

文章编号:1004-4213(2010)06-1082-3

周期极化掺镁铌酸锂光学参量振荡器时域特性的实验研究*

王宏杰, 翟永成, 金帅, 于立伟, 崔海旭, 颜彩繁

(南开大学 物理科学学院, 天津 300071)

摘要:分别采用 MOTORULA 公司的硅基光电二极管探测器和 JUDSON 公司的 InGaAs 光电二极管探测器对泵浦光和信号光的脉宽进行了测量. 研究了极化周期、工作温度以及抽运功率与周期极化掺镁铌酸锂光学参量振荡器输出的信号光脉冲宽度的作用关系. 实验采用 LD 端面抽运的声光调 Q Nd:YVO₄ 激光器作为抽运源, 在晶体温度为 30 °C、极化周期为 29.5 μm 条件下, 当抽运功率为 1 008 mW 时, 获得了平均功率为 238 mW 的信号光输出, 其光-光转换效率为 23.6%, 最窄脉冲宽度约为 9.3 ns, 相对抽运光脉宽被明显压窄.

关键词:周期极化掺镁铌酸锂; 光学参量振荡器; 信号光; 时域特性

中图分类号: TN248.1

文献标识码: A

doi: 10.3788/gzxb20103906.1082

0 引言

红外相干光源在环境检测、光谱分析、光通讯、军事对抗等领域有着非常重要的应用. 特别是中红外波段宽调谐光源在激光光谱、拉曼光谱、光声光谱等方面具有广泛的应用前景^[1-2]. 光学参量振荡器是获得可调谐红外光源的有效方法之一, 相比其它方法而言, 其具有紧凑型、宽调谐输出、成本最低等显著优势. 因此, 它已成为非线性光学研究领域的热点课题^[3-4]. 目前, 人们常用全固态激光器抽运周期极化晶体, 通过改变晶体的极化周期和工作温度, 使光学参量振荡器在红外波段实现了宽带可调谐输出^[5-10]. 本文采用 LD 端面抽运的声光调 Q Nd:YVO₄ 激光器作为泵浦源, 对周期极化掺镁铌酸锂光学参量振荡器进行了晶畴极化周期调谐和温度调谐的实验研究. 根据实验结果, 分析了光学参量振荡器的时域输出特性. 当调 Q 重复频率为 19 kHz, 温度为 30 °C, 极化周期为 29.5 μm, 1 064 nm 抽运功率为 1 008 mW 时, 使信号光输出功率达到 238 mW, 其光-光转换效率为 23.6%, 此时得到最窄脉冲宽度为 9.3 ns, 相比抽运光压窄约 3 倍.

1 实验装置

实验装置如图 1. 包括 1 064 nm 的抽运源和周

期极化掺镁铌酸锂光学参量振荡器 (PPMgLN-OPO). 其中, 抽运源采用 LD 端面泵浦的声光调 Q Nd:YVO₄ 全固态激光器, 腔长为 135 mm, 重复频率选为 19 kHz. 而 PPMgLN-OPO 采用焦距为 100 mm 的平凸透镜将 1 064 nm 的抽运光聚焦到直径约 230 μm, 再耦合进 OPO 的谐振腔内. PPMgLN 晶体尺寸为 50 mm×7 mm×0.5 mm, 沿 z 轴方向极化, 极化周期从 29.0 μm 到 31.5 μm 等间隔平行排列六个周期. 晶体放置在控温炉中, 其工作温度为 30~200 °C 可调. OPO 的谐振腔由两个曲率半径均为 100 mm 的平凹镜组成, 其腔长为 80 mm, M₂ 为 OPO 的输入镜, 对 1 064 nm 抽运光透过率为 85%, 对 1 450~1 800 nm 信号光反射率为 99.5%, M₃ 为 OPO 的输出镜, 对 1 064 nm 抽运光高反射 (R=99.5%), 对信号光的透过率小于 3.0%.

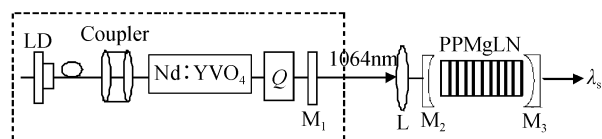


图 1 光学参量振荡器的实验装置

Fig. 1 Experimental setup of PPMgLN-OPO

2 实验结果与讨论

2.1 不同极化周期晶畴区中的时域特性

PPMgLN 晶体的通光方向为 X 方向, 沿 Y 轴方向平移晶体可以改变晶体极化周期. 实验中, 在室温条件下将晶体的周期从 29 μm 依次改变到 31.5 μm, 在此过程中测量到光学参量振荡器输出信号光的脉宽随极化周期的变化曲线如图 2. 从图

*南开大学第七届本科创新和物理学基地经费 (BX7-182、J0730315) 资助

Tel: 022-23509856

Email: wang_hj@nankai.edu.cn

收稿日期: 2009-07-08

修回日期: 2010-04-29

中我们可以看出,在周期为 $29.5 \mu\text{m}$ 的晶畴区中,输出的信号光脉宽最窄,实验测量到其值约为 9.3 ns ,而在长周期晶畴区中脉宽将呈现逐渐变大趋势,相对抽运光而言压窄得不明显.

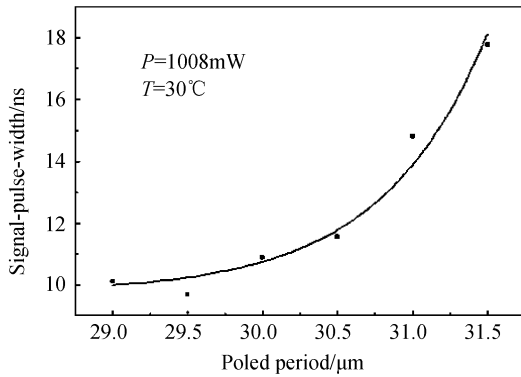


图2 室温下信号光的时域特性

Fig.2 Temporal characteristics of signal-wave at room temperature

2.2 不同工作温度下的时域特性

实验中,选定 PPMgLN 晶体的极化周期为 $29.5 \mu\text{m}$,调 Q 的重复频率为 19 kHz ,抽运功率为 1008 mW ,将工作温度从 $30 \text{ }^\circ\text{C}$ 变化到 $200 \text{ }^\circ\text{C}$ 时,获得了信号光的脉冲宽度随工作温度变化的关系曲线如图 3.从图中可以看出,随着温度变化,信号光脉宽的数值有些起伏,但总体趋势上是随着温度的升高逐渐变大的.

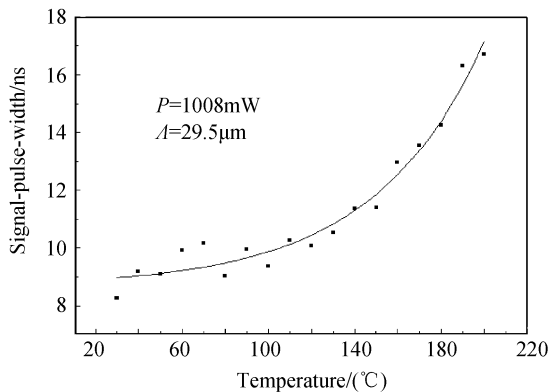


图3 信号光的脉宽随温度变化关系

Fig.3 Temperature tuning curve of signal-pulse-width

2.3 不同泵浦功率下的时域特性

实验中,选定 PPMgLN 晶体极化周期为 $29.5 \mu\text{m}$,工作温度为 $30 \text{ }^\circ\text{C}$,当抽运功率从 297 mW 加大到 1408 mW 时,输出信号光的脉宽随抽运功率变化的关系曲线如图 4.从图 4 中可以看出,随着抽运功率的增强,信号光脉冲宽度迅速变窄,在抽运功率为 1008 mW 时,实际测量到输入的抽运光脉宽约为 25.2 ns ,此时信号光脉宽达到最小,其值为 9.3 ns ,压窄了约 3 倍.

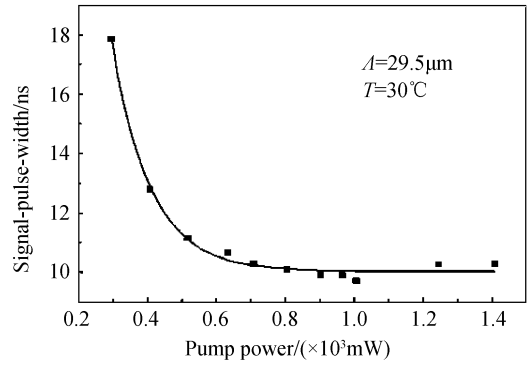


图4 信号光的脉宽随抽运功率的变化关系

Fig.4 The pump power tuning curve of signal pulse width

根据已有文献报道的 OPO 输出信号光脉宽压窄模型分析可知^[11],脉宽压窄系数主要取决于能量从抽运光转换到信号光的速度快慢和这两个光波的群速度走离程度.能量转换速度越快,群速度走离越大,则脉宽压窄得越明显.那么,在不同的极化周期和工作温度下,所产生的信号光波长不同,所以,其群速度也不同,能量转换速度也因此有差异,这就造成了不同程度的脉宽被压窄.在长周期中和升高温度的情形下,信号光波长均变长,其群速度变慢,与抽运光走离小,所以,脉宽压窄的不明显.本实验中室温下,在 $29.5 \mu\text{m}$ 的晶畴区内损耗较低、能量转换速度最快、信号光群速度相对抽运光的走离大,所以,其脉宽被压窄得最明显,这一实验结果与上述理论分析是一致的.然而,在极化周期和工作温度都固定的情况下,信号光的群速度也固定不变了.例如,本实验在室温下,选定 $29.5 \mu\text{m}$ 的晶畴区中,测量到随着抽运光功率的升高,能量从抽运光转换到信号光的速度就越快,所以,在升至 1008 mW 时,实际测量到信号光脉宽达到最小,其值约为 9.3 ns .其后,趋于一个稳定值.此实验结果与文献给出的理论模型相符合^[11].

3 结论

本文采用抗高损伤阈值的掺镁周期极化铌酸锂晶体,在 LD 泵浦的声光调 Q Nd:YVO₄ 激光器抽运下,通过改变泵浦功率、铌酸锂晶体的极化周期和工作温度,对其输出的信号光进行了时域特性研究.在温度为 $30 \text{ }^\circ\text{C}$,重复频率为 19 kHz ,极化周期为 $29.5 \mu\text{m}$ 的条件下,当泵浦功率为 1008 mW 时,测量到信号光的脉冲宽度最窄,其值为 9.3 ns ,相对 1064 nm 抽运光被压窄约 3 倍.

参考文献

- [1] TIAN Hong-bin, WANG Li. Analysis of generating near mininfrared range based on quasi-phase-matching [J]. *Acta Photonica Sinica*, 2007, **36**(8):1495-1499.
田宏宾,王丽.基于准相位匹配产生近中红外波段的特性分析[J].光子学报,2007,**36**(8):1495-1499.
- [2] CHEN Yun-lin, GUO Juan, LIU Xiao-juan, *et al.* Continuouswave quasi-phase-matched second harmonic generation at 490 nm in periodically poled MgO : LiNbO₃ [J]. *Acta Photonica Sinica*, 2004, **33**(1):29-31.
陈云琳,郭娟,刘晓娟,等.准相位周期极化掺镁铌酸锂 490 nm 倍频连续输出[J].光子学报,2004,**33**(1):29-31.
- [3] van HERPEN M M J W, BISSON S E, NGAI A K Y, *et al.* Combined wide pump tuning and high power of a continuous-wave, singly resonant optical parametric oscillator [J]. *Appl Phys B*, 2004, **78**(3-4):281-286.
- [4] TSAI L, CHEN Y F, LIN S, *et al.* Compact efficient passively Q-switched Nd : GdVO₄/PPLN/Cr³⁺ : YAG tunable intracavity optical parametric oscillator [J]. *Opt Express*, 2005, **13**(23):9543-9547.
- [5] HENDERSON A, STAFFORD R. Low threshold singly-resonant CW OPO pumped by an all-fiber pump source [J]. *Opt Express*, 2006, **14**(2):767-772.
- [6] CHEN Yun-lin, YUAN Jian-wei, YAN Cai-fan, *et al.* Low-pump-threshold tunable optical parametric oscillator using periodically poled MgO : LiNbO₃ [J]. *Opt Commun*, 2007, **273**(2):560-563.
- [7] CHEN Yun-lin, YUAN Jian-wei, ZHOU Bin-bin, *et al.* Continuously tunable optical parametric oscillator based on multi-peiods peiodically poled 5 mol% MgO-doped LiNbO₃ [J]. *Infrared and Laser Engineering*, 2007, **36**(4):515-517.
陈云琳,袁建伟,周斌斌,等.掺镁铌酸锂微结构多周期调谐光学参量振荡器[J].红外与激光工程,2007,**36**(4):515-517.
- [8] PAUL O, QUOSIG A, BAUER T, *et al.* Temperature-dependent sellmeier equation in the MIR for the extraordinary refractive index of 5% MgO doped congruent LiNbO₃ [J]. *Appl Phys B*, 2007, **86**(1):111-115.
- [9] YAO Jiang-hong, XUE Liang-ping, YAN Bo-xia, *et al.* Optical parametric pscillator based on periodically poled MgO : LiNbO₃ crystal [J]. *Chinese Journal of Lasers*, 2007, **34**(2):209-213.
姚江宏,薛亮平,颜博霞,等.周期极化掺镁铌酸锂晶体的光学参量振荡[J].中国激光,2007,**34**(2):209-213.
- [10] YAN Cai-fan, WANG Ya-nan, CHEN Shao-fu, *et al.* Spectral properties of parametric oscillator based on periodically poled MgO-doped lithium niobate [J]. *Chinese Journal of Lasers*, 2008, **35**(12):1997-2000.
颜彩繁,王亚楠,陈少甫,等.周期极化掺镁铌酸锂光参量振荡器的输出光谱特性[J].中国激光,2008,**35**(12):1997-2000.
- [11] KURTIR R S, SINGER K D. Pulse compression in a silver gallium sulfide midinfrared synchronously pumped optical parametric oscillator [J]. *JOSA B*, 2005, **22**(10):2157-2163.

Experimental Research on Temporal Characteristics of PPMgLN-OPO

WANG Hong-jie, ZHAI Yong-cheng, JIN Shuai, YU Li-wei, CUI Hai-xu, YAN Cai-fan
(School of Physics, Nankai University, Tianjin 300071, China)

Abstract: An optical parametric oscillator based on periodically poled MgO doped lithium niobate (PPMgLN-OPO) is reported. The output temporal characteristics of PPMgLN-OPO are discussed by varying its domain period and temperature tuning as well as pump power. In this experiment, the pulse width of pumping light and signal light is measured respectively by adopting MOTORULA's Si-diode and JUDSON's InGaAs diode as detectors. LD end-pumped Q-switched Nd : YVO₄ laser operating at a repetition rate of 19 kHz is used as pump source, when the pump power is 1 008 mW, PPMgLN-OPO produces the signal output power of 238 mW with the smallest pulse width of 9.3 ns, its optical-optical conversion efficiency is 23.6%, and the pulse width of signal wave is narrowed significantly.

Key words: Periodically poled MgO; LiNbO₃; Optical parametric oscillator; Signal-wave; Temporal characteristics



WANG Hong-jie was born in 1959. He is a senior engineer, and his research interests focus on experimental and applied study of optoelectronic laser technology.