

· 光电器件与材料 ·

LD 在开关电源驱动下的结温与输出特性研究

陈大勇^{1,2}, 张立航³

(1. 华中科技大学光电子科学与工程学院, 湖北 武汉 430074; 2. 华中科技大学国家光电实验室, 湖北 武汉 430074;
3. 68031 部队, 甘肃 兰州 730058)

摘要: 半导体激光器(LD)的驱动电路要求能够提供充足的载流子,且工作状态要稳定.从半导体物理学理论出发,分析了半导体激光器在恒流和稳压 2 种状态下,结电压、结电流和结温三者的关系.并以此为理论基础,进行了半导体激光器在双路跟踪电源恒流模式和开关电源 LT1912 驱动下的实验.实验结果表明,开关稳压电源驱动半导体激光器正常工作的核心条件是能够提供充足的载流子,即开关电源要具备低电压高功率的输出特性.开关稳压电源驱动半导体激光器的优点在于电路设计简单,不用考虑过流保护和过压保护电路,且半导体激光器的工作状态也很稳定.

关键词: 半导体激光器;开关电源;结温

中图分类号: TN365

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2010)03-0035-04

Characteristics of LD Driven by the Switching Power Supply

CHEN Da-yong^{1,2}, ZHANG Li-hang³

(1. Optoelectronics Department, Hua zhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China;
2. National Laboratory for Optoelectronics, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China;
3. Unit 68031 of PLA, Lanzhou 730058, China)

Abstract: Semiconductor laser (LD) drive circuit required to provide enough current and working state is stable. According to semiconductor physics theory, the relationships of junction voltage, junction current and junction temperature is analyzed. Experiments on LD in dual tracking power supply constant current mode and driven by LT1912 switching power supply were made. Experimental results show that LD drive circuit of work conditions is to provide sufficient current---the switching power supply drive LD must have the output characteristics of low voltage and high power. The advantages for switching power drive LD is simple in circuit design, and working conditions are very stable. With increasing chip performance, switching power supply will be widely used.

Key words: LD; switching power supply; chip temperature

LD 的驱动分为恒流、恒功率、脉冲 3 种工作驱动模式,这 3 种工作模式都是通过调整输入到 LD 的电流来调节光功率的输出,而 LD 驱动电路的核心条件是能够提供足够多的载流子.随着开关稳压电源的发展,低电压高功率输出特性芯片的研制成功,极大地拓展了开关稳压电源的使用范围.通过半导体物理学理论探讨和实验验证,从 2 个方面讨论

了开关稳压电源驱动 LD 的可行性,以及阐述了用开关电源驱动 LD 所应具备的工作特性.

1 半导体激光器工作特性

1.1 半导体激光器驱动方式

半导体激光器是通过载流子的注入而工作的.

收稿日期: 2010-04-26

作者简介: 陈大勇(1984-),男,甘肃人,硕士研究生,研究方向为光电探测;张立航(1977-),男,甘肃人,硕士研究生,助理研究员,研究方向为网络安全、软件仿真.

根据不同的工作形式,电源驱动又分为恒流、恒功率和脉冲 3 种.恒流模式时要保证注入到半导体激光器的电流是恒定的,这种模式要得到恒定的光功率的输出需保证结温要恒定.恒功率模式时,通过反馈光功率控制驱动电源实现恒功率输出.脉冲驱动模式被广泛地应用于通信领域,这种模式对散热的要求不是很高.

1.2 半导体激光器结温与工作特性

温度对半导体激光器工作特性有明显的影响作用,这种作用对不同的半导体材料体系和器件结构的不同而不同.

1.2.1 恒流模式下的结温与工作特性研究

根据半导体物理学理论,PN 结在小注入条件下的正向电流与电压近似满足下式

$$I = I_0 \exp\left(\frac{qU}{kT}\right) \quad (1)$$

当大注入时即半导体激光器的工作条件,PN 结的电流-电压特性将发生变化. P 区为阻止空穴的扩散维持电中性,必然建立一个电场,成为自建电场,加在 PN 结上的电压必有一部分落在 P 区.此时 PN 结的电流公式需加以修正^[1]

$$I = I_0 \exp\left(\frac{qU}{2kT}\right) \quad (2)$$

$$I_0 = f(T) T^{3/2} \exp\left(\frac{-E_g}{2kT}\right) \quad (3)$$

式中, I 为正向电流; I_0 为反向饱和电流; U 为 PN 结正向电压; T 为绝对温度; k 为波尔兹曼常数; q 为基本电荷电量;其中, E_g 为温度为 0 K 时的禁带宽度.又由 $K = f(T) T^{3/2}$,函数 $f(T)$ 含有 $T^{-3/2}$,这样 K 是一个与温度无关的量,当半导体结在恒流状态时,PN 结的结电压和温度的关系如下式^[2]

$$U = \frac{E_g}{q} - \frac{2kT}{q} (\ln K - \ln I) \quad (4)$$

$$\frac{dU}{dT} = -\frac{2k}{q} (\ln K - \ln I) \quad (5)$$

由式(4)可得,在恒流模式下结电压与温度是成线性变化的,随着温度的升高而减小.当工作在恒流模式下时, dU/dT 是恒定的,说明 LD 在恒流模式下的输出状态易于控制.

1.2.2 在稳压电源驱动下的结温与工作特性研究

将式(4)进行变形,可以得到在稳压模式下电流与结温的关系

$$\ln I = \frac{qU}{2kT} - \frac{E_g}{2kT} + \ln K \quad (6)$$

$$\frac{dI}{dT} = -\frac{I(qU - E_g)}{2kT^2} \quad (7)$$

在稳压工作模式下, dI/dT 影响因素是比较复杂的.且工作电流的大小不但与温度有关系,而且与结电压也有关系.将式(6)进行变形,可得如下变化

$$I = \exp\left[\frac{qU}{2kT} - \frac{E_g}{2kT} + \ln K\right] \quad (8)$$

由式(8)得出,在稳压模式下,工作电流满足一个复杂的指数关系.在结电压恒定的条件下,不同的结温将有一个工作电流值与之相对应.在稳压模式下,当把结温控制在正常的工作范围内,LD 就会得到与此结温相对应的工作电流,使 LD 正常工作.

2 实验数据

为分析 LD 在稳压模式下的工作特性,作了如下实验.实验选取的 LD 是 HLD980500HP,其主要参数是:阈值电流 0.3 A、工作结电压 1.8 V、最高 2.2 V、工作电流 0.8 A、输出光功率 300 mW、C-mount 封装.

2.1 双路跟踪电源

选取的实验条件为:将双路跟踪电源的输出电压调整到 1.9 V,并不断地调整双路跟踪电源输出电流,观察 LD 的输出光功率.本次实验主要观察电压、电流对 LD 输出光功率的影响.实验数据曲线如图 1 所示.

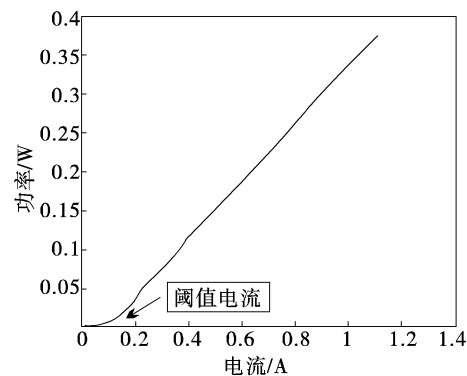


图 1 $I-P$ 曲线

图 1 的曲线是结电压为 1.9 V 时,不断调整电源输出电流所得数据.当只调整结电压时,LD 输出光功率基本没发生改变.这说明要使 LD 正常工作条件是,驱动电源能够提供足够多的载流子.

2.2 开关稳压电源

这个实验的目的是观察在开关稳压电源的驱动下,LD 的工作特性变化. 选取了凌特公司的 LT1912 这款芯片, 芯片参数为: 宽输入 3.6~36 V、最大输出电流 2 A、反馈基准电压 0.790 V、输出电压可调: 0.79~20 V.

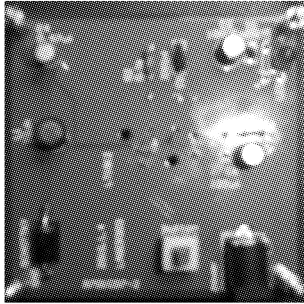


图 2 LT1912 电路实物

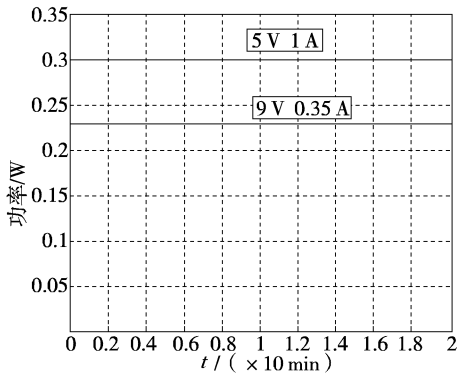


图 3 $t-P$ 曲线

设定开关电源输出电压为 1.98 V. 当用 5 V、1 A 的电源作开关电源的输入时, 开关电源驱动 LD 输出光功率为 300 mW; 用 9 V、350 mA 的电源作开关电源的输入时, LD 的输出光功率为 230 mW. 图 3 是 LD 连续工作 20 min, LD 输出功率与时间的变化曲线. 实验结果显示, LD 输出光功率很稳定, 没有随着时间发生改变. 当 5 V、1 A 的电源作开关电源的输入时, 流过 LD 的电流约为 0.88 A; 9 V、350 mA 的电源作开关电源的输入时, 流过 LD 的电流约为 0.72 A, 这主要是由于开关电源 LT1912 自身的工作效率所决定的.

2.3 实验结果分析

图 4 是 LD 的等效电路图, 其中, R_s 是半导体激光器的串联电阻, 包括材料的体电阻和电极接触电阻; C_1 是半导体激光器的寄生电容. LD 是 C-

mount 封装, 这种封装有大面积的铜可以有效地对 LD 进行散热. 对实验结果分析时, 温度的影响可以忽略, 就认为 LD 的结温能使其正常工作, 且基本保持恒定, 因此才会得到较稳定的光功率输出.

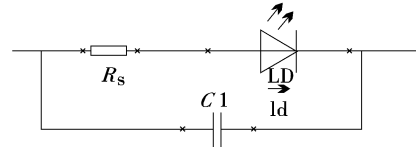


图 4 LD 等效电路

双路跟踪电源的实验结果证实, LD 正常工作建立在有充足的载流子. 开关稳压电源的实验说明, 只要开关电源能够提供充足的载流子, 就能驱动 LD. 并且这种驱动电路简单, 不用设置过流、过压保护电路, 在工程应用中可以简化电路. 实验结果说明开关稳压电源驱动 LD 也是切实可行的, 而且工作状态也较恒定.

3 结 论

从实验结果可以看出只要开关稳压电源能提供较大的驱动电流, 就完全可以驱动 LD. LT1912 驱动 LD, 在作好温控的前提下, LD 的输出光功率很稳定. 当 LT1912 输出电压为 1.98 V 时, LD 输出光功率为 300 mW, 并且工作状态很稳定. 开关电源驱动 LD 优点在于电路简单, 不用考虑过流保护、过压保护, 而开关稳压电源驱动 LD 核心在于电源本身输出电流的能力, 由此可见, 驱动大功率半导体激光器的开关电源必须具备大功率低电压输出特性, 现阶段开关电源芯片已经具备了这样的工作特性.

参考文献

- [1] 刘树林, 张华曹, 柴常春. 半导体器件物理[M]. 北京: 电子工业出版社, 2001.
- [2] 张洋. 采用半导体激光器自身 PN 结特性测温的半导体激光器恒温控制[J]. 发光学报, 2009, 30 (2) : 223 - 227.
- [3] 刘德修, 刘雪峰. 半导体激光器及其应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 2001.
- [4] Hu Chunsheng, Qin Shiqiao, Wang Xingshu. An extremely fast and high-power laser diode driver module [C]// Proceeding of SP IE Vol. 5628. SPIE. Bellingham, WA, 2005.
- [5] 李威, 杨涛, 李晓帆. 大功率低电压大电流开关电源输

出电路的研究[J]. 船电技术, 1999, 4 : 22 - 25.

- [6] 王健, 黄先. 温度和电流对白 LED 发光效率的影响[J]. 发光学报, 2008, 29 (2) : 358 - 362.

- [7] 谭延亮, 游开明. 发光二极管放电实验现象分析 [J]. 发光学报, 2007, 28 (4) : 551 - 556.

(上接第 2 页)

射传输模型, 它继承并包含了所有 LOWTRAN 模型的代码并做了相应的改进, 包含多次散射辐射传输精确算法.

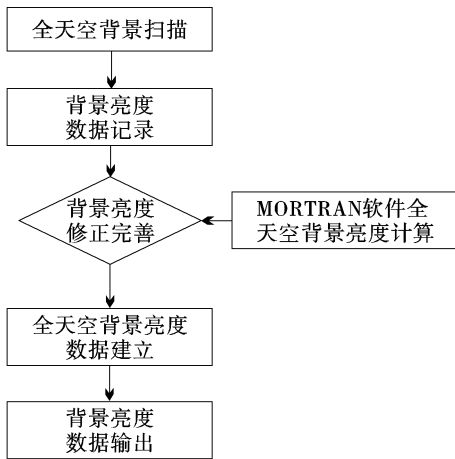


图 2 全天空背景亮度数据完善方法流程

该软件针对不同地理纬度和季节建立了不同的大气模型, 并且可以根据具体天气情况进行模式选择或者自定义输入, 对紫外、红外、可见光等波谱均适用, 是目前较完整的一种计算大气透过率和背景辐射的软件.

根据测量时的天气条件, 对 MODTRAN 进行了模式选择, 对相应时间点和位置的天空背景进行了分析与计算, 综合实测数据和 MORTRAN 计算值根据该修正方法进行了处理, 得到了全天空背景亮度数据, 其等值线分布结果见图 3. 从图 3 可以看出, 全天空背景数值等值线也反映了天空背景亮度分布趋势, 且与图 1 的分布趋势和背景取值基本相

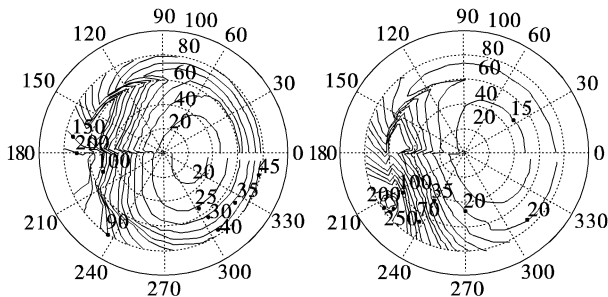


图 3 计算背景亮度等值线

同, 同时, 图 3 的等值线分布均匀规律. 实际工程应用中, 可以根据所建立的全天空背景亮度数据进行任意时刻、任意方位角和俯仰角下的背景亮度输出, 在实际工程应用中具有很大的优势.

3 结 论

针对天空背景测量设备工程应用不能满足光电测量设备探测跟踪性能分析研究数据需求不足缺点, 提出了一种全天空背景亮度数据建立方法, 并进行了处理分析; 结合该方法应用于工程实际. 应用结果表明: 该方法建立的全天空背景亮度数据可以满足实际应用需求. 下一步对该光电测量设备位置对应点进行全年 12 月内多次测量和全天空背景数据处理, 利用处理得到的天空背景数据进行全天空背景亮度数据库建模技术研究, 形成可界面式操作, 可以根据不同的工程应用需求进行任意时刻和任意位置的天空背景亮度值输出.

参考文献

- [1] Jason A Moore. Modelling the Brightness of the Sky over a Field-of-View[D]. the School of Physics, University of New South Wales, 2004: 19 - 30.
- [2] 魏合理, 陈秀红, 余凯, 等. 白天 CCD 观星可探测极限星等值分析[J]. 强激光与粒子束, 2007, 19(2): 187 - 191.
- [3] 谭碧涛, 景春元, 王宝国, 等. 光谱滤波技术对星等测量精度影响[J]. 强激光与粒子束, 2009, 21(2): 187 - 191.
- [4] 白心爱. 天地背景辐射特性研究[J]. 山西师大学报, 2003, 17(3): 27 - 31.
- [5] Stamnes K, Tsay S C, Wiscombe W, et al. Numerically stable algorithm for discrete ordinate method radiation transfer in multiple scattered and emitting layered media[J]. Appl Opt, 1988, 27 (12) : 2502 - 2509.
- [6] 谭碧涛, 景春元, 张新, 等. 光电系统对空间目标成像仿真技术研究[J]. 计算机仿真, 2009(6): 240 - 243.