

文章编号: 1001-5078(2007)11-1178-03

一种小功率高稳定半导体激光器可调驱动电源

闫战强, 梁 勇

(河南大学物理与电子学院, 河南 开封 475000)

摘 要: 由于半导体激光器对电源的输出有更为严格的要求, 传统的恒流源在应用于半导体激光器的时候有许多需要改进的地方。文中描述了一种用于驱动在医疗器械中所使用的小功率半导体激光器的新型电源的设计方法。

关键词: 半导体激光器; 驱动电路; 慢启动

中图分类号: TN248.4 **文献标识码:** A

Small Scale Medicinal Power Semiconductor Lasers Driven Power Design

YAN Zhan-qiang, LIANG Yong

(School of Physics and Information Optielichonics, Henan University, Kaifeng 475000, China)

Abstract: Semiconductor lasers more dependent on the stability of current controls. Actual sources in the current semiconductor lasers used in the course, much needs improvement. This paper describes one for driving in medical equipment used in small power semiconductor lasers in the design of the new power.

Key words: semiconductor lasers; driving source; slow-start

1 引言

半导体激光器不仅具有体积小、质量轻、转换效率高、省电、能直接调制等优点, 而且半导体激光器的制造工艺与半导体电子器件和集成电路的生产工艺兼容, 便于与其他器件实现单片光电子集成, 因此已经在科研、工业、军事、医疗等领域得到了日益广泛的应用。在正常条件下使用的半导体激光器有很长的工作寿命, 然而, 半导体激光器如果在不适当的工作或存放条件下, 会造成性能的急剧恶化乃至失效。在医疗器械中使用的半导体激光器, 由于对输出功率更是有着比较严格的要求, 为其设计一款精度较高、性能可靠、经济、耐用的驱动电源就显得尤为重要。

2 半导体激光器转移特性

半导体激光二极管的结构如图 1 所示。从原理上来讲, 在工作物质一定的情况下, 半导体激光器输出的激光频率应当与谐振腔长度和激励源的强度有关, 换句话说, 半导体激光器的输出频率取决于 PN 结的温度和注入电流的大小。另外, 由于半导体 PN

结相当脆弱, 稍有电流冲击就会造成损害。所以在具体使用半导体激光器时, 我们对其供电电路和调制电路的要求相当严格。半导体激光器的发光特性如图 2 所示。从图中可以看出, 在一定温度下, 当驱动电流低于阈值电流时, 激光器输出光功率 P 近似为零, 半导体激光器只能发荧光, 驱动电流高于阈值时输出激光, 并且光输出功率随着驱动电流的增大而迅速增加并呈线性关系。在实际应用中必须对激光二极管提出两个要求, 一是较低的门限电流; 二是稳定的 $P-I$ 曲线。我们用异质结来代替同质结就可以将门限电流降低两个数量级, 而对于稳定性问题目前只有通过外加恒温和光反馈等来加以改善。对一般的半导体激光器来说, 激光二极管是正向结法, 光电二极管是反向结法。受光后转换的光电流在电阻上以电压形式反映出射光功率的大小, 添加

作者简介: 闫战强(1975-), 男, 硕士, 河南大学物理与信息光电子学院讲师, 主要从事应用电子技术方面的教学与研究工作。
E-mail: yzqyfy@163.com

收稿日期: 2007-04-26; 修订日期: 2007-06-23

控制电路就可以达到控制发光功率的目的。

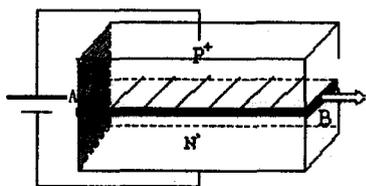


图1 半导体激光器结构

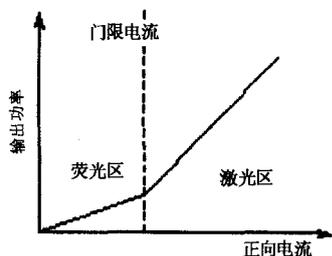


图2 发光特性

3 电路设计

3.1 半导体二极管参数

实验中选用的是重庆航伟光电科技有限公司的AL650T30激光器二极管。其具体技术指标如表1所示。

表1 AL650T30 激光二极管技术指标

参数名称	极限值($T_o = 25^{\circ}\text{C}$)	单位
寿命	>5000	h
光功率	≥ 30	mW
工作温度	-10 ~ +50	$^{\circ}\text{C}$
发光波长	650 ± 10	nm
输出光功率(CW)	≥ 30	mW
阈值电流	≤ 45	mA
工作电流	≤ 100	mA
工作电压	≤ 2.2	V
监视电流	≥ 0.1	mA

3.2 恒定的电流源

电流源电路我们采用的是电流-串联式的负反馈组态电路,原因是为了保证在成本较低的情况下实现较高的精度。如前文所述,考虑到对半导体激光器的保护,需要使用慢启动电路,使得电流输出再开始时不至较大,半导体顺利过渡到正常工作区。

另外,开始设计电路时,考虑到外观等因素,我们计划选用数控方式,但后来考虑到数控电路在运行过程中会产生很大的噪声,要消除噪声还需要专门电路,数控电路加上去噪电路,会使电路成本大大增加,所以我们舍弃了数控方式而选用传统的模拟控制方式。电流源基本设计框图如图3所示,具体电路如图4所示。

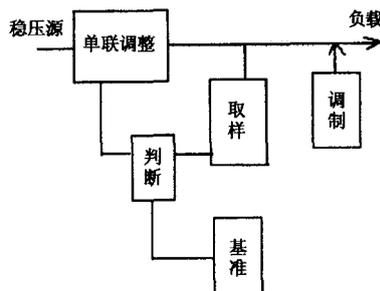


图3 电流源基本框图

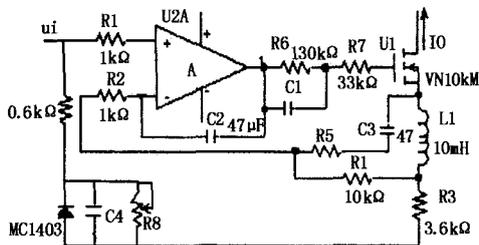


图4 恒流源电路

整个网络构造使用了滞后-超前校正。我们可以直接用其化简的PID表达式来证明它满足我们的要求。

首先考虑系统的稳定性。仍然设定系统为一阶线性惯性系统:

$$H_0(s) = \frac{a}{s+a}$$

得到:

$$F(s) = \frac{a(K_d s^2 + Ks + \frac{1}{T})}{(1 + aK_d)s^2 + (a + aK)s + \frac{a}{T}}$$

由于上式中的各个参数均为正实数,系统稳定。然后,考虑我们对有效性描述的定义:

$\lim_{t \rightarrow \infty} e(t) = 0$, 仍然考虑阶跃响应($X(s) = \frac{1}{s}$), 可以证明该系统满足这个条件。

本电路所选用的基准源是MC1403,该基准源是美国摩托罗拉公司生产的高精度带隙基准电压源。电压温度系数可达 $10 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 。实验所验证其输出电压为稳定的2.49V。集成运放选用OP07。R8为精密多圈电位器,用以精确调整输出的基准电压,达到输出电流可调的目的。

3.3 纹波调零电路

纹波电压的大小是衡量稳定电源的重要参数之一。为了减小上述稳流电源的纹波电压,需要为电路增设纹波调零电路。电路如图5所示。在电路中,纹波成分通过电容耦合至运放的反相输入端,纹波电压经放大后加至调整管的基极,因此,在正常工作中,调

节纹波调零电位器可使输出纹波电压非常小。

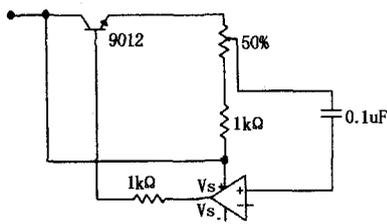


图 5 纹波调零电路

3.4 慢启动电路

由于在电源开关开启瞬间会产生一个冲击电流,为避免此电流对于半导体激光器的破坏,必须将激光器驱动电源设计成慢启动电路,具体电路如图 6 所示,图中输入端为直流电源产生的直流电压,右端是输出端,为半导体激光器的功率稳定输出提供工作电压,图中 V1, V2, R1, C4, C5 构成电压缓升电路,电源启动后,电流经 R1 向 C4, C5 充电,直到电容两端电压达到 1.3V 才使晶体管 V1, V2 逐渐导通。L1, C2, C3 与 L2, C7, C8 分别构成两个 π 型滤波电路,主要作用是防止电流突变。采用这样的电源电路后,半导体激光器的电压是逐渐增加的,不会产生电冲击破坏。

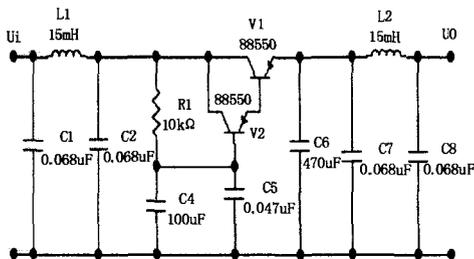


图 6 慢启动电路

3.5 温度控制电路

根据半导体激光器工作环境的特点,传感器的测温范围设为 0 ~ 60℃。温度控制电路如图 7 所示。A10, A11 构成 PID 控制电路。它的输入是表示设定温度与测量温度之差的电压值,其传递函数 $W1(S)$ 等于比例系数 KP, 调电位器 RPP 可改变比例增益。A8 为温度设定电路,调节 RP3 可改变设定温度的大小。温度设定信号和温度检出信号送入 A10, 因为前者为正电压,后者为负电压,当温度检出电压和温度设定电压相等时,温度控制信号输出 U0 为 0V, 否则,温度控制信号输出为与其差值大小相对应的正或负电压。该电压送入热电微型组件驱动电路,以进行温度调节。

除了在电路中加入慢启动、温控电路以外,为更好地保护激光器,我们可以在电压源的制作过程中可选用 2SA1015 和 2SC1815 等类型的吸流管,将电路制作成简单的限流型保护电路。加上电压源中电网滤波器的作用,基本可保护激光器的安全运行。

4 实验结果

本文所设计的驱动电源,通过慢启动、纹波调零等电路,较好地解决了半导体二极管在使用中输出

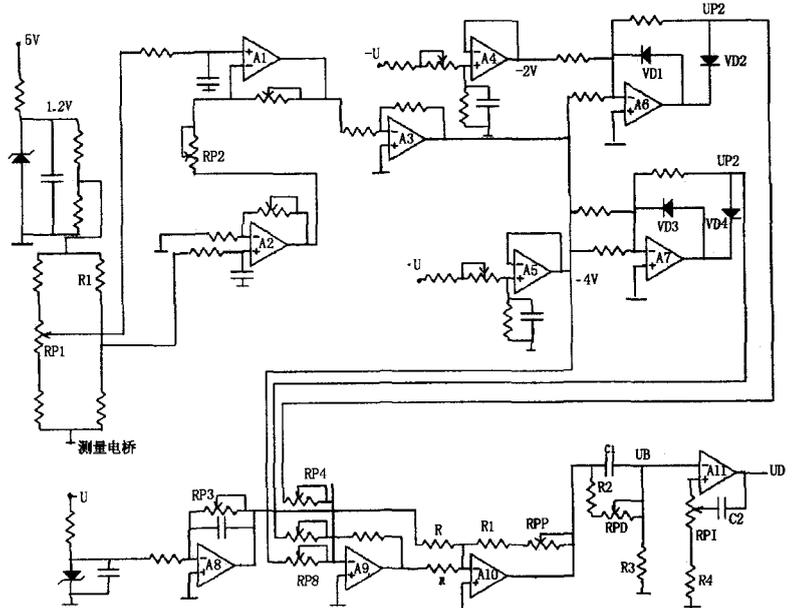


图 7 温控电路

功率不稳定的问题,在实验室中的应用效果良好,测量结果如下:

电压源

电压输出 10 ~ 15V; -10 ~ -15V(双路对称)

纹波: $\leq 0.01\text{mV}$

输出最大功率: $\geq 25\text{W}$, 即输出电流大于 1.0A

电流源

调整范围: 0 ~ 500mA

电流纹波及噪声: $\leq 0.5\mu\text{A}$

考虑示波器的带宽限制,修正为:

电压源:

纹波: $\leq 0.01\text{mV}$

电流源:

电流纹波及噪声: $\leq 0.1\mu\text{A}$

参考文献:

- [1] 汪礼兵. 半导体激光器驱动电源的设计[J]. 华侨大学学报(自然科学版), 1992(7): 322 - 327.
- [2] 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.