

Hg_{1-x}Cd_xTe 晶体质量与光伏型 探测器特性的关系

杨秀珍 葛友放 黄桂娟 孙秀英 童斐明

(中国科学院上海技术物理研究所)

摘要——定性地研究了晶体的透射比与光伏探测器探测率的关系、晶体的小角晶界对多元列阵器件电学串音的影响以及光敏面位于〈111〉面和〈 $\bar{1}\bar{1}\bar{1}$ 〉面所表现出来的性能差异和晶体中的 Te 沉淀使器件零偏压电阻 R_0 严重降低的现象,实验结果表明晶体的透射比可以作为选择材料的判据之一。

一、引 言

为了制作高质量的红外探测器,材料的选择是非常重要的,对多元列阵器件的制造尤其如此。我们曾对 Hg_{1-x}Cd_xTe 晶体的选择做了不少研究工作,常用的方法包括电学参数测量及 X 光形貌相观察,但至今没有得到可靠的判据,因此有必要研究更多的选择方法。

本工作研究了某些参数与光伏探测器质量之间的关系,具体做法是:首先选取对某一参数具有不同数值的晶片,用尽可能一致的方法制作探测器,测量其性能。由于探测器制作工艺复杂,含有一些未知因素,因而采用统计方法建立探测器的质量(暂时以探测率作为标准)与该参量之间的关系。或者采取相反步骤,从已经做成的探测器中选择某一特性有显著差异的一些探测器,寻找制作这些探测器的材料之间的差别。

二、实 验 结 果

1. 晶体的透射光谱与器件性能的关系

我们知道,从透射光谱的开始透射波长可求得探测器的长波限,长波部分的透射比与晶体的杂质含量有关,如能采用较细的光束,还可以检验晶体的均匀性。因此我们首先寻求透射光谱的长波处的透射比与器件性能之间的关系。

图 1 是经过纯化处理后的三个 N 型晶片的透射光谱。使这三个晶片经热处理变成 P 型,然后扩散成 NP 结做成器件,测量其探测率,结果列于表 1。表 1 表明透射比与探测器的

本文 1986 年 8 月 9 日收到。

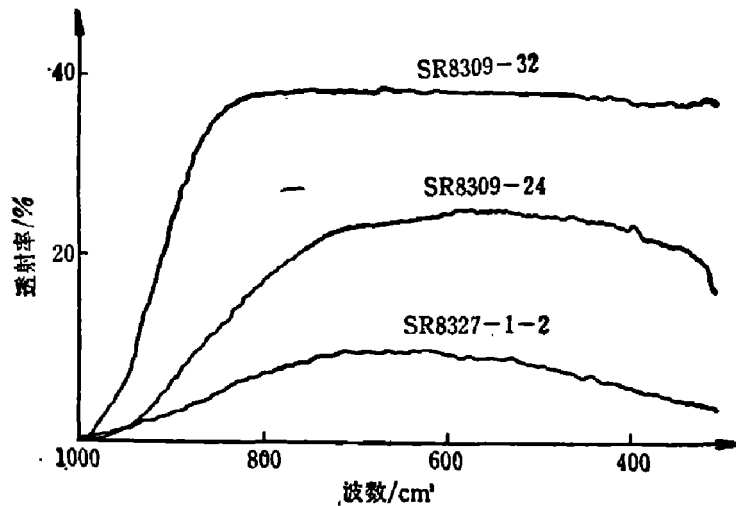


图 1 N 型晶片在 77 K 的透射光谱

Fig. 1 Transmission spectra of N-type wafers at 77 K.

表 1 探测率与晶体的透射特性之间的关系

Table 1 The Relation between the detectivity and the optical transmission of crystals.

晶片编号	透射率	制作器件数	$D^*(500k) > 2 \times 10^8 \text{cmHz}^{1/2}/\text{W}$ 的器件数	占制作器件数的百分比
SR8309-32	38%	31	26	84%
SR8309-24	25%	15	10	67%
SR8327-1-2	10%	20	0	0

探测率有明显的正相关性。用透射比高的晶片才能做出性能好的探测器，但是这一透射光谱是整个晶片的测量结果，即整个晶片的平均性质。为了取得更可信的结果，我们把经过热处理变成 P 型的晶片切成小片制作器件，在器件的性能测量之后，又磨去其 N 型扩散层，经两面抛光至 0.2mm，再测量小块 P 型材料的透射光谱。结果发现：P 型材料的长波透射率与探测率高低正相关更为明显，性能差的探测器，透射率几乎为零。

2. 光敏面扩大及多元探测器的电学串音与晶体质量的关系

$\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$ 光伏探测器的光敏面扩大及多元电学串音是目前器件制作中的严重问题之一^[1,2]，有人研究过 $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$ 红外探测器性能与其材料晶粒间界面角之间的关系，也有人发现材料的小角晶界与多元串音有关系^[3]。我们挑选了几个串音程度不同的多元探测器（列于表 2）进行剖析，这些多元探测器光敏面的大小为 $0.3 \times 0.3 \text{mm}^2$ 或 $0.2 \times 0.2 \text{mm}^2$ 。我们这里串音的定义是：当一交流小信号加在多元探测器的某一光敏元上时，在邻近光敏元上所产生的信号电压。先磨去 N 型扩散层，清洗后用 $\text{HCl}:\text{HNO}_3:\text{H}_2\text{O}=1:2:3$ 溶液腐蚀，随即用酒精冲洗，用大型金相显微镜进行观察并拍照。对应 4 个多元探测器的金相显微镜照片见图 2~5。对照照片可清楚地看出：对于电学串音较小的探测器（如 D7650B-1-12D），相应的晶片基本上未观察到小角晶界（参见图 2）。对于较大电学串音的探测器如（SR8311-17-40 和 D8311-24-1），相应晶片上就有较多晶界线（参见图 3）。D8311-24-1 晶片（参见图 4）上半部晶界线少，下半部晶界线密集，对应这两个部位的器件串音特性很悬殊。晶片 D8127-14-2（参见图 5）几乎布满了小角晶界线，对应器件的电学串音极大。因此可作出结

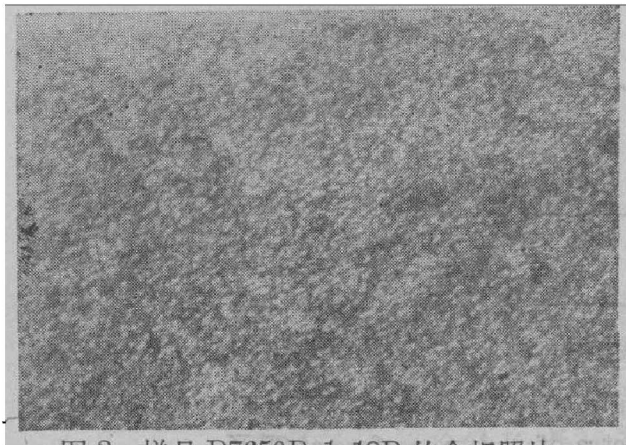


图2 样品 D7650B-1-12D 的金相照片
Fig. 2 Metallograph of the sample
No. D7650B-1-12D.



图3 样品 SR8311-17-4C 的金相照片
Fig. 3 Metallograph of the sample
No. SR8311-11-4C.

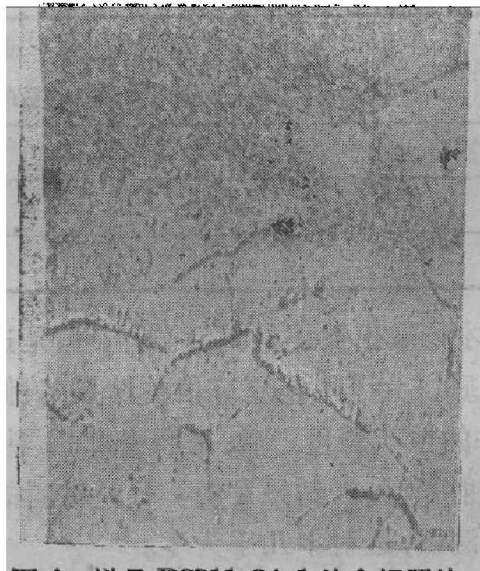


图4 样品 D8311-24-1 的金相照片
Fig. 4 Metallograph of the sample
No. D8311-24-1.



图5 样品 D8127-14-2 所摄的金相照片
Fig. 5 Metallograph of the sample
No. D8127-14-2.

表2 多元探测器的电学串音

Table 2 Crosstalk in multielement detectors.

器 件 编 号	元 数	间距(μm)	测得的电学串音
D7650B-1-12D	8	50	<5%
SR8327-2-2A	12	200	<4%
SR8311-17-4C	12	200	<10%
D8311-24-1	12	200	上半部 7%, 下半部 30%
D8127-14-2	20	200	35%
D8127-3	4	100	50%

论：原材料的小角晶界线愈多，多元探测器的串音也愈大。

3. 晶体的(1 1 1)面和($\bar{1} \bar{1} \bar{1}$)面对探测器性能的影响

将已知晶体方向的晶片分割成若干小块，制作探测器。一部分器件的NP结做在(1 1 1)面上，另一部分做在($\bar{1} \bar{1} \bar{1}$)面上。其它的工艺过程完全相同，两次实验的统计见表3。

表3 光敏面在(1 1 1)面与($\bar{1} \bar{1} \bar{1}$)面的探测器性能差异

Table 3 Difference of performance of the detectors with active areas located at planes (1 1 1) and ($\bar{1} \bar{1} \bar{1}$) respectively.

序 号	(1 1 1)			($\bar{1} \bar{1} \bar{1}$)		
	器件数	$D_{\lambda p}^* > 10^9 \text{cmHz}^{\frac{1}{2}}$ /W 的器件数	$D_{\lambda p}^* > 10^{10} \text{cmHz}^{\frac{1}{2}}$ /W 的器件数	器件数	$D_{\lambda p}^* > 10^9 \text{cmHz}^{\frac{1}{2}}$ /W 的器件数	$D_{\lambda p}^* > 10^{10} \text{cmHz}^{\frac{1}{2}}$ /W 的器件数
GA85-T ₆₂	9	5	1	9	0	0
GA85-T ₃	43	31	4	35	3	0

表3的结果明确地表明：NP结应当做在(1 1 1)面上，但这一情况也可能由其它原因引起，值得作进一步的研究。对InSb探测器也做过类似工作，(1 1 1)面和($\bar{1} \bar{1} \bar{1}$)面的V-I曲线差别很小。

我们曾研究过HgCdTe晶片中Te沉淀对PN结零偏压电阻 R_0 的影响，发现Te沉淀的存在会使 R_0 严重降低，把这一因素考虑在内，我们认为选择HgCdTe材料的适当的方法是：(1)晶体在热处理之前作一次金相检查，选取没有Te沉淀及没有小角晶界的单晶片，最好取其(1 1 1)面；(2)对N型晶体作透射光谱、霍尔系数及电导率测量，选择电学参数合适而且长波透射比高的晶片制作探测器。此外，对透射光谱的测量也值得作进一步定量的研究，有可能发展成一种很有效的选择材料的方法。

致谢——本工作曾得到季美华、赵惠荣同志的帮助，并与沈杰、诸君浩同志进行过有益的讨论，王戎兴同志曾参加过部分工作，在此一并致谢。

参 考 文 献

- [1] 童斐明、杨秀珍，红外研究，3(1984)，4:365.
- [2] 杨秀珍、黄桂娟、童斐明，全国红外应用技术交流会，广州，1985.
- [3] Baker I. M. et al., IEE, 12(1983), 228.

RELATION BETWEEN PERFORMANCES OF PV DETECTORS AND CRYSTAL QUALITY OF HgCdTe

YANG XIUZHEN, GE YOUFANG, HUANG GUIJUAN, SUN XIUYING, TONG FEIMING
(*Shanghai Institute of Technical Physics, Academia Sinica*)

ABSTRACT

The relation between the optical transmission of crystal and the detectivity of detectors, and the effect of subgrain boundaries on the electrical crosstalk of multi-element detector are qualitatively investigated. The difference of performance of the detectors with active areas located at planes (1 1 1) or ($\bar{1}$ $\bar{1}$ $\bar{1}$), and the severe decrease of $R_0 A$ product due to Te precipitates are observed. Experimental results show that the optical transmission data can be used as one of the selection criteria for materials.