

金属所米级单壁碳纳米管薄膜的连续制备及全碳电路研制获进展

单壁碳纳米管具有优异的力学、电学和光学性质，在柔性和透明电子器件领域可作为透明电极材料或半导体沟道材料，因此被认为是最具竞争力的候选材料之一。开发出可高效、宏量制备高质量碳纳米管薄膜的方法已成为该材料走向实际应用的关键难题。首先，迄今制备的单壁碳纳米管薄膜的尺寸通常为厘米量级，批次制备方式不能满足规模化应用要求。其次，由于在碳纳米管薄膜制备工艺过程中通常会引入杂质和结构缺陷，使得薄膜的光电性能劣化，远低于理论预测值。因此，发展一种高效、宏量制备高质量单壁碳纳米管薄膜的制备方法具有重要价值。

近日，中国科学院金属研究所先进炭材料研究部孙东明团队与刘畅团队合作，提出了一种连续合成、沉积和转移单壁碳纳米管薄膜的技术，实现了米级尺寸高质量单壁碳纳米管薄膜的连续制备，并基于此构建出高性能的全碳薄膜晶体管（TFT）和集成电路（IC）器件。研究人员采用浮动催化剂化学气相沉积方法在反应炉的高温区域连续生长单壁碳纳米管，然后通过气相过滤和转移系统在室温下收集所制备的碳纳米管，并通过卷到卷转移方式转移至柔性PET基底上，获得了长度超过2m的单壁碳纳米管薄膜。对该过滤沉积过程进行流体仿真，其结果表明当调节出气口速度使抽滤过程处于平衡状态时，该过滤系统中的气流呈现出均匀的气流速度分布（图1）。通过该方法制备的单壁碳纳米管薄膜表现出优异的光电性能和分布均匀性，在550纳米波长下其透光率为90%，方块电阻为 $65\Omega/\square$ （图2）。研究人员利用所制备的碳纳米管薄膜构筑了高性能全碳柔性透明晶体管（图3）以及异或门、101阶环形振荡器等柔性全碳集成电路（图4）。

这是研究人员首次开发出米级长度的单壁碳纳米管薄膜的连续生长、沉积和转移技术，所制备的单壁碳纳米管薄膜及其晶体管具有优异的光电性能，为未来开发基于单壁碳纳米管薄膜的大面积、柔性和透明电子器件奠定了材料基础。该工作得到了国家自然科学基金、国家重点研发计划、中国博士后科学基金、中科院装备研制计划、辽宁百千万人才计划、青年千人计划等的支持。单壁碳纳米管薄膜的连续制备技术已获得中国发明专利（ZL201410486883.1），相关论文于近日在《先进材料》（Advanced Materials）在线发表。

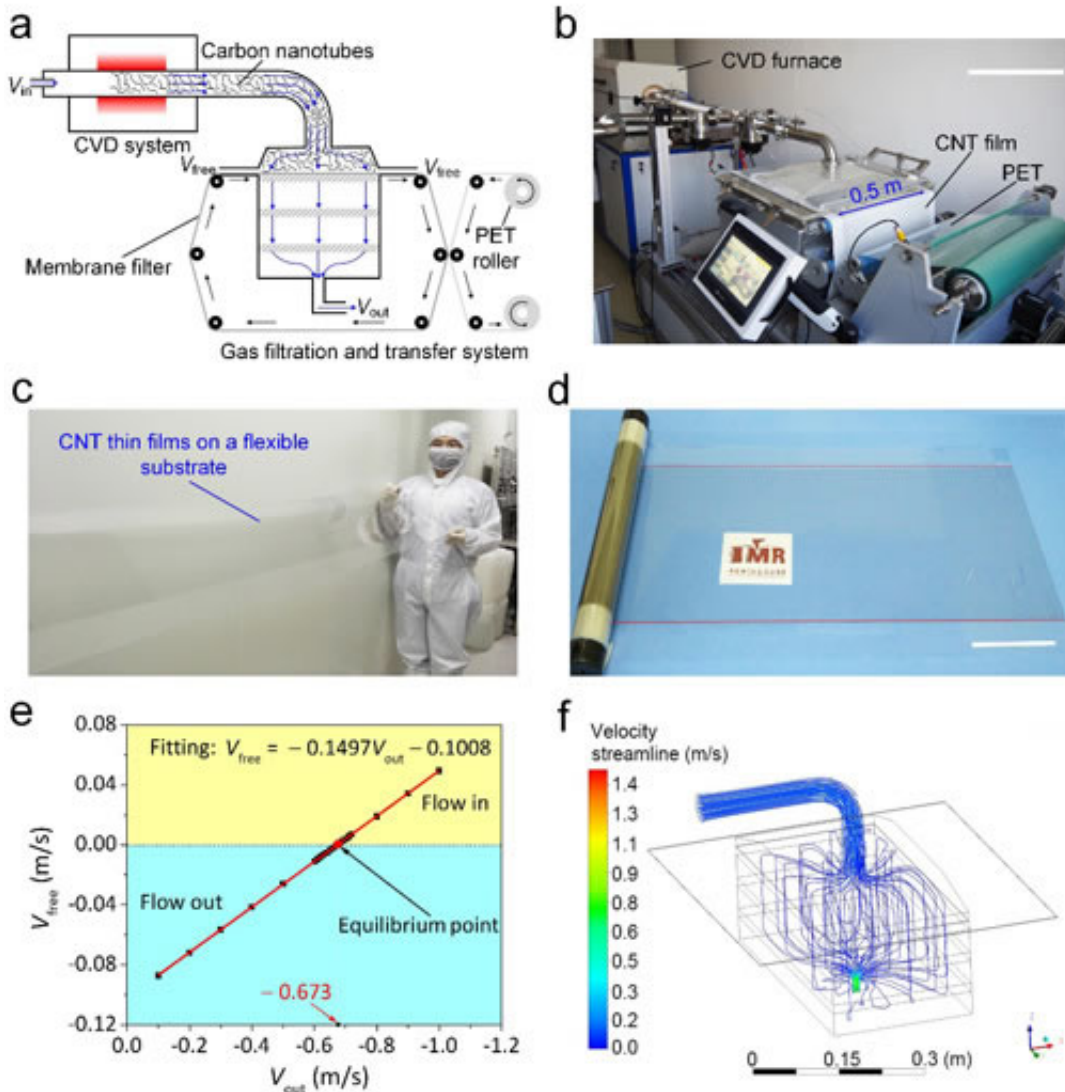


图1 米级单壁碳纳米管薄膜的制备。(a) 碳纳米管连续合成、沉积和转移过程示意图。(b) 实验装置图。(c) 柔性PET衬底上的单壁碳纳米管薄膜。(d) 一卷单壁碳纳米管薄膜。(e) 气体速度的仿真曲线。(f) 平衡状态的气流分布仿真结果。

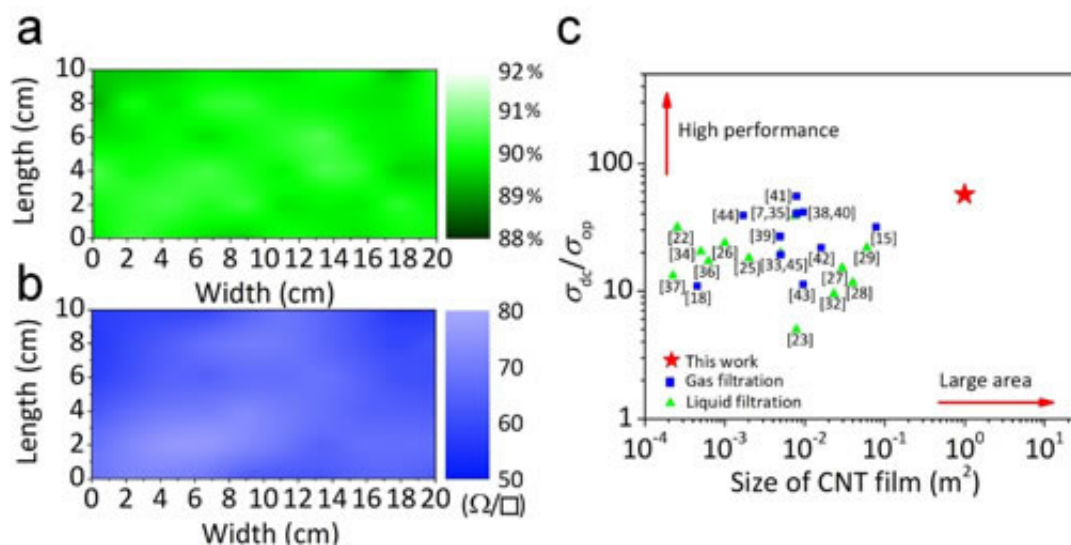


图2 单壁碳纳米管薄膜光电性能表征。(a) 透光率面分布表征。(b) 方块电阻面分布表征。(c) 薄膜性能的对比

结果。

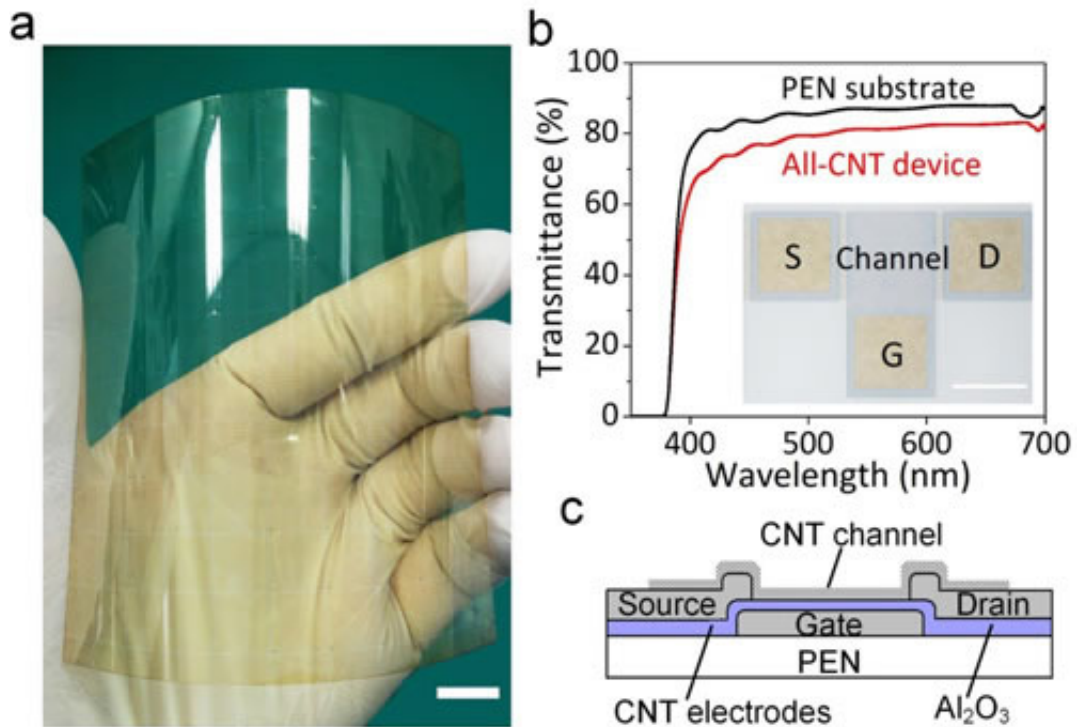


图3 大面积柔性全碳器件。(a) 柔性透明全碳器件照片。(b) 器件光学透过率曲线。(c) 全碳TFT结构示意图。

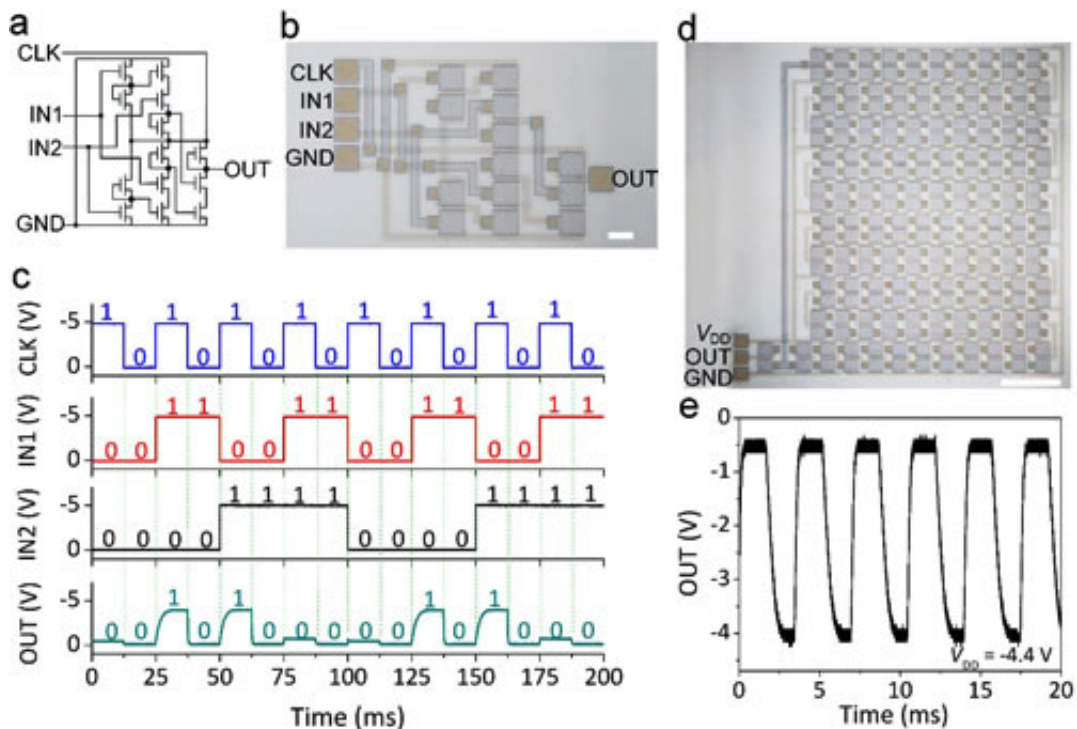


图4 全碳逻辑门和环形振荡器。(a) 异或门。(b) 异或门光学照片。(c) 异或门输入输出特性曲线。(d) 101阶环形振荡器光学照片。(e) 101阶环形振荡器输入输出曲线。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/126204.html>