

文章编号: 1672-2892(2010)04-0441-04

大功率半导体激光器驱动电路

马良柱, 宋志强, 刘统玉, 王 昌, 陈汝波

(山东科学院激光研究所 山东省光纤传感器重点实验室, 山东 济南 250014)

摘要:为实现 30 W 连续掺 Yb 光纤激光器, 设计一种大功率(10 A)半导体激光器(LD)的驱动电路, 该恒流源电路采用功率场效应管作电流控制元件, 运用负反馈原理稳定输出电流, 正向电流 0 A~10 A 连续可调, 纹波峰值为 10 mV, 输出电流的短期稳定度达到 1×10^{-5} , 具有过流保护、防浪涌冲击的功能。实际应用在 30 W 连续掺 Yb 光纤激光器中, 结果表明该驱动电路工作安全可靠。

关键词: 半导体激光器; 驱动电路; 场效应管

中图分类号: TN248

文献标识码: A

Power driving circuit of Laser Diode

MA Liang-zhu, SONG Zhi-qiang, LIU Tong-yu, WANG Chang, CHEN Ru-bo

(Shandong key laboratory of optic fiber sensing, Laser Institute, Shandong Academy of Sciences, Tsinan Shandong 250014, China)

Abstract: This paper introduces a power driving circuit for Laser Diode(LD). It adopts power Metal-Oxide Semiconductor Field Effect Transistor(MOSFET) as adjust device, and apply current negative feedback to ensure constant current output. The output current is a forward current adjustable in 0 A–10 A range with ripple less than 10 mV, whose short-term stability has reached 1×10^{-5} . This circuit also bears functions including maximum current, surge current limitation and slow start. It has been applied as pump source for a Yb doped optic fiber laser, and the experimental results has proved its reliability and safety.

Key words: Laser Diode; driving circuit; Metal-Oxide Semiconductor Field Effect Transistor

半导体激光器(LD)具有尺寸小、重量轻和低电压驱动、直接调制等特点, 还具有高单色性、高相干性、高方向性和准直性的优良特性, 广泛应用于国防、科研、医疗、光通信和光传感等领域^[1]。LD 是一种功率密度较高并具有高量子效率的器件, 微小的电流将导致光功率输出变化和器件参数(如波长、噪声性能、模式跳动)的变化, 驱动电路的任务是为 LD 提供一个低纹波的稳恒电流, 线性恒流源驱动电路结构简单, 元器件少, 工作稳定, 不易失效, 无高频开关噪声干扰, 缺点在于 MOSFET 和工作电压工作于线性区, 热损耗较大, 实际使用时须加装散热器。

1 驱动电路的组成

LD 是依靠载流子直接注入而工作的器件, 注入电流的稳定性对激光器的输出有直接影响。工作温度的变化同样影响 LD 的输出波长、阈值电流和输出光功率等参数。浪涌冲击、静电击穿、正向过流等因素都容易损坏激光器。LD 驱动电路的任务是为 LD 提供一个纹波小, 毛刺少的稳恒电流, 同时需要考虑 LD 的工作安全性^[1]。LD 的驱动电路是一个带保护功能的串联式恒流源电路, 结构见图 1, 它包括 5 个部分:

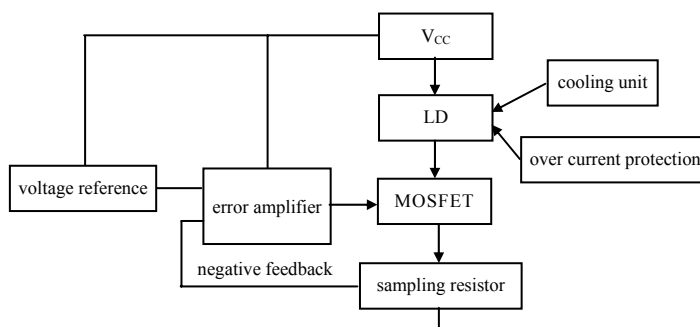


Fig.1 Block diagram of driving circuit
图 1 驱动电路结构框图

收稿日期: 2009-10-21; 修回日期: 2010-03-21

基金项目: 山东省科技攻关项目“大功率光纤激光器工程化(20080102)”

基准电压、误差放大器(Error Amplifier, EA)、LD 回路、过流保护单元和制冷单元。

1.1 基准电压

基准电压的作用是为误差放大器(EA)提供高精密度、低温漂的电压参考。TL431 作为电压参考,利用集成电路具有温度漂移极小和电压精密度高的特点,性价比高。设定其工作电流为 5 mA,提供 2.5 V 的电压基准,然后通过电阻分压的方式送误差放大器同相端^[2]。

1.2 误差放大器

EA 作用是驱动 MOSFET,使流经负载的电流为一个稳恒电流,误差放大器选用单电源工作的通用型运放^[3],补偿环节由 RC 单极点网络构成,1 k Ω 电阻和 1 μ F 电容构成串联 RC,有选频作用,会使反馈变慢,增加系统的稳定性,误差放大器直流增益为运放开环增益,反相端电压跟随同相端电压,同时反相端输入取样自 LD 电流回路,形成闭环负反馈控制^[4]。

1.3 LD 电流回路

LD 电流回路是指从电源流经负载、调整管和取样电阻的回路,见图 2,不同于 EA 和电压参考部分的是此回路电流大(10 A),且要求电流毛刺少和连续可调,电源经过蓝绿环形铁粉芯电感滤波后到 LD,然后经调整管漏极 D 和源极 S 经取样电阻到地。为减小热损耗,在保证极间反压足够的情况下,尽量选择导通电阻小的管子。在回路电流较大的情况下,可采用多只管子并联均流的方法^[5],由于 MOSFET 具有正温度系数,可以自动均衡电流,不会产生过热点,采用多只 MOSFET 并联的方法可以减小失效的几率,同时减小 MOSFET 工作时的电流应力和热损耗^[6]。取样电阻应选择功率大,精密度高,阻值小的电阻。在此电路中,MOSFET 选用 IRF3205,取样电阻为 0.1 Ω /10 W。

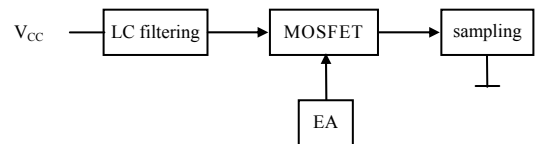


Fig.2 LD branch diagram
图 2 LD 回路示意

1.4 过流保护单元

过流保护单元的作用是当监测到 LD 回路电流大于一定值时,启动将 LD 回路电流减小为零,防止因调整管击穿或其他原因造成的 LD 回路电流超限,以保证激光器安全工作。它的组成有多种形式,本文介绍一种利用继电器互锁原理工作的过流保护电路,见图 3。它由电压比较器和三极管及 1 个 2 组触点的继电器组成,反相端参考电压设定保护门槛电流,在此设置为 1 V,即 LD 回路电流大于 10 A 时保护单元开始动作,过流之后比较器输出高电平,第 1 组触点动作使得调整管栅极不再有驱动电压以致关断,LD 回路电流降为零,第 2 组触点动作后动触点连接到地,将第 1 组触点的状态锁住,防止电压比较器输出电平变低带来的振荡现象。排查完故障后,通过闭合常闭开关 K 恢复电路的正常工作^[7]。

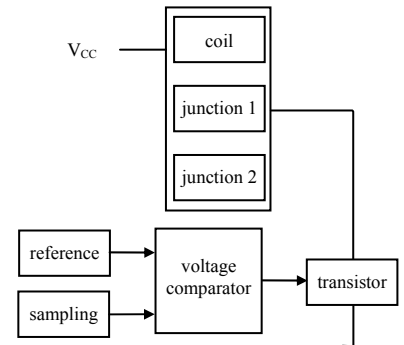


Fig.3 Over current protection circuit
图 3 过流保护单元

1.5 制冷单元

半导体激光器发光效率与温度密切相关,温度升高时效率降低,导致发光功率进一步下降,效率下降又导致温度再升高,因此制冷部分是必要的。由于本实验关心的是泵浦功率的大小,所以采用结构简单的单向制冷电路即可,结构见图 4,当 LD 管芯温度超限时开始制冷,制冷温度设定在 25 $^{\circ}$ C。

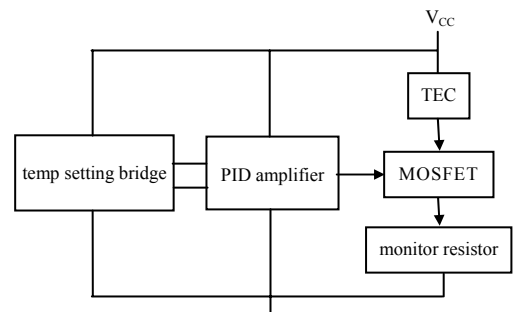


Fig.4 LD cooling unit
图 4 LD 制冷单元

2 实验

本实验中 LD 为 BOOKHAM 公司的 BMU8-915-02-R,它作为某一掺 Yb 光纤激光器的泵浦源,其 $U-I$ 特性见图 5,阈值电流为 500 mA,正向极限电流为 11 A,由 $U-I$ 曲线可知动态内阻约为 0.22 Ω ,电源采用 15 V/150 W 开关电源,空载纹波峰值为 20 mV。

2.1 单只 LD 驱动

单只 LD 驱动电路采用 5 V 和 12 V 双组输出的电源供电, 其中误差放大器供电电压采用 12 V。LD 回路和制冷单元采用 5 V 供电, 鉴于恒流源电路的调整管功耗较高, 工作时加装 100 mm × 65 mm × 20 mm 铝散热器一块。驱动电路实物见图 6, 可实现驱动电流 0 A~10 A 平稳连续可调, 纹波 $V_{p-p} \leq 20$ mV, 调整参考电压可以调整负载电流, 强制风冷方式使 LD 工作温度不超过 40℃, 实测单只 LD 的 $P-I$ 曲线见图 7, 排除温度因素与出厂测试报告基本一致, 说明本驱动电路安全可用, 负载电流纹波见图 8。

2.2 多只 LD 驱动

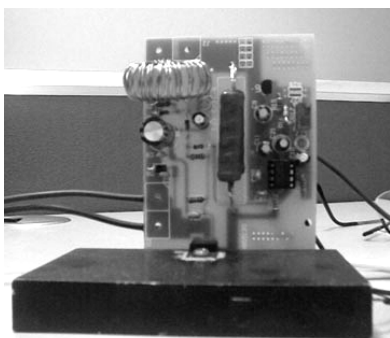


Fig.6 Fabricated driving circuit
图 6 驱动电路实物图

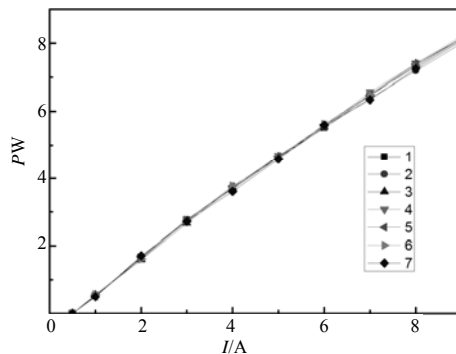


Fig.7 $P-I$ curve of single LD
图 7 单只 LD $P-I$ 曲线

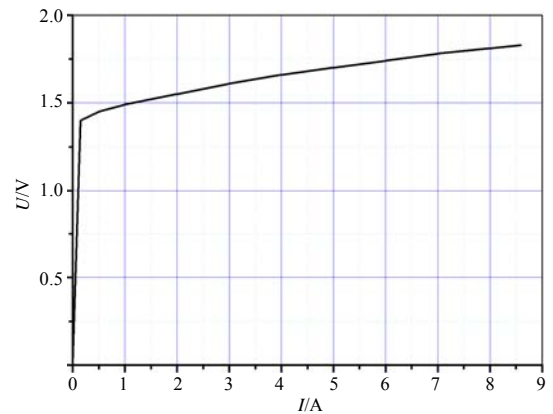


Fig.5 $U-I$ curve of LD
图 5 LD 的 $U-I$ 特性曲线

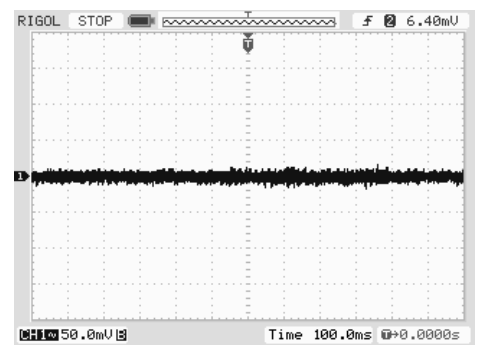


Fig.8 Printscreen of LD current ripple
图 8 LD 电流纹波照片

实验了 7 只 LD 的串联驱动, 采用 15 V/150 W 单输出的电源供电, 实验所得结果与单只相同, 7 只 LD 串联驱动的 $P-I$ 曲线与预测基本吻合, 输出功率在 9.5 A 驱动电流下在光纤合束器输出端可达 61 W。

2.3 应注意的问题

- 1) LD 两端反并肖特基二极管钳位电压, 防止反向尖峰电压损坏 LD 管芯, 同时并联小容量瓷片电容防止高频电流毛刺损坏管芯;
- 2) 在多只 LD 串联驱动时, 须防止 EA 输出过高导致 MOSFET 完全导通而使电路失去恒流的功能^[8]。

3 结论

本文介绍了一种大功率 LD 线性驱动电路, 该恒流源电路采用功率 MOSFET 作电流控制元件, 运用负反馈原理稳定输出电流。该电路实际应用于 30 W 掺 Yb 光纤激光器的泵浦源, 最终在 1 064 nm 处得到 31 W 的光功率输出, 光功率波动小于 1%, 表明此驱动电路工作稳定可靠。

致谢: 感谢电源网友 xzsrs 和 qs7785yj 给予的指点和帮助!

参考文献:

- [1] 王玉田, 王莉田, 郭增军, 等. 光电子学与光纤传感技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 2003.
- [2] 张占松, 蔡宣三. 开关电源的原理与设计[M]. 北京: 电子工业出版社, 2004.
- [3] 容格. 集成运算放大器应用手册[M]. 北京: 世界图书出版社, 1990.
- [4] 杨素行. 模拟电子技术基础[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [5] 高继坤, 杨焕明. 运算放大器应用电路的分析[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 1989.
- [6] 马良柱, 常军, 刘统玉. 基于光纤耦合器的声发射传感器[J]. 应用光学, 2008, 29(6): 990-994.
- [7] Marty Brown. 开关电源指南[M]. 北京: 机械工业出版社, 2002.
- [8] 马良柱, 霍佃恒. 半导体 DFB 激光器温控电路[J]. 信息与电子工程, 2009, 7(5): 443-446.