

基于单片机控制的高精度 TEC 温控

徐广平,冯国旭,耿 林

(固体激光技术国家重点实验室,北京 100015)

摘 要:提出了一种使用单片机对半导体制冷器(TEC)进行高精度温度控制的方法。通过单片机采集 TEC 的温度,经过 PID 运算,发出控制脉冲,由可编程逻辑器件生成 H 桥的控制波形。通过对电流方向和导通时间的控制,达到对温度控制的目的。

关键词:半导体制冷器;温度控制;脉宽调制;比例-积分-微分控制

中图分类号:TN248.4

文献标识码:A

Temperature Control of High Density TEC Based on MCU Operation

XU Guang-ping, FENG Guo-xu, GENG Lin

(National Key Laboratory of Solid-state Laser, Beijing 100015, China)

Abstract: The way that high density temperature control impacted on TEC by MCU application. TEC temperature is collected and accumulated by MCU usage, so as to produce control impulse after PID calculation. Then, H-bridge control waveform generated by CPLD. Finally good control of temperature owed to effect control of current direction and circulation time.

Key words: TEC; temperature control; PWM; PID control

1 引 言

温度对半导体激光器(以下简称 LD)的输出特性有很大的影响,当 LD 内部温度增加时,波长也随之增加,波长随温度的典型变化值为 $0.3 \sim 0.4 \text{ nm}/^\circ\text{C}$,并且 LD 的电流阈值、最大输出功率和最小功率波动都直接受到工作温度的影响,所以工作温度对 LD 非常重要,必须给 LD 提供恒定而且能够精密调整的工作温度。

对 LD 进行温控通常采用半导体制冷器(TEC),TEC 是一种依据帕尔贴效应工作的固体热泵,体积小,质量轻,无噪音。在冷热端温差一定的情况下,TEC 的制冷量和工作电流成正比关系,因此可以通过改变经过 TEC 两端电流的大小和方向来控制加热和制冷量。以前的温度控制方式通常采用两种方法,一种是使用功率管 H 桥,使它工作在线性工作区,通过改变它的导通电阻使 TEC 上的电压增大或减小,从而增大或减小加热和制冷量。这种

方法可以对 TEC 电流大小进行较精确的控制,温控精度较高。缺点是有很大部分功率降在功率管上,导致效率不高,而且要增加散热器,使体积增大。第二种方法是采用双向继电器,通过改变继电器闭合的时间和方向,达到温控的目的。这种方法的优点是电路简单,缺点是继电器不能频繁吸合,控制频率不能选得太高,因此精度受到影响。本设计采用 MOSFET 作为执行机构,用 MOSFET 组成 H 桥,通过对 MOSFET 的控制,对电流进行方向和导通时间的控制。这种控制方式速度快、效率高,可以使温度稳定在很高的精度^[1]。

2 温度控制原理

LD 温控系统结构框图如图 1 所示,由 LD 引起的温度变化经热敏电阻温度传感器变成电信号,经

作者简介:徐广平(1982-),男,测控技术与仪器专业,目前主要从事激光测距应用等方面的工作。E-mail:donver123@163.com
收稿日期:2008-09-03

过滤波处理,送到微控制器 A/D 转换器,与设定的温度进行比较,所得的偏差信号经过 PID 运算处理调整后,输出的数字控制量进入系统的波形发生电路,输出执行机构所需的 4 路控制波形,控制 MOSFET H 桥电路对被控对象 LD 进行加热或者制冷,达到控制 LD 温度的目的。

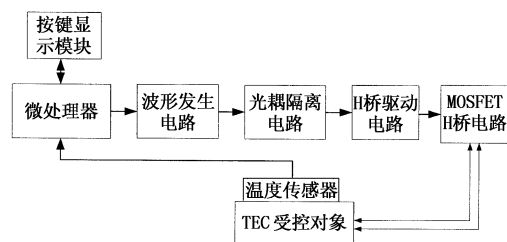


图1 二极管温控系统框图

3 硬件系统设计

3.1 温度采样电路

对 TEC 温度进行采样使用的是负温度系数热敏电阻,这种电阻体积小,安装方便,对温度变化响应的灵敏度高,阻值的变化和温度成反比,但不是线性的。为了避免热敏电阻自身发热,影响测温精度,仅对其通以很小电流(1mA)。本电路采用 2 个电阻和热敏电阻分压,得到电压 V_1 和 V_2 ,把两路电压送入单片机进行 A/D 转换,得到数字量 AD_1 和 AD_2 ,然后算出热敏电阻的阻值,在单片机中查找厂家提供的表格,就可以得到当前 TEC 的温度。热敏电阻的阻值可以由下面的公式计算:

$$R_T = \left(\frac{AD_1}{AD_2} - 1 \right) \times R_3 \quad (1)$$

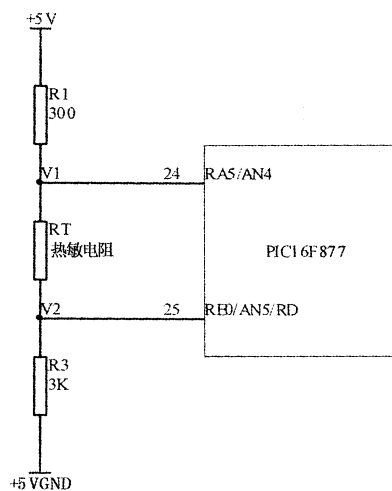


图2 温度采样电路原理图

由式(1)可以看出,热敏电阻的阻值和电源电压无关,不会随电源电压的波动而变化。而只随 R_3 和 AD 的测量值变化,如果 R_3 选定为精密电阻,单

片机的 A/D 分辨率为 10 位,经测量, R_T 分辨率可以达到 $\pm 0.1^\circ\text{C}$, 准确度 $\pm 0.3^\circ\text{C}$ 。

3.2 微处理器控制电路

微处理器采用 MICROCHIP 公司的 8 位单片机 PIC16F877,它里面集成了脉宽调制(PWM)模块,最高具有 10 位的分辨率。单片机对 TEC 的温度控制是采用脉宽调制方式,单片机输出 2 路控制信号,一路为高低电平,一路为 PWM 波形,高低电平决定加热制冷的状态,PWM 占空比决定加热制冷的时间,由单片机根据采样的温度和设置温度值的偏差经过 PID 算法得到。

3.3 波形发生电路

波形发生电路主要用于把单片机传来的 2 路控制信号转换成 H 桥所需的 4 路控制波形,采用的器件是 ALTERA 公司的 CPLD, 型号是 EPM7032。PWM1 和 PWM2 为单片机发出的控制波形,OUTN1, OUTP1, OUTN2, OUTP2 分别为 H 桥上下 MOS 管的输出波形。 T_s 为死区时间,防止上下 MOS 管同时导通。波形如图 3 所示。

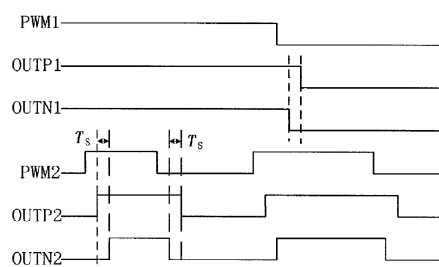


图3 波形发生电路输入输出波形

3.4 功率电路

光耦隔离电路功能是使输入和输出地隔离,防止输出端大电流通过地流入输入端,对弱电部分造成干扰。H 桥驱动电路主要是把控制电平调整到 H 桥需要的电平,保证 MOS 管工作在开关状态。TEC 连接在 TEC + 和 TEC - 两端。当需要加热时, P_2, N_2 为高电平,这时 V_2 截止, V_4 导通, TEC - 端为低电平, P_1, N_1 端输入脉宽调制波形,当波形为低电平时, V_1 导通, V_2 截止,这时 TEC + 端为高电平,就会有电流流过 TEC, TEC 处于加热状态。当波形为高电平时, V_1 截止, V_2 导通, TEC + 端为低电平,这时 TEC 两端没有电压差,没有电流流过, TEC 处于停止加热制冷状态。当 TEC 需要制冷时,把 P_2, N_2 端变为低电平即可。通过对脉宽的控制就可以调节加热制冷时间的长短,即可以控制 TEC 的温度。H 桥电路如图 4 所示。

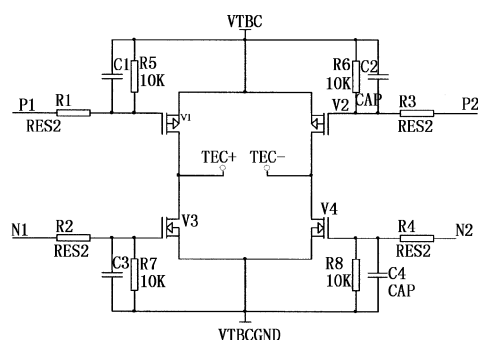


图4 MOSFET H桥电路原理图

4 系统软件设计

本设计中使用的PID算法为直接PID算法,即输出的控制量是由基本偏差,累计偏差,相对偏差直接算出。PID算法分为两个区间使用,使用的函数如下^[2]:

$$P_{out} = \begin{cases} kp \times e(t) + ki \times \sum e(t) + kd \times (e(t) - e(t-1)) & -a < e(t) < a \\ 255 & e(t) > a \\ 0 & e(t) < -a \end{cases}$$

其中, P_{out} 为输出的脉宽控制量; $e(t)$ 为温度基本偏差; $\sum e(t)$ 为累计偏差,表示 $e(t)$ 从1到 t 的全部总和; a 为温度范围,温度超过此范围则全脉宽; kp 为比例系数; ki 为积分系数; kd 为微分系数。

该算法并没有在全温度范围采用PID算法,而是在温度远离设定温度时,采用全脉宽加热或制冷,这样可以迅速调整误差,使误差的绝对值以最大速

度减小。当探测温度接近设定温度,使用PID调节,比例环节可以控制调节的速度,积分环节可以使温度接近目标温度,微分环节可以降低温度的瞬间变化对输出结果的影响。

5 实验结果

将此温控系统应用于某激光目标指示器生产项目中,激光器发射频率为1~60Hz可调,经过测试,通过串行接口把温度数据实时传送到PC机中,得到图中所示曲线,把统计数据经运算得到均方根小于0.0727℃。

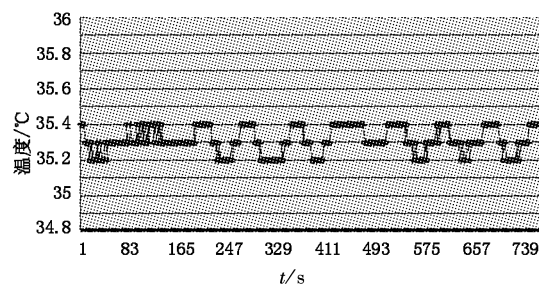


图5 实时监测温度曲线

参考文献:

(上接第253页)

5 结论

本文研究了热晕与光束抖动综合作用的数值模拟方法,并针对聚焦 Gauss 光束计算了湍流、光束抖动和热晕综合作用对远场光斑参数的影响。结果表明,在光束抖动和热晕综合作用下,积分光斑能够达到稳态,积分光斑的相对峰值功率密度趋于一个定值。相对峰值功率密度与热畸变参数和光束抖动角有关,与抖动频率无关。相对峰值功率和热畸变参数及光束抖动角方差的关系满足式(14)。计算结果与经验公式的结果符合得很好,验证了数值模拟方法的正确性。

参考文献:

- [1] Huang Yin-bo, Wang Ying-jian. Numerical analysis of the scaling law about focused beam spreading induced by the atmosphere [J]. Acta Physical Sinica, 2006, 55: 6715 - 6719. (in Chinese)
- [2] Huang Yin-bo, Wang Ying-jian. The effect of tracking jitter on the beam spreading induced by atmospheric turbu-

lence [J]. Acta Optical Sinica, 2005, 25: 152 - 156. (in Chinese)

- [3] Frederick G G. High power laser propagation [J]. Applied Optics, 1976, 6: 1479 - 1493.
- [4] Smith D C. High-power laser propagation; thermal blooming [J]. Proceedings of the IEEE, 1977, 12: 1679 - 1714.
- [5] Strohbehn J W. Laser beam propagation in the atmosphere [M]. New York: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1978.
- [6] Fleck J A, Morris J R, Feit M D. Time-dependent propagation of high energy laser beams through the atmosphere [J]. Appl. Phys, 1976, 10: 129 - 160.
- [7] Max Born, Emil Wolf. Principles of optics [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1999.
- [8] Xian Hao, Jiang Wen-han. The Relation between wavefront aberration and the beam quality factor [J]. Chinese Journal of Lasers, 1999, 26: 415 - 419. (in Chinese)
- [9] Lukin V P, Fortes B V. Adaptive beaming and imaging in the turbulent atmosphere [M]. Washington: SPIE Press, 2002.