

中华人民共和国国家标准

硅外延层载流子浓度测定 汞探针电容-电压法

GB/T 14146—93

Silicon epitaxial layers—Determination of carrier concentration—
Mercury probe
Voltage-capacitance method

1 主题内容与适用范围

本标准规定了硅外延层载流子浓度汞探针电容-电压测量方法。

本标准适用于同质的硅外延层载流子浓度测量。测量范围为 $10^{13} \sim 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 。

2 方法原理

汞探针与硅外延片表面接触,形成一个肖特基势垒。在汞探针与硅外延片之间加一反向偏压,结的势垒宽度向外延层中扩展。结的势垒电容(C)及其随电压(V)的变化率(dc/dv)与势垒扩展宽度(x)和其相应的载流子浓度[$N(x)$]有如下关系:

$$N(x) = \frac{C^3}{e\epsilon_0\epsilon A^2} \cdot \frac{1}{\left(-\frac{dc}{dv}\right)} \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$x = \epsilon \cdot \epsilon_0 \cdot A/C \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中: x —— 势垒扩展宽度, μm ;

$N(x)$ —— 载流子浓度, cm^{-3} ;

e —— 电子电荷, $1.602 \times 10^{-19}, \text{C}$;

ϵ —— 硅的相对介电常数,其值为 11.75;

ϵ_0 —— 真空介电常数,其值为 $8.859 \times 10^{-14}, \text{F/cm}$;

A —— 汞-硅接触面积, cm^2 。

只要测得 C 、 dc/dv 和 A , 便可由式(1)和式(2)计算得到势垒扩展宽度 x 处的 $N(x)$ 。

3 试剂与材料

3.1 氢氟酸($\rho 1.15 \text{ g/mL}$), 化学纯。

3.2 硝酸($\rho 1.45 \text{ g/mL}$), 化学纯。

3.3 去离子水, 电阻率大于 $2 \text{ M}\Omega \cdot \text{cm}$ (25°C)。

3.4 汞, 纯度大于 99.99%。

3.5 氮气, 纯度大于 99.5%。

4 测量仪器

- 4.1 电容仪或电容电桥:量程为 1~1 000 pF,其精度不低于 1.0 级,测量频率为 0.1~1 MHz,直流电压为 ±200 V,高频交流电压不大于 250 mV。
- 4.2 数字电压表:其精度不低于 0.5 级,输入阻抗大于 1 MΩ。
- 4.3 直流电源:输出电压为 0~200 V,连续可调,电压波动不大于 1%。
- 4.4 直流电流表:量程为 0~20 μA。
- 4.5 标准电容 A 和 B: A 和 B 电容量分别为 10 pF 和 100 pF,在测量频率下其精度不低于 0.25%。
- 4.6 双筒显微镜:带有测微标尺,长 1 mm,最小分度值为 0.01 mm。
- 4.7 试样台:能前后、左右移动。
- 4.8 也可选用自动测量仪器。该仪器除满足 4.1~4.4 条各项要求外,还应当符合:
- 低频交流电压的频率要小于测量电容所用的高频交流电压的频率 1%;
 - 测量时低频交流电压值不低于 10 倍的高频交流电压值;
 - dc/dv 的测量误差最大为 ±2%;
 - 反向电流密度可到 30 μA/mm²,反向电流密度上升速率为 3 μA/V·mm² 时,测量能正常进行。

5 试验样品

5.1 试样处理

通常对试样进行直接测量,若不能进行正常测量时,可对试样表面进行处理。

- 用氢氟酸腐蚀试样 30 s。
- 用去离子水洗净。
- 在硝酸中煮沸 10 min。
- 用去离子水洗净、甩干。
- 在温度 150~200℃氮气流里烘干 10 min。
- 也可代替本条中 c~e 操作,将试样在温度约 450℃的电炉上烘烤 10 min。

6 测量步骤

6.1 测量环境

温度为 23±2℃,相对湿度不大于 65%,实验室应有电磁屏蔽,工频电源应有滤波装置,周围无腐蚀气氛及震动,试样应配有遮光装置。

6.2 电容仪的校准

- 把长度适当的屏蔽电缆接到电容仪上(此时电缆应不与标准电容连接),调节电容仪零点。
- 将电缆与标准电容 A 连接,测量并记录电容值(pF),拆除标准电容 A。
- 将电缆与标准电容 B 连接,测量并记录电容值(pF),拆除标准电容 B。
- 如果电容仪读数低于 4.5 条要求,电容仪应进行调整。

6.3 欧姆电极的制备

硅外延片背面可用蒸金或镓-铟-锡合金,在大面积圆片时,可用水使外延片衬底与金属底托接触。

6.4 汞探针压力选择

汞探针与硅外延片表面压力大小的选择应使接触点的结直径在 0.5~1.0 mm 之间。

6.5 测量试样击穿电压

- 按 6.3~6.4 条要求制备欧姆电极和测量电极,借助显微镜调节汞探针和试样间的接触面积。
- 用屏蔽电缆将试样欧姆电极和汞探针分别与数字电压表和直流电流表连接。接通电源,观察试