**《电子薄膜用高纯铜环》行业标准**

**编制说明**

**（讨论稿）**

《电子薄膜用高纯铜环》标准起草小组

**2021年11月**

**一、工作简况**

**1.1 任务来源**

宁波江丰电子材料股份有限公司于2020年4月向上级主管部门提出制定电子薄膜用高纯铜环行业标准计划，2021年4月工业和信息化部以工信厅科工信厅科函[2021]25号文下达该标准的制定任务，标准计划号为2021-0008T-YS。项目起止时间为2021年～2022年，技术归口单位为全国有色金属标准化技术委员会。标准起草单位为宁波江丰电子材料股份有限公司、有研亿金新材料有限公司，宁波江丰半导体科技有限公司。

**1.2 标准制定的必要性**

全球信息产业为了配合人们对信息技术的需求，对半导体芯片的存储要求日益提高，且芯片的配线宽度已逐渐向下发展，因此芯片中金属布线质量变得尤为重要。为了提高芯片的集成度，使用高纯铜靶材作为导电层，随着存储记录芯片的配线宽度逐渐向下发展，对铜导电层的工艺要求越来越高。目前大多数存储芯片中金属层工艺采用磁控溅射方式，为提高金属膜层均匀性与靶材金属原子的填洞能力，需要使用金属环件作为靶材配套使用的部件。

在铜靶材溅射时，被轰击的铜原子运动方向并非全部垂直到达衬底表面，可能会导致铜金属层出现厚度不均、孔洞等问题。铜环在配合铜靶材使用时，可以在环件中心形成磁场，修正铜原子的运动轨迹，迫使其尽可能垂直到达衬底；同时，铜具有较好的黏着力，能及时有效地承接并吸附靶材溅射时边缘掉落的较大铜颗粒，避免落在衬底上影响铜金属层布线质量。开发铜靶材配套使用的铜环在日益精密化半导体芯片生产中具有广阔的应用前景。

从市场需求上来看，世界目前较大的芯片厂商SONY、海力士、格罗方德等都在逐渐开发更加精细的芯片布线工艺。国内目前半导体存储芯片领域生产经验缺乏，但随着国家对半导体芯片产业的扶持，存储芯片行业也势必成为一匹黑马。截至目前，各大芯片制造厂商对高纯铜靶材的需求量较往年增长40%，达到2.4亿美元，作为配套使用的高纯铜环需求量也随之增加，预计未来五年内市场需求增长率可较今年翻倍。针对国内存储芯片用高纯铜环已有量产20年约5000万元，未来需求量还会不断增加，但还未有与之相匹配的国家或行业标准。为了更好的促进半导体材料国产化，保护自主知识产权，使半导体产业健康迅速发展，非常有必要建立电子薄膜用高纯铜环的标准。目前江丰电子生产的磁存储用铜靶材已实现了量产，根据国内外存储需求增加的，必将占据更高市场份额，最终实现进口替代。因此制定本标准不仅能够存储用铜靶材配套铜环的规范应用，而且填补该国内此类标准的空白。

**1.3标准项目的可行性及拟解决的问题**

高纯铜环主要应用于存储记录用芯片制造，属于发展前景比较广阔、市场需求较大的生产研究领域。经查询相关国内外文献资料，未检索到相关国际标准。

随着科技发展，对存储芯片的功能要求及数量需求日益增加，其导电层的布线质量要求越来越高。高纯铜环具有产生磁场，约束溅射铜原子的运动轨迹并吸附较大铜颗粒，部分参与高纯铜靶材溅射，提高存储芯片中铜导电层的铺设质量，满足芯片的功能使用要求，具有较为广阔的市场应用前景。国内以宁波江丰电子材料股份有限公司为代表的靶材制造工厂，已逐渐突破了靶材及其配套使用部件制造的产业化关键技术，打破了国外垄断局面（主要生产企业分布欧洲、日本、美国），可以批量供应各种制造用溅射靶材及配套环件，得到国内外主流客户的认证，达到了国际先进水平。但是，国内高纯铜环的标准化工作还属于空白，没有相关国家及行业标准。

通过本标准文件的制定，能够促进现有产品质量的统一与提高，确保电子薄膜用高纯铜环的检测规范统一，符合统一标准，满足市场应用需求。

本标准文件规定了电子薄膜用高纯铜环的技术要求、试验方法、检验规则及标志、包装、运输、贮存、质量证明。

**1.4 项目编制组成员及其所作工作**

本项目的编制组由宁波江丰电子材料股份有限公司、有研亿金新材料有限公司、宁波江丰半导体科技有限公司等单位组成。

**1.4.1编制单位的技术基础**

牵头起草单位宁波江丰电子材料股份有限公司成立于2005年，是由国家海外高层次引才计划专家姚力军博士领导的海外高层次归国留学人员组成的创业团队所创立的一家高科技企业，是A股创业板上市公司（股票代码300666），专业从事集成电路、平板显示器和太阳能用超高纯材料及溅射靶材研发、生产和销售。公司先后承担了国家02重大专项、863计划、稀土专项、彩电专项、工信部电子发展基金工业强基等国家级科研及产业化项目，连续参加了 “十一五”、“十二五”、“十三五”国家科技创新成就展。江丰电子研发的超大规模集成电路用溅射靶材填补了我国的空白，结束了我国依赖进口的历史，产品在国内中芯国际14nm技术节点进入量产，在国际先端的FinFET（FF+）5nm技术进入量产应用，达到国际先进技术水平。

公司团队中拥有国家“千人计划”专家4人、国家“万人计划”专家1人、浙江省“千人计划”专家4名，浙江省“万人计划”专家1名，美国和日本专家6人，拥有国家企业技术中心、博士后科研工作站、院士专家示范工作站，浙江省重点实验室、浙江省级企业研究院、浙江省高新技术企业研究开发中心等研发平台，与中芯国际、浙江大学、哈尔滨工业大学、重庆大学、京东方等多家单位形成产学研用联盟，在国际市场中占有一席之地。江丰电子拥有覆盖Al、Ti、Cu、Ta等多种金属材料及靶材全工艺流程的完整自主知识产权，截止2021年9月，累计授权专利409项（其中发明268项，实用新型141项），填补了国内的技术空白，被认定为国家知识产权优势企业。

公司产品和技术先后荣获“国家战略性创新产品”、“国家技术发明二等奖”、“浙江省技术发明一等奖”、“浙江省标准创新优秀贡献奖”、“中国有色金属工业协会一等奖”、“中国半导体创新产品和技术奖”、“宁波市科技进步一等奖”等多项奖项。公司创始人姚力军博士荣获“国家科技重大专项突出贡献奖”、“全国杰出专业技术人才”、“浙江省科学技术重大贡献奖”、“宁波市科技创新特别奖”等荣誉称号。

参与单位有研亿金新材料有限公司成立于2000年，现为有研新材料股份有限公司全资子公司。为国家技术创新示范企业、国家火炬计划重点高新技术企业、北京市高纯金属溅射靶材工程技术研究中心、北京市企业技术中心、中关村国家自主创新示范区“十百千工程”企业、上海黄金交易所综合类会员。 有研亿金主要研发、生产、销售微电子光电子用薄膜新材料、贵金属材料及制品，并开展稀有及贵金属材料信息咨询、技术服务和套期保值等业务。有研亿金是国内规模宏大、门类齐全、技术能力一流的高纯金属溅射靶材制造企业，也是国内屈指可数具备从超高纯原材料到溅射靶材、蒸发膜材垂直一体化研发和生产的产业化平台。产品涵盖电子信息行业用的全系列高纯金属材料、溅射靶材和蒸发膜材。公司产品广泛应用于电子、信息、化工等领域，是现代工业不可或缺的重要材料，在国民经济、国防建设及现代化信息化社会中起着极其重要的战略意义，发展前景广阔。 公司现有职工280余人，汇聚了稀有和贵金属领域内众多一流的科研生产精英，专业技术人才超过员工总数50%，高学历、高职称人才比例高达40%，同时拥有一支技术过硬经验丰富的技术工人队伍。 有研亿金历年承担国家级、省部级科技开发项目近百项，获部级奖56项，国家专利81项，国家科技进步奖3项，国家发明奖9项，全国科学大会奖2项，国家科技进步奖特等奖子项奖1项。“十一五”、“十二五”期间，公司承担了国家02专项、国家国际重点合作项目、国家高技术产业化项目以及国家科技支撑项目，863项目等36项国家重点项目，为我国新材料产业的发展起到巨大支撑作用。

**1.4.2**编制单位起草人所作工作

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

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 起草人姓名 | 职责及分工 |
| 1 | 杨慧珍 | 负责电子薄膜用高纯铜环标准方案制定、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、标准技术内容的理论指导和审核等。 |
| 2 | 干科军 | 协助电子薄膜用高纯铜环标准方案资料搜集、数据收集、标准编写等。 |
| 3 | 姚力军、王学泽、曹欢欢、廖培君 | 参与方案制定、组织协调产品的调研、技术参数的确定、为项目提供保障等。 |
| 4 | 袁倩靖 | 协助收集本标准中产品情况调研、客户使用情况等资料收集。 |
| 5 | 马松 | 协助本标准方案中技术资料讨论，数据收集。 |

**1.5主要工作过程**

自宁波江丰电子材料股份有限公司接到标准制定任务后，便组织相关技术人员，成立了标准编制修订小组，查阅和检索国内外有关技术标准和资料，并征求相关生产和使用企业的意见，作为建立本技术标准的技术依据。同时也考虑了国内生产、加工能力和分析水平等实际情况，形成了本标准的讨论稿。主要工作过程经过以下几个阶段：

1、2020年1月成立标准编制组，并明确了工作的职责和任务。

2、2020年2月-2020年10月，对电子薄膜用高纯铜环的国内外生产和使用状况进行了相关资料的收集和调研，对技术资料进行了对比分析。

3、2020年10月-2021年10月通过对电子薄膜用高纯铜环性能试验方法等技术资料的总结分析，经过多次研究论证，形成了《电子薄膜用高纯铜环》的行业标准草案稿及编制说明。

1. **标准编制原则**

本标准起草单位自接受起草任务后，成立了本系列标准编制工作组负责收集生产统计、检验数据、市场需求及客户要求等信息。初步确定了《电子薄膜用高纯铜环》标准起草所遵循的基本原则和编制依据：

1）查阅相关标准和国内外客户的相关技术要求；

2）根据国内外电子薄膜用高纯铜环使用企业具体情况，力求做到标准的合理性与实用性；

3）广泛适用，操作可行的原则；

4）有利于创新发展与国际接轨的原则。

**三、标准主要内容的依据**

**3.1适用范围**

本标准文件规定了电子薄膜用高纯铜环的技术要求、试验方法、检验规则及标志、包装、运输、贮存、质量证明书和订货单（或合同）内容。本标准文件适用于电子薄膜用高纯铜环。引用了推荐性国家标准1项，推荐性行业标准3项。

**3.2 技术要求**

3.2.1 产品分类

产品通常分为一体型与拼接型两种，如图1所示，或由需方提供图纸。



图1 结构示意图

3.2.2 化学成分

本标准根据配合使用的高纯铜靶材溅射镀膜要求不同，可以由供需双方协商对合金中某些特殊元素进行控制。参照国内外标准和客户要求，对一些已知的存在危害的杂质元素含量给出了明确控制要求，这些元素主要包括放射性U和Th元素，以及金属元素Fe、Ni、Cr、Al、Co、Si等。

铀(U)和钍(Th)等放射性元素会释放α射线，造成元器件产生软击穿；金属（Fe、Ni、Cr、Al、Co、Si等）离子会影响到靶材溅射后产生界面漏电及氧元素增加等等，因此须对环件原材料中该类元素进行控制。结合目前市场上要求以及试验验证，明确了产品的纯度要求，要求如表2：

表2 化学成分

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 牌号 | 4N | 5N |
| Cu含量/%不小于 | 99.99 | 99.999 |
| 杂质含量/10-6，不大于 | Ag | - | 5 |
| Al | - | 0.5 |
| As | 20 | 0.5 |
| Bi | 20 | 1 |
| Ca | - | 0.5 |
| Cd | - | 0.1 |
| Cl | - | - |
| Co | - | 0.3 |
| Cr | - | 0.05 |
| F | 1 | - |
| Fe | 30 | 0.5 |
| K | - | - |
| Mn | 10 | 0.1 |
| Na | - | - |
| Nb | - | - |
| Ni | 10 | 0.5 |
| P | 3 | 0.1 |
| Pb | 10 | 0.02 |
| Sb | 10 | 0.1 |
| Se | - | 0.1 |
| Si | - | 0.5 |
| Sn | 10 | 0.1 |
| Te | - | 0.1 |
| Th | - | - |
| U | - | - |
| U+Th | - | - |
| Zn | 10 | 1 |
| S | 30 | 1 |
| C | - | 10 |
| N | - | 5 |
| O | 30 | 5 |
| 杂质总含量（不包含C、H、O、N）/%不大于 | 0.01 | 0.001 |
| **注1：**Cu含量为100%减去表中杂质元素实测总和的余量（不含C、N、H、O）。**注2：**需方如有特殊要求时，由供需双方商定，并在订货单（或合同）中注明。 |

3.2.3 晶粒度

在靶材溅射过程中，环件也有部分会参与到溅射中，因此环件晶粒尺寸对靶材溅射薄膜的制备和性能存在一定的影响。多项实验研究表明，随着环件晶粒尺寸的增加，薄膜的均匀性变差。当晶粒尺寸大小变化在合适的范围内时，参与到部分溅射的环件使用时等离子体阻抗较低，薄膜的沉积速率高，并且均匀性较好。因此，为了提高环件的使用性能，其晶粒尺寸必须严格控制。结合调研资料，本标准对环件晶粒尺寸提出了明确要求。因环件为铜靶配套使用，因此晶粒度应符合YS/T 819的规定，若需方有特殊要求，经双方确认后，方可生产。

3.2.4 焊接质量

根据安装使用要求，部分高纯铜环需要再环体上焊接凸台。凸台的焊接质量直接影响到环件安装的稳定性，若焊接质量差，会导致环件安装不稳定，在较高温度的机台腔体中产生变形，环件功能失效，对生产造成重大损失，因此本标准对环件焊接质量提出了明确要求

结合环件实际加工与用户反馈信息，对焊接质量提出如下要求：焊接处无气孔、孔洞、缝隙等缺陷。

3.2.5外形尺寸及允许偏差

环件的尺寸及偏差应符合厂商的溅射机台，否则环件不能安装。本标准中环件尺寸偏差参照客户所提供图纸，并有国内先进设备保证加工精度，对尺寸偏差进行加严控制。当客户有新的要求时，双方须进行协商确认后，方可生产，环件几何尺寸测量需选取合适工具。

3.2.6 表面粗糙度

环件最重要的功能之一是能及时有效地承接并吸附靶材溅射时边缘掉落的较大铜颗粒，避免落在衬底上影响铜金属层布线质量。环件表面合适的粗糙度会有更好的黏附性能。本标准文件要求产品表面粗糙度应符合图纸要求，图纸无要求时Ra值应不大于0.8μm。

3.2.7 外观质量

本标准文件要求产品表面应清洁光滑，无指痕、油污和锈蚀，无颗粒附加物和其他沾污，无凹坑、划伤、裂纹、凸起等缺陷。

3.2.8 检验规则与试验方法

根据实际检测需要和客户要求，协商后进行检验。

3.2.9 包装、运输、储存要求

确保产品不在包装、运输、储存过程中有二次污染，可靠运输，与用户协商确定。

**四、标准水平分析**

目前国内外没有针对电子薄膜用高纯铜环相关的标准文件，本标准首次提出电子薄膜用高纯铜环技术指标及测试方法，填补了国内和国际对高纯铜环的标准空白。综上所述，本标准的总体标准水平达到了国际水平。

**五、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**

与有关的现行法律、法规和强制性国家标准没有冲突。

**六、重大分歧意见的处理经过和依据**

本标准属于电子薄膜用高纯铜环领域专业基础产品标准，编制组根据起草前确定的编制原则进行了标准起草，标准起草过程中未发生重大分析意见。

**七、标准中涉及到的专利**

无。

**八、标准作为强制性标准或推荐性标准的建议**

本标准为电子薄膜用高纯铜环基础标准，本标准中的内容全面覆盖了电子薄膜用高纯铜环的一般性通用要求，但由于具体应用不同，对质量控制重点要求也不尽相同，对各项指标的要求程度也不相同，在订货过程中，供需双方还要对特殊要求进行进一步的明确。因此，建议本标准作为推荐性行业标准发布实施。

**九、贯彻标准的要求和措施建议**

本标准属于电子薄膜用高纯铜环的基础标准，全面覆盖了电子薄膜用高纯铜环的一般要求，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。如果需方对电子薄膜用高纯铜环有特殊要求时，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、废止现行有关标准的建议**

无。

**十一、其他予以说明的事项**

无

《电子薄膜用高纯铜环件》标准起草小组

 2021年11月