

XXXX–XX–XX 实施

中华人民共和国国家计量技术规范

JJF××××—××××



台阶仪校准规范

Calibration Specification for Step Height Stylus Profilers

（征求意见稿）

XXXX–XX–XX发布

**国 家 市 场 监 督 管 理 总 局发布**

台阶仪校准规范



Calibration Specification for

Step Height Stylus Profilers

**JJF**××××–××××

归口单位：全国几何量工程参量计量技术委员会

主要起草单位：

中国计量科学研究院

南京市计量院监督检测院

浙江省质量科学研究院

参加起草单位：

深圳市中图仪器股份有限公司

上海微纳计量技术有限公司

本规范委托全国几何量工程参量计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

（中国计量科学研究院）

（中国计量科学研究院）

**（**南京市计量院监督检测院**）**

**（**浙江省质量科学研究院**）**

（中国计量科学研究院）

（深圳市中图仪器股份有限公司）

（上海微纳计量技术有限公司）

参加起草人：

目录

[引 言 Ⅱ](#_Toc8881)

[1 范围 1](#_Toc8379)

[2 引用文件 1](#_Toc6976)

[3 术语 1](#_Toc5297)

[4 概述 2](#_Toc5297)

[5 计量特性 3](#_Toc22667)

[5.1 仪器外观通用技术要求 3](#_Toc31463)

[5.2 仪器各部分相互作用 3](#_Toc3782)

[5.3 仪器扫描导轨的直线度 3](#_Toc21567)

[5.4 仪器测量重复性 3](#_Toc21567)

[5.5 仪器示值误差 3](#_Toc21567)

[6 校准条件 3](#_Toc27335)

[6.1 环境条件 4](#_Toc29641)

[6.2 校准项目和校准用标准器及配套设备 4](#_Toc11936)

[7 校准项目和校准方法 4](#_Toc2416)

[7.1 校准的一般原则 4](#_Toc28723)

[7.2 仪器外观 5](#_Toc19141)

[7.3 仪器各部分相互作用 5](#_Toc28979)

[7.4 仪器扫描导轨的直线度 6](#_Toc29545)

[7.5 仪器测量重复性 7](#_Toc29545)

[7.6 仪器示值误差 7](#_Toc29545)

[9 校准结果的表达 10](#_Toc1141)

[9 复校时间间隔 10](#_Toc25013)

[附录 A 台阶仪示值差校准结果的测量不确定度评定示例 11](#_Toc21117)

[附录 B 台阶高度标准样板和台阶规的外观及部分技术要求 14](#_Toc31102)

[附录 C 计量型微位移装置的主要技术要求 16](#_Toc8097)

[附录 D 校准证书内容及内页格式 17](#_Toc8097)

# 引 言

本规范依据JJF1001-2011《通用计量术语及定义》、JJF1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》和JJF1094-2002《测量仪器特性评定》共同构成支撑被规范制定工作的基础性系列规范。

台阶仪是一种接触式测量的精密仪器，主要用于台阶高度、沟槽深度、膜层厚度、表面粗糙度等表面微观轮廓参数的测量，也称为触针式台阶测量仪、触针式轮廓仪或探针式轮廓仪，在本规范中统称为台阶仪。

制定本规范主要是解决台阶仪计量特性的校准，本规范为首次发布。

台阶仪校准规范

1　范围

本规范适用于垂直方向测量范围至1000m的台阶仪的校准。

2　引用文件

本规范参考了下列文件：

JJF 1071-2010 国家计量校准规范编写规则

JJF 1105-2018 触针式表面粗糙度测量仪校准规范

GB/T 19600-2004 产品几何技术规范（GPS） 表面结构 轮廓法 接触（触针）式仪器的校准

GB/T 19067.1-2003 产品几何技术规范（GPS） 表面结构 轮廓法 测量标准 第1部分：实物测量标准

GB/T 6062-2009 产品几何技术规范（GPS） 表面结构 轮廓法 接触（触针）式仪器的标称特性

GB/T 33523.701-2017 产品几何技术规范(GPS)表面结构 区域法 第701部分：接触(触针)式仪器的校准与测量标准

使用本规范时，应注意使用上述引用文献的现行有效版本。

3　术语

下列术语和定义适用于本校准规范。

3.1 表面形貌 （Surface Topography）

表面几何形状宏观和微观的三维变化，由表面形状、波纹度和粗糙度组成。

3.2 表面结构 （Surface Texture）

来自几何表面的重复或偶然的特征，这些轮廓特征形成该表面的三维形貌。

3.3 表面轮廓 （Surface Profile）

探针与被测实际表面相交所得的扫描轨迹轮廓。

3.4 轨迹轮廓 （Traced Profile）

探针在被测表面的法向截面内探针头部中心点的移动轨迹，该探针具有理想的几何形状、标准尺寸和标准测力。

3.5 台阶高度（台阶深度）（Step Height/Step Depth）

具有微纳尺度台阶状表面几何结构形式，以台阶面轮廓线与台阶两侧基面轮廓拟合线间的垂直高度（垂直深度）来表征。

3.6 台阶高度（台阶深度）标准样板（Step Height/Depth Standard）

具有台阶状高度几何结构形式和微纳台阶高度量值的实物传递标准样板。

3.7 台阶规（Step Height Gauge）

具有多台阶状几何结构形式和多台阶高度量值的实物传递阶差规。

4　概述

台阶仪是一种具有亚埃级垂直分辨力的接触式微观表面形貌测量仪器，测量时探针（针尖半径为微米级、测力为毫克级）接触被测物表面，被测物随工作台做一维或两维扫描运动，探针随表面轮廓起伏做垂直上下运动，通过对微位移传感器得到的表面轮廓电信号转换和软件处理将轮廓曲线可视化呈现以供分析被测表面轮廓几何特征（台阶高度或沟槽深度）。该仪器通常由主框架机构、XY向样品扫描工作台、Z向接触位移机构、探针单元、测力控制单元、微位移测量单元、信号处理单元和数据处理单元等组成，其微位移测量单元通常采用差动电容式、电感式和光电式传感器。台阶仪主要用于台阶高度、沟槽深度、膜层厚度、台阶状结构等表面微小几何形状的测量，在半导体、微电子、面板显示、MEMS微机电等先进制造行业广泛应用。

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| 图1 仪器外观示意图 | 图2 仪器工作原理图 |
| 1-仪器罩；2-工作窗；3-样品台；4-Z向升降台；  5-XY向位移台；6-仪器框架；7-视窗盖；8-探针 | |

5 计量特性

5.1 仪器外观通用技术要求

5.1.1 仪器应有名称、型号规格、编号、制造厂名（厂标或商标）等通用标志。

5.1.2 仪器外观不应有影响正常使用的缺陷。

5.2 仪器各部分相互作用

5.2.1 各运动机构功能检查

仪器XY向扫描位移台、Z向升降位移台、探针接触被测样品等各机构相互作用是否正常的功能检查。

5.2.2 探针性能检查

使用专用图形结构对探针针尖损伤、是否粘附污物等性能完好性进行检查。

5.2.3 探针扫描位置正确性检查

使用专用图形结构对探针实际扫描位置正确性进行检查。

5.3 仪器扫描导轨的直线度

使用平面平晶对仪器常用扫描轴的直线度进行测量。

5.4 仪器测量重复性

使用台阶高度标准样板对仪器常用量程档位的测量重复性进行测量。

5.5 仪器示值误差

使用台阶高度标准样板或计量型微位移装置对仪器不同量程档位对台阶高度测量的示值误差进行测量，对示值误差校准结果的测量不确定度要求见表1。

表1 示值误差测量不确定度要求

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 垂直测量范围 | 示值误差测量不确定度 |
| 1 | *H*≤5 m | *U*=0.002m+0.8%*H*，*k*=2 |
| 2 | 5 m＜*H*≤100m | *U*=0.005m+1.5%*H*，*k*=2 |
| 3 | 100m＜*H*≤1000m | *U*=0.010m+2.0%*H*，*k*=2 |

6 校准条件

6.1 环境条件

校准过程中环境条件见表2。

表2 校准环境条件

|  |  |
| --- | --- |
| 校准室内的温度(℃) | 20±2 |
| 室温的变化(℃/h) | ≤0.5 |
| 校准室的相对湿度(％RH) | 50±20 |
| 大气气压（Pa） | 1013±30 |
| 外界震动和气流 | 室内无影响测量的振动、气流扰动等干扰因素 |
| 仪器和校准用标准器在室内平衡温度时间(h) | ≥6 |
| 仪器开机后稳定时间(h) | ≥3 |

6.2 校准项目和校准用标准器及配套设备

校准过程使用的校准标准器及配套设备见表3。

表3 校准项目和主要校准设备

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 校准项目 | 主要校准设备和准确度等级 | 首  次  校  准 | 后  续  校  准 |
| 1 | 仪器外观 | 目视检查 | ＋ | ＋ |
| 2 | 仪器各部分相互作用 | 专用图形标准样板 | ＋ | ＋ |
| 3 | 仪器扫描导轨的直线度 | 平面平晶，1级 | ＋ | － |
| 4 | 仪器测量重复性 | 台阶高度标准样板 | ＋ | ＋ |
| 5 | 仪器示值误差 | （0-200）m内，台阶高度标准样板或计量型微位移装置 | ＋ | ＋ |
| （200-1000）m内，台阶规 | ＋ | － |
| 注：表中“＋”表示建议应校准项目；“－”属非必须校准项目。 | | | | |

7 校准项目和校准方法

7.1 校准的一般原则

台阶仪主要用于微纳尺度表面轮廓垂直高度尺寸测量，按照其具有较高垂直分辨力、较小测力的仪器特性，依照其核心微位移传感器的线性度变化将仪器量程一般为几微米、十几微米、百多微米和一千微米，在中小量程内使用半导体工艺制造的台阶高度标准样板或计量型台阶校准装置进行校准，在大量程内使用台阶规进行校准。

7.2 仪器外观

检查仪器外观，确认没有影响正常使用的缺陷和校准计量特性的因素。

7.3 仪器各部分相互作用

7.3.1各运动机构功能检查

对仪器XY向扫描位移台、Z向升降位移台进行运动功能检查，运动行程是否满足，移动是否平稳；对探针接触被测样品表面的功能进行检查，针尖可正常逼近样品并稳定悬停。

7.3.2 探针性能检查

使用具有V形图案台阶样板对探针针尖损伤、是否粘附污物等性能完好性进行检查。

图示, 工程绘图

描述已自动生成

（a） （b）

图3 探针性能检查示意图

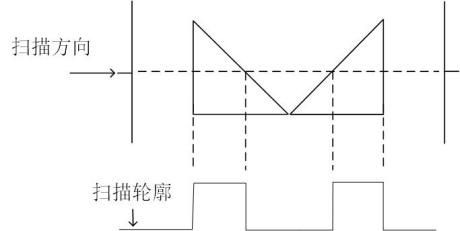
台阶仪通常选用针尖半径为（0.5~10）m、角度为（20~60）°的圆锥探针 ，典型探针针尖半径为2m、锥角为60°，其探针几何形状将直接影响扫描所得表面轮廓正确性及台阶量值准确性，因而测量前需对探针进行性能检查。

将探针沿图3所示扫描线方向对V形（a或b图形任选其一）进行台阶扫描，探针针尖的6个不同位置分别与台阶边缘接触，若针尖几何形状完好则轮廓曲线如图所示台阶等间距对称，若针尖有损伤、污物等因素而不完好则轮廓曲线呈现不规则或有缺失。此时需对针尖进行清洁或更换后重新测量。

7.3.3 探针扫描位置正确性检查

使用具有两等腰直角三角形图案台阶样板对对探针实际扫描位置正确性进行检查。

台阶仪扫描位置如出现偏差就无法准确定位到被测结构上，无法实现对微小结构的精确测量，因而测量前需对探针进行扫描接触位置正确性检查，确保探针接触点与显示屏上光学视窗中心对准。

手机屏幕截图

中度可信度描述已自动生成

图示

描述已自动生成（a） （b）

（c）

图4 探针扫描位置正确性检查示意图

将光学中心与扫描起始点均定位于图4（a或b图形任选其一）所示扫描线交点处，探针沿过三角形中心线的扫描方向进行台阶扫描，若光学与探针接触中心无偏差则得到轮廓曲线如图所示两个宽度为三角形边长一半的等宽台阶，若两台阶宽度不为三角形边长一半则说明两系统有偏差，可根据台阶宽度值来计算位移台偏移量。通过软件输入（x,y）偏移量对扫描位置进行补偿修正后，重复上述操作再次检查。

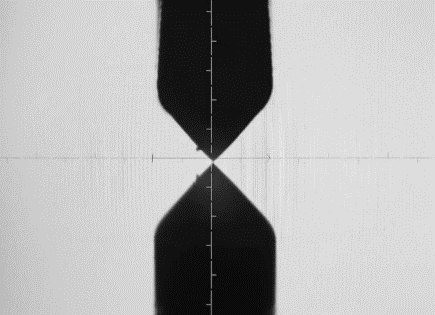
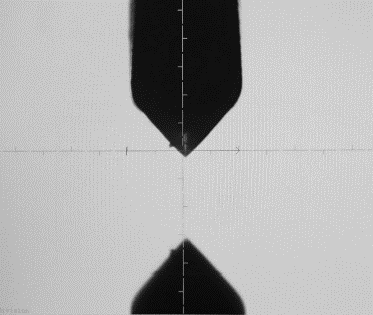


图5 探针逼近与接触位置正确的示意图（侧视图）

7.4 仪器扫描导轨的直线度

使用1级平面平晶对仪器常用扫描轴的直线度进行测量。

将平晶放置于样品台，设置合适的仪器量程参数（量程范围和测力）和扫描参数（扫描方向、扫描长度、扫描速度、扫描次数和采样率），扫描长度应超过位移台行程的二分之一。首先进行粗测，根据得到的轮廓曲线的倾斜方向，通过调整样品台将平晶调平，然后重新测量，以测得的轮廓曲线的峰谷值（*Pt*值）作为直线度测量结果。

7.5 仪器测量重复性

使用台阶高度标准样板对仪器常用量程的测量重复性进行测量，通常选择包括仪器最小量程在内的1~2个量程，每个量程在有效测量范围的1/3或1/2处进行测量。

选用合适高度的标准样板，放置于样品台中心位置，匹配设置仪器量程参数（量程范围和测力）和扫描参数（扫描方向、扫描长度、扫描速度、扫描次数和采样率）。扫描位置选取样板提示标识的中心位置，扫描长度至少在台阶宽度的（3~5）倍区间内，对测得的轮廓曲线计算得到台阶高度测量结果。

在同一扫描位置重复测量10次，对10次台阶高度测得值按贝塞尔公式计算实验标准偏差*s*，并作为该量程测量重复性的测量结果。

 （1）

式中：—第*i*次测量时台阶高度测量结果；

—10次测量结果的算术平均值；

—重复测量次数，*n*=10。

以所测不同量程结果中的最大值作为仪器测量重复性的校准结果。

7.6 仪器示值误差

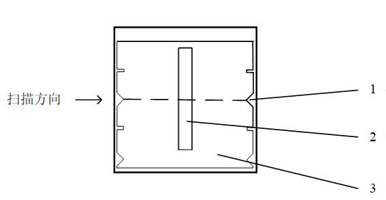
使用台阶高度标准样板或计量型微位移装置对仪器不同量程档位对台阶高度测量的示值误差进行测量。

7.6.1 使用标准样板校准仪器示值误差

7.6.1.1 校准方法和校准过程

使用系列台阶高度标准样板一组对仪器不同量程下台阶高度测量示值误差进行测量，通常选择在仪器总量程（0~70）%、包括仪器最小量程在内的2~3个量程，每个量程内至少2个受检点。

选用台阶高度标准样板放置于样品台中心位置，匹配设置仪器量程参数（量程范围和测力）和扫描参数（扫描方向、扫描长度、扫描速度、扫描次数和采样率）。扫描位置选取样板中心有效测量区域内、样板标识中心线或样板溯源证书中标识位置在内、间隔为（50~200）m 的3条扫描线，扫描长度至少在台阶宽度的（3~5）倍区间，对测得的原始轮廓曲线（未做粗糙度和波纹度滤波）计算得到台阶高度测量结果。每条扫描线重复测量三次，以平均值为该扫描位置的测量结果，以三个扫描位置代数平均值为该台阶校准点的示值结果。



1-样板中心标识和扫描线；2-台阶面；3-样板基面；

图6 测量扫描位置示意图

仪器校准点的示值按公式（2）计算，

 （2）

仪器校准点的示值误差按公式（3）计算，

 （3）

式中：—台阶校准点的示值误差；

—校准点的台阶测量示值；

—标准样板的标准值（溯源证书值）。

仪器校准点的相对示值误差按公式（4）计算，

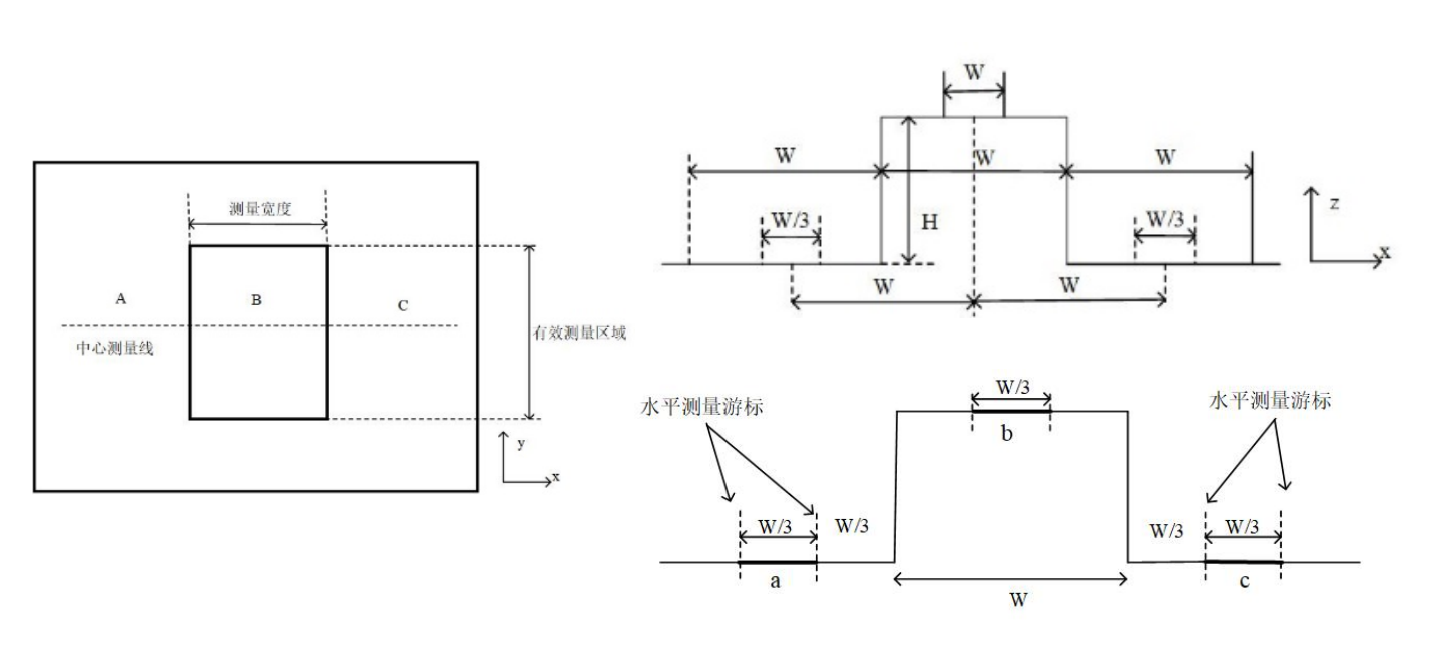
 （4）

以所测各校准点示值误差中的最大值作为该量程的示值误差，分别测得各量程的示值误差作为仪器示值误差的校准结果。

7.6.1.2 台阶高度评价方法

台阶高度的评价方法依照3W准则进行计算。

依据所用台阶样板的台阶宽度确定扫描长度和评价长度，通过探针扫描得到台阶样板的轮廓曲线，选取台阶左右两基面各距台阶根部1/3台阶宽度远、且为1/3台阶宽度的轮廓线作为台阶评价的拟合基准线，并以此将测得轮廓曲线的倾斜调平；以台阶面中心1/3台阶宽度的轮廓线拟合为台阶线；计算两拟合直线间的垂直高度，作为台阶高度的测量结果。也可分别计算台阶左右两个的高度值，以*H左*和*H右*的平均值为台阶高度的测量结果。



(b)

(c)

(a)

图7 台阶高度评价3W准则示意图

7.6.2 使用计量型微位移装置校准仪器示值误差

计量型微位移装置固定在台阶仪样品台，并Z轴归零；设置匹配的仪器扫描参数，经粗测后调整样品台将装置上表面调平。启动台阶仪进行直线扫描，在扫描长度*L*/3的位置控制计量型装置产生垂直高度为*H*的微位移，在扫描长度2*L*/3的位置控制计量型装置归零回到垂直零点。此测量过程中探针作水平运动，计量型装置作垂直上下运动，台阶仪所测得曲线为单台阶轮廓曲线，模拟了台阶样板的测量过程。

在台阶仪处理软件中计算台阶高度，计算过程和方法与7.6.1中相同，仪器校准点的示值误差按公式（5）计算，

 （5）

式中：—台阶校准点的示值误差；

—校准点的台阶测量示值；

—计量型微位移装置的示值。

7.6.3 示值误差测量也可用满足测量不确定度要求的其它方法进行。

8 校准结果表达

经校准后的光台阶仪，应出具校准证书。校准证书应给出各项校准项目的测量结果及测量不确定度。校准证书包括的信息应符合JJF 1071-2010中5.12的要求，校准证书至少应包含附录A所含的信息。

9 复校准时间间隔

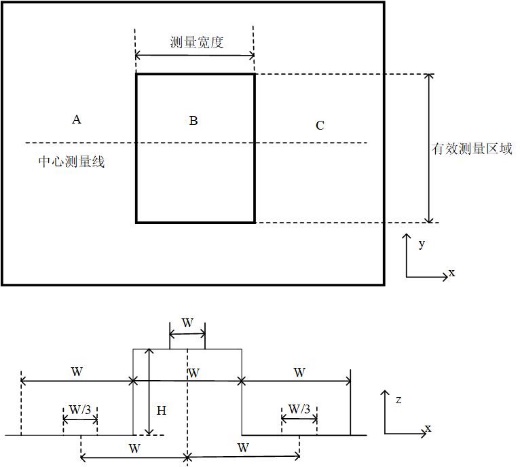
在复校时间间隔由用户根据实际使用情况自行决定，在定期进行期间核查的条件下，建议复校时间间隔一般不超过1年。

# 附录A

台阶仪示值误差校准结果的测量不确定度评定示例

A.1 测量方法

图示

描述已自动生成依据本规范，台阶仪的校准是根据被校台阶仪的测量范围，选择一系列不同标称高度的台阶标准样板和节距标准样板。用台阶仪对其进行测量，按3W原则利用台阶仪的测量值与样板标准值计算得到台阶仪的垂直方向示值误差。

（b）

（a）

图A1 台阶高度评价3W准则示意图

A.2 台阶高度测量结果的测量不确定度评定

A.2.1 数学模型

台阶仪垂直方向示值误差*eh*为：



式中：

*H* —— 台阶高度测量值，单位为nm；

 ——台阶高度标准样板的标准值，单位为nm；

*△t* ——环境温度偏离参考温度20 ℃的数值；

*Α* —— 标准样板的线膨胀系数。

C.2.2 合成标准不确定度的确定

台阶仪测量台阶高度样板时，示值误差测量结果的不确定度分量主要包括：台阶高度标准样板引入的不确定度u1、台阶仪测量重复性引入的不确定度u2、台阶仪垂直方向测量分辨力引入的不确定度u3、 由于温度变化引起的测量样板尺寸变化的不确定度u4。且各分量相互独立不相关，则合成标准不确定度为：



A.2.3 台阶高度标准样板引入的不确定度

台阶高度标准样板的扩展不确定度为 *U*=1.0nm+1.0×10-5*H*,*k*=2。则台阶高度标准样板引入的不确定度为：

表A.1 台阶高度标准样板引入的不确定度

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 台阶高度标准样板标准值 | 87.8 nm | 921.9 nm | 49.387 m | 499.05m |
|  | 1.0 nm | 1.0 nm | 1.5 nm | 6.0 nm |

A.2.4 台阶仪测量重复性引入的不确定度

对样板同一位置重复测量10次，用贝塞尔公式计算标准偏差s, 则台阶仪测量重复性引入的不确定度为：

表A.2 台阶仪测量重复性引入的不确定度

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 台阶高度标准样板标准值 | 87.8 nm | 921.9 nm | 49.387 m | 499.05m |
|  | 0.1 nm | 0.2 nm | 0.9 nm | 5.1 nm |

A.2.5 台阶仪垂直方向测量分辨力引入的不确定度

台阶仪的垂直方向测量分辨力为0.1nm, 按均匀分布，则台阶仪分辨力引入的不确定度为：



A.2.6 由于温度变化引起的测量样板尺寸变化引入的不确定度

测量时温度的变化将导致样板的几何尺寸发生变化，硅材料的膨胀系数a=2.5×10⁶ ℃-1, 测量时温度变化范围控制在±3 ℃,按均匀分布估计，则该不确定度分量为：



表A.3 由于温度变化引起的测量样板尺寸变化引入的不确定度

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 台阶高度标准样板标准值 | 87.8 nm | 921.9 nm | 49.387 m | 499.05m |
|  | 0.01nm | 0.01nm | 0.04nm | 0.44nm |

A.2.7 合成标准不确定度



A.2.8 扩展不确定度



表A.4 台阶高度测量结果测量扩展不确定度

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 台阶高度标准样板标准值 | 87.8 nm | 921.9 nm | 49.387 m | 499.05m |
|  | 1.0 nm | 1.0 nm | 1.5 nm | 6.0 nm |
|  | 0.1 nm | 0.2 nm | 0.9 nm | 5.1 nm |
|  | 0.03 nm | 0.03 nm | 0.03 nm | 0.03 nm |
|  | 0.01 nm | 0.01 nm | 0.04 nm | 0.44 nm |
|  | 1.0 nm | 1.0 nm | 1.8 nm | 7.9 nm |
|  | 1.2% | 0.1% | 0.1% | 0.1% |

附录B

台阶高度标准样板和台阶规的外观及部分技术要求

**B1 台阶高度标准样板**

图示, 工程绘图

描述已自动生成

图B1 样板台阶图形示意图

B1.1台阶高度标准样板的图形结构：台阶高度样板应具备单台阶或多台阶结构；应清晰标示主要扫描截面位置，以便于准确定位和测量。

B1.2样板表面粗糙度：台阶工作面的粗糙度常规应满足*Ra*不大于0.010μm。

B1.3样板材料和处理要求：样板常规以半导体工艺制备，以硅基硅片或石英材料为主；样板应具有良好的热稳定性和化学稳定性，以保证在不同环境条件下的可靠应用；样板表面经过表面处理，以减少环境污染物的吸附，以保长期稳定性；

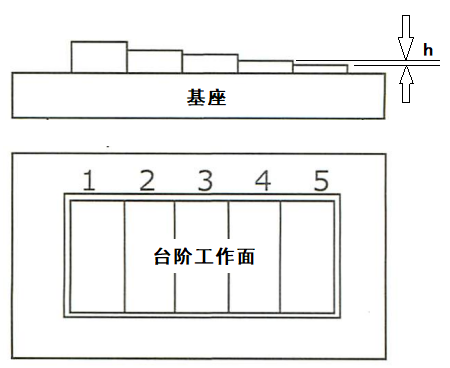
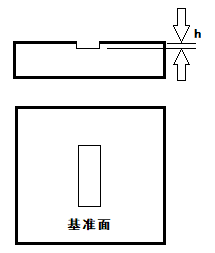
B1.4样板清洁和保养：样板使用前后应以不伤害台阶轮廓的前提下进行清洁以保护探针不受污染，轻微污染颗粒应用惰性气体吹除，必要时可使用丙酮擦除、超声震荡以及清洁胶等方式清洁以去除可能的污染物和残留物。

B1.5样板包装和存储：样板应使用适当的包装材料进行包装，以防止在运输和存储过程中的损坏。

**B2 台阶规**

B2.1台阶规的图形结构：台阶规应具有单台阶或多台阶不同结构，台阶工作面宽度不小于1mm，台阶工作面长度是其宽度的2倍以上。

B2.2台阶规工作面的表面粗糙度：*Ra*不大于0.02m。

B2.3台阶规工作面的平面度：不大于0.1m。

图B2 台阶规台阶图形示意图

附录C

计量型微位移装置的主要技术要求

C1 装置组成：计量型微位移装置由超光滑工作平面、柔性铰链驱动单元以及可直接溯源位移传感器（例如激光干涉仪）等组成。

C2 装置微位移范围：覆盖被检台阶仪的常规检测范围或者依据用户需求定制。

C3 装置产生微位移的测量不确定度：*U*=(0.2+0.04%*L*)nm，*k*=2。

C4 装置工作平面粗糙度：*R*a不大于0.02μm。

C5 装置工作平面倾斜角度：＜3μrad。



图C1 装置结构示意图

附录D

校准证书内容及内页格式

D.1校准证书应包括但不限于以下条目内容：

标题：校准证书；

实验室名称和地址；

进行校准的地点；

证书或报告编号、页码及总页数；

送检单位的名称和地址；

被校准仪器名称；

被校准仪器的制造厂、型号规格及编号；

校准所使用的计量标准名称及有效期；

本规范的名称、编号和对本规范的任何偏离、增加或减少的说明；

校准时环境温度与湿度情况；

校准项目的校准结果及不确定度；

校准人签名、核验人签名、批准人签名；

校准证书签发日期；

复校时间间隔的建议；

未经校准实验室书面批准，不得部分或全部复制校准证书。

D.2 推荐的校准证书内页格式见表D.1

表D.1 校准证书内页格式

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序 号 | 校准项目 | 校准结果 |
|
| 1 | 仪器外观 |  |
| 2 | 仪器各部分相互作用 |  |
| 3 | 仪器扫描导轨的直线度 |  |
| 4 | 仪器测量重复性 |  |
| 5 | 仪器示值误差 |  |
| 校准环境条件：  温度： ℃，湿度： %RH | | 校准地点： |
| 附注： | | |