行业标准《铜铟镓合金粉》

编制说明

（讨论稿）

行业标准《铜铟镓合金粉》起草小组

2024年10月16日

**一 工作简况**

### 1.1 任务来源

根据工信部的文件要求，《铜铟镓合金粉》行业标准的修订任务由先导电子科技股份有限公司负责完成，项目的批准文号为xxxxxxxx,标准修订参与单位为：安徽光智科技有限公司、成都中建材光电材料有限公司、广东先导稀材股份有限公司、等。

### 1.2 标准修订的目的和意义

铜铟镓合金粉是一种杂质含量较低的高纯度的合金产品，主要制造方法是将高纯度的铜、铟、镓粉末按一定比例混合后经过一系列的生产工艺生成铜铟镓合金混合粉，然后再经过充分混匀成均质物料，在高温气氛下常压熔融成熔融体合金，冷却后破碎筛分得到的产品。铜铟镓合金粉最主要的用途是制造铜铟镓靶材的原料，在CIGS光伏组件的制造中，先进行铜铟镓溅射后再硒化是一种新趋势的工艺路线，溅射后硒化的太阳能光伏电池板是具有高使用寿命和高光电转化率新世代产品，其主要的特点是小规模化的应用场景。

在全球气候变暖及化石能源供应被人为操纵甚至武器化的大背景下，可再生能源开发利用日益受到国际社会的重视，大力发展可再生能源已成为世界各国特别是石油储量不足的国家的共识。中国已向世界作出“二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值，争取2050 年前实现碳中和”的承诺。在碳达峰、碳中和愿景目标下，大力推广可再生能源的并网是未来5年的重要命题。为进一步提高非化石能源在能源消费结构中的比重，在开发规模、清洁替代等方面换挡提速，需要大规模开发可再生能源，共同推动风电光伏大基地和各类应用场景如办公场所、可移动设备等光伏要求的建设。

随着我国的科技进步和生产力水平的提高，在国家的大力鼓励发展和扶持发展下，2021年全国新增光伏并网装机容量达到216GW，同比上升55%。据中投产业研究院发布的《2024-2028年中国光伏行业大数据分析报告》预计，2024年全年太阳能发电装机总容量将达到132444万千瓦，未来五年（2024-2028）年均复合增长率约为20%，2028年将达到274637万千瓦。下表是各类太阳能电池的的转换效率和相应的优缺点。

 表1 各类太阳能电池的效率和优缺点

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 类型 | 转换效率 | 优点 | 缺点 |
| 硅晶电池 | 11~20% | 效率高、稳定性好、公害小 | 不适合低日照水平地区 |
| 硅基薄膜 | 6.5~15.3% | 适合低日照水平地区 | 稳定性差、存在光衰减特性 |
| CIGS | 11~21% | 效率高、利于光伏建筑一体化 | 制造工艺难于控制，成品率较低 |
| 碲化镉 | 10~16% | 效率高，利于光伏建筑一体化 | 材料毒性 |

CIGS电池具有性能稳定、抗辐射能力强，光电转换效率目前是各种薄膜太阳电池之首，如果突破工艺制作难和成品率较低的问题，将因为其性能优异成为国际上下一代的廉价高效太阳能电池，无论是在地面特别是绿色建筑配套光伏发电或利用还是在空间微小卫星动力电源的应用上具有广阔的市场前景。

国家标准化管理委员会发布的《2021年国家标准立项指南》第（二）章节强调：加强“碳达峰”标准化支撑力度，加快新能源开发利用、电力储能、需求侧等的管理，推进能源互联网标准化工作，推进光伏能源标准体系建设，而铜铟镓合金粉就是极具前景的异质结光伏电池产业的核心基础材料。

### 1.3 工作单位简介

#### 1.3.1先导电子科技股份有限公司：

先导电子科技股份有限公司是先导科技集团下属子公司，致力于研发、生产、销售和回收真空镀膜用溅射靶材和蒸发材料。产品系列包括高纯金属、合金、贵金属及陶瓷材料所制成的靶材、锭、颗粒及粉末，被广泛应用于显示、光伏、半导体、精密光学、数据存储及玻璃等领域。先导电科现有员工近千人，在广东清远、安徽合肥、江苏徐州、山东淄博、韩国、新加坡分别建有多个研发制造基地，在全球多个国家和地区设有销售办公室，先导电科目前已成为国内具备相当规模和影响力的靶材供应商之一，产品质量稳定，受到国内外客户广泛认可，在国际市场也极具竞争力。先导电子科技股份有限公司是国家高新技术企业，是国家工程技术中心的所在单位，公司有多项产品如硒化锌红外激光材料和镜片、半导体砷化镓、ITO靶材、铜铟镓硒靶材、铜铟镓靶材、碲锌镉靶材、碲锌镉晶体窗口材料等均是填补了国家战略新型材料空白的产品。先导电科拥有一支专业的国际化研发和应用技术支持团队，我们的研发团队与客户共同合作，提升现有产品性能，开发适用于未来先进技术的新产品。我们的应用技术团队协助客户解决产品应用问题，提升应用性能。

公司拥有大型生产设备500余台，员工3000余人，其中专业技术人员600多名，配有等离子体发射光谱仪、等离子质谱仪、辉光放电质谱仪、电子扫描电镜、原子吸收光谱仪、测氧仪、粒度仪、差热仪、X衍射仪、X荧光仪、红外光谱仪、高效气相质谱仪、液相质谱仪、离子色谱仪等先进的检测仪器，可进行多种化学元素的分析检测，公司的产品检测能力在国内外处于领先水平。公司先后通过了ISO9001质量管理体系认证，并建立了ISO14001环境管理体系，OHSAS l8001职业健康管理体系。

#### 1.3.2成都中建材光电材料有限公司：

成都中建材光电材料有限公司位于双流区西航港经济开发区空港二路558号，成立于2009年12月16日，注册资本2.337亿元，系中国建材集团控股的国家级高新技术企业。公司致力于碲化镉弱光发电玻璃的研发与产业化，高纯金属半导体材料的生产与销售以及BIPV光伏系统的设计、安装和运营。公司是国内较早开展高纯金属材料研发、生产的企业，目前拥有年产100吨高纯碲、40吨高纯锑、80吨高纯锌、60吨高纯硒的生产线， 5-7N碲荣获了四川省高技术创新产品、获得四川省科技进步一等奖，建有两个四川省工程技术中心，2013年研发团队入选四川省顶尖创新团队。
1.3.3广东先导稀材股份有限公司：

先导科技集团始创于2003年，在全球稀散金属行业处于世界领先地位，硒、碲系列产品销量世界第一；旗下拥有40家子公司，遍布全球10个国家，16个城市，集团总部位于广东清远，全球在职员工3000多名，是国家认定高新技术企业、拥有国家稀散金属工程技术研究中心、国家认定企业技术中心、博士后科研工作站，设有独立的先进材料研究院。

### 1.4 主要工作过程

#### 1.4.1预研和试验工作简介

2022年6月，先导电子科技股份有限公司作为主编单位对国内国内外铜铟镓合金粉市场情况、生产情况及使用情况进行了详细的调研，了解了国内外铜铟镓合金粉生产的技术水平、应用情况及相关的研发拓展情况及未来相关的趋势，与行业内的相关人员深入讨论标准修订工作的技术要求、试验要求、建议要求等各环节的标准的具体技术要求，通过整理归纳相关企业的制造水平、产品规格、检测手段、应用要求等，同时也考虑了国外能够涉及到和收集到的各类情况，由主编单位整理并编制形成了《铜铟镓合金粉》标准项目建议书、标准草案及标准立项说明等材料。根据此次调研情况，由主编单位整理并完善形成标准草案稿。

#### 1.4.2标准立项

1.4.2.1 2022年10月中国有色金属标准化委员会年会在厦门召开，先导电子科技股份有限公司在会上提交了标准立项申请报告，会上针对当前国内铜铟镓合金粉生产经营使用的实际情况，广泛征求参会人员的意见，会上经讨论后同意向申请单位的提交申报，经过公示后同意决定由先导电子科技股份有限公司起草《铜铟镓合金粉》行业标准。

1.4.2.2 在2024年x月，工信部批准了由先导电子科技股份有限公司起草制定行业标准《铜铟镓合金粉》，并确认了成都中建材光电材料有限公司、广东先导稀材股份有限公司、安徽光智科技有限公司等参与修订。

#### 1.4.3 标准起草阶段

本标准为修订标准，先导电子科技股份有限公司在起草阶段进行了大量的数据收集，同时结合国内铜铟镓合金粉的生产厂家的生产现状及技术水平及用户的实际要求，进行了以下工作：

1）2024年8月，成立标准编制组，初步制定了工作计划和进度安排，明确了各参与单位的工作职能和任务。

2）2024年9月，编制小组对铜铟镓合金粉相关资料的收集和总结，并对相关的技术资料进行了对比分析。

3）2024年10月，由全国有色金属标准化技术委员会重金属分技术委员会组织，在南京召开了重金属标准工作会议，在会上对标准征求意见稿1稿进行广泛的讨论。

4）。

#### 1.4.4 征求意见阶段

本标准以召开专题会议、发送标准邮件、标委会网站上公开挂网等多种形式和办法进行了广泛的征求意见，2024年10月，根据各生产企业、用户、相关行业的专家意见等的相关资料进行归纳和总结，确认了标准内主要的技术要求如牌号、化学成分、粒度要求、外观质量、分析方法等的制定要求的具体内容形成了《铜铟镓合金粉》的讨论稿，并进行了相关广泛的征求意见工作。

#### 1.4.5审查阶段

## 二 标准制定原则

2.1 行业标准《铜铟镓合金粉》是推荐性行业标准，应按照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》的规定起草，有色金属标准化技术委员会针对最新版的标准起草要求做了深入的培训，按照培训要求及编写实例、示例编写本标准。

2.2 标准的制定应重点关注和解决在生产和经营使用实际情况中的技术要求、试验方法、检验要求，准确体现和反应行业现状和要求及发展要求，对铜铟镓合金粉生产、贸易、使用企业 的方方面面的各项工作要求起到指导作用。

2.3 《铜铟镓合金粉》行业标准的要求和内容，要统一考虑国际、国内两个市场的供需情况，标准的制定尽量采用国际国外先进标准，与国际接轨，制定出的标准既可以给行业提供执行和规范要求并且执行和使用清晰明了，也可以让行业之外的其他部门了解行业状况。

## 三 标准制定工作的时间安排

### 3.1 标准工作的时间安排

### 3.2 标准工作的任务安排

### 3.3 标准工作主要起草人及工作职责：

## 四 标准制定的主要内容和制定依据

4.1产品分类 和制定依据

4.1.1 产品的主要分类：

铜铟镓合金粉按牌号分类为CIG99.9995。

4.1.2 产品分类的主要依据

 目前铜铟镓的市场需求主要为5.5N产品需求，所以分类为一种牌号。

4.2化学成分的要求和制定的依据

4.2.1主要成分的要求：

产品为铜、铟、镓三种金属元素的混合物，其含量的配比为：Cu:In:Ga=38.4:52.5:9.1(质量分数)，允许偏差为±0.30%（质量分数）。

4.2.2 主要成分的制定依据：

 铜铟镓粉主要用于制造铜铟镓靶材，然后将铜铟镓靶材溅射硒化成为铜铟镓硒薄膜太阳能产品，和传统的先将铜铟镓硒合成后制成铜铟镓硒靶材、再溅射成铜铟镓硒太阳能薄膜组件产品的生产模式和生产方法有很大的差别。这种先溅射后硒化的方式可以更稳定在薄膜中形成硒的提供和形成、更有利于硒的化学特性在太阳能光电转化中的作用，工艺更为简便和易于控制。在生产制造和使用的长期试验探索中，形成了Cu:In:Ga=38.4:52.5:9.1的配比方法，该配比接近于传统铜铟镓硒靶材中铜铟镓的配比要求，传统铜铟镓硒靶材中铜铟镓的配比为：18.0:25.50：6.50(相当于：34.29:48.57:12.38)。

4.2.3 杂质成分的要求

 铜铟镓合金粉杂质元素要求应符合表2规定。

表2 铜铟镓合金粉牌号和对应的化学成分表

|  |  |
| --- | --- |
| 牌号 | 杂质含量（×10-4）10-4%，不大于 |
| CIGS99.9995 | Ag | Al | Bi | Cd | Co | Cr | Fe | Hg | Mg | Mn | Na | 金属杂质总和 |
| 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.1 | 0.1 | 0.3 | 0.1 | 0.5 | 0.1 | 0.2 | 5 |
| Ni | Pb | Si | Sn | Ti | V | Zn | Zr | O | C | N |
| 0.2 | 1 | 3 | 1 | 0.1 | 0.1 | 0.5 | 0.1 | 600 | 30 | 30 |

4.2.3 杂质要求制定的依据

 铜铟镓合金粉是由铜、铟、镓三种单质混合生成的物质，铜铟镓硒合金粉标准中杂质元素的设定是依据国家相关标准，并根据国内外铜铟镓合金粉产品生产的实际情况及产品质量水平、铜铟镓硒合金粉的应用领域相关标准及相关应用领域对铜铟镓合金粉所含杂质的含量要求来制定的。铜铟镓合金粉所含杂质分为危害性杂质、难除杂质或易引入杂质和常见杂质。危害性杂质是指对铜铟镓合金粉应用领域使用中具有危害性、对于材料性能产生较大影响的杂质，如：银、铅、铬、铁、锆、汞等。难除杂质或易引入杂质是指在生产工艺中难以除去的杂质并且在生产过程中易带人的杂质，如：铁、镍、镁等。在铜铟镓合金粉的应用领域，如制备薄膜太阳能材料，该材料对铜铟镓硒合金粉中所含杂质如：镁、钼、铝、铬、铁、锌、铅等的要求较为严格，这些杂质含量高将对太阳能电池的禁带宽度、易形成深能缺陷，影响载流子的运输和寿命、对电子迁移率产生不利影响，从而影响到光伏应用的效能比；有些杂质元素对薄膜太阳能电池的制作中的制膜过程产生不良影响、使薄膜的生成和保持增加难度和，由此影响到太阳能电池的使用寿命及光电转换率。因铜铟镓合金粉工艺为6N铜、铟、镓合成的物质，铅、锌、铁、镉、铝都是这些高纯度单质在生产过程中较难以控制的杂质元素，所以也要相对规定这些杂质元素的允许量。按照制表2的化学成分的要求对于铜铟镓合金粉的应用有重要作用，能决定铜铟镓合金粉是否符合要求。

4.3 物理规格的要求和制定的依据

4.3.1 物理规格的要求：

铜铟镓合金粉产品以粉体供货，粒径要求应符合下表3要求。

 表3铜铟镓合金粉的粒度要求

|  |  |
| --- | --- |
| 粒径（mm） | 粒度组成（质量分数）/% |
| ＜0.09 | 90 |
| ＞0.038 |  10 |

4.3.2 物理规格制定的依据

4.3.2.1铜铟镓合金粉主要用于制造铜铟镓靶材，产品的粒度范围要求对靶材制造特别是靶材的物理规格方面有重要的影响，铜铟镓靶材物理规格一般有以下质量要求：

A、密度：铜铟镓靶材相对密度应≥8.4 g/cm3；密度均匀性偏差≤±0.2％，高致密度的靶材具有导电、导热性好、强度高等优点，使用这种靶材镀膜，溅射功率小、成膜速率高、薄膜不易开裂等优点，而均匀性是镀膜质量的保障。

B、铜铟镓靶材呈平板型和圆柱行，其规格尺寸及其偏差由供需双方商定，尺寸要求按照客户要求提供、尺寸偏差<0.2mm。

C、铜铟镓表面粗糙度：Ra≤2.0(μm)，表面应平整，无裂纹，无明显崩边，且无任何外来夹杂物、缺陷和污染物。

4.3.2.2 铜铟镓合金粉在破碎时易形成范围较宽的粒度范围，经过起草单位的试验验证，粒度范围控制在表2的情况下，易制造形成符合4.3.2.1要求的靶材，所以规定表2的粒度要求范围。

4.4 外观质量的要求和制定的依据

铜铟镓合金粉为灰黑色，粉体色泽均匀，无外来夹杂物。此要求为铜铟镓合金粉的物质特性决定的外观质量要求。

4.5 其他

需方如对铜铟镓合金粉的杂质元素、铜铟镓配比等有其他要求，由供需双方协商确定。

4.6 试验方法的要求和制定的依据

4.6.1 试验方法的要求

4.6.1.1 铜铟镓合金粉的铜的测定按照GB/T 3884.1的规定进行，镓和铟的测定按照YS/T1158.1的规定进行，杂质的测定按照YS/T 981.1的规定进行，碳、氮、氧含量的测定按照GB/T14265 的规定进行。

4.6.1.2 铜铟镓合金粉的粒径大小用相应的筛网检验，产品通过率符合合同要求。

4.6.1.3 铜铟镓合金粉的外观质量用目视法检验。

4.6.2 试验方法制定的依据

4.6.2.1 铜铟镓合金粉中铜的检测使用《 GB/T 3884.1铜精矿化学分析方法 铜含量的测定 碘量法》的规定进行，铜铟镓合金粉的样品由镓、铟、铜组成，在使用碘量法测定时镓和铟在测定时价态稳定，不干扰碘量法测定的方法要求，所以可以使用该法进行，在使用该法时可完全按照该法的称样量及样品处理方法进行。

4.6.2.2 行业标准《YS/T1158.1 铜铟镓硒靶材化学分析方法 镓和铟的测定 电感耦合等离子体发射光谱法》针对的样品为铜铟镓硒样品，使用的是酸溶解法处理样品、电感耦合等离子发射光谱法测定内标法测定的方法，该溶解方法也适用于铜铟镓样品，使用电感耦合等离子发射光谱仪测定条件和测定铜铟镓硒样品一致，精密度也符合铜铟镓合金粉的要求，所以该方法完成满足铜铟镓样品的测定，可以作为规定的检测方法予以规定。

4.6.2.3 行业标准《YS/T 981.1 高纯铟化学分析方法 痕量杂质元素的测定 辉光放电质谱法》是使用辉光放电质谱仪测定的方法，检测条件和铜铟镓样品的检测条件一致，精密度高于5.5N样品的检测要求。

4.6.2.4 碳、氮、氧含量的测定按照GB/T14265 的规定进行，此要求为碳、氮、氧测定的通行要求，也满足该产品的测定要求。

**六、产品质量稳定性试验报告**

为验证本产品质量是否稳定，各项性能指标是否满足要求，标准起草小组决定，成立由质量部、生产部和实验室组成的试验组，跟踪连续生产的5批铜铟镓硒合金粉产品。实验时间从2024年9月至11月，共2个月时间。具体性能数据如下：

## 七 标准中涉及专利的情况

本文件不涉及专利问题。（若标准中涉及专利，需要在附件中提供必要专利信息披露表、已披露的专利清单、必要专利实施许可声明表等材料。）

## 八 标准水平分析

《铜铟镓合金粉》为推荐性行业标准。铜铟镓合金粉是现代现代光伏产业的一种新型基础材料，铜铟镓合金粉是我国战略新兴产业指定关注和扶持发展的新兴材料。该标准的制定是为了更能反应和满足及体现行业要求的产品标准的修订，对该产业的生产和贸易提供了一个平台，能起到对行业的规范和促进作用。

经评定，该标准达到了xxxx水平。

## 九 预期达到的社会效益等情况

### 9.1项目的必要性和可行性

工信部发布的《重点新材料首批次应用示范指导目录（2024版）》之关键战略材料之（三）半导体材料和显示材料之248 明确列明了要大力发展薄膜太阳能电池及构件，铜铟镓硒类正是重要的薄膜太阳能电池的制备材料之一，而且铜铟镓硒类薄膜材料相对其他类型的太阳能材料具有高转化率及极其适合小场景如楼宇屋顶太阳能、移动平台应用的特点，制定《铜铟镓合金粉》国家标准契合国家产业政策和要求。

在全球气候变暖及化石能源供应被人为操纵甚至武器化的大背景下，可再生能源开发利用日益受到国际社会的重视，大力发展可再生能源已成为世界各国特别是石油储量不足的国家的共识。中国已在2013年已成为全球最大的石油进口国，发展可再生能源已成为中国的基本国策。中国已向世界作出“二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值，争取2050 年前实现碳中和”的承诺。在碳达峰、碳中和愿景目标下，大力推广可再生能源将是我国长期发展的重要命题。为进一步提高非化石能源在能源消费结构中的比重，在开发规模、清洁替代等方面换挡提速，需要大规模开发可再生能源，共同推动风电光伏产业建设。铜铟镓硒薄膜太阳能产业是一种既有成熟产业又有远大发展前景的朝阳产业，制定铜铟镓合金粉标准符合国家产业布局和要求，也符合国家标准体系的建设要求。

随着我国的科技进步及产业的发展，薄膜太阳能产业由基本上被国外发达国家垄断局面已改变为中国制造为主导的局面，我国的各类薄膜太阳能靶材产量已占全球60%以上，产品类型覆盖全范围。本标准的制定，既能促进我国薄膜太阳能靶材制造行业的发展，也能促进相关产业如高纯镓、高纯铜、高纯铟、高纯硒等产业的发展，使得相关行业如有色金属行业的高附加值和优质服务供给比重进一步提升，进一步增强整个薄膜太阳能产业的竞争力和技术水平，使得我国相关产业的市场价值得到极大提升。为进一步巩固和提高我国薄膜太阳能靶材的生产和研发能力，顺应我国日新月异的科技进步能力，制定可以反映行业最新要求和状况的铜铟镓合金粉行业标准已是势在必行。

**9.2 标准的先进性、创新性、标准实施后预期产生的经济效益和社会效益**

国外没有制定铜铟镓合金粉的相关产品标准。随着我国的科技进步和生产水平的大力发展，我国的薄膜太阳能相关产业的生产能力和水平及产量已有质和量的双重提升，为契合我国“二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值，争取2050 年前实现碳中和”的承诺，我国在国家层面全力支持太阳能光伏产业的发展，2024年全年太阳能发电装机总容量将达到132444万千瓦，未来五年（2024-2028）年均复合增长率约为20%，2028年将达到274637万千瓦，也正因为随着装机容量的迅速提高，薄膜太阳能光伏产业已成为全球较大市场价值的产业，据统计，2023年全球薄膜太阳能电池市场规模2023年达千亿元以上元,预计全球薄膜太阳能电池市场在较长的时间内将以较高的复合年增长率增长。铜铟镓硒类薄膜太阳能一直都是薄膜类太阳能材料的热点材料之一，本标准的制定完善了薄膜太阳能产业中一种重要的产品种类，该标准完成后能全面反映了行业特点和要求，为生产和应用各方面提供准确的质量评价依据，对行业的发展壮大具备助推器的作用，达到项目可行、具备为生产和企业服务的要素。铜铟镓合金粉是我国战略新兴产业指定关注和扶持发展的新兴材料。该标准的制定能反应和满足及体现行业要求，对该产业的生产和贸易提供了一个平台，能起到对行业的规范和促进作用。

## 十 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

本为制定的行业标准，本标准符合现行法律、法规的要求，并与其他同类国家标准、国家J用标准、行业标准无冲突、重叠和不协调之处。

## 十一 重大分歧意见的处理经过和依据

无。

## 十二 作为强制性或推荐性国家标准的建议

本标准建议作为推荐性行业标准发布。

## 十三 贯彻标准的要求和措施建议

本标准属于铜铟镓合金粉的基础标准，全面覆盖产业的一般要求，建议相关单位组织专项标准宣贯会进行系统的学习与贯彻实施。如果需方或对产业有特殊要求时，建议供需双方在本标准基础上对特殊要求在订货合同中进行详细的约定或起草专项技术协议。

## 十三 废止现行有关标准的建议

本标准为新制定标准。

## 十四 其他主要内容的解释和其他需要说明的事项。

无。