国家标准《氧化铟锡靶材》

编制说明书

（送审稿）

国家标准标准《氧化铟锡靶材》起草小组

2024年2月25日

《氧化铟锡靶材》国家标准

编制说明

**一 工作简况**

**1.1、任务来源**

根据国标委发[2022]6号 、项目编号20220979-T-610的文件要求，GB/T20510-2017《氧化铟锡靶材》国家标准的修订任务由先导薄膜材料（广东）有限公司负责完成，标准修订参与单位为：株洲冶炼集团股份有限公司、广西晶联光电材料有限责任公司、芜湖映日科技有限公司、中山智隆新材料科技有限公司、株洲火炬安泰新材料有限公司、深圳市中金岭南有色金属股份有限公司、成都中建材光电材料有限公司、上海大学、广东欧莱高新材料股份公司、河北恒博新材料科技股份有限公司、广东先导稀材股份有限公司、福建阿石创新材料股份有限公司等。

**1、2 标准修订项目的和意义**

氧化铟锡（即Indium Tin Oxide，简称ITO）靶材是将氧化铟和氧化锡粉末按一定比例混合后经过一系列的生产工艺加工成型，再经过高温气氛烧结形成的黑色陶瓷材料半导体，氧化铟锡靶材最主要的应用是用于磁控溅射制备ITO透明导电薄膜的原料。这种透明导电薄膜对可见光透过率>85%，红外光反射率>90%，且导电性好，有优良的化学稳定性、热稳定性和刻蚀性，是一种用途十分广泛的特种薄膜材料，广泛应用于平板显示器、防辐射玻璃、太阳能光伏电池板等领域。

氧化铟锡靶材的氧化铟和氧化锡按照不同的比例形成了不同的产品类型，现在市场主要的质量比类型有90:10、93:7、97:3三种类型。产品的外形有平面型和管型两种类型，一般称为平面靶和旋转靶。ITO靶材的纯度、电阻率、外观质量、内部缺陷、相对密度等指标对最终产品质量有着决定性影响。

随着我国的科技进步及产业的发展，以前ITO靶材市场几乎由日、韩、美垄断局面已改变为有中、日、韩主导，其中我国的ITO靶材产量已占全球40%以上，产品覆盖高中低端全范围。

ITO靶材主要应用于平板显示PFD市场和薄膜太阳能电池市场，在平板显示面板的生产工艺中，LCD和OLED玻璃基板均需要多次溅射镀膜形成ITO玻璃，是当前ITO靶材的主要需求，占比将近50%。随着全球平板显示产业中心逐步向中国转移，在各级地方政府的支持下，众多平板显示国内外厂商加大了在我国大陆投资建设面板新产线的力度。2016年我国大陆平板显示产能首次超过我国台湾地区，2019年又继续超过韩国成为全球最大的平板显示产能地区，占比34%。2018年至2020年，我国大陆显示面板产能将持续大幅增加，至2022年，我国大陆产能占比达到80%，全球产能向我国大陆集中趋势明显。薄膜太阳能电池市场是ITO靶材需求的第二增长极。太阳能电池主要分为晶体硅太阳能电池和薄膜太阳能电池，ITO靶材应用于后者。受限于晶体硅太阳能电池的转换效率已经接近其理论值，而薄膜太阳能电池的转换效率在逐年提高，加之薄膜太阳能电池理论效率高、材料消耗少、制备能耗低，且产业化技术逐步成熟，未来发展前景看好。2016-2019全球薄膜太阳能电池产量从4832MW增长至2019年的6432WM，年复合增长率10%，预计2022年可达7256WM。中国薄膜太阳能电池产量呈现了欣欣向荣的发展趋势。2019年，中国薄膜太阳能电池产量为862MW，增速12.7%，预计2020-2020也将以类似的增速增长，2022年产量达近1102MW。

ITO靶材是我国明确要求发展的重点高新材料，工业与信息化部发布的《重点新材料首批次应用示范指导目录（2019版）》第192项的重点高新材料项目为“高密度ITO靶材，应用领域太阳能光伏、电子信息”。

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，而氧化铟锡靶材就是极具前景的异质结光伏电池产业的核心基础材料。

原国家标准GB/T20510-2017《氧化铟锡靶材》是我国在氧化铟锡靶材方面制定的推荐性国家标准，因为该标准制定时我国的ITO靶材生产尚处于加速发展的初步阶段，ITO靶材生产仍然有许多的认识需要填补和加强，而现在我国的ITO靶材生产已进入高端化大规模化的生产阶段，对产品的认识也水涨船高，原标准中已有不符合现在生产的实际情况或不能完整体现现在的实际情况，如牌号的划分和物理规格品种已等；现在一般实际生产情况以In2O3和SnO2的质量比作为类型牌号的区别，而不会用相对密度作为牌号的区别，因为相对密度大于99.6%已是行业基本要求，随着ITO应用领域的拓展，能够提供多种的氧化铟和氧化锡的配比的产品已是生产企业的日常要求；原标准中只强度了平面型一种规格类型，而现在的产品规格除了平面型，管状型也已是常规产品。因而顺应我国日新月异的科技进步能力，修订可以反映行业最新要求和状况，修订后的氧化铟锡靶材国家标准将在产业引和升级方面起到助推作用，这对于加快建设太阳能及显示技术现代化产业体系，加速壮大高端装备战略性新兴产业，有重要作用。

**1.3 工作单位简介**

1.3.1先导薄膜材料（广东）有限公司成立于2003年5月，坐落在山清水秀的清远市清新区禾云镇工业区，紧邻清连高速，距广州市区仅90分钟车程，地理位置环境优越，交通便利。是一家集硒、碲、铋、镓、铟、锗等稀有金属及其化合物的研发、生产、销售为一体的大型高新技术企业，产品广泛应用于玻璃、陶瓷、电解锰、饲料、电子、通讯、光电半导体材料、热成像、探测器及太阳能光伏材料等行业。稀散金属硒、碲、铟、镓、锗等以金属量计占全球35%以上的市场份额。

先导薄膜材料（广东）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、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，并且产品质量和产量均和中国的发展趋势一般节节攀升。

公司注册资金约1000万美元，占地面积1000余亩，建筑面积50000余平方米，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，欧盟饲料添加剂FAMI-QS认证，并建立了ISO14001环境管理体系，OHSAS l8001职业健康管理体系，GMP良好操作规范和ISO22000食品安全管理体系。

株洲冶炼集团股份有限公司：

广西晶联光电材料有限责任公司：

芜湖映日科技有限公司：

中山智隆新材料科技有限公司：

株洲火炬安泰新材料有限公司：

深圳市中金岭南有色金属股份有限公司：

成都中建材光电材料有限公司：

上海大学：

广东欧莱高新材料股份公司：

河北恒博新材料科技股份有限公司：

广东先导稀材股份有限公司：

福建阿石创新材料股份有限公司:

1.3.12 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

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 起草人姓名 | 职责及分工 |
| 1 | 朱赞芳 | 负责氧化铟锡靶材标准修订的方案制定、产品情况调研、资料搜集、数据采集与汇总、主持标准条款编写和审核等。 |
| 2 | 余芳 | 负责氧化铟锡靶材标准修订工作中的技术要求的制定和审核 |
| 3 | xx |  |
| 4 | xx |  |
| 5 | xx |  |

**1.4 主要工作过程**

**1.4.1预研和试验工作简介**

2022年-2023年，先导薄膜材料（广东）有限公司作为主编单位对国内国内外氧化铟锡靶材市场情况、生产情况及使用情况进行了详细的调研，了解了国内国内外氧化铟锡靶材生产的技术水平、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《氧化铟锡靶材》（修订）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 2021年11月中国有色金属标准化委员会年会在常州召开，先导薄膜材料（广东）有限公司在会上提交了修订申请报告，会上针对当前国内氧化铟锡靶材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国标委提交申报，经过公示后同意决定由先导公司修订《氧化铟锡靶材》标准，并向国标委提报修订申请。。

1.4.2.2在2022年10月，国标委批准了由先导公司起草修订国家标准《氧化铟锡靶材》，并确认了株洲冶炼集团股份有限公司、广西晶联光电材料有限责任公司、芜湖映日科技有限公司、中山智隆新材料科技有限公司、株洲火炬安泰新材料有限公司、深圳市中金岭南有色金属股份有限公司、成都中建材光电材料有限公司、上海大学、广东欧莱高新材料股份公司、河北恒博新材料科技股份有限公司、广东先导稀材股份有限公司、福建阿石创新材料股份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，先导薄膜材料（广东）有限公司在起草阶段进行了大量的数据收集，同时结合全国内氧化铟锡靶材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）2022年12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）20231月～2023年2月，编制小组对氧化铟锡靶材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）2023年3月8日—9日，由全国有色金属标准化技术委员会稀有金属分技术委员会组织，在浙江湖州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）2023年12月18日-20日，由全国有色金属标准化技术委员会稀有金属分技术委员会组织，在成都市召开了重金属标准工作会议，在会上对标准征求意见稿2稿进行广泛的讨论

**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，2023年2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、物理性能、规格、表面质量、内部质量、分析方法等的修订要求的具体内容，形成了《氧化铟锡靶材》（修订）的讨论稿，并进行了相关广泛的征求意见工作。

**二 标准修订原则**

2.1 被修订的GB/T20510-2017《氧化铟锡靶材》国家标准是推荐性国家标准，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力、示例编写本标准。

2.2 （本次修订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，对氧化铟锡靶材生产、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 《氧化铟锡靶材》修订标准的要求和内容，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**

2022年12月～2023年2月：完成调研工作，形成讨论稿；

2023年3月：召开讨论会；

2023年12月：召开预审会；

2023年12月～2024年2月：召开审定会。

**3.2 标准工作的任务安排**

任务落实会议结束后，先导薄膜材料（广东）有限公司牵头随即成立了《氧化锌铝靶材》国家标准编制组，并对标准编制工作组成员进行了职责分工。各起草单位及起草人员的工作分在2022年12月进行的任务落实会议上，根据各起草单位的实际情况和要求，确定了起草单位和参与起草单位，各家单位的工作任务如下表1。

表1 起草单位和验证单位的工作任务

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 单位名称 | 工作任务 |
| 1 | 先导薄膜材料（广东）有限公司 | 主起草单位，负责标准相关资料的收集整理、标准文本及编制说明的编写，标准讨论预审及审定会议的解答和意见建议落实。 |
| 2 | 株洲冶炼集团股份有限公司 | 参与起草单位，对标准各项技术指标的提出相关意见和建议，参加标准的讨论、预审及审定工作。 |
| 3 | 广西晶联光电材料有限责任公司 | 第一参与起草单位，对标准各项技术指标的提出相关意见和建议，参加标准的讨论、预审及审定工作。 |
| 4 | 芜湖映日科技有限公司 | 参与起草单位，对标准各项技术指标的提出相关意见和建议，组织标准的讨论、预审及审定工作，指导标准文本及编制说明的编写修改工作。 |
| 5 | 中山智隆新材料科技有限公司 | 参与起草单位，对标准各项技术指标的提出相关意见和建议，参加标准的讨论、预审及审定工作。 |
| 6 | 株洲火炬安泰新材料有限公司 | 参与起草单位，提出该单位的相关生产经验和建议，对标准的结构和表述提出意见和 |
| 7 | 深圳市中金岭南有色金属股份有限公司 | 参与起草单位，对标准的文本及结构提供相关建议，对引用标准提出意见和建议 |
| 8 | 深圳市中金岭南有色金属股份有限公司 | 参与起草单位，对标准的文本及结构提供相关建议，对引用标准提出意见和建议 |
| 9 | 成都中建材光电材料有限公司 | 参与起草单位，对标准的文本及结构提供相关建议，对引用标准提出意见和建议 |
| 10 | 上海大学 | 参与起草单位，对标准的文本及结构提供相关建议，对引用标准提出意见和建议 |
| 11 | 广东欧莱高新材料股份公司 | 参与起草单位，对标准的文本及结构提供相关建议，对引用标准提出意见和建议 |
| 12 | 河北恒博新材料科技股份有限公司 | 参与起草单位，对标准的文本及结构提供相关建议，对引用标准提出意见和建议 |
| 13 | 广东先导稀材股份有限公司 | 参与起草单位，对标准的文本及结构提供相关建议，对引用标准提出意见和建议 |
| 14 | 福建阿石创新材料股份有限公司。 | 参与起草单位，对标准的文本及结构提供相关建议，对引用标准提出意见和建议 |

**3.3 标准工作主要起草人及工作职责：**

各起草人在本文件编制过程中的工作职责见表2所示：

表2 各起草人及其工作职责

|  |  |
| --- | --- |
| 起草人姓名 | 工作职责 |
| 余芳、朱赞芳 | 负责标准的工作指导、组织协调及编写的技术把关，负责标准的各阶段的解答和意见及建议的落实工作；完成标准文本和编制说明的撰写 |
|  | 参加标准各项相关指标或内容的编写和确认，参加标准的讨论、预审及审定工作，参加收集整理与标准相关的各类信息和意见，对文本的结构和技术指标等提出意见或建议。 |

3.4 2023年2月27日，标准编制组向与本标准有关的单位和部门发出了《氧化锌铝靶材》国家标准（讨论稿）。

**四、外文版要求**

国家标准化管理委员会要求在新修订的《氧化铟锡靶材》发布实施后，同步发布实施外文版《氧化铟锡靶材》，围绕外文版的标准工作要求，将按照以下要求及安排进行：

**五、 标准修订的主要内容和修订依据**

**5.1** 氧化铟锡靶材是化合物陶瓷靶材，其卓越的应用价值取决于材料的固有特性，随着我国经济发展和科技进步，我国已成为全球主要的氧化铟锡靶材的生产国家，产品质量已居于全球领先水平，标准技术内容的修订需要据于各生产企业的实际情况以真实反映行业现状，以下表图是国内多家企业的氧化铟锡靶材的技术指标的统计。

**5.1.1 以下统计表是各企业的技术指标的统计表，表7为综合统计表**

表2 先导薄膜材料（广东）有限公司氧化铟锡靶材技术指标统计表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 牌号 | 相对密度（%） | 电阻率（10-4Ω·cm） | 线膨胀系数  ℃-1 | 抗弯曲强度  MPa | 残余应力MPa | 晶粒尺寸（μm） | | 单位面积气孔个数个/cm2 | 表面粗糙度  μm，不大于 | 外观质量 |
| 平均值 | 最大值 |
| ITO90-1 | 99.68 | 1.27 | 6.1\*10-6 | 169 | 5 | 5.2 | 8.2 | 5 | 0.8 | 黑色 |
| ITO90-2 | 99.72 | 1.50 | 6.8\*10-6 | 170 | 6 | 6.2 | 9 | 2 | 0.7 | 黑色 |
| ITO90-3 | 99.73 | 1.25 | 7.2\*10-6 | 171 | 7 | 5.2 | 8.7 | 1 | 0.8 | 黑色 |
| ITO90-4 | 99.76 | 1.38 | 7.5\*10-6 | 165 | 5 | 5.5 | 8.7 | 0 | 0.9 | 黑色 |
| ITO90-5 | 99.75 | 1.35 | 6.5\*10-6 | 172 | 7 | 5.8 | 8.5 | 2 | 0.8 | 黑色 |
| ITO90-6 | 99.73 | 1.38 | 8.1\*10-6 | 159 | 6 | 6.2 | 9 | 1 | 0.7 | 黑色 |
| ITO90-7 | 99.68 | 1.42 | 8.2\*10-6 | 158 | 8 | 6.5 | 9.5 | 3 | 0.8 | 黑色 |
| ITO90-8 | 99.69 | 1.52 | 7.5\*10-6 | 156 | 5 | 6.1 | 10 | 4 | 0.6 | 黑色 |
| ITO90-9 | 99.73 | 1.55 | 7.3\*10-6 | 165 | 6 | 6.7 | 10.4 | 2 | 0.8 | 黑色 |
| ITO90-10 | 99.75 | 1.56 | 6.5\*10-6 | 167 | 7 | 6.8 | 9 | 4 | 0.7 | 黑色 |
| ITO90-11 | 99.78 | 1.58 | 6.7\*10-6 | 162 | 5 | 4.2 | 8.5 | 1 | 0.8 | 黑色 |
| ITO90-12 | 99.79 | 1.32 | 6.8\*10-6 | 161 | 4 | 4.1 | 8.6 | 3 | 0.7 | 黑色 |
| ITO90-13 | 99.78 | 1.36 | 6.9\*10-6 | 169 | 6 | 4.4 | 8.5 | 0 | 0.6 | 黑色 |
| ITO90-14 | 99.76 | 1.62 | 6.7\*10-6 | 170 | 7 | 4.5 | 9 | 2 | 0.8 | 黑色 |
| ITO90-15 | 99.75 | 1.15 | 7.8\*10-6 | 171 | 8 | 5.1 | 9.2 | 1 | 0.7 | 黑色 |
| ITO90-16 | 99.72 | 1.25 | 8.6\*10-6 | 165 | 9 | 5.2 | 9.5 | 0 | 0.8 | 黑色 |
| ITO90-17 | 99.72 | 1.56 | 8.3\*10-6 | 172 | 7 | 5.5 | 9.4 | 4 | 0.8 | 黑色 |
| ITO90-18 | 99.72 | 1.65 | 8.5\*10-6 | 159 | 8 | 5.6 | 9.7 | 3 | 0.8 | 黑色 |
| ITO90-19 | 99.76 | 1.23 | 8.5\*10-6 | 158 | 6 | 4.4 | 8.5 | 2 | 0.7 | 黑色 |
| ITO90-20 | 99.78 | 1.21 | 8.6\*10-6 | 156 | 8 | 4.8 | 9 | 4 | 0.8 | 黑色 |
| ITO90-21 | 99.72 | 1.22 | 8.4\*10-6 | 165 | 7 | 4.9 | 9.1 | 4 | 0.7 | 黑色 |
| ITO90-22 | 99.75 | 1.26 | 8.7\*10-6 | 167 | 8 | 4.7 | 9 | 3 | 0.8 | 黑色 |
| ITO90-23 | 99.71 | 1.28 | 6.8\*10-6 | 162 | 5 | 4.8 | 9.1 | 3 | 0.9 | 黑色 |
| ITO90-24 | 99.68 | 1.30 | 7.7\*10-6 | 161 | 4 | 4.6 | 9.4 | 4 | 0.7 | 黑色 |
| ITO90-25 | 99.76 | 1.35 | 8.2\*10-6 | 171 | 8 | 5.2 | 9.5 | 2 | 0.8 | 黑色 |
| ITO90-26 | 99.75 | 1.36 | 6.8\*10-6 | 172 | 6 | 5.5 | 9.6 | 1 | 0.9 | 黑色 |
| ITO90-27 | 99.76 | 1.61 | 6.2\*10-6 | 165 | 5 | 5.5 | 9.7 | 3 | 0.9 | 黑色 |
| ITO90-28 | 99.78 | 1.68 | 8.5\*10-6 | 162 | 8 | 5.7 | 10.5 | 0 | 0.8 | 黑色 |
| ITO90-29 | 99.79 | 1.35 | 8.4\*10-6 | 160 | 7 | 5.6 | 9.6 | 1 | 0.8 | 黑色 |
| ITO90-30 | 99.80 | 1.32 | 7.3\*10-6 | 167 | 6 | 5.8 | 10.4 | 2 | 0.8 | 黑色 |
| 平均值 | 99.74 | 1.39 | 7.5\*10-6 | 165 | 6 | 5.3 | 9.2 | 2 | 0.8 | 黑色 |
| ITO93-1 | 99.13 | 1.62 | 7.3\*10-6、 | 150 | 8 | 7.8 | 10 | 5 | 0.9 | 黑色 |
| ITO93-2 | 99.10 | 1.15 | 6.0\*10-6、 | 153 | 6 | 7.5 | 10.5 | 6 | 0.8 | 黑色 |
| ITO93-3 | 99.42 | 1.25 | 5.8.\*10-6 | 157 | 5 | 7.3 | 10.1 | 3 | 0.7 | 黑色 |
| ITO93-4 | 99.20 | 1.56 | 5.2\*10-6 | 161 | 8 | 6.5 | 10.2 | 4 | 0.8 | 黑色 |
| ITO93-5 | 99.50 | 1.65 | 6.1\*10-6 | 163 | 8 | 7.1 | 10.5 | 2 | 0.6 | 黑色 |
| ITO93-6 | 99.67 | 1.23 | 5.8\*10-6 | 165 | 9 | 6.8 | 10 | 1 | 0.8 | 黑色 |
| ITO93-7 | 99.43 | 1.21 | 6.2\*10-6 | 162 | 7 | 6.9 | 9.1 | 3 | 0.7 | 黑色 |
| ITO93-8 | 99.23 | 1.22 | 5.9\*10-6 | 167 | 8 | 7.8 | 9.5 | 4 | 0.8 | 黑色 |
| ITO93-9 | 99.53 | 1.26 | 6.2\*10-6 | 164 | 6 | 8.1 | 10.1 | 2 | 0.7 | 黑色 |
| ITO93-10 | 99.20 | 1.28 | 5.0\*10-6 | 158 | 8 | 8.5 | 10.4 | 4 | 0.6 | 黑色 |
| ITO93-11 | 99.69 | 1.30 |  | 159 | 8 | 8.6 | 10.5 | 1 | 0.8 | 黑色 |
| ITO93-12 | 99.34 | 1.35 |  | 157 | 6 | 8.5 | 11 | 3 | 0.6 | 黑色 |
| ITO93-13 | 99.15 | 1.36 |  | 169 | 6 | 8.7 | 11.1 | 4 | 0.8 | 黑色 |
| ITO93-14 | 99.68 | 1.62 |  | 170 | 7 | 8.6 | 10.6 | 1 | 0.7 | 黑色 |
| ITO93-15 | 99.36 | 1.15 |  | 171 | 8 | 8.7 | 10.7 | 3 | 0.8 | 黑色 |
| ITO93-16 | 99.17 | 1.25 |  | 165 | 9 | 8.7 | 10.6 | 4 | 0.8 | 黑色 |
| ITO93-17 | 99.33 | 1.56 |  | 172 | 7 | 8.4 | 9.5 | 3 | 0.8 | 黑色 |
| ITO93-18 | 99.54 | 1.65 |  | 159 | 8 | 8.6 | 9.3 | 2 | 0.8 | 黑色 |
| ITO93-19 | 99.46 | 1.23 |  | 158 | 6 | 7.5 | 9.6 | 2 | 0.7 | 黑色 |
| ITO93-20 | 99.29 | 1.21 |  | 156 | 8 | 7.7 | 8.9 | 4 | 0.8 | 黑色 |
| ITO93-21 | 99.34 | 1.22 |  | 165 | 7 | 7.1 | 9.2 | 4 | 0.7 | 黑色 |
| ITO93-22 | 99.37 | 1.26 |  | 167 | 8 | 7.2 | 9.6 | 3 | 0.8 | 黑色 |
| ITO93-23 | 99.35 | 1.28 |  | 162 | 5 | 7.5 | 10 | 3 | 0.9 | 黑色 |
| ITO93-24 | 99.33 | 1.61 |  | 161 | 4 | 7.8 | 10.2 | 4 | 0.8 | 黑色 |
| ITO93-25 | 99.33 | 1.68 |  | 171 | 8 | 8.6 | 10.4 | 4 | 0.6 | 黑色 |
| ITO93-26 | 99.37 | 1.35 |  | 172 | 6 | 8.2 | 8.9 | 3 | 0.8 | 黑色 |
| ITO93-27 | 99.34 | 1.32 |  | 165 | 5 | 8.7 | 9.2 | 3 | 0.7 | 黑色 |
| ITO93-28 | 99.36 | 1.68 |  | 162 | 8 | 8.2 | 9.3 | 3 | 0.8 | 黑色 |
| ITO93-29 | 99.23 | 1.35 |  | 160 | 7 | 8.9 | 9.1 | 4 | 0.8 | 黑色 |
| ITO93-30 | 99.25 | 1.32 |  | 167 | 6 | 7.2 | 9.5 | 4 | 0.8 | 黑色 |
| 平均值 | 99.36 | 1.37 | 6.0\*10-6 | 163 | 7 | 7.9 | 9.9 | 3 | 0.8 | 黑色 |
| ITO95-1 | 99.22 | 1.23 | 5.1\*10-6 | 120 | 10 | 10.1 | 13.1 | 5 | 0.9 | 黑色 |
| ITO95-2 | 99.16 | 1.21 | 4.9\*10-6 | 121 | 12 | 11 | 14 | 6 | 0.8 | 黑色 |
| ITO95-3 | 99.52 | 1.22 | 4.9\*10-6 | 123 | 13 | 10.5 | 13.5 | 3 | 0.7 | 黑色 |
| ITO95-4 | 99.43 | 1.26 | 4.8\*10-6 | 138 | 12 | 15 | 18 | 4 | 0.8 | 黑色 |
| ITO95-5 | 99.61 | 1.28 | 5.5\*10-6 | 127 | 12 | 16.4 | 19.4 | 2 | 0.6 | 黑色 |
| ITO95-6 | 99.67 | 1.30 | 5.6\*10-6 | 130 | 13 | 15.5 | 18.5 | 1 | 0.8 | 黑色 |
| ITO95-7 | 99.53 | 1.35 | 4.9\*10-6 | 134 | 14 | 13.2 | 16.2 | 3 | 0.7 | 黑色 |
| ITO95-8 | 99.37 | 1.56 | 4.9\*10-6 | 137 | 13 | 15.7 | 18.7 | 4 | 0.8 | 黑色 |
| ITO95-9 | 99.64 | 1.48 | 4.8\*10-6 | 138 | 14 | 18.4 | 21.4 | 2 | 0.7 | 黑色 |
| ITO95-10 | 99.36 | 1.47 | 5.4\*10-6 | 140 | 15 | 14.3 | 17.3 | 4 | 0.6 | 黑色 |
| ITO95-11 | 99.73 | 1.46 |  | 138 | 13 | 14.5 | 17.5 | 1 | 0.8 | 黑色 |
| ITO95-12 | 99.46 | 1.62 |  | 142 | 13 | 16.2 | 19.2 | 3 | 0.6 | 黑色 |
| ITO95-13 | 99.42 | 1.64 |  | 135 | 14 | 12.5 | 15.5 | 4 | 0.8 | 黑色 |
| ITO95-14 | 99.65 | 1.60 |  | 138 | 13 | 11.5 | 14.5 | 1 | 0.7 | 黑色 |
| ITO95-15 | 99.46 | 1.45 |  | 136 | 15 | 11.6 | 14.6 | 3 | 0.8 | 黑色 |
| ITO95-16 | 99.34 | 1.45 |  | 146 | 15 | 12.5 | 15.5 | 4 | 0.8 | 黑色 |
| ITO95-17 | 99.53 | 1.50 |  | 147 | 16 | 15.5 | 18.5 | 3 | 0.8 | 黑色 |
| ITO95-18 | 99.57 | 1.52 |  | 143 | 14 | 14.2 | 17.2 | 2 | 0.8 | 黑色 |
| ITO95-19 | 99.54 | 1.57 |  | 145 | 14 | 17.5 | 20.5 | 2 | 0.7 | 黑色 |
| ITO95-20 | 99.36 | 1.58 |  | 146 | 15 | 18.5 | 21.5 | 4 | 0.8 | 黑色 |
| ITO95-21 | 99.43 | 1.47 |  | 134 | 13 | 18.6 | 21.6 | 4 | 0.7 | 黑色 |
| ITO95-22 | 99.46 | 1.46 |  | 136 | 14 | 17.5 | 20.5 | 3 | 0.8 | 黑色 |
| ITO95-23 | 99.52 | 1.62 |  | 134 | 12 | 13.5 | 16.5 | 3 | 0.9 | 黑色 |
| ITO95-24 | 99.42 | 1.64 |  | 137 | 14 | 14.4 | 17.4 | 4 | 0.8 | 黑色 |
| ITO95-25 | 99.34 | 1.60 |  | 140 | 16 | 12.2 | 15.2 | 4 | 0.6 | 黑色 |
| ITO95-26 | 99.46 | 1.45 |  | 142 | 17 | 15.5 | 18.5 | 3 | 0.8 | 黑色 |
| ITO95-27 | 99.53 | 1.45 |  | 142 | 15 | 13.1 | 16.1 | 3 | 0.7 | 黑色 |
| ITO95-28 | 99.46 | 1.50 |  | 128 | 16 | 12.5 | 15.5 | 3 | 0.8 | 黑色 |
| ITO95-29 | 99.32 | 1.52 |  | 142 | 16 | 15.5 | 18.5 | 4 | 0.8 | 黑色 |
| ITO95-30 | 99.32 | 1.57 |  | 138 | 18 | 14.4 | 17.4 | 4 | 0.8 | 黑色 |
| 平均值 | 99.46 | 1.47 | 5.1\*10-6 | 137 | 14 | 14.4 | 17.4 | 3 | 0.8 | 黑色 |
| ITO97-1 | 99.25 | 1.92 | 4.9\*10-6 | 110 | 15 | 15.5 | 20.1 | 5 | 0.9 | 黑色 |
| ITO97-2 | 99.20 | 1.86 | 4.5\*10-6 | 111 | 17 | 16.7 | 21 | 6 | 0.8 | 黑色 |
| ITO97-3 | 99.44 | 1.82 | 4.2\*10-6 | 113 | 18 | 17.8 | 20.5 | 3 | 0.7 | 黑色 |
| ITO97-4 | 99.37 | 1.79 | 3.9\*10-6 | 128 | 17 | 19.2 | 25 | 4 | 0.8 | 黑色 |
| ITO97-5 | 99.56 | 1.78 | 4.7\*10-6 | 117 | 17 | 19.5 | 26.4 | 2 | 0.6 | 黑色 |
| ITO97-6 | 99.68 | 1.81 | 5.1\*10-6 | 120 | 18 | 16.5 | 25.5 | 1 | 0.8 | 黑色 |
| ITO97-7 | 99.47 | 1.92 | 5.4\*10-6 | 124 | 19 | 16.7 | 23.2 | 3 | 0.7 | 黑色 |
| ITO97-8 | 99.30 | 1.82 | 4.7\*10-6 | 127 | 18 | 16.8 | 25.7 | 4 | 0.8 | 黑色 |
| ITO97-9 | 99.54 | 1.86 | 5.1\*10-6 | 128 | 19 | 16.2 | 28.4 | 2 | 0.7 | 黑色 |
| ITO97-10 | 99.41 | 1.76 | 4.9\*10-6 | 130 | 20 | 18.4 | 24.3 | 4 | 0.6 | 黑色 |
| ITO97-11 | 99.73 | 1.75 | 4.5\*10-6 | 128 | 18 | 18.6 | 24.5 | 1 | 0.8 | 黑色 |
| ITO97-12 | 99.45 | 1.53 | 4.2\*10-6 | 132 | 18 | 17.8 | 26.2 | 3 | 0.6 | 黑色 |
| ITO97-13 | 99.28 | 1.89 | 5.1\*10-6 | 125 | 19 | 17.5 | 22.5 | 4 | 0.8 | 黑色 |
| ITO97-14 | 99.64 | 1.58 | 4.9\*10-6 | 128 | 18 | 17.9 | 21.5 | 1 | 0.7 | 黑色 |
| ITO97-15 | 99.45 | 1.77 | 4.4\*10-6 | 126 | 20 | 18.1 | 21.6 | 3 | 0.8 | 黑色 |
| ITO97-16 | 99.34 | 1.88 | 4.1\*10-6 | 136 | 20 | 18.2 | 22.5 | 4 | 0.8 | 黑色 |
| ITO97-17 | 99.33 | 1.83 | 5.1\*10-6 | 137 | 21 | 18.6 | 25.5 | 3 | 0.8 | 黑色 |
| ITO97-18 | 99.59 | 1.92 | 5.2\*10-6 | 133 | 19 | 19.5 | 24.2 | 2 | 0.8 | 黑色 |
| ITO97-19 | 99.57 | 1.86 | 4.9\*10-6 | 135 | 19 | 19.6 | 27.5 | 2 | 0.7 | 黑色 |
| ITO97-20 | 99.33 | 1.82 | 4.5\*10-6 | 136 | 20 | 19.7 | 28.5 | 4 | 0.8 | 黑色 |
| ITO97-21 | 99.40 | 1.79 | 4.2\*10-6 | 124 | 18 | 18.5 | 28.6 | 4 | 0.7 | 黑色 |
| ITO97-22 | 99.43 | 1.92 | 3.9\*10-6 | 126 | 19 | 15.2 | 27.5 | 3 | 0.8 | 黑色 |
| ITO97-23 | 99.37 | 1.86 | 4.7\*10-6 | 124 | 17 | 15.3 | 23.5 | 3 | 0.9 | 黑色 |
| ITO97-24 | 99.29 | 1.82 | 5.1\*10-6 | 127 | 19 | 15.1 | 24.4 | 4 | 0.8 | 黑色 |
| ITO97-25 | 99.37 | 1.79 | 5.4\*10-6 | 130 | 21 | 15.7 | 22.2 | 4 | 0.6 | 黑色 |
| ITO97-26 | 99.41 | 1.78 | 4.7\*10-6 | 132 | 22 | 15.1 | 25.5 | 3 | 0.8 | 黑色 |
| ITO97-27 | 99.34 | 1.81 | 5.1\*10-6 | 132 | 20 | 15.6 | 23.1 | 3 | 0.7 | 黑色 |
| ITO97-28 | 99.38 | 1.92 | 4.9\*10-6 | 118 | 21 | 15.4 | 22.5 | 3 | 0.8 | 黑色 |
| ITO97-29 | 99.34 | 1.82 | 4.4\*10-6 | 132 | 21 | 15.7 | 25.5 | 4 | 0.8 | 黑色 |
| ITO97-30 | 99.35 | 1.79 | 4.1\*10-6 | 128 | 23 | 15.9 | 24.4 | 4 | 0.8 | 黑色 |
| 平均值 | 99.42 | 1.82 | 4.7\*10-6 | 127 | 19 | 17.2 | 24.4 | 3 | 0.8 | 黑色 |
| ITO98-1 | 99.10 | 2.70 | 5.0\*10-6 | 90 | 19 | 20.1 | 25.1 | 6 | 0.9 | 黑色 |
| ITO98-2 | 99.12 | 2.80 | 4.7\*10-6 | 91 | 21 | 21 | 26 | 7 | 0.8 | 黑色 |
| ITO98-3 | 99.06 | 2.81 | 4.8\*10-6 | 93 | 22 | 20.5 | 25.5 | 8 | 0.7 | 黑色 |
| ITO98-4 | 99.02 | 2.84 | 5.4\*10-6 | 108 | 21 | 25 | 30 | 9 | 0.8 | 黑色 |
| ITO98-5 | 99.50 | 2.92 | 4.7\*10-6 | 97 | 21 | 26.4 | 31.4 | 5 | 0.6 | 黑色 |
| ITO98-6 | 99.22 | 2.81 | 5.1\*10-6 | 100 | 22 | 25.5 | 30.5 | 6 | 0.8 | 黑色 |
| ITO98-7 | 99.38 | 2.78 | 5.2\*10‑6 | 104 | 23 | 23.2 | 28.2 | 5 | 0.7 | 黑色 |
| ITO98-8 | 99.14 | 2.69 | 3.9\*10-6 | 107 | 22 | 25.7 | 30.7 | 6 | 0.8 | 黑色 |
| ITO98-9 | 99.08 | 2.75 | 5.1\*10-6 | 108 | 23 | 28.4 | 33.5 | 7 | 0.7 | 黑色 |
| ITO98-10 | 99.12 | 2.78 | 5.2\*10-6 | 110 | 24 | 24.3 | 29.3 | 6 | 0.6 | 黑色 |
| ITO98平均值 | 99.17 | 2.79 | 4.9\*10-6 | 101 | 22 | 24.0 | 29.0 | 7 | 0.7 | 黑色 |
| ITO99-1 | 99.23 | 3.20 | 3.4\*10-6 | 99 | 18 | 30.1 | 35.1 | 6 | 0.9 | 黑色 |
| ITO99-2 | 99.15 | 3.30 | 3.5\*10-6 | 100 | 20 | 31 | 36 | 7 | 0.8 | 黑色 |
| ITO99-3 | 99.09 | 3.31 | 3.5\*10-6 | 101 | 21 | 30.5 | 35.5 | 8 | 0.7 | 黑色 |
| ITO99-4 | 99.07 | 3.34 | 3.5\*10-6 | 95 | 20 | 35 | 40 | 9 | 0.8 | 黑色 |
| ITO99-5 | 99.45 | 3.42 | 3.6\*10-6 | 92 | 20 | 36.4 | 41.4 | 5 | 0.6 | 黑色 |
| ITO99-6 | 99.31 | 3.31 | 3.5\*10-6 | 89 | 21 | 35.5 | 40.5 | 6 | 0.8 | 黑色 |
| ITO99-7 | 99.38 | 3.28 | 3.5\*10-6 | 88 | 22 | 33.2 | 38.2 | 5 | 0.7 | 黑色 |
| ITO99-8 | 99.29 | 3.19 | 3.4\*10-6 | 86 | 21 | 35.7 | 40.7 | 6 | 0.8 | 黑色 |
| ITO99-9 | 99.11 | 3.25 | 3.5\*10-6 | 95 | 22 | 38.4 | 43.4 | 7 | 0.7 | 黑色 |
| ITO99-10 | 99.27 | 3.28 | 3.5\*10-6 | 97 | 23 | 34.3 | 39.3 | 6 | 0.6 | 黑色 |
| ITO99平均值 | 99.24 | 3.29 | 3.5\*10-6 | 94 | 21 | 34.0 | 39.0 | 7 | 0.7 | 黑色 |

表3 芜湖映日科技股份有限公司氧化铟锡靶材技术指标统计表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 牌号 | 相对密度（%） | 电阻率（10-4Ω·cm） | 线膨胀系数  ℃-1 | 抗弯曲强度  MPa | 残余应力MPa | 晶粒尺寸（μm） | | 单位面积气孔个数个/cm2 | 表面粗糙度  μm，不大于 | 外观质量 |
| 平均值 | 最大值 |
| RD90 | 99.80% | 1.32 | / | 156 | / | 6.92 | 10 | 0 | 0.52 | Good |
| RD90 | 99.82% | 1.27 | / | 161 | / | 6.78 | 9.7 | 0 | 0.57 | Good |
| RD90 | 99.81% | 1.29 | / | 162 | / | 6.55 | 9.8 | 0 | 0.59 | Good |
| RD90 | 99.83% | 1.3 | / | 159 | / | 6.73 | 9.6 | 0 | 0.54 | Good |
| RD90 | 99.82% | 1.28 | / | 163 | / | 6.83 | 9.7 | 0 | 0.53 | Good |
| RD90 | 99.83% | 1.29 | / | 158 | / | 6.51 | 9.5 | 0 | 0.51 | Good |
| RD90 | 99.85% | 1.31 | / | 159 | / | 6.65 | 9.8 | 0 | 0.53 | Good |
| RD90 | 99.81% | 1.28 | / | 160 | / | 6.63 | 9.7 | 0 | 0.6 | Good |
| RD90 | 99.84% | 1.27 | / | 163 | / | 6.53 | 9.8 | 0 | 0.58 | Good |
| RD90 | 99.83% | 1.29 | / | 161 | / | 6.47 | 9.8 | 0 | 0.59 | Good |
| RD90 | 99.85% | 1.26 | / | 157 | / | 6.69 | 9.7 | 0 | 0.53 | Good |
| RD90 | 99.83% | 1.28 | / | 160 | / | 6.79 | 9.9 | 0 | 0.55 | Good |
| RD90 | 99.85% | 1.31 | / | 162 | / | 6.1 | 10 | 0 | 0.58 | Good |
| RD90 | 99.86% | 1.33 | / | 164 | / | 6.34 | 9.3 | 0 | 0.6 | Good |
| RD90 | 99.86% | 1.35 | / | 167 | / | 6.53 | 9.8 | 0 | 0.57 | Good |
| RD90 | 99.86% | 1.34 | / | 163 | / | 6.58 | 9.9 | 0 | 0.58 | Good |
| RD90 | 99.84% | 1.36 | / | 165 | / | 6.59 | 9.5 | 0 | 0.59 | Good |
| RD90 | 99.85% | 1.38 | / | 166 | / | 6.54 | 9.8 | 0 | 0.58 | Good |
| RD90 | 99.84% | 1.36 | / | 164 | / | 6.53 | 9.9 | 0 | 0.57 | Good |
| RD90 | 99.83% | 1.34 | / | 163 | / | 6.61 | 10 | 0 | 0.6 | Good |
| RD90 | 99.87% | 1.3 | / | 167 | / | 6.49 | 9.8 | 0 | 0.58 | Good |
| RD90 | 99.86% | 1.28 | / | 163 | / | 6.53 | 9.9 | 0 | 0.59 | Good |
| RD90 | 99.87% | 1.27 | / | 165 | / | 6.59 | 10 | 0 | 0.57 | Good |
| RD90 | 99.85% | 1.31 | / | 163 | / | 6.33 | 9.5 | 0 | 0.59 | Good |
| RD90 | 99.87% | 1.36 | / | 165 | / | 6.43 | 9.7 | 0 | 0.58 | Good |
| RD90 | 99.84% | 1.34 | / | 164 | / | 6.58 | 9.8 | 0 | 0.6 | Good |
| RD90 | 98.87% | 1.29 | / | 167 | / | 6.63 | 9.8 | 0 | 0.58 | Good |
| RD90 | 99.86% | 1.32 | / | 166 | / | 6.67 | 9.9 | 0 | 0.59 | Good |
| RD90 | 99.88% | 1.27 | / | 161 | / | 6.53 | 10 | 0 | 0.51 | Good |
| RD90 | 99.86% | 1.28 | / | 160 | / | 6.67 | 9.8 | 0 | 0.53 | Good |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| RD90 | 99.87% | 1.30 | / | 168 | / | 6.68 | 9.9 | 0 | 0.59 | Good |
| RD93 | 99.83% | 1.28 | / | 163 | / | 6.67 | 10 | 0 | 0.60 | Good |
| RD93 | 99.86% | 1.26 | / | 167 | / | 6.32 | 9.6 | 0 | 0.54 | Good |
| RD93 | 99.83% | 1.34 | / | 165 | / | 6.33 | 9.5 | 0 | 0.59 | Good |
| RD93 | 99.87% | 1.3 | / | 163 | / | 6.43 | 9.7 | 0 | 0.58 | Good |
| RD93 | 99.86% | 1.28 | / | 165 | / | 6.58 | 9.8 | 0 | 0.6 | Good |
| RD93 | 99.87% | 1.27 | / | 164 | / | 6.63 | 9.8 | 0 | 0.58 | Good |
| RD93 | 99.85% | 1.31 | / | 167 | / | 6.67 | 9.9 | 0 | 0.59 | Good |
| RD93 | 99.87% | 1.36 | / | 166 | / | 6.53 | 10 | 0 | 0.51 | Good |
| RD93 | 99.84% | 1.34 | / | 161 | / | 6.67 | 9.8 | 0 | 0.53 | Good |
| RD93 | 98.87% | 1.29 | / | 160 | / | 6.68 | 9.9 | 0 | 0.59 | Good |
| RD93 | 99.86% | 1.32 | / | 164 | / | 6.67 | 10 | 0 | 0.60 | Good |
| RD93 | 99.88% | 1.27 | / | 163 | / | 6.32 | 9.6 | 0 | 0.54 | Good |
| RD93 | 99.86% | 1.28 | / | 167 | / | 6.59 | 10 | 0 | 0.57 | Good |
| RD93 | 98.87% | 1.29 | / | 167 | / | 6.63 | 9.8 | 0 | 0.58 | Good |
| RD93 | 99.86% | 1.32 | / | 166 | / | 6.67 | 9.9 | 0 | 0.59 | Good |
| RD93 | 99.88% | 1.27 | / | 161 | / | 6.53 | 10 | 0 | 0.51 | Good |
| RD93 | 99.86% | 1.28 | / | 160 | / | 6.67 | 9.8 | 0 | 0.53 | Good |
| RD93 | 99.87% | 1.30 | / | 168 | / | 6.68 | 9.9 | 0 | 0.59 | Good |
| RD93 | 99.83% | 1.28 | / | 163 | / | 6.67 | 10 | 0 | 0.60 | Good |
| RD93 | 99.86% | 1.26 | / | 167 | / | 6.32 | 9.6 | 0 | 0.54 | Good |
| RD93 | 99.83% | 1.34 | / | 165 | / | 6.33 | 9.5 | 0 | 0.59 | Good |
| RD93 | 99.84% | 1.36 | / | 165 | / | 6.59 | 9.5 | 0 | 0.59 | Good |
| RD93 | 99.85% | 1.38 | / | 166 | / | 6.54 | 9.8 | 0 | 0.58 | Good |
| RD93 | 99.84% | 1.36 | / | 164 | / | 6.53 | 9.9 | 0 | 0.57 | Good |
| RD93 | 99.83% | 1.34 | / | 163 | / | 6.61 | 10 | 0 | 0.6 | Good |
| RD93 | 99.87% | 1.3 | / | 167 | / | 6.49 | 9.8 | 0 | 0.58 | Good |
| RD93 | 99.86% | 1.28 | / | 163 | / | 6.53 | 9.9 | 0 | 0.59 | Good |
| RD93 | 99.87% | 1.27 | / | 165 | / | 6.59 | 10 | 0 | 0.57 | Good |
| RD93 | 99.85% | 1.31 | / | 163 | / | 6.33 | 9.5 | 0 | 0.59 | Good |
| RD97 | 99.87% | 1.36 | / | 128 | / | 6.43 | 9.7 | 0 | 0.58 | Good |
| RD97 | 99.84% | 1.34 | / | 123 | / | 6.58 | 9.8 | 0 | 0.6 | Good |
| RD97 | 98.87% | 1.29 | / | 125 | / | 6.63 | 9.8 | 0 | 0.58 | Good |
| RD97 | 99.86% | 1.32 | / | 124 | / | 6.67 | 9.9 | 0 | 0.59 | Good |
| RD97 | 99.87% | 1.3 | / | 123 | / | 6.43 | 9.7 | 0 | 0.58 | Good |
| RD97 | 99.86% | 1.28 | / | 126 | / | 6.58 | 9.8 | 0 | 0.6 | Good |
| RD97 | 99.87% | 1.27 | / | 128 | / | 6.63 | 9.8 | 0 | 0.58 | Good |
| RD97 | 99.85% | 1.31 | / | 129 | / | 6.67 | 9.9 | 0 | 0.59 | Good |
| RD97 | 99.87% | 1.36 | / | 128 | / | 6.53 | 10 | 0 | 0.51 | Good |
| RD97 | 99.84% | 1.34 | / | 123 | / | 6.67 | 9.8 | 0 | 0.53 | Good |
| RD97 | 98.87% | 1.29 | / | 127 | / | 6.68 | 9.9 | 0 | 0.59 | Good |
| RD97 | 99.86% | 1.32 | / | 125 | / | 6.67 | 10 | 0 | 0.60 | Good |
| RD97 | 99.88% | 1.27 | / | 128 | / | 6.32 | 9.6 | 0 | 0.54 | Good |
| RD97 | 99.86% | 1.28 | / | 124 | / | 6.59 | 10 | 0 | 0.57 | Good |
| RD97 | 98.87% | 1.29 | / | 123 | / | 6.63 | 9.8 | 0 | 0.58 | Good |
| RD97 | 99.86% | 1.32 | / | 126 | / | 6.67 | 9.9 | 0 | 0.59 | Good |
| RD97 | 99.88% | 1.27 | / | 128 | / | 6.53 | 10 | 0 | 0.51 | Good |
| RD97 | 99.86% | 1.28 | / | 129 | / | 6.67 | 9.8 | 0 | 0.53 | Good |
| RD97 | 99.87% | 1.30 | / | 128 | / | 6.68 | 9.9 | 0 | 0.59 | Good |
| RD97 | 99.83% | 1.28 | / | 123 | / | 6.67 | 10 | 0 | 0.60 | Good |
| RD97 | 99.86% | 1.26 | / | 127 | / | 6.32 | 9.6 | 0 | 0.54 | Good |
| RD97 | 99.83% | 1.34 | / | 123 | / | 6.33 | 9.5 | 0 | 0.59 | Good |
| RD97 | 99.86% | 1.26 | / | 126 | / | 6.32 | 9.6 | 0 | 0.54 | Good |
| RD97 | 99.83% | 1.34 | / | 128 | / | 6.33 | 9.5 | 0 | 0.59 | Good |
| RD97 | 99.87% | 1.3 | / | 125 | / | 6.43 | 9.7 | 0 | 0.58 | Good |
| RD97 | 99.86% | 1.28 | / | 126 | / | 6.58 | 9.8 | 0 | 0.6 | Good |
| RD97 | 99.87% | 1.27 | / | 128 | / | 6.63 | 9.8 | 0 | 0.58 | Good |
| RD97 | 99.85% | 1.31 | / | 126 | / | 6.67 | 9.9 | 0 | 0.59 | Good |
| RD97 | 99.87% | 1.36 | / | 126 | / | 6.53 | 10 | 0 | 0.51 | Good |
| RD99 | 99.84% | 15.37 | / | 128 | / | 6.67 | 9.8 | 0 | 0.53 | Good |
| RD99 | 98.87% | 15.39 | / | 123 | / | 6.68 | 9.9 | 0 | 0.59 | Good |
| RD99 | 99.86% | 15.38 | / | 125 | / | 6.67 | 10 | 0 | 0.60 | Good |
| RD99 | 99.88% | 15.43 | / | 124 | / | 6.32 | 9.6 | 0 | 0.54 | Good |
| RD99 | 99.86% | 15.36 | / | 123 | / | 6.59 | 10 | 0 | 0.57 | Good |
| RD99 | 98.87% | 15.23 | / | 126 | / | 6.63 | 9.8 | 0 | 0.58 | Good |
| RD99 | 99.86% | 15.33 | / | 128 | / | 6.67 | 9.9 | 0 | 0.59 | Good |
| RD99 | 99.88% | 15.35 | / | 129 | / | 6.53 | 10 | 0 | 0.51 | Good |
| RD99 | 99.87% | 15.37 | / | 127 | / | 6.53 | 10 | 0 | 0.51 | Good |
| RD99 | 99.84% | 15.39 | / | 126 | / | 6.67 | 9.8 | 0 | 0.53 | Good |
| RD99 | 98.87% | 15.38 | / | 125 | / | 6.68 | 9.9 | 0 | 0.59 | Good |
| RD99 | 99.86% | 15.43 | / | 127 | / | 6.67 | 10 | 0 | 0.60 | Good |
| RD99 | 99.88% | 15.36 | / | 125 | / | 6.32 | 9.6 | 0 | 0.54 | Good |
| RD99 | 99.86% | 15.23 | / | 126 | / | 6.59 | 10 | 0 | 0.57 | Good |
| RD99 | 98.87% | 15.23 | / | 128 | / | 6.63 | 9.8 | 0 | 0.58 | Good |
| RD99 | 99.86% | 15.33 | / | 123 | / | 6.67 | 9.9 | 0 | 0.59 | Good |
| RD99 | 99.88% | 15.35 | / | 127 | / | 6.53 | 10 | 0 | 0.51 | Good |
| RD99 | 99.87% | 15.37 | / | 125 | / | 6.53 | 10 | 0 | 0.51 | Good |
| RD99 | 99.84% | 15.39 | / | 128 | / | 6.67 | 9.8 | 0 | 0.53 | Good |
| RD99 | 98.87% | 15.13 | / | 126 | / | 6.68 | 9.9 | 0 | 0.59 | Good |
| RD99 | 99.86% | 15.03 | / | 128 | / | 6.67 | 10 | 0 | 0.60 | Good |
| RD99 | 99.88% | 15.07 | / | 125 | / | 6.32 | 9.6 | 0 | 0.54 | Good |
| RD99 | 99.86% | 15.06 | / | 126 | / | 6.59 | 10 | 0 | 0.57 | Good |
| RD99 | 98.87% | 15.37 | / | 128 | / | 6.63 | 9.8 | 0 | 0.58 | Good |
| RD99 | 99.86% | 15.39 | / | 126 | / | 6.67 | 9.9 | 0 | 0.59 | Good |
| RD99 | 99.88% | 15.13 | / | 126 | / | 6.53 | 10 | 0 | 0.51 | Good |
| RD99 | 99.86% | 15.03 | / | 128 | / | 6.67 | 9.8 | 0 | 0.53 | Good |
| RD99 | 99.87% | 15.07 | / | 123 | / | 6.68 | 9.9 | 0 | 0.59 | Good |
| RD99 | 99.83% | 15.06 | / | 127 | / | 6.67 | 10 | 0 | 0.60 | Good |
| RD99 | 99.86% | 15.39 | / | 125 | / | 6.32 | 9.6 | 0 | 0.54 | Good |
| 平均值 | 99.83% | 15.13 | / | 128 | / | 6.33 | 9.5 | 0 | 0.59 | Good |

表4株洲火炬安泰新材料有限公司氧化铟锡靶材技术指标统计表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 牌号 | 相对密度（%） | 电阻率（10-4Ω·cm） | 线膨胀系数  ℃-1 | 抗弯曲强度  MPa | 残余应力MPa | 晶粒尺寸（μm） | | 单位面积气孔个数个/cm2 | 表面粗糙度  μm，不大于 | 外观质量 |
| 平均值 | 最大值 |
| RD90 | 99.7 | 1.55 | / | 194 | / | 4.0 | / | / | 0.35 | OK |
| RD90 | 99.7 | 1.56 | / | 199 | / | 3.7 | / | / | 0.54 | OK |
| RD90 | 99.6 | 1.55 | / | 191 | / | 3.8 | / | / | 0.57 | OK |
| RD90 | 99.6 | 1.53 | / | 181 | / | 3.7 | / | / | 0.50 | OK |
| RD90 | 99.7 | 1.59 | / | 190 | / | 4.0 | / | / | 0.62 | OK |
| RD90 | 99.7 | 1.60 | / | 163 | / | 3.9 | / | / | 0.52 | OK |
| RD90 | 99.8 | 1.49 | / | 168 | / | 3.8 | / | / | 0.62 | OK |
| RD90 | 99.8 | 1.48 | / | 218 | / | 3.5 | / | / | 0.47 | OK |
| RD90 | 99.8 | 1.49 | / | 187 | / | 4.2 | / | / | 0.59 | OK |
| RD90 | 99.8 | 1.50 | / | 167 | / | 4.5 | / | / | 0.54 | OK |
| RD90 | 99.7 | 1.52 | / | 186 | / | 4.6 | / | / | 0.54 | OK |
| RD90 | 99.7 | 1.53 | / | 175 | / | 5.0 | / | / | 0.63 | OK |
| RD90 | 99.7 | 1.54 | / | 194 | / | 4.7 | / | / | 0.63 | OK |
| RD90 | 99.7 | 1.56 | / | 171 | / | 4.0 | / | / | 0.57 | OK |
| RD90 | 99.8 | 1.56 | / | 176 | / | 3.8 | / | / | 0.44 | OK |
| RD90 | 99.8 | 1.50 | / | 160 | / | 4.2 | / | / | 0.50 | OK |
| RD90 | 99.6 | 1.55 | / | 199 | / | 4.8 | / | / | 0.60 | OK |
| RD90 | 99.6 | 1.55 | / | 191 | / | 3.9 | / | / | 0.58 | OK |
| RD90 | 99.7 | 1.54 | / | 162 | / | 4.5 | / | / | 0.52 | OK |
| RD90 | 99.7 | 1.54 | / | 177 | / | 4.6 | / | / | 0.45 | OK |
| RD90 | 99.7 | 1.54 | / | 186 | / | 5.0 | / | / | 0.56 | OK |
| RD90 | 99.7 | 1.55 | / | 185 | / | 4.7 | / | / | 0.54 | OK |
| RD90 | 99.6 | 1.54 | / | 183 | / | 4.6 | / | / | 0.54 | OK |
| RD90 | 99.6 | 1.53 | / | 179 | / | 4.0 | / | / | 0.63 | OK |
| RD90 | 99.8 | 1.45 | / | 193 | / | 3.9 | / | / | 0.47 | OK |
| RD90 | 99.7 | 1.54 | / | 191 | / | 4.2 | / | / | 0.51 | OK |
| RD90 | 99.7 | 1.52 | / | 190 | / | 3.8 | / | / | 0.48 | OK |
| RD90 | 99.6 | 1.53 | / | 194 | / | 4.0 | / | / | 0.50 | OK |
| RD90 | 99.8 | 1.46 | / | 196 | / | 3.9 | / | / | 0.60 | OK |
| RD90 | 99.6 | 1.49 | / | 181 | / | 3.7 | / | / | 0.58 | OK |
| *RD90* | *99.8* | *1.50* | */* | *165* | */* | *4.0* | */* | */* | *0.47* | *OK* |
| 平均值 | 99.70 | 1.53 | / | 183.61 | / | 4.2 | / | / | 0.54 | / |
| RD97 | 99.6 | 1.37 | / | 192 | / | 4.2 | / | / | 0.52 | OK |
| RD97 | 99.6 | 1.40 | / | 189 | / | 4.5 | / | / | 0.51 | OK |
| RD97 | 99.6 | 1.28 | / | 185 | / | 5.0 | / | / | 0.54 | OK |
| RD97 | 99.6 | 1.38 | / | 180 | / | 4.9 | / | / | 0.53 | OK |
| RD97 | 99.6 | 1.41 | / | 193 | / | 4.7 | / | / | 0.69 | OK |
| RD97 | 99.6 | 1.40 | / | 159 | / | 4.7 | / | / | 0.54 | OK |
| RD97 | 99.7 | 1.38 | / | 186 | / | 4.5 | / | / | 0.52 | OK |
| RD97 | 99.7 | 1.39 | / | 198 | / | 4.9 | / | / | 0.49 | OK |
| RD97 | 99.6 | 1.40 | / | 185 | / | 4.7 | / | / | 0.67 | OK |
| RD97 | 99.6 | 1.39 | / | 195 | / | 3.8 | / | / | 0.54 | OK |
| RD97 | 99.7 | 1.37 | / | 157 | / | 5.0 | / | / | 0.78 | OK |
| RD97 | 99.6 | 1.40 | / | 168 | / | 4.5 | / | / | 0.56 | OK |
| RD97 | 99.7 | 1.38 | / | 184 | / | 4.7 | / | / | 0.51 | OK |
| RD97 | 99.7 | 1.39 | / | 172 | / | 4.0 | / | / | 0.63 | OK |
| RD97 | 99.8 | 1.38 | / | 175 | / | 4.3 | / | / | 0.48 | OK |
| RD97 | 99.7 | 1.38 | / | 198 | / | 4.8 | / | / | 0.54 | OK |
| RD97 | 99.6 | 1.39 | / | 176 | / | 4.5 | / | / | 0.63 | OK |
| RD97 | 99.6 | 1.39 | / | 178 | / | 4.3 | / | / | 0.55 | OK |
| RD97 | 99.7 | 1.39 | / | 183 | / | 4.2 | / | / | 0.48 | OK |
| RD97 | 99.7 | 1.41 | / | 181 | / | 5.0 | / | / | 0.54 | OK |
| RD97 | 99.7 | / | / | / | / | / | / | / | 0.52 | OK |
| RD97 | 99.7 | / | / | / | / | / | / | / | 0.44 | OK |
| RD97 | 99.6 | / | / | / | / | / | / | / | 0.68 | OK |
| RD97 | 99.6 | / | / | / | / | / | / | / | 0.51 | OK |
| RD97 | 99.6 | / | / | / | / | / | / | / | 0.56 | OK |
| RD97 | 99.7 | / | / | / | / | / | / | / | 0.57 | OK |
| RD97 | 99.7 | / | / | / | / | / | / | / | 0.54 | OK |
| RD97 | 99.7 | / | / | / | / | / | / | / | 0.44 | OK |
| RD97 | 99.7 | / | / | / | / | / | / | / | 0.71 | OK |
| RD97 | 99.6 | / | / | / | / | / | / | / | 0.52 | OK |
| 平均值 | 99.65 | 1.38 | / | 181.70 | / | / | / | / | 0.56 | / |

表5 河北恒博新材料科技股份有限公司氧化铟锡靶材技术指标统计表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 牌号 | 相对密度（%） | 电阻率（10-4Ω·cm） | 线膨胀系数 ℃-1 | 抗弯曲强度  MPa | 残余应力 MPa | 晶粒尺寸（μm） | | 单位面积气孔个数个/cm2 | 表面粗糙度  μm，不大于 | 外观质量 |
| 平均值 | 最大值 |
| RD90 | 99.6 | 1.5 | 6.8×10-6 | 173 | / | 4.6 | 6.2 |  | 0.8 | 表面平整，无裂纹崩边，气孔直径＜0.3mm |
| RD93 | 99.4 | 1.5 | / | 135 | / | 5.8 | 7.3 |  | 0.8 |
| RD95 | 99.3 | 1.3 | / | 131 | / | 6.2 | 7.5 |  | 0.8 |
| RD97 | 98.7 | 1.3 | / | 128 | / | 7.8 | 8.8 |  | 0.8 |
| RD98 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| RD99 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

表6 广东欧莱高新材料股份有限公司氧化铟锡靶材技术指标统计表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 牌号 | 相对密度（%） | 电阻率（10-4Ω·cm） | 线膨胀系数  ℃-1 | 抗弯曲强度  MPa | 残余应力MPa | 晶粒尺寸（μm） | | 单位面积气孔个数个/cm2 | 表面粗糙度  μm，不大于 | 外观质量 |
| 平均值 | 最大值 |
| ITO90 | 99.85 | 1.36 | 7.8 | 168 | 4.8 | 4.5 | 6.3 | / | 0.75 | / |
| ITO90 | 99.78 | 1.28 | 8.1 | 158 | 5.3 | 4.3 | 5.8 | / | 0.72 | / |
| ITO90 | 99.82 | 1.41 | 8.0 | 172 | 5.8 | 3.9 | 4.8 | / | 0.68 | / |
| ITO90 | 99.79 | 1.35 | 7.5 | 168 | 7.3 | 4.4 | 5.8 | / | 0.54 | / |
| ITO90 | 99.82 | 1.41 | 6.9 | 173 | 6.2 | 4.7 | 6.8 | / | 0.63 | / |
| ITO90 | 99.73 | 1.38 | / | 164 | / | 4.6 | 6.4 | / | 0.64 | / |
| ITO90 | 99.76 | 1.32 | / | 159 | / | 4.6 | 6.7 | / | 0.67 | / |
| ITO90 | 99.67 | 1.40 | / | 172 | / | 4.4 | 6.5 | / | 0.64 | / |
| ITO90 | 99.74 | 1.33 | / | 171 | / | 4.7 | 6.6 | / | 0.62 | / |
| ITO90 | 99.78 | 1.38 | / | 165 | / | 4.3 | 6.3 | / | 0.62 | / |
| ITO90 | 99.69 | 1.28 | / | 159 | / | 4.1 | 6.2 | / | 0.67 | / |
| ITO90 | 99.83 | 1.38 | / | 168 | / | 4.4 | 6.1 | / | 0.59 | / |
| ITO90 | 99.87 | 1.35 | / | 176 | / | 4.3 | 6.5 | / | 0.63 | / |
| ITO90 | 99.78 | 1.43 | / | 175 | / | 4.4 | 6.1 | / | 0.62 | / |
| ITO90 | 99.73 | 1.42 | / | 165 | / | 4.2 | 5.6 | / | 0.64 | / |
| ITO90 | 99.82 | 1.51 | / | 159 | / | 4.1 | 6.2 | / | 0.67 | / |
| ITO90 | 99.74 | 1.38 | / | 165 | / | 4.8 | 6.5 | / | 0.67 | / |
| ITO90 | 99.66 | 1.46 | / | 174 | / | 4.1 | 6.2 | / | 0.74 | / |
| ITO90 | 99.81 | 1.38 | / | 180 | / | 4.2 | 5.4 | / | 0.62 | / |
| ITO90 | 99.84 | 1.28 | / | 169 | / | 4.4 | 6.1 | / | 0.59 | / |
| ITO90 | 99.89 | 1.37 | / | 173 | / | 4.3 | 6.5 | / | 0.61 | / |
| ITO90 | 99.78 | 1.40 | / | 160 | / | 4.6 | 6.1 | / | 0.65 | / |
| ITO90 | 99.87 | 1.45 | / | 176 | / | 4.3 | 6.5 | / | 0.63 | / |
| ITO90 | 99.84 | 1.33 | / | 175 | / | 4.4 | 6.1 | / | 0.62 | / |
| ITO90 | 99.74 | 1.46 | / | 169 | / | 4.2 | 5.6 | / | 0.69 | / |
| ITO90 | 99.68 | 1.41 | / | 158 | / | 4.6 | 6.7 | / | 0.58 | / |
| ITO90 | 99.84 | 1.43 | / | 181 | / | 4.4 | 6.1 | / | 0.59 | / |
| ITO90 | 99.83 | 1.38 | / | 173 | / | 4.7 | 6.5 | / | 0.61 | / |
| ITO90 | 99.78 | 1.40 | / | 160 | / | 4.2 | 5.3 | / | 0.65 | / |
| ITO90 | 99.84 | 1.34 | / | 174 | / | 4.4 | 6.1 | / | 0.59 | / |
| ITO90均值 | 99.79 | 1.38 | 7.66 | 168.6 | 5.88 | 4.38 | 6.15 | / | 0.64 | / |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | / |
| ITO93 | 99.52 | 1.53 | / | 132 | / | 6.3 | 8.2 | / | 0.69 | / |
| ITO93 | 99.53 | 1.47 | / | 128 | / | 6.8 | 8.3 | / | 0.73 | / |
| ITO93 | 99.55 | 1.44 | / | 125 | / | 7.4 | 8.1 | / | 0.72 | / |
| ITO93 | 99.52 | 1.46 | / | 123 | / | 6.7 | 8.1 | / | 0.67 | / |
| ITO93 | 99.53 | 1.38 | / | 127 | / | 6.5 | 8.3 | / | 0.72 | / |
| ITO93 | 99.54 | 1.47 | / | 123 | / | 6.3 | 8.1 | / | 0.68 | / |
| ITO93 | 99.51 | 1.35 | / | 127 | / | 6.4 | 7.8 | / | 0.71 | / |
| ITO93 | 99.48 | 1.50 | / | 126 | / | 5.8 | 8.0 | / | 0.75 | / |
| ITO93 | 99.53 | 1.46 | / | 123 | / | 6.3 | 8.1 | / | 0.65 | / |
| ITO93 | 99.52 | 1.37 | / | 128 | / | 6.2 | 7.7 | / | 0.67 | / |
| ITO93 | 99.56 | 1.47 | / | 123 | / | 6.3 | 8.1 | / | 0.68 | / |
| ITO93 | 99.52 | 1.37 | / | 128 | / | 6.8 | 7.8 | / | 0.71 | / |
| ITO93 | 99.49 | 1.54 | / | 120 | / | 6.6 | 7.6 | / | 0.75 | / |
| ITO93 | 99.46 | 1.55 | / | 126 | / | 7.8 | 8.0 | / | 0.73 | / |
| ITO93 | 99.55 | 1.46 | / | 118 | / | 6.5 | 8.1 | / | 0.75 | / |
| ITO93 | 99.54 | 1.39 | / | 128 | / | 6.2 | 7.7 | / | 0.66 | / |
| ITO93 | 99.50 | 1.43 | / | 125 | / | 7.1 | 7.4 | / | 0.64 | / |
| ITO93 | 99.53 | 1.38 | / | 127 | / | 6.4 | 7.8 | / | 0.73 | / |
| ITO93 | 99.53 | 1.48 | / | 121 | / | 6.5 | 8.1 | / | 0.69 | / |
| ITO93 | 99.54 | 1.47 | / | 129 | / | 6.3 | 8.3 | / | 0.68 | / |
| ITO93 | 99.51 | 1.46 | / | 126 | / | 6.5 | 8.1 | / | 0.64 | / |
| ITO93 | 99.56 | 1.53 | / | 130 | / | 7.2 | 7.3 | / | 0.73 | / |
| ITO93 | 99.55 | 1.46 | / | 118 | / | 6.5 | 8.1 | / | 0.65 | / |
| ITO93 | 99.54 | 1.39 | / | 128 | / | 7.2 | 7.7 | / | 0.66 | / |
| ITO93 | 99.50 | 1.43 | / | 125 | / | 7.1 | 7.4 | / | 0.71 | / |
| ITO93 | 99.52 | 1.43 | / | 126 | / | 6.5 | 8.1 | / | 0.64 | / |
| ITO93 | 99.53 | 1.53 | / | 131 | / | 7.2 | 7.3 | / | 0.63 | / |
| ITO93 | 99.54 | 1.54 | / | 126 | / | 6.8 | 8.1 | / | 0.62 | / |
| ITO93 | 99.54 | 1.39 | / | 128 | / | 6.2 | 7.7 | / | 0.66 | / |
| ITO93 | 99.50 | 1.43 | / | 125 | / | 7.1 | 7.4 | / | 0.64 | / |
| ITO93均值 | 99.52 | 1.45 | / | 125.7 | / | 6.65 | 7.89 | / | 0.69 | / |
| ITO95 | 99.22 | 1.23 | / | 89 | / | 10.6 | 25.1 | / | 0.72 | / |
| ITO95 | 99.23 | 1.24 | / | 88 | / | 12.8 | 26.2 | / | 0.71 | / |
| ITO95 | 99.25 | 1.27 | / | 85 | / | 11.4 | 30.3 | / | 0.72 | / |
| ITO95 | 99.22 | 1.26 | / | 83 | / | 13.7 | 22.5 | / | 0.68 | / |
| ITO95 | 99.23 | 1.23 | / | 92 | / | 12.5 | 25.3 | / | 0.742 | / |
| ITO95 | 99.24 | 1.20 | / | 90 | / | 11.3 | 19.1 | / | 0.65 | / |
| ITO95 | 99.31 | 1.30 | / | 87 | / | 12.4 | 27.8 | / | 0.71 | / |
| ITO95 | 99.20 | 1.25 | / | 86 | / | 13.8 | 28.0 | / | 0.73 | / |
| ITO95 | 99.18 | 1.24 | / | 91 | / | 14.3 | 28.1 | / | 0.65 | / |
| ITO95 | 99.22 | 1.27 | / | 92 | / | 12.2 | 27.7 | / | 0.69 | / |
| ITO95 | 99.23 | 1.24 | / | 89 | / | 13.3 | 22.1 | / | 0.72 | / |
| ITO95 | 99.22 | 1.17 | / | 87 | / | 11.8 | 24.8 | / | 0.71 | / |
| ITO95 | 99.29 | 1.24 | / | 90 | / | 13.6 | 27.6 | / | 0.75 | / |
| ITO95 | 99.24 | 1.15 | / | 92 | / | 14.8 | 18.0 | / | 0.74 | / |
| ITO95 | 99.25 | 1.16 | / | 98 | / | 13.5 | 23.1 | / | 0.76 | / |
| ITO95 | 99.24 | 1.19 | / | 98 | / | 12.2 | 24.7 | / | 0.65 | / |
| ITO95 | 99.20 | 1.23 | / | 85 | / | 12.1 | 19.4 | / | 0.64 | / |
| ITO95 | 99.23 | 1.28 | / | 97 | / | 12.4 | 23.8 | / | 0.72 | / |
| ITO95 | 99.24 | 1.28 | / | 82 | / | 10.5 | 26.1 | / | 0.66 | / |
| ITO95 | 99.23 | 1.27 | / | 86 | / | 14.3 | 28.3 | / | 0.69 | / |
| ITO95 | 99.21 | 1.26 | / | 90 | / | 13.5 | 23.1 | / | 0.64 | / |
| ITO95 | 99.26 | 1.25 | / | 95 | / | 11.2 | 19.3 | / | 0.74 | / |
| ITO95 | 99.35 | 1.26 | / | 79 | / | 13.5 | 18.1 | / | 0.65 | / |
| ITO95 | 99.24 | 1.29 | / | 83 | / | 13.2 | 26.7 | / | 0.68 | / |
| ITO95 | 99.20 | 1.23 | / | 85 | / | 14.1 | 24.4 | / | 0.73 | / |
| ITO95 | 99.19 | 1.24 | / | 86 | / | 12.5 | 24.1 | / | 0.67 | / |
| ITO95 | 99.23 | 1.25 | / | 85 | / | 13.2 | 22.3 | / | 0.63 | / |
| ITO95 | 99.34 | 1.24 | / | 85 | / | 12.8 | 19.1 | / | 0.66 | / |
| ITO95 | 99.24 | 1.19 | / | 88 | / | 13.2 | 27.7 | / | 0.63 | / |
| ITO95 | 99.25 | 1.23 | / | 85 | / | 13.1 | 22.4 | / | 0.69 | / |
| ITO95均值 | 99.24 | 1.24 | / | 88.3 | / | 12.79 | 24.2 | / | 0.69 | / |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | / |
| ITO97 | 99.08 | 1.43 | / | 130 | / | 9.3 | 15.2 | / | 0.68 | / |
| ITO97 | 99.03 | 1.46 | / | 116 | / | 9.8 | 14.3 | / | 0.63 | / |
| ITO97 | 99.15 | 1.42 | / | 123 | / | 8.4 | 16.1 | / | 0.74 | / |
| ITO97 | 99.12 | 1.48 | / | 113 | / | 10.7 | 18.1 | / | 0.69 | / |
| ITO97 | 99.03 | 1.38 | / | 117 | / | 9.5 | 19.3 | / | 0.72 | / |
| ITO97 | 99.04 | 1.48 | / | 123 | / | 9.3 | 18.1 | / | 0.63 | / |
| ITO97 | 99.01 | 1.45 | / | 117 | / | 8.4 | 17.8 | / | 0.71 | / |
| ITO97 | 99.08 | 1.51 | / | 120 | / | 8.8 | 14.0 | / | 0.74 | / |
| ITO97 | 99.13 | 1.36 | / | 123 | / | 9.3 | 17.1 | / | 0.62 | / |
| ITO97 | 99.12 | 1.38 | / | 124 | / | 9.2 | 17.7 | / | 0.69 | / |
| ITO97 | 99.06 | 1.49 | / | 123 | / | 10.3 | 18.1 | / | 0.68 | / |
| ITO97 | 99.02 | 1.37 | / | 121 | / | 9.8 | 16.8 | / | 0.73 | / |
| ITO97 | 99.09 | 1.52 | / | 118 | / | 11.6 | 22.6 | / | 0.76 | / |
| ITO97 | 99.06 | 1.53 | / | 116 | / | 10.8 | 21.0 | / | 0.77 | / |
| ITO97 | 99.05 | 1.48 | / | 118 | / | 9.5 | 19.1 | / | 0.74 | / |
| ITO97 | 99.04 | 1.39 | / | 128 | / | 9.2 | 17.7 | / | 0.66 | / |
| ITO97 | 99.10 | 1.44 | / | 115 | / | 10.1 | 16.4 | / | 0.68 | / |
| ITO97 | 99.13 | 1.39 | / | 117 | / | 9.4 | 17.8 | / | 0.72 | / |
| ITO97 | 99.03 | 1.47 | / | 121 | / | 8.5 | 16.6 | / | 0.69 | / |
| ITO97 | 99.04 | 1.48 | / | 119 | / | 9.3 | 18.3 | / | 0.67 | / |
| ITO97 | 98.95 | 1.36 | / | 126 | / | 9.5 | 19.1 | / | 0.64 | / |
| ITO97 | 99.06 | 1.52 | / | 120 | / | 8.2 | 17.3 | / | 0.73 | / |
| ITO97 | 99.05 | 1.48 | / | 118 | / | 9.5 | 18.5 | / | 0.62 | / |
| ITO97 | 99.14 | 1.49 | / | 118 | / | 9.2 | 17.7 | / | 0.65 | / |
| ITO97 | 99.10 | 1.45 | / | 125 | / | 10.1 | 19.4 | / | 0.72 | / |
| ITO97 | 99.12 | 1.43 | / | 116 | / | 9.5 | 18.1 | / | 0.65 | / |
| ITO97 | 99.13 | 1.54 | / | 131 | / | 9.2 | 15.3 | / | 0.59 | / |
| ITO97 | 99.04 | 1.51 | / | 116 | / | 8.8 | 18.1 | / | 0.64 | / |
| ITO97 | 99.04 | 1.39 | / | 123 | / | 9.2 | 17.7 | / | 0.67 | / |
| ITO97 | 99.07 | 1.48 | / | 125 | / | 10.1 | 19.4 | / | 0.69 | / |
| ITO97均值 | 99.07 | 1.45 | / | 120.7 | / | 9.48 | 17.76 | / | 0.69 | / |
| ITO98 | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / |
| ITO99 | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / |

**表7 5家生产企业氧化铟锡靶材技术综合指标统计表**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 公司名 | 牌号 |  | 相对密度（%） | 电阻率（10-4Ω·cm） | 线膨胀系数 ℃-1（×10-6） | 抗弯曲强度  MPa | 残余应力 MPa | 晶粒尺寸（μm） | | 单位面积气孔个数个/cm2 | 表面粗糙度  μm，不大于 |
| 平均值 | 最大值 |
| 先导薄膜材料（广东）有限公司 | RD90 | 最大值 | 99.80 | 1.68 | 8.7 | 172 | 9 | 6.7 | 10.5 | 5 | 0.9 |
| 最小值 | 99.68 | 1.15 | 6.1 | 156 | 4 | 4.1 | 8.2 | 0 | 0.6 |
| 平均值 | 99.74 | 1.39 | 7.5 | 165 | 6 | 5.3 | 9.2 | 2 | 0.8 |
| RD93 | 最大值 | 99.67 | 1.68 | 7.3 | 172 | 9 | 8.7 | 11.1 | 6 | 0.9 |
| 最小值 | 99.10 | 1.15 | 5.2 | 150 | 4 | 6.5 | 9.1 | 1 | 0.6 |
| 平均值 | 99.36 | 1.37 | 6.0 | 163 | 7 | 7.9 | 9.9 | 3 | 0.8 |
| RD95 | 最大值 | 99.73 | 1.64 | 5.6 | 147 | 18 | 18.6 | 21.4 | 6 | 0.9 |
| 最小值 | 99.16 | 1.21 | 4.9 | 120 | 10 | 10.1 | 13.1 | 1 | 0.6 |
| 平均值 | 99.46 | 1.47 | 4.7 | 137 | 14 | 14.4 | 17.4 | 3 | 0.8 |
| RD97 | 最大值 | 99.73 | 1.92 | 5.1 | 137 | 23 | 19.7 | 28.6 | 6 | 0.9 |
| 最小值 | 99.20 | 1.53 | 3.9 | 110 | 15 | 15.1 | 20.1 | 1 | 0.6 |
| 平均值 | 99.42 | 1.82 | 4.7 | 127 | 19 | 17.2 | 24.4 | 3 | 0.8 |
| RD98 | 最大值 | 99.50 | 2.92 | 5.4 | 110 | 24 | 28.4 | 33.5 | 9 | 0.9 |
| 最小值 | 99.08 | 2.69 | 3.9 | 90 | 19 | 20.1 | 25.1 | 5 | 0.6 |
| 平均值 | 99.17 | 2.79 | 4.9 | 108 | 22 | 24.0 | 29.0 | 6 | 0.7 |
| RD99 | 最大值 | 99.45 | 3.42 | 3.6 | 101 | 23 | 38.4 | 41.4 | 9 | 0.9 |
| 最小值 | 99.09 | 3.19 | 3.4 | 86 | 18 | 30.1 | 35.1 | 5 | 0.6 |
| 平均值 | 99.24 | 3.29 | 3.5 | 94 | 21 | 34.0 | 39.0 | 7 | 0.7 |
| 芜湖映日科技股份有限公司 | RD90 | 最大值 | 99.88 | 1.38 |  | 168 |  | 6.92 | 10 |  | 0.60 |
| 最小值 | 99.80 | 1.27 |  | 156 |  | 6.33 | 9.3 |  | 0.51 |
| 平均值 | 99.79 | 1.31 |  | 163 |  | 6.88 | 9.8 |  | 0.57 |
| RD93 | 最大值 | 99.88 | 1.38 |  | 167 |  | 6.68 | 10 |  | 0.60 |
| 最小值 | 98.87 | 1.26 |  | 160 |  | 6.32 | 9.5 |  | 0.51 |
| 平均值 | 99.79 | 1.31 |  | 165 |  | 6.54 | 9.8 |  | 0.57 |
| RD95 | 最大值 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 最小值 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 平均值 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| RD97 | 最大值 | 99.88 | 1.36 |  | 129 |  | 6.68 | 10 |  | 0.60 |
| 最小值 | 98.87 | 1.26 |  | 123 |  | 6.32 | 9.5 |  | 0.51 |
| 平均值 | 99.76 | 1.31 |  | 126 |  | 6.54 | 9.8 |  | 0.57 |
| RD98 | 最大值 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 最小值 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 平均值 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| RD99 | 最大值 | 99.88 | 15.39 |  | 129 |  | 6.68 | 10 |  | 0.60 |
| 最小值 | 99.87 | 15.03 | / | 123 | / | 6.32 | 9.5 |  | 0.51 |
| 平均值 | 99.67 | 15.28 | / | 126 | / | 6.58 | 9.9 |  | 0.56 |
| 株洲火炬安泰新材料有限公司 | RD90 | 最大值 | 99.8 | 1.60 |  | 218 |  | 5.0 |  |  | 0.63 |
| 最小值 | 99.6 | 1.45 |  | 160 |  | 3.7 |  |  | 0.35 |
| 平均值 | 99.7 | 1.53 |  | 183 |  | 4.2 |  |  | 0.54 |
| RD93 | 最大值 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 最小值 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 平均值 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| RD95 | 最大值 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 最小值 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 平均值 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| RD97 | 最大值 | 99.8 | 1.41 |  | 198 |  | 5.0 |  |  | 0.78 |
| 最小值 | 99.6 | 1.28 |  | 157 |  | 3.8 |  |  | 0.44 |
| 平均值 | 99.65 | 1.38 |  | 182 |  | 4.6 |  |  | 0.56 |
| RD98 | 最大值 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 最小值 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 平均值 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| RD99 | 最大值 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 最小值 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 平均值 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 河北恒博新材料科技股份有限公司 | RD90 | 最大值 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 最小值 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 平均值 | 99.6 | 1.5 | 6.8 | 173 |  | 4.6 | 6.2 |  | 0.8 |
| RD93 | 最大值 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 最小值 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 平均值 | 99.4 | 1.5 |  | 135 |  | 5.8 | 7.3 |  | 0.8 |
| RD95 | 最大值 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 最小值 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 平均值 | 99.3 | 1.3 |  | 131 |  | 6.2 | 7.5 |  | 0.8 |
| RD97 | 最大值 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 最小值 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 平均值 | 99.7 | 1.3 |  | 128 |  | 7.8 | 8.8 |  | 0.8 |
| RD98 | 最大值 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 最小值 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 平均值 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| RD99 | 最大值 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 最小值 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 平均值 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 广东欧莱高新材料股份有限公司 | RD90 | 最大值 | 99.89 | 1.46 | 8.10 | 181 |  | 4.7 | 6.8 |  | 0.75 |
| 最小值 | 99.73 | 1.28 | 6.9 | 158 |  | 3.9 | 4.8 |  | 0.54 |
| 平均值 | 99.79 | 1.38 | 7.66 | 169 |  | 4.4 | 6.2 |  | 0.64 |
| RD93 | 最大值 | 99.56 | 1.55 |  | 132 |  | 7.4 | 8.3 |  | 0.75 |
| 最小值 | 99.46 | 1.35 |  | 118 |  | 5.8 | 7.3 |  | 0.62 |
| 平均值 | 99.52 | 1.45 |  | 126 |  | 6.7 | 7.9 |  | 0.69 |
| RD95 | 最大值 | 99.35 | 1.30 |  | 92 |  | 14.8 | 30.3 |  | 0.76 |
| 最小值 | 99.18 | 1.15 |  | 79 |  | 10.6 | 18.1 |  | 0.63 |
| 平均值 | 99.24 | 1.24 |  | 88 |  | 12.8 | 24.2 |  | 0.69 |
| RD97 | 最大值 | 99.15 | 1.54 |  | 131 |  | 11.6 | 28.6 |  | 0.74 |
| 最小值 | 98.95 | 1.36 |  | 113 |  | 8.2 | 14.3 |  | 0.59 |
| 平均值 | 99.07 | 1.45 |  | 121 |  | 9.5 | 17.8 |  | 0.69 |
| RD98 | 最大值 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 最小值 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 平均值 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| RD99 | 最大值 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 最小值 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 平均值 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5家生  产企业统计 综合 值 | RD90 | 最大值 | 99.89 | 1.68 | 8.7 | 218 | 9 | 6.7 | 10.5 | 5 | 0.90 |
| 最小值 | 99.60 | 1.15 | 6.1 | 158 | 4 | 3.7 | 4.5 | 0 | 0.35 |
| 平均值 | 99.72 | 1.49 | 7.5 | 173 | 6 | 4.2 | 5.7 | 2 | 0.70 |
| RD93 | 最大值 | 99.67 | 1.68 | 7.3 | 172 | 9 | 8.7 | 11.1 | 6 | 0.90 |
| 最小值 | 99.10 | 1.15 | 5.2 | 118 | 4 | 5.8 | 7.3 | 1 | 0.60 |
| 平均值 | 99.40 | 1.42 | 6.0 | 142 | 7 | 6.8 | 8.4 | 3 | 0.76 |
| RD95 | 最大值 | 99.73 | 1.64 | 5.6 | 147 | 18 | 18.6 | 30.3 | 6 | 0.90 |
| 最小值 | 99.0 | 1.15 | 4.9 | 79 | 10 | 10.1 | 13.1 | 1 | 0.60 |
| 平均值 | 99.25 | 1.34 | 4.7 | 119 | 14 | 13.6 | 20.8 | 3 | 0.76 |
| RD97 | 最大值 | 99.80 | 1.92 | 5.1 | 198 | 23 | 19.7 | 28.6 | 6 | 0.90 |
| 最小值 | 98.95 | 1.28 | 3.9 | 111 | 15 | 8.2 | 14.3 | 1 | 0.44 |
| 平均值 | 99.52 | 1.49 | 4.7 | 140 | 19 | 13.4 | 21.1 | 3 | 0.72 |
| RD98 | 最大值 | 99.50 | 2.92 | 5.4 | 110 | 24 | 28.4 | 33.5 | 9 | 0.9 |
| 最小值 | 99.08 | 2.69 | 3.9 | 90 | 19 | 20.1 | 25.1 | 5 | 0.6 |
| 平均值 | 99.17 | 2.79 | 4.8 | 108 | 22 | 24.0 | 29.0 | 6 | 0.7 |
| RD99 | 最大值 | 99.45 | 3.42 | 3.6 | 101 | 23 | 38.4 | 41.4 | 9 | 0.9 |
| 最小值 | 99.09 | 3.19 | 3.4 | 86 | 18 | 30.1 | 35.1 | 5 | 0.6 |
| 平均值 | 99.24 | 3.29 | 3.5 | 94 | 21 | 34.0 | 39.0 | 7 | 0.7 |

**5.1.2 以下是各个牌号的技术指标的统计图**

5.1.2.1 ITO90的技术指标统计图

图1 ITO90相对密度统计图

图2 ITO90 电阻率统计图

图3 ITO90 线膨胀系数统计图

图4 ITO90 抗弯曲强度统计图

图5 ITO90 残余应力统计图

图6 ITO90 平均晶粒尺寸统计图

5.1.2.2 ITO93的技术指标统计图

图7 ITO93 相对密度统计图

图8 ITO93 电阻率统计图

图9 ITO93 线膨胀系数统计图

图10 ITO93抗弯曲强度统计图

图11 ITO93 残余应力统计图

图12 ITO93 平均晶粒尺寸统计图

5.1.2.3 ITO95的技术指标统计图

图13 ITO95 相对密度统计图

图14 ITO95 电阻率统计图

图15 ITO95 线膨胀系数统计图

图16 ITO95 抗弯曲强度统计图

图17 ITO95 残余应力统计图

图18 ITO95 平均晶粒尺寸统计图

5.1.2.4 ITO97 的技术指标统计图

图19 ITO97 相对密度统计图

图20 ITO97 电阻率统计图

图21 ITO97 线膨胀系数统计图

图22 ITO97 抗弯曲强度统计图

图23 ITO97 残余应力统计图

图24 ITO97 平均晶粒尺寸统计图

5.1.2.5 ITO98的技术指标统计图

图25 ITO98 相对密度统计图

图26 ITO98 电阻率统计图

图27 ITO98 线膨胀系数统计图

图28 ITO98 抗弯曲强度统计图

图29 ITO98 残余应力统计图

图30 ITO98 平均晶粒尺寸统计图

5.1.2.6 ITO99的技术指标统计图

图31 ITO99 相对密度统计图

图32 ITO99 电阻率统计图

图33 ITO99 线膨胀系数统计图

图34 ITO99 抗弯曲强度统计图

图35 ITO99 残余应力统计图

图36 ITO99 平均晶粒尺寸统计图

**5.1.3 各牌号技术指标的统计表和统计图的情况分析**

从上表和上表可以得到个牌号ITO靶材的技术指标的综合统计可以以以下表得到下表8的综合情况，以下表的要求作为ITO靶材的标准技术要求。

表8 ITO物理性能的综合要求

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 牌号 | 相对密度（%）  (≥) | 电阻率（×10-4Ω·cm）(≤) | 线膨胀系数（℃-1）（≤） | 抗弯曲强（MPa）（≥） | 残余应力（MPa）（<） | 平均晶粒尺寸（μm）（≤） |
| ITO90 | 99.6 | 1.6 | 9 | 150 | 10 | 10 |
| ITO93 | 98.7 | 1.7 | 9 | 100 | 10 | 10 |
| ITO95 | 98.6 | 1.8 | 9 | 80 | 20 | 20 |
| ITO97 | 98.6 | 1.9 | 9 | 100 | 30 | 30 |
| ITO98 | 98.0 | 3.0 | 9 | 80 | 30 | 30 |
| ITO99 | 98.0 | 16 | 9 | 80 | 30 | 40 |

**5.2 范围的修订**

5.2.1修订前的适用范围：本标准规定了氧化铟锡（简称ITO）靶材的要求、试验方法、检验规则及标志、包装、运输与贮存、质量证明书、订货单（或合同）等内容。

5.2.2 修订后的适用范围：本文件适用于由In2O3 和SnO2 按照一定比例混合的氧化铟锡靶材，是制作透明导电膜的核心材料。

5.2.3 修订的依据：

随着ITO靶材应用领域的扩大，除传统的显示面板市场，在薄膜太阳能电池市场已成为ITO靶材的第二大应用领域。在该应用领域内ITO靶材的需求出现了多种比例要求，如93:7、98:2、99:1等等。然而对于这些比例的靶材，还没有进行相应的标准定义，而靶材组分指标在下游应用环节的膜性能方面有着至关重要的影响。另外随着我国ITO靶材制造工艺的提升，RD90的牌号相对密度大于99.6%已是行业的基本要求，因此提出修改ITO靶材的牌号划分，由相对密度指标更改为组分指标更符合实际状况。

**5.3 规范性引用文件的修订**

4.3.1增加了规范性引用文件GB/T 38389 氧化铟锡靶材化学分析方法。

5.3.2 增加的依据：

氧化铟锡靶材是由In2O3 和SnO2 按照一定比例混合制造而成的靶材材料，既有In2O3 和SnO2的重量比例要求，也有靶材在生产过程中带人或引入的杂质控制要求，需要在实际生产中对相关工艺和指标进行控制，因而需要对主成分和杂质含量进行测定，在测试过程中就要按照相关的国家标准要求进行，GB/T 38389 氧化铟锡靶材化学分析方法满足测试要求。

**5.4 术语和定义的修订**

5.4.1 删除了原标准的术语有开尔文电桥的术语定义，在修订版中删除了该术语和定义内容。

5.4.2 删除该术语的依据：

因为在文件的内容中不涉及该术语，而且该术语是一种常规术语。

**5.5 分类的修订**

5.5.1 修订前的氧化铟锡靶材分为三个牌号：RD90、RD95、RD97，修订后氧化铟锡靶材的牌号以ITO表示，按In2O3 和 SnO2 的比例分为六个牌号：ITO90、ITO93、ITO95、ITO97、ITO98、ITO99。

5.5.2 修订的依据：

信息社会一定程度上是显示信息技术的社会，随着信息社会的巨大扩展和发展， ITO靶材应用领域广度和宽度日益扩大，而且除传统的显示面板市场，在薄膜太阳能电池市场也已成为ITO靶材的第二大应用领域，所以在各应用领域内ITO靶材的需求出现了多种比例要求，如93:7，95:5，97:3，98:2，99:1等等。然而对于这些比例的靶材，还没有进行相应的标准定义。并且靶材组分指标在下游应用环节的膜性能方面有着至关重要的影响。另外随着我国ITO靶材制造工艺的提升，相对密度大于99.6%已是行业的基本要求，因此提出修改ITO靶材的牌号划分，由相对密度指标更改为组分指标。而提出和反应市场的产品类型是标准的全面性和准确性及代表性的要求。牌号的更改是适用普遍的表示方法执行的。

**5.6 主要化学成分的修订**

5.6.1 主要化学成分前后的内容变化如下表9

表9 修订前后的主要化学成分变化内容

|  |  |
| --- | --- |
| 修订前主要化学成分的要求 | 修订后主要化学成分的要求 |
| 氧化铟和氧化锡的质量百分比为In2O3:SnO2 = 90:10，偏差为±0.5 | 牌号ITO90的质量比In2O3:SnO2 = 90:10， SnO2的偏差为±0.5。  牌号ITO93的质量比In2O3:SnO2 = 93:7， SnO2的偏差为±0.4。  牌号ITO95的质量比In2O3:SnO2 = 95:5， SnO2的偏差为±0.3。  牌号ITO97的质量比In2O3:SnO2 = 97:3， SnO2的偏差为±0.3。  牌号ITO98的质量比In2O3:SnO2 = 98:2， SnO2的偏差为±0.2。  牌号ITO99的质量比In2O3:SnO2 = 99:1， SnO2的偏差为±0.1 |

**5.6.2 修订的依据：**

5.6.2.1 原标准仅对RD90的产品类型做了主要化学成分的要求，并且没有明确允许的偏差±0.5%是针对In2O3还是SnO2的允许偏差；也没有对其他产品产品类型的主要化学成分做要求，是原标准中的缺陷，所以增加了相应牌号的主要化学成分的要求。

5.6.2.2 因为随着氧化锡含量的降低，允许的氧化锡含量的允许差也相应降低以满足材料性能的要求，结合检测允许差，所以相应的牌号的偏差规定为：RD93的质量比In2O3:SnO2 = 93:7，SnO2的允许偏差为±0.4；RD95的质量比In2O3:SnO2 = 95:5，SnO2的允许偏差为±0.3；牌号RD97的质量比In2O3:SnO2 = 97:3，SnO2的允许偏差为±0.3；牌号RD98的质量比In2O3:SnO2 = 98:2， SnO2的偏差为±0.2；牌号RD99的质量比In2O3:SnO2 = 99:1， SnO2的偏差为±0.1。

**5.7 物理性能的修订**

原标准仅对相对密度、电阻率、线膨胀系数做了规定，修订后增加了抗折强度、残余应力、晶粒尺寸等的规定，同时也修订了原物理性能的部分参数，增加了各个牌号的物理性能的要求，修订前后的物理性能的变化见下表10：

10 修订前后ITO物理性能的变化比较

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 牌号 | 修订前相对密度（%） | 修订后相对密度（%） | 修订前电阻率  （\*10-4Ω·cm） | 修订后电阻率  （\*10-4Ω·cm） | 修订前线膨胀系数（℃-1） | 修订后线膨胀系数（℃-1） |
| RD90 | ≥99.0 | ≥99.6 | ≤1.6 | ≤1.6 | 6～9 | ≤9 |
| RD93 |  | ≥98.7 |  | ≤1.7 |  | ≤9 |
| RD95 | ≥99.5 | ≥98.6 | ≤1.6 | ≤1.8 | 6～9 | ≤9 |
| RD97 | ≥99.7 | ≥98.6 | ≤1.6 | ≤1.9 | 6～9 | ≤9 |
| RD98 |  | ≥98.0 |  | ≤3.0 |  | ≤9 |
| RD99 |  | ≥98.0 |  | ≤16 |  | ≤9 |
| 牌号 | 修订前抗弯曲强度（MPa） | 修订后抗弯曲强度（MPa） | 修订前残余应力（MPa | 修订后残余应力（MPa） | 修订前平均晶粒尺寸（μm） | 修订后平均晶粒尺寸（μm） |
| RD90 | 无 | ≥150 | 无 | <10 | 无 | ≤10 |
| RD93 | 无 | ≥100 | 无 | <10 | 无 | ≤10 |
| RD95 | 无 | ≥80 | 无 | <20 | 无 | ≤20 |
| RD97 | 无 | ≥100 | 无 | <30 | 无 | ≤30 |
| RD98 | 无 | ≥80 | 无 | <30 | 无 | ≤30 |
| RD99 | 无 | ≥80 | 无 | <30 | 无 | ≤40 |

**5.7.2 修订的依据：**

5.7.2 1密度的修订依据：

原标准中的三个牌号RD90、RD95、RD97的相对密度分别规定为≥99.0%、≥99.5%、≥99.7%。RD90牌号是市场主体生产牌号、占市场60%以上的产量，该指标是最主要的物理性能指标之一，之所以当时规定为≥99.0%是因为当时的我国实际生产水平不是太高，生产的产品的相对密度偏低，市场竞争力也低，随着我国经济发展和科技进步，产品质量已普遍达到国际先进水平，R90牌号氧化铟锡靶材的相对密度也已达到了市场普遍要求，因而也将标准中的要求更改为实际生产水平的要求≥99.6%。原标准中的RD95、RD97的相对密度分别规定为≥99.5%、≥99.7%，该密度的规定不是真实反映生产实际，根据实际情况更改为≥98.6%、≥98.6%。原标准中无RD93、RD98、RD99，根据生产实际情况和市场要求规定为：≥98.7%、≥98.0%、≥98.0%。

5.7.2.2 电阻率的修订依据

原标准中的三个牌号RD90、RD95、RD97的电阻率均规定为≤1.6\*10-4Ω·cm，主要原因是其他牌号的生产规模有限，相关统计不全面，所以以市场主体产品RD99的要求作为其他牌号的要求。而实际情况是有差别的，随着我国生产技术水平的进步，其他的牌号也规模化生产，根据实际生产状况和市场要求，将RD95、RD97牌号电阻率更改为≤1.8\*10-4Ω·cm、≤1.9\*10-4Ω·cm。原标准中无RD93、RD98、RD99，根据生产实际情况和市场要求规定为：≤1.7\*10-4Ω·cm、≤3.0\*10-4Ω·cm、≤16\*10-4Ω·cm。

5.7.2.3 线膨胀系数的修订依据

氧化铟锡靶材是氧化物陶瓷靶材，是经过高温烧结后形成的陶瓷材料，靶材是绑定在背板或背管上使用的，靶材溅射时经受高温、高速氩离子的轰击，靶材需要承载一定的热冲击和热膨胀，线膨胀系数的大小影响靶材在使用过程中的稳定性，而陶瓷材料的生产方法决定了随着温度升高的变化而产生线性尺寸的变化是陶瓷材料的固有特性，为满足靶材溅射的使用要求，需要对线膨胀系数的要求进行控制。原标准中的三个牌号RD90、RD95、RD97的线膨胀系数均规定为6～9℃-1，这是一种相对简单的规定，没有真实反映实际情况，随着我国科技进步和生产技术水平的提供，氧化铟锡靶材的生产质量得到大幅提高、产品种类也齐全。需要根据现在的实际状况相应对线膨胀系数进行修订或规定，根据实际生产状况和市场要求，将牌号RD90、RD95、RD97的线膨胀系数修订为≤9℃-1，将牌号RD93、RD98、RD99的线膨胀系数规定为≤9℃-1。

在修订后的标准中线膨胀系数由范围要求更改为小于等于要求，是因为实际使用中，只需要规定为小于等于即可，而且线膨胀系数在一定范围内是越低越好的。

5.7.2.3 增加的抗弯曲强度、残余应力、晶粒尺寸的依据

ITO靶材应用于磁控溅射领域，在靶材溅射使用过程中，靶材绑定在背板/背管上，靶材本身需承载一定的重力以及微形变。同时靶材溅射时经受高温、高速氩离子的轰击，靶材需要承载一定的热冲击和热膨胀。靶材抗折强度过低，将会出现靶材的使用开裂，导致溅射应用异常。靶材经过一系列成型、烧结、加工制造工序后，内部还存在没有被消除的应力，当残余应力过大时，随着靶材在溅射过程中自身在不断变薄，靶坯自身强度在变低，残余应力的释放易出现靶材的开裂，导致溅射应用异常。晶粒尺寸越小，其靶材的致密性越高。在相同的溅射功率条件下，其溅射镀膜越快，效率更高；随着晶粒尺寸的增大，其晶粒之间的大小差异性也变大，导致溅射过程中小的晶粒被快速溅射，留下大的晶粒尺寸凸出而形成结瘤。因此提出增加以上物理性能指标。根据我国生产工艺和生产指标及质量要求和市场要求，增加了相应的氧化铟锡靶材的抗弯曲强度、残余应力、晶粒尺寸的技术要求，增加的指标要求见上表9.

**5.8 物理规格的修订：**

5.8.1 修订前的内容为：氧化铟锡靶材呈片状或其他形状，其规格尺寸及其偏差由供需双方商定。修订后的内容为：氧化铟锡靶材分为平面型靶材和管状型靶材，其规格尺寸及其偏差由供需双方商定。

5.8.2 修订的依据：

氧化铟锡靶材的物理规格由磁控溅射机台的规格决定。通常平面型靶材受磁场的局限，靶材利用率通常为30%左右。随着磁控溅射镀膜设备工艺的发展，出现管状型靶材磁控溅射镀膜设备。管状型靶材在使用时进行旋转运动，靶材利用率通常能够达到75%左右。管状型靶材的市场份额也逐步提升，日渐发展为常规产品。原标准中只规定了片状或其他形状，未明确体现管状型靶材。因此提出修订，氧化铟锡靶材物理规格分为平面型和管状型。

**5.9 表面质量的修订**

5.9.1 将表面质量更改为外观质量

5.9.1 更改的依据:ITO靶材行业的通常定义将表面质量定义为外观质量。

**5.10 增加了内部质量的要求**

5.10.1增加的内容：氧化铟锡靶材应无裂纹，气孔直径不大于0.3mm，单位面积气孔个数 ≤5。

5.10.2 增加内部质量要求的依据：

在氩离子的溅射作用下，氧化铟锡靶材的内部逐渐显现。当靶材内部出现裂纹或者孔洞、异物时，形成等离子异常放电，电压异常以及导致结瘤产生。这些都是磁控溅射应用领域的异常，因此提出增加内部质量的规定。

**六、标准中涉及专利的情况**

本标准不涉及专利问题。（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。）

**七 预期达到的社会效益等情况**

**7.1项目的必要性**

ITO靶材是我国明确要求发展的重点高新材料，工业与信息化部发布的《重点新材料首批次应用示范指导目录（2019版）》第237项的重点高新材料项目为“高性能稀土发光材料”、第251项。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，而氧化铟锡靶材就是极具前景的异质结光伏电池产业的核心基础材料。

从全球精铟消费的行业结构看，铟的首要应用仍是平板显示领域（见图4-1），包括传统的ITO靶材以及新兴的铟镓锌氧化物（IGZO）以及绑定用铟。2022年尽管全球面板市场仍处于低迷期、价格不振，但国内面板产量保持增长，统计数据显示，2022年上半年中国面板厂商出货量约8400万片，全球市占率达67%，同比增长6.2%。其中，京东方出货量超3000万片，位居全球第一。铟在ITO靶材领域应用占全球的78%左右，较上年基本持平，但中国占比在逐年上升，日韩增速有所下降.中国靶材的产能和产量正处于扩张期，目前中国已经成为全球靶材增产的主力。总体来看，全球铟消费行业保持乐观，不管是在传统显示行业还是新兴光伏行业中ITO靶材均有一定的较大的市场容量及市场预期，下图为近年来ITO靶材的市场规模及2023年和2024年的市场预期。

另一方面，ITO靶材在光伏电池异质结上的应用已日新月异，将成为另一个重要的应用市场，计 2023 年 HJT 出货量将达 15GW，而随着扩产产能的释放，HJT 后续将会进入产能快速释放阶段，到 2027 年出货量将达 643GW，在 2032 年将有超过 1000GW 的市场需求，现有工艺中 HJT 的每 GW 铟需求量在 3 吨左右，短期铟需求量会在 HJT 的推动下，高速增长。 下表10为全球HTJ全球市场及预期：

表10 异质结的全球市场情况统计及预期



**7.2 全球主要铟类靶材生产供应商**

全球主要的铟类靶材生产供应商有以下几家：

（1）、JX 金属株式会社（JX Nippon Mining & Metals Corporation），成立于 1992 年，为引能仕控股株式会社全资子公司。引能仕控股总部位于日本，为东京证券交易所上市公司，2021 年财富世界五百强排名第 166 位。JX 金属主要运营金属业务，主要产品包括锻铜产品、特种钢、铜箔、化合物半导体基板、金属粉末、高纯度金属、溅射靶材等。其溅射靶材应用领域覆盖半导体、平板显示器、磁性材料、光伏电池等行业，主要靶材产品包括铜靶材、铝靶材、钛靶材、钽靶材、钨靶材、ITO 靶材等。

（2）东曹 东曹株式会社（Tosoh Corporation）成立于 1935 年，总部位于日本，为东京证券交易所上市公司。东曹的靶材产品主要用于半导体、太阳能光伏、平板显示器、磁记录媒体等领域，主要靶材产品包括铝靶材、铜靶材、钽靶材、钛靶材、铬靶材、ITO 靶材等。

（3）三井矿业 三井金属矿业株式会社（Mitsui Mining & Smelting Co.,Ltd.）成立于 1950 年。拥有功能材料业务、金属业务、汽车零部件业务等部门，主营业务包括功能材料和电子材料的制造与销售、有色金属冶炼、资源开发、贵金属回收、材料相关业务、汽车零部件的制造与销售等。三井矿业的靶材产品由功能材料业务部门负责，靶材产品主要为 ITO 靶材、IGZO 靶材。

（4）隆华科技 隆华科技集团（洛阳）股份有限公司成立于 1995 年 7 月。隆华科技主要业务由电子新材料、高分子复合材料、节能环保三大产业板块构成。其中，电子新材料业务以靶材为主要产品，主要由其子公司四丰电子与晶联光电运营，主要产品包括钼靶材、ITO 靶材等。

（5）映日科技 公司是一家专业从事高性能溅射靶材的研发、生产及销售的高新技术企业，目前，公司产品主要应用于显示面板制造，并已开始进入太阳能光伏电池及半导体领域（LED 芯片），公司产品种类覆盖陶瓷靶材、金属靶材、非金属靶材及合金靶材，形成了产品种类多样化、产品应用多元化的发展格局。

（6）欧莱新材 广东欧莱高新材料股份有限公司成立于 2010 年 5 月，总部位于广东省韶关市，主营高性能薄膜新材料（靶材）。欧莱新材的靶材产品主要有 ITO 靶材、铝靶材、铜靶材、钼靶材等

（7）先导薄膜 先导薄膜材料（广东）有限公司是先导集团下属子公司，主要从事真空镀膜用溅射靶材和蒸发材料的研发、生产、销售和回收。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。靶材产品主要有 ITO 靶材、钼靶材、铝靶材、铜靶材等。 先导薄膜材料（广东）是全球ITO靶材产能及产量最大的企业。

**7.3 项目的可行性**

先导薄膜材料（广东）有限公司及其子公司KY MATERIALS合计产量占全球氧化铟锡靶材市场50%以上的市场份额，参与制定的企业如广西晶联光电材料有限责任公司、中国船舶重工集团有限公司第725研究所、芜湖映日科技有限公司、中山智隆新材料科技有限公司等均具备完善的生产研发技术和水平，这些企业基本反映和体现了行业的生产技术水平和现状，具备全面的技术储备和开发能力，新修订的标准全面反映了行业特点和要求，解决了2017版中未能体现市场要求和生产实际情况的相关问题，对行业的发展壮大具备助推器的作用。

**7.3 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**

氧化铟锡靶材尚无国际同类标准，该标准的修订体现了行业的迫切要求，可以促进我国行业的发展，规范市场次序，特别是因为相关行业的发展可以带动有色金属铟行业的极大发展，使得我国从粗铟及铟锭的出口转变为以高纯铟及铟靶材为主要出口产品，对我国的产业升级具有重要重要

**八 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**

本为修订标准，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。

**九 重大分歧意见的处理经过和依据**

无。

**十、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国家标准发布。

**十一、贯彻标准的要求和措施建议**

本标准属于氧化铟锡靶材的基础标准，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。

**十二、废止现行有关标准的建议**

本标准发布实施之日起，代替GB/T20510-2017《氧化铟锡靶材》。

**十三、其他主要内容的解释和其他需要说明的事项。**

无。

**标准征求意见稿意见处理汇总表**

标准名称：氧化铟锡靶材 起草单位：先导薄膜材料（广东）有限公司

联系人： 朱赞芳 电话：13927634646 邮箱：zanfang.zhu@vitalchem.com

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 章条编号 | 意见内容 | 提出单位 | 处理意见 | 备注 |
| 1、 | 前言 | 氧化铟和氧化锡的分子式应采用规范写法 | 有研新材料股份有限公司 | 采纳 |  |
| 2、 | 前言 | 开尔文电桥未引用，应删除 | 北矿检测技术有限公司 | 采纳 |  |
| 3 | 3 术语 | 按照术语格式描述 | 粤有研稀有金属科技有限公司 | 采纳 |  |
| 4 | 3.2 | 相对密度术语描述重新组织 | 有研新材料股份有限公司 | 采纳 |  |
| 5 | 3.2 | 各牌号的理论密度以表格的形式描述 | 有色金属技术经济研究院有限公司 | 采纳 |  |
| 6 | 5.1 .1 | 各牌号的化学成分和要求以表格的形式描述 | 有色金属技术经济研究院有限公司 | 采纳 |  |
| 7 | 5.1.2 | 加上杂质总和包括但不限于的要求 | 峨眉半导体材料有限公司 | 不采纳 | ITO靶材在纯度仅为4N以内的要求 |
| 8 | 5.2.1 | 以表格的形式描述个牌号的各类物理性能的要求 | 有色金属技术经济研究院有限公司 | 采纳 |  |
| 9 | 7.2 | 组批的要求应包括同一生产批次的要求 | 安徽光智科技有限公司 | 采纳 |  |
| 10 | 7.3 | 检验项目、取样频次及取样方法或规定以表格的形式统一体现 | 金川集团股份有限公司 | 采纳 |  |
| 11 | 8.1 | 标志的要求过多 | 广东省科学院工业分析检测中心 | 采纳 |  |
| 12 | 8.5 | 随行文件的格式要求和内容应完整 | 云南鑫圆锗业有限公司 | 采纳 |  |
| 13 |  | 无意见 | 广西华锡有色金属股份有限公司 |  |  |
| 14 |  | 无意见 | 华星光电有限公司 |  |  |
| 16 |  | 无意见 | 宁波江丰电子科技有限公司 |  |  |
| 17 |  | 无意见 | 微科赛乐微电子股份有限公司 |  |  |
| 18 |  | 无意见 | 广西冶金产品质量监督检验站 |  |  |
| 19 |  | 无意见 | KY MATERIALS |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |

说明（1）发送《征求意见稿》的单位数： 15；

（2）收到《征求意见稿》后，回函提出建议的单位数： 9；

（3）收到《征求意见稿》后，回函无意见的单位数：6；

（4）没有回函的单位数：1。