附件：

集成芯片前沿技术科学基础重大研究计划2024年度项目指南

 　　“集成芯片前沿技术科学基础”重大研究计划面向国家高性能集成电路的重大战略需求，聚焦集成芯片的重大基础问题，通过对集成芯片的数学基础、信息科学关键技术和工艺集成物理理论等领域的攻关，促进我国芯片研究水平的提升，为发展芯片性能提升的新路径提供基础理论和技术支撑。

　　一、科学目标

　　本重大研究计划面向集成芯片前沿技术，聚焦在芯粒集成度（数量和种类）大幅提升带来的全新问题，拟通过集成电路科学与工程、计算机科学、数学、物理、化学和材料等学科深度交叉与融合，探索集成芯片分解、组合和集成的新原理，并从中发展出一条基于自主集成电路工艺提升芯片性能1-2个数量级的新技术路径，培养一支有国际影响力的研究队伍，提升我国在芯片领域的自主创新能力。

　　二、核心科学问题

　　本重大研究计划针对集成芯片在芯粒数量、种类大幅提升后的分解、组合和集成难题，围绕以下三个核心科学问题展开研究：

　　（一）芯粒的数学描述和组合优化理论。

　　探寻集成芯片和芯粒的抽象数学描述方法，构建复杂功能的集成芯片到芯粒的映射、仿真及优化理论。

　　（二）大规模芯粒并行架构和设计自动化。

　　探索芯粒集成度大幅提升后的集成芯片设计方法学，研究多芯互连体系结构和电路、布局布线方法等，支撑百芯粒/万核级规模集成芯片的设计。

　　（三）芯粒尺度的多物理场耦合机制与界面理论。

　　明晰三维结构下集成芯片中电-热-力多物理场的相互耦合机制，构建芯粒尺度的多物理场、多界面耦合的快速、精确的仿真计算方法，支撑3D集成芯片的设计和制造。

　　三、2024年度资助的研究方向

　　（一）培育项目。

　　基于上述科学问题，以总体科学目标为牵引，2024年度拟围绕以下研究方向优先资助探索性强、具有原创性思路、提出新技术路径的申请项目：

　　1. 芯粒分解组合与可复用设计方法。

　　研究集成芯片和芯粒的形式化描述，分解-组合理论及建模方法，研究计算/存储/互连/功率/传感/射频等芯粒的可复用设计方法。

　　2. 多芯粒并行处理与互连架构。

　　研究面向2.5D/3D集成的高算力、可扩展架构，计算/存储/通信等芯粒间的互连网络及容错机制，多芯异构的编译工具链等。

　　3. 集成芯片多场仿真与EDA。

　　研究面向芯粒尺度的电-热-力耦合多物理场计算方法与快速仿真工具，面向集成芯片的综合/布局/布线自动化设计工具，集成芯片的可测性设计等。

　　4. 集成芯片电路设计技术。

　　研究面向2.5D/3D集成的高速、高能效串行/并行、射频/无线、硅光接口电路，大功率集成芯片的电源管理电路与系统等。

　　5. 集成芯片2.5D/3D工艺技术。

　　研究大尺寸硅基板（Interposer）的制造技术，高密度、高可靠的2.5D/3D集成工艺、材料等，万瓦级芯片的散热方法，光电集成封装工艺等。

　　（二）重点支持项目。

　　基于本重大研究计划的核心科学问题，以总体科学目标为牵引，2024年拟优先资助前期研究成果积累较好、交叉性强、对总体科学目标有较大贡献的申请项目：

　　1．缓存一致性与存储系统。

　　研究异构多芯粒系统的缓存一致性机制，探索集成芯片的多级缓存架构、可扩展的存储管理机制以及基于片上网络的访存优化策略与服务质量（QoS）优化机制。构建芯粒间的缓存一致性访存行为级模型，支持≥2种异构芯粒（CPU、GPU等）间的缓存一致性，CPU总核数≥256，≥7种缓存行的稳定状态，典型延迟＜200个周期，并开源功能验证模拟器。

　　2. 芯粒分解和组合优化方法。

　　针对端-边-云等计算场景，研究芯粒分解和组合优化理论，探索芯粒的函数化表示方式，建立复杂应用到芯粒的映射，研究映射的稳定性和鲁棒性理论，形成完备芯粒库构造方法。相比定制化设计性能损失小于20%，芯粒间功能冗余度不超过20%，形成分解组合工具并开源。

　　3. 多光罩集成芯片的布局布线方法。

　　以最小化硅基板制造光罩层数、跨光罩互连数等为目标，研究多光罩集成芯片的自动化布局布线方法，探索TSV/互连线/深槽电容工艺与设计协同优化方法，实现支持≥4倍光罩面积尺寸，百芯粒量级总互连线数≥105的集成芯片布局布线EDA工具并开源。

　　4. 集成芯片的可测试性设计方法。

　　研究高可测试性、即插即用和低开销的集成芯片测试总线架构，突破因可观测引脚受限导致的瓶颈，探索集成芯片的层次化测试调度和故障诊断等技术，实现可测试性设计EDA工具并开源，互连故障覆盖率≥99%，测试架构硬件开销≤5%。

　　5. 高能效的芯粒互连单端并行接口电路。

　　研究高能效、高密度的2.5D并行互连接口电路技术。探索高能效收发机电路、宽调谐范围的时钟生成电路；面向多种互连标准、不同信道，研究信号编码、均衡电路的可重构技术；研究极低发射电压摆幅下的抗噪声技术。实现单线最高速率≥32Gb/s，最佳能效≤0.5pJ/bit，兼容NRZ/PAM的互连并行接口电路，并开源仿真模型。

　　6. 面向芯粒尺度的多场仿真算法与求解器。

　　研究面向芯粒集成工艺的电-热-力耦合模型，探索集成芯片关键结构、材料与界面的多物理场模拟数值方法，实现计算网格自动剖分，开发跨尺度的多场仿真求解器并开源，计算精度和实验结果误差范围小于10%。

　　7. 大尺寸硅基板制造技术及翘曲模型和应力优化。

　　研究大尺寸硅基板（Interposer）制造技术，构建晶圆级翘曲模型及应力优化方法，探索高密度、高深宽比的硅通孔（TSV）、深沟槽电容（DTC）等制造工艺的应力效应机制，实现≥4倍光罩面积尺寸的硅基板制备，并实现深沟槽电容、硅通孔等工艺流程后的12英寸晶圆翘曲值不超过200μm。建立晶圆级翘曲分析及预测模型，开发应力优化仿真工具并开源。

　　8. 三维集成高效散热材料与结构。

　　探索多热点强耦合状态下的热分布特征与高效热输运机制，异质散热新材料集成与界面热输运调控方法，微通道散热器的结构设计与强化换热方法。面向万瓦级3D集成芯片系统，实现芯粒3D堆叠单模块功率≥2000W，层数≥3层，最高热流密度≥1000W/cm2。完成多尺度热点预测与热分布仿真工具、高效热管理设计工具并开源。

　　（三）集成项目。

　　本年度拟遴选具有重大应用价值和良好研究基础的研究方向进行集成资助，具体研究方向如下：

　　1．异构计算三维集成芯片。

　　研究三维集成芯片的跨层次协同设计方法，探索异构芯粒的模块化组合与优化方法，验证垂直供电架构与电路、硅基板自动化布局布线、高密度芯粒-晶圆键合等关键技术。研制可重用有源硅基板（Active Interposer），三维堆叠界面峰值通信带宽≥1Tbps。实现异构计算三维集成芯片原型，至少包含CPU、存储、存算等4种以上芯粒，异构芯粒总数≥16，总存储≥512Mb，总算力≥100TOPS，在自主工艺上实现异构计算能效高于同算力10nm以下GPU/NPU芯片水平。完成集成芯片在智能机器人、边缘计算等场景中的应用验证。

　　四、项目遴选的基本原则

　　（一）紧密围绕核心科学问题，注重需求及应用背景约束，鼓励原创性、基础性和交叉性的前沿探索。

　　（二）优先资助能够解决集成芯片领域关键技术难题，并具有应用前景的研究项目，要求项目成果在该重大研究计划框架内开源。

　　（三）重点支持项目应具有良好的研究基础和前期积累，对总体科学目标有直接贡献与支撑，并鼓励研究机构与企业联合申请。

　　五、2024年度资助计划

　　拟资助培育项目15项左右，直接费用的平均资助强度约为80万元/项，资助期限为3年，培育项目申请书中研究期限应填写“2025年1月1日-2027年12月31日”；拟资助重点支持项目8项左右，直接费用的平均资助强度约为300万元/项，资助期限为4年，重点支持项目申请书中研究期限应填写“2025年1月1日-2028年12月31日”；拟资助集成项目1项，直接费用的平均资助强度约为1500万元，资助期限为4年，集成项目申请书中研究期限应填写“2025年1月1日－2028年12月31日”。

　　六、申请要求及注意事项

　　（一）申请条件。

　　本重大研究计划项目申请人应当具备以下条件：

　　1. 具有承担基础研究课题的经历；

　　2. 具有高级专业技术职务（职称）。

　　在站博士后研究人员、正在攻读研究生学位以及无工作单位或者所在单位不是依托单位的人员不得作为申请人进行申请。

　　（二）限项申请规定。

　　执行《2024年度国家自然科学基金项目指南》“申请规定”中限项申请规定的相关要求。

　　（三）申请注意事项。

　　申请人和依托单位应当认真阅读并执行本项目指南、《2024年度国家自然科学基金项目指南》和《关于2024年度国家自然科学基金项目申请与结题等有关事项的通告》中相关要求。

　　1. 本重大研究计划项目实行无纸化申请。申请书提交日期为2024年5月30日－2024年6月5日16时。

　　（1）申请人应当按照科学基金网络信息系统中重大研究计划项目的填报说明与撰写提纲要求在线填写和提交电子申请书及附件材料。

　　（2）本重大研究计划旨在紧密围绕核心科学问题，对多学科相关研究进行战略性的方向引导和优势整合，成为一个项目集群。申请人应根据本重大研究计划拟解决的具体科学问题和项目指南公布的拟资助研究方向，自行拟定项目名称、科学目标、研究内容、技术路线和相应的研究经费等。

　　（3）申请书中的资助类别选择“重大研究计划”，亚类说明选择“培育项目”“重点支持项目”或“集成项目”，附注说明选择“集成芯片前沿技术科学基础”，受理代码选择T02，并根据申请项目的具体研究内容选择不超过5个申请代码。

　　培育项目和重点支持项目的合作研究单位均不得超过2个，集成项目合作研究单位不得超过4个。

　　（4）申请人在申请书起始部分应明确说明申请符合本项目指南中的资助研究方向（写明指南中的研究方向序号和相应内容），以及对解决本重大研究计划核心科学问题、实现本重大研究计划科学目标的贡献。

　　如果申请人已经承担与本重大研究计划相关的其他科技计划项目，应当在申请书正文的“研究基础与工作条件”部分论述申请项目与其他相关项目的区别与联系。

　　2. 依托单位应当按照要求完成依托单位承诺、组织申请以及审核申请材料等工作。在2024年6月5日16时前通过信息系统逐项确认提交本单位电子申请书及附件材料，并于6月6日16时前在线提交本单位项目申请清单。

　　3. 其他注意事项。

　　（1）为实现重大研究计划总体科学目标和多学科集成，获得资助的项目负责人应当承诺遵守相关数据和资料管理与共享的规定，项目执行过程中应关注与本重大研究计划其他项目之间的相互支撑关系。

　　（2）为加强项目的学术交流，促进项目群的形成和多学科交叉与集成，本重大研究计划将每年举办1次资助项目的年度学术交流会，并将不定期地组织相关领域的学术研讨会。获资助项目负责人有义务参加本重大研究计划指导专家组和管理工作组所组织的上述学术交流活动。

　　（四）咨询方式。

　　国家自然科学基金委员会交叉科学部二处

　　联系电话：010-62327780