

Hg_{0.8}Cd_{0.2}Te 光伏探测器光敏面 均匀性的研究*

赵 远 戴永江 于海鹏 皮名嘉
(哈尔滨工业大学应用物理系, 哈尔滨 150006)

提 要

本文用电子束感生电流像方法对 Hg_{0.8}Cd_{0.2}Te 光伏探测器量子效率在光敏面上的分布进行了测量, 表明量子效率分布是不均匀的, 在光敏面的边缘呈下降趋势, 与用激光外差接收方法获得的实验结果一致。对产生量子效率下降的原因进行了初步探讨。

关键词: Hg_{0.8}Cd_{0.2}Te 探测器, 量子效率。

一、引 言

离子注入型 Hg_{0.8}Cd_{0.2}Te 光伏探测器是 CO₂ 相干激光雷达中的重要元件。量子效率在光敏面的分布函数, 即表示光敏面的均匀性程度, 它直接关系到下列问题的确定:

(1) 探测器光敏面的不均匀性, 将导致 CO₂ 相干激光探测系统灵敏度的下降;

(2) 对焦平面列阵探测器的各响应元均匀性进行研究, 可以对相干激光成像系统的像质畸变进行补偿;

(3) 通过对量子效率分布函数的测量、计算和分析, 可以对这种探测器进行质量分析。如对 Hg 离子注入情况进行分析, 以便在工艺上采取改进措施。

由于 Hg_{0.8}Cd_{0.2}Te 光伏探测器光敏面面积一般小于 0.4×0.4 mm², 所以量子效率分布函数的研究是一项十分困难的工作。本文介绍了这方面的研究工作。

二、用外差接收方法测量 $\eta(x)$ 的分布

由相干探测理论^[1], 输出的信号强度经过化简为^[2]

$$I_p(x', y') = k \iint \eta(x, y) \exp\left[-\frac{(x-x')^2 + (y-y')^2}{\omega_0^2}\right] dx dy, \quad (1)$$

式中 ω_0 为信号光束的束腰半径; (x', y') 为探测器光敏面上光斑中心的坐标; k 为比例系数。考虑一维情况, 则

$$I_p(x') = k \int_L \eta(x) \exp\left[-\frac{(x-x')^2}{\omega_0^2}\right] dx = \int_L K(x, x') \eta(x) dx. \quad (2)$$

收稿日期: 1990年11月1日, 收到修改稿日期: 1991年3月11日

* 本工作得到国家自然科学基金的资助。

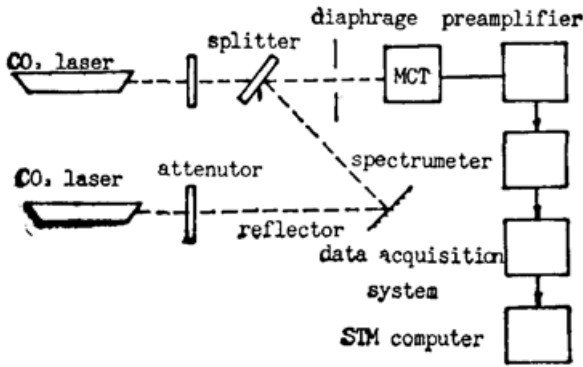


Fig. 1 Scheme of experimental system

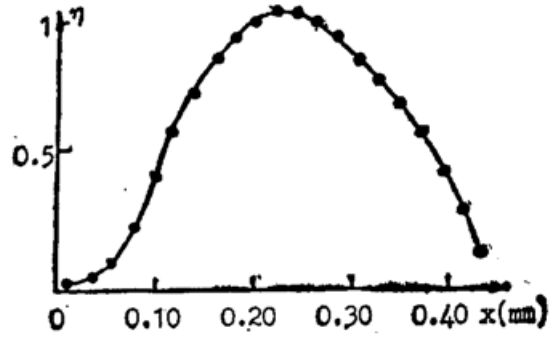


Fig. 2 $\eta(x)$ distribution curve obtained by heterodyne

外差接收法测量系统如图 1 所示。通过实验测得 $I_p(x')$ ，对 $K(x, x')$ 进行处理后，由 (2) 式可求出 $\eta(x)$ 在光敏面的归一化分布函数。图 2 是经过计算后得到的归一化 $\eta(x)$ 分布曲线^[3]。从图 2 中可看出 $\eta(x)$ 分布是不均匀的，在光敏面的边缘呈明显下降趋势。

三、电子束感生电流像的测试

如图 3 所示的 $\text{Hg}_{0.8}\text{Cd}_{0.2}\text{Te}$ 单元探测器光敏面面积只有 $0.6 \times 0.4 \text{ mm}^2$ ，纵向还有一个 0.25 mm 的电极焊点，用外差探测方法测量 $\eta(x)$ 分布是十分困难的。金属杜瓦瓶的窗口接收筒壁和电极的反射、散射光，这时光敏面边缘的信号光有一定的干扰，从而产生测量误差。为了证实外差探测结果，作了电子束感生电流像测试。电子束感生电流像工作原理如图 4 所示^[4]。电子束束斑尺寸远小于光斑尺寸，可以消除外差法测量可能引起的误差。

由于所选择的样品反向特性较差，束感生电流讯号比较弱，定点测量是没有问题，要扫描成像就很困难，所以只进行定点测量。样品的结构尺寸如图 3 所示。按图中箭头所示的 x 轴和 y 轴方向分别作了束感生电流的线分布的逐点测量。测量条件：加速电压为 25 kV ，束流为 $1 \times 10^{-7} \text{ A}$ ，束斑为 $10 \mu\text{m}$ ，热沉温度为 80 K 。

图 5 给出了沿 x 方向和 y 方向定点测量的束感生电流值的归一化曲线。其中 y 方向有一个电极焊点，所以 y 方向的测量是从光敏面中心附近开始的。结果表明： $\text{Hg}_{0.8}\text{Cd}_{0.2}\text{Te}$ 探

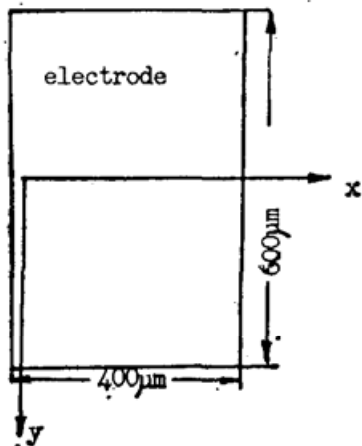


Fig. 3 The shape of the photosensitive surface of HgCdTe detector

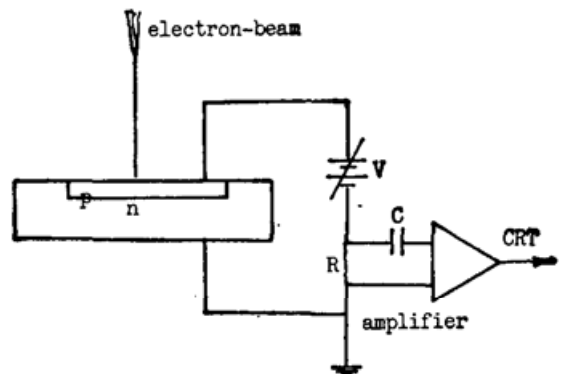
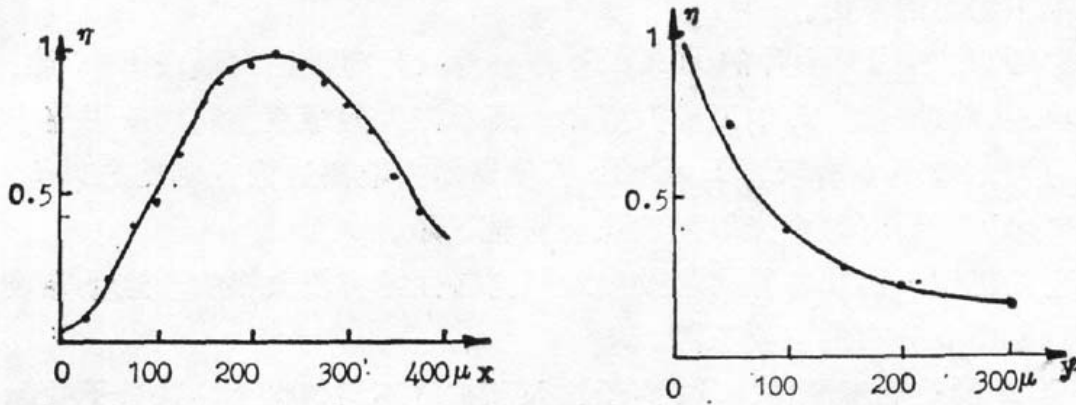


Fig. 4 The principle drawing of EBIC

Fig. 5 (x, y) distribution curve obtained by EBIC

测器光敏面上各点的束感生电流是不均匀分布的。即无论是 x 方向, 还是 y 方向, 其量子效率分布都是不均匀的, 在光敏面的边缘呈明显的下降趋势。利用电子束感生电流像的测量结果和对同一样品利用激光外差接收的测量结果是一致的。

四、产生 $\eta(x, y)$ 边缘效应的原因

离子注入型 HgCdTe 光伏探测器量子效率为^[5]:

$$\eta = \frac{\alpha L_e}{\alpha^2 L_e^2 - 1} \left[\alpha L_e - \frac{\sinh(\alpha/L_e) - \alpha L_e \exp(-\alpha d)}{\cosh(\alpha/L_e)} \right], \quad (3)$$

式中 L_e 为扩散长度; α 为吸收系数, 给定波长下是常数; d 为结深。一般情况下 HgCdTe 探测器的扩散长度 L_e 很大。为消除光在 HgCdTe 体内衰减, 结深 d 设计得都很浅, 所以 $d \ll L_e$, 则量子效率的表达式可简化为

$$\eta \approx 1 - \exp(-\alpha d). \quad (4)$$

对于一定的入射波长, 由于注入深度 d 很小, 通常能满足 $\alpha d \ll 1$, 所以 $\eta(x, y)$ 和结深 d 近于成正比。由(4)式可以看出, 要得到量子效率分布函数, 需要知道整个光敏面上结深 d 的分布情况。对只有 $0.6 \times 0.4 \text{ mm}^2$ 的光敏面, 得到定量的结深分布很困难。对样品作了高分辨率的扫描电镜成像的定性分析。图 6 为实验照片。一幅为样品外貌。另一幅为光敏面边缘的外貌。

结果表明: 除边缘区外光敏面表面是比较平整的。少数的斑点是测量时硬物碰撞造成的或者是沾污上的脏物。由此可以说明, 光敏面表面损伤影响是比较小且是比较均匀的, 不

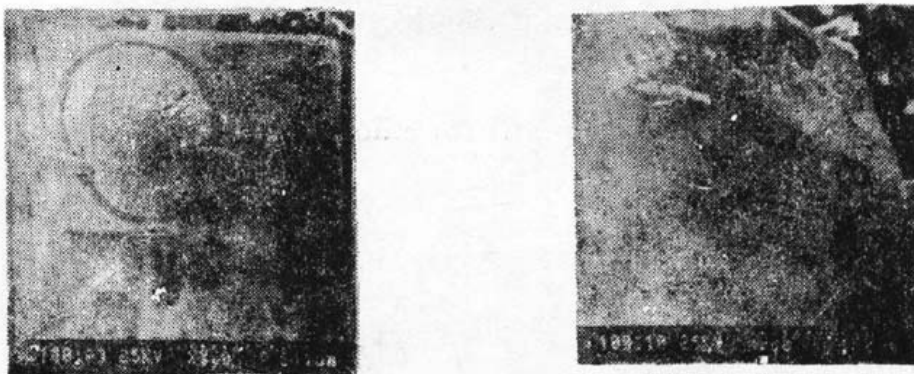


Fig. 6 Experimental picture of SEM

是导致量子效率不均匀的原因。

从工艺条件可知,首先对大片的 HgCdTe 单晶片进行离子注入形成 P-N 结,切成 $0.6 \times 0.4 \text{ mm}^2$ 小块,然后进行圆角,加工成探测器。离子注入的特点是相对于平整表面注入形成的结深比较均匀。如图 6 所示。HgCdTe 探测器的光敏面边缘有明显的圆角,这导致了结深变小。由(4)式得出, $\eta(x)$ 在光敏面边缘会明显下降。

圆角工艺引入机械损伤和各种边缘效应对探测器性能有较大影响。这是导致量子效率在光敏面上出现如图 5 分布的主要原因。

组分比 $x=0.2$ 的控制不严格, Hg 离子注入和扩散不均匀也会导致量子效率分布函数不均匀。

表面未经钝化,经过一段时间的存放和使用后,也会影响量子效率分布函数不均匀。

参 考 文 献

- [1] M. C. Teich; *Appl. Phys.*, 1966, **9**, No. 10(Oct), 357~360.
- [2] Dai Yongjiang, Li Ming; *Proc, SPIE*, 1990, Vol. 1230, 52~53.
- [3] 戴永江;《光学学报》,1989, **9**, No. 10(Oct), 932~937.
- [4] 中科院半导体所;《半导体的检测与分析》,(科学出版社,北京,1984), 269~281.
- [5] R. K. Willardson; *Semiconductor and semimetals*, 1981, Vol. 18, 227~232.

Study on homogeneity of photosensitive surface of $\text{Hg}_{0.8}\text{Cd}_{0.2}\text{Te}$ photovoltaic detector*

ZHAO YUAN, DAI YONGJIANG, YU HAIPENG AND PI MINGJIA

(Department of Applied Physics, Harbin Institute of Technology, Harbin 150006)

(Received 1 November 1990; revised 11 March 1991)

Abstract

In this paper, the quantum efficiency distribution of $\text{Hg}_{0.8}\text{Cd}_{0.2}\text{Te}$ photovoltaic detector on photosensitive surface is studied by using the technique of Electronic Beam Induce Current (EBIC). The distribution is not even. It tends to drop at the edges of photosensitive surface. This result is the same as that of using laser heterodyne detection, and the reasons of the drop are discussed preliminary.

Key words: $\text{Hg}_{0.8}\text{Cd}_{0.2}\text{Te}$ detector, quantum efficiency.

* Financed by NSFC.