

从锁模脉冲序列中先后选出两个单脉冲的同步研究

支婷婷 陈兰荣 顾冠清

(中国科学院上海光学精密机械研究所, 上海)

摘要: 采用再生放大腔内的短程放大, 利用硅光导开关的长的复合时间, 实现光导后产生快上升和下降时间、宽度可调的千伏电脉冲, 完成从锁模脉冲序列中先后选出两个单脉冲, 这两个单脉冲同步精度高、运转稳定。

Study of synchronization of two pulses selected from a train of mode-locked pulses

Zhi Tingting, Chen Lanrong, Gu Guanying

(Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica)

Abstract: A picosecond single pulse is enhanced by a shortleg generative amplifier to drive a juxtaposition silicon switch with long relaxation time. With the optoconductive switch, a kV pulse with fast rise and fall time, different pulse width is obtained. After all, two single pulses accuracy synchronized are obtained from a train of mode-locked pulses.

一、硅高压光导开关

高压半导体光导开关技术已有描述^[1,2]。硅光导开关, 产生电脉冲的复合时间比砷化镓(GaAs)、磷化铟(InP)光导的长。利用此特点, 企图得到宽度可调、快速上升和下降时间的方波高压电脉冲, 用它驱动普克尔盒, 完成光电转换, 对主激光脉冲的整形、削波就能迎刃而解了。

两个定型同轴高压硅光导开关相互并联, 且第二个开关在光导通后, 急骤接地, 电脉冲宽度的调节直接由激励这两个开关的光束延迟来控制。接地开关的结构, 也必须根据光电开关场强大于 10^4V/cm 下, 激光激励开关后的打“开”电阻^[3]:

$$r_0 = h\nu V_0 / 2v_s eE \quad (1)$$

式中, h 是普朗克常数, ν 是光频, V_0 是偏压, v_s 是载流子饱和速度, e 是电荷, E 是入射光能量。在高压开关效率达到 $0.95V_0/2$ 下, 对应硅的打“开”电阻 $r_0 = Z_0/10 \approx 5\Omega$, Z_0 是线性阻抗。这元件的实验装置图见图1。图2是在此装置上由示波器拍得的两个不同宽度的快速电脉冲, 幅度是5.5kV, 半宽度分别为4ns和1.6ns。

硅光导开关的偏压必须脉冲式, 在文献[1]中已重点阐述。我们采用不同形式的脉冲高压源, 开展了实验。激光触发火花隙可以产生脉冲高压, 它的优点是电压幅度可达10kV以

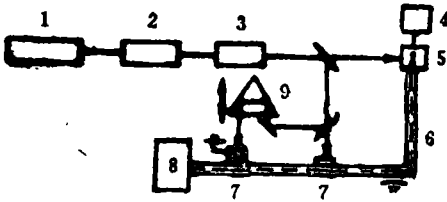


图1 单元实验装置图

- 1—主被动Nd:YAG锁模激光器
- 2—选脉冲普克尔盒开关 3—放大器
- 4—一直流高压源 5—火花隙
- 6—50Ω传输线 7—硅光电子开关
- 8—示波器 9—延迟器

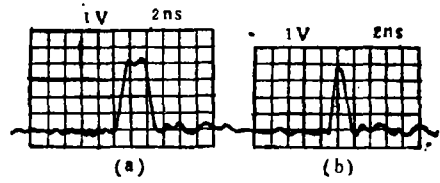


图2 不同宽度的快速高压电脉冲

上，宽度被形成电缆长度控制，且传输阻抗固定。它的缺点是输出抖动大，并要求较强的激光能量来触发火花隙（约毫焦耳量级）。图2中的电脉冲，是由火花隙输出高压作为光导开关的偏压，最后输出电信号。数个雪崩管串联，也能产生脉冲高压，它的抖动小，上升时间快，激励光能小（微焦耳量级），但因输出脉冲电压为高阻，在固定阻抗的同轴电缆内传输时，损耗很大。照片3就是利用这个高压源，从光导开关最后输出的电信号，振幅分别为0.7kV和1.6kV，半宽度分别为1ns和2ns。

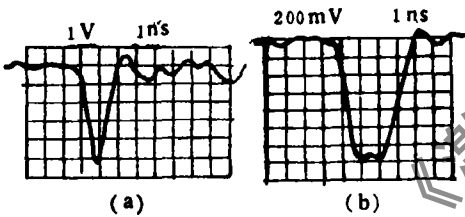


图3 雪崩管偏压源，由光导开关输出的不同宽度电脉冲

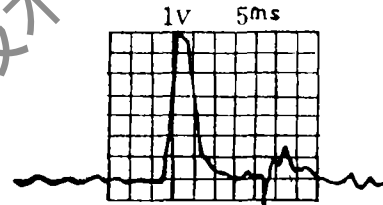


图4 由光导开关输出的电脉冲

以冷阴极管作为高压脉冲源，它综合了激光触发火花隙和雪崩管电源的优点，也消除了它们的缺点，图4就是以此获得的输出电信号，幅度5kV，半宽度6ns。照片中发现下沿的尾部不峭，这是由于硅的第二个接地开关结构不适所引起。图2和图3中，就没有此现象，这是对接地开关结构改进后所获得的。

二、再生放大腔

再生放大实验在大功率激光系统中应用很广。通过外注入种子脉冲进入再生放大腔，获得稳定的输出脉冲和振幅^[4]，脉宽由注入时的种子脉冲所确定。多次的再生放大，是通过腔内的开关元件，完成种子脉冲的注入和倒空输出。本实验中，采用短程再生放大，如沿腔往返次数二次、三次或四次，分别见图5a、图5b和图5c。假若输入的种子脉冲能量是1μJ，则输出增益达10²~10⁴，输出的光脉冲保持输入种子脉冲的高信噪比。放大的脉冲提供激励硅光导开关，这

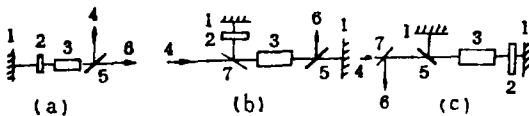


图5 多程放大系统

- 1—全反射镜 2—λ/4波片 3—激光介质
- 4—输入 5—偏振片 6—输出
- 7—分光片R=90%

稳定的输出脉冲和振幅^[4]，脉宽由注入时的种子脉冲所确定。多次的再生放大，是通过腔内的开关元件，完成种子脉冲的注入和倒空输出。本实验中，采用短程再生放大，如沿腔往返次数二次、三次或四次，分别见图5a、图5b和图5c。假若输入的种子脉冲能量是1μJ，则输出增益达10²~10⁴，输出的光脉冲保持输入种子脉冲的高信噪比。放大的脉冲提供激励硅光导开关，这

是充足有余的，能保持运转的正常进行。图6是激励光导开关的单脉冲照片。

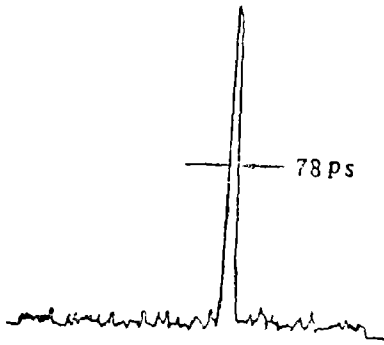


图6 Nd:YAG主被动锁模激光输出单脉冲

三、两个脉冲的同步研究

利用上述两部分单元实验装置，总布置如图7。照片图8是从锁模脉冲序列中先后选出两个单脉冲后的序列脉冲。激光运转1pps，重复性很好。照片中第一个单脉冲的选出，是由选脉冲普克尔盒开关完成的；第二个单脉冲的选出，是通过硅光导开关产生1.6ns的电脉冲，驱动第二个削波普克尔盒开关而完成的。被选出前后单脉冲的相对位置保持不变。图9和图10分别表示前后被选出两个光脉冲的同步以及激励光导开关的光脉冲与产生的快速电脉冲的同步。从照片上反映，同步精度小于1ns，

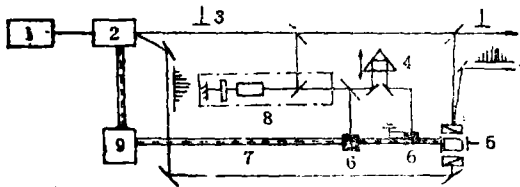


图7 总实验装置图

- 1—主被动Nd:YAG锁模振荡器
- 2—选脉冲开关 3—单脉冲
- 4—延迟器 5—削波普克尔盒
- 6—硅光导开关 7—50Ω传输线
- 8—再生放大器 9—直流高压源

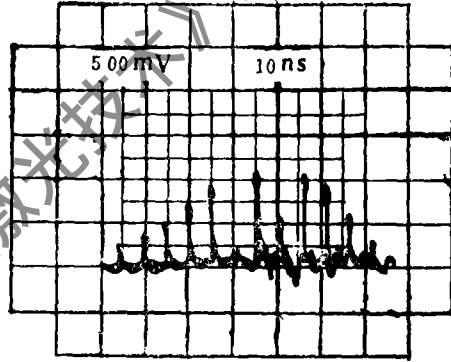


图8 选出两个单脉冲后的序列脉冲

即受示波器响应极限限制。本实验技术的关键，是合适的调节光脉冲与激励硅光导开关后产生快速电脉冲间的光程与电程同步，本装置中(见图7)，被选两个光脉冲间隔为20ns，那么，被选脉冲普克尔开关选出的单脉冲，经再生放大数次，又激励硅光导开关产生电脉冲，最后到达第二个普克尔盒削波开关的全部光程、电程总和也应该严格调至20ns左右。

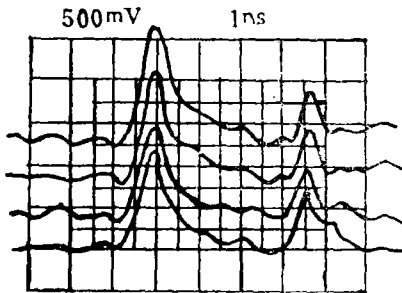


图9 两个不同单脉冲间的同步

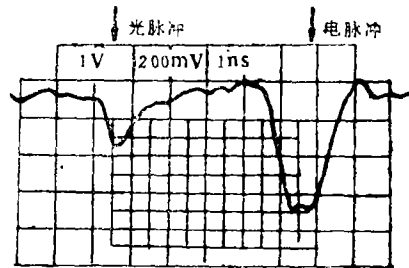


图10 光脉冲与电脉冲的同步

四、结 论

综上所述,对高压光导开关,从技术上做到相互并联传输,且第二个接地开关在光导通后,做到欧姆接触,急骤接地,能得到宽度可调、上升和下降时间快的电脉冲,幅度可达3kV~10kV。此外,驱动光导开关的充电电源,应考虑同轴几何的脉冲式结构,保持高压脉冲在光电转换、传输中无散射、无畸变和无损耗,这是第一点。第二,再生放大腔放大脉冲优点很多,信噪比高,输出脉冲易受控制,且整个腔结构体积小,如沿腔往返次数少的话(2~4次),通常,接近30cm的腔长就足够了;若多次往返,腔内须放置注入和倒空脉冲的开关,腔长稍微增加一些。此外,注入和倒空脉冲同步很好,两者的延迟完全被控制。若腔内放置合适的标准具,经放大后,光脉冲宽度近似为:

$$\tau_{out} \approx 3.5 \times 10^{-11} F d \sqrt{N}$$

式中, F 是标准具的精细度; d 是标准具的厚度; N 是通过再生腔的往返次数。由此,脉冲得到加宽。第三,应用光导开关和再生放大腔,能完成长短两脉冲的同步,并且多次再生放大,腔内的注入和倒空开关也可以由光导开关来实现,它与采用通常的电信号控制相比,可能在同步精度上能提高一大步。这是今后可进一步开展的工作。

参 考 文 献

- [1] 陈兰荣, 支婷婷. 光学学报, 1984, 4(3): 247
- [2] 支婷婷, 陈兰荣, 余文炎 *et al.* 中国激光, 1989, 16(3): 135
- [3] Mourou G, Knox W. A P L, 1979, 35: 492
- [4] Murray J E, Lowdermilk W H. J A P, 1980, 51(7): 3548

作者简介: 支婷婷, 女, 1940年3月出生。副研究员。从事固体激光研究和应用, 近年来研制的光电子开关, 已成功地应用于我国“神光”装置中。

陈兰荣, 女, 1940年10月出生。工程师。从事激光研究工作。六路钛玻璃激光器、被动锁模激光器、激光12#实验装置获奖者之一。

顾冠清, 男, 1965年10月出生。研究实习员。现从事高低电光快脉冲的同步、整形研究。

收稿日期: 1990年9月5日。 收到修改稿日期: 1991年1月3日。

· 产品简讯 ·

二极管激光器支架

由ILX Lightwave 公司(蒙大拿州博兹曼)生产的LDM-4442型二极管激光器支架是实验室级支架,用来解决固定和伴随高功率二极管激光器的运转而产生的热耗问题。该公司说,4442对具有有效发散由二极管激光器和它的内部热电组件产生的热达18W的热量。可以买到各种各样的插座式激光器安装平板,用来夹持最通用的二极管激光器组件。

译自L F World, 1991, 27(2)187: 张贤义 译 刘建卿 校