

## 用于人体热能收集的棉基热电纱线的制备及热电纺织品的构筑

Facile fabrication of cotton based thermoelectric yarns for construction of textile generator with high performance in human heat harvesting

蒋望凯, 李婷婷, Bilqeess Hussain, 周随波, 王哲山, 彭瑜, 胡建臣, 张克勤

Wangkai Jiang,<sup>1</sup> Tingting Li,<sup>1</sup> Bilqeess Hussain,<sup>1</sup> Suibo Zhou,<sup>1</sup> Zheshan Wang,<sup>1</sup> Yu Peng,<sup>2</sup> Jianchen Hu,<sup>1</sup> Ke-Qin Zhang<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 苏州大学, 纺织与服装工程学院

<sup>1</sup> College of Textile and Clothing Engineering, Soochow University.

<sup>2</sup> 嘉兴南湖学院, 先进材料工程学院

<sup>2</sup> College of advanced material engineering, Jiaxing Nuhu University

聯繫作者: email: hujianchen@suda.edu.cn (Jianchen Hu); kqzhang@suda.edu.cn (Ke-Qin Zhang)

### 摘要

可以从人体收集热能的热电纺织品由于其稳定和长期的功率输出在可穿戴电子领域具有潜在的引用价值。迄今为止, 碲化铋基的传统无机热电材料由于其高成本及本征脆性限制了热电纺织品的发展。本文, 用 p 型和 n 型热电性能可被调控的碳纳米管作为热电材料和水性聚氨酯作为粘合剂开发了可扩展和高热电性能碳纳米管复合纱线 (CNTYs)。分别用聚(3, 4-乙烯二氧噻吩): 聚苯乙烯磺酸盐 (PEDOT:PSS) 溶液和 n 型掺杂剂聚醚酰亚胺 (PEI) 处理 CNTYs, 制备具有 p 型和 n 型分段结构的热电纱线。基于制备的热电纱线, 制造了具有 75 个 p-n 对的热电纺织品, 从而实现了良好的人体热能收集效果。

**关键字:** 热电纺织品; 可穿戴电子; 碳纳米管; 热能收集

### 内容精要:

智能纺织品可以通过可穿戴电子设备检测来自人体的生物信号或者环境刺激信号, 从而更好地提供医疗保健功能和实现对人体微环境的监测功能。然而, 目前的可穿戴电子产品通常由传统电池供电, 传统电池通常体积庞大、在可穿戴使用中较为不便从而限制了其实际应用。可穿戴热电发电机, 可以利用人体表面与环境之间存在的温差将热能直接转换为直流电输出。但是, 将大量 p 型和 n 型热电材料沉积到单根纤维/纱线上依然存在一定的困难, 较低的沉积量会导致不尽如人意的热电性能。因此, 需要一种简单又具有规模化前景的方法来制造具有高热电性能的热电纱线。

在常用的纱线中, 棉纱由于其成本低廉且间距具有良好的机械性能, 已被认为是制造高性能热电纱线的理想选择。因此本文中, 我们选择棉纱作为主要基材, 不同种类的碳纳米管 (CNTs) (单壁碳纳米管 (SWCNT) 与多壁碳纳米管 (MWCNT)) 作为热电材料来制备 CNT 复合纱线 (CNTYs), 与基于 MWCNT 的 CNTYs 相比, 基于 SWCNT 的 CNTYs 具有高塞贝

克系数和低电导率。因此, 我们采用简单的两步浸涂和溶液掺杂程序, 交替使用 SWCNT 和 MWCNT/WPU 复合材料作为热电材料制备具有 p 型和 n 型分段结构的热电纱线。通过调整两步浸涂中的成分分散, 可以逐步获得出色的热点性能。交替地用 PEDOT:PSS 溶液和 PEI 溶液, 将 p 型和 n 型部分组装进单根热电纱线中。并通过刺绣工艺, 将热电纱线植入具有一定厚度的三维间隔织物中从而构建具有良好热电性能的热电纺织品。所制备的热电纺织品戴在手臂上时, 可在室内产生约 20 mV 的电压输出, 而在室外则约为 45 mV 的输出电压, 通过电压放大等手段, 可将其用于为 LED 灯或定时器供电。除了热能收集之外, 由于其精确的温度感应能力, 这种热电纺织品还提供了卓越的环境监测性能。

