

SYLABUS PRZEDMIOTU – SZKOŁA DOKTORSKA
CYKL KSZTAŁCENIA OD 2025/2026 DO 2028/2029

OGÓLNE INFORMACJE O PRZEDMIOCIE				
Tytuł przedmiotu		SEMINARIUM DOKTORANCKIE		
Nazwa jednostki realizującej przedmiot		Szkoła Doktorska Uniwersytetu Rzeszowskiego		
Typ przedmiotu (obowiązkowy, fakultatywny)		przedmiot obowiązkowy		
Rok/semestr		rok I - IV, semestr: I - VII		
Dyscyplina		Nauki Fizyczne		
Język wykładowy		język polski/język angielski		
Imię i nazwisko koordynatora przedmiotu		Dr hab. Józef Cebulski, prof. UR		
Imię i nazwisko osoby prowadzącej/osób prowadzących przedmiot		Dr hab. Józef Cebulski, prof. UR		
Wymagania wstępne		Ukończone studia wyższe, wykazywanie zainteresowań badawczych z zakresu fizyki ciała stałego, fizyki półprzewodników oraz podstaw technologii epitaksjalnych; znajomość języka angielskiego na poziomie B2 ESKJ, ukierunkowana na specjalistyczne słownictwo.		
STRESZCZENIE PRZEDMIOTU				
Seminarium doktoranckie ma na celu systematyczne monitorowanie postępów badań naukowych prowadzonych w ramach rozprawy doktorskiej, dotyczącej wzrostu epitaksjalnego oraz właściwości fizycznych struktur HgCdTe i HgTe, w szczególności studni kwantowych otrzymywanych metodą epitaksji z wiązek molekularnych (MBE). Tematyka zajęć z przedmiotu seminarium doktoranckie obejmuje analizę wpływu parametrów wzrostu na jakość krystalograficzną warstw epitaksjalnych, badania strukturalne, morfologiczne i składowe (XRD, SEM, ToF-SIMS) oraz ocenę potencjału badanych nanostruktur pod kątem zastosowań w terahercowym (THz) zakresie spektralnym. Seminarium doktoranckie wspiera rozwój umiejętności samodzielnego prowadzenia badań eksperymentalnych, krytycznej analizy literatury, interpretacji wyników pomiarów oraz przygotowywania raportów, publikacji naukowych i rozprawy doktorskiej.				
Celem przedmiotu <i>Seminarium doktoranckiego</i>, jest: • przygotowanie doktoranta do samodzielnej działalności badawczej, • krytyczna analiza aktualnego stanu wiedzy w obszarze HgCdTe/HgTe, • rozwój umiejętności planowania i realizacji badań na warstwach epitaksjalnych, • nabycie kompetencji w zakresie interpretacji wyników badań strukturalnych, • systematyczne przygotowywanie rozprawy doktorskiej.				
EFEKTY UCZENIA SIĘ DLA PRZEDMIOTU I METODY WERYFIKACJI				
Symbol efektu uczenia się	Zakładane efekty uczenia się	Odniesienie do efektów uczenia się dla kwalifikacji na poziomie 8 PRK (symbol)	Forma zajęć dydaktycznych (w., ćw., itp.)	Metody weryfikacji (np.: kolokwium, egzamin ustny, egzamin pisemny, projekt itp.)
Wiedza: Lp.	zna i rozumie, posiada wiedzę			

P8S_WG1	Posiada szeroką i uporządkowaną wiedzę z zakresu fizyki ciała stałego i fizyki półprzewodników II–VI, w szczególności dotyczącą struktur HgCdTe i HgTe oraz ich właściwości elektronowych i strukturalnych.	P8S_WG	seminarium	wypowiedź ustna, dyskusja
P8S_WG2	Zna aktualny dorobek naukowy oraz światowe kierunki badań dotyczące wzrostu epitaksjalnego metodą MBE, studni kwantowych oraz zastosowań struktur HgCdTe/HgTe w detekcji promieniowania terahercowego.	P8S_WG	seminarium	wypowiedź ustna, dyskusja
P8S_WG3	Rozumie zależności pomiędzy parametrami wzrostu epitaksjalnego, jakością krystalograficzną warstw oraz ich właściwościami fizycznymi i aplikacyjnymi.	P8S_WG	seminarium	wypowiedź ustna, dyskusja
Umiejętności: Lp.	<i>potrafi</i>			
P8S_UW1	Potrafi wykorzystać interdyscyplinarną wiedzę z różnych dziedzin nauki by samodzielnie zaplanować i zrealizować naukowe badania eksperymentalne, dotyczące struktur epitaksjalnych HgCdTe/HgTe, oraz potrafi zdefiniować cel i przedmiot badań, postawić hipotezę badawczą, dobrać odpowiednie metody wzrostu i charakteryzacji badania, a także wnioskować właściwie na podstawie uzyskanych wyników.	P8S_UW	seminarium	wypowiedź ustna, dyskusja, prace pisemne
P8S_UW2	Analizuje, interpretuje i krytycznie ocenia wyniki badań strukturalnych, morfologicznych i składowych (m.in. HRXRD, SEM, ToF-SIMS) oraz porównuje je z danymi wzorcowymi.	P8S_UW	seminarium	wypowiedź ustna, dyskusja, prace pisemne
P8S_UW3	Potrafi przygotować raporty, publikacje naukowe oraz prezentacje wyników badań w języku angielskim, zgodnie z zasadami rzetelności i etyki badań naukowych.	P8S_UW	seminarium	prace pisemne
P8S_UK6	Aktywnie uczestniczy w międzynarodowym środowisku badawczym i zawodowym, komunikując się językiem obcym na poziomie B2 Europejskiego Systemu Kształcenia Językowego .	P8S_UK	seminarium	praca pisemna

Kompetencje społeczne: Lp.	jest gotów						
P8S_KK1	Jest gotów do krytycznej oceny własnych wyników badań oraz dorobku naukowego w obszarze fizyki półprzewodników, z poszanowaniem zasad uczciwości i rzetelności naukowej.				P8S_KK	seminarium	wypowiedź ustna, dyskusja, prace pisemne
P8S_KK3	Wykorzystując posiadaną wiedzę jest gotów do rozwiązywania różnych problemów o charakterze teoretycznym i praktycznym, prezentowania wyników badań w środowisku akademickim oraz do współpracy z członkami zespołów badawczych.				P8S_KK	seminarium	wypowiedź ustna, dyskusja, prace pisemne
FORMY ZAJĘĆ DYDAKTYCZNYCH, WYMIAR GODZIN I PUNKTÓW							
Semestr (nr)	Wykł.	Ćw./Konw.	Lab.	Prakt.	Inne	Liczba pkt. ECTS	
I - VII	-	-	-	-	7 x 15 godz. -105 godz.	7 x 2 ECTS – 14 ECTS	
METODY DYDAKTYCZNE							
- dyskusja naukowa, - studium literatury naukowej, - prezentacja multimedialna, - przygotowanie i prezentacja celu badań , metod badawczych, wyników badań, - prace zaliczeniowe, - postępy w przygotowaniu rozprawy doktorskiej							
TREŚCI PROGRAMOWE							
Semestr I • przegląd światowego stanu badań dotyczących HgCdTe, HgTe i studni kwantowych, • podstawy fizyczne detekcji promieniowania terahercowego, • charakterystyka technologii MBE oraz stosowanej aparatury badawczej, • analiza wykonanych struktur epitaksjalnych i dostępnych wyników pomiarowych, • opracowanie raportu semestralnego obejmującego charakterystykę i analizę wykonanych badań warstw epitaksjalnych oraz ocenę ich potencjału pod kątem zastosowań w terahercowym zakresie spektralnym, • prace nad opracowaniem Indywidualnym Planem Badawczym.							
Semestr II • szczegółowa analiza parametrów wzrostu epitaksjalnego HgCdTe/HgTe, • wpływ składu chemicznego i warunków wzrostu na jakość krystalograficzną,							

- interpretacja wyników badań HRXRD, SEM i ToF-SIMS,
- prezentacja i dyskusja wyników badań,
- przygotowanie Indywidualnego Planu Badawczego.

Semestr III

- optymalizacja struktur epitaksjalnych,
- analiza defektów strukturalnych i ich wpływu na właściwości materiału,
- porównanie wyników eksperymentalnych z danymi literaturowymi,
- seminarium problemowe.

Semestr IV

- rozszerzenie badań o kolejne struktury epitaksjalne,
- korelacja struktura–właściwości fizyczne,
- opracowanie wyników pod kątem publikacyjnym,
- przygotowanie pierwszego manuskryptu artykułu naukowego.

Semestr V

- badania właściwości transportowych i optoelektronicznych struktur,
- analiza możliwości zastosowań w zakresie detekcji THz,
- rozwinięcie interpretacji wyników,
- redakcja rozdziałów rozprawy doktorskiej.

Semestr VI

- synteza wyników badań eksperymentalnych,
- porównanie wyników z modelami teoretycznymi,
- przygotowanie kolejnych publikacji naukowych,
- strukturyzacja rozprawy doktorskiej.

Semestr VII

- całościowa analiza rezultatów rozprawy doktorskiej,
- redakcja kompletnej wersji rozprawy doktorskiej,
- seminarium podsumowujące dorobek naukowy,
- przygotowanie do złożenia rozprawy.

WARUNKI ZALICZENIA PRZEDMIOTU (KRYTERIA OCENIANIA)

Ocenie podlega ciągła praca doktoranta w każdym semestrze i roku akademickim w zakresie: realizacji badań, poszerzania wiedzy, studiowania literatury, zaangażowania oraz postępów w przygotowaniu rozprawy doktorskiej.

Przedmiot kończy się po każdym semestrze realizacji:

zaliczenie – zal.,

niezaliczony – nzal.

CAŁKOWITY NAKŁAD PRACY DOKTORANTA POTRZEBNY DO OSIĄGNIĘCIA ZAŁOŻONYCH EFEKTÓW W GODZINACH ORAZ PUNKTACH ECTS

Forma aktywności

Średnia liczba godzin na zrealizowanie aktywności

Godziny realizowane w kontakcie bezpośrednim wynikające z programu studiów	7 x 15 godz. – 105 godz.
Inne z udziałem nauczyciela (udział w konsultacjach, egzaminie)	5
Godziny realizowane samodzielnie przez doktoranta (przygotowanie do zajęć, egzaminu, napisanie referatu itp.)	310
SUMA GODZIN	420
SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS*	7 x 2 ECTS – 14 ECTS

LITERATURA

Literatura podstawowa:	1. Sze, S. M., & Ng, K. K. (2007). <i>Physics of Semiconductor Devices</i> (3rd ed.). Hoboken, NJ: Wiley-Interscience. ISBN: 978-0-471-14323-9. 2. Yu, P. Y., & Cardona, M. (2010). <i>Fundamentals of Semiconductors: Physics and Materials Properties</i> (4th ed.). Berlin–Heidelberg: Springer. ISBN: 978-3-642-00709-5. 3. Chuang, S. L. (2009). <i>Physics of Photonic Devices</i> (2nd ed.). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons. ISBN: 978-0-470-29319-5. 4. Herman, M. A., & Sitter, H. (1996). <i>Molecular Beam Epitaxy: Fundamentals and Current Status</i>. Berlin–Heidelberg: Springer. ISBN: 978-3-642-80062-7. 5. Henini, M. (Ed.). (2018). <i>Molecular Beam Epitaxy: From Research to Mass Production</i> (2nd ed.). Oxford: Elsevier. ISBN: 978-0-12-812136-8. 6. Rogalski, A. (2010). <i>Infrared Detectors</i> (2nd ed.). Boca Raton, FL: CRC Press. ISBN: 978-1-4200-7671-4 7. He, L., Becker, C. R., Bicknell-Tassius, R. N., Scholl, S., & Landwehr, G. (1993). Molecular beam epitaxial growth and evaluation of intrinsic and extrinsically doped $\text{Hg}_{0.8}\text{Cd}_{0.2}\text{Te}$ on (100) $\text{Cd}_{0.96}\text{Zn}_{0.04}\text{Te}$. <i>Journal of Applied Physics</i>, 73(7), 3305–3312. https://doi.org/10.1063/1.352979 8. Oehling, S., Ehinger, M., Spahn, W., Waag, A., Becker, C. R., & Landwehr, G. (1996). Mechanisms of molecular beam epitaxial growth of (001) HgTe. <i>Journal of Applied Physics</i>, 79(2), 748–751. https://doi.org/10.1063/1.362682 9. Bajaj, J., Arias, J. M., Zandian, M., Pasko, J. G., Kozlowski, L. J., DeWames, R. E., & Tennant, W. E. (1995). Molecular Beam Epitaxial HgCdTe Material Characteristics and Device Performance: Reproducibility Status. <i>Journal of Electronic Materials</i>, 24(9), pp. 1067-. https://doi.org/10.1007/BF02653055 10. Harrison, P., & Valavanis, A. (2016). <i>Quantum Wells, Wires and Dots: Theoretical and Computational Physics of Semiconductor Nanostructures</i> (4th ed.). Chichester: Wiley. ISBN: 978-1-118-92336-8
Literatura uzupełniająca:	11. Amarasinghe, P. M., Qadri, S. B., & Wijewarnasuriya, P. S. (2015). High Resolution X-ray Diffraction Studies Molecular beam epitaxial growth...Layers on Bulk-Grown CdZnTe Substrate. <i>Journal of Electronic Materials</i>, 44(8), 2762 https://doi.org/10.1007/s11664-015-3695-7 12. Becker, C. R. (2014). <i>Growth and properties of HgTe quantum wells – A topic review</i>. <i>Physica Status Solidi (b)</i>, 251(6), 1125–1132. https://doi.org/10.1002/pssb.201350121 13. Qin, G., Kong, J. C., Yang, J., Ren, Y., Li, Y. H., Li, H. F., Yang, C. Z., Wang, J. Y., Yu, J. Y., Qin, Q., Zhao, J., & Zhao, P. (2023). <i>HgCdTe Films Grown by MBE on CZT(211)B Substrates</i>. <i>Journal of Electronic Materials</i>, 52, 2441–2448. https://doi.org/10.1007/s11664-022-10193-w

	14. Mitin, V., Kochelap, V., & Strosio, M. A. (1999). <i>Quantum Heterostructures: Microelectronics and Optoelectronics</i>. Cambridge: Cambridge University Press. ISBN: 978-0-521-59099-1. 15. Herman, M. A. (1989). <i>Heterozłącza półprzewodnikowe</i>. Warszawa: Wydawnictwa Naukowo-Techniczne (WNT). ISBN: 83-204-1213-5
--	--

*(1 PUNKT ECTS ODPOWIADA OD 25 – 30 GODZIN CAŁKOWITEGO NAKŁADU PRACY DOKTORANTA, POTRZEBNEGO DO OSIĄGNIĘCIA ZAŁOŻONYCH EFEKTÓW)

.....
Data i podpis prowadzącego przedmiotu

.....
Akceptacja Kierownika Jednostki lub osoby upoważnionej