

可穿戴式低阈值光热纺织致动器制备及性能研究

Preparation and performances of wearable low threshold photothermal textile actuator

赵洪涛^{1,2,3}、齐祥君¹、王丽红¹、田明伟^{1,2,3*}、曲丽君^{1,2,3*}
Hongtao Zhao^{1,2,3}、Xiangjun Qi¹、Lihong Wang¹、Mingwei Tian^{1,2,3*}、Lijun Qu^{1,2,3*}

¹ 青岛大学纺织服装学院

² 青岛大学生物多糖纤维成形与生态纺织重点实验室

³ 青岛大学智能可穿戴技术研究中心

*田明伟：mwtian@qdu.edu.cn

*曲丽君：lijunqu@qdu.edu.cn

摘要

本文报道了一种利用传统纺织工艺制备光热双晶片纺织致动器的策略。致动器的主动层和被动层由聚丙烯薄膜 (PP) 和 MXene 改性聚酰胺长丝 (M@PA) 构成。得益于 PP 和 M@PA 相反的热膨胀特性, 纺织致动器可在人类生活温度区间 (15-37 °C) 实现低阈值热驱动。此外, MXene 的引入增强了 PA 长丝的光热转换效率, 基于纺织致动器的智能窗帘在自然太阳光 ($75.1 \pm 2.3 \text{ mW/cm}^2$) 照射下表现出有效的弯曲变形 (537.4°)。这项工作作为可穿戴式低阈值光热致动器开发和应用提供了新的灵感。

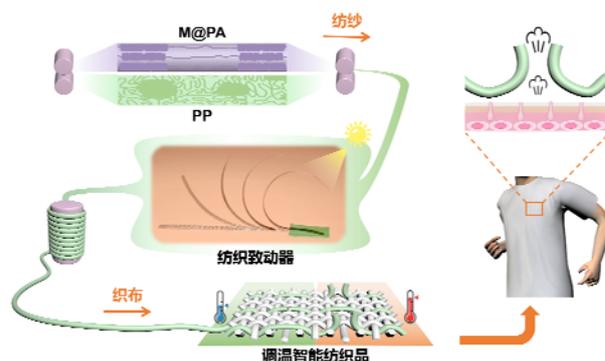
关键词: 纺织致动器、光热效应、智能纺织品、可穿戴设备、MXene

内容摘要:

光热柔性致动器以其无线驱动和非接触控制等独特优势, 在仿生机器人、人工肌肉和智能纺织品等领域有着广泛的应用。其中, 基于主动层/被动层的双晶片结构由于其灵活的可设计性, 在高性能光热致动器的开发中备受青睐。然而, 目前的光热双晶片柔性致动器大多基于薄膜或纸张, 缺乏可穿戴器件必要的舒适性。此外, 为获得满意的变形, 致动器往往需要较高的驱动温度, 难以应用于人体穿戴。如何平衡驱动性能和可穿戴性能成为摆在研究人员面前的一道难题。

本文提出了一种由聚丙烯薄膜 (PP) 和 MXene 改性聚酰胺长丝 (M@PA) 构成的双晶片纺织致动器。熵变诱导 PP 与 M@PA 内在热应力决定了二者相反的热膨胀性能, 赋予了该致动器形状记忆特性, 也为纺织致动器的低阈值驱动提供了基础。利用 MXene 优异的光热性能和高导热性, 纺织致动器实现了可逆的太阳光驱动。所提出的纺织致动器

呈纱线状, 为制造智能纺织品和可穿戴设备提供了一个通用平台。作为证明, 本文展示了太阳升起时自动卷起的智能窗帘和用于运动服装的智能调温织物。这些结果揭示了该致动器在智能纺织品和可穿戴器件中的应用潜力。



致谢

本文感谢国家自然科学基金 (51672141)、山东省自然科学基金 (ZR2018QEM004)、山东省重点研发计划 (2019JZZY010340、2019JZZY010335 和 2019GGX102022) 等项目的支持。