**Nazwa przedmiotu:**

Metody obliczeniowe w mikroelektronice i fotonice

**Koordynator przedmiotu:**

Andrzej Pfitzner, Agnieszka Mossakowska-Wyszyńska

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia II stopnia

**Program:**

Elektronika

**Grupa przedmiotów:**

Przedmioty techniczne - zaawansowane

**Kod przedmiotu:**

MOMF

**Semestr nominalny:**

3 / rok ak. 2019/2020

**Liczba punktów ECTS:**

4

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

90
Bilans nakładu pracy przeciętnego studenta wygląda następująco:
- udział w wykładach: 15 x 2 godz. = 30 godz.,
- przygotowanie do kolejnych wykładów i realizacji projektu (przejrzenie materiałów z wykładu i dodatkowej literatury, próba rozwiązania miniproblemów sformułowanych na wykładzie): 5 godz.
- udział w zajęciach projektowych (z udziałem prowadzącego): 7 x 2 godz. = 14 godz.
- realizacja zadań projektowych (praca własna): 26 godz.
- przygotowanie do kolokwiach oraz udział w 2 kolokwiach: 10 godz
- udział w konsultacjach: 5 godz (zakladamy 2 godz. konsultacji przedkolokwialnych i 3 godz. związanych z zadaniami projektowymi)

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

ok. 2 p. ECTS
wykład: 30 + zajęcia projektowe: 14 + konsultacje: 5 = 49 godz.

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

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

ok. 2 p. ECTS
zajęcia projektowe: 14 + Realizacja zadań projektowych: 26 + konsultacje projektowe: 3 = 43 godz.

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

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

**Wymagania wstępne:**

Wymagana jest znajomość:
- podstawowych metod numerycznych (zaliczenie MNM lub podobnego przedmiotu),
- podstaw fizycznych ciała stałego (zaliczenie ELCS lub podobnego przedmiotu),
- podstaw fizycznych fotoniki (zaliczenie FOT lub podobnego przedmiotu).

**Limit liczby studentów:**

40

**Cel przedmiotu:**

- ukształtowanie wśród studentów zrozumienia potrzeby wykorzystywania zaawansowanego opisu matematycznego zjawisk fizycznych i problemów technicznych w obszarze mikroelektroniki i fotoniki
- zapoznanie studentów z metodami rozwiązywania układów równań różniczkowych i całkowych reprezentujących zjawiska fizyczne występujące w obiektach mikroelektronicznych i fotonicznych oraz ze sposobami tworzenia modeli tych obiektów
- ukształtowanie podstawowych umiejętności w zakresie posługiwania się algorytmami, modelami i symulatorami do realizacji zadań inżynierskich w obszarze mikroelektroniki i fotoniki

**Treści kształcenia:**

-Opis matematyczny propagacji światła - równania Maxwella, równanie falowe, równanie Helmholtza, fala płaska i jej polaryzacja, sieć odwrotna, twierdzenie Blocha, funkcje Greena, równanie Galerkina, warunki brzegowe oraz warstwa PML, przykłady rozwiązań równań falowych w ośrodkach objętościowych.
-Numeryczne metody wyznaczania rozkładu pola elektromagnetycznego w ośrodkach pasywnych i aktywnych – dyskretyzacja i metoda różnic skończonych w przestrzeni położenia i w dziedzinie czasu, komórka Yee, stabilność numeryczna, rozwinięcie metody na problemy nieliniowe; metoda propagacji wiązki BPM: wektorowa i dwukierunkowa; metoda momentów, metoda elementu skończonego, zagadnienia nieliniowe, funkcje Greena.
-Analiza propagacji fali elektromagnetycznej w periodycznych pasywnych i aktywnych ośrodkach dielektrycznych – transmisja, odbicie i rozpraszanie fali, metoda macierzy przejścia TMM, metoda macierzy rozpraszania SMM, metoda macierzy translacji w przestrzeni rzeczywistej RSTM.
-Metody determinacji pasm wzbronionych w kryształach fotonicznych - metoda różnic skończonych w dziedzinie czasu, metoda fal płaskich PWM, transformata Fouriera, szeregi Fouriera.
-Pół-analityczne metody analizy wzmocnienia ośrodków aktywnych – metoda rozdzielenia zmiennych, równania modów sprzężonych, współczynnik małosygnałowego wzmocnienia.
-Opis matematyczny transportu nośników i ciepła w półprzewodnikach, równanie kinetyczne Boltzmanna, model dyfuzyjno-dryftowy, model hydrodynamiczny, równanie Fouriera; współczynniki kinetyczne, modele zjawisk nierównowagowych, efekty kwantowe, warunki brzegowe i początkowe.
-Numeryczne rozwiązywanie zagadnień transportu nośników ładunku, dyskretyzacja i linearyzacja równań transportu, schemat Cranka-Nicolsona, metoda Newtona-Raphsona, metoda Gummela, przybliżenia początkowe i algorytmy ewolucyjne.
-Rozwiązywanie dużych układów równań liniowych – metody sprzężonych gradientów, generacja i adaptacja siatek, metody przyspieszania algorytmów iteracyjnych, obliczenia równoległe.
-Efektywne przybliżenia analityczne, metody hybrydowe i wzory empiryczne, modele “kompaktowe” przyrządów dla symulacji obwodowej, ciągłość modeli.
-Wybrane zastosowania metody Monte-Carlo, symulacja transportu nośników; symulacja statystyczna, przewidywanie uzysku produkcyjnego, analiza korelacyjna.
-Zarys problemów obliczeniowych w komputerowym wspomaganiu projektowania układów scalonych (systemach CAD).

**Metody oceny:**

Sprawdziany wykładowe, rozwiązywanie zadań na zajęciach projektowych, zadania projektowe do samodzielnego rozwiązania, sprawozdania z realizacji tych zadań, formatywna ocena zadań przedkolokwialnych.

**Egzamin:**

nie

**Literatura:**

1. Salah Obayya, Computational Photonics, John Wiley & Sons, Inc. 2011
2. Herbert Baaser, Development and Application of the Finite Element Method based on MatLab, Springer-Verlag 2010
3. Matthew N. O. Sadiku, Numerical techniques in electromagnetics, CRC Press LLC 2001
4. A. Pfitzner, Modelowanie elementów półprzewodnikowych dla statystycznej symulacji układów scalonych VLSI, Prace Naukowe Elektronika z.120, OWPW, 1999
5. D. Potter, Metody obliczeniowe fizyki, PWN Warszawa 1977
6. G.H. Golub and C. F. Van Loan, Matrix Computations, Baltimore: The Johns Hopkins University Press, 2nd ed., 1989.
7. Narsingh Deo, Teoria grafów i jej zastosowania w technice i informatyce, PWN, Warszawa 1980

**Witryna www przedmiotu:**

www.elka.pw.edu.pl/studia

**Uwagi:**

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka MOMF\_W01:**

Zna zakres stosowalności matematycznego opisu propagacji światła w różnych ośrodkach oraz transportu nośników ładunku w półprzewodnikach

Weryfikacja:

kolokwium

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W01, K\_W03, K\_W04, K\_W06

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka MOMF\_W02:**

Zna metody macierzowe analizy propagacji fali elektromagnetycznej w pasywnym bądź aktywnym ośrodku dielektrycznym

Weryfikacja:

kolokwium

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W01, K\_W03, K\_W04, K\_W06

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka MOMF\_W03:**

Zna sposoby opisu i analizy pasma wzbronionego w krysztalach fotonicznych

Weryfikacja:

kolokwium

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W01, K\_W03, K\_W04, K\_W06

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka MOMF\_W04:**

Zna podstawowe modele symulacyjne do wyznaczania właściwości elektrycznych przyrządów półprzewodnikowych

Weryfikacja:

kolokwium, projekt

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W01, K\_W03, K\_W04, K\_W06

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka MOMF\_W05:**

Ma wiedzę na temat podstawowych problemów obliczeniowych w komputerowym wspomaganiu projektowania układów scalonych

Weryfikacja:

kolokwium

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W01, K\_W03, K\_W04, K\_W06

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka MOMF\_U01:**

Potrafi wyznaczyć metodami numerycznymi rozkład pola elektromagnetycznego w ośrodkach pasywnych i aktywnych

Weryfikacja:

projekt

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U01, K\_U08

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka MOMF\_U02:**

Potrafi wyznaczyć wzmocnienie ośrodków aktywnych wykorzystując pół-analityczne metody analizy generacji promieniowania

Weryfikacja:

projekt

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U08, K\_U10, K\_U01

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka MOMF\_U03:**

Potrafi wyznaczyć rozkłady pola i koncentracji nośnikow w elementach układów scalonych dla róźnych warunków chłodzenia i odziaływań zewnętrznych

Weryfikacja:

projekt

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U01, K\_U08

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka MOMF\_U04:**

Potrafi wyznaczyć charakterystyki elektryczne przyrządów półprzewodnikowych dobierając właściwy model symulacyjny

Weryfikacja:

projekt

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U01, K\_U08

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka MOMF\_U05:**

Potrafi zaprojektować model kompaktowy tranzystora wykorzystując analityczne przybliżenia związków między parametrami

Weryfikacja:

projekt

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U08, K\_U14, K\_U15

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Charakterystyka MOMF\_K01:**

potrafi pracować indywidualnie i w zespole

Weryfikacja:

projekt

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_K01

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**