

《半导体制造用快速热退火设备(RTP)安全与可靠性要求》

(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《半导体制造用快速热退火设备(RTP)安全与可靠性要求》项目计划号 T/CEATEC-2026-144 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：北京屹唐半导体科技股份有限公司，江苏先进全成科技有限公司，盛吉盛半导体科技（北京）有限公司，北京东之星应用物理研究所，广东晟鼎智能装备股份有限公司，寰鼎集成电路（上海）有限公司，中科同帜半导体（江苏）有限公司。

本文件主要起草人：桂远远、赵亮、姚智伟、冼健威、贺宁、朱汪龙、朱昊。

(三) 标准制定目的和意义

从产业角度分析，制定《半导体制造用快速热退火设备(RTP)安全与可靠性要求》团体标准的目的和意义主要体现在以下几个方面：

1. 目的

半导体制造用快速热退火设备（RTP）是集成电路晶圆制造、第三代半导体器件加工的核心专用工艺装备，依托毫秒-秒级快速升温降温、腔室精密热场调控、高纯工艺气氛控制、晶圆非接触式快速热处理等核心技术，承担着离子注入激活、薄膜退火、杂质扩散、应力调控、界面修复、合金化处理的关键职能，其安全管控水平与综合可靠性直接决定晶圆加工良率、芯片电学性能、批次工艺一致性与产线连续生产稳定性。该设

备广泛适配逻辑芯片、存储芯片、碳化硅、氮化镓等宽禁带半导体器件、功率半导体、先进封装晶圆制造等核心场景，既能满足纳米级工艺节点下晶圆短时高温热处理、热应力抑制、精密温度均匀性控制的严苛工艺需求，又可在高纯惰性/反应工艺气体、高温热冲击、频繁快速温变、高洁净度、24 小时连续量产等复杂工况下维持热场稳定性、气体回路安全性与整机运行可靠性，同时具备升降温速率快、片内温度均匀性优、热预算可控、工艺适配广、洁净等级高、批次一致性强等特性，为先进半导体产线实现高精度、高良率、高连续化生产提供核心保障，是我国集成电路与第三代半导体产业领域的重要技术载体。

早期半导体产线热处理工序普遍沿用传统炉管退火设备、常规热处理装备，依托传统加热成型工艺改良应用，仅可实现长时间恒温退火处理，存在升降温速率受限、热预算偏高、晶圆热应力大、无法满足短时间快速热处理需求，同时设备电气防护、高温部件防护、工艺气体安全管控、异常工况容错能力不足等短板，无法适配先进制程芯片、宽禁带半导体器件的高精度快速退火等高等级工艺制造需求。随着国内集成电路、第三代半导体产业高速迭代，芯片制程不断缩小、宽禁带器件产能持续扩张，产线对热处理的热预算控制、温度均匀性、设备运行安全性、故障容错能力、整机可靠性的要求大幅提高，传统热处理装备热预算不可控、快速处理能力缺失、安全防护逻辑不完善、长时间量产可靠性不足的缺陷日益凸显，已难以匹配先进晶圆制造产线技术发展趋势。近年来，高强度光源加热单元开发、高精度红外测温、密闭腔室安全联锁、工艺气路泄漏防控、热应力抑制算法、故障诊断与保护技术持续成熟，推动快速热退火设备（RTP）朝着高精度控温、高安全冗余、高运行可靠性、宽工艺适配、低故障率方向快速演进，通过加热单元结构优化、测温系统标定补偿、气路安全架构升级、联锁保护逻辑完善、部件寿命管控，国产 RTP 设备技术成熟度与产线工程适配性持续提升，逐步成为国内先进晶圆制造产线的主流热处理解决方案。

然而，当前行业发展中缺乏针对半导体制造用快速热退火设备（RTP）的统一专项安全与可靠性技术规范，现有标准多针对通用半导体工艺设备、普通热处理装置，标准分散、指标宽泛且针对 RTP 设备的高温安全、光源系统防护、工艺气路安全、热工况

可靠性、异常保护、整机寿命考核等专项指标针对性不足，导致不同厂商设备在温度控制系统安全冗余、光源单元防护等级、可燃腐蚀性工艺气体回路安全、腔室高温防护、故障联锁逻辑、整机平均无故障工作时间、温变循环耐久性能等关键指标上差异显著。部分设备存在安全联锁逻辑缺失、高温部件防护不到位、测温漂移引发工艺事故、气路泄漏防护能力不足、频繁温变工况下部件老化失效、异常处置机制不完善等问题，不仅增加了产线设备选型、工艺匹配、运维调试的难度与安全生产风险，还因设备安全判定依据不统一、可靠性考核与验收标准不一致，造成产线建设与运维成本攀升，设备停机风险升高，给晶圆产线带来批次报废隐患，严重制约国产快速热退火设备的规模化导入与行业技术升级。制定本标准的重要性与必要性愈发凸显：一方面，标准能够明确半导体制造用快速热退火设备（RTP）的安全底线、可靠性指标阈值、关键部件要求、试验验证方法与质量评价体系，划定设备安全与可靠性准入门槛，有效规避安全隐患，筑牢半导体产线人员安全、设备安全与晶圆工艺安全防线；另一方面，统一的技术规范可提升不同厂商设备在产线的兼容性、可维护性，降低产线选型评估、工艺集成、验收验证与后期运维成本，推动上下游产业链协同发展。同时，标准的建立能够引导企业聚焦安全架构优化、可靠性设计迭代、核心部件耐久性能提升，助力国产 RTP 装备在高安全冗余、高稳定量产应用领域突破技术瓶颈，为我国集成电路、第三代半导体产业高质量发展提供坚实支撑。

2. 意义

近年来，国家高度重视集成电路与第三代半导体产业发展，持续推进半导体关键装备攻关与产线安全生产体系建设，陆续出台多项政策文件，其中明确指出，要加快半导体工艺装备技术攻关，强化装备安全保障与可靠性验证，支持国产半导体装备迭代应用，完善半导体专用装备标准体系，加快关键装备领域安全与可靠性相关标准制修订，全面提升半导体产线安全生产水平与装备国产化竞争力。为积极响应我国产业政策，推进半导体专用装备标准化体系建设，规范半导体制造用快速热退火设备（RTP）行业发展秩序，提升设备整机安全水平与量产可靠性，保障晶圆制造产线稳定可控、提质增效发展，亟需组织相关机构开展《半导体制造用快速热退火设备(RTP)安全与可靠

性要求》的标准制定，为行业标准化能力提升、国产装备质量升级与产线规模化应用提供权威标准依据和技术支撑。

（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 7 月 15 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：《半导体制造用快速热退火设备(RTP)安全与可靠性要求》。

2. 标准起草过程

2026 年 7 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 8 月初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制造用快速热退火设备（以下简称“RTP 设备”）的安全要求、可靠性要求及测试方法。

本文件适用于半导体制造用快速热退火设备。

1.2 规范性引用文件

GB/T 191 包装储运图示标志

GB/T 5226.1 机械电气安全 机械电气设备 第1部分：通用技术条件

GB/T 5226.33 机械电气安全 机械电气设备 第33部分：半导体设备技术条件

GB/T 10066.4 电热装置试验方法 第4部分：间接电阻炉

GB/T 24468 半导体设备可靠性、可用性和维修性（RAM）测量方法

GB/T 30825 热处理温度测量

GB/T 34986 产品加速试验方法

IEC 61508 电气/电子/可编程电子安全相关系统的功能安全（Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems）

IEC 62061 机械安全 安全相关电气、电子和可编程电子控制系统的功能安全

ISO 13849-1 机械安全 控制系统安全相关部件 第1部分：设计通用原则

1.3 术语和定义

对半导体制造用快速热退火设备（RTP）安全与可靠性的术语和定义进行规定。

1.4 安全要求

对半导体制造用快速热退火设备（RTP）的安全要求进行规定。

1.5 可靠性要求

对半导体制造用快速热退火设备（RTP）的可靠性要求进行规定。

1.6 测试方法

对半导体制造用快速热退火设备（RTP）安全与可靠性的测试方法进行规定。

2. 确定标准主要内容的依据

本标准主要内容依据国家集成电路、半导体高端装备创新发展、产线安全生产管控等相关政策要求确定，严格按照 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》编制，全面引用半导体设备安全、电气防护、热工设备、可靠性评估等现行有效国家及行业标准，结合先进晶圆制造、宽禁带半导体器件加工的量产工况需求，聚焦设备热场控制安全、电气安全、工艺气路安全、腔体密封可靠性、快速温变稳定性、故障联锁保护、整机耐久可靠性、工艺适配一致性等核心指标。基于

国内主流 RTP 设备企业光源温控、精密气氛调控、安全联锁、故障诊断等成熟工艺与量产数据，兼顾技术先进性与工程可落地性，针对当前行业缺乏专项安全可靠性标准、设备安全设计参差不齐、可靠性指标不统一、验收运维无规范等突出问题，明确设备技术要求、试验验证方法、检验规则及安装、运维、贮存等相关内容，形成规范、可执行的标准条款，适配各类半导体制程场景量产应用，支撑行业规范化发展与技术升级。

三、主要试验[或验证]情况分析、技术经济论证、预期经济效果

本标准编制过程中选取多家主流企业 RTP 设备样机，围绕核心安全与可靠性指标开展系统测试，涵盖温度均匀性与控温精度、快速温变循环稳定性、电气绝缘与接地安全、工艺气体泄漏防护、腔体承压密封、紧急联锁响应、高温耐久老化、异常工况容错能力等关键项目，同时结合产线高纯环境、连续量产、频繁启停、多品类晶圆加工等实际工况开展适配性验证。试验结果表明，样机各项指标均满足先进半导体制程安全与量产要求，相较传统热处理设备，热预算控制精度、工艺批次一致性、设备运行稳定性显著提升，可有效规避晶圆热损伤、工艺偏移、设备安全故障等问题，整机无故障运行时长、工况适配性大幅优化，不同厂商设备的产线兼容性、可维护性良好，标准指标科学合理、可验证、可量产落地。

技术经济论证方面，本标准依托行业成熟的 RTP 设备设计、制造与运维技术体系制定，企业无需大规模产线改造即可达标，技术落地性强。统一的安全与可靠性规范，可有效规范行业设备设计与制造底线，杜绝劣质设备无序竞争，解决当前设备安全设计不一、可靠性水平参差、选型验收无依据、运维成本偏高的行业痛点。同时可简化产线设备选型、工艺调试、安全验收与日常运维流程，降低企业生产与运营成本，引导企业聚焦核心技术迭代，优化温控精度、安全冗余与耐久性能，突破国产设备可靠性短板，提升国产 RTP 装备市场竞争力，加速半导体高端装备国产化替代。

本标准实施后，将推动 RTP 设备行业规范化、高质量发展，筑牢半导体产线人员、设备与工艺安全防线，有效降低产线停机风险与产品报废率，提升晶圆制造良率与量产稳定性，产生良好的产业效益与经济效益。同时可完善我国半导体专用装备标准体

系，夯实半导体产业链供应链安全保障能力，助力集成电路、第三代半导体产业安全、高效、低碳化发展，具备显著的行业价值与社会效益。

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、技术要求的选定、试验方法的确定、检验项目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。

《半导体制造用快速热退火设备(RTP)安全与可靠性要求》团体标准编制组

2026 年 8 月