

仿电鳗可拉伸水下发电机及其应用研究获进展

中国科学院北京纳米能源与系统研究所王中林和李舟领导的研究团队与北京市生物医学工程高精尖中心教授樊瑜波研究团队联合研制了一种仿电鳗的可拉伸发电机(BSNG, bionic stretchable nanogenerator), 可以用于水下传感与能量收集。该工作中研究者模仿电鳗发电器官细胞膜上的离子通道, 构造了一种机械敏感性的仿生通道, 用于控制发电机内部的起电液体的往复运动, 从而实现电能的转化。两种独特的工作模式使得BSNG在液体环境中可以实现超过10V的开路电压, 在干燥条件下可以实现超过170V的开路电压。BSNG由于其出色的柔韧性、可拉伸性、机械响应性和高输出性能等优势, 可用于人体运动监测, 在干燥和液体环境中为新一代可穿戴电子设备提供了一种有前景的替代电源。

新一代可穿戴电子设备需要具有柔性、可变形、可拉伸、生物相容性和防水等特性。可穿戴电子设备的快速发展迫切需要与之匹配的可持续电能供给。然而, 如何研制出一种同时具有良好的可拉伸性, 又能在多种复杂环境中都可以正常工作的一种电能转换装置, 是一个很大的挑战。

电鳗可以通过其独特的发电器官在水下产生高达数千伏的电压。在发电细胞的一个神经冲动过程中, 当受到神经递质的刺激, 细胞膜上的离子通道开启, 钠离子流入, 钾离子流出, 从而产生一个150mV的膜电位。李舟团队受发电细胞上细胞膜离子通道的启发, 利用聚二甲基硅氧烷和硅胶之间的应力失配效应, 设计了一种机械敏感性的仿生通道, 并将其用于构造一种可拉伸的发电机(BSNG, bionic stretchable nanogenerator)。在BSNG的一个工作周期中, 当受到机械牵拉刺激时, 仿生通道开启, 发电机内部的起电液体开始流动, 在液体摩擦起电和静电感应的耦合作用下产生一个高达10V的开路电压。

这种仿电鳗的可拉伸发电机是一款可以在水下正常工作的弹性拉伸能量转换器。BSNG周围的硅胶层充当类似电鳗的厚脂肪层, 起绝缘和保护内部仿生结构的作用, 确保了器件卓越的抗拉疲劳性能和稳定的输出性能(5万次单轴拉伸测试后发电机的输出没有任何衰减)。此外, BSNG同时还具有良好的可拉伸性(拉伸率超过60%)和机械响应性。

在该工作中, BSNG可作为自驱动传感器, 研究者将BSNG与潜水服整合, 并结合多通道蓝牙无线传输模块, 构建一套水下无线多位点人体运动监测系统。通过该系统, 不同泳姿下的运动信号都可以被同步传输显示和记录, 可以用于泳姿的矫正和针对性训练。该系统还可以用于监测水下工作者的运动状态, 从而起到预警的作用。

此外, 研究团队还构建了一套基于BSNG的水下救援系统, 用于在水下危险特殊情况的远程求救警报。穿戴者只需在水下活动一段时间, 固定于关节处的BSNG便可收集来自人体运动的机械能, 并将其转化为电能存储到电容器中, 当遇到紧急情况时, 只需拍打胸前的报警触发器, 便可远程点亮救援信号灯。良好的可拉伸性, 优秀的水下输出性能和出色的抗拉疲劳性使BSNG可以作为水下自驱动传感器和能量采集装置, 为可穿戴电子设备的水下可持续供电带来了新的机遇。

王中林和李舟领导的研究团队一直致力于自驱动可穿戴电子器件的研究。2017-2019年间, 研究团队成功研制出了可用于心血管疾病诊断的自驱动可穿戴脉搏传感器(Advanced Materials, 2017, 1703456); 在穿戴式能量存储器件方面, 研发出基于活性炭涂覆的石墨烯纤维可穿戴线形超级电容器(ACS applied materials & interfaces, 2018, 10(40): 34302-34310); 基于人体静电效应, 提出了一套基于人体静电的自驱动系统, 可用于穿戴式和植入式电子设备相关的应用(ACS Nano, 2019, 13(5): 6017-6024); 此外, 研究团队还总结展望了近些年可穿戴和植入式纳米发电机的相关研究及应用(Advanced Functional Materials, 2019, 1808820)。

目前, 李舟团队在可拉伸能量转换器件的研究方面实现了一个新的突破, 然而, 器件的小型化与智能化还有待进一步解决。在未来, BSNG有望应用于电子皮肤、软体机器人的主动感知, 以及可穿戴电子产品和植入式医疗设备的持续电能供给。在这个物联网与各种新型电子产品并行飞速发展的时代, 自驱动能源的新时代俨然将随之到来。

相关研究成果以A bionic stretchable nanogenerator for underwater sensing and energy harvesting为题发表在近期(6月19日)的国际学术期刊《自然-通讯》上(Nature Communications, 2019, 10: 2695)。该文章的第一作者为邹洋、谈溥川、石波璟, 通讯作者为王中林、樊瑜波和李舟。该项工作得到国家自然科学基金、科技部国家重点研发计划、北京市自然科学基金、中国科学院大学以及国家万人计划“青年拔尖”人才项目的支持。

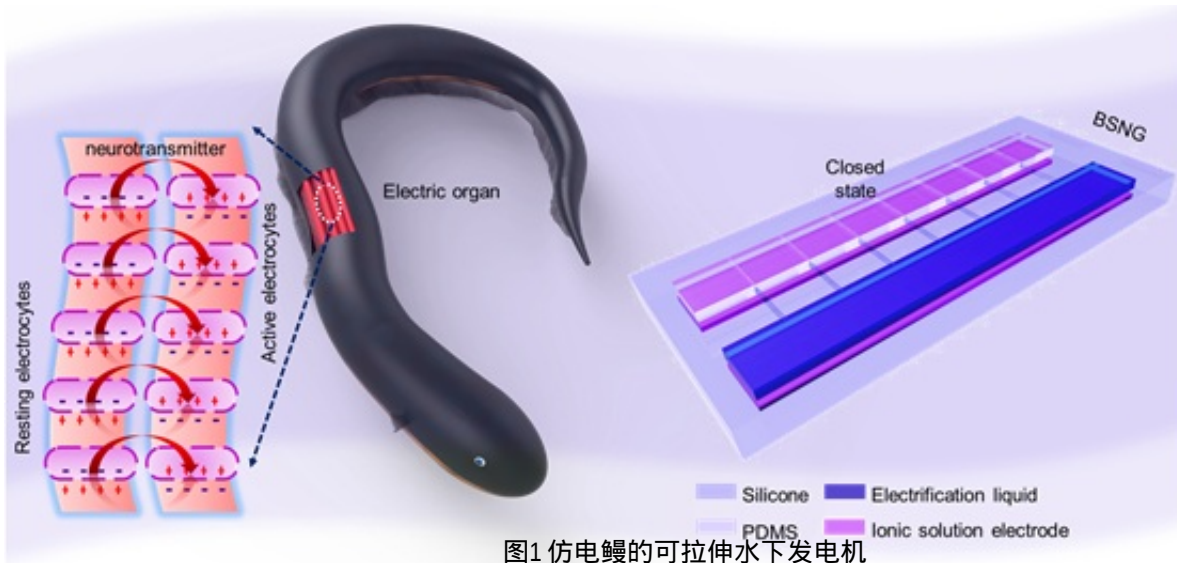


图1 仿电鳗的可拉伸水下发电机

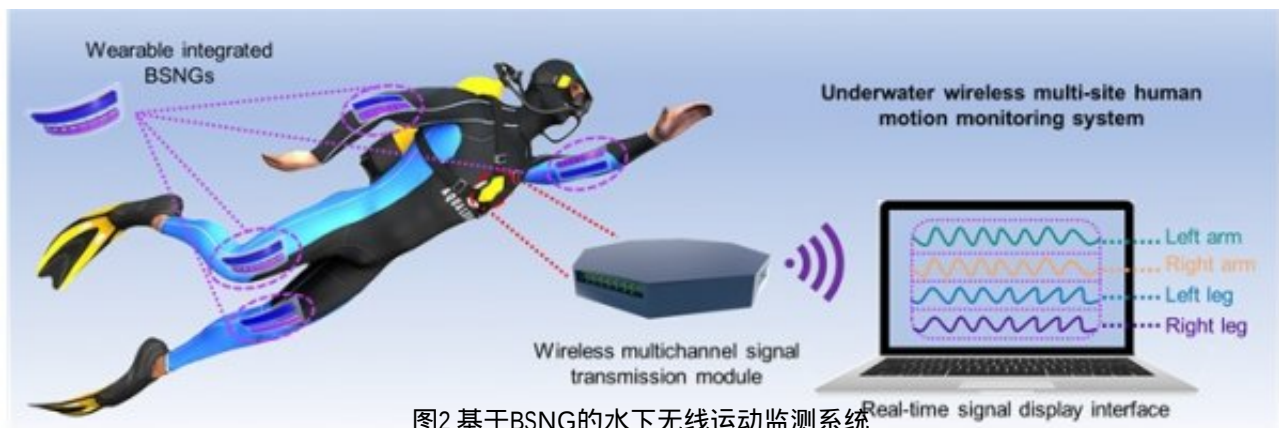


图2 基于BSNG的水下无线运动监测系统

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/141147.html>