

Zespół Autorski:

Ryszard Piramidowicz

Anna Jusza

Krzysztof Anders

Stanisław Stopiński

**Systemy Komunikacji Optycznej (SKO)
(Optical Communication Systems)**

Poziom kształcenia: *II stopień*

Forma i tryb prowadzenia przedmiotu: *stacjonarna*

Kierunek studiów: *Elektronika*

Specjalność: *Systemy Zintegrowanej Elektroniki i Fotoniki*

Klasy programowe:

Poziom przedmiotu: *zaawansowany*

Status przedmiotu: *obieralny*

Język przedmiotu: *polski*

Semestr nominalny (tylko dla przedmiotów obowiązkowych):

Minimalny numer semestru: *2*

Wymagania wstępne, zalecane przedmioty poprzedzające: *brak*

Limit liczby studentów: *30*

Powód zgłoszenia przedmiotu: *nowy program studiów II stopnia na kierunku Elektronika*

Cel przedmiotu: *Celem wykładu jest wprowadzenie studentów w zagadnienia warstwy fizycznej nowoczesnych systemów komunikacji optycznej. Tak określony cel wymaga szczegółowego przedstawienia i przedyskutowania aktualnych rozwiązań w dziedzinie elementów i systemów fotoniki światłowodowej i free-space, jak również odniesienia się do aktualnie prowadzonych prac badawczo rozwojowych. Z tego powodu zaplanowany zakres przedmiotu obejmuje w szczególności podstawy fizyczne propagacji światła w wolnej przestrzeni oraz 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 kształcenia:

Informacje ogólne:

Przedmiot składa się z części wykładowej oraz laboratorium. Do zaliczenia przedmiotu wymagane jest uzyskanie co najmniej 50% punktów z każdej ww. części.

Opis wykładu:

Wydziałowa Komisja Akredytacji Przedmiotów (WKAP)

1. Wprowadzenie do systemów komunikacji optycznej: perspektywa historyczna, ewolucja rozwiązań, podstawowe komponenty układów komunikacji optycznej: nadajniki, odbiorniki i media transmisyjne transmisyjne
2. Systemy komunikacji światłowodowej - 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
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, VSCSEL), modulatory światła i izolatory optyczne; podstawy projektowania nadajników telekomunikacyjnych oraz do komunikacji w wolnej przestrzeni
4. Odbiorniki optyczne: podstawowe rozwiązania i parametry odbiorników; porównanie parametrów diod p-n, p-i-n i diod lawinowych (APD) jako odbiorników do systemów komunikacji optycznej
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.
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;
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.
8. Systemy wielokanałowe: WDM, FDM, TDM, SCM, CDM, SDM; 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
9. Systemy FTTx: podstawowe zalety i ograniczenia; elementy nadawczo-odbiorcze do systemów FTTx, specyfika mediów transmisyjnych do zastosowań w systemach FTTx

Wydziałowa Komisja Akredytacji Przedmiotów (WKAP)

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.
11. Systemy komunikacji optycznej w wolnej przestrzeni bliskiego i dalekiego zasięgu, Omówienie przykładowych systemów m.in. OPALS, LiFi, systemy komunikacji międzysatelitarnej (m.in. SpaceX Starlink) oraz systemu komunikacji podwodnej – możliwości, ograniczenia, perspektywy rozwoju.

Laboratorium: (zakres laboratorium, tematy i opis ćwiczeń laboratoryjnych itp.)

Zajęcia teoretyczne zostaną wzbogacone ofertą laboratoryjną, obejmująca zestaw czterech ćwiczeń z zakresu:

1. Charakteryzacji parametrów propagacyjnych mediów transmisyjnych
2. Charakteryzacji nadajników i odbiorników optycznych
3. Charakteryzacja wzmacniaczy optycznych, przy wykorzystaniu nowoczesnych metod i urządzeń pomiarowych.
4. Budowy i charakteryzacji prostego linku optycznego ze zwielokrotnieniem kanałów informacyjnych

Egzamin: *tak*

Literatura: (wpisać zestaw literatury do przedmiotu, to pole jest obowiązkowe)

1. G.P. Agrawal, Fiber Optic Communication Systems, Wiley, 2010 (lub nowsze)
2. B. Galwas, Telekomunikacja optofalowa, podręcznik elektroniczny z dostępem w Internecie, 2010
3. Alberto Paradisi, Rafael Carvalho Figueiredo, Andrea Chiuchiarelli, Eduardo de Souza Rosa, Optical Communications - Advanced Systems and Devices for Next Generation Networks, Springer, 2019

Oprogramowanie: *Origin Lab, MS Office*

| | | | | | |
|--------------------------------|----------|----------|----------|----------|------|
| Wymiar godzinowy zajęć: | W | C | L | P | |
| | 30 | - | 15 | - | (45) |

Wymiar w jednostkach ECTS: (3)

Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów kształcenia (opis):

1. liczba godzin kontaktowych – (50) godz., w tym
 - obecność na wykładach (30) godz.,
 - obecność na laboratorium (15) godz.,
 - udział w konsultacjach (5) godz.
2. praca własna studenta – (25) godz., w tym
 - przygotowanie do laboratoriów (5) godz.,

Wydziałowa Komisja Akredytacji Przedmiotów (WKAP)

- *przygotowanie do egzaminów (10) godz.,*
- *przygotowanie sprawozdań (laboratoria) (10) godz.*

Łączny nakład pracy studenta wynosi (75) godz., co odpowiada (3) pkt ECTS.

Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich: (2) pkt ECTS, co odpowiada (50) godz. kontaktowym.

Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym: (1) pkt ECTS, co odpowiada (25) godz. ćwiczeń laboratoryjnych

Efekty kształcenia/uczenia się:

| Efekty kształcenia/uczenia się student, który zaliczył przedmiot: | forma zajęć/ technika kształcenia | sposób weryfikacji (oceny) | odniesienie do efektów uczenia się dla programu |
|--|--|---|--|
| WIEDZA | | | |
| Ma uporządkowaną, podbudowaną teoretycznie wiedzę ogólną obejmującą kluczowe zagadnienia z zakresu zaawansowanych materiałów i struktur mikroelektroniki i fotoniki. | Wykład | Egzamin | P7U_W03 |
| Ma podbudowaną teoretycznie szczegółową wiedzę związaną z wybranymi zagadnieniami z zakresu komunikacja optycznej. | Wykład | Egzamin | P7U_W04 |
| Zna podstawowe metody, techniki, narzędzia i materiały stosowane przy rozwiązywaniu złożonych zadań inżynierskich z zakresu analiza i projektowanie złożonych systemów komunikacji optycznej. | Wykład, laboratorium | Egzamin, laboratorium | P7U_W06 |
| UMIĘJĘTNOŚCI | | | |
| Potrafi planować i przeprowadzać eksperymenty, w tym zaawansowane pomiary i symulacje komputerowe z zakresu analizy złożonych systemów komunikacji optycznej. | Laboratorium | Laboratorium | P7U_U07 |
| Potrafi wykorzystać metody analityczne, symulacyjne oraz eksperymentalne do formułowania i rozwiązywania zadań inżynierskich i prostych problemów badawczych z zakresu analizy i projektowania złożonych systemów komunikacji optycznej. | Laboratorium | Laboratorium | P7U_U08 |
| Potrafi formułować i testować hipotezy związane z problemami inżynierskimi i prostymi problemami badawczymi z zakresu analizy i projektowania złożonych systemów komunikacji optycznej. | Laboratorium | Laboratorium | P7U_U10 |
| KOMPETENCJE SPOŁECZNE | | | |

Wydziałowa Komisja Akredytacji Przedmiotów (WKAP)

| | | | |
|--|--------------|--------------|---------|
| Potrafi myśleć i działać w sposób kreatywny i przedsiębiorczy. | Laboratorium | Laboratorium | P7U_K01 |
| Ma świadomość roli społecznej absolwenta uczelni technicznej, a zwłaszcza rozumie potrzebę formułowania i przekazywania społeczeństwu, w szczególności poprzez środki masowego przekazu, informacji i opinii dotyczących osiągnięć techniki i innych aspektów działalności inżynierskiej; podejmuje starania, aby przekazać takie informacje i opinie w sposób powszechnie zrozumiały, z uzasadnieniem różnych punktów widzenia. | Laboratorium | Laboratorium | P7U_K02 |