

超级显微镜“上新” 大脑活动看得清

◎本报记者 华凌

日前,中国工程院院士、清华大学自动化系教授戴琼海团队的研究成果——新一代介观活体显微仪器RUSH3D问世。这台仪器可以“看穿”大脑,具有跨空间和时间多尺度成像能力,填补了当前国际范围内对哺乳动物介观尺度活体三维观测的空白,同时为揭示神经、肿瘤、免疫新现象和新机理提供了新的“杀手锏”。相关研究刊发于国际学术期刊《细胞》。

通过这台超级显微镜可以看到什么,又能帮助人类解决哪些重大基础研究难题?科技日报记者采访了戴琼海院士团队。

兼具厘米级视场与亚细胞分辨率

细胞是生命活动的基本单位。每时每刻,人体内都在上演着大量不同类型细胞间交互作用所形成的“交响曲”。

“在这一连接微观与宏观之间的介观尺度上,存在巨大的技术空白,使得当前研究难以在哺乳动物的活体环境器官尺度下,同时观测大量细胞在不同生理与病理状态下的时空异质性,这极大限制了脑科学、免疫学、肿瘤学、药理学等学科发展。”清华大学自动化系副教授吴嘉敏说。以脑科学为例,大量神经元间的相互连接和作用涌现出如智能、意识等功能,厘清神经环路的结构和活动规律是解析大脑工作原理的必由之路。然而,具备单神经元识别能力的传统显微镜往往只具备毫米级视场,仅能覆盖小鼠单个或几个脑区,实现单个平面神经信号动态记录;功能核磁虽然能够实现三维全脑范围观测,但空间分辨率却远不足以识别单个细胞。

瞄准这一国际前沿难题,戴琼海院士团队在2013年率先开展介观活体显微成像领域研究,并在2018年成功研制出当时全球视场最大、数据通量最高的显微仪器——高分辨光场智能成像显微仪器RUSH,这台仪器兼具厘米级

视场与亚细胞分辨率。

然而,RUSH系统仍面临一系列瓶颈,且每一项技术瓶颈本身都是生物医学成像领域的国际难题,在同一系统上同时解决这些活体成像问题极具挑战。

RUSH3D的问世,使得上述难题迎刃而解。吴嘉敏介绍说,RUSH3D能以20Hz的三维成像速度实现长达数十个小时的连续低光毒性观测。它不仅“分得清”,还“看得更全”“拍得更快”“看得更久”。

突破传统光学成像系列物理瓶颈

“做基础研究,就是要有敢于做颠覆性科研的勇气。”戴琼海说,过去十多年来,科研团队持续进行一系列的理论和技术创新,从而实现了仪器整体性能的颠覆性提升。

吴嘉敏介绍说,该成果的创新点,即提出一系列计算成像方法,在同一技术架构上,同时解决了一系列活体成像难题,从而解决视场、分辨率、三维成像速度、光毒性之间的固有矛盾。计算成像的核心理念是改变传统光学成像“所见即所得”的设计理念,利用计算编码、计算采集等多维尺度计算架构,实现对高维光场的超精细感知与融合,为机器设计更好的感知系统,从而突破传统光学成像的一系列物理瓶颈。

吴嘉敏进一步解释道,针对二维传感器难以捕捉三维动态变化的难题,团队提出扫描光场成像原理,在实现轴向400微米范围高速三维成像的同时,大幅降低激光照射对细胞的损伤。

针对活体组织复杂环境引起的光学像差降低系统成像分辨率与信噪比这一难题,团队提出基于波动光学的数字自适应光学架构,即无须在光学系统中增加额外波前传感器或者空间调制器,在后端就可完成大视场多区域自适应光学像差矫正,从而提升大视场复杂环境三维成像的空间分辨率,以及信噪比。这一设计使得仪器仅靠常规尺寸物镜,就能有效克服空间非一致的系统像差和样本像差难题,实现全视场内均一高空间分辨率的十亿像素成像,显著



新一代介观活体显微仪器RUSH3D。受访单位供图

降低介观成像系统尺寸与成本。

获得一批“国际首次”观测成果

“优化科学研究的途径与产业发展方向,推动科学进步、人民幸福,是我们始终坚持的奋斗目标。”戴琼海说。

目前,已有多项交叉研究团队利用RUSH3D在脑科学、免疫学、医学与药理学等多学科,获得一批“国际首次”观测成果。

“在脑科学方面,RUSH3D通过其跨时空的多尺度成像能力,极大拓宽了科学家对大脑的认知。”吴嘉敏介绍说。

大脑皮层的神经网络被认为是高等动物神经系统中十分重要而又复杂的信息处理中心,是产生生物智能乃至意识的关键神经网络区域。然而,由于观测技术限制,目前大部分研究只能同时记录实验动物中一个或几个皮层区域的神经元活动,难以进一步研究皮层神经网络的联合动态变化。

通过RUSH3D大视场、三维高分辨率、高帧率的成像优势,交叉团队开创性实现对头固定状态下清醒小鼠背侧皮层17个脑区中十亿量级大规模神经元的长时间高速三维记录,并且能够对同一群神经元多天连续追踪。运用该系统,研究人员证实了响应感觉刺激,调控运动的神经元并非只存在于单一感觉皮层、运动皮层,而是广泛存在于皮层各个区域,但各个区域神经元对感觉信息编码、整合、区分的能力存在差异。科研人员进一步发现,自发运动行为发起时,小鼠皮层神经网络采用由尾侧向鼻侧传导的发放模式。这一结果提示,视觉、触觉等感觉皮层神经元的整合和全皮层范围信号扩散,可能是引起自发运动的关键因素。

吴嘉敏说,在此基础上,RUSH3D有望首次实现解析全背侧皮层的介观功能图谱,通过捕捉大脑内的成百上千万神经元间的动态连接与功能,揭示意识的生物学基础、智能的本质等基本问题,推动对神经退行性疾病的研究,还有望推动脑启发的人工智能发展。

理性筛选配体化学结构,结合多维度原位结晶动力学研究,研究团队首次提出了具有普适性的结晶路径调控转换策略,最终实现了高质量无甲胺FACsPbI₂钙钛矿太阳能电池器件可控制备,彻底解决了FACsPbI₂钙钛矿薄膜的空间组分异质性问题。

“利用该策略制备的FACsPbI₂钙钛矿太阳能电池器件,展现出了世界一流的能量转换效率与高温工况稳定性。”袁明鉴介绍,经过福建国家光伏产业计量中心和中国科学院上海微系统与信息技术研究所的权威认证,该器件的稳态能量转换效率达到了目前正式钙钛矿太阳能电池的最高水平。

据了解,该项研究立足化学基础学科,结合了先进的理论模拟分析技术,融合了凝聚态物理与半导体器件等多学科交叉研究手段,成功实现了对钙钛矿半导体材料本征结构特性及构效关系的进一步深入理解。此外,该研究还发展了高质量钙钛矿薄膜关键光伏材料可控制备新原理和新方法,为新一代钙钛矿光伏电池技术发展赋能。

成果播报

玉米蛋白粉变身优质饲料

科技日报讯(记者李丽云 朱虹)10月18日,记者从黑龙江省科学技术厅获悉,该省“百千万”工程科技重大专项“玉米蛋白粉主料发酵生产高蛋白功能饲料关键技术产业化”项目日前通过验收。该项目成功把难以消化的玉米蛋白粉转化为幼龄动物也能够利用的优质蛋白,这标志着我国在饲料原料创新利用领域取得重大突破。该项目研发的饲料新产品均已达成产业化,项目新增经济效益2.76亿元。

该项目由谷实生物集团与齐齐哈尔大学等单位联合攻关。项目负责人、谷实生物集团研究院院长梁代华介绍,针对我国饲料行业长期面临的蛋白原料依赖进口、玉米蛋白粉等副产物难以高效利用等难题,项目团队展开了一系列深入研究和创新实践,通过攻克醇溶蛋白、谷蛋白消化利用率关键技术瓶颈,为饲料行业开辟了新的资源路径。

在研发过程中,项目团队不仅筛选出降解玉米蛋白粉致密结构的高效蛋白酶和益生菌菌株,还创新性地采用了多菌株协同固态发酵技术,使得玉米蛋白粉变身高蛋白功能饲料。据介绍,这种新型饲料不仅可溶性蛋白含量显著提升,达到102—118毫克/克,而且在改善动物肠道健康、增强免疫力等方面展现出显著优势。此外,项目还构建了科学的发酵饲料评价指标体系,为行业标准的制定提供了有力支撑。

项目验收组专家、东北农业大学动物科学技术学院教授石宝明表示,该项目的成功实施,不仅有效缓解了我国蛋白饲料资源紧张的局面,减少了对进口大豆等原料的依赖,而且还推动了饲料行业的绿色可持续发展。项目在降低生产成本的同时,也促进了饲料原料增效利用,为构建循环经济体系贡献了科技力量。

耐高温、可机械化制种水稻培育成功

科技日报讯(记者俞慧友)记者10月18日从湖南省杂交水稻研究中心获悉,湖南省农学会日前组织由中国工程院院士柏连阳为组长的专家组,在长沙市浏阳北盛展示基地,对湖南杂交水稻研究中心、湖南农业大学等单位培育的杂交水稻品种粒两优8022、骥两优1126耐高温表现以及高温条件下杂交机械化制种进行现场考察与评议。专家组一致认为,团队研发的耐高温水稻亲本、耐高温杂交稻品种以及品种在高温条件下全程机械化制种技术均表现良好。

为应对全球变暖以及持续高温气候可能对农作物生产带来的不利影响,湖南杂交水稻研究中心、湖南农业大学等单位开展了长期的耐高温水稻育种及制种攻关。截至目前,团队已成功培育出卓两优1126、缘两优968、粒两优8022、骥两优1126等耐高温水稻品种。为研究可使水稻制种在持续高温气候下保持性状稳定的技术体系,团

队选取了骥两优1126和粒两优8022杂交制种亲本,并将其生殖生长期全程控制在高温条件下。团队采用宽行比模式制种,利用激光平地机平地、母本飞机直播和父本机插的模式播种。在收割期,团队对母本依然采用传统收割机收割,父本则通过应用自主研发的专用父本清除机进行收割。

通过田间考察,专家组评价,种植的水稻品种的父本与母本生长正常,植株整齐一致,无明显病虫害迹象,且试验中展示的耐高温品种结实率均在80%以上。专家组选取了粒两优8022父母本行宽比为60厘米、200厘米的丘块进行实割测产,结果显示,制种产量达每亩216.5公斤。

专家组认为,这些品种及机械化制种技术的推广应用,有望助力我国水稻种植和粮食生产应对全球气候变暖持续高温气候的挑战,保障我国粮食安全。专家组建议继续开发并在适宜区域大力推广。

化学驱智能注采联动技术顺利实施

科技日报讯(记者郝晓明)记者从中国石油辽河油田公司获悉,由该公司研发的国内首创化学驱智能注采联动技术在辽河油田“锦16区块”锦2-丙3-A125井组完成“一注一采”现场试验,并顺利实施投注、投产。这标志着中国石第四代智能分注技术在化学驱智能注采联动方面取得重要进展。

截至目前,锦2-丙3-A125井注水井封隔器座封后,测试信号正常并验收合格,各层注水量均满足地质配注要求。2023年,为满足辽河油田利用化学驱方法进行精细高效开采的需求,辽河油田采油工艺研究院注采所科研人员攻克了化学驱智能注采分注技术,并成功研制出化学驱智能配注器,实

现流量、压力、温度的实时监测。这些技术和设备的成功研发显著提高了注入端的效率。面对杆式泵+智能分采方法无法满足“锦16区块”大液量开采的新需求,项目组成功研发了泵下过流打压装置,解决了一趟管柱下入因管式泵串流而造成各层封隔器无法打压密封的技术卡点,形成了“管式泵+智能分采”的一趟管柱化学驱智能分采技术,完善了化学驱智能注采技术系列。

两项技术的成功组合应用,标志着辽河油田采油工艺研究院科研人员将其国内首创的水驱智能注采联动技术,成功拓展到化学驱注采井组。这一突破为辽河油田化学驱增产再添一项技术新利器。

检修机器人提升山区电网作业速度

◎本报记者 孙越
通讯员 陈草原 陈力

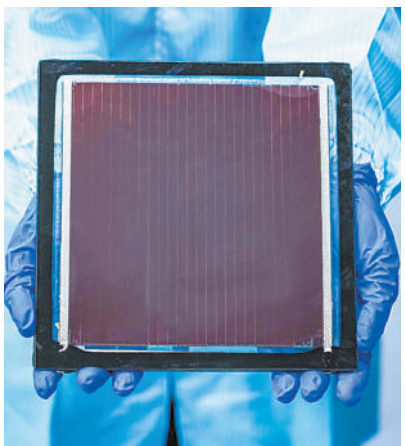
10月的河南南阳,朔风野大,一根根银线穿越广阔山区,在电线杆的牵引下随风轻舞,将源源不断的电能送往千家万户。在其下方,一个“小个子”正在进行线路防震锤带电更换作业,以避免因线路舞动造成故障。

这个“小个子”就是国网南阳供电公司创新团队调试的带电检修机器人。“别看个头小,它可是我们的光明‘守护员’。”该公司副总经理赵一然告诉记者,“这个带电检修机器人可实现35千伏至110千伏的线路防震锤带电更换作业,将作业时由人工的2小时缩短至机械作业8分钟,并且完全不需要停电。”

相比于一般作业,高电压等级的电力设备检修需要耗费更多的人力物力。从前,一架望远镜、一副脚架、一个工具包是线路巡检人员必需的“三大件”,双腿是主要“登杆工具”。由于山区面积大,电力金具位于

钙钛矿太阳能电池实现高温工况下稳定运行

科技日报讯(记者陈曦 通讯员李享 姜源植)记者10月18日从南开大学获悉,该校化学学院教授袁明鉴课题组与加拿大多伦多大学教授爱德华·萨金特课题组联合,在钙钛矿太阳能电池领域取得重大技术突破。相关研究成果



南开大学团队制备出的钙钛矿太阳能电池器件。宗琪摄

发表于国际学术期刊《自然》。

研究团队针对钙钛矿太阳能电池在高温工况条件下稳定性不足这一领域难题进行深入研究,首次揭示了合金钙钛矿薄膜内部复杂的化学组分偏析问题。基于此,研究团队发展了一种全新的原位结晶动力学调控策略,成功制备出了兼具高效率与高温工况稳定性的钙钛矿太阳能电池器件。

研究显示,目前高性能钙钛矿太阳能电池在制备过程中往往需要依赖氯化甲胺添加剂来稳定物相并调控结晶。然而,这种添加剂在高温条件下极易分解,引发钙钛矿薄膜化学组分失衡,进而显著降低电池在高温工况下的运行稳定性,成为制约高性能钙钛矿光伏商业化进程的主要障碍。

FACsPbI₂合金钙钛矿具有高相态与化学稳定性,理论上无需依赖氯化甲胺添加剂,是实现制备高性能高稳定钙钛矿太阳能电池最有希望的候选材料。

“然而,传统方法制备的FACsPbI₂钙钛矿太阳能电池在实际应用中,性能与工况稳定性远低于理论预期。”南开

大学化学学院教授袁明鉴认为,深挖钙钛矿光伏材料本征结构稳定性,理解FACsPbI₂合金钙钛矿太阳能电池器件失效机制,实现高效高温工况稳定的钙钛矿薄膜内部复杂的化学组分偏析问题,成为推动钙钛矿光伏技术进一步发展的迫切需求。

袁明鉴教授课题组长期致力于高性能钙钛矿半导体光电材料与器件研究。在持续探索新型高稳定钙钛矿材料体系过程中,课题组利用同步辐射光源等大科学装置,在前期开展了大量的时间空间分辨原位表征实验,系统探究了FACsPbI₂合金钙钛矿的结晶动力学行为。

基于以上研究,团队首次揭示了在FACsPbI₂合金钙钛矿中,由于时空差异性结晶行为导致的组分纵向梯度偏析问题,并指出该问题是导致FACsPbI₂钙钛矿太阳能电池器件性能和高温工况稳定性不足的关键因素。

在此基础上,课题组与合作单位开展了深入的理论模拟研究,阐明了该空间组分异质性的根本成因。随后,通过

理性筛选配体化学结构,结合多维度原位结晶动力学研究,研究团队首次提出了具有普适性的结晶路径调控转换策略,最终实现了高质量无甲胺FACsPbI₂钙钛矿薄膜可控制备,彻底解决了FACsPbI₂钙钛矿薄膜的空间组分异质性问题。

“利用该策略制备的FACsPbI₂钙钛矿太阳能电池器件,展现出了世界一流的能量转换效率与高温工况稳定性。”袁明鉴介绍,经过福建国家光伏产业计量中心和中国科学院上海微系统与信息技术研究所的权威认证,该器件的稳态能量转换效率达到了目前正式钙钛矿太阳能电池的最高水平。

据了解,该项研究立足化学基础学科,结合了先进的理论模拟分析技术,融合了凝聚态物理与半导体器件等多学科交叉研究手段,成功实现了对钙钛矿半导体材料本征结构特性及构效关系的进一步深入理解。此外,该研究还发展了高质量钙钛矿薄膜关键光伏材料可控制备新原理和新方法,为新一代钙钛矿光伏电池技术发展赋能。



编织气动软机器人应用概念图。受访单位供图

纱线“织”成可穿戴气动软机器人

在医疗护理等领域具有广阔应用前景

科技日报讯(记者滕继濮 实习记者夏天一 通讯员张志新 于乐)记者10月17日从江南大学纺织研究所获悉,该校副研究员孙丰鑫团队利用工业编织技术灵活定制纱线组合,开发出一种基于织物工程设计的编织气动软机器人。相关成果发表于期刊《细胞报告物理学》。

如今,可穿戴设备正逐渐进入大众视野。不过,传统可穿戴设备如辅助病人行走的外骨骼机器人等,大多采用硬质材料。随着应用场景的不断丰富,如何让可穿戴设备更加柔和、安全和舒适,同时具备灵活、精准的变形能力,成为近年来柔性传感技术研究人士思考

的问题。

在这一背景下,智能软机器人的概念应运而生。目前,大多数柔性传感器与驱动器的集成大多依赖铸造、黏合或化学涂层等方法,这种“附加式”设计容易导致材料界面应力不兼容,影响机器人的运动性能和稳定性。

孙丰鑫介绍,传统的软气动驱动器通常采用硅胶等弹性材料。这种材料充气时会产生全方位的“气球式”膨胀,变形操控性较差。而该研究团队所研制的编织驱动器,是以织物结构和材料组合、运用经纬纱双系统的机织工艺设计而成。这种方法通过定制化设计编织层不同区域的

纱线张力形态,可有效控制不同区域的弹性差异,从而实现气动机器人的智能变形。

此外,内置的应变感知纱线是该技术的另一大亮点。研究人员利用创新的织物编程设计方法,使得编织气动软机器人具备了自感应和智能反馈的功能,这一功能使得驱动器能够在复杂、不可见的环境下也可进行自我调节,有效避免传统“附加式”传感器带来的界面应力不兼容问题。

孙丰鑫介绍,该软机器人集成了定向驱动、双侧弯曲及自感知功能,在医疗护理和机器人交互等领域均有着独特优势和广阔前景。