

《线宽型原子力显微镜 计量测试评价规范》

Specification for Metrological test and Evaluation of Critical
Dimensional Atomic Force Microscope

编制说明

线宽型原子力显微镜计量测试评价规范编制组

2026 年 10 月

一、背景

线宽型原子力显微镜（CD-AFM）以纳米线宽表面形貌为测量对象，利用扫描探针显微镜获取样品表面轮廓并进行线宽测量。随着半导体光掩模和集成电路制造对微纳尺寸测量的需求不断增加，对此类仪器的线宽及侧壁轮廓测量能力进行计量测试评价具有实际需要。

本规范所称 CD-AFM 包括使用靴形（Flared）探针、具备线宽及侧壁轮廓测量功能的原子力显微镜，以及以纳米线宽表面形貌为测量对象、经探针校准并具有纳米级线宽测量能力的原子力显微镜。靴形探针的几何形貌会影响侧壁轮廓和线宽测量结果；对于其他类型探针的原子力显微镜，探针校准结果及其线宽测量能力是开展评价的基础。

本规范基于上述适用范围，围绕仪器功能、计量特性和通用技术要求，规定 CD-AFM 计量测试评价的项目及方法，使具有不同结构和探针类型、但满足相应定义条件的仪器均可按本规范进行评价。

本规范规定的计量特性包括 X、Y 轴和 Z 轴位移测量误差、X、Y 坐标正交性、线宽测量示值误差、侧壁角测量示值误差、探针宽度校准重复性、探针垂直边缘高度（VEH）稳定性及 Z 向漂移。

为便于结合仪器状态和使用条件解释测试结果，本规范还规定了样机资料、样机数量及使用方式、测试环境、测试用设备、结果报告和测试评价建议等内容。

现有计量文件中，JJF 1351—2012《扫描探针显微镜校准规范》为相关方法提供基础。本规范结合 CD-AFM 的适用范围及线宽、侧壁轮廓测量特点，规定相应评价项目；线宽测量示值误差可根据仪器结构、探针类型、探针校准情况及可获得的数据，选用截距提取法、表面重建法或探针特征参数法之一进行测试。

二、任务来源及起草过程

该项目主要任务来源为国家市场监督管理总局质量强链项目，起草单位为同济大学、中国计量科学研究院、中国航空工业集团公司北京长城计量测试技术研究所；参加起草单位为上海市计量测试技术研究院、中国电子科技集团公司第十三研究所。

本规范为首次制定。编制组根据线宽型原子力显微镜计量测试评价工作的需要，确定规范适用范围和主要技术内容，积极组织开展产品调研和测量实验。

编制组围绕规范的适用对象和评价目标，梳理相关计量技术文件及原子力显微镜的探针和测量特点，并结合产品调研与测量实验，确定本规范的适用范围、评价项目及相应测试方法。

编制过程中，针对使用靴形探针并具备线宽及侧壁轮廓测量功能的原子力显微镜，以及

经探针校准后具有纳米级线宽测量能力的原子力显微镜，统一规范其计量测试评价要求；对线宽测量示值误差设置可选测试方法，并明确方法选择及结果记录要求。

三、制定规范主要参考的文件和依据

本规范制定主要参照 JJF 1016-2014《计量器具型式评价大纲编写导则》进行编制，由 JJF1001-2011《通用计量术语及定义》、JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》、JJF 1094-2002《测量仪器特性评定》和 JJF 1351—2012《扫描探针显微镜校准规范》共同构成支撑本规范制定工作的基础性系列规范。其中，JJF 1351—2012 为扫描探针显微镜的相关测量方法提供参考；本规范结合 CD-AFM 的适用范围及线宽、侧壁轮廓测量需求，规定相应评价项目和方法。

四、编写原则

1. 依照本项目的具体要求制定线宽型原子力显微镜计量测试评价规范，在内容和格式上与总局提供的模板保持一致。评价规范的具体内容有范围、引用文件、术语和计量单位、概述、功能要求、计量特性、通用技术要求、计量测试评价项目、提供样机的数量及样机的使用方式、计量测试评价条件、计量测试评价方法、结果报告、测试评价及建议、测试中断与异常情况处理、计量测试评价记录格式。

2. 编写原则：力争项目合理，方法可行，评价全面、科学、准确。

五、主要编写内容及主要技术关键

主要编写内容：

1. 本规范适用于使用靴形（Flared）探针、具备线宽及侧壁轮廓测量功能的原子力显微镜，或以纳米线宽表面形貌为测量对象、经探针校准并具有纳米级线宽测量能力的原子力显微镜（以下简称 CD-AFM）的计量测试评价。规范规定相关术语、仪器概述、功能要求和通用技术要求。
2. 计量特性包括 X、Y 轴和 Z 轴位移测量误差、X、Y 坐标正交性、线宽测量示值误差、侧壁角测量示值误差、探针宽度校准重复性、探针垂直边缘高度（VEH）稳定性及 Z 向漂移；通用技术要求涉及环境适应性、电源适应性、文件资料和外观结构。
3. 测试评价部分规定样机及资料要求、环境条件和计量测试用设备，并给出功能检查、

位移测量误差、坐标正交性、线宽测量示值误差及侧壁角测量示值误差等测试方法。线宽测量示值误差按仪器结构、探针类型、探针校准情况及可获得的数据，选择截距提取法、表面重建法或探针特征参数法中的一种适用方法进行测试；每种标准线宽样品均按规范规定的测点数量进行测量，并按相应方法处理数据。

4. 本规范还规定结果报告和测试评价及建议的内容。报告应记录测试条件、采用的测试方法、测量结果及必要说明，并结合测试数据和环境条件对仪器技术状态进行评价。
5. 本规范的测试内容包括位移、坐标正交性、线宽、侧壁角、探针特征参数、稳定性以及环境和电源适应性等。测试时应按照规范规定的样板、测点、扫描条件和数据处理方法实施；线宽测量示值误差应注明所选方法，并据实记录原始数据和计算结果。

主要技术关键：

1. CD-AFM 的探针结构和校准情况与线宽测量结果相关。本规范针对不同仪器结构、探针类型及可获得数据，设置截距提取法、表面重建法和探针特征参数法三种可选测试方法，使满足适用范围的不同原子力显微镜均可选择适用路径开展线宽测量示值误差评价。
2. 针对线宽测量中的线宽测量示值误差测试需求，专门研制了纳米线宽标准样板，解决原子力显微镜的线宽测量误差测试问题，也为被测对象的全面技术评估提供了技术方法依据。
3. 本规范在制定过程中，编制组依据国内外资料、相关标准和实验数据，按照科学合理、易于操作的原则，编制形成征求意见稿。

《线宽型原子力显微镜计量测试评价规范》

编制组