

DB32

江苏省地方标准

DB32/T 4378—2022

衬底表面纳米、亚微米尺度薄膜 方块电阻无损测试 四探针法

Nano, sub-micron scale film on substrate—Non-destructive test
method of sheet resistance—Four probe method

2022-10-23 发布

2022-11-23 实施

江苏省市场监督管理局 发布
中国标准出版社 出版

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由江苏省石墨烯检测标准化技术委员会提出并归口。

本文件起草单位：江苏省特种设备安全监督检验研究院〔国家石墨烯产品质量检验检测中心（江苏）〕、苏州晶格电子有限公司、河南煜和科技集团有限公司、江苏华永烯科技有限公司、江南大学、无锡华鑫检测技术有限公司、中国矿业大学、烯源科技无锡有限公司。

本文件主要起草人：杨永强、丁海龙、区炳显、谢一麟、陈武魁、刘禹、魏宁、呼志跃、王云超、王勤生、马龙、李璐、屈晓兰、陈辉、秦继恩。

衬底表面纳米、亚微米尺度薄膜 方块电阻无损测试 四探针法

1 范围

本文件规定了采用导电橡胶探头进行衬底表面纳米、亚微米尺度薄膜方块电阻四探针无损测试的方法。

本文件适用于目测平坦且表面存在纳米、亚微米尺度薄膜样品的方块电阻测定,方块电阻测试范围为 $1 \times 10^{-4} \Omega \sim 1 \times 10^4 \Omega$ 。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 1551—2021 硅单晶电阻率测定 直排四探针法和直流两探针

GB/T 14141—2009 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

GB/T 14264—2009 半导体材料术语

GB/T 33376—2016 光学功能薄膜术语及其定义

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

薄膜 film

同长度与宽度相比厚度极小,可随意限定最大厚度的薄而平的制品。

[来源:GB/T 33376—2016,2.1.5,有修改]

3.2

四探针 four point probe

测量材料电阻率的一种点探针装置/其中一对探针用来通过流经样品的电流,另一对探针测量因电流引起的电势差。

[来源:GB/T 14264—2009,3.97]

3.3

方块电阻 sheet resistance

R_s

半导体或薄金属膜的薄层电阻,与电流平行的电势梯度对电流密度和厚度乘积的比。

注:方块电阻也称薄层电阻。

[来源:GB/T 14264—2009,3.221]

4 方法原理

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,引入与试样几何形状有关的修正因子,计算出方块电阻。测试示意图见图 1。

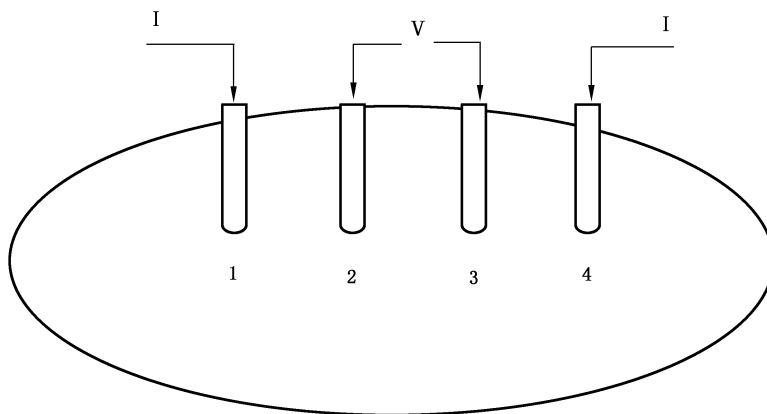


图 1 直排四探针法测试方块电阻的示意图

方块电阻计算如式(1)所示:

$$R_s = F \times \frac{V}{I} \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

R_s ——为方块电阻,单位为欧姆/(Ω /);

F ——修正因子,根据试样几何形状与探针修正因子,从仪器自带的修正系数表查询,也可以见 GB/T 1551—2021 或 GB/T 14141—2009;

V ——测得的电势差,单位为毫伏(mV);

I ——测得的电流,单位为毫安(mA)。

5 仪器

5.1 仪器组成

仪器由四探针测试仪主机、四探针测试台、带导电橡胶探针的探头、数据采集与处理系统等部分组成。

5.2 技术要求

5.2.1 四探针测试仪主机、四探针测试台应符合 GB/T 1551—2021 中的规定。

5.2.2 测试探头:用体积电阻小于 $10 \text{ m}\Omega \cdot \text{cm}$ 的导电橡胶探针制成,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/T 1551—2021 中的规定。

6 测试环境

测试温度: $23 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$;测试湿度:相对湿度不超过 65%。

7 测试步骤

- 7.1 仪器在测试环境下开机预热 30 min 以上。
- 7.2 将目测平坦的样品置于测试环境下至少 30 min。
- 7.3 可将试样表面分为 5 个测试区域,应至少选择一条对角线上的 3 个测试区域进行测试,其中应包括样品的几何中心(如图 2)。每个测试区域应至少测试 3 次,且所选测试点的探针探头边缘到试样边缘的距离至少大于探针间距的 10 倍以上。

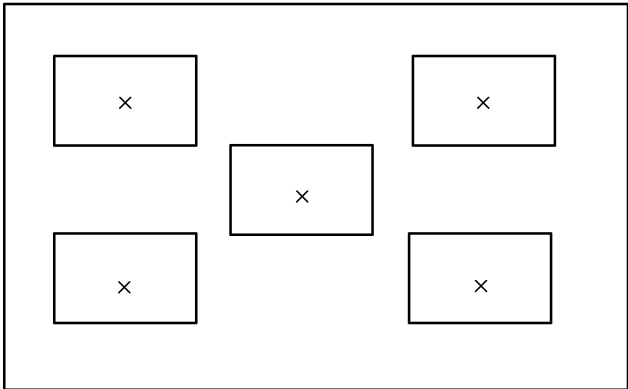


图 2 样品测量位置示意图示意图

- 7.4 数据记录并计算,可参照表 1。

表 1 方块电阻测试数据记录与结果表

试样名称	测试区域	测试点方块电阻 $/R_s$ (单位: Ω)	局部方块电阻 $/R_s$ (单位: Ω)	试样方块电阻 $/R_s$ (单位: Ω)	标准差

- 7.5 测试示例参见附录 A。

8 结果计算

方块电阻测试结果可由仪器直接读出,或根据仪器测试参数结果,按式(1)计算。

9 报告

测试报告中应至少包括以下内容：

- a) 测试日期；
- b) 测量者；
- c) 试样的描述；
- d) 方法标准；
- e) 测试结果。

附录 A

(资料性)

测试示例

A.1 试样

图 A.1 为 PET 基底石墨烯薄膜。

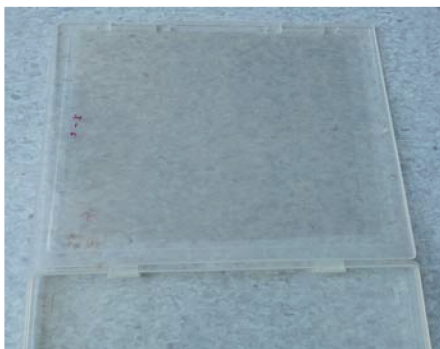


图 A.1 PET 基底石墨烯薄膜

A.2 仪器

A.2.1 四探针方块电阻测量仪

A.2.2 导电橡胶探针探头

图 A.2 为导电橡胶探针探头。

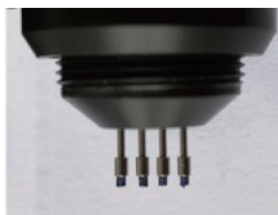


图 A.2 导电橡胶探针探头

A.3 测量步骤

A.3.1 带导电橡胶探针探头的四探针方块电阻测量仪在 23 ℃,湿度不超过 65%的测试环境下开机预热 30 min 以上。

A.3.2 将目测平坦的 PET 基底石墨烯薄膜样品置于测试环境下至少 30 min。

A.3.3 可将 PET 基底石墨烯薄膜表面分为 5 个测试区域,应至少选择一条对角线上的 3 个测试区域进行测试,其中应包括试样的几何中心(如图 A.1)。每个测试区域应至少测试 3 次,且所选测试点的探针探头边缘到试样边缘的距离至少大于探针间距的 10 倍以上。

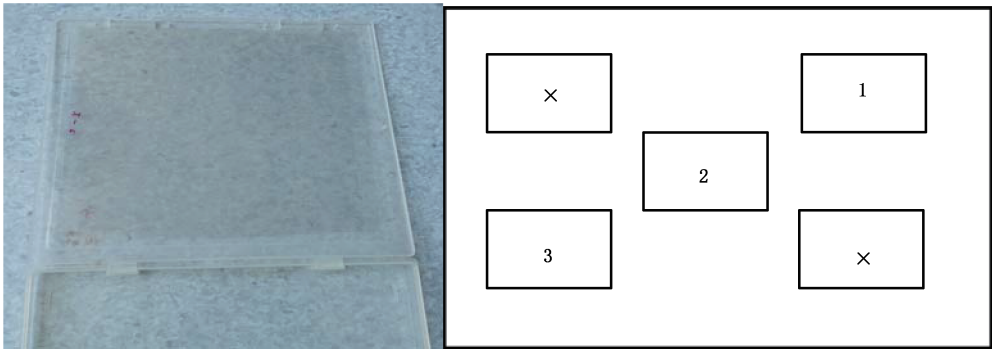


图 A.3 PET 基底石墨烯薄膜测量位置示意图

A.4 测量结果

根据式(1)计算 PET 基底石墨烯薄膜的方块电阻,或软件直接给出 PET 基底石墨烯薄膜的电阻率。表 A.1 显示了软件直接给出样品 3 个区域的 9 个方块电阻数据。

表 A.1 PET 基底石墨烯薄膜方块电阻测试数据记录与结果表

试样名称	测试区域	测试点方块电阻/ R_{\square} (单位: Ω)	局部方块电阻 $/R_{\square}$ (单位: Ω)	试样方块电阻/ R_{\square} (单位: Ω)	标准差
PET 基 底石墨 烯薄膜	1	150.3	148.4	145.5	3.4
		146.1			
		148.7			
	2	139.6	141.5		
		144.2			
		140.6			
	3	145.5	146.6		
		148.5			
		145.9			