**Nazwa przedmiotu:**

Fizyczne podstawy przetwarzania informacji

**Koordynator przedmiotu:**

Rajmund Kożuszek

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia I stopnia

**Program:**

Informatyka

**Grupa przedmiotów:**

Przedmioty techniczne

**Kod przedmiotu:**

FPPI

**Semestr nominalny:**

7 / rok ak. 2021/2022

**Liczba punktów ECTS:**

4

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

1. liczba godzin kontaktowych – 50 godz., w tym
- obecność na wykładach: 15 x 2 = 30 godz.
- obecność na zajęciach laboratoryjnych: 5 x 3 = 15 godz.
- udział w konsultacjach wykładowych: 2 godz.
- udział w konsultacjach laboratoryjnych: 3 godz.

2. praca własna studenta – 50 godz., w tym
- przygotowanie do kolejnych wykładów (przejrzenie materiałów z wykładu i literatury dodatkowej, próba rozwiązania zadań rachunkowych przekazanych na wykładzie): 15 godz.
- przygotowanie do realizacji ćwiczeń laboratoryjnych (przejrzenie materiałów wykładowych i literatury oraz instrukcji do laboratoriów; wstępne przygotowanie formularza sprawozdania): 15 godz.
- przygotowanie do kolokwiów (powtórzenie materiału wykładowego, rozwiązanie zadań przedkolokwialnych): 20 godz.

Łączny nakład pracy studenta wynosi 100 godz., co odpowiada 4 pkt. ECTS.

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

2 pkt. ECTS, co odpowiada 49 godz. kontaktowym

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

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

1 pkt. ECTS co odpowiada 30 godz. realizacji i przygotowania do laboratorium

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

|  |  |
| --- | --- |
| Wykład:  | 30h |
| Ćwiczenia:  | 0h |
| Laboratorium:  | 15h |
| Projekt:  | 0h |
| Lekcje komputerowe:  | 0h |

**Wymagania wstępne:**

brak

**Limit liczby studentów:**

100

**Cel przedmiotu:**

Celem przedmiotu jest zapoznanie studentów z podstawowymi zjawiskami fizycznymi występującymi w ciałach stałych (ze szczególnym uwzględnieniem półprzewodników), z własnościami elektrycznymi i optycznymi tych materiałów oraz z podstawami działania przyrządów półprzewodnikowych w systemach mikro- i nanoelektroniki. Celem laboratorium jest obserwacja zjawisk fizycznych w przyrządach półprzewodnikowych i ich wpływu na charakterystyki oraz parametry elektryczne przyrządów. fotoniki. Zajęcia
prowadzone są z wykorzystaniem innowacyjnych i kreatywnych form kształcenia. Występują elementy gaming’u, wspólnej pracy studentów w oparciu o techniki PBL (Project Based Learning) oraz DT (Design Thinking). Jednocześnie studenci korzystają z narzędzi informatycznych umożliwiających kreatywną pracę grupową (np.: budowanie map), przedstawiają prezentacje związane z opanowaną wiedzą.

**Treści kształcenia:**

WYKŁADY:

1. Klasyfikacja ośrodków i przyrządów przetwarzania, przesyłania i magazynowania informacji. Wprowadzenie do elektroniki ciała stałego. Wymagania stawiane współczesnym przyrządom mikroelektronicznym i optoelektronicznym (rozmiary, napięcie zasilania, częstotliwość pracy, długość fali elektromagnetycznej). Wymagania dla współczesnych materiałów i przyrządów. Ograniczenia fizyczne i techniczne. Nanoelektronika i fotonika jako dziedziny elektroniki najbliższej przyszłości.
2. Postulaty mechaniki kwantowej. Dualizm falowo-korpuskularny, fale de Broglie'a, funkcja falowa, przyrządy z efektami kwantowymi: nanorurki, kropki kwantowe, bramki kwantowe, struktury z grafenem, idea komputera kwantowego.
3. Pasmowy model energetyczny jako narzędzie charakteryzacji ciała stałego. Dynamika elektronu w ciele stałym. Pojęcie i właściwości dziury. Statystyka nośników ładunku elektrycznego w stanie równowagi termodynamicznej. Koncentracje nierównowagowe. Rodzaje i mechanizmy generacji i rekombinacji nośników ładunku. Transport nośników w ciele stałym: prąd unoszenia, prąd dyfuzyjny. Równania charakterystyczne: Maxwella, Poissona, ciągłości. Zakłócenie koncentracji nośników równowagowych w półprzewodniku.
4. Styk metal-półprzewodnik (kontakt omowy, dioda Schottky'ego) oraz złącze p-n. Wstrzykiwanie i ekskluzja nośników, mechanizmy przepływu nośników. Zastosowania: diody prostownicze, stabilizacyjne, pojemnościowe, impulsowe.
5. Tranzystor bipolarny – zasada działania, przykładowe zastosowania: wzmacniacz, inwerter.
6. Przyrządy unipolarne: kondensator MIS, tranzystor MIS. Inwerter CMOS.
7. Pamięci SRAM, DRAM, FLASH. Struktury CCD.

LABORATORIA:
Program laboratorium obejmuje pięć trzygodzinnych ćwiczeń dotyczących zagadnień:
1. Zjawiska termoelektryczne i fotoelektryczne w półprzewodnikach.
2. Transport nośników w strukturach półprzewodnikowych.
3. Oddziaływanie polowe i napięcia charakterystyczne w strukturach m-s, m-i-s, p-n.
4. Stałe czasowe zjawisk nierównowagowych w ciele stałym.

**Metody oceny:**

Realizacja przedmiotu obejmuje następujące formy zajęć:
 wykład prowadzony w wymiarze 2 godz. tygodniowo;
 zajęcia laboratoryjne prowadzone w drugiej części semestru
w ramach tych zajęć student wykonuje pięć trzygodzinnych ćwiczeń dotyczących obserwacji zjawisk fizycznych z zakresu wiedzy przekazywanej w ramach wykładu oraz wiedzy nabywanej podczas zajęć laboratoryjnych; korzystając z udostępnionej w laboratorium aparatury pomiarowej, zgodnie z instrukcją wykonania danego ćwiczenia, przeprowadza serię eksperymentów pomiarowych, a następnie opracowuje uzyskane wyniki i wyciąga odpowiednie wnioski; materialnym rezultatem wykonanych czynności jest sprawozdanie z ćwiczenia;
 student może ponadto uczestniczyć w prowadzonych co tydzień w wymiarze 1 godz. konsultacjach wykładowych oraz w konsultacjach laboratoryjnych .

Sprawdzanie założonych efektów kształcenia realizowane jest przez:
 ocenę wiedzy i umiejętności wykazanych na pisemnych kolokwiach wykładowych (pytania o charakterze teoretycznym i ewentualnie problemy rachunkowe, w niektórych przypadkach na kolokwiach student może korzystać z dozwolonych materiałów pomocniczych, np. kart wzorów);
 ocenę wiedzy i umiejętności związanych z realizacją zajęć laboratoryjnych;
 ocenę sprawozdań z realizacji ćwiczeń laboratoryjnych oraz laboratoryjnych sprawdzianów końcowych (ustnych lub pisemnych);
 ocenę ewentualnego sprawdzianu ustnego w przypadku wątpliwości co do oceny;
 formatywną ocenę związaną z rozwiązaniem problemów przedkolokwialnych, a także z interaktywną formą prowadzenia wykładów.

**Egzamin:**

nie

**Literatura:**

Literatura podstawowa:
1. S. M. Sze, K. Ng, “Physics of semiconductor devices”, John Wiley & Sons Inc. Hoboken, New Jersey, 2007.
2. Chenming Calvin Hu, “Modern Semiconductor Devices for Integrated Circuits”, 2010. (https://people.eecs.berkeley.edu/~hu/Book-Chapters-and-Lecture-Slides-download.html)
3. J. Hennel, „Podstawy elektroniki półprzewodnikowej”, WNT, Warszawa, 2003.
 Literatura uzupełniająca:
1. I.W. Sawieliew, "Wykłady z fizyki", Wydawnictwa Naukowe PWN, Warszawa, 2000

**Witryna www przedmiotu:**

https://usosweb.usos.pw.edu.pl/kontroler.php?\_action=katalog2/przedmioty/pokazPrzedmiot&prz\_kod=103C-INxxx-ISP-FPPI

**Uwagi:**

(-)

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka W01:**

ma ugruntowaną wiedzę dotyczącą fundamentalnych praw i zasad mechaniki kwantowej

Weryfikacja:

kolokwium

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** W02

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P6U\_W, I.P6S\_WG.o

**Charakterystyka W02:**

ma podstawową wiedzę dotyczącą zjawisk zachodzących w półprzewodniku w stanie równowagi termodynamicznej i w stanie nierównowagi termodynamicznej

Weryfikacja:

kolokwium

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** W02, W03

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P6U\_W, I.P6S\_WG.o, III.P7S\_WG

**Charakterystyka W03:**

ma podstawową wiedzę dotyczącą zjawisk wstrzykiwania i ekstrakcji nośników (np. w złączach p-n, m-s)

Weryfikacja:

kolokwium

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** W02, W03

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P6U\_W, I.P6S\_WG.o, III.P7S\_WG

**Charakterystyka W04:**

ma uporządkowaną wiedzę z zakresu działania omawianych przyrządów półprzewodnikowych

Weryfikacja:

kolokwium, laboratorium

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** W02, W03

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P6U\_W, I.P6S\_WG.o, III.P7S\_WG

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka U01:**

potrafi dokonać analizy podstawowych zjawisk opisywanych prawami mechaniki kwantowej w nanoelektronice lub fotonice (np. na podstawie przebiegu kwadratu modułu funkcji falowej)

Weryfikacja:

kolokwium, laboratorium

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** U01

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P6U\_U, I.P6S\_UW.o, III.P6S\_UW.o

**Charakterystyka U02:**

potrafi wykorzystać model pasmowy ciała stałego do analizy zjawisk w ciele stałym i przyrządach półprzewodnikowych (np. złącza p-n, m-s)

Weryfikacja:

kolokwium, laboratorium

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** U01

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P6S\_UW.o, III.P6S\_UW.o, P6U\_U

**Charakterystyka U03:**

umie oszacować równowagowe koncentracje nośników ładunku w półprzewodnikach samoistnych i domieszkowanych (przy różnych poziomach domieszkowania) z uwzględnieniem wpływu temperatury

Weryfikacja:

kolokwium, laboratorium

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** U01

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P6U\_U, I.P6S\_UW.o, III.P6S\_UW.o

**Charakterystyka U04:**

potrafi określić podstawowe parametry półprzewodników związane ze stanem nierównowagi termodynamicznej, rozróżnia i rozpoznaje czynniki wywołujące przepływ prądu w podstawowych przyrządach półprzewodnikowych oraz potrafi oszacować wartości odpowiednich prądów (unoszenia, dyfuzji)

Weryfikacja:

kolokwium, laboratorium

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** U01, U03

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P6U\_U, I.P6S\_UW.o, III.P6S\_UW.o

**Charakterystyka U05:**

umie wykorzystać równania transportu (prądu, ciągłości i Poissona) do określenia czasowoprzestrzennych rozkładów nośników w wyróżnionym obszarze półprzewodnika
u6: potrafi zmierzyć podstawowe charakterystyki prądowo-napięciowe prostych elementów półprzewodnikowych (np. fotorezystora, fotodiody, termistora, diod ze złączem m-s i p-n)

Weryfikacja:

kolokwium, laboratorium

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** U01

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P6U\_U, I.P6S\_UW.o, III.P6S\_UW.o

**Charakterystyka U06:**

potrafi zmierzyć podstawowe charakterystyki prądowo-napięciowe prostych elementów półprzewodnikowych (np. fotorezystora, fotodiody, termistora, diod ze złączem m-s i p-n)

Weryfikacja:

laboratorium

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** U03

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P6U\_U, I.P6S\_UW.o, III.P6S\_UW.o

**Charakterystyka U07:**

potrafi zmierzyć charakterystyki pojemnościowo-napięciowe złącza p-n oraz kondensatora MOS

Weryfikacja:

laboratorium

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** U03

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P6U\_U, I.P6S\_UW.o, III.P6S\_UW.o

**Charakterystyka U08:**

potrafi sporządzić protokół pomiarowy oraz wykonać wykresy charakterystyk w różnych skalach; na podstawie pomiarów umie wyznaczyć podstawowe parametry badanych struktur półprzewodnikowych (np. współczynniki termiczne, prąd nasycenia, rezystancję szeregową, siłę elektromotoryczną, itp.)

Weryfikacja:

laboratorium

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** U03, U09

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P6U\_U, I.P6S\_UW.o, III.P6S\_UW.o, I.P6S\_UK

**Charakterystyka U09:**

potrafi (w stopniu podstawowym) powiązać uzyskane dane pomiarowe i obliczeniowe z własnościami oraz parametrami fizycznymi struktury (np. oszacować szerokość przerwy energetycznej w półprzewodniku, określić poziom domieszkowania półprzewodnika, grubość tlenku podbramkowego w strukturze MOS, ładunek efektywny w tlenku itp.)

Weryfikacja:

laboratorium

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** U03, U01

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P6U\_U, I.P6S\_UW.o, III.P6S\_UW.o

**Charakterystyka U10:**

w stopniu podstawowym ocenia poprawność dokonanych pomiarów oraz dokonuje podstawowej analizy błędów (zgodność lub niezgodność z przebiegami teoretycznymi, wyjaśnienie podstawowych przyczyny nieidealności charakterystyk); próbuje formułować samodzielne wnioski podsumowujące uzyskane wyniki

Weryfikacja:

laboratorium

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** U01, U03

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P6U\_U, I.P6S\_UW.o, III.P6S\_UW.o

**Charakterystyka U11:**

umie posługiwać się przyrządami pomiarowymi

Weryfikacja:

laboratorium

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** U03

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P6U\_U, I.P6S\_UW.o, III.P6S\_UW.o

**Charakterystyka U12:**

umie pracować indywidualnie i w zespole, dzielić zadania pomiędzy członków zespołu, dyskutować i wspólnie wyciągać wnioski

Weryfikacja:

laboratorium

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** U08

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P6U\_U, I.P6S\_UO