

文章编号: 10023806(2003)0420296203

BBO2OPO 高精度波长调谐控制系统

王学军¹ 王雅丽² 黄 璐¹

(¹北京工业大学应用数理学院, 北京, 100022) (²河北工业职业技术学院计算机与自动化系, 石家庄, 050091)

摘要: 通过使用美国通用扫描公司的扫描头控制 BBO 晶体的转动, 实现了 BBO2OPO 调谐系统的高精度激光波长输出的开环控制, 相对波长调谐误差小于 0.04%, 并给出了 0.347Lm 激光泵浦 \tilde{N} 类相位匹配 BBO2OPO 输出波长随泵浦光入射角变化的理论和实验曲线。

关键词: 波长; D/A; 调谐精度; 光学参量振荡器

中图分类号: TN247; O43714 **文献标识码:** A

BBO2OPO high2precision wavelength tuning control system

Wang Xu jun¹, Wang Yali², Huang Liu¹

(¹ College of Applied Sciences, Beijing Polytechnic University, Beijing, 100022)

(² Department of Computer and Automation, Hebei Industry Vocation Technology College, Shijiazhuang, 050091)

Abstract An opening loop control system of high2precision laser wavelength output of BBO optical parametric oscillation tuning system with American General Scanning Inc. 's controller to control BBO crystal. s rotation is realized. The control system. s relative wavelength tuning error is less than 0.04%. We also demonstrated 0.347Lm laser pumped type \tilde{N} phase matching BBO optical parametric oscillation. s theoretical and experimental curve of output wavelength vs incident angle of pump light.

Key words: wavelength; D/A; tuning precision; optical parametric oscillation

引 言

光学参量振荡器(OPO)是获得宽频带可调谐激光输出的重要手段之一, OPO 技术在光谱研究及应用等领域具有广泛的应用^[1], 使用偏硼酸钡(BaB₂O₄, BBO)晶体可获得 300nm~ 3300nm 范围的参量光输出^[2], 其中对波长输出的调谐控制是 OPO 实用化的关键技术之一。

利用步进电机实现波长输出的开环控制, 方法简单实用。作者在步进电机的基础上, 采用美国通用扫描公司的扫描头控制 BBO 晶体的转动, 使输出波长调谐精度进一步提高, 而且这种方法光路简单, 对于 OPO 技术的实用化具有重要意义。

1 高精度波长输出开环控制系统硬件设计

波长开环控制的基本方法是程序跟踪法。通常的做法是每安装一次晶体后, 在所需的扫描波段范

围内, 用实验测出位相匹配角与波段内几个设定波长之间的关系, 用折线段取代匹配角与波长之间的曲线, 存入执行程序, 然后在操作过程中, 用程序来控制晶体转台的转角。这种方法结构简单, 省去了闭环控制中较为复杂的光学系统。

1.1 开环控制系统框图

开环控制系统结构框图如图 1 所示。它的核心功能是利用 D/A 转换控制扫描头的转动。其中 SCM 代表单片机, IOA 代表集成运算放大器, motor 代表扫描头。

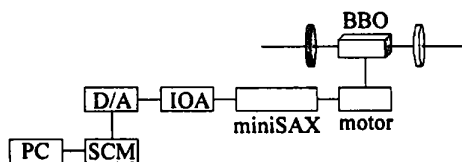


Fig 1 Scheme of opening loop control system

1.2 D/A 转换控制电路设计

D/A 转换控制电路部分如图 2 所示。其主要功能是通过 GSI Lumonics 公司的微型单轴伺服电机控制器 miniSAX 来控制扫描头的转动。miniSAX 的外加直流电源电压为 ? 15V~ ? 24V, 模拟信号差分满偏电压为 ? 3V。实验中采用的是 General

作者简介: 王学军, 男, 1968 年 7 月出生。讲师。主要从事非线性光学与光纤通信技术研究。

收稿日期: 20020729; 收到修改稿日期: 20020911

Scanning Inc. (GSI) 的 M3 型扫描头, 扫描范围为 30b, 输入波形信号为矢量扫描。AT89C52 使用 RS232 协议与微机通信, 并且通过执行程序经过 16 位 D/A 的转换把模拟命令信号发送给 miniSAX, 从而驱动扫描头转动不同的步数。所有绝对运动的坐标值和位置命令的范围从 67 到 65467 变化, 并且把相应的电压值加在 miniSAX 接口的驱动针上。这里, 67 U- 3. 0V, 32767 U0V, 65467 U3. 0V。命令电压超出此范围会被程序标志为错误。实验中使用的是 MAX542 16 位 DACs。位置坐标移动 1 位, 输出电压是:

$$V_{out} = \frac{1}{32768} V_{ref} = \frac{1}{32768} @2.5V = 7.63 @10^{-5}V \quad (1)$$

因此, 对控制电压进行了两级放大。实际使用时, 每次坐标最小移动 10 位, 即最小前进 10 步。

未被选中时, 没有 @号出现, 则控制器可以同时控制两个扫描头向相反方向转动相同的步数, 当使用两块 BBO 晶体压缩线宽时^[3], 这一功能很有用。

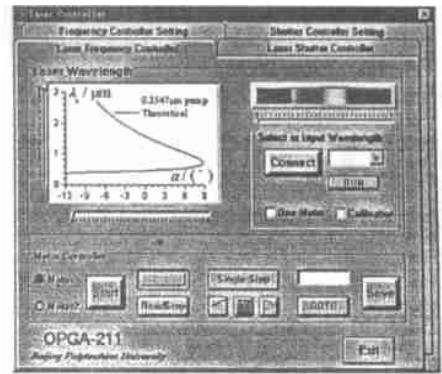


Fig. 3 PC interface of the BBOOPO control system

在软件测试中, 很重要的一环是输出激光波长的标定。实验时采用了 1 台北京光学仪器厂生产的智能光栅单色仪同时测定输出激光波长及晶体的转角。定标时可以在信号光波段及闲频光波段选择较少的定标点, 在简并点处则要选的密一些。这种手工定标的方式工作量相当大。为了解决此问题, 作者设计了 1 种用 CCD 自动进行波长标定的装置, 进而实现了 BBOOPO 激光波长输出控制系统的闭环控制。这一部分的工作, 将在另文中介绍。

若扫描头经过若干步长后, 又能准确回到原来位置, 则把扫描头的这种性质称为位置复现性 (position repeatability)。位置复现性是比扫描头调谐精度 (tuning precision) 更加特殊的一个参量。影响位置复现性的因素主要包括初始标度, 热漂移和位置探测的非线性。由于 BBOOPO 波长调谐系统对时间响应要求较低, 因此, 每改变一次输出波长都需要重置 (reset), 以此消除可能由于复现性低所带来的误差。扫描头不同于一般步进电机的优点是, 它的初始位置的复现性极高, 因此, 使用扫描头可以有效地消除一般步进电机有时出现的 / 空回 0 现象。另外, 在软件设计中, 对扫描位置的非线性也给予了修正。

3 BBO 光学参量振荡器波长输出调谐曲线

实验中使用的 BBO 晶体的大小为 8mm @7mm @15mm, 切割天顶角 B= 28b, 方位角 U= 90b。使用 NdBYAG 调 Q 激光器 (波长为 1064nm) 的 3 次谐波为泵浦光, 采用 N 类相位匹配方式。

一般文献中给出的都是 BBOOPO 输出波长随相位匹配角 (内角 H) 变化的理论曲线, 其中相位匹配角指的是朝内的晶面法线与晶体光轴的夹角。实

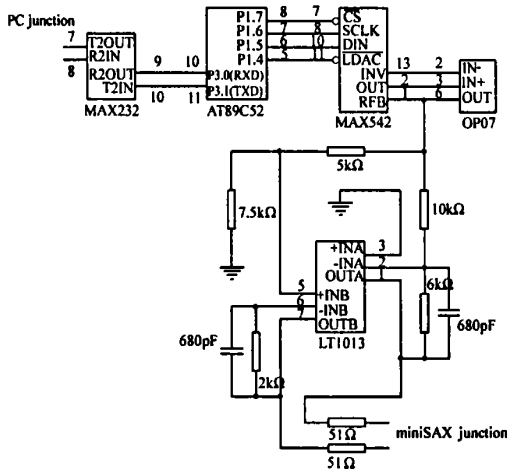


Fig 2 D/A control circuit scheme

放大电路部分给出的参数是经实际检测得到的实验数据。实验结果表明, 该系统工作稳定, 线性度较高。

2 波长输出开环控制系统软件设计

单片机部分使用 Keil C51 编程, 人机界面使用 VB 编程, 微机与单片机的串口通信由 VB 控件 MSComm 实现。人机界面如图 3 所示。当按钮上为 / Connect 时, 用鼠标单击, 则微机与扫描头控制器连接; 当按钮上为 / Reset 时, 用鼠标单击, 则微机会通过扫描头控制器使扫描头复位。用鼠标点击 / Select or Input Wavelength 的空白数字框, 可从这里输入已定标或没有定标的波长, 然后单击 / RUN, 则扫描头控制器会驱动扫描头转动到相应位置。用鼠标单击 / Calibration 旁的复选框, 有 @号出现则进入定标状态。当 / One Motor 旁的复选框

际使用的是 BBOOPO 输出波长随泵浦光入射角 (外角 A) 变化的关系曲线。利用公式:

$$A = \arcsin[n_{po} \sin(H - B)] \quad (2)$$

可以把内角转化成外角, 其中 $n_{po} = 1.705504$, 是 $0.347\mu\text{m}$ 泵浦光的寻常光的折射率。BBOOPO 输出波长随泵浦光入射角变化关系曲线如图 4 所示。内角的变化范围是 $21.11^\circ \sim 33.15^\circ$, $H = 12.04^\circ$; 外角的变化范围是 $-11.80^\circ \sim 8.81^\circ$, $A = 20.61^\circ$ 。 $0.347\mu\text{m}$ 泵浦光垂直入射时, 出射的信号光波长为 $0.4582\mu\text{m}$ 。晶体的最小出光范围是 $2\arctan(3.5/15) = 26^\circ$, 因此, 参量光不会被晶体侧壁阻挡。

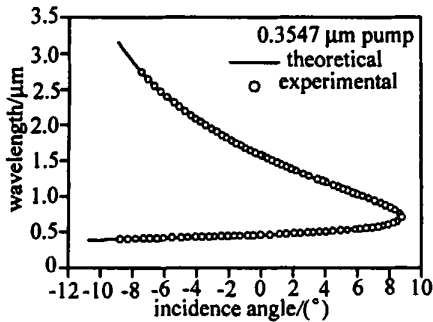


Fig. 4 Type I BBOOPO tuning curve

定义相对波长调谐误差: $D = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} K$ (3)

相对波长调谐误差 D 的大小取决于步进电机的调谐精度, 其中 K 表示指定输出波长, $\Delta\lambda$ 代表步进电机每前进一步所对应的输出波长的变化。例如日本

RORZE 公司的 RM2000 系列步进电机调谐精度为 $1.8^\circ/\text{step}$, 则 $D = 5\%$; RM5000 系列, 电机调谐精度有 $0.72^\circ/\text{step}$, $0.36^\circ/\text{step}$ 两种, 相应的 $D = 3\%$ 和 $D = 2\%$ 。使用 General Scanning Inc. 的扫描头, 结合自己设计的驱动电路, 扫描精度为 $9.2 \times 10^{-3} (\text{b}/\text{step})$, 则 $D = 0.04\%$ 。通用扫描公司原设备的调谐精度约为 $0.2^\circ/\text{step}$ ^[5], 相应的 $D = 1\%$, 因此, BBOOPO 调谐系统的调谐精度提高了 1 个数量级。

BBOOPO \tilde{N} 类相位匹配角度调谐曲线的实验结果与文献[4]中相一致。

4 结论

(1) 使用美国通用扫描公司的扫描头可以使波长调谐误差 $D < 0.04\%$ 。(2) 使用该调谐系统得到的 BBOOPO \tilde{N} 类相位匹配调谐曲线精确地与理论曲线相吻合。

参考文献

- [1] Byer R L. Quantum Electronics: A Treatise. New York: Academic Press, 1975: 690~ 692.
- [2] Cheng L K, Bosenberg W R, Tang C L. A P L, 1988, 53(3): 175 ~ 177.
- [3] Smith A V, Armstrong D J, Alford W J. J O S A, 1998, B15(1): 122~ 141.
- [4] Tang C L, Bosenberg W R, Ukachi T et al. Laser Focus World, 1990, 26(10): 107~ 118.

#简讯#

光谱分析仪

西南技术物理所引进的俄罗斯 22 型光谱分析仪可供在自然光和偏振光下研究晶体、玻璃、液体样品时分析 $200\text{nm} \sim 3300\text{nm}$ 波段的激发光谱和荧光辐射光谱。本设备的光学系统还可根据需要将工作范围扩大到 4000nm , 特别对激光新材料和发荧光材料的研究测试是必不可少的。该设备质量可靠性好、测试价格低廉, 其主要技术参数如下:

工作波段

212 型激发单色仪为 $200\text{nm} \sim 1000\text{nm}$

223 型辐射单色仪为 $200\text{nm} \sim 4000\text{nm}$

光谱的记录范围

激发光谱为 $200\text{nm} \sim 1000\text{nm}$ 辐射光谱为 $220\text{nm} \sim 3300\text{nm}$

联系地址: 四川省成都市人民南路 4 段 7 号

通讯地址: 成都市 238 信箱 21 分箱

邮 编: 610041

电 话: (028)68011186

联系人: 龙永秀