

光纤激光器泵浦源驱动电路的设计

王雪丽,刘 锋,娄小平,张荫民

(北京信息科技大学 光电信息与仪器北京市工程研究中心,北京 100192)

摘 要:根据通信用光纤激光器泵浦源的要求,结合半导体激光器的特性,设计了一款高性能、低成本的激光器驱动电路(包括恒流电路、控制电路和保护电路)。恒流电路采用达林顿管作为调整管,利用集成运放的深度负反馈实现恒流输出。经实验验证,本设计系统恒流源稳定度达0.03%,纹波较小,可实现对光纤激光器泵浦源激光二极管(LD)的驱动。

关键词:光纤激光器;泵浦源;驱动电路;半导体激光器;恒流源

中图分类号:TN384

文献标识码:A

The Design of Driving Circuit for Pumping Fiber Laser Diode

WANG Xueli, LIU Feng, LOU Xiaoping, ZHANG Yinmin

(Beijing Engineering Research Center of Optoelectronic Information and Instrument, Beijing Information Science & Technology University, Beijing 100192, China)

Abstract: According to the demand of fiber laser pumping source for communication, and combining the characteristics of Laser Diode, a driving circuit with high performance and low cost is designed, which is composed of constant current circuit, control circuit and protection circuit. The constant current circuit uses a Darlington transistor as an adjuster, and the deep negative feedback state of integrated operational amplifier to realize constant current output. The experiment results prove that the system has the current stability of 0.03% with small ripple, and can realize the driving of LD for pumping fiber laser.

Key words: fiber laser diode; pump source; driving circuit; laser diode; constant current source

0 引言

光纤激光器以其结构简单紧凑,体积小,工作稳定可靠,易于集成等特点,一直是固体激光技术实用化的最佳选择。光纤激光除在科研、工业加工和医疗保健等领域应用广泛外,也广泛应用于军事国防领域^[1]。泵浦源为激光工作介质达到粒子束反转提供外界能源,半导体激光器泵浦的光纤激光器具有可用于光纤传输的近红外波长,峰值功率高,热光畸变小,使用寿命长,光束质量好,结构简单等优点。激光二极管(LD)是依靠载流子直接注入工作,驱动电流的稳定度对LD的输出有直接影响^[2],另外,LD对电流冲击的承受能力较差,瞬间浪涌会改变器件的参数,危及器件的安全使用。

为满足半导体激光器对输出激光稳定性的要求,世界各国都在努力提高半导体激光器驱动器的性能,美、英等国成绩较突出,生产的驱动器稳定度

达百万数量级,且实现了商品化。国内在该领域的研究起步较晚,驱动电流的稳定度在0.1%左右,有些技术指标也难以达到要求。因此,对半导体激光器驱动电源的研究有重要的意义。

1 系统整体结构

恒流源的基本作用是消除或削弱电源电压、负载电阻和环境温度变化对输出电流的影响。根据实际应用的不同,可采用不同类型的恒流源电路。按照调整方式的不同,恒流源可分为直接调整型恒流源和间接调整型恒流源。本系统采用间接调整型恒流源,LD恒流驱动系统结构如图1所示。单片机设置的参数经D/A转换,将模拟数值传给集成运放的正相输入端,0.1%的精密采样电阻反馈电流到集成运放的反相输入端,利用集成运放的深度负反馈工作状态调整达林顿管的输入电压,使其工作在线性放大区。因半导体激光器是易损器件^[3],还需

收稿日期:2014-06-04

基金项目:教育部“长江学者与创新团队”发展计划基金资助项目(IRT1212);北京市属高等学校创新团队发展计划基金资助项目(IDHT20130518)

作者简介:王雪丽(1986-),女,山东烟台人,硕士生,主要从事激光器泵浦源驱动方面的研究。

设计相应的保护电路。

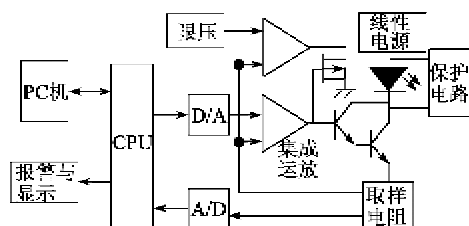


图 1 系统结构框图

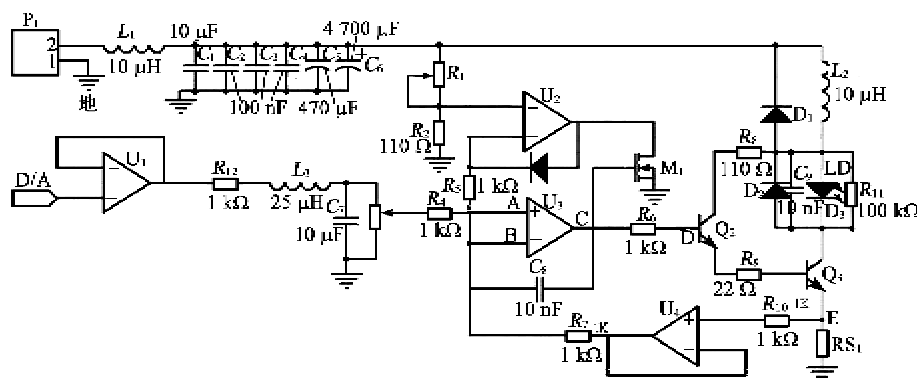


图 2 恒流电路原理图

恒流电路由三极管 Q_2 和高频功率放大器 Q_3 组成复合管进行电流放大, 采样电阻 R_{S1} 采用 1% 精度的 $1\ \Omega$ 高精度无感电阻, 连接到 Q_3 的发射级, 对电流进行采样反馈到集成运放 U_3 的反相输入端, 与正相输入端 D/A 转换后的设定电压经差分放大, 动态调整输出波动较小的恒流。跟随器 U_4 的作用是防止共用端的负载加在反馈网络上。激光器 LD 串联在调整管 Q_3 的集电极, 通过控制复合管的基极电压达到控制 LD 驱动电流的目的。

对电路进行分析可知,理想情况下,输出电流 I_{out} 与输入电压 V_{in} 成线性关系。设 Q_2 的放大倍数为 β_2 , Q_3 的放大倍数为 β_3 , 由基尔霍夫电流及电压定律可得电路的直流特性方程组:

$$\begin{cases} V_E = (1 + \beta_2 \beta_3) I_D R_{S1} \\ V_C = A_{U_3} (V_\Lambda - V_R) \\ V_D = V_C + I_D R_6 \\ V_{DE} = V_{BE2} + V_{BE3} \\ V_F = V_R \end{cases} \quad (1)$$

式中: V_E 为图 2 中 E 点的电压; I_D 为流入激光器 LD 的电流; V_C 为图 2 中 C 点的电压; V_{DE} 为 DE 两点的电压; V_{BE2} , V_{BE3} 分别为三极管 Q_2 , Q_3 基极发射级两端的电压值; A_{U_3} 为运放 U_3 放大倍数。

根据器件选型, $\beta_2 = 120$, $\beta_3 = 140$, $R_{S1} = 1 \Omega$, $A_{U_3} = 10^5$, 电阻 R_6 上的压降可忽略, 则将参数代入式(1)可得

2 驱动电路设计与分析

2.1 恒流电路

半导体激光器对电流要求严格,如承受的
正向电流超出了其允许最大电流值,其可能受损伤或立即失效,反复多次后性能逐渐下降。所以,恒流驱动方式必须是低噪声、纹波较小的恒流电路。电路原理如图 2 所示。该电路的供电电源为 AC/DC 经 LM7805 稳压后的输出电压。

$$\begin{cases} V_E = (1 + 1.68 \times 10^4) I_D \approx 1.68 \times 10^4 I_D \\ V_D = 10^5 (V_A - V_E) + I_D R_6 \approx 10^5 (V_A - V_E) \quad (2) \\ V_{DE} \approx 1.4 \text{ (V)} \end{cases}$$

理论计算可知, LD 驱动电流与输入控制电压基本成线性关系, 即 $I_{LD} = \beta V_{D/A}$, 且由式(1)可看出, 电流的稳定性与器件的特性、输入电压稳定性等有关^[4]。

2.2 保护电路

由于目前半导体激光器受设计、材料及工艺等方面的限制,在实际使用过程中器件易损坏。经器件分析和实验研究表明,半导体激光器易损的主要原因是供电电源在设计、制作等方面存在问题。因此设计过程中必须考虑驱动电源能否有效保证 LD 的安全。

半导体激光器的核心是 PN 结,它如果承受反向过电压,会被击穿损坏,图 2 中二极管 D_2 起分流作用,可防止反向浪涌击穿激光器^[5]; C_9 为一滤波电容,可消除浪涌冲击;电阻 R_{11} 用于在激光器不工作时防止积累的静电击穿激光器。当半导体激光器用市电供电时,有其他设备与之并联在同一电网上,这时会有高频冲击电流产生, C_6 、 L_2 等可防止电流的瞬间突变,有慢启动作用。另外,如果激光器承受的正向电流超出了其允许最大电流值,其性能受到影响,发光暗淡,无法正常使用,甚至激光器可能立

即烧毁,所以还需设计过载保护电路,常用过压保护和过流保护,图2中 U_2 、 M_1 、 D_4 、 R_1 、 R_2 、 R_5 构成了过压保护电路。

3 实验结果及讨论

本文中对型号LC69A76P的激光器进行驱动实验,设定电位器 R_3 为4 kW,如果要得到400 mA的驱动电流,则单片机送出的驱动电压为1.4 V。系统采用+5V供电,调节输入驱动电压,用示波器测量复合管输入基级电压,如图3所示,延迟时间约500 ms,能消除突然开关造成的电流突变对激光器的损坏。电流稳定度测量采用安捷伦生产的1147B Current Probe,图4为400 mA驱动电流时测得的20倍驱动电流的AC波形,另外,在测量过程中需加一定的散热措施,避免温度过高对激光器泵浦电流稳定度造成的影响。

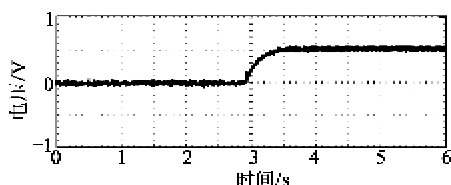


图3 慢启动波形图

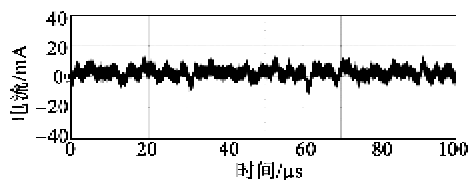


图4 电流稳定度测量图

驱动电流的稳定度^[6]为测量值的标准差与平均值的比值。交流模式下测量的数值如表1所示。

表1 稳定度测量数据

时间/ms	电压/mV	时间/ms	电压/mV
1	-1.25	31	5.00
3	-2.50	33	6.25
5	-3.75	35	6.25
7	-2.50	37	1.25
9	1.25	39	2.50
11	0	41	1.25
13	0	43	5.00
15	2.50	45	1.25
17	-1.25	47	5.00
19	3.75	49	2.50
21	2.50	51	5.00
23	1.25	53	5.00
25	7.50	55	5.00
27	5.00	57	5.00
29	3.75	59	0

根据测量数据计算得驱动电流的短期稳定度为0.036%，稳定度较高,能够驱动激光器正常工作。驱动系统实物如图5所示。

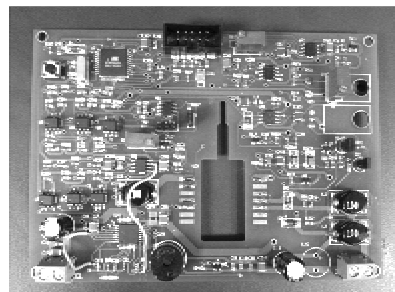


图5 驱动系统实物图

4 结束语

本文设计的半导体激光器驱动电路具有慢启动、过流保护及防浪涌保护等功能,经实验验证,该电路稳流效果较好,能驱动中小型功率激光器工作,且可应用到激光通信及激光测距等领域。

参考文献:

- [1] 赵尚弘,占生宝,石磊.高功率光纤激光技术[M].北京:科学出版社,2009.
- [2] 许文海,杨明伟,唐文彦.多功能半导体激光器驱动电源的研制[J].红外与激光工程,2004,33(5):465-468.
XU Wenhai, YANG Mingwei, TANG Wenyan. Development of multifunctional laser diode driver[J]. Infrared and Laser Engineering, 2004, 33(5):465-468.
- [3] 孙梅生,卢威,徐小鹏.浪涌对半导体激光器的危害与消除方法[J].四川激光,2002,23(6):18-19.
SUN Meisheng, LU Wei, XU Xiaopeng. The damage and eliminating methods of surge for semiconductor lasers[J]. Laser Journal, 2002, 23(6):18-19.
- [4] 廖平,莫少武.用于光纤测量的1 310 nm/1 550 nm半导体激光驱动电源[J].激光技术,2013,37(4):541-546.
LIAO Ping, MO Shaowu. The 1 310 nm/1 550 nm laser diode driving power for optical fiber measurement[J]. Laser Technology, 2013, 37(4):541-546.
- [5] 王小雨,党敬民,王一丁.基于FPGA的激光器驱动电路的设计[J].电子测试,2013(6):6-7.
WANG Xiaoyu, DANG Jingmin, WANG Yiding. The design of driving circuit of LD based on FPGA[J]. Electronic Testing, 2013(6):6-7.
- [6] 邓军.半导体激光器驱动模式与可靠性研究[D].长春:吉林大学,2008.