调谐范围达到 1700~2550 nm, 在 2090 nm 峰值波长的输出能量及效率分别为 115 mJ 和 16%。

**关键词** Co:MgF<sub>2</sub>激光器, 宽调谐, 声子能级

**中图分类号** TN 248.1 **文献标识码** A

## Broadly Tunable Room-temperature Operation Co:MgF<sub>2</sub> Laser

CUI Yi-ben<sup>1</sup> ZHANG Wei<sup>1</sup> ZHANG Zeng-ming<sup>2</sup>

JIANG Yun-yun<sup>1</sup> JI Yu-fen<sup>1</sup> RONG Chun-hua<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Anhui Institute of Optics and Fine Mechanics, The Chinese Academy of Sciences, Hefei 230031  
<sup>2</sup>Department of Astrophysics and Applied Physics, University of Science Technology of China, Hefei 230061

**Abstract** Different order of interference with birefringent filter and sets of mirror were applied to room-temperature operation of Co:MgF<sub>2</sub> tunable laser. A laser with continuous tuning range from 1700 nm to 2550 nm with output energy up to 115 mJ and 16% conversion efficiency at 2090 nm peak wavelength was obtained.

**Key words** Co:MgF<sub>2</sub> laser, broadly tunable, phonon energy level

## 1 引 言

Co:MgF<sub>2</sub>可调谐激光器是近中红外波段重要的固体光源之一,其显著特点是波长调谐范围宽,具有偏振特性,能在低温或室温条件工作。此激光波段包含多种大气成分吸收线,对于水及人体组织的吸收率高,可在大气环境监测<sup>[1,2]</sup>和激光医疗等领域获得应用。此外,因其激光波长可调,并且含有 1.5 μm 人眼安全波长区,故在军用激光测距、光电子对抗等方面亦有应用潜力。

Co:MgF<sub>2</sub>激光跃迁下能级为晶格声子振动能级,仍属四能级工作系统。由于声子能级位置伴随晶体温度条件而变,使其在低温和室温下具有的调谐范围有所不同,通常分别可达 1500~2300 nm 和 1750~2500 nm<sup>[3,4]</sup>。本文对于室温 Co:MgF<sub>2</sub>的宽调谐激光特性作了进一步研究,并给出其全波段调谐的实验结果。

## 2 实验装置

实验装置如图 1 所示。抽运光源采用 1.32 μm 脉冲 Nd:YAG 振荡-放大激光系统,激光棒尺寸分别为 φ 6 mm×70 mm 和 φ 6 mm×75 mm。振荡级为平腔结构,输出镜透过率为 40%。全反、输出两腔镜以及 45°高反镜(M<sub>1</sub>~M<sub>4</sub>)均对 1.06 μm 光高透,可以有效抑制该波长激光起振。腔内加入布氏角起偏膜片,输出激光为垂直偏振的线偏振光。透镜焦距 15 cm。抽运光脉宽约 120 μs,重复率 1 Hz。

Co:MgF<sub>2</sub>激光谐振腔为双凹共焦腔,腔长 26 cm,腔镜曲率半径 25 cm。M<sub>5</sub>为调谐光高反镜,对抽运光的透过率为 95%。输出镜 M<sub>6</sub>的宽带平均透过率约为 10%。Co:MgF<sub>2</sub>晶体尺寸为 11 mm×11 mm×14 mm, a 轴(长尺寸)方向通光,晶体光轴取与抽运光偏振面平行(π 偏振)及与振荡光偏振面垂直(σ 偏振)。调谐元件为石英双折射滤光片(BF),以 57°布氏角及水平偏振设置腔内。晶片厚度 1 mm,光轴与表面平行。

激光波长测量系统由光栅单色仪、示波器和钽

\* 国家自然科学基金(编号 69388006)资助项目。

收稿日期:1997-08-20;收到修改稿日期:2001-05-10

酸锂探测器组成。

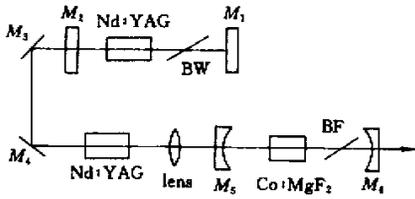


图 1 Co:MgF<sub>2</sub>可调谐激光器的光路图

Fig.1 Optical schematic of the Co:MgF<sub>2</sub> tunable laser

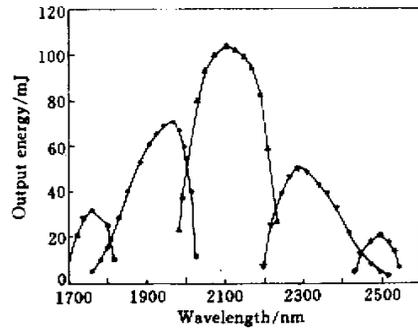


图 2 293 K 和抽运能量为 650 mJ 时 Co:MgF<sub>2</sub>激光器的调谐曲线

Fig.2 Tuning curves for Co:MgF<sub>2</sub> laser at 293 K and pump energy of 650 mJ

### 3 实验结果

根据 BF 调谐原理关系式  $\lambda = d(n_o - n_e) \sin^2 \gamma / k \sin \theta$ , 设定其厚度  $d$  和布氏角  $\theta$  的值, 通过改变转角参数  $\gamma$  (内折射光与光轴的夹角) 以及干涉级次  $k$  的数值, 即能形成相应波长光透射峰的移动, 从而实现激光波长宽范围连续调谐。实验结果证实, 要达到 Co:MgF<sub>2</sub> 激光波长的全程调谐, 需要用到该 BF 三个干涉级次的透射谱。

在激光增益较大的中部谱区, 应用 BF 的 4 级谱调谐, 波长范围可达 1820~2320 nm。在两侧长、短波长区, 则分别采用其 3 级谱和 5 级谱加以扩展调谐。以三组谐振腔镜用于激光波长的连续覆盖, 调谐范围可至 1760~2520 nm。因为受到腔镜有效反射带宽的限制, 使得两端波长区的激光输出明显偏弱, 并伴有一定程度的失调现象。例如在 2520 nm 波长附近, 有时反会出现激光输出变强的情况, 振荡激光波长移至增益较大的 2270 nm 处, BF 处于失调状态。因此, 在相应的弱荧光谱区, 另外采用两组反射率(93%)较高的腔镜, 可使调谐范围获得进一步延伸。图 2 是在抽运能量为 650 mJ 和室温 293 K (晶体水冷温度) 条件下测得的 Co:MgF<sub>2</sub> 激光波长调谐曲线, 波长范围达到 1700~2550 nm。图 3 是在 2090 nm 峰值波长测得的输入与输出能量数据, 其中阈值能量 75mJ, 最大输出能量及效率分别为 115 mJ 和 16%。

实验结果表明, 该激光器在短波一侧所能达到的边缘波长与抽运能量大小直接相关。适当减小抽运能量, 调谐波长尚能扩至 1690 nm。当抽运能量增至 720mJ 附近时, 其截止波长退至 1710 nm。产生这种不定状态的原因, 本质上应与晶体声子能级位置的涨落有关。抽运能量增大, 导致激光作用区内的晶体瞬间温度升高和声子能级上移, 使得调谐

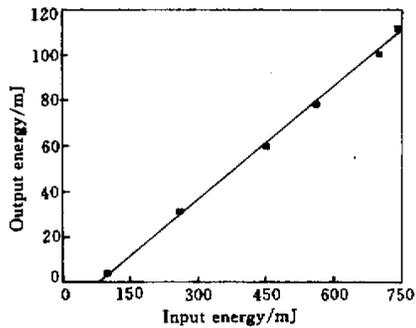


图 3 2090 nm 时 Co:MgF<sub>2</sub>激光器的输入-输出能量值

Fig.3 Input-output energy data for Co:MgF<sub>2</sub> laser at 2090 nm

波长移向长波。反之, 晶体瞬间温度降低, 调谐波长则向短波伸展。而在高能量抽运条件下, 其截止波长则会进一步回缩到 1730 nm 附近<sup>[5]</sup>。对于长波一侧的调谐, 因已抵达荧光边缘谱区, 继续扩展的余地应属有限。

### 参 考 文 献

- 1 N. Menyuk, D. K. Killinger. Atmospheric remote sensing of water vapor, HCl and CH<sub>4</sub> using a continuously tunable Co:MgF<sub>2</sub> laser. *Appl. Opt.*, 1987, **26**(15) 3061~3065
- 2 M. P. Frolov, Yu. P. Podmar'kov. Intracavity laser spectroscopy with a Co:MgF<sub>2</sub> laser. *Opt. Comm.*, 1998, **155** 313~316
- 3 P. F. Moulton. An investigation of the Co:MgF<sub>2</sub> laser system. *IEEE J. Quantum Electron.*, 1985, **21**(10) 1582~1595
- 4 D. Welford, P. F. Moulton. Room-temperature operation of a Co:MgF<sub>2</sub> laser. *Opt. Lett.*, 1988, **13**(11) 975~977
- 5 D. M. Rines, P. F. Moulton, D. Welford et al.. High-energy operation of a Co:MgF<sub>2</sub> laser. *Opt. Lett.*, 1994, **19**(9) 628~630