

## 8~14 微米红外探测器响应时间测量

邓世鹏

(华北光电研究所)

**摘要**——本文使用时间响应法测量 8~14  $\mu\text{m}$  红外探测器响应时间。产生的电脉冲上升时间小于 1.5 ns。红外探测器直接接入示波器,可在示波器上观察其响应时间。该方法具有测量简便、迅速和直观等优点。

### 一、前言

通常可以通过对时间响应特性和频率响应特性的测量得到红外探测器的响应时间<sup>[1]</sup>。频率响应法或者借助于调制器对激光束按频率进行调幅,或者由两支不同波长的激光外差,得到若干差频信号对探测器进行频率响应测量。该法使用仪器较多,不很简便。时间响应法通常使用宽带示波器观察探测器对光脉冲的响应,其响应波形的上升时间,被认为就是探测器的响应时间。时间响应法使用仪器较少,测量简便,所测最短响应时间,由光脉冲快速上升时间的长短决定。目前,由于激光锁模技术的发展,时间响应法可以测量足够短的响应时间。

我们用时间响应法进行测量。对 10.6  $\mu\text{m}$  连续波激光束进行外调制,从而得到脉宽可变、脉顶平坦和脉沿陡峭的光脉冲。用此光脉冲对 8~14  $\mu\text{m}$  红外探测器进行响应时间测量,并对结果进行了讨论。

### 二、测量装置

图 1 是利用时间响应法测量红外探测器响应时间的装置(方框图),它由下列五部分组成:

1. **光源:** 由一支高偏振、单模连续输出 10.6  $\mu\text{m}$  波长的  $\text{CO}_2$  激光器及一台稳压电源组成。激光器平均输出功率约 2 W,光斑直径小于 2 mm (距输出镜 1.5 m)。

2. **电光调制器:** 采用波长在 0.9~16  $\mu\text{m}$  范围、透过性能良好的碲化镓单晶作调制晶体。将单晶加工成各面确定晶向的长条六面体,按一定方向安装在 75  $\Omega$  同轴线的终端、被弹簧压紧的两铜板之间<sup>[2]</sup>;一支 75  $\Omega$  电阻跨接在靠近晶体的传输线终端上。调制晶体后面放置检偏器,即由两片夹角为布儒斯特角的锗片构成的透射式检偏器。使用中要旋转检偏器,使透过的辐射最大。

本文 1982 年 2 月 17 日收到。

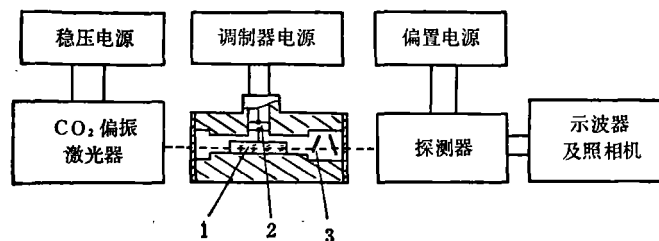


图1 红外探测器响应时间测量装置的方框图  
1—调制晶体; 2—圆盘电阻; 3—检偏器

**3. 调制器电源:** 调制器电源如图2所示。它由直流高压电源、触发电压电源、触发管及同轴馈线等组成。直流高压在零至一万伏间能自由调节,由同轴线馈送至触发管的阳极。

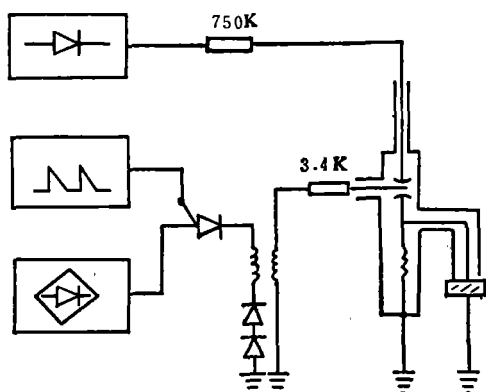


图2 调制器电源示意图

触发电源由锯齿波发生器、可控硅电压形成电路及高压提升电路组成。触发频率在1~100 Hz,可任意调节,完全满足单次显示和连续稳定显示需要。提升后的触发电压,馈至触发管触发极。

触发管具有受控导通和导通稳定的特点。导通的高压从阴极加至调制晶体上,通过改变直流高压和调节晶体上电压作用时间,可以得到幅度可变、脉宽可调的电脉冲。电脉冲的重复频率由触发电源触发频率控制。

采用上述调制器和调制电源,我们获得了上升时间小于1.5 ns、脉宽从几十至1000 ns的电脉冲,更短的电脉冲上升时间主要受实验所用示波器带宽限制。

**4. 红外探测器及偏置源:** 被测的红外探测器必须对10.6 μm波长有较强的响应,产生的电信号能直接推动示波器。光导型红外探测器需要加偏置。光伏型红外探测器一般加反偏置,也可不用偏置。偏置源要屏蔽。

**5. 示波器:** 选用宽带同步示波器。其垂直偏转灵敏度应不劣于5 mV/cm,具有校准的水平刻度,有足够的辉度。本实验采用SS 6200型同步示波器,具有200 MHz带宽。

### 三、计算与修正

我们从示波器屏幕上或照片上的响应波形读取上升时间 $t_r$ 。从响应幅度稳定值 $v_0$ 的百分之十变至百分之九十所需的时间<sup>[3]</sup>即为上升时间 $t_r$ 。

从响应波形得到的上升时间 $t_r$ 所包含的分量如下: 光脉冲上升时间 $t_{r1}$ (取作1.5 ns), 电路(包括偏置系统、示波器、及电路间连线)响应时间 $t_{r2}$ 和探测器响应时间 $\tau$ 。由于电路间使用同轴线连接,偏置源分布电容又小,因此电路响应时间完全由示波器决定。经验证明,一个多电路系统总瞬态的上升时间可表示为<sup>[4]</sup>:

$$t_r^2 = \sum_{k=1}^n t_{rk}^2, \quad (1)$$

其中, $n$ 为电学系统中电路个数(本系统中 $n=3$ ),即有

$$t_r^2 = t_{r1}^2 + t_{r2}^2 + \tau^2 \quad (2)$$

在线性电路中, 常用截止频率  $f_c$  来说明它们的高频特性, 用上升时间  $t_{rk}$  来说明它们的瞬态特性的短时间特性, 两者有如下关系<sup>[5]</sup>:

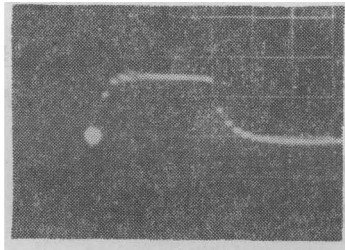
$$f_{rk} f_c = 0.35 \quad (3)$$

用式(3)得出示波器的上升时间  $t_{r2} = 1.75 \text{ ns}$ 。于是由式(2)可算出探测器的响应时间为:

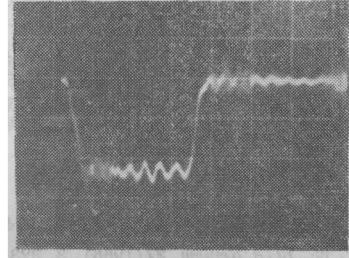
$$\tau = [t_r^2 - (t_{r1}^2 + t_{r2}^2)]^{1/2} = (t_r^2 - 5.81)^{1/2} \times 10^{-9} [\text{s}] \quad (4)$$

#### 四、结果与讨论

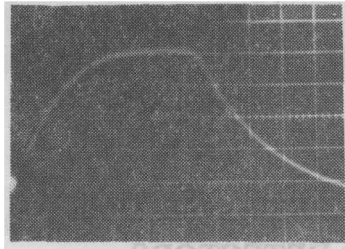
利用时间响应法, 对  $8 \sim 14 \mu\text{m}$  碲锡铅光伏探测器、碲镉汞光导型和光伏型探测器, 以及外延碲镉汞光伏探测器的响应时间进行了测量。图3分别给出了它们的响应波形。由响应波形可以看出, 波形清晰, 脉顶平坦, 脉沿光滑。图3中最短的响应时间为  $3.2 \text{ ns}$  (如图3f)。测试系统允许测量的响应时间(受示波器带宽和触发管导通时间限制)小到  $2 \text{ ns}$ 。



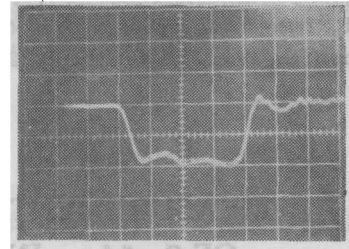
(a) 79L302 碲锡铅光伏探测器的脉冲响应 ( $X: 0.2 \mu\text{s}/\text{cm}$ ,  $Y: 5 \text{ mV}/\text{cm}$ ,  $\tau = 0.14 \mu\text{s}$ )



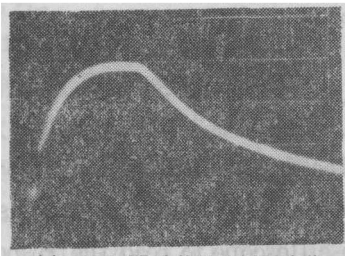
(b) 2# 离子注入碲镉汞光伏探测器的脉冲响应 ( $X: 50 \text{ ns}/\text{cm}$ ,  $Y: 10 \text{ mV}/\text{cm}$ ,  $\tau = 19 \text{ ns}$ )



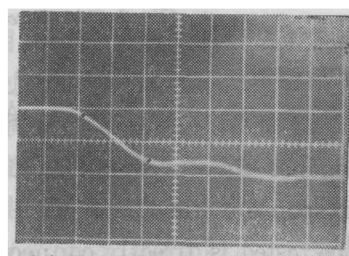
(c) 75-2 碲镉汞光电导探测器的脉冲响应 ( $X: 0.1 \mu\text{s}/\text{cm}$ ,  $Y: 5 \text{ mV}/\text{cm}$ ,  $\tau = 0.21 \mu\text{s}$ )



(d) Te-77-16-25-20 离子注入碲镉汞光伏探测器的脉冲响应(负脉冲) ( $X: 10 \text{ ns}/\text{cm}$ ,  $Y: 5 \text{ mV}/\text{cm}$ )



(e) 78.2-II-1 外延碲镉汞光伏探测器脉冲响应 ( $X: 0.2 \mu\text{s}/\text{cm}$ ,  $Y: 5 \text{ mV}/\text{cm}$ ,  $\tau = 0.22 \mu\text{s}$ )



(f) Te-77-16-25-20 离子注入碲镉汞光伏探测器的脉冲响应(前沿波形) ( $X: 2 \text{ ns}/\text{cm}$ ,  $\tau = 3.2 \text{ ns}$ )

图3  $8 \sim 14 \mu\text{m}$  探测器对光脉冲的响应

要得到满意的响应波形,必须克服测试系统中的不利因素,减小干扰的影响。高压电路的引线和结构材料,必须采用优质绝缘材料。必须注意探测器与示波器的匹配,为防止波形失真,在探测器输出电缆与示波器之间,接入匹配终端。此外入射到探测器上的光脉冲功率不要太强,否则测得的响应时间偏短<sup>[6]</sup>。实验中,在探测器位置处,测得辐射平均功率小于 0.25 mW(接收面积  $0.3 \times 0.3 \text{ mm}^2$ )。

从响应波形不仅可以获得探测器响应时间,而且从响应波形的后沿形状,可以判别光敏元材料完整性的优劣、光敏元表面复合的程度。如果制作光敏元的半导体中不存在陷阱,多数载流子浓度调制不大于百分之五,由光电导响应波形的振幅,可计算出非平衡载流子浓度<sup>[7]</sup>。从光导响应波形可估算出材料的寿命。对处在偏置中的光伏器件,可由响应时间和结电阻等获得有用的 C-V 特性。

由上不难看出,采用红外调制的时间响应法测量红外探测器的响应时间,具有更简便、迅速、直观、耗资少,响应波形稳定、清楚等优点。如果本系统采用 500 MHz 带宽同步示波器,可测量到 1 ns 左右的响应时间,若更换合适波长光源,可测量  $1 \sim 3 \mu\text{m}$  和  $3 \sim 5 \mu\text{m}$  探测器响应时间。

致谢——张仁初、尹洁、胡君毅等同志曾参加系统的建立。梁德坤、罗元海、张惠兰和范正风等同志提供了测试探测器。吴仰贤同志对本文提出了修改意见。作者对此表示感谢。

#### 参 考 文 献

- [1] 西原井浩等,电子通讯学会论文志, 57-C(1974), 12, 470~472.
- [2] Walsh T. E., *BCA Review*, 27(1966), 3, 323~335.
- [3] Bridges T. J. et al, *Appl. Phys. Lett.*, 12(1968), 9, 297.
- [4] 当麻 喜弘等,电子科学, 23,(1973), 1, 24.
- [5] 谢源清、籍义忠编,晶体管高频电路(上册),人民邮电出版社,1979, 309.
- [6] Bartoli F., *International electron device meeting tech. digest*, Dec. 3~5, 1973, 89~91.
- [7] Kreer Jr. J. G., *Proc. IEE*, 49(1961), 8, 1292.

## MEASUREMENT OF THE RESPONSE TIME OF $8 \sim 14 \mu\text{m}$ INFRARED DETECTORS

DENG SHIPENG

(North China Research Institute of Electro-Optics)

#### ABSTRACT

The response time of  $8 \sim 14 \mu\text{m}$  infrared detectors is measured by means of the pulse-time-response method. The rise time of the pulse produced is 1.5 ns, and the detector to be tested is directly connected to the oscilloscope to read the response time. This method is simple, fast and straightforward.