

Pt/InP 肖特基二极管气敏特性的研究

田 敬 民

(西安理工大学 微电子技术教研室 西安 710048)

摘要 本文研究了 Pt/n-InP 肖特基二极管在氢、氧气氛下的 $I-V$ 、 $C-V$ 以及复阻抗谱特性. 测试结果表明: 在氢气氛下势垒高度降低, 在氧气氛下势垒高度增加, 对二者均有良好的敏感特性.

PACC: 7330, 7340N EEACC: 7230

1 前言

在金属-半导体接触中, 肖特基势垒高度决定于金属与半导体功函数差. 但是, 对 III-V 族化合物半导体, 以往认为较高的表面态密度引起的费米能级钉扎效应, 使肖特基势垒高度与功函数无关. 然而, 有实验结果表明^[1], 在清洁的(100)晶向的 GaAs 表面制作的金属-半导体接触面上没有发生费米能级钉扎效应. 同时, 有文献报道, 利用贵金属, 如 Pt、Pd 等与 GaAs 制成的肖特基二极管在 H_2 、 NH_3 等气氛下正向电流或电容的变化作为检测气体的依据^[2,3], 但对 InP 材料有关研究报道甚少.

本文用 LEC 工艺制备的 InP 单晶材料做成 Pt/n-InP 肖特基二极管, 研究了在氢和氧气氛下 $I-V$ 特性的变化以及对应的 $C-V$ 特性和复抗谱. 结果表明, Pt/n-InP 肖特基势垒高度在氢气氛下降低, 在氧气氛下升高; 讨论了气敏特性的物理-化学机制.

2 实验

用掺杂浓度为 10^{16}cm^{-3} 、(100)晶向的 LEC-n-InP 单晶作衬底, 首先在背面热蒸发金-锗共熔合金形成欧姆接触, 然后在 $1.33 \times 10^{-5} \text{Pa}$ 的高真空下用电子束蒸发制备肖特基接触: 第一次蒸发面积为 $2 \times 1 \text{mm}^2$, 厚度为 $15 \sim 20 \text{nm}$ 的长方形铂层作为气敏膜. 第二次在前次图形的一半, 即 $1 \times 1 \text{mm}^2$ 面积上蒸发 200nm Pt 层作为电接触. 最后将 InP 晶片用银浆装配在氧化铝片上. 为了得到良好的欧姆接触和肖特基接触, 蒸发前晶片要在 3mol 的 HCl 溶液中腐蚀 2 分钟, 保证去除自然氧化层.

器件特性测试是在一可控制气体成份比例与压力的系统中进行的, 温度用铬-铝热电偶

测试.分别测试了在氮气和氮气中混入一定浓度的氢气和氧气的气氛下的 $I-V$ 、 $C-V$ 及复阻抗谱特性;气体压力约为 $1.3\sim 1.5\times 10^5\text{Pa}$,流过测试器件的气体流量 $10\text{cm}^3/\text{min}$ 即动态气体测量. $C-V$ 特性和复阻抗谱是用 4192A(5~13MHz)复阻抗仪测试的.

3 结果与讨论

在温度 $t=150^\circ\text{C}$, H_2 和 O_2 在氮气中浓度为 2×10^{-3} 条件下测得的 $I-V$ 特性如图 1 所示.为比较起见,同时测试了氮气中的 $I-V$ 特性.由图 1 可见,在给定电压下,Pt/n-InP 肖特基二极管在 H_2 气氛中电流增加;在 O_2 气氛下电流减小.图 1 只给出了一个气体浓度时的结果,实验中发现随 H_2 和 O_2 在氮气中浓度增加,对应电流的变化量亦随之增加,这一结果证明在两种气氛下肖特基势垒高度发生了相反的变化.根据热电子发射理论,由实验数据计算了肖特基势垒高度的变化量,由图 1 可知在 0.1V 偏压,在 H_2 气氛下电流从 $5.5\times 10^{-6}\text{A}$ 增加到 $2.3\times 10^{-4}\text{A}$,势垒高度降低量 $q\Delta\phi_{\text{ns}}$ 约为 0.16eV ;在 O_2 气氛中电流从 $5.5\times 10^{-6}\text{A}$ 减少为 $1.8\times 10^{-7}\text{A}$,势垒升高约 0.05eV .图 1 所示 $I-V$ 特性偏离理想热电子发射模型是由于串联电阻引起的.

为了检测肖特基势垒高度的变化,在相同的温度和气体浓度下,测试了 $1/C^2\sim V$ 关系曲线.测试频率为 1MHz ,加 -1V 反偏压.测试结果如图 2 所示.由图 2 中 $1/C^2\sim V$ 直线截距的变化可知,肖特基势垒高度在 H_2 和 O_2 气氛中均发生了变化,在 H_2 中势垒降低约 0.18eV ;在 O_2 中势垒升高约 0.06eV ,结果与 $I-V$ 特性的分析是一致的.

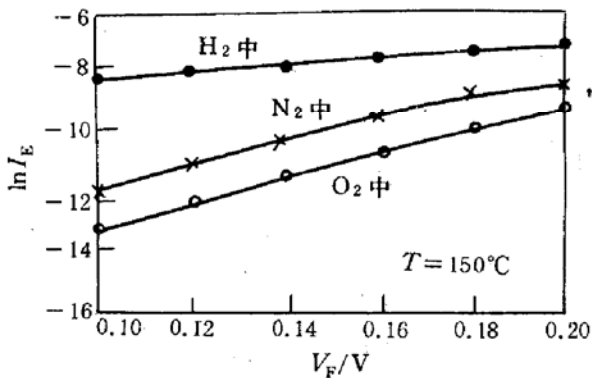


图 1 Pt/InP 肖特基二极管正向 $I-V$ 特性
 H_2 和 O_2 浓度均为 2×10^{-3}

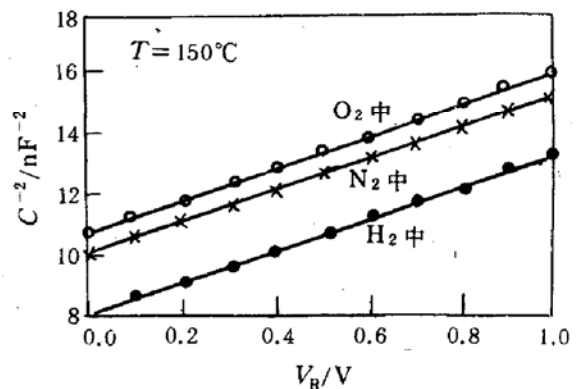


图 2 Pt/InP 肖特基二极管在不同气氛下的 $1/C^2\sim V$ 特性

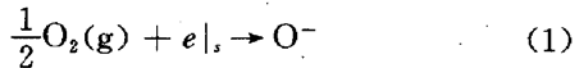
在不同气体浓度与固定温度条件下测试了样品的复阻抗谱,当 H_2 浓度增加时,阻抗谱收缩,即阻抗减少,而当 O_2 浓度增加时,阻抗谱向外扩张,即阻抗增加.这种变化趋势与 $I-V$ 特性揭示的物理过程是一致的,更进一步地验证了 H_2 和 O_2 在 Pt/n-InP 界面发生了不同的物理-化学反应过程.

图 3 绘出了在固定气体浓度,改变温度测得的 Pt/n-InP 肖特基二极管的响应曲线,测量时加 0.16V 的偏压.用时间常数 τ 表征响应特性, τ 定义为:电流由零上升到稳定值的 $1/e$ 所需要的时间.由图 3 所示结果可以看出,在气体浓度固定条件下,时间常数 τ 均随温度增加而减小,而且在同一温度下对 H_2 的时间常数小于对 O_2 的时间常数.

因为在 Pt/n-InP 界面发生的气体吸收实质上是气体分子与界面吸附态相互作用的过程;温度升高,气体分子与吸附态碰撞频率增加,加快了反应过程,使时间常数减小.对 H_2 和 O_2 的不同时间常数说明二者在界面发生了不同的物理-化学过程.

首先,氢分子被吸附在作为催化剂的 Pt 层外表面,在 Pt 的作用下分解为 H 原子,然后,氢原子扩散穿过 Pt 层,吸附在 Pt/n-InP 界面上,形成一偶极层,使金属和半导体功函数差发生变化,肖特基势垒降低,导电能力增强^[5].

O_2 分子在向 Pt/n-InP 界面扩散过程中,由于 Pt 对氧的催化分解作用先分解成氧原子,这些氧原子到达 Pt/n-InP 界面并由 InP 导带吸收电子变成氧离子,即



这些氧离子形成界面受主能级和界面势垒,同时在 InP 表面感应出空间电荷层,使肖特基势垒升高,导电能力减小^[6].

4 结论

测试 Pt/n-InP 肖特基势垒二极管在含氢、氧的氮气中的 $I-V$ 、 $C-V$ 和复阻抗谱特性的结果表明;由于肖特基势垒高度变化,对氢气和氧气均有良好的敏感特性.其响应过程的不同时间常数说明在 Pt/n-InP 界面氢、氧气氛下发生了不同的物理-化学过程.

致谢 作者感谢法国梅兹大学固体电子学实验室为本工作提供的条件和支持.

参 考 文 献

- [1] L. Brielson *et al.*, J. Vac. Sci. Technol., 1988, **B6**:1263.
- [2] P. Ruths *et al.*, IEEE Trans, Electron Device, 1981, **ED-28**:1003.
- [3] L. M. Lechuga *et al.*, J. Electrochem. Soc., 1991, **138**(1): 159.
- [4] H. Katsuta *et al.*, J. Phys. Chem. Solids, 1979, **40**:697.
- [5] I. Lundstrom, Sensors and Actuators, 1981, **1**:403.
- [6] J. Foulelier *et al.*, J. Electrochem. Soc., 1976, **123**(2): 204.

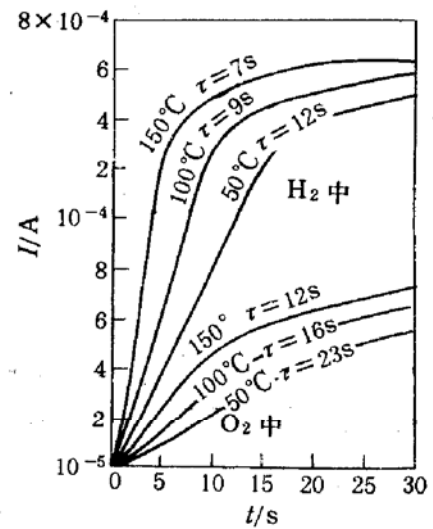


图 3 Pt/InP 肖特基二极管
时间响应曲线
 H_2 和 O_2 浓度均为 2×10^{-3}

Study on Gas Sensitivity of Pt/InP Schottky Barrier Diode

Tian Jingmin

(Xi'an University of Technology Xi'an 710048)

Received 2 March 1995, revised manuscript received 2 July 1995

Abstract Gas sensitivity of Pt/InP Schottky barrier diode is researched by current-voltage, capacitance-voltage and complex impedance under different gas phase compositions. The results show that the barrier height decreases when the device is exposed to a hydrogen-containing nitrogen, and the barrier height increases to a oxygen-containing nitrogen. Pt/InP Schottky barrier diode has good sensitivity to hydrogen and oxygen.

PACC: 7330, 7340N; **EEACC:** 7230