

SPIS TREŚCI

Przedmowa	7
Rozdział 1	
Interferometria laserowa – wprowadzenie (<i>Krzysztof Patorski</i>)	9
1.1. Rozwój interferometrii optycznej – rys historyczny	9
1.2. Opis teoretyczny interferencji dwuwiązkowej	13
1.3. Laser i dioda laserowa jako źródła światła dla interferometrii	17
1.3.1. Uwagi ogólne	17
1.3.2. Rozkład przestrzenny amplitudy i fazy promieniowania	17
1.3.3. Interferencja a właściwości spektralne źródła laserowego	20
1.3.4. Zmiana długości fali promieniowania	26
1.4. Interferencyjne kodowanie i dekodowanie informacji	28
1.4.1. Kodowanie informacji fazowej za pomocą interferencji dwuwiązkowej	28
1.4.2. Interferencyjne kodowanie informacji z zastosowaniem dwóch długości fali promieniowania	34
1.4.3. Kodowanie informacji fazowej w interferogramach i obrazach prążkowych obiektów rozpraszających światło	38
1.4.4. Dekodowanie informacji zarejestrowanej w interferogramie lub obrazie prążkowym	39
1.4.5. Ogólna charakterystyka systemów interferometrycznych z automatyczną analizą interferogramu (obrazu prążkowego)	41
Literatura	44
Rozdział 2	
Podstawy analizy obrazu prążkowego (<i>Małgorzata Kujawińska</i>)	47
2.1. Wprowadzenie	47
2.2. Ogólna systematyka metod analizy obrazów prążkowych	52
2.3. Cyfrowe wstępne przetwarzanie obrazów prążkowych	55
2.3.1. Źródła degradacji obrazów prążkowych	55
2.3.2. Cyfrowa reprezentacja obrazu prążkowego	59
2.3.3. Metody wstępnego przetwarzania obrazów prążkowych	61
2.4. Intensywnościowe metody analizy	65
2.4.1. Metody szkieletowania interferogramu	65
2.4.2. Regularyzacyjna metoda śledzenia fazy	68
2.5. Metody z przesunięciem fazy	70
2.5.1. Metoda z czasowym przesunięciem fazy	70
2.5.2. Metody z przestrzennym przesunięciem fazy	75
2.5.3. Metodyka projektowania algorytmów	78
2.6. Metoda transformaty Fouriera	81

2.7. Metody usuwania skoków fazy	85
2.7.1. Problem wyznaczania absolutnych wartości fazy	85
2.7.2. Numeryczne metody usuwania skoków fazy	86
2.7.3. Czasowa metoda usuwania skoków fazy	91
2.8. Porównanie metod analizy obrazów prążkowych	93
Literatura	95

Rozdział 3

Interferometria klasyczna (<i>Leszek Sałbut, Krzysztof Patorski</i>)	98
3.1. Wprowadzenie	98
3.2. Interferometry z wydzieloną (niewspółbieżną) wiązką odniesienia	99
3.2.1. Interferencja w płycie. Interferometr Fizeau	99
3.2.2. Interferometr Twymana-Greena	103
3.2.3. Interferometr Macha-Zehndera	105
3.3. Interferometry z wiązkami współbieżnymi (wspólnej drogi)	106
3.3.1. Interferometry wspólnej drogi z wiązką odniesienia	107
3.3.2. Interferometry z repliką wiązki przedmiotowej	116
3.4. Analiza błędów interferometru i ich kompensacja	122
3.4.1. Wpływ układu optycznego interferometru na błędy pomiaru	122
3.4.2. Odejmowanie błędów interferometru metodą prążków mory	126
3.5. Wybrane zautomatyzowane interferometry laserowe	130
3.5.1. Interferometr Fizeau do atestacyjnych pomiarów wzorców płaskości	130
3.5.2. Interferometr modułowy do badań materiałów i elementów optycznych	136
3.5.3. Zautomatyzowany interferometr Köstersa do pomiaru długości płytek wzorcowych	141
Literatura	144

Rozdział 4

Profilometria i mikroprofilometria interferencyjna (<i>Leszek Sałbut, Krzysztof Patorski</i>)	146
4.1. Wprowadzenie	146
4.2. Mikrointerferometria z wiązką odniesienia i jej zastosowania	147
4.2.1. Pomiar współrzędnych powierzchni elementów statycznych i wolnozmiennych	149
4.2.2. Wizualizacja i pomiar rozkładu amplitudy drgań	154
4.3. Profilometria z wykorzystaniem projekcji prążków interferencyjnych	162
Literatura	168

Rozdział 5

Interferometria holograficzna (<i>Małgorzata Kujawińska</i>)	170
5.1. Wprowadzenie	170
5.2. Podstawy holografii optycznej	172
5.2.1. Rejestracja	174
5.2.2. Rekonstrukcja	176
5.3. Holograficzne metody badań interferencyjnych z automatyczną analizą interferogramów	178
5.3.1. Interferometria holograficzna z dwukrotną ekspozycją	179
5.3.2. Cyfrowa interferometria holograficzna	182
5.3.3. Interferometria holograficzna w czasie rzeczywistym	184
5.3.4. Holografia z uśrednieniem czasowym	186
5.3.5. Interferometria holograficzna z oświetleniem stroboskopowym	193
5.4. Przetwarzanie różnicy faz	194
5.4.1. Lokalizacja prążków	195
5.4.2. Różnica faz a przemieszczenie obiektu	196
5.4.3. Pomiary wektora przemieszczenia	198
5.4.4. Pomiary obiektów drgających	200

5.4.5. Warstwicowanie obiektów trójwymiarowych	201
5.4.6. Wyznaczenie kształtu holograficzną metodą rejestracji przelotu wiązki (LiF)	203
5.5. Systemy i zastosowania interferometrii holograficznej	206
Literatura	211

Rozdział 6

Elektroniczna/cyfrowa interferometria plamkowa (<i>Krzysztof Patorski</i>)	214
6.1. Wprowadzenie	214
6.2. Zjawisko plamkowania	215
6.3. Generowanie prążków korelacyjnych	217
6.3.1. Prążki korelacyjne otrzymywane przez odejmowanie rozkładów intensywności obrazów plamkowych	218
6.3.2. Prążki korelacyjne otrzymywane przez dodawanie rozkładów intensywności obrazów plamkowych	219
6.3.3. Metoda uśredniania w czasie	220
6.4. Podstawowe układy elektronicznych/cyfrowych interferometrów plamkowych	221
6.4.1. Interferometr plamkowy do pomiaru przemieszczeń z płaszczyzny, drgań i kształtu	221
6.4.2. Interferometr plamkowy do pomiaru przemieszczeń w płaszczyźnie	224
6.4.3. Interferometr z przesuniętą repliką wiązki przedmiotowej	225
6.5. Elektroniczne/cyfrowe interferometry plamkowe z zastosowaniem elementów i układów optoelektronicznych	227
6.5.1. Wprowadzenie	227
6.5.2. Interferometr plamkowy z wykorzystaniem konwencjonalnych elementów optycznych	228
6.5.3. Optyka światłowodowa w interferometrach plamkowych	229
6.5.4. Źródła promieniowania	234
6.5.5. Układy detekcyjne	236
6.5.6. Karta akwizycji obrazu i dodatkowe wyposażenie	237
6.6. Przetwarzanie korelacyjnych obrazów prążkowych	238
6.6.1. Uwagi ogólne	238
6.6.2. Metody automatycznej analizy prążków korelacyjnych	240
6.6.3. Analiza amplitudy i fazy drgań	242
6.6.4. Metody usuwania skoków fazy	245
6.7. Zastosowania	246
6.7.1. Przegląd ogólny	246
6.7.2. Wybrane zastosowania cyfrowej interferometrii plamkowej z przesuniętą repliką obrazu plamkowego (DSPI)	247
6.7.3. Wybrane zastosowania DSPI do pomiaru przemieszczeń z płaszczyzny i drgań	249
6.7.4. Wybrane zastosowania DSPI do badania przemieszczeń w płaszczyźnie	257
Literatura	259

Rozdział 7

Interferometria siatkowa (<i>Leszek Sałbut</i>)	262
7.1. Wprowadzenie	262
7.2. Interferometria siatkowa – podstawy fizyczne	263
7.3. Układy podziału wiązki	266
7.3.1. Głowica trójzwierciadłana	266
7.3.2. Głowica achromatyczna	268
7.3.3. Głowica falowodowa	269
7.3.4. Zestawienie rozwiązań głowic interferometru	272
7.4. Technologia przedmiotowych siatek dyfrakcyjnych	272
7.5. Systemy interferometrów siatkowych	275
7.5.1. Laboratoryjny interferometr siatkowy z głowicą trójzwierciadłaną	276
7.5.2. Laserowy ekstensometr siatkowy	278

7.5.3. Falowodowy mikrointerferometr siatkowy	282
7.5.4. Podsumowanie	284
7.6. Przykłady zastosowań	284
7.6.1. Badania materiałów kompozytowych	285
7.6.2. Badania odkształceń w niekonwencjonalnych materiałach	286
7.6.3. Badania naprężeń własnych	287
7.6.4. Badania elementów elektronicznych	290
Literatura	291

Rozdział 8

Interferometria z zastosowaniem promieniowania o niskim stopniu koherencji czasowej – interferometria koherencyjna (Krzysztof Patorski)	294
8.1. Wprowadzenie	294
8.2. Optyczna tomografia koherencyjna	296
8.2.1. Uwagi ogólne	296
8.2.2. Implementacja metody – koherencyjny skaner tomograficzny	298
8.2.3. Rozdzielczość metody	299
8.2.4. Źródła promieniowania i modyfikacje interferometru	301
8.2.5. Zastosowania	304
8.3. Optyczna mikroskopia koherencyjna ze źródłem nielaserowym	308
8.3.1. Optyczna mikroskopia koherencyjna (OCM) na przykładzie rozwiązania firmy WYKO	309
8.3.2. Przetwarzanie sygnału interferencyjnego	310
8.3.3. Zastosowania	310
Literatura	312

Rozdział 9

Optyczno-numeryczne systemy wspomaganie projektowania, analizy i kontroli struktur inżynierskich (Małgorzata Kujawińska)	315
9.1. Wprowadzenie	315
9.2. Techniki hybrydowe w mechanice	316
9.2.1. Uwagi ogólne	316
9.2.2. Metodyka weryfikacji wyników obliczeń numerycznych i planowania eksperymentu	318
9.2.3. Hybrydowe badania złączy metal-ceramika	321
9.3. Kontrola przemysłowa	325
9.3.1. Identyfikacja wad z wykorzystaniem syntezy interferogramu	327
9.3.2. Identyfikacja wad z wykorzystaniem sztucznych sieci neuronowych	327
9.4. Tomografia interferencyjna	330
9.4.1. Zasady tomografii interferencyjnej	330
9.4.2. Badania światłowodów z wykorzystaniem tomografii mikrointerferencyjnej	332
9.5. Systemy wyznaczania kształtu i przetwarzania danych do formatów CAD/CAM i systemów multimedialnych	333
9.5.1. Uwagi ogólne	333
9.5.2. Architektura systemu	336
9.5.3. Algorytmy przetwarzania chmur punktów	337
9.5.4. Algorytmy łączenia danych kierunkowych	339
9.5.5. Algorytmy konwersji chmury punktów	342
9.5.6. Eksport danych	345
9.5.7. Przykłady zastosowań	346
9.6. Kierunki dalszego rozwoju systemów optyczno-numerycznych	349
Literatura	350