

## 青岛能源所制备出新型纳米液态金属电子墨水和智能柔性导电器件

随着电子科技的高速发展，人们生活水平的不断提高，柔性电子器件的需求与日俱增。柔性电子技术需要电子器件具有柔性、可拉伸性、生物相容性等诸多新特性。液体金属（Liquid Metal, LM）完美结合了液体的形变能力与金属的导电能力，而且具有良好的化学稳定性和优异的生物相容性，是理想的柔性电路材料。然而，LM表面张力极大（例如镓铟合金（其中74.5 wt% Ga和25.5 wt% In）， $624 \text{ mN m}^{-1}$ ），难以加工，也难以与其它基底等材料复合，大大限制了LM在柔性电子领域的实际应用。

中国科学院青岛生物能源与过程研究所研究员李朝旭带领的仿生智能材料研究组，通过将LM在海藻酸盐溶液中超声处理，制备成包覆有海藻酸盐微凝胶的LM微纳液滴。在超声的过程中海藻酸盐不仅可以通过羧基与 $\text{Ga}^{3+}$ 配位促进粒径的降低，而且可以螯合 $\text{Ga}^{3+}$ 形成微凝胶，从而抑制 $\text{Ga}^{3+}$ 的进一步释放，提高了材料的生物相容性。包覆海藻酸盐微凝胶的LM分散液不仅增加了胶体稳定性和化学稳定性，还可以大幅增加其与柔性基底的亲和性，可用于电子墨水。虽然微纳液滴组成的电路由于氧化层外壳呈现绝缘状态，但是可以通过外加压力的方法恢复其导电性（ $4.8 \times 10^5 \text{ S m}^{-1}$ ）。这种电路可应用于可穿戴微电路、电热驱动器和电子皮肤等领域（图1）。相关成果已发表在《先进功能材料》（*Adv. Funct. Mater.* 2018, 28, 1804197）上。

由于LM微纳液滴表面存在氧化层或者稳定剂，以其沉积的电路需要通过外加压力、激光、高温等处理恢复其导电性，这些后处理技术不仅耗费能量，而且在应用上存在诸多局限性。该研究组通过研究发现，在生物质纳米纤维（Nanofibers, NFs）（例如：纤维素NFs、甲壳素NFs、蚕丝NFs等）的水分散液中超声LM，可以得到稳定分散的LM微纳液滴。常温常压下干燥分散液，LM微纳液滴能够烧结成连续的液体金属导电薄膜（图2）。深入研究表明，生物基NFs可能具有三个方面的作用：第一，生物基NFs具有丰富的亲水基团（例如羟基、羧基等），可以在超声过程中与 $\text{Ga}^{3+}$ 交联，降低液态金属的粒径和增加液态金属液滴的胶体稳定性；第二，生物基NFs在蒸发过程中可以产生很高的毛细作用力，进而破坏LM微纳液滴外面包覆的壳层；第三，增大液态金属层对基底的粘附力，使其可以稳定附着在玻璃、聚对苯二甲酸乙二酯（Polyethylene terephthalate, PET）、苯乙烯-乙烯-丁烯-苯乙烯嵌段共聚物（Styrene-ethylene-butene-styrene block copolymer, SEBS）、聚二甲基硅氧烷（Polydimethylsiloxane, PDMS）、油纸等多种材质表面。基于蒸发烧结制备的薄膜或者涂层材料具有柔性、高反射率、可伸缩导电性（伸长率达200%）、良好的电磁屏蔽效果、生物降解性和对湿度、光、电具有超快的刺激响应性等特点，蒸发烧结的方法可广泛应用于微电路、传感、可穿戴设备和柔性机器人等柔性电子学领域。相关成果发表于近期的《自然-通讯》（*Nat. Commun.* 2019, 10, 3514）上。

上述研究获得国家自然科学基金（Nos.21474125, 51608509）、山东省杰出青年基金（Nos. JQ201609）、山东省博士基金（ZR2016EEB25）、研究所一三五重点培育项目等的支持。

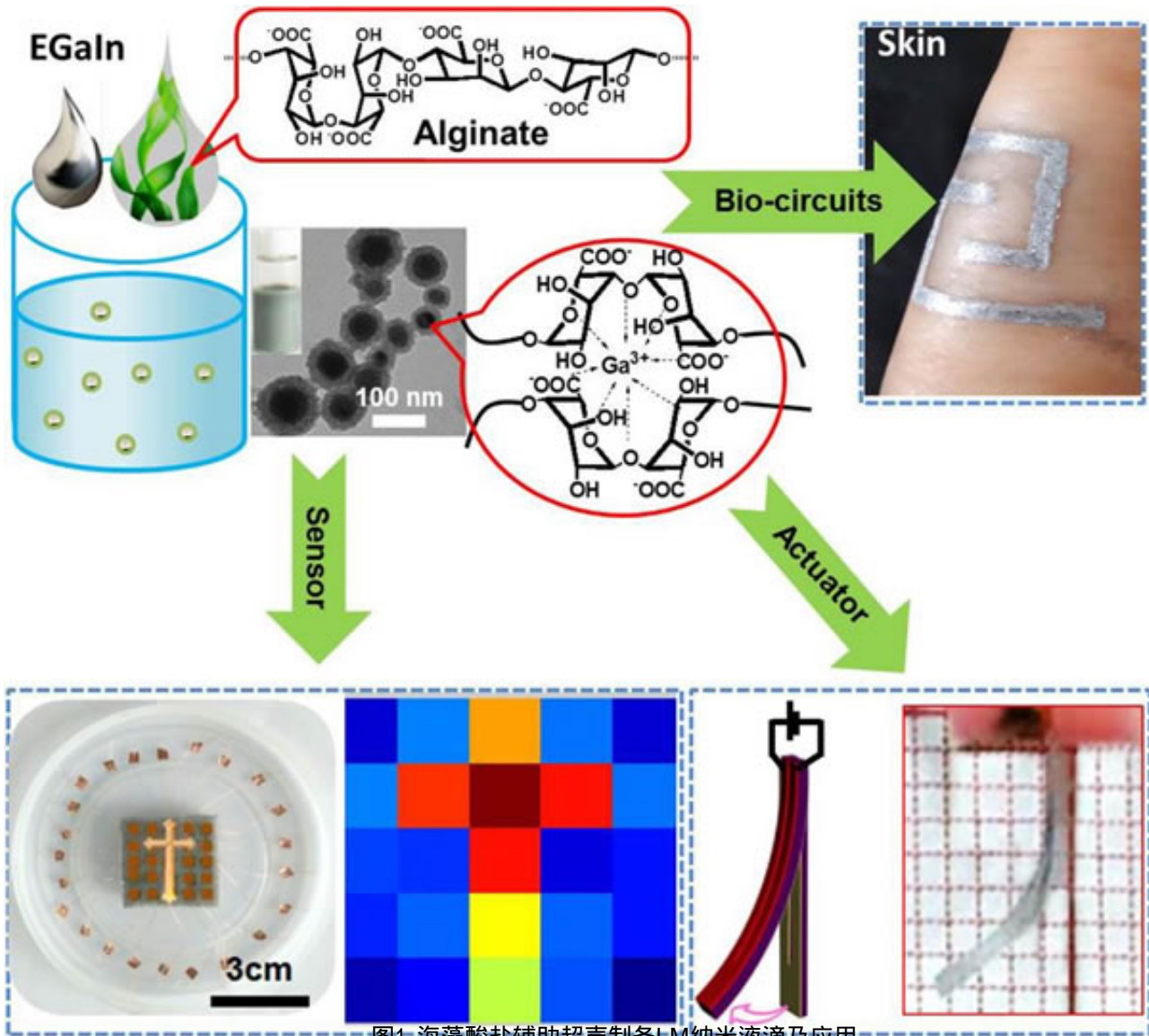


图1: 海藻酸盐辅助超声制备LM纳米液滴及应用

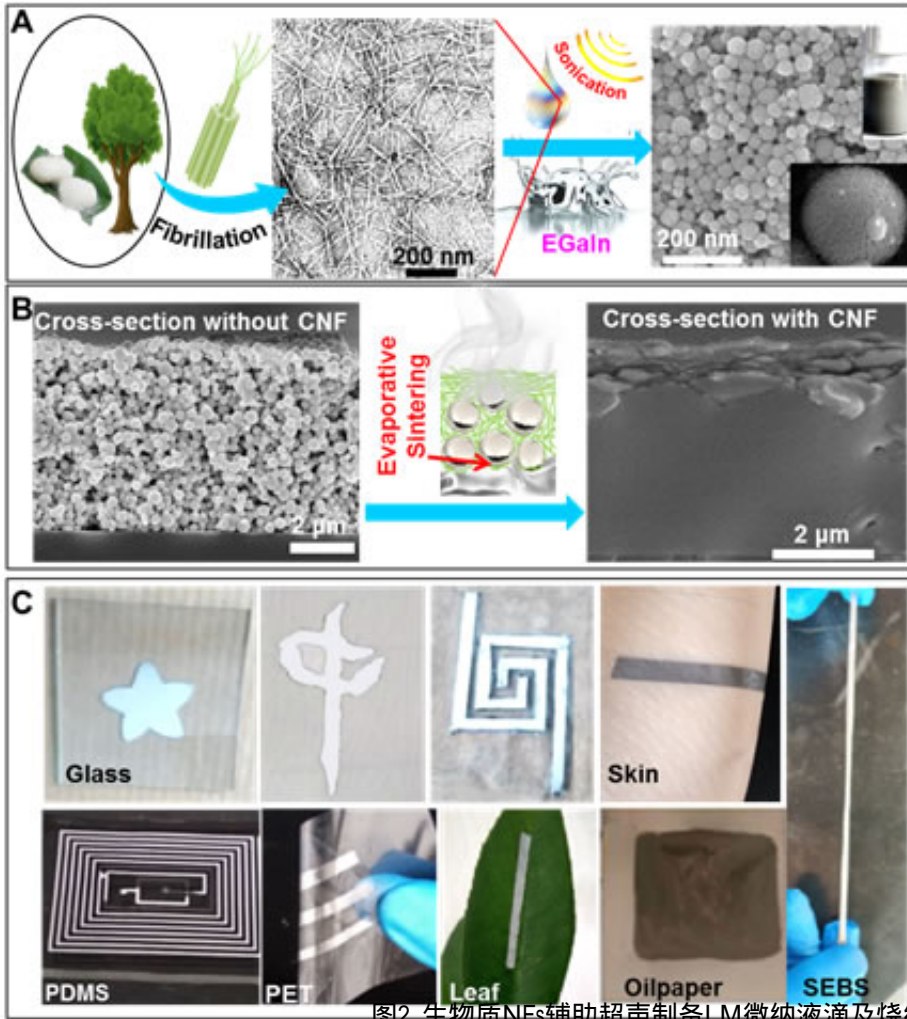


图2. 生物质NFs辅助超声制备LM微纳液滴及烧结展示

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/144524.html>