**Nazwa przedmiotu:**

Lasery

**Koordynator przedmiotu:**

Paweł SZCZEPAŃSKI

**Status przedmiotu:**

Fakultatywny ograniczonego wyboru

**Poziom kształcenia:**

Studia II stopnia

**Program:**

Elektronika

**Grupa przedmiotów:**

Przedmioty techniczne - zaawansowane

**Kod przedmiotu:**

LAS

**Semestr nominalny:**

2 / rok ak. 2019/2020

**Liczba punktów ECTS:**

3

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

72

**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:**

40

**Cel przedmiotu:**

- ukształtowanie wśród studentów zrozumienia zjawisk i efektów towarzyszących akcji laserowej oraz determinujących parametry wiązki laserowej, jak również zrozumienia zjawisk i efektów leżących u podstaw różnych technik laserowych
- ukształtowanie umiejętności tworzenia półklasycznych modeli generacji promieniowania w różnych typach laserów oraz umiejętności wykorzystania tych modeli do analizy różnych reżimów pracy tych laserów

**Treści kształcenia:**

- Podstawowe zasady klasycznej teorii dyspersji Lorentza. Zespolony współczynnik załamania i relacje dyspersyjne opisujące związek absorpcji z dyspersją
- Podstawowe pojęcia i metody mechaniki kwantowej stosowane w półklasycznej teorii oddziaływania fali e.m. z materią (Funkcja falowa. Jednowymiarowe równanie Schrödingera. Równanie Schrödingera uogólnione na przypadek trójwymiarowy. Model oscylatora harmonicznego. Rachunek zaburzeń bez czasu. Rachunek zaburzeń z czasem. Rachunek wariacyjny.)
- Zagadnienie oddziaływania układu dwupoziomowego z falą e.m (Rozwiązanie równania Schrödingera metodą rachunku zaburzeń. Równania ruchu dla populacyjnej macierzy gęstości.)
- Wzmocnienie i próg akcji laserowej (Analiza progowa. Równania kinetyczne dla fotonów i populacji. Małosygnałowe wzmocnienie. Zjawisko nasycenia wzmocnienia. Efekt przestrzennego wypalania dziur.)
- Moc wyjściowa i częstotliwość lasera (Równanie kinetyczne dla natężenia promieniowania. Przybliżenie jednorodnego pola. Optymalna transmisja. "Lamb dip". Efekt "przeciągania" częstotliwości (z ang. mode pulling).)
- Wzbudzenie jedno- i wielomodowe (Generacja na jednej częstotliwości. Konkurencja międzymodowa. Synchronizacja modów. Selekcja modów.)
- Dynamika akcji laserowej i efekt włączeniowy (Drgania relaksacyjne. Impulsy gigantyczne. Optyczna bistabilność. Chaos deterministyczny.)
- Półklasyczna teoria lasera (Model punktowy lasera. Równania samouzgodnione. Polaryzacja ośrodka aktywnego. Formalizm macierzy gęstości.)
- Aplikacje półklasycznej teorii (Aplikacje półklasycznej teorii lasera do opisu różnego typu laserów, w szczególności laserów gazowych, laserów na ciele stałym (dielektryczne lasery planarne z rozłożonym sprzężeniem zwrotnym (DFB)), struktur półprzewodnikowych ze studniami kwantowymi (jednowymiarowej, dwuwymiarowej - tzw. struktura z drutem kwantowym lub trójwymiarowej - tzw. struktura z kropką kwantową) oraz struktur z przerwą fotoniczną (tzw. kryształów fotonicznych).)
- Elementy kwantowej teorii lasera (Szerokość linii widmowej generowanej przez laser. Szum kwantowy lasera. Równanie Langevina. Równanie Fokkera-Plancka dla fazy i amplitudy pola modu laserowego.)
- Własności statystyczne światła laserowego (Koherencja czasowa i przestrzenna. Funkcje koherencji. Statystyka fotonów.)
- Efekty generacyjne wykorzystujące zjawiska nieliniowe (Generacja drugiej i wyższych harmonicznych. Wymuszone rozpraszanie Ramana. Generacja superkontinuum.)
- Rezonatory optyczne i wiązki laserowe (ABCD optyki geometrycznej. Stabilność rezonatorów optycznych. Przyosiowe równanie falowe. Poprzeczne mody rezonatora. Wiązka gaussowska. ABCD wiązki gaussowskiej.)
- Typy laserów i mechanizmy uzyskiwania inwersji obsadzeń (Lasery gazowe (He-Ne, argonowy, laser CO2). Lasery barwnikowe. Lasery na swobodnych elektronach. Lasery na ciele stałym. Lasery półprzewodnikowe.)
- Wybrane zastosowania laserów (aplikacje laserów ze szczególnym uwzględnieniem technik telekomunikacyjnych.)

**Metody oceny:**

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

**Egzamin:**

tak

**Literatura:**

M.O. Scully, W.E. Lamb "Laser Physics", Addison-Wesley Publishing Company, 1974.
W.W. Chow, S. W. Koch, M. Sargent III "Semiconductor-Laser Physics", Springer-Verlag, 1994.
W.W. Chow, S. W. Koch, "Semiconductor-Laser Fundamentals", Springer-Verlag, 1999.
A. Yariv, "Optical Electronics in Modern Communications", Oxford University Press, 1997

**Witryna www przedmiotu:**

**Uwagi:**

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka LAS\_W01:**

 na temat podstawowych pojęć i metod mechaniki kwantowej wykorzystywanych w półklasycznym opisie fali e.m. z ośrodkiem aktywnym

Weryfikacja:

egzamin, kolokwium, zadania do samodzielnego rozwiązania

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

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka LAS\_W02:**

na temat mechanizmów uzyskiwania inwersji obsadzeń w różnych typach ośrodków aktywnych

Weryfikacja:

egzamin, kolokwium, zadania do samodzielnego rozwiązania

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

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka LAS\_W03:**

na temat zjawisk i efektów towarzyszących dynamicznej pracy lasera (tj. drgania relaksacyjne, impulsy gigantyczne, optyczna bistabilność, i chaos deterministyczny)

Weryfikacja:

egzamin, kolokwium, zadania do samodzielnego rozwiązania

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

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka LAS\_W04:**

na temat własności statystycznych światła laserowego (tj. koherencja czasowa i przestrzenna, funkcje koherencji, statystyka fotonów)

Weryfikacja:

egzamin, kolokwium, zadania do samodzielnego rozwiązania

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

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka LAS\_U01:**

sformułować równania kinetyczne dla fotonów i inwersji obsadzeń oraz na ich podstawie dokonać analizy progowej i ponadprogowej pracy lasera

Weryfikacja:

egzamin, kolokwium, zadania do samodzielnego rozwiązania

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

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka LAS\_U02:**

wykorzystać model półklasyczny oddziaływania fali e.m. z ośrodkiem do opisu generacji promieniowania w rożnych typach laserów z uwzględnieniem efektów szumowych

Weryfikacja:

egzamin, kolokwium, zadania do samodzielnego rozwiązania

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U08, K\_U10, K\_U13

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka LAS\_U03:**

opisać efekty generacyjne z wykorzystaniem zjawisk nieliniowych

Weryfikacja:

egzamin, kolokwium, zadania do samodzielnego rozwiązania

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

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka LAS\_U04:**

zaprojektować rezonatory optyczne o pożądanych własnościach

Weryfikacja:

egzamin, kolokwium, zadania do samodzielnego rozwiązania

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U13, K\_U14, K\_U15

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**