

В. Д. НАЗАРОВ

## ЕЛЕКТРИЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ЕКСПОНУВАННЯ

Ефективна енергетична експозиція визначається як інтеграл ефективного опромінення по часу дії випромінювання на технологічний приймач (копіювальний шар) (КШ) або фотополімеризуючий матеріал (ФПМ).

$$H_R = \int_0^t \int_0^{\infty} E_R(\lambda, t) \tau_0(\lambda) S'(\lambda) d\lambda dt, \quad (1)$$

де  $E_R(\lambda, t)$  — спектральна щільність опромінення на поверхні приймача,  $\tau_0(\lambda)$  — спектральний розподіл коефіцієнта пропускання технологічних «послаблювачів» (фотоформ, полімерних плівок, скла копіювальної рами),  $S'(\lambda)$  — відносна спектральна чутливість матеріалу, що експонується [2].

Для контролю і відпрацювання ефективної енергетичної експозиції необхідно створити електронний пристрій. Розглянемо характерні властивості, які він повинен мати, щоб його реакція на дію потоку опромінення була адекватною дії випромінювання на технологічний приймач (КШ, ФПМ).

Дія опромінення на поверхню фотоелектронного перетворювача (ФЕП) електронного пристрою викликає фотострум  $I_\Phi$ , що визначається за формулою (2) за умови, що ФЕП підпорядковується правилу фотоелектричної адитивності [1]:

$$I_\Phi = k_1 \int_0^{\infty} E_R^{\Pi}(\lambda) \varphi'(\lambda) \tau_\Phi(\lambda) d\lambda, \quad (2)$$

де  $E_R^{\Pi}(\lambda)$  — спектральна щільність опромінення на поверхні ФЕП,  $\varphi'(\lambda)$  — відносна спектральна чутливість ФЕП,  $\tau_\Phi(\lambda)$  — спектральний розподіл коефіцієнта пропускання фільтра, що екранує ФЕП,  $k_1$  — коефіцієнт пропорційності.

Величина ефективної енергетичної експозиції ФЕП —  $H_R^{\Pi}$  зв'язана з величиною фотоструму такою залежністю:

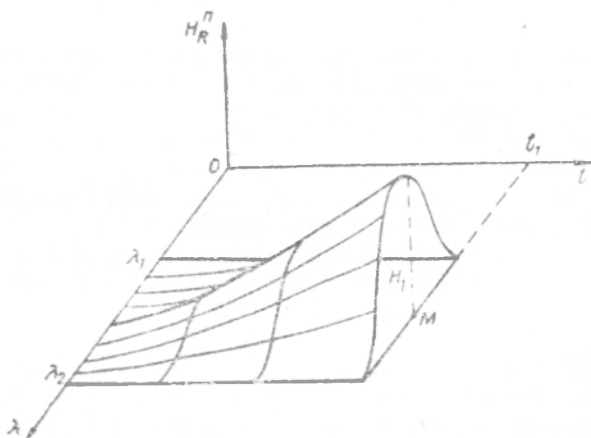
$$H_R^{\Pi} = k_2 \int_0^t I_\Phi(t) dt, \quad (3)$$

де  $k_2$  — коефіцієнт пропорційності.

Щоб реакція електронного пристрою відповідала істинному значенню ефективної енергетичної експозиції технологічного приймача  $H_R$ , необхідно виконати умову  $\ddot{H}_R = \ddot{H}_R^{\Pi}$  або

$$\int_0^t \int_0^{\infty} E_R(\lambda, t) \tau_0(\lambda) S'(\lambda) d\lambda dt = k_1 k_2 \int_0^t \int_0^{\infty} E_R^{\Pi}(\lambda, t) \varphi'(\lambda) \tau_{\Phi}(\lambda) d\lambda dt. \quad (4)$$

З виразу (4) випливає, що при  $E_R = E_R^{\Pi}$  (наприклад, у випадку, коли ФЕП розташований в одній площині з ФПМ) і прийнявши  $k_1 k_2 = 1$  для  $\ddot{H}_R = \ddot{H}_R^{\Pi}$ , необхідно виконати умову:



1. Геометрична інтерпретація енергетичної експозиції.

$$\tau_0(\lambda) S'(\lambda) = \varphi'(\lambda) \tau_{\Phi}(\lambda). \quad (5)$$

З виразу (5) можна визначити спектральний розподіл коефіцієнта пропускання фільтра, що екранує ФЕП по формулі

$$\tau_{\Phi}(\lambda) = \frac{\tau_0(\lambda) S'(\lambda)}{\varphi'(\lambda)}. \quad (6)$$

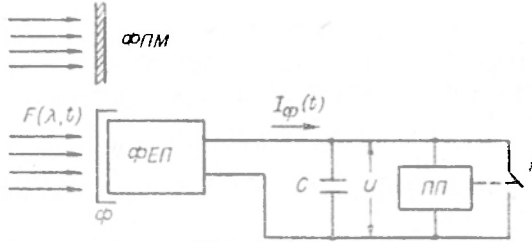
Реакція електронного пристрою, ФЕП якого екранований згаданим фільтром, буде відповідати  $H_R$  тільки у випадку використання конкретного КШ і ФПМ з певним розподілом  $S'(\lambda)$ , або різних матеріалів з подібними характеристиками. Враховуючи це, конкретизуємо межі інтегрування і запишемо вираз (2) у такому вигляді:

$$I_{\Phi} = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} I_{\Phi}(\lambda) d\lambda, \quad (7)$$

тебто інтегрування по  $\lambda$  здійснюється за допомогою ФЕП, а  $I_{\Phi}$  відображає значення ефективного опромінення  $E_R$ , причому  $\lambda_1 \div \lambda_2$  — діапазон довжин хвиль опромінення, де

$$I_{\Phi}(\lambda) = k_1 E_R^{\Pi}(\lambda) \Psi'(\lambda) \tau_{\Phi}(\lambda) \neq 0.$$

З врахуванням (7) вираз (3) можна представити у такому вигляді:



2. Схема формувача однієї дози:

$F(\lambda, t)$  — потік випромінювання; ФПМ — фотополімеризуючий матеріал; ФП — оптичний фільтр; ФЕП — фотоелектронний перетворювач;  $I_{\Phi}(t)$  — вихідний струм ФЕП;  $C$  — інтегруюча ємність;  $U$  — напруга на інтегруючій ємності; ПП — пороговий пристрій; К — ключ розряду ємності.

$$H_R^{\Pi} = k_2 \int_0^t \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} I_{\Phi}(\lambda, t) d\lambda dt. \quad (8)$$

Розглянемо геометричне тлумачення подвійного інтегралу (8). Оскільки функція  $I_{\Phi}(\lambda, t)$  приймає в області  $M$  тільки додатні

значення, то подвійний інтеграл  $\int_0^t \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} I_{\Phi}(\lambda, t) d\lambda dt$  чисельно дорівнює об'єму вертикального тіла, що стоїть на основі  $M$  і обмежений зверху площиною  $H_R^{\Pi} = f(\lambda, t)$  (рис. 1).

Виходячи з (8), для отримання значень пропорційних  $H_R^{\Pi}$  необхідно врахувати значення подвійного інтегралу як функцію меж при залежній від флуктуацій, неявно заданій функції  $I_{\Phi}(\lambda, t)$ . При неявно заданій функції  $I_{\Phi}(\lambda, t)$  рішення виразу (8) традиційними методами неможливе. Однак поставлену задачу можна розв'язати шляхом визначення часу — верхньої

межі інтегрування  $t_1$ , при якому значення  $H_R^{\Pi}$  досягає завчасу вибраної, постійної величини експозиції  $H_1$

$$H_R^{\Pi} = H_1 = \text{const.} \quad (9)$$

Поставлена мета досягається шляхом використання формулача одиничної дози (ФОД).

Якщо електричний струм ФЕП направити в конденсатор, то напруга на ємності буде визначатись за формулою

$$U = \frac{1}{C} \int_0^t I_{\Phi}(t) dt. \quad (10)$$

Порівнявши вирази (3) і (10) і враховуючи, що електричний струм на виході ФЕП вже проінтегровано по  $d\lambda$ , побачимо, що напруга на ємності за час  $t_1$  буде пропорційна експозиції

$$H_R^{\Pi} = k_1 UC. \quad (11)$$

Виходячи з поставленої задачі, ФОД повинен задовільнити таким вимогам:

1. Мати накопичувач електричних зарядів у вигляді електричної ємності  $C$ .

2. Мати пороговий пристрій, що фіксує встановлений рівень напруги  $U$ , до якої буде заряджатись інтегруюча ємність.

3. Відзначити момент часу  $t_1$ , при якому напруга на ємності досягає значення  $U$ .

4. Для початку наступного циклу відпрацювання одиничної дози потрібен пристрій  $K$ , який протягом часу  $t_2 \ll t_1$  розряджає ємність  $C$  до нульового рівня  $U=0$ .

Еквівалентна схема ФОД зображена на рис. 2.

З виразів (9) і (11) випливає, що

$$H_1 = k_2 UC = \text{const.} \quad (12)$$

Отже, при калібровці ФОД регулювати експозицію, що припадає на одну дозу, можна, змінюючи всі три множники в (12). Однак на практиці частіше всього використовують зміну коефіцієнта  $k_2$  для плавного регулювання за допомогою діафрагми і підбір величини ємності  $C$  для ступінчатої грубої підстройки, а  $U$  визначається схемою порогового пристрою.

Розглянута електрична модель процесу експонування КШ і ФПМ дозволяє дискретно з вибраним кроком задавати і відпрацьовувати ефективну енергетичну експозицію з урахуванням дестабілізуючих факторів, що притаманні джерелам УФ-випромінення. Це вказує на можливість використання цифрової і мікропроцесорної техніки для створення функціональних при-

строїв, що враховували б і інші дестабілізуючі фактори, особливості КШ і ФПМ, технологічних процесів.

1. Борбат А. М. и др. Оптические измерения. К., 1967. 2. Шур В., Гладкович М. О методике оценки технологических характеристик ФПФ // Полиграфия. 1985. № 10.

Стаття надійшла до редколегії 29.06.99

---