

77-80

# 多元光导碲镉汞探测器的电串音

梁宏林 蔡毅<sup>V</sup> 姚英

(昆明物理研究所, 云南, 昆明, 650223)

TN215

**A** **摘要** 讨论了一个多元光导碲镉汞探测器电串音的物理模型, 理论计算表明, 探测元电串音的大小为  $(N-1)R_c/R_0$ , 实验结果与计算一致.

**关键词** 碲镉汞, 光导探测器, 多元阵列, 电串音.

热像仪

## 引言

15

在热像仪设计中, 多元光导碲镉汞探测器的电串音是一个重要参数. 一般认为光导探测器的电串音较小, 因而讨论较少. 以往多元光导探测器的电串音测量是通过向某一探测元注入一正弦交流信号进行的, 根据电注入模型得到的电串音表达式为  $(N-1)R_c/R_0$ , 实验结果也与理论分析一致. 实际上多元探测器的电串音是因光激发引起其电阻变化, 并通过接地电阻反射到其它探测元造成的, 这与电压注入情况有所不同. 本文从理论和实验上分析了多元光导碲镉汞探测器接地电阻引起的电串音问题.

## 1 原理

图1是分析电串音的等效电路, 图中  $V_0$  是电源电压, 串联一个大限流电阻  $R_0$  后可视为一个恒流源,  $V_s$  是输出光电信号. 设有  $N$  个探测元共用一根地线, 接地电阻为  $R_c$ . 当  $R_k$  受光激发时产生增量  $\Delta R_k$ , 于是造成虚地点  $e$  处的电压  $V_e$  浮动, 进而引起其它  $R_j$  输出信号  $V_j$  的浮动, 这就是实际多元探测器电串音的物理过程. 假设第  $k$  路电流为  $I_k$ , 且  $V_e \ll V_0$ , 根据克希霍夫定律有

$$I_k = \frac{V_0 - V_e}{R_{0k} + R_{sk}} = \frac{V_0}{R_k} \quad (1)$$

其中  $R_k = R_{0k} + R_{sk}$ . 虚地点的电压为  $V_e = R_c \sum I_k = V_0 R_c \sum \frac{1}{R_k}$ . 求和是指对所有元的电流求和, 由此得到第  $k$  路的总电压为

$$V_{sk} = I_k R_{sk} + V_e = V_0 \left( \frac{R_{sk}}{R_k} + R_c \sum \frac{1}{R_j} \right) \quad (2)$$

式(2)包括直流、交流项以及高次小量, 将  $V_{sk}$  对  $R_{sk}$  和  $R_j$  作偏微分, 微分式的两个系数为  $\Delta_{kk} = R_{sk}/R_k + R_c/R_k$ ,  $\Delta_{kj} = R_c/R_j$ . 其物理意义是:  $\Delta_{kk}$  是第  $k$  元的光敏电阻  $R_{sk}$  的变化量  $\Delta R_{sk}$  对自身的负反馈, 结果造成信号电压  $V_{sk}$  减小;  $\Delta_{kj}$  是第  $j$  元电阻的变化对第  $k$  元输出信号的干扰. 值得注意的是, 除第  $k$  元外的其它所有的探测元均对第  $k$  元有干扰, 因此干扰量应增加

$(N-1)$ 倍. 这说明电串音随探测元数的增加变大. 要减小  $\Delta_{ik}$  和  $\Delta_{kj}$ , 就要求  $R_{ik} \ll R_k$  或  $R_{ik} \ll R_o$ ;  $R_{kj} \ll R_j$  或  $R_{kj} \ll R_o$ . 由此可见, 控制探测器的电串音有两条途径: 一是减小器件的接地电阻  $R_e$ , 这在探测器设计中考虑; 二是增大限流电阻  $R_b$ , 这需要在整机的偏置线路中处理.

按国军标<sup>[1]</sup>, 多元碲镉汞探测器的电串音应小于  $-26\text{dB}$ . 如以 60 元光导探测器为例, 当偏置电流  $I=3\text{mA}$ , 限流电阻  $R=2\text{k}\Omega$  时, 只要探测器的  $R_e < 1.6\Omega$  就满足要求. 在探测器制备中, 可通过加宽、加厚接地端的扩展引线 and 并联多根杜瓦引线来降低接地电阻. 在接地电阻一定时, 就只能通过增大偏置电阻来减小电串音了.

## 2 实验

用 CdS 探测器进行的原理性实验电路如图 2 所示.  $V_o=12\text{V}$ , 因 CdS 阻抗较高, 配置的电阻取值都较大. CdS 的灵敏度很高, 用调制盘调制室内自然光就可得到较大的输出信号, 调制频率为  $850\text{Hz}$ , 用 124 锁相放大器测量  $V_{s1}$  和  $V_{s2}$ , 测量数据列于表 1.

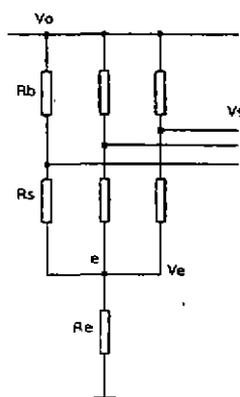


图 1 多元半导探测器电串音的等效电路  
Fig. 1 An equivalent circuit of electrical crosstalk for multi-element photoconductive detectors

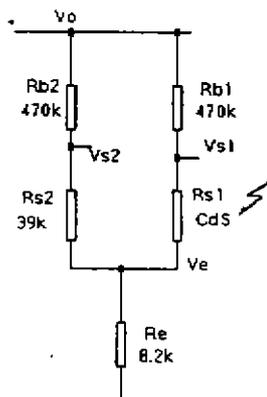


图 2 CdS 探测器原理性实验电路  
Fig. 2 Experimental circuit of CdS detector

表 1 CdS 原理电路串音的实验数据

Table 1 Electrical crosstalk results of the experimental circuit of a CdS detector

$R_b$	$470\text{k}\Omega$	$300\text{k}\Omega$
$V_{s2}$	$21.0\text{mV}$	$22.5\text{mV}$
$V_{s1}$	$0.50\text{mV}$	$0.67\text{mV}$
$R_e$	$8.2\text{k}\Omega$	$8.2\text{k}\Omega$
$V_{s2}/V_{s1}$	$2.4\%$	$3.0\%$
$R_e/R_b$	$1.7\%$	$2.7\%$

我们测量了编号为 C437 的 32 元光导碲镉汞探测器光注入引起的电串音. 先用黑体测试其信号电压, 然后用铝箔盖住图 3 中黑框所围的探测元, 并保证不造成短路. 实验中虽然第 19~33 元已用铝箔盖住, 但实际上第 29~33 元仍有小的光响应. 选取没有被遮住的第 1

探测元用黑体辐射进行光注入,测量被遮光的第 22 探测元的电串音,实验数据列于表 2.

表 2 32 元探测器电串音的实验数据  
Table 2 Electrical crosstalk results of a 32-element detector

$R_b$	1k $\Omega$	1k $\Omega$
$R_c$	$\sim 2\Omega$	50 $\Omega$
$V_{s1}$	$9.4 \times 10^{-5}V$	$7.5 \times 10^{-5}V$
$V_{s2}$	$1.3 \times 10^{-6}V$	$1.5 \times 10^{-6}V$
$V_{s2}/V_{s1}$	1.4%	2%
$\Delta_{s2}$	0.2%	5%

### 3 分析

从表 1 可见,CdS 原理电路的测量结果与计算值符合得相当好,而且随偏置电阻增大,电串音减小,与理论预言一致.如  $R_b$  无限大,则探测元之间便无电串音问题.从  $V_{s1}$  端对地注入一弱的交流电信号测量  $V_{s2}$ ,按电注入模型计算的电串音值是  $R_c/R_b$ ,在本例中约为 20%,该计算值与测量值相差甚大.究其原因,在于电注入不符合实际探测器串音的物理过程,在这里既不能将光敏元等效成电流源,也不能等效成电压源.

实际上,32 元器件第 1 探测元对第 22 元电串音的测量值为 1.4%,当断开第 1 探测元后,再测量第 22 探测元,仍有明显的光响应,分析认为这是杜瓦瓶内杂散光引起的,所以实验中所测得 1.4% 的电串音中有光串音的贡献.为能测出电串音信号,有意在接地引线上串联一个 50 $\Omega$  的电阻,并将 22 元改为第 25 元,测出  $V_{s1} = 7.5 \times 10^{-5}V$  和  $V_{s25} = 1.5 \times 10^{-6}V$ ,因此电串音  $\Delta_{s2} = 2\%$ ,比预计的  $R_c/R_b = 50\Omega/1000\Omega = 5\%$  要小,这是没有预计到的.经分析认为:电串音信号  $V_{s25}$  和  $V_{s1}$  是反相的,因第 25 元同时有弱的光响应,而这一信号和  $V_{s1}$  同相,两者相抵消,所以测得的电串音比预计的小.再断开第 1 元,测量证明第 25 元仍有明显的光响应.

根据理论计算和实验测量,作者有如下看法.

(1) 多元光导探测器电注入和光注入引起电串音的物理过程是不同的,由此导致串音的计算公式、测量方法和实验结果不同.其中最重要的差别是:电注入模型的结论是探测元之间的电串音完全由探测器本身决定;而在光注入模型中,则是由探测器与其偏置电压、偏置电阻共同决定.

(2) 提高探测器的偏置电压和偏置电阻有两个好处:第一,如果偏置电阻  $R_b = 0$ ,则  $R_c = R_{sk}$ ,即负反馈等于 1,信号电压全部抑制,如果  $R_b \gg R_{sk}$ ,则这个负反馈可忽略,即提高了探



图 3 黑线框内为用铝箔盖住探测元  
Fig. 3 The detective elements in the black line frame covered with aluminum film

测元自身抗干扰的能力;第二,在接地电阻一定时,可以通过调整偏置电压和电阻来控制器件的电串音。

(3) 设计和制备良好的多元光导探测器的电串音不难达到国军标的要求,在器件工艺中,主要是降低接地电阻,包括延伸电极的电阻、杜瓦引线电阻、金丝和焊点电阻等,如果金丝和焊点用多根引线联接,其电阻可略去,杜瓦引线电阻大约为  $2\Omega$ ,用 5 根并联可降低至  $0.4\Omega$ ,剩下的是金膜电阻,但只要延伸引线足够宽,那么多元光导探测器完全可以共用一根地线。

#### 4 结语

光注入模型正确反映了多元光导探测器电串音的物理过程,理论计算和实验测量表明:电串音不仅与器件设计和制备工艺有关,而且也与整机电源电压的选取和前置电路的设计有关。就器件而言,应使接地电阻尽量小,在整机设计时,应选择较高的电源电压和较大的限流电阻,以利于减小电串音。

**感谢** 作者对康 蓉、顾伯奇、王开元、朱惜辰、杨文运、张玉堂、陈爱萍等同志在本工作中给予的帮助表示衷心感谢。

#### 参考文献

- 1 中华人民共和国军用标准, GJB2345-95, 制冷型 HgCdTe 红外探测器规范

### ELECTRICAL CROSSTALK OF MULTI-ELEMENT PHOTOCONDUCTIVE HgCdTe DETECTORS

Liang Honglin Cai Yi Yao Ying

(Kunming Institute of Physics, Kunming, Yunnan 650223, China)

**Abstract** An electrical crosstalk model for multi-element photoconductive HgCdTe detectors was discussed. The model shows that the electrical crosstalk value of a detective element in a multi-element detector is  $(N-1)R_c/R_b$ . The experimental results are in agreement with the calculation.

**Key words** HgCdTe, photoconductive detectors, multi-element linear array, electrical crosstalk.