

文章编号: 1001-5078(2007)03-0230-04

大功率半导体激光器驱动电路及防护

朴德慧, 郭玉彬, 王天枢
(吉林大学通信工程学院光通信系, 吉林 长春 130012)

摘要: 设计了 980nm 大功率半导体激光器的驱动电路及温度控制电路, 该电路制作成本低, 输出功率稳定, 稳定度可达 0.01dBm。并对激光二极管的防护作了研究, 可有效防止静电、过压、过流对激光二极管的损伤。经使用稳定可靠, 输出功率稳定。

关键词: 激光二极管; 驱动电路; 温度控制; 静电

中图分类号: TN248.4 **文献标识码:** A

Drive Circuit and Protection of High-power Laser Diode

PIAO De-hui GUO Yu-bin WANG Tian-shu
(Department of Optical Communication, College of Communication Eng., Jilin University, Changchun 130012, China)

Abstract In the paper, a low-cost drive and thermo control circuit of high-power laser diode are designed. The output of laser power is very stable, its stabilization can reach 0.01dBm. The paper focuses on the protection of the laser set also, it can avoid the damage of the LD from static, over voltage and over current. The circuit has been used for half a year. It is very stable.

Key words LD; drive circuit; temperature control; static

1 引言

980nm 大功率半导体激光器作为 1550nm 光纤激光器的泵浦源, 已经广泛应用于通信、医学和工业计量等各种场合^[1]。与其他激光光源相比, 半导体激光器具有体积小、质量小、耗电省、结构简单、价格低等优点^[2]。其输出功率的稳定度主要受驱动电流及温度的稳定度影响, 且其易受过压、过流及静电损伤, 因此研制可靠的驱动电路是非常必要的。

2 驱动电路

驱动电路由带有慢启动、过压保护、过流保护功能的工作电源部分、自动功率控制 (APC) 电路、自动温度控制 (ATC) 电路、控制电路及保护电路组成。

2.1 工作电源部分

工作电源部分的作用是提供给激光二极管驱动电路工作所需的 $\pm 12\text{V}$, $\pm 5\text{V}$, $\pm 1.5\text{V}$, $\pm 0.75\text{V}$ 电

压, 如图 1 所示。

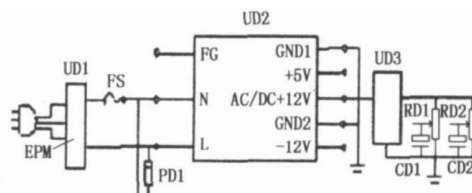


图 1 电源原理图

AC-DC 为隔离式高效开关电源模块, 具有电磁兼容性好, 输出纹波电压低, 输出电压精度高等优点。内置有过流过压保护, 慢启动电路, 输出短路保护, 可有效保护电路。采用 AC-DC 模块可减小电源的体积和质量, 性能稳定, 因模块内部用胶封装,

基金项目: 吉林省科技发展计划项目 (20050525) 资助。

作者简介: 朴德慧 (1973-), 男, 副教授, 工学硕士, 从事光纤传感研究。

收稿日期: 2006-06-19 修订日期: 2006-08-10

器件不易松动,比用直流线性变换器(如 78 系列)更稳定可靠。

PD1 为防雷二极管,当有雷电高压进入时,PD1 迅速导通,保险丝 FS 熔断,防止高压损坏后面电路,从而起到防雷作用。CD3、CD4、CD5 为模块输出滤波电容,封装在模块内部。UD3 为精密基准电压源 MC1403 输出为 2.5V, RD1、RD2 对 MC1403 的输出电压进行分压产生 1.5V (A) 及 0.75V (B), 电容 CD1、CD2 用于消除电位计触点接触不良产生的干扰。

电源插头在插拔或松动时会产生火花,所以在零线与火线之间要接由一个电阻和一个电容串联而成的火花吸收电路。

2.2 自动功率控制 (APC) 电路

激光二极管的驱动有两种形式,一是 ACC (稳定输入电流),此方法的缺点是在器件老化等因素下输出功率会变化;二是 APC (稳定输出功率),用光敏二极管采集输出光功率作为反馈稳定输出功率。本文采用的是稳定输出功率的方法。

APC 的具体电路如图 2 所示,UP1 为 TI 公司生产的大电流运算放大器 OPA547 是一种大电流运算放大器,适合驱动各种负载,最大输出电流为 750mA (如所需驱动电流更大,则可选择 OPA548 其最大输出电流可达 3A)。它具有过热保护和过载保护,而且可以仅用一个电阻来实现输出限流。具有输出关断功能,只需给 ES 脚高电平即可关断输出,且反应迅速,可用于负载保护和休眠时节省能源。输入端只需 0~150 μ A 的电流,输出范围 0~750mA。这里用于功率输出,驱动激光二极管。

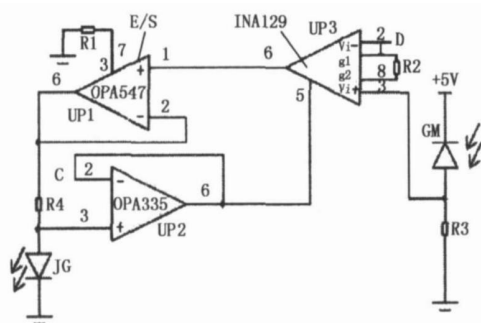


图 2 APC 原理

UP2 为 TI 公司生产的精密运算放大器 OPA335 具有低温漂 (0.05 μ V/ $^{\circ}$ C)、低偏移电压 (最

大 5 μ V)、高共模抑制比等优点。

UP3 为 TI 公司生产的通用精密低功耗仪表放大器 INA129 它的高性能和小尺寸适合多种应用领域。它的电流反馈电路设计保证了在高放大倍数的情况下保证高带宽,仅用一个电阻就可设置从 0~10000 的放大倍数。同时还有低偏移电压 (最大 50 μ V)、低温漂 (0.05 μ V/ $^{\circ}$ C)、低输入偏置电流 (5nA) 等优点。

JG 为激光组件中的激光二极管。

GM 为激光组件中的光电二极管。R3、R1、R4 为限流电阻, R2 为放大倍数设定电阻。

激光二极管的电流可由式 (1) 计算 (其中 V_{ij} 表示第 i 个运放的第 j 脚的电压):

$$I = \frac{V_{16} - V_{23}}{R_4} = \frac{V_{36} - V_{35}}{R_4} = \frac{V_{33} - V_{32}}{R_4} \quad (1)$$

UP3 的 2 脚 (D 端) 与控制系统产生的控制电压 (Uk2 的 4 脚) 相联。

当激光二极管因某种原因输出光功率增大时,耦合至光电二极管的光电流也同比例增大,从而使电阻 R3 上的电位升高,这样,通常状态下的平衡被打破,使得 INA129 上的输出电压 V_{36} 降低,则 V_{16} 下降,因而电阻 R4 上的电流 I 降低,流过激光器二极管的电流也相应降低,从而达到降低激光二极管输出功率的目的。当激光二极管输出光功率降低时,GM 的光电流相应降低, INA129 放大器输出电压升高,进而增大 LD 的驱动电流,达到增大激光二极管输出光功率的目的。

本电路可以使激光二极管的输出稳定度小于 ± 0.01 dBm。

2.3 温度自动控制 (ATC) 电路

我们知道,激光二极管输出的功率及波长随着温度的变化而变化,为了稳定功率及波长必须稳定激光二极管的温度,而且激光二极管在大功率工作时会产生很多热量,如不加以控制就会烧毁激光二极管。所以必须使用温度控制电路。

温度控制原理如图 3 所示,装在激光器组件内的热敏电阻将激光二极管的温度转换成电信号,此小信号经过放大后送入 PD (比例微积分) 电路,与比较电压比较后产生控制信号,控制电致冷器的电流输入及方向,使其制冷或加热。从而改变激光二极管的温度,此温度变化就会反映到热敏电阻上,即

构成了一个温度负反馈系统,动态地控制激光二极管的温度,从而起到稳定温度的作用,使温度稳定在设定值上。

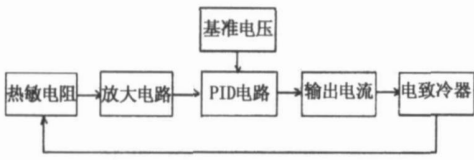


图 3 温度控制原理

ATC 电路原理如图 4 所示,我们用 U_{t1} 表示 U_{t1} 的第 i 个运放单元,如第 1 个可表示为 U_{t11} 第 2 个为 U_{t12} R_{t1} 为激光器组件里的热敏电阻, 20°C 时阻值为 $10\text{k}\Omega$,当温度变化时其阻值随着变化,即 U_{t1} 的同相输入端的电压发生变化。 R_{t1} 的阻值为 $10\text{k}\Omega$ 即在 20°C 时 U_{t1} 的 3 脚为 0.75V 。 U_{t3} 为电压跟随器,于 0.75V 相连起电压基准的作用。 U_{t1} 、 R_{t3} 、 R_{t4} 构成减法器,输出为温度变化量,送入 U_{t2} 、 C_{t1} 、 C_{t2} 、 C_{t3} 、 R_{t7} 、 R_{t12} 、 R_{t6} 组成的 PID 调节电路, U_{t4} 、 Q_{t1} 构成扩流电路驱动电制冷器制冷。调整 R_{t2} 可改变

U_{t2} 输出的静态电压,保证制冷器有一个恒定的电流,精细调整 R_{t2} 可减少 Q_{t1} 开关的次数^[3]。

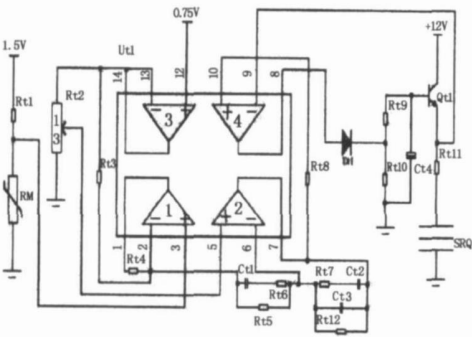


图 4 ATC 电路

微分网络由 C_{t1} 、 R_{t5} 、 R_{t6} 构成,积分网络由 R_{t7} 、 C_{t2} 、 C_{t3} 构成, C_{t2} 、 C_{t3} 应该选漏电流小的电容, C_{t2} 的温漂要尽可能小。如不考虑空间大小的问题最好选聚苯乙烯薄膜电容,本文选的是 CBB 电容。

经过仔细调整后,ATC 电路可以使激光二极管组件的温度稳定在 25°C 左右。激光输出功率为 50mW 时的温度稳定度为 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 。

2.4 MCU 控制电路

电路如图 5 U_{k2} 为 TI 公司生产的双 12 位数 / 模转换器 TLV5618ACP,接口方式为 SPI 接口非常简单,只需三根线即可,因此体积小。它由一个 16 位数据编程,其中 4 位控制位,12 位数据位。输出电压可由式 (2) 计算:

$$V = \frac{2 \times \text{data} \times V_{\text{ref}}}{01000} \tag{2}$$

其中, data 为单片机送出的 12 位数据; V_{ref} 为

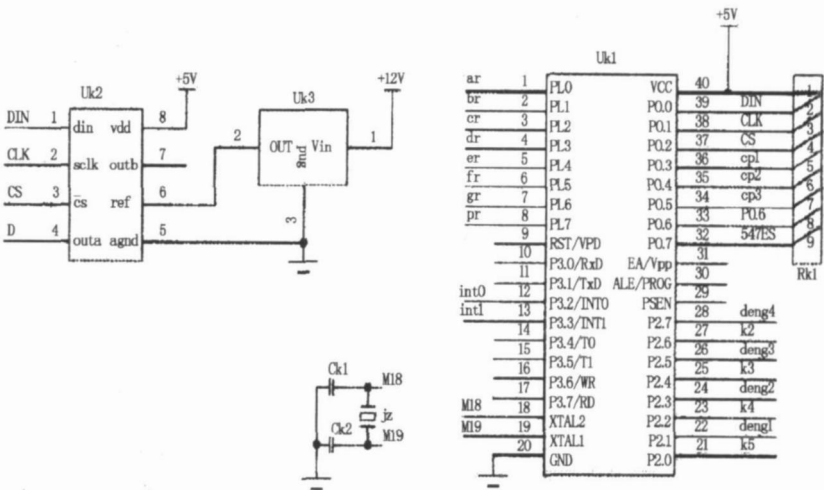


图 5 MCU 控制电路

TLV5618ACP 的参考电压; 01000 是二进制数。

U_{k3} 为精密基准电压源 MC1403 它给 U_{k2} 提供 2.5V 基准电压。 U_{k1} 为 AT89C51。 R_{k1} 为 $4.7\text{k}\Omega$ 上拉电阻。

3 激光二极管的保护

因激光二极管易受到损坏,所以应加以防护,主要有过流、过压防护和静电防护。

3.1 保护电路

保护电路原理如图 6 所示, U_{b1} 为 IM324 2 脚接 OPA335 的 2 脚,等于激光二极管输入端电压,且由于 OPA335 的作用与激光二极管之间相当于高阻态, R_{b1} 对 $+5\text{V}$ 分压作为比较电压, R_{b2} 与 C_{b1} 构成消火花电路,防止电位器 R_{b1} 因触点接触不良产生火花对电路的干扰。当 C 点即激光二极管输入端电压高于设定值 (IM324 的 3 脚) 时,产生一个中断信号,单片机响应中断,给 OPA547 的 E/S 脚送信号,关闭其输出。同时使继电器闭合,过压指示灯亮,从而实现了过压保护。

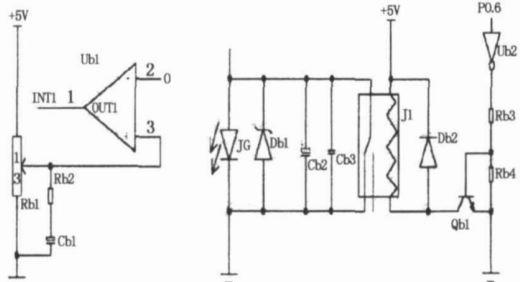


图6 激光二极管保护电路

Db1为低压瞬变二极管,在JG两端电压超过其击穿电压时迅速导通,当电压低于击穿电压时恢复高电阻状态,起到了保护JG的作用。

J1为常闭继电器,没通电时常闭触点使JG两端短路,防止静电损伤。Cb2和Cb3的作用是吸收继电器发出的电火花。Cb2为电解电容,容值稍大;Cb3为瓷片电容,容值小。Cb2的电容量不可太大,否则会出现JG出现接触不良时Cb2积累的电容量放电损坏激光二极管的情况。Db2为二极管1N4007防止继电器线圈断电时反电势损坏电路。Qb1为继电器驱动三极管9014作用是接收到控制信号后提供足够的电流使继电器工作。Rb3和Rb4为Qb1提供工作电压。

3.2 静电防护

在实际使用过程中,存在大量静电,如果处理不当,静电就会损伤激光二极管。处理方法主要是保证良好的静电对地的泄放通路,尽量避免静电进入电路。在敏感元件尤其是激光二极管周围使用静电防护器件。在PCB布局及布线时也要加以考虑。

机箱的选择也很重要,不好的机箱将使静电放电通路不顺畅,导致静电进入电路损伤激光二极管。故选择整体焊接或牢固多点铆接的机箱,其中以焊接的为最好,现在市面卖的拼接式机箱由于面板为插接方式使得面板与底板之间接触不良,人体静电无法经面板直接对地泄放,从而对激光二极管造成威胁。在电路装好机箱后,应在面板外面加一层绝缘膜,对静电防护也有较大帮助。由于人体对面板的接触最多,所以固定在面板后的电路的地线要较粗较短,或多根地线并联。

内部电路固定时应离外框一段距离,防止静电进入电路。显示电路地线与系统地直连,尽量不要用插件,以免接触不良造成静电泄放不畅。本文采用的是在面板后加一层薄铜板用多个螺丝牢固固

定,并在铜板上焊接多条电线与地相连,实践证明效果较好。

电路中的开关选择不当也会造成静电危害,有些开关按钮下方有金属片通过弹簧与触点相连,且开关端面与金属片距离较近,则人体静电就可通过金属片耦合进入电路。有些开关外面镀有一层金属,镀层会将静电导入电路,所以应选择绝缘部分较长的开关,如选择有镀层的开关应保证镀层可靠接地^[4]。

激光二极管两端并联瞬态抑制二极管,构成静电通路,避免静电损坏激光二极管。

如果有些位置必须用螺丝固定,应在螺丝孔周围镀锡,使地线接触良好。

4 结束语

本电路在驱动980nm激光器组件时,最大输出功率大于150mW,稳定度小于 ± 0.01 dBm(预热5min后测10min),曾经在输出功率120mW的情况下连续工作过24h,输出光谱如图7所示。温度稳定在25℃,在功率为50mW时的温度稳定度为 ± 0.1 ℃。在半年的使用过程中,运行情况良好,有效避免了过压过流及静电对激光二极管的损害。

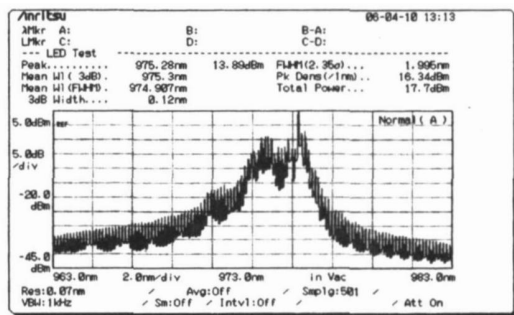


图7 输出光谱

参考文献:

- [1] 阎晓琴,高峰,张桂才.高精度光纤陀螺用超荧光掺铒光纤光源的参数设计[C]//第五届全国光子学大会会议论文集第二分册,2004:187-190.
- [2] 刘舒书,单文涛.一种实用的大功率激光二极管驱动电源[J].激光与红外,1998,28(3):153-155.
- [3] 杨宝清,宋文贵.实用电路手册[M].北京:机械工业出版社,2002:297-298.
- [4] 顾海州,马双武.PCB电磁兼容技术-设计实践[M].北京:清华大学出版社,2005:145-160.