

国家标准《碳化硅抛光片表面质量和微管的测试方法 共焦点微分干涉法》 编制说明（讨论稿）

一、工作简况

1.立项目的和意义

碳化硅材料是在近十年发展起来的第三代新型宽禁带半导体材料。该材料具有高出传统硅数倍的宽禁带、漂移速度、击穿电压、热导率、耐高温等优良特性，是典型的新材料。《重点新材料首批次应用示范指导目录（2018 版）》中“关键战略材料”-“三、先进半导体材料和新型显示材料”中“146 碳化硅单晶衬底”；《新材料标准领航行动计划（2018-2020 年）》中的“二（二）4 先进半导体材料”中“建立碳化硅、氮化镓、氮化硼等第三代宽禁带半导体材料标准……”；《工业和信息化部、发展改革委、科技部、财政部关于印发新材料产业发展指南的通知》（工信部联规[2016]454 号）中“四、重点任务-（一）突破重点应用领域急需的新材料”中“加强大尺寸硅材料、大尺寸碳化硅单晶……生产技术研发，解决极大规模集成电路材料制约”。

随着大数据传输、云计算、AI 技术、物联网，包括下一步的能源传输等的不断建设，对网络传输速度及容量提出了越来越高的要求，而碳化硅作为第三代高功率半导体新材料的代表，碳化硅器件已经获得了业界极大的期望和关注。面临市场的快速普及，对碳化硅抛光片的质量提出更高要求，高品质的呼声越发高涨。因此，快速检测碳化硅单晶抛光片的表面质量及微管密度，准确统计各类缺陷的数量和分布，是改善碳化硅抛光片品质、提高碳化硅抛光片产能的必要手段。

本标准旨在确定一个准确可靠的碳化硅抛光片微管密度及表面质量检测方法和标准化的检测机制，这对于碳化硅抛光片的研发、生产和应用过程中产品质量的统一控制有重要的意义。

2.任务来源

根据《国家标准化管理委员会关于下达 2021 年第一批推荐性国家标准计划的通知》（国标委发[2021]12 号）的要求，由中国电子科技集团公司第四十六研究所负责制定《碳化硅抛光片表面质量和微管的测试方法 共焦点微分干涉法》，计划编号为 20210888-T-469，要求完成时间 2023 年 4 月。

经过原国标委工业一部、工业二部认可，半导体材料标准由全国半导体设备和材料标准化技术委员会（SAC/TC 203）与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（SAC/TC 203/SC2）共同提出并归口，具体见标委工二函[2014]22 号。

3.主要工作过程

3.1 起草阶段

本标准的制定工作由中国电子科技集团公司第四十六研究所承担。《硅单晶中氮含量的测定 二次离子质谱法》项目正式立项后，起草单位即组织成立了标准起草工作组，讨论并形成了制定工作计划及任务分工。2021 年 9 月，起草工作组完成国家标准《碳化硅抛光片表面质量和微管的测试方法 共焦点微分干涉法》的讨论稿，并提交至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。

2021 年 9 月 24 日，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在安徽省芜湖市组织召开了《碳化硅抛光片表面质量和微管的测试方法 共焦点微分干涉法》的讨论会，北京天科合达半导体股份有限公司、中国科学院苏州纳米技术与纳米仿生研究所等家单位参会。

4.标准承研单位概况及起草人所做的工作

牵头单位中国电子科技集团公司第四十六研究所是中国主要的半导体材料研发生产单位，经过几十年的发展，研究方向几乎涵盖全部半导体材料，包括硅、锗、碳化硅、氮化镓等，建立了多条主流半导体材料生产线，其中包括硅单晶片、锗单晶片、GaAs 单晶片等。中国电子科技集团公司第四十六研究所质检中心始建于 1988 年，现有工作人员 41 人，本科以上学历人员占 90%以上，获得计量认证证书、国家实验室资质授权证书、实验室认可证书。质检中心长期从事电子材料的物理性能、化学成分、结构与表面特性的测试工作。在不断强化技术实力和科研工作的基础上，质检中心也十分重视标准化研究以及国家、行业标准的制修订工作，积极承担标准化项目。质检中心拥有完整的半导体材料测量设备和仪器，多年来，凭借自身的技术优势，为国内外客户提供了大量的检测服务。同时拥有一批高素质的科研、生产和管理专业人才，曾制（修）订了多项硅单晶材料测试标准，填补了多项国内相关测试标准空白，有丰富的制（修）订标准的经验。

本文件的主要起草单位为中国电子科技集团公司第四十六研究所、有色金属技术经济研究院有限责任公司等，其中中国电子科技集团公司第四十六研究所为牵头单位，组织了标准起草和试验工作，有色金属技术经济研究院有限责任公司对标准各环节的稿件进行了审查修改，确保标准符合 GB/T 1.1 的要求，XXX 参与了标准起草，在标准研制过程中积极反馈意见，为标准文本的完善做出了贡献。

刘立娜、何烜坤组织协调标准起草，开展试验复验工作；XXX 参与标准文本质量的审查、修改和意见反馈等。

二、标准编制原则及确定主要内容的确定依据

1、编制原则

1) 本文件编制主要依据 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》、GB/T 20001.4-2015《标准编写规则 第4部分：试验方法标准》的原则进行起草。

2) 考虑用户的当前使用要求及以后技术发展的潜在使用要求。

3) 考虑国内生产企业的生产、测试现状及技术发展趋势。

2、确定标准主要内容的依据

2.1 范围

本标准规定了 4H 及 6H 碳化硅单晶抛光片表面质量和微管密度的无损光学测量方法，表面质量包括划痕、凹坑、凸起、颗粒等。

2.2 规范性引用文件

将本标准中直接引用到的文件 GB/T 14264《半导体材料术语》、GB/T30656《碳化硅单晶抛光片》、GB 50073《洁净厂房设计规范》列入了第二章。

2.3 术语和定义

本标准中引用了 GB/T 14264《半导体材料术语》、GB/T30656《碳化硅单晶抛光片》、GB 50073《洁净厂房设计规范》中关于半导体材料凹坑、微管、颗粒、洁净度等级等术语的定义。

2.4 原理

采用共焦点微分干涉光学系统，入射光（546 nm）通过诺马斯基棱镜和物镜后照射到晶片表面，晶片表面反射的光线通过共聚焦光学系统到达检测器（CCD），对待测晶片进行全表面扫描，获得晶片表面各个位置的真实图像，与预设的各种缺陷的特征参数信息相比较，对抓捕到的缺陷进行分类识别并对缺陷的数量进行统计，可以获得各类缺陷在晶片表面的分布图，以及各类缺陷的数量。

2.5 干扰因素

本标准中干扰因素包括表面沾污、光源稳定性等因素，说明如下：

2.5.1 晶片表面或者样品台上的沾污会对颗粒测试结果产生影响，可以通过保持环境洁净度、清洁样品表面、清洁样品台予以消除。

2.5.2 光源稳定性的影响，可以通过选择合适的校准片对光源进行校准。

2.6 试验条件

由于晶片表面洁净程度对测试结果有直接影响，因此本方法要求测试环境温度： $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，环境湿度：相对湿度不大于 70%，空气洁净度等级 J6 级或以上。

2.7 仪器设备

本方法主要采用共焦点微分干涉光学系统进行检测，该测试系统应具备自动机械手臂、自动对位功能、能够对晶片进行全表面扫描或者对特定区域扫描，具有可变换的倍数的物镜，能够对缺陷进行自动识别、分类和计数，具备超高效空气过滤器，检测腔室内空气洁净度等级达到 J5 级。

2.8 样品

碳化硅抛光片表面粗糙度不超过 1nm，本方法是将晶片表面缺陷的原始数字图像生成一个彩色图像，再根据图像测量缺陷形状和尺寸，晶片表面粗糙度过大，可能会造成对缺陷的误判。样品应经过洁净清洗，确保晶片表面清洁，样品表面沾污也会被当做颗粒等缺陷误判。

2.9 试验步骤

2.9.1 设备参数设定，物镜选择 10 倍 DIC 物镜，设定对晶片进行全表面扫描，去除晶片表面的边缘部分。扫描时，应设定直径 50.8 mm 抛光片边缘去除 1 mm，直径 76.2 mm 抛光片边缘去除 2 mm，直径 100.0 mm 抛光片边缘去除 3 mm，直径 150.0 mm 抛光片边缘去除 3 mm，以忽略边缘区域。

2.9.2 开机光源的校准，由于光源的稳定性直接影响测试结果，因此设备开机后光源应预热 1 h 以上，确保自动装载系统、共焦点微分干涉光学系统、数据处理系统均处于正常工作状态，选择合适的校准片对光源进行校准，保证光源稳定后开展检测。

2.9.3 样品的检测，将待测晶片放入指定位置，选择对应的测试程序，输入样品编号和批次号等信息，开始检测，自动执行取片、对位、聚焦、检测、数据处理等操作，测试结束后，得到晶片表面各类缺陷信息。

2.10 精密度的计算

三、主要试验和验证的分析、综述

四、标准水平分析

本方法适用于经化学机械抛光及最终清洗后的碳化硅抛光片的微管密度及表面质量的快速检测，可以通过对整个抛光片表面扫描获得不同类型缺陷的数量，测试方法简单、快捷、准确，促进碳化硅单晶抛光片这一先进半导体材料的发展，达到国际先进水平。

五、与现行法律、法规及强制性国家标准协调配套情况

本标准不违反国家现行的有关法律、法规，与现行的国家标准、国家军用标准、行业标准没有冲突。

六、重大分歧意见的处理经过和依据

在本标准编制过程中，没有出现重大分歧意见。

七、作为推荐性或强制性标准的建议

建议将本标准作为推荐性国家标准发布实施。

八、贯彻标准的要求和措施建议

本标准发布后，建议由归口单位、主编单位组织标准宣贯会，对标准文本进行解读，促进标准的有效实施。

九、废止现行有关标准的建议

由于国家标准体系中以前没有此类标准，所以本标准颁布后，无需废止任何现行有关标准。

十、其他应予说明的事项

本标准是测试碳化硅单晶抛光片表面质量和微管密度，未涉及专利问题，建议作为推荐性国家标准供大家使用，若对结果有疑义，以供需双方商议的测试方法为准。

标准编制组

2021年9月