



# 什么材料穿在身上就能发光发电?

## 神奇纤维开辟人与环境智能交互新可能



东华大学科研团队。

本版均为受访者供图

你见过穿上身就能发光发电的纤维吗?你期待智能可穿戴设备实现哪些功能?对于未来的人机交互场景,你又是如何畅想的呢?4月5日,东华大学材料科学与工程学院先进功能材料课题组在《科学》(Science)杂志上发表了最新研究论文。

该研究提出了基于“人体耦合”的能量交互机制,并成功研发出集无线能量采集、信息感知与传输等功能于一体的新型智能纤维,由其编织制成的智能纺织品无需依赖芯片和电池便可实现发光显示、触控等人机交互功能,这一突破性成果为与环境的智能交互开辟了新可能,具有广泛的应用前景。

青年报记者 刘晶晶

### 以人为载体开辟“通道”

东华大学材料科学与工程学院博士研究生杨伟峰为论文第一作者,纤维材料改性国家重点实验室(东华大学)王宏志教授、侯成义研究员,以及东华大学材料科学与工程学院张青红研究员为论文通讯作者。该研究工作由东华大学作为唯一通讯单位主导完成,合作单位包括新加坡国立大学与安徽农业大学。

随着科技不断发展,智能可穿戴设备正逐渐成为我们生活的一部分,并在健康监测、远程医疗和人机交互等领域发挥着越来越重要的作用。相较于传统刚性半导体元件或柔性薄膜器件等,由智能纤维编织而成的电子纺织品具有更好的透气性和柔软度,被视为理想的可穿戴设备载体。目前,智能纤维的开发多基于“冯·诺依曼架构”,即以硅基芯片作为信息处理核心开发各种电子纤维功能模块,如信号采集的传感纤维、信号传输的导电纤维、信息显示的发光纤维、能量供应的发电纤维等。尽管这些功能单元可组合制成织物形态,但这种复杂得多模块集成技术还面临着一系列挑战。现阶段的智能纺织品仍依赖于芯片和电池,体积、重量和刚性大,难以同时满足人们对纺织品功能性和舒适性的需求。

该研究中,东华大学科研团队开创性地提出了“非冯·诺伊曼架构”的新型智能纤维,有效地简化了可穿戴设备和智能纺织品的硬件结构,优化了它们的可穿戴性。该工作实现了将能量采集、信息感知、信号传输等功能集成于单根纤维中,并通过编织制成不依赖芯片和电池的智能纺织品。

“不插电”就能发光发电的纤维,其中到底有怎样的奥妙呢?在我们的日常生活中,电磁场和电磁波无处不在,散布在环境中的这些电磁能量就是这种新型纤维的无线驱动力。而这些能量又是如何“传递”到纤维上面的呢?答案就是我们的身体。该工作提出把人体作为能量交互的载体,开辟了一条便捷

的能量“通道”,原本在大气中耗散的电磁能量优先进入纤维、人体、大地组成的回路,恰恰就是这一“日用而不觉”的原理,促成了“人体耦合”的新型能量交互机制。在添加特定功能材料以后,仅仅经过人体触碰,这种新型纤维就会展现发光发电的“神奇一幕”。

这款新型纤维具有三层鞘芯结构,所采用的均是市面上比较常见的原材料。芯层为感应交变电磁场的纤维天线(镀银尼龙纤维)、中间层为提高电磁能量耦合容量的介电层(BaTiO<sub>3</sub>复合树脂)、外层为电场敏感的发光层(ZnS复合树脂)。原材料成本低,纤维和织物的加工都能够用成熟的工艺实现,已具备量产能力。”杨伟峰说。

### 深入探索智能纤维研究

创新成果的背后是对未知的执着追求和创新人才培养的不懈探索。“学科交叉融合是当前科研创新的新趋势,这项研究涉及材料、信息、纺织等多个学科,在学生培养过程中我们一直坚持因材施教,根据学生不同兴趣,突出差异化指导,尤其是鼓励引导学生聚焦学术前沿,开展多学科交叉融合创新研究,这样才能产出更多具有突破性的成果。”杨伟峰的博士生导师张青红研究员说。

科研突破的取得更是长期积累的结果。据课题组组长王宏志教授介绍,东华大学先进功能材料课题组一直致力于智能纤维材料与器件的研究,从2012年研究石墨烯导电纤维开始,到2016年研发出电致变色纤维,再到2018年搭建成了首条电致变色和力致发电纤维生产线,实现连续化、规模化制备;随后,团队相继研发出可连续制备的传感纤维、发光纤维、调温纤维……一系列成果为深化智能纤维领域研究奠定了基础。“下一阶段工作,我们将深入研究如何让这种新型纤维能够更有效地从空间中收集能量,并以此驱动更多功能,包括显示、变形、运算、人工智能等,相信在不久的未来,智能服装能做更多事,人会变得更加强大,对于环境也会有更好的适应性。”

### 科技“魔法”登上知名期刊

#### 让毫米级“碎钻”长成厘米级“完美钻石”

青年报记者 刘昕璐

**本报讯** 华东理工大学清洁能源材料与器件团队自主研发的一种钙钛矿单晶薄膜通用生长技术,将晶体生长周期由7天缩短至1.5天,实现了30余种金属卤化物钙钛矿半导体的低温、快速、可控制备,为新一代的高性能光电子器件提供了丰富的材料库。近日,相关成果发表于国际知名学术期刊《自然—通讯》。

金属卤化物钙钛矿是一类光电性质优异、可溶液制备的新型半导体材料,在太阳能电池、发光二极管、辐射探测领域显示出应用前景,被誉为新能源、环境等领域的“新质生产力”,成为了学术界、工业界争相创新研发的目标。

目前,这些器件主要采用多晶薄膜为光活性材料,其表界面悬挂键、不饱和键等缺陷将显著降低器件性能和使用寿命。相对于碎钻般的多晶薄膜,钙钛矿单晶晶片如同完美的“非洲之星”,具有极低的缺陷密度(约为多晶薄膜的十万分之一),同时兼具优异的光吸收、输运能力以及稳定性,是高性能光电子器件的理想候选材料。

然而,国际上尚未有钙钛矿单晶晶片的通用制备方法,传统的空间限域方法仅能以高温、生长速率慢的方式制备几种毫米级单晶,极大地限制了单晶晶片的实际应用。如何通过科技“魔法”,让毫米级“碎钻”长成厘米级“完美钻石”?

研究团队结合多重实验论证和理论模拟,揭示了传质过程是决定晶体生长速率的关键因素,自主研发了以二甲氨基乙醇为代表的生长体系,通过多配位基团精细调控胶束的动力学过程,使得溶质的扩散系数提高了3倍。在高溶质通量系统中,研究人员将原有的晶体生长温度降低了60度,晶体的生长速率提高了4倍,生长周期由7天缩短至1.5天。

“该单晶薄膜生长技术具有普适性,可以实现30余种厘米级单晶薄膜的低温、快速、高通量

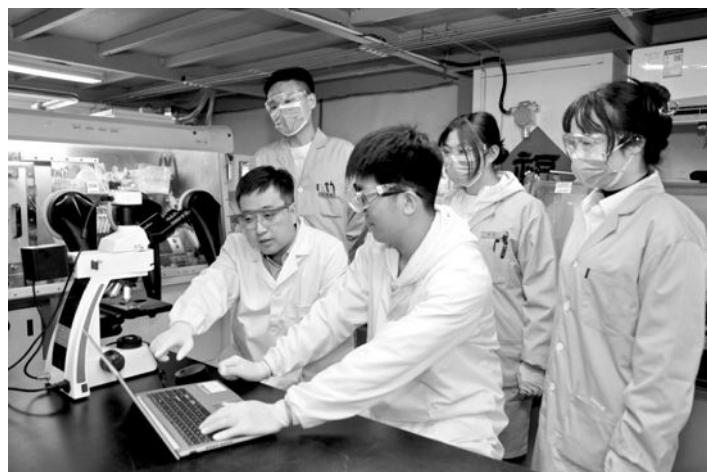
生长。”该成果的主要完成人、华东理工大学侯宇教授介绍说,例如,在70度下,甲胺铅碘单晶薄膜的生长速度可达到8微米/分钟,在一个结晶周期内单晶薄膜尺寸可达2cm。同时,钙钛矿结构中常用的铅元素可以轻易替换成低毒性的锡、锗、铋、锑、铜,卤素离子(氯、溴、碘)全覆盖。此外,一些难以合成的具有双金属结构、多元合金的单晶,也首次实现了单晶的可控制备。

这一研究成果不但突破了传统生长体系中溶质扩散不足的技术壁垒,提供了一条普适性、低温、快速的单晶薄膜生长路线,构建了30余种高质量厘米级单晶薄膜材料库。此外,团队还组装了高性能单晶薄膜辐射探测器件,实现大面积复杂物体的自供电成像,避免高工作电压的限制,拓展辐射探测的应用场景,为便携式、户外条件提供了新范式。

据介绍,基于高质量单晶薄膜所组装的辐射探测器件,在零偏压和低电压模式下的灵敏度均达到国际领先水平,是商业化α-Se探测器的5万倍。此外,在像素阵列化器件中展示出空间尺度上一致性的空间尺度上一致性的X射线成像。以胸透成像为例,基于高质量晶片的器件比常规医疗诊断所需的辐射强度低100倍。

为实现“小材料”的“大用途”,清洁能源材料与器件团队将在此实验基础上同步调控晶体的成核和生长过程,攻关钙钛矿晶片与薄膜晶体管的直接耦联工艺,开发动态高分辨成像技术,为钙钛矿晶片的辐射探测应用落地铺平道路。

该研究工作以华东理工大学为唯一通讯单位。华理材料科学与工程学院博士生刘达为本论文的第一作者,侯宇教授和杨双教授为本论文的通讯作者,并得到了杨化桂教授的悉心指导。该研究工作得到了国家高层次人才特殊支持计划、国家优秀青年科学基金、上海市基础研究特区等项目的资助。



在实验室中讨论的研究人员。

