

Zespół Autorski:

*prof. dr hab. inż. Michał Malinowski
dr inż. Agnieszka Mossakowska-Wyszyńska*

**Zintegrowane optoelektroniczne układy logiczne (ZOUL)
(Roadmap to contemporary photonics)**

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:

Wymagania wstępne, zalecane przedmioty poprzedzające: *WDOF*

Limit liczby studentów: *30*

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

Cel przedmiotu:

Celem wykładu jest zapoznanie studentów z zaawansowanymi układami optyki zintegrowanej i ich wykorzystaniem w procesie przetwarzania informacji. Przewaga systemów fotonicznych nad elektronicznymi wynika z wyższej częstotliwości promieniowania optycznego, możliwości równoległego przetwarzania sygnału oraz wykorzystania kwantowej natury fotonów.

Efekty kształcenia obejmują znajomość podstaw fizycznych oraz sposobów realizacji optycznych elementów logicznych i pamięciowych w postaci objętościowej i planarnej. Ponadto znajomość takich zagadnień jak: przełączanie i modulacja z wykorzystaniem optycznych efektów nieliniowych, mikro-rezonatory optyczne, bistabilność optyczna oraz połączenia optyczne. Wynikiem zaliczenia przedmioty będzie też opanowanie tematyki analogowego i cyfrowego przetwarzania sygnału optycznego i znajomość architektury procesora optycznego.

Treść kształcenia:

Informacje ogólne:

Przedmiot składa się części wykładowej oraz projektowej. Do zaliczenia przedmiotu wymagane jest uzyskanie co najmniej 50 % maksymalnej oceny z każdej ww. części. W ramach części projektowej każdy uczestnik kursu wykonuje projekt indywidualny, za który może uzyskać do 40 punktów. W ramach wykładu przewidziane są dwa kolokwia zaliczeniowe, za które można uzyskać maksymalnie do 60 punktów Łącznie można uzyskać 100 punktów, zaś ocena końcowa z przedmiotu jest wystawiana według poniższej reguły:

91-100 punktów ocena: 5.0

81-90 punktów ocena: 4.5

71-80 punktów ocena: 4.0

61-70 punktów ocena: 3.5

Wydziałowa Komisja Akredytacji Przedmiotów (WKAP)

51-60 punktów ocena: 3.0

do 50 punktów ocena: 2.0

Opis wykładu:

1. *Wstęp, foton i elektron jako nośniki informacji, fala świetlna, komunikacja światłowodowa, optyczne przetwarzanie informacji. Teoria falowa propagacji promieniowania w planarnych i paskowych falowodach dielektrycznych i półprzewodnikowych. Równanie charakterystyczne światłowodu planarnego. Klasyfikacja modów światłowodu planarnego.*
2. *Fale niejednorodne. Teoria modów sprzężonych, równania modów sprzężonych, droga sprzężenia i transfer mocy. Tunelowanie optyczne.*
3. *Sprzęgacze siatkowe, klasyfikacja siatek, warunek dopasowania fazowego sprzężenia współliniowe, sprzężenie pomiędzy modami TE -TE i z konwersją modów.*
4. *Mikrorezonatory optyczne, zwierciadlane (F-P), fotoniczne (PBG) oraz wykorzystujące całkowite wewnętrzne odbicie. Mody typu WGM w rezonatorach dyskowych i pierścieniowych.*
5. *Przełączanie i modulacja optyczna. Optyka nieliniowa, efekt elektrooptyczny, akustooptyczny, absorpcja dwufotonowa, wymuszone rozpraszanie Ramana, mieszanie 4 fal, optyka fotorefrakcyjna, Planarne modulatory optyczne wykorzystujące wzmacniacze półprzewodnikowe (SOA) i układy interferometryczne.*
6. *Połączenia optyczne, zależne i niezależne. Elementy zmieniające kierunek propagacji modów falowodowych- planarne pryzmaty, soczewki geodezyjne, soczewki fresnelowskie, soczewki siatkowe, siatki ogniskujące, zwierciadła, siatki odbiciowe, polaryzatory planarne. Modulatory przestrzenne (SLM), komputerowo generowane hologramy i siatki fazowe.*
7. *Bistabilność optyczna, absorpcyjna, dyspersyjna i polaryzacyjna. Modulatory i przełączniki bistabilne, fotoniczne i hybrydowe. Elementy SEED (self elektro-optic effect device).*
8. *Materiały i technologie wytwarzania zintegrowanych układów fotonicznych (Photonic Integrated Circuits PIC).*
9. *Optyczna transformata Fouriera, funkcje splotu i korelacji. Koherentne przetwarzanie sygnałów optycznych, filtracja optyczna, optyczne rozpoznawanie obrazów, procesor optyczny w konfiguracji "4f".*
10. *Analogowe i cyfrowe optyczne przetwarzanie informacji. Przykłady elementów optycznych realizujących funkcje logiczne, bistabilne, sprzężeniowe, elementy holograficzne. Systemy optyczne wykonujące operacje na macierzach. Procesory algebry liniowej, rozwiązywanie parabolicznych równań różniczkowych cząstkowych metodami optycznymi.*
11. *Przykłady pamięci optycznych - pamięci optoelektroniczne i pamięci holograficzne. Elementy i architektura komputera optycznego, procesory optyczne.*
12. *Podstawy optycznych obliczeń kwantowych.*

Projekt:

Ćwiczenia projektowe umożliwią studentom rozszerzenie wiadomości z obszaru optycznych układów logicznych. Zajęcia obejmą wykonanie analizy numerycznej oraz symulacji działania wybranych optycznych elementów logicznych, rezonatorów z kryształem fotonicznym i rezonatorów pierścieniowych, nieliniowych modulatorów, przełączników bistabilnych, a także interferometru Macha-Zehndera z elementem nieliniowym. Ponadto, w ramach ćwiczeń projektowych studenci będą dokonywać numerycznych symulacji procesów optycznych; sumowania, rzutowania, iloczynu skalarnego i wektorowego, mnożenia macierzy, całkowania, filtracji, splotu i korelacji.

Egzamin: nie

Wydziałowa Komisja Akredytacji Przedmiotów (WKAP)

Literatura:

1. T. Tamir, "Integrated Optics", Springer - Verlag, Berlin, 1975
2. J. Petykiewicz, "Podstawy fizyczne optyki scalonej," PWN, Warszawa 1989
3. H. Nishimura, M. Haruna, T. Suhara, "Optical Integrated Circuits," McGraw-Hill, New York, 1989
4. B.E.A. Salech, M.C. Teich, "Fundamentals of photonics," John Wiley & Sons, New York, 1991
5. J. Jahns, S.H. Lee, "Optical computing hardware" Academic Press, Boston, 1994
6. S. Martellucci, A. N. Chester, "Nonlinear optics and optical computing," Plenum Press, New York, London, 1990
7. C. Polloc, M. Lipson, "Integrated Photonics", Kluwer A.P., Boston, 2003
8. B. Ziętek, "Optoelektronika", Toruń, 2005
9. K. Gniadek, "Optyczne przetwarzanie informacji", PWN 1992
10. A. Vander Lugt "Optical Signal Processing" Willey 2005
11. M. Błahut <http://mb.optics.polsl.gliwice.pl/>
12. R. Kotyński <http://www.igf.fuw.edu.pl/zoj/>"Metody obliczeniowe mikrooptyki i fotoniki"

Oprogramowanie: *Origin for Windows, MS Office, Matlab*

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 – 40 godz., w tym
 - obecność na wykładach 30 godz.,
 - udział w konsultacjach 10 godz.
2. praca własna studenta – 36 godz., w tym
 - przygotowanie do kolokwium 8 godz.,
 - wykonywania zadań projektowych 20 godz.,
 - przygotowanie sprawozdań (projekty) 8 godz.

Łączny nakład pracy studenta wynosi 76 godz., co odpowiada 3 pkt ECTS.

Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich: 1.7 pkt ECTS, co odpowiada 40 godz. kontaktowym.

Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym: 1.4 pkt ECTS, co odpowiada 36 godz. zadań projektowych

Efekty kształcenia/uczenia się:

Wydziałowa Komisja Akredytacji Przedmiotów (WKAP)

Efekty kształcenia/uczenia się student, który zaliczył przedmiot:	forma zajęć/ technika kształcenia	sposób weryfikacji (oceny)	odniesienie do efektów uczenia się dla programu
WIEDZA			
Ma poszerzoną i pogłębioną wiedzę w zakresie matematyki, obejmującą metody numeryczne niezbędne do modelowania i analizy działania zaawansowanych elementów elektronicznych i fotonicznych.	wykład	kolokwium	P7U_W01 P7U_W03
Ma podbudowaną teoretycznie szczegółową wiedzę związaną z analizą i projektowaniem oraz charakteryzacją struktur nanoelektronicznych i nanofotonicznych oraz układów fotoniki zintegrowanej.	wykład	kolokwium	P7U_W04
Zna podstawowe metody, techniki, narzędzia i materiały stosowane przy rozwiązywaniu złożonych zadań inżynierskich w zakresie analizy i charakteryzacji materiałów mikroelektroniki i fotoniki	wykład	kolokwium	P7U_W06
UMIĘJĘTNOŚCI			
Potrafi pozyskiwać informacje z literatury, baz danych oraz innych źródeł, także w języku angielskim; potrafi integrować uzyskane informacje, dokonywać ich interpretacji, a także wyciągać wnioski oraz formułować i uzasadniać opinie.	projekt	projekt	P7U_U01 P7U_U09
Potrafi przygotować dobrze udokumentowane opracowanie problemów z zakresu elektroniki i fotoniki.	projekt	projekt	P7U_U03
Ma umiejętność samokształcenia się.	wykład, projekt	kolokwium, projekt	P7U_U05
Potrafi przeprowadzać eksperymenty symulacyjne dla charakteryzacji elementów elektronicznych i fotonicznych.	projekt	projekt	P7U_U07 P7U_U08
KOMPETENCJE SPOŁECZNE			
Potrafi odpowiednio określić priorytety służące realizacji określonego przez siebie lub innych zadania.	projekt	projekt	P7U_K01