

国家标准《硅片氧沉淀特性的测定 间隙氧含量减少法》 编制说明（征求意见稿）

一、工作简况

1. 标准立项目的和意义

集成电路产业是国家重要的基础性、先导性和战略性新兴产业，半导体材料是集成电路的基础，是国家重点发展和扶持的产业。本标准适用产品是硅单晶片，属于半导体材料领域，是《中国制造 2025》中强化工业基础能力中的核心关键基础材料领域。

氧原子含量是表征直拉单晶硅性能的重要技术参数，其含量的大小影响半导体器件的性能和成品率。器件工艺的热循环过程使间隙氧发生沉淀现象，沉淀的氧有吸附杂质的能力，在硅片表面形成洁净层，从而提高器件的性能和成品率。相反，这种污染（通常是金属杂质），如果不被清除，就会降低器件的制造良率和性能。而氧的沉淀特性与初始氧含量的大小有关，因此，通过热循环的模拟实验，获得硅片的氧沉淀特性，对硅单晶生产和硅器件的生产具有指导性作用。

近年来，和氧沉淀特性相关的参数 BMD 已经被越来越多的半导体晶片下游企业识别出来，特别是 8 英寸及以上大尺寸硅片。通过氧沉淀特性研究有利于指导改进单晶拉制工艺以获得合适范围的初始氧含量，以获得理想的氧沉淀量、从而匹配更高端的硅片。生产满足符合标准要求的产品，从而为企业创造最大化的、持久的经济效益。

本标准的建立，通过热循环的模拟实验，获得硅片的氧沉淀特性，对硅单晶生产和硅器件的生产具有指导性作用。通过硅片氧沉淀特性的研究，获得特定位置、特定氧含量范围的硅单晶硅片来进行产品的匹配，进而提高硅片整体质量和集成电路芯片的成品率，进一步提升技术迭代升级都有着重要的意义。特别是在目前的国际形势下，对于发展我国自己的大直径、高质量半导体硅片，彻底摆脱在半导体材料和器件方面的落后状态更是有着重要的作用。

经过本次对《硅片氧沉淀特性的测定-间隙氧含量减少法》修改之后，达到与国际标准接轨，实现标准的先进性和实用性，如：原标准界定了硅片样品初始氧含量相近和较宽所对应的两种测量结果计算方法。但对初始氧含量范围“相近”和“较宽”没有量化指标，不具备可操作性。本次修订将明确规定实验组初始氧含量区分的量化标准。在很大程度上促进科技成果转化为生产力的进程。

2 任务来源

根据国家标准化管理委员会、工业和信息化部及中国有色金属工业协会的工作要求，按照(国标委法〔2023〕58号)的要求，由麦斯克电子材料股份有限公司负责国家标准《硅片氧沉淀特性的测定-间隙氧含量减少法》的修订工作。计划编号为国标委发[2023]58号 20231107-T-469,要求 2025 年完成。

3 主要工作过程

3.1 起草阶段

本项目在下达计划后，组织了专门的标准编制小组收集并翻译SEMI MF1239-0305《硅片氧沉淀特性的测试 间隙氧还原法》及SEMI MF1188-1107《硅中间隙氧原子含量的测试 短基线 红外吸收法》全文，对原国家标准GB/T 19444-2004《硅片氧沉淀特性的测定-间隙氧含量减少法》和GB/T 1557《硅晶体中间隙氧含量的红外吸收测量方法》及GB/T 14144《硅晶体中间隙氧含量径向变化测量方法》全文进行了详细的研究，确定了相应的修订内容，于2024年5月完成标准讨论稿，提交到全国半导体设备和材料标准化技术委员会材料分技术委员会秘书处。

4 项目承担单位概况

麦斯克电子材料有限公司成立于1995年，是一家集直拉单晶硅、硅切磨片、硅抛光片以及与之相配套的技术研发、生产、检测为一体的综合性半导体硅材料专业生产企业。公司主要生产4、5、6、8英寸电路级单晶硅抛光片，生产规模大、技术水平先进，在20多个国家和地区有产品销售和服务。

公司技术和管理团队核心人员均有数十年的行业从业经验，有着丰富的理论和实践经验，主要研发人员具有较强的自主研发和创新能力，研发领域涵盖单晶拉制、硅片切割、腐蚀、背封、抛光、清洗、检测等硅片所有加工工序。公司建有省级企业技术中心，专职研发人员达到86人，其中高级工程师7人，中级工程师50人，硕博士36人。

公司通过智能工厂升级改造，建成国内外领先的数字化大规模集成电路硅基底材料智能制造工厂，使产品技术及性能指标达到国际领先水平，被工信部评为“智能制造试点示范企业”，带动行业传统制造模式的智能化升级。

5 标准主要起草人及起草工作

本标准由方丽霞、陈卫群等组成标准编制组。起草人均从事硅抛光片制造行业多年，有丰富硅抛光片生产经验。起草人的工作包括收集和整理相关文献资料，测试不同掺杂种类、不同电阻率范围的晶片样品，开展平行试验数据收集整理、分析工作，撰写标准和相关文件等。

二、标准编制原则及确定主要内容的确定依据

1 编制原则

本标准的修订主要根据材料的发展情况对其适用范围和技术要点内容进行了必要的

修改。

2 确定标准主要内容的依据

根据最新的国内外标准及生产实际，本次修改的主要内容及依据如下：

2.1 完善范围

原标准对硅片氧沉淀测定方法没有界定适用范围，依据 GB/T 1557-2018 《硅晶体中间隙氧含量的红外吸收测量方法》，在范围中增加“可适用于室温电阻率大于 $0.5 \Omega \cdot \text{cm}$ 的 p 型硅单晶片及室温电阻率大于电阻率高于 $0.1 \Omega \cdot \text{cm}$ 的 n 型硅单晶 CZ 硅单晶片，其厚度、电阻率和表面光洁度可允许通过红外吸收来测定氧浓度，其氧浓度可产生可测量的氧损失”。

2.2 完善规范性引用文件

“GB/T 14143 300~900 μm 硅片间隙氧含量红外吸收测量方法”已作废，所以从规范引用文件中删除；

在规范性引用文件中增加了“GB/T 14264 半导体材料术语”和“GB/T 4058 硅抛光片氧化诱生缺陷的检验方法”；

2.3 增加术语和定义

根据国家标准最新格式要求，增加术语和定义

2.4 增加干扰因素

根据国家标准最新格式要求，增加干扰因素。干扰因素的内容参考了标准“GB/T 1557-2018 《硅晶体中间隙氧含量的红外吸收测量方法》”和“SEMI MF1239-0305 《硅片氧沉淀特性的测试 间隙氧还原法》”

2.5 增加试剂或材料

删除原标准第 5 节 试剂与气体、增加到 6 试剂或材料。增加后的内容符合现标准工艺条件。

2.6 完善仪器和设备

根据目前硅片氧沉淀特性测定的工艺要求在仪器设备中增加“7.3 四氟花篮”“7.4 腐蚀机或抛光机”、“7.5 氮气吹扫装置”、“7.6 激光刻字机”；

2.7 增加测试条件

根据国家标准最新格式要求，增加测试条件。测试条件的内容参考了标准“GB/T 1557-2018 《硅晶体中间隙氧含量的红外吸收测量方法》”

2.8 完善试验步骤

在步骤中增加 9.3.1 “每个最终氧浓度记录在与初始氧浓度相同的数据表上。建议的表格格式“表一”；

因目前热处理炉的通用管径在 220mm，所以修改实验步骤中表 2 硅片氧沉淀热处理试验工艺中气体流量的技术指标；

2.9 完善测量结果计算

原标准界定了硅片样品初始氧含量相近和较宽所对应的两种测量结果计算方法。但对初始氧含量范围“相近”和“较宽”没有量化指标，不具备可操作性。本次修订将明确规定实验组初始氧含量区分的量化标准。参考依据“SEMI MF1239-0305 《硅片氧沉淀特性的测试 间隙氧还原法》”

在测量结果计算中增加 10.2.2.4 “每组测试的平均氧减少量与平均初始氧浓度的曲线示例（图一）”。

2.10 完善实验报告

根据国家标准最新格式要求，完善试验报告

3 修订前后技术内容的对比

项目/类别	原标准	创新内容	原因和意义
内容	缺少“术语和定义”、“干扰因素”、“仪器设备”“测试环境条件”等内容	增加“术语和定义”“干扰因素”“仪器设备”“测试环境条件”	与现行国标要求接轨
适用范围	对硅片的范围没有明确规定	适用范围是“室温电阻率大于 0.5 $\Omega \cdot \text{cm}$ 的 p 型硅单晶片及室温电阻率高于 0.1 $\Omega \cdot \text{cm}$ 的 n 型硅单晶片 CZ 硅单晶片”。	修改后标准的适用范围更明确
测量结果计算规定的两种方法的适用范围	1、初始氧含量相近使用方法①。 2、初始氧含量较宽使用方法②	1、当所需的目标氧浓度已知，每个测试组具有相同的目标氧浓度，以及每个组中测得的氧浓度值范围小于 4 ppma（IOC-88）时定义为：初始氧含量相近。 2、当所需的目标氧浓度已知，每个测试组具有不同的目标氧浓度，以及每个组中测得的氧浓度值范围大于 4 ppma（IOC-88）时定义为：初始氧含量较宽。	原标准对测量结果计算两种方法的适用范围界定没有可操作性，不利于行业内统一操作方法

测量结果计算的试验数据	无	加入硅片用间隙氧减少法来对氧沉淀特性测定的试验数据：1) 研究初始氧含量相近时的氧沉淀特性。2) 研究初始氧含量较宽时的氧沉淀特性。将氧含量和沉淀行为进行区分；以获得被测组沉淀特征的定性概述和特征沉淀曲线的重要特征。	使标准的实用性更强，有利于标准方法的使用和推广
测量结果计算的试验结论	无	加入试验结论：初始氧浓度低时，基本没有氧还原；在一定初始氧浓度时，发生局部沉淀（在此过渡区域，氧还原随初始氧浓度的增加而迅速变化）；当初始氧浓度较高时，出现充分的沉淀（在该地区，氧还原与初始氧浓度成正比）。	通过硅片氧沉淀特性的研究，获得特定位置、特定氧含量范围的硅单晶硅片来进行产品的匹配，对硅单晶生产和硅器件的生产具有指导性作用

三、标准水平分析

本文件描述了硅片氧沉淀特性的测定-间隙氧含量减少法，是根据目前半导体材料领域国内外硅片生产实际被广泛应用的测定硅片氧沉淀特性的方法。

本标准参照 SEMI MF1239-0305 《硅片氧沉淀特性的测试 间隙氧还原法》、SEMI MF1188-1107 《硅中间隙氧原子含量的测试 短基线 红外吸收法》、GB/T 1557 《硅晶体中间隙氧含量的红外吸收测量方法》及 GB/T 14144 《硅晶体中间隙氧含量径向变化测量方法》进行修订，修订后本标准将与国内外进行接轨；在精密度方面，后续对单个实验室和实验室间的巡回测试再提供数据重复性、再现性，进而评价该标准的标准水平。

四、与国际、国外同类标准技术内容的对比情况

修订后本标准将与国内外进行接轨。

五、以国际标准为基础的起草情况

引用 SEMI MF1239-0305 《硅片氧沉淀特性的测试 间隙氧还原法》及 SEMI MF1188-1107 《硅中间隙氧原子含量的测试 短基线 红外吸收法》。

六、与有关法律、行政法规及相关标准的关系

无冲突、无矛盾的地方

七、重大分歧意见的处理经过和依据

无

八、涉及专利的有关说明

无

九、实施国家标准的要求

过渡期建议参考 SEMI MF1239-0305 《硅片氧沉淀特性的测试 间隙氧还原法》

十、其他应当说明的事项

本标准的制定和推广，将会促进硅片的氧沉淀特性的实验方法的标准化和规范化，对硅单晶生产和硅器件的生产具有很好的指导性作用，也有利于与国际先进水平接轨，促进我国半导体材料行业的发展。

标准编制组

2024年5月