

文章编号: 0258-7025(2004)Supplement-0122-03

应用于腔内倍频系统的高精度温控系统

宋婷婷, 朱 晓, 齐丽君, 杨云锋, 丘福生

(华中科技大学激光技术国家重点实验室, 湖北 武汉 430074)

摘要 在高平均功率激光倍频系统中,非线性倍频晶体吸收剩余能量后温度急剧变化,可能导致相位匹配条件破坏,极大地减小倍频转换效率。为了获得高效稳定的倍频输出,研制了一种恒温控制系统,该系统采用新型集成温度传感器 AD590 探测晶体温度,半导体制冷器调节温度,系统温度精度达 0.1 °C。

关键词 全固化激光器; 倍频; 温度控制

中图分类号 TP273

文献标识码 A

A Temperature Control Unit for Intracavity SHG

SONG Ting-ting, ZHU Xiao, QI Li-jun, YANG Yun-feng, QIU Fu-sheng

(State Key Laboratory of Laser Technology, Huazhong University of Science & Technology, Wuhan, Hubei 430074, China)

Abstract In high average power lasers, local heating of frequency doubling crystals induced by the residual absorption at the interacting frequencies leads to the destruction of the perfect phase matching condition, which drastically reduces the conversion efficiencies to the second-harmonic generation. In order to obtain high efficiency SHG output, a temperature control system is developed using a semiconductor cooler to adjust the temperature and a temperature sensor AD590 as the temperature measurement component. The temperature accuracy is 0.1 °C.

Key words diode laser pumped solid-state lasers; SHG; temperature control

1 引 言

对于激光系统而言,器件能否正常工作以及输出稳定性往往因外界环境以及自身运行条件的变化而发生变化,其中光学元件的温度变化往往是其中的关键因素。在激光二极管(LD)抽运 Nd:YAG 激光器腔内倍频系统中,由于倍频转换效率较低,从而系统运行过程中,剩余能量将转化为热量,在没有及时散热的情况下将对倍频的稳定性带来巨大的影响。倍频晶体的温度变化将引起晶体折射率的变化,使匹配方向偏离原匹配角 θ_m 方向,致使转换效率下降,稳定性变差,晶体也易被破坏。因此对系统温度进行检测与控制成为提高并稳定倍频效率的关键因素之一^[1]。而且,对于我们的激光倍频系统而言,要求温度控制单元具有良好的电路改装性、参量可调性、广泛的温控范围、较大的负载携带能力、良好的可维护性以及电路系统的可移植性。

2 电路结构描述

用于半导体抽运激光器倍频系统中倍频晶体的温度控制电路电气原理框图如图 1 所示^[4]。

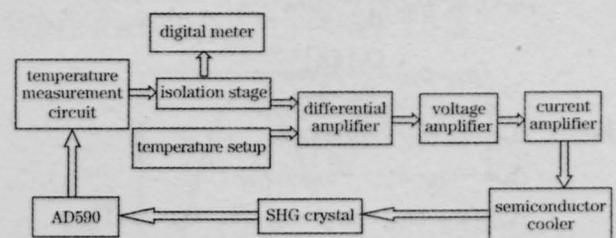


图 1 温度控制电路电气原理框图

Fig.1 Principle block of the temperature control circuit

温度控制电路工作原理为:将 AD590^[2]放置于待监控的倍频晶体上,探测得到的电流信号经精密 10 k Ω 转换成为与热力学正比的电压信号,先经一个减法电路,将此热力学温度转换为摄氏温度,紧接一个 OP07 组成的射随电路形成电压跟随的形式,从而提高信号的输入阻抗并与下级隔离。然后一路送至数字表头显示当前温度,另一路与设定温度相应的电压值相比较,比较出来的差值经 OP07 组成的射随电路进行电压放大,然后经 TIP127 和 TIP122 组成的达林顿管进行电流放大,输出驱动半导体制冷器。半导体制冷器则直接作用于倍频晶体上,对晶体进行制冷或制热的控制^[3]。

作者简介: 宋婷婷(1979-),女,华中科技大学激光研究院硕士研究生,主要从事固体激光技术方面的研究。

E-mail: stthust@163.com

3 实验描述与结果

实验装置示意图如图 2 所示，用 LD 输出的 808 nm 激光抽运 Nd:YAG 晶体，Nd:YAG 输出面镀上 808 nm 高反膜和 1064 nm 高透膜，调 Q 晶体采用 Cr:YAG。实验发现，端面抽运 Nd:YAG 的热透镜效应显著，所以稳定腔只在短腔长时出现，不能满足使用要求，因此采用加上一个透镜 1 的方法改善此时的热透镜效应，拉长腔长，才可以将倍频晶体放入到光束束腰处，透镜 2 为输出镜，镀有 1064 nm 高反和 532 nm 高透膜，使倍频光输出、基频光得到再利用以提高倍频效率。功率计用于测量倍频光的输出功率，实验中 LD 抽运电流 0~38A 可调。

3.1 未对晶体进行温控

在图 2 所示的实验上，室温状态下 LD 抽运电流恒定，未对晶体进行温控，研究晶体温度随时间的变化以及倍频输出随温度的变化。每隔 5s 探测一次 KTP 晶体的温度，得到 KTP 晶体温度随时间变化的曲线如图 3 所示。其中图 3(a)中 LD 的抽运电流

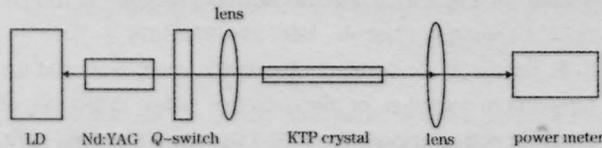


图 2 实验装置示意图

Fig.2 Schematic diagram of the experiment

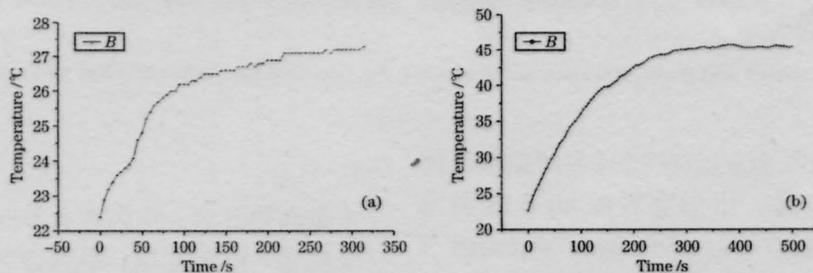


图 3 KTP 晶体温度随时间变化关系。LD 抽运电流(a)为 20 A；(b)为 24 A

Fig.3 Dependence of the temperature of KTP crystal vs. operating time. The pumping current for LD is of 20 A (a) and 24 A (b), respectively

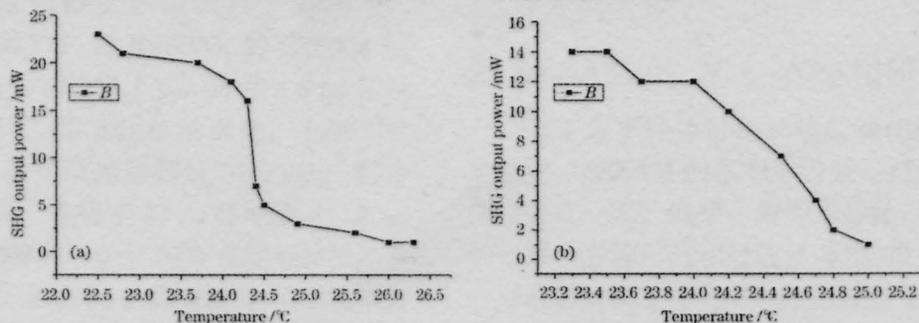


图 4 KTP 温度变化时输出绿光功率的变化。LD 抽运电流(a)为 22 A；(b)为 24 A

Fig.4 Dependence of the temperature of KTP crystal vs. SHG output power. The pumping current for LD is of 20 A (a) and 24 A (b), respectively

为 20 A，图 3(b) 中 LD 的抽运电流为 24 A^[6]。

实验发现，随着时间的增长，KTP 晶体的温度首先是大幅度上升，然后慢慢趋于平衡，与实验环境温度达到热平衡。在抽运电流变化的情况下，KTP 晶体的温度随时间达到热平衡温度也有所变化^[7]。LD 的抽运电流越大，激光能量越高，晶体吸收的剩余能量也越多，这样晶体达到热平衡时的温度就越高。

由实验所知，在开始输出激光后，KTP 晶体的温度是在不断发生变化的，在未对晶体实行温控的条件下，依然采用上述装置，探测 KTP 晶体温度变化时输出的倍频光功率的变化。

实验发现，倍频系统在开机时达到最高输出功率，但是因温度的增加，热透镜现象明显，从而降低了倍频光输出功率，如图 4 所示。当 LD 的抽运电流从 22 A 增加到 24 A 时，热透镜效应更加显著，倍频输出仅为原来的一半左右。

3.2 对晶体进行温控

使用我们的温度控制单元控制晶体温度，在上述实验装置条件下，当 LD 抽运电流为 30 A 时，研究晶体在不同温度下倍频输出光功率的变化。当温度从 10 ℃到 45 ℃时变化时，测得输出功率从约 1 mW 逐步上升到接近 10mW，然后又缓慢下降，如图 5 所示。实验表明，KTP 晶体温度对倍频系统功率输出有较大影响^[8]。在一个成熟的倍频系统中，对

KTP晶体实行有效的温度控制是必不可少的^⑧。

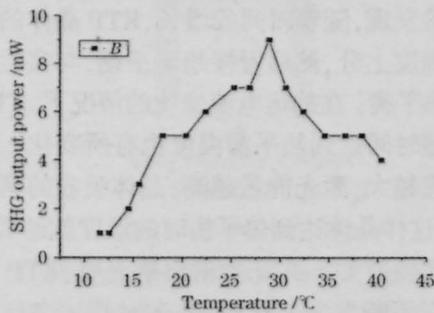


图5 KTP温度变化时输出绿光功率的变化
(LD抽运电流为30 A)

Fig.5 Dependence of SHG output power vs. The temperature of KTP at the pumping current of 30 A for LD

4 结 论

研制了一种用于固体激光腔内激光倍频的恒温控制系统,该系统采用新型集成温度传感器 AD590 探测晶体温度,半导体制冷器调节温度,系统温度精度达 0.1 °C。应用该系统进行了激光倍频实验研究,有效提高了倍频输出的稳定性。

参 考 文 献

1 Shen Deyuan, Wang Changing, Shao Zongshu *et al.* Dependence of crystal temperature to the intracavity SHG of Nd:YVO₄ pumped by LD[J]. *Chinese J. Lasers*, 1996, **A23**(5): 385-388
沈德元,王长青,邵宗书等. 晶体温度对 LD 抽运 Nd:YVO₄/KTP 腔

内倍频激光器输出的影响[J]. *中国激光*, 1996, **A23**(5): 385-388

2 Zhang Zhili, Cai Wei. Development of a temperature control unit based on AD590 [J]. *Automation and Instrumentation*, 2001, **2**:37-39
张志力,蔡伟. 基于 AD590 的温度测控装置研制[J]. *自动化与仪器仪表*, 2001, **2**: 37-39

3 Yan Guoping. Design and test of temperature control system for LD[J]. *Transaction of Huazhong University of Science and Technology*, 1997, **11**: 70-72
严国萍. LD 温控装置设计与试验研究 [J]. *华中理工大学学报*, 1997, **11**: 70-72

4 Hu Hongwei, Gan Bohui. A high accuracy temperature controller for semiconductor lasers[J]. *Application Lasers*, 1998, **2**: 29-30
胡宏伟,甘柏辉. 一种应用于半导体激光器的高精度温控仪[J]. *应用激光*, 1998, **2**: 29-30

5 Sang Mei, Xue Ting, Yu Jian *et al.* Temperature dependence of the second harmonic generation in periodically poled LiNbO₃ crystal[J]. *J. Optoelectronics·Lasers*, 2002, **13**(4): 343-348
桑梅,薛挺,于建等. PPLN 倍频效率与温度关系分析[J]. *光电子·激光*, 2002, **13**(4): 343-348

6 K. Kato. Parametric oscillation at 3.2 μm in KTP pumped at 1.064 μm[J]. *IEEE J. Quantum Electron.*, 1991, **27**: 2043-2046

7 K. Kato. Temperature Insensitive SHG at 0.5321 μm in KTP[J]. *IEEE J. Quantum Electron.*, 1992, **28**: 1974-1976

8 N. P. Barnes, P. C. Eckhardt. Absorption coefficients and the temperature variation of the refractive index difference of nonlinear optical crystals[J]. *IEEE J Quantum Electron.*, 1979, **QE-15**: 1074-1076