

镁橄榄石可调谐激光的研究*

丘治 刘晔 褚春霖 李庆国 潘佩聪** 朱洪斌

(中国科学院上海光机所激光技术开放实验室, 上海 201800)

提要 本文报道了室温下镁橄榄石可调谐激光的实验结果。采用调Q Nd:YAG 脉冲激光作为泵浦源, 可调谐波长范围为 1.167 μm 到 1.332 μm 。输出能量为 11.5 mJ, 转换效率为 16%。倍频后, 获得从 0.584 μm 到 0.666 μm 的倍频激光输出。

关键词 Cr: Mg₂SiO₄ 晶体, 可调谐激光器

Investigation on tunable forsterite laser

QIU Zhi, LIU Ye, CHU Chunlin, LI Qingguo, PAN Peicong, ZHU Hongbin

(Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica, Shanghai 201800)

Abstract This paper presents the experimental results of Cr: Mg₂SiO₄ tunable pulsed laser pumped at room temperature by the fundamental 1.06 μm pulses from a Q-switched Nd:YAG laser. The wavelength range can be continually tuned from 1.167 μm to 1.332 μm . The output energy of 11.5 mJ and conversion efficiency of 16% have been achieved. Tunable laser output from 0.584 μm to 0.666 μm was generated by frequency doubling from the Cr: Mg₂SiO₄ laser.

Key words Cr: MgSiO₄ crystal, tunable laser

1 引言

由于紫翠宝石、掺钛蓝宝石等激光器的调谐范围为 0.7~1.2 μm , 镁橄榄石可调谐激光器满足了向长波扩展的要求。水是人体各种器官的主要成分, 在 0.9~1.3 μm 波段水的吸收系数有非常显著的变化。改变这一区域内激光照射的波长, 就可控制激光穿透的深度, 为医学应用提供了诱人前景。近年来, 镁橄榄石可调谐激光器的研究在国外正日益受到有关人士的重视, 不同类型的可调谐激光运转亦相继出现^[1~6]。

本文主要介绍我所新研制成功的镁橄榄石可调谐激光运转情况。

2 实验装置

图 1 示出我所新研制成功的镁橄榄石晶体的吸收光谱。在室温下, 该晶体在近红外光谱

收稿日期: 1992年4月24日; 收到修改稿日期: 1992年6月22日。

* 本工作部分得到上海市科委启明星计划支持; ** 现在中国科学院上海硅酸盐所读博士后。

区有双峰状吸收光谱,其范围主要在 $0.9\sim 1.2\ \mu\text{m}$ 。用 $1.06\ \mu\text{m}$ 激光作泵浦源是比较理想的。

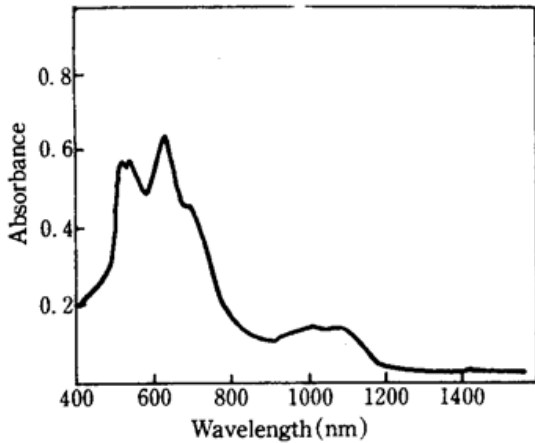


Fig. 1 Absorption spectrum of Cr : Mg_2SiO_4 at room temperature

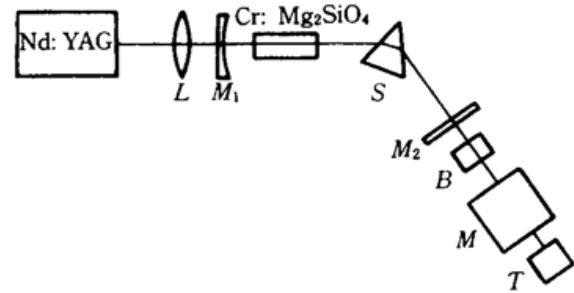


Fig. 2 Schematic diagram of the experimental arrangement used for wavelength tuning of the Cr : Mg_2SiO_4 laser

研究镁橄榄石激光作用的实验装置示于图 2。由一台调 Q Nd : YAG 激光器作为泵浦源,其输出脉冲宽度为 $10\ \text{ns}$,输出功率可调。激光经聚焦透镜 L ($f = 200\ \text{mm}$) 耦合到镁橄榄石晶体。晶体长 $26\ \text{mm}$, a 轴取向。晶体两端镀有 $1.2\ \mu\text{m}$ 为中心的宽带增透膜。 M_1 为曲率半径 $40\ \text{cm}$, $1.06\ \mu\text{m}$ 透过 90% , $1.2\ \mu\text{m}$ 全反射的腔片, M_2 为 $1.2\ \mu\text{m}$ 部分反射膜板。 S 为 ZF6 色散棱镜作为调谐元件。 B 为 BBO 倍频晶体, M 为 SD—IV 型全息光栅单色仪, T 为 GDB-333 型光电倍增管,或不加倍频晶体 B , T 改为 InGaAs 光电二极管探测器,探测镁橄榄石可调谐激光光谱情况。

3 实验结果及分析

3.1 不加色散元件时的激光运转

不加色散元件,由镁橄榄石晶体及两腔片构成谐振腔,得到宽光谱的全谱输出。输出激光中心波长为 $1.227\ \mu\text{m}$,线宽为 $30\ \text{nm}$ 。在输出端放置一片 $1.06\ \mu\text{m}$ 全反, $1.2\ \mu\text{m}$ 透过 62% 的滤光片,滤去 $1.06\ \mu\text{m}$ 泵浦光。用 PT-1 型能量计探测激光输出能量。在这种情况下,谐振腔内起振波长的范围与镁橄榄石晶体的荧光波长特性及激光谐振腔的二块反射镜的特性密切相关。而镁橄榄石晶体的荧光特性又与晶体生长、掺杂及取向有关。实验中,泵浦光为 $E // b$ 轴,沿 a 轴方向入射。选用不同输出耦合,测量了镁橄榄石的激光输出能量。图 3 给出了不同耦合的输入输出曲线。从图中可见,当耦合输出为 30% 时,可得到 $11.5\ \text{mJ}$ 的输出能量,泵浦能量为 $70\ \text{mJ}$,转换效率为 16% 。图 4 为斜率效率与不同耦合输出的关系曲线,从中

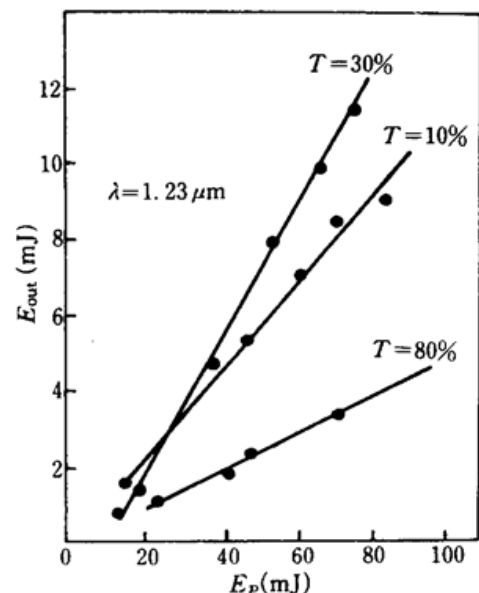


Fig. 3 Output energy of the Cr : Mg_2SiO_4 laser as a function of absorbed pump energy for three different output couplers

可见选用不同的耦合输出,斜率效率有较明显差异。因此若得到最大输出,必须选择最佳耦合输出。从图 4 还可看出,我所研制的镁橄榄石激光晶体当耦合输出较高时,仍有相当的斜率效率,可见该晶体的增益较高。实验中我们采用的最佳耦合输出为 30% 左右。图 5 为阈值与输出耦合的关系曲线。可见,当耦合输出大时,阈值上升。因该晶体增益较高,所以阈值上升不是太明显。

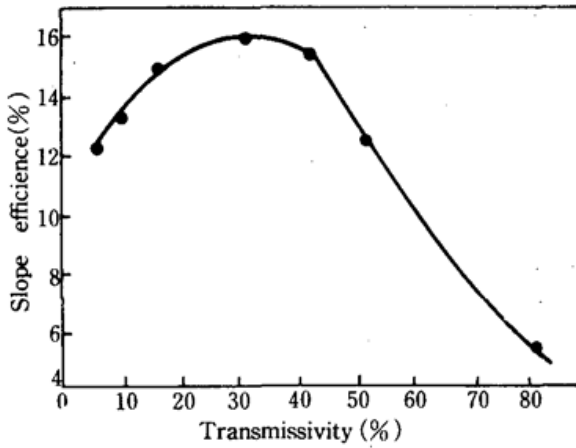


Fig. 4 Slope efficiency of the Cr : Mg₂SiO₄ laser as a function of absorbed pump energy for different output couplers

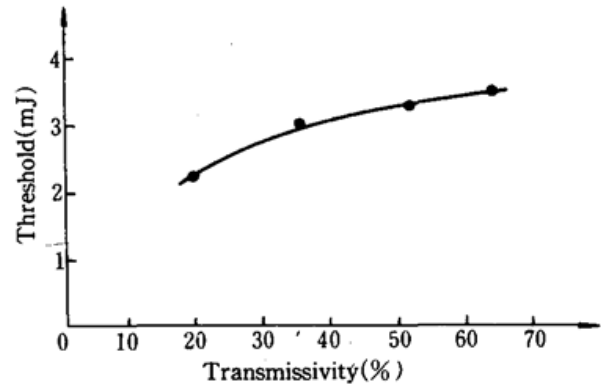


Fig. 5 Threshold of the Cr : forsterite laser as a function of absorbed pump energy for different output couplers

3.2 加色散元件时的激光运转

为了实现调谐,选用一块 ZF6 棱镜作为色散元件。因此该激光谱线宽度主要取决于棱镜的色散。分别选用一块宽光谱范围的全反射镜和部分反射镜作腔片,得到 1.167~1.332 μm 的镁橄榄石激光的连续可调谐输出(在 1.23 μm 处,得到大于 1.7 mJ 的激光输出)。图 6 为输入泵浦光 70 mJ 时,得到的调谐曲线。该曲线是在单一腔片条件下做出的。曲线的形状主要取决于晶体本身固有的荧光特性,同时与腔片的性能有非常密切的关系。相信随着镁橄榄石晶体生长工艺的日益完善、成熟;随着谐振腔片性能的不断改进提高,可调谐输出将会有明显的提高。

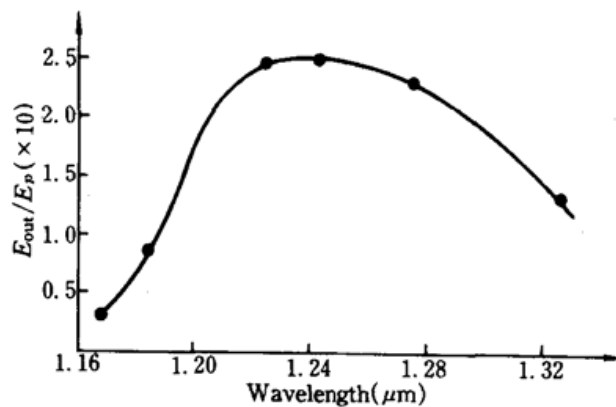


Fig. 6 Ratio of the Cr : forsterite laser output (E_{out}) to the absorbed pump energy (E_p) is plotted as a function of wavelength

测量了镁橄榄石激光调谐输出时光谱宽度为 3 nm 左右,随波长不同而不同,虽然 ZF6 的折射系数较大,但长波处色散角相对较小,故不易压窄线宽。进一步压缩线宽可在腔内插入 F-P 标准具或采用其它调谐方式。

用 BBO 晶体做了镁橄榄石可调谐激光倍频实验,看到从 0.584~0.666 μm 的倍频激光输出。倍频激光脉冲宽度为 3 ns。

参 考 文 献

- 1 V. Petricevic, S. K. Gayen *et al.*, *Photonics Spectra*, **22**(3), 95(1988)
- 2 H. R. Verdun *et al.*, *Appl. Phys. Lett.*, **53**(26), 2593(1988)
- 3 V. Petricevic, S. K. Gayen *et al.*, *Appl. Opt.*, **28**(9), 1609(1989)
- 4 V. Petricevic, S. K. Gayen *et al.*, *Opt. Lett.*, **14**(12), 612~614(1989)
- 5 A. Sugimoto, Y. Segawa *et al.*, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **28**(10), L1833(1989)
- 6 A. Sugimoto, Y. Segawa *et al.*, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **30**(38), L 495(1991)