



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 6617—2009  
代替 GB/T 6617—1995

## 硅片电阻率测定 扩展电阻探针法

Test method for measuring resistivity of silicon wafer using spreading  
resistance probe

2009-10-30 发布

2010-06-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局  
中国国家标准化管理委员会 发布

## 前 言

本标准代替 GB/T 6617—1995《硅片电阻率测定 扩展电阻探针法》。

本标准与 GB/T 6617—1995 相比,主要有如下变化:

- 引用标准中删去硅外延层和扩散层厚度测定磨角染色法;
- 方法原理中删去单探针和三探针的原理图并增加了扩展电阻原理公式(1)及其三个假定条件;
- 增加了干扰因素;
- 测量仪器和环境增加了自动测量仪器的范围和精度;
- 对原测量程序进行全面修改;
- 删去测量结果计算。

本标准由全国半导体设备和材料标准化技术委员会提出。

本标准由全国半导体设备和材料标准化技术委员会材料分技术委员会归口。

本标准起草单位:南京国盛电子有限公司、宁波立立电子股份有限公司。

本标准主要起草人:马林宝、骆红、刘培东、谭卫东、吕立平等。

本标准代替标准的历次版本发布情况为:

- GB 6617—1986、GB/T 6617—1995。

## 硅片电阻率测定 扩展电阻探针法

### 1 范围

本标准规定了硅片电阻率的扩展电阻探针测量方法。

本标准适用于测量晶体晶向与导电类型已知的硅片的电阻率和测量衬底同型或反型的硅片外延层的电阻率,测量范围: $10^{-3} \Omega \cdot \text{cm} \sim 10^2 \Omega \cdot \text{cm}$ 。

### 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GB/T 1550 非本征半导体材料导电类型测试方法

GB/T 1552 硅、锗单晶电阻率测定 直排四探针法

GB/T 1555 半导体单晶晶向测定方法

GB/T 14847 重掺杂衬底上轻掺杂硅外延层厚度的红外反射测量方法

### 3 方法原理

扩展电阻法是一种实验比较法。该方法是先测量重复形成的点接触的扩展电阻,再用校准曲线来确定被测试样在探针接触点附近的电阻率。扩展电阻  $R_s$  是导电金属探针与硅片上一个参考点之间的电势降与流过探针的电流之比。

对于电阻率均匀一致的半导体材料来说,探针与半导体材料接触半径为  $a$  的扩展电阻用式(1)来表示:

$$R_s = \frac{\rho}{2a} \dots\dots\dots(1)$$

式中:

$\rho$ ——电阻率,单位为欧姆厘米( $\Omega \cdot \text{cm}$ );

$a$ ——接触半径,单位为厘米(cm);

$R_s$ ——扩展电阻,单位为欧姆( $\Omega$ )。

等式成立需符合如下三个假定条件:

- a) 两个探针之间的距离必须大于 10 倍  $a$ ;
- b) 样品电阻率需均匀一致;
- c) 不能形成表面保护膜或接触势垒。

可采用恒压法,恒流法和对数比较器法,其电路图分别见图 1、图 2、图 3,具体计算公式分别见式(2)、式(3)和式(4)。

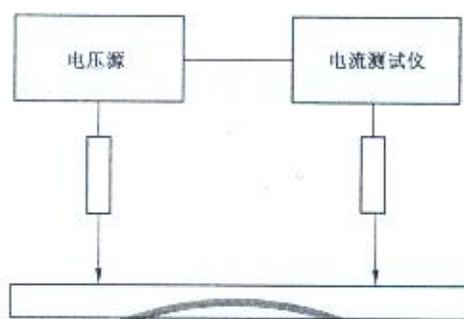


图 1 恒压法电路原理图

$$R_s = \frac{V}{I} \quad (2)$$

式中:

$V$ ——外加电压,单位为毫伏(mV);

$I$ ——测得的电流,单位为毫安(mA)。



图 2 恒流法电路原理图

$$R_s = \frac{V}{I} \quad (3)$$

式中:

$V$ ——测得电压,单位为毫伏(mV);

$I$ ——外加的电流,单位为毫安(mA)。

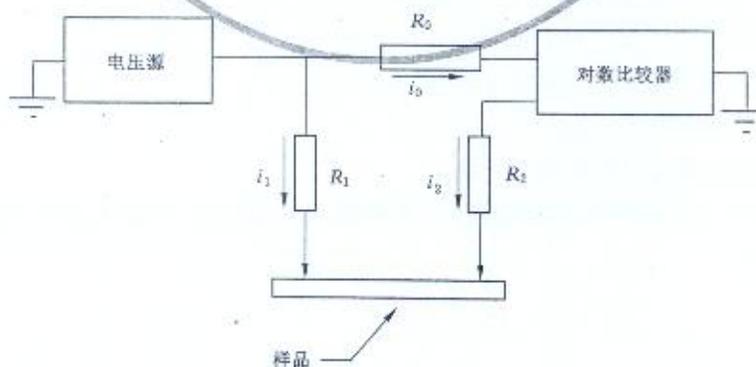


图 3 对数比较法电路原理图

$$R_s = R_0 \log\left(\frac{i_1}{i_2}\right) \quad \dots\dots\dots(4)$$

式中:

$R_0$ ——精密电阻阻值,单位为欧姆( $\Omega$ );

$\log\left(\frac{i_1}{i_2}\right)$ ——对数比较器输出。

#### 4 干扰因素

- 4.1 如果硅片表面被氟离子沾污或表面有损伤,会造成测试的结果误差;
- 4.2 如果测试环境的温度、光照强度的不同会影响测试结果;
- 4.3 如果测试环境有射频干扰,会影响测试结果。

#### 5 测量仪器与环境

##### 5.1 本标准选用自动测量仪器。

5.1.1 电流范围及精度:10 nA~10 mA,  $\pm 0.1\%$ 。

5.1.2 电压范围及精度: $\leq 20$  mV,  $\pm 0.1\%$ 。

5.1.3 测试精度: $\pm 5\%$ 。

##### 5.2 机械装置

5.2.1 探针架:采用双探针结构。探针架用作支承探针,使其以重复的速度和预定的压力将探针尖下降至试样表面,并可调节探针的接触点位置。

5.2.2 探针尖采用坚硬耐磨的良好导电材料如钨、碳化钨或钨-钇合金等制成。针尖曲率半径不大于25  $\mu\text{m}$ ,夹角 $30^\circ \sim 60^\circ$ 。针距为40  $\mu\text{m} \sim 100 \mu\text{m}$ 。

5.2.3 样品台:绝缘真空吸盘或其他能将硅片固定的装置,能在互相垂直的两个方向上实现5  $\mu\text{m} \sim 500 \mu\text{m}$ 步距的位移。

5.2.4 绝缘性:探针之间及任一探针与机座之间的直流绝缘电阻大于 $(1 \times 10^9) \Omega$ 。

##### 5.3 测量环境

5.3.1 测量环境温度为 $23 \text{ }^\circ\text{C} \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$ ,相对湿度不大于65%。

5.3.2 在漫射光或黑暗条件下进行测量。

5.3.3 必要时应进行电磁屏蔽。

5.3.4 探针架置于消磁台上。

5.3.5 为保证小信号测量条件,应使探针电势不大于20 mV。

5.3.6 应避免试样表面上存在 $\text{OH}^-$ 和 $\text{F}^-$ 离子。如果试样在制备或清洗中使用了含水溶剂或材料,测量前可将试样在 $140 \text{ }^\circ\text{C} \pm 20 \text{ }^\circ\text{C}$ 条件下空气中热处理10 min~15 min。

#### 6 样品制备

##### 6.1 用于测量晶片径向电阻率均匀性的样品制备

样品应具有良好的镜状表面,制备方法包括:化学机械抛光/含水机械抛光/无水机械抛光,外延后表面可直接用于测量。

##### 6.2 用于测量电阻率纵向分布的样品制备

6.2.1 除特殊需要外,尽量在被测样片中间区域割取被测样品;

6.2.2 根据样品测试深度及精度要求选取合适磨头;

6.2.3 将样品粘在磨头的斜面上,选取合适的研磨膏涂抹在样品表面进行研磨;

6.2.4 研磨后样品须处理干净。

## 7 测量步骤

### 7.1 仪器准备

- 7.1.1 调节探针间距到期望值,记录探针间距。
- 7.1.2 选择探针负荷为 0.1 N~1 N,每一探针应使用相同负荷。
- 7.1.3 根据探针负荷,确定探针下降到试样上的速度。当负荷等于 0.4 N 时,比较合适的探针下降速度为 1 mm/s。
- 7.1.4 将探针在用 5  $\mu\text{m}$  粒度研磨膏研磨过的硅片表面步进压触 500 次以上,或用 8000 号~12000 号的砂布或砂纸轻修整探针尖,使针尖老化。
- 7.1.5 将针尖进行清洁处理,测量  $1 \Omega \cdot \text{cm}$  均匀 p 型硅单晶样品扩展电阻。如果多次测量的扩展电阻值的相对标准偏差在  $\pm 10\%$  以内,并且平均值是在正常的扩展电阻值范围内,可认为针尖是良好的,否则该探针应重新老化或使用新探针尖。
- 7.1.6 在至少放大 400 倍的显微镜下检查探针压痕的重复性。如果一给定探针得到解决的压痕不全部相似,应重修针或使用新探针尖。
- 7.1.7 使两探针分别以单探针结构在  $1 \Omega \cdot \text{cm}$  的 p 型单晶样品上测量扩展电阻,确保两根针所测的扩展电阻值是相等的(偏差在 10% 内)。如果两根针所测扩展电阻值不相同,重新检查或调整探针的负荷、下降速度以确保两针状态相同。如果两根探针的负荷和下降速度相同,但不能得到相同的扩展电阻值,重新修针或更换探针。

### 7.2 校准

- 7.2.1 在本标准电阻率测量范围内选择与被测试样相同晶向和导电类型的各种电阻率的校准样品,每一数量级至少 3 块。
- 7.2.2 如果校准样品的电阻率以前没有测量过,按 GB/T 1552 测量每块校准样品的电阻率,记录测量结果。
- 7.2.3 采用与被测样品相同的材料与工艺,制备校准样品。如果是用四探针测量电阻率后第一次制备样品,应至少除去 25  $\mu\text{m}$  厚的样品表面。将校准样品清洗干净。
- 7.2.4 对每一校准样品,在四探针测量过的区域至少做 20 次扩展电阻测量,测量的长度大约等于四探针的两外探针之间的距离。
- 7.2.5 计算每个校准样品测得的扩展电阻的平均值和标准偏差。当标准偏差小于平均值的 10% 时方可选作为校准样品。
- 7.2.6 利用每个合格的样品测得扩展电阻的平均值和对应的电阻率平均值拟合得到  $R_{\rho}$  双对数坐标校准曲线。

### 7.3 测量

- 7.3.1 按 GB/T 1550 确定样品的导电类型,按 GB/T 1555 确定样品的晶向;如样品为外延片,按 GB/T 14847 确定样品外延层的厚度。
- 7.3.2 按第 6 章制备好样品。
- 7.3.3 将粘有制备好样品的斜角磨块固定安放在测试台上,调节样品到显微镜观察位置,使探针的初始下降位置与制备好样品的斜面的斜棱重合。
- 7.3.4 样品的角度测定
  - 7.3.4.1 斜角磨块角度小于或等于  $1^{\circ}09'$  的样品必须要进行小角度测量。
  - 7.3.4.2 斜角磨块角度大于或等于  $2^{\circ}54'$  的样品,斜角磨块的角度值定为斜角值。
- 7.3.5 根据样品的厚度以及期望测试结果的精度选取合适步进,将样品调节到测试位置。
- 7.3.6 在电脑中输入样品的测试编号、结构、晶向、角度(或斜角值)、步进、测试点数,进行测试,测试过程中应保证测试台不受任何碰撞。

7.3.7 测试完成后及时将样品取下测试台。

7.3.8 根据样品的结构选择合适的校准曲线进行数据处理可得到相对应的浓度、电阻率的纵向分布。

## 8 试验报告

试验报告应包括以下内容：

- a) 样品编号；
  - b) 样品的导电类型、晶体晶向,若是外延片,还应有外延层厚度及其测试方法；
  - c) 样品表面的制备条件；
  - d) 环境温度；
  - e) 探针间距、步距和探针负荷；
  - f) 测量区域的扩展电阻、浓度、电阻率的纵向分布图及数据；
  - g) 本标准编号；
  - h) 测量者；
  - i) 测量日期。
-