**Nazwa przedmiotu:**

Komunikacja światłowodowa

**Koordynator przedmiotu:**

Ryszard Piramidowicz

**Status przedmiotu:**

Fakultatywny ograniczonego wyboru

**Poziom kształcenia:**

Studia II stopnia

**Program:**

Elektronika

**Grupa przedmiotów:**

Przedmioty techniczne - zaawansowane

**Kod przedmiotu:**

KOS

**Semestr nominalny:**

2 / rok ak. 2019/2020

**Liczba punktów ECTS:**

4

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

100

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

2

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

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

1

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

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

**Wymagania wstępne:**

postawowa znajomość optyki i zagadnień teorii pola elektromagnetycznego

**Limit liczby studentów:**

40

**Cel przedmiotu:**

Celem wykładu jest wprowadzenie studentów w zagadnienia warstwy fizycznej nowoczesnych systemów telekomunikacji światłowodowej. Tak określony cel wymaga szczegółowego przedstawienia i przedyskutowania aktualnych rozwiązań w dziedzinie elementów i systemów fotoniki światłowodowej, jak również odniesienia się do aktualnie prowadzonych prac badawczo rozwojowych.

**Treści kształcenia:**

Zakres przedmiotu obejmuje w szczególności podstawy fizyczne propagacji światła w jednomodowych i wielomodowych strukturach światłowodowych, omówienie podstawowych właściwości medium transmisyjnego (jak tłumienność, dyspersja, efekty nieliniowe), szczegółową charakteryzację podstawowych pasywnych i aktywnych elementów optyki światłowodowej (jak źródła światła, modulatory, multipleksery i demultipleksery, kompensatory dyspersji, wzmacniacze optyczne, przestrajalne filtry, detektory itp.).
Treść wykładu:
1. Wprowadzenie do systemów światłowodowej komunikacji optycznej: perspektywa historyczna, ewolucja rozwiązań, podstawowe komponenty układów komunikacji światłowodowej – nadajniki, odbiorniki i media transmisyjne. (2h)
2. Światłowody: światłowody planarne i włóknowe do zastosowań w układach komunikacji optycznej, klasyfikacja włókien optycznych, włókna jednomodowe vs. włókna wielomodowe, aspekty materiałowe – włókna kwarcowe, wieloskładnikowe i polimerowe; podstawy teorii propagacji światła – opis przy pomocy równań optyki geometrycznej i optyki falowej; efekt dyspersji w wielomodowych i jednomodowych włóknach światłowodowych, ograniczenia dyspersyjne transmisji, straty w światłowodach włóknowych; wybrane aspekty technologii wytwarzania włókien światłowodowych. (6h)
3. Nadajniki optyczne: wprowadzenie – emisja światła w strukturach półprzewodnikowych; diody LED i lasery półprzewodnikowe (LD); praca jednoczęstotliwościowa laserów półprzewodnikowych, charakterystyki spektralne źródeł LED i LD (krawędziowych, DFB, DBR, VSCEL), modulatory światła i techniki modulacji; podstawy projektowania nadajników telekomunikacyjnych. (4h)
4. Odbiorniki optyczne: podstawowe rozwiązania i parametry odbiorników; porównanie parametrów diod p-n, p-i-n i diod lawinowych (APD) jako odbiorników do systemów telekomunikacji światłowodowej. (2h)
5. Analogowe łącza optyczne: Struktura łącza analogowego, idea i opis łącza za pomocą mikrofalowej macierzy rozproszenia, wzmocnienie i transmitancja łącza analogowego, transmisja światłowodem sygnału zmodulowanego, łącza do transmisji sygnałów mikrofalowych. (2h)
6. Wzmacniacze optyczne: wprowadzenie i podstawy działania; podstawowe parametry – pasmo, wzmocnienie, moc nasycenia, liczba szumowa, etc.; wzmacniacze półprzewodnikowe (SOA), wzmacniacze światłowodowe domieszkowane jonami ziem rzadkich (REDFA, REDWA) – EDFA, EDWA, PDFA, TDFA; wzmacniacze ramanowskie (FRA); zastosowania w systemach światłowodowych. (4h)
7. Kontrola i zarządzanie dyspersją w systemach telekomunikacji światłowodowej: techniki kompensacji dyspersji chromatycznej, światłowody kompensujące dyspersję, siatki braggowskie; techniki kompensacji dyspersji polaryzacyjnej (PMD); problemy dyspersji modowej w systemach wykorzystujących światłowody wielomodowe. (2h)
8. Systemy wielokanałowe: WDM, FDM, TDM, SCM, CDM; główne komponenty systemu (D)WDM: nadajniki i odbiorniki (D)WDM, multipleksery i demultipleksery, sprzęgacze, przełącznice optyczne (OXC), konwertery długości fali, wzmacniacze etc. ; wybrane układy fotoniki scalonej do zastosowań w systemach wielokanałowych. (4h)
9. Systemy FTTx: podstawowe zalety i ograniczenia; elementy nadawczo-odbiorcze do systemów FTTx, specyfika mediów transmisyjnych do zastosowań w systemach FTTx. (2h)
10. Systemy RoF: Podstawowa struktura systemów radiowo-światłowodowych, techniki modulacji i transmisji danych, generacja nośnej w pasmach milimetrowych. Przykłady zastosowań, układy odwrócone, rozwiązania eksperymentalne. Złożone systemy radiowo-światłowodowe, zastosowanie technik multipleksacji, układy sieci z transmisją do wielu punktów. (2h)

**Metody oceny:**

2 kolokwia w trakcie semestru oraz ocena z laboratorium.

**Egzamin:**

nie

**Literatura:**

1.G.P. Agrawal, Fiber Optic Communication Systems, Wiley, 2003 (lub nowsze)
2.M.J.F. Digonnet, Rare earth doped fiber lasers and amplifiers, Marcel Dekker Inc., New York, 1993 (lub nowsze)
3.E. Desurvire, Erbium doped fiber amplifiers – principles and applications, Wiley, 1994 (lub nowsze)
4.K. Thyagarajan, A. Ghatak, Fiber optic essentials, Wiley, 2007 (lub nowsze)
5.A. Smoliński, Optoelektronika światłowodowa, WKiŁ, 1985
6.A. Majewski, Teoria i projektowanie światłowodów, WNT, 1991
7.M. Szustakowski, Elementy techniki światłowodowej, WNT, 1992
8. B. Galwas, Telekomunikacja optofalowa, podręcznik elektroniczny z dostępem w Internecie, 2010

**Witryna www przedmiotu:**

-

**Uwagi:**

brak uwag

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka KOS\_W01:**

ma rozszerzoną i pogłębioną wiedzę w zakresie zjawisk i procesów fizycznych dot. propagacji światła w światłowodach komunikacyjnych i elementach światłowodowych

Weryfikacja:

kolokwia, egzamin

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

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka KOS\_W02:**

ma pogłębioną i rozszerzoną wiedzę z zakresu fizyki i zasad działania elementów warstwy fizycznej sieci światłowodowych

Weryfikacja:

kolokwium, laboratorium

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

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka KOS\_W03:**

ma rozszerzoną i pogłębioną wiedzę w zakresie technik pomiarowych nowoczesnej komunikacji światłowodowej

Weryfikacja:

laboratoria

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W01, K\_W03, K\_W05, K\_W06

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka KOS\_U01:**

potrafi przedstawić główne założenia i formalizmy opisujące propagację światła w elementach systemów światłowodowych

Weryfikacja:

kolokwia, egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U09, K\_U01, K\_U02, K\_U03, K\_U08

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka KOS\_U02:**

potrafi przeprowadzić analizę numeryczną i symulację działania wybranych elementów systemów światłowodowych

Weryfikacja:

kolokwia

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U01, K\_U03, K\_U07, K\_U08, K\_U09, K\_U10, K\_U12

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka KOS\_U03:**

potrafi zaplanować i przeprowadzić pomiary wybranych parametrów elementów warstwy fizycznej sieci światłowodowej

Weryfikacja:

laboratoria

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U01, K\_U02, K\_U03, K\_U04, K\_U07, K\_U12, K\_U13

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Charakterystyka KOS\_K01:**

potrafi pracować w zespole

Weryfikacja:

realizacja projektów zespołowych, współpraca podczas laboratorium

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_K01, K\_K02

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**