

## 用光电子开关技术提高高功率激光系统的信噪比

支婷婷 陈兰荣 余文炎 曹渭楼 刘凤翹 吴蓬春

(中国科学院上海光机所)

## Signal to noise ratio improvement for high power laser systems by photoelectron switch technique

Zhi Tingting, Chen Lanrong, Yu Wenyan, Cao Weilou, Liu Fengqiao, Wu Fenchun

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

**提要:** 用激光驱动的半导体光电导效应实现电光开关与激光脉冲之间的高精度同步, 可以大大提高激光系统的信噪比。本文报道这一开关的工作特性以及用于大型钕玻璃高功率激光系统的实验结果。

**关键词:** 高功率激光器, 电光开关

## 引言

在過去的高压光电导开关实验中分析了有效开关的作用, 认为脉冲式加压能克服光电开关内材料的热效应, 从实验上获得7kV的高压输出。本文是直接选用单脉冲开关上的脉冲电压作为光电导的偏压, 得到输出高压脉冲达10kV, 且运转重复性、再现性好。测得硅光电导开关的效率达95%以上, 触发能量小于 $10\mu\text{J}$ , 上升时间为皮秒。最后, 以此驱动附加的普克尔盒装置, 完成对激光系统内主激光前预脉冲或削波脉冲前的漏电部分的抑制, 使主激光信噪比得到提高。

## 光电导开关实验

实验装置如图1所示。从Nd:YAG被锁模激光器产生皮秒脉冲序列, 此序列脉

冲触发火花隙(LTSG), 把一个方波电脉冲输入普克尔盒 $PC_1$ , 即选脉冲开关。此电脉冲的宽度通过成形电缆的长度可调, 本实验中是 $\sim 9\text{ns}$ 。9ns的电脉冲从 $PC_1$ 分支输出。由于LTSG本身性能决定, 输出电脉冲必存在时间上的抖动, 若补进辅助元件, 即光电导的半导体开关6(图1的虚线部分), 让9ns的电脉冲作为6的偏加电压, 且它与到达6的触发光脉冲两者在时间上相遇, 那么, 光电导效应产生的输出电脉冲消除了LTSG带有的抖动, 以这个电脉冲驱动 $PC_2$ , 就实现了电光开关与激光脉冲间的高精度同步(同步精度仅受光电导效应中电子本身响应时间抖动的影响, 通常约几个皮秒)<sup>[1]</sup>。

图2(a)、(b)分别表示从LTSG输出的和通过半导体开关6经光电导效应后输出的电脉冲。比较两者的幅度比, 测得光电导开关的效率( $\eta = V_{out}/V_{in}$ )为95%以上。实验

收稿日期: 1987年9月16日。

中采用的光电导开关材料是半导体硅，其光电转换灵敏<sup>[4]</sup>，对本实验中在 10 kV 偏压下，测得触发光能在 10  $\mu$ J 左右时，高精度同步实验就能很稳定的开展了。

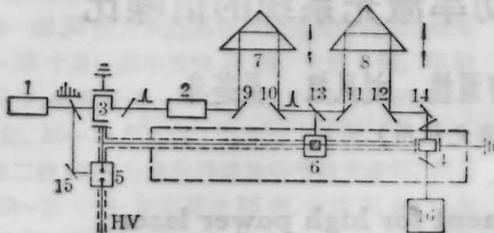


图 1 同步实验装置图

1—Nd:YAG 锁模振荡器； 2—放大器； 3, 4—普克尔盒  $PC_1$ 、 $PC_2$ ； 5—LTSG； 6—半导体开关； 7, 8—光延迟器； 9~15—分光镜； 16—示波器

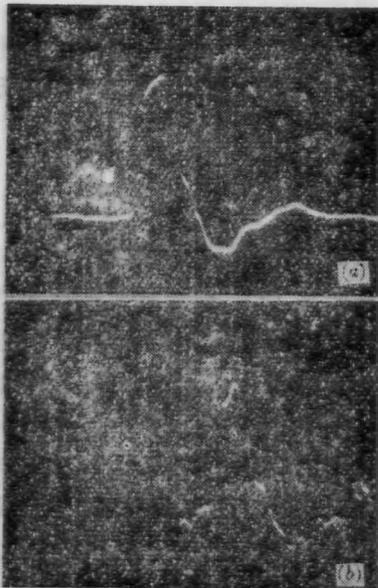


图 2

(a) 由 LTSG 的输出电脉冲 (7kV)  
(b) 经硅光电导开关后的输出电脉冲 (6.5 kV)

### 信噪比的提高

图 3 中的虚线部分，是高精度同步实验装置位于大型 Nd 玻璃高功率激光系统的首部图。主激光是 ps 锁模振荡器或 ns 调 Q 振荡器，选脉冲开关分为主开关  $PC_1$  和辅助开关  $PC_2$  (虚线部分) 二部分。主开关用于选脉

冲或削波，选出的或削出的单脉冲激励虚线部分内的硅光电导开关，产生一个快上升时间的电脉冲，驱动  $PC_2$ 。实验中具体调节驱动  $PC_2$  的电脉冲与光脉冲到达  $PC_2$  的时间同步，完成对光脉冲前噪声的抑制，使信噪比得到提高。图 4 是 100 ps 的光脉冲激励光电导开关 9 后输出的电脉冲，图中紧靠电脉冲后边的小脉冲，正是被激励光束割出的一小部分反射光脉冲 (图中箭头所指)，这部分与前边电脉冲宽度总和，等于原电脉冲宽度 (20 ns)。

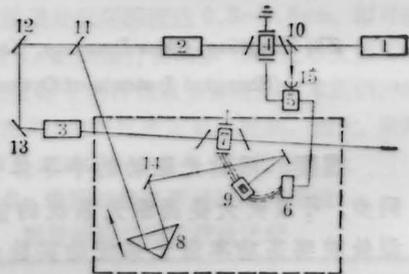


图 3 提高激光系统信噪比的实验装置

1—振荡器； 2, 3—放大器； 4, 7—普克尔盒  $PC_1$ 、 $PC_2$ ； 5, 6—2N 5551 脉冲发生器 8—光学延迟器； 9—硅半导体开关； 10~14—分光镜； 15—光二极管

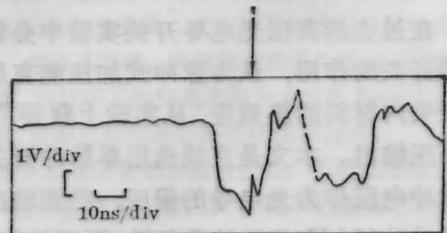


图 4 光脉冲激励光电导开关后的输出电脉冲

图 5 是移动光程延迟器 8，测得电脉冲驱动  $PC_2$  的快速响应时间  $\sim 600$  ps，它是光电子开关的上升时间及抖动、光脉冲宽度 ( $\sim 100$  ps) 和  $PC_2$  本身的响应时间的总和。

图 6, 图 7 是测得的信噪比值。图 6 (a) 是 100 ps 主光脉冲，在没有辅加硅光电导开关时，照片上明显观察到主脉冲前的预脉冲 (箭头所指)，算得信噪比是  $2.1 \times 10^4:1$ ；图 6 (b) 是辅加硅光电导开关后，预脉冲被抑制，算得

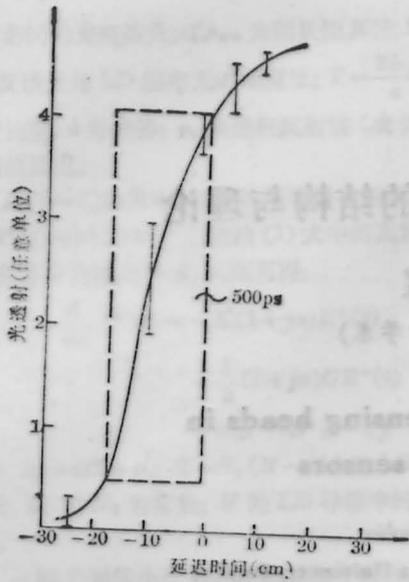


图5 普克尔盒  $PC_2$  快上升时间的测量  
(从全部透射的10~90%算得上升时间是600 ps)

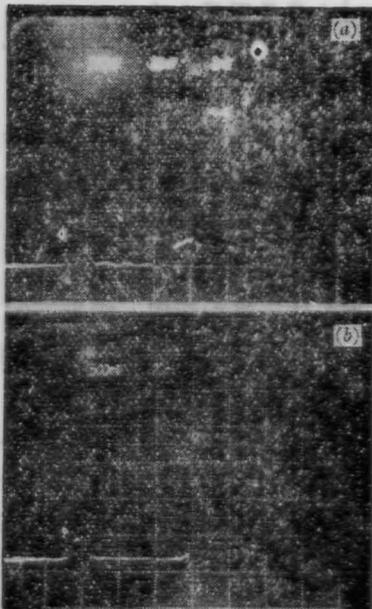


图6 ps 锁模激光系统  
(a) 信噪比:  $2.1 \times 10^4:1$ ; (b) 信噪比:  $8.4 \times 10^6:1$

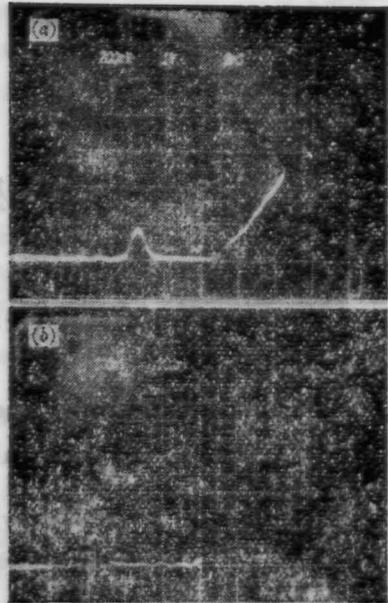


图7 ns 激光系统  
(a) 信噪比:  $3.5 \times 10^5:1$ ; (b) 信噪比:  $9.5 \times 10^7:1$   
信噪比提高到  $8.4 \times 10^6:1$ 。图7是削波后主激光(脉宽~1 ns)的信噪比测量结果, 附加硅光电导开关的引入, 信噪比从  $3.5 \times 10^5:1$  提高到  $9.5 \times 10^7:1$ 。

本工作得到大功率激光系统装置中范滇元、谢梓铭等许多同志的协助, 表示感谢。

#### 参考文献

- 1 支婷婷, 陈兰荣, 光学学报, 13(4), 369(1983)
- 2 陈兰荣, 支婷婷, 光学学报, 4(3), 247(1984)