

PODSTAWOWE INFORMACJE O PROJEKCIE

Projekt o akronimie *FunKeyCat* (pochodzącym od angielskiej nazwy projektu *Functional grading by Key doping in Catalytic electrodes for Proton Ceramic Cells*) ma na celu wytworzenie nowych materiałów elektrodowych o właściwościach zmieniających się gradientowo w zależności od grubości materiału. Projekt będzie realizowany wspólnymi siłami naukowców z czterech różnych instytucji w trzech krajach: Uniwersytetu w Oslo i instytutu SINTEF w Norwegii, instytutu badawczego Hiszpańskiej Narodowej Rady Naukowej w Walencji w Hiszpanii oraz Politechniki Gdańskiej. Kierować całemu przedsięwzięciu będzie prof. Truls Norby z Uniwersytetu w Oslo, natomiast polską stroną projektu będzie kierować dr inż. Sebastian Wachowski z Politechniki Gdańskiej. Projekt będzie trwał trzy lata, a jego pełna polska nazwa to *Gradient funkcjonalny uzyskany poprzez kluczowe domieszkowanie w katalitycznie aktywnych elektrodach dla ogniów z ceramicznym przewodnikiem protonowym*.

ZNACZENIE PROJEKTU

XXI wiek stawia przed społecznością ludzką kolejne wyzwania, których rozwiązanie jest niezbędne dla zapewnienia bezpieczeństwa i odpowiedniej jakości życia temu i przyszłym pokoleniom. Globalizacja, postępujące uprzemysłowienie krajów rozwijających się oraz wzrost populacji ludzkiej sprawiają, że musimy zmierzyć się, między innymi, z gwałtownie rosnącym zapotrzebowaniem na energię elektryczną, zanieczyszczeniem oraz postępującą degradacją środowiska. Wykorzystanie odnawialnych źródeł energii (OZE) wydaje się odpowiednią ścieżką do rozwiązania tych problemów, niemniej jednak większość OZE nie wytwarza energii elektrycznej w sposób ciągły i niekoniecznie w miejscach gdzie zapotrzebowanie na energię jest największe. Przykładem dla Polski jest energetyka wiatrowa. Regionem Polski najlepszym dla produkcji energii wiatrowej jest Pomorze, tymczasem największe zapotrzebowanie energetyczne występuje na południu Polski. Co więcej, zarówno w skali czasowej dni, miesięcy, jak i roku, siła wiatru nie jest równa i niekoniecznie pokrywa się z okresami największego zapotrzebowania.

W rozwiązaniu tego problemu mogą pomóc urządzenia elektrochemiczne i technologie wodorowe. Wodór jest nośnikiem energii chemicznej, która może zostać zamieniona w inną formę energii, np. elektryczną lub ciepłą. Do konwersji pomiędzy energią chemiczną i elektryczną służą urządzenia elektrochemiczne, które mogą albo wykorzystywać energię chemiczną paliwa do wytworzenia energii elektrycznej albo na odwrót – wykorzystać energię elektryczną do przeprowadzenia reakcji chemicznej. Przykładem pierwszego typu urządzenia jest ogniwo paliwowe, które wykorzystuje wodór do wytworzenia energii elektrycznej, a produktem ubocznym jest ciepło i para wodna. To bardzo ekologiczny i wydajny sposób uzyskiwania energii. Do drugiego typu urządzeń należy elektrolizer pary wodnej, który za pomocą energii elektrycznej zamienia parę wodną w dwa gazy: wodór i tlen. Elektrolizera można użyć do wytworzenia wodoru w miejscu i czasie występowania nadprodukcji energii elektrycznej przez OZE. Uzyskany wodór można przetransportować i użyć w miejscu i czasie zapotrzebowania na energię. Można tego dokonać zarówno stacjonarnie, jak i mobilnie, np. W samochodach.

Ograniczeniem dla urządzeń elektrochemicznych jest brak materiałów o właściwościach takich, które zapewnią wydajną i stabilną pracę tych urządzeń. W szczególności dotyczy to elektrod, które muszą przewodzić zarówno elektrony jak i jony, wykazywać się wysoką aktywnością katalityczną, odpornością na wysokie temperatury i obecność różnych gazów, trwałością mechaniczną i chemiczną oraz odpowiednio dobranym do pozostałych elementów urządzeń współczynnikiem rozszerzalności cieplnej. Problem pogłębia to, że często polepszenie jednej właściwości odbywa się kosztem drugiej co wymusza pewnego rodzaju

kompromisy. Projekt *FunKeyCat* ma na celu rozwiązanie tego problemu poprzez wprowadzenie odpowiedniego gradientu właściwości materiału, co sprawi że kolejne warstwy będą posiadać inne właściwości.

TRZY PODEJŚCIA BADAWCZE PROJEKTU

Podejście do rozwiązywania problemu optymalizacji właściwości materiału w tym projekcie można podzielić na trzy rodzaje:

1. Gradient właściwości wytworzony poprzez gradient domieszkowania – właściwości materiału zależą od koncentracji i rodzaju zastosowanej domieszki. Poprzez sterowanie zawartością domieszek w kolejnych warstwach elektrody możliwe jest dostosowanie właściwości katalitycznych, przewodności elektrycznej oraz współczynnika rozszerzalności cieplnej w poszczególnych warstwach, a tym samym uzyskanie optymalnych właściwości całej elektrody.
2. Gradient właściwości uzyskany poprzez wytrącanie nanocząstek z fazy stałej – metoda ta korzysta z nanotechnologii. Materiały w skali nano mają wyjątkowe właściwości, w szczególności z punktu widzenia katalizy reakcji chemicznych. Wytworzenie materiału o odpowiednich właściwościach elektrycznych, ale dodatkowo pokrytego warstwą nanocząstek o bardzo dobrych właściwościach katalitycznych prowadzi do uzyskania elektrody o optymalnych właściwościach. Wytrącaniem nanocząstek można sterować poprzez przyłożenie odpowiedniego potencjału elektrycznego, w związku z tym w tym przypadku także można wytworzyć materiał o gradiencie nanocząstek w poszczególnych jego warstwach.
3. Gradient uzyskany metodami łączonymi – to podejście polega na połączeniu podejścia pierwszego i drugiego tzn. będzie wykorzystywać gradient domieszkowania i nanocząstek.

PROJECT DESCRIPTION

Project *FunKeyCat* – Functional grading by Key doping in Catalytic electrodes for Proton Ceramic Cells aims at developing new functional electrode materials in which properties of the material are changing as a function of layer thickness. The project is realised as a common effort of scientists from four different institutions from three countries: University of Oslo and SINTEF in Norway, CSIC institute in Valencia in Spain and Gdańsk University of Technology. The leader of the whole project is Prof. Truls Norby from the University of Oslo, whilst the Polish contribution will be led by Dr. Sebastian Wachowski. The project will last for 3 years.

SIGNIFICANCE

The 21st century has brought new challenges for humankind to overcome. Globalization, growing industrialization of developing countries and increasing population are forcing us to meet the growing demand for electric energy and to fight an issue of increasing pollution and environment degradation. Renewable energy sources seem to be the right path to overcome these issues, however, most of the renewables are not available in time and place of the highest energy demand nor are they energy sources with stable, constant power output. A typical example for Poland would be the wind energy which is readily accessible in the Pomerania region located in the north, while the biggest energy consumption is generated by the southern regions. Moreover, the wind energy is not constant in day-, month- and year timescale and the strongest winds do not occur in the times of the highest demand.

Electrochemical devices and hydrogen technologies may come in handy while tackling this problem. Hydrogen, the lightest of elements, is a good carrier of chemical energy which can be converted into other forms: electric energy or heat. The conversion can be done by electrochemical cell – a device which can either transform chemical energy into electricity or otherwise – uses electric voltage to perform a chemical reaction. Example of the former is a fuel cell, which uses hydrogen as a fuel to produce electric energy, heat and steam. Steam electrolyser belongs to the latter type of devices – it uses steam and electric energy to produce separated oxygen and hydrogen gases. Electrolyser can be used to produce hydrogen in time and place where an excess of electric power is generated by the renewables. Then hydrogen can be transported and used in time and place where is needed. It can be used in a stationary mode – e.g. in power plants – or in a mobile vehicle – e.g. hydrogen car.

The biggest limitation for the use of the electrochemical devices is a lack of proper materials to construct them. This is the case especially for electrode materials, which must have a specific set of properties, e.g. high mixed ionic-electronic conductivity, high catalytic activity, resilience towards high-temperature corrosion, high mechanic durability and chemical stability and properly adjusted (to other elements of the device) thermal expansion coefficient. Optimizing all of these properties at once is often impossible as typically improving one property is deleterious to the other, which forces material engineers to compromise between several properties. *FunKeyCat* aims to bypass these obstacles by grading functionality of the material, which will cause different layers of the material to have different properties and serving different functions. Overall the whole material then can exhibit optimal properties for the electrodes.

THREE SCIENTIFIC ROUTES IN THE PROJECT

The approach to achieve the project goal can be divided into three main routes.

1. Functional gradient caused by doping gradient – properties of the material strongly depend on the type and concentration of the dopants. By designing material in such a way that different parts of the material are doped differently one can achieve a functional gradient.
2. Functional gradient by nanoparticles exsolution – this method is based on nanotechnology. Nanoparticles typically present superior catalytic activity, therefore by decorating the material with nanoparticles one can achieve a material with optimized properties. The electrode backbone will provide other properties such as thermal expansion or conductivity, while the exsolved particles will provide catalytic activity. It is also possible to manufacture electrode, which will have different concentration of nanoparticles in different parts, which will additionally cause a gradient in catalytic activity.
3. A combined route – this is a combination of functional gradient caused by doping gradient and exsolution. The combination of the two methods opens a plethora of possibilities for alteration of material properties.