《半导体用超高纯氮气制备系统技术规范》

（征求意见稿）

编制说明

一、工作简况

（一）任务来源

本项目根据中国欧洲经济技术合作协会2026年团体标准制定计划，项目名称为《半导体用超高纯氮气制备系统技术规范》的任务而进行制订。

（二）起草单位及主要起草人

本文件起草单位：。

本文件主要起草人：。

（三）标准制定目的和意义

从产业角度分析，制定《半导体用超高纯氮气制备系统技术规范》团体标准的目的和意义主要体现在以下几个方面：

1.目的

半导体制造对氮气纯度的要求已推进至痕量杂质控制层面，任何微小的纯度波动都可能直接映射为晶圆良率的损失。然而，超高纯氮气制备涉及深冷精馏、吸附纯化、催化脱氧、膜分离等多条技术路线的组合，不同路线在杂质脱除深度、启动特性、负荷适应性和长周期稳定性上差异显著，行业长期缺乏面向“制备系统”整体而非单一设备或产品气指标的协同技术要求。制定本技术规范的目的，在于将分散的工程经验收敛为可验证、可复现的系统级要求：从原料气预处理、纯化单元级联配置、在线监测点位布设，到故障切换与纯度保持能力，形成覆盖制备全链条的技术基准，使系统在变负荷、启停和长周期运行中均能稳定输出满足先进制程要求的氮气，为半导体制造的气体供应安全提供可依据的技术尺度。

2. 意义

超高纯氮气是电子大宗气体中用量占比最高、供应连续性要求最严格的品种之一，其制备系统的自主可控程度直接关系到半导体产业链的韧性与安全。长期以来，具备系统级超高纯制备能力的主体高度集中，国内装备虽在核心纯化单元上取得突破，但系统集成规范、验证方法和长周期可靠性评价体系的缺位，制约了自主技术从“点状突破”走向“链状可信”。本技术规范的意义在于填补“产品气标准”与

“装备性能声明”之间的系统性空白：一方面，为制备系统的设计选型、出厂验证和现场验收提供共同技术语言，降低供需双方因评价尺度不一而产生的隐性成本；另一方面，通过确立可追溯的系统性能验证框架，增强国产制备系统进入高可靠性应用场景的信任基础，推动行业从被动符合产品指标转向主动构建系统级的纯度保障能力。

综上，制定本技术规范对于促进半导体用超高纯氮气制备环节的节能降碳与能效升级、推动系统级纯度保障与全生命周期管理方法的规范化、支撑半导体产业链关键气体供应的安全稳定以及增强国产制备系统在高可靠性场景中的可信竞争力等方面都具有重要意义。

（四）主要工作过程

1.前期准备工作

项目立项前，标准编制小组查阅、研读相关国内外文献，广泛搜集相关的材料。同时，标准编制小组安排相关人员，多次与相关行业人员进行调研、交流，广泛征求标准制定方面的意见和建议。

2026 年 10 月 14 日本团体标准由中国欧洲经济技术合作协会正式立项，立项名称为：《半导体用超高纯氮气制备系统技术规范》。

2.标准起草过程

2026 年 10 月，团体标准立项通知公示后，标准编制小组首先组织了标准制定工作会议，各编写人员根据工作计划分工和编写要求开展了相关工作。在标准起草期间，编制小组主编单位及参编单位组织了数次内部研讨会和专家咨询会，经过多次修改，于 2026 年 11 月中完成了标准初稿及编制说明的撰写工作。

二、标准编制原则和依据

（一）编制原则

标准起草小组在编制标准过程中，以国家、行业现有的标准为制订基础，结合我国目前的行业现状，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》的规定及相关要求编制。

（二）标准主要内容与确定依据

1.标准主要内容

1.1 范围

本文件规定了半导体用超高纯氮气制备系统的系统总体要求、原料气预处理、制备与纯化、产品质量要求、输送与终端净化、控制与在线监测、安全与环保、安装与验收以及运维与质量管理。

1.2 规范性引用文件

GB/T 150（所有部分） 压力容器

GB/T 3723　工业用化学产品采样安全通则

GB/T 5274（所有部分）　气体分析　校准用混合气体的制备

GB/T 5832.1　气体分析　微量水分的测定　第 1 部分：电解法

GB/T 5832.2　气体分析　微量水分的测定　第 2 部分：露点法

GB/T 5832.3　气体分析　微量水分的测定　第 3 部分：光腔衰荡光谱法

GB/T 6285　气体中微量氧的测定　电化学法

GB/T 8170　数值修约规则与极限数值的表示和判定

GB/T 8979　纯氮、高纯氮和超纯氮

GB/T 8984　气体分析　气体中微量一氧化碳、二氧化碳和碳氢化合物含量的测定　火焰离子化气相色谱法

GB 16912　深度冷冻法生产氧气及相关气体安全技术规程

GB/T 19001　质量管理体系要求

GB/T 19903　气体分析　词汇

GB/T 43306　气体分析　采样导则

GB 50029　压缩空气站设计规范

GB 50030　氧气站设计规范

GB 50058　爆炸危险环境电力装置设计规范

GB 50236　现场设备、工业管道焊接工程施工规范

GB 50316　工业金属管道设计规范

GB 50646　特种气体系统工程技术标准

GB 50724　大宗气体纯化及输送系统工程技术规范

TSG 21— 固定式压力容器安全技术监察规程（Supervision Regulation on Safety Technology for Stationary Pressure Vessel）

ISO 8573-1— 压缩空气 第 1 部分：污染物纯净度等级（Compressed air — Part 1: Contaminants and purity classes）

ISO 14644-1— 洁净室及相关受控环境 第 1 部分：按粒子浓度划分空气洁净度等级（Cleanrooms and associated controlled environments — Part 1: Classification of air cleanliness by particle concentration）

1.3 术语和定义

界定半导体用超高纯氮气、制备系统、变压吸附、催化脱氧、用气点终端净化和氮气回收率等术语。

1.4 总体要求

规定系统由原料空气压缩与预处理、氮气分离、纯化、输送分配、终端净化、在线监测控制及辅助安全设施构成，并明确连续运行、冗余备用、合规设计、能耗与回收率、

扩容接口及验证要求。

1.5 原料气预处理

要求采用无油空压机及气液分离、干燥、精密过滤和活性炭吸附等预处理链，控制含油量、压降和压缩空气质量，并规定验证方法。

1.6 制备与纯化

规定可选变压吸附+催化纯化、深冷精馏+精制或膜分离+纯化工艺，并对氮气分离单元、纯化单元、催化剂与吸附剂寿命、失效预警及验证提出要求。

1.7 产品质量要求

将产品氮气分为 UN5.5 级和 UN6.0 级，规定纯度、氧、氢、一氧化碳、二氧化碳、甲烷、总烃、水分露点、氩及颗粒物指标、稳定性和试验方法。

1.8 输送与终端净化

要求产品气接触材料采用 SS316L 及以上不锈钢、BA 或 EP 内壁、自动轨道氩弧焊和适用阀型，并规定氦质谱检漏、终末过滤、POU 净化、缓冲罐、不合格气放空联锁及验证方法。

1.9 控制与在线监测

要求在主站出口和关键用气支路连续在线监测纯度、杂质和颗粒物，定期校准仪表，并具备自动控制联锁、冗余供电、远程通信、数据追溯和预测性维护功能及验证方法。

1.10 安全与环保

规定缺氧与富氧报警、防爆接地、压力设备合规、富氧解吸气与污氮安全排放、废催化剂和废吸附剂处置、人员防护及验证方法。

1.11 安装与验收

规定洁净环境下管路预制焊接、自动轨道氩弧焊与高纯氩背保护、吹扫与保压试验、氦质谱检漏、联动调试 72 h 及验收检验和整改要求。

1.12 运维与质量管理

要求建立覆盖全过程并符合 GB/T 19001 的质量管理体系，明确质保与 7×24 h 响应、日常维护校准和台账、变更管理及人员培训要求。

2.确定标准主要内容的依据

本标准的主要内容依据 GB/T 1.1《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的要求，主要内容的构建依据在于超高纯氮气制备的系统性特征：纯度不是某一单元或某一时刻的孤立结果，而是原料条件、纯化链配置、控制策略与运行状态共同作用的连续输出。规范内容以“杂质在系统内的迁移与脱除路径”为组织线索，将制备系统分解为预处理、主体纯化、深度精制和终端保障等相互衔接的功能环节，针对氧、水分、一氧化碳、二氧化碳、总烃及颗粒物等关键杂质在不同环节的脱除机理与负

荷分配提出技术要求，而非孤立规定某一设备的出口指标。同时，依据系统在启动、变负荷、切换和再生等非稳态工况下的行为特征，设置纯度保持与恢复能力的验证要求，使技术内容与半导体制造对“不间断稳定供应”的实际需求相衔接。检测与评价方法的选择亦以能够反映系统整体性能为准则，兼顾在线监测与离线确认的互补关系，避免以局部数据替代系统结论。

三、主要试验情况分析、技术经济论证、预期经济效果

（一）主要试验情况分析

验证工作围绕制备系统在不同技术路线和运行边界下的行为展开，重点考察的不是某一单元在理想条件下的峰值表现，而是系统在真实操作节奏中的纯度轨迹。试验设计覆盖启动至稳态的过渡过程、负荷调整时的杂质穿透行为、纯化单元切换或再生期间的纯度保持能力，以及长时间连续运行中关键杂质浓度的漂移趋势。针对深冷、吸附及组合纯化等不同路线，比较其在相同进气条件和输出要求下的响应差异，识别影响系统稳定性的共性环节与路线特有薄弱点。试验结果被用于检验规范中技术要求的可达到性与验证方法的可操作性，并据此对非稳态工况的考核方式和在线监测的有效性进行校准，使规范内容建立在可观测、可重复的系统行为之上，而非对单一装备的理想化假定。

（二）技术经济论证

技术经济论证的焦点不在于某一装备的采购价格高低，而在于制备系统的全生命周期成本结构与纯度保障能力之间的匹配关系。现场制备模式在中等及以上用气规模下，避免了持续的外购液氮物流成本与供应中断风险，但前期系统集成的合理性直接决定了运行能耗和纯化材料更换频次，进而影响长期经济性。规范通过统一系统性能的评价维度和验证条件，使不同技术方案能够在“纯度稳定性—能耗—维护负担”的同一坐标系中进行比较，减少因信息不对称导致的低效选型或过度裕量设计。从产业层面看，系统级技术要求的明确有助于形成可预期的质量门槛，引导资源投向纯化效率与运行可靠性并重的技术方向，抑制以牺牲长周期稳定性换取短期指标达成的倾向，从而在整体上降低半导体制造因气体纯度波动而产生的隐性良率成本。

（三）预期经济效果

预期经济效果首先体现为纯度保障能力提升对制造良率的正向传导。超高纯氮气贯穿外延、光刻、离子注入与封装等环节，系统级纯度稳定性的改善可直接减少因痕量杂质引入而导致的批次性缺陷，其经济价值远超出气体本身的采购成本。其次，规范引导的能效与运行优化将降低制备系统在半导体制造能源结构中的负荷占比，纯化链的合理级联与再生策略的优化可在不牺牲纯度前提下削减无效能耗，而现场制备对物流环节的替代亦减少了供应链层面的间接排放。从更长期的视角看，系统级技术规范的建立有助于形成国产制备装备的可信验证通道，缩短从技术突破到规模化应用之间的

验证周期，使自主装备在降低供应链风险的同时获得合理的市场回报，形成“可靠性提升—应用扩展—持续改进”的良性循环。

四、与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系

本标准的制定过程、检测技术的选定、安全控制的确定、数据处理与报告的设置等符合现行法律、法规和强制性国家标准的规定。

五、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

六、废止现行有关标准的建议

本标准不涉及对现行标准的废止。

七、知识产权情况说明

本文件不涉及必要专利等知识产权情况。

八、标准作为强制性或推荐性标准的建议

建议该标准作为推荐性团体标准。

九、贯彻标准的要求和措施建议，包括（组织措施、技术措施、过渡办法）

本标准首次制定，没有特殊要求。

十、其他应予说明的事项

无。

《半导体用超高纯氮气制备系统技术规范》团体标准编制组

2026 年 11 月