

УДК 620.179.13:535.64]:004.93

ЗАСТОСУВАННЯ КОЛОРИМЕТРИЧНОГО МЕТОДУ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ В ПРОМИСЛОВОСТІ

Оніщук Д. А.

e-mail: denys.onishchuk@nure.ua, yurii.khoroshailo@nure.ua

Науковий керівник – к.т.н., доцент Хорошайло Ю. Є.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. МЕЕПП
м. Харків, Україна

Abstract. The paper presents the development and experimental evaluation of a digital color sensor for non-destructive industrial testing. The sensor is based on silicon photodiodes with RGB optical filters and a polarization filter to reduce surface reflection errors. Experimental results demonstrate measurement accuracy within 1% and response time under 10 ms, confirming the applicability of the proposed solution in industrial quality control and automated optical systems.

Цифрові системи вимірювання кольору відіграють важливу роль у сучасних технологічних процесах, зокрема в автоматизованому виробництві, контролі якості продукції, медицині та оптичних системах. Точне визначення кольору є необхідним для забезпечення стабільності виробничих процесів та відповідності продукції встановленим стандартам [1-3].

Метою даної роботи є розробка та дослідження цифрового датчика кольору для підвищення точності неруйнівного контролю в промислових умовах.

Основою цифрового датчика кольору є фоточутливі елементи, здатні перетворювати світловий потік у електричний сигнал. У запропонованій конструкції використовуються кремнієві фотодіоди, які працюють у режимі фотогенерації. Струм фотодіода пропорційний інтенсивності падаючого світла, що дозволяє здійснювати швидкі та точні вимірювання спектральних компонентів [5].

Для розділення світлового потоку використовуються три оптичні фільтри – червоний, зелений та синій. Кожен канал спрямовується на окремий фотодіод, що забезпечує вимірювання інтенсивності відповідної спектральної складової. Сигнали з фотодіодів підсилюються нормалізуючими підсилювачами, після чого подаються на аналого-цифрові перетворювачі [3].

Важливою складовою системи є поляризаційний фільтр, який встановлюється перед кольоровими фільтрами. Його використання дозволяє зменшити вплив відбитого світла від поверхні об'єктів, особливо глянце-вих. Це суттєво знижує похибку вимірювань і підвищує стабільність роботи сенсора в різних умовах освітлення [2-4].

Після оцифрування сигналів виконується цифрова обробка даних. Значення інтенсивностей R, G і B перетворюються у координати кольоро-

вого простору CIE XYZ за допомогою калібрувальних коефіцієнтів [5].

$$X = kXR \cdot R + kXG \cdot G + kXB \cdot B$$

$$Y = kYR \cdot R + kYG \cdot G + kYB \cdot B$$

$$Z = kZR \cdot R + kZG \cdot G + kZB \cdot B$$

Отримані координати використовуються для обчислення хроматичних координат.

$$x = X / (X + Y + Z)$$

$$y = Y / (X + Y + Z)$$

Експериментальна перевірка роботи датчика проводилася з використанням стандартних кольорових зразків при освітленні з колірною температурою 5600 К. Досліджувалися матові, глянцеві та нейтральні поверхні. Результати показали, що використання поляризаційного фільтра дозволяє зменшити похибку вимірювання приблизно на 12 %. Загальна похибка вимірювання не перевищує 1 %, а час реакції системи становить менше 10 мс [4].

Висновки

1. Розроблено цифровий датчик кольору на основі кремнієвих фотодіодів з RGB фільтрами та поляризаційним фільтром для неруйнівного контролю, що забезпечує перетворення сигналів у координати кольорового простору CIE XYZ та обчислення хроматичних координат.

2. Експериментально підтверджено, що застосування поляризаційного фільтра зменшує похибку вимірювання на 12% та забезпечує стабільність вимірювань для матових, глянцевих і нейтральних поверхонь при освітленні з колірною температурою 5600 К.

3. Загальна похибка вимірювання розробленого датчика не перевищує 1%, а час реакції системи становить менше 10 мс, що відповідає вимогам промислових систем автоматизованого оптичного контролю якості.

Список використаних джерел

1. Zhang Y., Tang C., Song Y., Wang L., Yu J., Zhou B. Experimental investigation of optical color sensor for BIPV systems. *Solar Energy*. 2023. Vol. 266. P. 758–767.

2. Niu Q., Fan X., Yang B. Miniature reflective color sensor based on optimized photonic crystal structures. *Optik – International Journal for Light and Electron Optics*. 2020. Vol. 203. Article 163978.

3. Li Y., Wei J., Wu X., Zhang Z., He J. Multi-channel color measurement system using photoresistors and neural network calibration. *Sensors and Actuators A: Physical*. 2023. Vol. 356. Article 114365.

4. Крицький Д. М., Оніщук Д. А., Валуженич О. О. (2025). Система на основі RGB-датчика для виявлення камуфляжу у військовому середовищі. *Автоматизовані системи управління та прилади автоматики*, 1(186), 83–94.

5. Хорошайло Ю.Є., Сезонова І.К., Ефіменко С.А., Серeda А.Ю. Електронна колометрія. Харків. 2022. С. 119-136.