**Nazwa przedmiotu:**

Przyrządy półprzewodnikowe

**Koordynator przedmiotu:**

Andrzej JAKUBOWSKI

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia I stopnia

**Program:**

Elektronika

**Grupa przedmiotów:**

Przedmioty techniczne

**Kod przedmiotu:**

PP

**Semestr nominalny:**

5 / rok ak. 2019/2020

**Liczba punktów ECTS:**

4

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

60h zajęć + 2\* 8h(przygotowanie do kolokwium) + 7\*3h (przygotowanie do poszczególnych ćwiczeń laboratoryjnych) = 97

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

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

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

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

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

**Wymagania wstępne:**

Zaliczenie przedmiotu Elektronika ciała stałego (ELCS)

**Limit liczby studentów:**

90

**Cel przedmiotu:**

Celem wykładu oraz ćwiczeń laboratoryjnych jest zapoznanie studentów ze zjawiskami fizycznymi występującymi w przyrządach półprzewodnikowych oraz z zasadami działania tych przyrządów. Przedstawione zostaną także nowe konstrukcyjne i technologiczne przyrządów półprzewodnikowych (np. tranzystory HBT, technologia SOI, tranzystory wielobramkowe

**Treści kształcenia:**

Materiały półprzewodnikowe - podstawowe właściwości: porównanie krzemu oraz innych materiałów (np. GaAs, GaN, SiC, SiGe)
Elementy technologii układów scalonych: Technologia epiplanarna, operacje standardowych procesów wytwarzania monolitycznych układów scalonych.
Diody półprzewodnikowe: Praca statyczna: mechanizmy przepływu prądu, charakterystyka prądowo-napięciowa, przebicia, wpływ temperatury. Praca małosygnałowa: małosygnałowy schemat zastępczy, konduktancja dynamiczna, pojemność warstwy zaporowej, pojemność dyfuzyjna. Praca wielkosygnałowa: charakterystyki czasowe, model ładunkowy. Rodzaje diod. Model złącza p-n dla symulacji komputerowej (na przykładzie SPICE), identyfikacja parametrów
Złącze metal-półprzewodnik: Kontaktowa różnica potencjałów, modele pasmowe. Warunki powstania dobrego kontaktu omowego. Diagram energetyczny niespolaryzowanego złącza p-n z kontaktami metalowymi. Charakterystyki prądowo-napięciowe oraz właściwości dynamiczne diody z barierą Schottky'ego.
Tranzystory bipolarne: przypomnienie struktury fizycznej, roli poszczególnych obszarów, zasady działania, układów pracy, stanów pracy. Praca statyczna: model Ebersa-Molla, efekty II rzędu, charakterystyki statyczne, przebicia, model dla symulacji komputerowej (SPICE). Praca małosygnałowa: małosygnałowy schemat zastępczy, częstotliwości graniczne. Praca wielkosygnałowa: charakterystyki czasowe. Ograniczenia fizyczne i konstrukcyjne tranzystora bipolarnego. Krzemowy tranzystor HBT z bazą krzemogermanową. Inne tranzystory HBT. Tranzystor bipolarny w elementarnym układzie wzmacniacza - przypomnienie.
Kondensator MOS: stany powierzchni półprzewodnika, modele pasmowe, charakterystyki C-U.
Tranzystor polowy MOS: przypomnienie struktury fizycznej, roli poszczególnych obszarów, zasady działania. Praca statyczna: napięcie progowe, efekty II rzędu, charakterystyki statyczne, modele komputerowe (SPICE - poziom 1,2,3), identyfikacja parametrów. Praca małosygnałowa: małosygnałowy schemat zastępczy, parametry dynamiczne, szybkość działania. Praca wielkosygnałowa: inwerter CMOS - przypomnienie. Reguły skalowania i ich konsekwencje. Minimalne rozmiary tranzystora MOS. Grubość dielektryka podbramkowego. Prąd tunelowy. Prąd bramki indukowany drenem. Przebicie skrośne. Konsekwencje silnego i niejednorodnego domieszkowania. Minimalizacja głębokości złącz. Rezystancja szeregowa. Przebicie drenu. Prąd upływu złącz. Inżynieria źródła i drenu. Efekt gorących nośników. Napięcie progowe - efekty krótkiego i wąskiego kanału. Właściwości tranzystora w zakresie podprogowym. Efekty pasożytnicze w podłożu. Ewolucja technologii CMOS.Technologia SOI CMOS jako perspektywa dla układów ULSI niskomocowych iniskonapięciowych: Technologie podłoży SOI - porównanie, analiza zaleti wad. Rodzaje tranzystorów. MOS SOI - całkowicie zubożony (FD) iczęściowo zubożony (PD). Reguły skalowania tranzystora MOS SOI. Wielobramkowe tranzystory MOS SOI.
Inne tranzystory polowe: Tranzystory polowe: ze złączem p-n, z barierą Schottky'ego, tranzystor HEMT. Struktura fizyczna, rola poszczególnych obszarów, zasada działania, charakterystyki statyczne, zastosowania.
Komórki pamięci półprzewodnikowych: klasyfikacja. Komórka pamięci dynamicznej DRAM, technologie "trench" i "stacked". komórki pamięci nieulotnych EPROM, EEPROM, flash EEPROM: struktura fizyczna, zasada działania, podstawowe właściwości, stan aktualny na rynku. Zastosowanie materiałów ferroelektrycznych w komórkach pamięci nieulotnych.
Półprzewodnikowe przyrządy mocy: tranzystor mocy: bipolarny i MOS. Tyrystor. Nowoczesne konstrukcje półprzewodnikowych przyrządów mocy
Stan aktualny i tendencje rozwojowe układów mikroelektronicznych: granice i bariery rozwoju mikro (nano)elektroniki, prawo Moore'a (rozwój wykładniczy), krzywa logistyczna Ograniczenia rozwoju (fundamentalne, przyrządowe, materiałowe, układowe,

**Metody oceny:**

kolokwia
zaliczenie poszczególnych ćwiczeń laboratoryjnych

**Egzamin:**

nie

**Literatura:**

W. Marciniak, "Przyrządy półprzewodnikowe i układy scalone", WNT, W-wa 1984.
P. Jagodziński, A. Jakubowski, "Zasady działania przyrządówpółprzewodnikowych typu MIS", WPW 1980

**Witryna www przedmiotu:**

www.imio.pw.edu.pl/wwwzpmn/wyklady/pp/

**Uwagi:**

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka PP\_W01:**

Ma uporządkowaną, podbudowaną teoretycznie wiedzę na temat zasad działania współczesnych przyrządów półprzewodnikowych

Weryfikacja:

kolokwium, ćwiczenia laboratoryjne

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W07

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka PP\_W02:**

Ma wiedzę w zakresie trendów rozwojowych mikroelektroniki

Weryfikacja:

kolokwium

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W13

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka PP\_W03:**

Ma wiedzę w zakresie elementów technologii układów scalonych

Weryfikacja:

kolokwium

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W07

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka PP\_U01:**

Potrafi zastosować poznane modele do obliczania charakterystyk i podstawowych parametrów przyrządów półprzewodnikowych

Weryfikacja:

kolokwium, ćwiczenia laboratoryjne

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U11

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka PP\_U02:**

Potrafi przeprowadzić pomiary i symulacje charakterystyk elektrycznych przyrządów półprzewodnikowych oraz wyznaczyć ich podstawowe parametry wykorzystując poznane modele

Weryfikacja:

ćwiczenia laboratoryjne

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U12

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka PP\_U03:**

Potrafi porównać zmierzone charakterystyki z teoretycznymi i wyjaśnić różnice

Weryfikacja:

ćwiczenia laboratoryjne

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U21

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

### Profil praktyczny - kompetencje społeczne

**Charakterystyka PP\_K01:**

potrafi pracować w zespole

Weryfikacja:

ćwiczenia laboratoryjne

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:**

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**