

多功能半导体激光器驱动电源的研制

许文海, 杨明伟, 唐文彦

(哈尔滨工业大学 机电工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150001)

摘要:研制了一种单片机控制的连续半导体激光器(LD)驱动电源。LD 可以工作于自动电流控制(ACC)模式、自动功率控制(APC)模式和自动电压控制(AVC)模式。LD 的电流可实现 0~2A 连续可调, 满量程精度在 $\pm 0.1\%$ 以内; 对 LD 的温度可以实现精确的控制, 采用了比例积分(PI)控制技术, 并结合积分分离的思想, 使温度控制快速而有效, 控制精度为 $\pm 0.1^\circ\text{C}$; 采取了软启动控制、短路开关和限幅保护的措施, 有效地保证了 LD 的安全。实验表明: 该电源具有智能化程度高、抗干扰能力强、稳定度高和使用方便的优点。

关键词: 半导体激光器; 驱动电源; 单片机; 比例积分

中图分类号: TN248.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-2276(2004)05-0465-04

Development of multifunctional laser diode driver

XU Wen-hai, YANG Ming-wei, TANG Wen-yan

(School of Mechanical and Electrical Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China)

Abstract: A continue wave laser diode driver controlled by single-chip microcomputer (SCM) is presented. It can work in three operating modes——automatic current control (ACC), automatic power control (APC) and automatic voltage control (AVC). The sweep current can attain the level of milliamperere from 0A to 2A, and the temperature could also attain to $\pm 0.1^\circ\text{C}$ with PI control and the thought of integral separation. Complete laser diode protection is provided including independent current limit and power limit settings, output off shorting circuits and a slow turn on sequence. The results show that this driver has a lot of advantages, such as high intelligence, good noise suppression, high stability and convenience.

Key words: Laser diode; Driver; Single-chip microcomputer; PI

0 引言

LD 在通信、信息、医疗、精密加工和测量等领域

起着举足轻重的作用, 因此, 对 LD 的性能提出了更高的要求。除了器件本身的性能因素外, 与其配套的驱动电源的设计也是尚待解决的问题之一^[1]。目前的驱动电源大多采用模拟技术实现, 参考文献[2~4]

收稿日期: 2003-11-01; 修订日期: 2004-01-02

作者简介: 许文海(1956-), 男, 吉林扶余人, 教授, 博士, 主要从事光电信息技术方面的研究。

提出了单片机实现的数字化控制的思想,可以较好地解决半导体激光器工作的准确、稳定和可靠性问题。但是这些电源工作模式单一,只能实现 LD 的恒电流驱动或恒功率驱动,还不能满足当前用户不断增加的使用要求。本文研制了一种基于单片机控制的连续半导体激光器驱动电源,该电源可广泛应用于各个领域,是目前理想的连续半导体激光器驱动电源。

1 LD 驱动电源设计要求分析

1.1 对正向工作电流 I_F 的要求

LD 是依靠载流子直接注入而工作的,驱动电流的稳定性对 LD 的输出有直接、明显的影响。因此,要求 LD 的电源具有很高的电流稳定度(至少应小于 0.001)和很小的纹波系数,否则 LD 的工作状态就会受到影响。

1.2 对温度的要求

LD 是一个对温度很敏感的器件,它的工作温度对其工作特性有非常大的影响。

图 1 是一种典型的 LD 在不同温度下的激光输出功率 P_o 与正向驱动电流 I_F 的关系曲线图,从图中

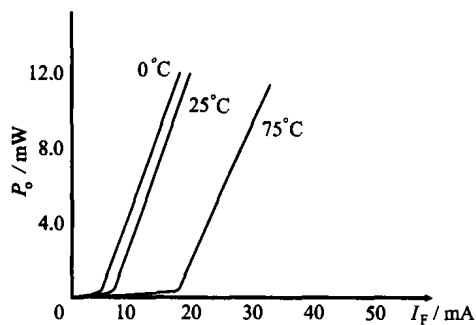


图 1 输出光功率与驱动电流的关系

Fig. 1 Output light power as a function of driver current

可以看出:(1) 在同一温度下,当 I_F 小于某值时, P_o 约为零,而当超过该值时, P_o 随 I_F 的增长直线上升,这个电流值称为 LD 的阈值电流并用符号 I_{th} 表示。(2) 阈值电流随着温度升高而升高,特性曲线基本上随着温度的变化而平移。(3) 如果 LD 在恒定的电流下工作,当环境温度发生变化时,LD 输出功率的变化将是很大的^[5]。

另外光谱的峰值波长也随着温度的上升向长波长方向漂移,温度发生细小的变化,那么波长也随之

不稳定。

1.3 LD 的安全性要求

LD 是昂贵而易损的半导体器件,其安全问题将影响应用系统的可靠性,因此驱动电源能否有效保证 LD 的安全是必须考虑的问题。

根据中国科学院半导体所的初步统计,目前国内 LD 损坏的原因主要是腔面污染和浪涌击穿。腔面污染可以通过环境净化来解决;根据日本日立制作所电子事业本部编写的《日立半导体激光二极管使用时的几点注意——关于浪涌击穿》,浪涌分为:静电击穿、正向浪涌击穿和正方向直流破坏三类^[6]。浪涌击穿的问题需要驱动电源采取相应的措施。

2 系统的组成

在前面对 LD 驱动电源实用要求分析的基础上,进行了系统的总体设计。

LD 目前多数以模块的形式生产和封装。在模块内部通常包括一个 LD,一个光电二极管(PD),用来监控 LD 的输出光功率;一个热电制冷器(TEC),用来将工作温度保持在要求的温度以及一个用来监测模块温度的热敏电阻,以保证良好的光电转换效率和热接触。在系统的设计过程中,不仅要保证各个模块能独立工作,而且还要考虑系统集成和模块之间能否协调地工作。

整个系统主要包括 LD 驱动模块、温度控制模块和单片机控制模块,图 2 是设计系统的总体框图。

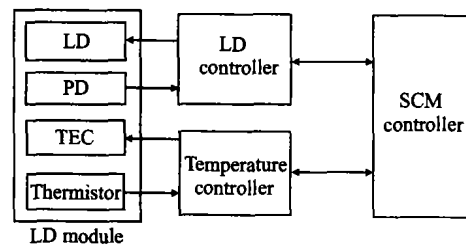


图 2 半导体激光器驱动电源总体框图

Fig. 2 Block diagram of LD driver

3 LD 驱动模块

该模块采用反馈技术,能分别实现正向驱动电流 I_F 、驱动电压 V_F 和光功率 P_o 的稳定控制,从而实现

对 LD 不同工作模式 ACC、APC 和 AVC 的驱动。图 3 是该模块的原理框图。

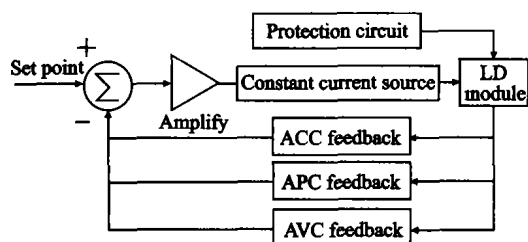


图 3 LD 驱动模块原理框图

Fig. 3 Functional diagram of LD controller

3.1 各种工作模式

当要求驱动电流稳定时,采用 ACC 工作模式,通过电流采样反馈为驱动电流提供有源控制。采用的方法是:在场效应管的源极串联一个 1Ω 的取样电阻,用于采样反馈,场效应管的电流变化范围是 0~2A,输入控制信号的电压范围是 0~4V,将采样电阻的电压放大 2 倍正好与输入电压匹配,这样控制电压与电流之间建立起了线性的对应关系,从而使电流漂移最小且使 LD 输出稳定性最大,与温度控制配合使用,这种方式最佳。取样电阻是与 LD 串联的,其选取影响到驱动电流的稳定性,应该选取小阻值、高精度的电阻。本文选取 1 Ω 的电阻,其允许误差为 0.1%。

当要求输出稳定的光功率时,就需要采用 APC 的工作模式。当 LD 工作时,在模块内部 PD 管接收一小部分激光功率并转化为一个监测电流,该监测电流经过电流/电压转换后,通过 APC 反馈网络与设定值比较,从而形成闭环负反馈控制。当输出的光功率受温度等因素影响发生变化时,该负反馈控制可维持光功率稳定不变。

AVC 是特定场合下简单而又有用的模式。当要求 LD 的驱动电压恒定时,就可以采用这种模式。

3.2 各种保护电路

保护电路主要是针对静电击穿、正向浪涌击穿和正方向直流破坏三种情况设计的。

将一个接触电阻很小的开关与 LD 并联在一起构成短路保护开关。在 LD 没有工作时,开关闭合,使 LD 两端的电极短接,从而可以防止静电击穿。

采用软启动的方式来防止正向浪涌击穿。软启

动过程由单片机控制实现,这种方式可靠性高,稳定性好。工作电压从零开始逐渐上升到预定值,这样就从根本上保证了半导体激光器不会受到电源开启或关断时产生的电冲击的影响。

正方向直流破坏是指 LD 在工作状态下因电流过大而损坏,为了防止这种破坏加入了限幅电路。

4 温度控制模块

温度对 LD 工作特性有非常大的影响,必须采取合理的制冷措施和控制以维持 LD 在恒定温度下工作,这是保证 LD 工作的稳定性和可靠性的最好措施。

图 4 是温度控制模块原理框图。其原理是温度的变化经温度传感器转变为电信号,然后将其与设定的温度进行比较,偏差信号经控制调节电路处理后驱动制冷器工作,使温度稳定在设定温度附近。其中温度传感器是模块中的热敏电阻,用来测量 LD 的温度,其灵敏度高。执行元件是模块中的 TEC,它是利用帕尔帖效应的半导体制冷器件,体积小、结构简单易控制。工作时,一端制冷,另一端制热,所以可通过改变电流方向变换制冷或制热。采用 PI 的控制技术作为核心,以减少静态误差、提高控制精度。为了防止积分饱和,采用积分分离的思想对积分项加以处理。具体方法为当设定值与测量值的偏差大于某一通过实验确定的规定阈值(或称积分界限)时,取消积分项的作用,仅比例项起作用;只有当偏差小于该规定的阈值时,才加入积分项的作用。为了保护 TEC,防止因其电流过大而损坏,还增加了限幅电路。

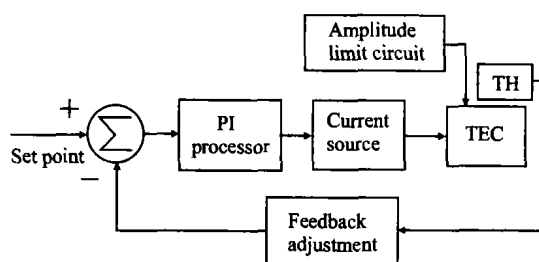


图 4 温度控制模块原理框图

Fig. 4 Functional diagram of temperature controller

温度传感器的精度直接影响温度控制的效果。常用的方法是用电阻桥来取温度的反馈,但这并不是很好的方法,这要求其他两个电阻和电位器的精度越高越好。参考文献[7]中指出恒流源法是一种非常理想的测量方法。本文采用该方法,将热敏电阻串到一个恒流源中,对热敏电阻两端的电压采样,将温度变换为电信号,这种方法提高了热敏电阻的测量精度。

5 单片机控制模块及显示单元

单片机控制模块是驱动电源的核心,本文采用 16 位的日立单片机 H8/532 完成温度、电流或功率的设定,以实现 ACC、APC、AVC 和温度控制的驱动,并且实时对温度、电流、电压或功率进行取样。通过 RS-232C 接口实现与外部的通信,以实现遥测、遥控的功能。图 5 是该模块的原理框图。

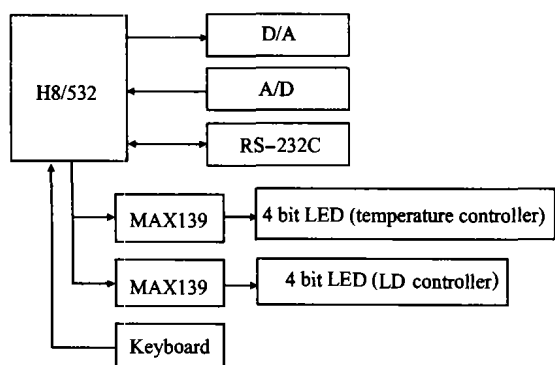


图 5 单片机控制模块原理框图

Fig. 5 Functional diagram of SCM controller

驱动电源有两块显示屏,每块显示屏由 4 位 LED 组成,可以分别显示 LD 驱动模块和温度控制模块的各种参数。利用本身带有三位半 A/D 转换器的 LED 驱动芯片 MAX139 来实现驱动电源的显示单元。这种方法直接输入模拟电路的信号,就可以实现各种参数显示。因此容易实现,结构简单,不占用单片机的资源。

按照模块化思想,整个软件主要包括以下几个模块:初始化模块、键盘程序模块、ROM 工作模块、温控程序模块、驱动程序模块和通信接口模块等。

6 主要技术指标

主要技术指标如下:

- (1) 输入电源 AC100~AC240 V, 50/60 Hz;
- (2) 驱动方式 ACC、APC 和 AVC;
- (3) LD 正向工作电流 I_F 0~2 A, 满量程精度在 $\pm 0.1\%$ 以内;
- (4) LD 驱动电压 V_F 范围 0~6 V;
- (5) 温度控制方式 PI 控制;
- (6) 温度控制范围 0~+50 $^{\circ}\text{C}$, 控制的精度为 0.1 $^{\circ}\text{C}$;
- (7) TEC 最大驱动能力 5 V/2 A;
- (8) 热敏电阻规格 10 K Ω /25 $^{\circ}\text{C}$, $B=3450$ 。

7 结 论

该电源解决了目前电源存在的模式单一问题,实现了多种工作模式的稳定驱动。实验表明,该系统具有稳定度高、抗干扰能力强、使用方便和对 LD 无损害的优点,可以提供快速和准确的 LD 驱动。

此外,这对于实现 SLD 光源的高稳定驱动也有借鉴意义。

参考文献:

- [1] 滕明,闫丽丽译. 选择电源改进激光二极管性能[J]. 红外与激光技术, 1994, 23(4): 58-61.
- [2] 邹文栋,高益庆. 单片机控制的半导体激光驱动电源[J]. 激光杂志, 2002, 23(4): 70-71.
- [3] 刘奎学,尹裕,解澎. 高精度电流、温度控制器在半导体激光器中的应用[J]. 电子工业专用设备, 2002, 31(3): 167-170.
- [4] 史全林,辛德胜,张剑家,等. 连续半导体激光器驱动电源[J]. 长春光学精密机械学院学报, 2001, 24(1): 12-15.
- [5] 陆耀华. 仪器用的高稳定度半导体激光电源[J]. 电子技术, 1994, (6): 5-7.
- [6] 梅遂生. 关于激光二极管的腔面污染和浪涌击穿问题[J]. 激光与红外, 1998, 28(1): 4-6.
- [7] 姚爱琴,马忠亮,孙运强. 热敏电阻测量法的比较研究[J]. 测试技术学报, 2002, 16(1): 59-61.