

Nanocanales y mesocanales de estado sólido funcionalizados con poli(4-vinilpiridina) para generación de energía osmótica

Matelo, Ignacio T.¹; Laucirica, Gregorio²; Marmisollé, Waldemar¹; Azzaroni, Omar¹

¹ Instituto de Investigaciones Fisicoquímicas Teóricas y Aplicadas (INIFTA)-Universidad Nacional de La Plata-CONICET, La Plata, Argentina

² GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung, Darmstadt, Alemania

ignaciomatelo@inifta.unlp.edu.ar

Área temática: G. Aplicaciones de nanomateriales en ambiente, energía, agro, alimentos y catálisis

La generación de energía osmótica mediante electrodiálisis inversa en dispositivos nanofluídicos (nRED) es una tecnología prometedora para la obtención de energía sostenible a partir de gradientes de salinidad. En este contexto, los nanocanales de estado sólido representan una plataforma de gran potencial; sin embargo, su rendimiento está intrínsecamente limitado por su elevada resistencia interna. En este trabajo, se presenta una estrategia basada en la integración de una interfaz polimérica altamente cargada a canales de estado sólido que permite mantener un transporte iónico eficiente incluso al aumentar las dimensiones del sistema hacia la mesoescala.

Para ello, se funcionalizaron canales de poli(etilentereftalato) (PET) mediante el anclaje covalente de un hidrogel policatiónico de poli(4-vinilpiridina) (PVP) entrecruzado con 1,6-dibromohexano (DBH). La cuaternización del polímero genera grupos piridinio permanentes, estableciendo una carga superficial positiva robusta e independiente de las condiciones de pH. En la nanoescala, esta modificación induce una inversión completa en la polaridad de rectificación, transformando el régimen selectivo a cationes nativo del PET en uno selectivo a aniones.

El canal modificado presenta un incremento significativo en su conductancia intrínseca y una notable capacidad rectificadora, manteniendo factores de rectificación (f_{rec}) positivos en todo el rango de pH, con un valor máximo de 227 a pH 3.2. Esta alta selectividad permite alcanzar potencias de hasta 200 pW en la nanoescala; no obstante, el desempeño absoluto se ve restringido por la resistencia al flujo iónico propia de la escala.

Con el objetivo de optimizar la conductancia, se fabricaron canales de mayor tamaño (mesocanales) que, gracias a las propiedades del hidrogel policatiónico, mantienen una alta selectividad iónica incluso en condiciones donde las dimensiones del canal superan ampliamente el tamaño de la doble capa eléctrica (EDL). Este fenómeno, atribuido a la densidad de carga espacial del hidrogel, permite un aumento sustancial de la conductancia sin comprometer la selectividad del dispositivo. De esta forma, la combinación de baja resistencia iónica y alta selectividad permitió obtener potencias de hasta 1129 pW en mesocanales modificados, superando ampliamente las limitaciones de las arquitecturas nanométricas convencionales.