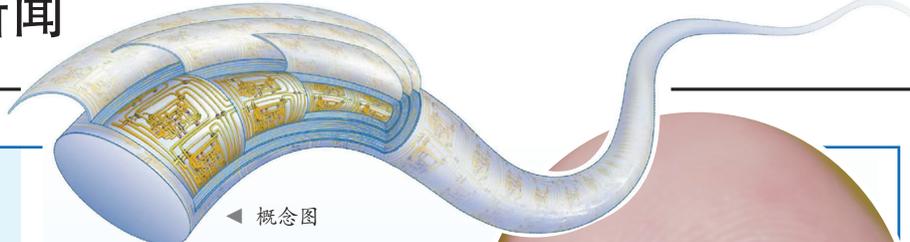


『纤维芯片』问世 细柔身藏『硬』算力

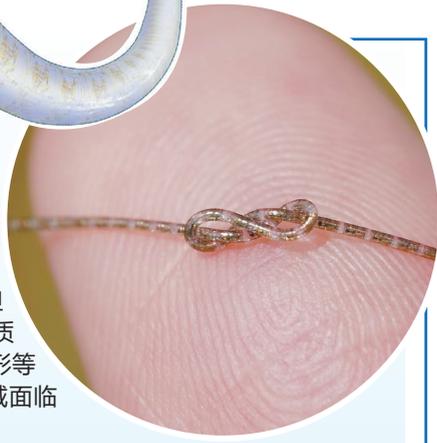
复旦大学本科科研成果登《自然》杂志，有望为脑机接口等领域提供支撑



概念图

过去几十年，纤维器件相继被赋予发电、储能、显示、感知等功能，它们可以被编织成柔软、透气的智能终端，推动信息、能源、医疗等重要领域革命性发展，深刻改变人们的生活方式。但长期以来，纤维系统一直依赖连接硬质块状芯片，这与其柔软、可适应复杂变形等应用要求存在根本矛盾，成为整个领域面临的一个重要挑战。

复旦大学彭慧胜/陈培宁团队突破传统芯片集成电路硅基研究范式，率先通过设计多层旋叠架构，在弹性高分子纤维内实现了大规模集成电路（简称“纤维芯片”）。“纤维芯片”的信息处理能力与典型商业芯片相当，且具有高度柔软、适应拉伸扭曲等复杂形变、可编织等独特优势，有望为脑机接口、电子织物、虚拟现实等新兴产业变革发展提供关键支撑。北京时间1月22日凌晨，上述成果发表于《自然》(Nature)主刊。



▲“纤维芯片”在手指上打结

努力克服“硬”的弊病

如何在纤维上实现高效信息处理功能，但又不影响纤维器件柔软、适应复杂形变、可编织等本征特性？此前，复旦团队率先提出“纤维器件”概念，通过长期攻关，已创建出具有发电、储能、发光、显示、生物传感等功能的30多种新型纤维器件，相关成果7次发表在《自然》上，获授权国内外发明专利120多项。

在持续深耕研究过程中，团队意识到，与智能手机、计算机等各类电子设备的发展路径相似，要实现纤维器件的大规模应用，必须要将不同功能的纤维器件集成在一起，形成纤维电子系统，并赋予其信息交互功能。同时，又要克服硬质块状芯片电路的弊病。于是，“纤维芯片”新概念应运而生。

芯片具有高效的信息处理能力，是现代电子技术的基石。芯片的信息处理功能依赖于大量微型电子元件（如晶体管、电容、电阻等）高度互连所形成的集成电路。纵观过去芯片的发展历程，普遍依赖硅基衬底所支撑的光刻制造技术。

团队大胆设想，是不是有可能在柔软、具有弹性的高分子纤维内实现高密度集成电路？其挑战非常大，无先例可循。首先面临的一个挑战是，与目前集成电路所用的硅基平面衬底不同，纤维受限于其固有的曲面结构和有限的表面积（每厘米长度纤维仅0.01—0.1平方厘米），很难集成足够数量的电子元件，以实现高效信息处理能力。

团队跳出“仅利用纤维表面”的惯性思维，提出多层旋叠架构的设计思想，即在纤维内部构建多层集成电路，形成螺旋式旋叠结构，从而最大化地利用纤维内部空间。基于实验结果推算，即便按照目前实验室级1微米的光刻精度，长度为1毫米的“纤维芯片”可集成1万个晶体管，其信息处理能力可与植入式起搏器芯片相当；若“纤维芯片”长度扩展至1米，其集成晶体管数量有望提升至百万级别，这一集成数量将超过经典计算机中央处理器（例如英特尔386TM SL）的晶体管集成水平。

▼开发人员展示“纤维芯片”和加入“纤维芯片”的手套 本报记者 刘歆 摄



探索系统解决方案

尽管有了路线图，“纤维芯片”的制备过程仍然面临重重挑战。比如，半导体、金属导电通路等，很难承受纤维拉伸、扭曲等复杂形变中所引起的局部应变集中，极易引发电路结构脆裂和性能快速失效。

团队通过5年攻关，探索出了系统解决方案，发展出可在弹性高分子上直接进行光刻高密度集成电路的制备路线。关键策略包括：(1)针对弹性高分子表面不平整的问题，采用等离子刻蚀方法，对弹性高分子表面进行平整化处理，将其粗糙度降至1纳米以下，有效满足商业光刻要求，目前光刻精度达到了实验室级光刻机的最高水平；(2)在弹性衬底上设计一层致密的聚对二甲苯纳米膜层，该膜层不仅可以有效抵御光刻过程中各种溶剂侵蚀，还可以与弹性高分子衬底形成交替的“硬-软”量异质结构，显著减小纤维复杂形变过程中的电路层应变，确保电路结构、功能稳定，从而赋予“纤维芯片”优异的服役稳定性。值得一提的是，团队所发展的制备方法，与目前芯片产业中的成熟光刻制造工艺高效兼容，通过研制原型装置，设计标准化制备流程，初步实现了“纤维芯片”的规模制备。

据介绍，现在所制备的“纤维芯片”中，电子元件（如晶体管）集成密度达10万个/厘米，通过晶体管高效互连，可实现数字、模拟电路运算等功能，如异或门、与非门、或非门等基础逻辑门电路，锁存器等时序逻辑电路，以及与典型心脏起搏器芯片相当的电脉冲调制功能。该“纤维芯片”架构和制备方法还具有普适性，比如，可以集成有机电化学晶体管，可完成神经运算任务。

相比于传统芯片，“纤维芯片”还具有优异的柔性，可耐受弯曲、拉伸、扭曲等复杂形变，如承受1毫米半径弯曲、30%拉伸形变、180°/厘米扭转等形变，甚至在经过水洗、高温、卡车碾压后，仍能保持性能稳定。

将带来无限可能性

“纤维芯片”的问世将带来无限的可能性。比如，在虚拟现实领域，目前触觉接口高度依赖块状硬质信号处理模块，导致与皮肤柔性表面贴合度不足，难以实现精准细致的信号采集与输出，在远程医疗机器人手术等精细操作场景中局限性尤为突出。基于“纤维芯片”所构建的智能触觉手套，兼具高柔性及透气性，与普通织物无异，可集成高密度传感与刺激阵列，精准模拟不同物体的力学触感，适用于远程手术组织硬度感知、虚拟道具交互等场景，有望极大提升用户与虚拟环境的交互体验。又如，借助“纤维芯片”内置的有源驱动电路，可在织物中实现动态像素显示。

团队表示，未来围绕“纤维芯片”研究，还有很多工作要做。团队在规模化制备和应用方面，团队已建立了自主知识产权体系，期待与产业界加强合作，推动实现更广阔领域高质量应用，为我国集成电路产业自立自强贡献力量。 本报记者 张炯强

春考最低控分线：251分

本报讯（记者 王蔚）2026年上海市普通高校春季考试招生志愿填报最低成绩控制线昨天公布，为251分。

今年上海春考招生采用“统一文化考试+院校自主测试”的模式。考生语数外统一文化考试成绩总分（含政策性加分）须达到志愿填报最低成绩控制线，其中应届高中毕业生还须取得思想政治、历史、地理、物理、化学、生物学、信息技术7门科目高中学业水平合格性考试的全部合格成绩，方有资格参加春考志愿填报。

市教育考试院负责人表示，今年春考有7万余名考生报名

参加，春季招生继续采取“一档两投”的投档方式，具有春季招生志愿填报资格的考生最多可以填报2个专业志愿。这2个专业志愿可以是同一所院校的2个专业，也可以是2所院校的各1个专业。

2月5日，各招生院校公布各招生专业的自主测试资格线及测试安排。考生可以通过报考院校的网站查阅相关信息，并根据院校的安排参加自主测试。参加春季招生志愿填报并获得院校自主测试资格的考生，如果没有参加院校自主测试，其自主测试成绩按零分计入总分，并参与院校后续录取排序。

港科大上海中心“101创造营” 搭建产教融合平台

课堂接轨产业圈 AI学子快速成长

浦江之畔，人工智能已成为一块磁石，它聚合着与未来相关的能量，吸引着AI学子将期待托付申城。走进香港科技大学上海中心北杨基地孵化创业区，人工智能与创业硕士项目学生程智洋惊喜地发现，不少办公室已有企业入驻，这意味着，他在这里的“工位”将被产业“包围”。硕士2年，一年在香港学习，一年在上海实践，计算机专业本科毕业的他正是看中了这个项目的“双城”赋能。

前阵两天，香港科技大学上海中心“101创造营”一周嘉年华在上海徐汇北杨人工智能小镇举办，活动聚焦学生能力提升与产教融合实践，为沪港双城联合培养的“人工智能与创业”硕士项目学生搭建与头部科技企业直接对话、从课堂走向实践的成长平台。期间，“芯人生”创业者诊断工作坊塑造创业思维，帮助学生快速定位自身创业潜质与短板；技术实战锤炼模拟大厂面试场景，在限时压力下应对真实考题；职业路径导航由行业专家解析行业趋势与人才需求，为学生提供清晰的AI就业导航；“科创市集”汇聚腾讯、字节跳动、美团、米哈游、高通、阅文、莉莉丝、游卡等科技企业与学生开放交流；产业专家、招聘专家和校友做客“开放麦”，深度拆解从校园到职场的关键能力模型和业界前沿趋势。程智洋遇到了心仪的“大厂”，来自成功企业的研发动向、用人要求也是接近产业的重要一课。

让学生在真实的产业场景中检验所学、明确方向，使企业高效精准地接触潜在人才，实现“人才”与“产业”的双向奔赴。价值共赢是港科大上海中心的愿景。在第四范式人力资源副总裁陈杰看来，AI时代的核心竞争力在于如何善用工具去学习和创造。一些企业甄选优秀人才时，已采用“开卷”模式——以真实业务场景和需求为命题，考察应聘者借助各类AI工具达成工

作目标的实际能力。“从方案架构到问题解决的全流程，都能彰显综合能力，优秀人才相当于自带一个团队，而这支团队的核心成员，就是各类AI工具。”陈杰解释道。

近年来，中国高校培养了大批人工智能相关专业人才，企业优中选优的过程中，尤为看重青年学子身上的“意愿与探索热情”。陈杰分享了一个案例：一名学生在实习期间，对公司正在推进的新项目展现出极高的投入度与积极性，最终脱颖而出成为项目的带头人，在这个项目里，甚至正式员工都要向其汇报。“这份少年心气格外难得。正是对打造具有行业影响力产品的强烈渴望，驱动着他在缺乏借鉴的创新领域里，持续学习、不断突破。”也正因此，企业希望通过深化校企合作，尽早锁定兼具能力与进取心气的潜力人才。

港科大希望通过这一双城项目突破传统课程框架，实现学术前沿与产业核心衔接，不仅传授知识，更要培养能够驾驭技术、洞察商业本质并创造未来的新质人才。跨越两座枢纽城市的深度体验，帮助学生获得技术、视野与人脉的跃迁，成长为连接人工智能与未来商业图景的驱动者。自2025年1月由上海市徐汇区人民政府、香港科技大学、上海市漕河泾新兴技术开发区发展总公司三方共同发起成立以来，“沪港联动、产教融合”已见硕果——与上海市气象局在气象预报领域开展合作，共引入16家科创团队，此外新增高通、阅文集团、莉莉丝游戏等，长三角实习实训基地扩容至30余家科技企业，提供超160个岗位。

今年6月，程智洋和他的70余名AIE同学将从港科大香港清水湾校园正式奔赴上海黄浦江畔的北杨基地，进入顶尖科技企业或创业生态，完成深度产业沉浸与实践。 本报记者 易蓉 实习生 吴舒晓