

УДК 621.3.078.4

## Електронна система технічного зору для дефектоскопії при виробництві плат

*Божук А.М., д.т.н., проф. Денбновецький С.В.*

Застосування систем технічного зору на виробництві для знаходження дефектів активно розвивається. Висока роздільна здатність сучасних цифрових камер в комбінації з надшвидкодійними потужними процесорами дозволяє створювати високоефективні системи нагляду за процесом виробництва складних електронних плат на всіх його етапах. В даній статті запропоновано систему визначення дефектів різного роду з використанням оптимальних алгоритмів та недорогих апаратних складових.

### Актуальність розробки

Системи технічного зору (СТЗ) активно впроваджуються в різних гілках промисловості. Це дозволяє [1]:

- контролювати та відбракувати деталі за їх зовнішнім виглядом;
- сортувати та вкладувати деталі та заготовки;
- зварювати, фарбувати, упаковувати вироби тощо.

Окремою галуззю слід виділити застосування СТЗ у виготовленні електронних плат. Дані системи, зокрема, дозволяють проводити монтаж електронних схем

автоматично, що уможливорює активний ріст кількості окремих елементів, а отже збільшує ступінь інтеграції. Значно збільшується швидкість виготовлення плат. При цьому різко зростають функціональні можливості електронних виробів, зменшується їхня собівартість та збільшується коефіцієнт корисної дії.

Разом з тим, в процесі виготовлення приладу внаслідок відмови системи охолодження або за рахунок механічного пошкодження часом відбувається пошкодження плат, що призводить до їхнього повного або часткового виходу з ладу та унеможливорює подальше використання.

Для знаходження відмічених дефектів часто використовують електричні методи. Суть таких методів полягає в пропусканні через частину плати або через окремий функціональний блок електричного струму або прикладенні зовнішньої напруги і подальше спостереження реакції на виході. Проте часто така процедура може призвести до появи дефектів в тих місцях, де їх не було перед перевіркою. Крім того, вона займає багато часу і в деяких випадках взагалі не дозволяє знайти дефекти.

Альтернативним методом вирішення проблеми є використання СТЗ.

Як і в деяких інших галузях виробництва ідея застосування СТЗ полягає у порівнянні робочого зразка виробу з неробочим. Система робить зображення дефектного приладу, порівнює його з попередньо завантаженим у пам'ять процесора зображенням еталону і вказує на відмінності. Проте для прямої покрокової перевірки потрібно, щоб розміри зображення дефектної плати строго співпадали з розмірами зображення еталону. Але навіть якщо камера жорстко закріплена і нерухома, зробити два еквівалентні зображення по ширині і довжині майже неможливо. Якщо, наприклад, дефектна плата буде зсунута відносно положення при якому робилось зображення робочої плати на відстань більшу розміру одного пікселю об'єктива, то втратиться відповідність між інформацією прийнятою цим пікселем на двох зображеннях.

Це призвело до пошуку нових шляхів порівняння зображень.

### **Принцип дії та структурна схема СТЗ**

Пропонується метод, який ґрунтується на аналізі зображень за зразком(або шаблоном). Суть цього методу полягає в пошуку поверхонь на зображенні, подібних до поверхні шаблону. Основною перевагою аналізу зображень за зразком є те, що порівняння ведеться на основі схожої конфігурації пікселів в площині зображення. Точність (поріг

співпадіння) даного методу не абсолютна, як у випадку прямого пошуку, а вибирається оператором і в залежності від поставленої задачі коливається в межах 70...100%.

Алгоритм роботи системи полягає в наступному:

1) Розділяємо зображення робочої плати на  $n$ -частин і зберігаємо їх як шаблони

2) Проводимо пошук кожного з шаблонів на зображенні дефектної плати

3) Шаблон, який знаходиться з відсотком схожості менше заданої оператором вкаже на дефектну ділянку

4) Для більшої точності розділяєм даний шаблон на  $m$ -підшаблонів і повертаємось до кроку 2

5) Робота системи зупиняється при виявленні місця дефекту з оптимальною точністю

На рис.1 показано суть роботи системи. Спочатку проводиться пошук по  $n = 4$  шаблонам робочої плати. Шаблон, який знаходиться з найменшою точністю (73%) розділяється на  $m = 4$  підшаблонів і т.д. Процес зупиняється при досягненні допустимої для оператора точності (в даному випадку 27%).



Рис.1. Умовне зображення алгоритму роботи СТЗ

Для пошуку зображення за шаблоном використовується функціонал, наявний у відкритому програмному забезпеченні OpenCV, а

саме  $TM\_CCORR\_NORMED$ . Математично він описується виразом:

$$R(x, y) = \frac{\sum_{x', y'} (T(x', y') \times I(x + x', y + y'))}{\sqrt{\sum_{x', y'} T(x', y')^2 \times \sum_{x', y'} I(x + x', y + y')^2}} \quad (1)$$

де  $I$  – зображення, яке аналізується,  $x, y$  – його координати;  $T$  – шаблон;  $R$  – результат;  $x' = 0 \dots w-1, y' = 0 \dots h-1$ , де  $w$  та  $h$  – ширина та довжина шаблону відповідно.

На рис.2. зображена структурна схема системи:

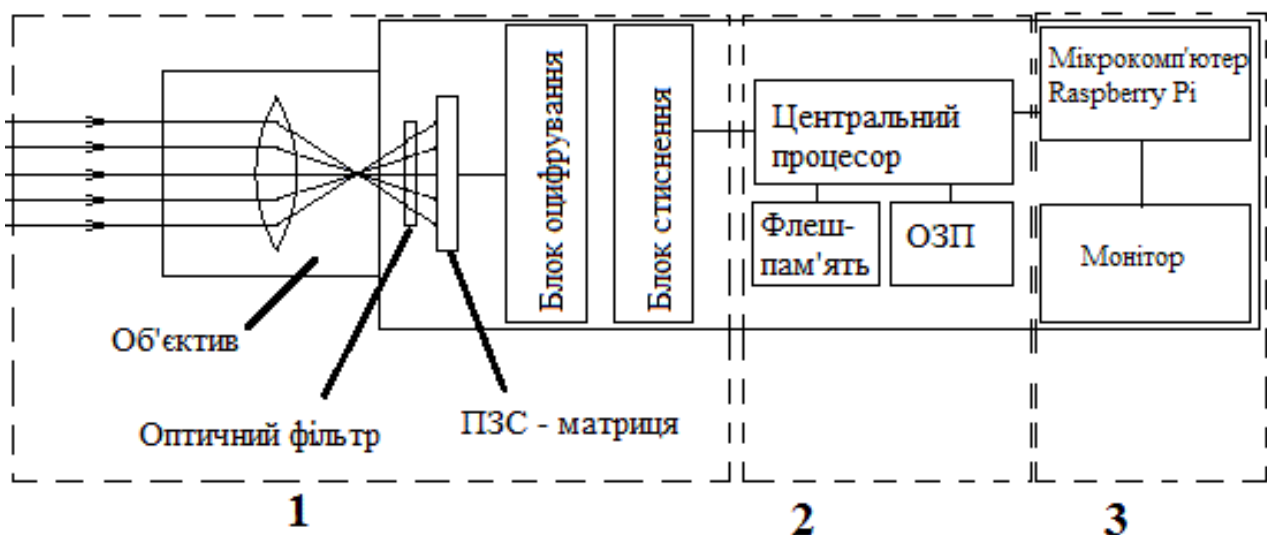


Рис.2. Структурна схема СТЗ

Апаратно система складається з трьох блоків: блоку отримання та попереднього оброблення (оцифрування та стиснення) зображення (1); блоку запам'ятовування та аналізу (2); блоку управління (3).

При створенні даної СТЗ було враховано умови виявлення і розпізнавання елемента або групи

елементів плати з урахуванням їх розмірів, контрасту та освітлення [2].

Важливою частиною системи є програмне забезпечення. Програмні засоби принципово відрізняються від апаратних здатністю швидкої перебудови алгоритму їх функціонування аж до повної зміни операцій, що виконуються [1].

Принцип роботи програмного забезпечення разом з покроковим поясненням наведено нижче:

- Завантажуємо необхідні бібліотеки

```
import cv2
import numpy as np
```

- Завантажуємо зображення пошкодженої плати

```
img_rgb =
cv2.imread('incor.jpg')
```

- Перетворюємо його в чорнобілий формат

```
img_gray =
cv2.cvtColor(img_rgb,
cv2.COLOR_BGR2GRAY)
```

- Завантажуємо шаблон

```
template =
cv2.imread('Resistor_out.jpg',
0)
```

- Зберігаємо розміри шаблону

```
w, h = template.shape[::-1]
```

- Проводимо порівняння

```
res =
cv2.matchTemplate(img_gray
, template,
cv2.TM_CCOEFF_NORME
D)
```

- Задаємо точність обчислення (від 0 до 1)

```
threshold = 0.7
```

- Зберігаємо координати частин зображення, які еквівалентні із шаблоном із заданою точністю

```
loc = np.where(res >=
threshold)
```

- Малюємо прямокутник навколо еквівалентних частин зображення

```
for pt in zip(*loc[::-1]):
cv2.rectangle(img_rgb, pt,
(pt[0] + w, pt[1] + h), (0, 255,
255), 2)
```

- Виводимо на екран результати співпадінь

```
cv2.imshow('Detected',img_r
gb)
cv2.waitKey(0)
```

Експеримент проводився на ПК з частотою процесора 2,16 ГГц. Вхідними даними були 4 шаблони робочої плати, а також зображення пошкодженої плати. Час обробки зображення, який залежить від кількості циклів програми, для випадку  $n = 4$  склав 8...10 сек. Враховуючи що процесор запропонованої системи працює на частоті 1,2 ГГц, можна стверджувати, що час роботи системи при еквівалентних до експериментальних умов підвищиться приблизно в 2 рази.

На рис.3(а,б,в,г,д,е) показано результати перевірки роботи СТЗ експериментальним шляхом.



а)



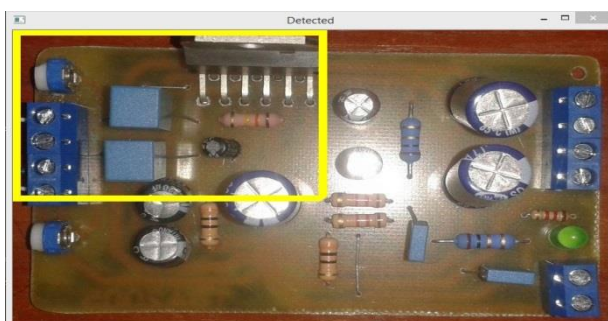
б)



в)



г)



д)



е)

Рис.3. Результати експерименту: а)робоча плата, б) перший шаблон , в) другий шаблон, що містить елемент, який від'єднався від плати, г)

пошкоджена плата, д,е) результат роботи програми .

Як показано на рис.3 система ідентифікувала і виявила перший шаблон з точністю 70%, а другий ,що містить елемент відсутній у пошкодженій платі з точністю 20%. Слід зазначити, що дана система не усуває дефектів самостійно. Отримані дані обробляються оператором на лінії.

Крім аналізу на наявність тих чи інших елементів система також може вказувати на:

- пошкодження металевих доріжок;
- некоректне прикріплення компонентів;
- зміну кольору деталей тощо.

Основні параметри системи, які залежать від характеристик об'єктиву камери та мікропроцесора наведені в табл.1. Дані отримано з офіційних джерел виробників компонентів [3] [4].

Табл.1.Параметри системи

Роздільна здатність, мегапікселі	5
Розмір пікселів, мкм	1,4 x 1,4
Роздільна здатність об'єктиву, пікселі	2592 x 1944
Відношення сигнал/шум, дБ	36
Динамічний діапазон, дБ	67

Чутливість, мВ/люкс*с	680
Фокальна довжина, мм	3,6
Темновий струм , мВ/с	16
Кут огляду(по горизонталі), градус	53,5
Кут огляду(по вертикалі), градус	41,4

### Висновок

Запропонований метод знаходження фізичних помилок, які з'являються в процесі експлуатації електронних плат, які з'являються внаслідок механічних, електричних чи теплових пошкоджень. Принцип роботи полягає в порівнянні шаблонів робочих плат з неробочою. Система може виявляти дефекти, але не усувати їх. Оптимальним є застосування даної системи при виготовленні середніх або великих інтегральних схем (до 10 000 компонентів на кристалі).

Використання системи для надвеликих інтегральних схем неможливе через фізичні обмеження роздільної здатності приймача зображення.

### Література

1. Г.Д. Дорощенко. Системи телебачення та технічного зору: навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2015. – 209 с.
2. Г.Н. Грязин. Системы прикладного телевидения: Учеб. пособие для вузов. – СПб.: Политехника, 2000. – 277 с.
3. CameraModule. Режим доступу: <https://www.raspberrypi.org/documentation/hardware/camera/>.
4. Raspberry Pi 3 Model B. Режим доступу: <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b/>.