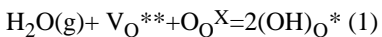


Cele projektu

Projekt „Właściwości strukturalne i mechanizmy przewodnictwa jonowego w domieszkowanych związkach typu ABO₄” dotyczy badań struktury i właściwości elektrycznych materiałów ceramicznych. Celem projektu jest zbadanie materiałów, które są roztworami w fazie stałej dwóch ceramiek: LaNbO₄ i LaSbO₄ oraz LaNbO₄ i LaAsO₄.

Ceramiki to materiały polikrystaliczne, które mogą wykazywać bardzo różne właściwości mechaniczne i elektryczne (np. ceramika może być izolatorem, półprzewodnikiem lub przewodnikiem). W ramach projektu zostaną zbadane materiały, które mają służyć jako wysokotemperaturowe przewodniki protonowe. Wysokotemperaturowe przewodniki protonowe to ceramiki, w których nośnikiem ładunku jest jon wodorowy. Odróżnia je to od klasycznych przewodników lub półprzewodników, w których nośnikami ładunku są elektrony lub dziury elektronowe. Cechą charakterystyczną wysokotemperaturowych przewodników protonowych jest to, że pomimo tego, że przewodzą jony wodorowe to, jako tlenki, nie posiadają w swojej nominalnej strukturze wodoru. Zatem jon wodorowy w tych materiałach występuje w postaci defektu (odstępstwa od idealnej struktury) zwanego defektem protonowym. Defekt protonowy powstaje w wyniku interakcji materiału z jego otoczeniem, np. poprzez reakcję materiału z parą wodną, którą można zapisać równaniem:



Z równania (1) wynika, że cząsteczka pary wodnej reaguje z jodem tlenowym oraz wakansiem tlenowym (puste miejsce, w którym powinien znajdować się jon tlenu w kryształce) w strukturze materiału tworząc dwa defekty protonowe - czyli dwie grupy OH znajdujące się w miejscu jonu tlenowego w sieci krystalicznej o dodatnim ładunku względnym (* dodatni ładunek względem idealnej sieci krystalicznej).

Materiał przewodzący protonowo w zależności od tego czy przewodzi tylko i wyłącznie protony (zwany elektrolitem) czy również elektrony (przewodnik mieszany) można zastosować w wielu urządzeniach wykorzystujących wodór: począwszy od czujników gazów, poprzez pompy lub zawory gazowe przepuszczające selektywnie tylko jeden gaz, ogniwa paliwowe wykorzystujące wodór jako paliwo, urządzenia do produkcji wodoru (elektrolizery pary wodnej) lub urządzenia służące do przeprowadzania kontrolowanej reakcji związków chemicznych z wodorem (np. hydrogenacja/dehydrogenacja związków organicznych). Z uwagi na to, że ceramiki nie są silnie reaktywne oraz przewodzą protony jedynie w wysokich temperaturach materiały te mogą również do pracy nie tylko z wodorem, ale również z związkami wodoru, które wymagają wysokiej temperatury do przeprowadzenia odpowiednich reakcji (np. bezpośredni reforming paliwa w ogniwie paliwowym).

Celem tego projektu jest odnalezienie nowych przewodników protonowych, których właściwości elektryczne i strukturalne mogą być „zaprojektowane” odpowiednio do potrzeb poprzez zmianę składu odpowiedniej ceramiki.

Badania podstawowe przeprowadzone w ramach projektu

W ramach czynności zaplanowanych w tym projekcie będą przeprowadzone badania podstawowe polegające na określeniu struktury krystalicznej oraz mikrostruktury ceramiki w zależności od składu poszczególnych roztworów w fazie stałej. Zostaną zbadane także procesy przemiany struktury w zależności od temperatury otoczenia ceramiki. W tym celu zostaną użyte techniki badawcze z zakresu dyfrakcji promieniowania rentgenowskiego, skaningowej mikroskopii elektronowej oraz mikroskopii sił atomowych.

W kolejnym etapie będą przeprowadzone badania włącznie danych cieplnych ceramiek. Zostanie zbadany współczynnik rozszerzalności cieplnej materiału, zmiana masy w funkcji temperatury jak również zmiana przepływu ciepła przez materiał, która dostarcza informacji na temat reakcji zachodzących wewnątrz materiału. Na tym etapie zostaną użyte techniki takie jak: dylatometria, termogravimetria połączona ze spektroskopią mas oraz skaningowa kalorymetria różnicowa. Głównym celem tego etapu jest poznanie procesów zachodzących w materiale w szerokim zakresie temperatur, a także informacje dotyczące koncentracji defektów (wakansów tlenowych i defektów protonowych).

Następnym etapem będą badania właściwości elektrycznych materiałów. Zmierzona zostanie przewodność materiału w szerokim zakresie temperatur, różnych atmosferach gazowych (np. tlen, wodór, gazy obojętne), a także w różnych warunkach wilgotności. Jako techniki badawcze zostanie użyta elektrochemiczna spektroskopia impedancyjna oraz czteropunktowa metoda stałoprądowego pomiaru przewodności. Dzięki badaniu zależności przewodności w funkcji temperatury, ciśnienia parcjalnego tlenu czy pary wodnej można będzie określić dominujące nośniki ładunku, a co za tym idzie można będzie określić, który mechanizm przewodnictwa dominuje w materiale. Na tym etapie zostanie użyta również technika rentgenowskiej spektrometrii fotoelektronów, która chociaż nie mierzy właściwości elektrycznych, ale pozwala określić stopień utlenienia pierwiastków w związku, przez co wniesie dodatkową wiedzę na temat nośników ładunku.

Końcowym stadium projektu będzie polegało na analizie i porównaniu wniosków z poprzednich etapów badań. Informacje uzyskane na temat struktury porównane z obserwacjami z badań własności cieplnych oraz wynikami pomiarów przewodności pozwolą zdefiniować własności strukturalne wraz z koncentracjami defektów oraz mechanizmami przewodnictwa. W wyniku analizy zostanie zaproponowany odpowiedni model teoretyczny opisujący reakcje wynikające z chemii defektów w danym materiale oraz ich zależności z właściwościami elektrycznymi materiału.

Przyczyny podjęcia tematyki badawczej

Tematyka badań przedstawiona w projekcie jest ważna ponieważ wpisuje się w trend poszukiwania nowych materiałów funkcjonalnych. W tym przypadku zaplanowano użycie znanych już przewodników protonowych jako elementów roztworu stałego w celu uzyskania materiałów o nowych właściwościach. Badania dotyczące przewodników protonowych są istotne z uwagi na to, że istnieje zapotrzebowanie na takie materiały. Zapotrzebowanie na takie materiały jest wymuszone przez rosnące zainteresowanie technologiami wodorowymi, czyli technologiami budującymi gałęzi energetyki, która zajmuje się problemem przechowywania, transportu oraz konwersji paliw wodorowych na energię elektryczną. Technologie wodorowe są uważane za ważny element nowoczesnej infrastruktury energetycznej wytwarzającej wydajnie oraz bezpiecznie dla środowiska energię elektryczną.