

美 NIST 发布半导体制造战略机遇报告

9月1日，美国国家标准与技术研究院（NIST）发布《美国半导体制造业的战略机遇》（*Strategic Opportunities for U.S. Semiconductor Manufacturing*）报告。NIST召开了一系列半导体计量研讨会，汇集了来自工业界、学术界和政府的800多名参与者的意见，并收集了来自商务部的信息和工业界的直接反馈。该报告整理借鉴了这些意见，概述了测量、标准化、建模和仿真领域的七项重大战略挑战，并围绕这些挑战提出了对应的策略以及研究方向，如下所示。

（1）材料纯度、性能和来源的计量

通过开发新的测量方法和标准，满足多元化供应链中对半导体材料纯度、物理性能和来源的日益严格的要求。为应对这一挑战，报告建议开发以缺陷和污染物识别为重点的测量技术、性能数据和标准，以支持整个供应链的材料质量统一性和可追溯性。具体的研究方向包括：①具有更高灵敏度和吞吐量的新型测量方法，用于检测整个供应链中材料的颗粒和污染物含量；②创新高通量技术，用于测量微电子材料物理特性；③评估和关联材料供应基础设施的属性数据，以支持构建相应标准并保证来源；④标准参考材料，用于痕量杂质检测和材料热物理性质的参考数据；⑤文件标准（如详细版本的分析证书，显示材料属性，跟踪任何潜在污染源），以帮助制造商通过供应链跟踪材料。

（2）面向未来微电子制造业的先进计量学

为确保关键计量技术的进步与尖端和未来的微电子和半导体制造业保持同步，同时保持美国的竞争优势，报告建议推进物理和计算计量工具的开发，以适应具有先进复杂集成技术和系统的下一代制造。报告提出着重开发创新高效的计量方法和技术应用于以下方向：①新材料和器件的特性，如全环绕栅极（Gate-All-Around, GAA）晶体管、互补型场效应晶体管等；②表面、掩埋特征、界面和设备的物理特性表征，以提高分辨率、灵敏度、准确性和处理量；③快速、高分辨率和非破坏性技术，用于表征缺陷和杂质并将其与性能和可靠性相关联；④半导体制造流程相关数据的评估和相关性分析；⑤工艺设计、开发和控制标准，如参考材料和文件标准；⑥罕见但灾难性缺陷的统计分析。

（3）实现先进封装中集成组件的计量

为改进高效建模和模拟未来半导体材料、工艺、器件、电路和微电子系统设计所需的工具，报告建议发展精密组件和新材料复杂集成的计量学，以支持美国先进微电子封装行业。研究方向包括：①界面和地下互连以及内部3D结构的原位测量、快速测量和验证方法；②薄膜、表面、掩埋特征和界面的物理特性；③部件集成的机械测量方法；④封装流程相关数据的评估和相关性分析；⑤封装标准。

(4) 半导体材料、设计和组件的建模和模拟

为改进高效建模和模拟未来半导体材料、工艺、器件、电路和微电子系统设计所需的工具，报告建议使用多物理模型（multi-physics models）和下一代概念（如人工智能和数字孪生）创建高级设计模拟器，为美国微电子设计师提供支持。主要研究方向包括：①多物理模型，将热力学、物理、化学、机械以及能耗等参数纳入考量；②在广泛的温度、偏置和频率范围内测量材料、成分和电路特性，作为上述模型的输入和验证；③使用先进分析方法（如机器学习和人工智能）在真实环境中复杂的材料和系统运行进行模拟和优化；④评估系统不确定性的方法。

(5) 半导体制造过程的建模与仿真

无缝建模和计算整个半导体制造过程（从材料输入到芯片制造、系统组装和最终产品）是目前面临的重大挑战之一。报告建议开发先进的计算模型、方法、数据、标准、自动化和工具，使美国半导体制造商能够提高产量、加快上市时间并增强竞争力。研究方向包括：①数据分析、建模和验证工具，用于高效开发和优化工艺流程；②用于自动化和虚拟化的标准、协议和标准数据；③支持数据孪生的标准和测量方法；④使用先进分析方法（如机器学习和人工智能）对复杂的制造加工、开发、集成以及自动化进行模拟和优化

(6) 微电子新材料、工艺和设备的标准化

为实现将支持和加速微电子、先进信息和通信技术的开发和制造的方法标准化，报告建议为下一代材料、工艺和设备创建标准、验证工具和协议，以加速美国行业的创新和增强成本竞争力。研究方向包括：①标准参考材料、数据、仪器、校准以及测试服务，产品开发工具包以及多元化的通用方法；②来自不同供应商的交互设备标准和软件标准，以保护整个供应链的知识产权、来源和数据完整性。

(7) 加强微电子元件和产品的安全性和来源的计量

为实现计量方法的进步，以提高供应链中微电子组件和产品的安全性和来源并提供保证，报告建议采用全面的硬件安全保护方法，包括标准、协议、正式测试流程和先进的计算技术，同时为整个供应链和最终产品的微电子组件的保证和来源提供渠道。研究方向包括：①方法、参考设计套件和指南，用于安全分析和自动化；②全生命周期弱点管理，如正式测试和流程用于独立验证、材料和成分追踪等；③硬件安全和来源的文件标准；④在整个半导体价值链中开发和可信的新兴技术（如机器学习和人工智能）。

董金鑫 编译自[2022-09-01]

NIST Report Outlines Strategic Opportunities for U.S. Semiconductor Manufacturing

<https://www.nist.gov/news-events/news/2022/09/nist-report-outlines-strategic-opportunities-us-semiconductor-manufacturing>

nductor-manufacturing