

### Tematyka badań

#### **Rozwój nowych materiałów do ogniw i modułów fotowoltaicznych** (Prof. dr hab. inż. Paweł Zięba)

Prowadzone są badania nad opracowaniem mieszanych perowskitów halogenkowych do zastosowania w strukturach ogniw jednozłączowych i ogniw tandemowych o wysokiej sprawności konwersji energii słonecznej w energię elektryczną oraz stabilności. Badania te mają w dalszej perspektywie umożliwić opracowanie alternatywnej technologii wytwarzania ogniw dla obecnej opartej na krzemie krystalicznym. Prowadzone są badania nad tlenkami metali do konstrukcji struktury ogniw słonecznych jako warstw mogących pełnić rolę warstw pasywujących, antyrefleksyjnych, izolujących, tunelujących, cienkich warstw przewodzących czy warstw tworzących heterostruktury o różnym typie przewodnictwa.

Prowadzone są prace nad nanostrukturami krzemowymi mające na celu uzupełnienie klasycznej teksturyzacji powierzchni krzemu oraz ich wykorzystanie jako porowate podłoże dla warstw perowskitowych w ogniwach tandemowych.

Prowadzone są prace nad procesami hermetyzacji modułów. Prace dotyczą układów oraz materiałów innych niż obecnie stosowane w przypadku ogniw krzemowych tj. szkła i kopolimeru EVA.

[Prezentacja Laboratorium Fotowoltaicznego IMIM PAN - 2016 \(P.Zieba, K.Drabczyk\)](#)

#### **Granica rozdziału w połączeniach uzyskanych z wykorzystaniem energii wybuchu** (*J. Wojewoda-Budka*)

Celem naukowym prowadzonych badań jest szczegółowa charakterystyka wpływu procesu zgrzewania wybuchowego na granicę rozdziału Inconel 625/Ti Gr. 5. Połączenie pomiędzy tymi stopami jest charakteryzowane technikami mikroskopii elektronowej (skaningowej oraz transmisyjnej) w mikro i nano skali. Ponieważ proces zgrzewania wybuchowego ma znaczący wpływ na mikrostrukturę łączonych materiałów w obszarze powstałego połączenia, również w przypadku tej konkretnej pary materiałów, można spodziewać się obecności cienkiej warstwy bezpostaciowej lub fazy międzymetalicznej. Obecność kruchych faz międzymetalicznych jest

wysoce niepożądana. W związku z tym badania obejmujące szczegółową charakterystykę mikrostrukturalną złącza mają na celu opracowanie parametrów zgrzewania wybuchowego lub modyfikacji procesu, które ograniczą do minimum powstawanie niepożądanych, nowych produktów reakcji na granicy rozdziału. Ponadto otrzymane połączenia poddawane są wyżarzaniu, w celu obserwacji ewolucji mikrostruktury materiałów łączonych w pobliżu strefy rozdziału, zmian składu chemicznego wynikającego z aktywowanych procesów dyfuzyjnych i wzrostu faz międzymetalicznych w obszarze złącza. Temperatura wyżarzania determinująca szybkość dyfuzji wpływa na rodzaj i ilość wytworzonych faz międzymetalicznych lub rozrost jednych faz międzymetalicznych kosztem innych.

Przeprowadzone badania pozwolą na określenie wpływu ekstremalnych warunków ciśnienia i lokalnie temperatury na jakość uzyskanego połączenia, jego mikrostrukturę i właściwości mechaniczne.

### **Rozwój spektroskopowych i dyfrakcyjnych metod analitycznych w dwuwiązkowym skaningowym mikroskopie elektronowym** *(prof. dr hab. inż. Marek Faryna)*

Prowadzone są badania mające na celu poszerzenie możliwości badawczych poprzez rozwój zaawansowanych metod analitycznych w wysokorozdzielczym skaningowym mikroskopie elektronowym bazujących na spektrometrii promieniowania rentgenowskiego i dyfrakcji elektronów wstecznie rozproszonych ze szczególnym uwzględnieniem badań „in-situ”.

Efektom docelowym ma być:

- poprawa efektywności procesu pomiarowego zarówno w zakresie spektrometrii dyspersji energii, jak i dyspersji długości fali promieniowania rentgenowskiego,
- poszerzenie granicy fizycznej i efektywnej zdolności rozdzielczej dla dyfrakcji elektronów wstecznie rozproszonych poprzez transmisyjną dyfrakcję Kikuchiego (TKD),
- rozwój techniki in-situ bazującej na wysokotemperaturowym stoliku grzewczym do badań przemian fazowych.

### **Określenie roli inwersyjnych błędów ułożenia na reorientację wariantów martenzytu w stopach Ni-Mn-Ga** *(dr hab. inż. Robert Chulist, Prof. PAN)*

Podstawowym celem podjętych badań jest wyznaczenie rzeczywistej struktury krystalicznej stopów Heusler'a o pięciokrotnej oraz siedmiokrotnej modulacji oraz określenie jej wpływu na niezwykle wysoką mobilność granic bliźniaczych. Modulacja, jako periodyczne lub częściowo

periodyczne zaburzeń sieci krystalicznej może mieć decydujący wpływ na bardzo niski poziom naprężenia bliźniakowania oraz na magnetycznie indukowane odkształcenie w monokrystalicznych stopach Ni Mn Ga. W tym kontekście zostanie zbadany wpływ inwersyjnych błędów ułożenia (tzw. granic a-b) na reorientację wariantów martenzytu. Do tego celu zostanie użyta dyfrakcja wysokoenergetycznego promieniowania synchrotronowego (płaska sfera Ewalda) oraz dwuwymiarowy detektor umożliwiający skanowanie sieci odwrotnej w trybie transmisyjnym. Dodatkowo celem precyzyjnego odwzorowania najmniejszych elementów mikrostruktury stopów modulowanych Ni-Mn-Ga zostanie stworzone dedykowane oprogramowanie pozwalające na odróżnienie subtelnych zmian w obrazach dyfrakcyjnych elektronów wstecznie rozproszonych (ang. elektron backscatter diffraction EBSD) zarówno w trybie odbiciowym jak i transmisyjnym. Jest to szczególnie istotne z uwagi na skomplikowaną oraz modulowaną strukturę krystaliczną badanego stopu.

### **Projekty badawcze** (rozpoczęte lub zakończone od 2014 roku)

#### Projekty MNiSW

-

Dr inż. Robert Chulist - *Wpływ modyfikacji strukturalnej stopów Ni-Mn-Ga na zakres temperaturowy występowania efekty magnetycznej pamięci* kształtu, luventus+ nr 0063/IP2/2015/73, kierownik 2015-2017

-

Prof. dr hab. inż. Paweł Zięba, *Organizacja Krajowej Konferencji Nauki i Przemysłu "Fotowoltaika 2020" oraz opracowanie "Białej Księgi Innowacji w Fotowoltaice Polskiej"*, Projekt DIALOG, Nr 0013/DLG/2017/10, (2017-2018)

-

Prof. dr hab. inż. Paweł Zięba, *Organizacja II Krajowej Konferencji Nauki i Przemysłu "Fotowoltaika 2025"*, Projekt DIALOG, Nr 0076/2019,

(2020-2021)

Projekty Narodowego Centrum Nauki

-

Prof. dr hab. inż. Paweł Zięba - *Przemiany fazowe w osnowie i na granicach międzyfazowych wymuszone przez intensywne odkształcenie plastyczne* . Projekt międzynarodowy niewspółfinansowany Nr 2011/01/M/ST8/07822, IMIM PAN, kierownik, 2011-2014

-

Dr hab. M. Lipiński, Prof. PAN - *Badanie wpływu nanocząstek metali i półprzewodników na właściwości optoelektroniczne materiałów kompozytowych* . Projekt OPUS nr 2012/05/B/ST8/00087, IMIM PAN, kierownik, 2012-2016

-

Prof. dr hab. inż. Marek Faryna - *Dyfrakcja elektronów wstecznie rozproszonych jako narzędzie badawcze do analizy rozkładu granic ziaren w przestrzeni trójwymiarowej* . Projekt OPUS nr 2012/05/B/ST8/00117 - IMIM PAN, kierownik 2013-2016

-

Mgr inż. Grażyna Kulesza - *Dobór i szczegółowa analiza warunków kierunkowej teksturyzacji powierzchni fotowoltaicznego krzemu krystalicznego w celu poprawy własności optoelektronicznych* h. Projekt PRELUDIUM nr 2013/09/N/ST8/04165, IMIM PAN, kierownik, 2014-2016

-

Mgr inż. Zbigniew Starowicz - *Wpływ parametrów procesu fotochemicznego osadzania*

*nanocząstek metali na podłożu dwutlenku tytanu na właściwości plazmoneczne otrzymanych nanostruktur, Projekt PRELUDIUM nr 2014/13/N/ST8/00858, kierownik 2015-2017*

-

*Prof. dr hab. inż. Paweł Zięba - Analiza czynników prowadzących do uzyskania stanu stacjonarnego w stopach miedzi poddanych skręcaniu pod wysokim ciśnieniem. Projekt OPUS Nr 2014/13/B/ST8/04247, IMIM Pan, kierownik, 2015-2018*

-

*Dr inż. Robert Chulist - Zaawansowane badania wpływu rzeczywistej struktury na efekt kaloryczny wykorzystujący zjawisko pseudosprężystości w stopach z pamięcią kształtu na bazie Fe, Projekt SONATA nr 2014/13/D/ST8/03108, kierownik, 2015-2018*

-

*Dr hab. Joanna Wojewoda-Budka, prof. PAN - Tworzenie warstwowej struktury periodycznej w wyniku reakcji w stanie stałym w układach Mg/SiO*

*<sup>2</sup>  
, Zn/Co*

*<sup>2</sup>  
Si oraz Zn/Ni*

*<sup>3</sup>  
S*

*i, Projekt OPUS nr 2014/15/B/ST8/00195, kierownik, 2015-2019.*

-

*Prof. dr hab. inż. Marek Faryna - Wpływ rozkładu orientacji granic ziaren na przewodnictwo jonowe w tworzywach na bazie dwutlenku cyrkonu . Projekt OPUS nr 2017/27/B/ST8/00143, (2018-2021)*

-

*Dr hab. inż. Robert Chulist, Prof. PAN - Adaptacyjne struktury martenzytyczne - wpływ modulacji oraz inwersyjnych błędów ułożenia na strukturę krystaliczną oraz efekt magnetycznie indukowanego odkształcenia , Projekt OPUS, nr 2017/25/B/ST8/02524, (2018-2021)*

-

Prof. dr hab. inż. Paweł Zięba, *Transport masy w przemianach fazowych na migrujących granicach wydzieleni nieciągłych-eksperyment vs. modelowanie*  
Projekt OPUS Nr 2017/25/B/ST8/02198, (2018-2021)

-

Dr hab. inż. Robert Chulist, Prof. PAN, *Krystalograficzno-fenomenologiczny model termosprężystej przemiany martenzytycznej dla stopów Heuslera*  
, Projekt OPUS nr 2018/29/B/ST8/02343, (2019-2022)

-

Dr hab. Lipiński, Prof. PAN, *Otrzymywanie i charakterystyka nowych materiałów do perowskitowych ogniw słonecznych*  
, Projekt OPUS nr 2018/31/B/ST8/03294, (2019 -2022)

#### Projekty NCBiR-Narodowe Centrum Badań i Rozwoju

-

Prof. dr hab. inż. Paweł Zięba - Lider WP1, dr Piotr Panek - task manager, Polsko-Norweska współpraca badawcza (Nr POL-NOR/199380/89/2014)- *In-line processing of n+/p and p/p+ junction systems for cheap photovoltaic module production*  
, 2014 - 2016.

-

Prof. dr hab. inż. Paweł Zięba, *Fotowolaticzne nadwozie samochodowe izotermiczne i chłodnicze (WOLTER), GEKON II-generator koncepcji ekologicznych*  
, nr POL-NOR/199380/89/2014, kierownik w IMIM PAN, 2015-2017.

-

Prof. dr hab. inż. Waldemar Wołczyński - *Opracowanie metalurgicznej metody eliminacji cząstek twardych z mosiądzów w procesie odlewania ciągłego- CASTBRASS*, PBS3/A5/52/2015, kierownik w IMIM PAN, 2015-2017.

-

Prof. dr hab. inż. Waldemar Wołczyński - *Opracowanie innowacyjnej metody koagulacji, redukcji i krystalizacji miedzi w żużlach poprocesowych- AWB1*, PBS3/A5/45/2015, 2015-2017.

-

Dr hab. Piotr Panek, prof. PAN - *Opracowanie technologii wytwarzania materiałów funkcjonalnych do zastosowań w bezkrzemowych ogniwach fotowoltaicznych*, Projekt w programie TECHMATSTRATEG II, nr 2/409122/3/NCBR/2019. 2019 - 2021

-

Dr inż. Kazimierz Drabczyk - *Innowacyjne elastyczne pokrycie fotowoltaiczne- EPF, GEKON II-generator koncepcji ekologicznych*, kierownik w IMIM PAN, 2016-2018.

### Fundusze Strukturalne

-

Dr inż. Robert Chulist, Fundacja na Rzecz Nauki Polskiej - *Zaawansowane badania wpływu rzeczywistej struktury monokryształów Ni-Mn-Ga na efekt magnetycznie indukowanego odkształcenia*, Homing Plus/2013-8/3, IMIM PAN, kierownik (2014-2015)

-

Dr hab. inż. Kazimierz Drabczyk, Prof. PAN *Samoczyszczące, wydajne panele fotowoltaiczne na podłożu elastycznym zintegrowane z ekranem akustycznym i inteligentnym systemem monitorowania*, POIR.04.01-00-001/17 w ramach przedsięwzięcia BRIK, (2018 - 2021).

### Współpraca dwustronna z zagranicą

-

M. Faryna - *Microstructural investigations of advanced ceramics, joinings of ceramics and ceramic composites*, Department of Materials Science and Engineering, Anadolu University, Eskisehir, Turkey, 2014-2016.

-

P. Zieba - *Influence of nanosized additives on the physical and mechanical properties of the bulk materials and coatings*, Space Research and Technology Institute of Bulgarian Academy of Sciences, Bulgaria, 2015-2017.

-

Z. Świątek - *Microstructure and physical/chemical properties of electrolytic Zn-Mo layers*, Pidstryhach Institute for Applied Problems of Mechanics and Mathematics, National Academy of Sciences, Ukraine, 2015-2017.

-

Z. Świątek - *Properties of HgCdTe heterostructures and their modification under ion implantation*, Pidstryhach Institute for Applied Problems of Mechanics and Mathematics, National Academy of Sciences, Ukraine, 2018-2020

-

J. Wojewoda-Budka - *"Wettability and reactivity of lead free solders with electroless plated Ni-P and Ni-P-X layers (X - various metal additives) for surface mounting technology in the*



*electronics industry* ", Institute of Condensed Matter Chemistry and Technologies for Energy, National Research Council, Genoa, Italy, 2017-2022.

## Prace doktorskie

### Zakończone:

2007 - **Joanna Wojewoda Budka**, *Charakterystyka zjawisk na granicach międzyfazowych spoin otrzymanych w wyniku lutowania dyfuzyjnego miedzi stopami indu*  
- z wyróżnieniem RN IMIM PAN, (promotor: prof. dr hab. inż. Paweł Zięba)

2007 - **Roman Major**, *Optymalizacja struktury składu fazowego biomateriałów na podłożu, tytanu i poliuretanu*  
- z wyróżnieniem IMIM PAN, (promotor: prof. dr hab. inż. Andrzej Pawłowski)

2011 - **Anna Maria Janus**, *Morfologia hydroksyapatytu pochodzenia naturalnego w jego zastosowaniach biologicznych*  
(promotor: doc. dr hab. inż. Marek Faryna)

2012 - **Przemysław Skrzyniarz**, *Charakterystyka mikrostrukturalna i kinetyczna spoin Ag/X/Ag (X=Sn, In, Sn-In) otrzymanych w wyniku lutowania dyfuzyjnego*  
(promotor: prof. dr hab. inż. Paweł Zięba)

2013 - **Katarzyna Berent**, *Wpływ orientacji krystalograficznej na wyniki badań mikroanalizy rentgenowskiej w skaningowym mikroskopie elektronowym*  
(promotor: doc. dr hab. inż. Marek Faryna)

2014 - **Grażyna Kulesza** - *Wpływ kwasowej i alkalicznej teksturyzacji powierzchni na podstawowe parametry opto-elektroniczne krzemowych ogniw słonecznych*  
(promotor: prof. P. Zięba; promotor pomocniczy: dr Piotr Panek).

2014 - **Bobrowski Piotr** - *Zastosowanie trójwymiarowej mikroskopii orientacji do analizy mikrostrukturalnej*  
(promotor: prof. M. Faryna; promotor pomocniczy: dr inż. Anna Sypień).

2015 - **Zbigniew Starowicz** - *Badanie kwantowych nanostruktur półprzewodnikowych i struktur plazmonicznych do zastosowań w fotowoltaice*  
(promotor: dr hab. M. Lipiński, prof. PAN; promotor pomocniczy: dr inż. Kazimierz Drabczyk).

2015 - **Jakub Cichoszewski** - *Trawienie chemiczne ze wspomaganie metalu do zastosowania w ogniwach słonecznych*  
(promotor: dr hab. M. Lipiński, prof. PAN).

2017 - **Dagmara Fronczek** - *Charakterystyka mikrostrukturalna i kinetyczna zjawisk zachodzących na powierzchni połączenia platerów wytwarzanych z użyciem energii wybuchu*  
(opiekun: dr hab. Joanna Wojewoda-Budka, prof. PAN; opiekun pomocniczy: dr hab. inż. Robert Chulist, prof. PAN)

2019- **Mgr Katarzyna Gawlińska-Nęcek** - *Otrzymywanie i badanie właściwości struktur fotowoltaicznych opartych na perowskitach*  
(opiekun: dr hab. Marek Lipinski, prof. PAN; opiekun pomocniczy: dr inż. Grażyna Kulesza-Matlak)

Realizowane

**Piotr Sobik** - Opracowanie technologii wytwarzania modułów fotowoltaicznych z zastosowaniem wspomaganie luminescencyjnego oraz wdrożenie technologii tej w zakładzie produkcyjnym partnera (opiekun: dr hab. inż. Kazimierz Drabczyk, prof. PAN, opiekun pomocniczy: Dr inż. Grażyna Kulesza-Matlak, opiekun z firmy Helioenergia: Olgierd Jeremiasz - doktorat wdrożeniowy realizowany we współpracy z Helioenergia

**Agnieszka Pająk**: Opracowanie i zbadanie własności materiałów HTM dla perowskitowych ogniw słonecznych. Dwóch opiekunów: dr hab. Marek Lipiński, prof. PAN i Prof. dr hab. inż. Ewa Schab-Balcerzak, Zakład Chemii Polimerów Instytutu Chemii, Wydział Matematyki, Fizyki i Chemii, Uniwersytet Śląski w Katowicach

**Monika Czerny**, The effect of crystallographic orientation and the size and type of precipitation on the superelastic effect in iron- based memory shape alloys, (opiekun dr hab. inż. Robert Chulist)-doktorat w ramach Międzynarodowych interdyscyplinarnych studiów doktoranckich z zakresu nauk o materiałach z wykładowym językiem angielskim, WND-POWR.03.02.00-00-1043/16

**Izabella Kwiecień** - „Diffusion phenomena at the interface zone of Al1050/Ni201 explosively welded clads”, doktorat realizowany w ramach projektu POWER (opiekun: dr hab. Joanna Wojewoda-Budka, prof. PAN; opiekun pomocniczy: dr inż. Piotr Bobrowski)

**Marcin Szmul** - „Nowe technologie spawania materiałów platerowanych używanych w produkcji aparatury procesowej”, doktorat wdrożeniowy realizowany we współpracy IMIM PAN z FAMET SA (opiekun: dr hab. Joanna Wojewoda-Budka, prof. PAN; opiekun pomocniczy: dr inż. Katarzyna Stan-Głowińska, opiekun z firmy FAMET SA: Andrzej Chudzio - Główny Spawalnik)