

## 苏州纳米所在印刷碳纳米管晶体管与CMOS电路研究中获进展

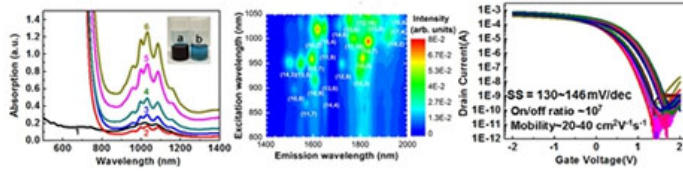


图1 分离后碳纳米管的吸收光谱、PLE光谱图以及印刷薄膜晶体管器件电性能 (*Nanoscale*, 2016, 8, 4588-4598.)

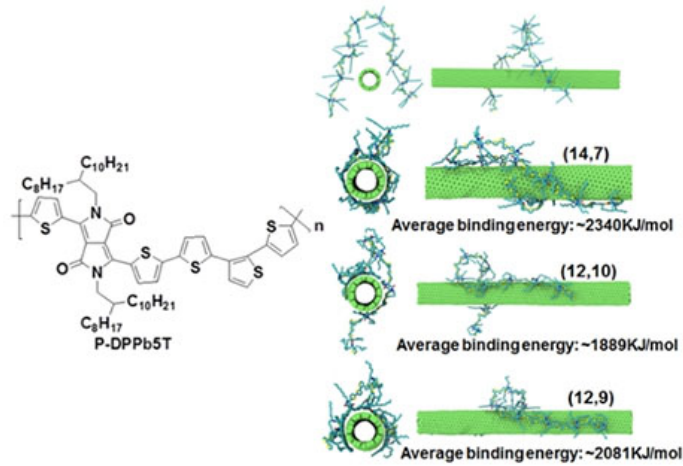


图2 通过分子模拟计算得到的不同手性碳纳米管与新型半导体聚合物P-DPPb5T相互作用示意图。  
(*Nanoscale*, 2016, 8, 4588-4598.)

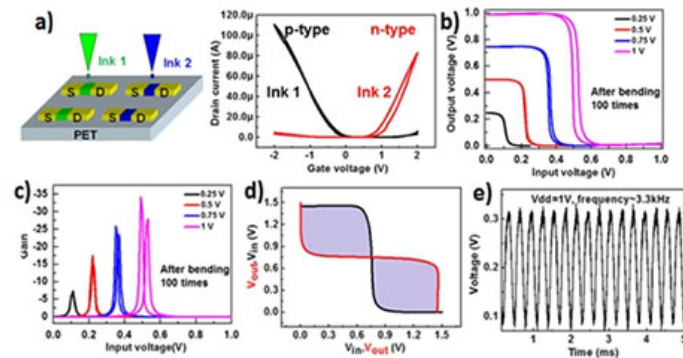


图3 印刷p型和n型构建示意图、CMOS反相器性能图以及3阶环形振荡器。



图4 可印刷半导体碳纳米管墨水

由于碳纳米管具有独特的电学性能、机械性能、优越的物理和化学稳定性以及容易墨水化，使得碳纳米管成为印刷薄膜晶体管，尤其是印刷柔性薄膜晶体管最理想的半导体材料之一。尽管半导体碳纳米管纯化技术已日趋成熟，但高纯度半导体碳纳米管的可印刷墨水批量化制备、碳纳米管的准确定位和高性能n型印刷碳纳米管晶体管的构建等仍是制约印刷碳纳米管薄膜晶体管应用的瓶颈，还有待进一步研究。

最近，中国科学院苏州纳米技术与纳米仿生研究所印刷电子中心赵建文研究小组与马昌期研究小组合作，设计并合成一系列可高效分离高纯度半导体碳纳米管的聚合物（PDPPb5T）和大分子（6T、9T、12T等）等共轭化合物。利用PDPPb5T分离半导体碳纳米管墨水并印刷构建的碳纳米管薄膜晶体管已达到 $40\text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ 的迁移率，开关比达到 $3 \times 10^7$ ，亚阈值摆幅达到130-146 mV/dec（图1）。并与日本AIST和新加坡高性能计算所合作对聚合物选择性分离半导体碳纳米管的机理进行了深入的研究（图2）。在此基础上构造出了性能优异的CMOS反相器，相关工作已经发表在Nanoscale, 2016, 8, 4588-4598。

在以上工作基础上，赵建文研究小组通过调整印刷工艺，在同一柔性基板的不同区域选择性印刷P-DPPb5T和PFO-TP分离的半导体碳纳米管墨水，构建出回滞小、亚阈值摆幅小（n型172 mV/dec和p型162 mV/dec）的n型和p型碳纳米管薄膜晶体管器件，其开关比和迁移率分别具有高开关达到 $\sim 10^5$ 和 $\sim 15\text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ ，并制作出柔性CMOS反相器和3阶环形振荡器。其CMOS反相器在 $V_{dd}=1\text{ V}$ 时，增益为30，噪声容限达到84%，功耗仅为 $0.1\text{ }\mu\text{ W}$ 。3阶环形振荡器的振荡频率可达到3.3 KHz（图3）。相关工作已经发表在Small, 2016, DOI: 10.1002/smll.201600452。

赵建文从2008年开始一直从事基于溶液化半导体碳纳米管选择性分离、高性能碳纳米管薄膜晶体管器件的构建及应用研究，在Chem. Commun., 2009, 7182-7184; JACS, 2010, 132(47):16747-9; JPCC 2011, 115, 6975; Sci China Chem, 2011, 54, 1484-1490发表论文4篇，申请专利美国专利2项（Patent US20130040439和Patent US20120171103）。自2010年加入中科院苏州纳米所印刷电子学研究部以来，专注于可印刷半导体碳纳米管墨水的批量化制备、高性能柔性印刷薄膜晶体管器件和电路等方面的应用研究。已实现可印刷高纯半导体碳纳米管墨水的批量化制备（如图4所示），发表印刷碳纳米管薄膜晶体管及印刷电路研究论文15篇，申请专利15项（授权专利2项：ZL 2012 1 056384.3和ZL 2012 1 0102957.8）。

以上工作得到国家自然科学基金、科技部“973”项目、中科院先导专项、江苏省自然科学基金和苏州纳米所自有基金等的大力支持。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/93620.html>