

**Zespół autorski:**

*dr hab. inż. Ryszard Piramidowicz*

*dr hab. inż. Tomasz Osuch*

*dr inż. Alicja Anuszkiewicz*

*dr inż. Anna Jusza*

*dr inż. Stanisław Stopiński*

*mgr inż. Krzysztof Anders*

**Fotonika Światłowodowa (FOS)**  
*Fiber optics*

**Poziom kształcenia:** *I stopień*

**Forma i tryb prowadzenia przedmiotu:** *stacjonarna*

**Kierunek studiów:** *Elektronika*

**Specjalność:** *Elektronika i Fotonika*

**Grupa przedmiotów:**

**Poziom przedmiotu:** *podstawowy*

**Status przedmiotu:** *obowiązkowy*

**Język przedmiotu:** *polski*

**Semestr nominalny:** *4*

**Minimalny numer semestru:** *3*

**Wymagania wstępne, zalecane przedmioty poprzedzające:** *WDOF (Wstęp do fotoniki), ELFO (Elementy Fotoniczne)*

**Limit liczby studentów:** *150*

**Powód zgłoszenia przedmiotu:** *modyfikacja i unowocześnienie programu studiów dla kierunku Elektronika, zmiana specjalności EiK na Elektronika i Fotonika.*

**Cel przedmiotu:** *Celem przedmiotu jest zapoznanie studentów z zagadnieniami dotyczącymi podstaw działania podstawowych elementów światłowodowych oraz systemów światłowodowych, zarówno w zastosowaniach telekomunikacyjnych jak i czujnikowych.*

**Treść kształcenia:**

**WYKŁADY:**

1. Wprowadzenie do fotoniki światłowodowej: budowa i podstawowe parametry światłowodów falowodowych i włóknowych, mody światłowodowe, zjawiska ograniczające transmisję w światłowodzie, opis metodami optyki geometrycznej i falowej, równania Maxwella i równanie dyspersyjne światłowodu.
2. Modowość światłowodów: metody analizy teoretycznej rozkładu pola EM w światłowodach, teoretyczny model światłowodu jednomodowego i wielomodowego, modowa struktura pola EM prowadzonego falowodem, rozwiązanie równań Maxwella dla struktury wielomodowej i jednomodowej, planarnej i włóknowej, rozkład i aproksymacja natężenia pola modów.
3. Dwójłomność i polaryzacja: polaryzacyjne własności światłowodów, rodzaje dwójłomności wewnętrznej światłowodów, technologia wytwarzania światłowodów dwójłomnych, metody wymuszania dwójłomności.

## Wydziałowa Komisja Akredytacji Przedmiotów (WKAP)

4. Dyspersja: prędkość grupowa i fazowa, rodzaje i źródła dyspersji w światłowodach, ograniczenia wynikające z dyspersji.
5. Źródła strat w światłowodach: współczynnik tłumienności, absorpcja materiałowa, rozpraszanie, niedoskonałości technologiczne.
6. Zjawiska nieliniowe w światłowodach: zjawiska nieliniowe drugiego i trzeciego rzędu, wymuszone rozpraszanie Ramana, wymuszone rozpraszanie Brillouina, nieliniowa modulacja fazy (SPM, XPM), mieszanie czterofalowe.
7. Technologia wytwarzania światłowodów i kabli światłowodowych: materiały, metody wytwarzania. Metody łączenia światłowodów.
8. Elementy światłowodowe: podstawowe parametry i właściwości.
9. Czujniki światłowodowe: wiadomości podstawowe, klasyfikacja, wybrane aplikacje.
10. Światłowodowe siatki Bragga: rodzaje, technologie wytwarzania, właściwości, zastosowania.
11. Światłowody specjalne: światłowody aktywne, światłowody o kształtowanych charakterystykach dyspersyjnych i modowych, światłowody mikrostrukturalne, kilkumodowe etc.
12. Techniki pomiarów podstawowych parametrów światłowodów i elementów światłowodowych.
13. Elementy prostego toru telekomunikacyjnego – nadajnik, odbiornik (de)multiplexer, wprowadzenie do systemów TDM i WDM.
14. Wzmacniacze światłowodowe: SOA, REDFA, REDWA, RFA - podstawy działania i podstawowe parametry pracy.
15. Wprowadzenie do laserów światłowodowych - rodzaje, parametry i zastosowania.

### **LABORATORIA:**

1. **Światłowody pasywne.** Badanie podstawowych parametrów pasywnych światłowodów telekomunikacyjnych (charakterystyka spektralna tłumienia, pomiar tłumienności metodą reflektometryczną OTDR, pomiar strat zgięciowych). (4h)
2. **Światłowody aktywne - światłowodowy wzmacniacz optyczny EDFA.** Badanie poszczególnych elementów wzmacniacza EDFA (charakterystyka tłumienności światłowodu aktywnego, charakterystyka prądowo-mocowa diody pompującej). Badanie charakterystyk wzmocnienia wzmacniacza. (4h)
3. **Światłowodowe siatki Bragga.** Badanie właściwości i podstawowych parametrów siatek Bragga (charakterystyka spektralna, długość fali Bragga, szerokość spektralna, wyznaczanie chirpu, amplitudy modulacji współczynnika załamania). Zastosowanie siatki Bragga jako zwierciadła laserowego / filtru optycznego. Wpływ czynników zewnętrznych na widmo siatki. (4h)
4. **Dwójłomność i polaryzacyjne właściwości światłowodów.** Badanie dwójłomności światłowodu utrzymującego polaryzację. Pomiar dyspersji polaryzacyjnej oraz dyspersji chromatycznej światłowodów. (4h)

**Egzamin:** *nie*

## Wydziałowa Komisja Akredytacji Przedmiotów (WKAP)

### Literatura i oprogramowanie:

1. M. Szustakowski, Elementy techniki światłowodowej, WNT, 1992
2. A. Majewski, Podstawy techniki światłowodowej, OWPW, 2000
3. J. Hecht, Understanding Fiber Optics (5th Edition), Prentice Hall, 2005
4. John Crisp and Barry Elliott, Introduction to Fiber Optics, Elsevier, 2005

### Wymiar godzinowy zajęć:

W	C	L	P	
2	-	1	-	(45h/sem.)

### Wymiar w jednostkach ECTS: 3

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

- |  |                 |
|--|-----------------|
| 1. liczba godzin kontaktowych –              | 49 godz., w tym |
| obecność na wykładach                        | 30 godz.        |
| obecność na laboratorium                     | 15 godz.        |
| konsultacje wykładowe i ćwiczeniowe          | 4 godz.         |
| 2. praca własna studenta –                   | 28 godz., w tym |
| powtórzenie materiału do wykładów            | 3 godz.         |
| przygotowanie do dwóch kolokwiów wykładowych | 10 godz.        |
| przygotowanie do laboratorium                | 15 godz.        |

Łączny nakład pracy studenta wynosi 77 godz., co odpowiada 3 pkt. ECTS.

Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich: 1,92 pkt. ECTS, co odpowiada 49 godz. kontaktowym.

Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym: 1,2 pkt. ECTS, co odpowiada 15 godz. ćwiczeń laboratoryjnych plus 15 godz. przygotowań do laboratorium.

### Efekty uczenia się:

efekty uczenia się student, który zaliczył przedmiot:	forma zajęć/ technika kształcenia	sposób weryfikacji (oceny)	odniesienie do efektów uczenia się dla programu
<b>WIEDZA</b>			
W1: Ma uporządkowaną, podbudowaną teoretycznie wiedzę w zakresie metrologii, systemów pomiarowych oraz zasad przeprowadzania i opracowywania wyników pomiarów.	Laboratorium	Laboratorium	K1_W11
W2: Ma szczegółową wiedzę w jednym z następujących obszarów: - elementów i technologii elektronicznych i fotonicznych	Wykład Laboratorium	Kolokwia Laboratorium	K1_W12
<b>UMIĘJĘTNOŚCI</b>			
U1: Potrafi wykorzystać poznane zasady i	Laboratorium	Laboratorium	K1_U03

Wydziałowa Komisja Akredytacji Przedmiotów (WKAP)

metody fizyki oraz odpowiednie narzędzia matematyczne do rozwiązywania typowych zadań z mechaniki, termodynamiki, fizyki statystycznej, elektryczności, magnetyzmu, optyki i podstaw mechaniki kwantowej.			
U2: Potrafi zastosować poznane metody, modele matematyczne i narzędzia do analizy: - elementów elektronicznych i fotonicznych	Laboratorium	Laboratorium	K1_U11
U3: Potrafi posłużyć się właściwie dobranymi metodami i urządzeniami umożliwiającymi pomiar charakterystyk elektrycznych i optycznych elementów elektronicznych i fotonicznych oraz prostych układów i systemów elektronicznych, a także opracować i przedstawić ich wyniki oraz wyciągnąć właściwe wnioski.	Laboratorium	Laboratorium	K1_U12
U4: Stosuje zasady bezpieczeństwa i higieny pracy.	Laboratorium	Laboratorium	K1_U20
U5: Potrafi posłużyć się właściwie dobranymi metodami i urządzeniami umożliwiającymi wyznaczenie podstawowych wielkości charakteryzujących elementy elektroniczne i fotoniczne, a także opracować i przedstawić ich wyniki oraz wyciągnąć właściwe wnioski	Laboratorium	Laboratorium	K1_U21
<b>KOMPETENCJE SPOŁECZNE</b>			
K1: Potrafi współdziałać i pracować w grupie, przyjmując w niej różne role.	Laboratorium	Laboratorium	K1_K03