



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

2022 年 4 月刊

2022 年 4 月 30 日

## 本期导读

- 第二届清华信息前沿交叉论坛举行
- 北京信息科学与技术国家研究中心系列交叉论坛（第四十期）举办
- 北京信息科学与技术国家研究中心系列交叉论坛（第四十一期）举办
- 北京信息科学与技术国家研究中心系列交叉论坛（第四十二期）举办
- 第八期清华信息青年学者沙龙举办
- 任天令团队在柔性声学器件领域取得重要进展
- 钱鹤、吴华强团队提出基于旋转神经元的新型储备池计算硬件架构
- 全国多中心“医工交叉”研究项目——基于 AI 的肝硬化门静脉高压中西医精准评估在清华大学启动
- 清华团队最新突破，缩短半导体光子雪崩探测器（SPAD）的“休眠时间”原来可以如此简单

## ◆ 焦点要闻

### 第二届清华信息前沿交叉论坛举行

4 月 15 日，值清华大学 111 周年校庆之际，由清华大学信息科学技术学院和北京信息科学与技术国家研究中心主办的第二届清华信息前沿交叉论坛在清华大学信息楼（FIT 楼）多功能厅举行。中国科学院软件研究所林惠民院士、中国运载火箭技术研究院首席总师姜杰院士、中国科学院雄安创新研究院



戴琼海院士致辞



院长祝宁华院士、中国科学院自动化研究所乔红院士，清华大学信息学院院长和信息国家研究中心主任戴琼海院士、信息国家研究中心副主任王小云院士和罗毅院士等出席了会议。罗毅院士和信息国家研究中心副主任朱文武教授、信息学院副院长任天令教授共同主持，校内师生 110 余人参加会议。

戴琼海院士致辞，介绍了信息国家研究中心围绕国家创新驱动科技发展战略、面向国家重大需求和卡脖子技术，以及国际信息科学前沿，依托院系、凝聚学科、优势互补、协同发展。戴琼海院士强调，国家战略苟利于民，不必法古；科技创新苟周于事，不必循俗；国际竞争无为而为，不争而争；科学精神无用之用，方为大用。

祝宁华院士以“光电子技术发展战略研究与思考”为题作报告，介绍了国家“十二五”到“十三五”期间的光电子战略研究与项目部署情况，提出光电子器件与技术是国家亟需发展的核心技术，光电融合集成和超高带宽光电子器件是必然发展趋势和国家重大需求。

乔红院士以“受人启发的机器人系统”为题，论述了为什么要做受人启发机器人及其定义，讲解了仿人机器人系统和受人神经启发机器人系统，展望了受人启发机器人系统的应用前景。

朱文武教授作题为“网络表征学习研究进展”的报告，介绍了十余年来团队深耕大规模网络分析领域，专注于诸多国家重大需求涉及的共性基础问题所做的代表性科研工作和取得的重要成果。

杨华中教授作题为“面向边缘智能的大面积薄膜晶体管芯片”的报告，提出大面积薄膜晶体管芯片在人工智能、大数据高速发展的时代面临着前所未有的机遇，介绍了其最新的研究和应用进展，以及未来发展的方向。

在圆桌论坛环节，林惠民院士结合自己的工作学习经历，介绍了我国软件产业的发展历程，及其强烈依靠人才发展和再生产成本为零的特性，分享了对于创新机制体制的思考和建设，鼓励青年学者努力进行原始创新。姜杰院士作为运载火箭导航制导与控制专家，从我国航天领域从无到有的巨大变化及建设航天强国的发展愿景出发，提出应更加重视基础科学与工程之间的工程科学，呼吁青年学者在工程科学方面多下功夫。王小云院士从团队密码学研究成功的经验谈起，鼓励研究人员要有底气进行自主创新，强调国内大学要有底气自主培养和评价创新人才。罗毅院士强调了交叉研究的重要性，提出科研人员选择攻关方向应源于国民经济和社会发展的实质需求，实现 0 到 1 的创新突破。

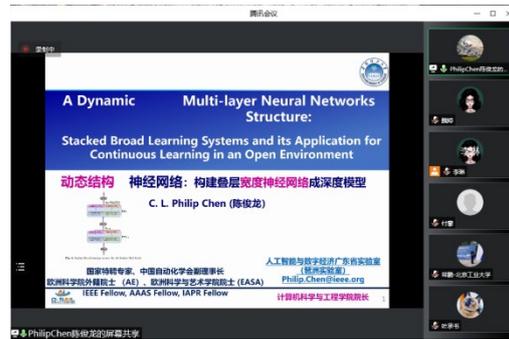
在开放、协作、友好的气氛中，参会人员同诸位专家学者进行了深入交流。聆听报告之余，与会人员观看了汇集清华信息学院部分突出成果的“清华信息创新成果展”。



清华信息前沿交叉论坛是清华大学信息科学技术学院和北京信息科学与技术国家研究中心在每年清华大学校庆期间举办的重要活动之一，首届论坛于2021年4月18日，清华大学110周年校庆期间举行。论坛围绕信息相关领域重大前沿、交叉性科学问题和我国急需解决的核心关键技术展开交流和研讨。

### 北京信息科学与技术国家研究中心系列交叉论坛（第四十期）举办

3月31日晚，北京信息科学与技术国家研究中心系列交叉论坛（第四十期）通过线上会议和直播的形式举办，本次论坛邀请了华南理工大学计算机科学与工程学院院长、讲座教授，清华大学海外杰出访问教授，中国自动化学会副理事长，IEEE/AAAS/IAPR/CAA Fellow 陈俊龙教授



陈俊龙教授作学术报告

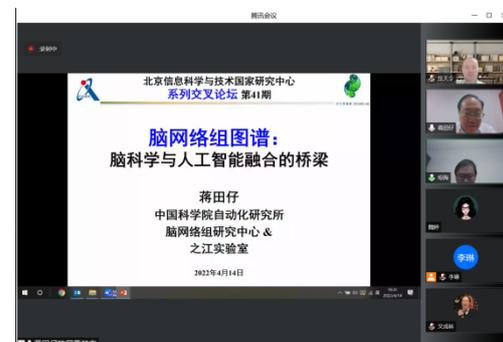
作题为“动态结构的神经网络：构建叠层宽度神经网络成深度模型”的报告。论坛由清华大学信息学院院长、信息国家研究中心主任戴琼海院士和信息学院副院长任天令教授共同主持。信息国家研究中心扩大会议成员、团队负责人以及校内外师生300余人通过腾讯会议在线参加论坛，累计约32万人次通过IT大咖说、新浪、百度等直播平台在线观看。

陈俊龙教授在报告中提出了一种具有动态结构的神经网络：由构建叠层宽度神经网络成的深度模型。该模型保留了宽度学习系统高效、快速的优点，同时通过残差连接将多个宽度学习系统模块叠加起来，增加网络的深度，提高网络的学习能力。并介绍了动态结构的神经网络的应用。

在提问交流环节，陈俊龙教授同与会人员就适合发挥宽度学习特点的领域，以及BLS扩充如何通过裁剪神经元做出改进等问题进行了深入交流与探讨。

### 北京信息科学与技术国家研究中心系列交叉论坛（第四十一期）举办

4月14日晚，北京信息科学与技术国家研究中心系列交叉论坛（第四十一期）通过线上会议和直播的形式举办，本次论坛邀请了中国科学院自动化研究所脑网络组研究中心主任，欧洲科学院外籍院士，IEEE/IAPR/AIMBE Fellow 蒋田仔研究员作题为“脑网络组图谱：脑科学与人工智能融合的桥梁”的报告。清华大学信息学院院长、信息国家研究中心主任戴琼海院



蒋田仔研究员作学术报告

士主持论坛。信息国家研究中心扩大会成员、团队负责人以及校内外师生 300 余人通过腾讯会议在线参加论坛，累计约 28 万人次通过 IT 大咖说、新浪、百度等直播平台在线观看。

报告中，蒋田仔研究员首先介绍了脑网络组和脑网络组图谱的研究背景及研究内容，包括脑网络组的定义，脑网络组与脑连接组的区别，脑网络组的主要研究方向，脑网络组图谱绘制的思想以及与现有脑图谱的本质区别等方面；然后介绍了脑网络组图谱在脑疾病早期预测和精准治疗中的应用；最后介绍了脑网络组图谱对类脑智能的启示并对未来研究方向进行了总结和展望。

在提问交流环节，蒋田仔研究员同与会人员就老年痴呆病理研究、婴幼儿认知形成研究和动物认知的异同及其未来的方向，以及数字孪生脑的研究是否为未来虚拟数字人脑等问题进行了深入交流与探讨。

### 北京信息科学与技术国家研究中心系列交叉论坛（第四十二期）举办

4 月 28 日晚，北京信息科学与技术国家研究中心系列交叉论坛（第四十二期）通过线上会议和直播的形式举办，本次论坛邀请了清华大学双聘教授，全国政协常委，中国人工智能学会会士，国际核能院院士张勤教授作题为“动态不确定因果图的基本原理和全科临床辅助诊断实践”的报告。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主持论坛。信息国家研究中心扩大会成员、团队负责人以及校内外师生 160 余人通过腾讯会议在线参加论坛，累计约 25 万人次通过 IT 大咖说、新浪、百度等直播平台在线观看。



张勤教授作学术报告

动态不确定因果图 DUCG (Dynamic uncertainty Causality Graph) 是一种全图形表达不确定因果知识并具有天然可解释性和泛化能力的新型人工智能理论模型和应用云平台。报告中，张勤教授首先演示了 DUCG 是如何构建的、如何指导基层医生动态精准收集病情信息（包括问诊查体和各种医学检查），诊断和解释疾病的。最后介绍了 DUCG 的基本原理，解释了可信辅助智能医疗诊断应该满足的九个必要条件，解释为什么大数据深度学习模型不适合基层全科临床诊断、同时又可为 DUCG 提供影像和声音识别信息，与 DUCG 一起共同完成全科临床辅助诊断。

在提问交流环节，张勤教授同与会人员就建库的过程及其有代表性的算法，DUCG 推广的规划，以及是否考虑过用 DUCG 设计一个游戏给村医以降低村医的认

知负荷等问题进行了深入交流与探讨。

### 第八期清华信息青年学者沙龙举办

4月13日,由清华大学信息科学技术学院和北京信息科学与技术国家研究中心主办的第八期清华信息青年学者沙龙在信息楼(FIT)二层多功能厅成功举办。来自清华大学信息学院各院系、信息国家研究中心以及信息化工作办公室等单位90余名教职工参加了活动。计算机系党委书记刘奕群主持会议。



李晓南作报告

在学校开展全面从严治党集中教育月活动之际,本次沙龙特邀反腐警示教育专家、原某国家机关警示教育中心主任李晓南作“全面从严治党警示教育”专题报告。报告围绕职务犯罪概述、职务犯罪成本分析以及对职务犯罪的反思三个方面展开,报告中回顾了习近平总书记关于全面从严治党的重要论述,详细分析了腐败造成的风险与危害,并普及了《中华人民共和国刑法修正案》《监察法》等相关法律知识。

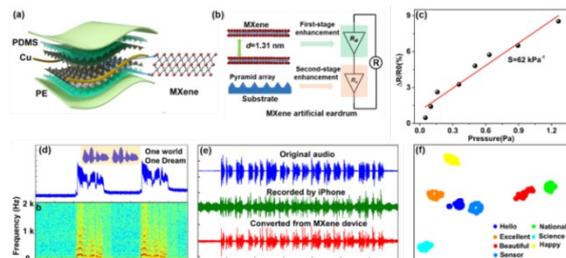
此外,通过生动的警示案例,并结合自己四十余年的工作感悟,李晓南强调,高校教职员工也应加强党史教育和警示教育,加强对反腐斗争的认识,牢记总书记的教导,提高自我道德修养,慎思、慎微、慎独,积极弘扬正能量,远离职务犯罪。

刘奕群在总结中指出,学校从严治党教育月期间安排这样一堂警示教育课具有重要的意义,希望每一位青年学者能够以案例为鉴,在科研经费管理、学术诚信等方面严格要求自己,切实以身作则,更好地完成教书育人和科学研究任务。沙龙活动在热烈的掌声中结束。

## ◆ 科学研究

### 任天令团队在柔性声学器件领域取得重要进展

具有高灵敏度、低检测下限和宽频谱响应的压力传感器可以用于构建人机交互系统实现语音的探测与识别,在医疗健康领域具有非常重要的应用价值。然而,传统压力传感器的灵敏度有限,检测极限不理想,限制了其



MXene 声学传感器结构、工作机理及性能图

在声学器件领域的应用。

清华大学集成电路学院、信息国家研究中心任天令教授团队报道了一种基于微结构衬底的 MXene 声学传感器,用于模仿人耳膜的功能来实现声音的探测与识别。MXene 作为一种新型的二维(2D)过渡金属碳化物和氮化物材料,具有优异的物理和化学特性,已经被广泛应用于传感器领域。 $Ti_3C_2T_x$  作为 MXene 家族的代表,其较大的层间距和特殊二维层状结构使  $Ti_3C_2T_x$  具有高的力学敏感性。微金字塔阵列结构的 PDMS 衬底具有极低的形变因子,在外力下容易发生形变。因此,采用具有大层间距离的 MXene 和具有微金字塔结构的 PDMS 衬底可以实现声音信号的两级放大,获得高的灵敏度( $62\text{ kPa}^{-1}$ )和低的探测下限( $0.1\text{ Pa}$ ),并且实现了声音信号的记录功能。通过 MXene 器件记录的语音信号波形与原始音频波形几乎保持一致,表明具有出色的声学传感能力。同时,采用机器学习算法实现了 280 个语音信号的识别与分类,训练集和测试集的准确率可以分别达到 96.4%和 95%。以上的研究表明柔性 MXene 声学传感器在人机交互系统中具有重要的应用潜力。

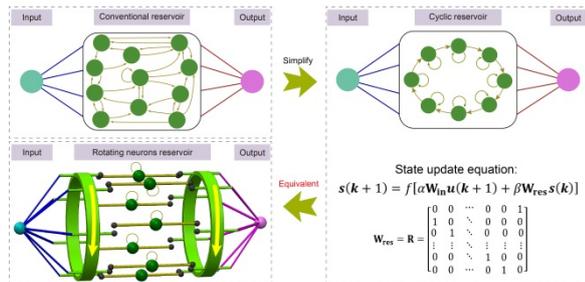
上述相关成果以“基于高灵敏的 MXene 智能人工耳膜的两级放大”(Two-stage amplification of an ultrasensitive MXene-based intelligent artificial eardrum)为题,于 3 月 30 日在线发表在《科学·进展》(Science Advances)上。论文的通讯作者为清华大学集成电路学院任天令教授、杨轶副教授、田禾副教授和韩国科学技术院安致元(Chi Won Ahn)教授,清华大学集成电路学院 2022 届博士毕业生苟广洋、2020 级博士生李骁时、博士后简锦明和田禾副教授为共同第一作者。该项目得到了国家自然科学基金委、科技部重点研发计划、北京市自然科学基金委、北京信息科学与技术国家研究中心等的支持。

近年来,任天令团队致力于二维材料的基础研究和实用化应用的探索,尤其关注研究突破传统器件限制的新型微纳电子器件,在新型石墨烯声学器件和各类传感器件方面已取得了多项创新成果。先后在《自然》(Nature)、《自然·电子》(Nature Electronics)、《自然·通讯》(Nature Communications)等知名期刊以及国际电子器件会议(IEDM)等领域内顶级国际学术会议上发表多篇论文。

### 钱鹤、吴华强团队提出基于旋转神经元的新型储备池计算硬件架构

随着摩尔定律的放缓,基于硅晶体管和冯诺依曼架构的传统计算硬件系统在人工智能时代面临严峻的性能瓶颈。受大脑启发,基于新原理器件的类脑计算致力于充分挖掘电子器件自身的物理属性作为计算资源,从而在硬件层面高效实现各种人工神经网络。其中,储备池计算(Reservoir Computing)是一种适用于高效处理时序信号的人工神经网络,以其特有的记忆特性和易于硬件实现等优点成为近年来类脑计算领域的前沿热点。

在最新的研究中,动态忆阻器、自旋电子器件、光电器件等多种新器件被用作储备池系统中的动态单元。然而,此前的研究大多聚焦在材料与器件层面,储备池计算硬件架构层面的创新却并不常见,现有



旋转神经元储备池的发展脉络,在原理上等效于循环储备池架构大多依赖于复杂的外围辅助模块,比如数模转换、存储器、控制器等,或存在可解释性差、并行度低等问题,如何设计一个简洁、高效的储备池计算硬件架构仍然是该领域面临的一大难点。

清华大学集成电路学院、信息国家研究中心钱鹤教授、吴华强教授团队提出了一种基于旋转神经元的新型储备池计算硬件架构,该架构在原理上与储备池算法等效,具有较强的可解释性,同时非线性系统拟合任务上表现优于现有储备池计算系统;研究团队进一步搭建了集成忆阻器阵列输出层的储备池计算系统,硬件演示了实时混沌序列预测和手写字母识别,成功实现了端到端的全模拟计算和极低的系统功耗。

团队在研究储备池计算的过程中发现,在物理连接上将一种特定的非线性动态单元(神经元电路)旋转起来,得到的输出等效于循环储备池(Cyclic reservoir)算法的状态向量输出。研究团队通过推导硬件行为描述方程和循环储备池算法在原理上证明了该等效性,并将这种硬件实现形式命名为旋转神经元储备池(Rotating neurons reservoir, RNR)。旋转是自然界中常见的运动,RNR理论具有一定的普适性,该理论认为大部分旋转物体都可以被用来实现与储备池算法等效的硬件储备池。

为了验证RNR的可行性,研究团队设计了基于电子元件的旋转神经元储备池(electrical RNR, eRNR),包括输入层、神经元前后转子、动态神经元三个部分。团队首先将eRNR的仿真模型应用于十阶非线性系统拟合基准任务(NARMA10),得益于硬件行为的非理想动态特性,得到了显著优于此前文献报道的拟合效果:单个eRNR的情况下,NRMSE=0.078;多个并行eRNR的情况下,NRMSE=0.055。

研究团队基于该模型在硬件上搭建了包含64个神经元的eRNR系统,并进一步将忆阻器阵列作为全连接输出层,实现从传感器输入到储备池计算输出的全模拟计算与信号处理。团队在该系统上成功演示了实时混沌序列预测(Mackey-Glass)和手写元音字母识别,同时功耗比此前文献报道的储备池计算系统低三个数量级。

实验结果表明,eRNR通过引入旋转神经元的概念实现了简洁高效的储备池计算架构,与其它储备池系统相比,旋转神经元储备池计算系统节约了大量的外围辅助模块和模块间的接口,因此降低了整个系统搭建的成本和功耗开销,更接



近于实际应用中的需求。

相关成果以“基于旋转神经元的全模拟循环储备池计算”(Rotating neurons for all-analog implementation of cyclic reservoir computing) 为题在线发表在《自然·通讯》(Nature Communications) 上。审稿人高度评价了该研究成果,认为它“有对类脑计算领域产生重要影响的潜力”和“代表了储备池计算的通往实际应用中过程中的一个有趣和令人兴奋的进展”。该工作也获得《自然·通讯》编辑的好评,被推荐入选了该期刊的亮点文章(Editor's Highlights)。

清华大学集成电路学院唐建石副教授、吴华强教授和格拉斯哥大学哈迪·海德里(Hadi Heidari)副教授是本论文的共同通讯作者,清华大学集成电路学院访问博士生梁向鹏和博士后仲亚楠为共同第一作者。该研究得到了国家自然科学基金委、科技部重点研发计划、北京信息科学与技术国家研究中心、科学探索奖、高精尖创新中心等支持。

## ◆ 交流合作

### 全国多中心“医工交叉”研究项目——基于 AI 的肝硬化门静脉高压中西医精准评估在清华大学启动

为全面推进健康中国建设的重大任务,深入贯彻落实《“十四五”中医药发展规划》等文件精神,全国多中心“医工交叉”研究项目——基于人工智能的肝硬化门静脉高压中西医精准评估启动会于 4 月 21 日在清华大学召开。中国科学院院士、清华大学李衍达,中国科学院院士、东南大学滕皋军参加项目启动会并致辞。

本项全国前瞻性、多中心“医工交叉”研究项目是由门静脉高压联盟(CHESS)和清华大学北京市中医药交叉研究所、信息国家研究中心精准中医与生物网络团队联合发起,旨在采用基于人工智能的精准评估系统,开展针对肝硬化患者的“目-舌-掌诊”图像智能采集与分析,进而建立图像宏观特征与实验室微观指标相结合的肝硬化门静脉高压中西医精准评估模型。本研究专家组特邀中国科学院院士李衍达、中国科学院院士滕皋军担任名誉组长,CHESS 创始人兼理事长祁小龙,清华大学北京市中医药交叉研究所所长、信息国家研究中心精准中医与生物网络团队负责人李梢担任共同组长,联合我国开展肝硬化门静脉高压精准评估的六十余家医院协作推进。

门静脉高压是影响肝硬化患者临床预后的重要因素,其严重程度决定了肝硬化并发症的发生和发展。对肝硬化门静脉高压进行中西医精准评估,将对我国慢性肝病的预防与治疗起到积极的推动作用。本次会议旨在促进我国门静脉高压防治与自动化前沿技术的交叉融合,特邀清华大学自动化系党委副书记古瑾、中国人民解放军总医院余强、北京协和医院刘洪涛、北京世纪坛医院张文辉等专家学

者交流研讨，共同推动我国传统医学与现代医学相促进、共发展，中西医结合深入打造肝硬化领域的学术生态和创新高地。

## ◆ 重点成果介绍

### 清华团队最新突破，缩短半导体光子雪崩探测器（SPAD）的“休眠时间”原来可以如此简单

“该研究对简化半导体光子雪崩计数器（SPAD）加工步骤，提升 SPAD 集成度，增强 SPAD 计数速率有着重要意义。”对于近期发表的新论文，清华大学北京信息科学与技术国家研究中心助理研究员郑纪元表示。



相关论文（来源：Nature Communications）

清华大学郑纪元、汪莱、吴嘉敏等联合芝加哥大学 Supratik Guha 院士团队、弗吉尼亚大学 Joe Campbell 院士团队和阿贡国家实验室的学者们攻坚克难，提出并验证了一种简单可行的方法来缩短 SPAD “休眠时间”，在“如何提高半导体光子雪崩计数器（SPAD）计数速率”这一国际难题上产生了新的突破。

近日，相关论文以“Dynamic-quenching of a single-photon avalanche photodetector using an adaptive resistive switch”为题，发表在 Nature Communications 杂志，并被杂志评为 Featured Article（近半年以来 50 篇最佳主题论文之一）。

清华团队研究所得：利用动态忆阻器 ARS 的方法，缩短 SPAD “休眠时间”，进而提升了 SPAD 的计数速率。这在生物医学成像，量子通信，深空信号检测等领域具有广泛的应用意义。针对传统的光子探测技术有了较大的突破。

但这个“突破”既是研究的结论也是研究的开始，未来团队希望继续迎接挑战。在此结论的基础上，还将持续进行新的相关研究工作。

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、信息学院院务会和党的工作小组成员、信息国家研究中心办公会成员

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：金德鹏

联系电话：62792099

E-mail: bnrlist@tsinghua.edu.cn