

SYLABUS

DOTYCZY CYKLU KSZTAŁCENIA 2021-2023

(skrajne daty)

Rok akademicki 2022/2023

1. PODSTAWOWE INFORMACJE O PRZEDMIOCIE

Nazwa przedmiotu	Półprzewodnikowe struktury kwantowe
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, 2 semestr
Rodzaj przedmiotu	specjalnościowy
Język wykładowy	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
2	15			30					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)

Wykład – egzamin

Laboratorium – zaliczenie z oceną

2. WYMAGANIA WSTĘPNE

Elementarna wiedza z fizyki ogólnej, fizyki kwantowej oraz fizyki ciała stałego; elementarna wiedza z chemii i matematyki.

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

3.1 Cele przedmiotu

C1	Zapoznanie studentów z możliwymi półprzewodnikowymi strukturami kwantowymi oraz doświadczalnymi manifestacjami związanymi z obniżeniem ich wymiarowości. Omawiane są techniki ich otrzymywania, zachodzące w nich procesy i sposoby wykorzystania. Ponadto omawiane są metody opisu ich struktury elektronowej, własności optycznych, transportowych i magnetycznych.
----	---

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 zna i rozumie podstawy heterozłączy, studni kwantowych, drutów kwantowych i kropek kwantowych oraz grafenu i nanorurek węglowych. Rozumienie pojęcia "kwantowego efektu rozmiarowego". Posiada wiedzę o podstawowych metodach opisu struktury elektronowej takich układów oraz wiedzę o wpływie zewnętrznych pól na tę strukturę, a także wiedzę o obecnych i przyszłych zastosowaniach nanostruktur półprzewodnikowych. Zna podstawowe pojęcia z zakresu struktury nanomateriałów, ich syntezy oraz metod ich analizy	K_Wo1
EK_02	Student zna i rozumie mechanizmy i metody syntezy podstawowych nanomateriałów, podział nanomateriałów w oparciu o ich cechy strukturalne oraz posiada wiedzę w zakresie powiązań parametrów cząsteczkowych z właściwościami fizycznymi materiałów (MTW K_Wo5). W szczególności, posiada wiedzę na temat metod wytwarzania studni, drutów i kropek kwantowych oraz na temat ich właściwości elektrycznych i optycznych.	K_Wo2
EK_03	Student umie przygotować esej, sprawozdanie lub prezentację z uzyskanych wyników oraz skutecznie dyskutować na tematy z dziedziny struktur o obniżonej wymiarowości	K_Uo3
EK_04	Student umie analizować i interpretować uzyskane wyniki w celu poprawy procesu technologicznego.	K_Uo5
EK_05	Student umie dobrać metody charakteryzacji wytworzonych supersieci w celu poprawy procesu technologicznego	K_Uo6

EK_o6	Student umie ocenić zagrożenie i przewidzieć możliwe efekty podczas prowadzonego procesu technologicznego	K_Uo8
EK_o7	Student umie przygotować procedurę wzrostu Supersieci dla procesu MBE	K_U10
EK_o8	Student zna ograniczenia własnej wiedzy i rozumie potrzebę dalszego kształcenia i doskonalenia zawodowego z zakresu nowoczesnych technologii półprzewodnikowych	K_Ko1
EK_o9	Student rzetelnie podchodzi do powierzonych zadań i korzystając z dostępnych źródeł uwzględnia ich pochodzenie	K_Ko3
EK_10	Student umie zaplanować kolejność wykonywania poszczególnych etapów procesu w celu optymalizacji czasu pracy	K_Ko4
EK_11	Student aktywnie dyskutuje na zajęciach na zadany temat oraz zachowuje otwartość na argumenty innych przy dyskusjach w grupie	K_Ko5

3.3 Treści programowe

A. Problematyka wykładu

Treści merytoryczne:

Przegląd półprzewodnikowych struktur kwantowych i metod ich wytwarzania takich jak: studnie kwantowe, supersieci, druty, kropki, nanokryształy. Doświadczalna manifestacja zredukowanej wymiarowości struktur półprzewodnikowych w widmach optycznych i właściwościach elektrycznych i transportowych. Fizyka pojedynczego złącza.

- a. złącze metal-półprzewodnik.
- b. heterozłącze półprzewodnikowe.

Gęstość stanów w układach o różnej wymiarowości.

Przegląd metod teorii ciała stałego stosowanych do opisu struktury energetycznej układów o obniżonej wymiarowości takich jak: metoda ciasnego wiązania i model efektywnych orbitali wiążących

oraz metoda kp i przybliżenie funkcji obwiedni.

Struktura energetyczna studni kwantowych i supersieci.

- a. model jednopasmowy
- b. modele wielopasmowe
- c. pojęcie podpasm i minipasm
- d. opis naprężeń

Domieszkowane studnie kwantowe

- a. rzeczywisty gaz kwazi-dwuwymiarowy
- b. lasery na studniach kwantowych

Inne struktury półprzewodnikowe

Opis przejść optycznych w studniach kwantowych.

Własności elektryczne struktur niskowymiarowych takich jak:

- a. rezonansowe tunelowanie

b. oscylacje Blocha; efekt Starka
 Domieszki i ekscytyny w układach niskowymiarowych.
 Wpływ pola magnetycznego - kwantowy efekt Halla.
 Elektronika pojedynczego elektronu.
 a. blokada kulombowska
 b. tranzystor jednoelektronowy

B. Problematyka ćwiczeń laboratoryjnych

Treści merytoryczne:

Krystalizacja warstw epitaksjalnych: pojęcia i problemy podstawowe. Epitaksja z wiązek molekularnych Supersieci: InAs / GaSb. Metody charakteryzacji wytworzonych Supersieci InAs/GaSb np. AFM, SEM, HR-XRD, FTIR, RAMAN itp. Struktury kwantowe typu Supersieci (SL). Analiza i interpretacja wyników oraz projektowanie procesu wzrostu MBE dla struktury typu SL.

3.4 Metody dydaktyczne

Wykład: wykład z prezentacją multimedialną

Laboratorium: wykonywanie doświadczeń, praca w grupach, analiza uzyskanych rezultatów.

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, kolokwium, prace pisemne, obserwacja w trakcie zajęć	W, Lab.
EK_02	egzamin, kolokwium, prace pisemne, obserwacja w trakcie zajęć	W, Lab.
EK_03	egzamin, kolokwium, prace pisemne, obserwacja w trakcie zajęć	W, Lab.
EK_04	obserwacja w trakcie zajęć	Lab.
EK_05	obserwacja w trakcie zajęć	Lab.
EK_06	obserwacja w trakcie zajęć	Lab.
EK_07	prace pisemne, obserwacja w trakcie zajęć	Lab.
EK_08	egzamin, kolokwium, prace pisemne, obserwacja w trakcie zajęć	W, Lab.
EK_09	prace pisemne	Lab.
EK_10	obserwacja w trakcie zajęć	Lab.
EK_11	obserwacja w trakcie zajęć	Lab.

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 egzamin, kolokwium, prace pisemne, udział w dyskusji. Sprawdzenie efektów dla zajęć bez udziału nauczyciela odbywać się będzie poprzez ocenę przygotowania studenta do ćwiczeń laboratoryjnych, egzamin, prace pisemne, aktywność w trakcie zajęć i podczas dyskusji. Weryfikacja kompetencji społecznych odbywać się będzie poprzez aktywność na zajęciach i udział w dyskusji.

Forma zaliczenia: egzamin

Do egzaminu można przystąpić po uzyskaniu zaliczenia z laboratorium.

Egzamin jest egzaminem pisemnym.

Laboratorium: zaliczenie z oceną

Warunkiem zaliczenia jest: uzyskanie oceny z wiedzy i przygotowania merytorycznego do ćwiczeń, zaliczenie sprawozdań z ćwiczeń. Ocena końcowa jest średnią z ocen cząstkowych.

Stosowana skala oceniania:

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 kontaktowe wynikające z harmonogramu studiów	45
Inne z udziałem nauczyciela akademickiego (udział w konsultacjach, egzaminie)	4
Godziny niekontaktowe – praca własna studenta (przygotowanie do zajęć, egzaminu, napisanie referatu itp.)	51
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	Nie dotyczy
zasady i formy odbywania praktyk	Nie dotyczy

7. LITERATURA

Literatura podstawowa: 1. R. Kelsall, I. Hamley, M. Geoghegan, Nanotechnologie, PWN 2009 2. K. Sierański, M. Kubisa, J. Szatkowski, J. Misiewicz, Półprzewodniki i struktury półprzewodnikowe, OW PWr., 2002 3. C. Weisbuch, B. Vinter, Quantum semiconductor structures, AP 1991 4. G. Bastard, Wave mechanics applied to semiconductor heterostructures, LEP, Francja 1988 5. V. Neverov, A. Titov, Fizyka struktur niskowymiarowych, Ural. GU, Ekaterinburg., 2008
Literatura uzupełniająca: 1. K. Kurzydłowski, (Red.): Nanotechnologie, PWN, Warszawa., 2008

Akceptacja Kierownika Jednostki lub osoby upoważnionej