



Nanotechnologia: badanie właściwości, metody wytwarzania i strukturyzacji układów cienkowarstwowych w nanoskali

Sylabus zajęć

Informacje podstawowe

Kierunek studiów Fizyka	Cykl dydaktyczny 2023/24
Specjalność INFORMACJA KWANTOWA I SPINTRONIKA	Kod zajęć 04FIZIKSS.22KU.05746.23
Jednostka organizacyjna Wydział Fizyki	Języki wykładowe polski
Poziom studiów studia drugiego stopnia	Obligatoryjność Fakultatywny
Forma studiów studia stacjonarne	Blok zajęciowy Przedmioty kierunkowe uzupełniające
Profil studiów profil ogólnoakademicki	
Koordinator zajęć	Anna Dyrdał
Prowadzący zajęcia	Anna Dyrdał
Okres Semestr 2	Forma zajęć / liczba godzin / forma zaliczenia • Wykład: 30, Egzamin • Laboratorium: 15, Zaliczenie z oceną
	Liczba punktów ECTS 4

Cele kształcenia dla zajęć

Kod	Cel
C1	Zapoznanie studentów z technologią wysokiej i ultrawysokiej próżni
C2	Przekazanie wiedzy z zakresu wytwarzania układów warstwowych (układów dwuwymiarowych)
C3	Zapoznanie studentów z metodami badania własności cienkich warstw i nanostruktur

Efekty uczenia się dla zajęć

Kod	Efekty uczenia się dla zajęć w zakresie	Efekty uczenia się dla kierunku	Metody weryfikacji osiągnięcia efektów uczenia się dla zajęć
Wiedzy - Student/ka:			
W1	posiada podstawową wiedzę w zakresie: technologii próżniowej, metod wytwarzania cienkich warstw i nanostruktur oraz charakteryzacji ich właściwości fizycznych	FIZ_K2_W01, FIZ_K2_W02, FIZ_K2_W04	Egzamin ustny, Raport
W2	potrafi wyjaśnić zalety i określić specyfikę różnych metod osadzania warstw (struktur dwuwymiarowych)	FIZ_K2_W01, FIZ_K2_W02, FIZ_K2_W04	Egzamin ustny, Raport
W3	potrafi określić parametry procesu wpływające na strukturę warstw wytwarzanych różnymi metodami	FIZ_K2_W01, FIZ_K2_W02, FIZ_K2_W04	Egzamin ustny, Raport
W4	potrafi wyjaśnić podstawy fizyczne podstawowych metod (stosowanych w badaniach układów o ograniczonej wymiarowości) analizy struktury i składu chemicznego	FIZ_K2_W01, FIZ_K2_W02, FIZ_K2_W04	Egzamin ustny, Raport
W5	potrafi określić podstawowe metody strukturyzacji wraz z wyjaśnieniem ograniczeń dla poszczególnych metod	FIZ_K2_W01, FIZ_K2_W02, FIZ_K2_W04	Egzamin ustny, Raport
Umiejętności - Student/ka:			
U1	potrafi korzystać z nabytej wiedzy w zakresie: technologii próżniowej, metod wytwarzania cienkich warstw i nanostruktur oraz charakteryzacji ich właściwości fizycznych	FIZ_K2_U01, FIZ_K2_U02, FIZ_K2_U03	Raport
U2	potrafi zaproponować konfigurację aparatury próżniowej dla określonych zastosowań	FIZ_K2_U01, FIZ_K2_U03	Egzamin ustny, Raport

Treści programowe dla zajęć

Lp.	Treści programowe dla zajęć	Efekty uczenia się dla zajęć	Formy zajęć
1.	Fizyczne podstawy technologii wysokiej i ultrawysokiej próżni Oddziaływanie jonów i elektronów z powierzchnią ciała stałego	W1	Wykład, Laboratorium
2.	Wytwarzanie próżni - pompy Pomiar ciśnienia - próżniomierze Inne elementy próżniowe Przykłady konstrukcji współczesnych układów próżniowych	W1, U2	Wykład, Laboratorium
3.	Wzrost warstw, parametry i etapy procesu, mody wzrostu Warstwy epitaksjalne, dobór podłoża Wpływ temperatury podłoża, ciśnienia i szybkości osadzania na strukturę warstw	W1, W2, U1	Wykład, Laboratorium
4.	Metody wytwarzania cienkich warstw (Rozpylanie jonowe, MBE, PLD, CVD, ALD)	W1, W2, W3, W5, U1, U2	Wykład, Laboratorium
5.	Charakteryzacja właściwości fizycznych nanostruktur (pomiary właściwości elektrycznych i magnetycznych, pomiar grubości)	W1, W4, U1	Wykład, Laboratorium

Lp.	Treści programowe dla zajęć	Efekty uczenia się dla zajęć	Formy zajęć
6.	Kontrola składu (EDS, XRF, AES, XPS, UPS, ARXPS, RBS, EELS) i struktury warstwy wierzchniej (LEED, RHEED)	W1, W4, U1	Wykład
7.	Mikroskopy (SEM, TEM, STM, AFM, MFM)	W1, W4, W5, U1	Wykład, Laboratorium
8.	Strukturyzacja topologiczna (fotolitografia, litografia elektronowa, litografia jonowa)	W1, W3, W5, U1	Wykład, Laboratorium
9.	Strukturyzacja magnetyczna	W1, W3, W5, U1	Wykład
10.	Zastosowanie nanostruktur magnetycznych	W1	Wykład

Informacje dodatkowe

Forma zajęć	Metody i formy prowadzenia zajęć
Wykład	Wykład z prezentacją multimedialną wybranych zagadnień
Laboratorium	Metoda laboratoryjna

Forma zajęć	Warunki zaliczenia zajęć
Wykład	Egzamin ustny - student/ka otrzymuje 3 pytania otwarte. Za każde pytanie można uzyskać maksymalnie 4pkt. Warunkiem zaliczenia egzaminu jest uzyskanie przynajmniej 50% punktów za odpowiedzi na pytania egzaminacyjne. Kryteria oceny: bardzo dobry (5,0): 90-100% możliwych punktów dobry plus (4,5): 80-89% możliwych punktów dobry (4,0): 70 - 79% możliwych punktów dostateczny plus (3,5): 60-69% możliwych punktów dostateczny (3,0): 50-59% możliwych punktów niedostateczny (2,0): 0-49% możliwych punktów
Laboratorium	Warunkiem zaliczenia jest pozytywna ocena z raportów z każdego ćwiczenia. Kryteria oceny: bardzo dobry (5,0): 90-100% możliwych punktów dobry plus (4,5): 80-89% możliwych punktów dobry (4,0): 70 - 79% możliwych punktów dostateczny plus (3,5): 60-69% możliwych punktów dostateczny (3,0): 50-59% możliwych punktów niedostateczny (2,0): 0-49% możliwych punktów

Literatura

Obowiązkowa

1. Andrzej Hałas „Technologia wysokiej próżni”
2. Andrzej Oleś „Metody doświadczalne fizyki ciała stałego” WNT 1998
3. W. R. Fahrner “Nanotechnology and Nanoelectronics”, Springer-Verlag, 2005
4. C. Dupas (ed.) Nanoscience, Nanotechnologies and Nanophysics (Springer 2007)

Nakład pracy studenta i punkty ECTS

Rodzaje zajęć studenta	Średnia liczba godzin* przeznaczonych na zrealizowane rodzaje zajęć

Wykład	30
Przygotowanie do zajęć	15
Czytanie wskazanej literatury	15
Przygotowanie raportu	20
Przygotowanie do egzaminu	25
Laboratorium	15
Łączny nakład pracy studenta	Liczba godzin 120
Liczba punktów ECTS	ECTS 4

* godzina (lekcyjna) oznacza 45 minut

Efekty uczenia się dla kierunku

Kod	Treść
FIZ_K2_U01	Absolwent/ka potrafi wykorzystać posiadaną wiedzę do formułowania i rozwiązywania złożonych i nietypowych problemów z zakresu nauk fizycznych; dobrać i zastosować odpowiednie metody i narzędzia niezbędne do rozwiązania danego problemu (w tym zaawansowane techniki informatyczne), jak również odpowiednio przystosować metody i narzędzia już istniejące lub opracować zupełnie nowe
FIZ_K2_U02	Absolwent/ka potrafi znajdować niezbędne informacje w literaturze fachowej, bazach danych i innych źródłach, w szczególności w czasopismach naukowych podstawowych dla fizyki, oraz dokonać krytycznej analizy, syntezy i twórczej interpretacji zebranych informacji
FIZ_K2_U03	Absolwent/ka potrafi formułować oraz testować hipotezy związane z prostymi problemami badawczymi z zakresu fizyki (planować i wykonywać obserwacje, eksperymenty, obliczenia teoretyczne lub symulacje komputerowe oraz w sposób krytyczny ocenić i przedyskutować otrzymane wyniki)
FIZ_K2_W01	Absolwent/ka zna i rozumie w pogłębionym stopniu wybrane fakty, zjawiska, koncepcje i teorie właściwe dla fizyki oraz złożone zależności między nimi (stanowiące zaawansowaną wiedzę ogólną z zakresu nauk fizycznych oraz reprezentujące zarówno kluczowe jak i inne wybrane zagadnienia z zakresu zaawansowanej wiedzy szczegółowej w tej dyscyplinie)
FIZ_K2_W02	Absolwent/ka zna i rozumie w pogłębionym stopniu wybrane metody i narzędzia badawcze oraz modele matematyczne stosowane w fizyce
FIZ_K2_W04	Absolwent/ka zna i rozumie główne tendencje rozwojowe w dyscyplinie nauk fizycznych