

# 利用 ps 光电导取样技术测量超快光电探测器的响应时间和联结件的色散展宽

袁树忠 关信安 吕福云  
(南开大学现代光学所, 天津 300071)

**提要:** 建立了  $\text{Ar}^+$  锁模同步泵浦染料激光器和以 SOS 为衬底的光电导开关组成的 ps 光电导取样测量系统, 测量了超快光电探测器的响应时间和联结件的色散展宽。

**关键词:** 上升时间, 光电导取样

## Measurement of response time of ultrafast photoelectric detectors and dispersive broadening effect of connectors with picosecond photoconductive sampling technique

Yuan Shuzhong, Guan Xin'an, Liu Fuyun  
(Institute of Modern Optics, Nankai University, Tianjin)

**Abstract:** Picosecond photoconductive sampling system is constructed, which consists of a mode-locked dye laser synchronously pumped by a mode-locked argon ion laser and the photoconductive switch using SOS as substrate, and the response time of ultra-high-speed photodiodes and the dispersive broadening effect of coaxial connectors have been measured.

**Key words:** response time, photoconductive sampling

我们利用自己研制的  $\text{Ar}^+$  锁模同步泵浦染料激光器, 输出的光脉冲宽度  $< 2 \text{ ps}$ , 平均输出功率  $\geq 100 \text{ mW}$ , 重复频率为  $80 \text{ MHz}$ , 与用 SOS 作衬底制作的光电导开关(该开关是由我校电子科学系潘家齐等同志研制的)组成了一套取样测量系统。其时间分辨率达  $7 \text{ ps}$ , 灵敏度达  $10 \mu\text{V}$ 。用这套系统测量了美国 Spectra-Physics 公司 403B 超高速光电二极管及其它高速光电探测器的响应时间, 还测量了射频连接器和电缆传输线的色散展宽。

### 一、测量原理和测试布局

测量原理和测试布局如图 1 所示。 $\text{Ar}^+$  锁模同步泵浦染料激光器输出的激光脉冲列, 被分光板分成两束。一束照到加有直流偏压的被测光探测器 1 上, 探测器就产生一个电脉冲  $U_1(t)$ 。当光脉冲足够窄时, 这个电脉冲就代表了该探测器的响应时间。我们再把此电脉冲加到

光电导开关 2 上, 作为光电导开关的偏压。当另一束光程可变的染料激光脉冲照到光电导开关上时, 光电导开关输出信号  $Q(T)$ 。  $Q(T)$  主要同探测器和光电导开关的响应时间有关, 同第二束光脉冲的延迟时间 ( $\tau$ ) 有关。类似于超短光脉冲宽度的谐波互相关法测量, 有

$$Q(T) \propto \int U_1(t) U_2(t+\tau) dt$$

光电导开关作为取样门, 它的响应时间比探测器的响应时间快得多。测试中, 光电导开关响应时间为 7 ps; 探测器为  $>70$  ps。这样光开关输出的信号, 经锁相放大器之后, 被记录器划成的延迟时间的函数曲线主要是探测器响应时间。照到探测器的光束称为激发光束; 照到光开关上的光束称为取样光束。光束的延迟, 用一个同步电机拖动光束折转棱镜移动来实现。棱镜可连续移动 180 mm。测试中, 取样光束同激发光束光程加电脉冲传输路程之和有等光程位置是非常重要的。

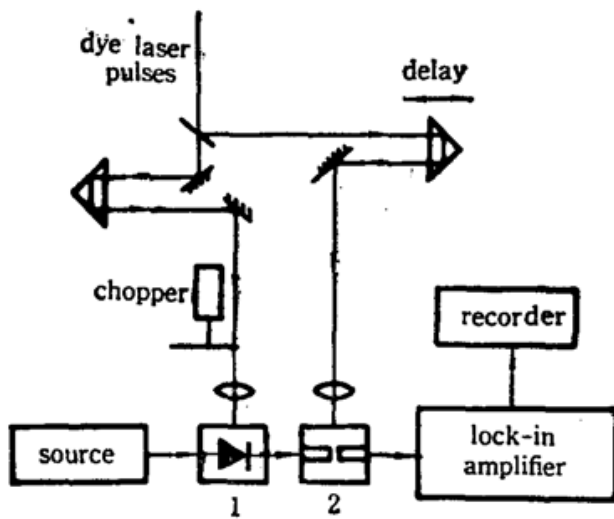


Fig. 1

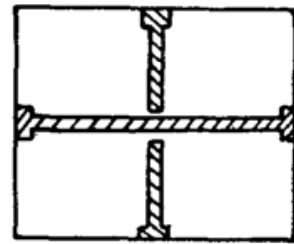


Fig. 2

测量射频连接器和电缆传输线的色散展宽效应时, 把图 1 中的探测器换成光电导开关。把被测的射频连接器或电缆传输线连接在两个光电导开关之间。两束光分别照在两个开关上。为了便于色散展宽的结果和光开关的电脉冲相比较, 使用如图 2 所示的双缝光电导开关。注意所用的两个双缝开关, 工艺条件要相同。测试时, 先用电相关法测出光电导开关的响应曲线, 然后把待测的射频连接器或电缆线同两个开关连接好。激发光束照在加有直流偏压的第一个开关上, 它便产生一个电脉冲。此电脉冲通过射频连接器或电缆传输线传播到第二个开关上, 成为第二个开关的偏压。当取样光束也照到第二个开关上时, 第二个开关输出的信号就包含了射频连接器或电缆传输线的色散展宽效应。

## 二、测量结果与分析

### 1. 美国 Spectra-Physics 公司的 403B 超高速光电二极管

该公司标称 403B 的上升时间小于 50 ps。用我们上述描述的系统, 我们测量了出厂编号为 No. 448、No. 509 的两只 403B 超快光二极管。其半宽度 (FWHM) 分别为 73 ps 和 81 ps; 上升时间分别为 52 ps 和 60 ps (均扣除了光开关的影响)。图 3 是 No. 448 管的一条响应曲线。

我们是把 403B 和它本身带的一条 30 cm 长专用电缆线一起测量的。我们测得在光导开关的半宽度为 10 ps 时，带上这段电缆线，则半宽度变为 26 ps。被展宽了 16 ps。如果要测实际的响应时间，需把 403B 的管芯直接接到光导开关上。

另外，我们也测量了自己制作的一条和 403B 专用线同样长度的电缆线。它把 10 ps 的光导开关的电脉冲展宽到 31.4 ps。比 403B 电缆线多展宽了 5.4 ps。这说明在 ps 测量中，电缆连接线需要专门设计制作。

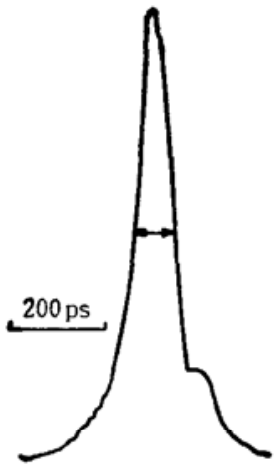
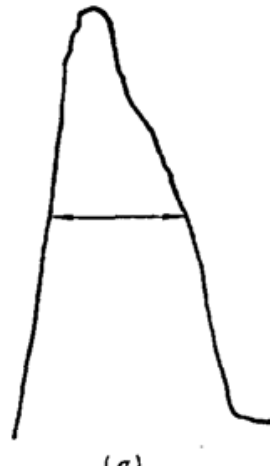


Fig. 3



(a)



(b)

Fig. 4

### 2. 西德 BPW-28A 雪崩二极管和我国永川光电技术研究所的 PIN 光电二极管

用我们的光电导取样系统，测得的 BPW-28A 雪崩二极管的半宽度(FWHM)为 331 ps，上升时间为 124 ps，图 4(a)为其响应曲线；测得的 PIN 光电二极管的半宽度为 394 ps，上升时间为 158 ps。初步分析，这二种探测器响应时间慢，原因除了它们本身的结构工艺不足外，跟它们的连接匹配不当有关。

### 3. 射频直接器和电缆传输线的色散展宽

(1) 射频连接器的色散展宽：用一对 L6 射频连接器把两个双缝光电导开关的主传输线连接起来。按着前面描述的方法，先测出光电导开关的响应时间，其结果如图 5(a)所示。半宽度为 10 ps(认为电脉冲是单边指数型形状，每个电脉冲的 FWHM,  $\Delta t = 0.5 \Delta T$ 。图中按 200 ps 的标尺求得的  $\Delta T$ ，再乘 0.5)。再测射频连接器的色散展宽，结果如图 5(b)所示。半

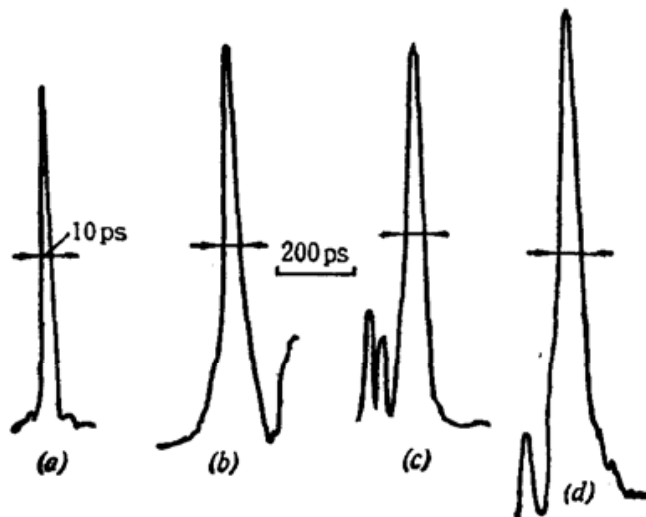


Fig. 5

宽度为 18.6 ps。也就是说, 10 ps 的电脉冲被一对 L6 射频连接器展宽成了 18.6 ps。这里从激发开关与取样开关的缝间距离(中间通过连接器)为 3 cm。

(2) 电缆传输线的色散展宽。我们所测电缆线为国产 SYV-50-2 型电缆线, 两根分别长 9 cm 和 18 cm(均带两对 L6 射频连接器), 测量结果如图 5(c)、(d) 所示。其半宽度分别为 21.4 ps 和 27 ps。底部的小峰是反射噪声。

从图 5 的测量结果可以看出: (1) 两个光电导开关之间的传输线, 即从激发到取样, 电脉冲的传播距离, 其色散展宽是很大的。所以在 ps 测量中, 要尽量缩短这个传输距离; (2) 色散展宽效应使得脉冲形状不对称了。传输线越长, 不对称也越严重。从对称线方面的要求, 也应缩短传输线。

目前这套系统已能稳定地工作。除了能完成上面讨论的测试工作外, 测量 GaAs 场效三极管一类的高速器件也很方便。

## 30dB 高增益掺铒光纤放大器

由于 1.536  $\mu\text{m}$  的掺铒光纤放大器具有高增益、低噪声和偏振不敏感等特性, 因而对长距离高码速及大容量光纤通信极具吸引力。

本文采用内腔式 532  $\mu\text{m}$  倍频 YAG 激光为泵浦源, 其声光调 Q 频率为 5~10 kHz, 输出稳态功率大于 35 mW, 掺铒单模石英光纤长度为 25 m, 截止波长、数值孔径、芯径和 1.536  $\mu\text{m}$  模斑直径分别为 1.318  $\mu\text{m}$ 、0.192、6.4  $\mu\text{m}$  和 7.3  $\mu\text{m}$ 。掺铒浓度大约为 40 ppm, 在 532 nm 和 1.536  $\mu\text{m}$  处的损耗分别为 4.9 dB 和 5.2 dB。实验所用信号源是 1.536  $\mu\text{m}$  InGaAsP/InP 激光二极管, 经过 20 $\times$  物镜, 将其输出激光耦合入光纤, 耦合效率达 32%。532 nm 泵浦激光被逆向耦合入光纤, 通过 25 $\times$  物镜聚焦, 耦合效率大于 80%。

用一个工作于 532 nm 和 1.536  $\mu\text{m}$  的双色分光镜将透过的泵浦光耦合入光纤, 并将输出的信号光反射入锗光电探测器接收。当光纤中被吸收的泵浦光为 24.4 mW, 输入光信号为 20 mW 时, 输出增益为 30 dB(已扣除自发辐射放大背景)。相应于增益/泵浦功率之比为 1.23 dB/mW。放大后的饱和输出功率为 4.3 mW。在适当加长光纤后可获更高的增益。

用同一系统, 我们采用脉冲重复频率为 1 GHz, 脉宽 150 ps 的光脉冲信号, 于 1.536  $\mu\text{m}$  处已获得大于 20 dB 的增益。

(上海科技大学现代通信研究室 聂朝江 李 英 吴 芳  
上海交通大学应用物理系 陈英礼 李 幼 华 一 敏 1991 年 3 月 18 日收稿)