**Nazwa przedmiotu:**

Materiały dla elektroniki/ Materials for Electronics

**Koordynator przedmiotu:**

prof. dr hab. inż. Krzysztof Zdunek

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia II stopnia

**Program:**

Inżynieria Materiałowa

**Grupa przedmiotów:**

Kierunkowe

**Kod przedmiotu:**

MATDE

**Semestr nominalny:**

2 / rok ak. 2022/2023

**Liczba punktów ECTS:**

6

**Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów uczenia się:**

Wykład 45 godzin, Ćwiczenia laboratoryjne 45 godzin, praca własna studenta 60 godzin (przygotowanie się do wykładu, ćwiczeń laboratoryjnych, przygotowanie referatu). Razem 150 godzin = 6 punktów ECTS

**Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich:**

45 godzin wykład, 45 godzin ćwiczenia laboratoryjne, razem 90 godzin = 3 punkty ECTS

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

**Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym:**

Ćwiczenia laboratoryjne 45 godzin, praca własna studenta 60 godzin (przygotowanie się do wykładu, ćwiczeń laboratoryjnych, przygotowanie referatu). Razem 105 godzin - 4 punkty ECTS.

**Formy zajęć i ich wymiar w semestrze:**

|  |  |
| --- | --- |
| Wykład:  | 45h |
| Ćwiczenia:  | 0h |
| Laboratorium:  | 45h |
| Projekt:  | 0h |
| Lekcje komputerowe:  | 0h |

**Wymagania wstępne:**

fizyka ogólna, fizyka i chemia ciała stałego w zakresie elektronicznych właściwości ciał stałych, inżynieria materiałowa, inżynieria powierzchni

**Limit liczby studentów:**

wykłądy - bez limitu, laboratoria 8-12 studentów

**Cel przedmiotu:**

1. Przekazanie studentom wiedzy o mechanizmach wzbudzania i transportu nośników ładunku elektrycznego w materiałach półprzewodnikowych, opisie struktury energetycznej nośników przy zastosowaniu modelu pasmowego oraz o sposobach oddziaływania na tą strukturę. Zapoznanie studentów ze współczesnymi trendami w konstrukcji, zastosowaniu i technologii przyrządów półprzewodnikowych, kryteriami doboru materiałów do wykonywania przyrządów elektronicznych, elementów MEMS i NOEMS (wykład).
2. Zaznajomienie studentów z nowoczesną technologią materiałów półprzewodnikowych i technologią przyrządów półprzewodnikowych oraz współczesnymi metodami charakteryzacji materiałów półprzewodnikowych stosowanymi we współpracującym z Wydziałem Inżynierii Materiałowej PW Instytucie Technologii Materiałów Elektronicznych w Warszawie (laboratorium).

**Treści kształcenia:**

1. Zdefiniowanie pojęć: materiały dla elektroniki, materiały półprzewodnikowe na gruncie prawa Ohma w odniesieniu do właściwości elementarnych materiału – sens pojęcia: przewodność właściwa. Ruch nośników w ciele stałym, efekt Halla. Sens i znaczenie modelu pasmowego w interpretacji właściwości elektronowych ciała stałego, masa efektywna, modele pasmowe rzeczywistych materiałów, prognoza materiałowa w oparciu o model pasmowy. Krzem, złożone materiały półprzewodnikowe – właściwości i zastosowania. Półprzewodnik samoistny i domieszkowany, generacja i rekombinacja ładunków, funkcja gęstości stanów, stany elektronowe – objętościowe i powierzchniowe, kinetyka elektronów – efekty rozproszeniowe, dyfuzja, unoszenie i tunelowanie nośników, efekt Gunna, efekt polowy, absorpcja i emisja światła. Supersieci półprzewodnikowe – podstawy fizyczne, znaczenie. Przyrządy półprzewodnikowe, układy MEMS, NOEMS, technologie przyrządów półprzewodnikowych (wykład).
2. Monokrystalizacja krzemu, związków półprzewodnikowych oraz materiałów tlenkowych. Obróbka mechaniczna monokryształów. Metody inżynierii powierzchni w zakresie technologii przyrządów półprzewodnikowych, epitaksja krzemu, epitaksja związków półprzewodnikowych. Technologie montażu przyrządów półprzewodnikowych. Metody elektryczne i optyczne charakteryzacji materiałów półprzewodnikowych oraz gotowych struktur. Światłowody – technologia, wyroby, zastosowania (laboratorium).

**Metody oceny:**

1. System zaliczenia premiuje aktywność, zainteresowanie tematyką i samodzielność pracy studenta. W skład systemu wchodzą: - uzyskanie oceny pozytywnej z zaliczenia końcowego (pisemnego lub ustnego w zależności od liczby studentów i wyboru prowadzącego, preferowana jest rozmowa oceniająca ustna), - ocena z samodzielnie przygotowanego i następnie wygłoszonego referatu. Ocena wiedzy prezentowanej podczas wykładu jest standardowym sposobem jego zaliczenia. Ocena z przygotowanego samodzielnie i wygłoszonego przez studenta referatu stanowić może istotną części oceny końcowej. W przypadku systematycznej obecności studenta na wykładach oraz jego zauważalnej merytorycznej aktywności podczas wykładów w trakcie całego semestru (pytania do prowadzącego podczas wykładu, problemy poruszane w pytaniach i komentarzach) podstawą zaliczenia przedmiotu może stać się wyłącznie ocena z wygłaszanego referatu (wykład).
2. Sporządzenie raportu z zajęć laboratoryjnych. Raport powinien zawierać wyszczególnienie wiadomości podstawowych i inżynierskich przekazywanych studentom podczas zajęć przez prowadzącego oraz delegowanych, współpracujących pracowników ITME. Zaliczenie raportu odbywa się poprzez jego obronę podczas indywidualnej rozmowy studenta z prowadzącym zajęcia. Rozmowa poprzedzona jest pisemnym sprawdzianem wszystkich studentów, którego zadaniem jest skontrolowanie zasobu wiedzy z przedmiotu (laboratorium).

**Egzamin:**

nie

**Literatura:**

1. Monografie i podręczniki z zakresu fizyki półprzewodników, artykuły w czasopismach naukowych (wykład).
2. Materiały wykładowe, materiały ITME (laboratorium).

**Witryna www przedmiotu:**

brak

**Uwagi:**

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka ME\_W1:**

Ma wiedzę o mechanizmach wzbudzania i transportu nośników ładunku elektrycznego w materiałach półprzewodnikowych, opisie struktury energetycznej nośników przy zastosowaniu modelu pasmowego oraz o sposobach oddziaływania na tą strukturę

Weryfikacja:

Rozmowa oceniająca lub sprawdzian pisemny

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** IM2\_W02, IM2\_W11

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P7S\_WG, III.P7S\_WG.o

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka ME\_U1:**

Posiada umiejętność obsługiwania urządzeń w zakresie technologii przyrządów półprzewodnikowych takich jak epitaksja krzemu i epitaksja związków półprzewodnikowych. Na podstawie posiadanej wiedzy i analizy fachowej literatury student umie rozwiązać przedstawiony problem badawczy, w tym opracować i prawidłowo zinterpretować otrzymane wyniki, wyciągnąć wnioski z przeprowadzonych badań. Przy opracowaniu raportu z przeprowadzonych badań i prezentacji korzysta z technik informacyjno-komunikacyjnych. Potrafi przedstawić na forum wyniki przeprowadzonych badań, prowadzić dyskusję z uczestnikami.

Weryfikacja:

Prezentacja raportu z ćwiczeń laboratoryjnych

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** IM2\_U01, IM2\_U02, IM2\_U03, IM2\_U04, IM2\_U05, IM2\_U07, IM2\_U08, IM2\_U13

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P7S\_UW, I.P7S\_UK, I.P7S\_UU, III.P7S\_UW.1.o, III.P7S\_UW.4.o, III.P7S\_UW.3.o