

SYLABUS

DOTYCZY CYKLU KSZTAŁCENIA 2026- 2030

(skrajne daty)

Rok akademicki 2028/2029

1. PODSTAWOWE INFORMACJE O PRZEDMIOCIE

| | |
|---|---|
| Nazwa przedmiotu | Technologie wytwarzania nanowarstw |
| Kod przedmiotu* | |
| Nazwa jednostki prowadzącej kierunek | Wydział Nauk Ścisłych i Technicznych |
| Nazwa jednostki realizującej przedmiot | Wydział Nauk Ścisłych i Technicznych |
| Kierunek studiów | Zarządzanie, materiały i technologie w energetyce |
| Poziom studiów | Studia I stopnia |
| Profil | Ogólnoakademicki |
| Forma studiów | Stacjonarna |
| Rok i semestr/y studiów | rok III, sem. 5 |
| Rodzaj przedmiotu | przedmiot specjalnościowy - Fotowoltaika i ogniwa cienkowarstwowe |
| Język wykładowy | Język polski |
| Koordinator | dr inż. Dawid Jarosz |
| Imię i nazwisko osoby prowadzącej / osób prowadzących | dr inż. Dawid Jarosz |

* -opcjonalnie, zgodnie z ustaleniami w Jednostce

1.1. Formy zajęć dydaktycznych, wymiar godzin i punktów ECTS

| Semestr (nr) | Wykł. | Ćw. | Konw. | Lab. | Sem. | ZP | Prakt. | Inne (jakie?) | Liczba pkt. ECTS |
|--------------|-------|-----|-------|------|------|----|--------|---------------|------------------|
| 5 | 15 | | | 15 | | 15 | | | 5 |

1.2. Sposób realizacji zajęć zajęcia w formie tradycyjnej zajęcia realizowane z wykorzystaniem metod i technik kształcenia na odległość**1.3 Forma zaliczenia przedmiotu (z toku) (egzamin, zaliczenie z oceną, zaliczenie bez oceny)**

Wykład - egzamin

Laboratorium – zaliczenie z oceną

Zajęcia projektowe – zaliczenie z oceną

2. WYMAGANIA WSTĘPNE

Obejmują:

Podstawową wiedzę z chemii i fizyki oraz materiałoznawstwa.

Znajomość podstaw inżynierii materiałowej i procesów technologicznych.

Umiejętności matematyczne i obliczeniowe.

Podstawową znajomość obsługi sprzętu laboratoryjnego i BHP.

Podstawową znajomość języka angielskiego.

Zainteresowanie tematyką nanomateriałów.

3. CELE, EFEKTY UCZENIA SIĘ, TREŚCI PROGRAMOWE I STOSOWANE METODY DYDAKTYCZNE

3.1 Cele przedmiotu

| | |
|----------------|---|
| C ₁ | Przekazanie wiedzy teoretycznej i praktycznej na temat nanomateriałów z szczególnym naciskiem na nanowarstwy: Zrozumienie podstawowych pojęć związanych z metodami wytwarzania nanowarstwy. Poznanie różnych metod wytwarzania nanowarstwy. Zdobywanie wiedzy na temat zastosowań nanowarstw w różnych dziedzinach. |
| C ₂ | Nabycie umiejętności projektowania i optymalizacji nanowarstw w technologii MBE. |
| C ₃ | Nabycie umiejętności wytwarzania nanowarstw w technologii MBE. |
| C ₄ | Rozwój umiejętności laboratoryjnych i analitycznych: Zdobywanie praktycznych umiejętności obsługi sprzętu laboratoryjnego i przestrzegania zasad BHP. Nabycie umiejętności charakteryzacji materiałów za pomocą różnych technik analitycznych (HR-XRD, SEM, AFM, FTIR itp.). Rozwój umiejętności interpretacji i analizy danych eksperymentalnych. |
| C ₅ | Rozwój umiejętności pracy zespołowej i komunikacyjnych: Zdobywanie doświadczenia w pracy w grupie projektowej. Nabycie umiejętności prezentacji wyników badań i dyskusji na temat uzyskanych rezultatów. Rozwój umiejętności współpracy i komunikacji w środowisku akademickim. |
| C ₆ | Przygotowanie do dalszych studiów i kariery zawodowej: Zdobywanie wiedzy i umiejętności niezbędnych do kontynuowania nauki na studiach magisterskich lub doktoranckich w dziedzinie związanej z nanotechnologią. Przygotowanie do pracy w przemyśle, laboratoriach badawczych lub instytucjach naukowych zajmujących się nanomateriałami. |

3.2 Efekty uczenia się dla przedmiotu

| EK (efekt uczenia się) | Treść efektu uczenia się zdefiniowanego dla przedmiotu | Odniesienie do efektów kierunkowych ¹ |
|------------------------|--|--|
| EK_01 | Student ma ogólną wiedzę na temat budowy materii i podstawowych zjawisk fizycznych zachodzących podczas procesów wytwarzania np. proces krystalizacji, proces topnienia. Student zna i rozumie podstawowe pojęcia związane z nanowarstwami i technikami ich wytwarzania. | Wo3 |
| EK_02 | Student w zaawansowanym stopniu zna zagadnienia z zakresu metod i technik wytwarzania oraz obróbki materiałów aby osiągnąć poziom nanowarstw. | Wo6 |
| EK_03 | Student zna dylematy współczesnej cywilizacji w zakresie nowoczesnych technologii, nowoczesnych materiałów, problemów energetyki i zapewnienia energii oraz ochrony środowiska. | W14 |
| EK_04 | Student potrafi pozyskiwać informacje z różnych źródeł, w tym z literatury specjalistycznej i źródeł naukowych oraz baz danych, selekcjonować informacje i dane, interpretować, integrować z posiadaną wiedzą oraz wyciągać wnioski i uzasadniać opinie. | Uo2 |
| EK_05 | Student potrafi właściwie posługiwać się specjalistyczną terminologią naukową i techniczną w zakresie inżynierii nanowarstw, nauk fizycznych, energetyki, zarządzania. | Uo6 |
| EK_06 | Student potrafi posługiwać się metodami i technikami badawczymi, laboratoryjnymi, pomiarowymi, analitycznymi, wykorzystywać metodykę badań eksperymentalnych, krytycznie analizować i interpretować uzyskane wyniki, wyciągać wnioski celem rozwiązania zadań inżynierskich z zakresu inżynierii nanowarstw. | Uo8 |
| EK_07 | Student potrafi dokonać doboru metod, technik i narzędzi symulacji komputerowych i modelowania dla określonych zadań inżynierskich w zakresie inżynierii materiałowej, nauk fizycznych, energetyki, zarządzania. | U10 |
| EK_08 | Student potrafi zaplanować a następnie wdrażać i nadzorować procesy produkcji nanowarstw w technologii MBE. | U12 |
| EK_09 | Student potrafi właściwie planować i organizować pracę dla osiągnięcia zakładanego celu – indywidualnie oraz zespołowo, pracować w zespole przyjmując w nim różne role. | U15 |
| EK_10 | Student rozumie potrzebę krytycznego podejścia do każdego zagadnienia związanego z nanoobiektami. | Ko2 |

¹ W przypadku ścieżki kształcenia prowadzącej do uzyskania kwalifikacji nauczycielskich uwzględnić również efekty uczenia się ze standardów kształcenia przygotowującego do wykonywania zawodu nauczyciela.

| | | |
|--|--|--|
| | Potrafi zbilansować potencjalne zyski i zagrożenia wynikające z zastosowania technologii w skali nano. | |
|--|--|--|

3.3 Treści programowe

A. Problematyka wykładu

| |
|--|
| Treści merytoryczne |
| <p>Wykład rozpocznie się od wprowadzenia do nanotechnologii i budowy nanomateriałów. Podzielone zostaną metody wytwarzania nanomateriałów na te należące do grupy top-down i te z grupy bottom-up. Omówione zostaną techniki: Metoda osadzania warstw atomowych - Atomic Layer Deposition (ALD), Metoda chemicznego osadzania powłok z fazy gazowej - Chemical Vapour Deposition (CVD), Metoda fizycznego osadzania powłok z fazy gazowej - Physical Vapour Deposition (PVD), Rozpylanie z użyciem wiązki elektronów - Electron Beam Physical Vapour Deposition (EB-PVD), Rozpylanie magnetronowe, Osadzanie powłok wspomagane wiązką jonów - Ion Beam Sputter Deposition (IBSD), Osadzanie powłok laserem impulsowym - Pulsed Laser Deposition (PLD), Osadzanie powłok impulsową wiązką elektronów - Pulsed Electron Deposition (PED), Nanoelektroosadzanie, Epitaksjalny wzrost cienkich warstw z wiązek molekularnych - Molecular Beam Epitaxy (MBE), Epitaksjalny wzrost cienkich warstw z fazy gazowej - Vapour Phase Epitaxy (VPE), Epitaksjalny wzrost cienkich warstw z fazy ciekłej - Liquid Phase Epitaxy (LPE), Technologie jonowe.</p> |

B. Problematyka ćwiczeń, konwersatoriów, laboratoriów, zajęć praktycznych

| |
|---|
| Treści merytoryczne |
| <p>Zajęcia projektowe i laboratorium: Studenci skupią się na praktycznym zastosowaniu wiedzy teoretycznej dotyczącej projektowania i wytwarzania struktur epitaksjalnych InAs/GaSb. Studenci zaprojektują procedurę wzrostu, uwzględniając wymagania dotyczące właściwości struktury, wybór materiałów dla technik wzrostu MBE oraz optymalizację parametrów procesu. Następnie przeprowadzą wzrost i charakteryzację wytworzonych struktur za pomocą odpowiednich technik laboratoryjnych. Analiza i interpretacja wyników pozwoli na ocenę jakości i właściwości uzyskanych struktur oraz na identyfikację obszarów do dalszej optymalizacji. Studenci przygotują sprawozdanie z prezentacją wyników, a także wezmą udział w dyskusji na temat wyzwań i możliwości rozwoju w tej dziedzinie. Zajęcia mają na celu rozwój umiejętności projektowych, analitycznych i laboratoryjnych oraz współpracy w grupie.</p> |

3.4 Metody dydaktyczne

wykład z prezentacją multimedialną

zajęcia projektowe (projekt badawczy: Procedura wzrostu SL)

laboratorium: wdrożenie projektu (Wzrost SL w MBE) i opis wyników w formie sprawozdania.

4. METODY I KRYTERIA OCENY

4.1 Sposoby weryfikacji efektów uczenia się

| Symbol efektu | Metody oceny efektów uczenia się (np.: kolokwium, egzamin ustny, egzamin pisemny, projekt, sprawozdanie, obserwacja w trakcie zajęć) | Forma zajęć dydaktycznych (w, ćw, ...) |
|---------------|---|--|
| Ek_01 – EK_05 | Wykład: Egzamin, Obserwacja na zajęciach Projekt: Obserwacja na zajęciach, Pisemna Praca Projektowa, Laboratoria: kolokwium, obserwacja na zajęciach, Sprawozdanie | Wykład, Projekt, Laboratorium |
| Ek_06 – EK_10 | Projekt: Obserwacja na zajęciach, Pisemna Praca Projektowa, Laboratoria: kolokwium, obserwacja na zajęciach, Sprawozdanie | Projekt, Laboratorium |

4.2 Warunki zaliczenia przedmiotu (kryteria oceniania)

Zaliczenie przedmiotu potwierdzi stopień osiągnięcia przez studenta zakładanych efektów uczenia się. Weryfikacja osiąganych efektów uczenia się kontrolowana jest na bieżąco w trakcie realizacji zajęć. Ocena uzyskana z zaliczenia przedmiotu pozwoli ocenić stopień osiągniętych efektów.

Wykład zlicza się na podstawie egzaminu pisemnego i ustnego, po uprzednim zaliczeniu projektu i laboratorium. Projekt jest oceniany na 3.0 jeżeli „skrypt procesowy” jest napisany poprawnie. Projekt jest oceniany na 5.0 jeżeli zawiera ręcznie napisaną część teoretyczną według wzoru. Projekt jest oceniany na 4.0 jeżeli zawiera ręcznie napisaną część teoretyczną według wzoru ale z brakami.

Ocena końcowa z zajęć laboratoryjnych, to średnia arytmetyczna ocen z egzaminu praktycznego, pracy pisemnej to jest sprawozdania i ocena z ustnego kolokwium wejściowego.

Ocena końcowa z Egzaminu, to średnia arytmetyczna ocen z egzaminu pisemnego i egzaminu ustnego.

Przelicznik % odnosi się do oceny końcowej z każdej części przedmiotu:

51%-61% punktów – dostateczny

61%-71% punktów – plus dostateczny dobry

71%-81% punktów – dobry

81%-91% punktów – plus dobry

91%-100% punktów – bardzo dobry

5. CAŁKOWITY NAKŁAD PRACY STUDENTA POTRZEBNY DO OSIĄGNIĘCIA ZAŁOŻONYCH EFEKTÓW W GODZINACH ORAZ PUNKTACH ECTS

| Forma aktywności | Średnia liczba godzin na zrealizowanie aktywności |
|---|---|
| Godziny z harmonogramu studiów | 45 |
| Inne z udziałem nauczyciela akademickiego (udział w konsultacjach, egzaminie) | 10 |
| Godziny niekontaktowe – praca własna studenta (przygotowanie do zajęć, egzaminu, napisanie referatu itp.) | 85 |
| SUMA GODZIN | 140 |
| SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS | 5 |

** Należy uwzględnić, że 1 pkt ECTS odpowiada 25-30 godzin całkowitego nakładu pracy studenta.*

6. PRAKTYKI ZAWODOWE W RAMACH PRZEDMIOTU

| | |
|----------------------------------|-------------|
| wymiar godzinowy | Nie dotyczy |
| zasady i formy odbywania praktyk | Nie dotyczy |

7. LITERATURA

| |
|--|
| Literatura podstawowa: <ol style="list-style-type: none">Wybrane techniki wytwarzania nanomateriałów / Agnieszka Kopia. – Kraków, 2021Podstawy Nanomateriałów i nanotechnologii / Marek Wojnicki – Kraków 2022K. Sangwala, Wzrost kryształów, WSP Częstochowa, 1990J. |
| Literatura uzupełniająca: <ol style="list-style-type: none">Żmija, "Otrzymywanie monokryształów", PWN, 1988. |

Akceptacja Kierownika Jednostki lub osoby upoważnionej