

半导体激光器高精度温度控制系统的设计*

唐文彦 孙晓明 周延周 朱茂华

(精密仪器系)

摘 要 温度对半导体激光器的特性有很大的影响,在要求半导体激光器输出稳定的波长情况下,必须对其温度进行高精度控制。文中介绍了半导体激光器的高精度温度控制原理和方法,详细给出了温控系统的机械结构和致冷器的控制电路。该系统可以达到 0.02°C 的控制精度。

关键词 半导体激光器; 温度控制; 致冷器

中国图书资料分类号 TB133

0 引言

半导体激光器(Laser Diode, 以下简称 LD)正在各个领域得到日益广泛的应用,它大有取代气体激光器的趋势。LD 除了具有体积小、结构简单、输入能量低、寿命长等特点外,最重要的是它的易于调制的特性,即可通过改变注入电流来实现对输出光频(波长)和光强的调制。LD 的输出波长随着注入电流的增加而增加,其大小随 LD 的类型不同有所区别,对于多数 LD 来说,波长随电流变化的典型值 $0.025\text{nm}/\text{mA}$ 。

另一方面,LD 的输出波长与温度也有很大的关系。当 LD 内部温度增加时,输出波长也随之增加,波长随温度变化的典型值为 $0.3 \sim 0.4 \text{ nm}/^{\circ}\text{C}$ 。很显然,要想得到 LD 稳定的输出波长,则必须对温度进行高精度的控制。在绝大多数应用 LD 测量长度的场合,都需要严格地控制温度。从输出波长的数量级考虑,温度应控制在 0.05°C 以内,这样才能保证在应用电流调制 LD 时,温度的影响可以忽略不计。

1 温度控制系统的设计

如图 1 所示,整个温度控制系统由四部分组成:传感及传输部分、转换部分、致冷及控制部分和计算机部分。LD 工作时,随着时间的推移会使温度逐渐增加,测温传感器将温度信号转换为电阻信号再经双绞线电流变送器变为电流信号传送到信号转换单元,信号转换单元包含有电流电压转换器(I/V)和 A/D 转换器,从 A/D 转换器输出的代表温度的信号被送入计算机,经过 PID 算法处理后控制 SSR(固态继电器)来实现对致冷器的控制。

文稿收到日期: 1993-10-21

本文联系人: 唐文彦,博士后/哈尔滨工业大学精密仪器系(150001)

*博士点基金资助项目

为了控制 LD 的温度, 需要将传感器、散热片、LD 和致冷器合理地装配在一起构成 LD 的恒温室, 在保证工作性能的前提下, 要求整体体积越小越好。图 2 给出了 LD 头的具体结构图。图中的绝热体采用泡沫, 散热片中间的通孔是为驱动 LD 的电缆所设计的。传送温度信号及控制致冷器的电缆另开小孔通过散热片, 这样可以形成一个稳定的温度场, 有利于 LD 的温度测量和控制。经温度传感器所得到的温度变化信息, 必须转化为单片机系统可以接收的信号, 此过程中需要解决信号的转换与传输问题。

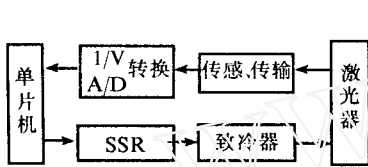
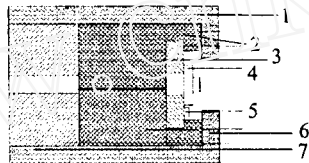


图 1 温度控制系统框图

Fig.1 Block diagram of temperature controlling system



1. 绝热体; 2. 铜板; 3. 激光器; 4. 传感器;
5. 致冷器; 6. 木框; 7. 散热片

图 2 LD 头结构图
Fig.2 Constructure of the header of the LD

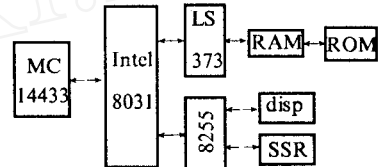


图 3 电路控制系统框图

Fig.3 Block diagram of electronic controlling system

温度传感器采用的是半导体工艺制成的薄膜铂电阻传感器, 具有很好的灵敏度和稳定性, 它将温度的变化转化为电阻值的变化。为将电阻的变化转化为电压的变化, 通常采用桥路的方法。为了修正导线电阻所引起的误差, 其后要连接较为复杂的处理电路。由图 2 可知, 由于体积的限制, 能够提供给电路的空间特别是小, 难以将多个电路元件放入激光头内来提高精度。若使转换电路远离传感器, 由于传送的是桥路输出的电压信号, 传输精度就要受到影响。采用双绞线电流发送器可以有效地解决这个问题。本文选用了 B-B 公司的 XTR101 器件, 它含有三个基本功能模块: 桥路、放大器和将放大后的信号转化为 4-20mA 的电流信号。只要选择合适的传感器, 就可以直接连接在 XTR101 的输入端上。这就是说, 可以将信号的转换和集成放大电路放在图 2 所示的 LD 头结构体中, 从而保证高精度的信号转换。由于将信号变为电流来传输, 接地噪声和电压漂移对信号的传输均不产生影响, 所以可以保证传输精度。

2 控制电路系统的控制过程

控制电路系统如图 3 所示。计算机系统采用了 8031 单片机系统。LD 的温度漂移是很缓慢的, 所以对 A/D 转换器的转换速度要求不高, 考虑到精度的要求, 选择了双积分性 A/D 转换器 MC14433, 它具有三位半的精度。由于 A/D 转换器的输入范围为 0 ~ 2V, 所以要将 XTR101 输出的电流信号转换为该范围内的电压信号, 这里加入了电流电压转换电路。

温度信号经过上述处理后, 经 A/D 转化为数字量。计算机可对该信号进行位置型 PID 计算。第 k 次采样的 PID 输出表达式为:

$$P(k) = K_p \cdot E(k) + K_i \sum_{j=0}^k E(j) + K_d [(E(k) - E(k-1))]$$

其中, $E(k)$ 为第 k 次采样值; $K_i = K_p \frac{T}{T_i}$ 为积分系数; $K_d = K_p \frac{T_d}{T}$ 为微分系数; K_p

为比例系数。计算机根据 $P(k)$ 的结果, 控制 SSR 的闭合与断开, 从而控制致冷器的工作, 使温度在一个恒定的水平上。

3 致冷器的选择

由图 2 可知, LD 头的体积很小, 这就要求致冷元件的体积要求、结构简单、效率高、且功率不大。为保证高精度地控制温度, 致冷器必须易于控制、启动快。半导体致冷器可以满足这一要求。半导体致冷器是使用 Peltier 效应致冷, 不使用致冷剂, 无运动部件, 工作可靠, 适于直流工作。本文选用了 TES1-17717T 型致冷器, 最大温差工作状态为 1A, 1.5V。体积为 $6.8 \times 6.8 \times 3 \text{mm}^3$, 该半导体致冷器的两个极板如图 2 所示, 用导热质将一个极板充分与 LD 的散热板相连, 另一极板紧贴散热片上。在工作时两个极板一个致冷, 另一个致热, 实现了温度的控制。

4 结论

利用上述系统, 实现了 LD 的高精度控制。在开机 30 分钟后, 系统进入稳定状态, 可以达到 $0.02 \text{ }^\circ\text{C}$ 的控制精度。用光谱仪监测 LD 的输出光波长的变化小于 0.2nm 。实验结果表明系统的设计是正确的。该系统可以满足测量领域内 LD 的应用要求。随着半导体激光器制造工艺水平的提高和新的发射腔结构的出现, 对 LD 温度的控制要求可能降低。

参 考 文 献

- 1 Soliberger A, Melchior H. J. Light Tech., 1987, 5(4): 87 ~ 91
- 2 Yukihiro Y. Opt. and Lasers in Eng., 1991, 14: 293
- 3 徐勇. 半导体激光器在大尺寸绝对测量中的应用. 清华大学博士论文, 1989

Design of the System for Accurately Controlling Temperature of the Laser Diode

Tang Wenyan Sun Xiaoming Zhou Yanzhou Zhu Maohua

(Dept of Precision Instrumentation)

Abstract The temperature greatly influences the characteristics of laser diode. If a stable output wavelength is required, the temperature of the laser diode must be maintained at a constant level. In this paper, the principle and the method for accurately controlling the temperature of the laser diode are described. The structure of the temperature controlling system and the electronics of the thermoelectric cooler are given. By using this system, the temperature accuracy of $0.02 \text{ }^\circ\text{C}$ can be obtained.

Key words Laser diode; temperature control; thermoelectric cooler

Tang Wenyan, received M. S. degree in 1984 and Ph. D. degree in 1990. His research interests are precision instruments, laser application in measurement and microcomputer aided measurement.