

# 半导体激光器恒流驱动电路的研制

王忠林, 阎明媚

(滨州学院 物理与电子科学系, 山东 滨州 256603)

**摘要:** 阐述了大功率半导体激光器恒流源的设计方法. 该恒流源采用功率 MOSFET 作电流控制元件, 运用负反馈原理稳定输出电流. 应用结果表明该恒流源对激光器安全可靠, 输出电流的短期稳定度达到  $1 \times 10^{-5}$ .

**关键词:** 半导体激光器; 恒流源; 驱动电路

**中图分类号:** TN 43    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1673-2618(2007)03-0030-03

## 0 引言

激光二极管(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 的性能提出了非常高的要求. 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. 由于半导体激光器是一种高功率密度并具有极高量子效率的器件, 其对于电冲击的承受能力较差, 电流微小的变化将导致光功率输出的极大变化和器件参数(激射波长、噪声性能、模式跳动)的变化, 这些变化直接危及器件的安全使用, 因而在实际应用中驱动电源的性能和安全保护有着很高的要求<sup>[1]</sup>. 在恒流源的设计过程中, 重点考虑了对激光器进行安全有效的保护, 如限流问题、防止浪涌冲击问题、延时软启动问题等<sup>[2]</sup>.

## 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 的输出有直接的影响. 因此, 要求 LD 的电源具有较高的电流稳定度(至少应小于 0.001)和较小的纹波系数, 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<sup>[3]</sup>. 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 1 中可以看出:

(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, 该电流值称为 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

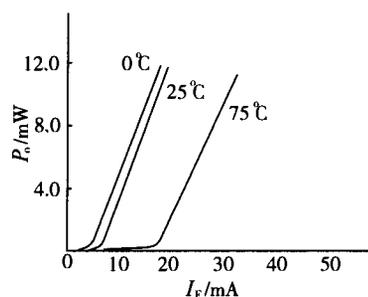


图 1 激光输出功率与驱动电流的关系

收稿日期: 2006-10-20

基金项目: 滨州学院教育研究项目(BZXYJY200515)

第一作者简介: 王忠林(1970—), 男, 山东滨城人, 讲师, 主要从事电子技术研究.

时, LD 输出功率将发生大的变化.

### 1.3 LD 的安全性要求

LD 是昂贵而易损的半导体器件, 其安全性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; 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》, 将浪涌分为静电击穿、正向浪涌击穿和正方向直流破坏 3 类, 浪涌击穿的问题需要驱动电源采取相应的措施来解决<sup>[4]</sup>.

## 2 驱动器的系统组成与工作原理

### 2.1 半导体激光器的驱动技术

半导体激光器主要有 3 种驱动方式: 电流恒定控制 (ACC)、功率恒定控制 (APC) 和电压恒定控制 (AVC).

在 ACC 工作方式中, 通过电流采样反馈为电流驱动单元提供有源控制, 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效果更好.

在 APC 工作方式下, 采用光电探测器 (PD) 接收一小部分激光功率并转化为监测电流, 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. 当激光输出功率受温度等因素影响发生变化时, 该负反馈可控制光功率使其稳定不变.

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, 即可以采用此模式.

另外, 在完成一些特定的工作任务时, 要求 LD 脉冲驱动, 例如: D 参数测试仪在测量管芯时要求电流脉冲输出, 激光测距中也有同样的要求.

### 2.2 恒流源电路

本研究恒流源采用 ACC 工作方式, 系统组成如图 2 所示, 整体设计方案采用深度负反馈控制原理, 直接提供驱动电流的有效控制, 由此获得最低的电流偏差和最高的激光器输出稳定性.

恒流源电路原理如图 3 所示. 整个恒流源由电压基准电路、电压电流转换电路、保护电路、末级电路和显示电路组成. 本研究采用 2.5 V 的电压基准, 该电压基准产生一个稳定的基准电压, 并经过适当地放大后送入运放的同相端, 该运放控制跨导放大器的导通程度, 从而获得相应的输出电流, 输出电流在取样电阻上产生取样电压, 该取样电压经放大后作为反馈电压反馈回电压放大器的反相输入端, 并与同相输入端的电压 (即由电压基准产生并经过前级放大的电压) 进行比较, 对输出电压进行调整, 进而对跨导放大器的输出电流进行调整, 使整个闭环反馈系统处于动态平衡中, 以达到稳定输出电流的目的.

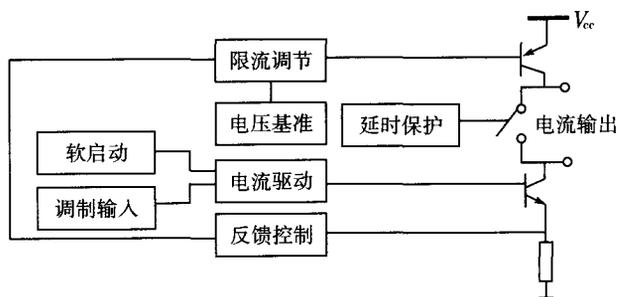


图 2 系统方框图

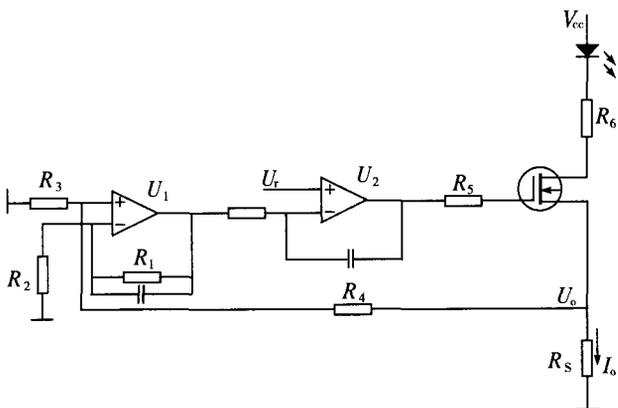


图 3 反馈型恒流源电路图

### 3 保护电路

考虑到半导体激光器的自身特性,保护电路处在一个非常重要的地位<sup>[5]</sup>.保护电路包括限流电路和延时软启动电路.限流电路将输出电流限制在半导体激光器的最大额定电流以内,即使在调控时,限流电路也可防止过驱动.为了在恒流和恒功率 2 种驱动模式切换中电流不会超过设定值,避免损坏激光器,在电路设计时,采用在末极电路中串联 P 沟道耗尽型功率 MOSFET 的方法,把限制电压与从取样电阻反馈回来的比较电压分别加在运放的反相端和同相端共同控制运放的输出,进而控制功率 MOSFET 的导通程度.当限制电压一定时,导通程度一定,从而流过的电流也一定,由于是串联电路,所以流过末极电路的电流得到有效的限制.为了避免开机时瞬态的冲击电流损坏激光器,激光器接入电路的时间须得到控制,因此采用继电器常闭两端分别和激光器两端并联的方法来解决此问题.只要继电器常闭端不断开,激光器的两端被短路就不会立刻工作,而继电器常闭端的断开取决于延时的时间,避免了开机时瞬态冲击电流对激光器的损坏<sup>[6]</sup>.由于激光器对电流十分敏感,需要缓慢地把电流加在激光器两端,这就是通常所说的软启动.

### 4 总 结

本恒流源具有以下主要特点:(1)输出电流 0~5 A 可选.(2)具有 10 V 的最大输出电压.(3)具有优良工作稳定性.(4)能够精确地设置工作电流和限制电流,其中短期稳定度为  $1 \times 10^{-5}$ ,优于国外 Wavelength 公司同类产品.(5)控制电压与输出电流符合正比例的输入输出关系,如脉冲驱动问题(内触发方式),但试用过程中仍发现一些问题,面板指示灯的消隐等问题待进一步的研究.

### 参 考 文 献:

- [1] 滕明.选择电源改进激光二极管性能[J].闫丽丽,译.红外与激光术,1994,23(4):58-261.
- [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] Christian H, Michael H, Georg B. Digital to analog conversion by pulse-count modulation methods [J]. IEEE Trans. Instrum. Meas, 1996, 45(4): 805-813.
- [6] Dorf R C. Modern control system(ninth edition) [J]. Science Press, Pearson Education North Asia Limited, 2002(3): 575-576.

## Research and Design of High-power Semiconductor Laser Diode Driver

WANG Zhong-lin, YAN Ming-mei

(Department of Physics and Electronic Science, Binzhou University, Binzhou 256603, China)

**Abstract:** The design of constant-current supply power for a high-power semiconductor laser diode is described. This constant current power supply uses a power MOSFET as the current control device, and which uses the principle of negative feedback to adjust and stabilize the output current. The practical application indicates that the constant-current power supply is safe and reliable to the laser diode, with the short term stability of output current up to  $1 \times 10^{-5}$ .

**Key words:** semiconductor laser diode; constant-current power supply; drive circuit

(责任编辑:余艳玲)