

于淑会团队在高温能量存储的聚四氟乙烯 (PTFE) 薄膜材料制备取得进展

中国科学院深圳先进技术研究院先进电子材料研究中心于淑会团队与中国科学院微电子研究所曹立强团队在应用于高温能量存储的聚四氟乙烯 (PTFE) 薄膜材料制备取得进展。相应成果“Elaborately fabricated polytetrafluoroethylene film exhibiting superior high-temperature energy storage performance (应用于高温能量存储的 PTFE 薄膜材料的制备)”于 2020 年 12 月发表在 *Applied Materials Today* 上。

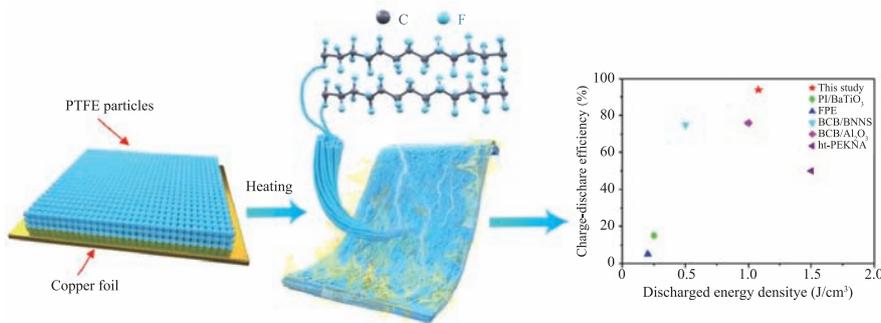
在众多能量存储材料中,电介质储能材料因其独特的充放电机理,可以在微秒内完成非常快速的充放电,表现出很高的功率密度,已在电子和电力行业中具有广泛的应用。但一直困扰相关研究者的问题是,电介质储能材料的储能密度非常低,需要通过使用大量的材料来实现其工作时能量密度的需求。此外,随着器件集成度和功率的增加,电介质材料所处工作环境温度不断地增加,电容器充放电效率的进一步降低,使得能够释放的能量密度更低,故提高电介质材料在高温条件下的储能密度和放电效率变得越来越重要。

该研究采用 PTFE (聚四氟乙烯) 乳液,旋涂于铜箔表面,经过热处理后形成 PTFE 薄膜。通过将实验结果与模拟仿真相结合,对薄膜的成型

工艺与介电储能性能之间的关系进行研究。

结果显示:(1)与储能密度直接相关的电击穿强度与薄膜表面的粗糙度相关,其中材料表面越平整,则击穿强度越高。(2)当温度低于 150 °C 时,PTFE 薄膜的介电储能特性基本不受温度影响;当温度高于 150 °C 时,PTFE 薄膜的介电常数和击穿强度略有降低,但 200 °C 储能效率依然高于 90%。(3)PTFE 薄膜在室温到 200 °C 温度范围内都具有非常好的自修复特性,其主要原因是 PTFE 薄膜表面光滑,在电击穿过程产生的电场力大于 PTFE 与金电极之间的结合力,使得电击穿位置的金电极从 PTFE 表面剥离,断开了击穿区域与其他正常区域的电连接,这种“局部牺牲”保证了材料可以继续使用。(4)在 200 °C 时,PTFE 薄膜表现出优异的介电储能特性:击穿强度~350 kV/mm,充放电效率 94%,放电能量密度 1.08 J/cm³,放电时间 2.95 μs,功率密度 0.72 MW/cm³。而当前商用的 BOPP (双向拉伸聚丙烯膜) 最高使用温度只有 105 °C。

该研究进一步解决 PTFE 薄膜的大尺寸连续制备技术,将可在具有高温应用需求的电子电力器件中实现应用。



聚四氟乙烯高温能量存储薄膜材料^[1]

- [1] Luo SB, Yu JY, Ansari TQ, et al. Elaborately fabricated polytetrafluoroethylene film exhibiting superior high-temperature energy storage performance [J]. *Applied Materials Today*, 2020, 21: 100882.