



## 中国科大实现飞秒激光制造磁响应“双面神折纸”机器人

来源: 科研部 发布时间: 2023-09-08 浏览次数: 82

对跨尺度液滴的多样化操纵, 在精细化学和生物医疗检测等领域都有重要的应用前景。从实用角度出发, 有效的液滴操纵技术需要多功能集成及多尺度适用性。近年来, 磁激励凭借其远程可控、生物安全性好、对环境透射率和基底电荷不敏感等优势已被广泛应用于液滴操纵领域。然而, 如何进一步扩展磁响应液滴操纵的功能, 并将多样化的液滴操纵功能从微升尺度扩展到纳升尺度仍极具挑战。鉴于此, 中国科学技术大学工程科学学院微纳米工程实验室胡衍雷教授团队及其合作者利用飞秒激光微纳制造方法, 制备了一种可用于跨尺度液滴操纵的磁响应双面神折纸机器人, 实现了多样化液滴操纵功能的有效集成, 包括液滴的三维运输、合并、分裂、子液滴分发与按需释放、搅拌以及远程加热等。同时, 这种操纵策略的高稳定性赋予了其跨尺度液滴操纵能力, 可以实现对~3.2 nL 到 ~51.14  $\mu$ L 体积范围内液滴的操纵。该工作于9月6日以“Magnetic Janus origami robot for cross-scale droplet omnimanipulation”为题发表于Nature Communications。

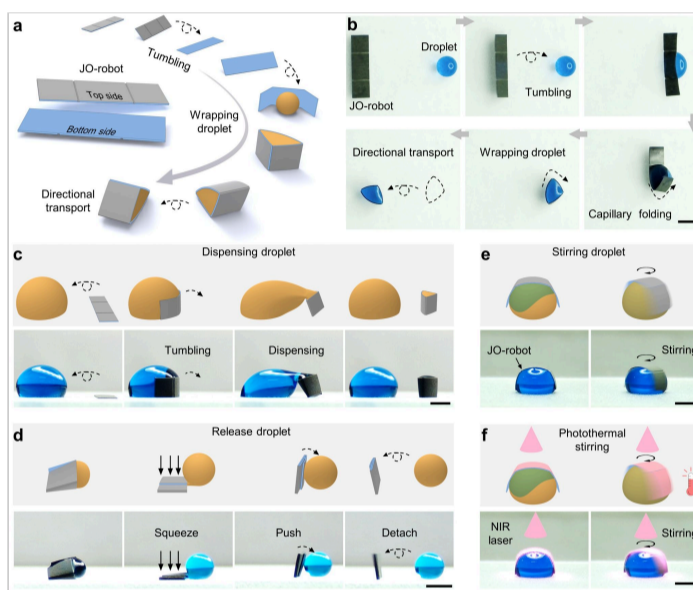


图1.磁响应双面神折纸机器人及其多功能液滴操纵应用

磁响应双面神折纸机器人的上下表面分别具有不同的润湿特性。如图1所示, 机器人上表面为超疏水低液滴黏附状态, 而下表面则为疏水高液滴黏附状态。同时, 机器人的上表面还设计了两条折痕, 以使机器人与液滴相接触时, 可以在毛细力的作用下自发包裹液滴。机器人整体轮廓、折痕和表面微纳功能结构的加工和改性均由飞秒激光扫描而成。机器人在磁场驱动下通过翻滚主动靠近并包裹水滴, 可以实现对水滴的可控运输。除此之外, 磁响应双面神折纸机器人还可以通过定向翻滚与折叠从大液滴中分发出子液滴。通过控制磁场强度可以将分发的子液滴从机器人中挤出。机器人利用其特殊设计的超疏水外表面轻推水滴, 可以实现子液滴的可控释放分离。机器人也可以在磁场作用下旋转, 实现液体的可控混合, 并结合其光热特性实现远程加热。

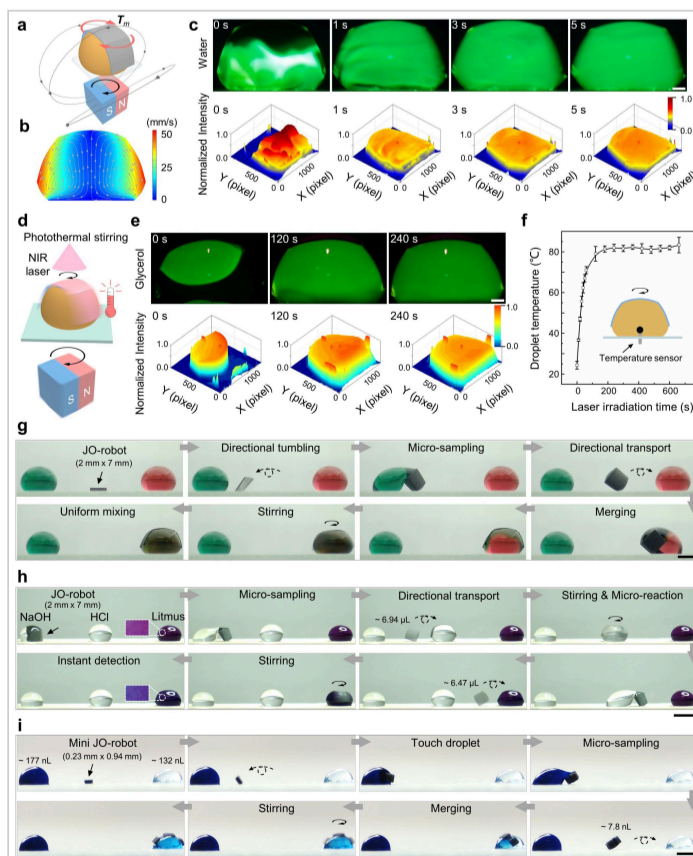


图2.基于磁响应双面神折纸机器人的液滴搅拌、光热搅拌以及多功能液滴操纵集成

如前所述, 磁响应双面神折纸机器人可以实现类似于商业化磁力搅拌机的搅拌及加热功能。图2的荧光分布图清晰展示了搅拌过程中液滴的混合程度。除了能够实现水的快速混合之外, 通过机器人的加热搅拌功能还可以有效实现高粘度液体(甘油)的快速混合。加热温度可以达到80°C以上。

在实现多样化液滴操纵的基础上，磁响应双面神折纸机器人可以将多种液滴操纵功能有效集成，实现连续的液滴操纵目标。例如，机器人可以通过翻滚运动主动靠近水滴并分发出一定体积的子液滴，通过定向运输将分发的子液滴与另一液滴合并，最终通过搅拌实现不同成分液滴的快速混合。这种多功能液滴操纵集成还能够有效扩展到纳升尺度液滴上。

最后，作为概念验证，通过对磁响应双面神折纸机器人进行表面修饰，并结合其多样化的液滴操纵功能，成功实现了核酸的提取和纯化（图3）。总之，磁响应双面神折纸机器人可以实现跨尺度液滴操纵，对精细化工、医疗诊断和微流体技术等广泛需要精确获取和添加试剂、微液滴图案化和快速微液滴反应的领域具有重要意义。

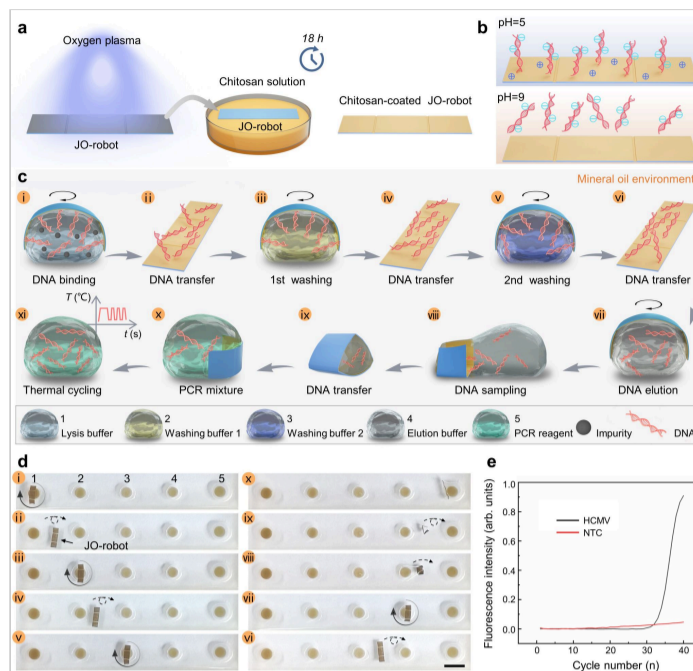


图3.基于磁响应双面神折纸机器人的核酸提取与纯化应用

工程科学学院蒋绍军博士为论文第一作者。通讯作者为中国科学技术大学胡衍雷教授、吴东教授和香港理工大学王立秋教授。论文的合作者还包括中国科学技术大学褚家如教授、李家文副教授、中国科学院合肥物质科学研究院安徽光学精密机械研究所朱灵研究员、中国科学技术大学附属第一医院沈佐君教授等。该项研究工作得到了国家自然科学基金优秀青年科学基金、中国科学院青年创新促进会、科技部国家重点研发计划等基金等项目的支持。

论文链接: <https://www.nature.com/articles/s41467-023-41092-1>

(工程科学学院、科研部)