



北京信息科学与技术国家研究中心

Beijing National Research Center for Information Science and Technology

# 简 报

办公室编印

2024 年 12 月刊

2024 年 12 月 31 日

## 本期导读

### 焦点要闻

- 长城工程科技会议“中医药与人工智能交叉研究专题会议”举行

### 科研动态

- 方璐教授荣获 2024 年度何梁何利基金科学与技术创新奖
- 信息国家研究中心王东与昆明理工大学学者合作在《自然·机器智能》发表封面文章，用深度学习加速微磁学模拟
- 李越团队研发零折射率超材料天线落地联想平板电脑
- 《人民日报》头版报道清华大学气象预报大模型科研成果
- 数基生命系统交叉创新群体科研推进会举行
- 超感知与人机融合交叉创新群体科研推进会举行

### 交流合作

- 清华信息交叉创新沙龙第六期暨先进计算与 AI 研讨会举行
- 北京信息科学与技术国家研究中心系列交叉论坛（第八十八期）举行
- 认知物理学研讨会在清华大学举办
- 北京信息科学与技术国家研究中心系列交叉论坛（第八十九期）举行
- 第十期清华信息青年学者沙龙暨青年创新基金 2024 年度交流活动举行

### 重点成果介绍

- 清华大学团队研制感存算一体化光电忆阻器阵列，实现多模态智能视觉信息处理

### 综合报道

- 信息楼物业调研会议召开



## ◆ 焦点要闻

### 长城工程科技会议“中医药与人工智能交叉研究专题会议”举行

12月4日，长城工程科技会议“中医药与人工智能交叉研究专题会议”在清华大学举行。本次会议由清华大学主办，中药制药过程控制与智能制造技术全国重点实验室、清华大学北京市中医药交叉研究所承办。清华大学副校长王宏伟，中华中医药学会副秘书长马骏，中国工程院院士、全国人大常委会委员、九三学社中央副主席丛斌，中国工程院院士、中药制药过程控制与智能制造技术全国重点实验室主任肖伟，国家药品监督管理局副局长赵军宁等出席会议。本次会议执行主席、欧洲科学与艺术学院院士、清华大学北京市中医药交叉研究所所长、信息国家研究中心数基生命系统交叉创新群体李梢教授作成果介绍。会议由清华大学自动化系主任张涛、药学院党委书记刘清飞、科研院副院长李水清共同主持。



王宏伟致辞

王宏伟表示，清华大学始终坚持服务国家战略需求，肩负科技创新自立自强的重要使命。近年来，学校充分发挥在人工智能、大数据等信息学科，大生命学科以及多学科交叉研究方面拥有的人才优势和丰富的学科资源，围绕中医药与人工智能、大数据等信息科技，积极开展中医药交叉学科的研究、讨论和探索，全力推动中医药的创新发展，努力取得重大突破。未来，学校将通过医工结合、中西医结合进一步提升中医药原创科技动力，更好地服务于国家重大需求，服务于人类卫生健康事业。

马骏表示，希望大家坚持守正创新，推动传统医药和现代科学相结合、相促进，积极分享中医药和人工智能领域最新的研究进展，碰撞出更多火花。期待在以清华大学为代表的顶尖学府的引领下，在各位院士和专家的指导下，研究人员能充分发挥人工智能在中医药诊疗和新药研发领域的优势，为中医药的高质量发展、打造新质生产力注入强劲动能。

李梢介绍了 UNIQ-TCMN 系统平台功能与应用的成果。UNIQ 系统（基于网络靶标的药物网络药理学智能和定量分析方法与系统）是基于中医整体原创思维，结合大数据和人工智能的方法研制而成，以精准预测-定量解析-实验验证-临床印证为特色，可以实现反馈校正、迭代优化，以及中西医药的分子网络全局定位与导航。目前 UNIQ 系统已在胃癌防治和中药新药创制两个领域取得了重要应用。

赵军宁、丛斌、肖伟分别以“人工智能驱动的中医药科技创新与风险管理思



考”、“如何突破医学科学认知边界”、“基于网络药理学的中药‘功效物质-机制-量效’研究”为题作主旨报告。

圆桌会议围绕“面对中医药与 AI 的交叉研究要重点解决哪些问题”“人工智能网络药理学关键技术在中医药现代化中的应用与挑战”“如何将网络药理学的科学理念与药品科学监管进行有机结合”“如何利用‘AI+网络药理学’提高中药新药研发效率和成功率”“如何打造中药新药智能研发模式：处方优化设计、药效和安全性预测评估及验证”等五大主题展开讨论。

## ◆ 科研动态

### 方璐教授荣获 2024 年度何梁何利基金科学技术创新奖

12 月 3 日，何梁何利基金 2024 年度颁奖大会在北京举行。本年度何梁何利基金奖共授予 56 位科技工作者，其中授予 1 人“科学与技术成就奖”，33 人“科学与技术进步奖”，22 人“科学技术创新奖”。清华大学电子工程系长聘教授、信息认知与系统智能研究所所长、信息国家研究中心首席科学家方璐荣获何梁何利基金科学技术创新奖（青年创新奖）。



方璐

方璐教授致力于人工智能与计算光学交叉研究。首创了分布式广度光计算架构，建立了干涉-衍射联合传播模型，研制了国际首款大规模通用智能光计算芯片“太极-I”；提出了全前向传播的智能光计算训练架构，突破训练规模与精度矛盾的难题，研制了智能光计算训练芯片“太极-II”；太极系列以光子之道，将为人工智能训练与推理注入了算力发展的新动力。发表 Science 1 篇、Nature 3 篇、Nature Photonics 等 N/S 子刊 15 篇。

### 信息国家研究中心王东与昆明理工大学学者合作在《自然·机器学习》发表封面文章，用深度学习加速微磁学模拟

微磁学是研究磁性材料微观磁化行为的重要领域，数值模拟是微磁学研究的主要工具。传统微磁学模拟基于朗道-利夫希兹-吉尔伯特（LLG）方程，计算复杂度高，无法处理大尺度样本，极大影响了微磁学的实用价值。近日，昆明理工大学和清华大学联合团队在《自然·机器学习》杂志发表封面文章，将微磁学模拟的计算复杂度从  $O(n \log(n))$  降低到了  $O(N)$ ，为研究大尺度复杂磁性系统打开了大门。文章第一作者为昆明理工大学的蔡云麒副教授（原清华大学博士后，现为中科院物理所副研究员），昆明理工大学材料与工程学院的李江南副教授和清

华大学信息国家研究中心王东副研究员为共同通讯作者。

### 李越团队研发零折射率超材料天线落地联想平板电脑

近日，联想集团发布了其最新款旗舰平板电脑——YOGA Pad Pro，成为业界首款采用超材料天线技术的平板电脑。这款平板电脑搭载的天线是清华大学电子工程系、信息国家研究中心光电智能技术交叉创新群体李越副教授团队关于“零折射



联想 YOGA Pad Pro 概念图

率超材料天线”的研究成果的成功转化。李越团队在天线领域顶级期刊《IEEE 天线与传播学报》（IEEE Transactions on Antennas and Propagation）上发表题为 Multimode Balanced Mu-Near-Zero Loop Antenna for Wi-Fi 6/6E Applications in Full Metal Housing Tablet Computers 的论文，首次提出了用于平板电脑的零折射率超材料天线，具有宽带、高效率的优点。通过与联想全球创新中心的产学研合作，李越团队将这一前沿的科研成果从学术论文转化为实际产品，推动了科研成果的落地应用，将创造力变成了生产力。

零折射率超材料是一类具有近零折射率的人工电磁结构，具有超越天然材料的电磁特性。2017 年，李越团队与美国宾夕法尼亚大学的纳德·恩赫塔（Nader Engheta）院士合作，在《科学》（Science）杂志上发表文章，创造性地提出了零折射率超材料的概念，发现其谐振频率与材料尺寸无关的性质，即有零折射率超材料设计的谐振结构，其本征频率只与材料的零折射率频率有关，与材料的形状、尺寸无关。此后，李越团队继续深入研究零折射率超材料的物理特性，并面向工程应用。2022 年，李越团队在《自然·通讯》（Nature Communications）期刊上发表文章，揭示了零折射率超材料的电磁辐射具有空时解耦特性，提出了本征频率与天线尺寸无关的新型零折射率超材料天线，并通过实验进行验证。

李越团队始终致力于将零折射率超材料应用于实际工程中，实现科研成果的落地与转化。尽管《自然·通讯》期刊上发表的研究成果具有独特的理论价值，但受限于结构因素，尚无法直接应用于产品中。因此，团队另辟蹊径，采用周期性断线环结构，在极小空间内成功实现了基于《自然·通讯》中理论概念的零折射率天线设计。这款天线尺寸小，可以放置在平板电脑中，在原有的天线工作模式（1/2/3 阶模式）基础上，在低频段引入了基于零折射率的“零阶模式”，在不增加天线的空间尺寸前提下，拓展天线的工作带宽，低频段天线效率明显提升。该天线能够充分利用平板电脑内部空间，实现辐射口面最大化，实现超过现有行业平均水平的带宽和辐射效率。相关内容发表在天线领域顶级期刊 IEEE





Transactions on Antennas and Propagation 上。

李越团队与联想集团全球创新中心紧密合作，成功将这一科研成果应用于消费电子产品，推动行业的发展和进步。近日，联想发布了搭载这一技术的、业界首款超材料平板电脑——YOGA Pad Pro。相较于同类型产品，这款天线具有更宽的频谱带宽和更高的辐射效率，Wi-Fi 7 的优势频段 5G 和 6G 频段的天线性能比业界现有水平提升 10%，通信距离提升 10%，为高清视频、在线游戏和 AI 端云大模型应用等场景提供了更快、更稳的无线连接用户体验。从顶级期刊的论文到业界领先的消费电子产品，李越团队将“创造力”转化为“生产力”，实现了从“书架到货架”的跨越。

相关产学研转化工作由李越团队和联想集团合作完成。Multimode Balanced Mu-Near-Zero Loop Antenna for Wi-Fi 6/6E Applications in Full Metal Housing Tablet Computers 的论文，通讯作者为李越副教授，博士生闫雯获为第一作者，其他参与者包括李越团队博士后张永健、博士生李铠峰及联想公司相关人员。该产学研合作案例还得到了《人民日报》的报道。

### 《人民日报》头版报道清华大学气象预报大模型科研成果

12 月 26 日，《人民日报》头版刊载了《谱写气象强国建设新篇章》，报道了中国气象局与清华大学联合研发的“风清”“风雷”人工智能气象预报大模型。



人民日报头版报道“风清”“风雷”大模型

2023 年 7 月，国家气象中心、国家气象信息中心与清华大学软件学院举行“气象预报大模型”战略合作会议，启动联合攻关。基于清华大学软件学院、信息国家研究中心王建民、龙明盛团队 2017 年以来在人工智能气象预报方面的技术积累，综合国内气象大模型发展并对标国际前沿进展，在大模型预报核心技术、预报精准程度上寻求突破，构建了“风清”大模型和“风雷”大模型并实现了业务化应用。

人工智能全球中短期预报系统（“风清”大模型）具有大气强物理融入和可解释性，在实现高效计算的同时，可为预测结果提供物理可解释性依据，自动挖掘包括天气系统内在的物理演变。该模型的训练过程紧密结合物理守恒特性，可有效提升长时效预报结果的活跃度。模型采用可扩展的多时效优化策略，可综合考虑未来多天预报的效果，有效延长预报时效，不断提升短中期预报效果。检验结果表明，该模型全球可用预报天数达到 10.5 天，超过欧美主流气象预报大模型，尤其是在较长预报时效上，具有更为明显的优势。2024 年 9 月业务化运行



以来，“风清”大模型已在今年的台风、高温、寒潮降温及大风预报中得到应用，并在台风路径预报、短期降水预报中展现出显著优势。

人工智能临近预报系统（“风雷”大模型）将数据驱动与物理驱动两大科学范式紧密结合，显著提高了公里尺度下 0 至 3 小时雷达回波的预报能力，并实现深度学习与物理规律的无缝隙融合。“风雷”大模型将物理模型的中尺度预测和人工智能的对流尺度预测有机融合，在预测准确性和细节丰富性上实现突破。同时，构建了一套“数据—算力—平台”全流程短临预报系统，能够在 3 分钟内生成 0 至 3 小时逐 6 分钟的雷达回波外推产品，实现强回波预报技巧提升 25%。在美国学者开展的业务检验评估中，“风雷”大模型在极端降水临近预报上的表现超过了美国最新一代的数值天气预报模型。2024 年 9 月业务化运行以来，“风雷”大模型经受住了多次强对流极端降水过程的考验，发挥了气象防灾减灾第一道防线作用。

### 数基生命系统交叉创新群体科研推进会举行

12 月 7 日，信息国家研究中心数基生命系统交叉创新群体围绕“生命基础模型”在线进行了科研推进会。群体核心成员及部分成员参与了讨论。

会上，数基生命系统交叉创新群体负责人张学工介绍了群体新一阶段的科研进展及下一阶段的建设目标，强调了本学年数基生命理念在推动数智医学研究和生物医学应用方面的重要作用。围绕数字智能驱动的生物医学探索及应用，各位老师基于各自团队的研究项目展开热烈讨论，剖析了现阶段团队项目的方法与技术难点，进一步明确了团队研究项目的要点及研究方向，提出要共同推动数基生命系统、共建数字医疗生态。研讨会气氛热烈，收效显著。

### 超感知与人机融合交叉创新群体科研推进会举行

12 月 17 日上午，超感知与人机融合交叉创新群体科研推进会在清华大学信息楼 4-302 会议室举行。群体负责人任天令教授、自动化系张涛教授、计算机系刘华平教授、电子系刘勇攀教授、自动化系范静涛研究员及群体主要成员等 10 余人参加会议。会议由任天令主持。

会上，群体成员依次对近期研究进展情况、技术难点、未来规划进行了详细交流。任天令、张涛、刘勇攀、刘华平分别就多模态、超感知、大模型、智能传感、芯片、多体协同、人机交互的研究做了介绍交流。与会人员针对群体建设、未来发展、校企合作等问题进行热烈的讨论。

任天令在回顾群体目标和近期科研进展时提到，开展芯网多模态感知交互、可穿戴和芯片生物体等异质融合方面的创新研究，突破多模态超感知、异构计算



等核心关键技术意义重大，要在现有的研究基础上形成更为紧密的技术合作，科研成果要充分体现群体合作的贡献，积极筹划重大科研项目、重点研发专项，加强沟通交流，依托联合研究机构平台推动科技创新和产业进步。

## ◆ 交流合作

### 清华信息交叉创新沙龙第六期暨先进计算与 AI 研讨会举行

12 月 4 日，清华信息交叉创新沙龙第六期暨先进计算与 AI 研讨会在清华大学南门华为黄大年茶思屋举行，研讨会由信息国家研究中心协同智能通算一体交叉创新群体与华为公司联合举办，结合学术界先进技术和产业界业务需求。邀请了来自华为公司、生数科技、清华大学、北京大学、上海交通大学等单位的 20 余位先进计算与 AI 领域的专家学者参与研讨交流，研讨会由协同智能通算一体创新群体汪玉教授主持。



会议现场

与会专家围绕“先进计算与 AI”主题作了精彩的学术报告，生数科技 CTO 鲍凡、清华大学电子系姚权铭助理教授、计算机系陈键飞副教授、北京大学孙广宇副教授、上海交通大学戴国浩副教授、华为诺亚方舟实验室于献智等业内专家分别就生成式大模型算法和数据、基于内我的对话式推荐技术、低精度计算的高效神经网络训练及推理、DRAM 近存计算架构的端侧大模型推理优化、面向视频生成模型的软硬件协同加速方法、华为公司相关业务挑战等 AI 应用中的先进计算的理论、技术和产业的最新研究进展进行了分享与交流。

此次研讨会内容丰富，涵盖了先进计算与 AI 领域的多个关键方向。与会专家指出，大模式时代下的算法和硬件创新对于人工智能发展至关重要。通过各个议题的深入探讨，将有助于推动相关技术的发展与创新，促进不同研究机构和企业之间的交流与合作，为领域发展提供新的思路 and 方向。

### 北京信息科学与技术国家研究中心系列交叉论坛（第八十八期）举行

12 月 5 日晚，北京信息科学与技术国家研究中心系列交叉论坛（第八十八期）通过线上会议和直播的形式举行，本次论坛邀请了南京航空航天大学校长姜斌教授作题为“多智能体系统的故障诊断与容错控制及应用”的报告。论坛由清华大学信息学院院长、信息国家研究中心主任戴琼海院士和信息学院副院长任天令教授共同主持。信息国家研究中心党政联席会成员、群体负责人以及校外外师

生等 330 余人通过腾讯会议在线参加论坛，累计约 28 万人次通过上直播、新浪、百度等直播平台在线观看。

近年来，多智能体系统（MAS）因其在复杂任务处理、分布式控制及协同作业方面的显著优势，在航空航天、无人驾驶、智能物流、环境监测等多个领域得到了广泛应用。然而，随着系统复杂性的增加，智能体间的交互及外部环境的不确定性导致系统运行时易出现故障，包括单个智能体的硬件或软件故障，以及智能体间的通信故障。这些故障直接威胁到系统的稳定性和安全性。因此，对多智能体系统的故障诊断和容错控制技术的研究显得尤为重要。报告中，姜斌探讨了同构和异构多智能体系统的故障诊断与容错控制方法。在故障诊断方面，提出了基于分布式事件触发的故障诊断机制及结合神经网络技术的智能故障诊断策略；在容错控制方面，融合了全驱系统理论、博弈论、快速自适应算法和预设性能控制等多种理论方法，以实现系统的自我修复和稳定运行。最后，通过实际无人编队系统进行了理论方法的实验验证。

问答环节，姜斌就面对这种复杂异构多任务系统，相关理论和控制策略是否可以进行拓展和应用等问题进行充分解读。



姜斌作报告

### 认知物理学研讨会在清华大学举办

12 月 18 日，认知物理学研讨会在清华大学信息楼多功能厅举办。本次研讨会旨在探讨由李德毅院士提出的我国自主原创的理论体系——认知物理学，分享不确定性人工智能与认知物理学的最新成果。李衍达、卢锡城等 12 位院士出席会议并发言。会议由清华大学孙富春教授主持。



戴琼海致辞

清华大学信息学院院长、信息国家研究中心主任戴琼海院士在致辞中表示，李德毅院士从 2002 年开始担任清华大学兼职教授，2005 年担任清华信息科学与技术国家实验室（筹）理事会的副理事长，为国家实验室（筹）的建设与发展出谋划策，为北京信息科学与技术国家研究中心的组建做出了突出的贡献，增强了清华大学在信息科学与技术领域的竞争力。早在 20 多年前，李德毅院士提出认知物理学思想，即用物理学的理论方法和技术，用物理的机器，实现人类不确定性认知。如今，他潜心研究，思如泉涌，专注信息和智能领域的基础科学问题，





提出机器认知的三部曲,开辟各智其智、智人之智、智智与共的人工智能新方向,形成了较为完整的认知物理学思想体系。希望通过此次研讨会,让更多的人了解和分享不确定性人工智能与认知物理学的成果,通过广泛的讨论,推动我国人工智能的发展。

与会专家学者从不同视角畅谈了对认知物理学的认识和理解,以及其与人工智能技术的融合,回顾了李德毅院士在认知物理学领域的重大贡献,探讨了对人工智能发展的推动作用。

中国人工智能学会名誉理事长李德毅院士在发言中对在认知科学和人工智能领域辛勤耕耘,默默付出的前辈们表达了深深的钦佩之情。他指出,物质、能量、结构、时间是认知物理学的“四要素”,既是机器认知的基础,也是生命认知的关键。探索“机器如何像人,但又不完全像人”的问题,将为智能的多样性带来新的理解与应用契机。他还对发表的机器认知三部曲进行了深入讲解,阐明了人的认知和机器的认知在物理上是同理,在数学上是同构,在认知上是同序。在谈到未来科学技术发展时,李德毅院士对中国本土学者寄予了深深的厚望,号召大家主动应对智能时代的挑战,不仅要敢于批评与接受反馈,更要致力于原创性基础研究,以赢得国际学术界的认可,提升中国在全球科学领域的地位。

来自高校、科研院所、学会和企业的专家学者等 120 余人参加会议。

### 北京信息科学与技术国家研究中心系列交叉论坛（第八十九期）举行

12 月 19 日晚,北京信息科学与技术国家研究中心系列交叉论坛（第八十九期）通过线上会议和直播的形式举行,本次论坛邀请了中国科学院院士、自动控制领域专家段广仁作题为“全驱系统控制理论——诞生背景、发展现状与应用进展”的报告。



段广仁作报告

论坛由清华大学信息学院院长、信息国家研究中心主任戴琼海院士和信息学院副院长任天令教授共同主持。信息国家研究中心党政联席会成员、群体负责人以及校内外师生等 300 余人通过腾讯会议在线参加论坛,累计约 39 万人次通过上直播、新浪、百度等直播平台在线观看。

尽管当今的控制工程领域依然繁荣发展,但控制理论体系早已面临困境。就在基础控制理论走向沉寂的时候,受物理上全驱系统的启发,段广仁团队于 2020-2021 年提出了一个全新的全驱系统理论体系的基本框架,得到了国内外众多控制学者的认同和参与。目前,在全体全驱系统方法研究者的共同努力下,一个全新的全驱系统理论体系已经形成,它在处理非线性、时变性、滞后特性、非光滑特性等一系列复杂问题上显示了极其强大的优越性,为控制理论发展开辟了



一条崭新的途径。报告中，段广仁对全驱系统方法的诞生背景、研究现状和应用进展做了系统的概述。

问答环节，段广仁就如何推动全驱系统方法进一步发展等问题进行了充分解读。

### 第十期清华信息青年学者沙龙暨青年创新基金 2024 年度交流活动举行

12 月 19 日，由清华大学北京信息科学与技术国家研究中心和信息科学技术学院共同主办的第十期清华信息青年学者沙龙暨青年创新基金 2024 年度交流活动在信息楼举行。

活动分为学术报告和成果展示交流两个环节。



朱文武主持成果展示交流

学术报告交流分组在 1 区 312、315 和 415 会议室进行，信息国家研究中心副主任朱文武教授、丁贵广教授和李清教授分别主持会议。18 位信息国家研究中心青年创新基金项目承担者就研究工作进展、创新特色成果、后续计划和预期成果进行了汇报交流，11 位将在 2025 年获得基金支持的优秀青年教师就本人学术发展情况和项目工作计划进行了汇报答辩。信息学院多位资深教授作为专家评委参加了会议，就项目科研工作和青年教师事业发展提出了建议。成果展示交流在 1 区 312 会议室举行，28 个基金项目以 POSTER 的形式进行展示介绍，来自信息学院各单位、信息国家研究中心各交叉创新群体的 40 余位师生参加了此次交流活动。

朱文武介绍了信息国家研究中心的交叉创新群体的科研工作布局，强调了交叉创新和相互交流的重要性，表示不同研究领域的交叉碰撞是实现原始创新、解决关键科学问题的重要方法和路径。

集成电路学院知名教授王志华分享了自身的事业发展感悟和对世界一流大学的理解，鼓励青年学者重视国际同行交流，踏实做好面向重点领域应用和产业界认可的科研成果，努力实现国际领先的科技发展目标。

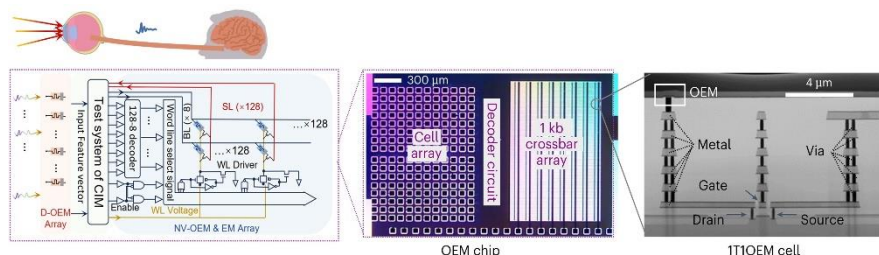
## ◆ 重点成果介绍

### 清华大学团队研制感存算一体化光电忆阻器阵列，实现多模态智能视觉信息处理

人工智能视觉系统在自动驾驶、具身智能等领域中发挥着至关重要的作用。在传统视觉芯片架构中，由于传感、计算和存储单元的分离导致大量数据的转换和传输，带来了延时和能耗开销。受生物视觉系统启发的感内计算（in-sensor

computing) 架构应运而生, 因其能在传感端进行原位信息处理, 实现感存算一体化, 减少数据冗余传输, 降低系统延时与能耗, 展现出巨大潜力。然而, 视觉感内计算研究尚处于起步阶段: 在硬件层面, 当前研究大多聚焦于单个光电感存算一体化器件, 缺少将大规模阵列与硅 CMOS 电路有效集成的方案; 在算法架构层面, 当前演示的感内计算功能较为单一, 难以支撑复杂视觉信息处理任务。

针对上述挑战, 清华大学集成电路学院、信息国家研究中心研究团队研制了具有多模态的感存算一体化光电忆阻器阵列, 搭建了单片集成的感内计算原型系统, 用于处理多阶视觉任务。该系统片上集成了 1kb (1024 个) 1T-1OEM 光电忆阻器阵列与硅 CMOS 外围电路, 基于  $\text{TiO}_x/\text{ZnO}$  的新型光电忆阻器具有多种工作模式, 包括电学忆阻器 (EM)、动态光电忆阻器 (D-OEM) 和非易失性光电忆阻器 (NV-OEM) 模式, 这些模式可通过光电激励引发的电荷密度分布变化来进行有效调控。通过对光电忆阻器阵列配置不同的工作模式, 研究团队成功演示了从低阶到高阶的智能视觉信息处理任务, 具有高准确率与低能耗的优势, 为复杂场景智能视觉应用提供了一个高效的硬件平台。



多模态感存算一体化光电忆阻器阵列:

片上集成 1kb 光电忆阻器 1T-1OEM 单元和硅 CMOS 外围电路

在该工作中, 研究团队设计并制备了一种新型的双层氧化物光电忆阻器, 其结构为  $\text{Pd}/\text{TiO}_x/\text{ZnO}/\text{TiN}$ , 在器件中引入  $\text{TiO}_x$  界面层以增强阻变的稳定性并提升光电响应。通过光电激励可以调控器件三种不同的工作模式: 原始状态为光电脉冲激励下的动态响应模式、电压脉冲激励下的循环阻变模式以及在电学 Forming 后的非易失性光电响应模式。为进一步阐明光电忆阻器的多模态调控机制, 团队采用了差分相位对比扫描透射电子显微镜 (DPC-STEM) 这一前沿成像技术, 精确观测了光电调控过程中  $\text{ZnO}$  内部电荷密度的分布变化, 这些观察结果为理解器件光电响应模式的调控提供了有力支撑。

在此基础上, 研究团队进一步通过 CMOS 后道兼容工艺, 将 1024 个 1T-1OEM 光电忆阻器单元组成的  $128 \times 8$  阵列集成到硅基 CMOS 译码电路的上方, 通过光电测试验证该阵列具有良好的均一性与稳定性, 同时可以实现多比特编程和感存算一体化功能。

基于该光电忆阻器阵列, 研究团队演示了多种场景的智能视觉信息处理任务: 在图像传感预处理任务中, 利用 NV-OEM 模式可以将图像识别率从 85.7% 提升至



97.6%；在高阶认知任务中，利用 D-OEM 与 NV-OEM 阵列协同工作演示多目标定位跟踪，在模拟环境噪声的干扰下，通过多次训练依然可以实现 96.1%的高准确率；在此基础上，首次构建了基于全光电忆阻器的储备池计算系统，由 18 个 D-OEM 模式器件构成储备池层和  $1024 \times 5$  个 EM 模式器件构成读出层，在人体运动识别任务中以极低能耗实现了 91.2%的准确率。

相关成果以“面向多场景感内计算的全集成多模态光电忆阻器阵列”（Fully integrated multi-mode optoelectronic memristor array for diversified in-sensor computing）为题在线发表在《自然·纳米技术》（Nature Nanotechnology）上。清华大学信息国家研究中心光电智能技术交叉创新群体王钰言副研究员、唐建石副教授（集成电路学院）、吴华强教授（集成电路学院）是本论文的共同通讯作者，集成电路学院博士后黄河意是第一作者（现任中国科学院微电子研究所副研究员），合作者包括清华大学戴琼海院士、方璐教授、钱鹤教授、高滨副教授、姚鹏副研究员等。该研究得到了科技部重大项目、国家自然科学基金、北京信息科学与技术国家研究中心、北京集成电路高精尖创新中心、科学探索奖等支持。

## ◆ 综合报道

### 信息楼物业调研会议召开

12 月 6 日，信息楼物业调研会议在信息楼 4-302 会议室召开。清华大学副总务长、总务办主任李志华出席会议。

会上，李志华剖析了校内楼宇物业模式，肯定了信息楼的管理模式，并提出了优化意见与策略，包括招标择优、整合中控室、精简人员等。信息学院副院长任天令介绍了信息楼的管理运行现状，并表示，将从加强消防安全、满足用户使用需求、优化设备设施等方面提升信息楼物业管理水平，为广大师生营造良好校园环境。

报：清华大学党政领导、信息国家研究中心建设运行管理委员会成员、信息国家研究中心学术委员会成员、信息学院党政联席会成员、信息国家研究中心党政联席会成员

送：相关院系、部处负责人

发：信息国家研究中心各部门负责人

编辑：李琳

审核：王钰言

签发：丁贵广

联系电话：62792099

E-mail: bnrlist@tsinghua.edu.cn