**Nazwa przedmiotu:**

Mikrosystemy optyczne

**Koordynator przedmiotu:**

prof. dr hab. Małgorzata Kujawińska, dr inż. Michał Józwik, dr inż. Tomasz Kozacki

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia II stopnia

**Program:**

Mechatronika

**Grupa przedmiotów:**

Obowiązkowe

**Kod przedmiotu:**

brak

**Semestr nominalny:**

2 / rok ak. 2019/2020

**Liczba punktów ECTS:**

5

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

1) Liczba godzin bezpośrednich 66, w tym:
a) wykłady - 30
b) laboratoria - 15
c) projekty- 15
d) dwa kolokwia - 2
e) konsultacje - 4
2) Praca własna studenta 65, w tym:
przygotowanie do laboratoriów - 15
przygotowanie sprawozdań - 15
przygotowanie i weryfikacjaprojektów - 20
raporty z projektów- 15
suma: 131 godz. (5 ECTS)

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

1) Liczba godzin bezpośrednich 66, w tym:
a) wykłady - 30
b) laboratoria - 15
c) projekty- 15
d) dwa kolokwia - 2
e) konsultacje - 4
suma 66 (2,5 ECTS)

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

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

O charakterze praktycznym:
a) laboratoria - 15
b) projekty- 15
c) konsultacje - 4
przygotowanie do laboratoriów - 15
przygotowanie sprawozdań - 15
przygotowanie i weryfikacjaprojektów - 20
raporty z projektów- 15
suma 99 godz. (4 ECTS)

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

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

**Wymagania wstępne:**

Optomechatronika, Podstawy fotoniki, Technika laserowa lub przedmioty o podobnym zakresie programowym

**Limit liczby studentów:**

12

**Cel przedmiotu:**

**Treści kształcenia:**

Wykład:
Wprowadzenie: podstawowe definicje i systematyka mikrosystemów i nanosystemów, komercjalizacja, perspektywy rozwoju i zastosowań mikro i nanosystemów.
Technologie podłożowe i powierzchniowe: przegląd technologii wytwarzania mikrosystemów, elementów optyki refrakcyjnej i dyfrakcyjnej, optyki planarnej i zintegrowanych struktur fotonicznych.
Mikrotechnologie 3D: mikrostereolitografia, obróbka wiązką lasera i jonów. LIGA, technika wytłaczania na gorąco i wtrysku. Przykłady zastosowań.
Elementy refrakcyjne i dyfrakcyjne: specyfika elementów mikrooptycznych. Mikrooczewka i macierze mikrosoczewek. Projektowanie elementów DOE. Porównanie mikrooptyki refrakcyjnej i dyfrakcyjnej.
Kryształy fotoniczne:podstawy teoretyczne. Kryształy fotoniczne 1D. Teoria Bloch. Pasmo zabronione. Optyka fourierowska struktur okresowych. Kryształy fotoniczne 2D. Efekty nieliniowe. Zastosowania.
Elementy światłowodowe i falowodowe: zasady projektowania światłowodów i falowodów dla celów telekomunikacyjnych i czujnikowych: elementy jednodomowe, wielodomowe i fotoniczne.
Aktuatory MEMS, zwierciadła i ich pozycjonowanie: aktuatory mikromechaniczne; metody aktuacji, proste konstrukcje mikrosiłowników, silniki rotacyjne, liniowe, przekładnie i łożyska, tarcie. Mechanizmy wielopalczaste, układy rezonansowe, przełączniki RF, mikroinstrumenty mechaniczne proste i złożone. Współpraca aktuatorów z mikrozwierciadłami.
Techniki łączenia: integracja podzespołów mikromechanicznych z układami optycznymi i elektronicznymi. Metody łączenia optyki światłowodowej i falowodowej. Techniki klejenia, bondingu i mikropołączeń elektrycznych.
Pomiary i badania mikrosystemów: przegląd technik pomiarowych i aparatury. Metody stykowe i optyczne. Badania niezawodnościowe. Przykładowe zastosowania.
Nanosystemy: nanostruktury przestrzenne, studnie kwantowe, kropki kwantowe, kryształy fotoniczne, nanoemitery ostrzowe, emitery polowe z nanorurkami węglowymi. Nowe materiały: „smart-materials”.
Pomiary i badania nanosystemów: badania własności fizycznych nanocząstek i nanostruktur. Przegląd technik pomiarowych i aparatury.
Poznanie najważniejszych urządzeń MEMS/MOEMS, ich architektur, technologii ich wytwarzania i zastosowań. Umiejętność doboru parametrów urządzeń, ich kalibracji i zestawiania systemów fotonicznych. Znajomość specyficznych problemów teoretycznych propagacji i projektowania mikrostruktur optycznych.
Laboratorium:
Zajęcia wstępne wraz z wykładem wprowadzającym
Projektowanie siatek dyfrakcyjnych z użyciem metod: FMM i TEA. Analiza dokładności metod.
Projektowanie oraz realizacja i badanie właściwości hologramów syntetycznych i elementów ogniskujących
Badania mikrosoczewek z wykorzystaniem metod interferometrycznych.
Badanie kształtu i przemieszczeń pozapłaszczyznowych urządzenia MOEMS z wykorzystaniem interferometru Twymana-Greena
Prezentacja linii technologicznej mikrosystemów – wycieczka do Instytutu Technologii Elektronowej
Projektowanie:
Projekt elementu MOEMS: Zadanie w postaci samodzielnego przygotowania konstrukcji mikrooptomechanicznej, propozycji przebiegu procesu technologicznego wytwarzania oraz jego analiza z wykorzystaniem metody MES.

**Metody oceny:**

Wykład: Zaliczenie na podstawie wyników 2 kolokwiów
Laboratorium : Zaliczenie na podstawie zdobytych punktów (ocen) za przygotowanie teoretyczne, wykonanie ćwiczeń i przedstawione sprawozdania.
Projektowanie: Zaliczenie na podstawie oceny wykonania projektu

**Egzamin:**

nie

**Literatura:**

R. Jóźwicki, Podstawy inżynierii fotonicznej, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2006
M.C. Gupta, Handbook of Photonics, CRC Press, New York 1997
B.A.E. Saleh, M.C. Teich, Fundamentals of Photonics, J. Wiley & Sons, Inc. New York 1991
S. Sinzinger, J. Jahns: Microoptics, Wiley-VCH, Berlin 1999
Z. Fortuna, B. Macukow, J. Wąsowski, Metody numeryczne, WNT, Warszawa, 2005
World of Microsystems: materiały z płyty multimedialnej ISBN 2-88238-004-6, 2004
R. Beck, Technologia krzemowa, WN PWN, Warszawa 1991
J. Dziuban, Technologia i zastosowanie mikromechanicznych struktur krzemowych i krzemowo-szklanych w technice mikrosystemów, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2002

**Witryna www przedmiotu:**

vvvvv

**Uwagi:**

vvvvvv

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka MSO\_W01:**

Zna podstawowe techniki wytwarzania, zasady projektowania i aplikacje mikrosystemów optycznych

Weryfikacja:

2 kolokwia

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W02, K\_W03, K\_W08, K\_W14

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P7U\_W, I.P7S\_WG.o, III.P7S\_WG

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka MSO\_U01:**

Potrafi zaprojektować podstawowe procesy technologiczne oraz metodyke badań wybranych elementów i urzadzeń mikrooptyki

Weryfikacja:

Zaliczenie ćwiczeń w laboratorium i projektu

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U16, K\_U01, K\_U11, K\_U13, K\_U14, K\_U15

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P7U\_U, I.P7S\_UW.o, III.P7S\_UW.o, I.P7S\_UK

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Charakterystyka MSO\_K01:**

Potrafi pracować w zespole i kierować jego praca

Weryfikacja:

Realizacja kompleksowego cwiczenia laboratoryjnego i projektu

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_K01, K\_K04

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P7U\_K, I.P7S\_KK, I.P7S\_KO, I.P7S\_KR