

十六、全固态平面型柔性超级电容器

项目背景:

随着现代科学技术的迅猛发展及人们经济生活水平的日益提高,越来越多的便携式智能电子产品出现在人们的生活中,并逐渐向着小巧、可穿戴、可折叠及柔性的方向发展,这就要求为其提供能量的储能器件具有轻、薄、韧的特点。作为一项新能源技术,超级电容器是一种高效、实用、环保的能量存储器件,具有高功率密度、充放电循环寿命长、快速充放电、使用温度范围宽等特点,而这其中,全固态柔性超级电容器又因其具有安全系数高、结构简单、易于封装等优势,在柔性便携式智能电子器件上具有广阔的应用前景。然而,实现具有高能量及功率密度的柔性全固态超级电容器的大规模工业化制备仍然存在挑战。

基于上述背景,我们将喷墨打印技术和电子束蒸发镀膜技术相结合,研发出了一种可实现大规模工业化柔性全固态超级电容器的制备工艺,即:利用普通喷墨打印机结合电子束蒸发工艺在 PET 等柔性基底上制备电极,利用电沉积技术将赝电容电活性材料原位沉积在电极上,结合赝电容电活性材料的高比电容性质以及三维多层插指状电极的结构优势,获得了高能量密度和功率密度的柔性平面式超级电容器。这种制备工艺解决了现有制备技术中存在制备流程繁琐、设备复杂的不足,简化了柔性全固态平面式超级电容器的制备过程,且具有以下优势:

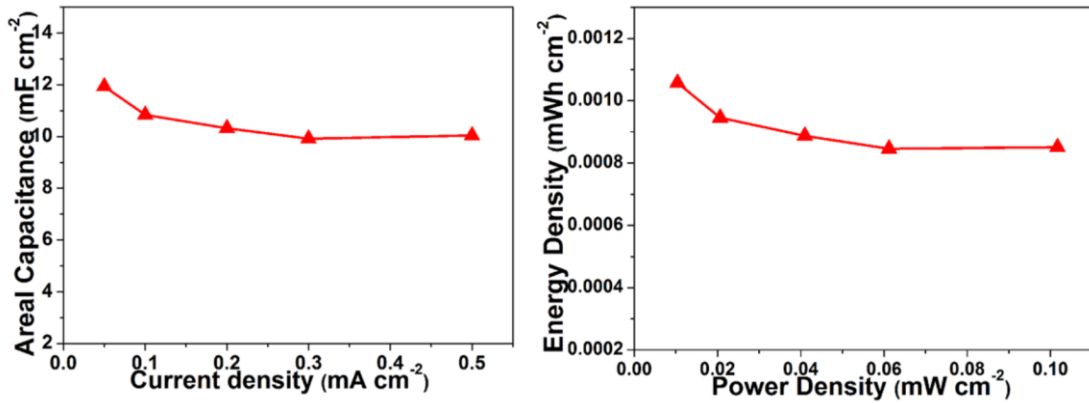
(1) 采用喷墨印刷方法制备电极,工艺简单,成本低廉,可以实现大规模低成本的工业化;(2) 采用原位电沉积技术沉积活性材料,无需使用粘合剂,并且大大降低了电极的内电阻,有效地提高了超级电容器的充放电效率和功率特性;(3) 电极结构采用三维多层插指状结构,提升了离子和电子的传输效率,进一步提高了超级电容器的充放电效率和功率特性。

技术指标:

经过电化学等性能测试,制备获得柔性固态超级电容器的最大面积比电容达到了 $12\text{mF}/\text{cm}^2$, 对应的最大能量密度为 $0.0011\text{ mW}\cdot\text{h}\cdot\text{cm}^{-2}$ 以及功率密度 $0.10\text{ mW}\text{ cm}^{-2}$, 此外,经过 90° 弯曲变形测试后,其比电容稳定,且经过 1000 次循环测试后,依然能保持 82% 以上的有效电容量。



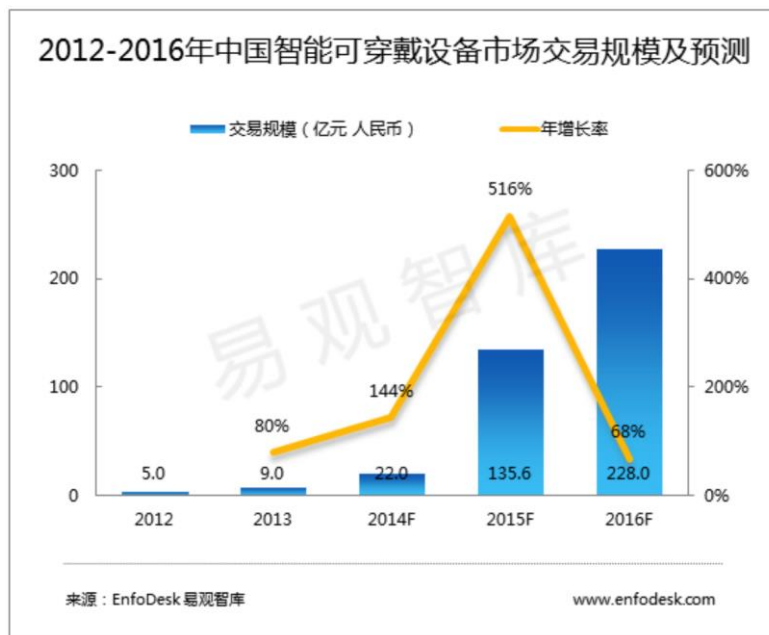
制备获得的全固态柔性超级电容器



全固态柔性超级电容器的（左）面积电容图和（右）面积功率密度及能量密度图

市场前景：

回顾 2014 年，智能可穿戴设备领域发展迅速，已引起全社会的广泛关注，大量国内外 IT 技术领域的领先企业及中小型创新企业、创业者、投资者纷纷投入到智能可穿戴设备领域。根据 EnfoDesk 易观智库的分析，中国智能可穿戴设备领域市场规模将由 2014 年的 22 亿人民币发展到 2015 年的 135.6 亿，预计 2017 年将达 300 亿人民币，市场潜力巨大。



而作为一种新能量储存器件，超级电容器以其优越的充电速度、功率密度、循环寿命及良好的安全性，也已在公用/工业/医疗电器、网络通讯、风光发电、交通工具、后备电源、能量回收等领域广泛应用。在过去五年，全球超级电容器市场已增长 2.7 倍至 2013 年的 120 亿美元，国内市场增长 2.2 倍至 2013 年的 19.2 亿元人民币。预计到 2023 年，全球超级电容器市场将增长至 500 亿美元，国内市场增长至 400 亿元人民币。鉴于超级电容器广阔的市场前景，我们相信我们所开发的柔性全固态超级电容器将在便携式智能电子器件上具有广阔的应用前景。