



STOS OGNIW PEMFC Z ICHP

OD KONCEPCJI DO PROTOTYPU

M. SOSZKO, W. TOKARZ

SIEĆ BADAWCZA
ŁUKASIEWICZ



- Elektrochemia niskotemperaturowych ogniw paliwowych z membraną protonowymienną - PEMFC



Materiały powszechnie wykorzystywane w komercyjnych ogniwach PEM:

Anoda:

Pt/C ; PtRu/C, PtPdRu/C itd..

~0.02 mg Pt / cm²

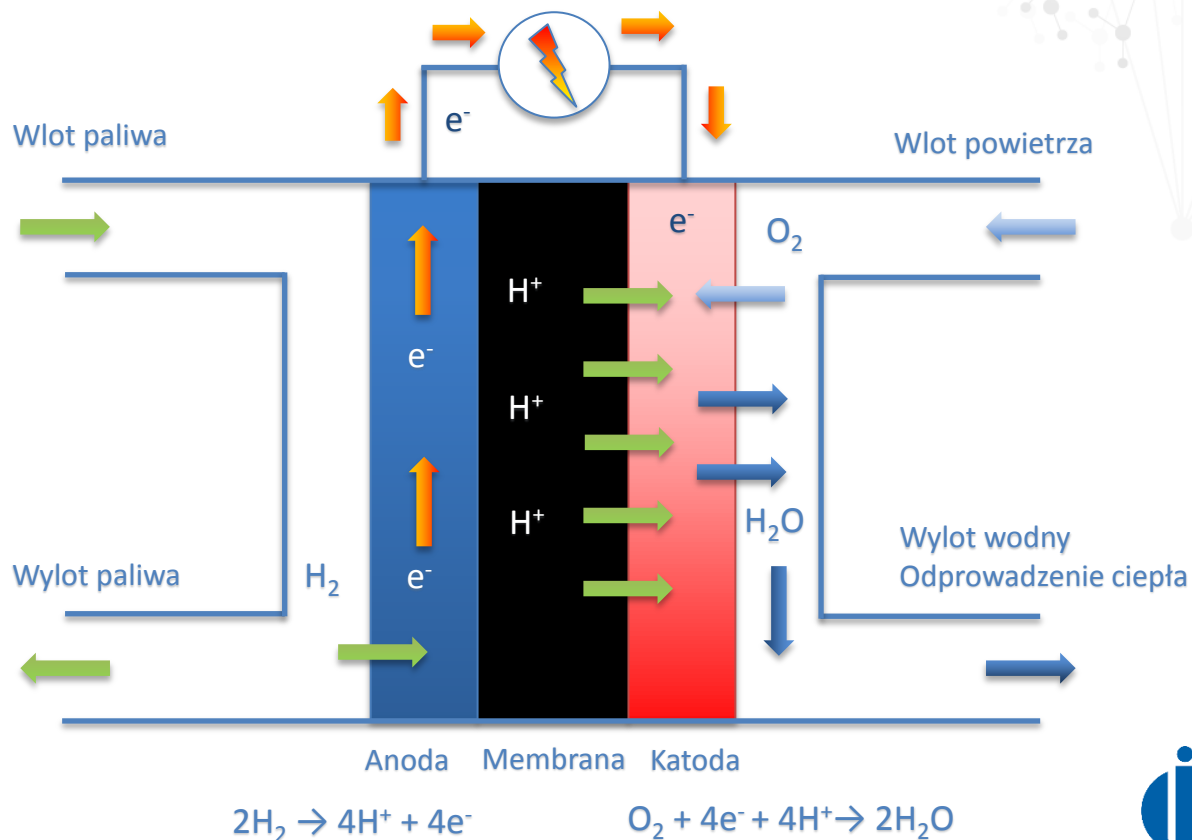
Katoda:

d-PtNi₃/C, PtCo/C (General Motors)

~ 0.1 mg Pt / cm²

C: Vulcan XC72, Grafen, MWCNT, SWCNT, HSC...

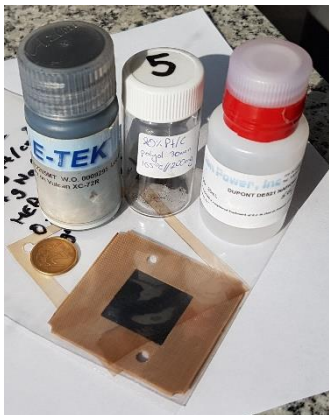
Barieri - utrata aktywności katalitycznej: zatrucie indywidualnymi węglowymi (CO) i związkami siarki, degradacja podłoża węglowego, aglomeracja nanocząstek Pt itd..



- Zespół membrana – elektrody (MEA) – serce ogniwa paliwowego

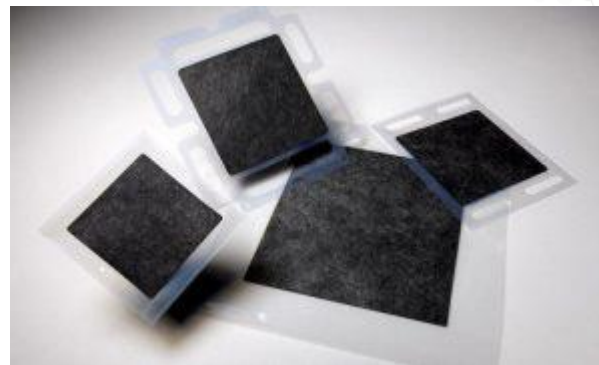


Układy wykonane w laboratorium



VS

Zestawy komercyjne



<https://www.esticastresearch.com/report/membrane-electrode-assembly-market/>

- Pole powierzchni aktywnej elektrody: **5 cm²**
- Technika: manualne przygotowanie tuszu katalitycznego + malowanie ręczne powierzchni membrany (**wymaga optymalizacji dla danego zestawu materiałów**).
- Materiały: **dowolny katalizator proszkowy zawierający Pt** (syntezowany w laboratorium / komercyjny), membrana Nafion 112 / 117, tkanina węglowa (GDL) – pełna dowolność;
- Akceptowalna powtarzalność (po optymalizacji). **Czasochłonna. Produkcja detaliczna.**

- Pole powierzchni aktywnej elektrody: **1 – 500+ cm²**
- Technika: **automatyczna aplikacja warstwy, zgrzewanie i sprasowanie.**
- Materiały: **mniejsza elastyczność w wyborze** katalizatora i jego ładunku wagowego na membranie (Pt/C, PtRu/C itd., zależnie od producenta), membrana Nafion 212 lub pokrewne; domieszkowane tkaniny węglowe.
- **Powtarzalność gwarantowana przez producenta. Dobrze zdefiniowane parametry.** Produkcja hurtowa.
- **Tajemnica handlowa producenta.**



- Konstrukcja pojedynczego ogniwa - HARDWARE



PEMFC HARDWARE

Stanowisko montażowe – pojedyncze ogniwo:

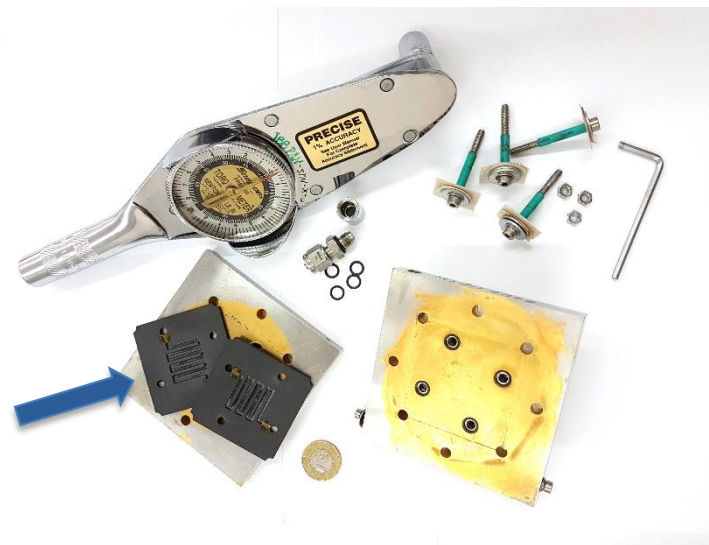
- Obudowa z wyprowadzeniem otworów gazowych / wodnych / grzewczych;
- Kolektor prądowy;
- Separator;
- **Płyta bipolarna;** ←
- Uszczelnienie;
- Pozostałe (śruby, kołnierz izolacyjny itp.)

Parametry kluczowe dla pracy ogniwa: ←

- Przepływ paliwa / powietrza
- Nawilżenie paliwa / powietrza
- Fizyczna kompresja MEA
- Ciśnienie w pojedynczej celi
- Gospodarka wodna (water management) wewnątrz ogniwa
- Przewodnictwo elektryczne



Fuel Cell Technologies Inc.



Płyta bipolarna;

- Rozprowadzenie gazów po powierzchni aktywnej MEA
- Odprowadzenie wody
- Kontakt elektryczny
- Stabilizacja mechaniczna ogniwa
- Stabilizacja termiczna ogniwa



Projekt i analiza

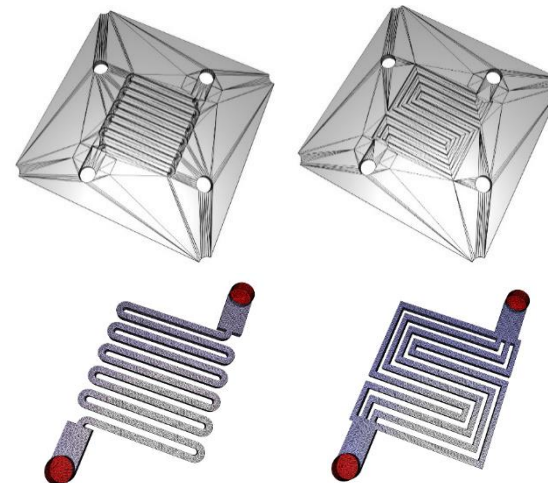
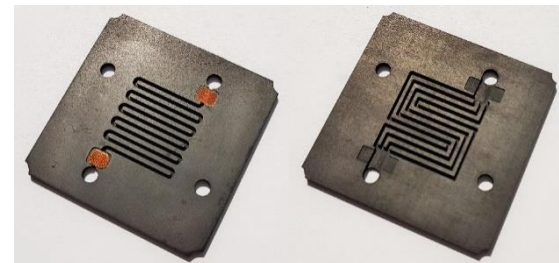
Symulacje CFD (*opensource*)

- OpenFOAM (transport masy w warunkach stacjonarnych)
- SALOME (projektowanie CAD, meshing)
- FreeCAD (projektowanie CAD)
- CAESES (komercyjny, projektowanie CAD + optymalizacja geometrii)



Optymalny kształt pola przepływowego

Wykonanie elementów (frezowanie CNC)



Płyta bipolarna;

- Rozprowadzenie gazów po powierzchni aktywnej MEA
- Odprowadzenie wody
- Kontakt elektryczny
- Stabilizacja mechaniczna ogniwa
- Stabilizacja termiczna ogniwa



Projekt i analiza

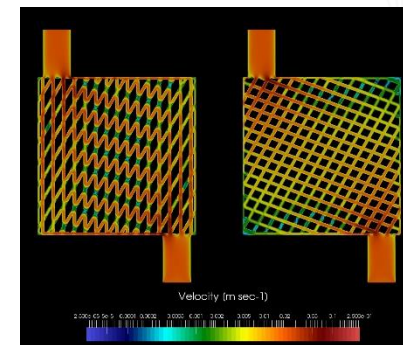
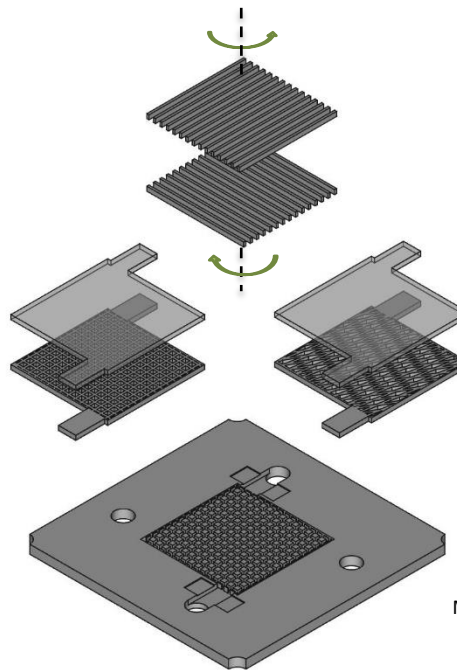
Symulacje CFD (*opensource*)

- OpenFOAM (transport masy w warunkach stacjonarnych)
- SALOME (projektowanie CAD, meshing)
- FreeCAD (projektowanie CAD)
- CAESES (komercyjny, projektowanie CAD + optymalizacja geometrii)



Optymalny kształt pola przepływowego

Wykonanie elementów (frezowanie CNC)



M. Soszko, W. Tokarz, publikacja w przygotowaniu

- Projekt stosu ogniw PEMFC pierwszej generacji



Charakterystyka stosu PEMFC:

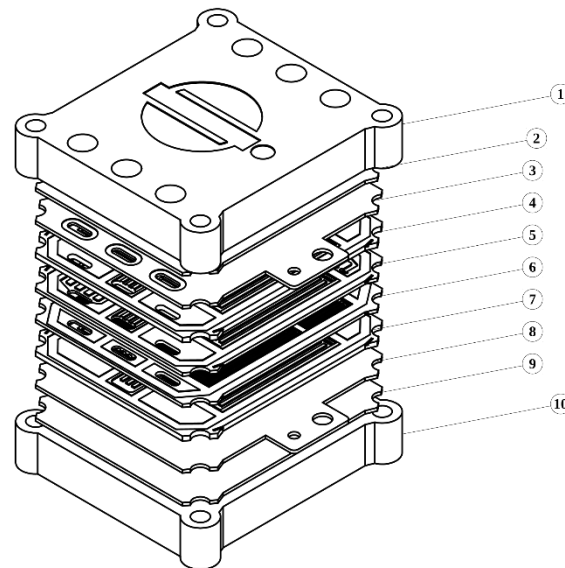
- Docelowa moc maksymalna stosu: **1 kW (n-ta generacja)**
- Powierzchnia aktywna pojedynczej celi – **100 cm²**
- Rodzaj MEA – komercyjna
- Chłodzenie wodne
- Pole przepływowe – serpentyzna wielokanałowa
- Uszczelnienie silikonowe
- **Płyty bipolarne - grafit**
- Projekt – własny

Do optymalizacji:

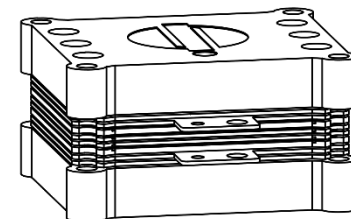
- Przepływ gazów
- Nawilżenie gazów
- Kompresja stosu

Do modyfikacji (II Generacja):

- Kanały wlotowe
- Uszczelnienie – geometria
- Zastosowanie pola przepływowego nowego typu



1. Płyta zewnętrzna z otworami
2. Separator z otworami
3. Kolektor prądowy z otworami
4. Płyta pomocnicza z otworami
- 5-6. Płyty bipolarne jednostronne
7. Płyta pomocnicza
8. Kolektor prądowy
9. Separator
10. Płyta zewnętrzna zamknięta



Charakterystyka stosu PEMFC:

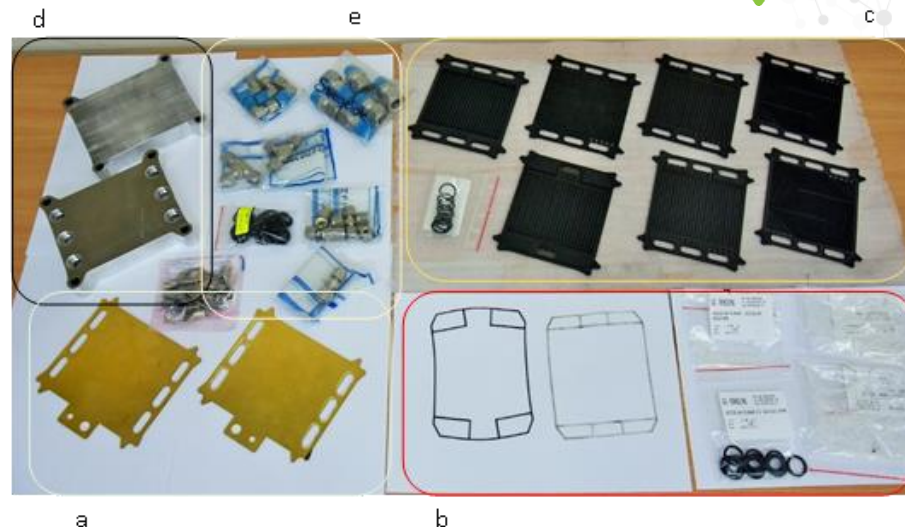
- Docelowa moc maksymalna stosu: **1 kW (n-ta generacja)**
- Powierzchnia aktywna pojedynczej celi – **100 cm²**
- Rodzaj MEA – komercyjna
- Chłodzenie wodne
- Pole przepływowe – serpentyzna wielokanałowa
- Uszczelnienie silikonowe
- **Płyty bipolarne - grafit**
- Projekt – własny

Do optymalizacji:

- Przepływ gazów
- Nawilżenie gazów
- Kompresja stosu

Do modyfikacji (II Generacja):

- Kanały wlotowe
- Uszczelnienie – geometria
- Zastosowanie pola przepływowego nowego typu



Elementy konstrukcyjne prototypowego stosu ogniw paliwowych:

[a] kolektory prądowe (wymiary zewnętrzne 140 mm x 125 mm),

[b] uszczelki;

[c] płyty grafitowe, w tym 2 typy płyt bipolarnych (jedno- i dwustronne) oraz płyty zewnętrzne (dummy plate) o wymiarach 140 mm x 125 mm;

[d] płyty końcowe (obudowa);

[e] złącza gazowe i wodne;

Elementy [a – d] powstały w oparciu o autorski projekt CAD, elementy [e] to części produkowane seryjnie.

Charakterystyka stosu PEMFC:

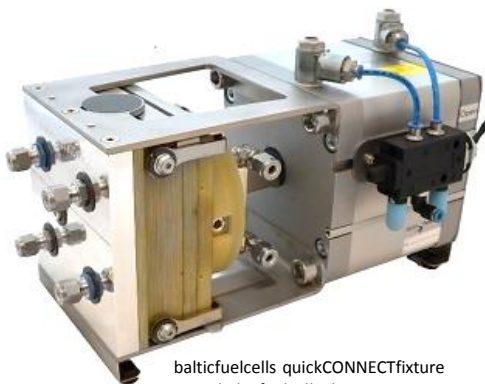
- Docelowa moc maksymalna stosu: **1 kW (n-ta generacja)**
- Powierzchnia aktywna pojedynczej celi – **100 cm²**
- Rodzaj MEA – komercyjna
- Chłodzenie wodne
- Pole przepływowe – serpentyzna wielokanałowa
- Uszczelnienie silikonowe
- **Płyty bipolarne - grafit**
- Projekt – własny

Do optymalizacji:

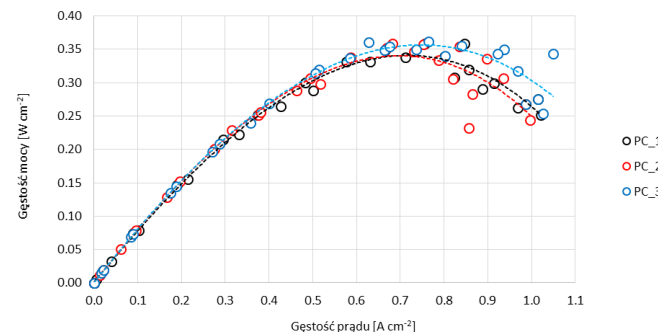
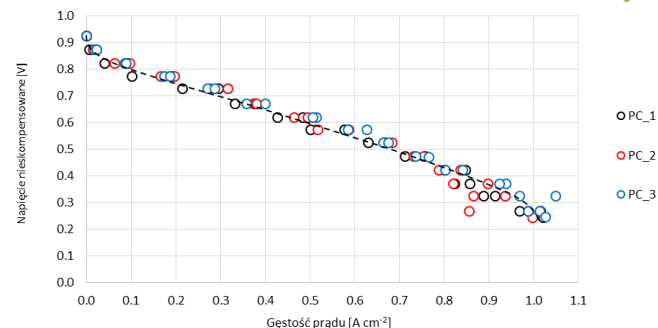
- Przepływ gazów
- Nawilżenie gazów
- Kompresja stosu

Do modyfikacji (II Generacja):

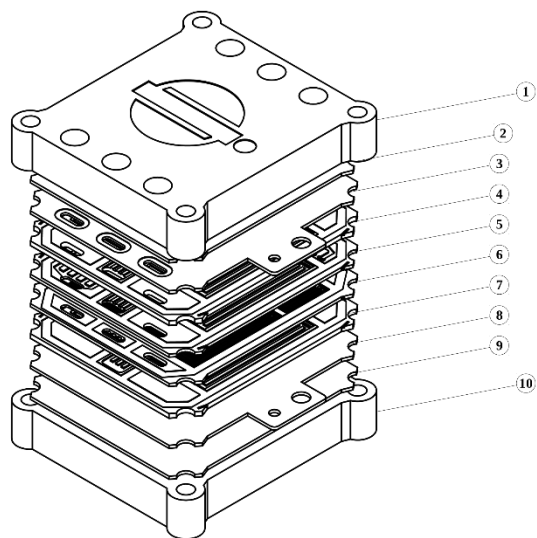
- Kanały wlotowe
- Uszczelnienie – geometria
- Zastosowanie pola przepływowego nowego typu



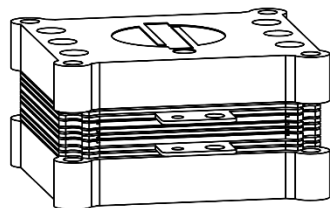
balticfuelcells quickCONNECTfixture
www.balticfuelcells.de



M. Soszko, W. Tokarz, publikacja w przygotowaniu



1. Płyta zewnętrzna z otworami
2. Separator z otworami
3. Kolektor prądowy z otworami
4. Płyta pomocnicza z otworami
- 5-6. Płyty bipolarne jednostronne
7. Płyta pomocnicza
8. Kolektor prądowy
9. Separator
10. Płyta zewnętrzna zamknięta





Mikroelektrociepłownia kogeneracyjna oparta o ogniwa paliwowe typu PEMFC - inhouse 1000-Biohydrogen pozyskana przy współpracy z **Inhouse Engineering**.

* 2016-2021 Biostrateg II NCBR

Innowacyjna instalacja produkująca wodór i metan metodą mikrobiologiczną z odpadów i produktów ubocznych przemysłu cukrowniczego wraz z zastosowaniami otrzymanych gazów i zapewnieniem samowystarczalności energetycznej oczyszczalni ścieków w cukrowni

Cele:

- Implementacja w Cukrowni stanowiska do mikrokogeneracji energii elektrycznej i ciepłej (μ CHP) wyposażonej w ogniwa paliwowe typu PEM zasilane biowodorem;
- Projekt i wykonanie stosu ogniw paliwowych z perspektywą zastosowania go w urządzeniach komercyjnych typu μ CHP;
- Projekt i wykonanie ogniw wyposażonych w pole przepływowe nowego typu;

Wybrane publikacje

- „Mitigation of catalysts degradation upon stopping work of polymer electrolyte membrane fuel cells for longer time” W. Tokarz, P. Piela, International Journal of Hydrogen Energy 41:15002-15006, 2016
- „The use of hydrogen-rich gas obtained from dark fermentation of molasses from sugar industry for fueling a fuel cell” P. Piela, W. Tokarz, W. Kazmierczak, A. Detman, A. Sikora, J. Piotrowski, Przemysł Chemiczny 95:993-999, 2016
- “Electrochemical Methods of Real Surface Area Determination of Noble Metal Electrodes – an Overview” M. Łukaszewski, M. Soszko, A. Czerwiński, International Journal of Electrochemical Science 11:4442-4469, 2016
- „Fuel cell testing of Pt-Ru catalysts supported on differently prepared and pretreated carbon nanotubes” W. Tokarz, G. Lota, E. Frackowiak, A. Czerwinski, P. Piela, Electrochimica Acta 98:94-103, 2013
- “Electrochemical characterization of the surface and methanol electrooxidation on Pt–Rh–Pd ternary alloys” M. Soszko, M. Łukaszewski, Z. Mianowska, A. Czerwiński, Journal of Power Sources 196:3513-3522, 2011

Zgłoszenia patentowe

- „Method for stabilizing heterogeneous catalyst containing metal-organic active site, involves treating metal complexes with organic ligands to obtain catalyst composite with conductive oligomer or polimer” T. Boinski, P. Piela, W. Tokarz, PL393649-A1
- „Method for stopping operation of fuel cell, involves stopping air supply to cathode gas space when anode gas space is created at ambient air atmosphere, and carrying out power generation/variable load partition process” W. Tokarz, P. Piela, PL414321-A1

Finansowanie (Wybrane projekty)

- 2016-2021 Biostrateg II NCBR (297310/13/2016)
„Innowacyjna instalacja produkująca wodór i metan metodą mikrobiologiczną z odpadów i produktów ubocznych przemysłu cukrowniczego wraz z zastosowaniami otrzymanych gazów i zapewnieniem samowystarczalności energetycznej oczyszczalni ścieków w cukrowni” Konsorcjum: IBB PAN, SBŁ-ICHIP, KSC Cukrownia Dobrzelin, IFJ PAN, Politechnika Łódzka
- 2012-2014 StackTest (FCH-JU GA 303445)
„Development of EU-wide uniform performance test schemes for PEM fuel cell stacks” Konsorcjum: Francja, Dania, Niemcy, Polska, Hiszpania, Belgia
- 2008-2011 PBR IV NCBR (N R05-0010-04/2008)
„Ogniwa paliwowe z elektrolitem polimerowym wykorzystujące bezplatynowe elektrokatalizatory nowej generacji” SBŁ-ICHIP
- 2005-2008 MNiSW (3 T09B 055 29)
„Study of the Mechanism of Nitric Oxide Electroreduction on the Solid Electrodes in the Aspect of Hydroxylamine Generation in a Fuel Cell” Wydział Chemii UW, SBŁ-ICHIP
- 2000-2003 KBN, Konkurs 18 (3 T09A 046 18)
„Synteza nadtlenu wodoru w ogniwie paliwowym” SBŁ-ICHIP
- 1995 – 2005 Finansowanie Statutowe ICHP
Wsparcie finansowe ICHP w początkach działalności Zespołu





Zespół Elektrochemii

Dr Michał Soszko

michal.soszko@ichp.pl;

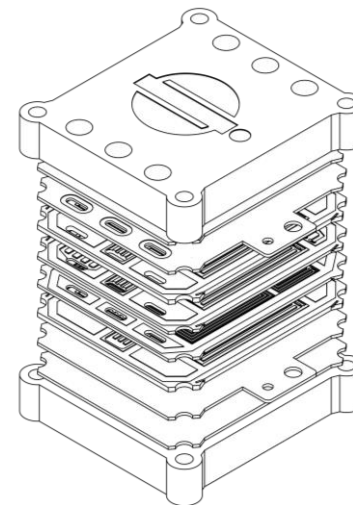
+48 22 568 24 47

Dr inż. Wojciech Tokarz

wojciech.tokarz@ichp.pl;

+48 22 568 29 08

Zapraszamy do współpracy



An abstract graphic on the left side of the slide, featuring a complex network of white dots of varying sizes connected by thin white lines. The network is set against a dark blue background with faint, glowing blue arcs and a bright light source on the left, creating a sense of depth and connectivity.

DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ

SIEĆ BADAWCZA 
ŁUKASIEWICZ