

低共熔溶剂介导的纤维素基 PEDOT 柔性电子器件构建与性能研究

程婉可¹

(1.东北林业大学 哈尔滨 150040)

摘要:纤维素是木质细胞壁的三大组分之一,具有自然储量丰富、可再生、可生物降解、低成本、可加工性优异等诸多优势特性,其在功能材料开发、新能源系统设计及生物医疗电子构建等领域具有积极研究。低共熔溶剂(DES)是一类由氢键供-受体组成的新型绿色溶剂体系,其具有可设计性强、无毒无害、蒸气压低等优良特性,在功能材料的绿色合成及柔性储能器件设计等方面具有巨大的潜力优势。针对当前柔性电子器件的个性化、可穿戴、图案化的需求,设计并研究了六水氯化铁($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)为氢键受体的一系列低共熔溶剂体系,探究了氢键供-受体在导电聚合物合成过程中的各自作用机制,应用了液液界面反应和气液界面反应的策略,分别制备了三种纤维素基导电材料。

以六水氯化铁/乙酰胺($\text{C}_2\text{H}_5\text{NO}$)为组分的 DES 溶剂反应体系,成功引导了导电聚合物聚(3,4-乙烯二氧噻吩)(PEDOT)和聚吡咯(PPy)的可控、自下而上的原位聚合及本征多孔结构优化构筑。基于 DES 制备的 PEDOT 具有高电导率(65 S/cm)、丰富的孔隙结构(孔隙率约为 70.61%)及吸附位点($\text{BET} > 58 \text{ m}^2/\text{g}$),赋予了 PEDOT 良好的电化学性能和宽的电压窗口(高达 1.2 V),有利于改善可打印电子墨水的分散稳定性。结合纤维素衍生物良好的流变特性和加工性,所制备的纤维素基 PEDOT 导电墨水具有储存稳定性、可控的流变特性、形貌设计性以及性能加工性。

以六水氯化铁/尿素($\text{C}_2\text{N}_2\text{H}_6$)为组分的 DES 反应体系结合气相沉积策略,可用于制备具有可调电化学性能和稳定界面的纤维素基 PEDOT 自支撑电极。该方法制备的自支撑电极具有高电导率、多层级孔隙结构、良好的力学性能和稳定的界面,在三电极体系下的面积比容量可高达 2200 mF/cm^2 ,所组装的对称夹层结构柔性超级电容器表现出高能量密度和功率密度。多个设备串联后,可用于可穿戴电子。

配合微电子打印技术,气相策略可进一步用于精准控制的可编辑的纤维素基图案化 PEDOT 柔性电路制备。打印图案分辨率达到 200 微米,可媲美电脑刺绣,同时具有良好的设计性和界面稳定性。制备的图案化 PEDOT/纤维素神经电极具有宽达 3.6 V 的水窗口和低接触电阻(90Ω),并对它们的性能进行了相应的表征,展示了它们在储能、传感、发电等装置中的应用潜力。图案化气相聚合方法展现出极强的可扩展性和实用性,可以在生物质基纤维素和石油基塑料基底上实现复杂导电图案的沉积,具有个性化导电织物和电路修复的应用前景。