

非接触式半导体少子寿命测试方法 ——微波反射法

王正秋 龚海梅 李言谨 周宝庆 方家熊
(中国科学院上海技术物理研究所, 上海, 200083)

A **摘要** 介绍了一种非接触式用于测量少子寿命的微波反射法(MR), 并与通常的光电导衰退法(PCD)进行了比较.

关键词 少子寿命, 微波反射法, 非接触式, HgCdTe.

未编号

TN303
TN304.26

引言

非平衡少子体寿命 τ 是表征光电导器件性能的重要参数, 通常采用 PCD 法测量, 这种方法较简单, 但需要在晶片两端加引电极, 这就可能给材料带来损伤. 本文介绍采用微波反射技术非接触式测量少子寿命的方法, 不需加引电极, 可避免测试时损伤样品.

15

原理

用一脉冲光(能量大于半导体禁带宽度)照射半导体, 在半导体中会产生非平衡载流子变化. 测试非平衡载流子寿命的方法有多种, 图 1 是用直流光电衰退(PCD)法测量寿命简图, 在示波器上直接观察非平衡载流子随时间衰减的规律, 由指数衰减曲线确定寿命 τ ^[1].

图 2 是微波反射(MR)法测试少子寿命框图. 当一脉冲与一高频电磁波(微波)同时照射到半导体样品上时, 由于光脉冲产生的光电导瞬态变化引起的微波反射功率变化 ΔP 在一级近似(小注入)下为^[2]

$$\Delta P = A\Delta\sigma, \tag{1}$$

式中 P 为反射功率, σ 为电导率, $\Delta\sigma$ 为光注入后电导率的增加. 测出微波反射功率 ΔP , 即可知道 $\Delta\sigma$ 的变化, 从而获得少子寿命.

2 实验及结果

微波反射法实验框图见图 2. 由半导体激光器获得 $0.83\mu\text{m}$ 光脉冲, 功率约 10mW , 照射到样品上. 同时耿氏振荡源辐射 8mm 波长功率约为数 10mW 的毫米波, 经过隔离器、衰减器和环形器, 从喇叭天线辐射, 到达样品上光照的同一位置, 此时产生的微波反射功率, 经喇

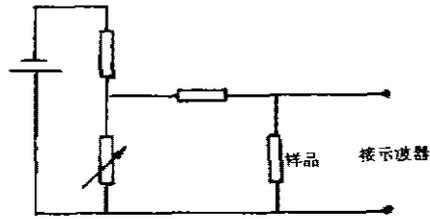


图 1 光电导衰退(PCD)法测少数子寿命实验框图

Fig. 1 Layout of set-up for measuring minority carrier lifetime by photoconduction decay (PCD) method

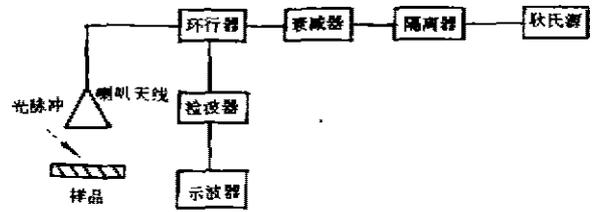


图 2 微波反射法(MR 法)测少数子寿命实验框图

Fig. 2 Block diagram of minority carrier lifetime measurement system by microwave reflectance (MR) method

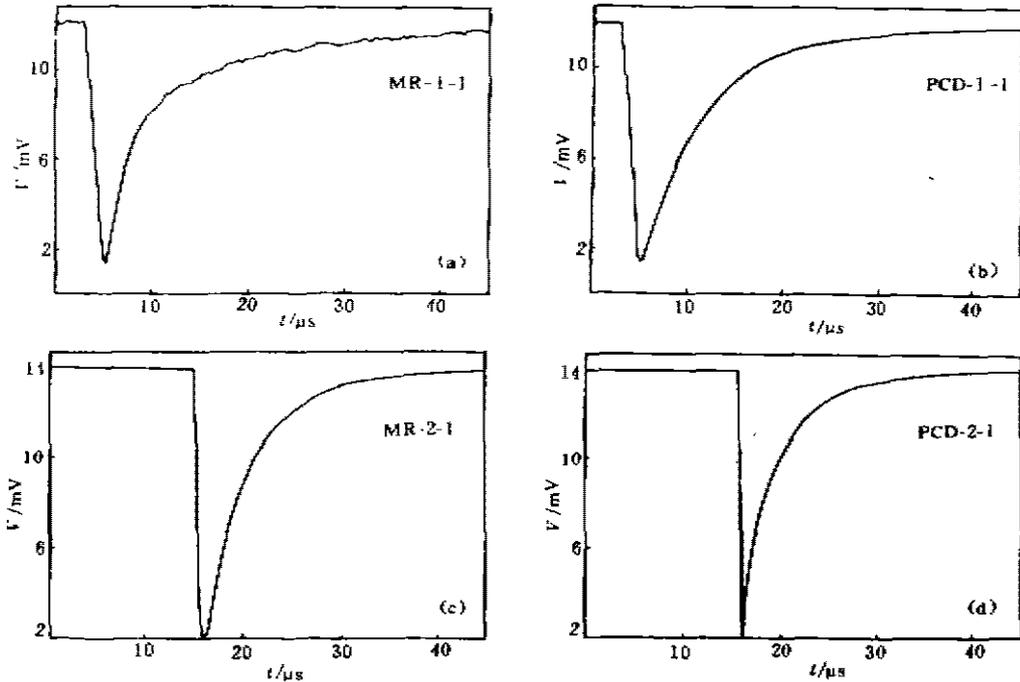


图 3 MR 法与 PCD 法测试 HgCdTe 少数子寿命

Fig. 3 Minority carrier lifetime measurement for HgCdTe by MR method and PCD method

喇叭天线接收,经环行器到达检波器,检出信号送到示波器,则可得到反射功率的瞬态变化曲线,从而获得光电导衰退信息和少数子寿命。

为了同时在同等实验条件下获取 PCD 法和 MR 法测试少数子寿命的信息,样品两端加引电极,在用 PCD 法测试时则采用图 1 的装置,微波源不工作,在用 MR 法时则把样品两端偏置电源断开,采用图 2 的实验装置。这样就可以获取样品同一位置的两种不同方法测试的少数子寿命。对两个 HgCdTe 样品,用两种方法,在样品的不同部位进行了测试,实验结果如图

3、4 和 5. 样品 1[#] 和 2[#] 的参数分别为: $x=0.4, n=2.3 \times 10^{15}$ (300K^o), $n=1.38 \times 10^{14}$ (77K^o); $x=0.4, n=1.78 \times 10^{15}$ (300K^o), $n=6.4 \times 10^{13}$ (77K^o). 使用的示波器是 TDS520 示波器.

3 结果和讨论

我们用 MR 法和 PCD 法测量少子寿命的实验结果基本上一致, 见图 3.

用 MR 法对同一个样品不同位置测量出的少子寿命不同, 这反映出样品不同位置时材料性能不同, 见图 4.

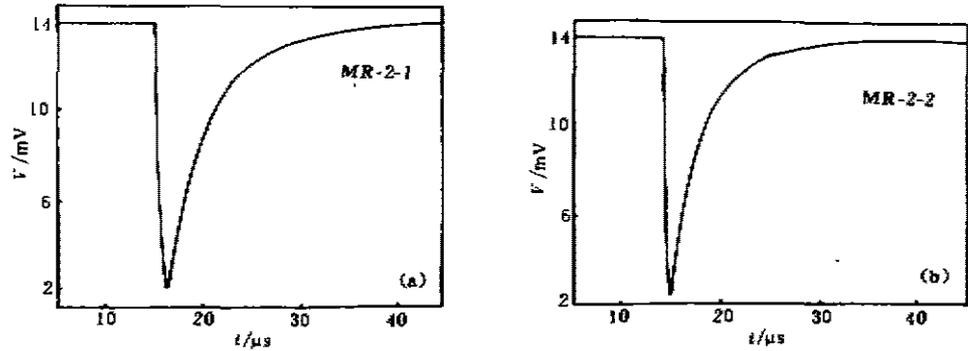


图 4 MR 法测试同一样品不同位置的少子寿命
Fig. 4 The minority carrier lifetime on different areas of the same sample by MR method

用 MR 法测出的少子寿命与 PCD 法测出的少子寿命有差别, MR 法测出的寿命一般都比 PCD 结果长, 对同一样品不同位置用 MR 法和 PCD 法测量的结果差别也不同. 见图 5.

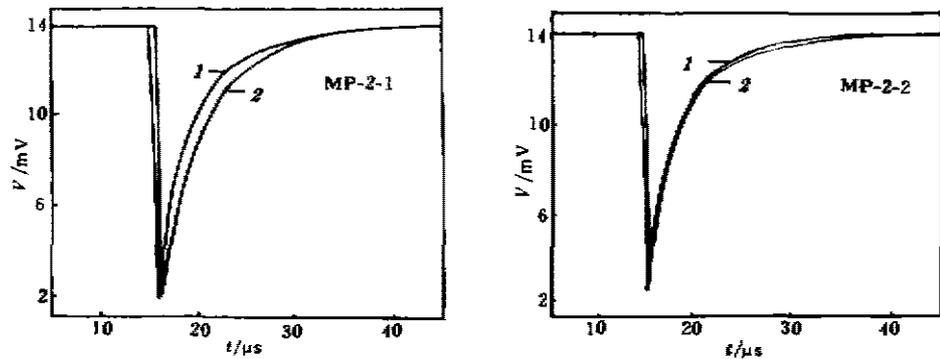


图 5 MR 法与 PCD 法测试少子寿命的比较(曲线 1 为 PCD 法, 曲线 2 为 MR 法)
Fig. 5 Comparison of minority carrier lifetime by MR method (curve 1) and PCD method (curve 2)

用 PCD 法按图 6 所示测试时,必须在样品两端(如 A、B 处)加引电极,加上偏置电压才能得到光电导衰退的信息.假若脉冲光照射到图中 C 区域,用 PCD 法得到的光电导衰退信息实际上除了主要的 C 区域结果,还包含了整个 A 到 B 路程中的其它区域(D、E 等),甚至还有晶片界面的影响.

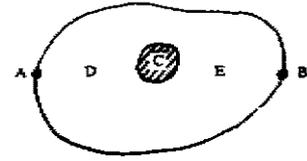


图 6 被测样品

Fig. 6 The sample to be measured

而用 MR 法测试时,光照到 C 区域时,微波反射功率瞬态变化中,主要就是 C 区域光电导衰退的信息,从结果可看出 MR 法测出的少数寿命一般都比 PCD 法要长一些.由于样品不规则,偏场在样品各区也可能存在不同程度的影响,因而影响光电导衰退信息,而 MR 法则不存在这种影响.

参考文献

- 1 龚海梅, 碲镉汞表面与界面的研究, 科院上海技术物理所博士论文, 1993
- 2 Chen M C, *J. Appl. Phys.*, 1988, **64**(2):945~947

STUDY OF MINORITY CARRIER LIFETIME IN SEMICONDUCTORS BY CONTACTLESS MEASUREMENT METHOD: MICROWAVE REFLECTANCE TECHNIQUE

Wang Zhengqiu Gong Haimei Li Yanjin Zhou Baoqing Fang Jiaxiong
(Shanghai Institute of Technical Physics, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200083, China)

Abstract A contactless method of microwave reflectance (MR) measurement for the minority carrier lifetime in semiconductors was introduced and compared with the photoconduction decay (PCD) measurement method.

Key words minority carrier lifetime, microwave reflectance method, contactless, HgCdTe.