

理化所提出快速制造适形化柔性功能电子器件的液态金属相变转印方法



图1 《先进材料》背封面及用以制造适形化柔性功能电子的液态金属相变转印原理

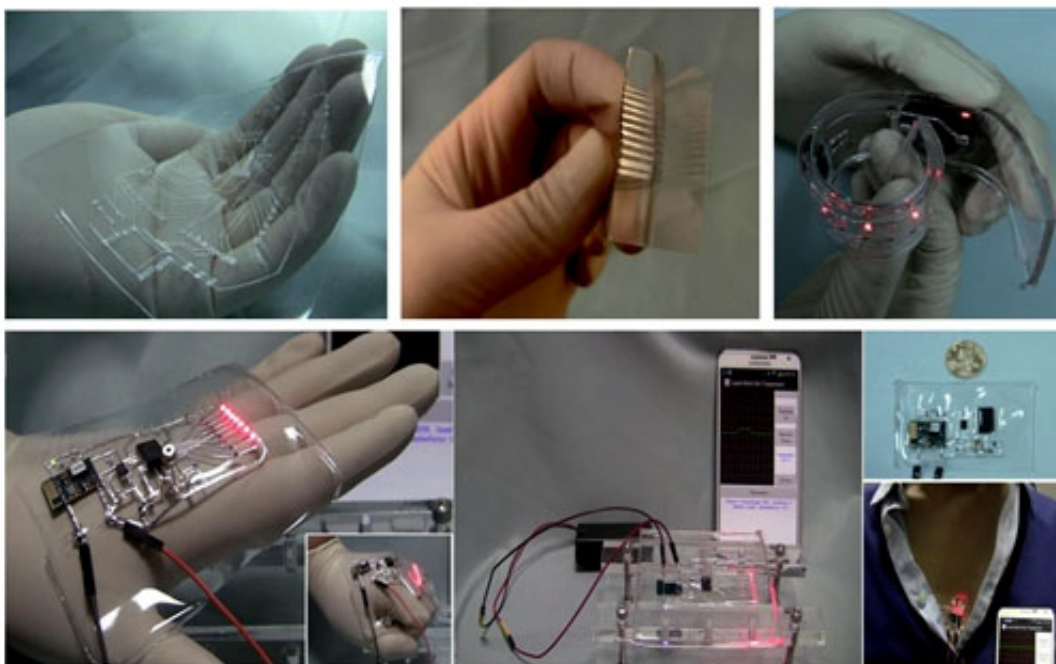


图2 利用转印方法打印并集成的柔性可编程腕带及采用手机操控的微型无线红外测温仪

近日，由中国科学院理化技术研究所研究员刘静及助理研究员王倩带领的理化所、清华大学联合小组，首次提出一种液态金属液固相变转印方法，可用于快速制造易于贴合到任意复杂形状表面的柔性功能电子器件。相应研究成果在线发表于《先进材料》（Wang et al, *Advanced Materials*, 2015, DOI: 10.1002/adma.201502200），并被选为背封面文章。主要作者还包括清华大学医学院于洋。

众所周知，随着现代电子工业与消费电子市场的快速发展，柔性电子已成为极为重要的科学前沿。其中，集导电性与流动性于一体的液态金属材料在这一领域的地位日趋凸显。然而，由于液态金属表面张力通常较高，其对常见的生物相容性柔性基底如PDMS等的润湿性较弱，因而采用传统的直写、打印以及掩模喷印、涂抹等方式尚难实现精细、复杂且附着稳定的电路；而若采用模板刻蚀槽道，则会因模板分离时槽道承载力的变化，造成柔性基底收缩变形继而引发精细结构的破损。由于这些因素，直接利用液态金属制备各种高柔性电路仍面临繁琐、耗时、稳定性低等挑战，尚不易快速获得实用化柔性功能器件。

理化所团队在液态金属印刷电子学领域深耕多年，凭借长期的基础研究与技术积累，近年来先后发展出系列功能化液态金属墨水，并研发出世界首台液态金属个人电子电路打印机，由此建立了一条快速制备电子电路的变革性途径（Zheng et al, Scientific Reports, 2014），也打开了直写柔性功能器件的新大门。

为突破以往存在的技术瓶颈，该项研究建立了基于低温相变转印的液态金属柔性功能电路快速制造方法（图1）。其原理在于：首先利用液态金属打印机在PVC膜表面打印出液态金属电路；之后，在此电路上进一步覆盖PDMS溶液并加以固化；如需要，在PDMS尚处液态时，可在其上浸入任意形状的目标物体；最后，对整个对象加以降温，以使液态金属转为固体，由此即可轻易地将最初的液态金属电路完整快捷地转印到PDMS柔性基底上。这一过程中，当PDMS固化后，揭下PVC膜及目标物体后，即形成内嵌有液态金属柔性电路的PDMS器件，此时在相应管脚贴上相应IC元件并加以编程调试，即制成功能电子器件。由于PDMS基底形状可完全与使用对象贴合，由此即达到电子器件的高度适形化制造。该技术在医疗健康、家居、环境等应用场合的传感监测方面有重要意义，相应器件易于贴合到诸如膝盖、脚腕、手掌、面颊、头部、耳廓以及更多复杂形状表面执行特定功能。研究还通过对“PVC-液态金属-PDMS”界面微观结构的刻画、受力测试与仿真验证，揭示了相应的转印分离机理。

为展示新技术的应用特点，作者们还特别设计实现了几类完整的可编程柔性电路（图2），并证实其在弯曲、扭转、拉伸等往复形变下均能保持高性能和可靠性。进一步地，结合手机生理检测平台与集成电路芯片，设计实现了微型柔性红外温度采集模块，可通过蓝牙将采集到的信号以无线方式发送至手机予以实时显示和存储，而同时这些器件则可以适形化方式贴合于身体表面。

相较于传统的硬质电路，柔性电子具有重量轻、韧性好以及可承受一定形变等优势，这使其应用范围更为宽广。基于相变转印原理的液态金属柔性电路加工方法突破了传统工艺的局限性，更加简便、快捷、稳定，并与现有集成电路技术较为兼容。除了能以高质量快速加工出用以满足可穿戴设备、皮肤电子、医学植入、柔性显示、太阳能电池板等诸多前沿需求外，新方法的重要意义还在于，随着液态金属打印技术的普及，人们将有望随心所欲地在任意物体表面实现各类柔性功能器件的定制化快速开发，这会显著扩展传统电子工程学的技术范畴，继而推动个性化柔性电子应用向前快速发展。

以上研究部分得到理化所及中国科学院院长基金资助。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/84234.html>