

高延展性柔性电子器件非屈曲结构设计与应用研究获进展

无机柔性电子器件仍然采用硅和金属为材料体系，以柔性基体代替传统电子器件的刚性基体，同时加之可延展力学结构设计，使得电子器件在发生整体变形的情况下，器件内部的硅和金属材料仍然不被破坏，从而实现了电子器件的可变形能力。柔性电子器件在服役过程中往往要与任意不可展曲面（如人体表面）动态贴合，所以，其可延展能力至关重要（图1）。

可延展柔性电子器件一般由不可变形的功能元器件和可延展结构组成。过去十年中，柔性电子器件可延展结构设计不断革新，以满足不同的设计要求，从一维结构发展到二维和三维结构，从简单的单级结构发展到多级分形结构。这些可延展结构可以分为两类：1）自由结构。其特点是结构与基体不粘接，变形过程中结构不受基体约束，可自由变形，延展性大，但不可封装；2）粘接结构。其特点是结构与基体粘接在一起，变形过程中结构受到基体约束，延展性较小（<60%），封装层对其延展性影响不大。实际器件应用中往往要求封装，且不变形的功能元器件需要占用一定的面积分数，实际器件的延展性往往只有百分之十几。所以，柔性电子器件要实际应用，急需研究可封装且延展性大的结构设计。

之前的可延展结构设计主要为曲线“薄膜”结构（图2a），宽度一般在几十微米，厚度在几百纳米到1~2微米，在整体拉伸变形的情况下，结构发生褶皱变形或侧向屈曲。近日，中国科学院力学研究所柔性结构与器件课题组与美国伊利诺伊大学香槟分校及美国西北大学等学校的科研人员合作，另辟蹊径，提出了非屈曲结构设计，即将导线的厚度增大到与宽度同一量级，数值计算和实验测试均发现其延展性大大提高（图2b），优化值可以达到350%，是目前薄膜结构达到的最大值（60%）的6倍。同时，由于导线厚度的增加，其电阻大大减小，为电子器件提供了良好的电学性能和热学性能。

鉴于其优良的力学、电学和热学性能，非屈曲结构被应用于三种可延展柔性电子器件的研制中：1）可延展LED阵列。其拉伸前构型如图3a所示，整体拉伸245%后仍能正常工作（图3b）。另一方面，相对于薄膜结构，其厚度增加电阻减小，生成热也大大减小，与厚度为300纳米的结构相比，其最高温度由200多度降低到80度，展示了其良好的热学性能。2）可延展太阳能电池。图e展示了基于非屈曲结构的太阳能电池的变形情况，在整体拉伸应变从0增加到110%的过程中，电池性能稳定不发生变化（图2f）。3）可用于皮肤电子通讯的可延展柔性天线。

该工作相关论文近日已被国际期刊《先进材料》接收（Yewang Su, et al., In-Plane Deformation Mechanics for Highly Stretchable Electronics. *Advanced Materials*. Accepted）。该研究工作受到了中科院“百人计划”项目和国家自然科学基金面上项目的资助。

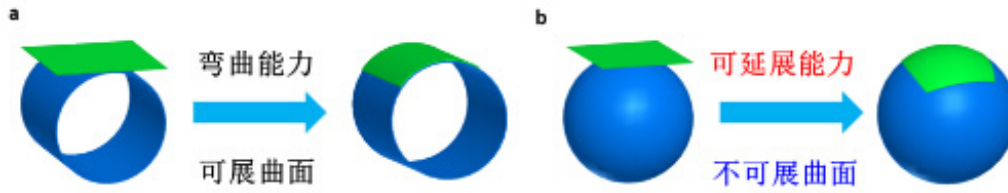


图1 a) 与可展曲面贴合, 只需可弯曲能力; b) 与不可展曲面贴合, 必需可延展能力

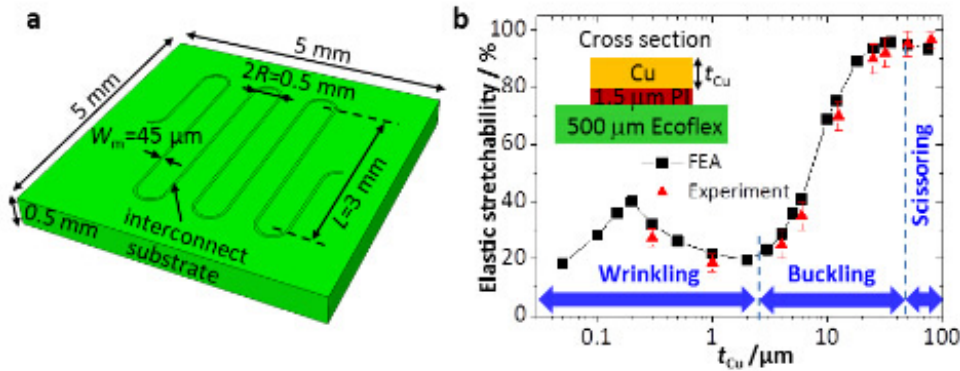


图2 a) 柔性电子器件常采用的基本曲线结构; b) 弹性延展性与可延展结构厚度的关系

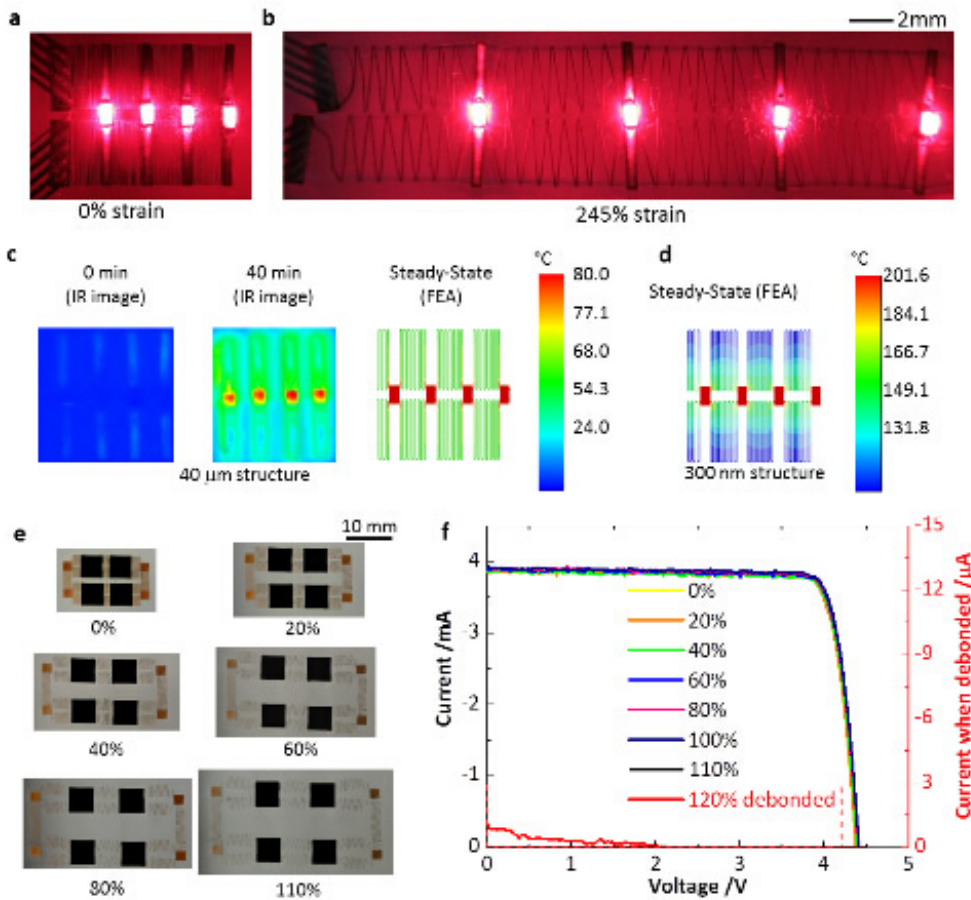


图3 (a, b, c & d) 可延展LED阵列; (e & f) 可延展太阳能电池。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/102979.html>