

KARTA PRZEDMIOTU OFEROWANEGO W SZKOLE DOKTORSKIEJ

Kod przedmiotu	4606-PS-000000B-0218	Nazwa przedmiotu	w j. polskim	Kierunki Rozwoju Mikroelektroniki i Fotoniki		
			w j. angielskim	Development Trends in Microelectronics and Photonics		
Przynależność do grupy przedmiotów	przedmioty specjalnościowe					
Koordynator przedmiotu	prof. dr hab. inż. Jan Szmidt					
Jednostka realizująca	IMiO PW	Dyscyplina/y naukowa*	Automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne			
Poziom kształcenia	Kształcenie doktorantów	Semestr	zimowy/letni			
Język zajęć	Polski					
Forma zaliczenia:	zaliczenie na ocenę	Sumaryczna liczba godzin w semestrze	30	Sumaryczna liczba ECTS	2	
Minimalna liczba uczestników	12	Maksymalna liczba uczestników	50	Dostępność dla studentów	Tak/Nie	
Typ zajęć		Wykład	Ćwiczenia audytorijne	Ćwiczenia projektowe	Laboratorium	Seminarium
Liczba godzin zajęć	tygodniowo	2				
	łącznie w semestrze	30				

* nie dotyczy warsztatu badacza

1. Wymagania wstępne

Brak

2. Cele przedmiotu

Celem przedmiotu jest przedstawianie szeregu zagadnień związanych z wyzwaniem stojącymi przed współczesną elektroniką i fotoniką. Wszystkie te zagadnienia posiadają ogromny potencjał rozwojowy w perspektywie najbliższych 10-15 lat i ze względu na dynamikę tego procesu będą w kolejnych edycjach uzupełniane i zmieniane. Zapewne będzie to nieuniknione. Przedmiot ten ma także na celu:

- pobudzenie wyobraźni rozwojowej słuchaczy,
- przygotowanie ich do wejścia w nowoczesne tematy, z którymi mogą spotkać się w przyszłości w różnych sytuacjach w trakcie swojej kariery zawodowej i rozumienie podstaw tych zagadnień,
- tych, którzy zechcą podjąć się realizacji prac doktorskich, wyposażyć w możliwość szerszego spojrzenia na problem i obszary badań naukowych z obszarów elektroniki i fotoniki, a co za tym idzie bardziej świadomy wybór tematyki badawczej w przyszłości.

3. Treści programowe (dla każdego typu zajęć oddzielnie)

Wykład

Wszystkie wykłady prowadzone będą (w różnej formie, nie wyłączając seminaryjnej) przez osoby o znaczących, a nawet wybitnych, w skali międzynarodowej osiągnięciach w tematyce ich wykładów i nie tylko.

Słuchacze tego przedmiotu, w ramach pracy własnej, poza godzinami wykładów, będą mogli sprawdzić swoje możliwości przygotowywania referatów (ok. 15 min., z wybranych, nowych/oryginalnych zagadnień wg ich propozycji, uzgodnionej z prowadzącym wykład z danego obszaru) i predyspozycje do podejmowania próby rozwiązania problemów o charakterze naukowym.

Wykłady w ramach danej tematyki obejmować będą 3 lub 4-ro godzinne kwanty (patrz „opis wykładu”).

W każdej części wykładu zarysowane zostaną stan i dynamika rozwoju danej tematyki oraz kierunki, bariery i granice tego rozwoju (fizyczne, technologiczne, ekonomiczne) wg bieżącego stanu wiedzy.

Wielkim wyzwaniem stojącym przed prowadzącymi będzie takie ujęcie (treść i forma) danej tematyki, aby była możliwa do percepcji i zrozumienia przez słuchaczy o różnym poziomie (choć wcióż uniwersyteckim) przygotowania.

Forma wykładów może być w pewnym stopniu zróżnicowana przechodząc od klasycznej do seminaryjno-dyskusyjnej.

Wybór tematu referatu końcowego (po akceptacji prowadzącego) zaliczającego przedmiot ma między innymi ukierunkowywać przyszłe zainteresowania słuchaczy i przyczynić się być może do bardziej świadomego wyboru przyszłej ścieżki zawodowej czy zainteresowań badawczych, a nawet tylko hobbystycznych. To także ważny aspekt w kształtowaniu sylwetki naszych absolwentów w końcowej fazie kształcenia.

Przykładowe tematy wykładów: (lista otwarta, mogąca ulec zmianie):

- **Technologie krzemowe** – z nanometrów w angstromy? Prowadzący: prof. dr hab. inż. Tomasz Skotnicki, dr hab. inż. Lidia Łukasiak, prof. PW
- **Terahertze - skok w niezbadane pasmo?** Prowadzący: prof. dr hab. Wojciech Knap
- **Fotoniczne układy scalone.** Prowadzący: dr hab. inż. Ryszard Piramidowicz, prof. PW, dr inż. Stanisław Stopiński
- **Nanofotonika.** Prowadzący: prof. dr hab. inż. Paweł Szczepański, dr inż. Anna Tysza-Zawadzka
- **Elektronika i fotonika kosmiczna.** Prowadzący: dr hab. inż. Piotr Orleański, Centrum Badan Kosmicznych

- **Obliczenia kwantowe.** Prowadzący: prof. dr hab. Marek Kuś
 - **Współczesna energoelektronika.** Prowadzący: dr hab. inż. Mariusz Sochacki, prof. dr hab. inż. Jan Szmidt
 - **Elektronika organiczna.** Prowadzący: dr inż. Aleksander Werbowy

Laboratorium

4. Efekty uczenia się

Rodzaj efektu	Opis efektu uczenia się	Odniesienie do efektów uczenia się w SD PW	Sposób weryfikacji efektów uczenia*
Wiedza			
W01	fundamentalne dylematy współczesnej cywilizacji	SD_W1	ocena prezentacji/sprawozdania (+ ocena aktywności)
W02	w stopniu umożliwiającym rewizję istniejących paradygmatów – światowy dorobek, obejmujący podstawy teoretyczne oraz zagadnienia ogólne i wybrane zagadnienia szczegółowe – właściwe dla reprezentowanej dyscypliny naukowej, w tym najnowsze osiągnięcia nauki w obszarze prowadzonych badań	SD_W2	ocena prezentacji/sprawozdania
W03	główne trendy rozwojowe realizowanej dyscypliny naukowej oraz związane z tym metodologie badań naukowych	SD_W3	ocena prezentacji/sprawozdania
Umiejętności			
U01	dokonywać krytycznej analizy i oceny wyników badań naukowych, działalności eksperckiej i innych prac o charakterze twórczym oraz ich wkładu w rozwój wiedzy, w szczególności ocenić przydatność i możliwość wykorzystania wyników prac teoretycznych w praktyce	SD_U2	ocena prezentacji/sprawozdania
U02	komunikować się na tematy specjalistyczne, właściwe dla reprezentowanej dyscypliny naukowej, w stopniu umożliwiającym aktywne uczestnictwo w krajowym oraz międzynarodowym środowisku naukowym, w tym w ramach międzynarodowych konsorcjów uczelni badawczych	SD_U4	ocena prezentacji/sprawozdania
U03	inicjować debatę oraz uczestniczyć w dyskusji naukowej oraz przytaczać właściwe argumenty w dyskusjach naukowych i debatach publicznych o różnorodnej tematyce	SD_U5	ocena prezentacji/sprawozdania
Kompetencje społeczne			
K01	uznawania znaczenia wiedzy oraz osiągnięć naukowych w rozwiązywaniu problemów poznawczych i praktycznych	SD_K2	ocena prezentacji/sprawozdania

* dozwolone sposoby weryfikacji efektów uczenia się: egzamin; egzamin ustny; kolokwium pisemne; kolokwium ustne; ocena projektu; ocena sprawozdania; ocena raportu; ocena prezentacji; ocena aktywności w trakcie zajęć; prace domowe; test

5. Kryteria oceny

W trakcie części wykładowej lub po jej zakończeniu, słuchacze zgłaszają propozycje tematów do samodzielnego opracowania i uzgadniają ten temat z prowadzącym wykład z obszaru tej tematyki.

Zaliczenie przedmiotu następuje zależnie od liczby studentów tj.

- w drodze złożenia pisemnego referatu – maksymalnie 3 strony A4 (czcionka 12) i prezentacji swojej pracy na seminarium z udziałem słuchaczy, którzy biorą udział wraz z prowadzącym w ocenianiu prezentacji (wariant ten ma miejsce gdy liczba słuchaczy nie przekracza 30),
- jak w przypadku wariantu a), z tym, że praca może być do 5 stron A4 (czcionka 12) i jest oceniana tylko przez prowadzącego, ewentualnie w drodze kilkunutowej rozmowy ze słuchaczem, bez prezentacji w trakcie seminarium (wariant ten ma miejsce gdy liczba słuchaczy przekracza 30).

6. Literatura

Literatura podstawowa:

- [1] Thomas Skotnicki, Frédéric Boeuf, "Optimal scaling methodologies and transistor performance", Chapter 6 Published in Book "High dielectric constant materials - VLSI MOSFET applications" Edited by Howard R. Huff and David Gilmer, Springer series Advanced Microelectronics, Vol. 16, 2004
- [2] Rozdział 21 Advanced MOS-Devices
J. Bokor, T.-J. King, J. Hergenrother, J. Bude, D. Muller, T. Skotnicki, S. Monfray, G. Timp, str. 667
W High dielectric constant materials for VLSI MOSFET applications, edited by H.R.Huff & D.C. Gilmer, SPRINGER, Advance Microelectronics series, vol. 16, 2004
- [3] Thomas Skotnicki, Claire Fenouillet-Beranger, Claire Gallon, Frederic Boeuf, Stephane Monfray, Fabrice Payet, Arnaud Pouydebasque2, Melanie Szczap, Alexis Farcy, Franck Arnaud, Sylvain Clerc, Manuel Sellier, Augustin Cathignol, Jean-Pierre Schoellkopf, Ernesto Perea, Richard Ferrant, Hervé Mingam, "Innovative materials, devices, and CMOS technologies for low-power mobile multimedia", pp. 96-130, IEEE, Transaction on Electron Devices, vol. 55, January 2008.
- [4] Wojciech Knap, Mikhail Dyakonov, Dominique Coquillat, Frederic Teppe, Nina Dyakonova, Jerzy Łusakowski, Krzysztof Karpierz, Maciej Sakowicz, Gintaras Valusis, Dalius Seliuta, Irmantas Kasalynas, Abdelouahad El Fatimy, Y. M. Meziani & Taiichi Otsuji; "Field Effect Transistors for Terahertz Detection: Physics and First Imaging Applications", Journal of Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves volume 30, pages 1319–1337(2009) Cite this article
- [5] L. Vivien, L. Pavesi, "Handbook of Silicon Photonics", CRC Press, 2013
- [6] C. Pollock, M. Lipson, "Integrated Photonics", Springer, 2003
- [7] Arthur McGurn "Nanophotonics", Springer 2018
- [8] Zeev Zalevsky and Ibrahim Abdulhalim "Integrated Nanophotonic Devices", Wiley 2010
- [9] James W. M. Chong, Krzysztof Iniewski „Nanoplasmonics - Advanced Device Application”, CRS Pres Francis@Taylor Group 2014
- [10] Sergey V. Gaponenko "Introduction to Nanophotonics" Cambridge University Press, 2010
- [11] Klaus Wittmann and Willi Hallmann, „Handbook of Space Technology” Edited by Wilfried Ley, © 2009 John Wiley & Sons, Ltd. ISBN: 978-0-470-69739-9
- [12] Piotr Orleański, monografia habilitacyjna "Satelitarna aparatura naukowa – projektowanie instrumentów ze szczególnym uwzględnieniem reguł dotyczących niezawodności", CBK PAN, 2019, ISBN: 978-83-89439-02-4
- [13] Różne dokumenty Europejskiej Agencji Kosmicznej zebrane jako zestaw standardów nazwany ECSS, European Cooperation for Space Standardization i wydawany przez ECSS Secretariat, ESA-ESTEC, Requirements & Standards Division, Noordwijk, The Netherlands, <https://ecss.nl/standards/>
- [15] M. Hirvensalo, „Algorytmy kwantowe”, WSiP 2004
- [16] M. Le Bellac, „Wstęp do informatyki kwantowej”, PWN 2011
- [17] M. Sawerwain, J. Wiśniewska, „Informatyka kwantowa”, PWN 2020
- [18] M. A. Nielsen, I. L. Chung, „Quantum Computation and Quantum Information”, Cambridge University Press 2010
- [19] J. Preskill, Quantum Computation, <http://theory.caltech.edu/~preskill/ph229/>
- [20] Peter Friedrichs, Tsenenobu Kimoto, Lothar Ley, Gerhard Pensl, „Silicon Carbide”, WILEY, 2011, ISBN: 9783527629084
- [21] Wengang Wayne Bi, Haochung Henry Kuo, Peicheng Ku, Bo Shen, „Handbook of GaN Semiconductor Materials and Devices”, CRC Press, 2018, ISBN: 9780367875312
- [22] Stephen Pearton, Fan Ren, Michael Mastro, Ghenadii Korotcenkov, „Gallium Oxide: Technology, Devices and Applications”, Elsevier, 2019, ISBN: 9780128145210
- [23] Muhammad H. Rashid, „Power Electronics Handbook”, Elsevier, 2018, ISBN: 9780128114070
- [24] Olle Inganäs, „Organic Photovoltaics over Three Decades”, *Adv. Mater.* 2018, **30**, 1800388
- [25] Hiroyuki Matsui, Yasunori Takeda, Shizuo Tokito, „Flexible and printed organic transistors: From materials to integrated circuits”, *Organic Electronics* **75** (2019) 105432
- [26] Partha Pratim Ray, Dinesh Dash, Neeraj Kumar, Sensors for internet of medical things: State-of-the-art, security and privacy issues, challenges and future directions, *Computer Communications*, 160 (2020) 111-131; [main.pdf \(sciencedirectassets.com\)](#)
- [27] Rustam Pirmagomedov, Yevgeni Koucheryav, IoT technologies for Augmented Human: A Survey, *Internet of Things*, 2020 (in press); [IoT technologies for Augmented Human: A survey \(sciencedirectassets.com\)](#)
- [28] Yang Yang, Zhiqun Daniel Deng, Stretchable sensors for environmental monitoring, *Applied Physics Reviews* 6, 011309 (2019); <https://doi.org/10.1063/1.5085013>
- [29] Huicong Liu, Junwen Zhong, Chengkuo Lee, Seung-Wuk Lee, and Liwei Lin, A comprehensive review on piezoelectronics energy harvesting technology: Materials, mechanisms and applications, *Applied Physics Reviews* 5, 041306 (2018); <https://doi.org/10.1063/1.5074184>
- [30] Deepti Sehrawat and Nasib Singh Gill, Smart Sensors: Analysis of Different Types of IoT Sensors, Proceedings of the Third International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICOEI 2019) IEEE Xplore Part Number: CFP19J32-ART; ISBN: 978-1-5386-9439-8; [IEEE Xplore Full-Text PDF: \(pw.edu.pl\)](#)

Literatura uzupełniająca:

[1]

7. Nakład pracy doktoranta niezbędny do osiągnięcia efektów uczenia się**

Lp.	Opis	Liczba godzin
1	godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim wynikające z planu	30

2	Godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim w ramach konsultacji, egzaminów, sprawdzianów itp.	5
3	Godziny pracy samodzielnej doktoranta w ramach przygotowania do zajęć oraz opracowania sprawozdań, projektów, prezentacji, raportów, prac domowych	15
4	godziny pracy samodzielnej doktoranta w ramach przygotowania do egzaminu, sprawdzianu, zaliczenia	10
Sumaryczny nakład pracy doktoranta		60
Liczba punktów ECTS		2

** 1 ECTS pracy = 25-30 godzin nakładu pracy doktoranta (np. 2 ECTS = 60 godzin; 4 ECTS = 110 godzin)