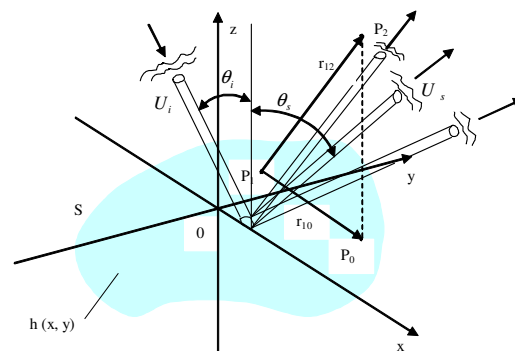
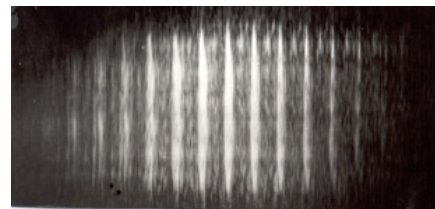
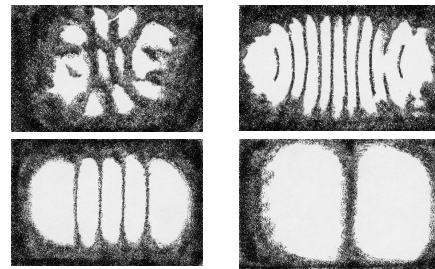


ЛАЗЕРНА ДИФРАКТОМЕТРІЯ



Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут"

Г. С. Тимчик

ЛАЗЕРНА ДИФРАКТОМЕТРІЯ

Монографія

Київ

НТУУ "КПІ"

2007

УДК 621.7.048.7

ББК 32.86-5

T41

*Рекомендовано вченою радою приладобудівного факультету НТУУ "КПІ"
(Протокол № 05/07 від 29.05.2007)*

Рецензенти:

В.О. Румбешта, докт. техн.. наук, професор,
Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут"

І.В. Максимчук, канд.. техн.. наук, доцент,
Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут"

Г. С. Тимчик

T41 Лазерна дифрактометрія: Монографія / Г. С. Тимчик. – К.: НТУУ
"КПІ", 2007. – 216., іл.

ISBN 978-966-622-258-2

Розглянуто фізико-математичні та експериментально-практичні основи розрахунків та дослідження лазерних інформаційно-вимірювальних систем на основі когерентних дифрактометрів. Запропоновано аналітичні моделі для розрахунків та обґрунтовано алгоритми функціонування. Наведено приклади практичних застосувань, які можуть бути використані при створенні лазерних технічних, технологічних і медико-біологічних інформаційних та діагностичних систем і приладів.

**УДК
621.7.048.7
ББК 32.86-5**

ISBN 966-622-258-2

©Г. С. Тимчик, 2007

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	8
РОЗДІЛ 1. ІМПУЛЬСНИЙ ВІДГУК І КОГЕРЕНТНІСТЬ	9
1.1 Викривлення апаратної функції оптичної системи когерентного спектроаналізатора при Гауссовому освітленні вхідного транспаранта	9
1.1.1 Визначення нерівномірності освітленості	9
1.1.2 Аналіз впливу нерівномірності освітленості	14
1.1.3. Висновки та рекомендації.	16
1.2 Імпульсний відгук оптичної системи когерентного спектроаналізатора при освітленні вхідного транспаранту квазімонохроматичним випромінюванням	17
1.2.1. Квазімонохроматичність випромінювання	17
1.2.2. Визначення імпульсного відгука	18
1.2.3. Аналіз форми імпульсного відгука	22
1.3 Селекція вищих поперечних мод лазерного випромінювання пасивним резонатором	25
1.3.1. Імпульсний відгук .	25
1.3.2. Визначення операційних властивостей.	26
1.3.3. Аналіз операційних властивостей.	34
1.4. Імпульсний відгук і енергетичний розрахунок оптичних систем когерентних спектроаналізаторів	34
1.4.1. Модель формування спектрального розподілу.	35
1.4.2. Аналіз структури спектрального розподілу.	38
1.4.3. Визначення вихідного сигналу приймача.	40
РОЗДІЛ 2. ДИФРАКЦІЙНЕ РОЗСІЮВАННЯ.	44
2.1 Методи розв'язання задачі дифракції випромінювання на шорсткій поверхні	44
2.1.1 Формулювання задачі дифракції випромінювання на шорсткій поверхні	44
2.1.2 Метод малих збурень	47
2.1.3 Метод дотичної площини	48
2.1.4 Двомасштабна модель розсіювання	49
2.1.5 Метод малих нахилів	50
2.1.6. Метод інтегрального рівняння	50
2.1.7 Порівняльний аналіз методів розв'язання задачі дифракції на шорсткій поверхні	51
2.2 Взаємозв'язок метода інтегрального рівняння з наближенням Кірхгофа в дифракційних задачах	55
2.2.1 Визначення дифракційного поля методом інтегрального рівняння	55
2.2.2 Поле дифракційної хвилі в наближенні Кірхгофа	59
2.2.3 Інтенсивність середнього поля. Коефіцієнт дзеркального відбиття	62
2.3 Дифракція світла на транспаранті, що має нахил до оптичної вісі	64

2.3.1 Обґрунтування дифракційної задачі	64
2.3.2 Аналіз спотворень дифракційного поля	68
РОЗДІЛ 3. ДИФРАКТОМЕТРІЯ ПРИ МЕТАЛООБРОБЦІ.	74
3.1 Дифракційний контроль габаритних циліндричних деталей	74
3.1.1 Аналітична модель	75
3.1.2. Аналіз дифракційного поля	78
3.2 Дифракція світла на щілині з статично нерівною на півплощиною	82
3.2.1 Аналітична модель	82
3.2.2 Визначення дифракційного поля	86
3.2.3 Аналіз складових дифракційного поля	87
3.3 Модель вхідних сигналів когерентних дифрактометрів для контролю технологічних процесів виробництва прицезійних приладів	89
3.3.1 Модель для нового інструмента	90
3.3.2 Модель для придобаного інструмента	92
3.3.3 Модель для інструмента, що позиціюється	94
	4
РОЗДІЛ 4. ДИФРАКТОМЕТРІЯ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ.	99
4.1 Викривлення дифракційного поля в лазерних дифрактометрах для контролю інструменту в технологічних процесах виготовлення прецизійних деталей приладів	99
4.1.1 Обґрунтування дифракційної моделі поздовжньо асиметричної апертури	99
4.1.2 Визначення залежностей осциляцій фази і інтенсивності	103
4.2 Зв'язок просторово-енергетичних параметрів дифракційного випромінювання із статичними параметрами мікронерівностей поверхні	105
4.2.1 Середня інтенсивність поля. Середня квадратична ширина дифракційного спектра	106
4.2.2 Методи оцінки коефіцієнту дзеркального відбиття	110
4.2.3 Метод визначення інтервалу кореляції висот мікронерівностей поверхні	113
4.3 Похибки методів оцінки мікронерівностей в лазерних системах контролю шорсткості поверхонь деталей	117
4.3.1 Випадкові похибки оцінки коефіцієнту дзеркального відбиття	118
4.3.2 Методичні похибки наближення Кірхгофа	120
4.3.3 Методичні похибки оцінки коефіцієнту дзеркального відбиття, що спричинені відхиленням закону розподілу висот мікронерівностей від нормального	126
РОЗДІЛ 5. ДИФРАКЦІЙНА МЕТРОЛОГІЯ.	130
5.1 Дослідження мікрodefektів поверхонь, що відбивають, і прозорих плівок за допомогою когерентної оптичної системи.	130
5.1.1. Аналіз методів дослідження.	130
5.1.2. Схема оптичної системи формування спектрального розподілу.	130
5.1.3. Типові спектральні розподіли.	132

5.2	Визначення пористості тонких аркушів волокнових матеріалів по оптичному коефіцієнті пропускання.	134
5.2.1.	Порівняльний аналіз методів визначення пористості	134
5.2.2.	Статистична модель.	5 136
5.2.3.	Аналіз структури пористості.	138
5.2.4.	Оптична модель пористості.	139
5.2.5.	Експериментальний аналіз.	139
5.3	Диференціювання спектра сигналів за допомогою когерентного оптичного спектроаналізатора.	141
5.3.1.	Обґрунтування моделі.	141
5.3.2.	Апаратні трансформації.	142
5.3.3.	Експериментальні результати.	143
5.4	Підвищення розв'язної здатності акустико-оптичних аналізаторів спектрів електричних сигналів.	145
5.4.1.	Аналіз акустико-оптичних спектральних систем	145
5.4.2.	Схема формування спектрального зображення.	146
5.4.3.	Аналітична модель операційних перетворень.	148
5.4.4.	Експериментальні результати.	149
5.4.5.	Оцінка експериментальних спостережень.	154
5.4.6.	Обґрунтування висновків.	152
5.5	Дослідження геометричних параметрів просторових квазіперіодичних структур за допомогою когерентного оптичного спектроаналізатора.	153
5.5.1.	Аналіз практичних потреб.	153
5.5.2.	Оцінка статистичних параметрів	155
5.5.3.	Енергетичний спектр просторової квазіперіодичної структури.	157
5.5.4.	Спектральні методи контролю статистичних параметрів.	157
5.6	Спектральні методи контролю статистичних характеристик штрихових квазіперіодичних структур.	162
5.6.1.	Практичні застосування.	162
5.6.2.	Аналіз спектральних залежностей.	164
5.6.3.	Функціональні блок-схеми алгоритмів контролю.	165
	РОЗДІЛ 6. СХЕМИ ОПТИЧНИХ СИСТЕМ.	175
6.1.	Аналіз оптичних систем когерентних спектроаналізаторів	175
6.1.1.	Схеми оптичних систем.	175
6.1.2.	Функціональні перетворення в оптичних системах.	178
6.1.3.	Вихідний оператор систем.	182
6.2.	Похибки складання і юстування когерентних оптичних спектроаналізаторів.	184
6.2.1.	Первинні похибки складання оптичних систем.	184
6.2.2.	Похибки інтенсивності і просторової частоти.	187
6.2.3.	Аналіз впливу похибок юстування.	189
6.2.4.	Способи зменшення похибок юстування.	191
6.3.	Дослідження похибок юстування оптичної системи спектроаналізатора	194

6.3.1. Аналіз первинних похибок.	194
6.3.2. Викривлення просторово-енергетичних параметрів дифракційного поля.	196
6.3.3. Вплив поперечних децентрувань.	198
6.3.4. Похибка просторової частоти.	201
6.4 Операційні властивості когерентних оптичних спектроаналізаторів при освітлені вхідного транспаранта випромінюванням, містящим вищі моди Гауса–Ерміта	203
6.4.1 Аналітична модель перетворень сигналу	204
6.4.2. Результати експериментальних досліджень	209
6.5 Дослідження операційних властивостей когерентних оптичних спектроаналізаторів	211
6.5.1. Аналіз операційних властивостей.	211
6.5.2. Аналітична модель.	212