**团体标准《绿色设计产品评价技术规范 碳化硅单晶抛光片》**

**编制说明（征求意见稿）**

# 一、工作简况

# 1、立项目的

随着碳化硅单晶生长和加工技术的进步，碳化硅单晶抛光片产量在快速增长。碳化硅（SiC）作为发展最为成熟的第三代半导体，是半导体界公认的“一种未来的材料”，是发展第三代半导体产业的关键基础材料。预计在今后5～10年将会快速发展和有显著成果出现。碳化硅具有宽禁带、高击穿电场、高热导率、高电子饱和速率及高抗辐射性能的优点，可以突破硅作为基片的半导体器件性能和能力极限，是电力电子及微波射频器件的“CPU”、绿色经济的“核芯”，在新一代移动通信、智能电网、高速轨道交通、新能源汽车、消费类电子等领域有广阔的应用前景。

《中国制造2025》提出要全面推行绿色制造，加快构建科技含量高、资源消耗低、环境污染少的产业结构和生产方式，积极打造绿色制造体系。工业绿色发展规划（2016-2020 年）进一步明确提出以传统工业绿色化改造为重点，以绿色科技创新为支撑，以法规标准制度建设为保障，实施绿色制造工程，加快构建绿色制造体系，大力发展绿色制造产业。在此大背景之下，碳化硅单晶抛光片行业应当大力促进行业整体技术进步和节能减排进程，进一步提升产业集中度。为此，以产品生命周期评价理论为指导，以提升产品在其生命周期中的综合环境绩效为目标，针对重点产品环境安全问题，选择碳化硅单晶抛光片产品为研究目标，制定《绿色设计产品评价技术规范 碳化硅单晶抛光片》标准，成为碳化硅单晶抛光片行业实现绿色发展的必要选择。

# 2、任务来源

根据《关于下达2019年第一批协会标准制修订计划的通知》（中色协科字[2019]17号）的要求，《绿色设计产品评价技术规范 碳化硅单晶抛光片》由北京天科合达半导体股份有限公司牵头起草，计划编号为 2019-002-T/CNIA，由全国有色金属标准化技术委员会、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归口，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负责组织。

1. **项目编制组单位简况**

本项目由北京天科合达半导体股份有限公司、中关村天合宽禁带半导体技术创新联盟、兵团新材料研究院、兵团宽禁带半导体技术创新联盟、中电化合物半导体有限公司单位共同起草。

北京天科合达半导体股份有限公司，成立于2006年9月，是国内成立时间最早、目前生产规模最大、产品种类最全的第三代半导体碳化硅晶片生产企业，同时也是国内唯一能批量供应工业级碳化硅晶片的企业。公司主要开展研究、开发、生产第三代半导体碳化硅产品（碳化硅晶片、晶体），销售自产产品等业务。公司现有两家全资子公司和一家分公司，两家全资子公司分别为新疆天科合达蓝光半导体有限公司位于新疆石河子市和江苏天科合达半导体有限公司位于江苏徐州市；一家分公司为北京天科合达半导体股份有限公司沈阳分公司。天科合达公司拥有完善的厂房设施和设备基础，5000平米的研发生产基地，自主研发设计的单晶炉，切磨抛设备若干台，进口检测设备若干台。第三代半导体行业技术准入门槛极高，天科合达公司已经进行碳化硅晶体研发10余年，拥有一支稳定的研发团队，作为北京市专利试点单位，申请了发明专利40余件（其中已获授权发明专利30件，含2项国际PCT专利），专利范围覆盖从原料制备、生长设备、晶体生长、晶体加工工艺流程以及清洗检测全生产线，形成了碳化硅晶片制备全工艺流程知识产权体系，彻底打破了国外的技术和专利封锁，为国产碳化硅晶片生产和全球销售扫清障碍。公司是中关村标准化试点单位，制定并发布了4项国家标准、1项行业标准和4项团体标准，其中《碳化硅单晶抛光片》为国内碳化硅半导体领域唯一一项国家产品标准。积累了丰富的标准编制经验，具备了本标准制定及相关实验条件和分析能力。

兵团新材料研究院于2017年建立，主要是依据兵团工业重点领域发展需要，针对新疆兵团产业存在科技成果转化率低，科技创新的人才、成果稀缺等现状而建立的。该院以第三代半导体碳化硅和石墨烯等新材料领域为研究核心，并逐步向外延和器件拓展，解决一批产业化关键技术问题，建立集产学研为一体的新材料孵化器，开展科技成果转移，吸引更多企业在石河子地区落地；凝聚新材料科学研究一流人才，通过建立工程化研究、验证的设施和有利于技术创新、成果转化的机制，为兵团培养一批新材料科技人才，为国家和兵团在新材料领域提供技术咨询服务，促进兵团新材料产业发展，形成适合兵团新材料产业发展特色的创新平台，为“新疆乌昌石国家自主创新示范区”建设贡献科技力量。

# 兵团宽禁带半导体技术创新战略联盟于2017年7月被新疆生产建设兵团科技局认定，目前联盟成员单位涉及设备（耗材）-衬底-外延-器件-模块-应用全产业链企事业单位、科研院所及大专院校。囊括了北京天科合达、中科院半导体所、泰科天润、东莞天域、瀚天天成、中电55所、北京大学、杭州士兰微、江苏能华、北方华创等国内从事宽禁带半导体研发及产业化的主流单位。

# 中电化合物半导体有限公司成立于2019年11月，是由中国电子信息产业集团有限公司旗下华大半导体有限公司主导投资的一家致力于开发、生产宽禁带半导体材料的高科技企业。公司主要聚焦在大尺寸、高性能的碳化硅材料和氮化镓外延材料的研究、开发、生产和销售。

# 4、工作过程

标准起草单位和参与单位在接到中国有色金属工业协会下达的项目任务后，成立了专门的《绿色设计产品评价技术规范 碳化硅单晶抛光片》编制组，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，认真学习绿色设计产品评价技术规范相关标准的编制原则和需要注意的内容。编制组对我国碳化硅单晶抛光片企业生产现状进行调研，调研方式主要有资料调研、网上调研等。在调研工作的基础上，经逐步修改完善，形成《绿色设计产品评价技术规范 碳化硅单晶抛光片》讨论稿。

在2019年7月9日，完成初稿的起草工作，并进行在公司内部进行讨论修改，参会人员为本标准主要起草人员。

2019年8月9日，完成初稿的修改，提交给标委会。

# 二、标准编制原则和确定标准主要内容的依据

# 1、编制原则

**1.1、指标选取的原则**

从原材料获取、产品生产、使用、废弃等生命周期阶段出发，重点分析产品在不同阶段的资源能源消耗、生态环境影响及人体健康安全影响因素，选取能够表征该类产品主要绿色特性并能量化和可检测验证的指标构成绿色设计产品评价指标体系。产品绿色性能的提升不应牺牲产品的质量性能，产品质量、安全或其他一些强制性标准应作为绿色产品评价的基础。

# 1.2、生命周期评价与指标评价相结合的原则

不同类型的产品应建立不同的绿色设计评价指标体系，作为评估筛选绿色设计产品的准入条件。在满足评价指标要求的基础上，采用生命周期评价方法，开展生命周期清单分析，进行生命周期影响评价，编制生命周期报告并作为评价绿色设计产品的必要条件。

**1.3、环境影响种类最优选取原则**

为降低生命周期评价的难度，应根据产品特点，宜选取具有影响大、社会关注度高、关键法律或政策明确要求的环境影响种类，通常可在气候变化、臭氧层破坏、水体生态毒性、人体毒性-癌症影响、人体毒性-非癌症影响、可吸入颗粒物、电离辐射-人体健康影响、光化学臭氧生成潜势、酸化、富营养化-陆地、富营养化-水体、水资源消耗、矿物和化石能源消耗、土地利用变化等种类中选取，选取的数量不宜太多。

**1.4、持续改进原则**

技术评价指标具有一定的时效性。随着生产设备的改善、工艺的革新和技术的发展，标准中的指标将难以起到促进企业加强管理和技术改造的作用。因此标准需要随着时间的推移和技术进步进行相应的调整和修订。

# 2、评价方法

可按照《绿色设计产品评价技术规范 碳化硅单晶抛光片》中“4.1 基本要求”和“4.2 评价指标要求”开展自我评价或第三方评价，绿色设计产品同时满足以下条件，按照相关程序要求经过公示无异议后的可称为绿色设计产品。

1. 满足基本要求和评价指标要求；
2. 按照第 5 章提供生命周期评价报告。

# 3、评价流程

根据碳化硅单晶抛光片产品的特点，明确评价的范围；根据评价指标体系中的指标和生命周期评价方法，收集需要的数据，同时要对数据质量进行分析；对照基本要求和评价指标要求，对产品进行评价，符合基本要求和评价指标要求的产品，可判定该产品符合绿色设计产品的评价要求；产品符合基本要求和评价指标要求的生产企业，还应该提供该产品的生命周期评价报告。评价流程见图 1。

提供

范围确定

生命周期清单分析

基本要求

生命周期影响评价

评价指标要求

生命周期评价报告

符合要求

非绿色设计产品

未符合要求

未符合要求

未通过审核

同时满足

符合要求

提供

绿色设计产品

是

**图1 碳化硅单晶抛光片绿色设计产品评价流程**

# 4、确定标准主要内容的依据

**4.1、 范围**

本文件规定了于 4H 及 6H碳化硅单晶抛光片绿色设计产品评价的评价要求、产品生命周期评价报告编制方法以及评价方法、评价流程。

本文件适用于4H及6H物理气相沉积法生产的碳化硅单晶抛光片绿色设计产品的评价。

**4.2**  基本要求

生产企业应满足以下要求，包括但不限于：

4.2.1 企业产品质量应符合GB/T 30656的规定。

说明：因碳化硅单晶抛光片生产企业无行业建设条件要求，因此本条款仅对产品质量符合国家标准进行要求。

4.2.2 企业近三年无重大安全、环境污染和质量事故，污染物的排放应达到国家或地方相 关污染物排放标准的要求。污染物排放总量应达到排污许可证的要求。

说明：企业污染物排放的基本要求。不但污染物排放浓度要达到国家标准，同时污染物排放总量也必须达到国家和地方的控制指标，对于原料中有害物质含量也是一种约束，有害物质必须实现资源化利用、无害化处理。

4.2.3 企业应按照GB/T 19001、GB/T 24001、GB/T 28001及GB/T 23331分别建立、实施、保持并持续改进质量管理体系、环境管理体系、职业健康安全管理体系和能源管理体系。

说明：主要是从企业质量管理、环境管理、安全管理、能源管理等体系的建立和实施设计产品的生产企业必须进行规范化管理。

4.2.4生产废渣应分类存放处置，一般工业固体废物应符合GB 18599的规定，危险废物应符合GB 18597的规定。产品包装材料应采用可再生利用或可降解材料。

说明：碳化硅单晶抛光片生产过程中产生的一般固废和危险固废按照国家标准进行处置和存放。产品包装材料应采用可再生利用和降解的材料，才能体现绿色设计产品生产过程中的环保要求。

4.2.5 企业应采用国家鼓励的先进技术和工艺，不应使用国家或有关部门发布的淘汰或禁止的技术、工艺、装备及相关物质。

说明：企业需要达到的最基本条件。企业应采用国家鼓励推广的低污染、低排放、低能耗、经济高效的清洁生产工艺、技术、装备，实现节能减排、绿色清洁。

# 4.3、标准评价指标的制定分析

**4.3.1、标准评价指标的主要内容**

本标准的绿色指标由一级指标和二级指标组成。其中，一级指标包括资源属性指标、能源属性指标、产品属性指标和环境属性指标等四类，每类指标又由若干个二级指标组成。绿色特性指标依据碳化硅单晶抛光片产品特点、对环境和人体健康影响程度，现有标准实施情况以及和实际现状等侧重选取。

其中，资源属性是描述碳化硅单晶抛光片产品生命周期中所消耗的资源，重点选取生产阶段原辅材料消耗和再生利用等方面的指标，如碳化硅粉单位消耗、单位产品新鲜水消耗量、工业用水重复利用率等三项指标。能源属性重点选取产品在生产和使用过程中能源消耗方面的指标，如单位产品综合能耗。环境属性是描述碳化硅单晶抛光片产品生命周期中向环境排放的各种污染物，是本标准的核心指标，因为资源属性、能源属性指标最终在评价报告中都会转化为对环境排放的污染物数量，来考察其环境影响。重点选取有害物质禁用及限量要求、生产过程污染物排放、使用过程有毒有害物质释放等方面的指标，如水污染物排放限制和大气污染物排放限值两项指标。产品属性重点以产品的性能为准，如碳化硅单晶抛光片纯度指标。

**4.3.2 指标基准值的确定**

项目开展以来，编制组对我国碳化硅单晶抛光片企业生产现状进行大量调研，调研方式包括资料调研、网上调研、发放调研表等。编制组成员对国内大型的碳化硅单晶抛光片企业进行了调查表调研，北京天科合达公司、中科钢研公司等，发放调研表10家，收回有效意见2家。

在上述工作的基础上，根据产品和行业特点，以评价筛选绿色设计产品为目的，以国家标准和行业标准为基础，经过一定规模的测试，并在征询行业专家、生产厂商意见的基础上，科学、合理确定指标基准值。

表1 评价指标要求

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 一级指标 | 二级指标 | 单位 | 基准值 | 判断依据 | 所属阶段 |
| 资源属性 | 碳化硅粉单位消耗 | kg/kg | ≤ 10 | 实际生产数据 | 产品生产 |
| 新鲜水使用量 | m3/万元产值 | ≤ 5 | 实际生产数据 |
| 能源属性 | 单位产品综合能源消耗 | kgce/万元产值 | ≤ 85 | 实际生产数据 |
| 环境属性 | 水污染物排放限值 | mg/L | 应符合GB 8978要求 | 依据GB 8978进行现场监测的数据或分析检验结果 |
| 大气污染物排放限值 | mg/m3 | 应符合GB 16297要求 | 依据GB 16297进行现场监测的数据或分析检验结果 |
| 产品属性 | 碳化硅单晶抛片技术要求 | —— | 应符合GB/T 30656要求 | GB/T 30656分析检验结果 |  |
| 备注：对于无废渣排放的企业不评价废渣排放指标，有废渣排放的企业评价指标参照15 m3/t进行。 |

# 4.5 生命周期评价报告编制方法

**4.5.1 生命周期评价方法**

应依据附录 A 中生命周期评价方法，来对碳化硅单晶抛光片产品进行生命周期评价。

# 4.5.2 评价范围的确定

碳化硅单晶抛光片产品生命周期评价范围包括生产和包装阶段。碳化硅单晶抛光片生产包括原料合成（硅粉、碳粉合成）、晶体生长（碳化硅单晶生长）、废水回收（包含沉淀、过滤）、晶片加工等过程。单元过程数据种类很多，应对数据进行适当的取舍，原则如下：

a) 能源的所有输入均列出；

b) 原料的所有输入均列出；

c) 辅助材料质量小于原料总耗 0.1%的项目输入可以忽略；

d） 大气、水体、土壤的各种排放物和废弃物均列出；

e） 小于固体废弃物排放总量1%的一般性固体废弃物可忽略；

f） 道路和厂房的基础设施、各工序的设备、厂区内人员及生活设施的消耗和排放，均忽略；

g）取舍原则不适用于有毒有害物质，任何有毒有害的材料和物质均应包含于清单中。**4.5.3 生命周期清单分析**

根据“附录 A.3”对生命周期清单进行分析，明确数据范围，采集各个阶段的现场数据和背景数据，对采集的数据进行计算，合并相同类型数据，有多个产品的（如4H-N、4H-V、6H-N），还要基于“重量分配”原则对数据进行分配。

# 4.5.4 生命周期影响评价

根据“附录 A.4”对前述所整理的数据开展碳化硅单晶抛光片产品生命周期影响评价，对潜在的影响进行评价。影响类型可分为资源消耗、气候变化、酸化（AP）、富营养化（EP）、光化学烟雾（POCP）、可吸入颗粒物以及工业固体废弃物，对影响类型的影响区域也进行了说明，具有全球影响的有资源消耗、气候变化，具有区域性影响的有酸化、富营养化和光化学烟雾，具有局地性影响的有可吸入颗粒物和工业固体废弃物。

气候变化、酸化、富营养化、光化学烟雾等影响类型的清单因子，根据碳化硅单晶抛光片产品的实际情况和特点，分别选取了不同的物质。对于各个影响类别的特征化因子也进行了进一步说明，以便进行分类汇总，特征化因子见表2。资源消耗、可吸入颗粒物以及工业固体废弃物影响因子较单一，则无需对其进行特征化处理。

表2 特征化因子

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 影响类别 | 单位 | 指标参数 | 特征化因子 |
| 资源消耗 | kg，SiCeq./kg | SiC | 1 |
| 气候变化 | kg，CO2 eq./kg | CO2 | 1 |
| CO | 2 |
| CH4 | 25 |
| NOx | 320 |
| 酸化 | kg，SO2 eq./kg | SO2 | 1 |
| NOx | 0.7 |
| HCl | 0.5 |
| HF | 0.5 |
| 富营养化 | kg，PO4 3- eq./kg | NOx | 0.13 |
| N | 0.042 |
| COD | 0.022 |
| 光化学烟雾 | kg，C2H4 eq./kg | CO | 0.03 |
| NOx | 0.028 |

# 4.5.5 绿色设计改进方案

根据标准中附录C对评价的产品开展绿色设计改进。

**4.5.6 评价报告主要结论**

根据前述内容，并根据评价结论初步判断该产品是否为绿色设计产品。

**三、标准水平分析**

本标准属首次制定，填补了我国碳化硅单晶抛光片绿色设计产品评价标准的空白。标准指标满足碳化硅单晶抛光片生产需求，与国内外同类标准相比，标准总体达到了国内先进水平。

**四、与现行相关法律、法规、规章及相关标准，特别是强制性标准的协调性**

目前我国无碳化硅单晶抛光片绿色设计产品评价的标准，本标准是新制定的团体标准。本标准的制定是我国碳化硅单晶抛光片标准体系的完善和补充。本标准的制定与现行的相关法律、法规、规章及相关标准的关系不矛盾、不冲突，关系协调。

**五、标准中涉及的专利或知识产权说明**

本标准不涉及专利或知识产权。

**六、重大分歧意见的处理经过和依据**

# 无。

# 七、标准作为强制性或推荐性行业标准的建议

本标准建议作为推荐性标准。

**八、贯彻标准的要求和措施建议**

**8.1 组织措施**

本标准发布后，中国有色金属工业协会、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及编制组单位等加强对本标准的宣传力度，介绍本标准的核心技术内容及实施的关键技术要素，促进更多的企业和科研单位了解、掌握科学的碳化硅单晶抛光片产品的绿色设计产品评价规范，促进标准的顺利实施。

# 8.2 技术措施

该标准给出的术语和定义、计算方法和评价方法，企业应按照本标准，结合本企业实际生产情况，统筹考虑资源、能源、环境、质量等属性，科学确定企业产品评价的关键阶段和关键指标，确定正确的评价结果。

# 九、废止现行有关标准的建议

# 无。

标准编制组

2020年7月