

В.Г.Сисюк, В.С.Карпенко, Е.Т.Лазаренко, Л.І.Хомицька

РЕГУЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ НАПОВНЕНИХ СВІТЛОЧУТЛИВИХ МАТЕРІАЛІВ

Досліджено серію наповнених фотозатверджуваних полімеризаційноздатних композицій (НФПК), що застосовуються як діелектричні або провідникові пасти товстоплівкової технології мікросхем, покриття друкарських плат (контактні ділянки або струмопровідний малюнок), друкарські форми, фарби, герметики [2].

Вивчення і практика застосування показали можливість цілеспрямованого регулювання властивостей цих матеріалів залежно від їх призначення [1,3].

Авторами статті запропоновано експрес-методику оцінки фазового суміщення компонентів НФПК і контролю кінетики структуроутворення, що дозволяє здійснювати розробку матеріалів із заданим діапазоном властивостей. Методика досліджень базується на визначенні показника пропускання випромінювання зразками фотополімеризаційноздатних композицій (ФПК) різного ступеня затвердіння (джерело — гелій-неоновий лазер «Дельфін-113», $\lambda = 0.63$ мкм, приймач — вимірювач потужності «Кварц»). Обробка результатів здійснювалась на персональному комп'ютері (ПК) в пакеті GRAPHER. Модель досліджень побудована на взаємозв'язку оптичних властивостей ФПК і його структурних перетворень.

Екстремальні зони 1,2 на графіках показують моменти суміщення, взаємодії або поділу фаз з утворенням самостійних структур.

Для ФПК без наповнювача (рис.1) характерні незначна зміна коефіцієнта K та утворення однорідної гомогенної структури. Для ФПК з включенням аеросилу екстремум 1 засвідчує початок взаємодії фаз і перехід у систему гелі мікрогетерогенної структури, що включає міжфазні утворення (рис.2). Затвердіння ФПК з включенням порошку міді (рис.3) здійснюється через екстремум 1 (взаємодія фаз, часткове взаємопроникнення) та екстремум 2 (термодинамічне напруження системи, міжфазові формування).

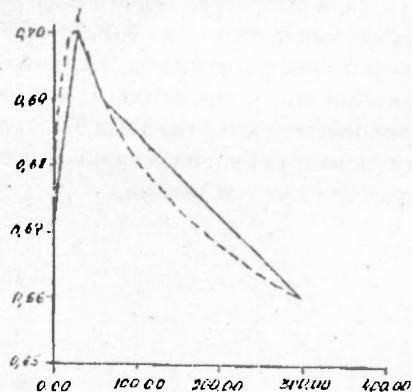


Рис. 1. Зміна коефіцієнта пропускання (K) в процесі фотополімеризації композицій ФПК (без наповнювача)

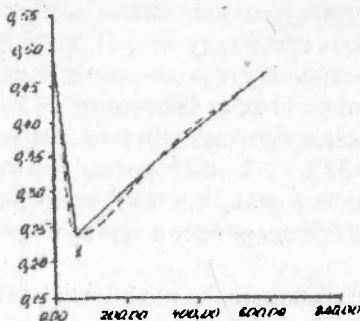


Рис.2. Зміна коефіцієнта пропускання (К) в процесі фотополімеризації композиції А₁ (наповнювач — аеросил).

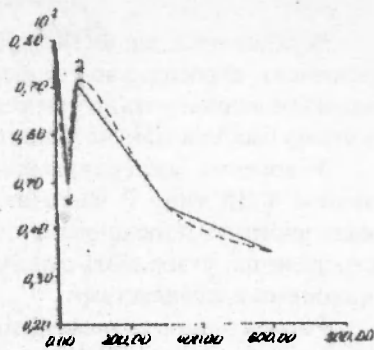


Рис.3. Зміна коефіцієнта пропускання в процесі фотополімеризації композиції С₁ (наповнювач — мідь).

Виникнення такої структури з незавершеним фазовим поділом і утворенням міжфазових шарів сприяє поляризації покриття, зростанню електропровідності.

Узагальнення отриманих результатів дозволяє поділити НФПК на дві категорії: системи П (фазова сумісність, прагнення до гомогенності) та системи Р (незавершеність фазового поділу, розшарування, підсилення гетерогенності).

Діаграма (рис.4) ілюструє оцінку серії ФПК і показує ряд з кількісною оцінкою структурно-фазових перетворень.

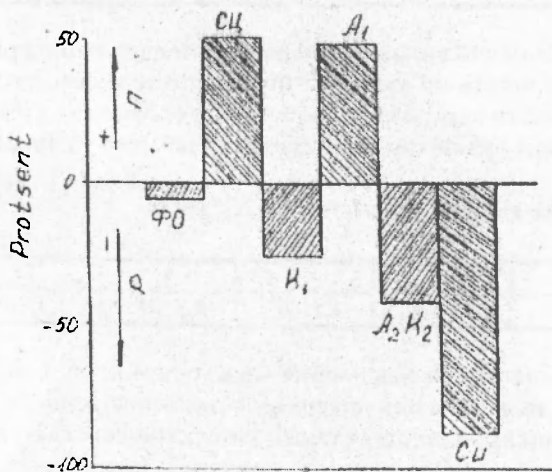


Рис.4. Діаграма кількісної оцінки структурно-фазових перетворень нановишніх ФПК:

П — компоненти системи, що суміщаються;

Р — компоненти системи, що не суміщаються.

Встановлено, що ФПК з діелектричними наповнювачами (сита-лоцемент, аеросил, каолін) формують структуру типу II, коли полімеризація приводить до утворення монолітного полімерного каркаса, в якому імобілізовані частинки дисперсної фази (значення $II \geq 20\%$).

Утворення електропровідних шарів супроводжується полімеризацією ФПК типу P (значення $P > 35\%$) з її макророзшаруванням, коли частинки наповнювача, захопивши певну частку дисперсійного середовища, утворюють окремий міжфазовий шар з чіткими провідниковими властивостями.

Регулювання електрофізичних показників покриття (провідність плівки, діелектрична проникливість, питомий опір) досягається типом і кількістю наповнювача, заміною олігомер-мономерної матриці, рядом цільових домішок.

Досліджено вплив активного розчинника (АР), аеросилу і системи ініціаторів на параметр ρ_v затверділого мідного шару (при постійній концентрації наповнювача).

Аеросил, регулюючи тиксотропні властивості пасти або фарби, змінює процес структуроутворення, термодинамічну рівновагу системи, утворення міжфазових поляризованих шарів, і як результат, збільшує провідність плівки (табл.1).

Таблиця 1

Вплив кількості АР на ρ_v , Ом · м

% АР	0	1	2	3	4	5
ρ_v	$36 \cdot 10^7$	$14 \cdot 10^7$	$11 \cdot 10^5$	$26 \cdot 10^2$	$16 \cdot 10^1$	$22 \cdot 10^3$

Найбільший вплив на міжшарову поляризацію здійснює АР: змінюються кінетичні умови та порядок утворення просторових сіток, відбуваються перерозподіл міжмолекулярних сил у шарі й утворення додаткових вузлів фізичної структурної сітки (табл.2).

Таблиця 2

Вплив кількості аеросилу на ρ_v , Ом · м

% А	0	1	2	3	5
ρ_v	$36 \cdot 10^7$	$2,5 \cdot 10^6$	$1,5 \cdot 10^5$	$1,2 \cdot 10^4$	$2,0 \cdot 10^7$

Важливим для підсилення провідності шару є вибір ініціюючої системи та включення поверхнево-активних речовин (ПАР). У деяких випадках значно зростають фотоактивність системи і фізико-механічні показники шару, а показник провідності не відповідає провідниковим шарам ($\rho_v \sim 10^7 - 10^8$).

У даному разі формується система типу II, тобто спостерігається взаємопроникнення фаз і формується система взаємопроникливих сіток (поляризація шару — мінімальна, $\rho_v \sim 10^2$). Зміна системи

фотоініціатора, або включення ПАР, викликає перерозподіл термодинамічної рівноваги системи, зміну кінетики взаємодії фаз (табл. 3).

Таблиця 3

Вплив системи ФІ + ПАР ρ_v , Ом · м

Характеристика ініціюючої системи	ρ_v , Ом · м
ФІ (К)	$8 \cdot 10^7$
ФІ (К+Б)	$10 \cdot 10^8$
ФІ (К+Б) + ПАР	$5 \cdot 10^4$
ФІ (К+ФБ)	$13 \cdot 10^4$
ФІ (К+ФБ) + ПАР	$1,04 \cdot 10^2$

Здійснено підбір такої системи, при якій формується система типу Р з міжфазовим розділенням та формуванням самоорганізованих невірноважених систем, які характеризуються зменшенням $\rho_v (1 \cdot 10^2)$. Отримані результати дають можливість прогнозувати технологічні НФПК і регулювати властивості покриттів, мікросхем, друкарських плат і форм.

1. Охримович О.С., Сисюк В.Г. Наповнені фоточутливі матеріали // Поліграфія і видавнича справа. 1994. №29. С. 85. 2. Сисюк В.Г., Карпенко В.С., Охримович О.С. Новые светочувствительные материалы в технологии изготовления микросхем // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. 1994, №1. С. 80. 3. Сисюк В.Г., Лазаренко Э.Т., Городинский Г.Н. Исследование оптических свойств жидких фотополимеризующихся материалов // Деп. в ЦБНТИ по печати. 1978, №7.

Стаття надійшла до редакції 15.01.95.