

近红外可调谐种子注入光学参量振荡器

赵永华 何慧娟 王之江

(中国科学院上海光机所 上海 201800)

提要 对种子注入 KTP 光学参量振荡器进行了实验研究。利用可调谐连续波钛宝石激光器作为种子注入源,以调 Q 倍频 YAG 激光器为泵浦源,在 760~ 820 nm 的范围内获得了线宽小于 0.02 nm 的可调谐参量光输出,最大输出能量达 4 mJ,同时种子注入的阈值功率密度小于 0.5 W/cm²。

关键词 种子注入,光学参量振荡器,可调谐钛宝石激光器

1 引 言

种子注入参量振荡器具有低阈值、高效率 and 窄线宽等优点^[1~3]。目前,人们利用种子注入技术,已获得了线宽接近于傅里叶变换极限的参量光脉冲输出^[4,5]。但是,在采用种子注入之后,光参量振荡器的调谐范围受到了极大限制。以前,人们常常利用可调谐外腔半导体激光器^[4]和色心激光器^[5]作为种子注入源,因此参量振荡器只能在 1.3~ 1.6 μm 范围内调谐。近年来,由于连续波可调谐钛宝石激光器的出现,用它作为种子注入光,使得近红外可调谐窄线宽光学参量振荡器成为可能。这里,我们将一台氩离子激光器泵浦的钛宝石激光器^[6]的输出光经过光纤传输后,注入到由 Nd·YAG 倍频光泵浦的 KTP 光学参量振荡器中,在 0.76~ 0.82 μm 的范围内实现了线宽小于 0.02 nm 的参量光输出。

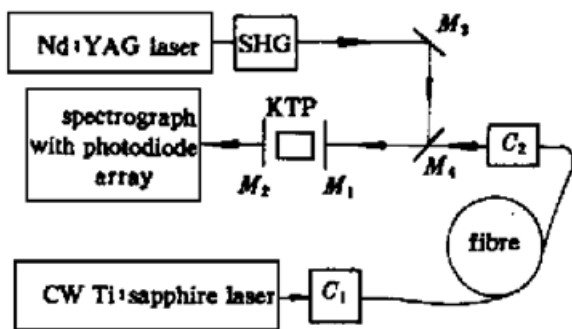


图 1 种子注入 KTP 光参量振荡器实验装置
C₁, C₂: 光纤耦合器

Fig. 1 Layout of the experimental setup of the injection seeded KTP optical parametric oscillator
C₁, C₂: optical fibre couplers

2 实验装置

可调谐种子注入光学参量振荡器的实验装置如图 1 所示。注入源是氩离子激光泵浦的钛宝石激光器,其输出功率最大可达 2 W。采用三片双折射滤光片调谐,调谐范围为 750~ 950 nm。由于种子注入不需要很高的功率,同时为了得到较窄线宽的种子光,我们限制钛宝石激光器的输出为 100 mW。这样,在 750~ 850 nm 范围内,均得到了线宽约为 0.02 nm 的种子注入光。由于钛宝石激光器在另一实验室,所以其输出光需经过光纤传输后再注入到参量振荡器

中,实际注入功率约为 40 mW。

光学参量振荡器的泵浦源为普通的电光调 Q Nd:YAG 激光器,经过两级放大后,通过 KDP 晶体产生倍频光(532 nm)。经过两次反射以滤去 1064 nm,最后得到倍频光能量最大可达 100 mJ,脉宽约 8 ns。为了得到较好的光束质量,泵浦光在进入 OPO 前经过一个直径为 2 mm 的小孔以限制泵浦光斑大小。所以实际泵浦能量约为 30 mJ。

光学参量振荡器的谐振腔由两块平面反射镜组成,腔长约为 3 cm,其中后腔镜 M_1 在 750~850 nm 波段的反射率约为 92~95%,在泵浦光波长和闲置光波长处透过率大于 80%。输出耦合镜 M_2 在 750~850 nm 波段的反射率约为 85~90%,在泵浦光和闲置光波长透过率大于 80%,所以只有信号光是该腔的谐振光。

本实验所用的非线性晶体是 KTP(KTiOPO₄),尺寸为 7 mm×7 mm×11 mm,使用 $x-z$ 平面,其中 z 轴与晶体端面法线的夹角为 57°。晶体表面没有镀膜,因而存在一定的反射损耗。采用 π 类相位匹配($o \rightarrow o + e$) 和角度调谐,由于泵浦光的重复率较低(1 Hz),所以没有对 KTP 采取任何恒温措施。由于腔镜膜的带宽限制,其调谐范围为 750~860 nm,调谐曲线如图 2 所示。从图中可以看出,理论计算所得的曲线和实验值吻合得很好。

本实验采用光栅光谱仪测量线宽(分辨率<0.01 nm),用光电二极管阵列接收元件,用数字实时示波器进行记录。利用一个自制的同步控制电路。上述装置能很好地测量低重复率脉冲激光的线宽。

3 实验结果

在没有种子注入时,光学参量振荡器的阈值约为 10 mJ。当泵浦能量为 30 mJ 时,从镜子 M_2 输出的能量约为 3 mJ,从镜子 M_1 输出的能量约为 1.5 mJ。由光栅光谱仪测得信号光波长为 810 nm 时,线宽如图 3(a) 所示,约为 0.44 nm,由于是 π 类相位匹配,所以在整个调谐范围内,线宽变化不大,均在 0.4~0.5 nm 左右。可见,参量振荡器的输出光线宽比钛宝石激光器大一个量级。

在种子注入时,首先应使注入光的波长和参量振荡器的信号光波长一致。注入后,可发现 OPO 的阈值下降为 8 mJ,同时转换效率也有明显提高,信号光输出能量达 4 mJ。采用光栅光谱仪测量参量光的线宽(如图 3(b) 所示),约为 0.02 nm,并且在 750~820 nm 的调谐范围内线宽值均保持在这个范围内。

在一般情况下,使钛宝石激光器经光纤耦合和传输后出射光功率在 40 mW 左右,同时,由于激光从光纤端面出射后发散角较大,因而种子注入光的功率密度并不大,约为 0.8 W/cm²。如降低钛宝石注入功率至 20 mW,OPO 的输出线宽依然保持在 0.02 nm 左右。但若继续降低

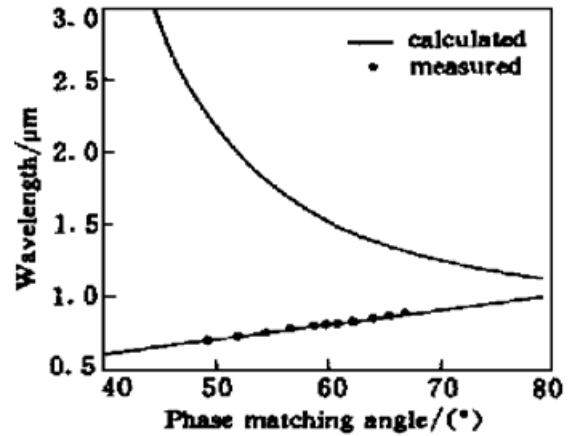


图 2 532nm 泵浦的 KTP 光参量振荡器角度调谐曲线

Fig. 2 The 532 nm-pumped KTP optical parametric oscillator tuning curve. Output signal and idler wavelengths are shown as a function of the crystal internal phase matching angle

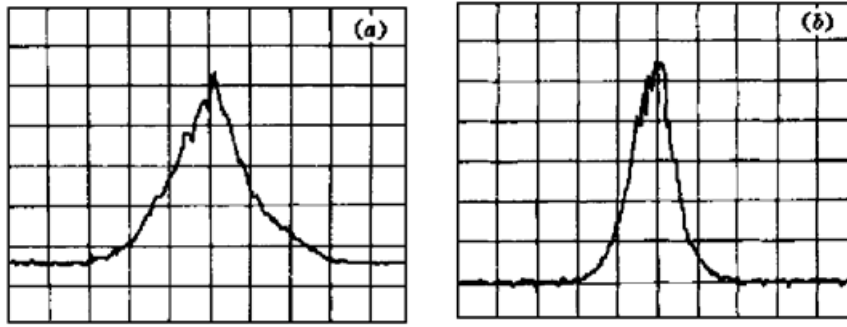


图 3 KTP OPO 的线宽值

(a) 自由运转, 0.2 nm/div; (b) 种子注入后, 0.02 nm/div

Fig. 3 The linewidth of KTP optical parametric oscillator

(a) free-running, 0.2 nm/div; (b) injection-seeded, 0.02 nm/div

钛宝石输出功率, 则 OPO 的输出光谱将变得不稳定。可见, 种子注入光的阈值注入功率密度约为 0.5 W/cm^2 。

致谢 钛宝石激光器由刘玉璞和张影华同志提供, 特此表示感谢。

参 考 文 献

- 1 S. J. Brosnan, R. L. Byer. Optical parametric oscillator threshold and linewidth studies. *IEEE J. Quantum Electron.*, 1979, **QE-15**(6) : 415~ 431
- 2 F. Huisken, A. Kulcke, D. Voelkel *et al.*. New infrared injection-seeded optical parametric oscillator with high energy and narrow bandwidth output. *Appl. Phys. Lett.*, 1993, **62**(8) : 805~ 807
- 3 J. G. Haub, M. J. Johnson, B. J. Orr *et al.*. Continuously tunable, injection-seeded β -barium borate optical parametric oscillator: Spectroscopic applications. *Appl. Phys. Lett.*, 1991, **58**(16) : 1718~ 1720
- 4 M. J. T. Milton, T. D. Gardiner, G. Chourdakis *et al.*. Injection seeding of an infrared optical parametric oscillator with a tunable diode laser. *Opt. Lett.*, 1994, **19**(4) : 281~ 283
- 5 D. C. Hovde, J. H. Timmermans, G. Scoles *et al.*. High power injection seeded optical parametric oscillator. *Opt. Comm.*, 1991, **86**(3, 4) : 294~ 300
- 6 Liu Yupu, Zhang Yinghua, Lu Peihua *et al.*. Ti:sapphire laser pumped by CW Ar⁺ laser in success. *Chinese J. Lasers* (中国激光), 1992, **A19**(2) : 87 (in Chinese)

A Near-infrared Tunable Injection-seeded Optical Parametric Oscillator

Zhao Yonghua He Huijuan Wang Zhijiang

(Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 201800)

Abstract We have demonstrate a tunable near-infrared KTP optical parametric oscillator that uses the CW Ti:sapphire laser output as the injection seeder and the second harmonic of a Q-switched Nd:YAG as the pump source. The linewidth of the OPO was less than 0.02 nm and the OPO can be tuned from 760 to 830 nm. The threshold of the seeder's power density was about 0.5 W/cm^2 .

Key words OPO, injection seeding, tunable Ti:sapphire laser