**国家标准《半绝缘碳化硅单晶的电阻率非接触测试方法》**

**编制说明（讨论稿）**

**一、工作简况**

**1.立项目的和意义**

碳化硅（SiC）是一种典型的第三代宽禁带半导体材料，与第 一、二代半导 体材料相比，SiC具有很多优势，如禁带宽度更宽、临界击穿电场更高、饱和电子迁移速度更快、热导率更高等特点，是制造高频、高压、高功率的电子器件的优选材料具有广泛的应用前景。

随着5G通信时代的到来，GaN/SiC高电子迁移率晶体管(HEMT)的需求量巨大，高纯半绝缘SiC衬底作为其中的关键材料，具有导热性高和绝缘性好的优点，并能有效降低介电损耗及寄生电容,是各大研究机构和通信厂家研究的热点。以碳化硅(SiC)、氮化镓(GaN)为代表的第三代宽禁带半导体材料将迎来发展机遇。

高纯半绝缘SiC衬底电阻率的大小及分布的均匀性是影响器件质量的关键参数。因此，准确测量SiC衬底电阻率，对改进衬底制备工艺及器件电学性能具有重要的意义。研究高纯半绝缘SiC电阻率非接触测量方法，统一行业内测试标准，对SiC相关行业之间交流及发展具有重大推动作用。

**2.任务来源**

根据《国家标准化管理委员会关于下达2020年第二批推荐性国家标准计划的通知》（国标委发[2020]37号）的要求，国家标准《半绝缘碳化硅单晶的电阻率非接触测试方法》由北京天科合达半导体股份有限公司牵头起草，计划编号20202829-T-469。

**3.项目承担单位概况**

北京天科合达半导体股份有限公司从2006年开始从事第三代半导体碳化硅晶片的研发、生产和销售，拥有一个研发中心和一个集晶体生长-晶体加工-晶片加工-清洗检测的全套碳化硅晶片生产基地。公司依托中国科学院物理研究所十余年在碳化硅领域的研究成果，集技术、管理、市场和资金优势，全面掌握了高纯SiC粉料制备工艺、高纯SiC晶体生长与晶片加工工艺。在国内率先实现了碳化硅晶片的产业化生产，成为全球碳化硅晶片的主要生产商之一。

**4.主要工作过程**

本标准由北京天科合达半导体股份有限公司负责起草工作。

标准起草单位和参与单位在接到全国半导体设备与材料标准化技术委员会下达的项目任务后，成立了专门的《半绝缘碳化硅单晶抛光片电阻率非接触测量方法》起草工作组，并制定了相关工作计划。根据工作计划进度安排，标准编制组收集查阅了国内外相关政策、标准、文献，经过组内多次研讨，确定了标准的框架和主要内容，并于2020年10月形成了标准的草案稿，上报给全国半导体设备与材料标准化技术委员会材料分会（SAC/TC 203/SC2）。

**二、标准编制原则和标准主要内容及确定依据**

**1.编制原则**

标准的编写格式按国家标准GB/T1.1-2020《标准化工作导则第1部分：标准的结构和编写》的统一规定和要求进行编写。

**2.确定标准内容的依据**

根据碳化硅材料的特性，采用电容充放电法测量半绝缘碳化硅单晶抛光片的电阻率。

**3.标准主要内容**

本标准主要规定了半绝缘碳化硅单晶抛光片的电阻率大小以及均匀性分布的测量方法标准。主要内容包括：范围、规范性引用文件、术语和定义、方法原理、测试仪器、干扰因素、测试样品、测试环境、测试程序、精密度、测试报告。

1. **精密度试验数据分析**

本方法的精密度是由起草单位和验证单位在同样条件下，对半绝缘碳化硅单晶抛光片进行重复性验证，并根据标准偏差公式和重复性试验数据计算得出重复性和再现性的精密度。

4.1重复性

重复性验证由北京天科合达半导体股份有限公司，北京世纪金光半导体有限公司，[中国电子科技集团公司第四十六所](http://www.baidu.com/link?url=7ER_RR-qinlCTKMLnKlbWlSoB9_7aQVAwPPxQ3-WyNPAvLJzPqQCV6sXC41crlRV" \t "https://www.baidu.com/_blank)三家单位分别对3个半绝缘碳化硅单晶抛光片样品的电阻率重复进行5次测量，分别计算其相对偏差。

4.1.1重复性试验数据

表 1 半绝缘碳化硅单晶抛光片电阻率重复性测试结果

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测试次数 | 样品编号：TK2020-1 | | | 样品编号：TK2020-2 | | | 样品编号：TK2020-3 | | |
| 测试单位 | | | 测试单位 | | | 测试单位 | | |
|  | 天科合达 | 世纪金光 | 天津四十六 | 天科合达 | 世纪金光 | 天津四十六 | 天科合达 | 世纪金光 | 天津四十六 |
| 1 | 2.53E+10 | 2.49E+10 | 2.40E+10 | 1.16E+08 | 1.21E+08 | 1.22E+08 | 1.41E+05 | 1.35E+05 | 1.39E+05 |
| 2 | 2.66E+10 | 2.75E+10 | 2.55E+10 | 1.23E+08 | 1.25E+08 | 1.24E+08 | 1.20E+05 | 1.43E+05 | 1.44E+05 |
| 3 | 2.37E+10 | 2.67E+10 | 2.21E+10 | 1.13E+08 | 1.15E+08 | 1.19E+08 | 1.21E+05 | 1.40E+05 | 1.33E+05 |
| 4 | 2.70E+10 | 2.43E+10 | 2.31E+10 | 1.23E+08 | 1.16E+08 | 1.18E+08 | 1.25E+05 | 1.31E+05 | 1.28E+05 |
| 5 | 2.89E+10 | 2.79E+10 | 2.77E+10 | 1.20E+08 | 1.11E+08 | 1.16E+08 | 1.21E+05 | 1.52E+05 | 1.21E+05 |
| 平均值 | 2.63E+10 | 2.63E+10 | 2.45E+10 | 1.19E+08 | 1.18E+08 | 1.20E+08 | 1.26E+05 | 1.40E+05 | 1.33E+05 |
| 标准差 | 1.94E+09 | 1.59E+09 | 2.19E+09 | 4.42E+06 | 5.46E+06 | 3.19E+06 | 8.90E+03 | 8.04E+03 | 9.03E+03 |
| 相对偏差 | 7.39% | 6.05% | 8.95% | 3.71% | 4.64% | 2.67% | 7.08% | 5.74% | 6.79% |

单位：Ωcm

4.1.2重复性测试值分析

从以上重复性测试结果可以看出，晶片电阻率106Ω•cm-109Ω•cm，重复性相对偏差不大于5%；晶片电阻率<106Ω•cm 或者>109Ω•cm，重复性相对偏差不大于10%。

4.2再现性

再现性的数据由北京天科合达半导体股份有限公司，北京世纪金光半导体有限公司，[中国电子科技集团公司第四十六所](http://www.baidu.com/link?url=7ER_RR-qinlCTKMLnKlbWlSoB9_7aQVAwPPxQ3-WyNPAvLJzPqQCV6sXC41crlRV" \t "https://www.baidu.com/_blank)三家单位获得。

4.2.1再现性试验数据

表 2 半绝缘碳化硅单晶抛光片电阻率再现性测试结果

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 样品编号 | TK2020-1 | | | TK2020-2 | | | TK2020-3 | | |
| 测试单位 | 天科合达 | 世纪金光 | 天津四十六 | 天科合达 | 世纪金光 | 天津四十六 | 天科合达 | 世纪金光 | 天津四十六 |
| 测试结果 | 2.63E+10 | 2.63E+10 | 2.45E+10 | 1.19E+08 | 1.18E+08 | 1.20E+08 | 1.26E+05 | 1.40E+05 | 1.33E+05 |
| 平均值 | 2.57E+10 | | | 1.19E+08 | | | 1.33E+05 | | |
| 标准差 | 8.49E+08 | | | 9.84E+05 | | | 5.86E+03 | | |
| 相对偏差 | 3.30% | | | 0.83% | | | 4.41% | | |

单位：Ωcm

4.2.2再现性数据分析

以上再现性测试结果可以看出，电阻率再现性测试结果的最大相对偏差为 4.41%， 因此分析得出，该检测方法的再现性相对偏差不大于 5%。

1. **标准水平分析**

目前国内尚没有关于半绝缘碳化硅单晶抛光片电阻率非接触测量方法标准的同类标准，对考核该材料的质量造成困难。在开展SiC外延片制备过程和产品质量检验技术研究的基础上制定该测试标准，为SiC材料的研制和应用提供技术支撑条件，更具可操作性。

1. **与我国有关的现行法律、法规和相关强制性标准的关系**

本标准与相关技术领域的国家现行法律、法规和政策保持一致。

本标准制定过程中遵循了国家标准GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》的要求。

1. **重大分歧意见的处理经过和依据**

无。

**六、国家标准作为强制性国家标准或推荐性国家标准的建议**

本标准建议作为推荐性标准发布实施，若对结果有疑义，以供需双方商议的测试方法为准。

**七、代替或废止现行有关标准的意义**

本标准颁布后，将代替T/IAWBS 013—2019，原团标标准建议废止。

**八、其他需要说明的事项**

无。