

ICS 77.040.01
H 17



中华人民共和国国家标准

GB/T 11073—2007
代替 GB/T 11073—1989

硅片径向电阻率变化的测量方法

Standard method for measuring radial resistivity variation on silicon slices

2007-09-11 发布

2008-02-01 实施



中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

前 言

本标准是对 GB/T 11073—1989《硅片径向电阻率变化的测量方法》的修订。本标准修改采用了 ASTM F 81-01《硅片径向电阻率变化的测量方法》。

本标准与 ASTM F 81-01 的一致性程度为修改采用,主要差异如下:

——删去了 ASTM F 81-01 第 4 章“意义和用途”。

本标准与 GB/T 11073—1989 相比主要变化如下:

——因 GB/T 6615 已并入 GB/T 1552,本标准在修订时将硅片电阻率测试方法标准改为 GB/T 1552,并将第 2 章“规范性引用文件”中的“GB/T 6615”改为“GB/T 1552”;

——采用 ASTM F 81-01 第 8 章“计算”中的计算方法替代原 GB 11073—1989 中径向电阻率变化的计算方法;

——依据 GB/T 1552 将电阻率的测量上限由 $1 \times 10^3 \Omega \cdot \text{cm}$ 改为 $3 \times 10^3 \Omega \cdot \text{cm}$;

——将原 GB/T 11073—1989 中第 7 章“测量误差”改为第 4 章“干扰因素”,并对其后各章章号作了相应调整;

——删去了原 GB/T 11073—1989 中的表 1,采用 GB/T 12965 规定的直径偏差范围;

——将原 GB/T 11073—1989 中的表 2 改为表 1,并依据 GB/T 12965 中的规定,在本标准中删去 80.0 mm 标称直径规格,增加了 150.0 mm 和 200.0 mm 标称直径规格。

本标准的附录 A 是规范性附录。

本标准自实施之日起,同时代替 GB/T 11073—1989。

本标准由中国有色金属工业协会提出。

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:峨嵋半导体材料厂。

本标准主要起草人:梁洪、覃锐兵、王炎。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为:

——GB/T 11073—1989。

硅片径向电阻率变化的测量方法

1 范围

本标准规定了用直排四探针法测量硅单晶片径向电阻率变化的方法。

本标准适用于厚度小于探针平均间距、直径大于 15 mm、电阻率为 $1 \times 10^{-3} \Omega \cdot \text{cm} \sim 3 \times 10^3 \Omega \cdot \text{cm}$ 硅单晶圆片径向电阻率变化的测量。

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 1552 硅、锗单晶电阻率测定直排四探针法

GB/T 2828(所有部分) 计数抽样检验程序

GB/T 6618—1995 硅片厚度和总厚度变化测试方法

GB/T 12965 硅单晶切割片和研磨片

3 方法提要

根据要求选择四种选点方案中的一种，按 GB/T 1552 的方法进行测量，并利用几何修正因子计算出硅片电阻率及径向电阻率变化。

本标准提供四种测量选点方案。采用不同的选点方案能测得不同的径向电阻率变化值。

4 干扰因素

4.1 四探针间距小于本标准规定的探针间距或测量高寿命样品时，应找出适当的电流范围用作电阻率测量。

4.2 掺杂浓度的局部变化也会引起沿晶体生长方向上的电阻率变化，而四探针测量的是局部电阻率平均值，这个值受样品纵向电阻率变化的影响；所以在硅片正面和背面测量电阻率变化的结果可能不同。这种影响程度也与探针间距相关。

4.3 当探针位置靠近硅片边缘时，对测出的电压与电流比有明显的影晌。根据电压与电流比和几何修正因子来计算局部电阻率。附录 A 中第 A.2 章提供了探针间距为 1.59 mm、测量点向硅片边缘移动 0.15 mm 时的局部电阻率误差量。对不同尺寸的硅片和测量点来说，这些误差量随着探针间距的减小而减小。

4.4 与硅片的几何形状有关的误差。

4.4.1 在靠近硅片参考面位置上测量或在硅片背面及其周围导电的情况下测量均会产生误差。

4.4.2 没有按硅片实际直径计算修正因子，则会增加几何修正因子的误差。当测量时探针距边缘 6 mm 以上，采用标称直径引起的误差可以忽略不计。

4.4.3 硅片厚度直接影响所测的电阻率。当硅片的局部厚度偏差为 GB/T 12965 允许的最大值或 13 μm 时，附录 A 中第 A.2 章给出了局部电阻率的误差量。如果要精确地测量局部电阻率，则应测量每个测量位置的厚度并计算该位置的电阻率，或使用厚度变化较小的硅片，或采用较厚的硅片。

4.4.4 在抛光面上测量,一般也能得到符合要求的结果。由于抛光面导电或表面复合速率低,可能造成误差,仲裁时必须在研磨面上测量。

5 仪器设备

5.1 GB/T 1552 规定的仪器设备装置。探针间距为 1.00 mm 或 1.59 mm。

5.2 样品架应具有平移和旋转 360°功能。平移精度为±0.15 mm,旋转精度为±5°。

6 试验样品

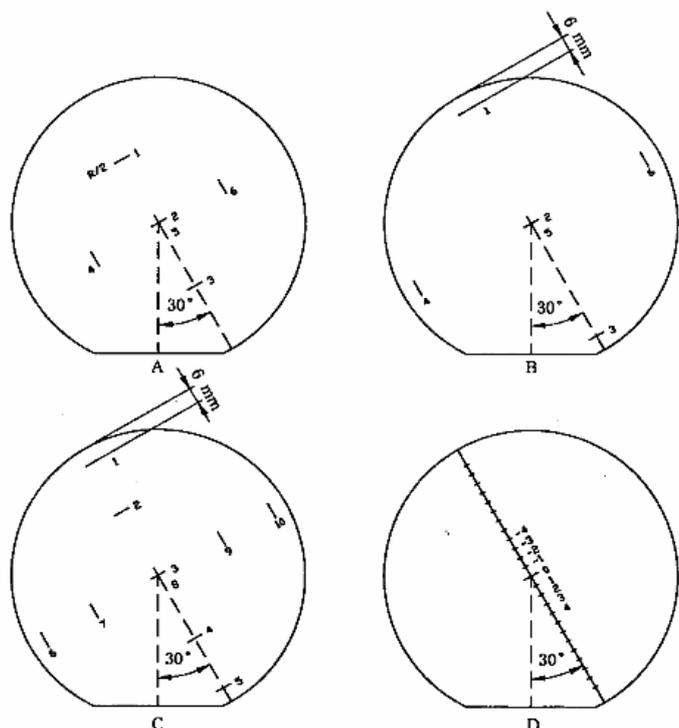
6.1 按 GB/T 2828 的计数抽样方案或商定的方案抽取样品。

6.2 按 GB/T 1552 中的规定制备样品。

6.3 如果硅片没有参考面,则应在硅片背面圆周上作一参考标记,在测量时用该标记代替硅片的主参考面对硅片进行定位。

6.4 找出任意三条相交 45°且不与硅片参考面相交的直径,测量并记下该样品直径。如果这三条直径长度都在 GB/T 12965 规定的直径偏差范围以内,则以标称直径为直径值;否则以三个测量的平均值为直径值。

6.5 根据器件用途、晶体生长工艺、掺杂剂种类以及所需的电阻率范围,从四种选点方案中确定一种方案来测量硅片径向电阻率变化(见图 1)。



注 1:各图的底部平面表示主参考面(见 7.1 条);
 注 2:每条短线段表示直排四探针测量点位置,垂直于硅片直径,数字表示四探针测量顺序。
 a 对于厚度大于本标准规定的硅片,建议按 GB/T 1552 的方法测量各测量点的电阻率并用本方法计算硅片径向电阻率变化。

图 1 四探针测量径向电阻率变化的选点方案

6.5.1 选点方案 A

小面积十字型,测量六点:在硅片中心点测两次,在两条垂直直径的半径中点($R/2$)处各测量一点。

6.5.2 选点方案 B

大面积十字型,测量六点:在硅片中心点测两次,在两条垂直直径距硅片边缘 6 mm 处各测量一点。

6.5.3 选点方案 C

小面积及大面积十字型,测量十点:在硅片中心点测两次,在两条垂直直径的半径中点($R/2$)处各测量一点,距硅片边缘 6 mm 处各测量一点。

6.5.4 选点方案 D

一条直径上的高分辨型:在硅片中心点以及中心与直径两端的距离之间,以 2 mm 间隔在尽可能多的位置上进行测量。

6.6 用 GB/T 6618 中规定的厚度仪,在选点方案 C(见图 1 中 C)的九个点测量并记录各点厚度。

7 测量步骤

7.1 调整样品,使第一条测量的直径位于垂直于主参考面的直径或通过参考标记的直径沿逆时针方向旋转 30° 的位置(见 6.3 条和图 1)。仲裁测量时,要记下相对于参考面或参考标记的各测量点位置。

7.2 选定一种选点方案(见 6.5 条和图 1)。

7.3 如果需要电阻率的绝对值,则应测量并记录样品的温度。

7.4 按选定的选点方案进行测量。

7.4.1 将四探针置于被测样品表面,使四探针的排列直线垂直于经过测量点的半径,四探针直线的中点在测量点 ± 0.15 mm 范围以内。

7.4.2 按 GB/T 1552 的要求,测量正向和反向电阻率。

7.4.3 如果硅片是非标称直径,则须记录样品中心到四探针直线中点的距离 Δ 。

8 测量结果的计算

8.1 对每一个测量位置进行以下计算。

8.1.1 按 GB/T 1552 中的计算方法计算并记下电阻率的平均值。

8.1.2 对标称直径硅片(见 6.4 条),则根据表 1 确定修正因子 F_2 的值。

8.1.3 非标称直径的硅片及探针间距不为 1.00 mm 或 1.59 mm 时,按附录 A 中第 A.3 章进行修正。

8.1.4 如果需要电阻率的绝对值,则可按 GB/T 1552 中 6.3.4 条的规定计算该温度下的样品电阻率。如果需要随位置变化的电阻率,则温度的修正可以忽略不计。在测量过程中,如果样品温度变化不大于 2°C ,引起计算电阻率变化的误差不大于 2%。

8.2 对选点方案 A、B 或 C,按式(1)、式(2)计算径向电阻率平均百分变化(%)和最大百分变化(%)。

$$\text{平均百分变化} = \frac{\rho_s - \rho_c}{\rho_c} \times 100 \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

ρ_c ——硅片中心点测得的两次电阻率平均值, $\Omega \cdot \text{cm}$;

ρ_s ——硅片半径中点或距边缘 6 mm 测得四个电阻率平均值, $\Omega \cdot \text{cm}$ 。

$$\text{最大百分变化} = \frac{\rho_c - \rho_c}{\rho_c} \times 100 \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中:

ρ_c ——同式(1);

ρ_c ——与中心点测试值相差最大的非中心点测试值, $\Omega \cdot \text{cm}$ 。

8.3 对选点方案 D,按式(3)计算径向电阻率最大百分变化(%)。

$$\text{最大百分变化} = \frac{\rho_M - \rho_m}{\rho_m} \times 100 \quad \dots\dots\dots(3)$$

式中:

ρ_M ——测得的最大电阻率值, $\Omega \cdot \text{cm}$;

ρ_m ——测得的最小电阻率值, $\Omega \cdot \text{cm}$ 。

9 精密度

9.1 径向电阻率变化测量的精密度,直接取决于电阻率测量的精密度。如果认为探针的位置和硅片的直径都是合适的,而单个电阻率测量的精密度是误差的原因,那么,径向电阻率变化的精密度由附录 A 中表 A.1 给出。

9.2 电阻率值计算的误差,是由修正因子 F_2 的误差引起, F_2 的误差是由探针的位置误差、硅片直径误差或硅片厚度误差引起。当探针间距不大于 1.59 mm 时,以上因素引起的误差都不会超出附录 A 中 A.2 章给出的数值。

10 试验报告

10.1 试验报告应包括以下内容:

- 样品编号;
- 操作者;
- 日期;
- 选择的选点方案;
- 测量电流值, mA;
- 探针间距, mm;
- 硅片直径, mm;
- 采用选点方案 A、B 或 C,要报告径向电阻率的平均百分变化和最大百分变化(见 8.2 条);
- 采用选点方案 D,要报告径向电阻率的最大百分变化(见 8.3 条)。

10.2 如有特殊要求,报告还包括:

- 硅片每个测量点的电阻率, $\Omega \cdot \text{cm}$;
- 测量时该硅片温度、测量点顺序(见图 1)。

10.3 如进行仲裁测量,应画出测量点位置图,标明测量直径和参考标记。

表 1 几何修正因子 F_2

单位为毫米

对标称直径圆片和探针间距为 1.00 mm 的修正因子 F_2						
硅片标称直径	50.8	76.2	100.0	125.0	150.0	200.0
测量点	选点方案 A、B、C					
中心	4.517	4.526	4.528	4.530	4.531	4.531
R/2	4.506	4.520	4.525	4.528	4.529	4.531
离边缘 6 mm 处	4.448	4.455	4.458	4.460	4.461	4.462
测量点与片子中心之间距离	选点方案 D					
0	4.517	4.526	4.528	4.530	4.531	4.531
2	4.517	4.526	4.528	4.530	4.531	4.531
4	4.516	4.525	4.528	4.530	4.531	4.531
6	4.515	4.525	4.528	4.530	4.531	4.531
8	4.514	4.525	4.528	4.530	4.531	4.531
10	4.511	4.524	4.528	4.530	4.531	4.531
12	4.507	4.524	4.528	4.530	4.531	4.531
14	4.501	4.523	4.528	4.530	4.530	4.531
16	4.491	4.522	4.527	4.529	4.530	4.531
18	4.472	4.521	4.527	4.529	4.530	4.531
20	4.401	4.520	4.527	4.529	4.530	4.531
22	4.311	4.517	4.526	4.529	4.530	4.531
24	3.696	4.514	4.526	4.529	4.530	4.531
26	—	4.504	4.525	4.529	4.530	4.531
28	—	4.501	4.524	4.528	4.530	4.531
30	—	4.486	4.523	4.528	4.530	4.531
32	—	4.457	4.521	4.528	4.530	4.531
34	—	4.280	4.519	4.528	4.530	4.531
36	—	4.066	4.515	4.527	4.529	4.531
38	—	2.283	4.510	4.526	4.529	4.531
40	—	—	4.502	4.525	4.529	4.531
42	—	—	4.488	4.524	4.529	4.531
44	—	—	4.458	4.522	4.528	4.531
46	—	—	4.377	4.520	4.528	4.531
48	—	—	4.037	4.517	4.527	4.531
50	—	—	—	4.513	4.527	4.531
52	—	—	—	4.506	4.526	4.531
54	—	—	—	4.494	4.525	4.530
56	—	—	—	4.469	4.523	4.530
58	—	—	—	4.409	4.522	4.530
60	—	—	—	4.188	4.519	4.530
62	—	—	—	—	4.515	4.530
64	—	—	—	—	4.505	4.530
66	—	—	—	—	4.499	4.529
68	—	—	—	—	4.478	4.529
70	—	—	—	—	4.432	4.529
72	—	—	—	—	4.281	4.528
74	—	—	—	—	3.368	4.528
76	—	—	—	—	—	4.527
78	—	—	—	—	—	4.526
80	—	—	—	—	—	4.525
82	—	—	—	—	—	4.523
84	—	—	—	—	—	4.521
86	—	—	—	—	—	4.518
88	—	—	—	—	—	4.513
90	—	—	—	—	—	4.506
92	—	—	—	—	—	4.492
94	—	—	—	—	—	4.462
96	—	—	—	—	—	4.384
98	—	—	—	—	—	4.047

表 1(续)

单位为毫米

对标称直径圆片和探针间距为 1.59 mm 的修正因子 F_2						
硅片标称直径	50.8	76.2	100.0	125.0	150.0	200.0
测量点	选点方案 A、B、C					
中心	4.494	4.515	4.522	4.526	4.528	4.530
R/2	4.466	4.502	4.515	4.521	4.525	4.828
离边缘 6 mm 处	4.428	4.345	4.353	4.357	4.530	4.363
测量点与片子中心之间距离	选点方案 D					
0	4.494	4.515	4.522	4.526	4.528	4.530
2	4.494	4.515	4.522	4.526	4.528	4.530
4	4.492	4.515	4.522	4.526	4.528	4.530
6	4.490	4.514	4.522	4.526	4.528	4.530
8	4.486	4.513	4.522	4.526	4.528	4.530
10	4.479	4.513	4.522	4.526	4.528	4.530
12	4.470	4.512	4.521	4.526	4.528	4.530
14	4.455	4.510	4.521	4.525	4.528	4.530
16	4.430	4.507	4.520	4.525	4.528	4.530
18	4.386	4.504	4.519	4.525	4.527	4.530
20	4.291	4.500	4.518	4.524	4.527	4.530
22	4.041	4.494	4.517	4.524	4.527	4.530
24	3.169	4.486	4.516	4.524	4.527	4.530
26	—	4.474	4.514	4.523	4.527	4.530
28	—	4.454	4.511	4.522	4.526	4.529
30	—	4.420	4.508	4.522	4.526	4.529
32	—	4.350	4.504	4.521	4.526	4.529
34	—	4.182	4.498	4.520	4.525	4.529
36	—	3.635	4.490	4.518	4.525	4.529
38	—	—	4.478	4.516	4.524	4.529
40	—	—	4.458	4.514	4.524	4.529
42	—	—	4.423	4.512	4.523	4.529
44	—	—	4.353	4.508	4.522	4.529
46	—	—	4.178	4.503	4.521	4.528
48	—	—	3.596	4.495	4.520	4.528
50	—	—	—	4.484	4.518	4.528
52	—	—	—	4.467	4.516	4.528
54	—	—	—	4.437	4.513	4.527
56	—	—	—	4.380	4.510	4.527
58	—	—	—	4.245	4.505	4.527
60	—	—	—	3.828	4.499	4.526
62	—	—	—	—	4.489	4.526
64	—	—	—	—	4.474	4.525
66	—	—	—	—	4.449	4.525
68	—	—	—	—	4.401	4.524
70	—	—	—	—	4.295	4.523
72	—	—	—	—	3.990	4.522
74	—	—	—	—	2.888	4.520
76	—	—	—	—	—	4.519
78	—	—	—	—	—	4.516
80	—	—	—	—	—	4.513
82	—	—	—	—	—	4.509
84	—	—	—	—	—	4.504
88	—	—	—	—	—	4.496
86	—	—	—	—	—	4.485
90	—	—	—	—	—	4.466
92	—	—	—	—	—	4.432
94	—	—	—	—	—	4.363
96	—	—	—	—	—	4.191
98	—	—	—	—	—	3.614

注：各栏中标有直线的值是相对于 6 mm 或近边缘的修正值。

附录 A
(规范性附录)

硅片径向电阻率变化偏差的计算

A.1 根据各次电阻率测量值的偏差来计算径向电阻率变化的偏差

A.1.1 本计算方法用于估计 8.2 条或 8.3 条中计算径向电阻率变化测量预期的精密度, 径向电阻率的变化是由各个不同的测量位置测得的电阻率的变化率引起的。表 A.1 给出了一些典型测试情况的计算结果。

A.1.1.1 此处不考虑由于探针位置、硅片直径及硅片厚度的误差所造成的各次电阻率测量的误差。在不同的实验室或在同一实验室进行重复测量时, 由于这些误差, 会得到电阻率显著不同的径向变化估计值 Y 。假如考虑这些误差, 使用式(A.5)的结果就没有意义。

A.1.1.2 附录 A.2 列出了极端情况下, 探针位置、硅片直径和硅片厚度的误差对各次电阻率测量的影响。

A.1.2 变化关系的推导, 电阻率的相对径向变化为一个分数, 它可以用式(A.1)来表示:

$$Y = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_1} = \left(\frac{\rho_2}{\rho_1} \right) - 1 \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

Y ——电阻率相对径向偏差;

ρ_2 ——式(1)中的 ρ_a 、式(2)中的 ρ_c 或式(3)中的 ρ_m , $\Omega \cdot \text{cm}$;

ρ_1 ——式(1)或式(2)中的 ρ_c 或式(3)中的 ρ_m , $\Omega \cdot \text{cm}$ 。

公式(A.1)可以写成下面的形式:

$$Y = \left(k \sum_{i=1}^j \rho_i / j \sum_{i=1}^{j+k} \rho_i \right) - 1 \quad \dots\dots\dots (A.2)$$

式中:

j ——在符号 ρ_2 位置上进行的测量次数;

k ——在符号 ρ_1 位置上进行的测量次数;

ρ_i ——在位置 i 上测量的电阻率数值, $\Omega \cdot \text{cm}$ 。

然后可得:

$$\sigma^2(Y) = \sum_{i=1}^{j+k} \left(\frac{\partial Y}{\partial \rho_i} \right)^2 \cdot \sigma^2(\rho_i) \quad \dots\dots\dots (A.3)$$

式中:

$\sigma^2(Y)$ ——由式(1)、式(2)或式(3)得到的径向电阻率变化测量的偏差;

$\sigma^2(\rho_i)$ —— ρ_i 的测量偏差。

把 ρ_2/ρ_1 写作 r , 代入公式(A.2), 在进行公式(A.2)的累加就得到:

$$\sigma^2(Y) = \left[\frac{\sigma^2(\rho)}{\rho^2} \right] \cdot \left(\frac{1}{j} + \frac{r^2}{k} \right) \quad \dots\dots\dots (A.4)$$

此处, 已经假设所有的 $\sigma^2(\rho_i)$ 值都等于 $\sigma^2(\rho)$ 。

用 $\sum(\rho)$ 表示各次电阻率测量值的相对标准偏差(百分率),则各次电阻率测量值的绝对标准偏差 $\sigma(\rho)$ 表示为:

$$\sigma(\rho) = \frac{\sum(\rho) \cdot \rho}{100} \approx \frac{\sum(\rho) \cdot \rho_i}{100} \dots\dots\dots (A.5)$$

为了消去样品本身电阻率的影响,式(A.4)可以改写为式(A.6):

$$\sigma^2(Y) = \left[\left(\frac{\sum(\rho)}{100} \right)^2 \right] \cdot \left(\frac{1}{j} + \frac{r^2}{k} \right) \dots\dots\dots (A.6)$$

A.1.3 径向电阻率变化测量的结果的完整表达式,由所计算的径向电阻率变化结合它在 95% 置信度及 2σ 值表示为式(A.7),单位为%:

$$[Y \pm 2\sigma(Y)] \times 100 \dots\dots\dots (A.7)$$

A.1.4 硅片径向电阻率变化偏差的计算示例

示例 1:

设在同一实验室内,在一硅片上用 A 或 B 方案选点,测得 ρ_1 和 ρ_2 间的电阻率差值为 25%;各次电阻率测量的相对偏差 $\sum(\rho)$ 为 0.5%,即:

- $Y=0.25;$
- $r=1.25;$
- $\sum(\rho) = \pm 0.5\%;$
- $j=4;$
- $k=2。$

将这些数值代入式(A.6),得到:

$$\sigma^2(Y) = [(0.5/100)^2] \cdot \{ (1/4) + [(1.25)^2/2] \}$$

$$\sigma(Y) = \pm 0.00508$$

$$2\sigma(Y) = \pm 0.0102$$

式中:

$\sigma(Y)$ ——径向电阻率变化测量的标准偏差估计值。

于是,标明了不确定性的电阻率变化最终表示为:

$$\{ [Y \pm 2\sigma(Y)] \times 100 \} \% = (25 \pm 1.02) \%$$

示例 2:

设样品的相对径向电阻率变化为 $Y=0.01$,而 $\sum(\rho)$ 、 j 、 k 值都与例 1 相同,由公式(A.6)得:

$$\sigma^2(Y) = [(0.5/100)^2] \cdot \{ (1/4) + [(1.0)^2/2] \}$$

$$\sigma(Y) = \pm 0.00436$$

$$2\sigma(Y) = \pm 0.00872$$

于是,径向电阻率变化的最终表达式为:

$$\{ [Y \pm 2\sigma(Y)] \times 100 \} \% = (1 \pm 0.87) \%$$

A.1.5 在各次电阻率测量中,作为独立参数标出被测量值的不确定性或标准偏差与百分数来表示其不确定性是等效的,但从表 A.1 中可以看出:在相对电阻率变化 Y 值小时,对电阻率测量的某一标准偏差,其径向变化的绝对标准偏差近似为一与电阻率径向变化量无关的常数。但是,用径向变化百分数来表示的相对标准偏差却表明测试的质量在降低。这种情况下,把径向电阻率变化的不确定性表示为径向变化的百分数是不恰当的。

表 A.1 径向电阻率变化的精密度

用两倍标准偏差表示的精密度 $2\sigma(Y)$										
$\Sigma(\rho) / \%$	$j=4, k=2^a$					$j=8, k=4$				
	$Y=0.01$	$Y=0.05$	$Y=0.10$	$Y=0.25$	$Y=0.50$	$Y=0.01$	$Y=0.05$	$Y=0.10$	$Y=0.25$	$Y=0.50$
0.5	0.008 7	0.009 0	0.009 2	0.010 2	0.011 7	0.006 2	0.006 3	0.006 5	0.007 2	0.008 3
1.0	0.017 4	0.017 9	0.018 5	0.020 3	0.023 5	0.012 3	0.012 7	0.013 1	0.014 4	0.016 6
1.5	0.026 2	0.026 9	0.027 7	0.030 5	0.035 2	0.018 5	0.019 0	0.019 6	0.021 5	0.024 9
2.0	0.034 9	0.035 8	0.037 0	0.040 6	0.046 9	0.024 7	0.025 3	0.026 2	0.028 7	0.033 2
2.5	0.043 6	0.044 8	0.046 2	0.050 8	0.058 6	0.030 8	0.031 6	0.032 7	0.035 9	0.041 5

用两倍相对标准偏差表示的精密度 $[2\sigma(Y)/Y \times 100] / \%$										
$\Sigma(\rho) / \%$	$j=4, k=2^a$					$j=8, k=4$				
	$Y=0.01$	$Y=0.05$	$Y=0.10$	$Y=0.25$	$Y=0.50$	$Y=0.01$	$Y=0.05$	$Y=0.10$	$Y=0.25$	$Y=0.50$
0.5	87	18	9.3	4.1	2.3	62	13	6.5	2.9	1.7
1.0	174	36	19	8	5	124	26	13	6	3.4
1.5	261	54	28	12	7	186	39	20	9	5.1
2.0	348	72	37	16	9	248	52	26	12	6.8
2.5	435	90	46	20	12	310	65	33	15	8.5

^a $j=4$ 和 $k=2$ 是对应于一组选点方案 A 或 B 的数据。对于一个实验室测量,应用选点方案 A 或 B 的两组数据,或者两个实验室测量。应用方案 A 或 B,且每个实验室提供一组数据时,要选用 $j=8, k=4$ 。对于其他一些选点方案,根据电阻率的最大值和最小值来计算径向变化,应按照公式(A.2)根据 j, k 的定义来确定 j 和 k 的值。假如取几组重复数据或采用多个实验室的结果,就要把 Y 作为若干测得的相对径向变化 Y_i 的全部平均值,并按所用的测量组数以扩大 j 和 k 的数值。

A.2 由于探针位置误差与硅片几何尺寸误差引起的测量偏差表

A.2.1 表 A.2 给出了探针位置和直径偏差导致计算电阻率最大误差的例子。表 A.3 给出了局部厚度偏离标称值时,所计算的电阻率中最大误差例子。

A.3 修正因子 F_2 的计算

F_2 的计算公式:

$$F_2 = \frac{\pi}{\ln 2} \cdot \frac{1}{1 + \eta_2} \dots\dots\dots (A.8)$$

式中:

$$\eta_2 = \frac{1}{2 \ln 2} \cdot \ln \frac{\alpha_1 \cdot \alpha_2}{4 \alpha_3 \cdot \alpha_4};$$

$$\alpha_1 = (V_2 - V_1)^2 + (u_1 + u_2)^2;$$

$$\alpha_2 = (V_2 + V_1)^2 + (u_1 + u_2)^2;$$

$$\alpha_3 = (V_2 - V_1)^2 + (u_1 - u_2)^2;$$

$$\alpha_4 = (V_2 + V_1)^2 + (u_1 - u_2)^2;$$

$$u_1 = 3 \times \frac{S}{D_1 R};$$

$$u_2 = \frac{S}{D_2 R};$$

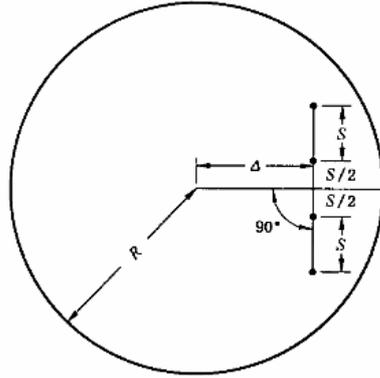
$$V_1 = \frac{1 - \left(\frac{\Delta}{R}\right)^2 - \left(\frac{9}{4}\right) \cdot \left(\frac{S}{R}\right)^2}{D_1};$$

$$V_2 = \frac{1 - \left(\frac{\Delta}{R}\right)^2 - \left(\frac{1}{4}\right) \cdot \left(\frac{S}{R}\right)^2}{D_2};$$

$$D_1 = \left(1 + \frac{\Delta}{R}\right)^2 + \left(\frac{9}{4}\right) \left(\frac{S}{R}\right)^2;$$

$$D_2 = \left(1 + \frac{\Delta}{R}\right)^2 + \left(\frac{1}{4}\right) \left(\frac{S}{R}\right)^2.$$

S、R、Δ 的表示如图 A.1 所示。



S——探针间距；
R——硅片半径；
Δ——探针至硅片中心距离。

图 A.1 S、R、Δ 的表示

表 A.2 由探针位置和直径的公差导致的电阻率最大误差

标称直径/mm	探针位置	选点方案	E ₁ A/% ^a	E ₂ B/% ^b	E ₃ C/% ^c
50.8	硅片中心	A、B、C、D	0.0	0.0	0.0
50.8	R/2	A、C	0.0	0.1	0.1
50.8	离边缘 6 mm	B、C	0.2	0.3	0.5
50.8	离中心 20 mm	D	0.3	0.4	0.7
50.8	离中心 22 mm	D	0.9	1.1	2.0
50.8	离中心 24 mm	D	3.8	4.9	8.8
76.2	硅片中心	A、B、C、D	0.0	0.0	0.0
76.2	R/2	A、C	0.0	0.0	0.0
76.2	离边缘 6 mm	B、C	0.2	0.4	0.7
76.2	离中心 32 mm	D	0.2	0.4	0.7
76.2	离中心 34 mm	D	0.5	1.2	1.8
76.2	离中心 36 mm	D	2.2	4.9	7.5
100.0	硅片中心	A、B、C、D	0.0	0.0	0.0

表 A.2(续)

标称直径/mm	探针位置	选点方案	$E_1 A/\%$ ^a	$E_2 B/\%$ ^b	$E_3 C/\%$ ^c
100.0	R/2	A,C	0.0	0.0	0.0
100.0	离边缘 6 mm	B,C	0.2	0.3	0.5
100.0	离中心 46 mm	D	0.6	1.0	1.6
100.0	离中心 48 mm	D	2.5	4.4	6.9
125.0	硅片中心	A,B,C,D	0.0	0.0	0.0
125.0	R/2	A,C	0.0	0.0	0.0
125.0	离边缘 6 mm	B,C	0.2	0.3	0.5
125.0	离中心 58 mm	D	0.3	0.7	1.1
125.0	离中心 60 mm	D	1.5	2.9	4.4
150.0	硅片中心	A,B,C,D	0.0	0.0	0.0
150.0	R/2	A,C	0.0	0.0	0.0
150.0	离边缘 6 mm	B,C	0.2	0.2	0.4
150.0	离中心 70 mm	D	0.3	0.3	0.6
150.0	离中心 72 mm	D	1.3	0.6	1.9
150.0	离中心 74 mm	D	4.4	2.2	6.6
200.0	硅片中心	A,B,C,D	0.0	0.0	0.0
200.0	R/2	A,C	0.0	0.0	0.0
200.0	离边缘 6 mm	B,C,D	0.2	0.1	0.2
200.0	离中心 96 mm	D	0.9	0.5	0.9
200.0	离中心 98 mm	D	3.7	1.9	3.7

^a 如探针向硅片边缘位移 0.15 mm, 利用表 1 中的修正因子计算得到的局部电阻率误差值。

^b 如硅片的直径为 GB/T 12965 中偏差允许的最小值, 利用表 1 中的修正因子计算得到的局部电阻率误差值。

^c 如探针向硅片边缘位移 0.15 mm, 并且硅片的直径为 GB/T 12965 中偏差允许的最小值, 利用表 1 中的修正因子计算得到的局部电阻率误差值。

表 A.3 硅片局部厚度变化引起的计算电阻率误差

硅片标称直径/mm	厚度变化/ μm	误差/%
50.8	13	5.1
76.2	13	3.7
100.0	13	2.2
125.0	13	2.2
150.0	13	2.0
200.0	13	1.8

中华人民共和国
国家标准
硅片径向电阻率变化的测量方法
GB/T 11073—2007

*

中国标准出版社出版发行
北京复兴门外三里河北街16号
邮政编码:100045

网址 www.spc.net.cn

电话:68523946 68517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 1 字数 24 千字
2008年2月第一版 2008年2月第一次印刷

*

书号: 155066·1-30536 定价 16.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68533533



GB/T 11073-2007