

文章编号: 1004-7182(2007)04-0059-03

# 半导体光源的稳光控制电路的设计

王 纘, 贾智东, 丁扬斌, 申功勋  
(北京航空航天大学宇航学院, 北京, 100083)

**摘要:** 半导体激光器正在逐步取代传统光源, 并已广泛应用于现代工业。本文给出了一种适用于光电仪器的半导体光源的稳光控制器的设计。理论分析和工程试验表明, 该控制器对于文中介绍的激光器具有设计紧凑、使用安全、整机性能可靠的特点, 可推广应用同类激光器的控制及发光二极管的性能控制。

**关键词:** 半导体激光器; 控制; 发光二极管

**中图分类号:** TN365 **文献标识码:** A

## Design of Steady Light Controller of the Semi-Conductor Light Source

Wang Zhen, Jia Zhidong, Ding Yangbin, Shen Gongxun  
(School of Astronautics, Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing, 100083)

**Abstract:** Semi-conductor laser devices are replacing traditional illuminators and have been widely used in modern industry. The design of a steady light controller for the semi-conductor light sources of the photoelectric instruments is provided. Its is with a compacted structure, safty and high reliability. This controller can be also used in semi-conductor laser devices and LEDs.

**Key Words:** Semi-conductor laser, Control; Light emitting diode

### 0 前 言

半导体激光器和发光二极管已成为高精度测量仪器使用的主流发光器件, 这类器件工作电压低、耗电小、单色性好、发光亮度和发光效率高, 易于控制调节, 且体积小、重量轻、抗冲击、耐振动、寿命长, 能在环境恶劣的条件下使用。但是, 外界温度的变化、电源电压的波动等外界干扰严重影响了此类器件的输出光功率的稳定性, 继而严重影响了测量仪器的使用性能。

本文对应用在野外作业用环境半导体激光器的稳光控制调节技术进行了分析、研究, 解决了该类器件的非线性控制难点, 并给出了工程试验结果。

### 1 半导体光源稳光控制电路的工作原理

#### 1.1 稳光控制电路的工作原理

稳光控制电路原理如图1所示, 它由3部分组成, 一部分为使激光二极管工作的控制电路, 一部分为通过光敏二极管检测的激光输出功率信号反馈回路, 还有一部分为系统控制提供参考基准的基准电压信号建立电路。控制电路一经上电, 各回路的工作状态为:

首先, 运算放大器同相输入端的参考电压一经上电即确定为基准参考电压的比例值(由电位器设定), 然后控制回路通过积分器和功率变换的三极管使半导体激光二极管(LD)缓慢加电并发光, 该控制过程可使激光管免受加电过程产生的冲击作用, 消除过流导致的激光管的失效模式。光敏二极管(PD)在受到光照射信号后, 产生比例于光功率的光电流, 当不考虑光敏二极管(PD)内阻的影响, 电流信号加在采样电阻( $R_1$ ,  $R_2$ )上, 转换为电压信号输入至运算放大器( $N_1A$ )反相输入端, 通过与同相给定基准电压信号比较, 运算放大器利用反相输入端与输出端连接的无极性电容器( $C_1$ )构成的积分器, 调节运算放大器的输出, 控制三极管 $V_3$ 的集电极电流, 使激光管(LD)控制电流实时可调, 实现半导体激光器输出光功率稳定的控制要求。由于运算放大器和电容器构成的积分器在控制器中, 因此对于输入信号可以起到积分作用, 使输出相对于位置信号是无静差的控制, 而对匀速输入信号, 存在稳态误差, 此误差与控制器的开环增益成反比, 这种控制对光功率的稳定可起到快速精确的作用。

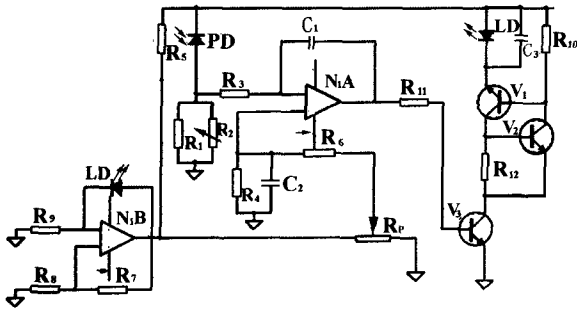


图1 稳光控制电路原理图

当激光器的工作电流或管壳温度发生变化时，发出的光功率也随着变化。光敏二极管敏感光功率的变化，其输出的光电流也发生变化，造成运算放大器反相输入端电压变化，与给定参考电压相比，则在运算放大器构成的积分器作用下，输出变化的电压信号，使V<sub>3</sub>管的基极电流变化，从而使激光器的工作电流发生变化，调整激光器的输出光功率。当运算放大器同相和反相端输入电压信号相等时，即敏感到的输出光功率等于设计给定值时，积分器输出电压信号停止调节，激光器输出的光功率稳定在设定值上。

在这一过程中，充分利用光敏二极管随温度变化小及敏感光功率线性变化的特点，结合积分器的控制规律，解决了半导体激光器输入与输出非线性特征的控制难点。

### 1.2 限流保护电路的工作原理

在激光器的功率变换电路中，三极管V<sub>1</sub>和V<sub>2</sub>起限流保护的作用，使激光器的最大工作电流小于允许的最大额定电流，以防控制电流过大烧毁激光器。当控制电流增大时，电阻R<sub>12</sub>上流过的电流增加，两端压降变大；当电压升至0.66V时，三极管V<sub>2</sub>导通，加在R<sub>12</sub>上的电压被钳制在0.66V，流过R<sub>12</sub>上的电流保持不变，从而使流过激光器的电流限制在流过R<sub>12</sub>上的电流（流过三极管V<sub>1</sub>集电极和射极的电流近似相等），从而使激光器的工作电流限制在安全工作范围内。

### 1.3 温度补偿电路的工作原理

电路中的基准电压建立电路，是由运算放大器、电阻、发光二极管组成。采用发光二极管正向电压作为原始基准，可利用在环境温度变化时，发光二极管约-1.5mV/°C的温度系数，对激光器的光敏二极管起到部分补偿作用。

## 2 数学模型的建立与仿真

### 2.1 传递函数的建立

激光器采用TOLD9442M，其相应的特性曲线如图2，图3所示。

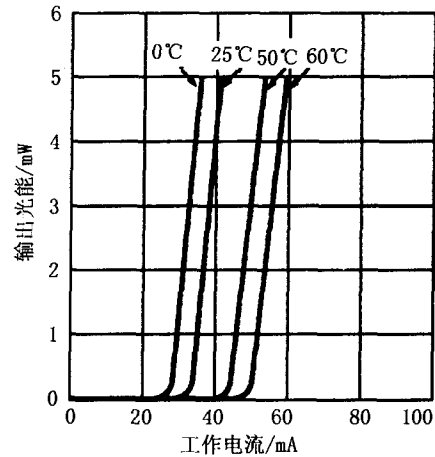


图2 激光器输出光功率的温度曲线

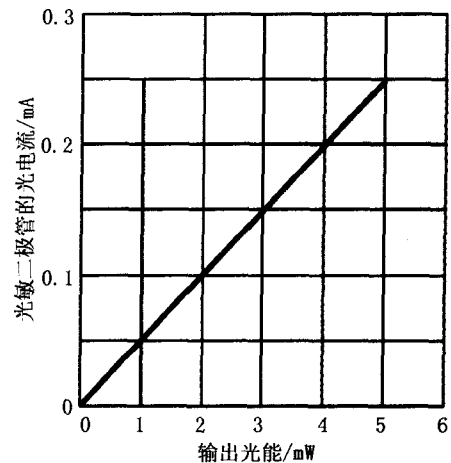


图3 光敏二极管的光电流与输入光功率的关系

从图2可以看出在常温25°C下，曲线的线性区域中，4mW光能对应着40mA的工作电流。因此，可以得出在常温25°C下电流与光能之间的转换系数为： $\eta=0.1\text{ mW/mA}$ ，该系数随管壳温度的变化较大，是控制发光功率的关键点。

从图3中可以看出，在常温25°C下，光敏二极管的光电流与光能之间的转换系数为： $\alpha=0.05\text{ mA/mW}$ ，该系数随管壳温度的变化较小，在设计时可忽略其影响。

根据稳光控制电路原理图建立如图4所示控制回路的结构图，图中 $\beta$ 为三极管V<sub>3</sub>的电流放大倍数，R<sub>a</sub>、R<sub>b</sub>为电压电流变换器中的电阻，T为积分时间常数，在常温25°C下，求得各参数： $\eta=0.1$ ， $\alpha=0.05$ ， $\beta=180$ ， $R_a=5\ 100$ ， $R_b=12\ 000$ ， $T=0.00\ 062$ ，由此可得：

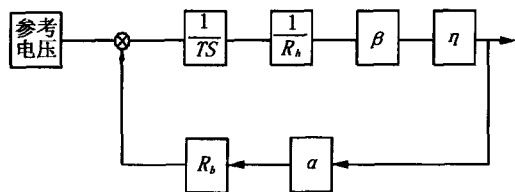


图 4 激光器稳光回路的结构框图

前向传递函数为

$$G(S) = \frac{1613}{S} \times \frac{1}{5100} \times 180 \times 0.1 = \frac{5.693}{S}$$

反馈通道传递函数为

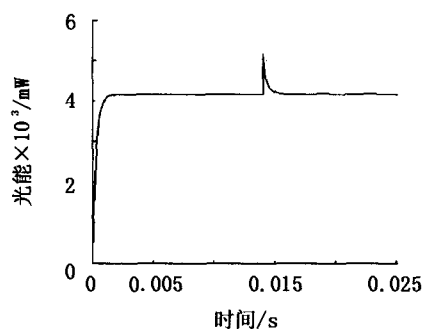


图 5 调节后的光输出曲线图

$$H(S) = 0.05 \times 12000 = 600$$

闭环系统传递函数为

$$\Phi(S) = \frac{G(S)}{1 + G(S)H(S)} = \frac{5.693}{S + 3415.8}$$

### 2.2 仿真

应用 simulink 仿真, 可得出如图 5、图 6 所示结果, 为了更清楚地在一张图上显示加电、干扰的动态效果, 在 0.014 s 给激光器的工作电流加一正向阶跃干扰, 幅值为 10 mA, 用以模拟激光器工作电流的突变引起的光输出功率的变化, 经过观察, 光输出是稳定的。

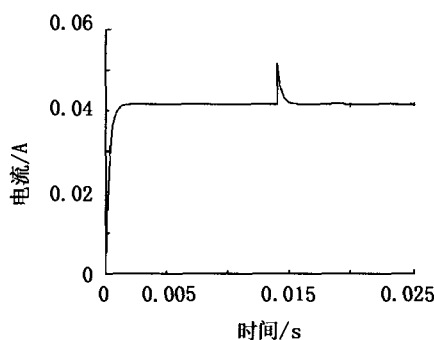


图 6 调节后的激光器工作电流曲线图

### 3 工程验证

在温度 -40~+50 °C 的变化范围内, 采用 P1000 型号的激光功率计, 在温度约为每 5 °C 为一间隔的情况

下, 测得激光器的光输出功率变化优于 5%。试验数据如表 1 所示, 平均值  $\bar{w} = 1.785 \text{ mW}$ 。

表 1 工程验证试验数据

序号	光输出功率/mW	环境温度/°C	与平均值的差值 $ \Delta w $ /mW	与平均值相比的变化率
1	1.84	24	0.055W	3.08%
2	1.83	20	0.045	2.52%
3	1.8	15	0.015	0.84%
4	1.76	9	0.025	1.4%
5	1.76	6	0.025	1.4%
6	1.72	-4°C	0.065	3.64%

### 4 结论

本文给出了具有自动调节补偿、限流保护、软启动等功能的半导体光源稳光控制器的设计、分析、仿真和工程试验。本方案运用闭环设计方法, 解决了激光器非线性的控制难点。对于半导体发光二极管, 也可采用本方案实现输出光功率稳定可控的要求。

### 参 考 文 献

- [1] 方志烈. 发光二极管材料与器件的历史、现状和发展[J]. 物理学和高新技术, 2003, 132(5): 295-301.
- [2] 宋贤杰等. 高亮度发光二极管及其在照明领域中的应用[J]. 半导体光电, 2002, 23 (5): 356-360.
- [3] 吕百达. 固体激光器件[M]. 北京: 北京邮电大学出版社, 2002.
- [4] 克雷希尔 W. 固体激光工程[M]. 北京: 北京科学出版社, 2002.
- [5] 罗先和等. 光电检测技术[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1995.