

**Zespół autorski:**

*dr hab. inż. Ryszard Piramidowicz*

*dr inż. Anna Jusza*

*dr inż. Stanisław Stopiński*

*mgr inż. Krzysztof Anders*

**Elementy Fotoniczne (ELFO)**  
*Photonics elements*

**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:** *3*

**Minimalny numer semestru:** *3*

**Wymagania wstępne, zalecane przedmioty poprzedzające:** *FIZ (Fizyka i laboratorium eksperymentu), WDOF (Wstęp do fotoniki)*

**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 podstaw działania, konstrukcji i zastosowań elementów fotonicznych, będących podstawą funkcjonowania współczesnych układów przetwarzania i zapisu informacji oraz systemów telekomunikacyjnych; ukształtowanie wśród studentów zrozumienia zasady działania podstawowych elementów i układów fotonicznych; zapoznanie studentów z podstawowymi właściwościami i możliwościami zastosowania elementów i układów fotonicznych.*

**Treść kształcenia:**

**WYKŁADY:**

1. Wprowadzenie do elementów fotonicznych: obszar zastosowań i klasyfikacja systemów fotonicznych, podstawowe elementy systemów fotonicznych – źródła światła koherentnego i niekoherentnego, elementy pasywne i aktywne, nadajniki fotoniczne, modulatory promieniowania, wzmacniacze optyczne, detektory. (2h)
2. Tory optyczne: propagacja światła w falowodach planarnych i włóknowych, struktura modowa promieniowania w torach światłowodowych, zjawiska

## Wydziałowa Komisja Akredytacji Przedmiotów (WKAP)

- ograniczające propagację fali optycznej w światłowodach optycznych – tłumienie, rozpraszanie, dyspersja modowa, chromatyczna i polaryzacyjna. (3h)
3. Źródła światła: diody elektroluminescencyjne (LED) i źródła ASE (SOA/EDFA), diody OLED, metody uzyskiwania światła białego w diodach LED, systemy oświetleniowe; generatory promieniowania koherentnego – lasery gazowe, lasery ciała stałego (w tym mikrolasery), lasery półprzewodnikowe (w tym struktury studni i kropek kwantowych). (4h)
  4. Modulatory do zastosowań w systemach przesyłania informacji - modulatory fazy, modulatory amplitudy w układzie interferometru Macha-Zehndera, modulatory elektro-absorpcyjne. (2h)
  5. Nadajniki optyczne – kluczowe elementy nadajnika optycznego, podstawowe konstrukcje, parametry i ograniczenia. (2h)
  6. Elementy pasywne torów transmisyjnych: sprzęgacze planarne i włóknowe, dzielniki i sumatory mocy, izolatory, cyrkulatory, układy objętościowe, multipleksery AWG, multipleksery add-drop. (2h)
  7. Wzmacniacze optyczne: światłowody aktywne, fizyczne podstawy działania wzmacniaczy optycznych; wzmacniacze półprzewodnikowe (SOA), wzmacniacze włóknowe i planarne domieszkowane jonami ziem rzadkich (REDFA i REDWA), wzmacniacze ramanowskie (FRA). (3h)
  8. Detektory promieniowania optycznego: efekt fotoelektryczny zewnętrzny i wewnętrzny; detektory półprzewodnikowe – fotorezystor, dioda p-n, dioda p-i-n, dioda lawinowa; zakresy spektralne pracy, czułość, parametry szumowe. Matryce detektorów (CMOS, CCD). (2h)
  9. Elementy i systemy fotowoltaiczne: materiały na ogniwa fotowoltaiczne, konstrukcje ogniw i paneli fotowoltaicznych, parametry i metody charakteryzacji. (2h)
  10. Wyświetlacze obrazu 2D i 3D. (2h)
  11. Interferometry: jednowiązkowe i dwuwiązkowe, podstawowe konstrukcje i parametry interferometrów Fabry-Perot, Michelsona, Macha-Zehndera, Sagnaca, Twyman-Greena, Fizeau, Younga; zastosowania układów interferometrycznych. (2h)
  12. Wybrane elementy i układy fotoniki zintegrowanej (Photonic Integrated Circuits): układy nadawczo-odbiorcze (w tym nadajniki i odbiorniki WDM), zintegrowane układy laserów i wzmacniaczy optycznych, układy czujnikowe, zastosowanie układów scalonych w sieciach teletransmisyjnych i czujnikowych. (4h)

### **LABORATORIA:**

1. **Źródła światła.** Badanie podstawowych parametrów spektralnych źródeł światła niekoherentnego (żarówka, świetlówka, halogen, LED).
2. **Wzmacniacze optyczne.** Badanie podstawowych parametrów wzmacniaczy optycznych - porównanie charakterystyk spektralnych, wzmocnieniowych oraz szumowych.
3. **Lasery.** Badanie podstawowych parametrów akcji laserowej typowych źródeł laserowych (laser He-Ne, laser ciała stałego, laser półprzewodnikowy) - geometrii wiązki, drogi koherencji, parametrów spektralnych generowanego promieniowania.

## Wydziałowa Komisja Akredytacji Przedmiotów (WKAP)

4. **Detektory.** Badanie podstawowych parametrów detektorów promieniowania optycznego (detektory na różne zakresy spektralne, różne konstrukcje i technologie detektorów).

**Egzamin:** *nie*

### Literatura i oprogramowanie:

1. Bernard Ziętek, Optoelektronika, PWN, Warszawa, 2011
2. Bahaa E. A. Saleh and Malvin Carl Teich; Fundamentals of Photonics, Wiley Series in Pure and Applied Optics
3. R. Józwicki, Podstawy inżynierii fotonicznej, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2006

**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* 16 godz.  
*konsultacje wykładowe i ćwiczeniowe* 3 godz.
2. *praca własna studenta –* 28 godz., w tym  
*powtórzenie materiału do wykładów* 3 godz.  
*przygotowanie do dwóch kolokwium 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.**

Wydziałowa Komisja Akredytacji Przedmiotów (WKAP)

**Efekty uczenia się:**

efekty uczenia się	forma zajęć/ technika kształcenia	sposób weryfikacji (oceny)	odniesienie do efektów uczenia się dla programu
student, który zaliczył przedmiot:			
<b>WIEDZA</b>			
W1: Ma uporządkowaną, podbudowaną teoretycznie wiedzę w zakresie fizyki półprzewodników oraz materiałów i elementów elektronicznych i fonicznych.	Wykład	Kolokwia	K1_W07
W2: Ma uporządkowaną, podbudowaną teoretycznie wiedzę w zakresie metrologii, systemów pomiarowych oraz zasad przeprowadzania i opracowywania wyników pomiarów.	Laboratorium	Laboratorium	K1_W11
W3: Ma szczegółową wiedzę w jednym z następujących obszarów: - elementów i technologii elektronicznych i fonicznych	Wykład Laboratorium	Kolokwia Laboratorium	K1_W12
<b>UMIEJĘTNOŚCI</b>			
U1: Potrafi wykorzystać poznane zasady i metody fizyki oraz odpowiednie narzędzia matematyczne do rozwiązywania typowych zadań z mechaniki, termodynamiki, fizyki statystycznej, elektryczności, magnetyzmu, optyki i podstaw mechaniki kwantowej.	Laboratorium	Laboratorium	K1_U03
U2: Potrafi zastosować poznane metody, modele matematyczne i narzędzia do analizy: - elementów elektronicznych i fonicznych	Laboratorium	Laboratorium	K1_U11
U3: Potrafi posłużyć się właściwie dobranymi metodami i urządzeniami umożliwiającymi pomiar charakterystyk elektrycznych i optycznych elementów elektronicznych i fonicznych 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	Laboratorium	Laboratorium	K1_U21

Wydziałowa Komisja Akredytacji Przedmiotów (WKAP)

i foniczne, a także opracować i przedstawić ich wyniki oraz wyciągnąć właściwe wnioski			
<b>KOMPETENCJE SPOŁECZNE</b>			
K1: Potrafi współdziałać i pracować w grupie, przyjmując w niej różne role.	Laboratorium	Laboratorium	K1_K03