

文章编号: 1001-3806(2003)06-0588-03

## 大功率 CO<sub>2</sub> 激光器尾镜取样功率测控的研究

柳娟 贺昌玉 李家

(华中科技大学激光技术与工程研究院, 武汉, 430074)

**摘要:** 激光功率是激光器中最基本的参数, 激光功率的稳定、准确将对激光加工等领域产生直接而巨大的影响。在大功率 CO<sub>2</sub> 激光器功率测控系统中, 采用尾镜即全反射球面镜漏光进行激光功率采样, 并通过西门子 S7 200 PLC 实现对整个系统的激光功率测控, 可以有效提高对激光器的控制精度和稳定性, 且不影响激光输出。

**关键词:** 激光功率; 全反射镜漏光; 薄膜探测器; PLC; 测控系统

中图分类号: TN248.2; TP274.5 文献标识码: A

### Power detection and control system for high power CO<sub>2</sub> laser

Liu Juan, He Changyu, Li Jiarong

(Institute of Laser Technology & Engineering, HUST, Wuhan, 430074)

**Abstract:** Power is a basic parameter of the laser. Its stabilization and accuracy will directly influence laser process and many other fields. The power detection and control system for high power CO<sub>2</sub> laser samples the laser power by the transmission light of the high reflective mirror. Furthermore, it can detect and monitor the laser power of the whole system by a S7 200 PLC. It greatly enhances the stabilization and accuracy of the control, and has no influence on the output.

**Key words:** laser power; transmission light of the high reflective mirror; thin film thermocouple; PLC; detecting and control system

### 引 言

在激光加工过程中, 激光功率的实时检测和控制十分重要。传统的激光功率检测方法是将激光照射到激光功率计或激光能量计上进行检测。这种测量技术对激光计探头的要求很高, 通常以石墨为材料, 探头响应很慢, 且通常需要水冷, 测量功率时必须停止加工, 从而影响了加工的连续性, 不能实时检测功率。另一种检测技术是在输出激光束的光路中, 采用旋转光刀采样来测量激光功率。由于制作工艺复杂和受环境的影响, 造成采样不稳定, 从而引起检测偏差和系统不稳定, 同时不可避免地使激光束传输和调整变得更复杂<sup>[1]</sup>。

为了实现对激光功率的实时检测而又不影响激光输出, 采用了一种新的采样方法: 光腔反射镜采用一面具有稳定的低透射率的球面反射镜, 对这一球面全反射镜透射光进行激光采样, 然后将这一微小漏光通过一聚焦镜聚焦, 焦斑上由一薄膜热电偶红

外探测器进行接收, 将不同的激光功率输出转化为不同的热电势。

检测激光功率的最终目的还是要实现对激光功率的控制, 从而使激光器能在某一个稳定的功率下良好的运行。为了更好的控制激光功率, 作者采用 S7-200 PLC 可编程逻辑控制器设计了一套功率智能控制系统。该功率控制系统还可与整个激光器的 PLC 控制系统良好接口, 形成一套完整的激光器智能控制系统。

### 1 激光功率测控系统及主要单元

激光功率测控系统的目的就是实现对激光功率实现实时监控, 并确保激光器功率的稳定, 使激光功率检测精度保持在 ±2% 以内。

该系统由两部分组成。一部分是激光功率采样检测, 这一部分主要由球面全反镜、聚焦镜、薄膜探测器等组成。另一部分是激光功率的测量、显示及反馈控制, 它由一个 PLC 可编程序控制器对探测器测得的信号进行处理, 将功率值换算并显示出来, 同时它还要提供可靠而有效的反馈信号控制调节激光器有关电参数, 达到控制激光器输出激光功率稳定的目的。系统原理图如图 1 所示。

作者简介: 柳娟, 女, 1978 年 9 月出生。硕士研究生。现主要从事大功率激光器方面的研究。

收稿日期: 2002-11-11; 收到修改稿日期: 2003-03-03

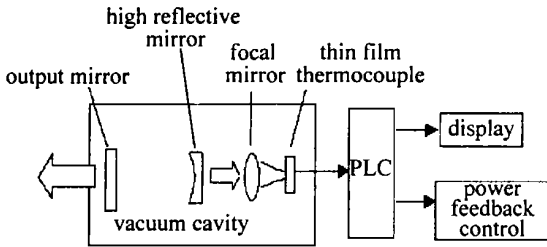


Fig. 1 Laser power detecting and control system

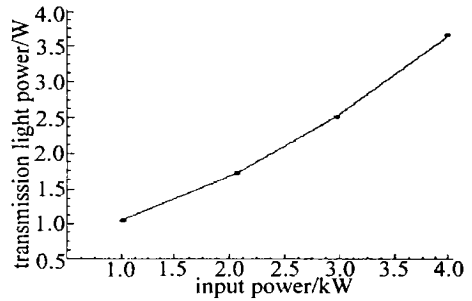


Fig. 3 Linearity of the transmission light

## 2 高反射率晶体反射镜

光学元件是激光系统中最重要元件,它决定着激光器的性能,对谐振腔的任何改变都会影响到激光光束的特性,从而影响到激光加工的质量。采用尾镜取样功率检测,尤其需要考虑这方面的影响<sup>[2]</sup>。因此,作者对球面全反镜的材料选择和膜系设计都进行了深入的研究。反射镜材料包括基片材料和镀膜材料,对于漏光全反镜要求基片材料有低的体吸收率,较高的热传导,以便于冷却和减小热畸变,同时也要求它对 10.6μm 激光具有稳定的较低的透过率。通过对这几方面的综合考虑之后,作者采用了 GaAs 作为基片材料。而对于薄膜材料的选择除需要考虑薄膜本身的特性,还要求在实际波段有很小的光吸收和低的体散射,及适宜的折射率等。

该功率检测系统要具有良好的线性,首先要求激光取样具有良好的线性,即要求全反镜具有稳定的透过率。图 2 为采用分光光度计测量的反射镜样

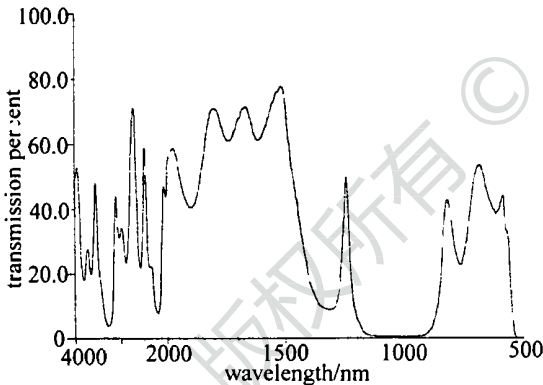


Fig. 2 Transmission spectrum of the reflective mirror

品透射光谱曲线,表明反射镜在要求的波段透过率基本稳定在 0.4%。图 3 为实测的反射镜透射光功率随入射激光功率变化的曲线,也表明反射镜的透射光强具有良好的线性。这就为功率检测系统能够准确的测量功率提供了有力保障。而反射镜的透过率由镀膜膜系优化过程决定,最终选用的约为 0.4%。

## 3 高灵敏度薄膜热电堆

激光功率计按其工作方式有两种:光子型探测器和辐射型探测器。对光子型探测器,当入射光子能量不够大时不能引起光电效应。但光子的辐射引起材料的温度发生变化,由此可引起电信号的变化。由于系统中利用的是比较微弱的反射镜漏光,所以采用辐射型探测器。其结构采用薄膜结构。热电堆的响应特性与材料和结构密切相关,因此设计时必须进行材料的选择,同时必须考虑结点的形状、布置和对数设计、吸收涂层等。综合考虑之后,选择了铝作为基底材料。同时,对铝箔进行阳极化处理和抛光处理,大大提高了其承受大功率入射激光辐射的能力,也使得热电偶间具有良好的电气绝缘。而为了提高接收面的吸收,作者还在接收表面涂上一层金黑作为吸收薄膜,也使得探测器的性能得到很大改善。热电偶则采用圆形辐射状。同时使接收面较小,工作结集中,热参考结大而分散,参考结热量能尽快发散。其基本结构如图 4 所示。

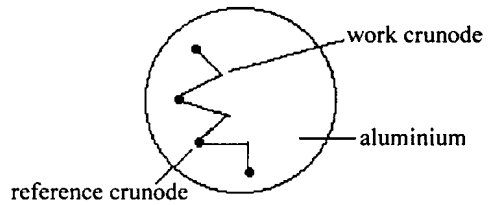


Fig. 4 Structure of thin film thermocouple

Table 1 Relation of the current the power and the voltage measured by the PLC

time	1		2		3	
current/A	P/kW	V/mV	P/kW	V/mV	P/kW	V/mV
5	0.32	17.1	0.31	16.5	0.30	15.9
6	0.70	38.3	0.67	37.0	0.68	37.0
7	1.08	59.9	1.08	57.6	1.06	57.2
8	1.42	76.9	1.46	78.0	1.48	78.3
9	1.80	95.2	1.85	98.1	1.84	100.2
10	2.21	119.8	2.20	117.9	2.18	119.4

将高反射率晶体反射镜和热电堆进行合理封装,按图 1 所示在 5kW CO<sub>2</sub> 激光器上进行多次重复实测。表 1 为激光器电流、激光器输出功率和 PLC 测得的探头输出电压之间的关系。图 5 为激光器输出功率与探头输出电压之间的关系曲线,结果表明,该系统具有良好的线性度和重复性。

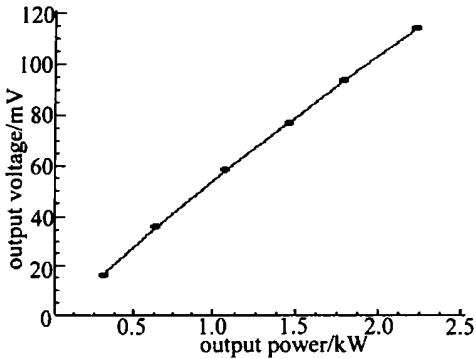


Fig. 5 Linearity of the power detecting system

#### 4 激光功率控制系统

S7-200 PLC 是一种工业控制系统,在结构、性能、功能及编程手段等方面有它独到的优点。作者所设计的激光功率控制系统主要部分就由一个 PLC 可编程序控制器组成<sup>[3,4]</sup>。主要通过对可编程序控制器的软件编程来实现对薄膜探测器及其接口传来的信号的处理,并将测得的功率信号数字化,显示出来,使整个系统形成一个负反馈回路,通过该功率反馈信号控制调节激光器有关电参数,达到维持激光器功率稳定并实现实时监控的目的。同时对各种异常情况,该系统也可提供各种报警或中断处理。

该激光功率测控系统工作流程图如图 6 所示。

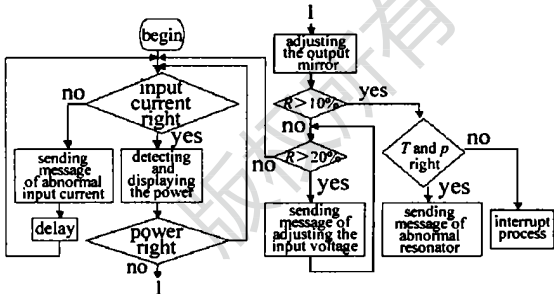


Fig. 6 Flow chart of laser power detecting and control system

PLC 控制器对功率信号的调控主要分为两种,一方

面它要对腔模式引起的功率偏差进行调节,同时对于输入电压引起的功率偏差它也要求能实施有效的控制。通过这两种调节的共同作用,使输出功率偏差保持在±2%以内,否则输出报警信号,通知系统进行适当的处理。

图中  $T$  为激光器各部分温度,  $p$  为气体压力,  $R$  为实测功率与正常功率比值:  $R = |p_{\text{实测}} - p_{\text{正常}}| / p_{\text{正常}} \times 100\%$ 。所以,在具体的软件设计中包含了两个方面的设计。首先当检测到系统的输入电压是正常而输出功率不正常时,可对光腔进行调节,即通过一定的算法调节输出镜,使输出功率逐步趋于正常。若未达到设定值再调节输入电压,使输出功率最终控制在±2%的误差之内。若无异常信号,此系统将循环检测激光器的各项参数,如电流、电压、工作气压、温度等,达到实时监控激光器的输出功率,使激光器在所需的功率下稳定运行目的。

在实际的调节过程中,作者所提供的只是调节信号,具体的调节过程由激光器中的执行机构来实现,这样可大大提高 PLC 的 CPU 工作效率,减少系统因处理任务而等待的时间,也加强了系统对各种情况的并行处理速度。大大提高了整个系统的工作效率。

#### 5 结束语

上述功率检测控制系统采用球面反射镜漏光进行激光功率采样,实现了对激光功率的实时检测而又不影响激光输出。系统结构紧凑、工作稳定、受环境影响小。它在激光器上获得应用后,使得激光器的安全性、稳定性、可靠性、可维护性及使用寿命都大大提高。

#### 参 考 文 献

- [1] Duly W W. CO<sub>2</sub> laser effects and application. New York: Academic Press, 1976: 174~ 235.
- [2] 李适民. 激光器件原理与设计. 北京: 国防工业出版社, 1998: 220~ 256.
- [3] 郑 晟, 巩建平, 张 学. 现代可编程序控制器原理与应用. 北京: 科学出版社, 2000: 7~ 12.
- [4] Siemens A G. Simatic S7-200 programmable controller system manual. Germany: Siemens AG, 2001: 22~ 165.