**国家标准《半导体器件 功率器件用碳化硅同质外延片缺陷的无损检测识别判据 第2部分：缺陷的光学检测方法》**

**编制说明（预审稿）**

1. **工作简况**
2. **立项目的和意义**

碳化硅（SiC）作为典型的宽禁带半导体材料，与硅(Si)相比，具有击穿电场高、导热率高、饱和电子漂移速度高和本征载流子浓度低等优越的物理性能，非常适合在大功率、高温和高频环境下应用，因此广泛应用于新一代功率半导体器件中。SiC基功率半导体器件相对于硅基器件，具有更快的开关速度、低损耗、高阻断电压和耐高温等性能。当前，全球半导体产业正处于深度变革，化合物半导体成为产业发展新的关注点，我国正加紧产业布局，抢占发展的主动权。

SiC外延片是在碳化硅单晶抛光片上经过化学气相沉积反应生长一层导电类型、载流子浓度、厚度和晶格结构都符合要求的碳化硅单晶薄膜，SiC同质外延片中存在的缺陷是衡量SiC外延片质量的重要参数，也直接影响SiC基功率半导体器件的成品率和可靠性，准确识别SiC外延片中的缺陷，对于SiC外延片的制备、使用有重要的意义。关于SiC外延片中的缺陷分类及其检测方法，在我国目前均无统一的标准，需制定国家标准，规范SiC外延片的缺陷分类及其检测方法，指导SiC外延片的生产和使用，促进国内SiC半导体材料和SiC基功率半导体器件的发展。

1. **任务来源**

《半导体器件 功率器件用碳化硅同质外延片缺陷的无损检测识别判据 第2部分：缺陷的光学检测方法》标准制定是2021年第4批国家标准计划项目，计划项目批准文号：国标委发【2021】41号，计划项目代号：20214649-T-469。归口单位为全国半导体设备和材料标准化技术委员会（TC 203）归口，执行单位为全国半导体设备和材料标准化技术委员会材料分会（TC 203/SC2），承办单位为中国电子科技集团公司第十三研究所，项目周期为18个月。

1. **主要工作过程**

**3.1、起草阶段**

2022.1~2022.6:成立了编制组, 查询、收集和分析相关标准资料。编制组由半导体材料的设计人员、工艺人员、检验试验管理人员和标准化人员组成；编制组首先对IEC 63068-2 Ed1.0:2019进行翻译和研究，同时对收集的SiC外延材料相关的标准和资料进行分析。编写组召开研讨会，在草案的基础上对标准的内容进行进一步的完善，形成《半导体器件 功率器件用碳化硅同质外延片缺陷的无损检测识别判据 第2部分：缺陷的光学检测方法》征求意见稿。2022年6月开始，中国电子科技集团公司第十三研究所、中国电子科技集团公司第四十六研究所、山东天岳先进科技股份有限公司、之江实验室、浙江大学、安徽长飞先进半导体有限公司、中电化合物半导体有限公司、鹰眼在线电子科技有限公司、深圳市恒运昌真空技术有限公司。形成讨论组，对标准翻译草稿进行多轮次线上会议讨论。

2023年2月，在徐州半导体标准年会进行专题讨论，对本标准进行第一次会上讨论。会议上标委会秘书处、北大光电研究院、东莞天域、松山湖实验室、中电化合物半导体有限公司等单位提出了宝贵建议和意见，建议尽快补充实验验证内容，增加参与单位进行复验工作，同时对标准讨论稿部分文本内容给出修改意见。 编制组针对修改建议，对讨论稿进行再次修订。同时中国电科十三所进行实验验证报告，中国电科四十六所、安徽长飞先进半导体有限公司和山东天岳先进科技股份有限公司进行标准复验工作，形成实验报告和复验报告。

1. **标准主要起草单位及人员所做的工作**

中国电子科技集团公司第十三研究所作为本标准的主要承办单位，是国内最早开展SiC同质外延材料生长研究的单位之一，多年从事各种材料的研制工作。目前已实现SiC外延材料工程化生产，形成了碳化硅外延工艺生产和测试平台，掌握了设计仿真、缺陷表征、参数检测以及稳定性控制的全套外延生产技术，SiC外延片产品掺杂浓度不均匀性、厚度不均匀性、缺陷等典型指标达到国内领先水平，技术力量雄厚，测试分析手段丰富，拥有多台套国际先进、全系列的半导体外延材料测试设备，具备制定本标准的技术实力，在标准制定过程中同时也牵头组织了标准的试验验证工作，为标准技术内容的确定奠定了技术基础。

本标准的其他起草单位有之江实验室、浙江大学、安徽长飞先进半导体有限公司、中国电子科技集团公司第四十六研究所、山东天岳先进科技股份有限公司、中电化合物半导体有限公司。

其中安徽长飞先进半导体有限公司、中国电子科技集团公司第四十六研究所、山东天岳先进科技股份有限公司参与了实验和复验、标准的不同部分的翻译工作。之江实验室、浙江大学、中电化合物半导体有限公司、鹰眼在线电子科技有限公司、深圳市恒运昌真空技术有限公司对标准的讨论稿进行校准和修订工作。

本文件主要起草人芦伟立、房玉龙、李佳、王健、张冉冉、李丽霞、杨青、殷源、张建峰、李振廷、徐晨、钮应喜、刘立娜、宋生、金向军、周翔、乐卫平

1. **标准编制原则及确定标准主要内容的依据**
2. **编制原则**

本标准等同采用IEC 63068-2 Ed1.0:2019《半导体器件 功率器件用碳化硅同质外延片缺陷的无损检测识别判据 第2部分：缺陷的光学检测方法》。标准编写符合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 1.2-2020 《标准化工作导则 第2部分：以ISO/IEC标准化文件为基础的标准化文件起草规则》的规定。

1. **标准主要内容的确定依据**

除编辑性修改外，标准的结构和内容与IEC 63068-2：2019保持一致。本标准包含了范围、引用文件、术语和定义和光学检测方法四章内容，其中检测方法中对测试的原理、条件、参数设置、程序、评价和报告等内容进行详细的规定。具体说明如下：

1）范围：商用碳化硅（SiC）同质外延片产品上缺陷的光学检测方法。

2）规范性引用文件：本标准没有规范性引用文件，按照GB/T 1.1的编写要求，保留该章编号和标题的设置。

3）术语和定义：给出了光学检测、光学成像、照明等术语定义，本文件中术语主要参考IEC标准原文翻译，尽量和IEC原文保持一致。

4）光学检测方法：规定了具有表面形态特征的缺陷的光学检测方法。其中包括测试原理、测试条件、测试参数设置和测试数据处理方法。

5）附录A为资料性附录：介绍了反射照明下通过明场差分干涉获得的4H-SiC同质外延片缺陷的典型图像和特征。

1. **试验情况**

本标准中规定的碳化硅缺陷的光学检测方法。

参加巡回测试的厂家有：中国电子科技集团公司第十三研究所、安徽长飞先进半导体有限公司、中国电子科技集团公司第四十六研究所、山东天岳先进科技股份有限公司。其中中国电子科技集团公司第十三研究所进行了实验验证，使用光学和光致发光检测方法对SiC外延片样品进行测试，各类缺陷统计和各种缺陷的典型图像和IEC标准中一致。完成验证该标准的内容验证。

安徽长飞先进半导体有限公司、中国电子科技集团公司第四十六研究所、山东天岳先进科技股份有限公司分别进行了复验验证。复验结果良好。

**三、标准水平分析**

本标准等同采用IEC 63068-2 Ed1.0:2019 《Semiconductor device-Non-destructive recognition criteria of defects in silicon carbide homoepitaxial wafer for power devices –Part 2: Test method for defects using optical inspection》。

本次标准的制定对碳化硅同质外延片制备技术的提高，规范碳化硅外延片产业的发展起到巨大的推动作用，同时实现了与国际标准的接轨。本标准为推荐性国家标准，达到了国际一般水平。

**四、与现行法律、法规、强制性国家标准及相关标准协调配套情况**

目前国内无碳化硅同质外延片无损检测相关标准。本标准与现行的法律、法规及国家标准、国家军用标准、行业标准没有冲突，不涉及知识产权纠纷。

目前SiC已发布的SiC材料和器件相关国家标准主要包括：

第三代半导体产业技术创新战略联盟标准T/CASA004.1《4H碳化硅衬底及外延层缺陷术语》

第三代半导体产业技术创新战略联盟标准T/CASA004.2《4H-SiC衬底及外延层缺陷图谱》。

本标准等同采用IEC 63068-2 Ed1.0:2019，对缺陷的分类和检测方法进行补充，是对上述标准的补充和配套。

**五、重大分歧意见的处理经过和依据**

编制组根据起草前确定的编制原则进行了标准起草，标准起草小组前期进行了充分的准备和调研，并做了大量调查论证、信息分析和试验工作，标准在主要技术内容上，行业内取得了较为一致的意见，标准起草过程中未发生重大分歧意见。

**六、标准作为强制性标准或推荐性标准的建议**

建议本标准将作为推荐性国家标准实施。

**七、废止现行有关标准的建议**

无替代或废止现行相关标准。

**八、贯彻国家标准的要求和措施建议**

本标准的实施与现有的其他标准没有冲突之处。本标准的制定和推广，有利于规范行业的发展，有利于国内半导体材料、符合大尺寸半导体样品的质量监控与品质提升的需求，有利于提高国内半导体样品的国内与国际市场竞争能力，实现高端半导体材料的民族自主可控。标准发布后建议组织标准宣贯推广会，促进标准的实施。

**九、其他需要说明的事项**

本标准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

2023年3月