科学家设计出具有三维结构叉指纳米电极的电介质电容器

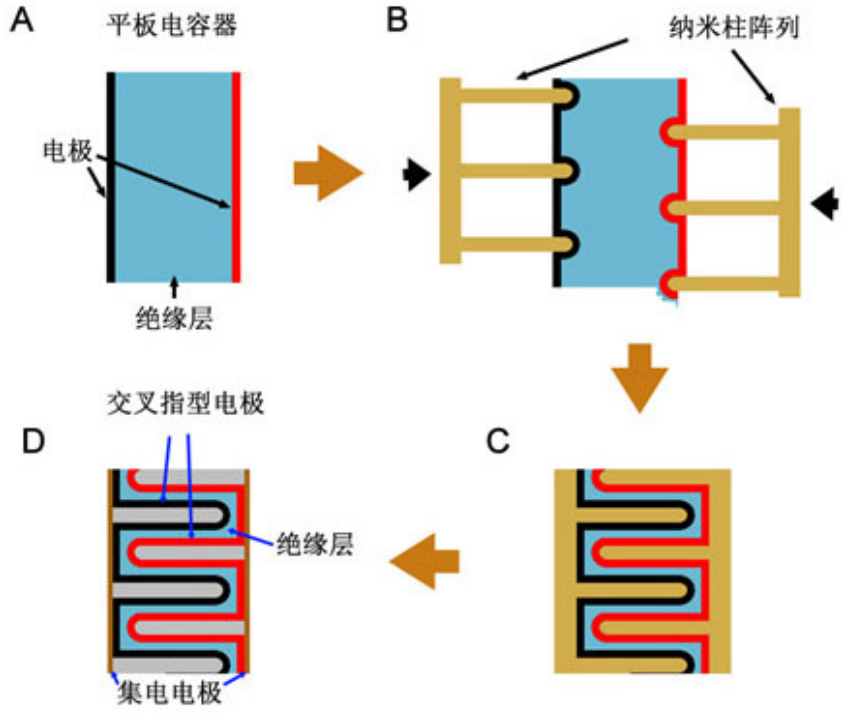

图1. 从平板电容器向交叉指型电介质电容器转变示意图。

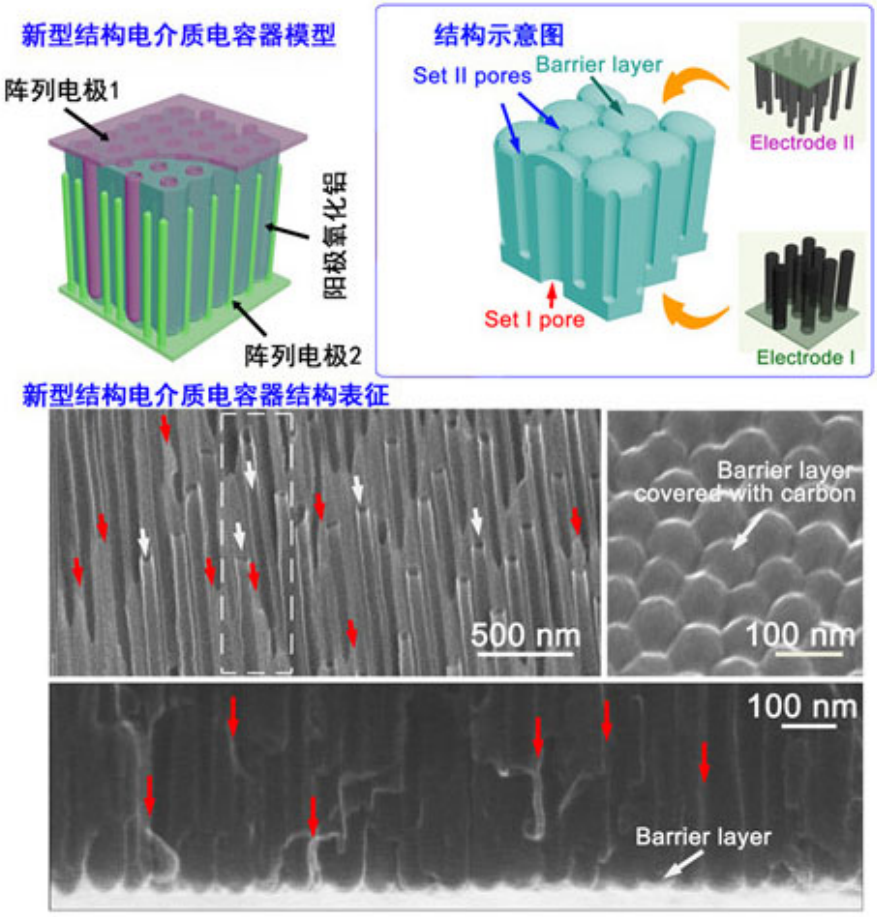

图2. 具有三维结构碳纳米管阵列叉指电极的电介质电容器设计模型、结构及表征。

近期，中国科学院合肥物质科学研究院固体物理研究所孟国文研究小组与中国科学技术大学教授宋礼及美国达拉华大学教授魏秉庆合作，设计出一种具有三维结构叉指纳米电极的电介质电容器，相关研究结果以Dielectric capacitors with three-dimensional nanoscale interdigital electrodes for energy storage 为标题发表在Science Advances (Sci. Adv. 2015, 1, e1500605)上。 电介质电容器是储存电荷的“ 容器 ”，能够为各种电器设备提供能量。与电池相比，电介质电容器功率密度高，能在瞬间提供巨大的电能。然而，电介质电容器的电荷仅存储在电极表面，所以一般的电介质电容器储存电荷能力较差（能量密度低），这也是制约电介质电容器实际应用的瓶颈。增大电极材料比表面积，能够提高电介质电容器储存电荷的能力。为此，人们普遍采用纳米多孔材料作为电极材料，以提高其储存电荷的能力。但用一般的纳米结构做电极，很难大幅度提高电介质电容器的储存电荷能力。

最近，固体所科研人员与宋礼及魏秉庆合作，巧妙地设计了一种具有三维结构叉指纳米电极的电介质电容器。他们的设计思路如图1所示，图1A为普通的平板电容器，将两对纳米柱阵列从电容器的两个平板相对插入，如图1B所示。在该过程中，假设两个电极板和位于其中间的介电层都能无限地供应材料且不破碎，则随着两对纳米柱阵列的插入，最终可形成三维结构交叉指形电极（图1C），然后去掉纳米柱阵列，则形成了具有叉指电极的电介质电容器（图1D）。在相同的宏观（表观）电极面积上，实际比表面积将大大增加，从而将大幅度提高电荷存储能力。

为了制备具有三维结构叉指纳米电极的电介质电容器（如图2模型），研究人员以高纯铝片为原材料，先采用常规阳极氧化，紧接着用大电流快速阳极氧化，最后再从多孔氧化铝膜的背面控制腐蚀，获得了一种具有两面开口的叉指形孔结构的氧化铝膜(如图2结构)，这种氧化铝膜中含有两组相互平行、开口方向相反的孔，且两组孔相互隔绝互不相通。然后在这种叉指型孔氧化铝膜的两组孔中生长碳纳米管阵列，获得了这种新型结构的电介质电容器（如图2）。在这种电容器中，具有高介电常数的多孔氧化铝膜充当介电层，两组叉指形分布的碳纳米管是两个对电极。

这种新型结构的电介质电容器，两对电极均具有极大的比表面积，能有效存储大量电荷；电介层是通过阳极氧化铝自发形成的均匀厚度的孔壁及圆弧形的障碍层，确保了电容器具有很高的击穿电压，这些有利因素叠加起来，大幅度提高了电介质电容器的电荷存储能力，试验发现该电容器能量密度可达到2Wh/kg，这是目前所有报道中的最高值。这种新型结构电介质电容器，有望作为电源或混合动力源，用于高功率或需要较高能量密度的相关领域。
相关研究结果在Science Advances
发表后，被美国科学促进会（AAAS）旗下全球科学新闻服务机构EurekAlert!、美国《每日科学》（Science daily）和世界科技研究新闻资讯网Phys. Org等十多家国际科技网络作为研究亮点报道。

该工作得到科技部“ 973计划 ”、中科院/国家外国专家局“ 创新团队国际合作伙伴计划 ”、国家自然科学基金及安徽省自然科学基金等项目的支持。

原文地址：http://www.china-nengyuan.com/tech/85001.html