

光纤声光调制器在超快光纤激光的试验及应用

令狐梅傲,何晓亮,吴中超,高维松,王智林,陈永峰,王晓新,申向伟,傅礼鹏,朱贺

(中国电子科技集团公司第二十六研究所,重庆 400060)

摘要:该文介绍了应用于超快光纤激光系统中起选单、降频作用的光纤声光调制器的设计思路及应用试验,描述了声光调制器的工作原理。在 46.6 MHz 重频的超快激光脉冲下实现了同步、分频、模拟调制等功能,满足用户使用要求,并研制出光脉冲上升时间 10 ns,插损小于 3 dB 的声光选单器产品。

关键词:声光调制;超快激光;声光调制器(AOM);选单器

中图分类号:TN384 **文献标识码:**A **DOI:**10.11977/j.issn.1004-2474.2018.03.007

Experiment and Application of Fiber Optic Acousto-optic Modulator in Ultrafast Fiber Laser System

LINGHU Meiao, HE Xiaoliang, WU Zhongchao, GAO Weisong, WANG Zhilin,
CHEN Yongfeng, WANG Xiaoxin, SHEN Xiangwei, FU Lipeng, ZHU He

(The 26th Institute of China Electronics Technology Group Corporation, Chongqing 400060, China)

Abstract:In this paper, the design idea and application experiment of fiber optical acousto-optic modulator for pulse picking up and frequency reduction in the ultra-fast fiber laser systems are introduced. The working principle of acousto-optic modulators is described. The function of synchronization, frequency de-multiplication and analog modulation under 46.6 MHz multi femtosecond laser pulse have been realized, which can meet the user requirements. A kind of acousto-optic pulse picker with the optical pulse rise time of 10 ns and insertion loss of less than 3 dB has been developed.

Key words: acousto-optic modulation; ultra-fast laser; application of fiber optic acousto-optic modulator (AOM); pulse picker

0 引言

全光纤皮秒激光器因其结构简单,稳定性高和成本低等优点而被广泛应用于工业加工领域,这类激光器不仅能高精度的切削、钻削和烧蚀各种材料(包括金属、半导体、陶瓷和玻璃材料等),还能聚合含有适当光敏剂的有机材料,在工业加工和激光 3D 打印领域具有很大的应用市场。在实际应用中,由于这类激光器均采用锁模技术,具有很高的重复频率。为了满足材料加工对光脉冲参数的工艺要求,需要提高脉冲激光的峰值功率,并灵活控制输出激光脉冲的周期、序列脉冲数等参数,声光调制器作为一种开关元件是此类激光器实现降频、选单等功能的最佳途径。本文旨在研究一种实用化的声光选单器产品,满足高频皮秒光纤激光器的降频、选单需要。

1 声光调制器的原理

声光调制器^[1]由器件和驱动电源组成。器件内部由声光晶体、匹配网络构成,主要利用声光互作用

的基本原理(见图 1),驱动电源输出的射频电信号经阻抗匹配网络施加到声光晶体的压电换能器上,压电换能器将该信号转换为超声波在声光晶体内传播,形成折射率光栅,当激光以一定角度^[2-4]通过时即发生布喇格衍射^[5-6],通过对电信号的输出功率进行调制达到对光信号的幅度调制功能。

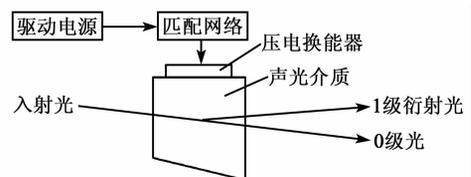


图 1 声光互作用原理

2 高重频信号的选单实现

高频信号的降频和选单^[2]是将有用的脉冲信号通过声光调制器选出,并将其他信号滤除的过程。光纤声光调制器的开关时间由高频脉冲信号的重复频率决定,选单的过程如图 2 所示。

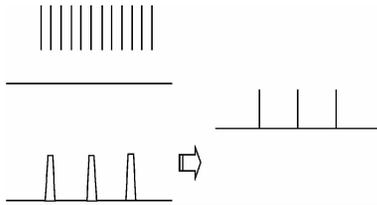


图 2 高频脉冲降频选单工作示意图

图 2 中,设定激光脉冲的重复频率为 f_0 ,则声光调制器的开关信号的底宽应小于 $2/f_0$ 。衡量光纤声光调制器开关时间的参数为光脉冲上升时间,因此,光纤声光调制器的光脉冲上升时间在光脉冲幅度区域 0~100% 内的长度为 $1/f_0$ 。以皮秒光纤激光器的重频为 40 MHz 为例,对光纤声光调制器的光脉冲上升时间由 0~100% 的要求为 12.5 ns。

为了验证声光调制器的降频选单功能,搭建试验框图进行验证,如图 3 所示。图中,因条件有限,种子源部分采用 1 064 nm 稳定化光源通过声光调制后输出 10 MHz 重频的脉冲信号;信号源采用 33250A 型函数发生器;延迟电路为自制电路,延迟精度 1 ns;声光调制器(AOM)选用 SGT150-1064-1P 型光纤声光调制器,驱动器为配套驱动器,该款产品的技术指标为插损 2.2 dB,上升时间 17.6 ns。种子源输出光脉冲如图 4 所示。

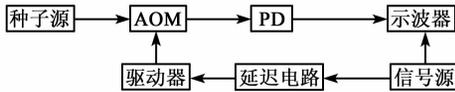


图 3 声光调制器降频选单试验框图

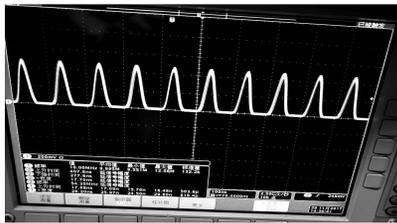


图 4 10 MHz 重频光信号输出结果

信号源参数设置为脉冲输出,重频 500 kHz,宽度 33 ns,高电平 2 V,低电平 0;信号源分出一路信号输入示波器作为参考信号。通过调节信号源输出调制信号经过延迟电路的延迟时间,得到了 500 kHz 输出的光脉冲信号,图 5 为示波器输出情况。

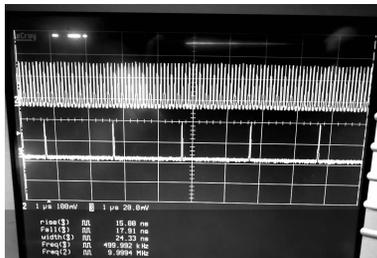


图 5 10 MHz 光信号降频输出试验结果

该试验验证了声光调制器的选单降频功能,但试验中改变信号源的重频需要重新调节延迟时间,对于整机产品的应用存在不便,这主要是由于输入光信号与调制信号不同步造成的。就整机系统应用考虑,我们需要研制一款集同步、分频、延时、脉宽调节为一体的声光选单器驱动模块,考虑到光脉冲放大的不均匀性,系统还需对选出的脉冲包络作处理,因此,驱动模块还需要具有模拟调制输入功能。

3 声光选单器的功能测试

系统应用框图如图 6 所示。

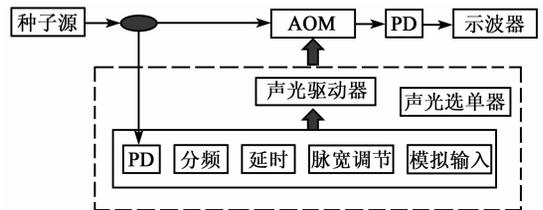


图 6 声光选单器在超快激光系统中应用的试验框图

种子源输出的高频脉冲光通过分束器后分为两束。主路激光接入声光选单器的器件,参考光路接入声光选单器的光输入端,声光调制器的输出端接光电探测器(PD)后接入示波器。试验中,种子源依然采用 1 064 nm 稳定化光源,通过声光调制后输出 10 MHz 重频的光脉冲信号。分频、延时及脉宽调节等功能通过上位机软件控制,软件界面如图 7 所示,试验所用的声光选单器产品实物照片如图 8 所示。

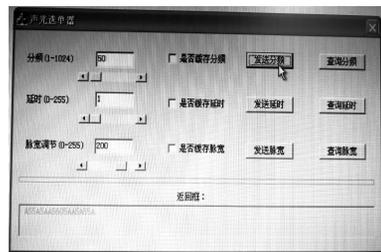
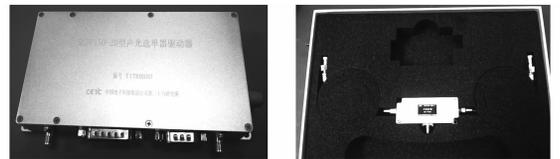


图 7 声光选单器控制软件面板



(a) 声光选单器驱动模块 (b) 声光选单器声光调制器模块

图 8 声光选单器产品实物照片

分别测试了分频数为 2,100,1 000,单脉冲选择的输出结果如图 9 所示。脉冲串选择的测试如图 10 所示。

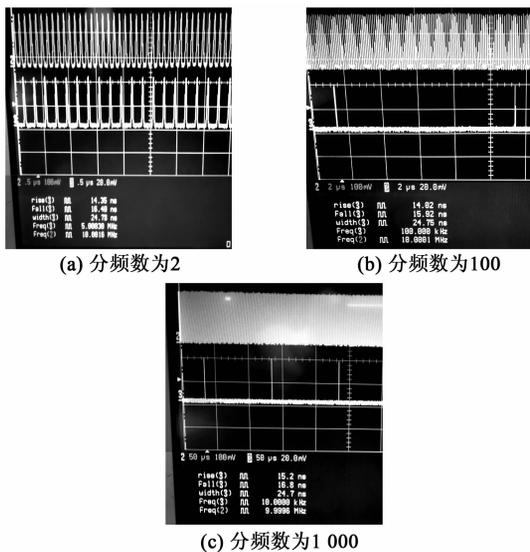


图9 声光选单器在不同分频设置下的单个脉冲选择结果

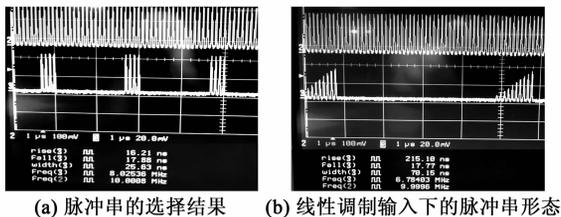


图10 脉冲串选择测试图

从测试结果看,该款声光选单器实现了分频信号与输入光信号的同步,在改变分频数时,输出分频后的光脉冲依然稳定(见图9)。其他功能方面,单个脉冲、多个脉冲的选择都能通过控制软件对脉宽和延时的调节获得精确结果,模拟调制输入的线性度完美。该款选单器达到了预期的功能要求。

4 整机验证试验

通过对声光选单器在易用性、小型化、可靠性等方面的多次优化和完善,产品参数及功能得以固化。将型号为SGTF200-1030-1P型调制器及SGTF200-2D型配套驱动器交付某用户做验证试验,该型产品的光脉冲上升时间为10 ns,插入损耗

小于3 dB,用户光源系统的重频为46.6 MHz,图11为试验结果。

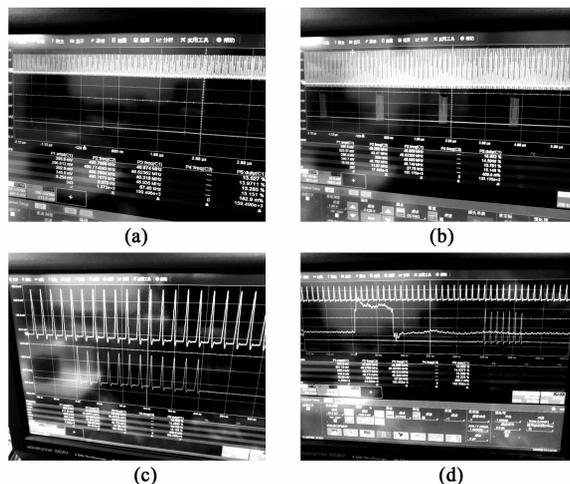


图11 在系统整机中的测试结果

图11(a)为将46.6 MHz重频的信号降为490 kHz的输出结果;图11(b)、(c)为选出12个脉冲串的输出结果,由图可见,选出的光脉冲边沿清晰、隔离效果良好;图11(d)为外部模拟调制信号与输出脉冲形状的输出结果,由图可见,脉冲包络的形状与模拟调制输入信号的变化趋势一致。

参考文献:

- [1] 吴中超,何晓亮,周建国,等. 光纤声光开关的研究及应用[J]. 红外与激光工程, 2010, 39(增1): 124-128.
- [2] 于复生,陈江华,李树强. LD泵浦的声光调Q腔内倍频固体激光器[J]. 半导体光电, 2000, 21(4): 249-252.
- [3] 崔志超,过振,徐银新,等. 二维声光调Q开关近场衍射效率分布[J]. 电子科技, 2010, 23(7):36-40.
- [4] 戈平. DPL中声光调Q开关衍射效率的角度匹配问题研究[D]. 西安:西安电子科技大学, 2011.
- [5] 黄国标,张渝楠,刘扬满,等. 激光声光调Q技术的研究[J]. 中国激光, 1978(z1):132.
- [6] 叶艳,王石语,文建国,等. DPL的声光Q开关衍射特性[J]. 应用光学, 2003, 24(4):9-11.

(上接第333页)

- [2] WANG Q, CAO Z P, KUWANG H. Metal-based piezoelectric energy harvesters by direct deposition of PZT thick films on stainless steel[J]. Micro & Letters, 2012,7(12):1158-1161.
- [3] LIN Shunchu, WEN Jiong. Piezoelectric micro energy harvesters based on stainless steel substrates [J]. Smart Materials and Structures, 2013, 22(4):045016.
- [4] SWEE L K. Energy harvesting technologies; thick-film piezoelectric micro generator[J]. Sustainable Energy

- Harvesting Technologies-Past, Present and Future, 2011, 203:192-214.
- [5] LEE B S, LIN S C, WU W J, et al. Piezoelectric MEMS generations fabricated with aerosol deposition PZT thin film [J]. J Micromech Microeng, 2009, 19:065014.
- [6] 熊飞. 沉积参数对Ti/TiN纳米多层膜微观结构、界面结构和硬度的影响及其热稳定性[D]. 长春:吉林大学, 2006.