

文章编号: 1001-3806(2005)04-0446-03

一种新型脉宽编码激光器的理论研究

黄 峰, 汪岳峰, 牛燕雄, 王金玉

(军械工程学院 光学工程教研室, 石家庄 050003)

摘要: 针对传统的激光脉冲编码激光器通常采用脉冲重复频率编码易受干扰的技术现状, 提出了采用脉宽可调激光器进行激光脉冲宽度编码的新构想。并由此进一步提出了一种采用快速电光削波技术的脉宽可调激光器作为脉宽编码激光器的实现方案, 这种脉宽编码激光器由种子激光源, 电光削波组件及激光放大器组成, 用可编程控制器控制延迟电路来改变普克尔盒电极上的电脉冲宽度, 最终实现输出激光脉冲的脉宽可调。完成了这种脉宽编码激光器及其实验系统的理论设计。初步的分析结果证实了该方案的可行性。

关键词: 激光脉冲编码; 脉宽编码; 脉宽可调激光器; 电光削波

中图分类号: TN 248 **文献标识码:** A

Theoretical study of a new kind of pulse width coding laser

HUANG Feng, WANG Yue-feng, NIU Yan-xiong, WANG Jin-yu

(Teaching & Research Section of Optics Engineering Ordnance Engineering College, Shijiazhuang 050003, China)

Abstract According to the traditional pulse coding lasers' technology status that its pulse repeating frequency coding can be easily interfered, a new idea of laser pulse width coding was put forward applying pulse width tuning laser. For this reason, a kind of pulse width tuning laser realization project applying frequent electro-optic chopping wave technology was put forward. This kind of pulse coding laser was made up of seed laser, electro-optic chopping wave groupware and laser amplifier. The programmable controller was used to control the retard circuits to alter the electric pulse width on the pole of the Pockels cell, and then the output laser pulse could be tuned. The academic design of this pulse coding laser and its experimental system were finished. The primary analysis approves the feasibility of the project.

Key words laser pulse coding; pulse width coding; pulse width tuning laser; electro-optic chopping wave

引 言

传统的激光脉冲编码激光器通常采用脉冲重复频率编码, 其原理简单且码型又少, 易被敌方的侦察干扰系统识别和复制。本文中提出了采用激光脉冲宽度编码的新构想, 分析了其技术原理, 并对脉宽编码激光器的理论设计及工程实现进行了初步的论证分析。

1 脉宽编码原理

所谓脉宽编码就是利用不同脉冲宽度的激光脉冲进行编码, 可根据不同脉宽设计不同码型, 每次使用一种或同时使用不同码型进行编码。其技术实现的基本思路是采用脉宽可调节激光器, 并在激光器中应用可编程控制器控制脉宽的快速调节从而实现脉宽编码, 同时在信号接收系统的信息处理部件中引入相应的脉宽识别电路, 对光电转换后的目标信号进行识别、解

码, 从而能够解读正确信息, 排除虚假信息的干扰。由于其采用的是改变输出脉冲激光自身的特性参数来实现编码而不用外加调制器, 因而与以往激光编码技术相比, 这种编码方式不易被识别和复制, 具有抗干扰能力强、保密性好的突出优点。采用脉宽可调激光器实现的激光脉宽编码是激光应用领域内的一项新技术, 在相关文献中尚未有对这一技术进行研究和应用的报道, 也未有相应的侦测系统能对激光脉宽编码进行识别和复制^[1-5]。可以预见该技术在激光技术的军事应用领域如光电对抗、敌我识别、激光通信等方面具有较高的应用价值。

脉宽编码技术实现的关键在于脉宽可调激光器和脉宽识别电路的研制。目前广泛应用的固体电光调 Q 脉冲激光器的激光脉宽通常为几十纳秒, 考虑到具体的实用需求, 所设计的脉宽编码激光器其激光脉宽应能在此范围内快速可调, 而脉宽识别电路所采用的器件也应达到这一响应级别。从目前激光器件、光电探测器及电子电路的研究发展现状来看, 激光脉宽编码基于国内现有技术水平是可以实现的, 但在实用化过程中需要克服几个关键的技术问题: 如脉宽编码激光

作者简介: 黄 峰 (1979-), 男, 硕士, 助教, 从事光电对抗、激光技术及应用研究。

Email: huangfeng239@sohu.com

收稿日期: 2004-05-27; 收到修改稿日期: 2004-09-13

器的设计研制及对纳秒级激光脉宽的测量。

2 脉宽编码激光器设计

2.1 研究现状

用于脉宽编码的脉宽可调激光器是其技术实现的关键。目前,在纳秒级脉宽可调激光器中研究较多的实现途径有 3 种: (1) 利用布里渊散射 (SBS) 的染料调 Q 技术, 可通过改变透镜焦距、透镜与布里渊散射池的距离 (单池受激布里渊散射)^[6] 或双池间距 (双池受激布里渊散射) 实现 SBS 脉宽连续可调^[7]; (2) 采用电光 Q 开关直接削波的方法, 即在电光调 Q 激光器中通过控制电光晶体所加高压电脉冲来实现输出激光脉冲的脉宽可调^[8]; (3) 在激光惯性约束核聚变领域的研究中采用电光晶体光闸对前级驱动器输出的激光脉冲进行切割削波以获得任意整形激光脉冲。对于第 3 种技术方案, 美国利弗莫尔 (Livermore) 实验室的 NOVA 装置以光电导开关和非均匀成形电缆传输技术相结合, 产生不同宽度和形状的高压电脉冲去驱动块状普克尔盒, 能提供 300ps 以上任意宽度的激光脉冲; 其升级装置 Beamlet 把下限推到了 250ps^[9]。国内的“神光”装置 (上海光机所) 由于驱动电脉冲宽度和普克尔盒响应极限的限制, 一般最窄也能到 1ns 左右^[10]。尽管如此, 其激光脉宽量级及精度已能够满足脉宽编码的要求。

相比之下, 第 3 种方案比前两者更容易实现编码控制, 作者借鉴了这种快速激光脉冲削波技术应用于脉宽编码激光器的研制。

2.2 激光器方案设计

脉宽可调激光器的设计是脉宽编码技术实现的关键所在, 也是本课题研究的重点。为满足脉宽编码的技术要求, 并结合具体应用中对器件的设计选择, 所设计的脉宽可调激光器应满足以下技术要求: 波长 1.064 μm , 脉冲宽度应能在 10ns~30ns 之间可调, 暂定 3 个脉宽编码分别为 M_0 (10ns), M_1 (15ns), M_2 (20ns), 单脉冲能量 30mJ~60mJ 工作频率 2Hz。对于动态变脉宽来说, 其脉宽调节应当易于快速实现, 以满足实际应用中对编码的要求。然而从激光脉冲宽度调节和脉宽识别的速度与精度 (器件响应时间的限制) 来考虑, 依据技术实现和可靠性分析, 在研究中暂且先实现一次只使用一种脉宽码型。此种简单脉宽编码既可简化激光器的设计, 又能减小信号接收系统识别和处理信息的难度。

采用激光脉冲削波放大技术的脉宽可调激光器实现方案如图 1 所示。使用 1 台 LD 端面抽运的小型全固体激光器作为种子光源。激光脉冲削波组件由光电导开关, 高压脉冲发生器, 延迟电路, 可编程控制器, 普

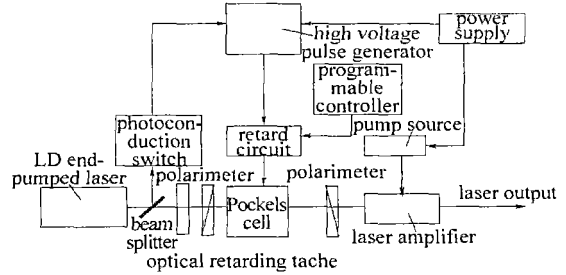


Fig 1 The principle map of pulse width tuning laser

克尔盒电光开关以及电光晶体前后的两个偏振器组成。两个偏振器的偏振方向互相垂直, 分别起到起偏器和检偏器的作用。它们与普克尔盒两端的外加电压共同确定电光开关所处的工作状态。增加一级激光放大器以补偿普克尔盒削波整形造成的能量损失。

普克尔盒削波组件的原理框图如图 2 所示。由光电导开关触发的高压脉冲发生器, 通过延迟电路接到普克尔盒电极两端, 作为普克尔盒的电源控制。由它产生千伏级的、脉宽在纳秒级的高压电脉冲, 可编程控制器用于改变延迟电路中的阻抗分布或切换不同长度的延迟线, 由此来改变普克尔盒电极上的电脉冲宽度, 最终实现输出脉宽可调的激光脉冲。

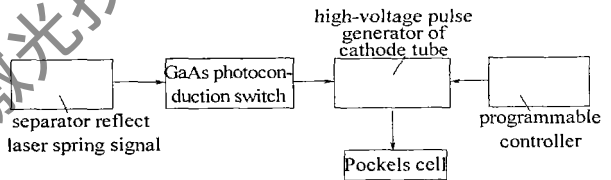


Fig 2 The principle map of Pockels cell chopping module

依据相关设计, 采用 GaAs 光电导开关和冷阴极管高压脉冲发生器^[10]。具体工作中, 首先由光电导开关接收从分光镜反射出来的光信号, 开关导通, 输出与光脉冲形状一致的电脉冲触发冷阴极管高压脉冲发生器。在延迟电路部件上采用微带传输线形成整形电脉冲以驱动 KTP 普克尔盒^[10, 11]。可编程控制器根据编码要求对延迟电路进行编程控制, 通过改变普克尔盒两极间电压的脉宽, 从而能有规律地改变输出激光脉宽以实现脉宽编码。在激光通过分光镜后需要再加光延迟环节, 以保证经过光电导开关、高压脉冲发生器和电延迟电路的短暂时延后, 调宽电脉冲和待削波激光脉冲在时域上同步到达普克尔盒, 这样才能实现精确的激光脉冲削波。采用 LD 侧面抽运的 Nd:YAG 激光放大器, 其具体设计参数应当依据原有激光器输出能量以及切割削波后的能量损失通过计算来具体确定。

该方案在原理上是采用电光晶体光闸对前级激光脉冲进行切割削波, 并通过光电导开关实现了一种光同步工作方式。其主要优点是技术相对成熟, 风险较低, 但是由于增加了普克尔盒削波组件和一级激光放大器, 使得系统复杂化。技术实现的主要难点一是在

用普克尔盒削波时对光、电脉冲要实现严格的同步控制难度较大;二是对有关光电器件的响应时间要求较高,因此对各器件的选择就显得至关重要。

2.3 实验系统设计

在本课题研究中,设计了如图3所示的实验方案。采用课题研究中已先期研制完成的LD端面抽运Nd:YAG激光器作为系统的种子激光源,在输出端增加一级激光放大器以弥补电光削波带来的能量损失,同时在光路设计中引入两个可控电子开关作为插入电光削波组件的切换开关。核心部件为激光脉冲削波组件,其具体组成及工作原理如2.2节中所述。该方案的优点在于3个组成部分各为一个相对独立的模块,可分别完成调试后再进行集成,同时充分利用了现有的成熟系统,降低了实验研究的难度。

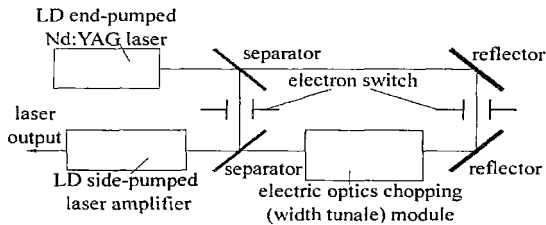


Fig 3 The collective project design of pulse width adjusting laser experiment system

3 结 论

针对传统的激光脉冲重复频率编码原理简单易被敌方的侦察干扰系统识别和复制的缺点,提出了采用

脉宽编码的激光脉冲编码新技术,对其技术原理及工程实现的可行性进行了初步的论证分析。提出了一种采用快速电光削波技术的脉宽可调激光器的实现方案,完成了这种用于脉宽编码的脉宽可调激光器及其实验系统的初步设计。有关脉宽编码激光器的具体研制及实验研究将另文详述。

参 考 文 献

- [1] 李东源. 激光敌我识别及其对抗技术 [J]. 光电对抗与无源干扰, 2001(4): 4~6
- [2] 陈媛, 余成波, 万文略. 自由空间激光通信技术及其发展 [J]. 重庆工学院学报, 2002, 16(3): 59~64
- [3] 蒋耀庭, 杨杰, 周晓松. 激光干扰技术及发展现状 [J]. 红外与激光工程, 2001, 30(5): 387~390
- [4] 牛燕雄, 汪岳峰, 张维 *et al*. 激光制导武器的对抗系统 [J]. 红外与激光工程, 1998, 27(2): 47~51
- [5] 杨在富, 钱焕文, 高光煌. 激光告警技术发展现状 [J]. 激光技术, 2004, 28(1): 98~102
- [6] 刘莉, 吕志伟, 何伟明 *et al*. 单池受激布里渊散射脉冲波形的研究 [J]. 中国激光, 2000, 27(1): 53~58
- [7] 王月珠, 于欣, 姚宝权 *et al*. 脉宽可调光学参量振荡器的研究 [J]. 中国激光, 1995, 22(9): 675~680
- [8] 向世清, 董景星, 莽燕萍 *et al*. 电光开关削波产生 2ns~10ns 准分子激光输出脉冲 [J]. 中国激光, 2001, 28(8): 689~692
- [9] LAWSON J K, SPECK D R, BIBEAU C. Temporal shaping of third-harmonic pulses on Nd:YAG laser system [J]. Appl Opt 1992, 31(17): 3618~3622
- [10] 卢秀权, 陈绍和. 用低压 KTP 普克尔盒和微带传输线进行调 Q 长脉冲的任意整形 [J]. 中国激光, 1999, 26(8): 691~695
- [11] 卢秀权, 陈绍和. KTP 电光开关 [J]. 中国激光, 1999, 26(4): 321~324

(上接第 419 页)

患者临床手术同样的设备和实验方法, 并和国外仪器的实验数据对比, 以验证该设备对人眼角膜屈光矫正的安全性、准确性及稳定性。表 3 的实验结果表明, 利用该飞点扫描准分子角膜屈光矫正设备做 LASIK 手术后角膜愈合情况良好, 切削精度高, 为下一步正式临床病例实验做了充足的准备。

4 结 论

所研制的基于飞点扫描模式的准分子激光角膜屈光矫正系统, 是利用小于 1mm 的激光光斑以 100Hz~200Hz 的频率高速随机扫描切削角膜, 激光飞点扫描由计算机控制, 能够完成各种样式的角膜切削和屈光矫正, 不受光学系统硬件的局限, 灵活性高, 易于实现个性化切削的要求; 飞点扫描技术克服了传统掩模法的切削方式的缺点, 整机设备小巧, 使用和维护也很方便。该飞点扫描准分子激光角膜屈光矫正仪已完成了

动物实验和盲眼实验, 并通过了国家科技部和中科院的鉴定, 已经取得了医疗许可证, 正准备在医院进行临床实验; 该设备的研制成功将会缓解国内医院对进口设备的依赖。同时该设备与波前像差^[4]设备集成起来, 将可以实现更细致的角膜“个性化切削”方案, 改善人眼的视觉能力和光学灵敏度^[5]。

参 考 文 献

- [1] 李瑞峰. 眼科激光治疗学概要 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 1998: 239.
- [2] 林振能, 沈建新, 廖文和. 193nm 准分子激光切削角膜的研究 [J]. 激光技术, 2003, 27(6): 510~513.
- [3] 江海河, 余吟山, 陆志贤 *et al*. 近视眼激光角膜切除术原理及控制方法 [J]. 激光生物学报, 1998, 17(4): 249~253
- [4] SELER T, KAEMMERER M, M ERDEL P *et al*. Ocular optical aberrations after photorefractive keratectomy for myopia and myopeastigmatism [J]. Arch Ophthalmol 2000, 118(1): 17~21
- [5] MARTNEZ C E, APPLGATE R A, KLYCE S D *et al*. Effect of pupillary dilation on corneal optical aberrations after photorefractive keratectomy [J]. Arch Ophthalmol 1998, 116(8): 1053~1062