

新加坡国立大学欧阳建勇、任洪亮合作《自然·通讯》：可拉伸自粘附纯有机干电极用于长期稳定检测人体表皮生物电信号

Original 高分子科学前沿 高分子科学前沿 Today



心电（ECG）、肌电（EMG）和脑电（EEG）等生物电信号是反映人体健康状况的重要生理指标。可穿戴电极是准确检测这些生物电信号的重要设备，尤其是在日常生活中针对心脏疾病的长期或持续性监测。目前临床普遍使用是一次性的Ag/AgCl凝胶电极，由于溶剂挥发导致的信号衰变和电解质刺激皮肤等问题，这类凝胶电极不适合长期稳定检测生物电信号。干电极是一种适于长期检测生物电信号的穿戴式电极，但在文献里报道的干电极与皮肤之间的贴合性较差，尤其是在身体运动和皮肤出汗等状况下，造成明显的信号噪音和运动伪像干扰，限制了干电极的实际性能。

针对这一问题，**新加坡国立大学欧阳建勇教授课题组和任洪亮教授课题组**合作，**在世界上首次研发了可拉伸，自粘附和高电导的导电高分子并且证明它们可用为高效的生物干电极（PWS干电极）**。该材料由生物可相容的高分子和有机分子构成，同时具有**高导电性（ $>390\text{ S/cm}$ ）和高拉伸性（断裂伸长率 $>43\%$ ），能够贴敷于细微的皮肤纹路，牢固的粘附在干甚至湿皮肤表面，即使在皮肤拉伸变形、震动等状态下，PWS干电极基本不脱落。PWS干电极还表现出拉伸应变不灵敏的特点（440次拉伸循环后电阻变化 $<6.5\%$ ）。**

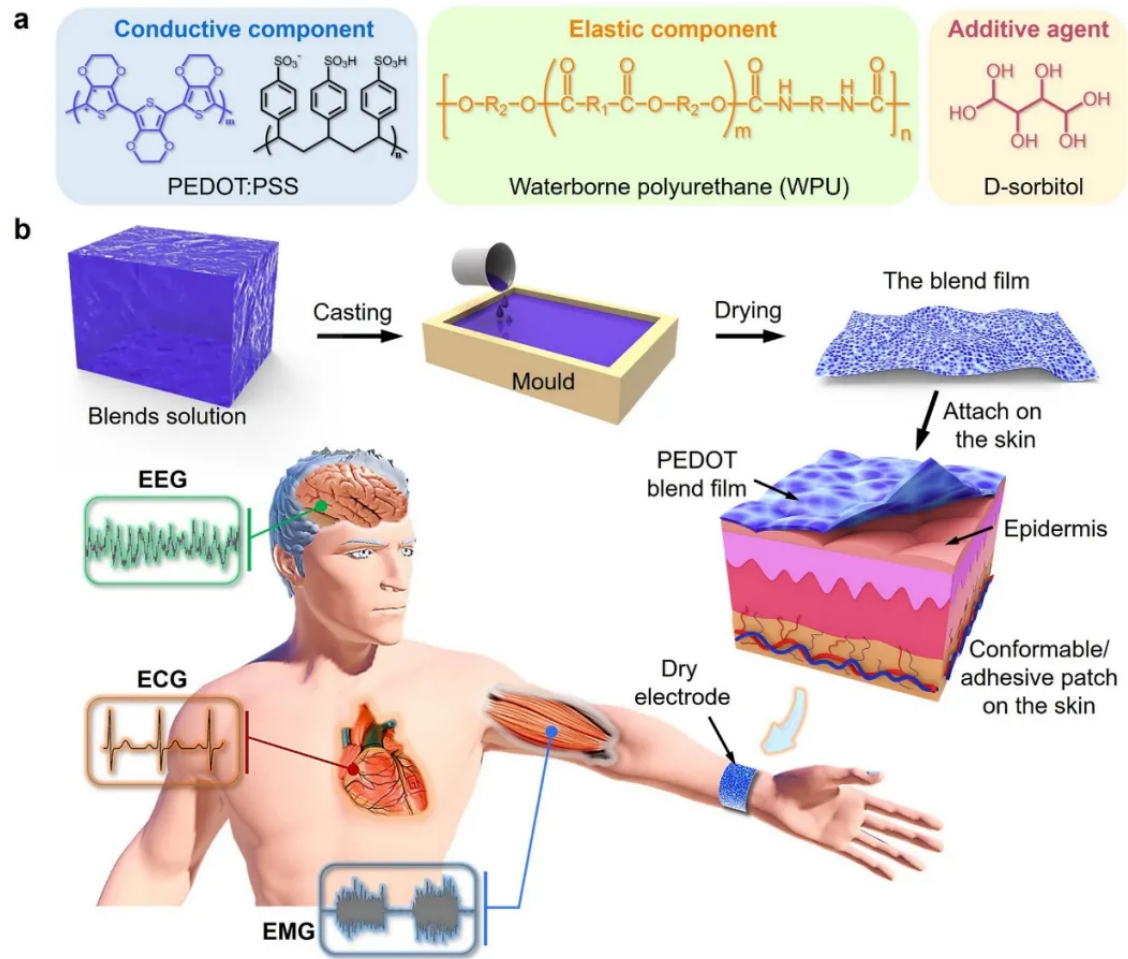


图1. PWS干电极的制备材料(a)、制备过程及其表皮生物电信号检测应用(b)。

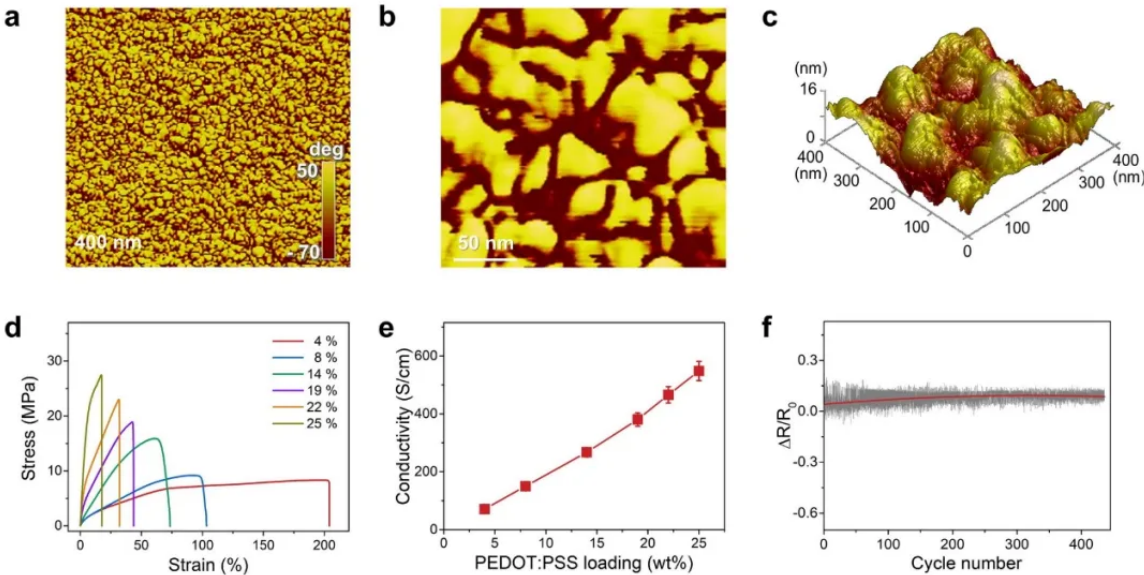


图2. PWS的微观结构及其拉伸、电学性能。a, b PWS干电极薄膜表面的原子力显微镜相图；c PWS干电极薄膜表面的原子力显微镜3D形貌；PWS薄膜的拉伸性能（d）和导电率（e）随着PEDOT：PSS含量的变化；f 440次循环拉伸（30%应变）过程中PWS薄膜的电阻变化。

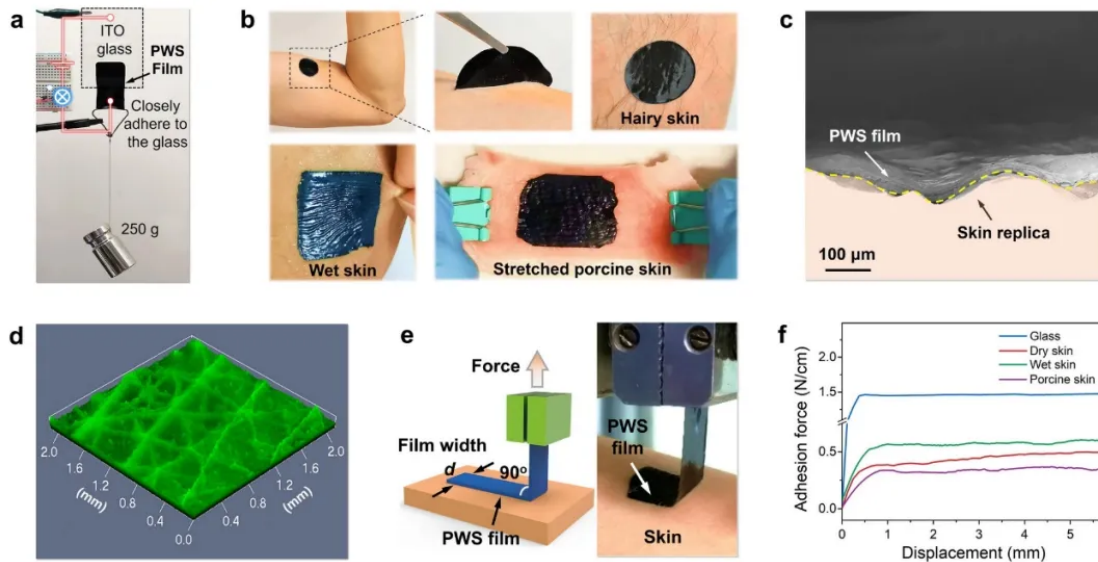


图3. PWS薄膜的粘附性能。a 承载250g重物的PWS薄膜牢固粘附在ITO玻璃，构成稳定的导电回路；b PWS薄膜牢固粘附在光滑、带毛发皮肤、湿润皮肤以及拉伸变形的皮肤表面；c PWS薄膜紧密贴合于皮肤复制物表面的微细纹路；d 将PWS薄膜按压贴敷于皮肤复制物表面，揭下的PWS薄膜可复制出皮肤纹路；e PWS薄膜在皮肤或基底表面的粘附力测试；f PWS薄膜在干、湿皮肤、玻璃及猪皮表面的粘附力。

与文献中的干电极和商业化的凝胶电极相比，PWS干电极具有较低的皮肤接触阻抗（ $82 \text{ K}\Omega \text{ cm}^2 @ 10 \text{ Hz}$ ）和优异的稳定性，在静态、动态检测过程中产生的信号噪音极低，可以实现在干、湿皮肤以及身体运动等复杂状况下高分辨检测心电、肌电以及脑电等信号。而且，可以作为新型人机界面交互式电子皮肤，利用肌电信号实时远程控制机械手臂精确运动。

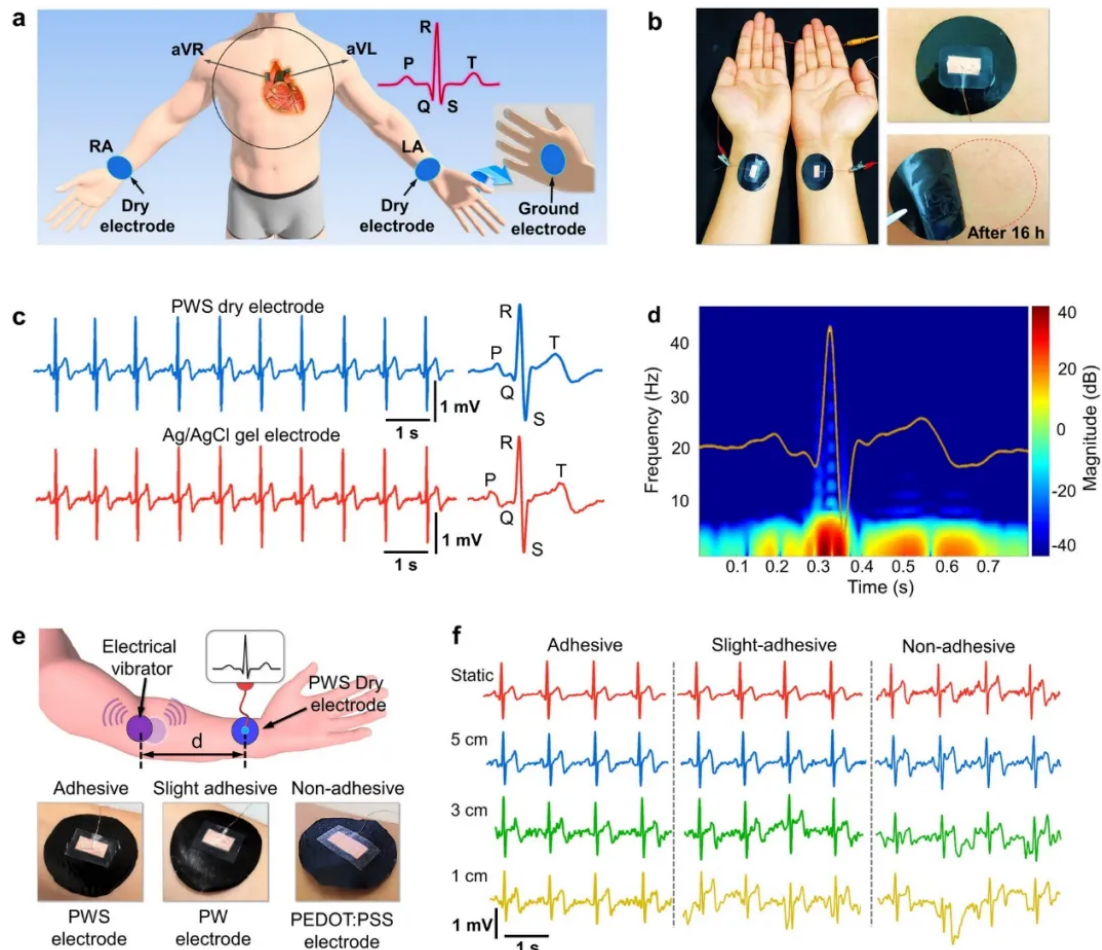


图4. PWS干电极检测心电信号性能。a, b PWS干电极检测心电的贴敷位置；c PWS干电极（蓝色）和商业Ag/AgCl凝胶电极（红色）检测的心电信号；d PWS干电极检测的心电脉冲图谱（频率0-45 Hz）；e, f粘附性PWS干电极、轻微粘附PW干电极和不粘的PEDOT薄膜电极在震动皮肤表面测试心电信号。

通过与新加坡国立医院的Raymond Seet教授的合作，他们深入研究了PWS干电极在临床实践中的应用性能。针对患有心房纤维性颤动疾病的高龄病人，PWS电极可以有效检测到病人的心律不齐及心电P波异常缺失等症状。另外，利用PWS干电极能够快速准确检测出病人肱二头肌持续性收缩，以及肱二头肌肌腱应激反应过程中的肌电信号，用于协助肌肉神经康复的诊断和治疗，表现出优异的临床应用性能。

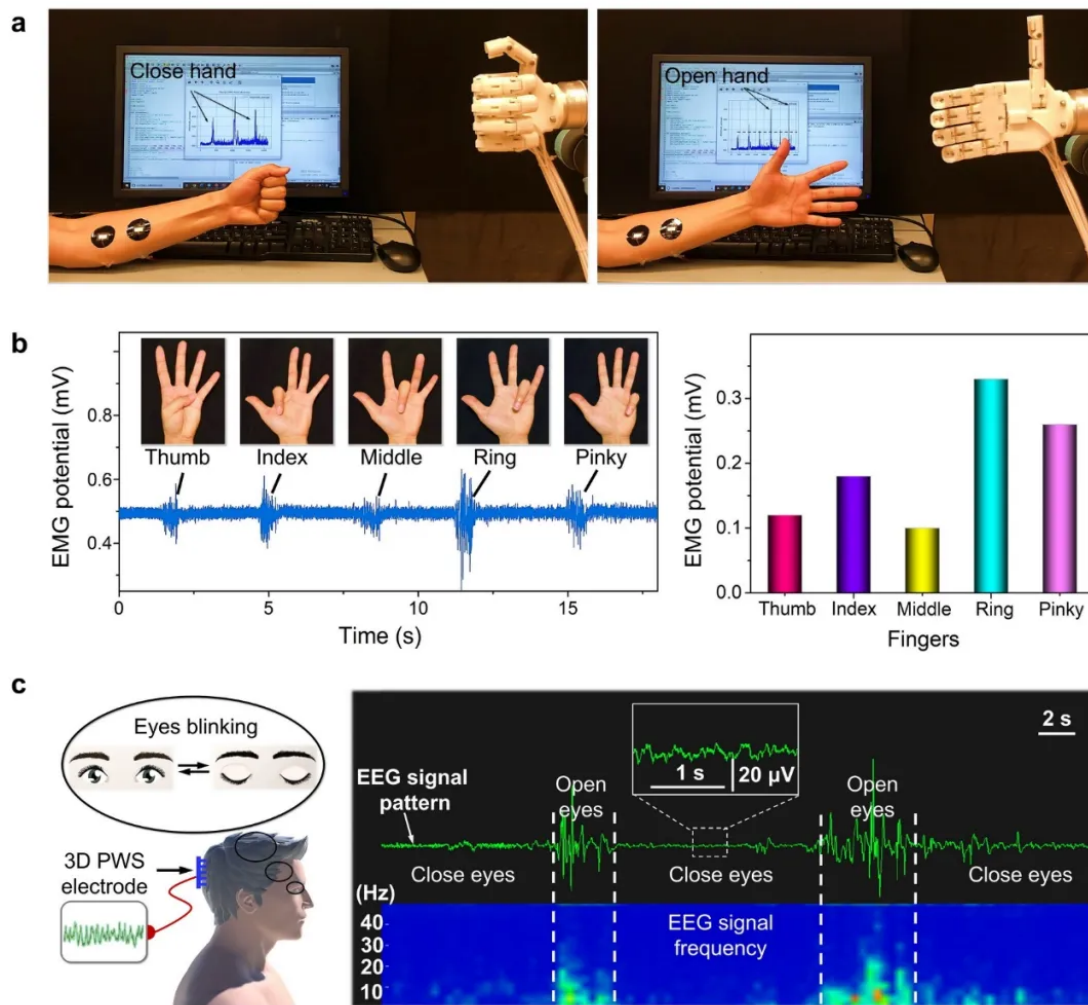


图5. PWS干电极检测肌电和脑电信号。a PWS干电极检测肌电信号并利用肌电远程控制机械手臂运动；b PWS干电极检测不同手指运动产生的肌电信号；c 三维结构PWS干电极穿过头发检测后脑头皮的脑电信号。

该成果以“Fully organic compliant dry electrodes self-adhesive to skin for long-term motion-robust epidermal biopotential monitoring”为题发表在《NATURE COMMUNICATIONS》。通讯作者是欧阳建勇教授和任洪亮教授，第一作者是张磊博士和Kirthika Senthil Kumar。

纳米纤维素 氰乙基纤维素



识别二维码，索取样品

北方世纪（江苏）纤维素材料有限公司

全文链接：

<https://doi.org/10.1038/s41467-020-18503-8>

来源：高分子科学前沿

声明：仅代表作者个人观点，作者水平有限，如有不科学之处，请在下方留言指正！

微信加群

“高分子科学前沿”汇集了20万高分子领域的专家学者、研究/研发人员。我们组建了80余个综合交流群（包括：**教师群**、**企业高管群**、硕士博士群、北美、欧洲等），专业交流群（塑料、橡塑弹性体、纤维、涂层黏合剂、聚酰亚胺、抗菌、仿生、肿瘤治疗等）。



添加主编为好友（微信号：MaterialsFrontiers，请备注：**名字-单位-职称-研究方向**）或长按二维码添加微信，邀请入群。

我们的微博：**高分子科学前沿**，欢迎和我们互动。

我们的QQ交流群：451749996（务必备注：名字-单位-研究方向）

投稿

投稿 荐稿 合作：editor@polysci.cn

投稿模板：

单篇报道：上海交通大学周涵、范同祥《PNAS》：薄膜一贴，从此降温不用电！

系统报道：加拿大最年轻的两院院士陈忠伟团队能源领域成果集锦

历史进展：经典回顾| 聚集诱导发光的开山之作：一篇《CC》，开启中国人引领世界新领域！

高分子科学前沿 高分子领域新媒体



让我们隔着时空喝喝茶 共话高分子