



中华人民共和国国家标准

GB/T 26074—2010

锗单晶电阻率直流四探针测量方法

Germanium monocrystal—Measurement of
resistivity-DC linear four-point probe

2011-01-10 发布

2011-10-01 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(SAC/TC 203/SC 2)归口。

本标准由南京中锺科技股份有限公司负责起草。

本标准参加起草单位:北京国晶辉红外光学科技有限公司、云南临沧鑫圆锺业股份有限公司。

本标准主要起草人:张莉萍、焦欣文、王学武、普世坤。

锗单晶电阻率直流四探针测量方法

1 范围

本标准规定了用直流四探针法测量锗单晶电阻率的方法。

本标准适用于测量试样厚度和从试样边缘与任一探针端点的最近距离二者均大于探针间距的 4 倍锗单晶的电阻率以及测量直径大于探针间距的 10 倍、厚度小于探针间距 4 倍锗单晶圆片(简称圆片)的电阻率。测量范围为 $1 \times 10^{-3} \Omega \cdot \text{cm} \sim 1 \times 10^2 \Omega \cdot \text{cm}$ 。

2 方法原理

测量原理见图 1。排列成一直线的四探针垂直压在半无穷大的试样平坦表面上。外探针 1、4 间通电流 $I(\text{A})$ ，内探针 2、3 间电压 $U(\text{V})$ 。在满足一定条件下，四探针附近试样电阻率 ρ ，可用公式(1)及公式(2)计算：

$$\rho = 2\pi l \frac{U}{I} \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$l = \left(\frac{1}{l_1} + \frac{1}{l_3} - \frac{1}{l_1 + l_2} - \frac{1}{l_2 + l_3} \right)^{-1} \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中：

l ——探针系数；

l_1 ——探针 1、2 间的距离，单位为厘米(cm)；

l_2 ——探针 2、3 间的距离，单位为厘米(cm)；

l_3 ——探针 3、4 间的距离，单位为厘米(cm)。

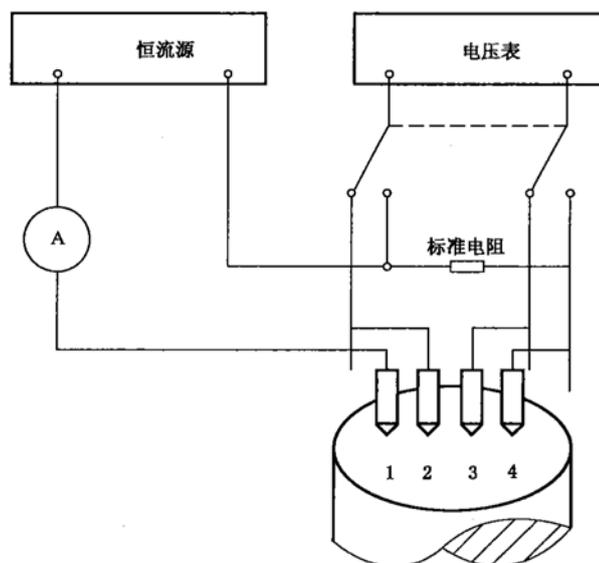


图 1 四探针法示意图

3 设备和仪器

3.1 电磁屏蔽间

为了消除邻近高频发生器在测量电路中可能引入的寄生电流,电阻率测量必须在电磁屏蔽间内进行。

3.2 恒温恒湿设备

保证电阻率测试间内的温度能稳定在仲裁温度 $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 内,相对湿度 $< 70\%$ 。

3.3 温度计

测量锗单晶表面温度,精度 $\pm 0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 内。

3.4 四探针电阻率测试仪

3.4.1 恒流电源

能提供 $10^{-1}\text{ A} \sim 10^{-5}\text{ A}$ 的直流电流,测量时其值已知且稳定在 $\pm 0.5\%$ 以内。

3.4.2 数字电压表

能测量 $10^{-5}\text{ V} \sim 1\text{ V}$ 的电压,误差小于 $\pm 0.5\%$ 。仪表的输入阻抗应大于试样体电阻加试样与探针间的接触电阻的三个数量级以上。

3.4.3 探针装置

探针头用工具钢、碳化钨等材料制成。直径 0.5 mm 或 0.8 mm 左右。探针针尖压痕的线度必须小于 $100\text{ }\mu\text{m}$ 。探针间距用测量显微镜(刻度 0.01 mm)测定。探针间的机械游移率 $\frac{\Delta l}{l} < 0.3\%$ (Δl 为探针间距的最大机械游移量, l 为探针间距)。探针间的绝缘电阻大于 $10^3\text{ M}\Omega$ 。

3.4.4 探针架

要求提供 $5\text{ N} \sim 16\text{ N}$ (总力),且能保证探针与试样接触的位置重复在探针间距的 $\pm 0.5\%$ 以内。

4 测量步骤

4.1 测量环境

试样置于温度 $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$,相对湿度小于或等于 70% 的测试间里。

4.2 试样制备

试样待测面用 W28# 的金刚砂研磨上下表面,保证无机械损伤,无玷污物。

4.3 根据单晶直径的不同,可采用下列两种测量部位:

4.3.1 当单晶 $\phi < 100\text{ mm}$ 时,单晶端面电阻率的测量部位如图 2 所示。

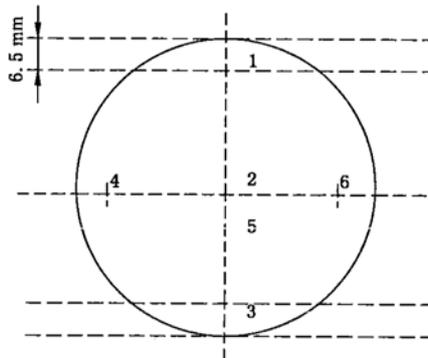


图 2 单晶端面电阻率的测量位置(1~6)

4.3.2 当单晶 $\phi \geq 100$ mm 时,单晶端面电阻率的测量部位如图 3 所示。

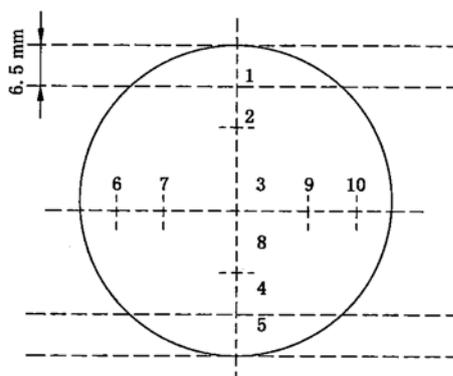


图 3 单晶端面电阻率测量位置(1~10)

4.4 测量

待试样达到规定温度(23 ± 0.5 °C)时,把探针垂直压在试样表面平坦的单一型号区域上,调节电流到规定值。电流大小应满足弱场条件:小于 1 A/cm。试样电流按表 1 选取。取正、反电流方向的电压平均值,根据样品的长度用不同的公式计算,见表 1。

表 1 不同电阻率试样电流选择表

电阻率范围/($\Omega \cdot \text{cm}$)	<0.01	0.01~1	1~30	30~100
电流/mA	<100	<10	<1	<0.1
推荐的圆片电流值/mA	100	2.5	0.25	0.025

5 测量结果的计算

5.1 试样的厚度大于 4 倍探针间距单晶断面电阻率按公式(1)计算。

5.2 单晶径向电阻率变化的计算:

5.2.1 当单晶 $\phi < 100$ mm 时,单晶径向电阻率不均匀变化 E ,按公式(3)计算。

$$E = [(\rho_a - \rho_c) / \rho_c] \times 100\% \quad \dots\dots\dots(3)$$

式中:

ρ_a ——距边缘 6 mm 处测量的电阻率平均值,单位为欧厘米($\Omega \cdot \text{cm}$);

ρ_c ——中心点测得两次电阻率平均值,单位为欧厘米($\Omega \cdot \text{cm}$)。

5.2.2 当单晶 $\phi \geq 100$ mm 时,单晶径向电阻率最大百分变化 E ,按公式(4)计算。

$$E = [(\rho_M - \rho_m) / \rho_m] \times 100\% \quad \dots\dots\dots(4)$$

式中:

ρ_M ——测量的最大电阻率,单位为欧厘米($\Omega \cdot \text{cm}$);

ρ_m ——测量的最小电阻率,单位为欧厘米($\Omega \cdot \text{cm}$)。

5.3 如果试样为圆片,计算几何修正因子 F 。

5.3.1 计算试样厚度 W 与平均探针间距 S 的比值,用线性内插法从表 2 中查出修正因子 $F(W/S)$ 。

表2 厚度修正系数 $F(W/S)$ 为圆片厚度 W 与探针间距 S 之比的函数

W/S	$F(W/S)$	W/S	$F(W/S)$	W/S	$F(W/S)$	W/S	$F(W/S)$
0.1	1.002 7	0.64	0.988 5	0.91	0.943 8	2.8	0.477
0.2	1.000 7	0.65	0.987 5	0.92	0.941 4	2.9	0.462
0.3	1.000 3	0.66	0.986 5	0.93	0.939 1	3.0	0.448
0.4	0.999 3	0.67	0.985 3	0.94	0.936 7	3.1	0.435
0.41	0.999 2	0.68	0.984 2	0.95	0.934 3	3.2	0.422
0.42	0.999 0	0.69	0.983 0	0.96	0.931 8	3.3	0.411
0.43	0.998 9	0.70	0.981 8	0.97	0.929 3	3.4	0.399
0.44	0.998 7	0.71	0.980 4	0.98	0.926 3	3.5	0.388
0.45	0.998 6	0.72	0.979 1	0.99	0.924 2	3.6	0.378
0.46	0.998 4	0.73	0.977 7	1.0	0.921	3.7	0.369
0.47	0.998 1	0.74	0.976 2	1.1	0.894	3.8	0.359
0.48	0.997 8	0.75	0.974 7	1.2	0.864	3.9	0.350
0.49	0.997 6	0.76	0.973 1	1.3	0.834	4.0	0.342
0.50	0.997 5	0.77	0.971 5	1.4	0.803		
0.51	0.997 1	0.78	0.969 9	1.5	0.772		
0.52	0.996 7	0.79	0.968 1	1.6	0.742		
0.53	0.996 2	0.80	0.966 4	1.7	0.713		
0.54	0.992 8	0.81	0.964 5	1.8	0.685		
0.55	0.995 3	0.82	0.962 7	1.9	0.659		
0.56	0.994 7	0.83	0.960 8	2.0	0.634		
0.57	0.994 1	0.84	0.958 8	2.1	0.601		
0.58	0.993 4	0.85	0.956 6	2.2	0.587		
0.59	0.992 7	0.86	0.954 7	2.3	0.566		
0.60	0.992 0	0.87	0.952 6	2.4	0.546		
0.61	0.991 2	0.88	0.950 5	2.5	0.528		
0.62	0.990 3	0.89	0.948 3	2.6	0.510		
0.63	0.989 4	0.90	0.946 0	2.7	0.493		

5.3.2 计算平均探针间距 \bar{S} 与试样直径 D 的比值, 查出修正因子 F_2

当 $2.5 \leq \frac{W}{S} < 4$ 时, F_2 取 4.532。

当 $1 < \frac{W}{S} < 2.5$ 时, 用线性内插法从表 3 中查出 F_2 。

表3 修正系数 F_2 为探针间距 S 与圆片直径 D 之比的函数

S/D	F_2	S/D	F_2	S/D	F_2
0	4.532	0.035	4.485	0.070	4.348
0.005	4.531	0.040	4.470	0.075	4.322
0.010	4.528	0.045	4.454	0.080	4.294
0.015	4.524	0.050	4.436	0.085	4.265
0.020	4.517	0.055	4.417	0.090	4.235
0.025	4.508	0.060	4.395	0.095	4.204
0.030	4.497	0.065	4.372	0.100	4.171

5.3.3 计算几何修正因子 F

$$F = F(W/S) \times W \times F_2 \times F_{sp} \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中:

F_{sp} ——探针间距修正因子;

W ——试样厚度,单位为厘米(cm)。

注:当 $W/S > 1$, $D > 16S$ 时, F 的有效精度在 2% 以内。

6 精密度

6.1 本标准测量锗单晶电阻率的重复性优于 $\pm 10\%$ 。

6.2 本标准测量锗单晶电阻率的再现性优于 $\pm 10\%$ 。

7 试验报告

试验报告应包括如下内容:

- a) 测量设备说明;
- b) 试样的编号及说明;
- c) 测量方法;
- d) 测量电流;
- e) 探针间距和探针压力;
- f) 试样室温电阻率;
- g) 试样电阻率标准偏差;
- h) 本标准编号;
- i) 测试者;
- j) 测试日期。

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
锗单晶电阻率直流四探针测量方法
GB/T 26074—2010

*

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 0.75 字数 11 千字
2011年6月第一版 2011年6月第一次印刷

*

书号: 155066·1-42613 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 26074—2010