**Nazwa przedmiotu:**

Fotoniczne przyrządy półprzewodnikowe

**Koordynator przedmiotu:**

Paweł Szczepański

**Status przedmiotu:**

Fakultatywny ograniczonego wyboru

**Poziom kształcenia:**

Studia II stopnia

**Program:**

Elektronika

**Grupa przedmiotów:**

Przedmioty techniczne - zaawansowane

**Kod przedmiotu:**

FPP

**Semestr nominalny:**

3 / rok ak. 2019/2020

**Liczba punktów ECTS:**

3

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

**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:  | 0h |
| Projekt:  | 15h |
| Lekcje komputerowe:  | 0h |

**Wymagania wstępne:**

**Limit liczby studentów:**

**Cel przedmiotu:**

- ukształtowanie wśród studentów zrozumienia zjawisk występujących w półprzewodnikach oraz zasad działania fotonicznych przyrządów półprzewodnikowych
- ukształtowanie umiejętności z zakresu projektowania optoelektronicznych przyrządów półprzewodnikowych

**Treści kształcenia:**

- Przegląd postaw fizyki półprzewodników (Kryształy. Półprzewodniki złożone. Teoria Blocha. Struktura pasmowa. Bariery potencjału i studnie potencjału. Strefy Brillouina. Przybliżenie masy efektywnej. Teoria pasm Kane. Mechanika statystyczna półprzewodników. Funkcje rozkładu i gęstość stanów.)
- Heterostruktury (Definicja hetero struktury. Heterozłącza anizotypowe i izotopowe. Stałe sieci i pasmo wzbronione energii różnych materiałów. Dopasowane i niedopasowanie sieci (naprężenia) materiałów. Przesunięcia i uszeregowania pasm. Wzrost heterostruktury metodami: LPE, MBE, MO-CVD. Kwantowe ograniczenie. Studnie, kropki i druty kwantowe. Technologie materiałowe.)
- Optyczna absorpcja, emisja i proces załamania (Absorpcja w przejściu prostym i skośnym. Ekscytrony. Absorpcja wolnych nośników. Współczynniki optycznej emisji-Einsteina A i B. Optyczne załamanie. Optyczne fonony i polaritony.)
- Półprzewodnikowe diody złączowe p-n (Przegląd teorii transportu w półprzewodnikach. Równanie ciągłości. Równania gęstości prądu. Ruchliwość. Dyfuzja. Mechanizmy rekombinacji. Długość dyfuzji. Długość drogi Debye'a. Czas relaksacji dielektrycznej. Złączowe diody p-n. Przybliżenie zubożenia. Prąd przewodzenia. Inne prądy w diodzie. Praktyczne struktury diod: diody p-i-n, diody heterostrukturowe, diody Schottky. Kontakty omowe.)
- Diody elektroluminescencyjne (DEL) (Rekombinacja w przejściu prostym. Inne mechanizmy w diodzie. Diody homozłączowe kontra diody hetero złączowe. Wydajność emisji zewnętrznej diody DEL. Wzmocnienie światła w strukturach kryształów fotonicznych. Kluczowe problemy produkcji i pakowania. Szybkość odpowiedzi diod DEL.)
- Wzmacniacze i lasery półprzewodnikowe (Warunki otrzymywania wymuszonej emisji. Wzmocnienie. Dopasowanie fazowe. Prąd progowy. Optyczne dopasowanie i sprzężenie do pola e.m.. Dynamika wzmocnienia laserów. Pasmo modulacji. lasery jednoczęstotliwościowe: DFB i DBR. Lasery ze studniami i kropkami kwantowymi. Kwantowe lasery kaskadowe. Struktury wzmacniające i stratne. Lasery emitujące powierzchniowo (VCSEL). Lasery dużej mocy. Lasery przestrajalne. Półprzewodnikowe wzmacniacze optyczne.)
- Półprzewodnikowe optyczne detektory (Fotoprzewodniki. Fotodiody złączowe. Fotodiody lawinowe. Szybkie diody. Diody za złączem metal-półprzewodnik (MSM), Czujniki CCD. Detektory podczerwieni.)
-Ogniwa fotowoltaiczne (Diody fotowoltaiczne. Ogniwa słoneczne. Fotowoltaiczne konwertery. Materiały i tendencje rozwoju. Zastosowania.)
- Modulatory i przełączniki (Kwantowo ograniczony efekt Starka. Efekty załamania rezonansu pasm zabronionych. Elektro-absorpcyjne modulatory (efekt Franza-Keldysha). Efekty Pockelsa i Kerra. Interferometr Macha- Zehndera. Przełączniki SEED.)
- Luminescencja organicznych materiałów półprzewodnikowych (Zasada działania przyrządów z organicznych materiałów półprzewodnikowych OLED. Konstrukcje. Technologia. Zastosowania. )
- Technologia fotonicznych materiałów półprzewodnikowych (Kontrola pasma zabronionego oraz współczynnika załamania poprzez proces epitaksji. Struktury warstw napiętych i supersieci. Metody wzrostu epitaksjalnych nanostruktur z kontrolą monowarstw.)

**Metody oceny:**

Egzamin pisemny na koniec semestru, kolokwium z projektu, rozwiązywanie zadań na zajęciach projektowych, zadania do samodzielnego rozwiązania.

**Egzamin:**

tak

**Literatura:**

S.M.Sze "Semiconductor Devices: Physics and Technology", John Wiley & Sons, 2002.
M.A.Herman "Heterozłącza Półprzewodnikowe: Fizyka, Technologia, Zastosowania", PWN, 1987.
N. K. Dutta, Q. Wang "Semiconductor Optical Amplifiers", World Scientific Pub Co Inc 2006.
A. Świt, J. Półtorak "Przyrządy Półprzewodnikowe", WNT Warszawa 1976
R. F. Pierret "Semiconductor Device Fundamentals", Addison Wesley 1996.
J.Pankove "Zjawiska Optyczne w Półprzewodnikach", WNT 1974.
B. E. A. Saleh, M. C. Teich "Fundamentals of Photonics", Wiley-Interscience 2007.
K. J. Ebeling "Integrated Optoelectronics: Waveguide Optics Photonics, Semiconductors", Springer-Verlag 1993.
P. Bhattacharya "Semiconductor Optoelectronic Devices", Prentice Hall 1996.
W. B. Leigh "Devices for Optoelectronics", CRC Press 1996.
S.O.Kasap "Optoelectronics and Photonics: Principles and Practices", Prentice Hall 2001.
J. Piprek "Optoelectronic Devices: Advanced Simulation and Analysis", Springer 2010.
J. Shinar "Organic Light Emitting Devices - A Survey", Kindle Edition 2004.
A. Yariv, P. Yeh "Photonics: Optical Electronics in Modern Communications", Oxford University Press 2006.

**Witryna www przedmiotu:**

**Uwagi:**

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka FPP\_W01:**

na temat oddziaływania promieniowania e.m. z półprzewodnikiem

Weryfikacja:

egzamin, kolokwium, zadania do samodzielnego rozwiązania

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W03, K\_W02

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka FPP\_W02:**

na temat zasad działania i zastosowania struktur półprzewodnikowych zawierajacych heterozłącza

Weryfikacja:

egzamin, kolokwium, zadania do samodzielnego rozwiązania

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W02, K\_W03, K\_W04

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka FPP\_W03:**

na temat zasad konstrukcji i technologii oraz właściwości półprzewodnikowych źródeł promieniowania

Weryfikacja:

egzamin, kolokwium, zadania do samodzielnego rozwiązania

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

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka FPP\_W04:**

na temat efektów towarzyszących detekcji, wzmacnianiu i modulacji promieniowania e.m. w foronicznych przyrządach półprzewodnikowych

Weryfikacja:

egzamin, kolokwium, zadania do samodzielnego rozwiązania

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

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka FPP\_U01:**

zaprojektować optoelektroniczny przyrząd półprzewodnikowy o pożądanych własnościach

Weryfikacja:

egzamin, kolokwium, zadania do samodzielnego rozwiązania

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U01, K\_U07, K\_U08

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka FPP\_U02:**

wskazać zastosowania fotonicznych przyrządów półprzewodnikowych w fotonice zintegrowanej oraz komunikacji optycznej

Weryfikacja:

egzamin, kolokwium, zadania do samodzielnego rozwiązania

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U01, K\_U11, K\_U12

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**