

---

# 连续制备碳纳米管透明导电薄膜研究取得进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/11288.html>

*本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！*

透明导电薄膜（TCF）作为一种重要的光电材料，在触控屏、平板显示器、光伏电池、有机发光二极管等电子和光电子器件领域有着广泛应用。目前，氧化铟锡（ITO）是工业中应用最为广泛的透明导电薄膜材料。常用的ITO制备工艺涉及高温高真空的耗能且工艺复杂。另外，ITO是脆性金属氧化物且铟资源稀缺，越来越难以满足科技发展的需求，特别是针对新一代柔性电子器件。单壁碳纳米管具有优异的力学、电学和光学性质，因此被认为是最具竞争力的柔性透明导电材料的候选材料之一。碳纳米管透明导电膜的制备方式主要分为湿法和干法两种。湿法是指将碳纳米管分散在合适的溶剂中，通过抽滤、浸涂、喷涂、旋涂等方法沉积在相应基底上；干法是指直接通过化学气相沉积(CVD)生长碳纳米管薄膜或者由碳纳米管阵列拉丝成薄膜。

中国科学院物理研究所/北京凝聚态物理国家研究中心先进材料与结构分析实验室A05组长期致力于碳纳米结构的制备、物性与应用基础研究。该课题组研究人员发展出一种新的连续直接制备大面积自支撑的透明导电碳纳米管（CNT）薄膜的方法——吹胀气溶胶法（BACVD），并申请了发明专利。基于BACVD，CNT TCFs的产量可达每小时数百米且碳转化率（从碳源转化到CNT的比率）可超过10%，比传统浮动催化化学气相沉积法（FCCVD）制备CNT TCFs的相应指标高出3个数量级。

BACVD是在吹塑薄膜制备工艺和浮动催化化学气相技术启发下发展出来的，其机理是利用特殊的CNT合成反应器，在FCCVD法制备CNT的过程中，实现“吹泡”的过程。具体制备过程包括两步，首先稳定吹胀CNT的气溶胶膜泡，然后通过CNT生长过程中CNT长度的增加将气溶胶膜泡“固化”为气凝胶。最后CNT透明导电薄膜随着载气从反应器末端喷出。研究团队深入研究了制备的过程，给出了BACVD法的广义相图。根据具体的制备条件，相图分为四个区域，分别对应不同的产物。该相图对于进一步理解BACVD和薄膜性能提升具有指导意义。另外，该方法可在无氢气的条件下实现薄膜的合成，意味着制备过程安全且高效。所制备透光率90%的薄膜，经过简单的掺杂，面电阻约40 ohm/sq，表现出优良的光电性能。针对BACVD所制备的超薄CNT薄膜，研究人员设计了“卷式（roll）”收集装置，实现了薄膜的连续在线收集。相关研究结果发表在Advanced Materials上。

除CNT TCFs，研究团队还利用该方法进行了高导电、高强度纤维的研究。将所制备筒状薄膜通过液态皱缩剂可直接转化为连续的CNT纤维。然后，通过酸处理，纤维性能得到大幅提升。特别是氯磺酸处理后，纤维的强度达到2 GPa，同时电导率达到4.3 MS/m。相关研究发表在Chinese Physics

B  
上。BACVD法作为一种新制备CNT薄膜的方法，在基础研究和产业应用中都有重要意义。该工作提出了一种新的CNT宏观体的构筑思路——首先利用气流辅助实现对短CNT气溶胶特定形态

---

的构筑，然后结合CNT的合成，利用碳管长度的持续增加，实现气溶胶的固化。此外，超高的产量和碳转化率对CNT的产业化具有重要意义，特别是对于CNT作为透明导电薄膜、电极和纤维等“工程材料”。

该工作得到科学技术部、国家自然科学基金委和中科院战略性先导科技专项（A类）等的支持。

论文链接：[1](#)、[2](#)

图1.CNT薄膜的连续制备（左）和收集（右）

---

图2.BACVD 方法相图（左），不同条件所制备CNT样品的性能对比（中），BACVD法与传统FC CVD法制备CNT透明导电薄膜的产量及碳转化率的对比（右）。

图3.BACVD 法制备CNT薄膜的性能和微观形貌：透光率与面电阻（左上），稳定性（右上），扫描电子显微镜（左下）和透射电子显微镜（右下）图像。

图4.CNT纤维的连续制备与收集（左）及其宏观（中）与微观（右）形貌

研究团队单位：物理研究所

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

---

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](http://iikx.com)转发