



## 物理所碳纳米管薄膜简洁超级电容器研究取得新进展

文章来源：物理研究所

发布时间：2012-01-12

【字号：小 中 大】

最近，中科院物理研究所/北京凝聚态物理国家实验室（筹）先进材料与结构分析实验室“纳米材料与介观物理”课题组提出了一种结构简单、重量轻、能量密度和功率密度高的碳纳米管薄膜简洁式超级电容器及其制备方法。相关研究结果发表在*Energy & Environmental Science* (2011, 4, 1440) 上。

开发长循环寿命，高比能量和高功率密度的储能器件一直是诸多领域研究者关注的热点课题之一。随着社会科技的发展，如电动汽车等许多领域对电源功率的要求大大提高，已经远远超出了电池的承受能力。传统的电容器虽然功率非常大，但其能量密度有限，也不能满足实际需要。超级电容器，也叫电化学电容器，其性能介于传统电容器和电池之间，兼有电池高比能量和传统电容器高比功率的特点。超级电容器在混合动力汽车，大功率雷达，移动电话信息备份电源，笔记本电脑和无电池遥控器等方面有着重要应用。随着便携式电子器件的发展，传统超级电容器的组装方式已经远远不能满足当前电子器件的发展，超级电容器正在向着轻便，简洁的方向发展。

碳纳米管具有高的比表面积和电导率，是一种理想的超级电容器电极材料。目前，主要通过将碳纳米管与导电聚合物混合，然后将混合物涂到导电基底上或在基底上直接沉积纯碳纳米管薄膜作为电极材料。然而，由于聚合物的加入将会降低碳管薄膜电极的电导率和多孔率，对电荷在电极中的转移和电解液中离子在电极孔隙中的扩散有着不利影响，导致超级电容器功率密度下降。然而，纯碳纳米管薄膜具有较高导电性和多孔结构，能有效克服导电聚合物对电极的影响，可以直接作为超级电容器的电极材料。但是，以上两种碳纳米管电极不得不平铺到金属薄片或其他基底上。基底的使用将会增加超级电容器的重量，金属薄片或其他基底的柔韧可折性均较差。因此，目前基于碳纳米管的超级电容器仍然是传统的纽扣式结构，即三明治结构。如何利用碳纳米管构建高性能的简洁超级电容器是未来碳纳米管超级电容器发展的一个方向。

物理所纳米材料与介观物理课题组多年来一直致力于碳纳米管薄膜制备、物性与应用基础的研究，取得了系列成果 (*Nano. Lett.* 2007, 7, 2307; *Adv. Mater.* 2009, 21, 603; *Nano. Lett.* 2009, 9, 2855)。最近，该课题组牛志强博士、周维亚研究员、解思深院士等与澳大利亚卧龙岗大学智能聚合物研究所陈俊博士、物理所清洁能源实验室E01组李泓研究员、冯国星博士合作，充分利用直接生长的自支撑柔性碳纳米管薄膜的高电导率、高力学性能、高自吸附力等特点，提出了一种结构简单、重量轻、能量密度和功率密度高的碳纳米管薄膜简洁式超级电容器及其制备方法。

他们利用有机溶液平铺法控制直接生长的碳纳米管薄膜的自吸附性，将任意数量的碳纳米管薄膜非常平整地、牢固地组装到超级电容器的隔膜上，有效地减小了碳纳米管薄膜之间的连接电阻，有利于提高碳纳米管薄膜电极的功率密度。而且，此方法突破了直接生长的碳纳米管薄膜面积和厚度在制备薄膜电极方面的限制，有望解决大电容量碳纳米管超级电容器对电极材料面积和厚度方面的需求。他们利用上述方法得到的具有规则尺寸和表面形状的碳纳米管薄膜直接作为电极材料和集流器，通过卷绕组装成高性能的简洁超级电容器。这种设计和组装技术不仅有效消除了碳纳米管薄膜与金属集流器之间的接触电阻，而且简化了超级电容器的结构，减轻了超级电容器的重量，这对于碳纳米管薄膜超级电容器的实际应用具有重要意义。

实验结果表明，简洁超级电容器表现出理想的双电层电容行为，在电势反转时，表现出很好的电流响应，碳纳米管薄膜简洁超级电容器的充放电效率达99%，计算得到的质量比电容为35 F/g，能量密度为43.7 Wh/kg，最大功率密度为197.3 kW/kg。这远大于目前用活性碳材料制备的传统超级电容器的能量密度（1-10 Wh/kg）和功率密度（2-10 kW/kg）。此外，简洁超级电容器还表现出了优异的频率特性。

该工作得到了中国科学院、国家自然科学基金委员会、科技部和北京市教委相关项目的支持。

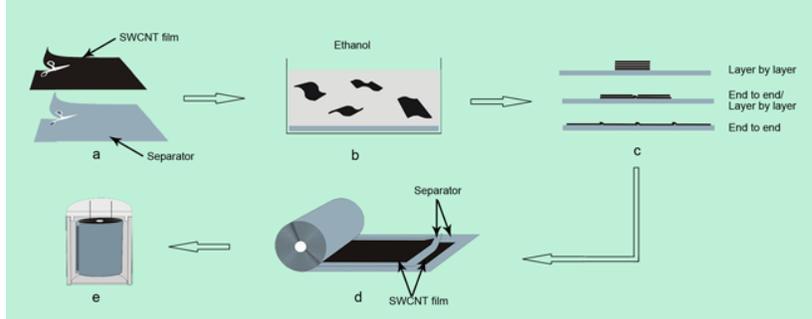


图1 碳纳米管薄膜简洁超级电容器的制备过程示意图

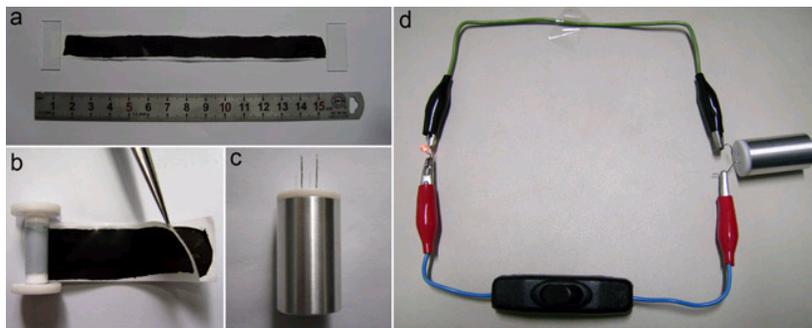


图2 (a) 平铺碳纳米管隔膜的光学照片；(b) 平铺碳管隔膜的卷绕过程的光学照片；(c) 碳纳米管薄膜简洁超级电容器的光学照片；(d) 碳纳米管薄膜简洁超级电容器为器件提供电能的实例的光学照片。

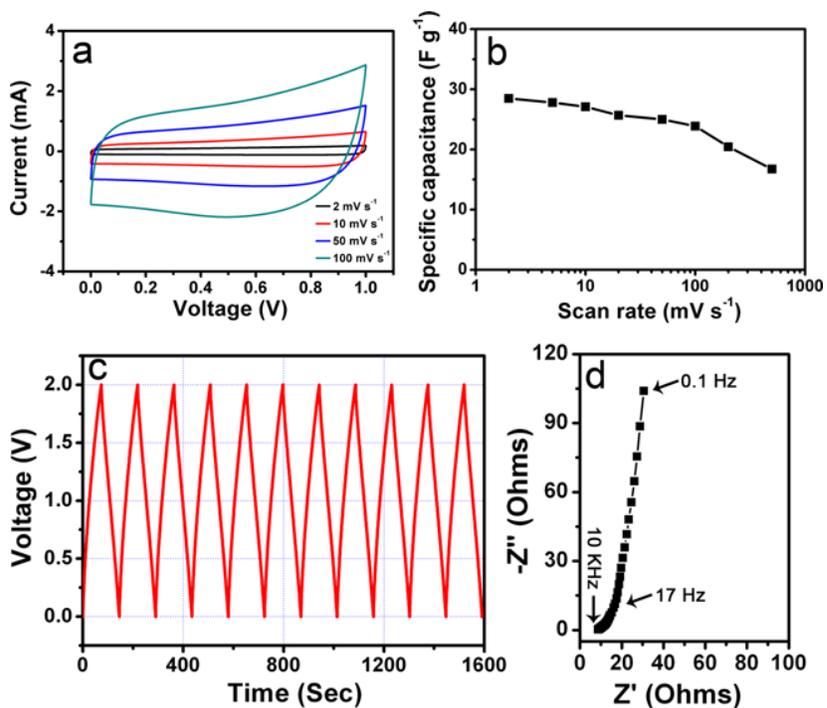


图3 (a) 不同扫描速率下碳纳米管薄膜简洁超级电容器的CV曲线；(b) 碳纳米管薄膜简洁超级电容器的比电容随扫描速率的变化；(c) 碳纳米管薄膜简洁超级电容器2V下的充放电曲线；(d) 碳纳米管薄膜简洁超级电容器的Nyquist图谱。

打印本页

关闭本页