

文章编号: 1001-3806(2006)06-0661-03

串联式可调恒流管驱动激光器的设计与测试

倪文龙^{1,2}, 姜晓骏¹, 张瑞峰¹, 李世忱¹

(1. 天津大学 精密仪器与光电子工程学院 国家教育部光电信息技术科学重点实验室, 天津 300072; 2. 盐城工学院 机械工程学院, 盐城 224003)

摘要: 为了保护激光器工作并省去相应复杂的高速保护电路, 设计了同步可调恒流管串联式激光器恒流源。采用模拟电路的方案实现两恒流管同步调整, 使在整个调整范围内, 不仅都能保持在恒流区域工作, 而且其输出电流基本相等; 激光器在 400mA 工作时由任一晶体管瞬时损坏引起的电流增大只有 15mA。结果表明, 用同步可调恒流管串联式电路制作的激光器恒流源具有很好的恒流特性和保护性能。

关键词: 激光器; 可调恒流源; 串联; 模拟电路

中图分类号: TN248.4 **文献标识码:** A

Design and test about tandem and adjustable constant current tube driving laser

NI Wen-long^{1,2}, JIANG Xiao-jun¹, ZHANG Rui-feng¹, LI Shi-chen¹

(1. Technique Science Photoelectric Information Emphases Laboratory of National Ministry of Education, Precise Apparatus and Photoelectron Engineering Academy, Tianjing University, Tianjing 300072, China; 2. Mechanical Engineering Academy, Yancheng Institute, Yancheng 224003, China)

Abstract: The accident damage of the present semiconductor laser constant current source often damages the expensive semiconductor laser directly. In order to protect the laser working normally and save the complex high-speed protection circuit, the synchronously adjustable constant current tube tandem type laser constant current source is designed. It adopts two constant current tubes to be adjusted synchronously. Both of them can be kept working in the constant current area, and their output currents are equivalent to a large extent in the whole adjustment range. When the laser is working in 400mA, the current aggrandizement caused by the momentary damage of any transistors is only 15mA. It is concluded that the laser constant current source made of the synchronously adjustable tandem constant current tube has high constant current characteristic and protective property.

Key words: lasers; tabilized current power supply; establish; in itate circuit

引 言

半导体激光器由于体积小, 耗电少等特点, 应用十分广泛^[1,2]。为了使激光器输出稳定的激光, 对流过激光器的电流要求非常严格, 供电电路必须是低噪声的稳定的恒流源^[3], 因此要求电源在开关过程中电流自动缓慢上升和下降, 不能产生较大的瞬时电流脉冲, 抗浪涌电压能力要强, 在各种干扰及不利环境下能连续稳定地工作而不致损坏半导体激光器^[4,5]。但在实际使用中, 半导体激光器用市电供电时不可避免地因并网其它设备启停产生电压浪涌。半导体激光器的核心是 pn 结, 据分析, 激光器 pn 结两端有 0~12V 的电压浪涌, 会使电流产生 100 倍变化^[6], 同时, 晶体管作为该

电路的主要元件也易损坏 (集电极与发射极之间短路), 会给激光器带来极强的过流冲击, 直接损坏激光管^[7]。

作者在研究中意识到, 浪涌击穿的问题需要驱动电源采取相应的措施^[8], 需要研发新的激光器恒流源保护激光器。

1 同步可调恒流管串联式激光器恒流源设计

1.1 现行技术分析

通信所用的半导体激光器一般由单个半导体晶体管构成的可调恒流源驱动。这类恒流源以晶体三极管为主要器件, 晶体三极管集电极电压变化对电流影响小, 在电路中采用电流负反馈来提高输出电流的恒定性。通常, 还采用一定的温度补偿和稳压措施^[9]。该电路稳定性较好, 与缓启动电路配合较容易; 但是由于运算放大器易产生振荡, 会对 LD 工作有较大影响。即使几个纳秒宽度的过流强脉冲也有可能损坏价格昂贵的半导体激光器^[7,10], 所以, 在制作驱动电源时都专门设计了高速保护和抑制电路, 如慢启动、温度控制、

项目基金: 国家自然科学基金资助项目 (0477022)

作者简介: 倪文龙 (1948-), 男, 副教授, 主要从事过程控制技术的教学和研究。

E-mail: jsycnwl@163.com

收稿日期: 2005-10-20; 收到修改稿日期: 2006-01-12

电源电压监测、电源浪涌电流抑制、快速吸收负载电压及电流尖峰、输出端开路或短路保护、过流保护等多种安全措施^[11,12]。但是,即使这样,也无法避免由恒流调整管的意外损坏而直接损伤半导体激光器。

1.2 设计概要

浪涌击穿的问题需要驱动电源采取相应的措施。作者用两个同步可调恒流管串联后驱动半导体激光器。两个恒流源串联其输出电流等于较小的那个恒流源电流,因此,两个恒流源串联一般是在固定电流时,为了扩展它的电压输出范围才采用的^[5],对于可变恒流源很少采用此方案。半导体激光器的驱动电流超过其损坏阈值电流,很容易导致半导体激光器的损坏,因此,驱动电源必须具备电流限制功能。但激光器电流需要可变,这就要求限制电流也应可调^[13]。为此,作者采用模拟电路的方案实现两恒流管同步调整,使在整个调整范围内,不仅都能保持在恒流区域工作,而且其输出电流基本相等。用这样的两个恒流源串联再加之辅助措施后驱动半导体激光器时,即使其中一个损坏(短路),也不影响半导体激光器正常工作,一方面大大地加强了激光器的安全性,另一方面也省去了高难度的高速保护电路。该设计有两种基本电路实施方案,现介绍其中的一种。

1.3 电路分析

图 1 是双恒流串联驱动半导体激光器原理图。电

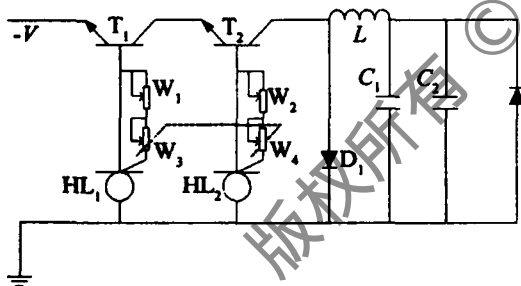


Fig 1 Analog synchronously adjustable constant current

源是市电经变压器、整流滤波,再经缓启动电路得到,与可调恒流源 1、可调恒流源 2 串联,再经无源滤波器滤波后,驱动激光器;两可调恒流源应保证在整个调整范围内始终都能保持两个电流源基本相等,为此设计模拟电路方案,它在整个调整范围内,不仅都能保持在恒流区域工作,而且其输出电流基本相等。用这样的两个恒流源串联,再加之辅助措施,驱动半导体激光器时,即使其中一个损坏(短路),也不影响半导体激光器正常工作,一方面大大地加强了激光器的安全性,另一方面也省去了复杂的高速保护电路。

该电路采用恒流管驱动技术。恒流二极管和恒流三极管是近年来问世的半导体恒流器件,而恒流三极管又是在恒流二极管的基础上发展而成的。它们都能在很宽的电压范围内输出恒定的电流,并具有很高的

动态阻抗。恒流三极管的图形符号如图 2 所示。该管有 3 个电极:阳极 A,阴极 K,控制极 G。在电路中 A 接正电压, G 接可调电阻 R, K 接 R 的另一端,调节 R 就能获得连续可调的恒定电流。

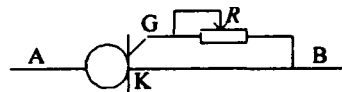


Fig 2 Constant current triode transistor

图 1 中双运放单电源放大器接成 1:1 的同相跟随器,取样电阻电压应与放大器 + 端输入端电压相等,由于两个 + 端输入电位是由 W_1 决定的,因而流过 T_1 和 T_2 的电流基本相等。微调 W_2 使 T_1 和 T_2 在整个调整区域都不进入饱和状态。

2 实验测试

2.1 恒流三极管高频响应测试

选用 3CR3H 恒流三极管,具有恒流稳定性好、温度特性好的优点,其进入恒流区的起始电压为 3V,恒流范围为 0.5mA ~ 100mA,最大可承受电压 80V。由于由晶体管损坏引起的电流突变是瞬时的,这就要求选用的恒流三极管具有较好的高频响应。作者对 3CR3H 在方波作用下进行了测试。图 3a 是 3CR3H 在方波作用下直接得到的响应图;图 3b 是经过进一步滤波处理后得到的图。如果不加滤波电路,脉冲尖峰会对 LD 造成损伤。

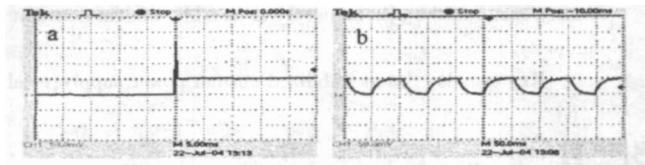


Fig 3 3CR3H response under the square function
a—before filtering the waves b—after filtering the waves

3CR3H 的恒流区电压范围很宽,只要所选晶体管参数完全相同且工作点相同,恒流源输出将不会因此有任何变化。为了保护价格昂贵的激光器,在试验中用一个 2Ω 的电阻代替激光管进行测试,为保证电阻上的电流达到 400mA (以下测得的电压值均为该电阻的端电压),调整电位器 W_1 , W_2 和同轴多匝电位器 W_3 , W_4 ,使其上电压达到 0.8V。当 T_1 , T_2 两晶体管的放大倍数保持基本一致时,得到的直流电压如图 4a 所

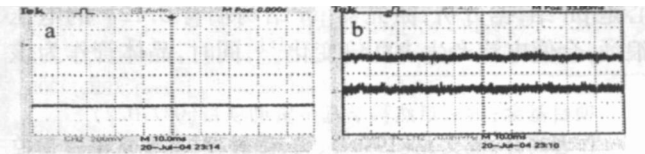


Fig 4 a—direct voltage b—exchange composition

示。图 4b 中 CH_1 为输入端直接短路得到的交流图, CH_2 为图 4a 电压值的交流成分,可见两者差别已非常小。

2.2 串联源部分短路试验

假设 T_1 , T_2 任一损坏,则相当于给另一管子附加了一个阶跃电压,模拟该工况的方法是将其中一只管子的集电极和发射极进行瞬时短路(相当于假设其中一只管子突然损坏),分别在恒流值为 200mA (见图 5a), 300mA (见图 5b), 400mA (见图 5c)时进行了测试。图 5 中,左图和右图分别对应短路 T_1 和 T_2 。由短路引起的电流增大值最大约为 15mA,且随着恒流值的降低而减小,图中下降沿时间约为 2ms,电流变化幅度和变化时间均足以满足 LD 的安全要求。电流增大主要是由 T_1 和 T_2 两管的放大倍数和工作点略有差异引起的。

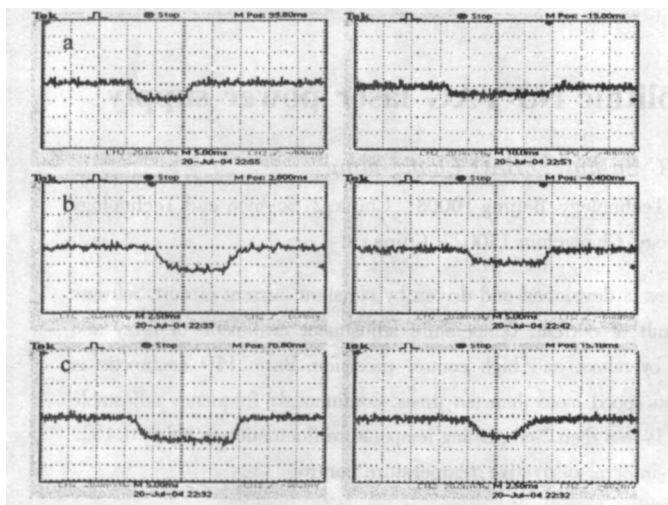


Fig 5 The voltage's change caused by triode instant short circuit under the different conditions of constant current
a—200mA b—300mA c—400mA

2.3 实验结果

实验表明:任意短路 T_1 或 T_2 流过负载上的电流皆不变。用这种原理做成的激光器驱动源既省去了高难度的高速保护电路,又保证了安全运行。

3 结论

用同步可调恒流管串联式电路制作的激光器恒流

源比现行技术的半导体激光器恒流源省去了相应的高速保护电路,且在 LD 整个工作区间上均具有很好的保护性能和极佳的恒流特性。

参考文献

- [1] ZUO H L, WANG L D. The power of semiconductor laser with stabilization current and protective function [J]. Instrumentation Technology, 2001 (6): 44 ~ 45 (in Chinese).
- [2] XIAO H R, ZOU W D, FU Y J. Design of diode laser output power auto-control system [J]. Applied Laser, 2004, 24 (3): 165 ~ 168 (in Chinese).
- [3] LIU R. High-accuracy current and temperature control for laser diode using MCS-51 microcontroller [J]. Laser Technology, 2004, 28 (3): 225 ~ 227 (in Chinese).
- [4] GAO W P, WANG R P. The developing of semiconductor laser power supply and power controlling system for PDT apparatus [J]. Journal of Tianjin Medical University, 1999, 5 (2): 9 ~ 10 (in Chinese).
- [5] WEI S Q, ZHOU W D. The application of 500mW LD in laser therapeutic instrument [J]. Jiangxi Sciences, 2001, 19 (1): 39 ~ 42 (in Chinese).
- [6] SUN M Sh, LU W, XU X P. The damage and eliminating methods of surge for semiconductor lasers [J]. Laser Journal, 2002, 23 (6): 18 ~ 19 (in Chinese).
- [7] LI J, CHEN J X, ZHANG Y. Power supply of high-power diode laser [J]. Chinese Journal of Quantum Electronics, 2003, 20 (1): 31 ~ 34 (in Chinese).
- [8] XU W H, YANG M W. Development of multifunctional laser diode driver [J]. Infrared and Laser Engineering, 2004, 33 (5): 465 ~ 468 (in Chinese).
- [9] HE Y F. Constant current source analysis [J]. Journal of Yiyuan Teachers College, 2002, 19 (6): 23 ~ 24 (in Chinese).
- [10] ZOU W D, GAN Y Q. Semi-conductor laser power supply controlled by single-chip microcomputer [J]. Laser Journal, 2002, 23 (4): 70 ~ 71 (in Chinese).
- [11] YU F Sh, PANG D Q, AI X. The design for high power diode laser driver [J]. Applied Laser, 2000, 20 (6): 257 ~ 260 (in Chinese).
- [12] WANG Y Q, GUO Zh H, LU Y M. Protection circuit for a portable RF excited CO₂ laser [J]. Laser Technology, 1995, 19 (5): 306 ~ 308 (in Chinese).
- [13] JIA H Zh, LI Y L, ZHANG P K. Design of diode laser power supply [J]. Applied Laser, 1999, 19 (8): 181 ~ 182 (in Chinese).
- [7] ZHANG Y, ASHE J. Designing a high performance TEC controller [J]. Proc SPIE, 2002, 4913: 177 ~ 183.
- [8] HAN X J, LI Zh J, ZHU Ch H. Temperature control of medical laser-diode appliance [J]. Laser Technology, 1998, 22 (4): 250 ~ 253 (in Chinese).
- [9] CHEN K L, ZHU Sh Sh. Constant current source and application of electronic circuit [M]. Hangzhou: Zhejiang Science and Technology Press, 1992. 253 ~ 265 (in Chinese).
- [10] CHEN L, LIU Ch X. Precise constant temperature controller for high power laser diode [J]. Lasers & Infrared, 1999, 29 (4): 249 ~ 252 (in Chinese).
- [11] SENFT D C, PIERROT TET D F. Development of a high speed wavelength agile CO₂ local oscillator for heterodyne DIAL measurements [J]. Proc SPIE, 2002, 4722: 72 ~ 77.
- [12] HIGDON N S, SENFT D C. Development and testing of a long-range airborne CO₂ DIAL chemical detection system [J]. Proc SPIE, 1998, 3433: 181 ~ 183.

(上接第 652 页)

- [2] WANG H W, JIANG X J. The technology and application of optical fiber sensing [M]. Beijing: National Defence Industry Press, 2001. 151 ~ 160 (in Chinese).
- [3] ZHU Zh, CHEN L Y, LI H. Wavelength stabilization scheme for tunable laser diode based on temperature feedback [J]. Laser Technology, 2005, 29 (1): 18 ~ 20 (in Chinese).
- [4] YU F Sh, SHEN X Q. Finite element analysis of laser-diode heat emission and design of PI fuzzy cooling system [J]. Proc SPIE, 2005, 5628: 189 ~ 195.
- [5] LIU R. High-accuracy current and temperature control for laser diode using MCS-51 microcontroller [J]. Laser Technology, 2004, 28 (3): 225 ~ 227 (in Chinese).
- [6] ZHANG N, YU Y L, TIAN X J. Theory and application in constant temperature control of semiconductor laser [J]. Journal of Jilin University (Science Edition), 2002, 40 (7): 284 ~ 287 (in Chinese).