

文章编号:1001-5078(2010)02-0155-03

· 激光器技术 ·

宽调谐高效率声光调 Q Nd:YVO₄/PPMgLN 光学参量产生器

林洪沂^{1,2}, 檀慧明¹, 崔铁成³, 刘丹丹⁴

(1. 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130033; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039;
3. 63861 部队, 吉林 白城 137000; 4. 长春理工大学理学院, 吉林 长春 130022)

摘要:利用声光调 Q 的 Nd:YVO₄ 激光器作为泵浦源, 在室温下, 实现了 PPMgLN 晶体准相位匹配光参量输出。光参量阈值仅为 0.5 W (20 kHz, 75 ns); 在泵浦光 2.25 W (20 kHz, 52 ns), PPMgLN 极化周期 31.4 μm 时, 获得了 426.1 mW 3.03 μm 中红外脉冲激光输出; 同时获得 646.7 mW 1.64 μm 信号光输出, 总光光转化效率达到 47.6%。并且通过改变晶体的极化周期, 实现了闲频光 3.03 ~ 4.49 μm , 信号光 1.40 ~ 1.64 μm 宽带可调谐输出。

关键词:光学参量产生器; PPMgLN 晶体; 中红外; 可调谐

中图分类号: TN248.1 **文献标识码:** A

Widely tunable, high conversion efficiency, acousto-optic Q -switched Nd:YVO₄ / PPMgLN optical parametric generator

LIN Hong-yi^{1,2}, TAN Hui-ming¹, CUI Tie-cheng³, LIU Dan-dan⁴

(1. Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033, China;
2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China; 3. 63861 Armed Forces of Chinese Baicheng, Baicheng 137000, China; 4. School of Science, Changchun University of Science and Technology, Changchun 130022, China)

Abstract: We use an acousto-optic Q -switched Nd:YVO₄ laser as the pump source and obtain a Nd:YVO₄/PPMgLN optical parametric generator (OPG). The threshold value of OPO system is only 0.5 W (20 kHz, 75 ns) at 1064 nm. When the pump power is 2.25 W (20 kHz, 52 ns), a maximum idle laser output power of 426.1 mW at 3.03 μm , and a signal laser output power of 646.7 mW at 1.64 μm have been achieved, and this corresponds to a whole optico-optic conversion efficiency of 47.6%. By shifting the PPMgLN crystal, the periods of the domain structure on the PPMgLN wafer can be changed, thus enabling a widely tunable mid-infrared spectrum of 3.03 ~ 4.49 μm , and signal wavelengths widely tunable in range of 1.40 ~ 1.64 μm .

Key words: optical parametric generator; PPMgLN crystal; mid-infrared; tunable

1 引言

光学参量产生器 (OPG) 利用非线性晶体实现光学频率变换, 能够将单一波长的激光转化成可调谐的相干光^[1-2]。其结构简单紧凑, 调谐方便, 可以广泛地应用于大气环境检测、遥感监测、光纤通讯和光电对抗等领域。最近几年基于准相位匹配技术的 OPO 和 OPG 得到迅速的发展。相对于 OPO, OPG 具有以下优点: ①OPG 不需要谐振腔, 减少了调节

难度和对模式匹配的要求, 更易于小型化; ②可以方便地插入种子信号^[3]。

实现准相位匹配最常见的晶体材料为 PPLN, PPMgLN 等。与 PPLN 晶体相比较, PPMgLN 晶体拥

基金项目: 吉林省科技发展计划项目 (No. 200903053) 资助。

作者简介: 林洪沂 (1982 -), 在读博士, 主要从事全固体激光器及其频率变换技术的研究。E-mail: linyi0714@163.com

收稿日期: 2009-08-18

有更高的抗光损伤能量,在室温下即可实现高效率激光输出。本文利用声光调 Q 的 Nd:YVO₄ 激光器作为泵浦源,在室温下,实现了 PPMgLN 晶体准相位匹配光参量输出。

2 理论分析

2.1 PPMgLN 的调谐特性

利用能量守恒定律、动量守恒定律以及 PPMgLN 晶体的 Sellmeier 方程^[4]。可以计算出信号光与闲频光波长随晶体极化周期的变化曲线。由图 1 可知,在一定的泵浦波长和温度下,可以通过改变晶体的极化周期来实现信号光与闲频光的调谐。

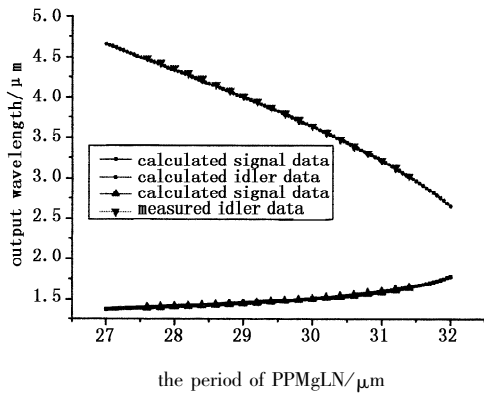


图1 PPMgLN 晶体的调谐特性($T=20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\lambda_p=1.064\text{ }\mu\text{m}$)

2.2 OPG 的增益特性

OPG 的增益系数可以近似地表示为^[5]:

$$G(L) \approx \frac{8\pi^2 d_{\text{eff}}^2 I_p}{n_s n_i n_p \lambda_i \lambda_s \varepsilon_0 c} L^2 \text{sinc}^2\left(\frac{\Delta k_Q L}{2}\right)$$

式中, d_{eff} 为有效非线性系数; I_p 为泵浦强度, n_s, n_i, n_p 分别为信号光、闲频光和泵浦光折射率; λ_i, λ_s 为泵浦光与信号光波长; c 为真空光速; L 为非线性晶体长度; Δk_Q 为准位失配量; ε_0 为真空介电常数。由此式可知:当 I_p 为定值时, $G(L)$ 与 $n_s n_i \lambda_i \lambda_s$ 成反比。对于 PPMgLN 晶体,有其 Sellmeier 方程^[4] 以及图 1 极化周期对应的信号光与闲频光波长可以计算出 $G(L)$ 随着 PPMgLN 极化周期的增加而增加。

3 实验装置

实验装置如图 2 所示,声光调 Q Nd:YVO₄ 激光器产生的脉冲激光,经聚焦镜后,泵浦 PPMgLN 晶体以实现光参量输出。Nd:YVO₄ 激光器泵浦源为 Limo 公司生产的半导体激光器阵列。激光增益介质为 YVO₄/Nd:YVO₄/YVO₄ (3 mm:4 mm:3 mm) 键合晶体, Nd³⁺ 掺杂浓度为 0.5 at%。该晶体用铝箔包裹安装在紫铜基座上,并用半导体制冷器制冷,以便于晶体的良好散热和温度控制。晶体左端 (M_1) 镀

808 nm 增透膜, 1.064 μm 的高反膜;右端镀 1.064 μm 的增透膜。谐振腔由 M_1 和平面镜 M_2 构成, M_2 为 1.064 μm 反射率为 70% 的平面镜。声光调制器的作用长度约为 30 mm,两端镀 1.064 μm 增透膜,重复频率在 (1 ~ 52) kHz 可调。声光调 Q 器件紧靠束腰放置,并用半导体制冷器制冷。在泵浦功率为 10 W,重复频率为 20 kHz 时,获得了平均输出功率 2.25 W,脉冲宽度为 52 ns 的脉冲激光输出。

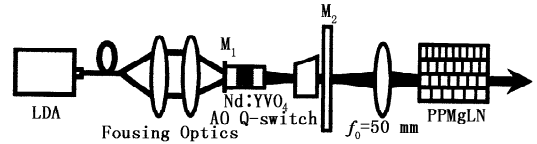


图2 声光调 Q Nd:YVO₄/PPMgLN OPG 装置图

PPMgLN 晶体 MgO 掺杂量 5 at%, 长 50 mm, 厚 10 mm, 在 27.6 ~ 31.4 μm 共平行排列 10 个极化周期, 相邻间距 0.2 μm ; 晶体两端镀有泵浦光 1.064 μm ($R < 1.5\%$), 信号光 1.3 ~ 1.6 μm ($R < 2\%$) 和闲频光 3.1 ~ 4.5 μm ($R < 5\%$) 增透多层膜。在实验中,将 PPMgLN 晶体用铝箔包裹并安装在紫铜基座上,并置于室温中(温度 T 为 20 $^{\circ}\text{C}$)。用凸透镜(焦距 50 mm,两端镀 1064 nm 增透膜)聚焦泵浦光,焦点在 PPMgLN 晶体中心区域。

4 实验结果与分析

实验中,声光调制器的重复频率设定在 20 kHz,当 PPMgLN 极化周期为 31.4 μm 时,OPG 的阈值仅为 0.5 W (20 kHz, 75 ns)。在 2.25 W 泵浦功率下,获得了 426.1 mW 闲频光输出,同时获得了 646.7 mW 的信号光输出,总的光光转化效率达到 47.6%。

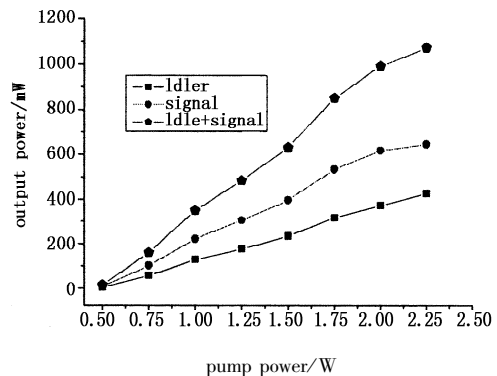


图3 闲频光、信号光以及总(信号光+闲频光)输出功率与泵浦光的关系

在泵浦功率为 2 W 时,我们测量了不同极化周期下闲频光与信号光的波长(如图 1 所示)。通过改变 PPMgLN 晶体的极化周期,可以实现闲频光

3.03 ~ 4.49 μm , 信号光 1.40 ~ 1.64 μm 的宽带可调谐激光输出, 测量值和理论值吻合。

同时测量了不同极化周期下闲频光输出功率(如图4所示)。在相同的泵浦功率下, 闲频光输出功率随着波长增加而减少。经分析主要是由两个原因造成的: ①OPG 增益与 $n_s n_i \lambda_i \lambda_s$ 成反比, 由于较短的极化周期(即较长的闲频光)对应的 $n_s n_i \lambda_i \lambda_s$ 较大, 这导致增益减小; ②波长较长的闲频光在 PPMgLN 晶体内的吸收较大。

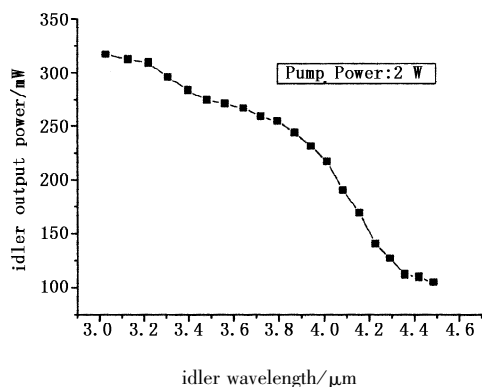


图4 泵浦光 2 W 时, 不同闲频光所对应的输出功率

5 结论

本文报道了一个低阈值、高效率、宽调谐、主动调 Q 光学参量产生器。利用声光调 Q Nd:YVO₄ 激光器作为泵浦源, 在室温下, 实现了 PPMgLN 晶体的准相位匹配光参量输出。光参量阈值仅为 0.5 W (20 kHz, 75 ns); 在泵浦光 2.25 W (20 kHz, 52 ns), PPMgLN 极化周期为 31.4 μm 时, 获得了 426.1 mW

3.03 μm 中红外脉冲激光输出; 同时获得了 646.7 mW 1.64 μm 信号光输出, 总的光光转化效率达到 47.6%。通过改变晶体的极化周期, 实现了闲频光 3.03 ~ 4.49 μm , 信号光 1.40 ~ 1.64 μm 宽带可调谐输出。

参考文献:

- [1] Pu Zhao, Baigang Zhang, Enbang Li, et al. Experimental study on a high conversion efficiency, low threshold, high-repetition-rate periodically poled lithium niobate optical parametric generator [J]. Opt. Express, 2006, 14 (16): 7224 - 7229.
- [2] Ji Feng, Zhang Baigang, Li Enbang, et al. A low-pump-threshold high-repetition-rate intracavity optical parametric generator based on periodically poled lithium niobate [J]. Chin. Phys. Lett., 2006, 23(8): 2113 - 2116.
- [3] U Bader, T Mattern, T Bauer, et al. Pulsed nanosecond optical parametric generator based on periodically poled lithium niobate [J]. Opt. Commun., 2003, 217 (1 - 6): 375 - 380.
- [4] L E Myers, R C Eckardt, M M Fejer, et al. Quasi-phase-matched optical parametric oscillators in bulk periodically poled LiNbO₃ [J]. J. Opt. Soc. Am. B, 1995, 12 (11): 2102 - 2116.
- [5] O Paul, A Quosig, T Bauer, 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.