**《半导体制备装置用超高纯净不锈钢管》**

**团体标准编制说明**

**一、任务来源**

贯彻落实中共中央、国务院印发的《国家标准化发展纲要》中大力发展团体标准的有关要求，制定满足市场和创新需要的团体标准，落实国家关于钢铁行业高质量发展的政策导向，满足生产企业和下游用户对半导体制备装置用超高纯净不锈钢管产品标准的实际需求，提出《半导体制备装置用超高纯净不锈钢管》团体标准制定项目。

本标准由中关村不锈及特种合金新材料产业技术创新联盟提出并归口。由浙江久立特材科技股份有限公司、冶金工业规划研究院等起草，并共同参与前期研究、调研和标准的编制、修改、技术数据验证以及标准推广等工作。

**二、制定本标准的目的和意义**

随着人工智能的爆发，全球半导体市场也迎来了大复苏，也间接带动半导体设备用特种不锈钢需求的高增长。具相关机构预测，到2030年，全球半导体制备装备用特种不锈钢需求量将持续增长。

在半导体制造过程中，确保杂质的精准控制是至关重要的一环。杂质的存在会对半导体的电导率产生负面影响，从而导致半导体性能的下降或破坏。在半导体制造过程中，控制金属杂质含量是一项至关重要的任务，因为这些杂质可以通过扩散或电迁移的方式在芯片中快速扩散，从而成为最主要的来源之一。半导体设备用不锈钢主要分为7大类：304、316L、UNS S35000、Alloy 625、C22、C276、Alloy242。由于用于半导体制造设施中先进化学分配系统的组件需要在关键工艺化学品中实现最佳的耐腐蚀性和抗污染能力，因此需要超高纯度（UHP）等级的316L不锈钢来作为用于制造与半导体生产流程中气体、液体直接接触的部件，包括管阀件、超高纯产品、气体控制组件、IGS等的原料，以满足半导体行业的洁净标准。因此亟需制定《半导体制备装置用超高纯净不锈钢管》相关标准来指导半导体制备装置用超高纯净不锈钢管的生产和下游用户的采购和使用。

**三、标准编制过程**

浙江久立特材科技股份有限公司、冶金工业规划研究院等单位共同承担了《半导体制备装置用超高纯净不锈钢管》团体标准的编制工作，共同组建了该团体标准起草小组，明确各自的责任和分工，并开展工作。在《半导体制备装置用超高纯净不锈钢管》标准制定过程中，起草小组认真查阅有关资料、收集相关数据信息，结合国内外生产情况，以及产品下游用户提出的性能要求，以及相关产品标准等，进行本团体标准的编制工作。

主要编制过程如下：

2025年5月，中关村不锈及特种合金新材料产业技术创新联盟团体标准化工作委员会（以下简称团标委）秘书处给各位委员发出团体标准立项函审单。到立项函审截止日期，没有委员提出不同意见；

2025年6月，团标委正式下达《半导体制备装置用超高纯净不锈钢管》团体标准立项计划。由浙江久立特材科技股份有限公司、冶金工业规划研究院相关人员组成了标准起草组，提出了标准编制计划和任务分工，并开始标准编制工作；

2025年8月：进行了起草标准的调研、问题分析和相关资料收集等准备工作，完成了标准制定提纲、标准草案；

2025年9月：召开标准启动会，围绕标准草案进行讨论，并按照与会意见和建议作进一步修改，形成征求意见稿，发出征求意见；

2025年10月：计划完成征求意见处理、形成标准送审稿；

2025年10月：计划完成该标准审定会和标准报批稿，上报中关村不锈及特种合金新材料产业技术创新联盟审批；

2025年11月：计划完成该标准发布、实施。

**四、标准编制原则**

本标准的制定一是坚持先进性与实用性相结合、统一性与灵活性相结合、可靠性与经济性相结合的原则，尽可能使标准满足多目标要求；二是充分考虑半导体制备装置用超高纯净不锈钢管的使用需求，在充分调研交流基础上开展标准编制工作，尽可能使该标准符合实际现状和满足未来发展要求；三是技术创新的原则。在与国家标准体系协调一致的基础上，在标准结构、内容及主要技术指标等方面进行技术创新，在标准中充分体现新产品的技术特点。

**五、主要技术内容**

由于目前国内针对半导体用316L不锈钢没有专用标准，但产品已实现了国产化替代，因此本标准在国外相关标准的基础上结合国内目前生产情况，对相关指标进行规定，以用于规范和推广半导体级316L不锈钢的生产和应用。

（一）标准编写格式

本文件按照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。

本文件规定了半导体制备装置用超高纯净不锈钢管的分类及代号、订货内容、制造工艺、技术要求、试验方法、检验规则、包装、标志和质量说明书。

（二）关于适用范围

本文件适用于半导体制备装置用超高纯净不锈钢无缝钢管（以下简称钢管），主要通途为输送氮气、氢气、氩气等特种气体，以及硅烷、磷烷等高纯电子特气。管道必须确保气体在输送过程中不被金属离子或颗粒物污染。以及输送蚀刻液、显影液、清洗液等高纯度化学试剂，主要作用为保障化学品的活性与纯度。

（三）分类及代号

钢管按交货状态分类和代号如下：

1. 冷加工/硬状态 +C；
2. 冷加工/软状态 +LC；
3. 消除应力退火状态 +SR；
4. 退火状态 +A；
5. 正火状态 +N。

（三）关于订货内容

按本文件订货的合同或订单应包括下列内容：本文件编号、产品名称、钢的牌号或同一数字代号、尺寸规格、订购的数量（总重量或总长度或支数）、交货状态、特殊要求。

（五）关于制造工艺

1. 钢的冶炼方法

钢应采用真空电弧重熔（VAR）或真空感应熔炼和真空电弧重熔（VIM-VAR）或真空感应熔炼和两次真空电弧重熔（VIM-VAR-VAR）方法冶炼。经供需双方协商，并在合同中注明，可采用其他更高要求的方法冶炼。

2.钢管的加工方法

钢管应采用冷轧（拔）无缝方法制造。需方指定某一种制造方法时，应在合同中注明。

3.交货状态

钢管应以表1所列其中一种状态交货。

1. 钢管的交货状态

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 交货状态 | 代号 | 说明 |
| 1 | 冷加工／硬 | +C | 最终冷加工之后钢管不进行热处理 |
| 2 | 冷加工／软 | +LC | 最终热处理之后进行适当的冷加工 |
| 3 | 冷加工后消除应力退火 | +SR | 最终冷加工后，钢管在控制气氛中进行去应力退火 |
| 4 | 退火 | +A | 最终冷加工之后，钢管在控制气氛中进行完全退火 |
| 5 | 正火 | +N | 最终冷加工之后，钢管在控制气氛中进行正火 |

（六）技术要求

1.牌号和化学成分

（1）钢的牌号和化学成分（熔炼分析）应符合表2的规定。根据需方要求，经供需双方协商，并在合同中注明，可供应表2以外牌号或化学成分的钢管。

（2）需方要求进行成品分析时，应在合同中注明。成品钢管的化学成分允许偏差应符合GB/T 222的规定。

（3）根据需方要求，经供需双方协商，并在合同中注明，供方可分析并报告钢中气体元素氢、氧的含量。

本文件中牌号、统一数字代码随与国标保持一致，但在化学成分上参考了国际半导体产业协会标准SEMI F20-0706E (Reapproved 0611)-2011《通用、高纯度和超高纯度半导体制造应用中使用的316L不锈钢棒材、锻件、挤压型材、板材和管材规范》。并在其基础上对指标进行了进一步设计。本文件化学成分与通用标准、国际半导体产业协会标准比对如下表所示。

1. 牌号（熔炼分析）和化学成分

|  |  |
| --- | --- |
| 序号 | 化学成分（质量百分比）% |
| C | Si | Mn | S | Cr | Ni | Mo | Cu | Al | Ti |
| 1 | 0.010~0.020 | 0.10~0.30 | 0.30~1.00 | 0.005~0.010 | 16.00~17.00 | 11.00~14.00 | 2.00~3.00 | ≤0.30 | ≤0.01 | ≤0.02 |
| 2 | 0.005~0.015 | 0.10~0.30 | 0.10~0.50 | 0.002~0.005 | 16.00~17.00 | 12.00~15.00 | 2.00~3.00 | ≤0.30 | ≤0.01 | ≤0.02 |
| 3 | 0.005~0.010 | 0.10~0.30 | 0.035~0.10 | 0.001~0.005 | 16.00~17.00 | 14.00~15.00 | 2.00~3.00 | ≤0.30 | ≤0.01 | ≤0.02 |
| SEMI | ≤0.030 | / | ≤1.5 | ≤0.010 | / | / | / | ≤0.30 | ≤0.01 | ≤0.02 |
| ASTM |  | ≤1.00 |  |  | 16.00~18.00 | 10.00~15.00 | 2.00~3.00 |  |  |  |

其中，SEMI标准对于C、Mn、S、Cu、Al、Ti的化学成分进行了规定，其余元素化学成分需满足普通316L的要求即可。与SEMI标准相比，本文件中对C、Mn、S三个元素进一步细分和收窄，根部不同的冶炼方法将C含量控制在0.020%~0.005%，Mn含量控制在0.035%~1.00%，S含量控制在0.010%~0.001%。对于Cu、Al、Ti三个元素则于SEMI标准保持一致。而对于其余化学成分，本文件则按照SEMI中引用的ASTM A269的基本指标进行了微调，如Si含量控制在0.10%~0.30%，远严格与国家标准以保证产品的纯净度。

2.力学性能

钢管交货状态下室温拉伸性能和热处理温度应符合表3的规定。

1. 钢管室温拉伸性能和热处理温度

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 冶炼方法 | 室温 | 热处理温度（T）℃ | 冷却方式 |
| 抗拉强度（Rm）MPa | 规定塑性延伸强度（Rp0.2）MPa | 断后伸长率（A）% |
| 不小于 |
| 1 | VAR | 485 | 170 | 35 | 1020 | 水冷 |
| 2 | VIM-VAR | 485 | 170 | 35 | 1020 |
| 3 | VIM–VAR-VAR | 520 | 205 | 35 | 1040 |
| ASTM | / | 485 | 170 | 35 | 1040 | 水冷 |

由于SEMI标准中没有针对材料力学性能做出额外要求，而是满足普通316L的力学要求即可，因此本文件中力学性能参考了ASTM A312中的要求，并基本保持一致。

3.液压

与国标相比，本标准的液压最大试验压力增大为50N。

4.工艺性能

（1）压扁试验

与国标相比，本标准的单位长度变形系数为0.13。

（2）扩口

本标准扩口试验要求与国标保持一致。

（3）气密性

本标准增加对钢管的气密性要求，根据需方要求，经供需双方协商，并在合同中注明，钢管可进行气密性试验，气密性试验推荐压力值为0.1MPa～1.0MPa。

（4）晶间腐蚀

本标准晶间腐蚀要求与国标保持一致。

（5）低倍组织

本标准增加对于管坯的低倍组织要求，管坯（棒材）的横截面按GB/T 226进行酸浸检验，按GB/T 1979进行评级，低倍试片上不允许有目视可见的缩孔、气泡、裂纹、翻皮、夹杂、夹渣、白点、分层等，一般疏松、中心疏松、偏析应符合表4的规定。经供需双方协商，并在合同中注明，允许按照GB/T 4162的规定采用超声波探伤法或其它无损探伤法代替低倍检验。

1. 低倍组织合格级别

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 一般疏松 | 中心疏松 | 偏析 |
| ≤1.0 | ≤1.0 | ≤1.0 |

（6）晶粒度

钢管的平均晶粒度应为5级或更细。

（7）非金属夹杂物

管坯（棒材）应按 GB/T 10561的A法进行非金属夹杂物检测，其合格级别应符合表5的规定。

1. 非金属夹杂物要求

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 夹杂物类型 | A类（级） | B类（级） | C类（级） | D类（级） | A+B+C+D | DS类（级） |
| 细系 | 粗系 | 细系 | 粗系 | 细系 | 粗系 | 细系 | 粗系 | 细系 | 粗系 |
| 316L（VAR） | ≤1.0 | ≤1.0 | ≤1.0 | ≤1.0 | ≤1.0 | ≤1.0 | ≤1.0 | ≤1.0 | ≤4.0 | ≤4.0 | ≤1.0 |
| 316L（VIM+VAR） | <0.5 | <0.5 | ≤1.0 | <0.5 | <0.5 | <0.5 | ≤1.0 | ≤1.0 | ≤2.0 | ≤1.0 | ≤0.5 |
| 316L（VIM+VAR+VAR） | <0.5 | <0.5 | <0.5 | <0.5 | <0.5 | <0.5 | ≤0.5 | <0.5 | ≤0.5 | <0.5 | <0.5 |
| SEMI | 1.5 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | / | / | / |

本文件中非金属夹杂物参考了SEMI标准中UHP（超高纯净）等级对非金属夹杂物的要求，并针对不同冶炼方法的钢规定了更加严格指标，包括A+B+C+D综合以及DS类的要求。

（8）无损检测

无损检测要求与国标保持一致。

（9）表面质量

钢管外表面以抛光态交货。交货时表面应洁净，不应有油污、灰尘和碎屑等异物，不应有残留的酸液或碱液等腐蚀性介质。钢管内外表面不得有裂纹、折叠、轧折、离层、结疤等缺陷存在。这些缺陷应完全清除，清除深度应不超过壁厚的10%，缺陷清除处的实际壁厚应不小于壁厚所允许的最小值。缺陷清除处不准许焊补，且应圆滑过渡。钢管外表面粗糙度Ra不超过0.8μm；若内表面有粗糙度特殊要求的，应在合同中注明。

5.尺寸、外形、重量

（1）尺寸及允许偏差

钢管通常按公称外径（*D*）和公称壁厚（*S*）交货。根据需方要求，经供需双方协商，钢管也可按公称外径和公称内径（*d*）或公称内径和公称壁厚交货。钢管的公称外径和公称壁厚的允许偏差应符合表6和表7的规定。根据需方要求，经供需双方协商，并在合同中注明，可供表6和表7规定以外尺寸允许偏差的钢管。

1. 公称外径的允许偏差 单位为毫米

|  |  |
| --- | --- |
| 公称外径（*D*） | 允许偏差 |
| 6.35 | ±0.05 |
| 9.525 | ±0.05 |
| 12.70 | ±0.05 |
| 19.05 | ±0.05 |
| 25.4 | ±0.05 |

1. 公称壁厚的允许偏差 单位为毫米

|  |  |
| --- | --- |
| 公称壁厚（*S*） | 允许偏差 |
| 0.89 | ±0.05 |
| 1.24 | ±0.05 |
| 1.65 | ±0.05 |
| 2.0 | ±0.05 |

（2）长度

钢管的通常长度范围为3000 mm~8000 mm。经供需双方协商，并在合同中注明，可交付长度短于3000 mm但不短于500 mm的钢管。

（3）定尺、倍尺长度

根据需方要求，经供需双方协商，并在合同中注明，钢管可按定尺或倍尺长度交货。定尺长度和倍尺总长度在通常长度范围内，定尺全长（L）允许偏差应为$L\_{0}^{+10}$ mm；每个倍尺长度留出切口余量5 mm~10 mm。

（4）弯曲度

钢管局部弯曲度应不大于1.5 mm/m，全长弯曲度应不大于总长的0.12%。其它特殊弯曲度要求应在合同中注明。根据需方要求，经供需双方协商，并在合同中注明，钢管的每米弯曲度和全长弯曲度可采用其它规定。

（5）端头外形

钢管两端应垂直平切，并应清除切口毛刺。根据需方要求，经供需双方协商，钢管两端可加工坡口，坡口型式由供需双方协商确定。

（6）不圆度和壁厚不均

根据需方要求，经供需双方协商，钢管的不圆度和壁厚不均应分别不超过外径公差和壁厚公差的80%。

（7）重量

与国标计算方法保持一致。

6.试验方法

钢的化学成分一般按GB/T 223（所有部分）、GB/T 11170、GB/T 11261、GB/T 20123、GB/T 20124、YB/T 4395、YB/T 4396或通用的化学分析方法进行，仲裁时由供需双方协商确定。钢管的检验项目、取样方法及试验方法应符合表8的规定。

1. 检验项目、取样数量、取样方法及试验方法

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 检验项目 | 取样数量 | 取样部位及方法 | 试验方法 |
| 1 | 化学成分 | 每炉取1个试样 | GB/T 20066 | 8.1 |
| 2 | 拉伸 | 每批在两根钢管上各取1个试样 | GB/T 2975 | GB/T 228.1 |
| 3 | 液压 | 逐根 | — | GB/T 241 |
| 4 | 超声 | 逐根 | — | GB/T 5777 |
| 5 | 涡流 | 逐根 | — | GB/T 7735 |
| 6 | 压扁 | 每批在两根钢管上各取1个试样 | GB/T 246 | GB/T 246 |
| 7 | 扩口 | 每批在两根钢管上各取1个试样 | GB/T 242 | GB/T 242 |
| 8 | 气密性 | 逐根 | — | 7.5 |
| 9 | 晶间腐蚀 | 每批在两根钢管上各取1个试样 | GB/T 4334-2020中方法E | GB/T 4334-2020中方法E |
| 10 | 低倍组织 | 每炉取2个试样 | 在相当于合金锭端部的棒材上截取片样 | GB/T 226、GB/T 1979 |
| 11 | 晶粒度 | 每批在两根钢管上各取1个试样 | GB/T 6394 | GB/T 6394 |
| 12 | 非金属夹杂物 | 每批在两根钢管上各取1个试样 | GB/T 10561-2023 | GB/T 10561-2023 |
| 13 | 表面质量 | 逐根 | — | 目视 |
| 14 | 尺寸、外形 | 逐支 | — | 目视 |

7.检验规则

（1）检查和验收

钢管的检查和验收由供方质量检验部门进行。

（2）组批规则

钢管应按批进行检查和验收。每批应由同一牌号、同一炉号、同一规格和同一热处理制度（炉次）的钢管组成，采用电渣重熔冶炼的钢管，在工艺稳定且能保证本标准各项要求的条件下，允许以自耗电极的熔炼母炉号组批交货。每批钢管支数不得超过200支，其总长度不超过2000米。

1. 取样数量

管坯的取样数量应符合表8的规定。

（4）复验和判定规则

钢管的复验与判定规则应符合GB/T 2102的规定。

（5）重新热处理

如果一批钢管由于一项或几项力学性能、工艺性能不合格时，则该批钢管可进行重新热处理。重新热处理后应重新进行除化学成分和非金属夹杂物检验外的所有检验和试验。重新热处理应在质量证明文件中注明。重新热处理只允许进行一次。

（6）数值修约

数值判定采用修约值比较法，数值修约按GB/T 8170规定执行。

8.包装、标志和质量说明书

钢管的包装、标志和质量证明书应符合GB/T 2102的规定。

**六、与国内其它法律、法规的关系**

制定本标准时依据并引用了国内有关现行有效的标准，也不违背国内其它行业标准、法律、法规及强制性标准的有关规定。

**七、标准属性**

本标准属于中关村不锈及特种合金新材料产业技术创新联盟团体标准。

**八、 标准水平及预期效果**

该标准的制定能有效规范半导体制备装置用超高纯净不锈钢管的生产、销售和使用，对半导体制备装置用超高纯净不锈钢管的有序发展具有重要意义。同时该标准对该产品的技术创新具有较高的指导意义，有利于促进产品质量提升与推广应用，体现团体标准的引领作用。

**九、 贯彻要求及建议**

本标准归口单位为中关村不锈及特种合金新材料产业技术创新联盟，经过审定报批后，由中关村不锈及特种合金新材料产业技术创新联盟发布。建议在半导体制备装置用超高纯净不锈钢管的生产、贸易和使用等相关单位进行宣贯执行。