**Nazwa przedmiotu:**

Fizyczne podstawy przetwarzania informacji

**Koordynator przedmiotu:**

Jan SZMIDT i Agnieszka Zaręba

**Status przedmiotu:**

Fakultatywny dowolnego wyboru

**Poziom kształcenia:**

Studia I stopnia

**Program:**

Automatyka i Robotyka

**Grupa przedmiotów:**

Przedmioty techniczne

**Kod przedmiotu:**

FPPI

**Semestr nominalny:**

3 / rok ak. 2019/2020

**Liczba punktów ECTS:**

4

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

Realizacja przedmiotu obejmuje następujące formy zajęć:
- wykład prowadzony w wymiarze 2 godz. tygodniowo;
- zajęcia laboratoryjne; w ramach tych zajęć student wykonuje pięć ćwiczeń 3 godzinnych 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 podaną 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 pięciu dwugodzinnych konsultacjach laboratoryjnych (łącznie 15 x 1 + 5 x 2 = 25 godz.).

Sprawdzanie założonych efektów kształcenia realizowane jest przez:
- ocenę wiedzy i umiejętności związanych z realizacją zajęć laboratoryjnych – ocenę sprawozdań z realizacji ćwiczeń (poszczególnych zadań pomiarowych) i sprawdzian końcowy (ustny lub pisemny);
- ocenę wiedzy i umiejętności wykazanych na kolokwium pisemnym z pytaniami o charakterze teoretycznym i ewentualnie z problemami rachunkowymi (w niektórych przypadkach na kolokwium student może korzystać z dozwolonych materiałów dydaktycznych) ;
- sprawdzian ustny w przypadkach wątpliwości co do oceny;
- formatywną ocenę związaną z rozwiązaniem problemów przedkolokwialnych, a także z interaktywną formą prowadzenia wykładu.

Bilans nakładu pracy przeciętnego studenta wygląda następująco:
- udział w wykładach: 15 x 2 godz. = 30 godz.;
- przygotowanie do kolejnych wykładów (przejrzenie materiałów z wykładu i dodatkowej literatury, próba rozwiązania zadań rachunkowych przekazanych na wykładzie): 15 godz.;
- udział w konsultacjach wykładowych: 7 godz. (zakładamy, że student korzysta z „regularnych” konsultacji 7 razy w semestrze);
- przygotowanie do realizacji ćwiczeń laboratoryjnych (przejrzenie materiałów wykładowych i literatury oraz instrukcji wykonawczych do laboratoriów; wstępne przygotowanie formularza sprawozdania): 5 x 2 godz. = 10 godz.;
- udział w konsultacjach związanych z realizacją ćwiczeń laboratoryjnych: 5 x 1 godz. = 5 godz. (zakładamy, że student korzysta z „regularnych” konsultacji 5 razy w semestrze);
- realizacja ćwiczeń laboratoryjnych: 15 godz. (obejmuje także przygotowanie kolejnych sprawozdań);
- przygotowanie do kolokwium (powtórzenie materiału wykładowego, rozwiązanie zadań przedkolokwialnych, udział w wykładowych konsultacjach przedkolokwialnych): 3 x 5 godz. + 3 x 1 godz. = 18 godz. (pominięto ewentualny sprawdzian poprawkowy pisemny bądź ustny).
Łączny nakład pracy studenta wynosi zatem: 30 + 15 + 7 + 10 + 5+ 15 + 18 = 100 godz., co odpowiada ok. 4 punktom ECTS.

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

30 + 7 + 5 + 15 + 3 + 2 = 62 godz., co odpowiada ok. 2,5 punktom ECTS (doliczono 2 godz. na sprawdzian poprawkowy pisemny bądź ustny)

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

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

10 + 5 + 15 = 30 godz., co odpowiada ok. 1 punktowi ECTS.

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

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

**Wymagania wstępne:**

brak

**Limit liczby studentów:**

96

**Cel przedmiotu:**

Celem wykładu 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.

**Treści kształcenia:**

Program wykładu obejmuje następujące grupy tematyczne:
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.
5. Kontakty bipolarne. Złącze p-n. Wstrzykiwanie i ekskluzja nośników, mechanizmy przepływu nośników. Zastosowania: diody prostownicze, stabilizacyjne, pojemnościowe, impulsowe.
6.Tranzystor bipolarny. Inwerter.
7. Przyrządy unipolarne: dioda Schottky'ego, kondensator MIS, tranzystor MIS.
8. Pamięci DRAM, FAMOS. Struktury CCD.

Program laboratorium obejmuje pięć ćwiczeń 3 godzinnych z zakresu następującej tematyki:
- zjawiska termoelektryczne i fotoelektryczne w półprzewodnikach;
- transport nośników w strukturach półprzewodnikowych;
- oddziaływanie polowe i napięcia charakterystyczne w strukturach m-s, m-i-s, p-n.

**Metody oceny:**

Trzy sprawdziany pisemne (kolokwia) z zakresu wykładów poprzedzających dany sprawdzian.
Każde z pięciu ćwiczeń laboratoryjnych oceniane jest oddzielnie. Ocenie podlega: wykonanie części pomiarowej i obliczeniowej, protokół, analiza wyników, sprawdzian końcowy (ustny lub pisemny).
W końcu semestru lub na początku sesji egzaminacyjnej przewiduje się zorganizowanie jednego sprawdzianu poprawkowego, który może być przeprowadzony w formie ustnej lub pisemnej.

**Egzamin:**

nie

**Literatura:**

S.M.Sze, Kwok N.Ng "Physics of Semiconductor Devices" J.Wiley & Sons Inc.

**Witryna www przedmiotu:**

http://www.elka.pw.edu.pl/

**Uwagi:**

Regulaminy – przedmiotu, zajęć laboratoryjnych oraz BHP znajdują się na stronie internetowej przedmiotu oraz są wywieszone w gablocie przedmiotu.

Każdy student przed przystąpieniem do pierwszych zajęć laboratoryjnych musi zapoznać się z regulaminem laboratorium i instrukcją BHP, co poświadcza własnoręcznym podpisem.

Zapisy do zespołów laboratoryjnych odbywają się w pierwszym tygodniu zajęć semestru.

\* Wymienione sposoby sprawdzania (oceny) dotyczą oceny sumatywnej; ocenie formatywnej służą przede wszystkim zadania przedkolokwialne, konsultacje wykładowe i laboratoryjne, a także interaktywna forma prowadzenia wykładu.

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka FPPI\_W01:**

WYKŁAD 1.Ma ugruntowaną wiedzę dotyczącą fundamentalnych praw i zasad mechaniki kwantowej. 2.Ma podstawową wiedzę dotyczącą zjawisk zachodzących w półprzewodniku w stanie równowagi termodynamicznej i w stanie nierównowagi termodynamicznej. 3.Ma podstawową wiedzę dotyczącą zjawisk wstrzykiwania i ekstrakcji nośników (np. w złączach p-n, m-s). LABORATORIUM 1.Ma uporządkowaną wiedzę z zakresu działania badanych przyrządów półprzewodnikowych.

Weryfikacja:

Kolokwia w trakcie semestru z zakresu tematyki przekazanej na wykładzie. Kolokwia podsumowujące na każdym z pięciu ćwiczeń laboratoryjnych

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W01

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P6S\_WG

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka FPPI\_U01:**

WYKŁAD: 1. Potrafi dokonać analizy podstawowych zjawisk opisywanych prawami mechaniki kwantowej w
nanoelektronice lub fotonice (np. na podstawie przebiegu kwadratu modułu funkcji falowej).
2. Model pasmowy ciała stałego potrafi wykorzystać do analizy zjawisk w ciele stałym i przyrządach
półprzewodnikowych (np. złącza p-n, m-s).
3. Umie oszacować równowagowe koncentracje nośników ładunku w półprzewodnikach samoistnych i domieszkowanych (przy różnych poziomach domieszkowania) z uwzględnieniem wpływu temperatury.
4. Potrafi określić podstawowe parametry półprzewodników związane ze stanem nierównowagi termodynamicznej
5. Rozróżnia i rozpoznaje czynniki wywołujące przepływ prądu w podstawowych przyrządach półprzewodnikowych oraz potrafi oszacować wartości odpowiednich prądów (unoszenia, dyfuzji).
5. Umie wykorzystać równania transportu (prądu, ciągłości i Poissona) do określenia czasowoprzestrzennych
rozkładów nośników w wyróżnionym obszarze półprzewodnika.

Weryfikacja:

Sprawdziany wykładowe oraz sprawdziany podsumowujące ćwiczenia laboratoryjne.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U08, K\_U09

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** III.P6S\_UW.2.o, III.P6S\_UW.3.o, III.P6S\_UW.4.o, I.P6S\_UW, III.P6S\_UW.1.o

**Charakterystyka FPPI\_W02:**

LABORATORIUM: 1. Potrafi zmierzyć podstawowe charakterystyki prądowo-napięciowe prostych elementów
półprzewodnikowych (np. fotorezystora, fotodiody, termistora, diod ze złączem m-s i p-n).
2. Potrafi zmierzyć charakterystyki pojemnościowo-napięciowe złącza p-n oraz kondensatora MOS.
3. Sporządza protokół pomiarowy oraz wykonuje wykresy charakterystyk w różnych skalach.
4. Na podstawie pomiarów umie wyznaczyć podstawowe parametry badanych struktur
półprzewodnikowych (np. współczynniki termiczne, rezystancje szeregową, prąd nasycenia, siłę
elektromotoryczną itp.).
5. Potrafi (w stopniu podstawowym) powiązać uzyskane dane pomiarowe i obliczeniowe z własnościami
i 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.).
6. W stopniu podstawowym ocenia poprawność dokonanych pomiarów oraz dokonuje
podstawowej analizy błędów (zgodność lub niezgodność z przebiegami teoretycznymi oraz
wyjaśnić podstawowe przyczyny nieidealności charakterystyk). Próbuje formułować
samodzielne wnioski podsumowujące uzyskane wyniki.
7. Umie posługiwać się przyrządami pomiarowymi.

Weryfikacja:

Weryfikacja następuje w trakcie zajęć laboratoryjnych, na których studenci w zespołach dwuosobowych wykonują program ćwiczenia oraz przygotowują sprawozdanie.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U08, K\_U09

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P6S\_UW, III.P6S\_UW.1.o, III.P6S\_UW.2.o, III.P6S\_UW.3.o, III.P6S\_UW.4.o

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Charakterystyka FPPI\_WK01:**

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

Weryfikacja:

Praca podczas wykonywania ćwiczeń laboratoryjnych, sprawozdanie z ćwiczeń, omówienie wyników podczas końcowej rozmowy z prowadzącym zajęcia

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_K03

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**