



中华人民共和国国家标准

GB/T 6616—2009
代替 GB/T 6616—1995

半导体硅片电阻率及硅薄膜薄层 电阻测试方法 非接触涡流法

Test methods for measuring resistivity of semiconductor wafers
or sheet resistance of semiconductor films
with a noncontact eddy-current gauge

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

本标准修改采用了 SEMI MF673-1105《用非接触涡流法测定半导体硅片电阻率和薄膜薄层电阻的方法》。

本标准与 SEMI MF673-1105 相比主要变化如下：

- 本标准范围中只包括硅半导体材料，去掉了范围中对于其他半导体晶片的适用对象；
- 本标准未采用 SEMI MF673-1105 中局部范围测量的方法Ⅱ；
- 未采用 SEMI 标准中关键词章节以适合 GB/T 1.1 的要求。

本标准代替 GB/T 6616—1995《半导体硅片电阻率及硅薄膜薄层电阻测定 非接触涡流法》。

本标准与 GB/T 6616—1995 相比，主要有如下变化：

- 调整了本标准测量直径或边长范围为大于 25 mm；
- 增加了引用标准；
- 修改了第 3 章中的公式为 $R = \frac{\rho}{t} = \frac{1}{G} = \frac{1}{\delta t}$ ，并增加了电导率；
- 修改了第 4 章中参考片电阻率的值与表 1 指定值之偏差为小于±25%；
- 增加了干扰因素；
- 修改了第 6 章中测试环境温度为 23℃±1℃；
- 规定了测试环境清洁度不低于 10 000 级；仪器预热时间为 20 min；
- 第 7 章中采用了 SEMI MF673-1105 标准中相关的精度和偏差。

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。

本标准负责起草单位：万向硅峰电子股份有限公司。

本标准主要起草人：楼春兰、朱兴萍、方强、汪新平、戴文仙。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

- GB/T 6616—1995。

半导体硅片电阻率及硅薄膜薄层 电阻测试方法 非接触涡流法

1 范围

本标准规定了用非接触涡流测定半导体硅片电阻率和薄膜薄层电阻的方法。

本标准适用于测量直径或边长大于 25 mm、厚度为 0.1 mm~1 mm 的硅单晶切割片、研磨片和抛光片(简称硅片)的电阻率及硅薄膜的薄层电阻。测量薄膜薄层电阻时,衬底的有效薄层电阻至少应为薄膜薄层电阻的 1 000 倍。

硅片电阻率和薄膜薄层电阻测量范围分别为 $1.0 \times 10^{-3} \Omega \cdot \text{cm} \sim 2 \times 10^2 \Omega \cdot \text{cm}$ 和 $2 \times 10^3 \Omega/\square \sim 3 \times 10^3 \Omega/\square$ 。

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

ASTM E 691 引导多个实验室测定试验方法的惯例

3 方法提要

将硅片试样平插入一对共轴涡流探头(传感器)之间的固定间隙内,与振荡回路相连接的两个涡流探头之间的交变磁场在硅片上感应产生涡流,则激励电流值的变化是硅片电导的函数。通过测量激励电流的变化即可测得试样的电导。当试样厚度已知时,便可计算出试样的电阻率,见式(1)。

$$R = \frac{\rho}{t} = \frac{1}{G} = \frac{1}{\delta t} \dots\dots\dots(1)$$

式中:

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

G ——试样的薄层电导,单位为西门子(S);

R ——试样的薄层电阻,单位为欧姆($\Omega/\square$);

t ——试样中心的厚度(测薄膜时厚度取 0.050 8 cm),单位为厘米(cm);

δ ——电导率,单位为欧姆每厘米(Ω/cm)。

4 测量装置

4.1 电学测量装置

4.1.1 涡流传感器组件。由可供硅片插入的具有固定间隙的一对共轴线探头,放置硅片的支架(需保证硅片与探头轴线垂直),硅片对中装置及激励探头的高频振荡器等组成。选择一个能穿透 5 倍晶片或薄膜厚度能力的高频振荡器,该传感器可提供与硅片电导成正比的输出信号。涡流传感器组件的结构见图 1。

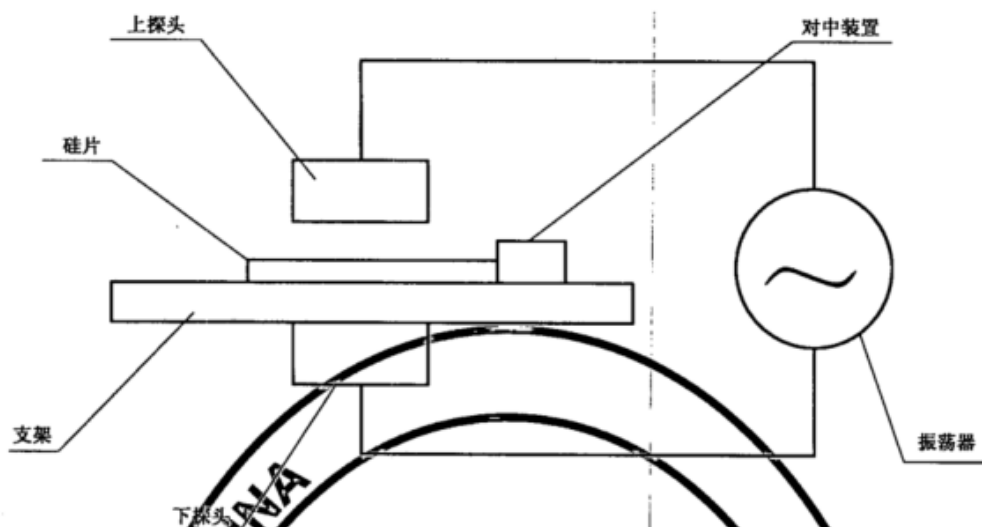


图1 涡流传感器组件示意图

4.1.2 信号处理器。用模拟电路或数字电路进行电学转换,把薄层电导信号转换成薄层电阻值。当被测试样为硅片时,通过硅片的厚度再转换为电阻率。处理器应具有显示薄层电阻或电阻率的功能。当试样未插入时应具有电导清零的功能和具有用已知校准样片去校准仪器的功能。

4.2 标准片和参考片

4.2.1 标准片。电阻率标准片的标称值分别为 $0.01 \Omega \cdot \text{cm}$ 、 $0.1 \Omega \cdot \text{cm}$ 、 $1 \Omega \cdot \text{cm}$ 、 $10 \Omega \cdot \text{cm}$ 、 $25 \Omega \cdot \text{cm}$ 、 $75 \Omega \cdot \text{cm}$ 和 $180 \Omega \cdot \text{cm}$ 。选择合适的电阻率标准片用于校正测量设备,并需定期检定。电阻率标准片与待测片的厚度偏差应小于 $\pm 25\%$ 。

4.2.2 参考片。用手检查测量仪器的线性。参考片电阻率的值与表1指定值之偏差应小于 $\pm 25\%$ 。其厚度与硅片试样的厚度偏差应小于 $\pm 25\%$ 。

表1 检查仪器线性的参考片的电阻率值

测量范围/ $(\Omega \cdot \text{cm})$	参考片的电阻率/ $(\Omega \cdot \text{cm})$
0.001~0.999	0.01
	0.03
	0.10
	0.30
	0.90
0.1~99.9	0.90
	3
	10
	30
	90

4.2.3 标准片和参考片至少应各有5片,数值范围应跨越仪器的全量程。如试样的电阻率或薄层电阻范围比较狭窄时,标准片和参考片的数值范围至少应大于试样的范围。

4.3 测厚仪与温度计

4.3.1 非接触式硅片厚度测量仪或其他测厚装置。

4.3.2 温度计,准确到 $\pm 0.1^\circ\text{C}$ 。

5 干扰因素

- 5.1 如果硅片表面被沾污或表面有损伤,会造成测试结果误差。
- 5.2 如果测试环境的温度、湿度和光照强度的不同会影响测试结果。
- 5.3 如果测试设备附近有高频电源,会产生一个加载电流引起电阻率值误差,所以必须提供屏蔽保护和电源滤波装置。
- 5.4 涡流法和四探针测试法不同。涡流法必须把硅片放在有效区域内(即被整个探头覆盖)。

6 测量程序

6.1 测量环境

- 6.1.1 环境温度保持在 $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。
- 6.1.2 环境相对湿度保持在 70% 以下。
- 6.1.3 测量环境应有电磁屏蔽。
- 6.1.4 电源应有滤波,防止高频干扰。
- 6.1.5 环境清洁度不低于 10 000 级。
- 6.1.6 仪器预热 20 min 以上,待标准片、参考片及硅片试样温度与环境温度平衡后方可进行测量。

6.2 仪器的校正

- 6.2.1 测量环境温度 T ,精确到 $\pm 0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。
- 6.2.2 输入一片电阻率标准片的厚度值。
- 6.2.3 按式(2)将电阻率标准片 $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时的标定值 ρ_{23} 换算成温度 T 时的电阻率值 ρ_T 。

$$\rho_T = \rho_{23} [1 + C_T (T - 23)] \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

T ——环境温度,单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$);

C_T ——硅单晶电阻率温度系数,见 GB/T 1552 中的表 9,单位为欧姆厘米每欧姆厘米摄氏度 [$\Omega \cdot \text{cm} / (\Omega \cdot \text{cm} \cdot ^{\circ}\text{C})$];

ρ_{23} —— $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时的电阻率,单位为欧姆厘米($\Omega \cdot \text{cm}$);

ρ_T ——环境温度 T 时的电阻率,单位为欧姆厘米($\Omega \cdot \text{cm}$)。

- 6.2.4 将标准片正面向上放在支架上,插入上下两探头之间。硅片中心偏离探头轴线不大于 1 mm。按 ρ_T 值对仪器进行校正。

- 6.2.5 采用其他电阻率标准片按 6.2.2~6.2.4 步骤继续校正仪器,直至符合要求。

6.3 仪器线性检查

- 6.3.1 根据试样电阻率的范围选择一组(5块)电阻率参考片(见表 1)。每块参考片在输入厚度后,由支架插入上下探头之间,其中心偏离探头轴线不大于 1 mm,依次测量每块参考片在环境温度下的电阻率值。

- 6.3.2 按式(3)将每块参考片在环境温度 T 时测的电阻率值 ρ_T 换算成 $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时的电阻率值 ρ_{23} 。

$$\rho_{23} = \rho_T [1 - C_T (T - 23)] \quad \dots\dots\dots (3)$$

- 6.3.3 选择适当的比例,作出电阻率测量值与标定值的关系图,在图中标上 5 个参考片的数据点,见图 2。

- 6.3.4 分别按式(4)、式(5)计算出各参考片的电阻率允许偏差范围的最大值和最小值。在图 2 中画出 2 条直线分别对应于各参考片电阻率的最大值和最小值。

$$\text{最大值} = \text{标定值} + 5\% \text{ 标定值} + 1 \text{ 数字} \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$\text{最小值} = \text{标定值} - 5\% \text{ 标定值} - 1 \text{ 数字} \quad \dots\dots\dots (5)$$

- 6.3.5 线性检查步骤如下:

6.3.5.1 如果 5 个数据点全部位于两条直线之间,那么仪器在全量程范围内达到线性要求,可进行测量。

6.3.5.2 如果 5 个数据点位于两条直线之间的数据不足 3 点,应对设备重新调整和校正,并重复 6.2 步骤,以满足测量的线性要求。

6.3.5.3 如果只有 3 个或 4 个数据点位于两条直线之间,则在由这些相邻的最高点和最低点所限定的量程范围内,仪器可以使用。

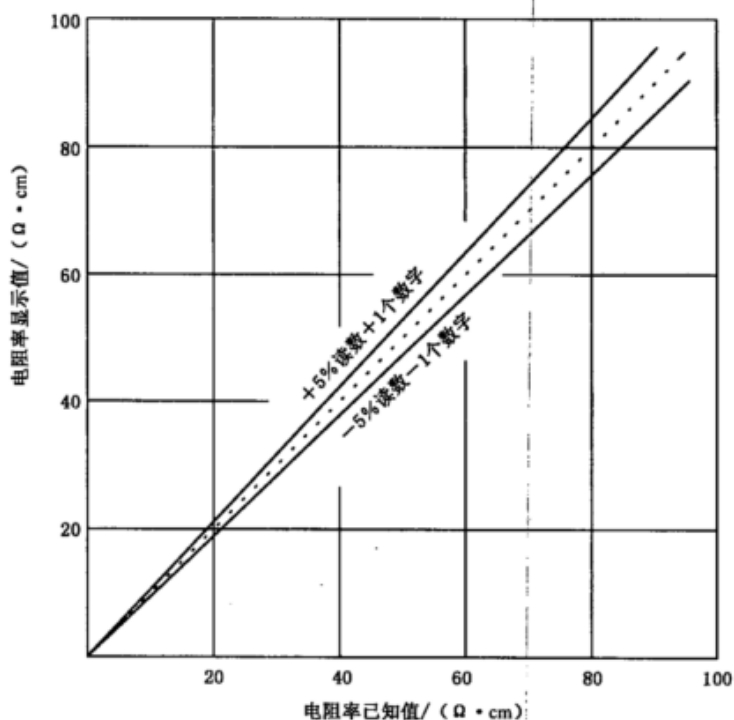


图 2 线性检查图

6.4 测量

6.4.1 输入硅片试样的厚度值,如果测量薄膜的薄层电阻,可输入薄膜加上衬底的总厚度。

6.4.2 将硅片试样正面向上放在支架上,插入上下探头之间,硅片中心离探头轴线偏差不大于 1 mm,记录电阻率显示值。

6.4.3 需根据式(3)将显示值换算成 ρ_{23} 。

6.4.4 为避免涡流在硅片上造成温升,测量时间应小于 1 s。

7 精度

7.1 8 个直径为 200 mm、厚度大约 690 μm ~740 μm 、体电阻范围(低电阻率)0.002 $\Omega\cdot\text{cm}$ ~0.020 $\Omega\cdot\text{cm}$ 的单面抛光单晶硅片和 17 个接近直径 200 mm、体电阻率范围(高电阻率)1.1 $\Omega\cdot\text{cm}$ ~60 $\Omega\cdot\text{cm}$ 的样品进行循环试验。低电阻率样品中 4 个是 p 型,另 4 个型号未知。高电阻率样品中 10 个是 p 型,3 个是 n 型,4 个型号未知。根据样品厂商的报告,每个样品的径向电阻率变化不大于 3%。

7.2 分析基于五个实验室数据。这些实验室首先依照设备生产厂商的仪器说明书校准各自的仪器,使用内部校准片,记录连续 2 次“合格”的中心点电阻率(等效 23 $^{\circ}\text{C}$)和厚度测量的每一次数据值。

7.3 然后,每个实验室依据本标准测量样品中心点厚度和电阻率。每个样品连续 3 次成功的盒对盒通过系统并被测量。记录每次测量的中心点电阻率、厚度及环境温度。提供每一样品在 3 日内每日连续 3 次的测量数据。

7.4 尽管这次研究的实验室数量少于 ASTM 规定的最小 6 个实验室的要求,但样品的数据和测定符

合 ASTM E 691 惯例的要求。

7.5 依据 ASTM E 691 分析测量结果,评价实验室内的重复性和实验室间的再现性,置信度约为 95%。综合评价实验室内重复性,低阻范围为 0.11%,高阻范围为 1.39%。

8 试验报告

试验报告应包括以下内容:

- a) 试样编号;
 - b) 电阻率标准片及参考片代号;
 - c) 环境温度;
 - d) 厚度, cm;
 - e) 试样电阻率 $\rho_T, \Omega \cdot \text{cm}$;
 - f) 温度修正后的电阻率 $\rho_{23}, \Omega \cdot \text{cm}$;
 - g) 本标准编号;
 - h) 测量者;
 - i) 测量日期。
-

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
半导体硅片电阻率及硅薄膜薄层
电阻测试方法 非接触涡流法
GB/T 6616—2009

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
2010年1月第一版 2010年1月第一次印刷

书号: 155066 · 1-39559 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 6616—2009

打印日期: 2010年1月14日