

УДК 681.2:537.7

О.В. Куликівський, студент гр. ПБ-11мп
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНТРОЛЮ КВАЗІПЕРІОДИЧНИХ СТРУКТУР АМПЛІТУДНИМ МЕТОДОМ ДИФРАКТОМЕТРІЇ

Анотація. Розглянуто питання контролю статистичних характеристик періодичної структури деталей типу дифракційної ґратки, які використовуються у спектральних приладах, електромагнітних випромінювачах. Наведено алгоритм функціонування і функціональну блок-сему автоматизованої системи контролю періодичної структури ліній затримки.

Ключові слова: періодична структура, лазер, дифракція, автоматизація.

ВСТУП

Періодичні структури застосовуються у спектральних приладах, лініях затримки (ЛЗ) електромагнітних випромінювачів, радіотехніці та радіолокації, вимірювальній техніці та автоматичі [1], [2]. Призначення ЛЗ – затримка сигналів або імпульсів на певні інтервали часу при збереженні форми коливання для співставлення швидкості розповсюдження коливань в приладах множення потужності, фазових антенних ґратках, при паралельній багатоканальній обробці сигналів та в інших застосунках [3], [4].

Решітка складається із прозорих щілин шириною b_x і непрозорих стінок шириною a_x (Рис.1). Оскільки ширина стінок a_x і щілин b_x є випадковими величинами через різні технологічні похибки, що виникають у процесі виготовлення, основними їхніми характеристиками будуть середні значення a_x і b_x і середні квадратичні відхилення σ_a й σ_b .



Рисунок 1. Фотографії просторової квазіперіодичної структури: а – годна структура; б – гнуті ламелі

ОСНОВНА ЧАСТИНА

Пропонується варіант вдосконалення апаратурної реалізації методу контролю квазіперіодичних структур. Варіант функціональної блок-схеми апаратурної реалізації алгоритму амплітудного методу наведений на Рис. 2.

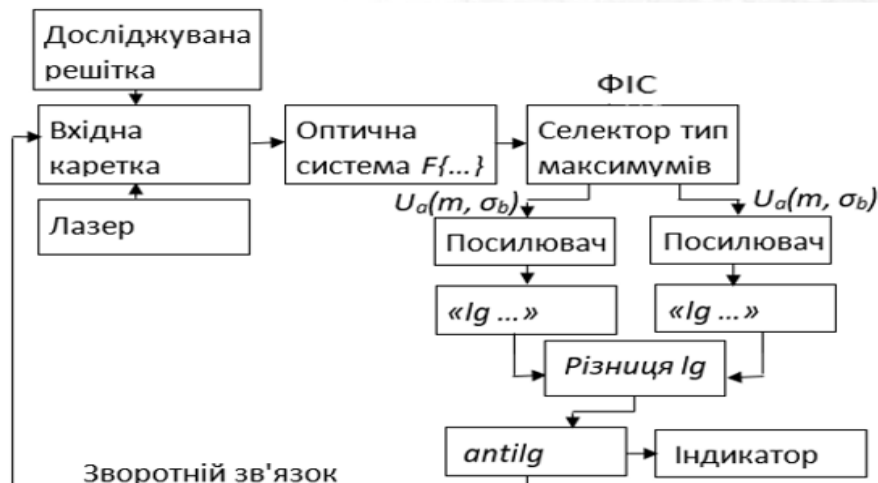


Рисунок 2. Схема алгоритму вимірювань

Контрольовану структуру поміщають у вхідній площині КОС і за допомогою оптичної системи формують у площині спектрального аналізу її дифракційне зображення, розподіл освітленості в якому є енергетичним спектром структури. Селектором, що представляє собою оптично непрозору маску, що містить дві щілинні діафрагми, виділяють амплітуди m -го й n -го максимумів спектра, які поканально реєструються двома фотодіодами, наприклад ФД-27К, підсилюються підсилювачами й надходять поканально на входи двох логарифматорів напруги [5], [6]. Вихідна напруга логарифматора пропорційно логарифму вхідної напруги, тобто величині світлового потоку в центрі m -го й n -го дифракційних максимумів. Вихідні напруги логарифматорів взаємно віднімаються й надходять на антилогарифматор, вихідна напруга якого, пропорційне відношенню амплітуд максимумів, надходить на індикатор параметра σ_b .

При експериментальних вимірюваннях параметрів енергетичного спектру використовувалися декілька ЛЗ. Дослідження статистичних характеристик просторової структури ЛЗ, з номерами 7, 918, 14, 23, 17, виконані по п'ять разів для кожної ЛЗ. На Рис. 3 (а, б, в, г) наведені середні значення по п'ятих вимірюваннях спектрограми I, III, V і VII максимумів спектру для вказаних вище номерів ЛЗ [7]. Для розширення динамічного діапазону G експериментальної установки, в оптичній системі КОС встановлювались послідовно два атенюатора з коефіцієнтом послаблення рівним 30,2 та 17,4. При вимірюваннях амплітуди вихідного сигналу фотонно-інтегральної схеми мілівольтметром, дисперсія вимірювань складала 4% від величини вимірюваної напруги. При аналізі отриманих кривих видно, що при збільшенні середнього квадратичного відхилення σ_b просторової структури ЛЗ, амплітуди максимумів її енергетичного спектру зменшуються, а ширина їх – збільшується.

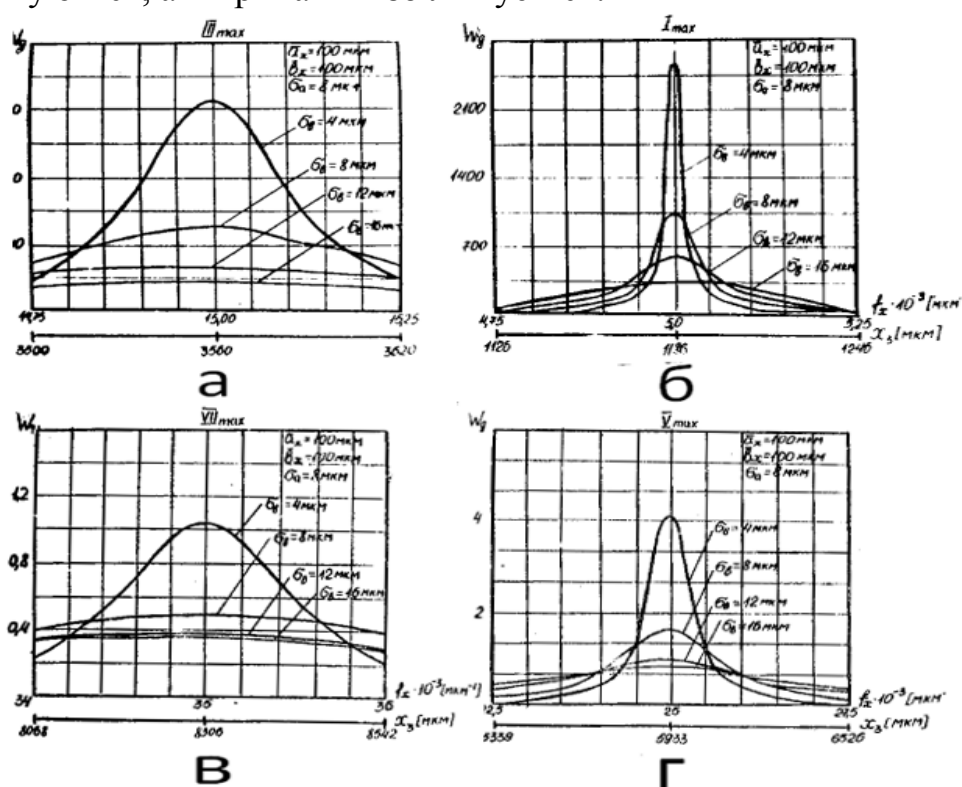


Рисунок 3. Енергетичні спектрограми просторової структури ЛЗ

На рис. 4 а, б показано фотографії енергетичного спектру просторової структури декількох ЛЗ із різною величиною параметру σ_b , по яких добре видно зменшення амплітуди та збільшення ширини максимумів по мірі збільшення параметру σ_b просторової структури ЛЗ [5], [7].

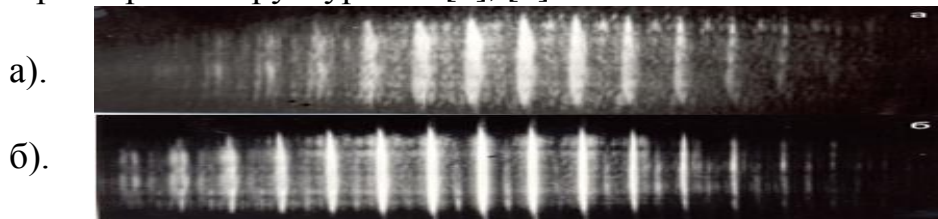


Рисунок 4. Фотографії енергетичного спектру просторової структури ЛЗ: а - $\sigma_b = 6,6$ мкм; б - $\sigma_b = 15,8$ мкм

АПАРАТУРНА РЕАЛІЗАЦІЯ

Рис. 5. Функціональна блок-схема апаратної реалізації амплітудного методу контролю. Дану функціональну блок-схему буде включено до структурної схеми системи автоматизованого контролю.

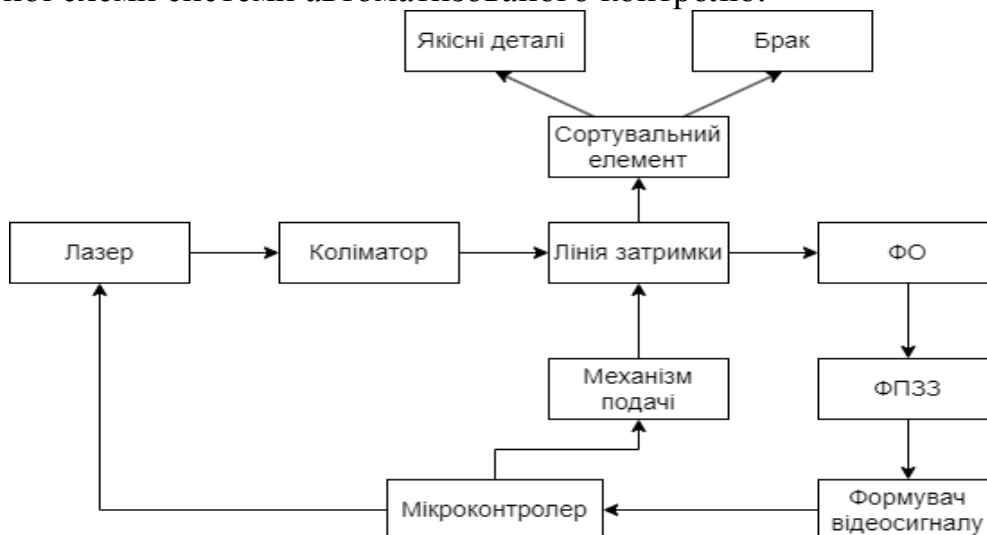


Рисунок 5. Функціональна блок-схема системи автоматизованого контролю

Оператор приймає рішення про необхідність контролю конкретної лінії затримки. Для цього він встановлює об'єкт контролю, а саме – лінію затримки, в механізм подачі, вмикає мікроконтролер, який у свою чергу, формує команду, після чого лінія затримки механізмом подачею переміщається в зону контролю. Далі мікроконтролер вмикає лазер, генерується когерентне випромінювання, пучок випромінювання лазера розширюється коліматором. Розширений пучок випромінювання освітлює лінію затримки, що контролюється. За лінією затримки по оптичній осі встановлено Фур'є-об'єктив (ФО). Фур'є об'єктив в площі аналізу формує Фур'є перетворення над дифракційною структурою лінії затримки. В площі спектрального аналізу встановлено ФПЗЗ – фотоприймач із зарядовим зв'язком, який перетворює просторовий розподіл освітленості в площі спектрального аналізу у відеосигнал. Даний відеосигнал утворюється формувачем відеосигналу, він поступає на вхідний пристрій мікроконтролеру, цим пристроєм є аналогово-цифровий перетворювач. За певним алгоритмом

відбувається обробка сигналу із ФПЗЗ-приймача, відбувається формування команди на механізм подачі лінії затримки. Відносно від того, які значення має контрольована лінія затримки, вона переміщується сортувальним блоком в касети, або де якісні деталі, що відповідають усім вимогам, або в браковані деталі. Таким чином відбувається контроль лінії затримки в автоматизованому режимі, практично без участі людини, усуваючи при цьому суб'єктивізм в процесі контролю.

ВИСНОВКИ

Запропоновано використання когерентних оптичних аналізаторів для контролю штрихових періодичних структур механічних ліній затримки, які дозволяють шляхом просторового Фур'є перетворення отримати інтегральну інформацію про статистичні характеристики.

Розроблено функціональну блок-схему системи автоматизованого контролю, що дозволить контролювати показники геометричної періодичної структури лінії затримки в автоматизованому режимі, виключаючи при цьому суб'єктивні фактори впливу на показники процесу контролю.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Радіометричні НВЧ методи та засоби вимірювання фізичних величин [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка» / О. П. Яненко, С. М. Перегудов, К. Л. Шевченко; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 14,30 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 352 с.
- [2] Palmer C. Diffraction Grating Handbook, 7th edition. – New York: Newport Corporation, 2014.
- [3] Palmer C. Diffraction Grating Handbook, 8th edition – New York: Newport Corporation, 2020.
- [4] Gilmour, A. S. (2011). Klystrons, Traveling Wave Tubes, Magnetrons, Cross-Field Amplifiers, and Gyrotrons. Artech House. pp. 3–4. ISBN 978-1608071845
- [5] Колобродов В.Г., Тимчик Г.С. «Прикладна дифракційна оптика» // Київ: НТУУ "КПІ", ВПК "Політехніка", 2014. –312с.
- [6] Колобродов В. Г., Тимчик Г. С. «Проектування дифракційних оптичних елементів і систем» // Київ: НТУУ "КПІ", 2013. –193с.
- [7] Kolobrodov V. G., Tymchuk G. S., Mykytenko V. I., Kolobrodov M. S. Physical and mathematical model of the digital coherent optical spectrum analyzer. // *Optica Applicata*, Vol. XLVII, No. 2, 2017 DOI: 10.5277/oa170210

Наук. керівник – д.т.н., проф. Тимчик Г.С.