

文章编号: 0258-7025(2005)06-0765-05

多阶母盘刻录系统中的激光多阶功率写入控制

范晓冬, 陆体军, 徐端颐, 钱 坤, 齐国生, 胡 华

(清华大学精密仪器及机械学系, 北京 100084)

摘要 描述了多阶母盘刻录系统中一种基于工业标准结构(ISA)总线接口和复杂可编程逻辑器件(CPLD)技术的激光多功率写入控制方法及其控制电路的设计实现。控制电路以工业标准结构总线接口与计算机通信,以复杂可编程逻辑器件为核心处理单元,采用外加功率探测器进行功率反馈,可以同时控制激光器的写入功率和写入时间,使半导体激光器可以对母盘上感光材料进行多阶功率的曝光刻写,同时写入时间可调,从而实现母盘的多阶刻录。已经用于多阶母盘刻录实验系统,可以兼容不同类型的半导体激光器。实验结果表明,使用此控制电路可以在光致变色材料盘片上实现至少 8 阶功率写入,并获得 8 阶信号。其最小写入时间 125 ns,长时间工作输出功率的不稳定性小于 1%,可满足只读型多阶光盘的刻录需要。

关键词 光数据存储; 母盘刻录; 多阶; 功率控制; 脉冲调制

中图分类号 TP333 **文献标识码** A

Multi-Level Power Laser Writing Control Method for Multi-Level Mastering System

FAN Xiao-dong, LU Ti-jun, XU Duan-yi, QIAN Kun, QI Guo-sheng, HU hua

(Department of Precision Instruments and Mechanics, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract A multi-level power laser writing control method based on industry standard architecture (ISA) bus interface and complex programmable logic device (CPLD) technique for multi-level mastering system is described in this paper. And the control circuit has been designed. It communicates with computer with ISA interface, uses CPLD as processor, and controls the laser power by power feed back with photoelectric detector. It can control the writing power and writing time simultaneously, then the photo-sensitive material doped on the master disc can be exposed with several kinds of level power, at the same time, the writing time of the laser can be adjusted by pulse modulation, thus multi-level mastering is achieved. It has been applied in multi-level mastering system, which has a good compatibility to the different types of laser diodes. The experiment result shows that the control circuit can realize eight-level laser writing at least with the writing time adjusted (minimal 125 ns), and 8-level signal with higher stability (instability < 1%) is achieved in photochromism material disc.

Key words optical data storage; mastering system; multi-level; power control; pulse modulation

1 引 言

传统的母盘刻录技术^[1]采用固体或气体激光器作为光源,使用声光调制器进行功率控制和激光器的开关调制,只能满足传统的 0~1 两阶数据母盘的刻录要求,制作两阶只读型光盘。目前,提出一种基于光致变色材料^[1,2],采用半导体激光器作为光源,通过调制激光写入时间和控制写入功率阶次得到多

阶信息符母盘的新型母盘刻录技术——多阶母盘刻录^[1,3]。可满足多阶只读型光盘^[3,4]的复制,从而大大提高只读型光盘的容量。

多阶母盘刻录技术中的驱动电路通过工业标准结构(ISA)总线接口和计算机通信,使用复杂可编程逻辑器件(CPLD)作为功率控制单元,可方便地进行脉冲调制和多功率写入控制。功率阶次和脉冲

收稿日期: 2004-02-24; 收到修改稿日期: 2004-07-16

基金项目: 国家 973 计划(G19990330)资助项目。

作者简介: 范晓冬(1979—),男,山西省人,清华大学光盘国家工程研究中心博士研究生,主要从事光盘信息存储技术方面的研究。E-mail: faxd00@mails.tsinghua.edu.cn

时间均可通过复杂可编程逻辑器件内部编程加以调节。在多阶母盘刻录实验系统中,可根据刻录材料,方便地进行实验参量调节,从而获得最佳刻录效果。

实验中,采用额定功率为 30 mW,工作波长为 407 nm 的半导体激光器作为光源,使用自行设计的工业标准结构驱动卡实现对激光器的 8 阶功率写入控制;半导体激光器采用脉冲调制,写入时间可调,使用 8 M 晶振时,最小写入时间达到 125 ns;电路工作稳定,输出功率变化率小于 1%。

2 实验系统结构及工作原理

实验系统使用波长为 407 nm,功率为30 mW 的日亚蓝光半导体激光器作为光源,使用工业标准结构总线接口与计算机通信,将功率数据和脉冲时间数据置入复杂可编程逻辑器件芯片,实现激光多阶功率写

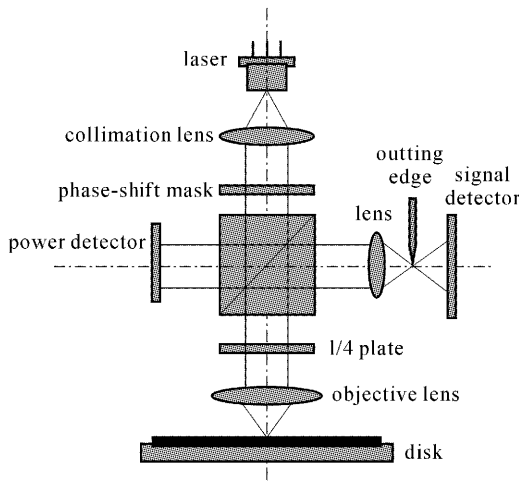


图 1 多阶母盘刻录光学系统原理图
Fig. 1 Optical path for multi-level mastering

入控制和脉冲调制。其光路原理如图 1 所示。

光致变色材料记录点(曝光点)的反射率与该点用于记录的曝光量之间有着一定的关系^[1,5],反射率随着曝光量的增加而非线性增大,随后趋于稳定。因此当激光器写入功率和写入时间变化时,盘片上各个记录点处的反射率也随之变化,从而实现多阶存储。

图 2 为激光多功率写入控制系统的框图。复杂可编程逻辑器件芯片采用 Xilinx 公司的 XC95144PQ100 产品。在复杂可编程逻辑器件芯片内部构建一个计数器和一个功率阶次寄存器,可分别用于控制激光器的写入时间和输出的功率阶次。通过编程改变计数器和功率寄存器的位数,即可调节激光的最大写入功率阶次和最大写入时间。而改变晶振的频率,即可调节激光的最小写入脉冲时间。

该电路的工作流程如下:计算机获取刻录当前位置信息符的功率阶次以及脉冲宽度,通过工业标准结构总线接口将数据发送到复杂可编程逻辑器件芯片内;数据全部准备好后,计算机发送控制命令至复杂可编程逻辑器件芯片,该芯片控制激光器多阶驱动模块进入数据写入状态,同时内部计数器开始计数;当计数器计数为 0,即达到写入时间后,复杂可编程逻辑器件芯片控制激光器多阶驱动模块结束数据写入状态,使激光器输出功率为 0,同时发送中断信号至计算机;计算机运行中断处理程序,获取新的刻录位置信息符参量,并将其发送至复杂可编程逻辑器件芯片;如此循环往复,直至多阶母盘刻录完成。母盘刻录过程中,计算机对每一刻录信息符的参量都读出并进行检测,如果与预设信息符参量不符,则进入异常处理程序。

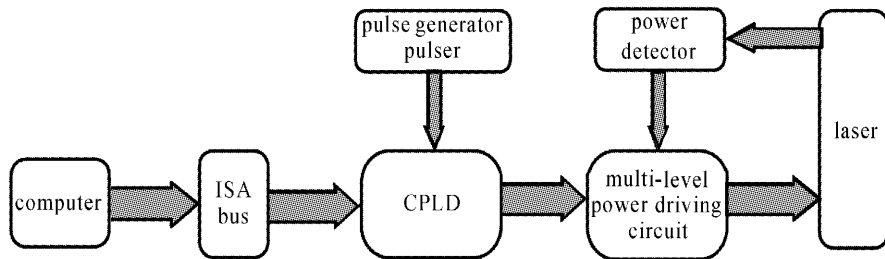


图 2 激光多阶功率写入控制模块框图
Fig. 2 Block diagram for multi-level power laser writing control system

3 多阶驱动模块原理

与复杂可编程逻辑器件输出的多阶信号相对应,半导体激光器需要以不同的功率阶次进行工作,但对

于使用 GaN 材料制作的波长为 407 nm 的蓝光半导体激光器,目前仅有日亚等极少数公司生产,且不提供驱动芯片,因此难以获得满足这样要求的激光器驱动芯片,需要自行设计多阶写入驱动电路。

半导体激光器的工作功率由流过激光管的工作电流决定。额定工作电流范围内,工作电流大于阈值电流时,其值越大,功率也就越大。因此,只需控制激光器的工作电流,使其以不同的工作电流工作,即可实现多功率写入。图 3 为不同温度下 407 nm 波长半导体激光器的输出功率和工作电流的对应曲线。

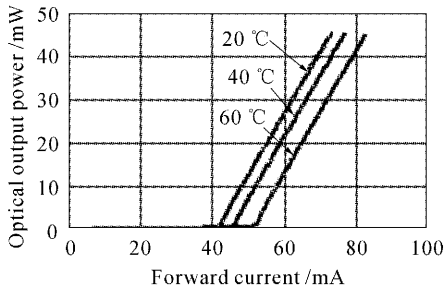


图 3 输出功率与工作电流的关系

Fig. 3 Optical output power versus working current

半导体激光器工作时,存在一个阈值电流(如图 3 中所示为 45 mA),只有工作电流大于此阈值电流时,激光器才开始有输出功率。对激光器进行脉冲调制时,如果频繁地开关激光器,即存在一个较大的电流对激光器进行频繁的冲击,将大大缩短激光器的寿命。为了使激光器能更长时间地正常工作,在对激光器进行脉冲调制时,并不完全关断激光器,只是减小激光器的工作电流至阈值电流,即可保证阈值电流以下不输出激光,仅发出非相干的荧光,这样将大大减小电流对激光器的冲击。图 4 为半导体激光器多写入脉宽调制驱动电路。

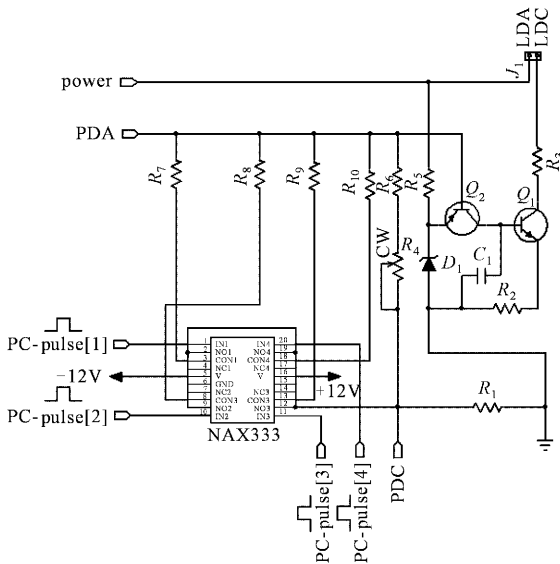


图 4 驱动电路原理图

Fig. 4 Principle of driving circuit

J_1 为半导体激光器接口, LDA 为激光器阳极, LDC 为激光器阴极; power 为激光器供电电源; PDA 和 PDC 分别接功率探测信号的正极和负极; PC-Pulse[1]~PC-Pulse[4] 为计算机控制复杂可编程逻辑器件芯片输出的四路功率控制脉冲信号,具有高电平和接地两种状态。

该驱动电路为电流串联负反馈电路^[6],以保证激光器工作功率稳定在某个阶次。电阻 R_6 和可变电阻 R_4 将来自功率探测器的电流信号转化为电压信号,稳压管 D_1 和此电压的差值大小决定流过三极管 Q_2 的电流大小,此电流又通过三极管 Q_1 二级放大送至激光器。调节反馈电阻 R_4 和电阻 R_6 的阻值使得通过激光器的电流大小恰与激光器阈值电流相同,此时激光器输出功率为 0。当激光器电流略大于阈值电流时,激光器开始输出功率。

为了提高功率的稳定性,采用外置功率探测器进行功率监测。探测器获得的电信号很微弱,不能直接与图 4 所示电路的信号阳极 PDA 和阴极 PDC 相连接,首先需对其进行反馈放大处理。图 5 为功率信号采集和处理电路。图中 PD 与外置功率探测器正极相连接,外置功率探测器负极接地。探测到的功率信号经过采集、反相和电流并联负反馈输出至 PDA 和 PDC,输出为一恒流源。

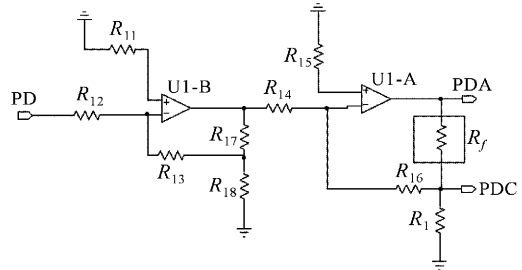


图 5 功率信号采集和处理电路

Fig. 5 Power signal gathering and processing circuit

图 4 中采用四路电子模拟开关,当 PC-Pulse[i]($i=1,2,3,4$) 信号为高时,相应的开关闭合 $R_7 \sim R_{10}$ 相应地也被接入到 PDA 和 PDC 通路中,与反馈电阻 R_4 和 R_6 并联形成反馈网络,反馈电阻相应减小。由于功率探测器相当于一个恒流源,因此三极管 Q_2 基极电压减小, Q_2 基极和集电极间压差增大,从而流过激光器的电流增大,输出功率也增大,调节 R_7, R_8, R_9 和 R_{10} 的阻值大小,可以实现 16 阶功率阶次的写入。

设激光器中的工作电流为 I_{ld} , R_7, R_8, R_9 和 R_{10} 构成的并联反馈网络为 R_i , 稳压管 D_1 上端电压为

U_1 , 三极管 Q_2 基极电压为 U_2 , 通过三极管 Q_2 的基极电流为 I_{be} , 基极内阻为 R_{be} , Q_1 和 Q_2 的放大倍数分别为 β_1 和 β_2 , 功率探测器获得的电流为 I_i , PDA 到 PDC 间的电流为 I_{pd} , 通过 R_1 的电流为 I_1 。这样可以得到方程组

$$\begin{cases} I_{be}R_{be} = U_1 - U_2, \\ U_2 = I_{pd}R_f - I_1R_1, \\ I_{ld} = \beta_1\beta_2 I_{be}, \\ I_{pd} = \frac{I_i(R_1 + R_{16})(R_{18} + R_{13})}{R_1R_{18}}, \\ I_1 = I_{pd} - I_i. \end{cases} \quad (1)$$

功率探测器的输入电流大小与激光的功率成正比, 即与激光器内电流 I_{ld} 成正比, 设它们之间的系数为 α , 于是得到

$$I_i = \alpha I_{ld}, \quad (2)$$

而 $R_{18} \gg R_{13}$, 因此 $(R_{18} + R_{13})/R_{18} \approx 1$ 。

综上可得到系统开环放大系数为

$$A = I_{ld}/I_{be} = \beta_1\beta_2. \quad (3)$$

反馈系数为

$$F = \frac{U_2/R_{be}}{I_{ld}} = \left[\left(1 + \frac{R_{16}}{R_1}\right) \frac{R_f}{R_{be}} + \frac{R_{16}}{R_{be}} \right] \alpha. \quad (4)$$

系统闭环放大系数为

$$A_f = \left| \frac{A}{1 + AF} \right| = \beta_1\beta_2 \left/ \left\{ 1 + \left[\left(1 + \frac{R_{16}}{R_1}\right) \frac{R_f}{R_{be}} + \frac{R_{16}}{R_{be}} \right] \alpha \beta_1\beta_2 \right\} \right. \quad (5)$$

系统反馈深度 $|1 + AF| \gg 1$, 为深度负反馈, 其放大倍数可近似为 $1/F$, 调节 R_{16} , R_1 和 R_f 的参量, 系统可以得到稳定的工作性能。

4 实验结果

在多阶母盘写入实验中, 根据光致变色材料的灵敏度, 进行了 8 阶功率可调脉宽写入实验。图 6 为写入波形图, 图中记录的是三极管 Q_2 的基极电压, 当电压为 2.5 V 时, 激光器内工作电流与阈值电流相同, 输出功率为 0。电压值越小, 功率也就越高, 图 6 中所示 8 阶电压分别对应 8 阶功率, 且每个阶次脉宽均可调。最小写入时间由采用的晶振频率确定, 当使用 8 M 晶振时, 最小写入时间为 125 ns, 满足实际母盘刻录需要。使用频率更高的晶振, 可以进一步减小写入时间。图 7 为基于光致变色材料进行的 8 阶静态实验结果。图 7 中所示信号为光致变色材料盘片反射光到达光电探测器得到的多阶电压信号。电压幅值正比于光致变色材料的反射率。

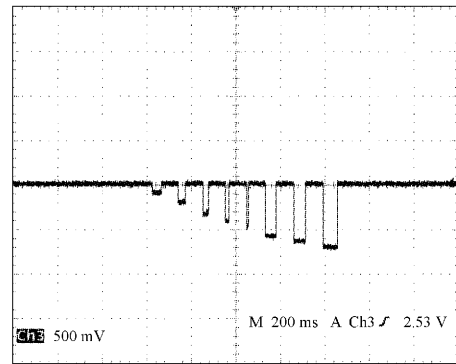


图 6 8 阶功率不同脉宽写入波形图

Fig. 6 Waveform of eight-level writing with different writing time

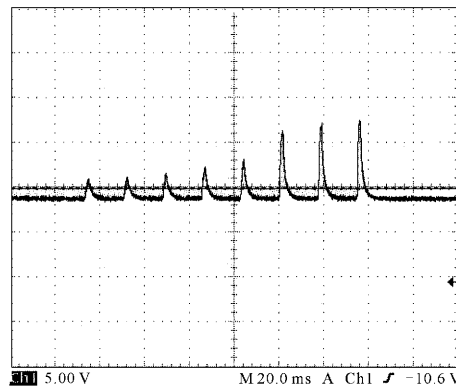


图 7 8 阶静态实验结果

Fig. 7 Results of 8-level static experiment

实验证明, 多功率写入控制和脉冲调制均已实现, 同时使用 Newport 公司的光功率测量仪测得功率稳定性优于 1%。

5 结 论

描述了一种基于工业标准结构总线接口和复杂可编程逻辑器件技术的多功率激光写入控制及脉冲调制方法, 同时设计并完成了整套控制电路实验。目前, 对于 407 nm 蓝光半导体激光器, 用于功率控制和开关调制的驱动芯片很难得到。而此控制电路稳定地实现了多功率写入和脉冲调制, 极好地满足了多阶母盘的刻录要求, 在多阶母盘刻录实验系统中得以应用。同时, 它也可用于其他的多阶存储设备。

电路以工业标准结构总线接口与计算机通信, 具有良好的可控性; 以复杂可编程逻辑器件为核心处理单元, 参量易于调节; 采用外加功率探测器进行功率反馈, 获得了良好的功率稳定性。同时此电路也可以用于其他半导体激光器的多功率控制和脉冲

调制,具有良好的兼容性,因此,可以并行控制多路激光器,用于彩色多阶母盘刻录系统。

参 考 文 献

- 1 Xu Duanyi. High Density Optical Data Storage [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2003. 217~221, 277~279, 287~300, 415
徐端颐. 高密度光盘数据存储 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2003. 217~221, 277~279, 287~300, 415
- 2 Wang Yingli, Yao Baoli, Lei Ming *et al.*. Optical image storage using pyrryl fulgide [J]. *Acta Optica Sinica*, 2003, **23**(5): 616~618
王英利,姚保利,雷 铭等. 吡咯俘精酸酐的图像光存储特性[J]. 光学学报, 2003, **23**(5): 616~618
- 3 Xu Duanyi, Jiang Peijun, Qi Guosheng *et al.*. Mastering and replicating method for multi-wavelength multi-level read only disk [P]. Chinese: CN1447191, 2003.10
徐端颐,蒋培军,齐国生等. 多波长多阶只读光盘的母盘刻录和制造方法 [P]. 中国专利:CN1447191, 2003.10
- 4 S. Spielman, B. V. Johnson, G. A. McDermott *et al.*. Using pit-depth modulation to increase capacity and data transfer rate in optical discs [C]. *Conference Digest of Optical Data Storage Topical Meeting*, 1997. 44~45
- 5 Zhao Hui. Multi-level storage for photochromism material [D]. Beijing: Department of Precision Instruments and Mechanics of Tsinghua University, 2003. 25~32
赵 辉. 光致变色多阶光信息存储通道特性研究 [D]. 北京: 清华大学精密仪器和机械学系, 2003. 25~32
- 6 Tong Shibai. Analog Electrical Technique [M]. 2nd ed., Beijing: Higher Education Press, 1988. 117~121, 284
童诗白. 模拟电子技术基础 [M]. 第二版, 北京: 高等教育出版社, 1988. 117~121, 284