

**中华人民共和国国家计量技术规范**

JJF××××─××××

晶圆级台阶高度/凹槽深度标准片校准规范Calibration Specification of Step Height / Groove Depth on Wafer Standards

（征求意见稿）

××××-××-××发布 ××××-××-××实施

**国 家 市 场 监 督 管 理 总 局** 发 布

**JJF ××××**─**××××**

晶圆级台阶高度/凹槽深度

标准片校准规范

**Calibration Specification of Step Height / Groove Depth on Wafer Standards**

Of Measuring Inside Dimension

归 口 单 位：全国几何量长度计量技术委员会

主要起草单位：

参加起草单位：

本规范委托全国几何量长度计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

参加起草人：

目 录

[引 言 II](#_Toc150453964)

[1 范围 1](#_Toc150453966)

[2 引用文件 1](#_Toc150453967)

[3 概述 1](#_Toc150453968)

[4 计量特性 2](#_Toc150453969)

[4.1 外观通用技术要求 2](#_Toc150453970)

[4.2 台阶高度/凹槽深度 2](#_Toc150453971)

[4.3 台阶高度/凹槽深度均匀性 2](#_Toc150453972)

[5 校准条件 3](#_Toc150453973)

[5.1环境条件 3](#_Toc150453974)

[5.2校准用设备 3](#_Toc150453975)

[6 校准项目和校准方法 4](#_Toc150453976)

[6.1 校准前准备 4](#_Toc150453977)

[6.2 台阶高度/凹槽深度 4](#_Toc150453978)

[6.3 台阶高度/凹槽深度均匀性 6](#_Toc150453979)

[7 校准结果表达 6](#_Toc150453980)

[8 复校时间间隔 6](#_Toc150453981)

[附录A 7](#_Toc150453982)

[附录B 8](#_Toc150453983)

# 引 言

本规范依据JJF 1001-2011《通用计量术语及定义》、JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》、JJF1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1094-2002《测量仪器特性评定》编制。

制定本规范的目的主要是解决我国微电子集成电路领域纳米尺度晶圆标准片上台阶高度/凹槽深度校准问题。

本规范为首次制定。

晶圆级台阶高度/凹槽深度标准片校准规范

1 范围

本规范适用晶圆级标准片的校准。包括晶圆级台阶高度标准片、晶圆级凹槽深度标准片的首次校准、后续校准和使用中检查。

2 引用文件

本规范引用下列文件：

JJF 1001-2011 通用计量术语及定义；

JJF 1059-1999 测量不确定度评定与表示；

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

GB/T 10610-2009 产品几何量技术规范（GPS） 表面结构 轮廓法 评定表面结构的规则和方法

GB/T 3505-2009 产品几何量技术规范（GPS） 表面结构 轮廓法 术语，定义及表面结构参数。

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（也包括所有的修改单）适用于本规范。

3 概述

晶圆级台阶高度/凹槽深度标准片（以下简称标准片）是用来校准微电子集成电路领域微纳表面形貌测量仪的标准器（见图1）。其基底为硅晶片，通过对其表面氧化膜刻蚀得到台阶结构，可适应于接触或非接触式的各类表面形貌显微测量装置。特征结构位于标准片的中心，可通过辅助图形帮助快速定位。

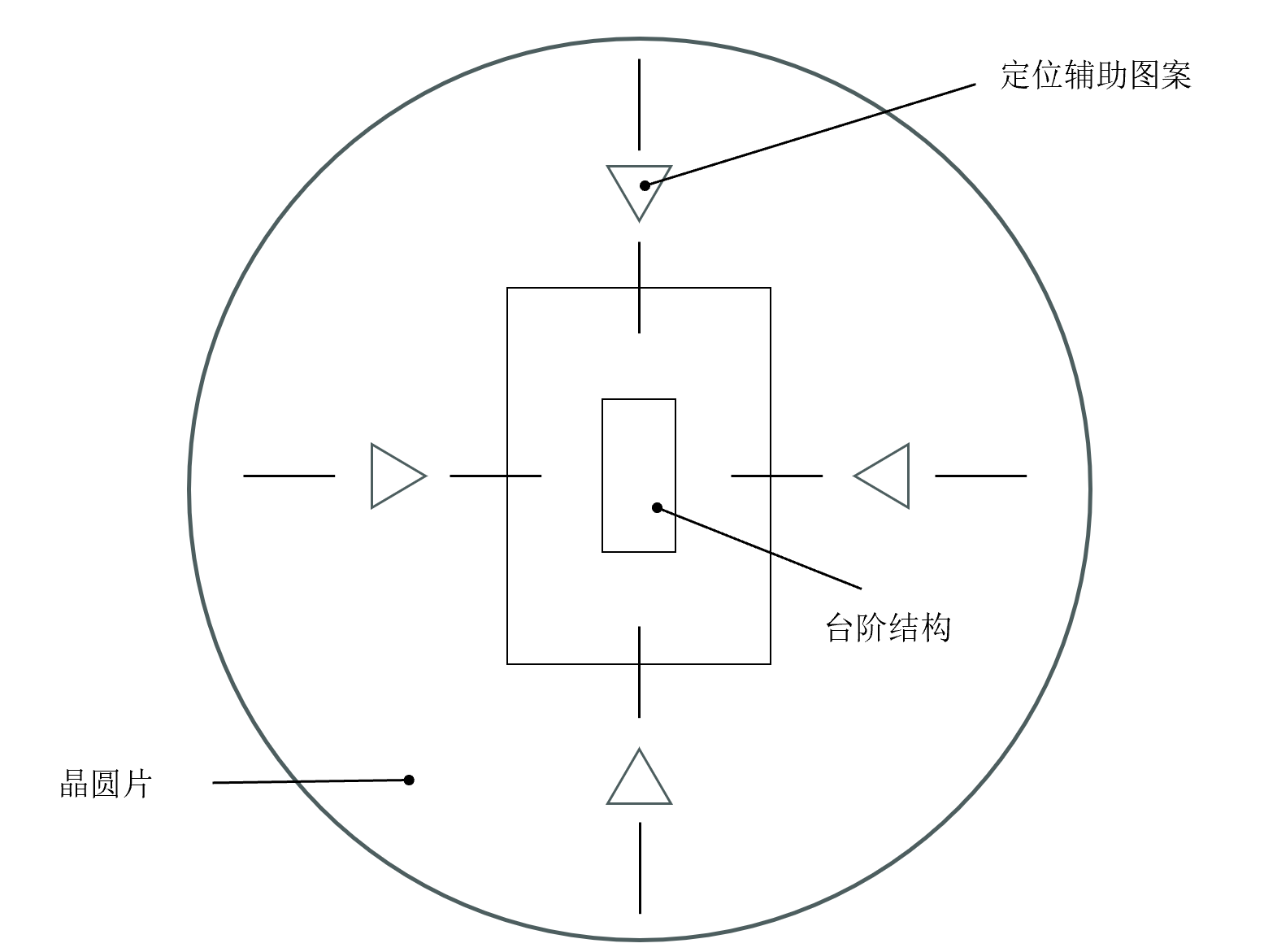


图1 标准片示例

4 计量特性

4.1 外观通用技术要求

标准片不应有影响测量的外观缺陷；标准片表面不应有影响测量的水渍、灰尘、油迹等污染；标准片的工作表面不应有腐蚀、碰伤、划痕、裂纹、磨损等表面缺陷；标准片应对图形区域、有效测量区域、测量位置等工作区域给予明确标识，以便于使用校准。

4.2 台阶高度/凹槽深度

台阶高度/凹槽深度值是上下平行表面几何结构中特定区域的垂直距离，用*d*来表示，如图2所示。通过对标准片上有效测量区域内不同位置多次测量的平均值进行评定。



图2 台阶高度/凹槽深度示意图

4.3 台阶高度/凹槽深度均匀性

台阶高度/凹槽深度均匀性是标准片有效区域内台阶高度值/凹槽深度值的一致程度，用*s*来表示。通过对标准片上有效测量区域内不同位置的多次测量值的标准偏差进行评定。

5 校准条件

5.1环境条件

|  |  |
| --- | --- |
| **项目名称** | **参数要求** |
| 环境温度 | （23±0.5）℃ |
| 温度变化 | ≤0.2℃/h |
| 相对湿度 | ≤60%RH |
| 空气洁净度 | 优于ISO CLASS 5  （洁净度标准ISO14644-1） |
| 外界杂散光 | 无 |
| 外界震动和气流 | 对校准无影响 |
| 说明：具体环境条件应满足客户校准需求，上述环境条件为一般通用要求。 | |

5.2校准用设备

校准设备为计量型晶圆级扫描探针显微镜，量值直接溯源至米定义SI单位，如图3所示，其特性指标见表1。

表1 晶圆标准片校准装置计量特性

|  |  |
| --- | --- |
| 项目 | 技术指标 |
| 测头噪音 | <0.1nm |
| 三维合成标准不确定度 | <2nm |



图3 晶圆标准片校准装置示意图

1、晶圆载物台；2、晶圆标准片；3、原子力探头；4、位移扫描器；5、干涉仪。

6 校准项目和校准方法

6.1 校准前准备

（1）被测标准片在实验室内恒温时间不少于12h；

（2）校准设备开机预热，稳定时间不少于2h；

（3）对校准设备、辅助工具进行清洁，更换专用载物台并调整水平，避免产生颗粒或金属离子污染；

（4）使用专用的辅助工具将膜厚标准片从晶圆盒中取出，确保膜厚标准片表面无颗粒、污损，并平稳放置于载物台上；

备注：整个操作过程应全程按照洁净室要求规范着装，同时建议2名或以上检定员分工协作，负责操作膜厚标准片的人员应避免佩戴专用洁净手套后接触具有污染风险的部件。

6.2 台阶高度/凹槽深度

将标准片固定在晶圆标准片校准装置的样品台上，调整标准片的水平和倾斜，使扫描X方向沿台阶/凹槽纵向结构进行，与仪器测量坐标系的X轴平行；Y方向沿台阶/凹槽横向进行，与仪器测量坐标系的Y轴平行；测头在标准片表面沿台阶/凹槽结构的法向截面轮廓进行扫描。在光学观测系统辅助下，调整至有效测量区域。选择标准片有效测量区域内均布的*n*（*n*≥5）个不同位置分别进行台阶高度/凹槽深度测量，在每个位置重复测量*m*（*m*≥3）次，如图4所示。



图4 标准片测量过程示意图

第*i*个测量位置的台阶高度/凹槽深度为该位置上*m*次测量的平均值，计算公式如下：

 （1）

式中：

—第*i*个测量位置的台阶高度值/凹槽深度值；

—第*i*个测量位置上第j次测量的台阶高度值/凹槽深度值；

*m* —第*i*个测量位置的测量次数。

标准片台阶高度/凹槽深度值为有效区域内*n*个测量位置的平均值，计算公式如下：

 （2）

式中：

—标准片台阶高度/凹槽深度测量结果；

—第*i*个测量位置的台阶高度值/凹槽深度值；

*n* ：测量区域内总的测量位置数。

6.3 台阶高度/凹槽深度均匀性

在6.2的测量数据的基础上，均匀性是*n*（*n*≥5）个位置测量值的标准偏差，台阶高度/凹槽深度均匀性计算公式和台阶高度/凹槽深度相对均匀性计算公式如下：

****** （3）

（4）

式中：*s*—标准片台阶高度/凹槽深度均匀性；

—标准片台阶高度/凹槽相对均匀性

—第*i*个测量位置的台阶高度值/凹槽深度值；

—标准片台阶高度/凹槽深度测量值；

*n* —测量区域内测量位置数。

7 校准结果表达

测量系统对标准片进行测量后，对被测标准片出具校准证书，并提供校准结果的测量不确定度。校准证书包括的信息应符合JJF 1071的要求。测量不确定度评定方法见附录C。

8 复校时间间隔

标准片的校准周期间隔可根据用户使用情况自行确定，在定期进行期间核查的条件下，建议校准周期间隔一般不超过1年。

**附录A**

校 准 证 书 内 容

A.1校准证书应包括以下内容

1.标题：校准证书；

2.实验室名称和地址；

3.进行校准的地点；

4.证书编号、页码及总页数；

5.送检单位的名称和地址；

6.被校对象的描述和明确标识；

7.进行校准的日期；

8.对校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；

9.校准所使用的计量标准名称及有效期；

10.校准环境的描述；

11.校准项目的校准结果；

12.校准结果的测量不确定度；

13.校准员、核验员、批准人签名；

14.校准证书签发日期；

15.复校时间间隔的建议；

未经实验室书面批准，不得部分复制校准证书

A.2 校准证书内页格式

校准证书内页格式见表A.1

表A.1 晶圆级台阶高度/凹槽深度标准片校准证书（内页）格式

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 样品编号 | 校准值 | 不确定度(*k*=2) | 均匀性 |
|  |  |  |  |

**附录B**

台阶高度/凹槽深度测量结果的不确定度评定

B.1测量模型：

台阶高度值是通过测量直接计算得到的，因此：



其中：

*y*为台阶高度的测量结果；

为通过测量计算得到的数值。

晶圆标准片校准装置使用激光干涉仪实现量值溯源至光波波长，必须考虑波长误差和干涉仪安装布局引入的误差，根据测量时的实际状态，综合分析对测量结果会产生影响的误差来源，分量如下：

(a) 多个位置多次测量引入的不确定度分量；

(b) 激光干涉仪波长误差引入的不确定度分量；

(c) 计量装置整体布局引入的不确定度分量；

(d) 环境、接触应力等因素引入的不确定度分量。

实验中环境、接触应力等因素引入的不确定度分量相比其它不确定度分量小一个数量级，可忽略不计，因此可得台阶高度的测量不确定度的数学模型为：



其中：

为多个位置多次测量引入的不确定度分量；

为激光干涉仪引入的不确定度分量；

为计量装置整体布局引入的不确定度分量。

B.2方差和灵敏系数

考虑到各输入分量彼此独立，其合成标准不确定度为：



其中、、为相应灵敏度系数，均取为1。



B.3 台阶高度/凹槽深度标准片不确定度的评定

B.3.1多个位置多次测量引入的不确定度分量

对选用的台阶高度标准片*n*个不同位置分别进行*m*次连续重复测量，计算测量结果的实验标准偏差，采用A类方法进行不确定度评定。

0.9nm

B.3.2激光干涉仪引入的不确定度分量

晶圆级标准片校准装置利用激光干涉仪进行测量，激光干涉仪引入的不确定度分量估计为nm，，采用B类方法进行评定。

nm

B.3.3计量装置整体布局引入的不确定度分量

计量装置的余弦误差、耦合误差等由装置结构布局引入不确定度分量估计约为0.8nm，按照均匀分布考虑，采用B类方法进行评定。

nm

B.3.4合成标准不确定度

在不改变测量条件的情况下，对被测膜厚片相同位置膜厚进行连续重复测量（测量5次），采用A类不确定度评定得到的标准偏差：

nm

B.3.5扩展不确定度

nm ()