

创新·严谨·团结·奋进

当前位置：首页 > 新闻动态 > 科研进展

科研进展

力学所在薄膜的界面剥离研究中取得重要突破

作者：李培柳 发布时间：2023-10-09

柔性薄膜作为一种性能优异的基底材料，被广泛应用于纳微系统、柔性电子、软体机器人和生物医学设备等新兴应用领域。随着薄膜厚度趋于微/纳米尺度，实现薄膜简单、无损的界面剥离已经成为实际应用中的最大挑战之一。近日，中国科学院力学研究所非线性力学国家重点实验室赵亚溥研究团队在薄膜的界面剥离研究中取得重要进展，提出了薄膜的电毛细剥离方法 (Electro-capillary peeling, ECP)。该方法利用电场诱导电解质溶液在薄膜-基底紧密结合的界面结合层中均匀对称扩展，将薄膜-基底从“固-固”结合形式转化为“固-液”结合形式，实现薄膜从附着基底表面的超低应变剥离。相关成果以“Electro-capillary peeling of thin films”为题，10月3日在线发表于《Nature Communications》期刊上。力学所赵亚溥研究员为论文通讯作者，博士生李培柳为论文第一作者，黄先富副研究员为论文第二作者。

在本工作中，作者利用自行搭建的力-电耦合跨尺度实验平台研究了薄膜的电毛细剥离过程。研究发现：薄膜与基底黏附边界处的电解质溶液在垂直电场 (0.1-4.5 V) 的作用下会渗入薄膜与基底紧密结合的界面层中，并在该界面层中均匀、对称地扩展 (图1)。在电场不变时，电解质溶液向前扩展的速率基本恒定，直至实现薄膜从黏附基底的完全剥离。研究结果证明：一滴20 μL 的电解质液滴可实现半径约3 cm PDMS薄膜的剥离。

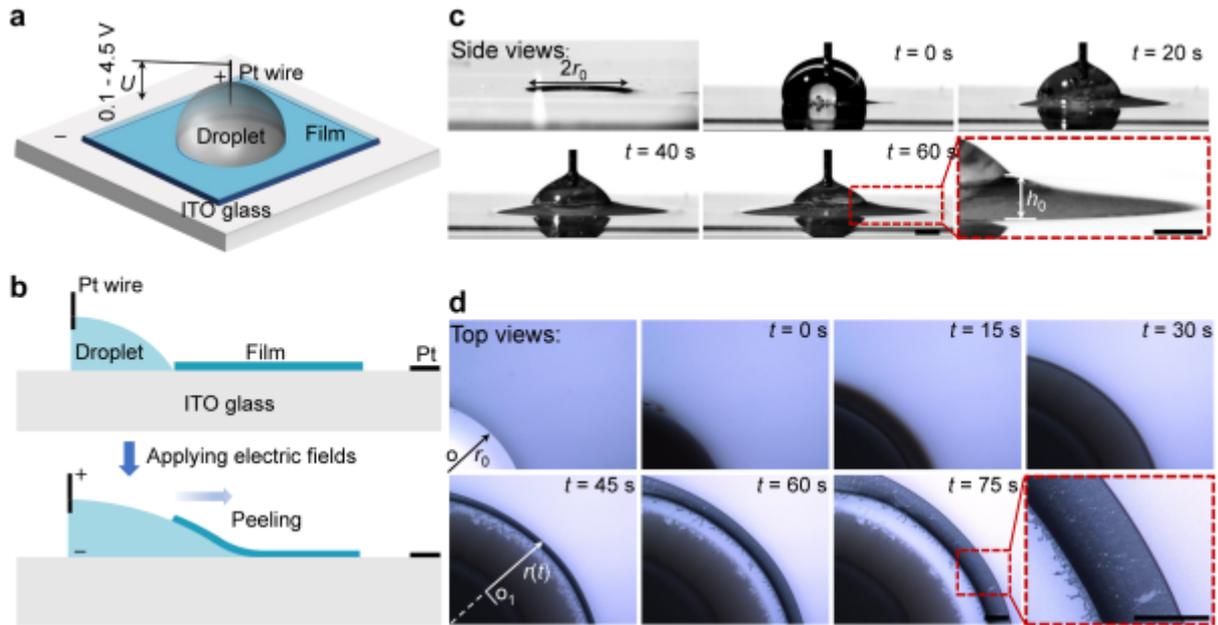


图 1. 电毛细剥离方法

为了进一步探讨电毛细剥离方法的实用性，作者系统地研究了不同电场特性、溶液电性、薄膜属性（厚度和弹性模量）及薄膜类型下的电毛细剥离过程。实验结果发现，电毛细剥离方法可剥离多种类型的薄膜（如：水凝胶、PDMS、PEN和PET等）和适用于不同的电解质溶液（如：酸、碱、中性水溶液及有机溶液等），其剥离效率受施加电压、溶液电性、薄膜厚度、弹性模量及类型的影响，具有电场主动调控的特性（图2和图3）。

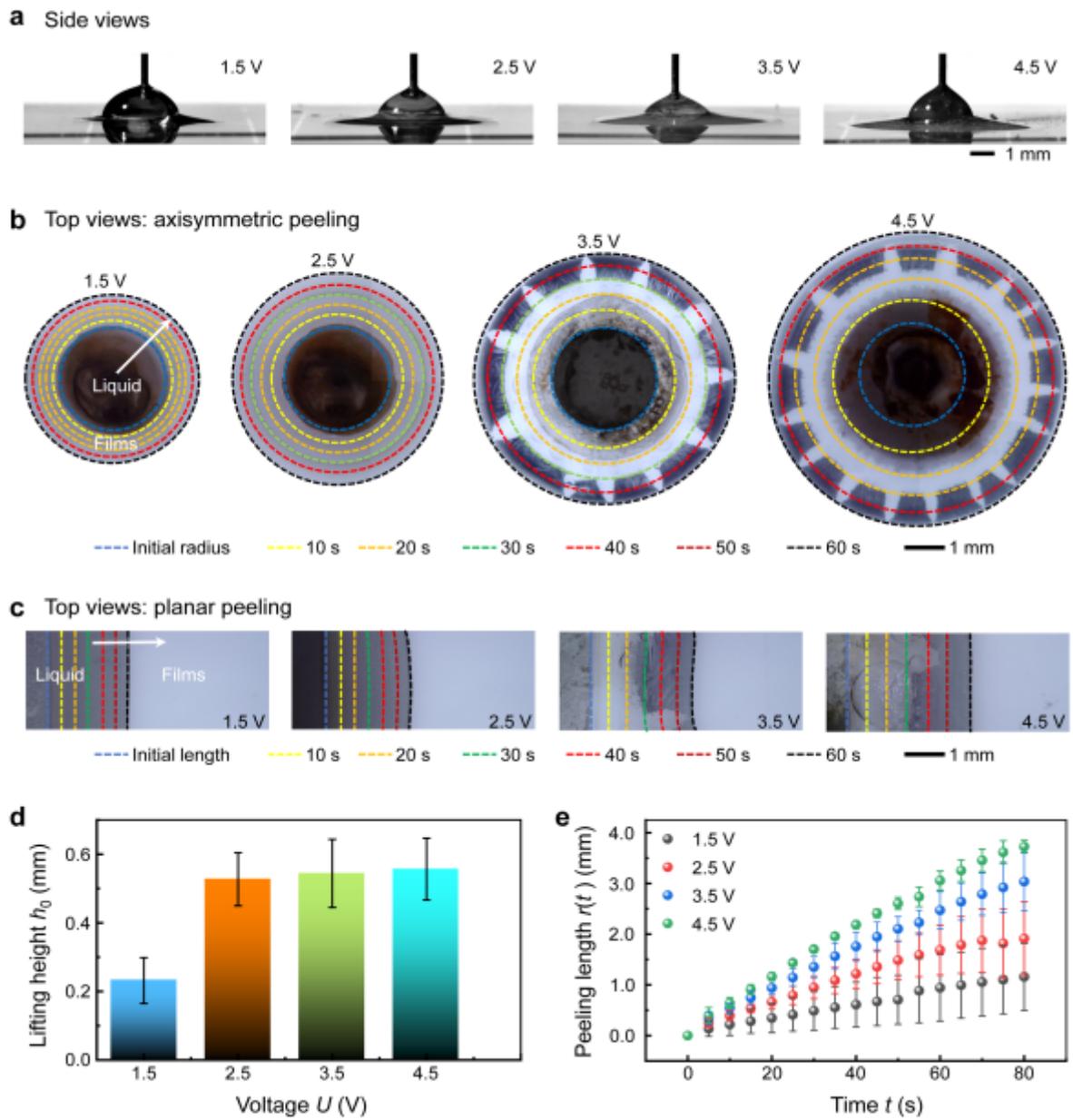


图 2. 电毛细剥离的主动调控特性

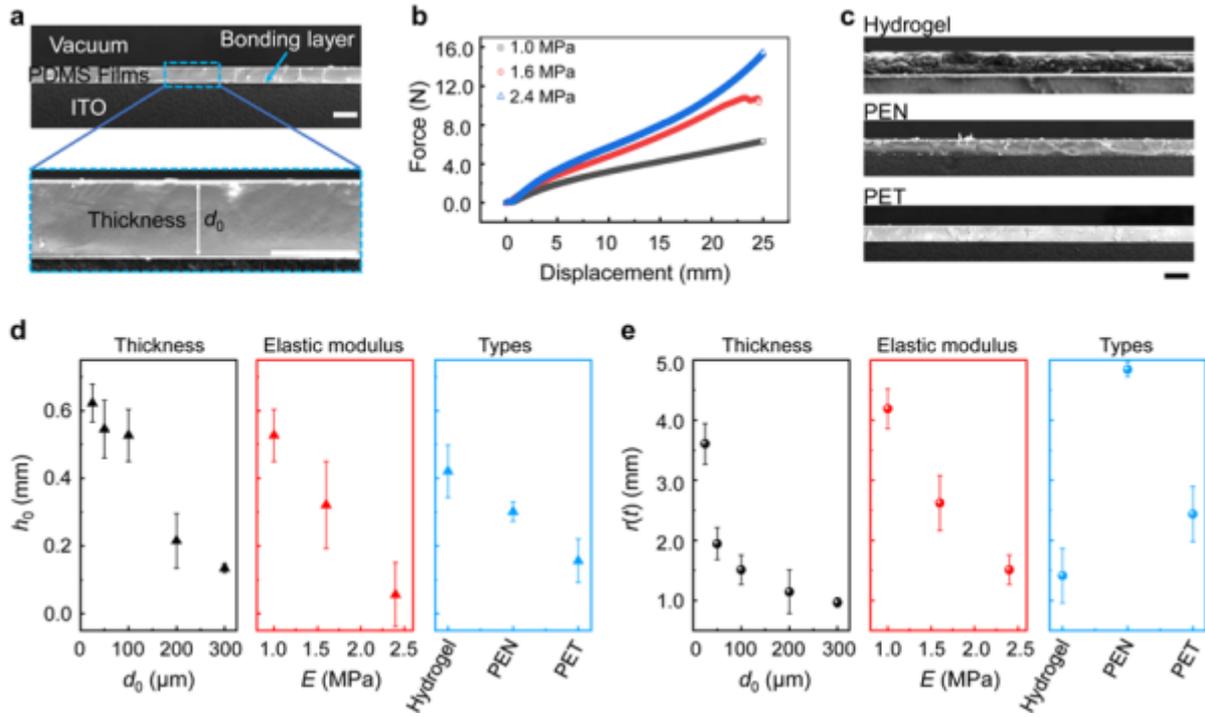


图 3. 多种薄膜的电毛细剥离过程

同时，该工作还结合弹性理论分析了力-电场下固-液间的相互作用，建立了电毛细剥离行为的理论模型。模型预测的电压、溶液电性及薄膜属性对电毛细剥离效率的影响规律与实验结果十分吻合(图4)，为精确调控电毛细剥离行为提供了理论支撑。另一方面，电毛细剥离过程的薄膜变形显示：薄膜通过电毛细剥离方法剥离时变形极小(应变仅为3.32‰)，这意味着电毛细剥离方法的应用可以很好的保护薄膜及其表面的元器件(图5)。电毛细剥离方法为微/纳米薄膜的剥离提供了新的思路，为柔性薄膜的分离、转印及重复利用提供了新的途径。

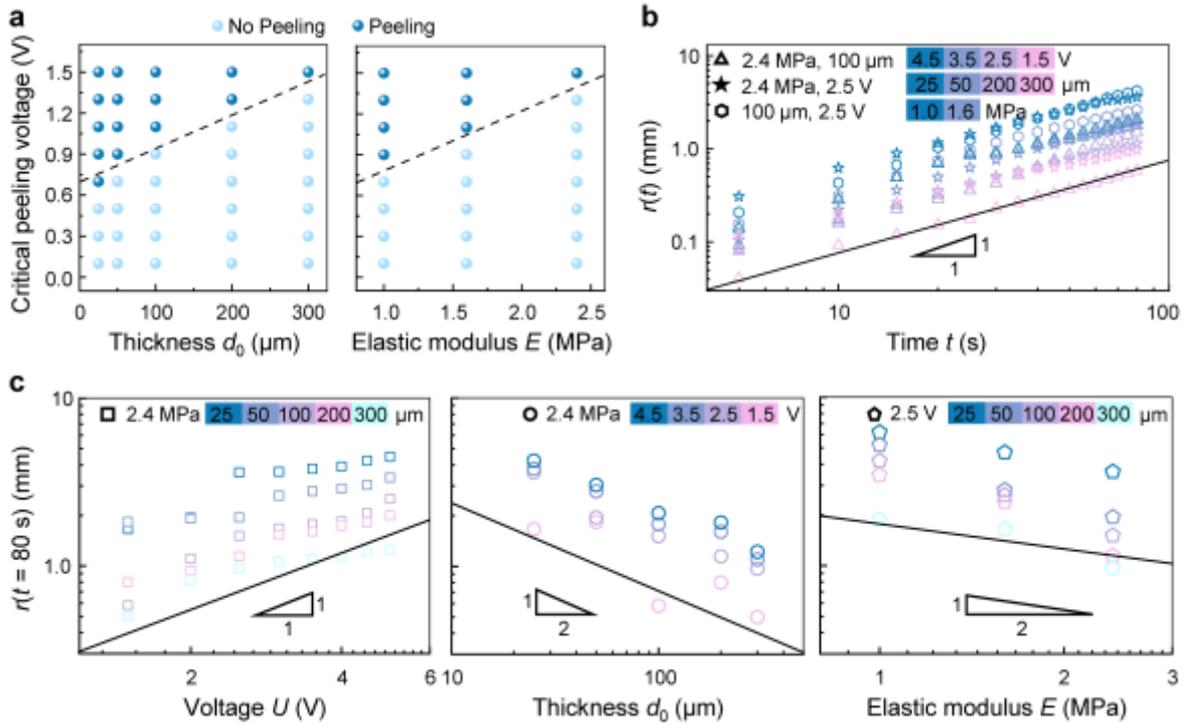


图 4. 电毛细剥离过程的演化规律

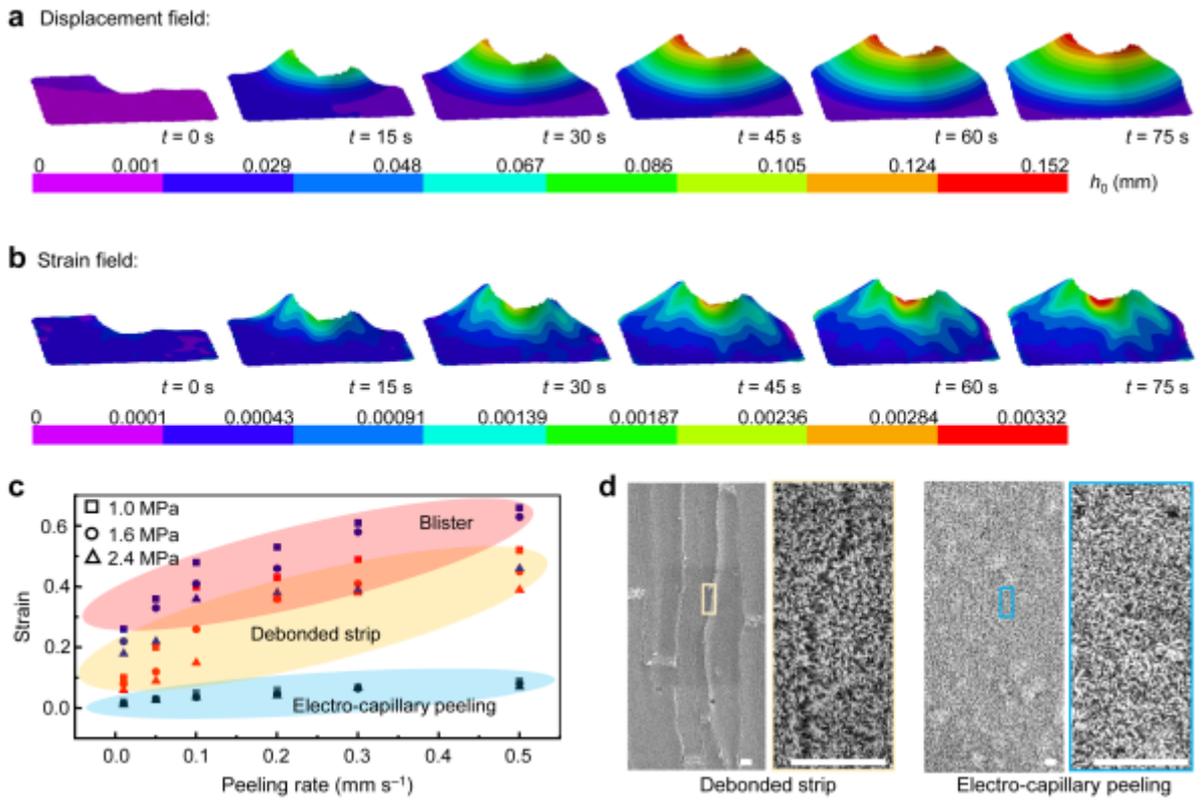


图 5. 电毛细剥离过程薄膜的变形

该成果受到审稿专家的高度评价，他们称电毛细剥离方法提出了薄膜剥离的新方向，研究工作是严谨与透彻的，且具有即时、直接的社会影响 (Overall, the manuscript presented a new and interesting new direction in thin film processing. The science of the work is rigorous and thorough. I can also see direct and immediate societal impacts)。该项工作得到了国家自然科学基金委重点项目 (Nos. 12241205, 12032019) 和科技部重点研发计划 (No. 2022YFA1203200) 等项目的支持。

论文链接: <https://doi.org/10.1038/s41467-023-41922-2> (Li PL, Huang XF, Zhao Y-P. Electro-capillary peeling of thin films. *Nature Communications*, 2023, 14: 6150.)

上一篇：流向旋转槽道中的多尺度动力学研究新进展

下一篇：力学所提出适用于描述核用钢高温循环应力松弛的新本构模型

版权所有 © 2023 中国科学院力学研究所 京ICP备05002803号-1 京公网安备110402500049

地址：北京市北四环西路15号 邮政编码：100190

