

## **ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ФОТОГРАФІЧНИХ ПРИЙМАЧІВ ОПТИЧНОГО ВИПРОМІНЮ- ВАННЯ З МЕТОЮ ПОВІТРЯНОЇ РОЗВІДКИ**

В.В. Міхалко, О.А. Жевтюк, Б.М. Івашук  
(Харківський університет Повітряних Сил)

*Розглядаються перспективи використання фотографічних приймачів оптичного випромінювання з метою повітряної розвідки, а також основні характеристики аерофотоплівки. Розрахована величина граничного рівня світлочутливості, яка показує, що межа величини світлочутливості для сучасних фотографічних приймачів оптичного випромінювання ще не досягнута.*

***фотографічні приймачі, оптичне випромінювання, повітряна розвідка***

**Постановка проблеми.** Незважаючи на інтенсивний розвиток оптико-електронної техніки і розвиток цифрових аерофотографічних систем, розрізнявальні можливості галогенсрібних фотографічних шарів залишаються для них поки недосяжними. Провідні виробники авіаційних систем розвідки просувають на ринок аналогові багатозональні фотографічні системи поряд з цифровими фотоапаратами [1]. Широке розповсюдження знайшли фотографічні засоби повітряної розвідки при веденні спостережливих польотів у рамках договору «Відкрите небо».

Зазначені фотографічні системи застосовуються в широкому діапазоні освітленостей аероландшафту. Ця обставина вимагає підстроювання параметрів аерофотосистеми під умови зйомки.

На даний час це досягається координованим регулюванням витримки і діафрагми, а також застосуванням дискретного ряду фотоплівки з різною світлочутливістю.

Однак у реальних умовах бойового застосування фотографічних засобів розвідки зазначені засоби регулювання не забезпечують стійкої якості аерознімків. Це відбувається в силу зниження світлочутливості фотоплівки у процесі їх збереження, обмеженої номенклатури плівок за світлочутливістю, малої висоти і високої швидкості руху бойових розвідувальних літальних апаратів під час ведення повітряної розвідки, а також фотографування у сутінках і в нічний час.

Фотографічні засоби ПР також широко використовуються для фотоко-

нтролю результатів бойового застосування. Крім того, для забезпечення ПР у рамках договору «Відкрите небо» необхідно мати стабільний рівень світлочутливості, що часто не забезпечують вітчизняні аерофотоплівки.

**Аналіз літератури.** У [1] показані основні достоїнства фотографічних засобів розвідки, у [2] показані основні сенситометричні і резольвометричні характеристики аерофотоплівок і способи їх обробки, у [3] представлена методика визначення межі величини світлочутливості для фотографічних матеріалів.

**Мета статті** – викладення основних достоїнств використання фотографічних приймачів оптичного випромінювання з метою повітряної розвідки.

**Основний матеріал.** Фотоплівки протягом тривалого часу займають провідне місце серед відомих реєстраторів оптичного зображення, що обумовлено наявністю в них унікальних властивостей.

Розглянувши розріз фотоплівки під мікроскопом, можна перекоонатися, що вона являє собою багатшарову структуру (рис. 1).



Рис. 1. Поперечний розріз фотоплівки:  
1 – захисний шар; 2 – верхній емульсійний шар;  
3 – нижній емульсійний шар; 4 – підшар;  
5 – основа; 6 – противошар

До основних достоїнств фотографічних аерофотоплівок можна віднести велику світлочутливість (5000 од.); чутливість у великому діапазоні довжин хвиль (від 300 до 1300 нм); високу роздільну здатність (500 лін. мм); здатність не міняти якість зображення протягом довгого терміну зберігання.

Як система передачі інформації фотоплівка має високу інформаційну ємність, високу пропускну здатність і необмежену в часі пам'ять.

Так, велике застосування у фотографічних системах повітряної розвідки знайшли галогенід-срібні аерофотоматеріали [1], що ґрунтуються на використанні світлочутливих кристалів галогенідів срібла ( $\text{AgBr}$ ,  $\text{AgCl}$ ,  $\text{Ag}$ ).

На прозору триацетатну або лавсанову основу товщиною 80...150 мкм

наноситься тягучий желатиновий напівшар товщиною близько 1 мкм, а на нього – емульсійний шар товщиною 6...30 мкм, що складається з желатини, в якій у підвішеному стані знаходяться мікрокристали галогеніду срібла AgHal. Типовими за формою мікрокристалами є пластинки у формі трикутників, що розташовуються паралельно до поверхні емульсійного шару внаслідок сил поверхневого натягу емульсії. У шарі нараховується від 20 до 50 рядів мікрокристалів [2].

Діаметр їх коливається від 0,1 до 5 мкм, на 1 см<sup>2</sup> поверхні желатинової плівки розташовуються приблизно 3,5·10<sup>8</sup> мікрокристалів.

Відносний розподіл кристалів за величиною залежить від способу виготовлення емульсії і визначає фотографічні властивості матеріалу [2].

Світлочутливість більшого за розмірами мікрокристала при інших однакових умовах більше, ніж меншого за розмірами.

Контрастність фотоматеріалу залежить від однорідності розподілу емульсійних мікрокристалів за розмірами: чим однорідніше розміри, тим вище контрастність емульсії.

Для досягнення необхідних фотографічних властивостей більшість типів негативних чорно-білих аерофотоматеріалів мають не один, а два емульсійних шари: нижній шар є менш світлочутливим, але з більшою роздільною здатністю, верхній – більш світлочутливим. Зверху на емульсійний шар наноситься захисний шар, який являє собою тонку, близько 1 мкм, плівку добре задубленої желатини або полівінілового спирту і служить для уберігання від можливих механічних ушкоджень емульсійного шару [2].

Знизу на основу наносять противошар, що уберігає фотоплівки і виконує роль протиореольного і протизарядного шару, а також запобігає розрядам статичної електрики, що виникає в результаті руху аерофотоплівки.

Як уже згадувалося [2], фотографічні параметри фотоплівки визначаються фізико-хімічними властивостями світлочутливого шару, він являє собою суміш мікрокристалів галогенідного срібла в желатині.

Завдяки захисним властивостям желатини, що охороняє мікрокристали від злипання, кожен мікрокристал в оптичному і хімічному відношенні веде себе як самостійне утворення.

У процесі виготовлення фотоемульсії вживаються заходи, що забезпечують рівномірний розподіл мікрокристалів у світлочутливому шарі.

Залежно від середнього розміру мікрокристали фотоплівки поділяються на:

- дуже дрібнозернисті;
- дрібнозернисті;

– середньозернисті;

– грубозернисті.

Крім цього, в емульсію вводять різні домішки [2]:

– дубителі, що роблять желатину менш чутливою до температури;

– антисептики – речовини, що не допускають розмноження бактерій;

– сенсibilізатори – барвники, що розширюють зону спектра фото-матеріалу;

– речовини, що полегшують полив емульсії на основу.

Оскільки хімічні зміни в емульсійному шарі можуть викликати тільки ті промені, що емульсійним шаром поглинаються, то крива спектральної чутливості емульсії має такий же вигляд, як і крива спектрального поглинання галоїдного срібла (рис. 2). Тобто, довгохвильова межа чутливості приблизно рівна 500 нм.

Якщо в емульсію додати спеціальні барвники, що мають властивості абсорбуватися на кристалах броміду срібла і до того ж здатність поглинати ті промені, до яких необхідно зробити чуттєву емульсію, тоді можна розширити спектральну зону чутливості емульсії. Можна підібрати такі барвники, які будуть поглинати зелені, червоні, жовті або інфрачервоні промені і поглинену енергію будуть передавати кристалам бромістого срібла.

Найбільш істотною характеристикою фотографічних аерофотоплівок є їх статична характеристика. Для фотографічних матеріалів вона називається характеристичною кривою фотоматеріалу.

Типовий вигляд характеристичної кривої негативного фотоматеріалу наведений на рис. 2.

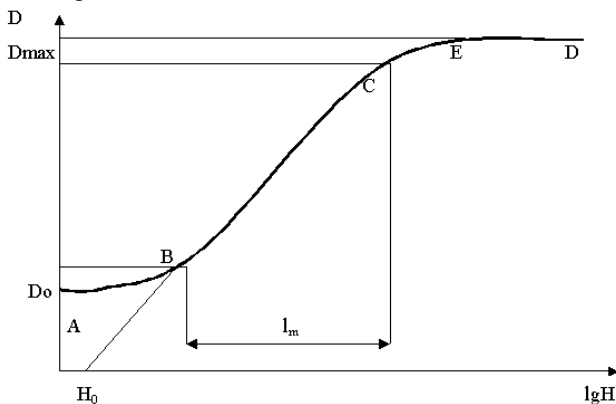


Рис. 2. Характеристична крива негативного фотоматеріалу

Вона являє собою залежність оптичної щільності фотоматеріалу від

логарифма експозиції.

Характеристична крива будується в декартових координатах при логарифмічному масштабі по осі абсцис і має такі області:

AB – початкова область характеристичної кривої;

BP – прямолінійна область характеристичної кривої;

CE – кінцева область характеристичної кривої;

ED – область соляризації [2].

За характеристичною кривою фотоматеріалу визначаються основні сенситометричні параметри фотоматеріалу:

– світлочутливість ( $S_{0,85}$ );

– оптична щільність вуалі ( $D_0$ );

– фотографічна широта ( $I$ );

– коефіцієнт контрастності ( $\gamma$ ).

Проблема керування фотопроцесом є однією з основних проблем фотографії. Природа і механізм формування зображення тісно пов'язані між собою і є взаємодоповнюючими.

При детальному дослідженні механізму формування зображення, як правило, розглядаються елементарні стадії фотохімічного процесу: поглинання світла кристалом і генерація збуджених станів, їх рух і локалізація, що приводять відразу або в результаті повторення цього процесу до стабільного утворення центрів прихованого зображення.

Вибір способів керування фотопроцесом залежить від того, на якому етапі цього складного процесу відбувається впровадження.

Доцільно виділити три таких етапи:

1. Підготовча стадія, на якій у решітці напівпровідника створюється таке становище, яке впливає на наступний фотопроцес.

2. Етап експонування.

3. Післяекспозиційний етап, коли цілеспрямовано змінюють відносно довготривалі стани (центри прихованого зображення), що виникли в процесі фотолізу.

Методи керування світлочутливістю фотографічних матеріалів інтенсивно розвиваються і знаходять практичне застосування [3].

При використанні цих методів можливо збільшення світлочутливості сучасних промислових фотографічних матеріалів на один, два і більше порядків. У зв'язку з цим виникає питання: наскільки близько підійшла їх світлочутливість до теоретичної межі.

Відомо [3], що імовірність проявлення мікрочастинки з граничною кількістю поглинутих фотонів  $n$  складає

$$F_r(\bar{n}) = 1 - \sum_{n=0}^{r-1} \exp(-\bar{n}) \frac{(\bar{n})^n}{n}, \quad (1)$$

де  $\bar{n}$  – середня кількість квантів, що поглинаються окремим мікрористалом.

Вплив методів підвищення світлочутливості можна врахувати в такий спосіб. Як показано в [4], імовірність розмноження  $k$  електронів при одному початковому впливі складає

$$p(n,1) = (1 - e^{-ax})^{k-1} e^{-ax}, \quad (2)$$

де  $ax$  – добуток коефіцієнта ударної іонізації на довжину шляху електрона після впливу на нього певного зовнішнього фактора.

Цей результат неважко узагальнити і при розгляді довільної кількості початкових фотоелектронів  $n$ :

$$P(k,n) = C_{R-1}^{R-n} e^{-hax} (1 - e^{-ax})^{R-n}, \quad (3)$$

де  $C_{R-1}^{R-n}$  – кількість сполук не проявлення на поверхні мікрористала, що поглинув квант.

Під дією зовнішньої сили ця кількість зменшиться на величину

$$\sum_{R=n}^{n-1} P(k,n). \quad (4)$$

З урахуванням розкиду в значенні  $n$  остаточно одержимо

$$F_i(\bar{n}) = 1 - \exp(-\bar{n}) \left\{ 1 - \sum_{n=0}^{R-1} \left[ \frac{(\bar{n})^n}{n} \sum_{R=n}^{r-1} P(k,n) \right] \right\}. \quad (5)$$

У формулі (5) коефіцієнт мультиплікації показує, що теоретичний поріг світлочутливості аерофотоматеріалів ще далеко не досягнутий. Тому головним завданням є розробка і використання методу гіперсенсифікації з метою повітряної розвідки.

Структурна схема, зображена на рис. 3, показує основні способи збільшення світлочутливості, технічно реалізовані в умовах центрів обробки інформації частин повітряної розвідки.

Тому виникає завдання проведення експериментальних досліджень на типових аерофотоплівках, використовуючи різні комбінації способів збільшення світлочутливості і вибір їх найкращих сполук.

Для максимального збільшення світлочутливості й одержання гарних різкісних якостей аерофотознімків необхідно використовувати метод електротермічної гіперсенсифікації разом з додатковою фотохімічною обробкою (рис. 3). Відповідно до цього схема, наведена на рис. 3, перетворюється на схему, наведену на рис. 4.

Суть методу електротермічної гіперсенсibilізації полягає в послідовному за часом впливі протягом певного часу постійним електричним полем, а потім термообробки (нагрівання) аерофотоплівки, після чого вона застосовується за призначенням. Потім провадиться фотохімічна обробка з додатковим етапом підсилення.

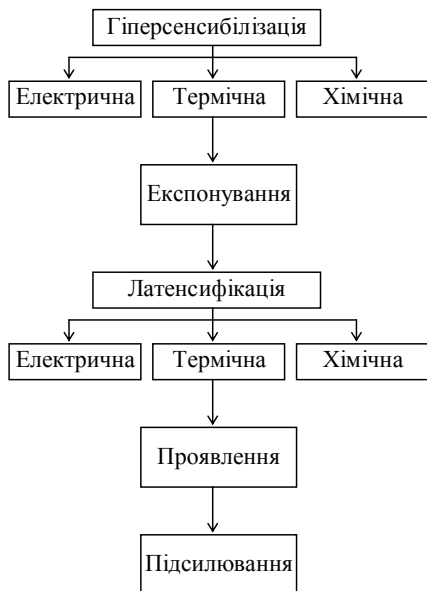


Рис. 3. Структурна схема процесу збільшення світлочутливості аерофотоплівок

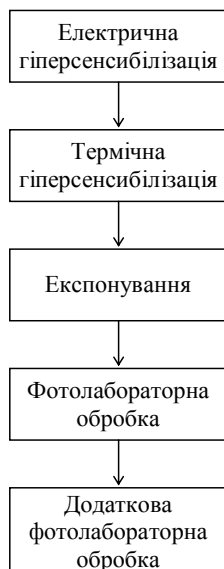


Рис. 4. Метод електротермічної гіперсенсibilізації фотографічних приймачів оптичного випромінювання

**Висновок.** З аналізу викладеного матеріалу можна зробити висновок, що теоретичний поріг світлочутливості ще не досягнутий. У статті запропонована схема координованого збільшення світлочутливості типових аерофотоплівок.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Слонов М.Ю. *Аерофотообробаюча апаратура*. – К.: КВВАІУ, 1987. – 416 с.
2. Ребрин Ю.К. *Оптико-електронне розвідувальне обладнання летальних апаратів*. – К.: КВВАІУ, 1984. – 350 с.
3. Джеймс Х. *Теорія фотографічних процесів*. – М.: Химия, 1990. – 543 с.

*Надійшла 16.08.2005*

**Рецензент:** доктор технічних наук, професор І.І. Зима,  
Харківський університет Повітряних Сил.

---