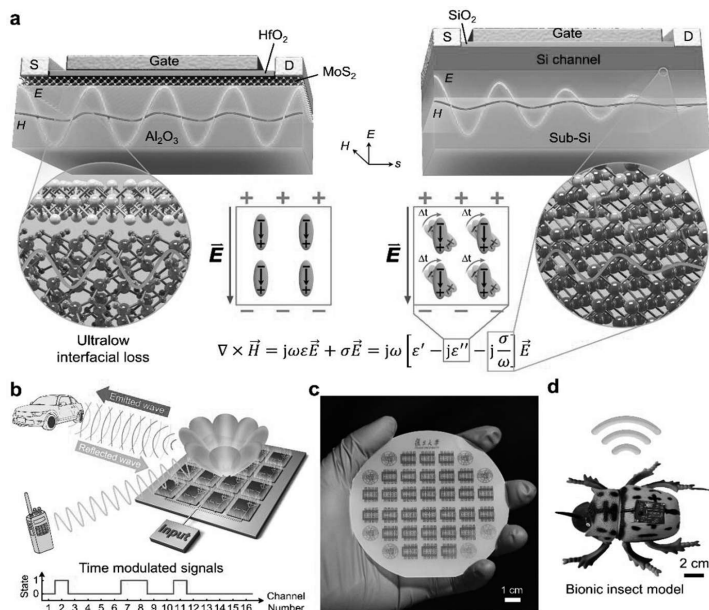


首次实现全集成二维射频系统,开拓新领域



晶圆级二维全集成微波发射机系统及其应用

本报讯 集成芯片与系统全国重点实验室、集成电路与微纳电子创新学院周鹏/马顺利/包文中团队在国际上首次实现了晶圆级二维全集成微波发射机系统的原型验证,并从麦克斯韦方程组出发揭示了射频波段原子界面超低损耗传输机制,开拓了二维射频电子学的颠覆创新领域。相关成果9月2日以《晶圆级二维集成微波发射机》(“Integrated two-dimensional microwave transmitters fabricated on the wafer scale”)为题发表于《自然-电子学》(Nature Electronics)。

高效的信号传输是人类文明发展的探索目标。面对全球通信与商业航天的爆发式增长需求,开发超低损耗、超低功耗的先进射频技术,已成为突破能效瓶颈、实现下一代高速通信的迫切使命。

然而,传统硅基射频芯片受限于体材料的梯度掺杂分布及大量界面态陷阱,在射频应用中面临高损耗、强干扰和低效率等

关键挑战。相比之下,具有原子级平整和天然钝化表面的二维半导体,为发展低损耗、高能效射频电路开辟了极具潜力的新方向。

团队基于原子界面超低损耗传输机制和成熟的晶圆级二维工艺,设计并制备了4英寸二维二硫化钼(MoS₂)集成微波发射机晶圆,打通从材料、工艺、器件、建模、电路到系统集成与测试的完整链条,在全球率先实现了全集成二维射频系统——这是二维电子学在射频领域的一次里程碑式突破。

通过采用基于低损耗二维MoS₂射频开关的时间调制相控阵架构,该二维集成微波发射机无需使用高功耗的有源器件,如放大器和移相等,克服了传统硅基射频电路的高损耗、高功耗瓶颈。最终,该二维集成微波发射机的功耗仅为3.2 μW,比硅基器件降低4个数量级以上,为未来高效信息传输技术开启了新篇章。

此外,该二维集成相控阵发

射机同时具备通信和雷达应用的双重功能,能够实现6 GHz带宽、-35°~35°的大波束扫描角度、1.875 cm的空间分辨率、100 Mbps的数据速率,以及136米的传输距离。当由一节7号电池供电时,该二维相控阵发射机的待机时间长达26天,在救灾救援等极端环境中可以发挥重要作用。整个发射机系统的尺寸小于3×2 cm²,可集成于仿生昆虫、微型机器人上,凭借通信和雷达功能完成侦察等任务。该二维射频系统未来也可集成于人形机器人、智能汽车、卫星互联网等领域,开拓二维电子学在射频应用领域的广阔市场。

得益于二维原子界面低损耗的显著优势,该研究为射频系统提供了颇具潜力的技术路径。展望未来,射频应用有望成为二维电子学实现真正产业化突破的关键方向,并引发学术界和产业界广泛的关注,推动二维材料从实验室走向高附加值应用场景的落地。

文章链接:

<https://www.nature.com/articles/s41928-025-01452-9>

又讯 包文中/周鹏联合团队与香港理工大学教授柴扬合作,利用晶圆级二维半导体(MoS₂)材料,基于动态随机存储器(DRAM)原理,提出了一种新型仿生神经元结构。近日以《基于单层二硫化钼的内在可塑性仿生神经元》(“A Bio-inspired Neuron with Intrinsic Plasticity Based on Monolayer Molybdenum Disulfide”)为题发表于电子学国际知名期刊Nature Electronics。

论文链接: <https://www.nature.com/articles/s41928-025-01433-y>

来源:集成芯片与系统全国重点实验室、集成电路与微纳电子创新学院、微电子学院

1000原子量子计算系统是物理学系中性原子量子计算团队取得的最新突破。从搭建真空系统到实现百万量子比特,他们仅用半年,如今,再次以惊人速度实现跨越。

这是一支平均年龄约30岁的多学科交叉青年团队,怀揣“打造通用容错量子计算机”的共同理想,过去一年创造了多PI自由组合的有组织科研新范式,实现强强联合,不断跑出复旦量子计算“加速度”——

团队成功研制出中性原子量子计算系统,制定高效并行量子调控方案,实现了大规模原子系统的自动校准、优化,为量子计算增效提速;自研物镜的性能也已支撑万比特级中性原子量子计算;近期在量子优化算法上又取得新突破,大幅提升NP问题的量子计算效率……

突破NP问题:量子计算的“关键一跃”

P=NP? 这是《科学》杂志公布的125个最重要的科学问题之一,如今被量子计算撕开一道裂口。“降维打击”的关键在于“量子黑盒(Oracle)”的构建。

过去五年,物理学系李晓鹏团队一直在推进中性原子NP问题量子求解器的开发。近期,团队又取得了全新突破——实现了原子的超低丢失率(1%以下)的并行移动,并基于此制定了量子计算并行指令集。利用这种并行指令集,他们成功构建了高度精简的量子黑盒,其线路深度从超导量子比特上的O(n^{1/2})降低至O(log2n),实现指数级效率提升(arXiv: 2507.22686 (2025))。

从“概念”到“实机”,青年交叉团队共筑量子梦想

在常年恒温的超净间里,实验台被帘幕环绕,光学镜片按照精确光路排列,数千道微光闪烁的“光镊”捕捉着每一颗原子的跳动。科研人员屏息凝视黑暗中的屏幕,将原子矩阵的每一次运动都控制得分毫不

差——这,就是复旦量子计算机研发的一线。

早在2016年,团队便前瞻布局量子人工智能研究方向,将人工智能方法应用于量子算法优化,相关成果近年来一直都是高被引论文。

团队有40余名大多为“90后”的研究者,来自物理、数学、信息科学等学科,在“85后”李晓鹏带领下践行“多PI自由组合”科研范式。他们的凝聚力不来自外部,而是源于同一个科学目标——让量子计算实现从“概念”到“实机”的跨越。

引领下一代科技浪潮,书写量子科技“复旦答卷”

眼下,全球范围内,量子计算正经历基础研究和产业应用的“双线并进”。不久前,上海也将量子科技纳入全市未来产业发展布局。

李晓鹏团队的合作者不仅有学术团队,还有金融机构、气象局等,加速技术“从实验室到产业界”的落地转化。

“人工智能现阶段主要依赖传统计算机,量子计算机有望进一步加速其发展,从本质上提升AI性能,比如让准确率更高、泛化和表达能力更强,尤其是在某些特定场景中。例如处理加密数据时,量子AI已被证明明显优于经典AI。”李晓鹏深有感触,随着模型越做越大,AI遭遇的瓶颈很多是物理问题,量子人工智能的未来,更需物理学家和计算机科学家携手并进。

团队正加速探索“软硬协同”,向具有广泛实用价值的量子计算机发起冲刺,书写属于中国的量子时代“复旦答卷”。

**本报记者 殷梦昊
实习记者 谢 蕴**

『青椒』联合研制大规模原子量子计算系统

联合开发全球天气循环同化和预报系统

我校联合多单位开展基于人工智能的同化和预报联合建模研究,开发出首个业务可用的从真实观测(卫星亮温数据等)到预报的高精度全球天气循环同化和预报AI系统——FuXi-Weather,该成果相关论文“A data-to-forecast machine learning system for global weather”近日发表于Nature Communications。

2022年以来,数据驱动气象大模型不断涌现,预报精度超过传统数值天气预报。但气象大模型依赖数值模式初始场,成为制约其进一步发展的瓶颈。

该系统可以实现真实观测数据的快速循环同化,相对于数值模式(NWP)的同化系统,速度提升

千倍以上,仅100ms就可以实现一次数据同化。传统NWP同化系统流程复杂,计算成本高,并且对数据有苛刻的要求,领先的NWP同化系统数据利用率仅为10%左右。FuXi-Weather首次实现了卫星数据的全网格、全表面(陆地和海洋)、全通道和全天空(All-grid, All-surface, All-channel, and All-sky)的资料同化,极大的简化了资料同化流程,并且模型可以自动提取有用信息,极大降低了对数据质量的要求。上述特性使得FuXi-Weather可以大规模实时同化各种观测,进而实现更高频次的预报,比如接入各种小卫星数据,实现每半小时更新的同化和预报。FuXi-Weather将同化模型和

预报模型联合建模,实现对预报结果的端到端优化。仅仅使用三颗极轨卫星和部分掩星数据,FuXi-Weather从白噪声开始进行循环同化,实现了全球的高精度天气预报,大部分变量有效预报天数超过了欧洲中期天气预报中心(ECMWF)的高分辨率预报系统(HRES)。

这是我校联合上智院开展AI4S研究的又一重要成果。伏羲团队透露,在上述工作的基础上,正在研发新的FuXi-Weather 2.0模型。

论文链接:

<https://www.nature.com/articles/s41467-025-62024-1>

来源:伏羲大模型团队

F-LAB科学家创业营首期班结业

复旦大学-浦发银行F-LAB科学家创业营首期班8月30日结业。

F-LAB是学校在国家战略指导下聚焦“破壁·融合·引领”的探索,旨在构建“政产学研金服用”的创新生态共同体,为一批最具潜力的青年科学家赋能,助力他们将实验室的卓越成果和前沿技术,转化为服务国家战

略、推动社会进步的产业力量。

经过四个月的系统化课堂与产业化培训,F-LAB科学家创业营首期班34名来自生命健康、集成电路、人工智能、新能源/新材料/未来产业四大前沿领域的青年科学家学员,即将踏上更广阔的产业化征程。

F-LAB第二期全球招募正式启动。**文/周惠仪 戴欣然**