

УДК 535.4;655.222.3

М. Б. ПРИСЯЖНЮК, А. Р. ТИЩЕНКО, В. О. ДУДЯК

ДИФРАКЦІЙНА ІНТЕРПРЕТАЦІЯ ФОРМУВАННЯ РАСТРОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ У ФОТОПОЛІМЕРНОМУ ШАРІ *

Під час теоретичних й експериментальних досліджень формування друкарських елементів у системі фотоформа—фотополімерний шар (ФПШ) виходять здебільшого із закономірностей геометричної оптики, які вважають достатніми для розв'язання ряду технологічних питань. Необхідність використання при виготовленні фотополімерних друкарських форм (ФДФ) встановленого на близькій відстані від ФПШ дифузного джерела світла доведена [1, 2]. При розгляді структури поля світлового потоку в об'ємному середовищі ФПШ у праці [3] дається аналітична залежність інтенсивності сумарного фотоактинічного потоку (з урахуванням ефекту відбиття світла від підкладки). Якщо виходити з того, що профіль визначається лініями однакової інтенсивності світлової енергії, то з урахуванням конкретних значень показників заломлення та поглинання середовища можна ефективно розраховувати формуючий профіль друкарського елемента в ФПШ [7].

Сформулюємо задачу формування растрових елементів в об'ємному середовищі ФПШ на основі дифракційної теорії. Можливість такого підходу обґрунтовується таким чином. У

* Робота виконана під керівництвом М. В. Шовгенюка

плані постановки дифракційна задача формування растрових елементів у ФПШ аналогічна задачі формування зображення у растровій системі. При заданій відстані l_0 між джерелом світла та ФПШ аналогом проекційного растра є растрова фотоформа, а растрова відстань відповідає товщині h_0 ФПШ. Ідучи за такою аналогією, маємо змогу приступити до розв'язання більш загальної задачі формування друкарських елементів у ФПШ, узагальнити виявлені раніше закономірності й оцінити ступінь наближення геометричного моделювання. Однак вказана принципіальна аналогія не дає змоги суттєво спростити модель ФПШ, оскільки система растрова фотоформа—ФПШ має істотні відмінності від растрової системи. Насамперед в об'ємному середовищі ФПШ відбувається значне поглинання дифрагованих на растровій фотоформі світлових хвиль, що значно ускладнює розв'язання поставленої задачі. Формування друкарських елементів особливо на стадії взаємодії та взаємоперетворення оптичних хвиль у ФПШ ще не достатньо вивчені [1, 2, 3, 7]; тому нема усіх потрібних вихідних даних для побудови дифракційної моделі досліджуваної системи.

Однак можна вважати, що для характеристики оптичних властивостей ФПШ необхідно ввести комплексний показник заломлення

$$n = n_0 (1 + i\kappa), \quad (1)$$

де n_0 — показник заломлення середовища, який відповідає напрямленому пропусканню дифрагованих хвиль, а $\kappa = \frac{k_0 \lambda}{2 \cdot 2\pi}$ характеризує поглинання середовища з показником k_0 на довжині хвилі світла λ .

Для постановки дифракційної задачі виходимо з просторово-спектральної моделі процесу формування растрового поля в зоні дифракції Френеля [4, 6]. В основу дослідження методами Фур'є-аналізу процесу формування растрових елементів у ФПШ необхідно прийняти [5], що растрове зображення в ФПШ можна представити рядом Фур'є по гармонічних хвилях, частоти яких кратні частоті растрових елементів фотоформи; коефіцієнти передачі контрасту гармонічних хвиль у довільній площині h_n ($0 < h_n < h_0$) ФПШ однозначно характеризують профіль розподілу дифрагованого світла внаслідок взаємодії світлової хвилі з середовищем, причому зі зростанням просторової частоти значення коефіцієнта передачі контрасту зменшується.

З урахуванням комплексного показника заломлення (1) дифрагована амплітуда растрового поля у площині h_n ФПШ описується рядом Фур'є

$$g(x; h_n) = \frac{\varepsilon(x; h_n) 2a}{(l_0 + h_n) T} \sum_{m=-\infty}^{\infty} \frac{\sin m \omega_0 a}{m \omega_0 a} \exp \times \\ \times \left(-i \frac{\lambda h_n}{4\pi} \frac{\bar{n}}{[n]^2} m^2 \omega_0^2 \right) \exp(im \omega_0 x),$$

де $\xi(x; h_n)$ — фазовий множник; $\omega_0 = \frac{2\pi}{T}$ — частота растрових

елементів на фотоформі; $2a$ — лінійні розміри растрового елемента (приймаємо, що на фотоформі растрові елементи мають П-подібний профіль). В об'ємному середовищі ФПШ з комплексним показником заломлення n амплітуда растрового поля $g(x; h_n)$ формується, з одного боку, унаслідок дифракції на растровій структурі фотоформи, а з другого — у результаті амплітудно-фазової модуляції дифрагованих хвиль, яку додатково здійснює середовище ФПШ.

Оскільки формування растрових елементів при освітленні некогерентним джерелом описується згортокою з функцією розподілу інтенсивності по площі джерела [4], то поставлена дифракційна задача зводиться до визначення функції розсіювання системи фотоформа—ФПШ:

$$I(x; h_n) = g(x; h_n) \cdot g^*(x; h_n) = [g(x; h_n)]^2. \quad (3)$$

Підставляючи (2) у (3) і здійснюючи ряд перетворень, одержуємо для функції розсіювання системи

$$I(x; h_n) = \frac{1}{(t_0 + h_n)^2} \frac{2a}{T} \sum_{m=-\infty}^{\infty} \left\{ \gamma_m^+(x) \frac{\sin m \omega_0 \left(a + \frac{\lambda h_n n_0}{4\pi |n|^2} m \omega_0 \right)}{m \omega_0 a} + \gamma_m^-(x) \frac{\sin \omega_0 \left(a - \frac{\lambda h_n n_0}{4\pi |n|^2} m \omega_0 \right)}{m \omega_0 a} \right\} \exp(im \omega_0 x). \quad (4)$$

Аналitiчна залежність (4) має принципово важливе значення для дослідження властивостей системи фотоформа—ФПШ. Не вдаючись глибоко в теоретичний аналіз, наведемо інтерпретацію формування растрових елементів у ФПШ, яка впливає з дифракційної моделі системи.

Для визначення коефіцієнтів передачі контрасту зображення, сформованого в об'ємному середовищі ФПШ на просторових частотах $m\omega_0$, необхідно знайти коефіцієнти $\gamma_m^{\pm}(x)$, які задаються параметром поглинання κ . При $\kappa=0$ коефіцієнти $\gamma_m^{\pm}(x)$ зводяться до вагових коефіцієнтів просторово-спектральної моделі растрової системи [6], що підтверджує прийняту аналогію. Таким чином, коефіцієнти $\gamma_m^{\pm}(x)$ можна інтерпретувати як вагові коефіцієнти «ефективного» профілю растрового елемента фотоформи на різних просторових частотах. Враховуючи добре виражену залежність коефіцієнтів $\gamma_m^{\pm}(x)$ від параметра поглинання κ , приходимо до висновку, що врахування поглинання дифрагованих хвиль у середовищі ФПШ еквівалентне розмиванню профілю растрового елемента (цим обґрунтовуються високі вимоги до копіювальних властивостей фотоформи).

Вплив коефіцієнта заломлення n_0 ФПШ виражається в тому, що змінюється масштаб дискретної виборки просторових частот за профілем растрового елемента, тобто змінюється «ефективна» товщина ФПШ. Така зміна очевидна з геометричних міркувань. Слід відзначити, що при $\lambda \rightarrow 0$ дифракційна модель (4) повністю переходить у геометричну і відповідно узагальнює відомі результати досліджень.

1. Бернацек В. В., Возный А. М., Козак П. П., Лазаренко Э. Т. Формирование печатающих элементов фотополимерных печатных форм // Полиграфия. 1971. № 10. С. 17—19. 2. Кльоніг В., Трауцеддель Р., Пейков Б. та ін. Формування друкуючих елементів гнучких фотополімерних друкарських форм // Поліграфія і видавнича справа. 1974. № 15. С. 24—29. 3. Лазаренко Э. Т., Сысюк В. Г., Ходосевич О. А., Гординський Г. М. Оптические явления формирования рельефного изображения в фотополимеризующихся материалах // Тез. докл. Всесоюз. конф. «Оптическое изображение и регистрирующие среды». 1982. С. 260. 4. Селиванов Ю. П., Шовгенюк М. В., Довгий Я. О., Гунько С. Н. Теория формирования растрового изображения // Укр. физ. журн. 1980. Т. 25. № 10. С. 1712—1720. 5. Фризер Х. Фотографическая регистрация информации. М., 1978. 6. Шовгенюк М. В., Гунько С. М., Кмит Н. И. Пространственно-спектральный метод расчета растрового поля в зоне дифракции Френкеля, формируемого амплитудными проекционными растрами. 1986. 7. Щерба Н. Д., Гладилов М. К., Белицкий О. А., Черная М. А. Определение изоэнергетических контуров в фотополимеризующемся материале при облучении протяженным источником // Физ.-хим. механика материалов. 1981. № 5. С. 80—84.

Стаття надійшла до редколегії 05.04.86