

外腔半导体激光器用恒流源电路设计与实现*

金 杰 李建功 张建伟 颜 祺

(天津大学电子信息工程学院, 天津 300072)

摘 要 由于外腔半导体激光器系统中的核心部分——激光器受外界环境影响较大, 在装配或工作中极易受到电压、电流和静电荷的影响而损坏. 为减少由于电路不稳定产生的激光器损坏, 在借鉴各种传统的恒流源电路实现方式的基础上, 运用反馈恒流原理, 慢启动慢关闭原理, 利用场效应管特性, 给出一种高精度恒流电路实现方式. 将此电路直接运用于中心波长 1550 nm 激光器作为驱动电路, 工作稳定、输出电流受负载影响很小且输出准确度达到同行业先进水平. 电流稳定达到 0.01% 以上. 此电路实现方式简单, 实用性较强, 对整个电路做出了实验仿真和测试, 很好地解决了由于驱动电流不稳造成的激光器损坏的问题.

关键词 半导体激光器; 外腔; 恒流源; 慢启动; 慢关闭

中图分类号 TN242 **文献标识码** A

0 引言

可调谐半导体激光器具有光谱纯度高、波长覆盖范围广、结构紧凑、效率高、成本低、可靠性好、使用方便和易于集成等突出特点. 90 年代以来, 已在光纤通信、光外差传感、高分辨率光谱测量及生物学等诸多领域有了广泛的应用^[1,2].

本文中运用精密运算放大器和小电流三极管接成反馈式恒流电路, 提供高精度激光器的恒流驱动源. 并且设计有保护电路, 实现防浪涌、慢启动、慢关闭功能, 以及激光管的截止电流保护功能, 在实现驱动激光器同时实现了对其保护.

1 恒定电流原理与电路设计

整个可调谐半导体激光器核心部分为高精度的半导体激光管, 然而激光管是对温度敏感, 随外界环境变化波动的部件, 需要有准确度很高的恒流驱动电源进行控制. 现今常用的半导体激光设备工作用恒流源主要应用场效应管的导通特性^[3]以及晶体管的对称连接镜像恒流原理来实现. 本设计中运用精密运算放大器和小电流三极管接成反馈式恒流电路, 提供高精度激光器的恒流驱动源.

实现恒定电流驱动主要有两类: 负载取样反馈恒流原理和晶体管对称连接镜像恒流原理.

图 1 为负载反馈恒流原理图, 采用高精密运算放大器, 将取样信号与给定信号进行差值比较后的信号对负载进行控制, 可以得到随负载变化很小的驱动电流.

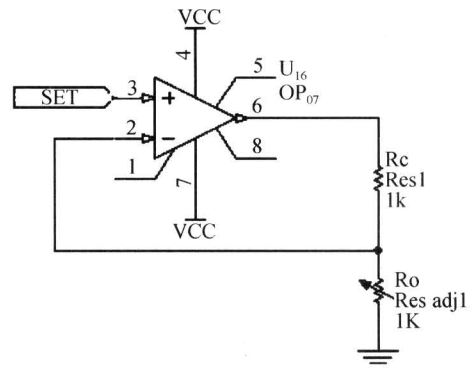


图 1 负载取样反馈恒流原理图

Fig. 1 Feedback constant current principle circuit

对称连接镜像恒流原理^[4], 是利用特性类似的两个晶体管 T_1 、 T_2 按照图 2 原理图示意连接, 两个晶体管的集电极电流相同. 通过控制 T_1 的集电极电流可以控制 T_2 集电极上负载的电流. 达到恒流的目的.

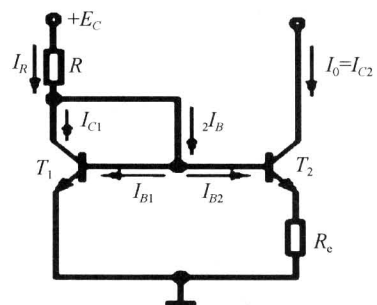


图 2 晶体管对称连接恒流原理图

Fig. 2 Symmetrical connecting transistor constant current principle circuit

通过实验测试比较^[3], 两种实现方式中, 镜像恒流方式的被控制恒定电流漂移较大, 由于输出恒流随 T_1 端的可控电阻 R 的要求较高, E_c 的电压的稳定度要求较高, 随负载变化恒定电流波动较大. 本方案借鉴负载取样反馈恒流原理, 利用三极管的输

* 天津自然科学基金 (No. 033800211) 资助

Tel: 022-27402798 Email: jin.jie@you.com

收稿日期: 2005-07-07

出线性特性,如图 3, $I_c \approx I_e$, 集电极接负载, 通过射极端连接采样电阻, 反馈取样信号给高精度运放反向端, 与给定信号比较后输出给三极管基极进行调整. 通过 Protel 仿真和电路测试证明, 当负载从 $10\Omega \sim 1k\Omega$ 变换情况下, 驱动电流恒定, 实际电路测试显示, 输出电流恒定, 准确度达到 0.01% 以上.

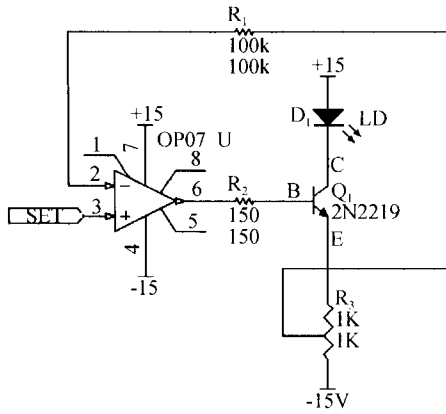


图 3 半导体用高精度驱动电路
Fig. 3 High-resolution driver circuit for semiconductor

2 慢启动慢关闭电路

由于很多情况下^[5,7], 比如, 开启关闭电源、雷电感、电子器件参量突变、人体静电等原因, 会产生浪涌现象. 轻则性能受影响, 重则将激光器烧毁. 因此在直流电源和激光器之间增加慢启动慢关闭电路, 提供激光器的电压平滑上升和缓慢下降.

图 4 为慢启动慢关闭部分电路图, 中间部分是使用达林顿源极接电容实现慢启动功能, 当电源打开后电容充电, 达到达林顿导通电压后电源开启. 两侧是 RCπ 型电路实现了慢关闭功能, 关闭时间表示为 $\tau = RC$, 适当选择电容和电阻值调节关闭时间^[8~10].

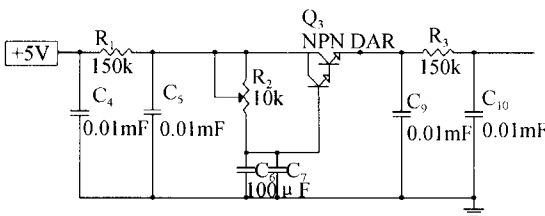


图 4 慢启动慢关闭电路
Fig. 4 Slow startup and slow closeup circuit

此外, 考虑半导体激光器本身易因为高频干扰而损坏, 在半导体激光管并联一个小电容, 同时并联一个反向二极管防止激光管两端受过大的反向电压而损坏. 根据文献[6]中介绍, 与激光管并联几个前向导通的二极管可以大大提高激光管的寿命, 因为当发生很大前向电压发生时, 这些保护二极管将导通, 电流将不会从激光管通过, 避免了激光管的损坏. 如图 5^[11~13].

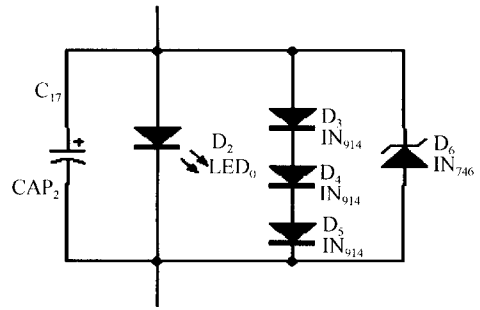


图 5 激光器保护二极管及电容
Fig. 5 Protection diode and capacitor for laser

3 试验测试与实现

各激光二极管的性能都有所不同, 本试验中采用的是海特光电子技术公司的 N 型 W15-2303 半导体激光器(内带尾纤), 其主要参量与驱动电流与功率关系曲线如图 6.

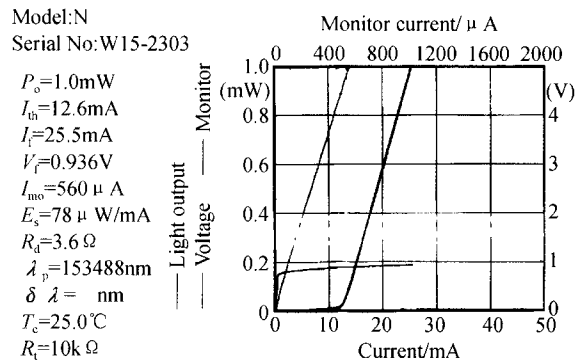


图 6 半导体激光器参量与特性曲线
Fig. 6 Parameter and specialty graph for semiconductor laser

激光器工作温度 25.0°C , 阈值电流为 12.6 mA, 正向偏置电流 25.5 mA, 选用 OP07 作精密运算放大器, 2N2219 三极管. 达林顿管选用功率稳定度较好的 TIP142.

4 结论

通过以上电路设计, 通过仿真和电路实际测量, 实验表明此电路设计很好实现了平稳启动、缓慢关闭功能, 启动时间 1.5s~2.5s, 关闭时间约 1.5s~2.5s, 并且对激光器实现有效保护. 驱动电流稳定度达 0.01% 以上, 实现了对高精度激光器驱动电流恒定控制的要求, 此外该电路结构简单、性能可靠、准确度高, 以及很好的可应用性.

参考文献

- 1 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. 红外与激光工程, 2004, 33(5): 465~468
Xu W H, Yang M W, Tang W Y. *Infrared and Laser Engineering*, 2004, 33(5): 465~468
- 2 金银花, 许文海, 杨明伟, 等. 改善半导体激光器驱动电源

- 性能的研究. 光电子技术, 2005, **25**(1):44~47
Jin Y H, Xu W H, Yang M W, *et al.* *Optoelectronic Technology*, 2005, **25**(1):44~47
- 3 Yu Tao, Zhao Huafeng, Lin Xue, *et al.* Fabry-Perot filter frequency stabilization control for multiple ITU wavelengths reference. *IEEE 0-7803-7824-5/03*, 2003, 291~294
- 4 褚贵福, 于戈, 唐健侠, 等. 大功率半导体激光器驱动电源的设计. 光电子技术与信息, 2004, **17**(6):100~100
Zhu G F, Yu G, Tang J X, *et al.* *Optoelectronic Technology and Information*, 2004, **17**(6):100~100
- 5 黄伟, 孙建国, 张永峰, 等. 一种大功率半导体激光器的电源及温控系统设计. 电光系统, 2004, (4): 38~41
Huang W, Sun J G, Zhang Y F, *et al.* *Electropt System*, 2004, (4):38~41
- 6 肖慧荣, 邹文栋, 朱泉水. 数字式半导体激光驱动电源控制系统设计. 激光与红外, 2004, **34**(6):422~424
Xiao H R, Zou W D, Zhu Q S. *Laser and Infrared*, 2004, **34**(6):422~424
- 7 侯学元, 李宇飞, 孙渝明. LD 泵浦的 Nd: GdVO₄/KTP 腔内倍频激光器. 光子学报, 2004, **33**(1):12~15
Hou X Y, Li Y F, Sun Y M, *et al.* *Acta Photonica Sinica*, 2004, **33**(1):12~15
- 8 刘澄. 半导体激光器的浪涌损坏及其消除方法. 电力环境保护, 2003, **19**(4):49~50
Liu D. *Electric Power Environmental Protection*, 2003, **19**(4):49~50
- 9 Shan Huang, Zhao Huafeng, Lin Xue. Frequency stabilization of FBG external cavity laser diode. *IEEE 0-7803-7690-0/02*, 2002, 565~567
- 10 王政平, 李庆波, 齐异, 等. 反射相移色散对 OCS 灵敏度影响的理论研究. 光子学报, 2004, **33**(9):1115~1118
Wang Z P, Li Q B, Qi Y, *et al.* *Acta Photonica Sinica*, 2004, **33**(9):1115~1118
- 11 于复生, 艾兴, 逢东庆. 大功率半导体激光器驱动电源的设计. 应用激光, 2002, **20**(6):257~260
Yu F S, Ai X, Feng D Q. *Applied Laser*, 2002, **20**(6):257~260
- 12 孙番典, 刘俊刁, 熊建文, 等. 一组高准确度的半导体激光二极管伺服控制电路. 惠州大学学报(自然科学版), 2001, **21**(4):35~38
Sun F D, Liu J D, Xiong J W, *et al.* *Journal of Huizhou University*, 2001, **21**(4):35~38
- 13 徐庆扬, 陈少武. 半导体激光器与光纤光栅对接耦合研究. 光子学报, 2005, **34**(1):1~5
Xu Q Y, Chen S W. *Acta Photonica Sinica*, 2005, **34**(1):1~5

High Accurate Current Stabilization Circuit Design and Experiment of External Cavity Laser Diode

Jin Jie, Li Jiangong, Zhang Jianwei, Yan Qi

College of Electronic and Communication Engineering, Tianjin University, Tianjin 300072

Received date: 2005-07-07

Abstract The laser diode which is the key of external cavity laser diode (ECLD) is a very tender part. It is easily damaged by the impact of the voltage, current and static when its assembly and running. To avoid the damage, the feedback constant current theory, low startup theory, low close up theory and MOS effect transistor speciality are applied to realize a new method of high-resolution constant current circuit, after some traditional methods used for reference. The new method is applied for the high resolutional external cavity semiconductor laser diode of the 1550nm wavelength to drive the current constantly. The resolution of drive circuit can be achieve in high level and be above 0.01%. The project is simulated by Protel DXP tool, designed by the PCB circuit, and applied to the laser driver circuit system, which has proved the constant current model can avoid the damage for drive current fluctuation availably.

Keywords ECLD; Semiconductor laser; Stabilization current source; Slow startup; Slow close up



Jin Jie was born in 1962. She is the director of Tianjin University Electronic and Communication Engineering Collage communication Department and Engaged in the teaching and reserach about electric technical, photoelectricity, communication.