
长效神经融合脑机界面研究取得进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/41677.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

长效神经融合脑机界面研究取得进展

。脑机接口是神经医学、康复工程与人工智能交叉领域的前沿技术。电极与脑组织间的神经融合界面直接决定设备使用寿命、信号采集精度与临床安全，是实现长期稳定神经记录、闭环精准神经调控的根基。当前界面技术仍存短板，现阶段柔性基底、导电高分子、单一功能修饰涂层等技术仅能优化某一项缺陷，无法同步实现长效抑菌、抑制生物污损、削弱免疫排斥、稳定电学性能、电极无损回收等五项临床刚需，制约了脑机接口的临床落地应用。

近日，中国科学院理化技术研究所等科研团队研发出一款多功能阳离子交替肽电极界面涂层，兼顾优异生物相容性、广谱抗菌、抗蛋白与离子黏附、强效抑制异物反应四大特性，且不破坏电极电化学性能。改性的柔性神经电极，在动物模型中完成多项验证，为超长期服役、可无损更换的临床级脑机接口提供通用解决方案。

该多肽修饰材料可适配硅、金、聚酰亚胺、医用聚氨酯等多种植入器械基底，通过表面共价接枝形成超薄修饰层，依托适度高电势活性以及氢键水合屏障实现多重功能协同，且不改变电极本身力学与电学属性。团队将修饰后的柔性电极植入大鼠运动皮层开展长达300天连续在体电生理测试，对比显示，综合性能优于传统裸电极。修饰电极植入满300天，有效工作通道无衰减，神经元动作电位幅值持续维持在155 μV 以上。在神经刺激调控层面，植入300天后，修饰电极仅需2 μA 即可触发明显运动反馈，神经调控综合效率提升50倍。

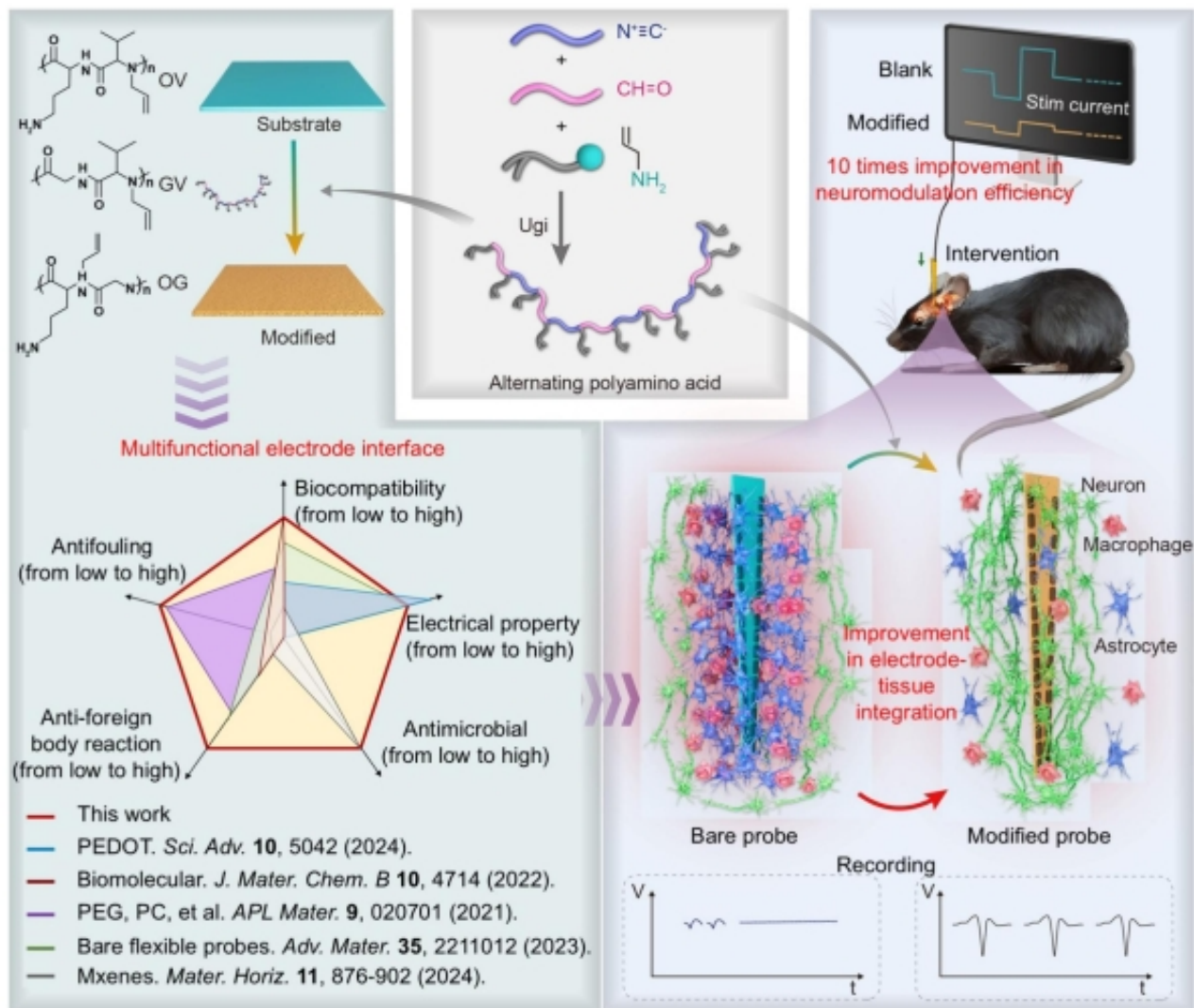
实验结果证实，该涂层可有效阻止“生物黏连”，电极可完整无损取出，且脑组织无大面积损伤。脑组织免疫染色显示，改性电极周边星形胶质细胞、巨噬细胞数量仅为裸电极组1/5左右，电极500 μm 范围内神经元密度接近健康脑组织，解决了传统电极周边“神经元荒漠”难题。

为探究电极长效稳定记录与低刺激阈值的机理，团队整合转录组与空间转录组多组学数据，解析了宿主组织的分子响应。结果发现，传统裸电极植入会引发全谱炎症通路激活，并抑制突触传递与离子通道功能，从而形成典型的损伤型分子特征。而采用交替肽修饰后，电极则可有效抑制补体与TLR炎症通路，同时恢复神经递质释放、钠钾离子通道及突触可塑性相关基因的表达。这一转变成功将宿主微环境从促炎损伤状态重塑为修复稳态，从分子层面阐释了该涂层功能优势的内在机制。

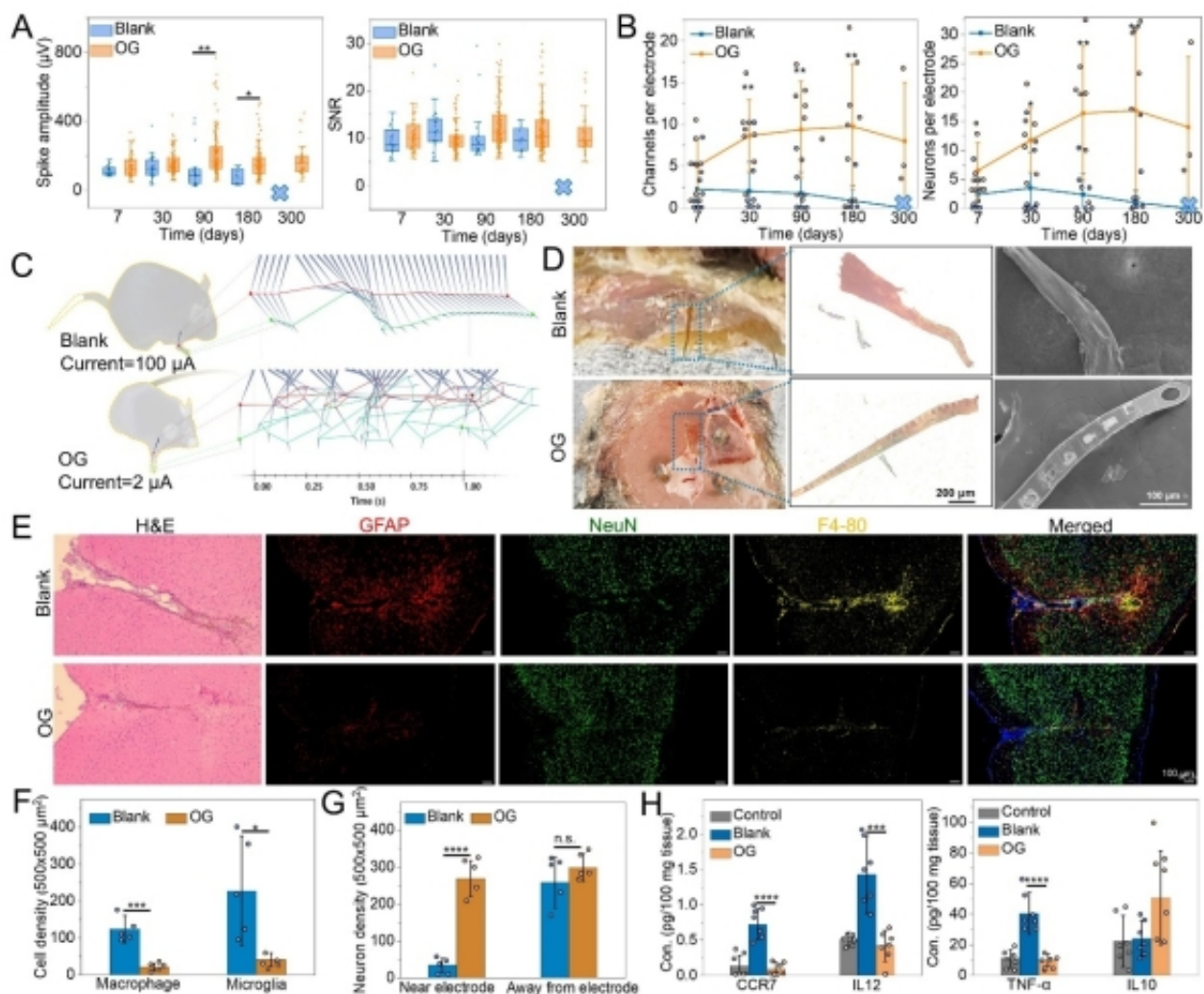
该交替肽涂层具备较强通用性，为长效脑机接口、迷走神经刺激、神经传感、植入式医用电子设备临床转化开辟了新的可行路径。

相关研究成果发表在《先进材料》（*Advanced Materials*）上。

[论文链接](#)



多功能聚氨基酸脑机界面神经融合示意图



长期神经记录、调节及脑组织生物学评价结果

研究团队单位：理化技术研究所

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](https://www.iikx.com)转发