

ICS 31.080.01

CCS L 40

T/CASME

团 体 标 准

T/CASME XXX—20XX

半导体二谐波晶圆检测设备性能测试方法

Test method for performance of semiconductor second harmonic
wafer inspection 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	二次谐波信号强度与空间分布测试原理	1
4.2	非线性光谱分析原理	1
4.3	时间相关二次谐波 (TD-SHG) 检测原理	2
4.4	电场感应二次谐波 (EFISH) 测试原理	2
4.5	空间分辨率测试原理	2
4.6	重复性与准确性测试原理	2
4.7	环境适应性测试原理	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	3
9.1	数据记录	3
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	4
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：×××、×××、×××。

半导体二谐波晶圆检测设备性能测试方法

1 范围

本文件规定了半导体二谐波晶圆检测设备性能测试的测试条件、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测试报告等内容。

本文件适用于半导体制造过程中使用的二谐波晶圆检测设备的性能测试。

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 2423.1 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验A：低温

GB/T 2423.2 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验B：高温

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 14549 电能质量 公用电网谐波

GB/T 24337 电能质量 公用电网间谐波

GB/T 34177 光刻用石英玻璃晶圆

GB/T 41853 半导体器件 微机电器件 晶圆间键合强度测量

SJ/T 11394 半导体发光二极管测试方法

3 术语和定义

GB/T 24337界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

半导体二谐波晶圆检测设备 semiconductor second harmonic wafer inspection equipment

利用二谐波信号对半导体晶圆进行检测的设备，通过激发、采集并分析晶圆界面和表面产生的二谐波信号，对晶圆的缺陷进行表征和诊断。

4 原理

4.1 二次谐波信号强度与空间分布测试原理

利用共聚焦拉曼成像显微镜，以 1064nm 激光入射晶圆表面，通过旋转检偏器记录反射光的偏振态及信号强度，生成二维强度分布图。由于晶圆不同区域（如氮化镓晶圆中镓富集区域）的材料特性存在差异，其产生的二次谐波信号强度也会不同，从而可通过信号强度差异定位缺陷。

4.2 非线性光谱分析原理

调谐基频光波长（800–1200nm），采集二次谐波信号并绘制光谱曲线。基于材料的非线性光学特性，不同的缺陷类型及能级结构会使二次谐波信号的特征峰位置和强度出现差异，通过对这些特征的分析可识别缺陷类型及能级。

4.3 时间相关二次谐波（TD-SHG）检测原理

采用飞秒激光器激发晶圆，配合时间分辨技术记录信号衰减曲线。飞秒激光的超短脉冲特性能够与晶圆界面的物理过程相互作用，通过分析信号衰减曲线可提取界面态密度等参数，从而了解界面的性质。

4.4 电场感应二次谐波（EFISH）测试原理

对晶圆施加直流偏压（500–1500V），测量二次谐波的相位变化。由于电场会对二次谐波信号产生影响，通过相位变化可提取平带电压等电学参数，这涉及到电-光效应。

4.5 空间分辨率测试原理

使用具有微纳结构（如 $0.1\mu\text{m}$ 光栅）的标准晶圆，通过扫描检测设备能否分辨该最小特征尺寸，以此来验证设备的空间分辨率能力。

4.6 重复性与准确性测试原理

4.6.1 重复性原理

对同一区域进行至少 10 次重复测量，计算信号强度的标准差。标准差越小，说明设备在重复测量时的稳定性越高，即重复性越好。

4.6.2 准确性原理

将测量值与标准样品（如已知杂质浓度的晶圆）的真值进行对比，评估测量值与真值的偏差。偏差越小，说明设备测量的准确性越高。

4.7 环境适应性测试原理

分别在 GB/T 2423.1 规定的低温条件和 GB/T 2423.2 规定的高温条件下，测试设备的性能波动情况。通过考察设备在不同环境温度下的性能表现，评估其环境适应性。

5 测试条件

5.1 环境条件

温度应控制在 $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ，湿度应保持在 $40\% \pm 10\%$ ，并确保实验环境的洁净度达到 ISO Class 5 级以上，以避免空气中的颗粒物对检测结果产生干扰。

5.2 电源要求

设备应连接到稳定可靠的电源，电压波动范围应小于 $\pm 1\%$ ，频率应为 $50\text{Hz} \pm 1\text{Hz}$ ，接地电阻应小于 1Ω 。

5.3 样品要求

所用样品应为经过清洗和预处理的半导体晶圆，表面无油污、灰尘等杂质，晶圆的尺寸应符合设备的检测要求，且厚度均匀，表面平整度应达到 $\pm 0.1\mu\text{m}$ 以内。

6 仪器设备

半导体二谐波晶圆检测设备性能测试方法所涉及的仪器包括以下设备。

a) 半导体二谐波晶圆检测设备。对半导体晶圆进行检测，通过激发、采集并分析晶圆界面和表面产生的二谐波信号，对晶圆的缺陷进行表征和诊断。

b) 共聚焦拉曼成像显微镜。用于二次谐波信号强度与空间分布测试，使用1064nm激光入射晶圆表面，旋转检偏器记录反射光偏振态及信号强度，生成二维强度分布图。

c) 飞秒激光器。用于时间相关二次谐波（TD-SHG）检测，激发晶圆并配合时间分辨技术记录信号衰减曲线，提取界面态密度等参数。

7 样品

7.1 样品制备

选取具有代表性的半导体晶圆作为样品，其材质可以是硅、砷化镓等常见半导体材料，尺寸应符合设备的检测要求，直径为100mm、150mm或200mm等。在制备过程中，应确保晶圆表面清洁、无损伤，且经过适当的预处理，如抛光、清洗等，以消除表面的初始缺陷和杂质对检测结果的影响。

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

将样品安装在设备的样品台上，确保其位置准确、稳定，且与光学系统的光轴垂直，以保证检测光束能够均匀照射到晶圆表面。

8 测试方法

半导体二次谐波晶圆检测设备性能测试方法按照表1执行。

表1 半导体二次谐波晶圆检测设备性能测试方法

测试项目	测试方法	执行标准
二次谐波信号强度与空间分布测试	使用共聚焦拉曼成像显微镜，以1064nm激光入射晶圆表面，旋转检偏器记录反射光偏振态及信号强度，生成二维强度分布图。例如，氮化镓晶圆中镓富集区域的信号强度差异可定位缺陷。	SJ/T 11394
非线性光谱分析	调谐基频光波长（800–1200nm），采集二次谐波信号并绘制光谱曲线，分析特征峰位置和强度以识别缺陷类型及能级。	GB/T 24337
时间相关二次谐波（TD-SHG）检测	采用飞秒激光器激发晶圆，通过时间分辨技术记录信号衰减曲线，提取界面态密度等参数。	GB/T 41853
电场感应二次谐波（EFISH）测试	对晶圆施加直流偏压（500–1500V），测量二次谐波相位变化以提取平带电压等电学参数。	GB/T 14549
空间分辨率测试	使用微纳结构标准晶圆（如0.1 μm光栅），扫描检测设备能否分辨最小特征尺寸。	GB/T 34177
重复性与准确性测试	对同一区域进行至少10次重复测量，计算信号强度标准差（重复性）；与标准样品（如已知杂质浓度晶圆）对比，评估测量值与真值偏差（准确性）。	GB/T 6379.2
环境适应性测试	在GB/T 2423.1规定的低温条件下，测试设备性能波动； 在GB/T 2423.2规定的低温条件下，测试设备性能波动	GB/T 2423.1 GB/T 2423.2

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，确保数据的完整性和可追溯性。

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，熟悉半导体二谐波晶圆检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

半导体二谐波晶圆检测设备性能测试方法设备校准应符合表2的规定。

表2 半导体二谐波晶圆检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
半导体二谐波晶圆检测设备	1. 按设备说明书及校准规范对光学系统、信号采集模块等关键部件进行功能验证与参数标定 2. 采用标准晶圆样品进行检测精度验证	1. 每次测试前 2. 定期校准：每季度一次
共聚焦拉曼成像显微镜	1. 激光波长校准：使用波长计测量1064nm激光波长偏差 2. 偏振态检测模块校准：通过标准偏振片验证检偏器角度精度 3. 成像分辨率校准：扫描标准微纳结构样品	1. 每次测试前（激光波长、偏振模块） 2. 定期校准：每年一次（光学系统整体性能）
飞秒激光器	1. 脉冲宽度校准：使用自相关仪测量激光脉冲宽度 2. 重复频率校准：通过频率计数器验证输出频率 3. 能量稳定性校准：使用能量计连续监测激光输出能量	1. 每次测试前（脉冲宽度、重复频率） 2. 定期校准：每半年一次（能量稳定性）

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。
-