



Editorial

微纳操作与表征

Yu Sun^a, Sergej Fatikow^b, Xinyu Liu^a^a Department of Mechanical and Industrial Engineering, University of Toronto, Toronto, ON M5S 3G8, Canada^b Institute for Microrobotics and Control Engineering, University of Oldenburg, Oldenburg D-26129, Germany

Yu Sun

Sergej Fatikow

Xinyu Liu

操作微纳米级物体（如生物细胞、小型生物、生物大分子和纳米材料等）并表征其物理和化学特性的技术，在生物学、医学、微系统工程和纳米技术等多种学科中发挥着重要作用。研发微纳操作和表征技术需要深度融合微尺度物理学、微纳米设备设计和制造、微纳机器人和微纳仪器等方面的多学科专业知识。

在过去的30年里，这一领域的研究已经取得了长足进展。《Engineering》本期专题旨在总结微纳操作和表征的最新研究成果和未来发展趋势，从而促进该领域的进一步发展。本期专题包含7篇文章——两篇观点与评论文章、两篇综述文章和三篇研究性文章——由来自中国、美国、德国、日本和澳大利亚的高影响力专家撰写。这些文章阐述了在这一领域已经被广泛研究的几个主要课题。

文献中报道了两种微纳操作策略：接触操作和场控操作。接触操作方法通常采用与目标物体接触的操作工具（如微针或纳米探针）进行操作，而场控操作方法依靠外部场（如磁场、电场或声场）对物体施加作用力，从而进

行操作。关于接触操作，孙明竹等发表了一篇关于机器人微操作系统的研究文章，该系统能够对动物卵母细胞进行体细胞核移植（SCNT），从而提高克隆成功率。在他们的工作中，通过一种基于视觉的应变评估方法，减少了卵母细胞注射诱导的细胞内应变，提高了囊胚率和克隆成功率。这种微操作系统最终可以克服目前动物克隆中造成低成功率的主要障碍，从而在动物育种中普及克隆技术。关于场控操作，王敏等报道了一篇关于通过全局磁场对微型机器人进行选择性独立控制的综述文章。这些控制方法对于实现多个微型机器人之间的有效协调合作和多样化操作等功能非常重要。在一篇观点和评论文章中，Ma和Fischer回顾了声场控制微纳操作技术，强调了该技术在微流体驱动、混合和生物样品操作中的应用，并设想了这一强大技术的几种颇具前景的新应用。

在微尺度生物样本表征领域，本期专题中的一篇观点与评论文章和一篇研究性文章分别关注了用于疾病诊断、治疗和单细胞分析的微流控技术。在观点与评论文章中，Xie等概述了微流控技术在解决肺部疾病（如COVID-19）带来的各种全球健康挑战中的作用。微流控技术已被应用于解决肺部疾病的基础研究和临床实践，如体外疾病模型的构建、生物标志物的选择和检测以及局部药物递送。在研究性文章中，Du等讨论了一个具有力感应和流体交换能力的微流控设备的研发，用于在不同的渗透条件下对单个细菌细胞进行动态变形测量。在他们的工作中，该装置

被用来研究渗透压力下细菌的机械敏感通道的功能。

此外，本专题中的一篇综述性文章和一篇研究性文章介绍了纳米级表征的实验方法。Mead等发表了一篇关于研究一维（1D）纳米材料黏附行为实验方法的综述文章。这些方法涉及在不同显微镜环境下（包括光学显微镜、电子显微镜、原子力显微镜AFM）开展多种微纳操作和表征技术，对于这些研究中所获得的实验数据必须结合不同的界面力学模型进行分析。张号等报道了一种新型三维（3D）AFM技术，该技术包含一种磁驱正交悬臂探针，能

够对具有垂直壁的深槽甚至具有下切侧壁的微纳结构进行高分辨率AFM成像。该技术可以被非常容易地集成到商业AFM系统中。

我们希望本期专题中的高水平文章可以为读者提供更多灵感，并在微纳操作和表征领域激发广泛的研究兴趣。我们真诚地感谢所有作者对本专题做出的杰出贡献。展望未来，这一领域仍有许多挑战需要通过不断的技术创新来解决。这需要通过科学和工程领域的交叉合作来实现。