

中华人民共和国国家标准

硅外延层、扩散层和离子注入层 薄层电阻的测定 直排四探针法

GB/T 14141—93

Test method for sheet resistance of silicon
epitaxial, diffused and ion-implanted layers
using a collinear four-probe array

1 主题内容与适用范围

本标准规定了用直排四探针测量硅外延层、扩散层和离子注入层薄层电阻的方法。

本标准适用于测量直径大于 10.0 mm 用外延、扩散、离子注入到硅圆片表面上或表面下形成的薄层的平均薄层电阻。硅片基体导电类型与被测薄层相反。对于厚度为 0.2~3 μm 的薄层,测量范围为 250~5 000 Ω ;对于厚度不小于 3 μm 的薄层,薄层电阻的测量下限可达 10 Ω 。

2 引用标准

GB 6615 硅片电阻率的直排四探针测试方法

GB 11073 硅片径向电阻率变化的测量方法

3 方法提要

使用直排四探针测量装置,使直流电流通过试样上两外探针,测量两内探针之间的电位差,计算出薄层电阻。

4 试剂

4.1 氢氟酸(ρ 1.15 g/mL)。

4.2 水,电阻率大于 2 $\text{M}\Omega \cdot \text{cm}$ (25 $^{\circ}\text{C}$)。

4.3 三氯乙烯,95%。

4.4 甲醇,99.5%。

4.5 干燥氮气。

5 测量仪器

5.1 探针系统

5.1.1 探针为具有 45 $^{\circ}$ ~150 $^{\circ}$ 角的圆锥形碳化钨探针。针尖半径分别为 35~100 μm 、100~250 μm 的半球形或半径为 50~125 μm 的平的圆截面。

5.1.2 探针与试样压力分为小于 0.3 N 及 0.3~0.8 N 两种。

5.1.3 探针(带有弹簧及外引线)之间或探针系统其他部分之间的绝缘电阻至少为 10⁹ Ω 。

5.1.4 探针排列和间距:四探针应以等距离直线排列。探针间距及针尖状况应符合 GB 6615 中 5.1 条的规定。

国家技术监督局 1993-02-06 批准

1993-10-01 实施

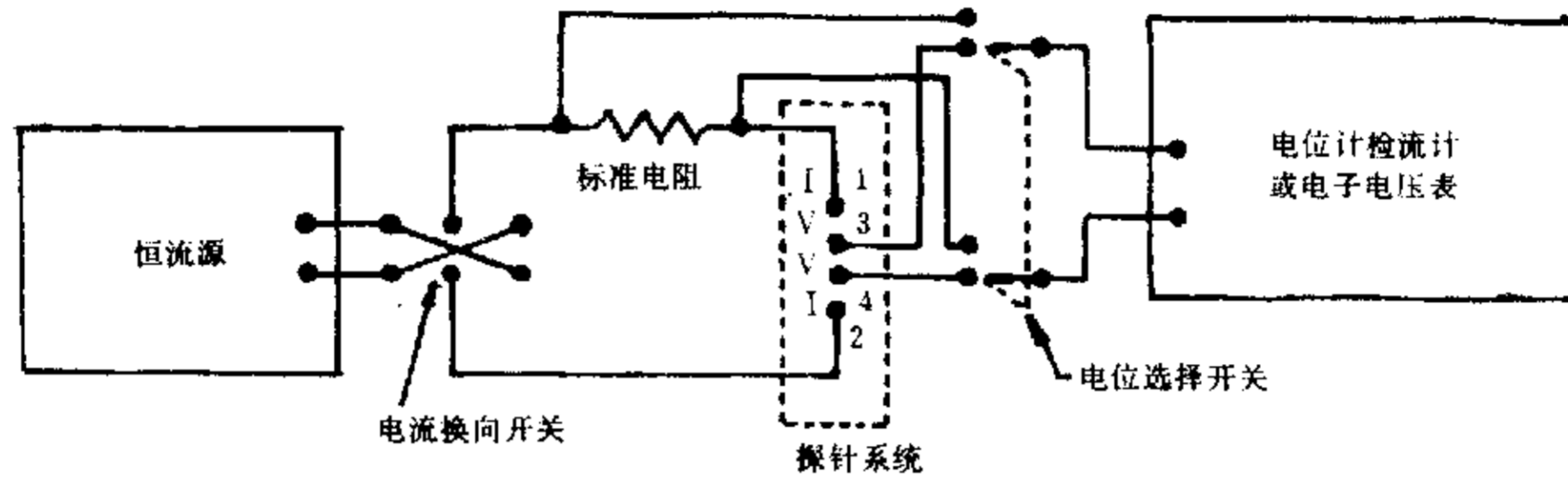
5.2 样品台和探针架

5.2.1 样品台和探针架应符合 GB 6615 中 3.4 条的规定。

5.2.2 样品台上应具有旋转 360°的装置。其误差不大于 ±5°。

5.3 测量装置

测量装置的典型电路见下图。



典型的电路示意图

5.3.1 恒流源:按表 1 的推荐值提供试样所需的电流。精度为 ±0.5%。

表 1 测量薄层电阻所要求的电流值

薄层电阻, Ω	测试电流
2.0~25	10 mA
>25~250	1 mA
>250~2 500	100 μA
>2 500~25 000	10 μA
>25 000	1 μA

5.3.2 电流换向开关。

5.3.3 标准电阻:按表 2 的薄层电阻范围选取所需的标准电阻。精度 0.05 级。

表 2 不同薄层电阻范围所用标准电阻

薄层电阻, Ω	标准电阻, Ω
2.0~25	10
>25~250	100
>250~2 500	1 000
>2 500~25 000	10 000
>25 000	100 000

5.3.4 双刀双掷电位选择开关。

5.3.5 电位差计和电流计或数字电压表,量程为 1~100 mV,分辨率为 0.1%。

5.3.6 电子测量装置适用性应符合 GB 6615 中 5.2 条的规定。

5.4 欧姆表,能指示阻值高达 10⁹ Ω 的漏电阻。

- 5.5 温度计 0~40 ℃,最小刻度为 0.1 ℃。
5.6 化学实验室器具,如:塑料烧杯、量杯和适用于酸和溶剂的涂塑镊子等。

6 试样制备

按下列步骤清洗试样:

- 6.1 试样在三氯乙烯中漂洗约 1 min。
6.2 用甲醇漂洗干净。
6.3 用氮气吹干。
6.4 放入氢氟酸中清洗约 1 min。
6.5 用水洗净。
6.6 用甲醇漂洗干净。
6.7 用氮气吹干。
6.8 如果试样在制作后 3 h 内进行测量,且一直置于净化层流通风柜内,则省去 6.1~6.7 条操作。

7 测量步骤

- 7.1 整个测试过程应在无光照,无高频和无振动下进行。
7.2 用干净涂塑镊子或吸笔将试样置于样品台上,试样放置的时间应足够长,达到热平衡时,试样温度为 23 ± 1 ℃。
7.3 对于薄层厚度小于 $3 \mu\text{m}$ 的试样,选用针尖半径为 $100 \sim 250 \mu\text{m}$ 的半球形探针或针尖半径为 $50 \sim 125 \mu\text{m}$ 平头探针,针尖与试样间压力为 $0.3 \sim 0.8 \text{ N}$;对于薄层厚度不小于 $3 \mu\text{m}$ 的试样,选用针尖半径为 $35 \sim 100 \mu\text{m}$ 半球形探针,针尖与试样间压力不大于 0.3 N 。
7.4 将探针下降到试样表面,使四探针针尖端阵列的中心落在试样中心 1 mm 范围内。
7.5 接通电流,令其任一方向为正向,调节电流大小见表 1 所给出的某一合适值,测量并记录所得数据。所有测试数据至少应取三位有效数字。
7.6 改变电流方向,测量、记录数据。
7.7 关断电流,抬起探针装置。
7.8 对仲裁测量,探针间距为 1 mm ,将样品台分别旋转 $30^\circ \pm 5^\circ$,重复 7.4~7.7 条的测量步骤,测 5 组数据。

8 测量结果计算

- 8.1 对于每一测量位置,计算正、反向电流时试样的电阻值:

$$R_f = V_f R_s / V_{s,f} = V_f / I_f \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$R_r = V_r R_s / V_{s,r} = V_r / I_r \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中: R_f ——通过正向电流时试样电阻, Ω ;
 R_r ——通过反向电流时试样电阻, Ω ;
 I_f ——通过试样的正向电流, mA ;
 I_r ——通过试样的反向电流, mA ;
 V_f ——通过正向电流时试样两端的电位差, mV ;
 V_r ——通过反向电流时试样两端的电位差, mV ;
 $V_{s,f}$ ——通过正向电流时标准电阻两端的电位差, mV ;
 $V_{s,r}$ ——通过反向电流时标准电阻两端的电位差, mV ;
 R_s ——标准电阻阻值, Ω 。

当直接测量电流时,采用式(1)、式(2)最右边的形式。对于仲裁测量, R_f 与 R_r 之差的绝对值必须小

于较大值的 5%。

8.2 计算每一测量位置的平均电阻 R_m ：

$$R_m = \frac{1}{2}(R_f + R_r) \quad \dots\dots\dots(3)$$

8.3 计算试样平均直径 \bar{D} 与平均探针间距 \bar{S} 之比,由 GB 11073 表 2 中查出修正因子 F_2 。

8.4 计算几何修正因子 F ：

$$F = F_2 \times F_{sp} \quad \dots\dots\dots(4)$$

式中： F_{sp} ——探针修正因子；

F_2 ——限定直径试样修正因子。

8.5 计算每一测量位置在所测温度时的薄层电阻：

$$R_{si}(T) = R_{mi} \times F \quad \dots\dots\dots(5)$$

式中： R_{mi} ——某位置第 i 次测量的平均电阻, $i=1,2,3,4,5$ 。

8.6 计算总平均薄层电阻：

$$\bar{R}_s(T) = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 R_{si}(T) \quad \dots\dots\dots(6)$$

8.7 计算标准偏差：

$$S = \frac{1}{2} \left\{ \sum_{i=1}^5 [R_{si}(T) - \bar{R}_s(T)]^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \quad \dots\dots\dots(7)$$

9 精密度

本方法对于薄层厚度不小于 $3 \mu\text{m}$ 的试样,多实验室测量精密度为 $\pm 12\%$ (R2S);对于薄层厚度小于 $3 \mu\text{m}$ 的试样,多实验室测量精密度为 $\pm 10\%$ (R2S)。

10 试验报告

10.1 试验报告应包括以下内容：

- a. 试样编号；
- b. 试样种类；
- c. 测量电流；
- d. 探针压力；
- e. 测试温度；
- f. 试样薄层电阻；
- g. 本标准编号；
- h. 测量单位、测量者和测量日期。

10.2 对仲裁测量,报告还应包括对探针状况、电测装置的精度、所测原始数据及处理结果。

附加说明：

本标准由中国有色金属工业总公司提出。

本标准由峨眉半导体材料研究所负责起草。

本标准主要起草人张新、郑绪明。

本标准等效采用 ASTM F374—84《硅外延层、扩散层和离子注入层薄层电阻直排四探针测试方法》标准。