《半导体用超高纯氮气制备系统性能评价方法》

（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性能评价方法》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性能评价方法》团体标准的目的和意义主要体现在以下几个方面：

1.目的

半导体用超高纯氮气制备系统的性能并非单一纯度指标所能概括，它同时包含杂质脱除深度、变工况下的纯度保持能力、长周期运行的衰减特性以及能效与维护负担等多重维度。然而，行业现有评价实践往往将目光集中于某一时刻的出口纯度或某一单元的峰值表现，不同技术路线之间缺乏可横向比较的共同尺度，导致供需双方在系统选型、验收和运行优化中难以形成一致的技术判断。制定本评价方法的目的，在于建立一套面向制备系统整体而非局部环节的性能衡量框架，明确评价维度的选取逻辑、指标的组织方式以及验证条件的一致性要求，使不同纯化路线和集成方案能够在同一坐标系中被观察和比较。其核心指向不是设置一道静态的合格门槛，而是提供一种可操作、可复现的评价语言，引导性能关注点从瞬时指标转向系统在真实运行节奏中的综合表现。

2. 意义

评价方法的缺位，使得超高纯氮气制备系统的技术讨论长期停留在定性描述或局部数据层面，难以支撑装备选型的理性决策和运行水平的持续改进。在半导体制造对气体供应稳定性要求日益严苛的背景下，缺乏系统级评价尺度所带来的隐性成本，往往通过纯度波动引发的良率损失或过度裕量造成的能效浪费间接显现。本评

价方法的意义在于将“性能”从一个模糊的工程直觉转化为结构化的判断依据：一方面，为制备系统的设计验证、出厂确认和运行评估提供共同的技术参照，减少因评价口径不一而产生的沟通成本与信任摩擦；另一方面，通过将能效、稳定性与纯度保持能力纳入统一的评价视野，抑制以牺牲长周期可靠性换取短期指标表现的倾向，推动行业形成以系统综合性能为导向的技术进步路径，为制备系统从“能产出合格气体”走向“可持续地稳定供应”提供衡量基准。

综上，制定本评价方法对于促进半导体用超高纯氮气制备环节的能效优化与绿色低碳运行、推动系统性能管理从经验判断走向结构化评价与持续改进、支撑关键气体供应体系的安全稳定与质量可信，以及增强制备系统在长周期运行中的综合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性能评价方法》。

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

本文件确立了半导体用超高纯氮气制备系统性能评价的总体要求，规定了评价指标体系、评价条件、评价方法、数据处理与结果判定以及评价报告。

1.2 规范性引用文件

GB/T 3723 工业用化学产品采样安全通则

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 8979 纯氮、高纯氮和超纯氮

GB/T 8984.1 气体中一氧化碳、二氧化碳和碳氢化合物的测定 第1部分：气体中一氧化碳、二氧化碳和甲烷的测定 气相色谱法

GB/T 8984.3 气体中一氧化碳、二氧化碳和碳氢化合物的测定 第3部分：气体中总烃的测定 火焰离子化法

GB/T 15445.4 粒度分析结果的表述 第4部分：分类过程 相关结果表述

GB/T 16944 电子工业用气体 氮

GB/T 32293 液压传动 液体自动颗粒计数器的校准

GB 50073 洁净厂房设计规范

EMI C3.61—Specification for Nitrogen (N_2) Used in the Manufacture of Semiconductor Products（半导体产品制造用氮气规范）

ISO 8573-1— 压缩空气 第 1 部分：杂质及质量等级（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）

ISO 21501-1— 粒度分布的测定 单粒子光相互作用方法 第 1 部分：光散射气溶胶光谱仪（Determination of particle size distribution — Single particle light interaction methods — Part 1: Light scattering aerosol spectrometer）

1.3 术语和定义

界定超高纯氮气、制备系统、性能评价、使用点、纯度恢复时间和综合泄漏率、单位氮气综合能耗等术语。

1.4 总体要求

规定评价应遵循“定量可测、程序可溯、结果可判”原则，明确出厂/验收、运行/周期、分级/对标三类评价，以及评价环境条件、采样点和采样管线要求。

1.5 评价指标

构建气体质量、稳定性与供应能力、能耗与经济性、安全与可靠性四类指标体系，并按基准水平、先进水平、领先水平给出分级限值。

1.6 评价方法

规定氮气纯度及能耗、介质寿命、安全联锁和年可用率等指标的测量与计算方法。

1.7 数据处理与结果判定

规定测量次数、结果表达、修约规则、单项判定、按“就低原则”综合评级及关键指标扩展测量不确定度要求。

1.8 评价报告

规定评价报告应包含受评系统信息、评价目的与类别、依据标准、环境与工况、仪器清单、原始数据与不确定度、判定评级、异常说明及签章编号等内容。

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，评价方法的内容构建，依据在于制备系统性能的多因性与动态性：同一纯度水平可能由截然不同的纯化链组合实现，而同一系统在不同负荷和启停节奏下的表现也可能显著分化。因此，评价框架不以某一技术路线为默认基准，而是围绕“杂质在系统内的行为可观测性”与“运行状态的可持续性”两条线索组织内容。在前者，针对氧、水分、一氧化碳、二氧化碳、总烃和颗粒物等关键杂质，明确评价点位的信息代表性和时间覆盖要求，区分在线连续信息与离线确认信息在评价中的不同角色，避免以局部采样替代系统判断。在后者，将评价视野从稳态工况扩展至启动、变负荷、纯化单元切换与再生等非稳态过程，关注纯度恢复速度与保持能力所反映的系统韧性。评价指标的设置兼顾可比性与技术中立性，使不同路线能够在尊重其固有特性的前提下被纳入同一评价逻辑。

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

验证工作围绕评价方法本身的适用性与可操作性展开，重点检验所设置的维度与指标能否在不同技术路线和运行条件下产生有区分度的信息。试验覆盖深冷、吸附及组合纯化等典型制备路径，在稳态输出、负荷调整、启动过渡和单元切换等场景中同步采集纯度轨迹与能效响应，观察评价点位的时间代表性、指标之间的关联结构以及不同路线在各维度上的表现差异。关注的核心问题不是某一路线是否“优于”另一路线，而是评价框架能否如实反映各路线在其适用边界内的真实行为，以及评价结果是否对运行策略的变化具有足够的灵敏度。通过比较在线信息与离线确认结果之间的一致性，检验评价流程中信息组织方式的合理性，并据此对非稳态过程的评价时长、采样频次和指标聚合方式进行校准，使评价方法建立在可重复观察的系统行为之上。

（二）技术经济论证

评价方法的技术经济价值，不在于增加一道程序性负担，而在于降低因性能判断失准而产生的系统性成本。制备系统的经济性从来不是单纯的采购价格问题，而是纯度保障能力、运行能效与维护负担在长周期中的综合体现。缺乏统一的评价尺度时，选

型决策容易偏向可见的初始指标，而将纯度波动风险、非稳态响应迟滞和纯化材料过早失效等成本后置，最终由运行环节承担。本评价方法通过将稳定性、能效和可恢复性纳入与纯度并列的评价视野，使不同方案的真实成本轮廓能够在事前被更完整地识别，减少因信息不对称导致的低效投资或过度设计。从产业运行角度看，可比较的评价结果有助于形成关于“合理性能”的共识性预期，引导技术竞争从单一指标竞逐转向综合运行品质的改善，从而在整体上压缩因系统性能不确定而衍生的隐性良率成本与能效损失。

（三）预期经济效果

预期经济效果首先体现在评价导向对运行决策的优化作用。当稳定性与能效成为可观察、可比较的评价维度时，制备系统的运行策略将更倾向于在纯度保障与能源消耗之间寻求动态平衡，而非以过量裕量换取心理安全，由此带来的能效改善在连续运行场景中具有累积效应。其次，统一的评价语言缩短了装备从交付到可信验收之间的磨合周期，降低了因评价口径分歧而产生的重复验证成本与商务摩擦，使技术资源更多流向实质性的性能改进而非解释性工作。从更长期的视角看，评价方法所培育的系统综合性能意识，将推动制备系统在设计和运行阶段更早地纳入全生命周期考量，减少非计划停机与纯度事件对下游制造环节的冲击，使气体供应环节的经济贡献从“可见的采购节约”扩展到“隐性的良率保护与运行韧性”。

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性能评价方法》团体标准编制组

2026 年 11 月