

文章编号: 1001-3806(2006)03-0295-03

# 带有温度自适应调节的 LD 阵列驱动电源的设计

潘卫军, 郭云霄, 巩马理, 闫平\*

(清华大学 精密仪器与机械学系 光子与电子技术研究中心, 北京 100084)

摘要: 传统 LD 驱动电源通常采用电流参数预定输入的方式, 其只能输出给定脉宽、重复频率及峰值的驱动电流, 这种方式注定其不能随工作环境的变化而做相应调节。针对上述传统 LD 驱动电源的固有缺点, 介绍一种具有温度自适应调节的 LD 驱动电源, 该电源通过微处理器 FPGA 芯片检测 LD 的工作温度, 采用温度补偿算法, 做到自适应调节驱动电流的大小, 实现 LD 驱动电源的智能化运行, 使 LD 在不同温度下稳定工作。

关键词: 激光技术; LD 驱动电源; 温度自适应调节; 光功率稳定

中图分类号: TN 86 文献标识码: A

## A design of temperature adaptively adjustable driver for LD array

PAN Wei-jun, GUO Yun-xiao, GONG Ma-li, YAN Ping

(Center of Photonics and Electronics, Department of Precision Instruments and Mechanology, Tsinghua University, Beijing 100084 China)

**Abstract** The traditional operating method of LD power driver is that the user preset the parameters of drive current such as the rate pulse width and amplitude. The LD cannot adjust its working parameters according to the variation of its environment with this method. A new temperature adaptively adjustable driver for high power laser is proposed, which can detect the temperature variation of the LD and adjust its drive current according to the detected temperature. With this method the LD can work steadily in broader range of temperature.

**Key words** laser technique; LD power driver; temperature adaptively adjust; stability of optical output

## 引 言

传统 LD 驱动电源通常采用电流参数预定输入的工作方式, 其只能输出给定脉宽、重复频率及峰值的驱动电流, 这种方式注定其不能随 LD 工作环境的变化而做相应调节<sup>[1]</sup>。而根据 LD 的输出特性, 通过检测 LD 的工作温度, 采用温度补偿的方式实时改变输出电流的大小, 可以使 LD 驱动电源能根据 LD 的工作情况, 尤其是工作温度的变化, 智能化地改变驱动电流, 使 LD 能在一定温度范围里的输出功率稳定。

## 1 基本原理

LD 在不同温度下的输出功率与电流大小的关系曲线如图 1 所示, 为得到相同的输出功率  $P_0$ , 不同温度  $T_0, T_1, T_2$  下对应的电流分别为  $I_0, I_1, I_2$ , 其中  $T_0 < T_1 < T_2$ , 而 LD 驱动电流对应的大小关系为  $I_0 < I_1 < I_2$ , 根据曲线可以知道, 当 LD 的工作温度发生变化, 为了使 LD 的输出功率稳定在  $P_0$ , 必须由相应温度变化改变输出电流的大小才能实现。

作者简介: 潘卫军 (1979-), 男, 硕士, 目前从事温度自适应调节的 LD 驱动电源的研究及设计。

\* 通讯联系人。E-mail: pyan@mails.tsinghua.edu.cn

收稿日期: 2005-04-13; 收到修改稿日期: 2005-07-05

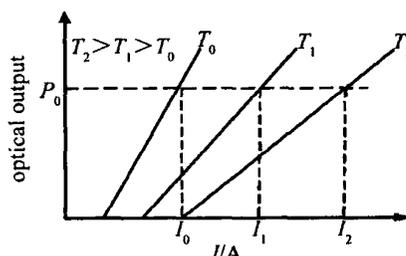


Fig 1 The optical output of LD in different temperature

通过实时检测 LD 工作温度, 并通过相应的电流温度补偿算法, 可以克服传统 LD 驱动电源的弊端, 由此研制出具有温度自适应调节的 LD 驱动电源。其工作原理如图 2 所示。

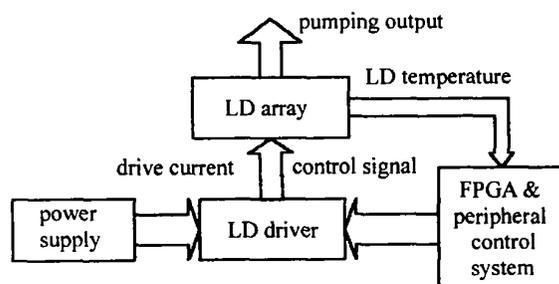


Fig 2 Schematic diagram of temperature adaptively adjustable driver

通过温度传感器实时监测 LD 阵列温度, 所得温度信号以数字信号形式输入 FPGA 芯片, FPGA 通过

用户事先输入的补偿电流数据,根据输入的温度信号,自动调节 LD 阵列驱动电流的大小,这样就使得 LD 阵列能在一定温度范围里,保证输出功率的稳定。

## 2 温度采集电路及微处理器控制电路的实现

LD 阵列智能化驱动电源非常重要的一点在于能实时监测 LD 的温度变化,并能及时调整输出电流的

大小。FPGA 是一种并行执行器件,可以极大地提高运行效率,故采用 Atera 公司的 FPGA 芯片,通过 VHDL 语言设计出控制系统的内核,其控制结构如图 3 所示,该系统包括键盘扫描模块,弹跳消除模块,键盘译码模块,温度信号数字滤波模块,电流与温度算法模块,DA 输出模块,电流参数显示模块及 LD 逻辑保护模块。

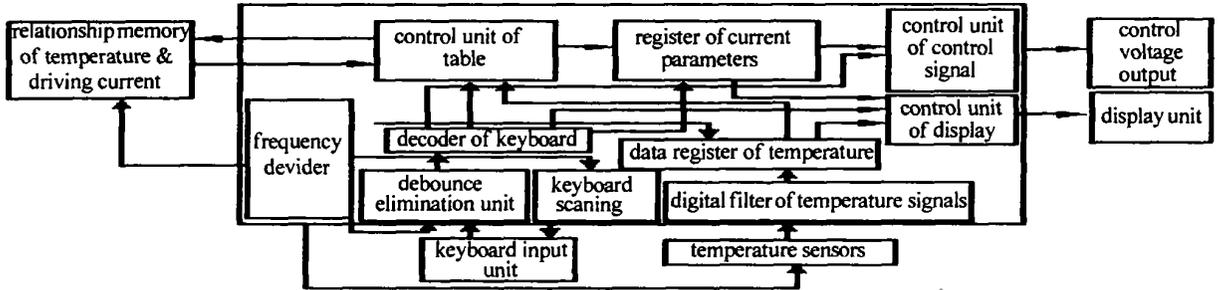


Fig 3 Schematic diagram of FPGA control system

一般 LD 的工作温度范围为  $-20^{\circ}\text{C} \sim 70^{\circ}\text{C}$ ,而将低于  $-20^{\circ}\text{C}$  的所有温度及高于  $70^{\circ}\text{C}$  的所有温度各作为一个单工作点,所采用的温度传感器采集的温度值能精确至  $1^{\circ}\text{C}$ ,则共有 93 个温度工作点需设置。同时,LD 的工作电流范围为  $0\text{A}$  至  $80\text{A}$  之间,步进为  $0.1\text{A}$ ,共有 801 个电流值,用 12bit 数模转换满足本设计需求。故在设计工作中,需对这 93 个工作点的电流参数进行设定。为了存储 93 个温度工作点的工作电流,利用  $2\text{k}$  字节的  $\text{E}^2\text{PROM}$  作为温度与电流关系的存储器,每个温度工作点的电流参数 (12bit) 用两个字节 (16bit) 的单元存储。

其中温度与电流关系列表,可以通过实验标定的方法得到。使 LD 输出一定功率 (如  $120\text{mW}$ ),同时检测 LD 的工作温度数值和其驱动电流的数值,这样就得到在 LD 输出某稳定功率 ( $120\text{mW}$ ) 下,LD 驱动电流及其工作温度之间的关系。并将此关系以列表形式输入至  $\text{E}^2\text{PROM}$  存储单元中。工作时利用 LD 工作温度值与  $\text{E}^2\text{PROM}$  总线地址之间的映射关系,通过检测 LD 的工作温度,查询到该温度工作点的驱动电流,用于驱动 LD。

实时采集 LD 的工作温度,该电源可以采用两种模式进行工作,其一为传统工作模式,即通过电流参数

预定输入的方式实现对 LD 驱动电流的前馈控制,该工作模式可用于实验标定步骤,用于得到 LD 驱动电流及其工作温度之间的关系。其二为温度自适应调节模式,用户通过如前所述实验标定的方法得到温度与电流的关系列表,即温度补偿数据,以列表形式存入  $\text{E}^2\text{PROM}$  中的电流与温度算法模块。运行时,温度检测模块通过实时检测温度传感器得到的温度信号,通过查表,得到相应电流参数值,传输到 DA 控制模块,输出所需的控制电压,在后续驱动电路中,经过电压-电流转换,前置放大,滤波,功率放大得到相应的驱动电流。同时,考虑到电源的保护特性,控制电路要实时检测输出电流特性,一旦发生 LD 短路,开路,过载或者设定的电流值大于最大允许电流值的情况,检测电路会迅速给 FPGA 发送错误信号,FPGA 会及时切断 LD 的供电,保护 LD 不受破坏。

## 3 电流驱动电路

驱动电流电路是整个 LD 电源的关键部分。这部分电路实现的功能是将控制电路产生的控制电压经过电压-电流转换,低通滤波和功率放大后得到所需的驱动电流,用以驱动 LD 阵列<sup>[2]</sup>。其与控制电路之间的连接如图 4 所示。

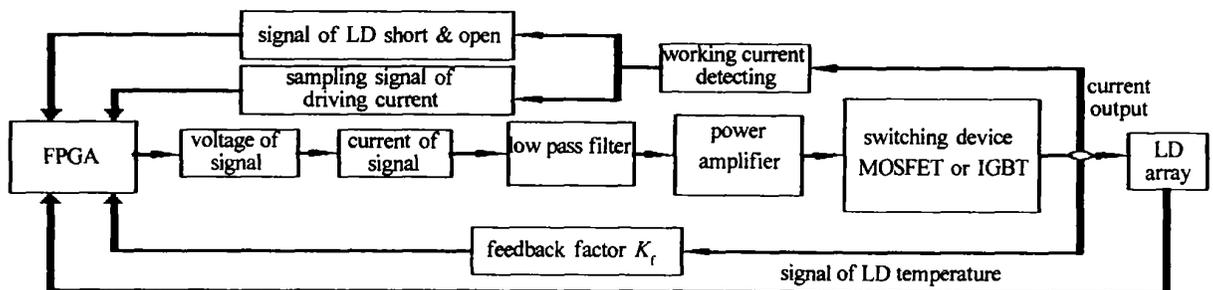


Fig 4 Schematic diagram of LD drive circuit

### 3 1 电压-电流-电压转换的实现

可以知道, 控制系统通过 DA 产生的控制电压在 0V ~ 5V 之间, 无法直接用此电压控制高达 150V 的大信号, 必须通过功率管将控制电压信号转变为电流信号, 然后将此电流信号再次转换为电压信号, 只要功率管的  $V_{ce}$  及  $P_{cm}$  足够大, 以 0V 为基准的控制电压可以轻易控制电压范围较大的大信号。这就需要电压-电流-电压转换电路。一种典型的电压-电流-电压转换电路如图 5 所示。很容易通过计算得到:

$$I = \frac{V}{R_1} \quad (1)$$

$$V_0 = V_- - \frac{V}{R_1} R_4 \quad (2)$$

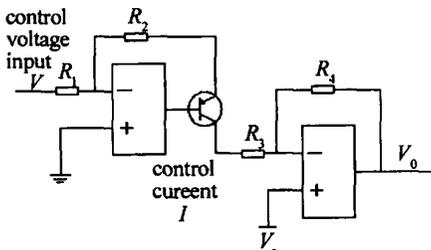


Fig 5 Voltage-current-voltage conversion circuit

### 3 2 驱动电流的控制

生成一定大小可控的脉冲电流是整个设计的目的。由于 MOSFET 管本身是一种非线性器件, 为了得到峰值大小可控的脉冲电流, 必须将输出电流与控制电流信号的关系进行线性化处理。为此, 引入电流并联负反馈, 当引入深度负反馈后, 输出电流只与反馈系数有关, 而与开关器件的输出特性无关, 这样可以通过简单的线性运算得到控制信号和输出电流间的关系<sup>[1]</sup>:

$$I_{out} = \frac{I}{K_f} \quad (3)$$

式中,  $I_{out}$  为驱动电流,  $I$  为信号电流,  $K_f$  为反馈系数。图 6 是实现电流并联负反馈的一种电路<sup>[3]</sup>。

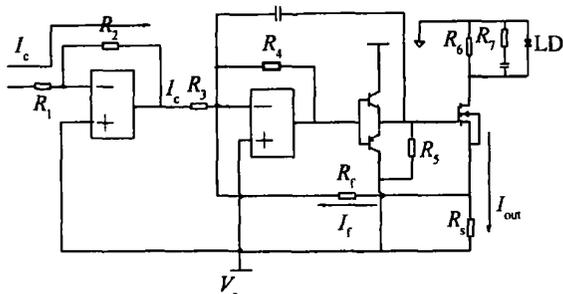


Fig 6 Drive current-output circuit

从图 6 可以看出,  $R_s$  为电流采样电阻, 通过反馈电阻  $R_f$  反馈至输入端, 其反馈系数  $K_f = \frac{R_s}{R_f}$ , 故其输出电流为<sup>[4]</sup>:  $I_{out} = \frac{I_c}{K_f} = I_c \frac{R_f}{R_s}$

### 4 LD 驱动电流及电压的温度特性

利用本文中所研制的 LD 驱动电源, 研究了在不同温度下, 为保证一定输出功率, LD 驱动电流及电压的关系, 得到 LD 驱动电流及电压的温度特性。该实验中, 以单个 LD 进行工作, 以主动调流标定的方法, 在保证 LD 输出光功率稳定在 300mW 的前提下, 测定 LD 驱动电流, 电压与 LD 工作温度的关系, 得到 LD 驱动电流及电压随温度变化的曲线, 如图 7 所示<sup>[5]</sup>。

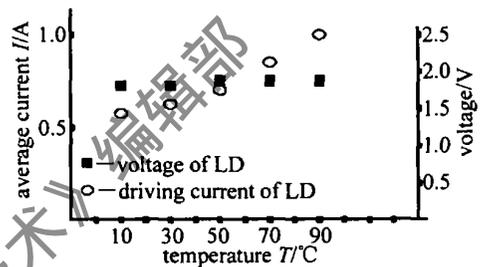


Fig 7 Current & voltage of LD with different temperature

### 5 小结

研制成功的具有温度自适应调节的 LD 驱动电流, 既能像传统 LD 驱动电源一样通过电流预定输入的方式工作, 也可采用温度自适应调节的方式工作, 通过引入温度信号反馈后, 利用查表法, 实现了 LD 能在较宽的温度范围里, 保证 LD 输出功率的稳定。

### 参 考 文 献

- [1] LIANG G Z, LIANG Z L. Laser power circuit [M]. Beijing Weapon Industry Press 1995 175~177( in Chinese).
- [2] NIU Z Q, PENG W D, NIU H B. A fixed output power laser supply with improved power factor [J]. Laser Technology, 2004, 28(2): 147~149( in Chinese).
- [3] ZOU W D, GAO Y Q. Semiconductor laser power supply controlled by single-chip microcomputer [J]. Laser Journal 2002, 23(4): 70~72 ( in Chinese).
- [4] WANG J L, WANG Y P, LID Y *et al*. All-soil-stated laser optics feedback controlled power supply [J]. Laser Technology 2004 28 (3): 306~308( in Chinese).
- [5] MA X M, GUO Z J, CAO H B *et al*. 15kW constant-voltage & current-limiting switching power supply for YAG pulse laser [J]. Laser Technology 2003 27(5): 466~469( in Chinese).