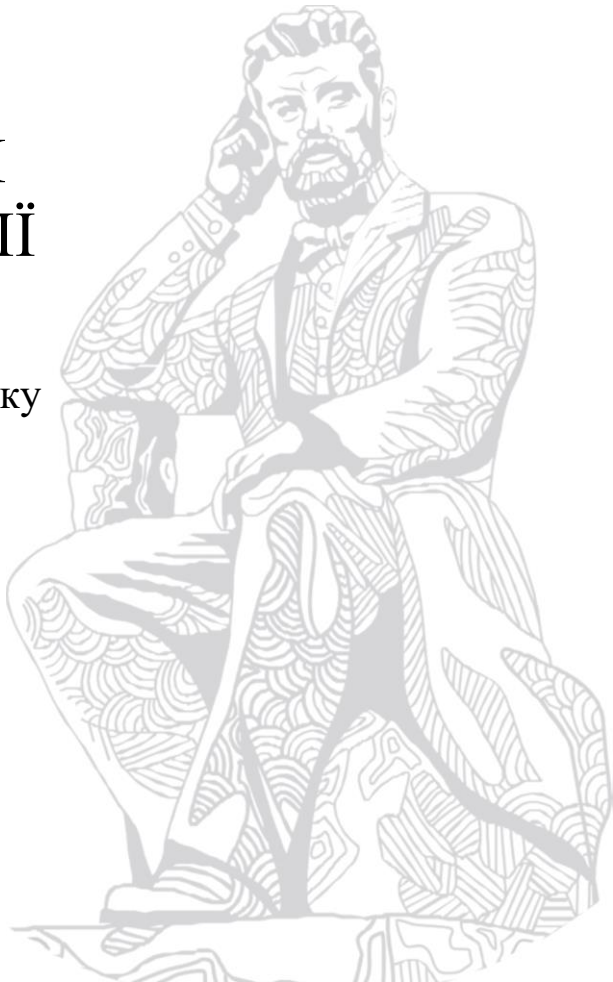
Інженерія комп’ютерних та електронних систем
ECES-2026

Перша міжнародна науково-практична конференція

МАТЕРІАЛИ
КОНФЕРЕНЦІЇ

28 - 30 травня 2026 року



Івано-Франківськ
2026

ІНФОРМАЦІЙНА ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННА СИСТЕМА ДІАГНОСТИКИ ПРОЦЕСІВ ДЕФЕКТОУТВОРЕННЯ В МІКРО- ТА НАНОЕЛЕКТРОННИХ СТРУКТУРАХ

професор Стрілкова Т.О., с.н.с. Литюга О.П.,
асистент Пятайкіна М.І., студент Ришко С.А.
Харківський національний університет радіоелектроніки,
кафедра мікроелектроніки, електронних приладів та пристроїв,
e-mail: tetiana.strilkova@nure.ua, oleksandr.lytiuha@nure.ua

Abstract. The paper considers information optoelectronic systems applied to the diagnosis of defect formation processes in micro- and nanoelectronic structures. The main focus is on the problem of low contrast and the influence of noise of various origins, which complicate the detection of useful signals. A methodology is proposed to improve the quality of technological images based on compensatory contrast enhancement. The use of contrast methods and the optimal choice of contrast coefficients and filtering thresholds ensures more accurate and informative image perception, thereby increasing the efficiency of technical diagnostics.

Ключові слова: дефектоутворення, контрастність зображення, мікро- та наноелектронні структури.

Вступ. У сучасних умовах інформаційні оптико-електронні системи та оптико-телевізійні прилади набули широкого застосування у науці, техніці, медицині, системах безпеки та технічної діагностики. Їхня робота ґрунтується на реєстрації оптичного випромінювання, перетворенні його енергії у електричні сигнали та здійсненні первинної обробки для виділення корисної інформації про об'єкти спостереження.

Дія систем технічної діагностики дефектоутворення заснована на перетворенні оптичного випромінювання в електричні сигнали з подальшою їх обробкою для виділення корисної інформації про об'єкт спостереження. Такі системи реалізують попередню обробку даних з метою зменшення шумових компонент, підвищення контрастності та чіткості, підкреслення контурів і фільтрації високочастотних та низькочастотних шумів. Основним завданням є підвищення якості обробки зображень, що досягається завдяки використанню методів статистичного аналізу, теорії ймовірностей та теорії випадкових потоків.

Обробка зображень є багатоплановою задачею, яка включає фільтрацію шумів, геометричну та градаційну корекцію, посилення локальних контрастів, відновлення та підвищення різкості. Методи поділяються на обробку у частотній та часовій областях.

Застосування систем технічної діагностики при проведенні зазначених досліджень дозволяє значно підвищити якість та об'єктивність інформації, що отримується, про об'єкти спостереження, оперативність її одержання,

зручність її подальшої обробки та зберігання. Метою роботи є створення методики покращення якості технологічних зображень на основі компенсаційного методу покращення контрасту та підвищення величини сигнал/шум. Практичне значення роботи полягає у можливості використання запропонованої методики для підвищення точності та об'єктивності технічної діагностики, що сприяє удосконаленню технологічних процесів та підвищенню надійності результатів спостереження.

Основна частина. Технологічні зображення при діагностиці процесів дефектоутворення характеризується контрастністю, яка впливає на розрізнення структур та точність вимірювань. Слабкий контраст є поширеним недоліком, що виникає через обмеженість діапазону яскравостей та нелінійність характеристик передачі [1]. Для його усунення застосовують методи контрастного розтягування та нелінійні оператори перетворення, які підвищують чіткість і зменшують вплив умов реєстрації. У багатьох випадках контрастність можна підвищити, змінюючи яскравість кожного елемента зображення за допомогою певного нелінійного оператора, який пов'язує яскравість вихідного зображення з яскравістю вхідного. Однак при формуванні зображень в системах дефектоутворення на якість візуальної інформації впливають шуми різної природи: внутрішні шуми приймача випромінювання, зовнішні шуми, які є наслідком флуктуацій випромінювання об'єктів та інші випромінювання, що потрапляють у поле зору системи [2]. При спостереженні об'єктів, що мають малий показник контрасту, виникають складності при виявленні корисного сигналу на тлі шумів. Виявлення корисного сигналу здійснюється у процесі попередньої обробки технологічних зображень з метою підвищення контрастності та фільтрації високочастотної та низькочастотної шумових складових

У багатьох інформаційних системах результати обробки даних подаються у вигляді зображення, що виводиться на екран для спостерігача. Процедуру такого представлення називають візуалізацією. Важливо, щоб обробка забезпечувала комфортне сприйняття зображення людиною. Часто доцільно підкреслити, або посилити окремі риси та особливості спостережуваної картини для покращення її суб'єктивного сприйняття. Для цього використовують методи лінійного контрастування, які дозволяють розтягнути діапазон яскравості до граничних значень, що забезпечує більш комфортне та інформативне сприйняття зображення.

Основною проблемою при проведенні такої обробки є визначення оптимального коефіцієнту контрасту, застосування якого дозволить максимально покращити технологічне зображення. Технологічні зображення можуть характеризуватись нерівномірною освітленістю, що призводить до втрати корисної інформації при застосуванні лінійного контрастування. Результати лінійного контрастування представлено на

рис. 1. Виникає статистична задача визначення оптимального рівня контрасту.

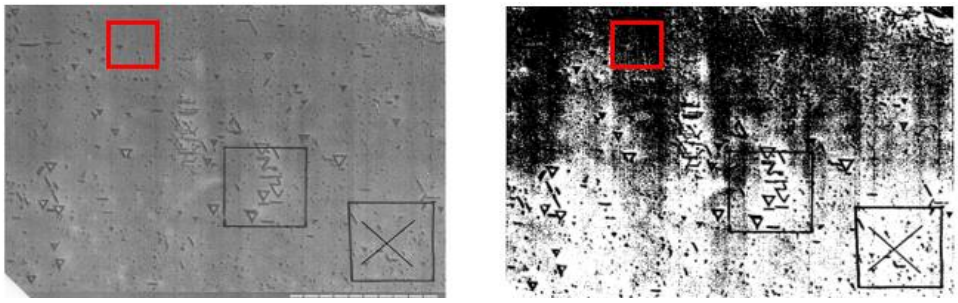


Рисунок 1 – Приклад застосування лінійного контрастування зображень дефектів мікроструктур

Результати застосування компенсаційного методу підвищення контрасту зображень дефект мікроструктур представлено на рис. 2.

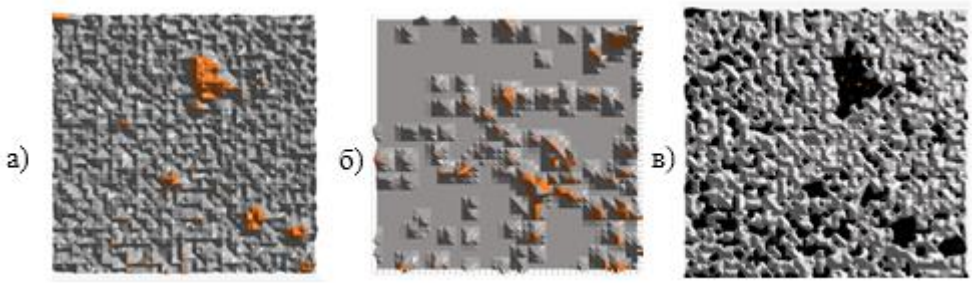


Рисунок 2 – Приклад застосування компенсаційного метода контрастування. а) фрагмент зображення без застосування методів покращення; б) фрагмент зображення при застосуванні метода лінійного контрастування; в) фрагмент зображення при застосуванні компенсаційного методу.

Висновки. У результаті проведених досліджень встановлено, що застосування компенсаційного методу підвищення контрасту дозволяє зберегти корисну інформацію на технологічних зображеннях при діагностиці процесів дефектоутворення у мікро- та наноелектронних структурах. Метод забезпечує більш чітке відображення малоконтрастних об'єктів, зменшує вплив шумових складових та підвищує відношення сигнал/шум.

Порівняння результатів лінійного та компенсаційного контрастування показало, що компенсаційний метод є більш ефективним для збереження деталей і структурних особливостей зображення, особливо за умов нерівномірної освітленості.

Список використаних джерел.

1. Пятайкіна М. І., Стрілкова Т. О. Дослідження дефектів дислокації в напівпровідникових матеріалах оптичними методами // XXII Міжнародна науково-технічна конференція "ПРИЛАДОБУДУВАННЯ: стан і перспективи". Секція 2. Оптичні та оптико-електронні прилади системи. Фотоніка. 16-17 травня 2023 року, КПІ ім. Ігоря Сікорського, С. 45-48.

2. Стрілкова Т.О., Калмиков О.С., Бендеберя Г.М., Пятайкіна М.І., Поліщук О.В. Стохастичні моделі вихідних сигналів в оптико-електронних системах // Колективна монографія «Сучасні технології в науці та освіті». 2021. Сєвєродонецьк. С. 256-259.