

# 高功率激光系统信噪比测试方法的改进

陈兰荣 支婷婷 顾冠清

(中国科学院上海光机所, 上海 201800)

**提要** 高功率激光系统的信噪比改进前采用光电导开关及示波器测试, 因主脉冲信号太强(信噪比 $\sim 10^6$ )冲击示波器。采用改进后的方法, 大大降低了主脉冲信号幅度, 有效地保护了测试仪器。

**关键词** 信噪比, 光电导开关

在高功率激光系统信噪比测试中, 所需的探测器对光信号响应灵敏, 又能够接收较强的光信号。我们研制的硅光电导开关能满足上述要求, 它的结构如图1, 原理及性能见文献[1]。所研制的光电导开关响应灵敏度为 nJ, 在激光激励下输出电压为

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{z_0}{2z_0 - R_c + R_s} \quad (1)$$

$z_0$  为传输线特征阻抗,  $R_c$  为光电导开关的体电阻,  $R_s$  为接触电阻。由此可见当  $R_c$ 、 $R_s$  为很小值时, 光电导开关最大输出电压为所加初始偏压的一半, 也就是光电导开关有个饱和电压值。而且能承受几十毫焦耳光能的激励。

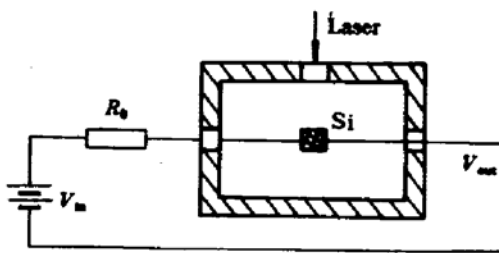


Fig. 1 Photoconductor switch

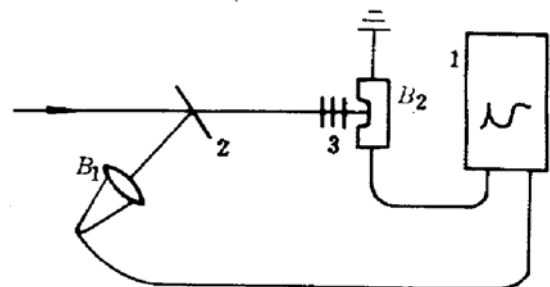


Fig. 2 Former measuring setup

$B_1$ : PIN photodiode;  $B_2$ : photoconductor switch;  
1: oscilloscope; 2: beam splitter; 3: filter

我们利用这种光电导开关及快响应示波器测试了主激光信号与其之前的预脉冲, 它们之间的比值为信噪比, 测试范围 $\sim 10^{6[2]}$ 。测试方法如图2。图中  $B_1$  为基准信号源,  $B_2$  为光电导开关, 它为主激光与预激光信号源。测量时先定标, 在硅光电导开关之前放置适当的衰减片, 总透过率为  $T$ , 当激光照射硅光电导开关之后形成未饱和电压幅度为  $I_1$ , 基准信号对应脉冲幅度为

$A_1$ 。示波器测试出的定标波形如图 3 所示。然后取走硅光电导开关前的衰减片,即在高于定标时激励激光的强激励下,则在基准信号和主脉冲前出现小台阶而主脉冲信号冲出示波器,如图 4。测得基准信号与预脉冲幅度分别为  $A_2, I_2$ ,用下列公式计算出信噪比

$$\frac{S}{N} = \frac{A_2 \cdot I_1}{A_1 \cdot I_2 \cdot T} \quad (2)$$

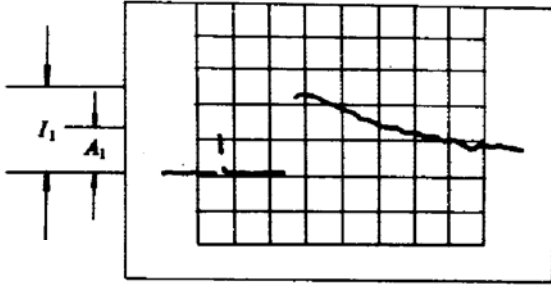


Fig. 3 Calibration pulses

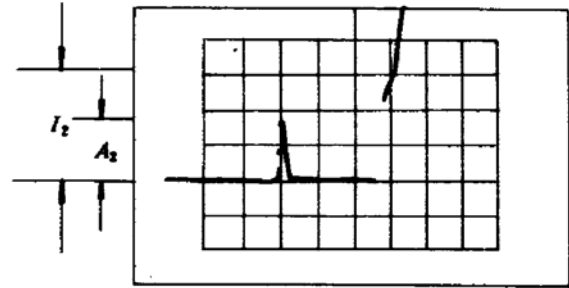


Fig. 4 Measured pulses

为使示波器避免强脉冲信号冲击,长期使用不受损坏,在用光电导开关及示波器测试的基础上我们做了改进,改进后的实验方法与结果如下:

从公式(2)可以看出,在测试时先定标。在此之后,测信噪比只需测出主脉冲信号前的预脉冲,主脉冲信号对测试没有贡献,它的出现只是冲击示波器,为此在定标之后,我们使主脉冲信号的幅度尽量降低,使示波器免受强信号冲击,测试简图如图 5。

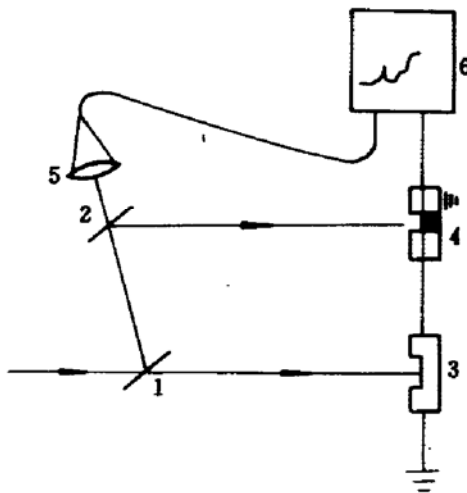


Fig. 5 Improved measuring setup

1,2: beam splitter; 3,4: photoconductor switch;  
5: photodiode; 6: oscilloscope

图 5 中的光电导开关 3 为主激光和预激光信号源,在测试线路中并联一个光电导开关 4,此开关放置在传输线的中心导体和地之间。激光通过反射镜 1 被分成两束,其中一束激光射入加偏压的光电导开关 3 上,通过光延迟,使光电导开关 3 产生的电脉冲与另一束主激光同时到达光电导开关 4,光电导开关 4 产生的载流子使导体对地短路,并截止光电导开关 3 产生的主脉冲信号。原理上主脉冲信号无法通过 3,但因为光电导开关 4 有接触电阻,光激励时,不能使导体对对完全短路,不过此时的主脉冲幅度大大降低了,主脉冲前的噪声不受影响。我们用这种方法测试了激光系统的信噪比。

一台主被动锁模 Nd:YAG 激光器,经选脉冲开关选出单脉冲,此器件的信噪比不高,通过上述图 2 和图 5 的实验装置分别测试。测试前定标,即对光电导开关  $B_2$  加 45 V 直流偏压,用  $1 \mu\text{J}$  的光能激励此开关,光导开关前加  $T = 10\%$  的衰减片。测出  $A_1 = 0.1 \text{ V}$ ,  $I_1 = 2 \text{ V}$ 。用图 2 方法测量时去掉开关前衰减片,测出  $A_2 = 0.1 \text{ V}$ ,  $I_2 = 0.5 \text{ V}$ ,输出主脉冲冲出了示波器,用公式(2)算出信噪比为 40:1。

用图 5 改进后的方法测试,同样对光电导开关 3 加 45 V 直流偏压,用  $1 \mu\text{J}$  光能激励此开关,  $3 \mu\text{J}$  光能激励光电导开关 4,使光电导开关 3 产生的电脉冲与激励光电导开关 4 的光脉冲

同时到达光电导开关 4。则主脉冲幅度降到 8 V，噪声幅度  $I_2 = 0.5 \text{ V}$ ，用公式(2)算出信噪比为 40:1。两种方法测出结果相同。说明改进后的方法是可行的，但后者的主脉冲幅度降低很多。

对于测试高功率激光系统的信噪比( $\sim 10^6$ )，需要更高灵敏度的探测器才能测出较弱的噪声信号。光电导开关灵敏度与所加的偏压有关，为此在光电导开关不击穿的情况下增加所施加的直流偏压。用改进前图 2 装置测试，我们给光电导开关  $B_2$  加 90 V 直流偏压，用 1 mJ 光能激励光电导开关  $B_2$ 。此时定标值为：光电导开关 3 之前衰减片  $T = 6 \times 10^6$ ，测出  $A_1 = 0.36 \text{ V}$ ， $I_1 = 0.6 \text{ V}$ 。测量时去掉光电导开关前衰减片，测出  $A_2 = 0.36 \text{ V}$ ， $I_2 = 0.1 \text{ V}$ ，输出主脉冲幅度已远冲出了示波器。用公式(2)算出信噪比为  $10^6$ 。用改进后的方法测试(见图 5)，用 1 mJ 的光能激励光电导开关 3，用 3 mJ 的光能激励光电导开关 4，则输出主脉冲幅度为 8 V，测出噪声信号，同样用公式(2)算出信噪比为  $10^6$ 。但主脉冲幅度大大降低了，示波器免受强信号冲击。

由此可见，对于测试高功率激光系统较高的信噪比，改进后的测试法能有效地保护测试仪器。

### 参 考 文 献

- 1 陈兰荣，支婷婷．千伏微微秒光电子开关及其应用．光学学报，1984，4(3):247~252
- 2 支婷婷，陈兰荣．硅光电子开关及其应用．光学学报，1983，3(4):269~273

## An Improved Method of Measuring the Signal to Noise Ratio of a High Power Laser System

Chen Lanrong Zhi Tingting Gu Guanqing

(Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica, Shanghai 201800)

**Abstract** The ratio of the signal to noise of a high power laser system is the ratio of the main pulse to the noise before it. Previously, when a photoconductor switch and an oscillograph were used to measure the ratio of the signal to noise up to  $\sim 10^6$ , the oscillograph was strongly struck by the main pulse. With an improved method, same measurement result was obtained while the main pulse amplitude was greatly reduced, the measuring instrument is thus effectively protected.

**Key words** ratio of laser signal to noise, photoconductor switch