**Nazwa przedmiotu:**

Zaawansowane metody polowych pomiarów optycznych

**Koordynator przedmiotu:**

Prof. dr hab. inż. Małgorzata Kujawińska

**Status przedmiotu:**

Fakultatywny dowolnego wyboru

**Poziom kształcenia:**

Studia II stopnia

**Program:**

Mechatronika

**Grupa przedmiotów:**

Wariantowe

**Kod przedmiotu:**

ZMPPO

**Semestr nominalny:**

1 / rok ak. 2021/2022

**Liczba punktów ECTS:**

3

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

1) Liczba godzin bezpośrednich 51, w tym:
a) wykład - 30h;
b) ćwiczenia - 0h;
c) laboratorium - 0h;
d) projekt - 15h;
e) konsultacje - 6h;
2) Praca własna studenta 48, w tym:
a) przygotowanie do egzaminu - 7h;
b) przygotowanie do projektu - 3h;
c) opracowanie samodzielne projektu - 30h;
d) studia literaturowe - 8h;
Suma: 99 h (3 ECTS)

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

2 punkty ECTS - liczba godzin bezpośrednich: 51, w tym:
a) wykład - 30h;
b) ćwiczenia - 0h;
c) laboratorium - 0h;
d) projekt - 15h;
e) konsultacje - 6h;

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

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

1) Liczba godzin bezpośrednich 51, w tym:
a) wykład - 30h;
b) ćwiczenia - 0h;
c) laboratorium - 0h;
d) projekt - 15h;
e) konsultacje - 6h;
2) Praca własna studenta 48, w tym:
a) przygotowanie do egzaminu - 7h;
b) przygotowanie do projektu - 3h;
c) opracowanie samodzielne projektu - 30h;
d) studia literaturowe - 8h;
Suma: 99 h (3 ECTS)

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

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

**Wymagania wstępne:**

Kurs inżynierski matematyki i fizyki. Podstawy optyki instrumentalnej. Podstawy optyki falowej. Podstawy optycznych metod pomiaru.

**Limit liczby studentów:**

30

**Cel przedmiotu:**

Znajomość zaawansowanych polowych metod pomiarów optycznych
z wykorzystaniem koherentnych, częściowo koherentnych i niekoherentnych źródeł promieniowania. Znajomość podstaw zaawansowanych metod analizy danych pomiarowych. Umiejętność zastosowania wybranych metod w praktyce laboratoryjnej i przemysłowej.

**Treści kształcenia:**

Wykład:
Wstęp: Współczesne wyzwania pomiarowe metrologii optycznej. Zawartość informacyjna obiektu/sceny pomiarowej i metody jej kodowania z wykorzystaniem metod światła koherentnego, częściowo koherentnego i niekoherentnego. Wpływ parametrów źródła promieniowania, konfiguracji i parametrów układu, scenariusza pomiarowego i ścieżki przetwarzania obrazu na dokładność pomiaru Zaawansowane metody analizy obrazów prążkowych: okienkowa transformacja Fouriera, ciągła transformacja falkowa, dekompozycja modów empirycznych i transformacja Hilberta. Metody redukcji szumów
Interferometria adaptacyjna: Zastosowanie aktywnych i adaptacyjnych elementów optycznych i fotonicznych w interferometrii. Pomiary elementów asferycznych. „Null–tests”. Korekcja zaburzeń wynikających z wpływu warunków otoczenia. Projektowanie obrazu interferencyjnego. Dopasowanie zakresu pomiarowego. Przykłady rozwiązań sprzętowych i numerycznych.
Cyfrowa mikroskopia, endoskopia holograficzna i tomografia holograficzna: . Metody rekonstrukcji numerycznej: transformacja Fresnela, metoda splotowa i przesunięcia fazowego. Metody zwiększania pola widzenia i rozdzielczości w cyfrowej holografii. Konfiguracje sprzętowe cyfrowej mikroskopii holograficznej (soczewkowe i bezsoczewkowe) i interferometrii holograficznej i ich zastosowania. Tomografia holograficzna pełnym i ograniczonym kącie projekcji i jej konfiguracje sprzętowe. Tomograficzne metody ilościowej rekonstrukcji 3D rozkładu współczynnika załamania i jego zmian. Zastosowania inżynierskie i biomedyczne.
Interferometria niskokoherencyjna: Podstawy interferometrii ze źródłem światła o niskiej koherencji czasowej. Budowa układów pomiarowych i analiza danych pozyskanych w całym polu widzenia. Metoda kształtowania widma promieniowania z wykorzystaniem diod LED. Metody kompensacji dyspersji. Podstawy optycznej tomografii koherencyjnej OCT. Przykłady zastosowań.
Polowa spektrometria fourierowska: Widmo i podstawowe techniki jego uzyskiwania (spektrometry pryzmatyczne, siatkowe i interferencyjne). Spektroskopia fourierowska – idea pomiaru. Rzeczywisty spektrometr fourierowski – błędy i ograniczenia odtwarzania widma. Spektrometry obrazujące – funkcja ILS, metody korekcji interferogramu i widma. Wybrane rozwiązania konstrukcyjne spektrometrów fourierowskich i przykłady realizacji technicznych, wybrane zastosowania.
Multimodalne i hierarchiczne optonumeryczne systemy pomiarowe ze szczególnym uwzględnieniem polowej ekstensometrii optycznej. Podstawowe metody i systemy ekstensometrii optycznej. Zasady łączenia punktowych i polowych systemów pomiarowych. Kalibracja układów multimodalnych i hierarchicznych. Metody hybrydowe (eksperyment/CAD/MES). Wykorzystanie metod sztucznej inteligencji w zagadnieniach mechanicznych i biomedycznych.
Projekt: Do zrealizowaniu przez jednego studenta lub grupę studentów projekt polegający na kompleksowym rozwiązaniu polowego optycznego zadania pomiarowego oraz przygotowaniu raportu. Zadania do wykonania: Studia literaturowe (dokładne zapoznanie się z około 3-4 pozycjami), zaprojektowanie układu pomiarowego, określenie jego podstawowych parametrów (np. wektor czułości, pole pomiarowe, rozdzielczość etc.), zbudowanie układu laboratoryjnego, opracowanie metodyki justowania, przygotowanie odpowiedniego oprogramowania oraz przeprowadzenie pomiarów (w tym wyznaczenie niepewności pomiaru) i analizy wyników.

**Metody oceny:**

Egzamin (60%) + Ocena z projektu (40%)

**Egzamin:**

tak

**Literatura:**

1. K. Patorski, M. Kujawińska, L. Sałbut, Interferometria laserowa z automatyczną analizą obrazu, Oficyna Wyd. PW, Warszawa 2005
2. D. Malacara, Optical Shop Testing, Wiley & Sons, Inc., New York, 1992
3. K. Patorski, Handbook of the Moiré Fringe Technique, Elsevier, Amsterdam, 1993
4. M.A. Sutton, J-J. Orteu, H.W. Schreier, Image Correlation for Shape, Motion and Deformation Measurements, Springer, New York, 2009
5. M.K. Kim, Digital holographic microscopy, Springer Series in Optical Sciences, 2011
6. S. P. Davis, M. C. Abrams and J. W. Brault, “Fourier Transform
Spectrometry”, Academic Press, 2001

**Witryna www przedmiotu:**

**Uwagi:**

brak

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka ZMPPO\_2st\_W01:**

Posiada pogłębioną wiedzę w zakresie oceny wyników, dokumentowania i prezentacji prowadzonych badań i analiz z wykorzystaniem polowych metod optycznych

Weryfikacja:

Egzamin z materiału omawianego na wykładzie

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W08, K\_W07

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

**Charakterystyka ZMPPO\_2st\_W02:**

Ma pogłębioną, podbudowaną teoretycznie wiedzę na temat działania oraz budowy pomiarowych systemów optyczno - informatycznych

Weryfikacja:

Egzamin z materiału omawianego na wykładzie, zaliczenie projektu

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W08

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

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka ZMPPO\_2st\_U01:**

Potrafi, pracując indywidualnie lub w zespole, ocenić pracochłonność zadania i opracować harmonogram jego realizacji; może pokierować pracą zespołu prowadzącego projekt

Weryfikacja:

Zaliczenie projektu

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U02, K\_U04, K\_U05, K\_U14

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

**Charakterystyka ZMPPO\_2st\_U02:**

Umie zastosować techniki optoelektroniczne w projektowanych systemach i podczas ich badań

Weryfikacja:

Zaliczenie projektu

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U14

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

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Charakterystyka ZMPPO\_2st\_K01:**

Ma świadomość odpowiedzialności za pracę własną i zespołu, którego jest członkiem

Weryfikacja:

Zaliczenie projektu

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_K04

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