

О.Д.Архелюк, Л.Й.Підкамінь

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

ОЦІНКА ОПТИКО-ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ФОТОЧУТЛИВИХ ПОЛІГРАФІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ В ПОЛЯРИЗОВАНОМУ СВІТЛІ

Наведено результати експериментального дослідження впливу форми, розміру несферичних частинок мікрокристалів AgBr непроявленої фотоемульсії на закономірності зміни величини нормованих компонент матриць розсіяння і екстинкції. Виведена компонента світлового поля та експериментальні ситуації, які найбільш доцільно використовувати для оцінки оптико-геометричних параметрів мікрокристалів AgBr .

An experimental study of the effect of shape, size of nonspherical particles in the samples of model patterns of change of the normalized component of the scattering matrix and the extinction. Derived component of the light field and experimental situations that are most useful for evaluation of optical-geometrical parameters microcrystals AgBr .

Вступ

Фотоматеріали, які використовуються в поліграфічній промисловості, являють собою гнучкі плівки або пластинки [1]. По суті це - складні системи , що складаються, як правило, з наступних елементів:

- підкладка (основа) товщиною близько 0,06 мм (у разі якщо використовується поліетилентерефталат), на яку наноситься фоточутливий шар;
- підшар (товщиною приблизно 1 мкм);
- світлочутливий емульсійний шар - желатину з рівномірно розподіленими в ньому мікрокристалами галогеніда срібла (на кольорових фотоплівках до 0,05 мм, на фотопапері - до 0012 мм);
- протиореольний шар.

Кольорові фотографічні носії мають більш складну будову, оскільки містять також шари чутливі до синього, жовтого, зеленого та червоного кольорів.

Крім світлочутливості, найважливішими характеристиками фотографічних матеріалів, зокрема фотоплівок, є також зернистість, контрастність, спектральна чутливість. За формою фотоплівки можуть бути листовими і рулонними.

Необхідними фізико-механічними властивостями фотоматеріалів є мала деформація підкладки, висока стійкість емульсійного шару до підвищеної температури робочих розчинів і сушки, мале набухання і висока механічна міцність емульсійного і контршарів. З метою скорочення тривалості технологічного процесу в фотоплівках, створених для машинної обробки, товщина емульсійного і контршарів зменшена до 4 ... 6 мкм.

До складу емульсійфотоплівок вводять спеціальні домішки, які зменшують можливість накопичення зарядів статичної електрики.

До недавнього часу, в наукових та репродукційних задачах використовувалися також фотопластинки, де світлочутливий шар наносився на прозору скляну основу, яка не деформується при хіміко-фотографічних процесах і забезпечує точну передачу зображення в позитиві.

Утворення фотографічного зображення - це складний багатостадійний фізико-хімічний процес, який включає в себе і хімічне дозрівання (створення срібних центрів світлочутливості при отриманні галогеносрібної емульсії), що здійснюється при виробництві фотоматеріалів;

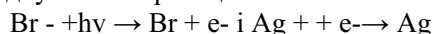
У твердому стані галогеніди срібла ($\text{AgHal} - \text{AgCl}, \text{AgBr}, \text{AgI}$) утворюють кристали. У кристалах хлориду (AgCl) та бромиду (AgBr) срібла іони галогену розташовані у вершинах і центрах граней куба.

Такі кристали відносяться до класу гранецентрованих кубічних кристалів. Ці кристали існують у вигляді агрегатних скупчень, що представляють собою повторення структури, у напрямках трьох координатних осей. Якщо AgCl і AgBr осідають одночасно, то утворюються змішані гранецентрованої кубічні кристали, в яких кути решітки зайняті як іонами хлору, так і іонами бромю.

Форма кристалів залежить від процесу осадження. Кристали можуть бути кубічними, у формі октаедра, пластинчастими або нерегулярними. Середній розмір зерна галогеніда срібла приблизно дорівнює 1000 нм.

У реального кристала галогеніду є відхилення від ідеальної структури. Через порушення рівноважних умов зростання, захвату домішок при кристалізації, у результаті наявності різних впливів, у структурі кристала виникають порушення - так звані дефекти (іон срібла йде зі свого нормального положення в кристалічній решітці і вільно блукає в міжвузловому просторі). Дані дефекти і численні сторонні включення в кристалічній решітці, утворюють центри світлочутливості, які є і центрами концентрування атомів срібла в результаті дії світла. Від величини цих центрів залежить рівень світлочутливості: чим більші центри, тим вища світлочутливість. Зазвичай зростання центрів супроводжується збільшенням розмірів мікрочастин, тому високочутливі фотоматеріали бувають грубозернистими, а малочутливі - дрібнозернистими.

Від зернистості світлочутливого шару залежить зернистість зображення - неоднорідність почорніння однаково експонованої і проявленої ділянки фотоматеріалу. Зерниста будова зображення зменшує його чіткість. Лінії, розірвані на окремі зерна, стають нерівними, контури - нерізкими. Підвищена зернистість погіршує якість зображення. Процес утворення прихованого зображення полягає в наступному. При експонуванні фотографічного шару кванти променевої енергії поглинаються галогенідами срібла, при цьому відбувається реакція фотолізу. Можна припустити, що квант світла, попадаючи на кристал AgBr , посилює коливання електрона на орбіті іона бромю і дає йому можливість перейти до іону срібла. Таким чином, відбуваються реакції:



Але дуже істотним являється той факт, що стан AgBr більш стійкий, ніж стан $\text{Ag} + \text{Br}$. Крім того, експериментальні дослідження показали, що бромисте срібло бездефектної структурної організації взагалі позбавлене світлочутливості, чутливі до дії світла тільки дефектні кристали AgBr . У їх кристалічній решітці є свого роду порожнечі, які заповнені додатковими атомами срібла або бромю. Ці атоми більш рухливі і відіграють роль «електронних пасток», ускладнюючи зворотний перехід електрона до бромю. Після того як електрон буде «вибитий з сідла» квантом світла, один з «сторонніх» атомів обов'язково прийме його. Навколо такого «зародка світлочутливості» адсорбуються і закріплюються виділені з решітки атоми срібла. Освітлена пластинка нічим не відрізняється від неосвітленої. Зображення на ній з'являється лише після проявлення. Цей процес посилює дію «зародків

світлочутливості», і зображення після закріплення стає видимим. Освітлення прихованого зображення пов'язане з розмірами і розподілом центрів світлочутливості за об'ємом мікрокристалів галогенида срібла. Лише великі центри прихованого зображення проявляються, вони називаються центрами проявлення; дрібні центри не проявляються. Чим більше світла потрапило на фотоматеріал при експонуванні, тим крупніше частки, що складають ці центри, і тим швидше буде йти проявлення. На ділянках фотоматеріалу, які не піддавалися дії квантів світла, реакція фотолізу не відбувається і центри прихованого зображення не утворюються.

Таким чином, враховуючи наявність істотного впливу розміру і форми центрів прихованого зображення на якісні характеристики зображення після хімічної обробки фотоплівки, виникає актуальне завдання з розробки та розвитку методів неруйнівного, дистанційного контролю зазначених параметрів прихованих центрів світлочутливості різних фотоматеріалів.

Для реалізації відповідної даній задачі методики нами використовувались певні особливості взаємодії поляризованого випромінювання з розсіюючими частками дисперсного середовища.

Обґрунтування методики

Закономірності зміни енергетичних і поляризаційних характеристик світлового пучка, що розіюється середовищем, в залежності від оптико-геометричних параметрів його оптичних неоднорідностей найбільш повно можна описати, використовуючи вектор-параметричне подання світлових пучків та їх лінійне перетворення у матричному вигляді [2]:

$$S_i(\lambda, \varphi) = \frac{1}{R^2} \sum_{k=1}^4 F_{ik}(\lambda, \varphi) S_k(\lambda) V(\varphi) \quad (1)$$

де $i=1, 2, 3, 4$; F_{ik} – матриця четвертого рангу, яка характеризує властивості середовища S_i і S_k – параметри Стокса відповідно розсіяного і падаючого пучків; λ – довжина світлової хвилі; φ – кут розсіяння; $V(\varphi)$ – величина частини розсіюючого об'єму який фотометрується і R – відстань від центру розсіюючого об'єму до точки спостереження.

Закономірності кутового розподілу у площині референції значень ненульових компонент нормованої матриці розсіювання дисперсного середовища $f_{ik} = F_{ik} / F_{11}$ в повній мірі визначаються оптико-геометричними параметрами його розсіюючих центрів, що дає можливість використовувати зазначений метод для їх якісної і кількісної оцінки.

Експериментальна частина

В якості модельної системи несферичних частинок певної форми і різного розміру використовувалися оптично тонкі шари непроявленої фотоемulsії № 1-3, які містять мікрокристали $AgBr$ (рис.1), що мають форму октаєдрів і статистичні параметри [3], наведені в табл.1.

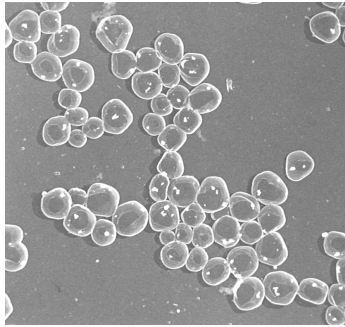


Рис. 1. Фотографія мікрочастин AgBr в тонкому шарі непроявленої фотоемульсії.

Таблиця 1

№	$\bar{\alpha}$	σ	c_V
1	0,5	0,137	27%
2	1,2	0,412	35,2%
3	3,0	1,36	46%

В табл. 1 $\bar{\alpha} = \frac{\sum d \cdot n}{\sum n}$ – середній діаметр частинок, де n – число частинок системи з діаметром d на одиничній площі поверхні фотопластинки, σ – середньоквадратичне відхилення, $c_V = \frac{\sigma}{\bar{\alpha}} \cdot 100\%$ – відносна дисперсія.

Показник заломлення частинок AgBr відносно желатини при використанні випромінювання з довжиною хвилі $\lambda = 0.633$ мкм має значення 1,5.

Аналіз експериментально визначених закономірностей кутового ходу нормованих ненульових компонент матриць розсіяння $f_{ik} = F_{ik} / F_{11}$ показав що:

1. Компонента f_{22} , яка для систем сферичних частинок тотожно дорівнює одиниці у всій області кутів розсіювання φ , для всіх трьох модельних зразків при кутах розсіювання $\varphi \approx 100^\circ$ має практично однакове значення свого мінімуму на рівні $f_{22}^{\min} \approx 0.62$. Очевидно, що основним параметром, що визначає відхилення форми досліджуваних частинок від сферичних, буде максимальне значення величини $\Delta = 1 - f_{22}^{\min}$ [4].

2. Розмір частини найбільш доцільно визначити за величиною кута розсіювання φ , при якому компонента f_{33} приймає нульове значення. Зі збільшенням діаметра часток цей кут зміщується у бік більших значень. У нашому випадку для часток з $\bar{d}_1 = 0.5$ мкм - $\varphi_1 = 90^\circ$, а для часток з $\bar{d}_2 = 3.0$ мкм - $\varphi_1 = 122^\circ$.

На підставі отриманих функціональних залежностей $f_{ik} = f(\alpha)$ можна розрахувати поляризаційні характеристики світлового поля, утвореного при розсіюванні поляризованого випромінювання центрами оптичних неоднорідностей досліджуваних модельних зразків, використовуючи наступні вирази:

$$p_j = \pm \frac{\sqrt{(f_{21} \pm f_{2j})^2 + (f_{31} \pm f_{3j})^2}}{1 + f_{1j}} \quad (2)$$

$$g_j = \frac{f_{41} \pm f_{4j}}{1 + f_{1j}} \quad (3)$$

$$r_j = \frac{\sqrt{(f_{21} \pm f_{2j})^2 + (f_{31} + f_{3j})^2 + (f_{41} + f_{4j})^2}}{1 \pm f_{1j}} \quad (4)$$

Тут p_j, g_j, r_j – ступінь поляризації, еліптичності та ступінь однорідності розсіяних світлових потоків, значки (\pm) відносяться до відповідних опромінюючих пучків з $\pm S_j$, где $j = 2, 3, 4$.

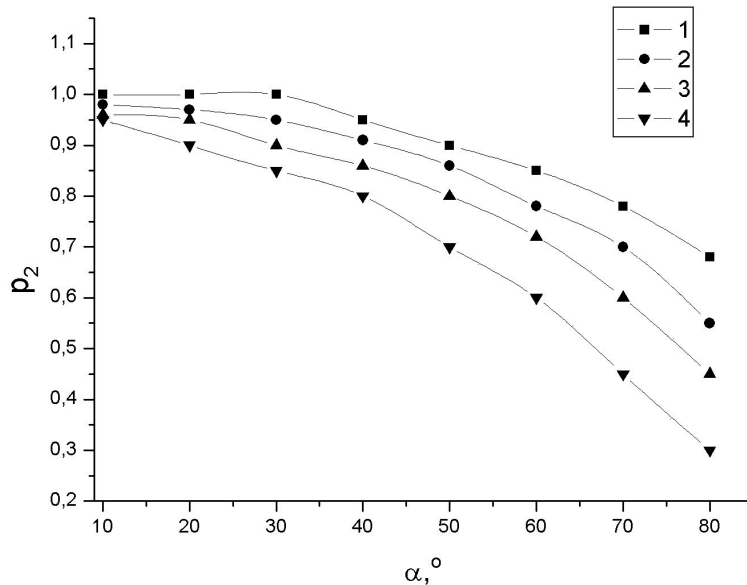


Рис.2. Залежність p_2 та g_4 від α для шарів не проявленої фотоемulsії:
 1 – p_2 для $d = 0.5$ мкм ; 2 – g_4 для $d = 0.5$ мкм ; 3 – p_2 для $d = 3$ мкм ; 4 – g_4 для $d = 3$ мкм

На рис.2 представлені експериментально визначені, при різних кутах розсіювання ϕ , величини параметрів світлового пучка p_2 і g_4 для двох систем несферичних часток з $p=0,5$ і $d=3$ мкм (криві 1, 2 і 3, 4 відповідно). При цьому параметр p_2 визначався при опроміненні фотоплівки лінійно поляризованим випромінюванням, а параметр g_4 - при циркулярно поляризованому.

Згідно рис. 2 збільшення розміру часток супроводжується послідовним зменшенням як p_2 так і g_4 при одних і тих же значеннях кута розсіювання ϕ . Крім того, для шару, що містить великі частинки (криві 3, 4) відзначаються більш різкі відмінності величини p_2 і g_4 в порівнянні з аналогічною різницею при розсіюванні на частинках з $\bar{d}_1 = 0.5$ мкм (криві 1, 2). Отриманий результат вказує на

більш високу чутливість до змін розміру розсіюючих центрів дисперсного середовища параметру еліптичності світлових потоків при опроміненні середовища циркулярнополяризованим світловим пучком.

Висновки

1. Збільшення розміру несферичних частинок в середовищі призводить до незначної зміни ступіні поляризації p_2 розсіяних світлового потоку у порівнянні зі значно більш динамічними змінами параметру його еліптичності g_4 (еліптичність розсіяного випромінювання при циркулярно поляризованому опромінюючому пучку зменшується практично в два рази на частинках з $d \approx 3.0 \mu\text{м}$ відносно g_4 для часток з $d \approx 0.5 \mu\text{м}$ ($\alpha = 80^\circ$)).

2. Теоретично розраховані, згідно виразів (2) і (3), значення p_2 та g_4 при різних величинах кута розсіювання φ відрізняються від експериментально визначених (рис.2) не більше ніж на 10%, що дає можливість використання обох методик при визначенні оптико-геометричних параметрів прихованих центрів світлочутливості різних фотоматеріалів.

1. Куппхан Г. Энциклопедия по печатным средствам информации. Технологии и способы производства: пер. с нем. / Г. Куппхан. – М.: МГУП,

2. Весь мир полиграфии: Каталог полиграфического оборудования и расходных материалов, предлагаемых фирмой Центр-Х.Г.С. М.: Х.Г.С., 1997. 80 с.: ил.

3. A.P. Ivanov, *Scattering and absorption of light in natural and artificial dispersion mediums* (Minsk, 1991).

4. L.I. Podkamen, M.L. Kirsh, O.V. Pishak, P.M. Grygoryshyn, "Polarization investigation of biological objects and form elements of blood", in *Success of modern biology*, Vol. 119, No.2, 190-196 (1999).

5. B.V. Kaul, D.N. Romanov, "Estimation of the influence of cylindrical ice particles on the extinction matrix", in *Journ. of Opt. of Atm. and Ocean*, Vol. 10, No.12, 1485 (1997).