

SYLABUS

DOTYCZY CYKLU KSZTAŁCENIA ..2025-2029...

(skrajne daty)

Rok akademicki 2026/2027

1. PODSTAWOWE INFORMACJE O PRZEDMIOCIE

Nazwa przedmiotu	Mikroskopia elektronowa z nanolitografią
Kod przedmiotu*	
nazwa jednostki prowadzącej kierunek	Wydział Nauk Ścisłych i Technicznych
Nazwa jednostki realizującej przedmiot	Wydział Nauk Ścisłych i Technicznych, Instytut Inżynierii materiałowej
Kierunek studiów	Nanotechnologia
Poziom studiów	studia pierwszego stopnia
Profil	ogólnoakademicki
Forma studiów	studia stacjonarne
Rok i semestr/y studiów	II rok/ IV semestr
Rodzaj przedmiotu	Przedmiot kierunkowy
Język wykładowy	Język polski
Koordinator	Dr Dariusz Płoch
Imię i nazwisko osoby prowadzącej / osób prowadzących	Dr Dariusz Płoch, Dr inż. Ewa Bobko

* -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
IV	15			15		15			4

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)

Egzamin

2. WYMAGANIA WSTĘPNE

Zaliczenie przedmiotów: Metody mikroskopowe w nanotechnologii; Nanopreparatyka

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

3.1 Cele przedmiotu

C1	Nabycie wiedzy o możliwościach badawczych współczesnej skaningowej mikroskopii elektronowej w różnych zastosowaniach, począwszy od obrazowania, przez określenie składu chemicznego po modyfikację struktury badanego materiału
----	---

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 posiada wiedzę z zakresu mikroskopii elektronowej, zastosowania jej w technologii wytwarzania nowoczesnych materiałów oraz w zakresie metodyki badań struktury i własności fizycznych	K_Wo2
EK_02	Student posiada wiedzę a z zakresu budowy i własności materiałów inżynierskich i nanomateriałów możliwych do weryfikacji i modyfikacji z wykorzystaniem mikroskopii elektronowej	K_Wo4
EK_03	Student zna wybrane metody oceny własności fizyko-chemicznych i mechanicznych, w tym mikroskopię elektronową, a także ma wiedzę o materiałach, produktach i procesach stosowanych w przemyśle wytwarzania materiałów lub nanomateriałów	K_Wo10
EK_04	Student potrafi posługiwać się typowymi narzędziami informatycznymi dedykowanymi do programowania, projektowania, modelowania i symulacji komputerowych związanymi z mikroskopią elektronową oraz nanolitografią	K_Uo1
EK_05	Student potrafi przygotować prace i opracowania pisemne oraz wystąpienia ustne, w języku polskim lub angielskim, związane z zagadnieniami mikroskopii elektronowej	K_Uo3
EK_06	Student jest gotów do podnoszenia swoich kwalifikacji w zakresie nowoczesnych technologii, w szczególności nanotechnologii oraz rozumie potrzebę ciągłego kształcenia w tym zakresie	K_Ko1

3.3 Treści programowe

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

A. Problematyka wykładu

Wprowadzenie do sposobów i metod badania struktury materiałów. Istota eksperymentu badań oraz jego warianty: mikroskopia, dyfrakcja, spektroskopia; określone obszary wykorzystania metod badania struktury materiałów; opis struktury, określenie struktury kryształów, określenie składu chemicznego;
Transmisyjna mikroskopia elektronowa. Zdolność rozdzielcza, kontrast dyfrakcyjny, mikroskopia wysokorozdzielcza, budowa, soczewki dla wiązki elektronowej, błędy soczewek elektronowych.
Skaningowy mikroskop elektronowy. Podstawowe pojęcia: rozdzielczość, kontrast obrazu, głębokość ostrości, budowa i zasada działania, ograniczenia SEM.
Spektroskopia energodispersyjna EDS oraz WDS. Dokładność pomiarów, ograniczenia metod, wykorzystanie wzorców do określenia składu ilościowego
Elementy fotolitografii. Fotolitografia maskowa i bezmaskowa. Aparatura wykorzystywana w badaniach. Reżimy czystości (clean room). Odczynniki chemiczne. Limity wykorzystania fotolitografii
Nanolitografia elektronowa i jonowa. Aparatura wykorzystywana w badaniach. Zasada działania nanowritera.
Systemy sterujące w nanolitografii, Zewnętrzne generatory skanowania. Edytory wzorów nanolitograficznych Raith, Nanomaker.
Mikroskopia AFM w tworzeniu wzorów litograficznych

B. Problematyka ćwiczeń, konwersatoriów, laboratoriów, zajęć praktycznych

Wykorzystanie mikroskopii SEM w nanolitografii
Przygotowanie plików wsadowych GDSII za pomocą różnych programów.
Nanoszenie emulsji światło i elektrono-czułych. Wykorzystanie wirówki (spin coater) i płyty grzewczej (hot plate) w procesie litografii
Wykorzystanie mikroskopii AFM w tworzeniu wzorów litograficznych

C. Problematyka zajęć projektowych

W ramach zajęć projektowych studenci planują i wykonują prosty proces litograficzny dostosowany do wybranego przez siebie nanomateriału. Prace nad projektem obejmują: wybór materiału wyjściowego, przygotowanie odpowiedniego wzoru, przeprowadzenie procesu maskowania dobór właściwych parametrów naświetlania oraz proces chemicznego trawienia. Efekt końcowy powinien być zweryfikowany z wykorzystaniem odpowiednich technik mikroskopowych.
--

3.4 Metody dydaktyczne

Np.:

Wykład: wykład problemowy, wykład z prezentacją multimedialną, metody kształcenia na odległość

Ćwiczenia: analiza tekstów z dyskusją, metoda projektów (projekt badawczy, wdrożeniowy, praktyczny), praca w grupach (rozwiązywanie zadań, dyskusja), gry dydaktyczne, metody kształcenia na odległość

Laboratorium: wykonywanie doświadczeń, projektowanie doświadczeń

Wykład: wykład z prezentacją multimedialną

Laboratorium: wykonywanie doświadczeń

Zajęcia projektowe projektowanie doświadczeń

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	kolokwium, sprawozdanie, obserwacja w trakcie zajęć, egzamin	lab, wykład, zaj. projektowe
EK_02	kolokwium, sprawozdanie, obserwacja w trakcie zajęć, egzamin	lab, wykład, zaj. projektowe
EK_03	kolokwium, sprawozdanie, obserwacja w trakcie zajęć, egzamin	lab, wykład, zaj. projektowe
EK_04	kolokwium, sprawozdanie, obserwacja w trakcie zajęć, egzamin	lab, wykład, zaj. projektowe
EK_05	kolokwium, sprawozdanie, obserwacja w trakcie zajęć, egzamin	lab, wykład, zaj. projektowe
EK_06	obserwacja w trakcie zajęć	lab, zaj. projektowe

4.2 Warunki zaliczenia przedmiotu (kryteria oceniania)

Zaliczenie przedmiotu potwierdzi stopień osiągnięcia przez Studenta zakładanych efektów uczenia się.

Weryfikacja osiągniętych efektów uczenia się kontrolowana jest na bieżąco w trakcie przeprowadzenia zajęć.

Końcowa ocena będzie odzwierciedleniem stopnia osiągniętych efektów.

Weryfikacja efektów uczenia się z wiedzy i umiejętności przekazanej przez nauczyciela odbywać się będzie przez kolokwia, sprawozdania, krótkie testy wejściowe, udział w dyskusji, oraz egzamin końcowy. Sprawdzenie efektów uczenia się zajęć bez udziału nauczyciela odbywać się będzie poprzez ocenę przygotowania studenta do ćwiczeń laboratoryjnych. Weryfikacja kompetencji społecznych odbywać się będzie poprzez aktywność na zajęciach i udział w dyskusji.

Wykład: Egzamin pisemny
 Laboratorium: Po każdej części materiału student wykonuje praktyczne ćwiczenia, oceniane przez prowadzącego. Ocena końcowa jest średnią arytmetyczną z ocen częściowych uzyskanych ze sprawozdań oraz kolokwii wejściowych:
 Zajęcia projektowe: Ocena końcowa ze złożonego raportu badań.
 Sposób obliczenia ocen:
 dst. (51-60)% pkt.
 +dst (61-70)% pkt.
 db (71-80)% pkt.
 +db (81-90)% pkt.
 bdb (91-100)% pkt.

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)	2
Godziny niekontaktowe – praca własna studenta (przygotowanie do zajęć, egzaminu, napisanie referatu itp.)	53
SUMA GODZIN	100
SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS	4

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

6. PRAKTYKI ZAWODOWE W RAMACH PRZEDMIOTU

wymiar godzinowy	nd
zasady i formy odbywania praktyk	nd

7. LITERATURA

Literatura podstawowa:

- [1] A. Barbacki, Mikroskopia elektronowa, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, 2007r.
- [2] Nanotechnologie, Red. nauk. R.W. Kelsall, I.W. Hamley, M. Geoghegan, tł. .pol. pod red. K. Kurzydłowskiego, PWN, 2008.
- [3] R. Howland, L. Benatar, Mikroskopy ze skanującą sondą, Warszawa 2002r
- [4] A. Korkin, E. Gusev, J. Labanowski, S. Luryi, Nanotechnology for Electronic Materials and Devices, Springer , 2007r.

- | |
|--|
| <p>[5] Ch. Papadopoulos, Nanofabrication, Principles and Applications, Springer, 2016r.</p> <p>[6] Nanoeducator II, Instruction Manual, NT-MDT, 2011r.</p> <p>[7] Nanoeducator Scanning Probe Microscope, Instruction Manual, NT-MDT, 2008r.</p> |
| Literatura uzupełniająca: |

Akceptacja Kierownika Jednostki lub osoby upoważnionej

