

· 电路与控制 ·

调制型半导体激光器驱动电路设计

张 超

(太原理工大学新型传感器与智能控制重点实验室, 山西 太原 030024)

摘 要: 半导体激光器以体积小、质量轻、驱动功率和电流较低、效率高、工作寿命长、可直接调制、易于与各种光电子器件实现光电子集成及与半导体制造技术兼容、可大批量生产等特点得到了广泛的研究与应用, 研究和改进激光器驱动电路具有重要的意义。小功率可调谐半导体激光器对驱动电流有很高的要求, 驱动电流的微小变化将直接导致其输出光强的波动。为实现半导体激光器的稳定功率输出, 基于电流负反馈原理设计包含慢启动和限流保护电路的恒流驱动电路。在电路设计中尽可能利用简单的器件和设计起到改善激光器正常工作的目的。在调制过程中分别利用运放与三极管的不同特性设计出了低频低失真和高频开关调制电路。利用两级放大负反馈原理进行反馈电流的调整, 降低闭环带宽, 增强了闭环负反馈的稳定性。

关键词: 半导体激光器; 驱动电路; 恒流源

中图分类号: TN710.6

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2013)-06-0071-03

Drive Circuit Design of Modulation Semiconductor Laser

ZHANG Chao

(Key Laboratory of New Sensor and Intelligence Control, Taiyuan Science and Technology University, Taiyuan 030024, China)

Abstract: Semiconductor laser is widely researched and applied with the characteristics of small size, light weight, low drive power and current, high efficiency, long operation life, being directly modulated, easy to be integrated with optoelectronic devices, being compatible with semiconductor fabrication technologies and mass-produced. Researching and improving laser driving circuits have great significance. Small power tunable semiconductor laser has particularly high requirements on driving current, small changes in the driving current will directly lead to the fluctuations of output light intensity. In order to achieve a stable output power for semiconductor laser, a constant current driving circuit containing slow start and current limit protection circuits is designed based on current negative feedback principle. In the circuit design, simple devices and design are used as possible to improve the normal operation of lasers. In modulation process, low-frequency distortion and high-frequency switching modulation circuits are designed based on the different characteristics of amplifiers and triode respectively. The feedback current is modulated based on the principle of two amplification negative feedback. The bandwidth of closed-loop is lowered and the stability of closed-loop negative feedback is enhanced.

Key words: semiconductor laser; drive circuit; constant current

半导体激光器是理想的电子-光子直接转换器件, 有很高的量子效率, 微小的电流变化都将导致其输出光强的很大变化, 驱动电源的技术指标及质量直接关系到激光输出功率、效率和寿命^[1]。不符合要求的驱动电源会导致激光器的性能急剧恶化乃至失

效^[2], 因此, 作为半导体激光器对电源的要求较高。

(1) 半导体激光器是依靠载流子直接注入而工作的, 注入电流的稳定性对激光器的输出有直接、明显的影响。因此, 要求半导体激光器电源是恒流源, 具备很高的电流稳定度和很小的纹波系数, 否则会

直接影响激光器激光输出功率、波长等的稳定性。

(2) 半导体激光器作为一种结型器件,对电流冲击的承受能力很差。因此,半导体激光电源中必须有特殊的抗电流冲击措施和保护电路,具有较高的抗干扰能力和抑制瞬态电流或电压尖峰措施。

(3) 对纹波系数要求有特殊要求,能有效抑制谐波干扰和减小电网污染。

半导体激光器的驱动技术通常采用电流恒定控制(ACC)、功率恒定控制(APC)和电压恒定控制(AVC)^[3-4],在此工作模式下,通过负反馈原理控制回路,直接提供驱动电流的有效控制。此外,瞬态的电流或电压尖峰脉冲,以及过流、过压都会损坏半导体激光器^[5],因此驱动电路中还应考虑特殊的抗电流冲击措施和保护电路。

基于电流负反馈原理设计了包含调制电路、慢启动电路、保护电路和恒流源的驱动电路。利用运算放大器在交流和直流电压的驱动下对驱动电路加载低频调制信号,降低非线性失真;利用三极管的频带及开关特性对激光器加载高频开关调制信号,使激光器能够在不同调制信号下工作,达到对激光器

的调制目的。经过试验验证反馈电阻的反馈电流漂移在0.1 mA左右,达到了很好的调整目的。

1 调制型半导体激光器驱动电路原理

图1所示为电路原理框图,半导体激光器驱动调制电路由四部分组成,包括恒流电路、慢启动、保护和调制信号产生电路。恒流电路产生高稳定度驱动电流。慢启动的作用是消除电路中可能存在的浪涌,防止浪涌对激光器的危害。为避免由于过流等因素引起半导体激光器不可恢复的损坏,则在驱动电路中加入限流保护。调制信号产生电路实现调制和频率可调。

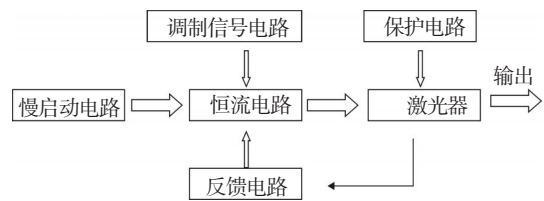


图1 整体电路设计框图

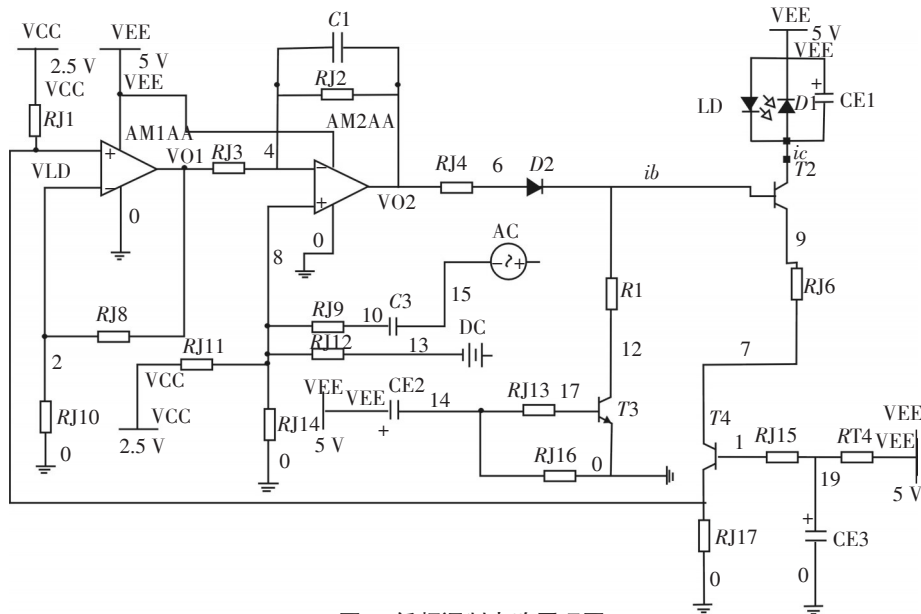


图2 低频调制电路原理图

如图2所示为低频调制电路原理图。利用运算放大器在电路中通过低频信号可以有效降低非线性失真的特性,设计低频调制电路,通过把交流、直流信号配比后来驱动半导体激光器。

在图3为高频开关调制电路图。利用三极管在饱和状态下导通和截止状态下切断的特性,设计半导体激光器的高频调制电路。当三极管的基极电压

为0 V时,三极管处于截止状态,集电极没有电流通过,当三极管的基极电压为5 V时,三极管处于饱和状态,此时通过激光器的电流要分一部分通过三极管的集电极,随着三极管状态的不断变化,使集电极的电流不断发生变化,最终表现在通过LD的电流发生变化。而三极管基极的电压变化由电阻右端的外接输入电路来调整。

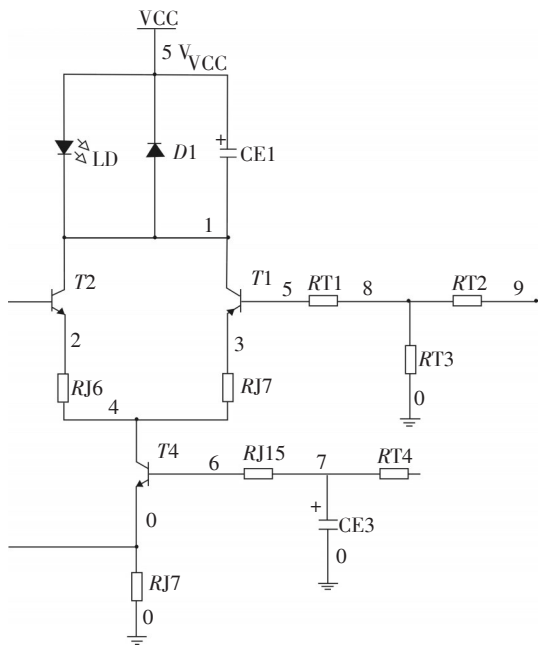


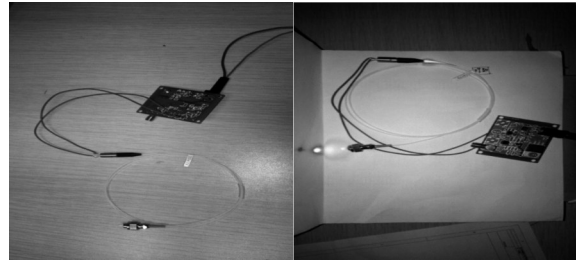
图3 高频开关调制电路图

由于三极管的频带较宽,同时在低频条件下非线性失真较大,所以互补了运算放大器在高频条件下无法实现理想调制的缺点,综合考虑为激光器设计出一种在高频条件下利用三极管的开关特性的高

频开关调制电路。

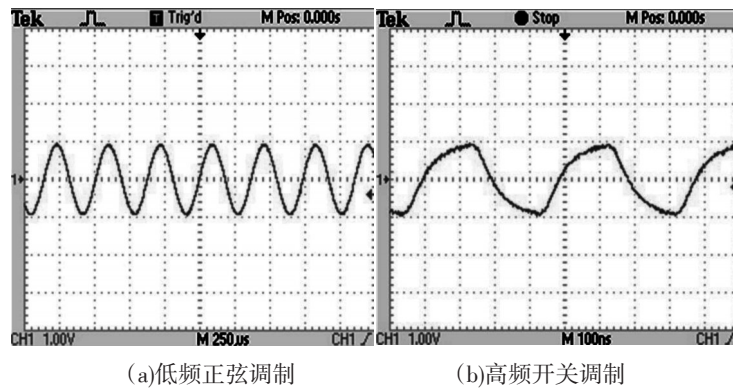
2 系统性能测试

图4为实际作出的激光器驱动电路实物图,所用激光器为带多模光纤耦合输出的可见光635 nm半导体激光器,工作电流为50 mA,在未加调制时激光器输出光功率稳定,表明电路设计合理。



(a)点亮前 (b)点亮后
图4 实际作出的激光器驱动(点亮前后)

图5所示为在调制时光电探测器探测的激光器输出光强信号。当用低频正弦调制激光器时,激光器输出光强也正弦变化,而且失真较小。当用高频开关调制激光器时激光器输出光强开关变化,但是存在高频失真。



(a)低频正弦调制 (b)高频开关调制
图5 在调制时光电探测器探测的激光器输出光强信号

表1 反馈电压表

时间/min	1	2	3	4	5	6	10	15	20
电压/mV	50.7	50.8	50.9	50.9	50.9	51.0	50.9	51.0	51.0

表1是通过观察反馈电阻(阻值为1 Ω)的电压变化,可以得到反馈电压的漂移范围在0.1 mV 范围内,通过反馈电阻的电流漂移就在0.1 mA 范围内,使反馈的电流能够在很好的范围内稳定。

3 结论

基于电流负反馈原理设计了包含调制电路、慢启动电路、保护电路和恒流源的驱动电路。利用运

(下转第96页)

得到上图。其最短持续时间明显变短,这与输入数据的数据速率是一致的^[10]。

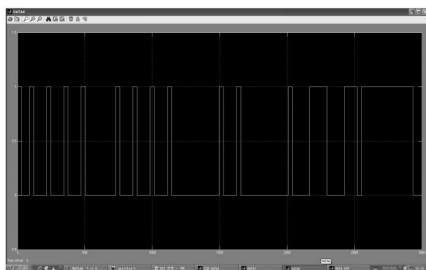


图18 Q路信息

(9)完整的解调数据输出如图19所示。

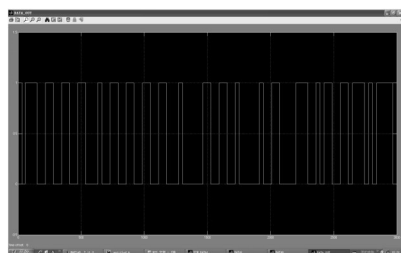


图19 完整的解调结果

得到该结果后即可与信源进行对比,如果与信源输出一致则证明调制程序是功能正确的。

4 结 论

Matlab/Simulink 与 Modelsim 之间的接口进行仿真可以由 Simulink 模型来生成激励信号,减少了人工

书写测试代码的工作。由于 Simulink 可以方便地搭建各种模型实现特定的算法,利用该特点可以方便地搭建起 HDL 算法中的逆向算法模型。如果能够得到与输入端一致的结果,那么就可以证明 HDL 程序的算法与预期一致。这样有利于提高验证效率,减少了人为失误在验证过程中的影响。

参考文献

- [1] 夏宇闻,胡燕祥,等. Verilog HDL 数字设计与综合[M]. 2版. 北京:电子工业出版社,2007.
- [2] EDA 先锋工作室,王诚,吴继华,范丽珍,等. Ahera HbA / CPLD 设计(基础篇)[M]. 北京:人民邮电出版社,2007.
- [3] 栗芬环. Matlab 和 Modelsim 数字前端设计、仿真验证平台 [C]// 2009.
- [4] 夏宇闻.Verilog 数字系统设计教程[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2008.
- [5] 王一海. 基于 MATLAB 和 ModelSim 的软件无线电课程实验设计[J]. 2011, 30(2).
- [6] IEEE Std 1588-2008. IEEE Standard for a Precision Clock Synchronization Protocol for Networked Measurement and Control Systems[S]. 2008.
- [7] 颜运强,吕高焕. VHDL 元件的 Simulink/Modelsim 功能测试方法[J]. 2009.
- [8] 胡军强,李津生,洪佩琳. 基于 Modelsim FLI 接口的 FPGA 仿真技术[J]. 2002.
- [9] 王诚,薛小刚,钟信潮. XILINX ISE 使用详解[M]. 北京:人民邮电出版社,2005.
- [10] 刘皖,何道君,谭明.FPGA 设计与应用[M]. 北京:清华大学出版社,2006.

(上接第73页)

算放大器在交流和直流电压的驱动下对驱动电路加载低频调制信号,降低非线性失真;利用三极管的频带及开关特性对激光器加载高频开关调制信号,使激光器能够在不同调制信号下工作,达到对激光器的调制目的。经过试验验证反馈电阻的反馈电流漂移在 0.1 mA 左右,达到了很好的调整目的。

参考文献

- [1] 黄德修. 半导体激光器及其应用[M]. 北京:国防工业出版社,1999.
- [2] 闫战强,梁勇. 一种小功率高稳定半导体激光器可调驱动电源[J]. 激光与红外,2007,37(11):1178-1180.
- [3] 刘澄. 半导体激光器稳功率脉冲电源设计[J]. 半导体光电,2004,25(3):235-237.

- [4] 肖慧荣,邹文栋,伏燕军. 大功率半导体激光驱动电源的研制[J]. 激光杂志,2005,26(4):38-39.
- [5] 陈伟,蔡迎波,孙峰. 大功率半导体激光器驱动电源保护电路设计[J]. 光学与光电技术,2008,6(6):68-74.
- [6] 汪雨玲. 恒流源系统实验研究与设计[D]. 长春:吉林大学,2006.
- [7] 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).
- [8] FOX R, WAL TMAN, S HOLLBERGL, et al. Precision spectroscopy, diode lasers, and optical frequency measurement technology[M]. Washington: Government Printing Office, 1998.
- [9] Marc Thompson, Martin Schlecht. High power laser diode driver based on power converter technology[J]. IEEE TRANSACTION ON POWER ELECTRONICS, 1997.