

定时中断对飞秒激光脉冲调制研究

胡来胜 马健康 徐志刚 程光华 刘 青 陈国夫

(中国科学院西安光学精密机械研究所,西安 710068)

摘 要 提出了一种数字信号对腔倒空式激光脉冲的调制方法. 具有腔倒空装置的激光脉冲在腔内放大,当增益开始衰减时,由电光晶体改变激光的偏振方向将激光脉冲从谐振腔中倒出;再由 1 kHz 的脉冲信号向计算机发出定时中断请求,中断过程中用数字信号调制脉冲倒出的触发电平,从而调制激光脉冲. 用该方法实现了对钛宝石飞秒激光再生放大器的调制,成功地在熔融石英玻璃内写入了二进制数据.

关键词 激光脉冲;定时中断;调制

中图分类号 TN248.1

文献标识码 A

0 引言

飞秒激光在透明介质内形成局部的高密度等离子体,大量吸收激光能量,将能量传给晶格,在介质内局部形成极高的温度,产生一个亚微米的微爆点. 其作用面积可以远小于入射激光波长的衍射极限,这促使飞秒激光在超精细加工和材料处理等方面有广阔的应用前景^[1]. 利用这些特性,在各种透明介质表面或内部制作纳米点^[2]、光波导器件、衍射元件已有很多报道^[3],这在透明介质中实现三维光存储提供了可能. 在这类应用中,一般都采用脉冲宽度在 100 fs 附近、单脉冲能量在微焦级的高重复率飞秒啁啾脉冲再生放大器. 这类应用需要高稳定性、中等能量的飞秒激光光源,而飞秒激光振荡器输出的典型脉冲能量在 10 nJ,不能满足这种应用的要求. 在飞秒激光三维光存储中,常用的是啁啾脉冲再生放大系统,目前还没有有效的方式来调制这类

激光器;试验中采用的无展宽器的高重复率钛宝石啁啾脉冲再生放大器解决了这一问题,满足了应用的要求.

为了实现用预先设计好的数据信号调制激光的脉冲,使得发出的激光脉冲中含有数据信号信息,研制了一种定时中断对超短脉冲激光进行信号调制的方法.

1 系统原理

如图 1 所示,系统工作原理为:从钛宝石飞秒激光振荡器输出的种子光经过泡克耳斯盒选一个单脉冲在腔内进行振荡、放大,该脉冲每经过一次激光增益介质,激光脉冲的能量就会被被放大一次,同时消耗部分粒子反转数,在腔内振荡的脉冲也存在着损耗;当腔内的脉冲在一次振荡中能量的增益小于在腔内的损耗时,脉冲的能量开始减小. 因此,在脉冲能量放大到最大时将脉冲引导出(倒出)腔外.

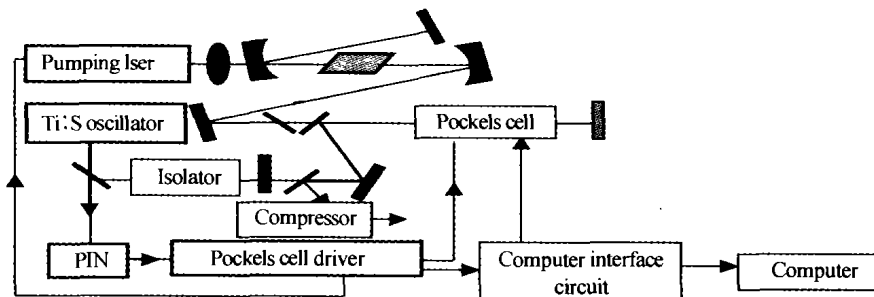


图 1 脉冲激光调制系统原理图
Fig. 1 Overview of modulation system

由于影响腔内脉冲倒出的是加载到泡克耳斯盒上的、与在腔内振荡的激光脉冲同步的 TTL 电信号. 基于此无展宽器的高重复率钛宝石啁啾脉冲再生放大器,将钛宝石飞秒激光振荡器输出的 70 fs 的种子光分为两束. 一束作为飞秒脉冲放大的种子光,

注入到放大器中进行放大;另一束用 PIN 接收后转换成电信号,传给泡克耳斯盒控制电源,将 80 MHz 分频为 1 kHz,再将 1 kHz 的 TTL 电信号分为 3 路. 一路用来触发放大器的泵浦源;另一路通过延迟 τ_1 后,用于控制种子脉冲的注入;第三路通过由计算机控制的信号调制电路加载上预先确定的数字信号,经延迟 τ_2 后,输入到泡克耳斯盒,控制放大后的脉

冲从腔中的倒出。

当电信号为“1”时,打开泡克耳斯盒,倒出在腔内振荡的激光脉冲,由于这个 TTL 电信号与腔内振荡的激光脉冲同步,此时恰好是单个脉冲放大到最大的时刻;当信号为“0”时,即使腔内振荡的脉冲达到最大也不会打开普克盒;从而实现了激光脉冲进行数字调制。

2 脉冲调制的软硬件实现

2.1 硬件调制电路

脉冲调制方法很多,一般的 WINDOWS 系统 WM_TIMER 消息定时器的定时中断精度只能精确到约 55 ms,而且其优先级比较低,不能完成定时脉冲的调制;WINDOWS 的多媒体定时器中断频率最高只能达到 1 kHz,即每毫秒中断一次. 如果系统要求较高的速度就无法满足;本文采用在 DOS 系统下的硬件中断实现脉冲调制,可以满足高于 1 kHz 的要求. 其电原理图如图 2:来自震荡源的 1 k 脉冲信号分为两路,一路连到 CPU 的中断口上,利用上升沿高电平申请中断,另一路与中断处理程序产生的控制电平(控制电平由数据文件的位信号决定,位信号为“1”时,控制电平为高电平;位信号为“0”时,控制电平为低电平)进行逻辑“与”操作,也就是用处理后的数据位信号对脉冲进行调制. 由于需要三路被调制的信号,于是设计了三路输出,各路输出信号与触发信号有几十 ns 的相同延迟。

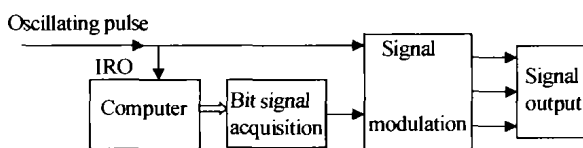


图 2 调制电路
Fig. 2 Modulation circuit

2.2 软件实现

软件流程如图 3 所示。

主程序主要进行程序初始化和设置中断向量,中断服务程序实现向输出端口写数据文件的数字信号. 由于 DOS 是单任务操作系统,当同时有多个任务存在时,在中断程序中对文件进行操作可能会造成系统函数的重入,导致系统的崩溃. 这种崩溃是致命的,因为它破坏了中断现场,导致某一中断结束时不能返回到真正的中断入口点,只有通过 Reset 键才能恢复. 我们在编程是要考虑到这一点. 有些 C 语言语句在中断服务例程中必须使用,而它调用的软件中断别的语句也要用到,这样的语句就不能出现在主程序中,否则导致系统崩溃。

本系统使用硬件中断 IRQ7,用 disable()后,关闭了一切外部中断,使用户对键盘的操作无效,在程

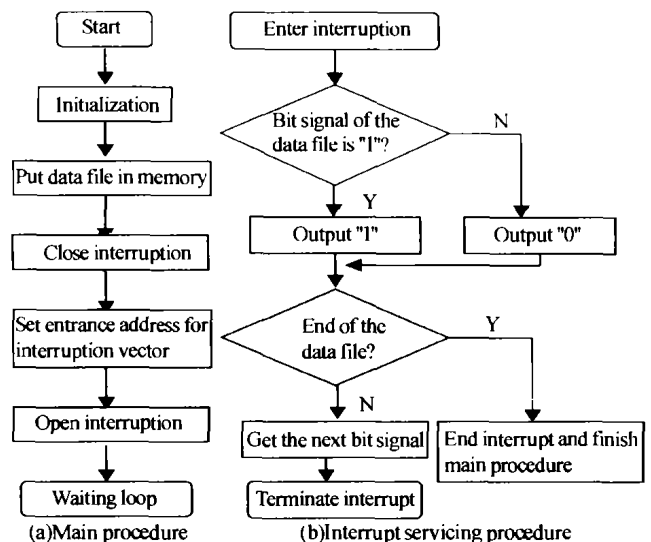


图 3 软件流程
Fig. 3 Software process

序执行中,如果要求中断嵌套,屏蔽该中断 IRQ7,而不屏蔽其它优先级高的 IRQ,可以插入汇编语言,用以只屏蔽某一个中断. 从而提高程序的灵活性和实用性。

程序采用 C 语言编写在 Turboc 2.0 下编译通过. 为了满足程序运行的稳定性,最好在纯 DOS 系统下执行。

调制电路的中断信号、控制信号、输出信号的工作时序(设数据文件位信号位“10101010”)如图 4 所示。

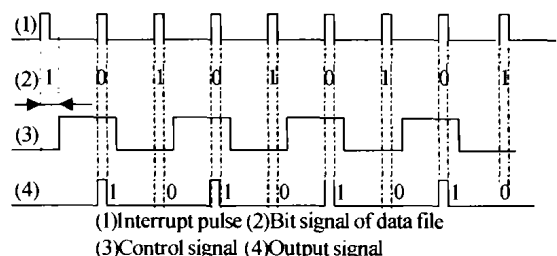


图 4 调制电路脉冲时序图

Fig. 4 Time sequence diagram of modulate circuit

第一个脉冲(脉宽 10 ms)申请中断. 相对延迟 t 是从中断开始到向端口发送控制信号时程序执行的时间;输出信号是控制信号与一个中断脉冲相“与”的结果. 实验中,将硬件电路板插在 ISA 槽中,输入位信号“10101010”,示波器显示的输出信号正好与图中(4)相符。

3 实验结果

调试、执行程序,将经不同的 8 位二进制循环数字信号调制的激光脉冲聚焦到熔融石英中,熔融石英样品放置在三维精密移动平台上. 经调制的激光脉冲序列逐行地连续在熔融石英中产生出损伤位点. 输入激光的脉冲宽度为 200 fs、波长为 800 nm、频率 1 kHz、单脉冲能量小于 1 μJ. 图 5 为通过显微物镜

拍摄的损伤位点序列图像,图中用循环数字信号分别为(a)“11111111”、(b)“10101111”、(c)“01010101”和(d)“00001111”调制的激光脉冲产生的图像.可以看出放大脉冲激光被数字信号有效地调制了.

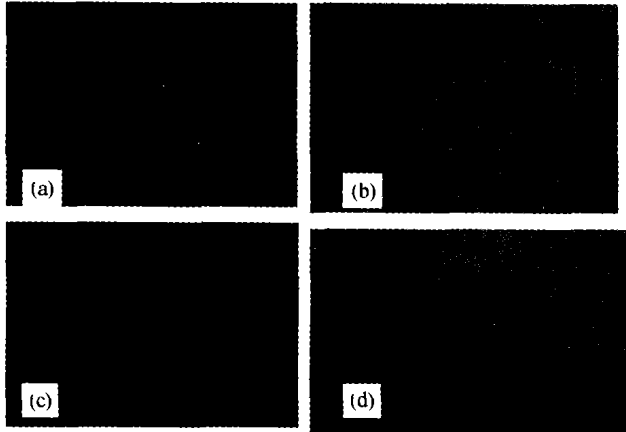


图5 不同的8位二进制数据(循环)编码的数字信号调制的激光脉冲在熔融石英中产生的点列

Fig. 5 Dot arrays in the melting quartz inscribed by laser pulse which is modulated by digital signal coded from different 8-bit binary data

参考文献

- 1 Cheng guanghua, Wang Yishan, White J D, *et al.* Demonstration of high-density three-dimensional storage in fused silica by femtosecond laser pulses. *J of Appl Phys*, 2003, **94**(2):1304 ~ 1307
- 2 Strltsov A M, Borrelli N F. Study of femtosecond-laser-written waveguides in glasses. *JOSA B*, 2002, **19**(10):2496 ~ 2504
- 3 Glezer E N, Mazur E. Ultrafast-laser driven micro-explosions in transparent materials. *Appl Phys Lett*, 1997, **71**(4):882 ~ 884
- 4 王士元. C语言高级实用程序设计. 北京:清华大学出版社,1995. 107 ~ 134
Wang S Y. C language high lever utility programming. Beijing: TsingHua University Publishing House, 1995. 107 ~ 134
- 5 梁翎,李爱齐. C语言程序实用技术与程序实例. 上海:上海科学普及出版社,1996. 234 ~ 278
Liang L, Li A Q. C language programming utility technology and example. Shanghai: Shanghai Popular Science Press, 1996. 234 ~ 278
- 6 刘青,程光华,王屹山,等. 飞秒脉冲在透明材料中的三维光存储及其机理. 光子学报,2003, **32**(3):276 ~ 279
Liu Q, Cheng G H, Wang Y S, *et al.* *Acta Photonic Sinica*, 2003, **32**(3):276 ~ 279

Research on Modulation of Regular Interruption to Femtosecond Laser Pulse

Hu Laisheng, Ma Jiankang, Xu Zhigang, Cheng Guanghua, Liu Qing, Cheng Guofu
Xi'an Institute of Optics and Precision Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Xi'an 710068

Received date:2003-08-15

Abstract A method, modulation of digital signal to cavity-dumped laser pulse, is proposed. The laser pulse with cavity-dumped device is amplified in the cavity and will be pumped from resonant cavity by a electrooptic crystal which redirects the polarizing direction of the laser while the gain begins to reduce. Then a pulse signal with 1 kHz frequency gives out interrupt request to computer in regulate time. During the interruption the digital signal modulates the trigger lever pumped by pulse and thus modulates the laser pulse. This method makes the Ti:sapphire femtosecond regenerative amplifier being modulated and successfully writes binary data in the melting quartz glass.

Keywords Laser pulse; Regular interruption; Modulation



Hu Laisheng was born in 1976, and received his B. E. degree from the Dept. of Instrument Engineering, Xi'an Institute of Technology in 1999. Now he is currently working as a M. D. candidate at the Dynamic Target Measure and Control Laboratory, Xi'an Institute of Optics and Precision Mechanics, Chinese Academy of Sciences. His research interests are computer control, image processing, video tracking.