

# Оценка на влиянието на координатната неравномерност на чувствителността при оптични детектори

А.А. Дангаров, И.М. Бакалски

Технически Университет-Филиал Пловдив

Оптомелектронното преобразуване се осъществява на основата на взаимодействието на фотонния поток с частиците на чувствителното вещество, което означава, че в общия случай процесът на преобразуване протича в тримерна структура. В зависимост от характера на оптичния сигнал, вида на оптичния приемник /ОП/ и целите на оптомелектронното преобразуване се приема съответен опростен модел на чувствителния елемент на ОП.

Известни са различни варианти, при които чрез съответни методи и ОП се извлича двукоординатна или еднокординатна информация. При извличане на координатна информация пространствената структура на ОП играе съществена роля. Не винаги обаче неизвличането на координатна информация означава, че можем да се абстрахираме от пространствения характер на процеса на оптомелектронно преобразуване.

Ще анализираме как се отразява неравномерността на чувствителността по приемната площадка  $A_T$  на ОП върху ефективността на преобразуване. Ако повърхнинната спектрална плътност на падащия върху ОП оптичен поток е  $E(x, y, t, \lambda)$ , то за резултатния фототок можем да запишем:

$$I_p(t) = \iint_{A_T} \left[ \int_{\Delta\lambda} S_\lambda(x, y, \lambda) E_\lambda(x, y, t, \lambda) d\lambda \right] dx dy$$

където  $S_\lambda(x, y, \lambda)$  разпределението на монохроматичната чувствителност по протежение на приемната площадка на ОП;  $\Delta\lambda$  - работната спектрална област на ОП. Влиянието на спектралното разпределение може да се оцени на основата на израза в средни скоби както следва:

$$\int S_\lambda(x, y, \lambda) E_\lambda(x, y, t, \lambda) d\lambda = S_{\lambda m}(x, y) \int S_r(\lambda) E_\lambda(x, y, t, \lambda) d\lambda$$

където  $S_{\lambda_m}(x,y)$  - максимална монохроматична чувствителност;  $S_r(\lambda)$  - относителна спектрална чувствителност. Ако оптичният сигнал е със спектър  $\Delta\lambda_s$  и  $E(x,y,t) = \int_{\Delta\lambda_s} E_\lambda(x,y,t,\lambda) d\lambda$ , то за горния израз, приемайки че спектралните свойства са координатно независими, можем да запишем:

$$S_{\lambda_m}(x,y) \int S_r(\lambda) E_\lambda(x,y,t,\lambda) d\lambda = S_{\lambda_m}(x,y) \kappa E(x,y,t)$$

където

$$\kappa = \frac{\int S_r(\lambda) E_\lambda(x,y,t,\lambda) d\lambda}{\int E_\lambda(x,y,t,\lambda) d\lambda}$$

има смисъл на спектрален коефициент на полезно действие и доказва, както е известно, степента на оползотворяване на оптичния сигнал в зависимост от спектралното съгласуване на ОП със сигнала.

Ако оптичният сигнал е монохроматичен, то:

$$S_{\lambda_m}(x,y) \int S_r(\lambda) E_\lambda(x,y,t,\lambda) d\lambda = S_{\lambda_m}(x,y) \kappa_\lambda E(x,y,t)$$

където  $\kappa_\lambda$  - корекционен коефициент, зависещ от степента на отместване на спектралната линия на монохроматичния оптичен сигнал спрямо спектралната координата на  $S_{\lambda_m}$ .

За оценка на координатната неравномерност на чувствителността ще елиминираме координатната зависимост  $E(x,y)$ , като приемем равномерна осветеност на цялата чувствителна повърхност, т.е.  $E(x,y,t) = E(t)$  и положим

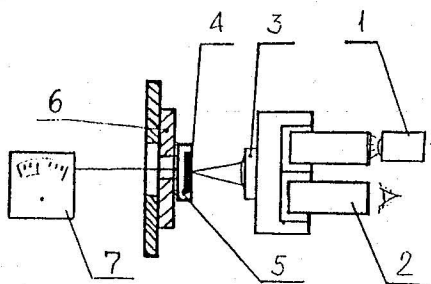
$$S_{\lambda_m}(x,y) \int S_r(\lambda) E_\lambda(x,y,t,\lambda) d\lambda = S(x,y) E(t)$$

където  $S(x,y)$  е редуцираната според спектралното съгласуване чувствителност. При това за фототока можем да запишем:

$$\begin{aligned} I_f(t) &= \iint_{A_r} S(x,y) E(t) dx dy = S_{\max} E(t) \iint_{A_r} \frac{S(x,y)}{S_{\max}} dx dy = \\ &= S_{\max} E(t) A_e = S_{\max} E(t) A_r \frac{A_e}{A_r} = S_{\max} \Phi_r(t) K_{A_e} = S_{A_e} \Phi_r(t) \end{aligned}$$

където  $S_{\max}$  - максимална стойност на  $S(x,y)$ ;  $A_e$  - ефективна фоточувствителна площ;  $K_{A_e}$  - корекционен коефициент, отразяващ неравномерността на чувствителността по протежение на приемната площага;

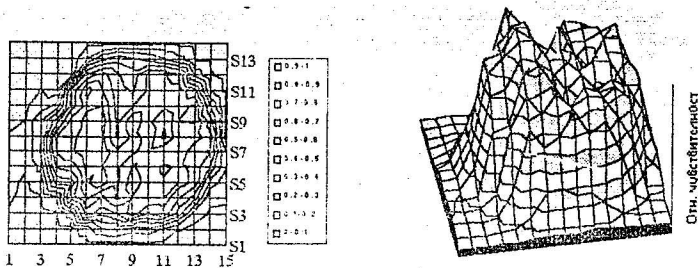
$S_{\Delta e}$  - редуцирана чувствителност на ОП с отчитане влиянието на неравномерността  $S(x,y)$ . В случай, че сигналното оптично петно не обхваща цялата чувствителна повърхност  $A_p$ , то интегрирането ще се изпълни само за облячената площ  $A_{ps}$ , което ще се обуслови от съответните математични операции. В частност ако петното с площ  $A_s$  изцяло се включва в рамките на приемната площиджка като  $A_s < A_p$ , и имаме равномерна осветеност по  $A_s$ , то  $\Phi_p(t) = E(t)A_s$ . В този случай може да се използва  $S_{max}$  ако петното  $A_s$  е достатъчно малко и разположено в зоната с максимална чувствителност /обикновено централната/ или  $S_{\Delta e}$  ако петното обхваща разнородни микрizonaи.



Фиг.1. Схема на експерименталната постановка

Обозначения: 1- източник; 2 -оптична система( микроскоп МБС-9); 3 - обектив; 4 - фоточувствителна площадка на оптичния приемник; 5 - оптичен приемник; 6 - микрометрична масичка; 7 - волтметър.

Определянето на  $A_e$  се основава на познаването на  $S(x,y)$ . В работата е показано експериментално снето координатно разпределение  $S(x,y)$  за широкоплощен свещиен фотодиод, като за целта е използвана установка, фиг.1, позволяваща реализирането на достатъчно малко сигнално оптично петно и необходимото сканиране за определяне реакцията на ОП при локално облячване на микрizonaи от чувствителната повърхност  $A_p$ . Получените резултати са показани на фиг.2.



фиг.2. Резултати от измерване на неравномерността на чувствителността на широкоплатен фотодиод ФД-7К.

Показаният в работата подход може да се използва при прецизни измервания с оптични приемници, а разработената експериментална установка - за точно определяне на някои параметри на ОП, зависещи от площта на приемника. В тези случаи е необходимо да се използва ефективната площ  $A_e$ , а не номиналната геометрична площ  $A$ , например за специфичния прагов поток, специфичната детекторна способност, възраст на зрение и т.н.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Василчевко Н.В. и др. "Измерения параметров приемников оптического излучения", Радио и связь, 1983.
2. Дандаров А.А. "Оптикоелектронни прибори и интегрални схеми", ТУ-София, 1991.
3. Дандаров А.А., Бакалски И.М. "Редуцирана чувствителност на оптични приемници в импулсен режим", Електронна техника ЕТ'93
4. Дандаров А.А., Бакалски И.М. "Ръководство за лаб. упражнения по "Измерване и контрол в оптоелектрониката", ТУ-Пловдив, 1994.