

附件：

电子行业计量技术规范项目建议书

建议项目名称	晶圆验收测试系统校准规范		
制定或修订	■制定 □修订	被修订计量技术规范号	/
计量技术规范性质	□检定规程 ■校准规范	计量技术规范类别	■重点 □基础
主要起草单位	中国电子技术标准化研究院		
联系人	徐迎春	联系电话	010-64102261
任务年限	1 年	申请经费	2 万元
参加单位	厦门市计量检定测试院、苏州联讯仪器股份有限公司		
目的、意义和必要性	1. 目的 晶圆验收测试系统（WAT(Wafer Acceptance Test)测试系统）是晶圆验收测试的专用测试仪器，用于半导体晶圆制造完成后、切割封装前，在晶圆厂工艺线与测试实验室中，对划片槽内测试结构进行自动化电性测量。系统通过参数分析仪、精密探针台与探针卡，完成电阻、阈值电压、漏电流、电容等关键工艺参数采集，实时监控工艺稳定性，快速识别工艺漂移与异常。 中电科 58 所、中兴国际、上海季丰、芯恩等单位已经将其应用于晶圆验收测试等环节，作为芯片制造质量的第一道关键防线，直接决定晶圆批次是否合格放行。其测		

试数据是工艺控制、良率提升与芯片可靠性的核心支撑，对整个半导体生产链路至关重要。系统为 SPC 分析、良率管控和批次放行提供数据依据，实现晶圆出厂前质量验收，避免不良品流入后续封装环节，保障芯片制造一致性与可靠性。

目前市场上存在着不同型号、不同生产厂家的晶圆验收测试系统，而未见相应的校准规范或检定规程，无法满足其量值溯源要求。本项目主要申请编制晶圆验收测试系统校准规范，解决晶圆验收测试系统的溯源问题，保证晶圆量值的准确可靠性。

2. 意义

首先，晶圆验收测试系统是芯片制造环节的关键质控关口，直接决定芯片的可靠性、一致性与安全性，是保障电子系统（设备）性能的核心基础。因此，晶圆验收测试系统的准确可靠测量对工业控制、国防应用等有极其重要的科学意义和应用价值。制定《晶圆验收测试系统校准规范》将进一步规范晶圆验收测试系统校准规范的校准工作，保障晶圆验收测试系统校准规范的量值溯源问题，进而保证电子系统（设备）可靠性。

3. 必要性

晶圆验收测试是半导体晶圆制造过程中把控工艺精度、判定晶圆良率、保障芯片量产可靠性的核心关键工序，

其测试系统的测量准确性、稳定性和溯源性，直接决定晶圆制造工艺的一致性、产品质量安全性以及高端半导体装备的质控水平。当前我国半导体产业高速发展，成熟制程、特色工艺与第三代半导体产线持续扩产，对晶圆电性测试精度、数据一致性与质量可追溯性的要求持续提升。但长期以来，国内无统一的晶圆验收测试系统专用校准标准，行业普遍存在校准方式不统一、校准对象不完整、量值溯源链条不清晰的问题，多数企业仅对单一源表仪器进行单独校准，忽略探针台位移误差、探针接触稳定性、整机信号链路漂移等系统性误差，导致不同设备、不同产线、不同实验室的测试数据偏差较大，无法实现数据互通互认，极易造成工艺误判、良率异常、产品批次质量波动，严重制约晶圆制造的标准化、精细化管控。

随着军工电子、航空航天、汽车电子等高可靠应用领域对半导体器件品质要求持续升级，晶圆测试数据的合法性、溯源性、规范性已成为供应链审核、质量追责、工艺迭代的重要依据。现阶段行业缺乏针对性的整机系统校准规范，使得晶圆验收测试系统量值溯源无统一依据，校准流程混乱、指标判定尺度不一，无法满足高可靠半导体产品的质量管控与体系合规要求。

因此，编制《晶圆验收测试系统校准规范》十分必要。该规范可有效填补国内晶圆验收测试系统校准领域的标

准空白，统一行业校准方法、技术指标、环境条件、数据处理及量值溯源要求，建立完整、规范、可溯源的晶圆测试计量体系，彻底解决行业量值不统一、数据不可互认、系统误差管控缺失等突出问题。通过规范落地，可全面提升国内晶圆验收测试系统的测量准确度与可靠性，保障晶圆制造工艺稳定可控、产品质量合规可溯，支撑高端半导体器件与军工电子装备质量管控，完善我国半导体精密计量标准体系，为集成电路产业自主可控、高质量发展提供关键的计量技术保障。

4. 现有规范不足

目前针对晶圆验收测试系统的校准规范为《JJF（鄂）111-2024 晶圆测试系统校准规范》。

本规范仅仅规定了电压输出、电流输出、电压测量、电流测量和位移的校准项目及校准方法，并未规定电容测量、频率、脉宽、上升/下降时间的校准项目及校准方法，不能满足晶圆验收测试系统的需求。

5. 编制规范的必要性和紧迫性

随着半导体工艺演进至纳米级节点，芯片的使用单位对晶圆质量的要求越来越高，对晶圆验收测试系统提出了更高要求，如极高测试精度（电流测试分辨率需达 fA 级）、高效测试能力（需支持异步和同步并行测试框架，提升测量吞吐量）及多参数测试覆盖等。研究其校准方法，制定校准规范迫在眉睫。

	6. 先进性和亮点、社会效益和推广应用前景 晶圆验收测试系统广泛应用晶圆出厂的验收测试。因此，晶圆验收测试系统的准确可靠测量有着极其重要的科学意义和应用价值。因此编制该校准规范将具有较高的社会效益和广泛的推广应用前景。 7. 查新结果 相关技术规范：《JJF（鄂）111-2024 晶圆测试系统校准规范》。 本规范仅仅规定了电压输出、电流输出、电压测量、电流测量和位移的校准项目及校准方法，并未规定电容测量、频率、脉宽、上升/下降时间的校准项目及校准方法，不能满足晶圆验收测试系统的需求。
产业链应用	晶圆验收测试是半导体晶圆制造核心电性能检测环节，其测试数据的准确可靠性直接关系晶圆良品判定、工艺稳定性与量产可靠性。将编制的《晶圆验收测试系统校准规范》作为国内晶圆验收测试领域权威计量技术依据，针对晶圆验收测试系统制定统一的校准标准、校准流程与溯源要求，有效解决了行业计量标准不统一、数据不可互认、系统误差管控不足等痛点，全面覆盖半导体产业链各环节，为产业标准化、高质量发展提供重要支撑。 在产业链上游，该规范是晶圆验收测试系统厂商产品研发与量产检定的标准。规范统一了晶圆验收测试系统关键指标要求，为国产品圆验收测试系统性能迭代、指标对

标、出厂验收提供标准化依据，助力国产设备缩小与进口产品的差距、提升市场准入能力。完善半导体计量上游国产化配套体系。

在产业链中游，规范支撑第三方计量机构、检测实验室完成资质扩项与能力升级，推动行业由单一仪器校准升级为整机系统综合校准。通过统一校准工况、测试流程、数据处理及不确定度评定标准，消除了不同机构校准结果的偏差分歧，实现行业计量数据互通互认，可全面满足晶圆厂新机验收、周期校准、设备维修复校等常态化服务需求，提升第三方测试数据的权威性与可信度。

在产业链下游晶圆制造环节，校准规范是 Foundry、IDM 及特色工艺产线质量管控与合规生产的关键保障。通过建立全闭环校准管控机制，有效保障阈值电压、接触电阻、击穿电压等核心工艺参数准确可靠性，避免测试失准造成的晶圆误判报废与后端成本浪费。同时，统一的计量标准可保障多机台、多产线工艺数据可对比、可追溯，支撑工艺调试、良率优化与跨厂区工艺协同，同时满足高端供应链审核要求，也为芯片设计企业流片对账、器件建模提供计量支撑。

此外，规范可广泛应用于封测、失效分析等场景。从宏观产业价值来看，该规范构建了本土化晶圆验收测试系统计量体系，打破行业“量值孤岛”，降低产业链协同成本，

	摆脱对国外标准的单一依赖，助力测试设备国产化替代与半导体产业质量体系自主可控。
范围和主要 计量特性	1. 计量技术规范适用范围 本规范适用于晶圆验收测试系统的校准。 2. 计量特性 （1）直流电流输出 输出范围：±（1pA~10 μ A）； 最大允许误差：±(0.3%~6%)。 输出范围：±（10 μ A~1A）； 最大允许误差：±(0.05%~0.5%)。 （2）直流电流测量 测量范围：±（1pA~10 μ A）； 最大允许误差：±(0.08%~6%)。 测量范围：±（10 μ A~10A）； 最大允许误差：±(0.05%~0.5%)。 （3）直流电压输出 输出范围：±（10mV~200V）； 最大允许误差：±(0.05%~0.2%)。 （4）直流电压测量 测量范围：±（10mV~200V）；

	最大允许误差：$\pm(0.05\%\sim 1\%)$。 (5) 频率 输出范围：1kHz$\sim$5MHz； 最大允许误差：$\pm 0.01\%$； 工作电平：10mV$\sim$10V； 工作波形：正弦波。 (6) 电容测量 测量范围：1pF$\sim$100nF； 最大允许误差：$\pm(0.1\%\sim 1\%)$； 工作电平：10mV$\sim$10V； 工作频率：1kHz$\sim$5MHz。 注：以上技术指标不作合格性判别，仅提供参考。 (7) 脉冲发生单元 可依据 JJG 490-2002《脉冲信号发生器检定规程》中的计量性能要求。脉冲信号发生单元或为外接的脉冲信号发生器，或为自行研制的脉冲信号产生单元。除非被校脉冲信号发生单元的技术指标另有规定，一般情况下，其应满足以下计量性能要求： 脉冲输出幅度范围：$\pm(0.1V\sim 40V)$； 最大允许误差：$\pm 2\%$。 脉冲上升时间/下降时间：$\geq 20\text{ns}$ 脉冲宽度：60ns$\sim$10ms；
--	---

最大允许误差： $\pm(3\%+2\text{ns})$ 。

脉冲频率：0.1Hz~10MHz；

最大允许误差： $\pm 3 \times 10^{-5}$ 。

(8) 频谱分析单元

可依据 JJG 1396-2013 《频谱分析仪校准规范》中的计量性能要求。频谱分析单元或为外接的频谱分析仪，或为自行研制的频谱分析单元。除非被校频谱分析单元的技术指标另有规定，一般情况下，其应满足以下计量性能要求：

频率范围：9kHz~10MHz。

(9) 位移

测量范围：0mm~300mm；

最大允许误差： $\pm 2 \mu\text{m}$ 。

3. 主要测量标准的技术指标

(1) 直流电压源

范围： $\pm(10\text{mV} \sim 200\text{V})$ ；

最大允许误差： $\pm 0.01\%$ 。

(2) 直流电压表

测量范围： $\pm(10\text{mV} \sim 200\text{V})$ ；

最大允许误差： $\pm 0.01\%$ ；

输入阻抗： $\geq 10\text{M}\Omega$ 。

	(3) 直流电流表 测量范围：±（10μA~10A）； 最大允许误差：±（0.01%~0.1%）。 (4) 指零仪 直流电流测量范围：±（0.1pA~10 μ A）； 最大允许误差：±（1.5%~0.3%）。 20pA 电流量程固有输入电流 3fA； 电流短期稳定性：零电流极差在 10fA（3 分钟稳定性测量）。 (5) 标准电阻 阻值：0.01Ω、0.1Ω、1Ω、10Ω、100Ω、1kΩ、10kΩ； 最大允许误差：±0.1%。 (6) 高值电阻箱 阻值：10MΩ，测量不确定度：0.005%（$k=2$）； 阻值：100MΩ，测量不确定度：0.005%（$k=2$）； 阻值：1GΩ，测量不确定度：0.01%（$k=2$）； 阻值：10GΩ，测量不确定度：0.05%（$k=2$）； 阻值：100GΩ，测量不确定度：0.1%（$k=2$）； 阻值：1TΩ，测量不确定度：0.2%（$k=2$）。 (7) 频率计 测量范围：1kHz~5MHz；
--	--

	最大允许误差：±0.001%。 (8) 标准电容 电容值：1pF，工作频率：1MHz~5MHz，测量不确定度：0.05%~0.3% ($k=2$)； 电容值：10pF，工作频率：100kHz~5MHz，测量不确定度：0.02%~0.1% ($k=2$)； 电容值：100pF，工作频率：100kHz~5MHz，测量不确定度：0.02%~0.1% ($k=2$)； 电容值：1nF，工作频率：100kHz~5MHz，测量不确定度：0.02%~0.3% ($k=2$)； 电容值：10nF，工作频率：1kHz~100kHz，测量不确定度：0.02%~0.03% ($k=2$)； 电容值：100nF，工作频率：1kHz~10kHz，测量不确定度：0.02% ($k=2$)。 (9) 数字示波器 频带宽度：DC~500MHz (-3dB)； 垂直偏转因数：1mV/div~10V/div； 最大允许误差：±1%； 扫描时间因数：0.5ns/div~50s/div； 最大允许误差：±0.03%； 上升时间：<5ns。 (10) 激光干涉仪
--	--

	测量范围：0mm～310mm； 最大允许误差：±0.5 μ m。 （11）校准适配器 将被校晶圆验收测试系统测试头的非标准信号接口转换成仪表测量的标准信号接口。 4. 拟规定的基本内容 （1）直流电流输出 输出范围：±（1pA～10 μ A），采用间接测量法，使用直流电压源、高值电阻箱、指零仪及校准适配器进行校准。 输出范围：±（10 μ A～1A），采用直接测量法，使用直流电流表及校准适配器进行校准。 （2）直流电流测量 测量范围：±（1pA～10 μ A），采用间接测量法，使用直流电压源、高值电阻箱及校准适配器进行校准。 测量范围：±（10 μ A～1A），采用间接测量法，使用标准电阻、直流电压表及校准适配器进行校准。 （3）直流电压输出 输出范围：±（10mV～200V），采用直接测量法，使用直流电压表及校准适配器进行校准。 （4）直流电压测量 测量范围：±（10mV～200V），采用间接测量法，
--	---

	使用标准电阻、直流电压表及校准适配器进行校准。 （5）频率 输出范围：1kHz~5MHz，采用直接测量法，使用频率计及校准适配器进行校准。 （6）电容测量 测量范围：1pF~100nF，采用直接测量法，使用标准电容及校准适配器进行校准。 （7）脉冲发生单元 依据 JJG 490-2002《脉冲信号发生器检定规程》相关条款进行校准。 （8）频谱分析单元 依据 JJG 1396-2013《频谱分析仪校准规范》相关条款进行校准。 （9）位移 测量范围：0mm~300mm，采用直接测量法，使用激光干涉仪进行校准。
水平	☐ 国际先进 ☒ 国内先进
国内外情况 简要说明	1. 国内外情况 目前国内相关计量技术规范：《JJF（鄂）111-2024 晶圆测试系统校准规范》。本规范仅仅规定了电压输出、电流输出、电压测量、电流测量和位移的校准项目及校准方法，并未规定电容测量、频率、脉宽、上升/下降时间

	的校准项目及校准方法，不能满足晶圆验收测试系统的需求，迫切需要编制晶圆验收测试系统校准规范。 2. 指出是否发现有知识产权的问题，或涉及专利的情况 本规范没有发现知识产权或涉及专利的情况。
--	---

推荐意见	晶圆验收测试系统是芯片制造环节的关键质控关口，直接决定芯片的可靠性、一致性与安全性，是保障电子系统（设备）性能的核心基础。但目前国家及行业相应的计量技术规范，不能满足计量需求，因此有必要编制本规范。建议书给出的计量特性和技术方案基本合理，可满足晶圆验收测试系统的校准需求。				
主要起草单位	(签字、盖公章) 月 日	技术委员会	(盖公章) 月 日	部委托支撑单位	(盖公章) 月 日

填写说明：1.表中第 2，3，11 行，请在选定的内容上填写“■”的符号。
2.填写制定或修订项目中，若选择修订则必须填写被修订计量技术规范号。