**Nazwa przedmiotu:**

Optical Full-Field Measurement

**Koordynator przedmiotu:**

Prof. dr hab. Leszek Sałbut

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia II stopnia

**Program:**

Mechatronics

**Grupa przedmiotów:**

Obowiązkowe

**Kod przedmiotu:**

OFFM

**Semestr nominalny:**

2 / rok ak. 2020/2021

**Liczba punktów ECTS:**

6

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

1) Liczba godzin bezpośrednich 79, w tym:
a) wykład - 45
b) ćwiczenia laboratoryjne - 30
c) konsultacje 2
d) egzamin 2
2) Praca własna studenta 90, w tym:
a) przygotowanie do zajęć laboratoryjnych - 20
b) zapoznanie z literaturą - 20
c) opracowanie sprawozdań - 30
d) przygotowanie do egzaminu - 20
suma 169 (6 ECTS)

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

1) Liczba godzin bezpośrednich 79, w tym:
a) wykład - 45
b) ćwiczenia laboratoryjne - 30
c) konsultacje 2
d) egzamin 2
suma 79 (3 ECTS)

**Język prowadzenia zajęć:**

angielski

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

O charakterze praktycznym:
a) ćwiczenia laboratoryjne - 30
b) konsultacje 2
c) przygotowanie do zajęć laboratoryjnych - 20
d) opracowanie sprawozdań - 30
suma 82 (3 ECTS)

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

|  |  |
| --- | --- |
| Wykład: | 45h |
| Ćwiczenia: | 0h |
| Laboratorium: | 30h |
| Projekt: | 0h |
| Lekcje komputerowe: | 0h |

**Wymagania wstępne:**

Podstawy fotoniki i optyka instrumentalna

**Limit liczby studentów:**

24

**Cel przedmiotu:**

Zdobycie wiedzy o polowych metodach poniaru i ich zastosowaniach w nauce i technice

**Treści kształcenia:**

(W) Opis teoretyczny optycznych polowych (z jednoczesnym pomiarem w całym polu widzenia) metod pomiaru: metody z oświetleniem koherentnym, częściowo koherentnym i niekoherentnym. Warunki pomiarów obiektów statycznych i zmiennych w czasie. Kodowanie i dekodowanie informacji fazowej i amplitudowej w interferogramach, hologramach, obrazach prążkowych i plamkowych. Wektor czułości (skalowanie) w pomiarach optycznych. Metody projektowania obrazów prążkowych. Interferometria dwuwiązkowa z wydzieloną i współbieżną wiązką odniesienia oraz z rozdwojeniem czoła fali. Podstawowe konfiguracje interferometrów. Analiza błędów interferometru i ich kompensacja. Techniki stroboskopowe. Interferometria z zastosowaniem kilku długości fali. Systemy interferometrów aktywnych i adaptacyjnych. Tomografia interferencyjna. Przykładowe zastosowania: pomiar chropowatości, kształtu obiektów statycznych i zmiennych w czasie, długości, jakości elementów i układów optycznych oraz niejednorodności materiałów optycznych. Podstawy teoretyczne holograficznej interferometrii optycznej i cyfrowej. Kodowanie i rekonstrukcja zespolonego frontu falowego. Interferometria holograficzna dwuekspozycyjna i stroboskopowa. Pomiar wektora przemieszczeń. Warstwicowanie holograficzne. Systemy monitorowania w czasie rzeczywistym. Kamery holograficzne. Mikroskopia i tomografia holograficzna. Zjawisko plamkowania: aspekty statystyczne i ich kategoryzacja. Układy cyfrowych interferometrów plamkowych: do pomiaru przemieszczeń z płaszczyzny i w płaszczyźnie oraz z przesuniętą repliką wiązki przedmiotowej. Interferometria impulsowa. Aspekty mechaniczne: zagadnienia korelacji i dekorelacji obrazów plamkowych, równanie prążków korelacyjnych. Wektor czułości, wyznaczanie składowych wektora przemieszczenia. Przetwarzanie obrazów korelacyjnych w badaniach obiektów wolnozmiennych (metody z przesunięciem fazy) i zmiennych w czasie (metody jednoobrazowe z zastosowaniem transformacji Fouriera, falkowej i Hilberta) oraz przetwarzanie sygnałów czasowych w pojedynczym pikselu (metoda adaptacyjnej dekompozycji sygnału na mody empiryczne, EMD). Zalety i wady cyfrowej interferometrii plamkowej. Przykładowe zastosowania w mechanice doświadczalnej, identyfikacji materiałów, analizie strukturalnej, badaniach nieniszczących (w tym naprężeń szczątkowych, procesów starzenia, reologii), weryfikacji procesów modelowania, inżynierii lądowej i lotniczej. Interferometria z uśrednieniem w czasie. Wyznaczanie częstotliwości rezonansowych oraz rozkładów amplitudy i fazy drgań. Implementacje w klasycznej interferometrii dwuwiązkowej, interferometrii holograficznej i plamkowej. Wybrane zastosowania: badania drgań mikrobelek i mikromembran krzemowych (w tym wersja heterodynowa z modulacją fazy w interferometrze). Analiza drgań za pomocą interferometrii z repliką wiązki przedmiotowej. Pomiar drgań o bardzo małych amplitudach. Analiza drgania bimodalnego za pomocą hybrydowej plamkowej interferometrii stroboskopowej i z uśrednianiem w czasie. Badania modów złożonych za pomocą interferometrii holograficznej z uśrednianiem w czasie. Podstawy teoretyczne interferometrii siatkowej ze sprzężonymi rzędami dyfrakcyjnymi. Budowa i analiza właściwości głowic interferometrycznych. Laserowy ekstensometr siatkowy. Falowodowe mikrointerferometry siatkowe. Przykłady zastosowań. Podstawy elastooptyki 2D i 3D.Systemy polaryskopów optycznych z automatyczną analizą obrazu i ich zastosowania w mechanice i kontroli przemysłowej. Holografia i tomografia elastooptyczna. Metody prążków mory. Opis matematyczny prazkow mory na przykladzie mory iloczynowej tworzonej przez dwie struktury binarne. Niekoherentne metody superpozycji struktur i ich wlasciwosci. Metoda mory w pomiarach ksztaltu: metody mory cieniowej i projekcyjnej i przykladowe zastosowania. Metoda mory odbiciowej - mapowanie pochodnych i krzywizn powierzchni plyt i powlok. Wybrane wspolczesne metody automatycznego przetwarzania prążków mory. Zasady pomiaru przemieszczeń w płaszczyźnie i pozapłaszczyznowych. Metoda mory geometrycznej i elektronicznej. Metoda projekcji prążków i kodów Graya. Metoda mory projekcyjnej, cieniowej i odbiciowej. Deflektometria. Podstawy fizyczne i matematyczne metody cyfrowej korelacji obrazu. Konfiguracje i zastosowania do pomiarów 2D i 3D. Kierunki rozwoju optycznych metod pomiaru. Mikro i nanometrologia optyczna.
(L) Pomiar odchyłek płaskości. Badanie jakości obiektywu. Pomiar deformacji i przemieszczeń. Wizualizacja modów drgań. Pomiar amplitudy i fazy drgań. Pomiar kształtu obiektu 3D. Badanie rozkładu naprężeń. Pomiar przemieszczeń i odkształceń. Pomiar kształtu mikroelementu. Wizyta w Zakładzie Długości i Kąta GUM.

**Metody oceny:**

egzamin, zaliczenie ćwiczeń

**Egzamin:**

tak

**Literatura:**

1. K. Patorski, M. Kujawińska, L. Sałbut: Interferometria Laserowa z Automatyczną Analizą Obrazu, OWPW, Warszawa 2005;
2. D. Malacara: Optical Shop Testing, Wiley and Sons Inc., New York 1992;
3. K. Patorski, Handbook of the Moiré Fringe Technique, Elsevier, Amsterdam 1993;
4. M. Pluta (red): Holografia Optyczna, PWN, Warszawa 1980

**Witryna www przedmiotu:**

**Uwagi:**

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka PPO\_W01:**

Zna podstawy teoretyczne polowych metod pomiarów optycznych z wykorzystaniem koherentnych i niekoherentnych źródeł światła

Weryfikacja:

egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W08

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

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka PPO\_U01:**

Potrafi zastosować metody optyczne w praktyce laboratoryjnej i warsztatowej

Weryfikacja:

zaliczenie ćwiczeń laboratoryjnych

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U14, K\_U15, K\_U16, K\_U17

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

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Charakterystyka PPO\_K01:**

Potrafi pracować w zespole

Weryfikacja:

zaliczenie ćwiczeń laboratoryjnych

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_K04

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