

SYLABUS

DOTYCZY CYKLU KSZTAŁCENIA 2022-2024

(skrajne daty)

Rok akademicki 2023/2024

1. PODSTAWOWE INFORMACJE O PRZEDMIOCIE

Nazwa przedmiotu	Metody wytwarzania warstw epitaksjalnych
Kod przedmiotu*	
Nazwa jednostki prowadzącej kierunek	Kolegium Nauk Przyrodniczych
Nazwa jednostki realizującej przedmiot	Kolegium Nauk Przyrodniczych
Kierunek studiów	Inżynieria materiałowa
Poziom studiów	studia drugiego stopnia
Profil	ogólnoakademicki
Forma studiów	stacjonarne
Rok i semestr/y studiów	II rok, 3 semestr
Rodzaj przedmiotu	specjalnościowy
Język wykładowy	polski
Koordinator	dr inż. Iwona Rogalska
Imię i nazwisko osoby prowadzącej / osób prowadzących	dr inż. Iwona Rogalska

* -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 (projekt)	Liczba pkt. ECTS
3	30			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)**

Wykład – egzamin

Laboratorium – zaliczenie z oceną

Projekt – zaliczenie z oceną

2. WYMAGANIA WSTĘPNE

Ukończony kurs: ciała stałego, mechaniki kwantowej, podstaw chemii (lub pokrewnych)

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

3.1 Cele przedmiotu

C ₁	Zapoznanie studentów z najbardziej nowoczesnymi metodami wytwarzania warstw epitaksjalnych skończonym wymiarze stosowanymi we współczesnej elektronice i nanotechnologii.
----------------	---

3.2 Efekty uczenia się dla przedmiotu

EK (efekt uczenia się)	Treść efektu uczenia się zdefiniowanego dla przedmiotu	Odniesienie do efektów kierunkowych
EK_01	Student ma wiedzę z zakresu modelowania funkcjonalności nowych materiałów, technologii ich wytwarzania oraz metod oceny własności budowy i struktury materii.	K_Wo2 K_Wo3 K_Wo6 K_Wo8
EK_02	Student potrafi przygotowywać opracowania i prezentacje ustne dotyczące projektowania funkcjonalności materiałów, oceny ich przydatności oraz sposobów wytwarzania i charakteryzacji. Potrafi określić kierunki rozwoju i trendy zmian oraz zagrożenia. Potrafi zaplanować przebieg prac eksperymentalnych.	K_Uo6 K_Uo8 K_U12
EK_03	Student rozumie potrzebę zwiększania własnych kompetencji oraz potrzebę pracy zespołowej dla uzyskania efektu synergii. Potrafi działać kreatywnie, rozumie zasady etyki i odnajduje swoje miejsce i rolę w zespole.	K_Ko2

3.3 Treści programowe

A. Problematyka wykładu

Treści merytoryczne:

Metody wytwarzania i pomiaru wysokiej i ultra wysokiej próżni

- Fizyczne podstawy technologii wysokiej próżni
- Oddziaływanie jonów i elektronów z powierzchnią ciała stałego
- Wytwarzanie próżni – pompy, rodzaje pomp
- Pomiar ciśnienia - próżniomierze
- Inne elementy próżniowe
- Przykłady konstrukcji współczesnych układów próżniowych laboratoryjnych i przemysłowych przystosowanych do osadzania warstw i analiz powierzchniowych .

Analiza gazów resztkowych

Metody osadzania warstw z wykorzystaniem technologii próżniowej

- Kinetyka wzrostu warstw
- Warstwy epitaksjalne
- Dobór odpowiedniego podłoża dla warstw epitaksjalnych
- Wykorzystanie surfaktantów
- Rozpylanie jonowe (sputtering)
- Naparowanie próżniowe
- CVD (Chemical vapor deposition)

Osadzanie metodą MOVPE (Metal Organic Vapor Phase Epitaxy - epitaksja z fazy gazowej z użyciem związków metaloorganicznych)

- Mechanizm wzrostu warstw epitaksjalnych metodą MOVPE.
- Zależność szybkości wzrostu od czasu osadzania warstwy $v=f(t)$
- Epitaksja selektywna oraz epitaksja na profilowanym podłożu

Techniki pomiaru właściwości powierzchniowych warstw epitaksjalnych

- Mikroskopia skaningowa (STM, AFM, MFM)
- Mikroskopy elektronowe (SEM, TEM)
- Analiza za pomocą spektrometrii masowej (TOF-SIMS)
- Spektroskopia fotoelektronów (XPS)
- Rentgenowska analiza fluorescencyjna XRF (pomiar składu i grubości cienkich warstw)

Reflektometria rentgenowska (pomiar grubości warstw oraz periodu modulacji w strukturach wielowarstwowych)

B. Problematyka ćwiczeń laboratoryjnych

Treści merytoryczne:

Hodowanie warstwy epitaksjalnej metodą MBE

1. Zachowanie w pokojach czystych- instrukcja wymogi
2. Zaplanowanie najprostszej struktury epitaksjalnej (jedno lub dwuwarstwowej)
3. Uczestnictwo w procesie hodowania warstwy

Badanie własności warstwy

Zbadanie parametrów fizycznych wyhodowanej warstwy za pomocą dwu technik wybranych z niżej podanych (7 godz. na jedną technikę):

- Mikroskopia skaningowa STM
- Mikroskopia skaningowa AFM
- Mikroskopia elektronowe SEM
- Mikroskopia elektronowe TEM
- Analiza za pomocą spektrometrii masowej (TOF-SIMS)

Reflektometria rentgenowska

C. Problematyka zajęć projektowych

Treści merytoryczne:

Zaprojektowanie i wyhodowanie heterostruktury na bazie związków z grupy II-VI
Zaprojektowanie i wyhodowanie heterostruktury na bazie związków z grupy III-V
(do wyboru)

3.4 Metody dydaktyczne

Wykład: wykład z prezentacją multimedialną

Laboratorium: wykonywanie doświadczeń, analiza danych

Zajęcia projektowe: przygotowywanie projektów, praca w grupach.

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	Egzamin, sprawozdania, projekt, obserwacje w trakcie zajęć	W, Lab., Zaj. proj.
EK_02	Egzamin, sprawozdania, projekt, obserwacje w trakcie zajęć	W, Lab., Zaj. proj.
EK_03	Egzamin, sprawozdania, projekt, obserwacje w trakcie zajęć	W, Lab., Zaj. proj.

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 realizacji zajęć. Ocena uzyskana z zaliczenia przedmiotu pozwoli ocenić stopień osiągniętych efektów. Weryfikacja efektów uczenia się z wiedzy i umiejętności przekazanej przez nauczyciela odbywać się poprzez kolokwia, sprawozdania, aktywność na zajęciach i udział w dyskusji. Weryfikacja efektów uczenia się zajęć bez udziału nauczycieli odbywać się będzie na podstawie oceny z przygotowania studenta do ćwiczeń laboratoryjnych oraz na egzaminie końcowym. Weryfikacja kompetencji społecznych odbywać się będzie poprzez aktywność na zajęciach i udział w dyskusji.

Warunkiem koniecznym uzyskania oceny pozytywnej z przedmiotu jest wykazanie się wiedzą oraz umiejętnościami, które sprawdzane są na pisemnym egzaminie, ustnie podczas wykonywania ćwiczeń laboratoryjnych, a także na podstawie wykonanego projektu.

Wykład – egzamin (pisemny).

Projekt – opracowanie i oddanie projektu.

Laboratorium:

Po każdej części materiału student wykonuje praktyczne ćwiczenia, które są oceniane przez prowadzącego laboratorium.

Ocena końcowa jest średnią arytmetyczną z ocen cząstkowych, przy czym student musi pozytywnie zaliczyć każdą część materiału

dost. (51 - 60)% pkt,

+dost. (61 - 70)% pkt,

dobry (71 - 80)% pkt,

+dobry (81 - 90)% 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 kontaktowe wynikające z harmonogramu studiów	60
Inne z udziałem nauczyciela akademickiego (udział w konsultacjach, egzaminie)	3
Godziny niekontaktowe – praca własna studenta (przygotowanie do zajęć, egzaminu, napisanie referatu itp.)	62
SUMA GODZIN	125
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

<p>Literatura podstawowa:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Harbison J.P., Molecular Beam Epitaxy, w: Concise Encyclopedia of Semiconducting Materials&Related Technologies, ed. Mahajan S. and Kimerling L.C., Pergamon Press, 1992 – udostępnia prowadzący 2. Herman M.A., Sitter H., Molecular Beam Epitaxy, Springer-Verlag, 1989, 3. Panish M.B., Temkin H., Gas Source Molecular Beam Epitaxy, Springer-Verlag, 1993 – udostępnia prowadzący 4. Leys M.R., Chemtronics, 2, 1987, s.155 – udostępnia prowadzący 5. np. Stringfellow G.B., Organometallic Vapor Phase Epitaxy: Theory and Practice, Academic Press, Boston 1989, Stringfellow G.B., J.Cryst.Growth, 137, 1994, s.212 – udostępnia prowadzący 6. Ludowise M.J., J.Appl.Phys., 1985, 58, s.R31 – udostępnia prowadzący 7. Doi A. i in., Jpn.J.Appl.Phys., 27, 1988, s.795 – udostępnia prowadzący 8. B. Mroziewicz i in., Lasery półprzewodnikowe, PWN, Warszawa 1985, s.74-99 – udostępnia prowadzący 9. M. Tłaczała, Epitaksja MOVPE w technologii heterostruktur związków AIII BV, Oficyna Wydawnicza P.Wr., 2002 – udostępnia prowadzący
<p>Literatura uzupełniająca:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Lum R.M..i in., J.Appl.Phys., 64, 1988, s.6727, Razeghi M, The MOCVD Challenge, Volume – udostępnia prowadzący

1. A Survey of GaInAsP-InP for Photonic and Electronic Applications: Adam Hilger, Bristol and Philadelphia, 1989 – udostępnia prowadzący
2. Publikacje: Korbutowicz R. i in., Elektronika 1988, R.29, z.7, s.7; Helak Z. i in., Mater. IV Konf. Nauk. Technol.Elektron., Książ 1990, Prace Nauk. ITE PWr. 40, K.11, s.330 – udostępnia prowadzący
3. Tłaczała M. i in., Proc. 3rd Europ. Conf. on Cryst. Growth, Budapest 5-11.05.1991, Trans. Tech. Publ., 36-8, 1991, s. 530, Cryst. Prop. & Prep., Switzerland – udostępnia prowadzący
4. S.Patela i in., Trans.Tech.Univ. Kosice 1993, 3, No.1, s.110, w: 15-th ISSE '92, Herl'any, CSFR – udostępnia prowadzący

Akceptacja Kierownika Jednostki lub osoby upoważnionej