
中国科学家开发新技术实现滴水“贴膜”

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/35556.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

中国科学家开发新技术实现滴水“贴膜”

。《中国科学报》从中国科学院化学研究所获悉，该所研究员宋延林团队联合首都医科大学附属北京天坛医院、新加坡南洋理工大学等单位，创新性地提出了一项用于超薄柔性器件转印的新技术——“液滴打印（Drop-printing）”。这一方法可以将精细的电子器件“温柔地”转移到各种复杂表面，在不损伤器件的前提下实现精准贴合。

北京时间9月12日，这项研究成果在《科学》上发表。

宋延林课题组在绿色印刷与功能材料精准制造领域深耕25年，在打印墨滴行为控制等方面取得了系列进展。“将‘impossible变成‘I’m possible’，需要的是一点创造，一点努力，一点坚持，更要有一点理想主义精神。”他在朋友圈分享科研感悟。

不久前，宋延林因课题组内师生关系融洽，被学生发帖分享，网友称其为“神仙导师”。



电子薄膜“温柔”贴合在目标表面的实物图片。科研团队供图

?

用“一滴水”温柔贴膜

很多人对手机贴膜的过程并不陌生，只需要将保护膜对准屏幕，轻轻放下，利用静电吸附使其贴合。但如果这层膜是极薄且易碎的电子器件，而要贴合的表面是大脑沟回般复杂的生物组织，采用贴手机膜的方法，贴合难度堪称“地狱级”。

如今，可穿戴电子、脑机接口、神经修复等前沿技术的发展正面临这一“地狱级”挑战。

常见的柔性电子器件通常由金属导电材料、半导体材料与高分子基底复合而成，厚度仅几至几十微米，柔软却脆弱。当这张薄膜“压”到复杂曲面时，薄膜因弯曲、拉伸产生应力集中，极易导致线路断裂，无损贴合失败。

面对这个难题，宋延林带领科研团队别出心裁，借助一滴水，找到了解决方案。

最新发表的论文中，科研团队基于多年来在打印印刷领域的积累，提出了“液滴打印”技术，核心在于用液滴作为媒介，通过在电子薄膜与目标表面之间构建一个液体润滑界面实现应力的动态释放。

他们发现，使用液滴拾取和转印薄膜时，液体会存在于膜与目标表面之间，不仅可以产生毛细力，逐渐将薄膜“拉贴”在凹凸不平的结构上，而且液体层形成类似润滑油的效果，使薄膜在变形时可以在润滑液体上自由滑动。

这样，应力集中一旦在薄膜中产生，就会通过局部滑动而有效释放。同时，液滴中的微量高分子材料还可以调控三相接触线的运动，实现薄膜的高精度转印。

“我们通过高速摄像和应力分布仿真等多手段验证，液滴打印将原本变形时累积在膜内的应力集中分散成一个均匀、可控的场分布，真正实现了‘贴得好、印得准、膜不破’。”科研人员表示。

活体小鼠给出关键证据

为验证这一新技术的效果，科研团队用厚度仅150纳米的金膜进行了实验。“这层仅头发丝尺寸几十分之一厚的金膜完好无损地贴合在微米尺寸的草履虫、蒲公英纤维和贝壳的表面。”科研人员介绍。

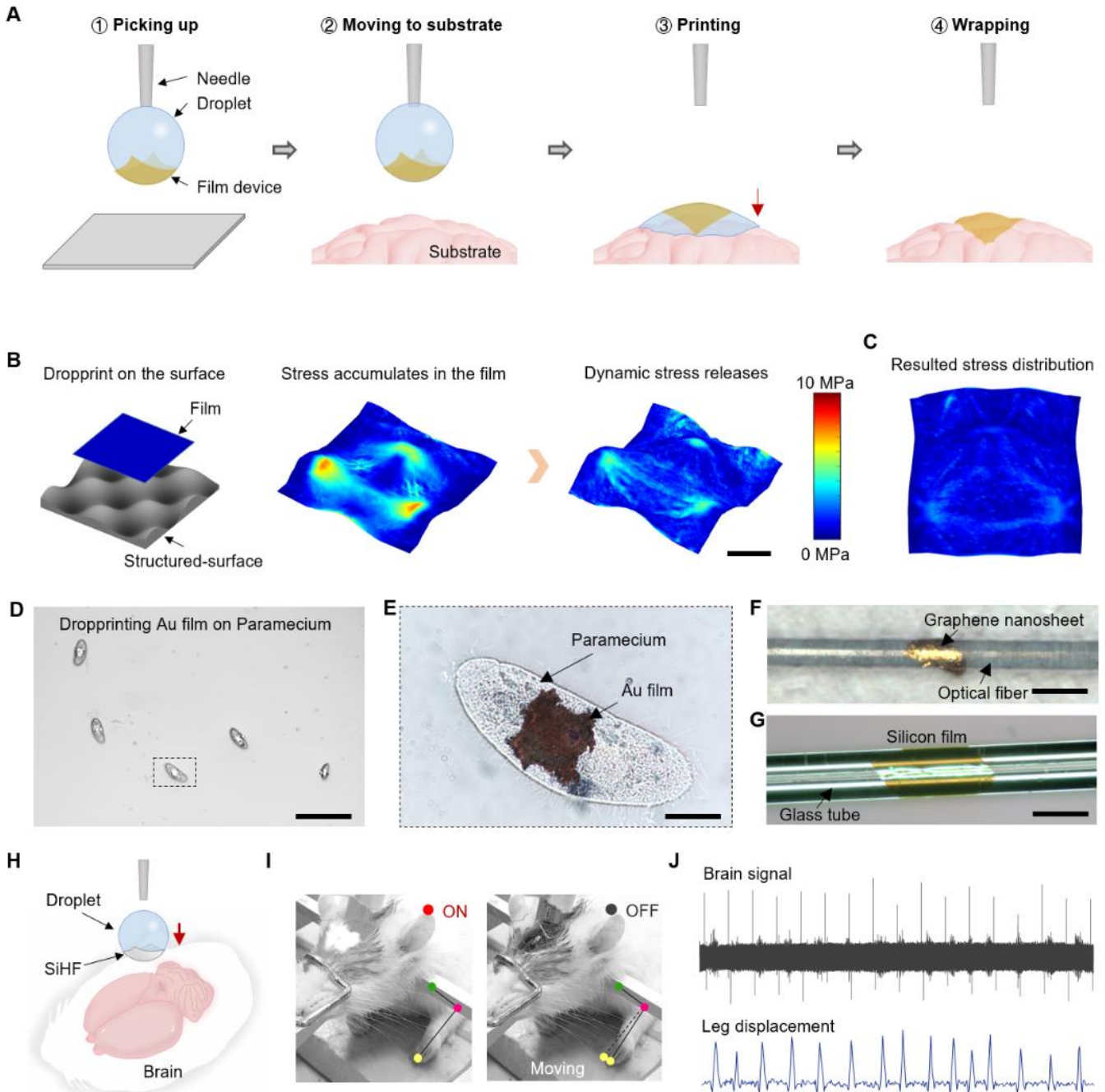
水滴的成分还可以根据需求调整，如添加细胞培养液以“打印”细胞膜，或引入生物胶水实现水下黏附。

更令人惊叹的是，液滴打印技术在活体动物实验展现了出色的效果。

实验中，研究人员将超薄硅基电子膜通过液滴打印技术，打印在小鼠的坐骨神经和大脑皮层上，电子膜与动物组织形成了无损的保形贴合。随后，通过近红外光照，成功触发小鼠腿部规律运动，并同步采集到清晰的神经电信号。

科研人员解释，这层膜成为光-电转换接口，吸收光之后将光信号转换为能够刺激小鼠坐骨神经的电信号，从而引发其腿部肌肉伸缩。

实验中，科研人员看到，小鼠随着光照表现出规律的腿部运动，其肌电图和脑电图信号同步显示激活响应，完整验证了从光刺激到神经响应再到动作输出的控制路径。这意味着，膜与活体贴得好、转印得准，同时膜不破，对神经也无损。



液滴打印实现薄膜的无应力保形贴附。科研团队供图

?

“念念不忘，必有回响”

该论文在《科学》上发表后，宋延林发了一条朋友圈：“25年前的梦想，念念不忘，必有回响。从超柔器件到脑机接口，液滴印刷术迈出关键的一步。”他同时称，“做能留下痕迹的事，论文

只是副产品”。

宋延林在该领域的科研之路始于国家印刷业的迫切需求。2000年前后，面对“计算机直接制版”（CTP）技术兴起带来的高性能墨水缺口，他凭借有机化学与材料学的交叉背景，从纳米颗粒分散入手，成功研制出低成本、高质量的国产墨水，由此开启绿色印刷与功能材料精准制造的创新之路。

多年来，宋延林关注的不仅是某项印刷技术的改进，更是如何将产业中的实际问题提炼为具有普遍意义的基础科学问题，勇于开拓知识的“无人区”。他坚持以科学突破反哺技术革新，让新发现真正赋能现实应用。

为此，宋延林带领的科研团队解决了诸多基础科学问题。他们通过对印刷墨滴在干燥过程中“咖啡环效应”、“瑞利不稳定性”及“马拉格尼效应”等科学难题的深入研究，对墨滴多种图案成形进行精确控制，实现对纳米功能材料“点、线、面、体”的精细图案化组装，突破了传统印刷技术的精度极限。

对于本次发表的新发现，科研团队普遍看好其应用前景，认为这一技术不仅适用于皮肤电子、脑机接口、神经调控器件，还可拓展到可穿戴设备、智能显示、生物制造和组织工程等多个交叉领域。

正如宋延林所期待：“随着科技的进步，推动文明发展的印刷术将不断焕发新的生机。”

今年1月，宋延林因与学生相处融洽的点滴被学生“挂上网”，迅速走红网络，引发网友纷纷感叹“这才是别人家的神仙导师”。学生在帖子中评价他“真真切切把我们当孩子一样培养”，不仅允许毕业后暂未就业的学生留在课题组，并按最高标准发放补助，还始终尊重每位学生的科研兴趣，不限制课题方向。他待人谦和、从不摆架子，生活朴素却对学生慷慨支持。

学生表示：“导师用他自己的态度感染着我们，我们并没有懈怠。”而此次发表的重要成果，正是课题组在导师带领下努力奋斗的自然结晶。

相关论文信息：<http://doi.org/10.1126/science.adw6854>

作者：甘晓 来源：中国科学报

更多科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](https://www.iikx.com)转发