

基于 MSP430 单片机的稳功率半导体激光器的设计

李峻灵

(哈尔滨师范大学 呼兰学院, 黑龙江 哈尔滨 150500)

摘要: 使用 16 位低功耗的单片机 MSP430F169 对半导体激光器进行控制, 采用 APC 的控制方式, 通过功率的采样值与设定值的比较来控制驱动电流的大小, 最后形成一个闭环的负反馈回路。为保护该半导体激光器而实施了慢启动、慢关闭以及限压和限流等保护措施。经实验测定, 该系统的功率稳定度为 0.5%~0.7%。

关键词: 半导体激光器; 自动功率控制; MSP430F169

中图分类号: TP202

文献标识码: A

文章编号: 1006-2939(2007)03-0271-04

Stable power semiconductor laser based on MSP430

LI Jun-ling

(Hulan College, Harbin Normal University, Harbin 150500, China)

Abstract: With 16 bits and low power MSP430F169 microprocessor, a semiconductor is controlled in APC mode. The sampled power is compared with the given value to adjust the driving current and a negative feedback loop control system for semiconductor laser is formed. To protect the semiconductor laser, slow-start, slow-end, current and voltage limitation are designed. The results show that the power stability of the system is 0.5%~0.7%.

Key words: semiconductor laser; APC; MSP430F169.

0 引言

半导体激光器(LD)具有体积小、重量轻、价格低、驱动电源简单且不需要高电压(2.5 V)等独特优点,目前广泛应用于光纤通讯、集成光学、激光印刷、激光束扫描等技术领域。然而,由于目前的半导体激光器在设计、材料、工艺等方面的原因,在实际使用过程中器件很容易损坏,降低了设备运行的可靠性,影响其进一步的推广应用,因此,对半导体激光器保护的研究具有广泛的应用价值。

1 半导体激光器的结构特点和工作特性

半导体激光器的结构如图 1 所示。

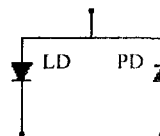


图 1 半导体激光器的结构

图中激光二极管(LD)是正向接法,光电二极管(PD)是反向接法。当向 LD 中注入一定的电流时,LD 就会发出激光,PD 受光后转换出的光电流,若给 PD 串联一电阻,其电压值就反映出 LD 光功率的大小。

半导体激光器的发光功率与通过的电流关系如图 2 所示。

收稿日期: 2007-04-13

作者简介: 李峻灵(1972—),女,汉族,黑龙江哈尔滨人,哈尔滨师范大学讲师,工学硕士,主要从事计算机控制方向研究,E-mail: nyt111@sina.com

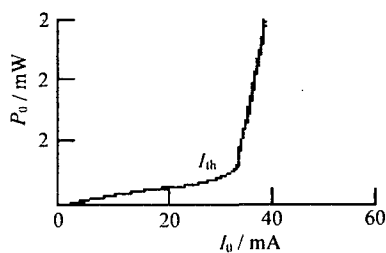


图 2 输出功率与驱动电流的关系

从图中可以看出,在某一温度下,当驱动电流低于阈值电流时,激光器输出光功率 P 近似为零,半导体激光器只能发出荧光;当驱动电流高于阈值时输出激光,并且光输出功率随着驱动电流的增大而迅速增加,并近似呈线性上升关系。

因此,对 LD 的驱动电流进行控制,可达到稳定发光功率的目的。

2 半导体激光器使用时失效的原因及分析

在正常条件使用下的半导体激光器有很长的工作寿命。然而,半导体激光器也是很容易被损坏的,即在不适当的工作条件下,会造成性能的急剧下降乃至失效。半导体激光器的突然失效可由 PN 结被击穿或用作谐振腔面的解理面遭受破坏而造成,视其击穿或破坏程度而表现为输出功率减小或无输出。

统计表明,半导体激光器突然失效,有一半以上的几率是由于浪涌击穿。所谓浪涌,是一种突发性瞬态电压或电流脉冲,它的脉冲宽度甚至可以短到纳秒数量级,瞬时幅值可达几万伏或几百安培。半导体激光器的核心是 PN 结,如果它承受的反向电压超出其允许值,将会使 PN 结击穿,在瞬态电压下的正向过电流所产生的光功率可以使解理面损伤;如果承受的正向电流超出了它的允许最大电流值,重则立即烧毁,轻则性能受到影响,发光暗淡,无法正常使用^[1]。

3 系统软硬件设计

半导体激光器在某些高精度测量应用中,对驱动电路的稳定度和调制精度要求很高,因此,一般调制信号主要由单片机控制高精度的数模转换器件来产生。如果选用分立器件,不仅成本高、电路较为复杂,电路稳定性较差,更重要的是电路体积不能做得很小,不能体现半导体激光器体积小特点,而且还可能对半导体激光器造成威胁。所以,整个系统采用的微处理器为超低功耗的 16

位单片机 MSP430 系列。系统结构图如图 3 所示。

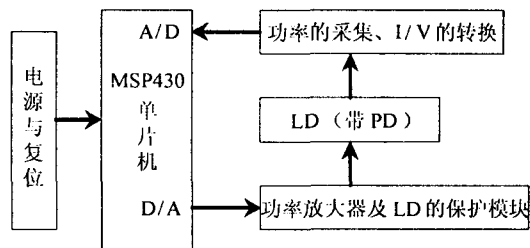


图 3 系统结构图

从系统结构图可以看出,本设计抛弃了传统的从半导体激光器输出的模拟信号进行放大调制,在 51 系列单片机的外部连接 A/D 转换器和 D/A 转换器进行数模之间的转换,而是直接利用 MSP430 单片机中内部提供的数模和数模转换功能;同时, MSP430 允许程序访问内部 FLASH,可以随时改写内部数据,这样使系统的结构大大简化,成本下降,进一步降低了系统功耗,节省了 I/O 口,而且具有测量精度高,实时性好,系统误差小等优点。

3.1 MSP430 单片机的 CPU 处理模块的设计

MSP430 单片机的 CPU 处理模块如图 4 所示。

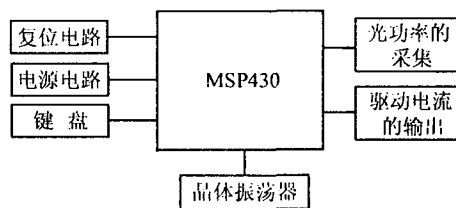


图 4 MSP430 单片机的 CPU 处理模块

从图 4 中可以看出,单片机的接口非常简单,通过片内的 A/D 通道实现模拟量的采集。采用片内的 A/D 转换部分,不仅可以降低系统设计的复杂性。而且还可以提高系统的可靠性,避免接口的复杂性,同时,还可以减少 PCB 板的面积。模拟采集的参考电压采用的是片内提供的参考电压。单片机采用内嵌的 DAC 实现数字量的输出,来调节半导体激光器驱动电流的大小。在单片机的时钟设计上,考虑到低功耗的要求, MSP430F167 单片机才采用一个 32 kHz 的时钟信号,该系统的时钟部分都是采用晶体振荡器实现的。考虑到电源的输入纹波对单片机的影响,在电源的管脚增加一个 $0.1 \mu\text{F}$ 的电容来实现滤波,以减少输入端受到的干扰。另外还有模拟电源的输入端,因此在这里需要考虑干扰问题,由于

在该系统中干扰比较小,因此模拟地和数字地可以共地,模拟电源输入端增加一个滤波电容以减少干扰。

3.2 光功率采样和 I/V 转换模块的设计

由于 PD 输出电流信号为单极性,故 ADC 采用单极性输入方式。在 MSP430 单片机的模数转换设计中,由于 ADC12 转换基准为电压,也就是参考源为电压,所以 ADC 转换的量是电压量,这样需要将 PD 输出的电流信号转换成电压信号,设计出 I/V 转换电路并滤波放大,使其满足 MSP430 单片机 ADC12 的输入模拟信号范围,如图 5 所示。

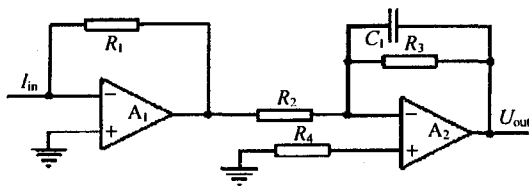


图 5 I/V 转换

3.3 半导体激光器电流源驱动电路的设计

电流源驱动电路如图 6^[2]所示。

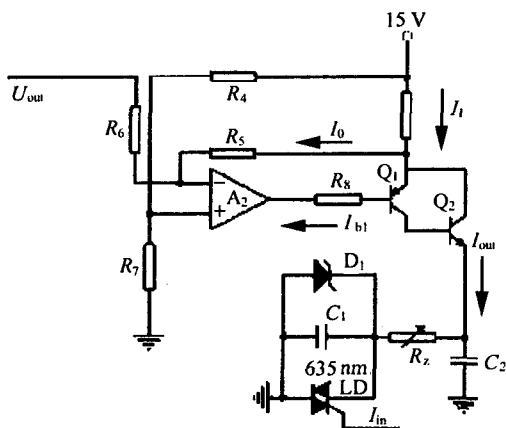


图 6 电流源驱动电路

控制输出电压 U_{out} 作恒流源的输入,恒流源是以两个晶体管为核心,激光器作为负载与之串联,通过控制晶体管来实现对激光器电流的控制。但晶体管是非线性器件,难以直接控制,因此必须转化为线性控制,使得恒流源的 I_{out} 与 U_{out} 呈线性关系。

3.4 半导体激光器保护电路的设计

LD 两端反相并联一只二极管 D,可以防止反向浪涌;LD 两端并联一个电容 C,可以滤掉流过 LD 电流中的高频干扰,避免 LD 由于高频干扰而受到损坏。将一个接触电阻很小的开关 S 与 LD 并联在一起,即实现短路保护。当 LD 不工作时,

将 S 闭合,使 LD 的 P 极和 N 极短接,起到保护 LD 的作用;在 LD 开始工作之前,必须先将开关 S 断开,这时电流才能流过 LD,使其工作^[3]。

在软件方面,采用慢启动、慢关闭和限流、限压的设计。

3.5 激光功率的稳定控制

通常半导体激光器内部将激光器(LD)与背向光检测器(PD)集成在一起,装在同一管芯内。正常状态下,LD 工作在设定的工作点,流过 LD 的驱动电流 I 与 LD 的输出光功率处于稳定的平衡状态。当 LD 因某种原因功率增大时,耦合至 PD 的光电流也按比例增大,当 LD 光功率降低时,PD 的光电流相应降低。本控制系统通过监测 PD 输出光电流的变化来控制 LD 的注入电流,当输出光电流减小时,通过单片机控制加大 LD 的注入电流,以保持输出功率的稳定;反之,如果输出光电流增大时,则降低 LD 的注入电流。LD 注入电流的大小通过软件编程来实现。

3.6 软件系统的设计

MSP430 的开发软件较多,但通常使用的是 IAR 公司的集成开发环境 IAR Embedded Workbench 嵌入式工作平台,用创建项目(Projects)的方式进行开发和管理;为用户提供方便和功能丰富的窗口界面,使开发和调试的效率大大提高。本系统采用 C 语言进行编程。

主程序处理模块如图 7 所示。

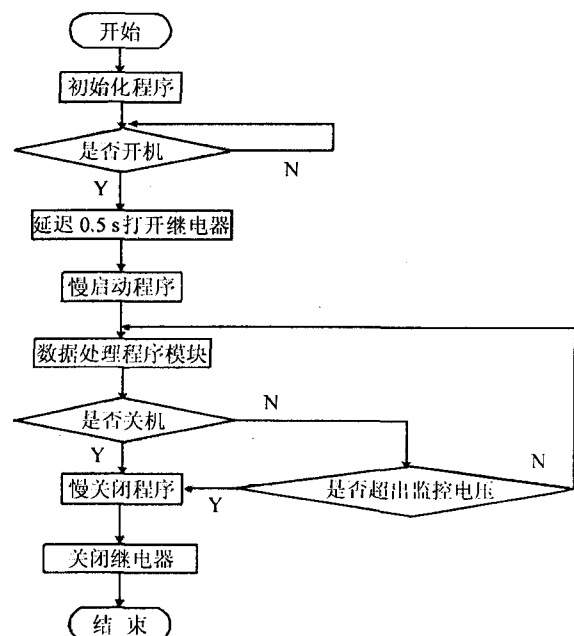


图 7 主程序处理模块

4 半导体激光器功率稳定性的测量

本实验使用由某公司生产的 LD, 其峰值波长为 635 nm, 输出功率为 5 mW, 采用 TO 封装。实验中, 对 LD 加控制和不加控制时的输出功率分别进行了测量, 并计算出功率的稳定度。

在不加任何控制时, 半导体激光器的功率稳定度 $S=2.28\%$, 实验数据如图 8 所示。

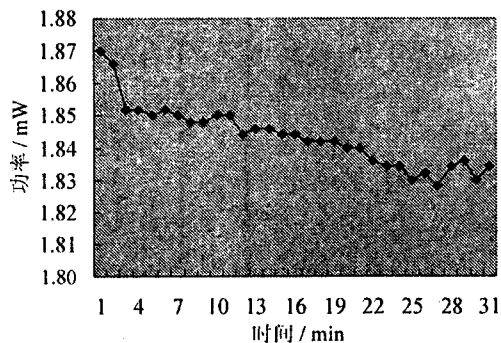


图 8 未加控制时测定的功率值

半导体激光器的功率短期稳定度 $S=0.5\% \sim 0.7\%$, 将其中一组试验数据经 origin 制图, 如图 9 所示。

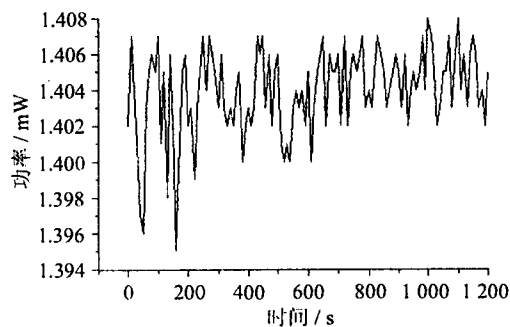


图 9 短期稳定度的功率测量曲线

半导体激光器的功率长期稳定度 $S=0.7\%$, 将其中一组试验数据经 origin 制图, 如图 10 所示。

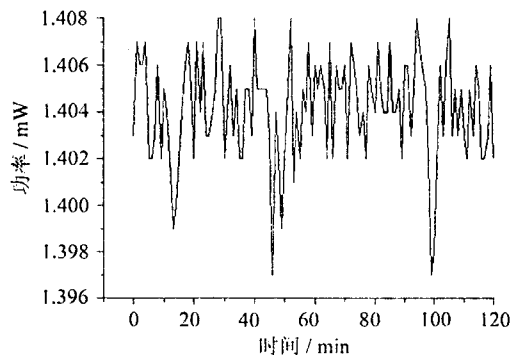


图 10 长期稳定度的功率测量曲线

5 实验结果的分析

通过未被控制和被控制的半导体激光器功率稳定度的测试结果来看, 本设计实现了稳定半导体输出功率的功能, 但由于所选用的半导体激光器的转换效率低, 以及光电探测器的响应度不高, 且自身不带有制冷装置, 只能通过大的散热片来降低温度对其产生的影响, 使得激光器输出功率的稳定度不可能进一步提高; 在实验测量过程中, 背景光也会对实验的结果产生影响。在半导体工作期间, 温度对功率的影响也很大, 若在以后的设计中增加温度控制部分, 其稳定效果将更好。

6 结论

设计能够有效地抑制半导体激光器功率随时间的漂移, 实现对功率进行稳定的控制。

参考文献:

- [1] 刘 澄. 半导体激光器的浪涌损坏及其消除方法[J]. 电力环境保护, 2003, 19(4): 49-50.
- [2] 金典顺, 赵学增, 李 成, 等. 单片机控制的半导体激光器稳光强器的研究[J]. 半导体光电, 2004, 25(1): 69-71.
- [3] 刘 芸, 焦明星. 半导体激光器用电流源的设计[J]. 应用光学, 2005, 26(3): 9-11.