

ICS 31.080.01

CCS L 40

T/CASME

团 体 标 准

T/CASME XXX—20XX

半导体热波晶圆量测设备性能测试方法

Test method for performance of semiconductor thermo
-wave wafer measurement equipment

(征求意见稿)

20XX—XX—XX 发布

20XX—XX—XX 实施

中国中小商业企业协会 发 布

目 次

1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 原理	1
4.1 激光激发与热波产生	1
4.2 二次谐波信号生成	1
4.3 信号检测与参数计算	2
5 测试条件	2
5.1 环境条件	2
5.2 电源要求	2
5.3 样品要求	2
6 仪器设备	2
7 样品	3
7.1 样品制备	3
7.2 样品标记	3
7.3 样品固定	3
8 测试方法	3
9 测试数据处理	4
9.1 数据记录	4
9.2 数据计算	4
9.3 数据校正	4
9.4 数据分析	4
10 质量保证和控制	4
10.1 人员要求	4
10.2 设备校准	4
10.3 样品管理	4
10.4 测试过程控制	4
10.5 数据审核	5
11 测试报告	5

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。

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×××提出。

本文件由中国中小商业企业协会归口。

本文件起草单位：×××、×××、×××。

本文件主要起草人：×××、×××、×××。

半导体热波晶圆量测设备性能测试方法

1 范围

本文件规定了半导体热波晶圆量测设备性能测试的原理、测试条件、仪器设备、样品、测试方法、测试数据处理、质量保证和控制以及实验报告等内容。

本文件适用于半导体热波晶圆量测设备的性能测试。

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。

GB/T 6379.2 测量方法与结果的准确度（正确度与精密度） 第2部分：确定标准测量方法重复性与再现性的基本方法

GB/T 17866 掩模缺陷检查系统灵敏度分析所用的特制缺陷掩模和评估测量方法准则

GB/T 34177 光刻用石英玻璃晶圆

GB/Z 42023.2 工业自动化设备和系统可靠性 第2部分：系统可靠性

JJF 1076 数字式温湿度计校准规范

NB/T 42120 低频振动传感器校准规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

半导体热波晶圆量测设备 semiconductor thermo-wave wafer measurement equipment

基于热波原理，通过检测激光激发产生的二次谐波信号，实现晶圆厚度、热导率及缺陷无损检测的设备。

4 原理

4.1 激光激发与热波产生

通过特定波长的激光照射晶圆表面，激光能量被晶圆材料吸收后转化为热能，在表面浅层区域产生周期性的温度变化，进而激发向内部传播的热波。

4.2 二次谐波信号生成

热波在晶圆内部传播时，若材料存在厚度差异、热导率变化或缺陷（裂纹、空洞），会导致热波的传播特性发生改变。当热波反射回表面时，会调制表面的热辐射或光学特性，产生与激光频率相关的二次谐波信号。

4.3 信号检测与参数计算

设备通过高灵敏度传感器捕捉二次谐波信号，结合热传导理论模型，对信号进行分析包括以下内容。

- a) 厚度测量。根据热波在晶圆上下表面反射的时间差或相位差，计算晶圆的物理厚度。
- b) 热导率测量。通过热波的衰减速率与传播距离的关系，反推材料的热导率参数。
- c) 缺陷检测。缺陷会导致热波信号异常（如信号强度突变或相位偏移），通过扫描晶圆表面的信号分布，定位缺陷位置并评估其类型。

5 测试条件

5.1 环境条件

5.1.1 温度要求

温度应控制在 $23 \pm 2^\circ\text{C}$ 范围内，且环境温度波动每小时不超过 0.5°C 。

5.1.2 湿度要求

湿度需保持在 $45\% \pm 5\%\text{RH}$ ，防止晶圆表面冷凝或静电吸附颗粒。

5.1.3 洁净度要求

洁净度需达到ISO 5级（Class 100）洁净室标准，空气中 $\geq 0.5\mu\text{m}$ 的颗粒数 ≤ 100 个/立方英尺，减少粉尘对热波信号的干扰。

振动控制要求振幅 $\leq 5\mu\text{m}$ 、频率 $\leq 10\text{Hz}$ ，设备需安装在防振平台上，避免机械振动导致热波信号采集偏差。

5.2 电源要求

供电电压为AC $220\text{V} \pm 10\%$ 、 50Hz ，需配备额定功率不低于设备总功耗1.5倍的交流稳压器，确保电压波动 $\leq \pm 2\%$ 。独立接地系统的接地电阻应 $\leq 4\Omega$ ，接地线缆截面积 $\geq 2.5\text{mm}^2$ ，以消除电磁干扰对热波信号处理电路的影响。

5.3 样品要求

5.3.1 样品材质要求

样品材质包括单晶硅（Si）、砷化镓（GaAs）、碳化硅（SiC）等半导体材料，表面无氧化层损伤。

5.3.2 晶圆尺寸

晶圆尺寸为 200mm 或 300mm ，表面平整度 $\leq 1\mu\text{m}$ ，边缘崩裂尺寸 $\leq 0.1\text{mm}$ ，避免因几何缺陷影响厚度与热导率测量精度。

5.3.3 样品储存条件

样品存储需置于充氮气的洁净晶圆盒中，存储环境温度 $23 \pm 3^\circ\text{C}$ 、湿度 $\leq 30\%\text{RH}$ ，防止表面污染或氧化。

6 仪器设备

半导体热波晶圆量测设备性能测试方法所涉及的仪器包括表1内设备。

表1 半导体热波晶圆量测设备性能测试仪器设备

设备名称	功能概述
热波晶圆量测设备	核心测试设备，配备激光激发源、红外探测器及信号处理系统，用于生成热波并采集二次谐波信号。
标准厚度晶圆	已知精确厚度的参考晶圆（如硅、砷化镓），用于厚度测量精度校准。
标准热导率晶圆	已知热导率的参考晶圆（如SiC），用于热导率测量精度校准。
标准缺陷晶圆	预置人工缺陷（如刻蚀微孔、裂纹）的晶圆，用于缺陷检测灵敏度验证。
真空吸附载台	表面平整度 $\leq 0.1\mu\text{m}$ ，真空度 $\geq 90\text{kPa}$ ，用于固定晶圆并确保贴合。
环境监控系统	实时监测温湿度（ $\pm 0.5^\circ\text{C}/\pm 5\%RH$ ）及振动（振幅 $\leq 5\mu\text{m}$ ），确保测试条件合规。
洁净室系统	维持ISO 5级（Class 100）洁净度，控制颗粒物干扰。

7 样品

7.1 样品制备

样品需采用SC-1（氨水-过氧化氢混合液）与SC-2（盐酸-过氧化氢混合液）标准清洗工艺去除表面颗粒与有机物，清洗后用去离子水冲洗并通过氮气吹干或旋转干燥法干燥，避免水渍残留。若测试对象为沉积薄膜的晶圆，需按制程要求完成薄膜制备（如化学气相沉积、物理气相沉积），并确保薄膜均匀性 $\leq \pm 1\%$ 。

7.2 样品标记

对样品进行唯一性标记，包括样品编号、材质、尺寸、制备日期等信息，以便于在测试过程中进行识别和记录。

7.3 样品固定

使用真空吸附式载台固定样品，载台表面平整度 $\leq 0.1\mu\text{m}$ ，真空度 $\geq 90\text{kPa}$ ，确保晶圆与载台紧密贴合。载台定位系统需满足X/Y轴移动精度 $\leq 50\mu\text{m}$ 、旋转角度偏差 $\leq 0.1^\circ$ ，并在接触表面覆盖聚四氟乙烯软垫，防止固定过程中划伤晶圆表面。

8 测试方法

半导体热波晶圆量测设备性能测试方法按照表2执行。

表2 半导体热波晶圆量测设备性能测试方法

测试项目	测试方法	执行标准
厚度测量精度	选取已知标准厚度的晶圆，使用半导体热波晶圆量测设备进行多次（不少于10次）测量，记录测量值，计算测量值与标准值的偏差和测量结果的重复性误差	GB/Z 42023.2
热导率测量精度	选取已知热导率的标准晶圆，按照设备操作规范进行热导率测量，重复测量多次（不少于10次），计算测量值与标准值的偏差和测量重复性	GB/T 6379.2
缺陷检测灵敏度	使用已知缺陷类型和位置的标准缺陷晶圆，通过设备进行扫描检测，记录设备检测到的缺陷数量、位置与标准缺陷晶圆实际情况对比，评估设备缺陷检测灵敏度	GB/T 17866
测量重复性	对同一晶圆在相同测试条件下，重复测量同一参数（如厚度、热导率等）多次（不少于10次），计算测量结果的标准偏差，评估测量重复性	GB/T 6379.2
测量再现性	在不同时间、不同操作人员、不同设备状态下，对同一晶圆进行相同参数测量，计算测量结果的差异，评估测量再现性	GB/T 6379.2

测试项目	测试方法	执行标准
扫描速度	设定设备扫描参数，对指定晶圆进行扫描，记录扫描完成时间，根据晶圆尺寸和扫描区域计算实际扫描速度，与设备标称扫描速度对比	本文件
空间分辨率	使用具有特定图案（如不同间距的线条或孔洞）的标准晶圆，通过设备扫描成像，观察设备能够分辨的最小图案尺寸，评估空间分辨率	GB/T 34177

9 测试数据处理

9.1 数据记录

在测试过程中，应详细记录各项测试参数、测量数据以及实验条件等信息，包括样品编号、测试项目、测试方法、仪器设备的型号和参数、测量数据的原始记录等，确保数据完整性和可追溯性。

9.2 数据计算

根据不同的测试项目和要求，运用相应的数学公式和方法对测量数据进行计算和处理，包括对光束质量的计算、信号信噪比的计算、缺陷检测精度的计算等，以获得准确的测试结果。

9.3 数据校正

考虑环境因素、仪器误差等因素对测试结果的影响，对测量数据进行必要的校正和补偿，包括温度校正、背景噪声扣除等，以提高数据的准确性和可靠性。

9.4 数据分析

对处理后的数据进行统计分析和趋势分析，运用图表、曲线等直观的方式展示数据的特点和变化规律，评估设备的性能指标是否符合要求，并对测试结果进行解释和说明。

10 质量保证和控制

10.1 人员要求

测试人员应具备相关的专业知识和技能，熟悉半导体热波晶圆量测设备的原理和操作方法，经过专业的培训和考核，并取得相应的资格证书。

10.2 设备校准

半导体热波晶圆量测设备性能测试方法设备校准应符合表3的规定。

表3 半导体热波晶圆量测设备性能测试方法设备校准要求

仪器设备名称	校准方法	校准周期
热波晶圆量测设备	依据GB/Z 42023.2，使用标准厚度/热导率晶圆验证信号响应偏差及重复性	12个月
标准厚度晶圆	通过高精度椭圆仪或干涉仪溯源至国家计量标准	每批次使用前
标准热导率晶圆	采用激光闪射法（LFA）复测热扩散率并换算热导率	每批次使用前
标准缺陷晶圆	使用SEM或AFM对标称缺陷尺寸/位置进行复验	12个月
真空吸附载台	激光干涉仪校准平面度（ $\leq 0.1\mu\text{m}$ ）；真空表校准压力（ $\geq 90\text{kPa}$ ）	6个月
环境监控传感器	温湿度传感器按JJF 1076校准；振动传感器按NB/T 42120校准	12个月

10.3 样品管理

严格控制样品的质量和状态，确保样品的制备、存储和运输过程符合标准要求，避免样品受到污染、损伤或变形等因素的影响，从而影响测试结果的准确性。

10.4 测试过程控制

在测试过程中，应严格按照本标准规定的测试方法和步骤进行操作，确保测试过程的规范化和标准化。同时，对测试过程中的各项参数和数据进行实时监控和记录，及时发现和纠正可能出现的异常情况，保证测试结果的可靠性和有效性。

10.5 数据审核

建立严格的数据审核制度，对测试数据进行多次审核和验证，确保数据的真实性和准确性。审核内容包括数据的完整性、合理性、一致性等方面，对于不符合要求的数据应及时进行复查和修正。

11 测试报告

测试报告应包括以下内容。

- a) 测试样品的基本信息，如型号、编号、生产日期等。
- b) 测试环境条件，包括温度、湿度、洁净度等。
- c) 测试仪器设备的型号、参数及校准状态。
- d) 测试步骤及原始数据记录。
- e) 数据处理结果。
- f) 测试结果分析及结论。
- g) 测试人员和审核人员签名及日期。
- h) 附件，包括测试过程中记录的原始数据、图表、校准证书等复印件，以及其他需要说明的文件。