



中华人民共和国地方计量技术规范

JJF (冀) 213-2023

关键尺寸扫描电子显微镜校准规范

Calibration Specification for Critical Dimension Scanning Electronic
Microscopes

2023-8-2 发布

2023-11-1 实施

河北省市场监督管理局 发布

关键尺寸扫描电子显微镜校准规范

Calibration Specification for Critical

Dimension Scanning Electronic Microscopes

JJF (冀) 213-2023

归口单位：河北省市场监督管理局

主要起草单位：中电国基北方有限公司

参加起草单位：河北美泰电子科技有限公司

本规范委托起草单位负责解释

本规范主要起草人：

韩志国 （中电国基北方有限公司）

吴爱华 （中电国基北方有限公司）

李锁印 （中电国基北方有限公司）

赵琳 （中电国基北方有限公司）

许晓青 （中电国基北方有限公司）

张晓东 （中电国基北方有限公司）

参加起草人：

冯亚南 （中电国基北方有限公司）

张家欢 （中电国基北方有限公司）

苏日丽 （河北美泰电子科技有限公司）

目 录

目录.....	I
引言.....	II
1 范围.....	1
2 引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 概述.....	2
5 计量特性.....	2
6 校准条件.....	3
7 校准项目和校准方法	3
8 校准结果表达.....	4
9 复校时间间隔.....	4
附录 A 测量结果不确定度评定示例.....	5

引 言

JJF1071《国家计量校准规范编写规则》、JJF1001《通用计量术语及定义》、JJF1059.1《测量不确定度评定与表示》共同构成支撑本规范制订工作的基础性系列规范。

本规范为首次制订。

关键尺寸扫描电子显微镜校准规范

1 范围

本规范适用于放大倍数 20k~200k 的关键尺寸扫描电子显微镜（CD-SEM）的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF1071 国家计量校准规范编写规则

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规范。

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本规范。

3.1 线宽 line width

线条两侧平均线边缘之间的距离。

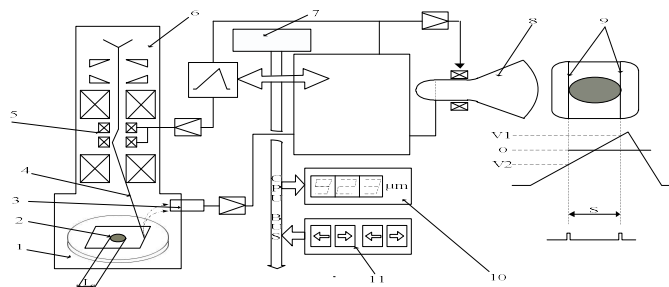


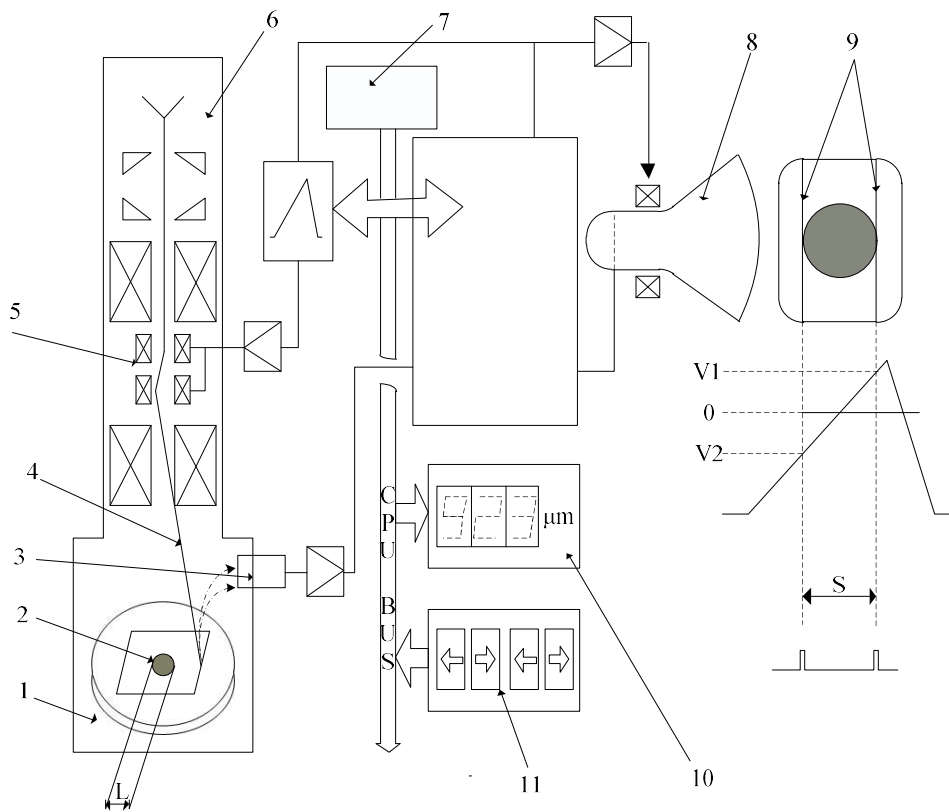
图1 线宽的定义示意图

3.2 线宽标准样板 line width reference artifact

具有单一或多种线宽量值的样板。

4 概述

关键尺寸扫描电子显微镜是一种具有高分辨力、可以自动定位并测量纳米级线条宽度的仪器。其测量原理为：在高真空的环境下，电子枪高压引出高压电流形成电子束轰击样品表面产生二次电子束，将二次电子信号转换成图像，通过专业量测软件对需要量测的线条进行测量，最终获得被测线条线宽值。该仪器通常应具有样片自动传输、自动调焦、图形自动对准、自动定点测量、测量数据自动保存上传等功能，一般用于微电子行业中各类线条宽度的测量。其结构示意图 2。



1.腔体；2.样品；3.探测器；4.电子束；5.偏转线圈；6.电子枪；
7.CPU；8.显示器；9.标线；10.尺寸显示；11.控制器。

图2 关键尺寸扫描电子显微镜结构示意图

5 计量特性

5.1 示值误差

5.2 重复性

6 校准条件

6.1 环境条件

环境温度： $20^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ ；

相对湿度：30%~70%；

洁净度：优于 ISO7 级；

周围无影响仪器正常工作的电磁场、机械振动、无强光（杂散光）干扰。

6.2 校准用标准器

校准用标准器见表 1。

表 1 校准用标准器

名称	技术要求
线宽标准样板	量值范围：22nm~200nm 扩展不确定度： $U=3.0\text{nm}$ ， $k=2$ 。

注：允许使用满足测量不确定度要求的其他标准样板进行校准。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准前准备

关键尺寸扫描电子显微镜应标明名称、型号、制造商、编号等，外形结构应完好。校准前，仪器应满足使用要求，校准用线宽标准样板应在测量环境中等温不少于半小时。关键尺寸扫描电子显微镜应在其性能稳定后再进行校准。

7.2 校准方法

7.2.1 示值误差

校准时，选择合适的放大倍率，在包含测量范围下限和上限在内的至少 4 个位置进行测量。调整样品台，旋转标准样板使线条沿着竖直方向，线宽测量方向沿着图像的 X 轴。记录扫描图像以及对应的放大倍数，对图像上 X 方向的线宽进行测量，每个测量点在相同位置重复测量 10 次，以 10 次测量值的平均值作为该点测量结果，与线宽样板标准值进行比较，进而确定该点的示值误差。

将样品台旋转 90° ，使线条沿着图像 Y 轴，按照 X 方向线宽测量方法测量

Y方向的线宽，计算示值误差。

示值误差按公式（1）计算

$$E = \frac{\sum_{i=1}^{10} w_i}{10} - w_0 \dots\dots\dots (1)$$

式中：

E ——示值误差，单位：nm；

w_i ——关键尺寸扫描电子显微镜单次测量线宽样板的结果，单位：nm；

w_0 ——线宽样板的标准值，单位：nm。

7.2.2 重复性

校准方法同 7.2.1，按下式计算重复性，选择两个方向中重复性的最大值做为关键尺寸扫描电子显微镜的重复性。

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (w_i - \bar{w})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

s ——重复性，单位：nm；

w_i ——关键尺寸扫描电子显微镜单次测量线宽样板的结果，单位：nm；

\bar{w} ——10次测量平均值，单位：nm。

8 校准结果表达

校准结果应在校准证书上反映，校准证书信息应符合 JJF1071 中 5.12 的要求。测量不确定度评定示例见附录 A。

9 复校时间间隔

送校单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔，建议复校时间间隔为 12 个月。

附录 A

关键尺寸扫描电子显微镜示值误差测量结果不确定度评定示例

A.1 测量方法

关键尺寸扫描电子显微镜示值误差采用线宽标准样板直接测量获得。

A.2 测量模型

根据测量方法，用标准样板对关键尺寸扫描电子显微镜校准时，测量结果可以表示为：

$$E = \frac{\sum_{i=1}^{10} w_i}{10} - w_0$$

式中：

E ——示值误差，单位：nm；

w_i ——关键尺寸扫描电子显微镜单次测量线宽样板的结果，单位：nm；

w_0 ——线宽样板的标准值，单位：nm。

A.3 测量不确定度来源

测量结果的不确定度主要来源于两个方面：

(1) 测量重复性引入的标准不确定度分量， u_1 ；

(2) 线宽标准样板引入的不确定度分量， u_2 。

A.4 不确定度评定示例

以标称宽度为 22nm 的线宽标准样板为例，详细阐述测量不确定度的评定过程。其它尺寸类同，可参考。

A.4.1 测量重复性引入的标准不确定度分量

使用关键尺寸扫描电子显微镜对标称 22nm 的线条重复测量 10 次，测量结果如下：23.8nm、23.5nm、24.7nm、22.9nm、22.5nm、21.7nm、23.3nm、21.9nm、22.0nm、22.7nm。测量重复性为 0.95nm，平均值的测量重复性引入的不确定度分量为：

$$u_1 = \frac{0.95\text{nm}}{\sqrt{10}} = 0.32\text{nm}$$

A.4.2 线宽标准样板引入的不确定度分量

线宽标准样板引入的不确定度分量主要由标准样板证书给出的不确定度、样板放置倾斜引入的不确定度和样板稳定性引入的不确定度组成。

A.4.2.1 线宽标准样板证书给出的不确定度分量

标称宽度为 22nm 的线宽样板的不确定度为 3nm，包含因子 $k=2$ ，因此，线宽标准样板引入的不确定度分量为：

$$u_{21} = 1.5\text{nm}$$

A.4.2.2 线宽标准样板放置倾斜引入的不确定度分量

通过查阅相关文献了解到，由于样板放置倾斜引入的误差不超过 1.0nm，按照均匀分布进行估计，则线宽标准样板放置倾斜引入的不确定度分量为：

$$u_{22} = \frac{1.0\text{nm}}{\sqrt{3}} = 0.58\text{nm}$$

A.4.2.3 线宽标准样板稳定性引入的不确定度分量

通过对样板考核的经验数据发现，22nm 线宽标准样板的稳定性优于 1.0nm，按照均匀分布进行估计，则线宽标准样板稳定性引入的不确定度分量为：

$$u_{23} = \frac{1.0\text{nm}}{\sqrt{3}} = 0.58\text{nm}$$

A.4.2.4 标准样板引入的不确定度为

$$u_2 = \sqrt{u_{21}^2 + u_{22}^2 + u_{23}^2} = 1.7\text{nm}$$

A.4.5 合成标准不确定度

由于各分量互不相关，所以合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} = 1.8\text{nm}$$

A.4.6 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，得扩展不确定度为：

$$U = k \cdot u_c = 3.6\text{nm}。$$

