



中华人民共和国国家标准

GB/T 42659—2023/ISO 11952:2019

表面化学分析 扫描探针显微术 采用扫描探针显微镜测定几何量： 测量系统校准

Surface chemical analysis—Scanning probe microscopy—Determination of
geometric quantities using SPM: Calibration of measuring systems

(ISO 11952:2019, IDT)

2023-08-06 发布

2024-03-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	III
引言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 符号	2
5 SPM 的特性	3
5.1 SPM 的组成	3
5.2 SPM 的计量学分类	4
5.3 SPM 结构框图	5
5.4 校准时间间隔	6
6 测量系统特性的初步研究	6
6.1 待研究的仪器特性及影响因素通则	6
6.2 测量系统干预后的等待时间(如仪器安装、内在效应、操作执行、预热、针尖样品更换等)	7
6.3 外部影响	8
6.4 小结	8
7 扫描轴的校准	9
7.1 通则	9
7.2 测量标样	9
7.3 xy 扫描器的 x 和 y 扫描轴偏差(xtz, ytz)	10
7.4 x 和 y 轴(C_x, C_y)以及垂直度(ϕ_{xy})的校准与偏差(xtx, yty, ywx)的测定	12
7.5 z 轴 $C_z, \phi_{xz}, \phi_{yz}$ 的校准及偏差 ztz, zwx, zwy 的测定	19
7.6 用于可选扩展校准的三维测量标样	26
8 校准结果的报告	29
8.1 通则	29
8.2 使用的设备	30
8.3 关于环境条件的说明	30
8.4 初步研究(根据第 6 章)	30
8.5 校准——测量标样、扫描范围和扫描速度的详细信息(根据第 7 章)	30
8.6 附加声明	30
9 测量不确定度	31
9.1 通则	31
9.2 垂直被测量(高度和深度)	31

10 结果的报告(报告格式)	31
附录 A (资料性) 形貌图像中干扰影响相互叠加的示例	33
附录 B (资料性) 声音检测:隔音罩的影响	34
附录 C (资料性) 隔音罩/测量箱的隔热效果	36
附录 D (资料性) 记录形貌图像中污染物的处理	37
附录 E (资料性) 台阶高度测定:直方图法和 ISO 5436-1 方法的比较	38
附录 F (规范性) 横向被测量(间距、位置、直径)的测量不确定度	40
F.1 横向被测量	40
F.2 间距的测量模型	40
参考文献	44

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。

本文件等同采用 ISO 11952:2019《表面化学分析 扫描探针显微术 采用扫描探针显微镜测定几何量：测量系统校准》。

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。

本文件由全国微束分析标准化技术委员会(SAC/TC 38)提出并归口。

本文件起草单位：中国计量科学研究院、上海市计量测试技术研究院、西安交通大学。

本文件主要起草人：李伟、蔡潇雨、李适、杨树明、程碧瑶、魏佳斯、高思田。

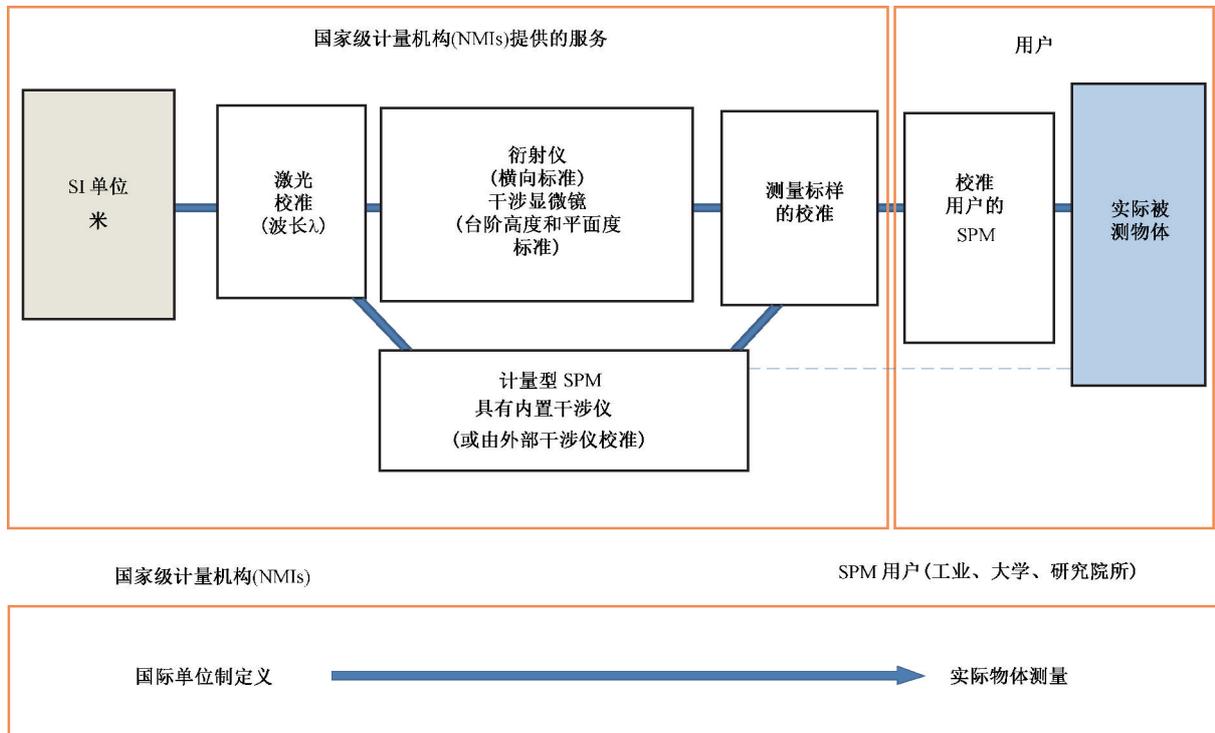
引言

半导体器件结构微型化的进步,伴随着纳米技术在工业制造过程中多种不同应用的迅速发展,需要在微米和亚微米范围内进行可靠和可比较的定量尺寸测量^[9]。目前,常常需要达到纳米级甚至更高分辨的测量能力。而传统的光学、触针式测量方法或者坐标测量系统无法达到这种分辨水平。

因此,扫描探针显微镜(SPM)越来越多地被用作定量测量工具。其应用范围已不再局限于研发,而是涵盖了工业生产与检测。

对于这类测量仪器,需制定标准化的校准程序,例如已经建立的触针式仪器校准程序(见 GB/T 33523.701—2017)。对 SPM 进行有效可靠的校准所用测量标样的特性在程序性文件中记录,并且在校准中作为依据(见图 1)。同时,有明确的校准步骤。

只有满足图 1 的前提条件,才能对几何量进行可溯源的测量。



注:本文件的目的是利用经过校准的可溯源测量标样对用户的 SPM 进行校准。

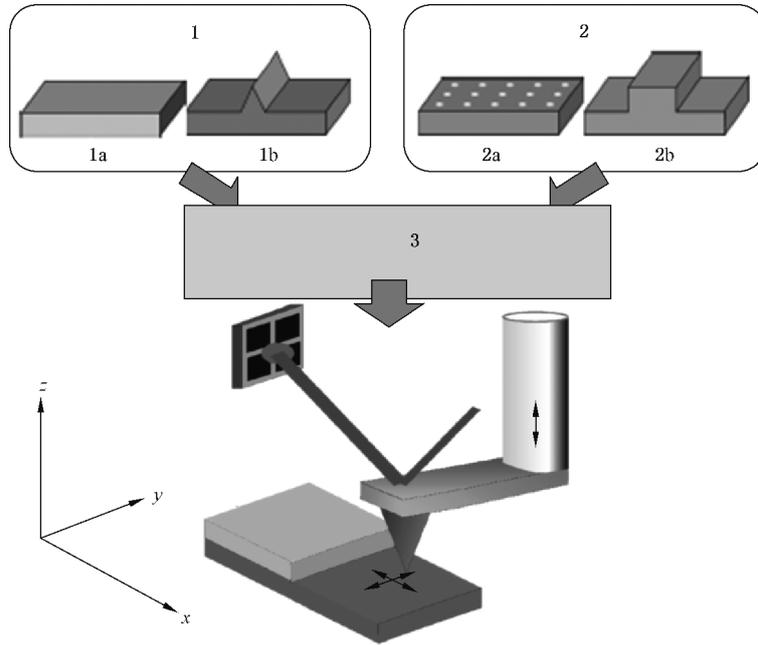
图 1 SPM 的溯源链

SPM 是以逐点扫描方式工作的测量装置,它使用一个尖端足够尖锐的探针,通过利用局域物理相互作用(如量子隧道效应,原子或分子间作用力,或电磁波近场模式)来描绘被测物体的表面。探针与被测物体在平面(以下称为 $x-y$ 平面)内按特定的方式^[10]相对移动,与此同时采集相互作用的信号,并可用来控制探针与被测物体之间的距离。在本文件中,信号特指用来测定形貌的信号(以下称为“ z 信号”)。

本文件涵盖了为满足几何量测量所需的对 SPM 设备特性的必要检验,以及对运动轴(x, y, z)的校准^[11],即通过测量可溯源的横向、台阶高度和三维测量标样实现对长度单位的溯源(见图 2)。

本文件目的在于最高等级的坐标轴校准,因此主要用于高稳定性的 SPM。一般工业使用可能仅需

要略低等级的校准。



标引序号说明：

- 1 ——用于检验的测量标样；
- 1a——平面度；
- 1b——探针形状；
- 2 ——用于校准的测量标样；
- 2a——一维横向和二维横向；
- 2b——台阶高度；
- 3 ——用标准装置对测量标样进行校准(经认证的校准,测量值及其不确定度)。

图 2 用测试样品和标样检验校准 SPM

表面化学分析 扫描探针显微术 采用扫描探针显微镜测定几何量： 测量系统校准

1 范围

本文件描述了用于最高等级几何量测量的扫描探针显微镜(SPM)扫描轴的特征和校准方法,适用于提供进一步校准的测量系统,而不适用于校准等级需求较低的一般工业应用。

本文件旨在:

- 通过对长度单位溯源,提高 SPM 几何量测量结果的可比性;
- 明确校准程序及验收条件的最低要求;
- 确认被校准仪器的能力(赋予仪器“校准能力”所属的类别);
- 规定校准的范围(测量及环境条件、测量范围、时间稳定性、通用性);
- 根据 ISO/IEC Guide 98-3,提供模型来计算 SPM 测量中简单几何量的不确定度;
- 规定报告结果的要求。

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件;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。

ISO 11039 表面化学分析 扫描探针显微术 漂移速率测定(Surface chemical analysis—Scanning-probe microscopy—Measurement of drift rate)

ISO 18115-2 表面化学分析 词汇 第 2 部分:扫描探针显微术术语(Surface chemical analysis—Vocabulary—Part 2: Terms used in scanning probe microscopy)

注: GB/T 22461.2—2023 表面化学分析 词汇 第 2 部分:扫描探针显微术术语(ISO 18115-2:2021,MOD)

ISO/IEC Guide 98-3 测量不确定度 第 3 部分:测量不确定度表示指南(GUM:1995)
[Uncertainty of measurement—Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)]

注: GB/T 27418—2017 测量不确定度评定和表示(ISO/IEC Guide 98-3:2008,MOD)

IEC/TS 62622 纳米技术 人工光栅的描述、测量和尺寸质量参数(Nanotechnologies—Description, measurement and dimensional quality parameters of artificial gratings)

3 术语和定义

ISO 18115-2 和 IEC/TS 62622 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

扫描器畸变 scanner bow

当扫描器在 x - y 方向位移时,在 z 方向上引起的附加偏移。

注:扫描器畸变也称为“面外耦合运动”(见第 4 章中的 xtz 和 ytz)。