

Sprawozdanie z udziału
w
I Kongresie Energetyki Rozproszonej
oraz
Konferencji Naukowej Energetyki Rozproszonej

w
Akademii Górniczo-Hutniczej im. St. Staszica
Krakowie
25-26. 09. 2023

W ramach ministerialnego projektu "Nauka dla Społeczeństwa" realizowanego w Akademii Górniczo-Hutniczej wykonawcy wzięli udział w Kongresie Energetyki Rozproszonej

Szanowni Państwo,

W ostatnim czasie transformacja energetyczna z postulatu dotyczącego bliżej nieokreślonej przyszłości przeistoczyła się w element naszego „tu i teraz”. Z satysfakcją stwierdzam, że wydarzenia poświęcone tej tematyce, organizowane od kilku lat przez Akademię Górniczo-Hutniczą, przyczyniły się do intensyfikacji tego procesu. Kongres Energetyki Rozproszonej jest przedsięwzięciem, które jeszcze mocniej wspiera to, co w tej kwestii najistotniejsze – współpracę wielu środowisk w celu znalezienia najlepszych rozwiązań i wypracowania wspólnych rekomendacji dla branży.

Unikatowy charakter Kongresu wyraża się w połączeniu sprawdzonej formuły Forum Energetyki Rozproszonej z nastawioną na praktyczne aspekty nowej energetyki konferencją naukową. Umożliwi to jeszcze efektywniejsze współdziałanie głównych interesariuszy transformacji – środowisk gospodarczych, naukowych oraz administracji centralnej i samorządowej.

Jestem przekonany, że dwudniowe krakowskie zgromadzenie przedstawicieli branży będzie obfitowało w wartościowe spotkania i merytoryczne dyskusje, których konkluzje będą miały wpływ na kierunek polskich przemian energetycznych.

Do zobaczenia w Krakowie!

Prof. dr hab. inż. Jerzy Lis
Rektor Akademii Górniczo-Hutniczej



Wyróżnikiem Kongresu jest koncentracja na lokalnym wymiarze transformacji energetycznej. W tym aspekcie KER kontynuuje kierunek wytyczony przez Forum Energetyki Rozproszonej, którego pięć edycji odbyło się w ostatnich latach w ramach projektu „Rozwój energetyki rozproszonej w klastrach energii” (KlastER) finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (program GOSPOSTRATEG).

Unikatowy charakter Kongresu wyraża się w połączeniu sprawdzonej formuły Forum Energetyki Rozproszonej z odbywającą się trzeciego dnia konferencją naukową. Umożliwi to jeszcze efektywniejszą współpracę głównych interesariuszy transformacji – środowisk gospodarczych, naukowych oraz administracji centralnej i samorządowej. W pierwszym dniu KER (24.09) odbędą się tutoriale tematyczne dotyczące zagadnień związanych z energetyką rozproszoną i OZE.

Ważną cechą KER jest – wypracowane podczas dotychczasowych Forów Energetyki Rozproszonej – zaangażowanie wiodących organizacji branżowych związanych z rozwijaniem lokalnych inicjatyw energetycznych i wdrażaniem technologii OZE. Daje to gwarancję, że debata podczas Kongresu skoncentruje się na diagnozie realnych problemów branży i praktycznych rekomendacjach co do dróg ich pokonywania.

Istotnym tematem obrad podczas KER będą również uwarunkowania transformacji energetycznej występujące w miastach i gminach wiejskich. Ważną rolę w tym procesie odegrają samorządy lokalne i regionalne, których reprezentanci zostaną zaproszeni do obrad.

Zakres tematyczny KER obejmować będzie problemy i wyzwania kluczowe dla przyszłości polskiej transformacji energetycznej. Rada Programowa Kongresu, składająca się z wiodących ekspertów ze świata biznesu, nauki i administracji, zagwarantuje wysoki poziom merytoryczny debaty oraz trafny dobór tematów.

Kontakt



Akademia Górniczo-Hutnicza
im. Stanisława Staszica w Krakowie
aleja Adama Mickiewicza 30, 30-059 Kraków



kongres-er@agh.edu.pl



Wydarzenie jest jednym z efektów projektu „Rozwój energetyki rozproszonej w klastrach energii (KlastER)” w latach 2019–2022 współfinansowanego ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju (Program GOSPOSTRATEG)



Prof. dr hab. inż. Zbigniew Kąkol
Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica
Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

tel: 607 455 457
e-mail: s4s@agh.edu.pl
[www: s4s.agh.edu.pl](http://www.s4s.agh.edu.pl)

Partnerzy Strategiczni:

Alseva

Huawei

Orlen SA

Tauron Dystrybucja

Partnerzy Główni:

Agencja Rozwoju Przemysłu SA

Biogas System SA

Elsta

Geotermia Polska

Grupa Energynat

Hitachi Energy

Miasto Kraków

Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

Polski Fundusz Rozwoju

SMA Solar Technology

Województwo Małopolskie

Partnerzy:

Boryszew Energy

ESV Grupa Kapitałowa

Górnośląsko-Zagłębiowska Metropolia

Innovation AG

Krakowski Holding Komunalny SA

Phoenix Systems

Polskie Stowarzyszenie Energetyki Wiatrowej

Transition Technologies Systems

Patroni Honorowi:

Minister Edukacji i Nauki

Ministerstwo Klimatu i Środowiska

Ministerstwo Rozwoju i Technologii

Urząd Regulacji Energetyki

Narodowe Centrum Badań i Rozwoju

Polskie Towarzystwo Przesyłu i Rozdziału Energii Elektrycznej

Instytut Energetyki

Komitet Elektrotechniki Polskiej Akademii Nauk

Komitet Problemów Energetyki Polskiej Akademii Nauk

Związek Miast Polskich

Związek Województw Rzeczypospolitej Polskiej

Obserwatorium Transformacji Energetycznej

Marszałek Województwa Małopolskiego Witold Kozłowski

Prezydent Miasta Krakowa Jacek Majchrowski

Partnerzy Merytoryczni

Forum Odbiorców Energii Elektrycznej i Gazu

Izba Energetyki Przemysłowej i Odbiorców Energii

Izba Gospodarcza Ciepłownictwo Polskie

Izba Gospodarcza Energetyki i Ochrony Środowiska

Krajowa Izba Gospodarcza Elektroniki i Telekomunikacji

Krajowa Izba Klastrow Energii i Odnawialnych Źródeł Energii

Małopolska Regionalna Grupa ds. Rozwoju Technologii Wodorowych

Narodowe Centrum Badań Jądrowych

Obserwatorium Transformacji Energetycznej

Polska Organizacja Rozwoju Technologii Pomp Ciepła

Polskie Stowarzyszenie Energetyki Wiatrowej

Polskie Stowarzyszenie Geotermiczne

Polskie Stowarzyszenie Magazynowania Energii

Stowarzyszenie na rzecz efektywności im. prof. Krzysztofa Żmijewskiego

Stowarzyszenie Producentów i Importerów Urządzeń Grzewczych

Towarzystwo Rozwoju Małych Elektrowni Wodnych

Unia Producentów i Pracodawców Przemysłu Biogazowego i Biometanowego

I Konferencja Naukowa Energetyki Rozproszonej
www.KNER2023.agh.edu.pl 26.09.2023, Kraków



Badania właściwości generacyjnych cienkowarstwowych systemów fotowoltaicznych w warunkach klimatycznych Krakowa i okolic

Autorzy:
dr hab. inż. Konstanty Marszałek, prof. AGH
dr inż. Katarzyna Dyndał

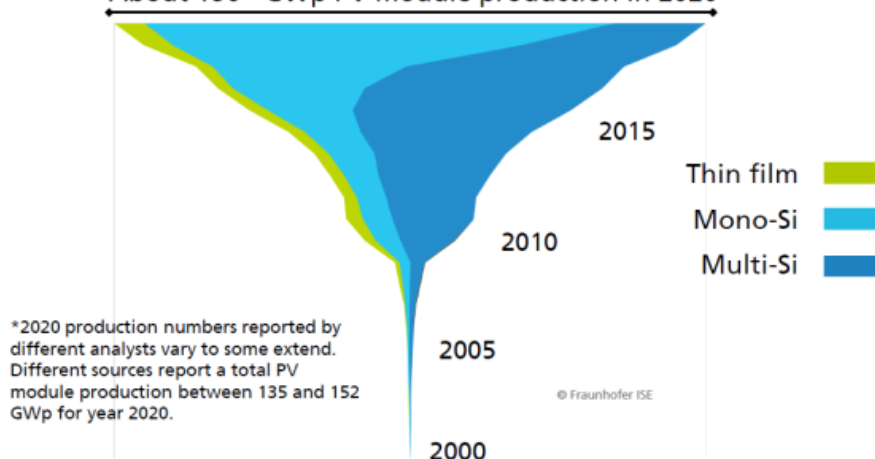
Afiliacja:
AGH Akademia Górniczo-Hutnicza
WIEiT, Instytut Elektroniki
LABORATORIUM FOTOWOLTAICZNE

Sesja 2C – Magazynowanie i konwersja energii cz.1, 26 września 2023

I Konferencja Naukowa Energetyki Rozproszonej
www.KNER2023.agh.edu.pl 26.09.2023, Kraków



About 150* GWp PV module production in 2020



Sesja 2C – Magazynowanie i konwersja energii cz.1, 26 września 2023

I Konferencja Naukowa Energetyki Rozproszonej
www.KNER2023.agh.edu.pl 26.09.2023, Kraków 



2018 Intersolar Monachium
Monokryształy Si **460 cm**
Cena za 1Wp **0,1 EUR**

Sesja 2C – Magazynowanie i konwersja energii cz.1, 26 września 2023

I Konferencja Naukowa Energetyki Rozproszonej
www.KNER2023.agh.edu.pl 26.09.2023, Kraków 

Centrum Fotowoltaiki AGH



Instalacja naziemna składająca się z 11 niezależnych torów pomiarowych oraz b) instalacja nadążna zlokalizowana w terenowym Laboratorium Fotowoltaicznym na terenie Centrum Zrównoważonego Rozwoju i Poszanowania Energii WGGiOŚ AGH w Miękinii.

Sesja 2C – Magazynowanie i konwersja energii cz.1, 26 września 2023

I Konferencja Naukowa Energetyki Rozproszonej
www.KNER2023.agh.edu.pl 26.09.2023, Kraków **KNER**



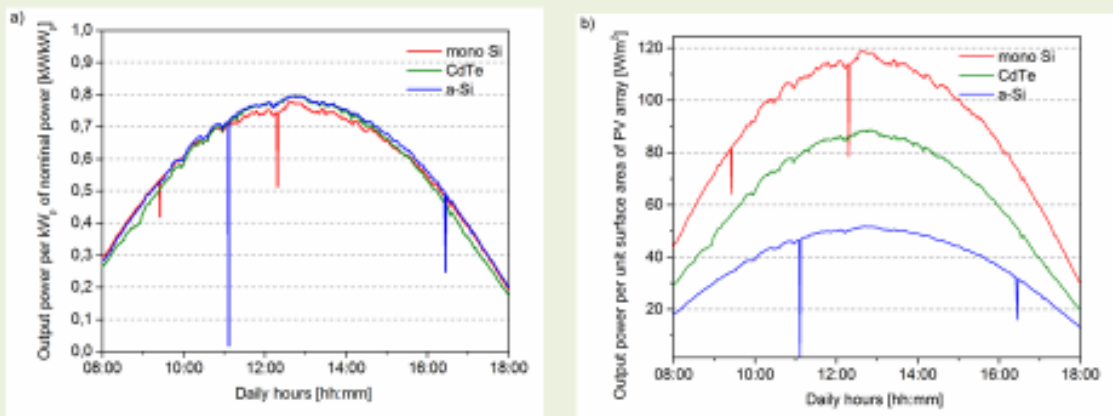
Symulator Słońca AAA Z widmem AM0

Stanowiska do badań defektów paneli imetodą IR

Elipsometr spektroskopowy Wollam 2000

Sesja 2C – Magazynowanie i konwersja energii cz.1, 26 września 2023

I Konferencja Naukowa Energetyki Rozproszonej
www.KNER2023.agh.edu.pl 26.09.2023, Kraków **KNER**



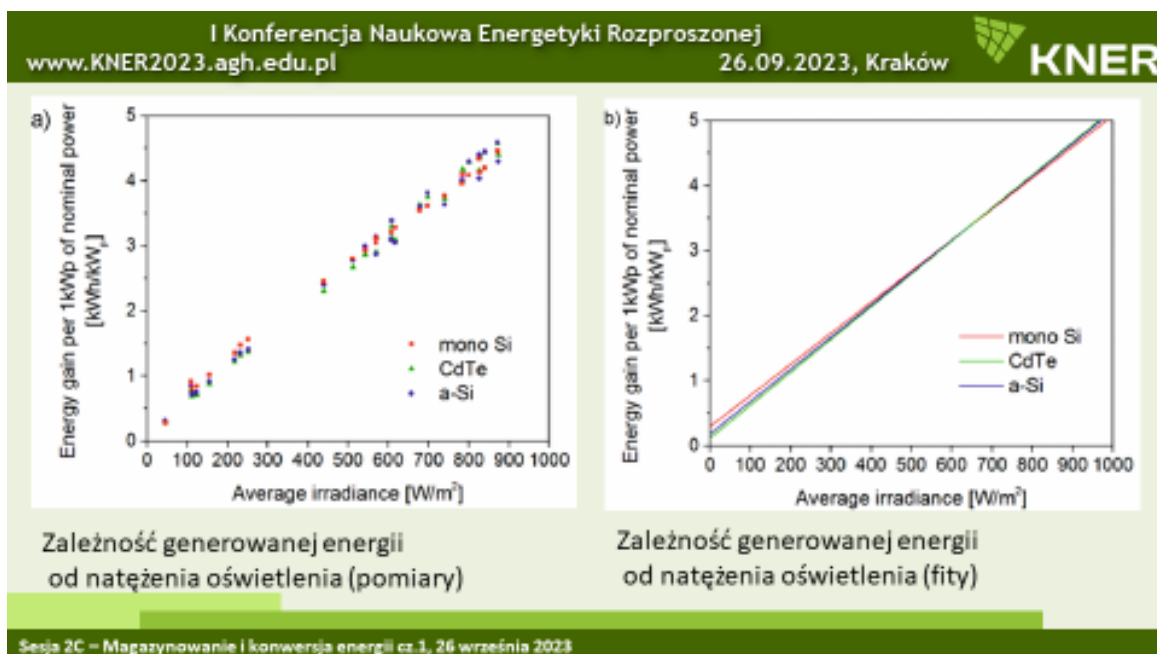
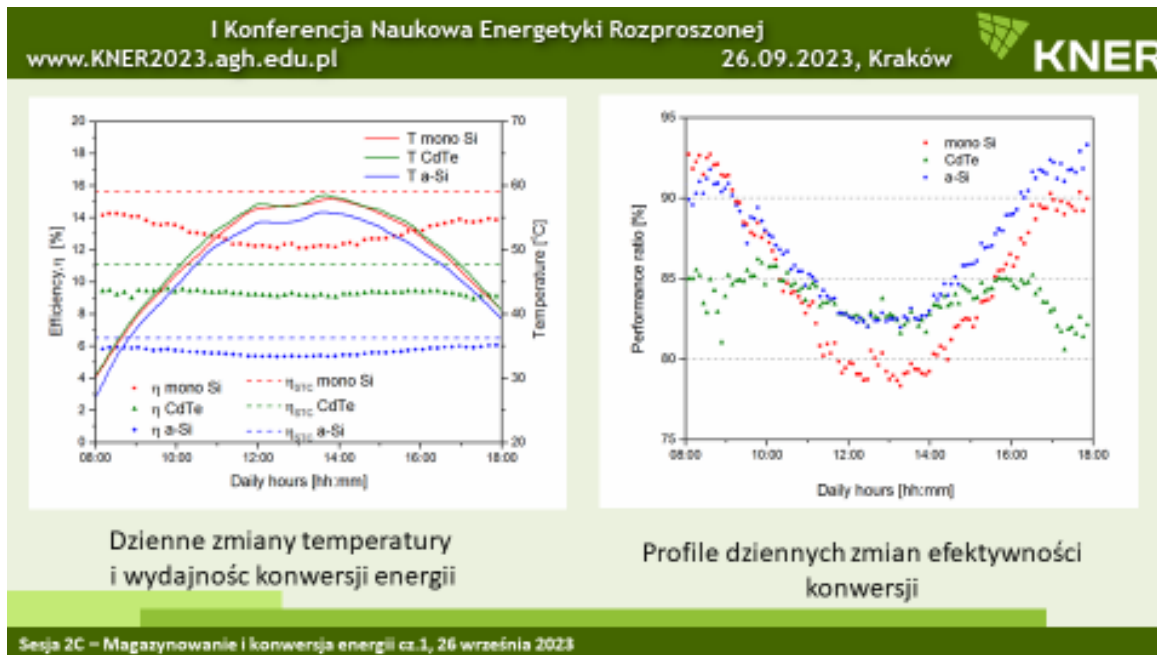
a) Output power per kW_p of nominal power [MW/kW_p]

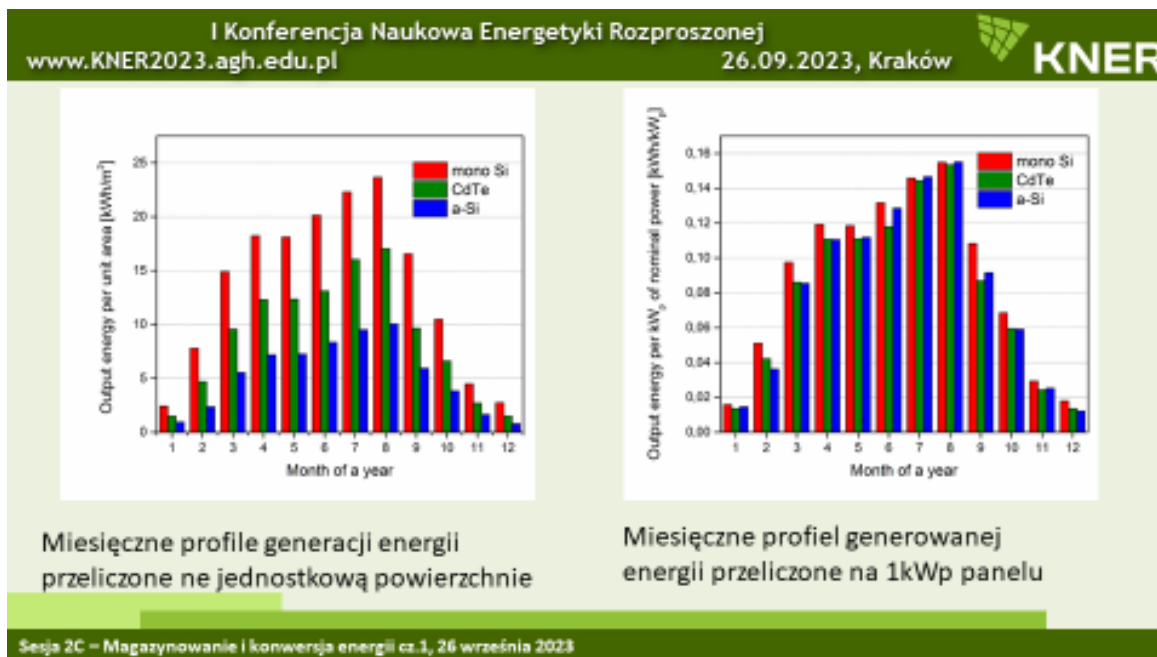
b) Output power per unit surface area of PV array [W/m²]


Dzienny profil generowanej mocy

Dzienny profil generowanej mocy odniesiony do jednostkowej powierzchni panelu

Sesja 2C – Magazynowanie i konwersja energii cz.1, 26 września 2023






I Konferencja Naukowa Energetyki Rozproszonej
www.KNER2023.agh.edu.pl 26.09.2023, Kraków 

Podsumowanie i wnioski końcowe


1. Zbudowano laboratoria stacjonarne i polowe przeznaczone do badań ogniwi i paneli fotowoltaicznych
2. przeprowadzono badania wydajności dla wybranych paneli cienkowarstwowych w porównaniu do monokrystalicznych Sizarowno dla dziennych jak i rocznych generacji
3. Badania będą kontynuowane w obu labach dla cienkowarstwowych i polimerowych baterii i paneli przedstawionych na posterach

Sesja 2C – Magazynowanie i konwersja energii cz.1, 26 września 2023

I Konferencja Naukowa Energetyki Rozproszonej
www.KNER2023.agh.edu.pl 26.09.2023, Kraków 

- Lewińska G., Danel K.S., Wisła-Świder A., Usatenko Z., Kanak J., Walczak Ł., Kuterba P., Sanetra J., Marszałek K.W. (2020), *Photoelectrical Properties and Surface Examination of Luminescent Copolymer Compounds*, „Applied Surface Science” 533 (15): 147366.
- K. Dyndał, J. Sanetra, and K. W. Marszałek, “Study of the second-generation of CdTe and CIGS thin film PV modules under natural sunlight conditions,” *Renew. Energy Power Qual. J.*, vol. 19, pp. 379–384, Sep. 2021, doi: 10.24084/repqj19.298.
- G. Lewinska, K. Dyndał, J. Sanetra, and K. W. Marszałek, “Micromorph and polymorphous solar panel in a warm temperature transitional climate-comparison of outdoor performance and simulations,” *Renew. Energy Power Qual. J.*, vol. 19, pp. 385–390, Sep. 2021, doi: 10.24084/repqj19.299.
- Iwanek S, Sanetra J., Marszałek K.W., (2022) *Optical method for homogeneity testing of thin films electrodes for photovoltaic cells*, *Przegląd Elektrotechniczny* 98 (9):239-242
- Ungeheuer K., Marszałek K.W., Mitura-Nowak M., Jelen P., Perzanowski M., Jelen P.Marszałek M., Sitarz M. (2022), *Influence of Cr Ion Implantation on Physical Properties of CuO Thin Films*, „International Journal of Molecular Sciences”, 23(9):4541
- Dyndał K., Marszałek K.W., Kąkol Z. (2022), *Design of Complex Energy Systems (Thin Film Photovoltaics, Collectors, Heat Pumps and Energy Storage)*, “Przegląd Elektrotechniczny” 98 (9): 243–246.
- K. Dyndał, K. Marszałek, A. Małek, and K.Woźny. Thin Film Modules (CdTe, a-Si) as Renewable Energy Generators, *IEEE Photovoltaics* (2023) in print

Sesja 2C – Magazynowanie i konwersja energii cz.1, 26 września 2023



Dziękuję za uwagę

Session # - <title>, <date> slide 1

I Konferencja Naukowa Energetyki Rozproszonej (KNER'2023) Potrójne organiczne ogniwa słoneczne – alternatywa dla krzemowych i cienkowarstwowych ogniw fotowoltaicznych



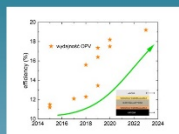
Gabriela LEWINSKA^{1*}, Katarzyna UNGEHEUER¹, Konstanty W. MARSZAŁEK¹

¹ Akademia Górniczo-Hutnicza, Instytut Elektroniki

Ogniwa organiczne

Fotowoltaika organiczna (OPV) to obiecująca technologia, która może być stosowana w formie elastycznych modułów, co stanowi przewagę nad konwencjonalną technologią nieorganiczną. OPV zapewnia elastyczność i dostosowanie do różnych kształtów, co jest szczególnie korzystne w elektronice użytkowej. Ze względu na cienką warstwę aktywną o grubości kilkuset nanometrów są one również bardzo lekkie. Ponadto, certyfikowana sprawność ogniwa OPV osiągnęła już 18%, zbliżając się do sprawności tanich komercyjnych ogniw krzemowych.

Główną różnicą między ogniwami organicznymi a tradycyjnymi ogniwami krzemowymi jest **brak typowego złącza p-n**, natomiast jest tu obecne złącze jako **heterozłącze objętościowe**. W ogniwach organicznych materiał donorowy jest zmieszany z materiałem akceptorowym, a rozmieszczenie cząsteczek i ładunku w przestrzeni zależy od rodzaju zastosowanych materiałów takich jak: polimery, materiały niskocząsteczkowe, fulereny czy oligomery.



Rys. 1. Wydajność OPV w latach 2014-2023, schemat OPV

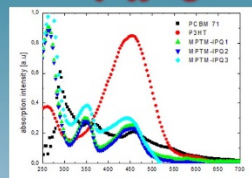
Metody

- Spektroskopia Uv-Vis
- Elipsometria (SE)
- AFM

Zalety TOSC:

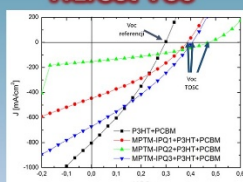
Poszerzenie widma absorpcyjnego

Trzeci składnik warstwy aktywnej poszerza widmo absorpcyjne donora i akceptora.



Rys. 4. Widmo absorpcji dla donora (P3HT), akceptora (PCBM 71) i trzech domieszek

Wzrost Voc



Rys. 5. Charakterystyka prądowo napięciowa ogniwa typu heterozłącze objętościowe ITO/PEDOT:PSS/MPTM-IPQ+P3HT+PCBM/Al

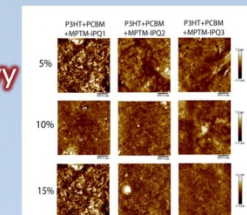
Zmniejszenie chropowatości warstwy

Tabela 1. Zmiana chropowatości warstwy trójskładnikowej dla stężeń 5% 10% i 15%

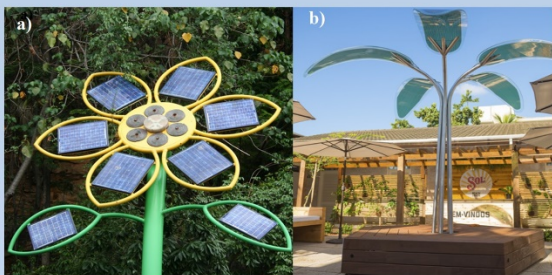
Pomiar wykonano metodą SE

Domieszki	chropowatość [nm]		
	MPTM-IPQ1	MPTM-IPQ2	MPTM-IPQ3
0% (czysty P3HT/PCBM)	20,0	20,0	20,0
5%	16,0	20,0	3,7
10%	7,6	19,0	3,4
13%	4,4	11,6	2,9

Zaobserwowano zwiększenie napięcia obwodu otwartego dla TOSC domieszkowanych związkami MPTM-IPQ



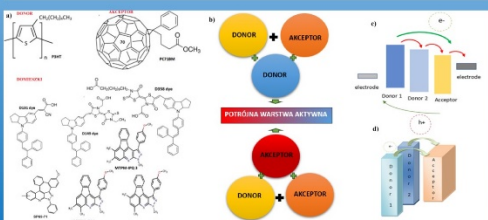
Rys. 6. Obrazy AFM warstwy trójskładnikowej dla stężeń 5%, 10% i 15%



Rys. 2. Instalacja bazująca na a) ogniwach krzemowych (Brisbane, Australia, 2009) b) ogniwach organicznych (OPTree, SUNNEW, 2022).

Potrójne ogniwa organiczne

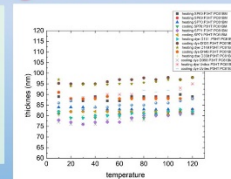
Jednym z głównych trendów w fotowoltaice organicznej są **potrójne ogniwa fotowoltaiczne (TOSC)**. Dodanie trzeciego składnika, takiego jak barwnik lub pochodna fulerenu, ma na celu zwiększenie absorpcji światła, poprawę fotostabilności i zredukowanie rekombinacji nośników w ogniwach typu heterozłącze objętościowe. Wyróżniamy ogniwa potrójne typu DDA (donor1:donor2:akceptor) lub DAA (donor:akceptor1:akceptor2), w zależności od roli trzeciego składnika.



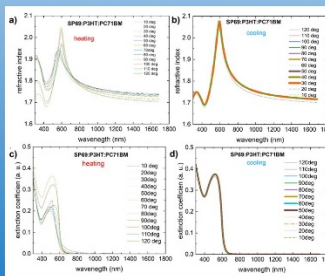
Rys. 3. a) Związki używane w TOSC b) Schemat budowy warstwy aktywnej TOSC c)d) schematy transportu ładunku w TOSC

Wpływ temperatury na TOSC

- Badania SE wskazały wzrost wartości współczynnika załamania i ekstynkcji wskutek wygrzewania w warstwach trójskładnikowych
- Grubość warstwy jest stabilna temperaturowo
- Nastąpiło zwiększenie uporządkowania warstw trójskładnikowych



Rys. 8. Grubości warstw trójskładnikowych w trakcie zmian temperatury 10°C -120°C



Rys. 7. Zależność dyspersyjna współczynnika załamania podczas a) ogrzewania b) chłodzenia oraz współczynnika ekstynkcji podczas c) ogrzewania i d) chłodzenia

Bibliografia

- Fu J. et al. 19.31% binary organic solar cell and low non-radiative recombination enabled by non-monotonic intermediate state transition. Nat Commun 14, 1760 (2023)
Lewińska G. et al. Journal of Materials Ternary organic solar cells doped methoxyphenyl indenopyrazoloquinoline derivatives Science: Materials in Electronics 29, 17809–17817 (2018)
Su Zhang Xie G et al. Over 16.5% efficiency in ternary organic solar cells by adding an alloyed acceptor with energy transfer process Dyes and Pigments (2021) 192



Badania właściwości fizycznych elementów cienkowarstwowego ogniwa fotowoltaicznego do zastosowań kosmicznych

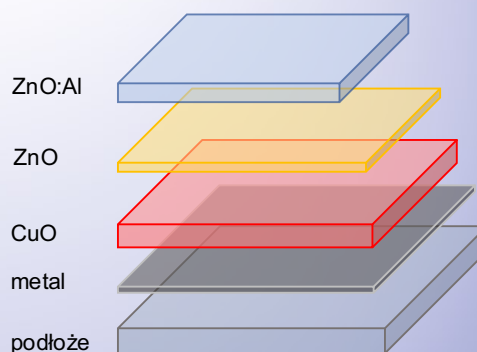
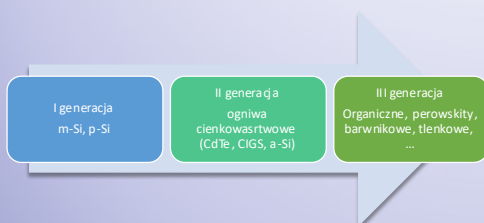
Katarzyna Ungeheuer, Janusz Rybak, Konstanty W. Marszałek



INSTYTUT FIZYKI JĄDROWEJ
 IM. HENRYKA NIEWODNICZAŃSKIEGO
 POLSKIEJ AKADEMII NAUK

Tlenkowa fotowoltaika cienkowarstwowowa

- ✓ Niskie zużycie surowców
- ✓ Lekkie
- ✓ Możliwość nanoszenia na elastyczne podłoża
- ✓ Nietoksyczne materiały
- ✓ Dostępne materiały



INSTYTUT FIZYKI JĄDROWEJ
 IM. HENRYKA NIEWODNICZAŃSKIEGO
 POLSKIEJ AKADEMII NAUK



I Konferencja Naukowa Energetyki Rozproszonej KNER'2023
 KRAKÓW, 26 WRZEŚNIA 2023

1



Prof. dr hab. inż. Zbigniew Kąkol
 Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica
 Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

tel: 607 455 457
 e-mail: s4s@agh.edu.pl
 www: s4s.agh.edu.pl

Warunki kosmiczne

Niska orbita okołoziemska (200 - 2000 km nad Ziemią)

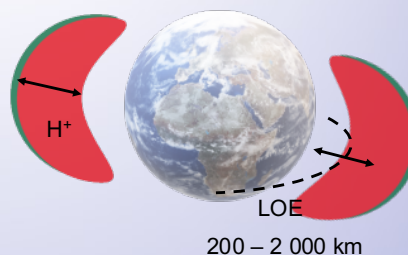
- Międzynarodowa Stacja Kosmiczna
- Satelity komercyjne

Wewnętrzny pas Allena, w którym uwięzione są protony, ich wpływ ma największe znaczenie w tej przestrzeni.

Protony o energii od 0.1 do 400 MeV.

Badanie wpływu korpuskularnej części promieniowania – protonów na materiały składowe ogniwa.

1000 – 12 000 km



L.F. Fourie et al. APL Mater. 11, 071103 (2023)
T. Vogl et al. Nat Commun. 2019; 10: 1202.



INSTYTUT FIZYKI JĄDROWEJ
IM. HENRIKA NIEWODNICZAŃSKIEGO
POLSKIEJ AKADEMII NAUK



I Konferencja Naukowa Energetyki Rozproszonej KNER'2023
KRAKÓW, 26 WRZEŚNIA 2023

2

Przygotowanie warstw

- CuO 130 nm
Reaktywne rozpylanie magnetrone. Target: Cu; 150°C; 50 W
Gaz roboczy: O₂ (presputtering: Ar + O₂)
- ZnO 100 nm
Stałoprądowe rozpylanie magnetrone. Target: spiekany ZnO; 35 W
Gaz roboczy: Ar
- ZnO:Al 100 nm
Osadzanie warstw atomowych (ALD)
Prekursory: trimetyloglin, dietylocynk, woda

Promieniowanie H⁺

- Fluencja wiązki protonowej: 1×10^{11} H⁺/cm² – ok. 100 lat na orbicie
- Energia wiązki: 225.5 MeV

Charakterystyka

- Elipsometria spektroskopowa
- Spektrofotometria UV-VIS
- Czteropunktowy pomiar rezystywności powierzchniowej



INSTYTUT FIZYKI JĄDROWEJ
IM. HENRIKA NIEWODNICZAŃSKIEGO
POLSKIEJ AKADEMII NAUK

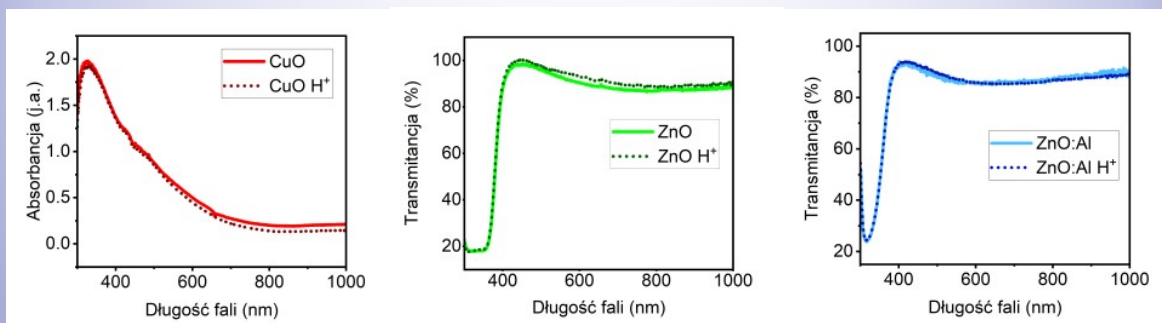


I Konferencja Naukowa Energetyki Rozproszonej KNER'2023
KRAKÓW, 26 WRZEŚNIA 2023

3

Właściwości optyczne – absorpcja i transmisja światła

Spektrofotometr: ŹródłoAvalight-DH-S-BAL, detektorAvaSpec-ULS-RS-TEC (Avantes)
tryb transmisyjny



Pomiar absorpcji warstwy CuO przed i po napromieniowaniu protonami. CuO jako półprzewodnik typu p jest stosowany w ogniwach fotowoltaicznych jako warstwa absorbera.

Pomiar transmisji warstw ZnO oraz ZnO:Al przed i po napromieniowaniu protonami ZnO jako półprzewodnik typu n jest stosowany w ogniwach fotowoltaicznych jako warstwa emitera (tzw. window layer). ZnO:Al jest stosowany jako elektroda transparentna.



INSTYTUT FIZYKI JĄDROWEJ
IM. HENRIKA NIEWODNICZANSKIEGO
POLSKIEJ AKADEMII NAUK

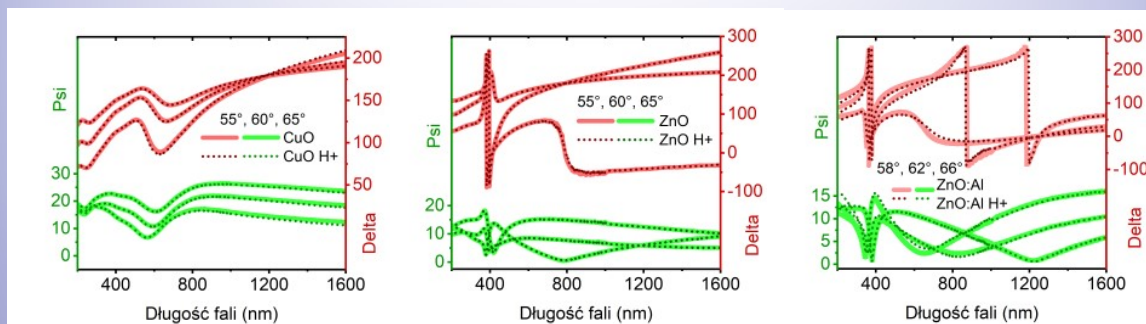


I Konferencja Naukowa Energetyki Rozproszonej KNER'2023
KRAKÓW, 26 WRZEŚNIA 2023

4

Właściwości optyczne – elipsometria spektroskopowa

Metoda polega na pomiarze zmiany polaryzacji wiązki światła po odbiciu się od próbki. Polaryzację światła opisują dwa parametry: Psi i Delta. Na pomiar wpływa grubość, chropowatość i właściwości optyczne warstwy (takie jak współczynnik załamania, współczynnik ekstynkcji). Zastosowano elipsometr J.A.Woolam 2000 M



Właściwości optyczne oraz chropowatość warstw nie zmieniają się po napromieniowaniu protonami.



INSTYTUT FIZYKI JĄDROWEJ
IM. HENRIKA NIEWODNICZANSKIEGO
POLSKIEJ AKADEMII NAUK



I Konferencja Naukowa Energetyki Rozproszonej KNER'2023
KRAKÓW, 26 WRZEŚNIA 2023

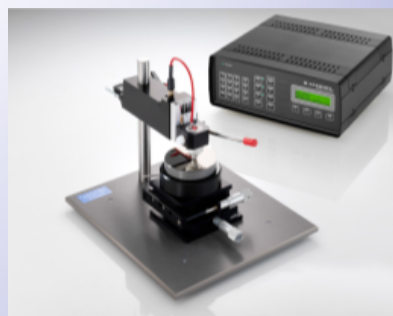
5

Właściwości elektryczne - oporność powierzchniowa

Próbka	Prąd	Rezystywność powierzchniowa (Ω/\square)	Odchylenie standardowe (Ω/\square)
CuO	1 μ A	81 7809	196
CuO H ⁺	1 μ A	100 5413	390
ZnO:Al	1 mA	191.98	0.05
ZnO:Al H ⁺	1 mA	188.16	0.42

Warstwa ZnO ma zbyt dużą oporność, aby możliwy był pomiar jej wartości.
Oporność warstwy CuO wzrosła po napromieniowaniu o 23%.
Natomiast oporność ZnO:Al spada o 2%.

JANDEL RM3000 Test Unit with the Multiheight Probe



INSTYTUT FIZYKI JĄDROWEJ
IM. HENRIKA NIEWODNICZAŃSKIEGO
POLSKIEJ AKADEMII NAUK



I Konferencja Naukowa Energetyki Rozproszonej KNER'2023
KRAKÓW, 26 WRZEŚNIA 2023

6

Podsumowanie

- Napromieniowanie próbek wiązką protonów o energii 226.5 MeV i fluencji 1011 cm⁻² nie wpłynęło na właściwości optyczne cienkich warstw CuO, ZnO oraz ZnO:Al.
- Przewodnictwo powierzchniowe CuO spadło po napromieniowaniu. Natomiast przewodnictwo ZnO:Al nieznacznie wzrosło.
- Cienkie warstwy CuO, ZnO, ZnO:Al mogą być stosowane w warunkach kosmicznych panujących na niskiej orbicie okołoziemskiej.



INSTYTUT FIZYKI JĄDROWEJ
IM. HENRIKA NIEWODNICZAŃSKIEGO
POLSKIEJ AKADEMII NAUK



I Konferencja Naukowa Energetyki Rozproszonej KNER'2023
KRAKÓW, 26 WRZEŚNIA 2023

7

Podziękowania

A. Rydosz – WIEiT AGH
R. Socha – IFPiK PAN
W. Komenda, N. Mojżeszek, M. Bałamut, D. Krzempek – IFJ PAN

Badania finansowane ze środków programu „Inicjatywa
Doskonałości – Uczelnia Badawcza” dla AGH projekt nr 4121



INSTYTUT FIZYKI JĄDROWEJ
IM. HENRIKA NIEWODNICZAŃSKIEGO
POLSKIEJ AKADEMII NAUK



I Konferencja Naukowa Energetyki Rozproszonej KNER'2023
KRAKÓW, 26 WRZEŚNIA 2023

Podziękowania

A. Rydosz – WIEiT AGH
R. Socha – IFPiK PAN
W. Komenda, N. Mojżeszek, M. Bałamut, D. Krzempek – IFJ PAN

Badania finansowane ze środków programu „Inicjatywa
Doskonałości – Uczelnia Badawcza” dla AGH projekt nr 4121



INSTYTUT FIZYKI JĄDROWEJ
IM. HENRIKA NIEWODNICZAŃSKIEGO
POLSKIEJ AKADEMII NAUK



I Konferencja Naukowa Energetyki Rozproszonej KNER'2023
KRAKÓW, 26 WRZEŚNIA 2023

