**后摩尔时代新器件基础研究重大研究计划2019年度项目指南**

　　本重大研究计划面向芯片自主发展的国家重大战略需求，以芯片的基础问题为核心，旨在发展后摩尔时代新器件和计算架构，突破芯片算力瓶颈，促进我国芯片研究水平的提升，推动我国在芯片领域的科技创新。

　　一、科学目标

　　本重大研究计划面向未来芯片算力问题，聚焦芯片领域发展前沿，拟通过信息、数理、材料、工程、生命等多学科的交叉融合，在超低能耗信息处理新机理、载流子近似弹道输运新机理、具有高迁移率与高态密度的新材料、高密度集成新方法以及非冯计算新架构等方面取得突破，研制出1fJ以下开关能耗的超低功耗器件和超越硅基CMOS载流子输运速度极限的高性能器件，实现算力提升2个数量级以上的非冯架构芯片，发展变革型基础器件、集成方法和计算架构，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和国际地位。

　　二、核心科学问题

　　针对后摩尔时代芯片技术的算力瓶颈，围绕以下三个核心科学问题展开研究：

　　（一）CMOS器件能耗边界及突破机理。

　　需要重点解决以下关键问题：探寻CMOS器件进行单次信息处理的能耗边界，研究突破该边界的新机理，实现超低能耗下数据的计算、存储和传输。

　　（二）突破硅基速度极限的器件机制。

　　需要重点解决以下关键问题：在探索同时具备载流子长自由程和高态密度的新材料体系基础上，研究近似弹道输运的器件机理，实现突破硅基载流子速度极限的高性能器件。

　　（三）超越经典冯∙诺依曼架构能效的机制。

　　需要重点解决以下关键问题：探寻计算与存储融合的机制与方法，并结合新型信息编码范式，实现新型计算架构，突破冯∙诺依曼架构的能效瓶颈。

　　三、2019年度重点资助研究方向

　　（一）培育项目。

　　围绕上述科学问题，以总体科学目标为牵引，2019年度对于探索性强、选题新颖、前期研究基础较好的申请项目，将以培育项目方式予以资助，建议研究方向包括但不限于以下内容：

　　1.超低能耗的信息处理机制及器件技术。

　　探索突破CMOS器件开关能耗瓶颈的新原理并研制超低功耗器件。研究与CMOS工艺兼容的材料和器件制备方法、影响器件性能的新效应与新机制以及针对不同应用场景的电路设计等。

　　鼓励和数理科学、工程与材料科学等学科的交叉研究。

　　2.具有长自由程与高态密度的半导体新材料。

　　探寻具备载流子长自由程与高态密度的半导体新材料体系。研究其材料生长、表征、异质集成方法以及进行器件制备的关键工艺，关注器件与电路集成对材料特性的需求、材料制备与集成过程中缺陷形成机制、极限尺度下物理特性的可控性等。

　　鼓励和工程与材料科学等学科的交叉研究。

　　3.近似弹道输运机制及器件技术。

　　探索载流子的近似弹道输运机制及其实现方法，研制出超越硅基CMOS器件开关速度的新原理高性能器件。研究集成工艺环境下载流子速度退化机理、抑制载流子速度退化的结构设计与工艺方法、极端条件下的器件表征、器件模型与仿真以及面向不同应用的电路设计等。

　　鼓励和数理科学、工程与材料科学等学科的交叉研究。

　　4.新原理信息存储机制及器件技术。

　　研究利用材料结构、电荷分布、分子极化、电子自旋等状态改变进行信息存储的新原理，并研究磁场、电场、光场及混合场效应对状态改变的调控机理，关注存储材料的筛选和改性，设计适于高密度集成的器件结构，在关键集成工艺突破的基础上，研制出新原理存储器件及阵列。

　　鼓励和工程与材料科学、数理科学等学科的交叉研究。

　　5.非冯计算新器件技术。

　　探索不同于经典冯∙诺依曼架构下的计算、存储及算存融合的新效应与新机制，研制具有高能效的信息处理器件或者单元。研究材料特性与器件特性之间的关联及模型、多场调控及输运机理、大规模互联与集成架构、非理想因素对新效应新机制的影响规律以及单元电路设计等关键技术。

　　鼓励和工程与材料科学、生命科学等学科的交叉研究。

　　6.非冯计算范式及架构。

　　研究新型计算范式及架构，研制具有高能效、高容错性、高并行度等特征的非冯架构集成电路。关注近存计算、存内计算、感存算一体、随机计算等新型计算范式及架构，并针对新范式和新架构开展相关的电路模型、器件-电路-架构协同优化方法、自动化综合设计方法等关键技术研究。

　　鼓励和数理科学、生命科学等学科的交叉研究。

　　（二）重点支持项目。

　　围绕核心科学问题，以总体科学目标为牵引，2019年对于前期研究成果积累较好、处于当前前沿热点、对总体目标有较大贡献的申请项目，将以重点支持项目方式予以资助，重点支持方向如下：

　　1.亚fJ开关能耗的新原理器件。

　　探索突破传统CMOS器件开关能耗极限的新机制，实现fJ以下开关能耗、并与CMOS工艺兼容的新原理器件。重点研究具备超陡亚阈值摆幅、极低静态泄漏电流和超低操作电压的新器件。研究器件输运机制、仿真模型、制备工艺、影响开关能耗的物理因素、可靠性与电路设计等。

　　鼓励和数理科学、工程与材料科学等学科的交叉研究。

　　2.高性能异质集成器件。

　　研究非硅材料和器件异质集成方法，通过异质结构与能带设计调控载流子输运特性，获得超越硅基CMOS器件的载流子输运速度，研制与CMOS工艺兼容的高性能新原理器件。实现多功能的材料与器件集成系统，在制备工艺、输运机制、界面调控等方面取得突破。

　　鼓励和数理科学、工程与材料科学等学科的交叉研究。

　　3.神经形态计算新原理器件。

　　研究神经形态计算的器件理论与实现方法，研制能够模拟生物单元功能、性能优化且单脉冲操作能耗低于生物单元的神经形态纳米器件。重点研究模拟生物单元信息处理过程的动力学机制、器件与材料特性的联动调控机制、大规模互联与集成架构等。

　　鼓励和生命科学、工程与材料科学等学科的交叉研究。

　　4.超越百TOPs/W的非冯计算架构。

　　研究经典冯∙诺依曼架构能效的理论极限，探索提升计算能效的新机制，重点研究如何减少数据搬运的方法，如何利用新材料的特性完成模拟计算，如何增强非冯架构的可扩展性和通用性，实现能效突破百TOPs/W的新型非冯计算架构，包括存内计算架构、存储与计算一体化架构、神经网络处理器架构、高维度计算架构等。

　　鼓励和数理科学学科、工程与材料科学、生命科学等学科的交叉研究。

　　四、项目遴选的基本原则

　　（一）紧密围绕核心科学问题，鼓励有价值的前沿探索和创新研究。

　　（二）优先资助能解决芯片中的实际难题、具有应用前景的研究项目。

　　（三）鼓励多学科交叉研究。

　　（四）重点资助具有良好研究基础和前期积累、对总体目标有直接贡献的研究项目。

　　五、2019年度资助计划

　　2019年度拟资助培育项目10项，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“2020年1月1日-2022年12月31日”；拟资助重点支持项目4项，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“2020年1月1日-2023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。

　　1.申请人同年只能申请1项重大研究计划项目（其中：重大研究计划项目中的集成项目和战略研究项目除外）；上一年度获得重大研究计划项目（不包括集成项目和战略研究项目）资助的项目负责人，本年度不得作为申请人申请重大研究计划项目。

　　2.申请和承担项目总数的限制规定。

　　（1）高级专业技术职务（职称）人员申请和承担项目总数：具有高级专业技术职务（职称）的人员，申请（包括申请人和主要参与者）和正在承担（包括负责人和主要参与者）以下类型项目总数合计限为 3 项：面上项目、重点项目、重大项目、重大研究计划项目（不包括集成项目和战略研究项目）、联合基金项目、青年科学基金项目、地区科学基金项目、优秀青年科学基金项目、国家杰出青年科学基金项目、重点国际（地区）合作研究项目、直接费用大于 200 万元/项的组织间国际（地区）合作研究项目（仅限作为申请人申请和作为负责人承担，作为主要参与者不限）、国家重大科研仪器研制项目（含承担国家重大科研仪器设备研制专项项目）、基础科学中心项目、资助期限超过 1 年的应急管理项目以及资助期限超过 1 年的专项项目[特殊说明的除外；应急管理项目中的局（室）委托任务及软课题研究项目、专项项目中的科技活动项目除外]。

　　（2）不具有高级专业技术职务（职称）人员申请和承担项目总数：作为申请人申请和作为项目负责人正在承担的项目数合计限为 1 项； 在保证有足够的时间和精力参与项目研究工作的前提下，作为主要参与者申请或者承担各类型项目数量不限。晋升为高级专业技术职务（职称）后，原来作为负责人正在承担的项目计入申请和承担项目总数范围，原来作为主要参与者正在承担的项目不计入。

　　3.计入申请和承担项目总数的部分项目类型的特殊要求。

　　（1）优秀青年科学基金项目和国家杰出青年科学基金项目申请时不计入申请和承担总数范围；正式接收申请到自然科学基金委作出资助与否决定之前，以及获得资助后，计入申请和承担总数范围。

　　（2）基础科学中心项目申请时不计入申请和承担总数范围；正式接收申请到自然科学基金委作出资助与否决定之前，以及获得资助后，计入申请和承担总数范围。基础科学中心项目负责人及主要参与者（骨干成员）在结题前不得作为申请人申请重大研究计划项目。

　　（3）国家重大科研仪器研制项目（部门推荐）获得资助后，项目负责人在准予结题前不得作为申请人申请重大研究计划项目。

　　（三）申请注意事项。

　　1.申请书报送日期为2019年9月16日-9月20日16时。

　　2.项目申请书采用在线方式撰写。对申请人具体要求如下：

　　（1）申请人在填报申请书前，应当认真阅读本项目指南和《2019年度国家自然科学基金项目指南》中申请须知和限项申请规定的相关内容，不符合项目指南和相关要求的申请项目不予受理。

　　（2）本重大研究计划旨在紧密围绕核心科学问题，将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）申请人登录科学基金网络信息系统https://isisn.nsfc.gov.cn/（没有系统账号的申请人请向依托单位基金管理联系人申请开户），按照撰写提纲及相关要求撰写申请书。

　　（4）申请书中的资助类别选择“重大研究计划”，亚类说明选择“重点支持项目”或“培育项目”，附注说明选择“后摩尔时代新器件基础研究”，根据申请的具体研究内容选择相应的申请代码。

　　培育项目和重点支持项目的合作研究单位不得超过2个。

　　（5）申请人应当按照重大研究计划申请书的撰写提纲撰写申请书，在“立项依据与研究内容”部分，需要首先说明本次申请符合指南中哪一个重点资助的研究方向。在论述部分，应明确提出假说，论述其科学意义和依据，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。

　　（6）申请人应当认真阅读《2019年度国家自然科学基金项目指南》中预算编报须知的内容，严格按照《国家自然科学基金资助项目资金管理办法》《项目资金管理有关问题的补充通知》以及《国家自然科学基金项目资金预算表编制说明》的具体要求，按照“目标相关性、政策相符性、经济合理性”的基本原则，认真编制《国家自然科学基金项目预算表》。多个单位共同承担一个项目的，项目申请人和合作研究单位的参与者应当分别编制项目预算，经所在单位审核后，由申请人汇总编制。

　　（7）申请人完成申请书撰写后，在线提交电子申请书及附件材料，下载打印最终PDF版本申请书，并保证纸质申请书与电子版内容一致。

　　（8）申请人应及时向依托单位提交签字后的纸质申请书原件以及其他特别说明要求提交的纸质材料原件等附件。

　　3.依托单位应对本单位申请人所提交申请材料的真实性、完整性和合规性进行审核；对申请人申报预算的目标相关性、政策相符性和经济合理性进行审核，并在规定时间内将申请材料报送国家自然科学基金委员会。具体要求如下：

　　（1）应在规定的项目申请截止日期（2019年9月20日16时）前提交本单位电子申请书及附件材料，并统一报送经依托单位签字盖章后的纸质申请书原件（一式一份）及要求报送的纸质附件材料。

　　（2）提交电子版申请书时，应通过信息系统逐项确认。

　　（3）报送纸质申请材料时，还应提供由法定代表人签字、依托单位加盖公章的依托单位科研诚信承诺书，并附申请项目清单，材料不完整不予接收。

　　（4）可将纸质申请材料直接送达或邮寄至国家自然科学基金委员会项目材料接收工作组。采用邮寄方式的，请在项目申请截止时间前（以发信邮戳日期为准）以快递方式邮寄，以免延误申请，并在信封左下角注明“重大研究计划项目申请材料”。

　　4.申请书由国家自然科学基金委员会项目材料接收工作组负责接收，材料接收工作组联系方式如下：

　　通讯地址：北京市海淀区双清路83号，国家自然科学基金委员会项目材料接收工作组（行政楼101房间）

　　邮　　编：100085

　　联系电话：010-62328591

　　5.本重大研究计划咨询方式：

　　国家自然科学基金委员会信息科学部四处

　　联系电话：010-62327143

　　（四）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一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。