

给手指装上“电子皮肤”

■本报记者 张楠

想象一下，未来的服务机器人需要抓取一块巧克力。刚从冰箱拿出的巧克力冰冷坚硬，在室温下放了一会儿的巧克力会变软甚至融化。

在这个过程中，机器人面临着双重任务。一方面，它必须通过感知手指的形变(应变)精准控制握力，防止把巧克力捏碎；另一方面，它需要感知巧克力的温度，因为温度变化直接反映了巧克力的硬度改变，从而决定了它需要施加多大的握力。

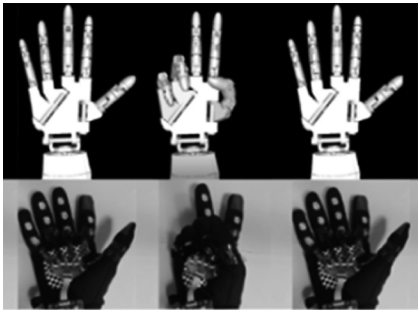
近日，中国科学院金属研究所研究员邵凯平团队研发出一种基于碲化铋(Bi₂Te₃)薄膜的自补偿双功能传感器，同时实现了手势识别与温度感知，并通过自补偿策略，将温度波动对应变量量的干扰降低了 87%。相关研究在线发表于《先进功能材料》。

当“多面手”遭遇信号串扰

在可穿戴设备、智能机器人和人机交互领域，能够同时感知温度、压力、形变等多种信息的柔性传感器是不可或缺的核心元件。

在真实物理世界中，人类触觉是多维度的，既能感知物体的形状，也能感知软硬、冷热。因此，赋予机器“多模态”感知能力是实现真正智能交互的前提。

然而，同时具备多种感知能力的传感器往往面临信号串扰的难题。这好比几个人同时在一个嘈杂的房间里说话，



传感器集成于手指的实际应用演示。
受访者供图

你很难听清每个人说了什么。

在传感器中，当多种物理效应共存于同一材料时，环境温度的波动会直接改变材料的电阻，导致传感器对形变的测量严重失准。以抓取巧克力为例，如果传感器因为温度变化产生信号串扰，导致误判形变信号，机器人就会在巧克力变软时用力过猛，将其捏得稀烂。

为解决这个问题，传统工程方案通常“做加法”，添加额外的温度传感器或者叠加多种功能材料。但这些方法不仅让原本追求轻薄的可穿戴设备变得臃肿，还大大增加了信号处理的复杂性，难以满足未来智能设备小型化、柔性化的需求。

面对这一困局，研究团队决定跳出“多材料拼凑”的传统思维，将目光投向经典热电材料——碲化铋。这种材料常

用于半导体制冷片，研究人员发现，它不仅具有优异的热电性能，还具备尚未被充分挖掘的压阻特性。由此，只利用碲化铋这一种薄膜实现“一材两用”的破局思路应运而生。

自补偿机制实现自行“纠错”

找到合适的材料，如何让它同时干好两件事并且互不干扰？研究团队设计了一套“自补偿”机制。

具体而言，当碲化铋薄膜两端存在温差时会产生热电电压，可以作为温度的“原位”指示信号；而当薄膜受到拉伸或弯曲时，电阻会发生变化，从而感知形变。

研究人员并没有将这两种信号孤立看待，而是将热电电压作为“内置温度计”，实时监测薄膜的温度变化，随后通过算法，用这个温度信息去校正压阻形变信号中因温度漂移产生的误差。

这就像给传感器装上一个能“自我纠错”的大脑，当温度变化导致形变信号出现偏差时，传感器能自动感知温度变化并实时修正，从而输出纯净、准确的测量结果。

实验数据证明了这一巧思。在没有补偿的情况下，温度每变化 1 开尔文，形变测量的相对误差在 -4.6%~6%之间波动。而采用自补偿策略后，这一误差被大幅抑制，绝对降幅达 87%。

更重要的是，整个过程无需任何额

外的温度传感器或复杂的多层结构，仅凭单一碲化铋薄膜复合在耐高温的聚酰亚胺柔性基底上，就实现了双功能传感，极大简化了器件设计。

赋予机器人和假肢真实“触觉”

研究人员将这款轻薄柔软的传感器贴附在人类手指上，构建了一套可穿戴双参数感知系统，以验证这项技术的实用价值。

实验结果显示，该系统不仅能通过形变信号准确识别手指弯曲、伸展等复杂手势，还能分辨出不同弯曲角度和速度带来的细微电阻变化。同时，利用热电信号，系统能够以极快的响应速度同步感知手指接触物体的冷热变化。

这种动作与温度交织的综合感知能力，有望彻底打破机器与人类之间的触觉壁垒。

该研究为柔性多功能传感器的小型化、集成化设计提供了新的材料与器件方案，在可穿戴电子、机器人触觉感知、柔性电子皮肤和人机交互等领域具有潜在应用价值。

“这项研究的成功不仅是技术的创新，更是设计理念的升华——从‘多材料拼凑’走向‘单材料多功能’，从‘被动补偿’走向‘主动自补偿’。”论文共同通讯作者邵凯平表示。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1002/adfm.75966>

7 月 17 日，中国科技馆联合北京林业大学博物馆打造的“京华飞羽——北京常见鸟类专题展”开展，展览将持续至 10 月 30 日。

北京是全球鸟类多样性最丰富的大都市之一。截至 2026 年 4 月，北京市记录鸟类物种已达 531 种，占全国鸟类总数 1/3 以上。本次专题展览立足北京本土鸟类资源，深度解码鸟类适应城市发展的生存智慧，引导广大公众读懂城市生态密码，树立万物相依、和合共生的生态保护理念。

图为北京常见鸟类专题展现场。

本报记者高雅丽报道
中国科技馆供图

“物理 AI 重塑智能制造”主题论坛举行

本报讯(记者江庆龄)近日,“物理 AI 重塑智能制造”主题论坛在 2026 世界人工智能大会(WAIC 2026)期间举办。论坛聚焦物理人工智能(AI)赋能智能制造,围绕工业世界模型、工业具身智能、虚实闭环交互等核心方向展开深入研讨。中国工程院院士、中国科学院工业人工智能研究所所长于海斌担任论坛主席。

中国工程院院士、东北大学教授柴天佑作“关于基于新一代信息技术的工业智能系统”的主旨报告。专家学者围绕具身智能集群机器人、精密仪器视觉伺服控制、复杂系统智能优化、世界模型与具身智能、工业场景强化学习、航天器数字工程等方向分享了前沿成果。

圆桌讨论环节,与会专家围绕“物理 AI 的核心内涵与边界”“物理 AI 的演进形态:底层通用底座还是垂直场景模型簇”等前沿问题充分研讨,并立足智能制造具体应用场景,深入探讨了物理 AI 赋能工业生产的实践路径。

论坛由中国科学院上海分院主办、中国科学院工业人工智能研究所承办。



美容院和养生馆没有正规的干细胞治疗

■王月丹

7 月 15 日，国家卫生健康委新闻发言人胡强强在新闻发布会上提醒，干细胞治疗必须由具备资质的专业医疗机构开展，美容院、养生馆、细胞技术服务公司等非医疗机构和非医疗专业技术人员不得开展任何诊疗活动。

国家卫生健康委为什么做出这样的提醒？普通人该如何选择正规的干细胞治疗？

“严格监管”与国际干细胞治疗乱局

进入 21 世纪以来，干细胞治疗是让人感到神秘、“包治百病”的“万能”新疗法。然而，我国有关部门对于公众应用干细胞治疗的态度是非常谨慎的，一贯监管严格。早在此次发布会之前，国家卫生健康委就多次提醒公众要防范干细胞骗局，明确干细胞治疗的“安全红线”。

2025 年 12 月 5 日，国家卫生健康委提醒，干细胞治疗要按照《生物医学新技术临床研究和临床转化应用管理条例》规范有关行为活动。干细胞等细胞与基因治疗必须由具备资质的专业医疗机构开展，美容院、养生馆等非医疗机构不具备资质，不得开展任何诊疗活动，非医疗专业技术人员也不得开展此类活动。细胞与基因治疗不是万能的，更不是“零风险”。凡是宣称“包治百病”“绝对安全”“一针见效”的可判为骗局。此外，还要警惕境外非法医疗陷阱。一些机构组织患者赴境外接受资质不明的机构提供的细胞与基因治疗，价格昂贵、风险极高，出现问题维权难度极大，要提高警惕，理性看待，谨慎选择。

对普通公众来说，关于干细胞的认知往往停留在表面，对其特点和功能，特别是如何治疗疾病、保护健康和对抗衰老的机制及其科学应用，大多知之不详，社会上流传着干细胞包治百病、抗衰老保

健等说法，可治疗的疾病谱从睡眠障碍、免疫失调、糖尿病等日常健康问题到心脑血管疾病、恶性肿瘤等重大疾病。很少有人知道干细胞治疗的种类，以及各自的适应证和科学应用。

干细胞治疗确实是未来解决人类健康和疾病问题的重要创新性途径，但目前依然存在不确定性和安全风险。这也是我国有关部门进行严格监管的重要原因。

面对我国的有力监管，一些机构利用部分公众不了解干细胞治疗这一点，在个别干细胞监管较松的国家(如日本和韩国等)设立从事干细胞治疗的美容院、养生馆或治疗中心等未经认证的非正规医疗机构，并招募患者前往这些国家接受具有潜在风险的“干细胞旅游”。

对于这种乱象，很多专家忧心忡忡。早在 2017 年，新华社就曾刊发《多国专家呼吁严管“干细胞旅游”》的报道。文章指出，来自美国、加拿大、英国、意大利、比利时和日本的 15 名专家在美国《科学—转化医学》杂志上撰文说，全世界数以百计的医疗中心向患者兜售所谓干细胞疗法，宣称可修复受损的组织，治疗从多发性硬化症到帕金森病的一系列病症。这些广告通常直接面对消费者，但事实很少或根本没有证据证明相关疗法有效或不会造成伤害，患者的生命因此处于危险之中。

干细胞治疗存在潜在风险

干细胞治疗，顾名思义就是用干细胞作为药物治疗疾病的方法。那么，什么是干细胞？

干细胞是动物体内一类能够增殖分化且具有自我更新功能的特殊细胞，也被称为“生命的种子细胞”。干细胞能够增殖分化为组成机体的各种类型细胞，还能通过增殖作用保持自身数量不变，

从而源源不断补充机体在生命过程中因衰老、损伤而死亡和消耗的细胞，发挥修复和再生功能。

在生命过程中，细胞会因为衰老、损伤等原因发生消耗，这就需要通过干细胞不断增殖、分化进行细胞的补充和机体组织的修复。如果这个补充和修复的过程不能及时完成，就可能导致人体发生病理损伤或者生理功能紊乱。同时，各种物理、化学和生物因素造成的损伤以及干细胞的衰老，都可能导致干细胞数量及功能异常，引发各种疾病。研究表明，通过输注干细胞，可以帮助人体补充、替换和修复受损的组织细胞，发挥治疗疾病的作用。

目前，干细胞已经在白血病等血液系统疾病、皮肤创面修复、骨关节损伤治疗、糖尿病、部分眼科和神经系统疾病等领域，进行了临床应用或试验性应用。特别是在神经系统损伤、心血管疾病、抗衰老等方向，干细胞治疗及相关研究的进展非常迅速。迄今应用最广、效果最明确的是 20 世纪 50 年代的造血干细胞移植治疗白血病等血液系统疾病，这种疗法已经挽救了成千上万的患者，是人类历史上最伟大的细胞疗法。

在现实生活中，由于人们对干细胞及其治疗的认知有限，容易被干细胞治疗各种疑难杂症的个案报道吸引，常常会产生干细胞治疗是“无创无风险万能疗法”的误解。因此，在美容院和养生馆等非医疗机构接受未经批准、不规范、不科学的“干细胞”治疗或者保健养生的事件就出现了。这种不规范的干细胞制备与输注带来炎症、过敏反应甚至恶性肿瘤的风险。

干细胞制备是一个极其精密复杂的过程，对实验室环境、细胞提纯技术和医疗操作都有极高的要求。在美容院和养生馆等不具备干细胞制备和应用条件的

非正规医疗机构，往往存在环境洁净度不达标问题，其制备的干细胞制剂有病毒、细菌、真菌等病原体污染的风险。同时，美容院和养生馆的工作人员往往没有经过规范的临床医疗技能培训和资质考核，其不规范的操作存在安全隐患。穿刺和输注的操作不当，可能会造成局部出血、组织损伤甚至神经压迫，引起损害患者健康的并发症。

哪里才能得到正规的干细胞治疗

干细胞疗法是人类治疗疑难杂症和抗衰老保健的新方法，既然无法在美容院和养生馆进行，那么普通公众如果需要，在哪里才能得到正规的干细胞治疗？

国家卫生健康委 2023 年发布的《对十四届全国人大一次会议第 7481 号建议的答复》介绍，细胞治疗是国际医学前沿重点发展领域。在遵循干细胞制剂产品定位的基础上，建立了以医疗机构为责任主体开展干细胞临床研究的路径。

截至目前，全国已有备案机构 118 家，已备案项目合计 140 个。该文件还介绍：“您可在中国临床试验注册中心和 ClinicalTrials.gov 查询干细胞临床研究项目，国家医学研究登记备案信息系统也对研究者开放查询。”因此，公众可以登录上述网站和信息系统查询正规的干细胞临床研究及其机构信息，在正规机构和有效监管下进行干细胞治疗。

干细胞具备自我更新和分化再生的能力，基于干细胞的疗法在治疗重大疾病、对抗衰老和维护健康等领域拥有广阔前景。但其制备和应用都需要精准的科研能力来把控，在规范的机构、严格的质控和科学的控制下，才能充分发挥治病、保健和抗衰老的功效。

(作者系北京大学基础医学院教授)

发现·进展

中国科学院深圳先进技术研究院等

攻克全钙钛矿叠层电池核心难题

本报讯(记者刁雯蕙)近日,中国科学院院士、中国科学院深圳先进技术研究院研究员成会明,深圳理工大学副教授白杨联合英国萨里大学教授张伟,创新性提出硫醚配位调控策略,从结晶动力学根源上解决了窄带隙锡铅钙钛矿组分不均与锡离子(Sn²⁺)易氧化的核心难题。基于该策略制备的全钙钛矿叠层太阳能电池实验室效率达 29.44%,器件运行稳定性较传统器件提升 3 倍以上,为全钙钛矿叠层光伏技术商业化应用提供了关键支撑。相关成果发表于《科学进展》。

窄带隙锡铅钙钛矿是全钙钛矿叠层电池的“底电池”核心材料,存在材料组分分布和容易氧化变质不均两大短板。研究人员指出,该问题的核心根源在于结晶初期的动力学失衡。

Sn²⁺ 具有更强的路易斯酸性和更低的溶解度,成核速率远快于铅离子(Pb²⁺),导致薄膜“先天”组分不均。基于这一发现,团队设计了含硫醚基团的多功能配体 S-烯丙基 -L- 半胱氨酸(SALC),“主动调控”结晶过程,实现了锡/铅钙钛矿生长同步,锡/铅组分均匀分布,同时抑制 Sn²⁺ 氧化并减少内部缺陷,解决了结晶速率不一致、成分不均和材料易氧化三大难题。

验证实验表明,以 SALC 为空

穴传输层制备的窄带隙锡铅单结钙钛矿太阳能电池获得了 22.99% 光电转换效率,处于同类器件领先水平。当集成至全钙钛矿叠层太阳能电池后,叠层器件实现 29.44% 的实验室效率,认证效率 28.84%,认证开路电压 2.169 伏特,短路电流 16.25 毫安/平方厘米,填充因子 81.97%,在同类型钙钛矿叠层电池里属于顶尖水准。

在稳定性方面,团队将改良后的未封装窄带隙单结器件在氮气避光环境中存放近 4800 小时后,保留了 88% 初始效率,而普通电池只剩 66%。此外,在一个太阳光强持续照射下运行 420 小时后,封装叠层器件依旧保持近 90% 的发电效率,普通电池仅运行 156 小时发电量就跌至 60.93%。

该研究不仅通过分子配位设计实现了锡铅钙钛矿的均一成核和锡氧化抑制,也系统阐明了“配位调控结晶—组分均匀化—缺陷抑制—稳定性提升”的协同作用机制,给钙钛矿电池研发提供了全新通用模板。

SALC 的多功能基团设计和普适性配位策略,有望推广至其他钙钛矿组分和器件体系,为下一代高效稳定钙钛矿叠层光伏技术提供了全新的材料设计范式。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1126/sciadv.aeb8790>

暨南大学

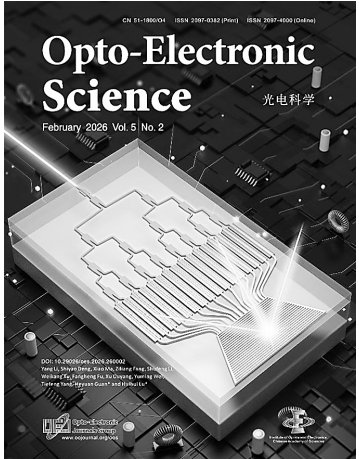
研制出基于薄膜铌酸锂波导的片上相控阵器件

本报讯(记者朱汉斌)近日,暨南大学教授卢惠辉、关贺元团队研制出基于薄膜铌酸锂波导的片上相控阵器件,可在芯片尺度实现光束的电控转向,并输出更窄、更清晰的光束。相关成果以封面论文形式发表于《光电科学》。

相较于传统机械扫描方式,光学相控阵易于小型化集成,具备无机械惯性、扫描速度快等优势。然而,现有技术仍存在主光束发散、杂散光明显及定位精度不足等问题,难以满足高精度、高抗干扰应用的需求。

针对上述瓶颈,团队依托薄膜铌酸锂优异的电光效应与低损耗特性,提出并实验验证了基于薄膜铌酸锂波导相控阵的高性能电光光束转向方案。该方案在微型光芯片上通过电信号精确调控光传播方向,使扫描光束更为集中、纯净,实现了主瓣与旁瓣性能的协同突破。具体设计中,团队构建了特殊周期性脊型光波导结构,有效抑制阵元间光学串扰,保障输出光束的稳定性;同时引入智能优化算法排布各波导通道间距,既压制多余旁瓣干扰,又提升光束转向的定位精度。

此外,团队设计了梯形辐射结构并刻蚀光栅,进一步收窄了有限尺寸器件上的转向光束宽度。实测结果表明,该微型相控阵器件仅含



期刊封面。 研究团队供图

16 个通道,发射尺寸约为 140 μm × 250 μm,既可实现极窄的光束输出,并在较大范围内灵活扫描,又同时有效抑制干扰信号,展现出优异的光束调控能力。

该研究丰富了光束调控技术体系,为实现高性能、低功耗的芯片级光束扫描器件提供了新思路,对推动自由空间光通信、空间光互联及激光雷达系统的小型化与集成化具有重要价值。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.29026/oecs.2026.260002>

农业农村部成都沼气科学研究所

借用细菌信号分子让微藻“长得壮”“产油多”

本报讯(记者李晨)近日,农业农村部成都沼气科学研究所畜禽粪污能源化利用与污染控制创新团队发现,一种细菌释放的天然信号分子能够共促微藻生长和油脂积累。相关研究成果发表于《生物资源技术》。

微藻被誉为“绿色小工厂”,能够利用阳光和二氧化碳生产油脂,是制备生物柴油的重要原料。一直以来,提高微藻产油量需要采取控制营养成分等方法,虽然油脂增加了,却容易影响微藻正常生长,导致总体生产效率不高。

研究团队将细菌之间用于“交流”的一种天然信号分子加入微藻

培养体系。结果发现,这种信号分子促进了微藻生长,提高了油脂积累,还帮助提升光合作用效率,促进更多营养物质转化为油脂,生长和产油同步提高了。微藻细胞密度提高 30.9%,油脂含量提高 33.1%,油脂生产率提高 25.1%。

该研究揭示了细菌信号调控微藻生长和油脂积累的新机制,为开发藻菌互作的微藻绿色生物制造技术提供了新思路,在生物柴油制备及高值生物基产品开发等领域具有广阔的应用前景。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2026.135188>