国家标准《太阳能级硅多晶》

编制说明（审定稿）

# 工作简况

（一）项目目的与意义

伴随“硅器时代”的到来，硅在清洁能源生产、光通讯建设、集成电路领域均发挥着基础主导性作用。太阳能级硅多晶作为联通光伏产业链的中间枢纽，在多晶需求的占比达到90%以上，伴随高效化、大硅片化及薄片化的发展趋势，市场对高效高品质电池市场的需求急剧增加，从而对硅多晶原料品质要求也越来越严格。

2015年~2016年经行业专家反复推敲、行业共同验证的GB/T 25074-2017的部分指标，已在市场浪潮的推动下略显不宜；尤其是近五年与之配套的电阻率、少子寿命、氧、碳、施受主杂质等关键参数测试方法标准的修订，低温红外检测设备的普及，与之匹配的技术参数也需更新。

国内硅多晶的质量已完全能满足国内硅多晶片生产需求，正批量供应单晶硅生产的应用。据《中国光伏产业发展路线图》统计，单晶用料占比达80%以上，其中n型用料对杂质含量有着更高的要求。

2023年7月1日GB/T 12963《电子级硅多晶》开始实施，GB/T 35307《流化床法颗粒硅》也于2023年8月6日发布，2024年3月1日开始实施，作为介于两种产品品质之间的《太阳能级硅多晶》产品标准需要同步协同调整，更科学的指引行业应用。

因此作为太阳能硅多晶行业的指导性产品标准，亟须与时俱进，科学引领行业发展。

（二）任务来源

根据《国家标准化管理委员会关于下达2023年第三批推荐性国家标准计划及相关标准外文版计划的通知》(国标委发〔2023〕58号)，国家标准《太阳能级硅多晶》由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，任务编号为320231109-T-469，由洛阳中硅高科技有限公司牵头起草。

1. 主要参加单位和工作成员及其所作的工作
2. **主要参加单位情况**

标准主编单位洛阳中硅高科技有限公司（简称：中硅高科）成立于2003年，注册资金10.57亿元，现有员工796人，隶属于中国五矿集团有限公司，采用自主知识产权的技术，突破了国外技术封锁，2003建立了国内第一条百吨级太阳能级多晶硅生产线，引领行业发展，持续太阳能级多晶硅技术和人才输出。近年中硅高科践行中国国家资源保障战略，在保留多晶硅产业的同时，聚焦国家战略必争领域关键材料，进行新能源、光通信及集成电路用高端基础材料研发、生产，是国家高新技术企业、电子信息行业优秀创新企业、河南省创新龙头企业、专精特新企业、制造业单项冠军企业、技术创新示范企业和知识产权优势企业。

企业研发应用了一大批具有自主知识产权的核心技术和产品。建成不同层级和侧重的科技平台：设立了博士后科研工作站、硅基材料制备技术国家工程研究中心等2个国家级创新平台、3个省级创新平台和3个市级创新平台。积极融入国家科技创新体系，针对国家重大需求，先后承担实施国家重点研发计划、高质量发展专项等26项国家项目。通过校企合作、课题共研、平台共建、定制开发、产品应用迭代验证、柔性引才等举措，构建了基于市场需求的复合型研发体系，获得授权专利240余项，牵头制定国际、国家、行业和团体标准71项，多项成果填补国内空白，其中3项成果达到国际领先水平，荣获国家科技进步二等奖、中国发明专利金奖、国家工业大奖提名奖等省部级以上荣誉奖励40多项。

企业始终肩负“担国家责任、补行业短板”使命，围绕国家战略布局，聚焦国家战略必争领域关键基础材料开展科技攻关，实现硅基电子材料行业科技自立自强。已有20种高端材料实现产业化，成功进入台积电、中芯国际、美国英特尔、韩国三星、韩国海力士等知名企业供应链，应用于28 nm及以下先进集成电路芯片制造，部分产品的客户覆盖率超过90%，有力保障了我国集成电路材料供应链和国防科工安全。

1. 主要工作成员所负责的工作情况

本标准主要起草人及工作职责见表1。

表1 主要起草人及工作职责

|  |  |
| --- | --- |
| 起草人 | 工作职责 |
|  | 负责标准前期调研，技术指标收集  |
|  | 负责草案的编制 |
|  | .... |
|  |  |
|  | ..... |
|  | ...... |

（四）主要工作过程

根据正在公示的计划（2023000379）的要求，国家标准《太阳能级硅多晶》的编制工作由洛阳中硅高科技有限公司牵头负责，组建了由洛阳中硅高科技有限公司、新特能源股份有限公司、内蒙古通威高纯晶硅有限公司、亚洲硅业(青海)股份有限公司、新疆大全新能源股份有限公司、陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司、江苏中能硅业科技发展有限公司等专家成立标准编制组。编制组详细讨论并广泛调研收集整理了国内外与本标准项目相关的标准、论文、专著等文献资料，为标准修订提供技术参考和支撑。同时标准编制组也充分调研了硅多晶生产企业公司和下游客户单位的对太阳能级硅多晶产品的技术要求，并组织相关人员整理，对拟制定标准所涉及的内容、范围、适用性、和科学性等内容进行了认真研讨、论证和改进，在调研的基础上，初步确立了标准的主要内容。最终形成了《太阳能级硅多晶》的讨论稿，并在编制组成员单位内进行了充分的讨论。

2023年11月15日，行业内近百名专家相聚浙江丽水对该标准展开了集中讨论，形成数十条修改意见，其中在本次会议中确定了该标准的名称为《太阳能级硅多晶》，会后洛阳中硅根据讨论会意见，联合标准起草组，形成了标准的征求意见稿并于2024年 5 月进行公开意见征集。

2024年7～8月份，编制组充分吸收并转化各相关防提出的意见，形成标准预审稿并在徐州会议上实施预审。

2024年8月23日，由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组织，在江苏徐州召开了《太阳能级硅多晶》第二次标准工作会议（预审会），会议对本标准的技术指标、试验方法等提出了相应修改建议。会后标准编制组根据会议内容对标准预审稿进行了修改和补充、完善，于2024年10月完成了审定稿及编制说明。

# 标准编制原则

本标准的编制原则如下：

（一）细化修改太阳能级硅多晶的质量要求，使之满足和保证行业应用的技术发展需要。根据行业水平和用户需求，一方面对现有《太阳能级硅多晶》国家标准技术指标进行修订，另一方面删减部分技术指标。

（二）将氧含量和少数载流子寿命作为供需双方协商项目，更符合现有产品质量和客户需求。

（三）尺寸、表面质量部分按照最新的市场需求进行调整。

（四）结合国内硅多晶实际生产水平，同时根据产品用户的意见反馈，正确兼顾好彼此之间的关系，追求技术的先进性、指标的合理性和严谨性的统一。

# 标准主要内容的确定依据及主要试验验证情况分析

本次修订，主要技术变动内容及其依据如下：

（一）第二章：规范性引用文件的说明

规范性引用文件增加了最新的检测方法标准，删除了换算类的准确度低的方法。

（二）第四章：牌号及分类

牌号部分按照最新《半导体材料牌号表示方法》进行约束；

（三）第四章：标准主要技术内容确定依据

标准编制小组首先开始搜集相关的资料，起草小组对国际、国内太阳能级硅多晶产品生产情况进行了深入调研和分析，各企业内控指标均为太阳能特级品比例100%，原太阳能二、三级品形同虚设，现有指标体系的“分辨率”无法区分n型单晶与普通光伏用的质量差，在标准讨论稿中将国内外太阳能级硅多晶企业标准和用户需求与国内实际生产情况相结合，经过讨论形成讨论稿技术指标见表2。

|  |  |
| --- | --- |
| 项目 | 技术指标 |
| 特级品 | 1 级品 | 2 级品 | 3 级品 |
| 施主杂质含量（P、As、Sb 总含量，以原子数计）cm-3 | ≤2.0×1013 | ≤3.0×1013 | ≤4.5×1013 | ≤6.0×1013 |
| 受主杂质含量（B、Al总含量，以原子数计）cm-3 | ≤7.5×1012 | ≤1.0×1013 | ≤2.0×1013 | ≤4.0×1013 |
| 碳含量（以原子数计）cm-3 | ≤1.5×1016 | ≤2.0×1016 | ≤2.5×1016 | ≤3.0×1016 |
| 基体金属杂质含量（Fe、Cr、Ni、Cu、Zn、Na总含量），ng/g（ppbw） | ≤3 | ≤10 | ≤20 | ≤20 |
| 表面金属杂质含量（Fe、Cr、Ni、Cu、Zn、Na、Al、K、Ti、Mo、W、Co 总含量），ng/g（ppbw） | ≤10 | ≤20 | ≤30 | ≤50 |
| 注：硅多晶的导电类型、电阻率、少数载流子寿命和氧含量由供需双方确定。 |

因硅多晶结构（氧化夹层、温度夹层）的出现，会影响产品纯度，导致产品质量下降从而引发质量风险，所以在标准中增加了结构条款“硅多晶应无氧化夹层和温度夹层 ”。

在标准公开讨论过程中，与会专家认为，表面金属对下游客户的影响度较高，且Al、K等碱金属也为关键质量特性，因此扩项了表金属的监测范围并收紧其规格要求，匹配行业高质量发展要求。但同时专家认为，标准在高质量发展的同时也要考虑中小企业的发展以及不合格物料的处置问题，因此建议三级品的指标适当放宽至原二级品附近作为兜底。同时考虑体表金属的逻辑匹配问题，最终形成征求意见稿的技术指标如表 3 所示：

表 3 征求意见稿技术指标

|  |  |
| --- | --- |
| 项目 | 技术指标 |
| 特级品 | 1 级品 | 2 级品 | 3 级品 |
| 施主杂质含量（P、As、Sb 总含量，以原子数计）cm-3 | ≤2.0×1013 | ≤3.0×1013 | ≤4.5×1013 | ≤10.0×1013 |
| 受主杂质含量（B、Al 总含量，以原子数计）cm-3 | ≤7.5×1012 | ≤1.0×1013 | ≤2.0×1013 | ≤4.0×1013 |
| 碳含量（以原子数计）cm-3 | ≤1.5×1016 | ≤2.0×1016 | ≤2.5×1016 | ≤3.0×1016 |
| 基体金属杂质含量（Fe、Cr、Ni、Cu、Zn、Na 总含 量），ng/g（ppbw） | ≤3 | ≤8 | ≤15 | ≤20 |
| 表面金属杂质含量（Fe、Cr、Ni、Cu、Zn、Na、Al、K、Ti、Mo、W、Co 总含量），ng/g（ppbw） | ≤5 | ≤10 | ≤20 | ≤30 |

2024年8月22日，标准预审会上，与会专家提出太阳能硅多晶特级品施主杂质和受主杂质应与GB/T12963电子3级指标一致，其他指标不变，并考虑正在制定的团体标准《质量分级及“领跑者”评价要求 太阳能级硅多晶》领跑者水平，所以将审定稿技术指标做如下修订，如表4：

表 4 审定稿技术指标

|  |  |
| --- | --- |
| 项目 | 技术指标 |
| 特级品 | 1级品 | 2级品 | 3级品 |
| 施主杂质含量（P、As、Sb总含量，以原子数计）cm-3 | ≤1.5×1013 | ≤3.0×1013 | ≤4.5×1013 | ≤10.0×1013 |
| 受主杂质含量（B、Al总含量，以原子数计）cm-3 | ≤5.0×1012 | ≤1.0×1013 | ≤2.0×1013 | ≤4.0×1013 |
| 碳含量（以原子数计）cm-3 | ≤1.5×1016 | ≤2.0×1016 | ≤2.5×1016 | ≤3.0×1016 |
| 基体金属杂质含量（Fe、Cr、Ni、Cu、Zn、Na总含量），ng/g（ppbw） | ≤3 | ≤8 | ≤15 | ≤20 |
| 表面金属杂质含量（Fe、Cr、Ni、Cu、Zn、Na、Al、K、Ti、Mo、W、Co总含量），ng/g（ppbw） | ≤5 | ≤10 | ≤20 | ≤30 |
| **注**：硅多晶的导电类型、电阻率、少数载流子寿命和氧含量由供需双方协商确定。 |

在尺寸及允许偏差部分，与会专家认为根据目前的实际供应，客户端对混装的比例要求不同，在标准中推荐界定的指导意义不大，因此删除了混装比例的规定。结构方面虽然氧化夹层、温度夹层是重要的评价指标，但随着硅多晶生产技术的进步，氧化夹层、温度夹层视为严重不合格，因此在最新版的标准中不宜作为一项普遍的技术标准。

（四）第六章：试验方法的确定

1、因现在硅多晶企业普遍采用低温红外光谱仪检测施受主杂质，不再使用准确度低的换算方法，删除了硅多晶中的施主杂质含量和受主杂质含量的检验按GB/T 1551和GB/T 13389规定的方法换算得出。

2、随着GB/T 35306《硅单晶中碳、氧含量的测定 低温傅立叶变换红外光谱法》的实施，业内碳含量和氧含量检测普遍采用低温红外光谱法，所以增加了GB/T 35306并作为仲裁方法。

3、目前太阳能硅多晶品质提升很大，基体金属检测方法增加了GB/T 37049《电子级多晶硅中基体金属杂质含量的测定 电感耦合等离子体质谱法》并且作为仲裁检验方法。

4、删除了硅多晶结构（氧化夹层、温度夹层）的检验按GB/T 4061的规定进行，和5.3条件相对应。

（五）组批的修订

根据现有生产工艺流程和生产工艺，将组批由“产品应成批提交验收，每批应由同一等级，以类似工艺条件生产并可追溯生产条件的硅多晶组成。”，在讨论稿中修改为“产品应成批提交验收，每批应由同一规格、同一等级，同一工艺条件生产并可追溯生产条件的硅多晶组成。”，增加了“同一规格”的要求，把“类似工艺条件”修改为“同一工艺条件”更严谨。

在标准讨论过程中，与会专家认为还原炉的技术参数具有单炉差异，同一工艺条件的约束反而制约了实际的批次管控，因此在征求意见稿中修订为“每批应由同一等级，相同工艺条件生产的硅多晶组成”。

（六）检验结果的判定

根据修订后的技术指标进行检验结果的判定。

（七）附录

历经7年的过度，硅多晶电阻率的判级已经不被采用，因此本次修订删除附录 A太阳能级硅多晶参考技术指标。

# 标准中涉及专利的情况

本标准不涉及专利问题。

# 采用国际标准和国外先进标准的情况

无。

# 与现行相关法律、法规、规章及相关标准的关系

本标准属于有色金属标准体系“半导体材料”类，原材料系列。

本标准修订时，考虑到与国际标准和规范接轨，在规范性引用文件上按我国标准体系做了调整和编辑，在标准的技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存等方面与国内相关标准协调一致；新修订的《太阳能级硅多晶》从技术上保证了产品的使用安全和可靠性，条文精炼表达清楚，技术要求全面、准确、科学、合理；标准的格式和表达方式等方面完全执行了现行的国家标准和有关法规，符合GB/T 1.1的有关要求。

# 重大分歧意见的处理经过和依据

无。

# 标准性质的建议说明

本标准作为推荐性国家标准。

# 贯彻标准的要求和措施建议

1、首先应在实施前保证标准文本的充足供应，使每个太阳能级硅多晶生产企业和高纯材料分析检测机构都能及时获得本标准，这个是保证新标准贯彻实施的基础。

2、本次修订的《太阳能级硅多晶》标准，不仅与材料生产企业有关，而且与相关科研院所、检测机构等相关。对于标准使用过程中出现的疑问，起草单位有义务进行解释。

3、可以针对标准使用的不同对象，有侧重点的进行标准培训和宣贯，以保证标准的贯彻实施。

# 废止现行标准的建议

本标准发布实施之日起，代替GB/T 25074-2017《太阳能级硅多晶》。

#  其他应予说明的事项

无。

标准编制组

2024年10月