**Nazwa przedmiotu:**

Interferometria przemysłowa

**Koordynator przedmiotu:**

prof. dr hab. inż. Marek Dobosz

**Status przedmiotu:**

Fakultatywny dowolnego wyboru

**Poziom kształcenia:**

Studia II stopnia

**Program:**

Mechatronika

**Grupa przedmiotów:**

Wariantowe

**Kod przedmiotu:**

IP

**Semestr nominalny:**

3 / rok ak. 2020/2021

**Liczba punktów ECTS:**

2

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

1) Liczba godzin bezpośrednich 33, w tym:
a) wykład - 15h;
b) ćwiczenia - 0h;
c) laboratorium - 15h;
d) projekt - 0h;
e) konsultacje - 3h;
2) Praca własna studenta 30 w tym:
a) przygotowanie do kolokwiów zaliczeniowych – 10h;
b) przygotowanie do zajęć laboratoryjnych - 8h;
c) opracowanie sprawozdań - 10h;
d) studia literaturowe - 2h;
Suma: 63h (2 ECTS)

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

1,5 punkty ECTS - liczba godzin bezpośrednich: 33, w tym:
a) wykład - 15h;
b) ćwiczenia - 0h;
c) laboratorium - 15h;
d) projekt - 0h;
e) konsultacje - 3h;

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

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

1) Liczba godzin bezpośrednich 33, w tym:
a) wykład - 15h;
b) ćwiczenia - 0h;
c) laboratorium - 15h;
d) projekt - 0h;
e) konsultacje - 3h;
2) Praca własna studenta 30 w tym:
a) przygotowanie do kolokwiów zaliczeniowych – 10h;
b) przygotowanie do zajęć laboratoryjnych - 8h;
c) opracowanie sprawozdań - 10h;
d) studia literaturowe - 2h;
Suma: 63h (2 ECTS)

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

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

**Wymagania wstępne:**

Korzystna jest znajomość podstaw metrologii wymiarowej oraz optyki fizycznej, w szczególności podstawowe informacje z zakresu interferencji.

**Limit liczby studentów:**

20

**Cel przedmiotu:**

Poznanie przemysłowych metod pomiarów wielkości geometrycznych opartych na wykorzystaniu interferometrii laserowej. Zapoznanie się ze specyfiką układów pomiarowych związanych z różnorodnymi zastosowaniami metrologicznymi. Poznanie istoty czynników wpływających na dokładność, umiejętność kompensacji błędów, właściwe dokonanie analizy błędów.
Na ćwiczeniach laboratoryjnych student zdobywa praktyczne umiejętności pracy na komercyjnych interferometrach laserowych. Uzyskuje możliwość zrozumienia zjawisk przez obserwację zjawisk interferencyjnych na modelach dydaktycznych

**Treści kształcenia:**

Wykład: Poznanie przemysłowych metod pomiarów wielkości geometrycznych opartych na wykorzystaniu interferometrii laserowej. Istotne w praktyce metrologicznej właściwości interferencji dwóch fal płaskich. Interferencja heterodynowa a homodynowa. Kierunek i okres prążków interferencyjnych. Przemieszczanie prążków. Typy interferometrów: ze skończonym i nieskończonym okresem prążków. Ogólna idea interferometru dwuwiązkowego. Wpływ podziału energetycznego na amplitudę sygnału wyjściowego. Kontrast prążków. Związek kontrastu prążków z szerokością widmową. Długość koherencji. Podstawowy interferometryczny system pomiarowy. Zasada działania i właściwości interferometru homodynowego i heterodynowego. Wyznaczenie przemieszczenia. Rozpoznanie kierunku ruchu reflektora pomiarowego. Zliczanie i interpolacja. Szumy. Metody generowania dwóch częstotliwości w interferometrach heterodynowych. Elementy optyczne stosowane w interferometrach. Stabilizacja częstotliwości laserów gazowych. Ocena i pomiar stałości i powtarzalności częstotliwości. Wariancja i odchylenie Allana. Układy odbiorcze w interferometrach laserowych. Techniki wyznaczania kierunku ruchu. Sygnały kwadraturowe i techniki ich generowania. Ukł. odbiorcze pracujące przy skończonym i nieskończonym okresie prążków interferencyjnych. Wykorzystanie zjawiska polaryzacji kołowej do przesuwania fazowego prążków. Kompensacja najważniejszych źródeł błędów pomiaru interferometrycznego. Powietrze standardowe i normalne. Wpływy
temperatury ciśnienia wilgotności powietrza. Wzory Edlena i Ciddora.
Wpływ temperatury otoczenia i jej zmian na drogę martwą oraz na elementy mechaniczne układu pomiarowego. Zaawansowane pomiary interferencyjne. Pomiary pozycjonowania, przemieszczenia, prędkości, przyspieszeń, drgań, kąta, prostoliniowości, płaskości, prostopadłości, błędów rotacyjnych maszyn (pochylenia, kołysanie skrecanie). Zwiększanie rozdzielczości. Stosowane konfiguracje pomiarowe. Układy z ruchomym zwierciadłem i narożem sześcianu. Interferometry różnicowe. Interferometryczne trakery laserowe. Właściwości metrologiczne. Zastosowania. Diody laserowe jako źródła światła w interferometrycznych pomiarach długości. Rozkład energetyczny. Widmo i koherencja. Mody podłużne. Przeskoki modów. Enkodery interferencyjne. Ugięcie światła na siatce dyfrakcyjnej. Pomiar przemieszczeń w interferometrze siatkowym. Przetworniki interferencyjne pracujące w świetle odbitym i transmitowanym przez siatkę. Stosowane konfiguracje enkoderów. Własności metrologiczno-użytkowe.
Laboratorium:
Podstawowe elementy optyczne interferometrów do pomiaru przemieszczenia. Identyfikacja i wyjaśnienie działania typowych elementów optycznych stosowanych w układach handlowych interferometrów. Demonstracja zjawiska interferencji.
Interferencyjne pomiary przemieszczeń liniowych w układzie z pryzmatami narożnymi i o podwyższonej rozdzielczości. Rozwiązanie problemu sprawdzenia urządzenia nastawczego lub pomiarowego. Wykonanie testu i interpretacja wyników.
Podstawowy interferometr do pomiaru kątów i odchyłek kątowych. Rozwiązanie problemu sprawdzenia urządzenia nastawczego lub pomiarowego np. poziomicy optycznej. Wykonanie testu i interpretacja wyników.
Pomiar drgań. Zestawienie i adjustacja układu do pomiaru drgań. Wykonanie pomiaru charakterystyki drgającego układu mechanicznego i interpretacja wyników.
Szacowanie niepewności wyników pomiarów interferencyjnych, na podstawie danych z wcześniejszych ćwiczeń oraz na podstawie obserwacji pracy interferometru i działania kompensacji z użyciem formuły Edlena/Cidora.
Układy fotodetekcyjne i interpolacja. Zestawianie modelowego układu zespołu fotodetekcyjnego ze skończonym i nieskończonym okresem prążków, uzyskanie sygnału kwadraturowego.
Inkrementalne, interferencyjne przetworniki przemieszczeń. Adjustacja na modelu
Zaliczenie sprawozdań.

**Metody oceny:**

W: Testy zaliczeniowe po każdym dziale tematycznym.
L: Ocena przygotowania na podstawie przebiegu ćwiczenia i ocena realizacji i zaliczenia sprawozdania.

**Egzamin:**

nie

**Literatura:**

Jóźwicki R. Podstawy inżynierii fotonicznej Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej 2006
Patorski K. Interferometria laserowa z automatyczną analizą obrazu Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej; 2005
Hecht E; Optics; Addison-Weslay; 2017
Pedrotti F. L;Pedrotti L.S. Introduction to optics Prentence-Hall, Inc; 1993
Jakubiec W., Malinowski J., Metrologia wielkości geometrycznych WNT, Warszawa; 2004;
Optical-Metrology-e28093-A-Guide-to-the-Advances-in-the-Field. https://www.azonano.com/article.aspx?ArticleID=4821.
Kevin Harding, Taylor & Francis. Handbook of Optical Dimensional Metrology. CRC press 2013

**Witryna www przedmiotu:**

-

**Uwagi:**

-

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka IP\_2st\_W01:**

Student zna i rozumie przemysłowe metody pomiarów wielkości geometrycznych opartych na wykorzystaniu interferometrii laserowej.

Weryfikacja:

Testy sprawdzające wiedzę

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W08, K\_W11

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

**Charakterystyka IP\_2st\_W02:**

Zna specyfikę układów pomiarowych i urządzeń interferometrycznych stosowanych w metrologii wymiarowej.

Weryfikacja:

Testy sprawdzające wiedzę

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W08, K\_W11

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

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka IP\_2st\_U01:**

Student posiada praktyczne umiejętności konfigurowania i obsługi komercyjnych interferometrach laserowych.

Weryfikacja:

Zaliczenie ćwiczeń lab.

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

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

**Charakterystyka IP\_2st\_U02:**

Zna od strony praktycznej czynniki wpływające na dokładność pomiaru interferometrycznego. Posiada umiejętność kompensacji błędów, oraz dokonania właściwej analizy błędów.

Weryfikacja:

Zaliczenie ćwiczeń lab.

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

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

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Charakterystyka IP\_2st\_K01:**

Umiejętność pracy w grupie

Weryfikacja:

Zaliczenie ćwiczeń lab

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

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