

and production journal «Metrology and instruments», Kharkiv, KNURE, 2019, №6, С. 35-39. URL: https://nure.ua/wp-content/uploads/2019/Scinetific_editions/mp-6-2019.pdf

5. Серіков Я. О. Вплив пульсації світлового потоку на безпеку життєдіяльності людини в системі «людина – виробниче середовище» / Міжнар. наук.-практ. конф. «Інноваційні технології в світлотехніці та електроенергетиці». Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2024. С. 94-97. [Електронний ресурс]. Режим доступу:

https://science.kname.edu.ua/images/dok/konferentsii/2024/Tezy_2024/Materiali_konferencii_ITvStaE_2024.pdf

6. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885

7. EN 12 464-1 Європейські норми. Освітлення робочих місць. Частина 1. Робочі місця всередині приміщень.

8. Industrial Lighting and Productivity / Матеріали конф. «Licht 2012», Австрія.

УДК 681.7

ЗАСТОСУВАННЯ НАПІВПРОВІДНИКОВИХ СВІТЛОЧУТЛИВИХ МАТРИЦЬ ДЛЯ СПЕКТРАЛЬНИХ ВИМІРЮВАНЬ

Татьянко Дмитро Миколайович,

кандидат фізико-математичних наук, заступник завідувача відділу

Лукін Костянтин Олександрович,

доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач відділу

Шиян Юлія Андріївна,

молодший науковий співробітник

Земляний Олег Васильович,

кандидат фізико-математичних наук, старший науковий співробітник

Інститут радіофізики та електроніки ім. О. Я. Усикова НАН України

E-mail: tatyanko@ukr.net

Технології створення напівпровідникових світлочутливих (фотодіодних) матриць, що застосовуються в компактних відео системах таких, як аналогові та цифрові відео камери, веб-камери, камери смартфонів та т. і. постійно вдосконалюються [1]. Сучасні фотодіодні матриці мають розподільчу здатність понад 200 мегапікселів, високу світлочутливість та мають відносно невелику ціну. Такі якості дозволяють використовувати ці матриці в приладах для застосунків вимірювання спектру оптичного випромінювання (спектроаналізatori тощо).

Недоліком фотодіодних матриць, що використовуються в відеокамерах, порівняно зі спеціалізованими фотодіодними лініями (linear image sensors) в спектроаналізаторах є набагато менший розмір пікселя: $1,4 \times 1,4 \text{ }\mu\text{m}$ – $2,9 \times 2,9 \text{ }\mu\text{m}$ (в деяких більш вартісних матрицях, розмір пікселя досягає $4,63 \times 4,63 \text{ }\mu\text{m}$). Тоді як спеціалізовані фотодіодні лінії для спектральних вимірювальних приладів мають розмір пікселя, наприклад, $14 \times 200 \text{ }\mu\text{m}$.

Цей недолік пропонується компенсувати тим, що спеціалізовані матриці є одномірними, тобто на одну спектральну складову випромінювання приходить один піксель матриці, в той час, коли в двовірній матриці на один крок частоти можна використовувати цілий рядок (стовпчик) пікселів.

Побудова оптичних спектроаналізаторів оснований на використанні дифракційної ґратки, яка розкладає оптичне випромінювання на спектральні складові, що спрямовуються на фотодіодну лінію [2]. При цьому штрихи дифракційної ґратки розташовані перпендикулярно розміщенню рядка фотодіодів фотодіодної лінії. Таким чином,

спектральні складові, що просторово розділені перпендикулярно штрихам дифракційної ґратки, потрапляють на лінійку фотодіодів так, що окремі спектральні складові потрапляють на окремі фотодіоди (пікселі) лінійки. В результаті на виході такої лінійки формується набір сигналів з фотодіодів, що відповідають спектральним складовим випромінювання.

Напівпровідникові світлочутливі (фотодіодні) матриці, які використовуються, наприклад, для відеокамер, мають двовимірну структуру фотодіодів. Якщо розташувати таку матрицю відносно дифракційної ґратки так, щоб, наприклад, рядки фотодіодів матриці були перпендикулярні штрихам ґратки, а стовбці фотодіодів матриці розташовувались просторово вздовж штрихів ґратки, то спектральні складові випромінювання, після розкладання ґраткою, будуть розподілені вздовж рядків фотодіодів матриці, а вздовж стовбців фотодіодів матриці буде фіксуватись інтенсивність випромінювання від кожної окремої спектральної складової.

Таким чином площа світлочутливої поверхні, що припадає на окрему спектральну складову випромінювання помножується на кількість фотодіодів (пікселів) в стовбці такої матриці. В результаті, наприклад, для фотодіодної матриці Sony IMX290 [3] з розмірами 1920×1080 пікселів та при розмірі пікселя $2,9 \times 2,9 \text{ }\mu\text{m}$, розмір світлочутливої поверхні, що приходить на одну спектральну складову буде дорівнювати $2,9 \times 3132 \text{ }\mu\text{m}$ (при 1080 стовбців), з відповідною площею $9082,8 \text{ }\mu\text{m}^2$.

Для порівняння наведемо приклад фотодіодної лінійки Hamamatsu S11639 [4] з кількістю пікселів 1×2048 та розмірами пікселя $14 \times 200 \text{ }\mu\text{m}$. Площа такого пікселя складає $2800 \text{ }\mu\text{m}^2$.

Таким чином, при приблизно однаковій кількості фотодіодів (пікселів) в рядку, що реєструє спектральні складові (1920 для Sony IMX290 та 2048 для Hamamatsu S11639), у матриці Sony IMX290 площа поверхні сегменту, що приходить на одну спектральну складову, більш, ніж в тричі перевищує площу такого сегменту в лінійці Hamamatsu S11639. Це покращує характеристики системи для вимірювання спектру на основі такої матриці, зокрема квантову ефективність. При цьому ціна фотодіодної матриці Sony IMX290 приблизно в 10 разів менша за ціну фотодіодної лінійки Hamamatsu S11639.

Автори пропонують застосовувати напівпровідникові світлочутливі матриці для спектральних вимірювань, зокрема для визначення характеристик світлодіодів, а також для розробки оптичних спектрометрів та оптоволоконних рефлектометрів, що базуються на спектральній інтерферометрії і потребують спектрального аналізу для вимірювань довжини оптичного волокна.

Список використаних джерел

1. Kuroda T. Essential Principles of Image Sensors. – 1st ed. – Boca Raton: CRC Press, 2015. – 192 с. – DOI: <https://doi.org/10.1201/b17411>.
2. Keysight Technologies. Optical Spectrum Analysis Basics [Електронний ресурс]. – Keysight Technologies, 2015. – 12 с. – Режим доступу: <https://keysight.zinfi.net/concierge/OEMs/keysight/wwwcontent/resource/showcaseen/applicationnotes/RotatingBanner/pdf/5963-7145.pdf>.
3. Sony Semiconductor Solutions Corporation. Sony's CMOS Image Sensor for Automotive: IMX290NQV: [Електронний ресурс]. – Sony, 2015. – 2 с. – Режим доступу: https://www.sony-semicon.com/files/62/pdf/p-15_IMX290.pdf.
4. Hamamatsu Photonics K.K. CMOS Linear Image Sensor: S11639-01 [Електронний ресурс]. – Hamamatsu Photonics, 2015. – 8 с. – Режим доступу: https://www.hamamatsu.com/content/dam/hamamatsu-photonics/sites/documents/99_SALES_LIBRARY/ssd/s11639-01_kmpd1163e.pdf.