

Streszczenie popularnonaukowe

Tytuł: Hierarchiczne węgle z adsorbowanymi w porach substancjami aktywnymi redoks jako elektrody przepływowe do akumulatorów i hybrydowego magazynowania energii (NoCrossover)

Materiały elektrodowe odgrywają kluczową rolę w projektowaniu zrównoważonych urządzeń o zwiększonej wydajności. Stale rosnące zapotrzebowanie rynku w połączeniu z ekonomiczną i ekologiczną kompatybilnością napędzają ogrom prac badawczych w dziedzinie technologii elektrochemicznych. Elektrody przepływowe redoks (REF) są obiecującym rozwiązaniem w magazynowaniu energii w skali sieciowej, jednakże powinny być mniej toksyczne i niedrogie, co wymaga nowych konstrukcji elektrod. Z drugiej strony rozwój elektrod przepływowych redoks (RFE) utrudniony jest przez przejście pod przyłożonym potencjałem, które wymaga zastosowania drogich membran. Węgle o dużej powierzchni mogą służyć jako nośnik dla form aktywnych redoks do produkcji elektrod w postaci zawiesiny o niskim ryzyku przemieszczania się oraz do wielkoskalowych stacjonarnych akumulatorów przepływowych, a także hybrydowych ogniw przepływowych. Niemniej jednak, losowa porowatość węgla sprzyja nierównomiernemu rozmieszczeniu gatunków redoks, pustym porom oraz pozostawia reaktywne miejsca na krawędziach, czyniąc je podatnymi na rozwój niepożądanych powierzchniowych grup funkcyjnych. W rzeczywistości większość dostępnych w handlu węgli oferuje pory losowe, podczas gdy dostępnych jest tylko kilka węgli z porami hierarchicznymi, które są bardzo drogie (kilka gramów kosztuje setki dolarów).

Projekt ten ma na celu opracowanie węgla o hierarchicznej porowatości z powszechnie dostępnych środków chemicznych, które będą miały unikalne rozmiary porów i grupy funkcyjne o niskiej powierzchni. Cechy te w połączeniu z optymalnym stosunkiem węgla sp^2/sp^3 znacznie poprawiają właściwości przenoszenia ładunku materiałów węglowych i sprzyjają wiązaniu chemicznemu form redoks w porach. Te hierarchiczne węgle zostaną następnie wykorzystane jako materiały macierzyste do zakotwiczenia par redoks, np. antrachinonu (AQ/AQ²⁻), jodu i 2,2,6,6-tetrametylopiperydyny N-oksylu (TEMPO/TEMPO⁺) oraz do przygotowania elektrod w stanie szlamowym w tanim elektrolicie wody w soli cholinowej (~2 €/kg) do akumulatorów przepływowych i hybrydowych ogniw magazynujących energię. Zastosowanie węgla o hierarchicznych porach umożliwia skuteczną adsorpcję wybranych form redoks, które następnie mogą uczestniczyć w reakcji redoks podczas długotrwałego ładowania/rozładowania elektrod przepływowych. Aby to zrobić, najpierw zostaną zsyntetyzowane węgle o unikalnym stosunku sp^2/sp^3 i równomiernie rozłożonych strukturach porów przy użyciu cytrynianu glinu lub cytrynianu magnezu jako materiałów prekursorowych. Ponadto D-glukoza zostanie wykorzystana jako prekursor węgla z nanocząstkami krzemionki o różnej wielkości jako matrycą. Drogi chemiczne i elektrochemiczne zostaną przetarte w dalszej modyfikacji parametrów strukturalnych węgli oraz zakotwiczenia form redoks na ich powierzchni i adsorbowania w porach. Techniki fizykochemiczne, takie jak spektroskopia ramanowska in situ, rentgenowska spektroskopia fotoelektronów, elektrochemiczna spektroskopia impedancyjna i mikroskopia elektronowa (SEM, TEM) będą użyte do określenia wpływu przenoszenia ładunku na parametry strukturalne hierarchicznych węgli oraz zachowanie rozpuszczalników i jonów gatunki w porach.

Projekt ten ma na celu i) syntezę węgla z hierarchicznymi porami, chemiczne wiązanie form redoks na powierzchni węgla i w porach oraz opracowanie zawiesiny RFE w elektrolicie azotanowym woda w cholinie, ii) poznanie mechanizmów przenoszenia ładunku w kierunku oraz z materiału węglowego, oraz iii) wdrożenie tych RFE w bateriach przepływowych i hybrydowych ogniwach kondensatorów przepływowych. Wnioskodawca projektu zamierza zrealizować powyższe zadania wraz ze współpracownikami, doktorantami oraz naukowcami z Polski i Austrii. Lider projektu jest przekonany, że wyszkoli młodych członków zespołu jako perspektywicznych naukowców i rozwinie infrastrukturę do badania mechanizmów reakcji, nowych materiałów i urządzeń do magazynowania energii na Politechnice Poznańskiej w projekcie NoCrossover.