

## 孙蓉研究团队设计特殊结构颗粒为填料增强三明治结构聚合物基复合材料的介电和储能性能

中国科学院深圳先进技术研究院先进电子材料研究中心孙蓉、朱朋莉和于淑会研究团队在聚合物基复合材料的介电和储能性能方面的研究取得进展。相应成果为“Liang XW, Yu XC, Lv LL, et al. BaTiO<sub>3</sub> internally decorated hollow porous carbon hybrids as fillers enhancing dielectric and energy storage performance of sandwich-structured polymer composite [J]. *Nano Energy*, 2020, 68: 104351 (钛酸钡纳米粒子内部修饰的中空介孔碳球杂化颗粒为填料增强三明治结构聚合物基复合材料的介电和储能性能)”。

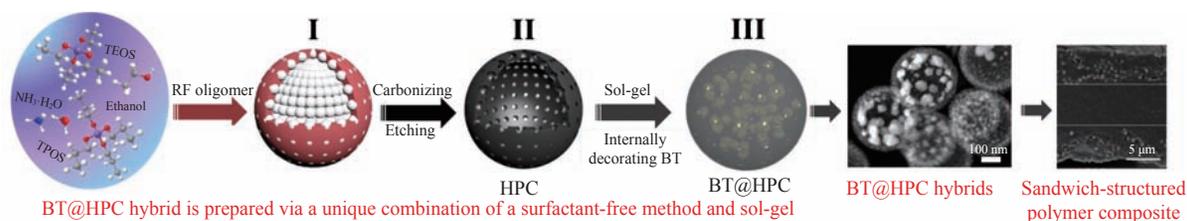
相对电化学能量存储器件，如普通电池、燃料电池和超级电容器等来说，介电电容器具有超快充放电速率、超高功率密度和更长的循环使用寿命，但较低的储能密度限制了其广泛应用。常用的介电电容器的电介质材料主要包括陶瓷和聚合物。其中，陶瓷材料，如钛酸钡、氧化钛、锆钛酸钡和钛酸锶钡等具有较高的介电常数，甚至高达数千，然而较低的击穿强度造成较低的储能密度。与之不同的是，聚合物材料具有较高的击穿强度和较低的介电损耗，但较低的介电常数导致其储能密度也较低。

为提升聚合物的介电常数以提高储能密度，该研究以钛酸钡(BT)纳米粒子内部修饰的中空介

孔碳球杂化颗粒(BT@HPC)为填料、聚偏氟乙烯(PVDF)为基体，制备了三明治结构聚合物基复合材料。具体地，首先，以间苯二酚树脂低聚物为前驱体，在无表面活性剂的条件下，通过正硅酸乙酯和原硅酸四丙酯水解产生的氧化硅纳米颗粒为牺牲模板制备中空介孔碳球(HPC)；然后，采用溶胶-凝胶法在HPC内部修饰BT纳米粒子得到BT@HPC杂化颗粒；最后，以BT@HPC为填料、PVDF为基体，通过旋涂和热压工艺制备三明治结构的聚合物基复合材料。

结果显示，当该三明治结构复合材料两个外层BT@HPC含量为7 wt%时，其介电常数达39 (1 kHz)，较纯PVDF提升了近3倍(介电常数~10)，并保持低介电损耗0.03；相对于其他介电储能材料，该复合材料中两外层BT@HPC质量含量仅为1 wt%(对应体积含量为0.85 vol%)时，在较低的应用电场~360 MV/m下，其储能密度可达10.2 J/cm<sup>3</sup>、充放电效率达77%。

该研究工作通过设计特殊结构的颗粒作为多级结构复合材料的填料，为提高聚合物电介质材料的性能以满足电容性能量存储器件的广泛应用拓宽了思路。



BT@HPC 杂化颗粒的制备流程及其填充的 PVDF 三明治结构聚合物基复合材料