

Секція: ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА СВІЛОТЕХНІКА, ЕЛЕКТРОНІКА
Керівники: проф. В. Андрійчук, проф. П. Євтух, проф. М. Тарасенко,
проф. А. Лупенко
Вчений секретар: доц. В. Коваль

УДК 535.243.3

В. Андрійчук, докт. техн. наук, проф., Л. Костик, канд. техн. наук, Я. Осадца, канд. техн. наук

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ФОТОЦИФРОВОЇ РЕЄСТРУЮЧОЇ СИСТЕМИ СПЕКТРОГРАФА ИСП-51

V. Andriychuk, L. Kostyk, Y. Osadtsa

MATHEMATICAL MODEL OF PHOTO-DIGITAL SYSTEM OF REGISTERING FOR SPECTROGRAPH ИСП-51

Задача розробки інформаційно-вимірювальних систем з використанням сучасних комп'ютерних технологій пов'язана із широким впровадженням у світлотехнічну галузь нових технологій та підходів до енергозбереження, а також появою широкого асортименту енергозберігаючих джерел випромінювання. Одним із методів вирішення такої задачі є застосування багатоеlementних давачів оптичного сигналу та пристроїв на їх основі. Перевагами таких вимірювальних приладів є оперативність та можливість отримання великої кількості даних одночасно, а також можливість збереження та відтворення інформації.

Тому метою даної роботи було створення математичної моделі системи „спектрограф – фотокамера”. Використання даної моделі дозволило б визначити спектральний розподіл джерел світла по цифрових зображеннях, отриманих цифровою фотокамерою.

В даній моделі спектр джерела світла проектувався на дифузно-пропускаючий екран, розташований у фокальній площині вихідного об'єктива оптичної системи спектрографа. Фотокамера з матричним перетворювачем і фокусною відстанню об'єктива f та площею вхідного отвору $\Delta A_{e.o.}$ розташована таким чином, що її оптична вісь є перпендикулярною до поверхні екрану (рис.1).

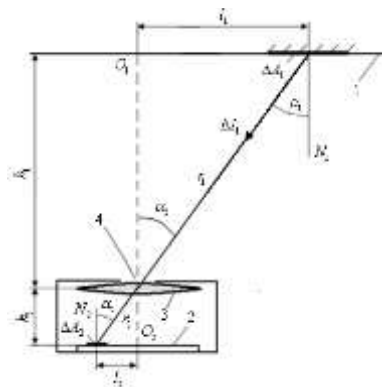


Рис. 1. Графічне представлення системи: поверхня екрану – фотокамера:
1 – поверхня екрану; 2 – матричний фотоперетворювач; 3 – оптична система фотокамери;
4 – вхідний отвір.

Координата x положення спектральної лінії на зображенні спектру є аргументом рекурсивної функції, з допомогою якої визначали довжину хвилі λ цієї спектральної лінії. Дана функція має вигляд:

$$\lambda(x) = \begin{cases} \lambda_1, & (x = x_1); \\ (x_i - x_{i-1}) \cdot D(\lambda_{i-1}) + \lambda_{i-1}, & \end{cases} \quad (1)$$

де x_1 – координата положення спектральної лінії з довжиною хвилі λ_1 . Значення x_1 для спектральної лінії з довжиною хвилі λ_1 отримано експериментально; $D(\lambda)$ – функція оберненої лінійної дисперсії спектрографа.

На рис. 2 показано залежність $\lambda(x)$ для вимірювальної системи на основі спектрографа ИСП-51 з камерою УФ-89. В якості фотореєструючого пристрою було використано фотокамеру з фокусною відстанню $f = 8$ мм та розмірами світлочутливого сенсора $7,2 \times 5,3$ (1/1,8). Також для даних значень фокусної відстані та розмірів сенсора було проведено розрахунок максимальної відстані об'єктиву фотокамери до поверхні екрану при різних значеннях числа фоточутливих елементів. Залежності максимальної відстані між об'єктивом та екраном, при якій дві спектральні лінії з різницею довжин хвиль $\Delta\lambda = 10 \text{ \AA}$ будуть чітко розрізнятися приведені на рис. 3.

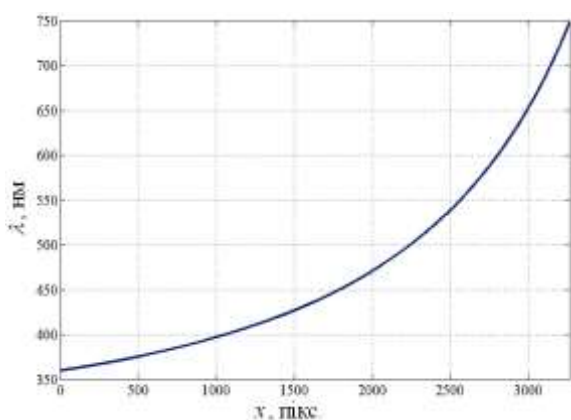


Рис. 2. Залежність довжини хвилі від положення елемента зображення спектру

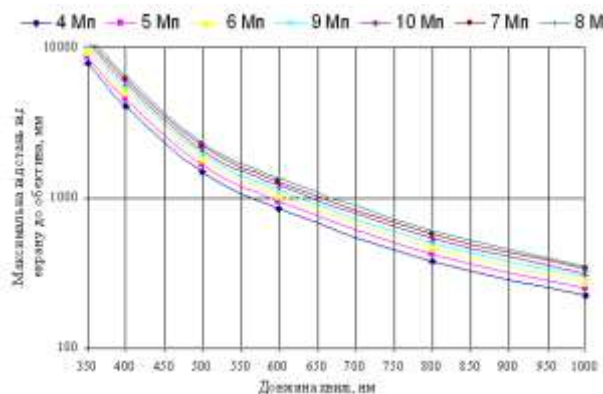


Рис. 3. Залежність максимальної відстані між об'єктивом фотокамери та поверхнею екрану від довжини хвилі

Енергетичний потік спектральної лінії з довжиною хвилі λ можна визначити за формулою

$$\Delta\Phi_e(\lambda) = \frac{\pi \cdot \Delta A_2 \cdot h_1^2}{683 \cdot \tau \cdot \Delta A_{e.o.} \cdot K^{0.5/0.4}} \cdot \frac{Q^{1/0.4}}{\cos^4 \alpha \cdot s^{1/0.4}(\lambda) \cdot \tau_0(\lambda) \cdot V(\lambda) \cdot D(\lambda)}, \quad (2)$$

де ΔA_2 – площа елемента зображення спектральної лінії з довжиною хвилі λ ; τ – коефіцієнт пропускання оптичної системи фотокамери; $\Delta A_{e.o.}$ – площа вхідного отвору об'єктива фотокамери; K – коефіцієнт пропорційності; Q – рівень сигналу зображення на виході фотокамери; $\alpha = \alpha_1 = \alpha_2$; $s(\lambda)$ – спектральна чутливість матричного перетворювача фотокамери; $\tau_0(\lambda)$ – спектральний коефіцієнт пропускання дифузно-пропускаючого екрану; $V(\lambda)$ – функція відносної спектральної ефективності.

Використовуючи дану модель було проведено вимірювання спектрального розподілу газорозрядних та напівпровідникових джерел світла. Для обробки цифрових зображень спектру було використано пакет MATLAB із спеціально розробленою програмою для розрахунку довжини хвилі та спектральної інтенсивності випромінювання у відносних одиницях.