

Л.І.Хомицька, О.І.Клочай, В.Г.Сисюк

РЕГУЛЮВАННЯ ПРОВІДНИКОВИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ НАПОВНЕНИХ МАТЕРІАЛІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ЦІЛЬОВИХ КОМПОНЕНТІВ

Сучасний рівень розвитку радіо- та мікроелектронної промисловості вимагає подальшого удосконалення відомих і створення нових фотополімеризаційноздатних матеріалів, які застосовуються як діелектричні або провідникові пасти товстоплівкової технології мікросхем, покриття друкарських плат (контактні ділянки або струмопровідний малюнок), друкарські форми, фарби, герметики [1].

Вивчення і застосування на практиці показали можливість цілеспрямованого регулювання властивостей цих матеріалів залежно від їх призначення [2].

Продовжено дослідження серії наповнених фотополімеризаційноздатних композицій (НФПК) з різними електрофізичними властивостями.

Як уже зазначалось, регулювання електрофізичних показників покриття досягається, зокрема, введенням ряду цільових (модифі-

куючих) домішок. Досліджено вплив ряду модифікаторів на електропровідність шарів, отриманих з композицій на основі епоксіакрилату (Ф1) та модифікованого епоксіакрилату (Ф2). Модифікуючі домішки поділено на дві групи: активний розчинник (АР) та поверхнево-активна речовина (ПАР). Встановлено, що включення АР1 та АР2 до складу наповнених провідникових композицій на основі порошку міді суттєво змінює показник провідності, який оцінений величиною питомого об'ємного опору (ρ_v). Як свідчать дані (див. рис. 1 і 2), спостерігається зменшення показника ρ_v , тобто збільшення провідності. Так, для композиції Ф1 мінімального значення показник ρ_v досягає при вмісті в ній 3% АР1 (це і є оптимальна кількість домішки для досліджуваної композиції). Подальше збільшення вмісту АР1 приводить до зростання показника ρ_v . Аналогічна картина спостерігається при дослідженні впливу модифікаторів першої групи на провідність композиції Ф2. Встановлено, що збільшення процентної кількості АР1 приводить до поліпшення провідності шару цієї композиції (рис.2).

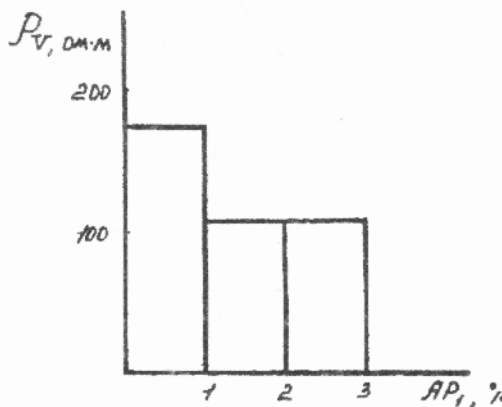


Рис. 1. Вплив кількості АР1 на показник композиції Ф1.

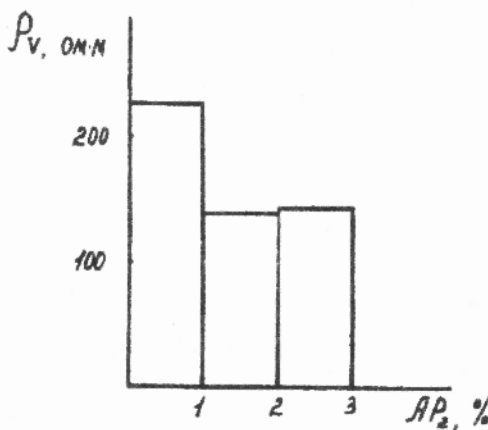


Рис. 2. Вплив кількості АР2 на показник композиції Ф2.

За літературними даними [3,4] та експериментальними дослідженнями, ці домішки діють у напрямку вибіркової сольватації макромолекул, призводять до руйнування флукуаційних вузлів полімерної сітки, і тому спостерігається розшарування або формування провідникових шарів.

Інша група досліджуваних модифікуючих домішок — це поверхнево-активні речовини.

Ми досліджували дві різновидності їх — ПАР1 і ПАР2 (на основі модифікованих метакрилатів). Експериментальні дані наведені на рис. 3,4. Встановлено, що включення ПАР1 до композиції Ф2 поліп-

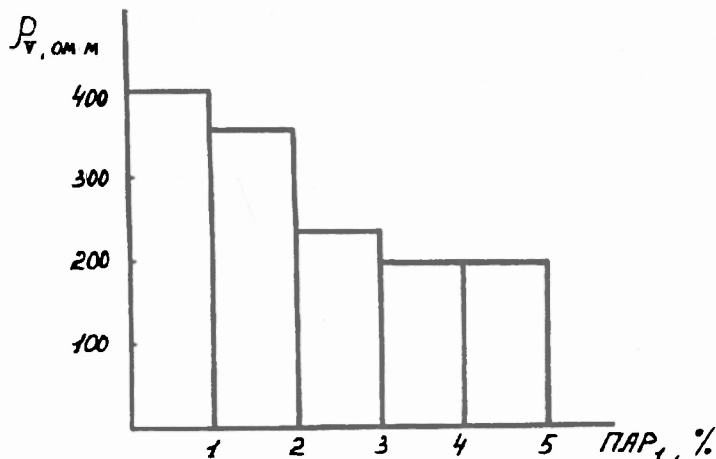


Рис. 3. Вплив кількості ПАР1 на показник композиції Ф2.

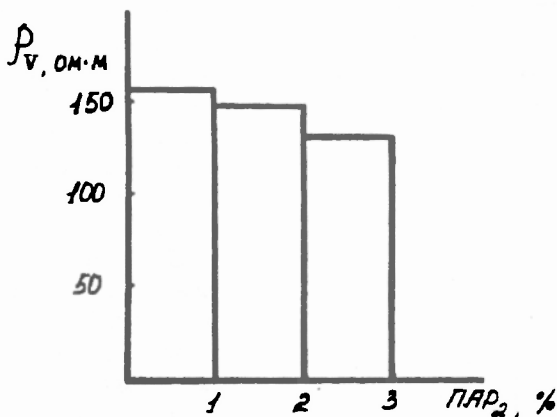


Рис. 4. Вплив кількості ПАР2 на показник композиції Ф2.

шує провідникові властивості отриманих шарів, тобто зменшує показник питомого опору ρ_v .

Вивчення впливу ПАР2 на провідність композиції Ф2 показало, що підвищення концентрації модифікатора підсилює провідність. Ймовірно, у цьому випадку відчутний суттєвий вплив хлору. Механізм дії модифікаторів другої групи спрямований на зміну термодинамічної взаємодії компонентів і границь сумісності фаз. ПАР можна

характеризувати різною термодинамічною спорідненістю з компонентами суміші, що впливає на ступінь асоціації макромолекул.

Третій напрямок досліджень — це вивчення впливу бінарної суміші АР і ПАР. Видно (рис. 5, 6), що введення до композиції

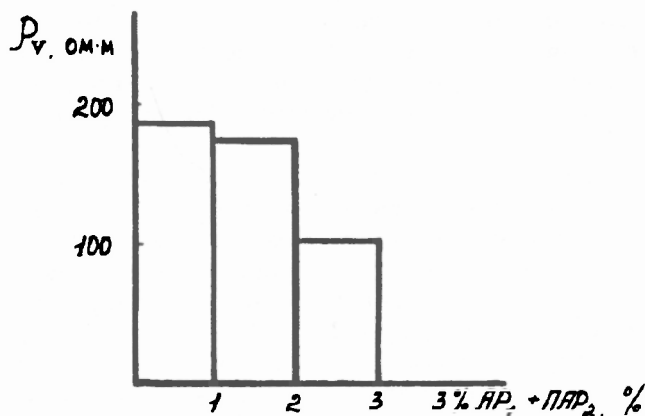


Рис. 5. Вплив бінарної суміші АР1 і АР2 на показник композиції Φ1.

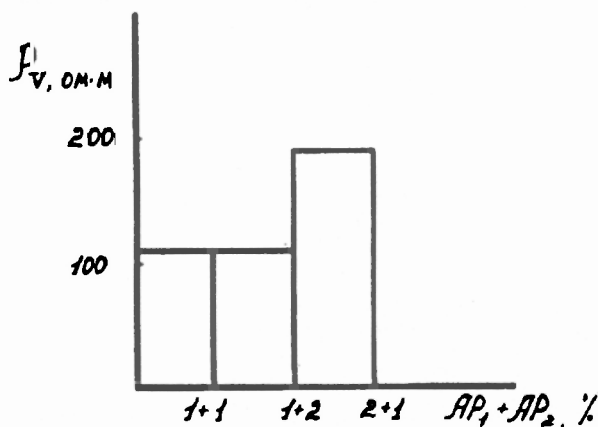


Рис. 6. Вплив бінарної суміші АР1 і АР2 на показник композиції Φ2.

Φ2 домішок АР1 і АР2 сприяє підвищенню провідності, причому оптимальні результати отримані при невеликих кількостях модифікаторів (0,5 — 1%). На рис.6 показано, як впливає комплексна дія суміші АР1 та ПАР2 на провідність шару з Φ1. Максимум провідності встановлено при співвідношенні АР1 до ПАР2 як 3 до 3%.

Проведена робота дозволила здійснити оптимізацію композиції Ф2, компоненти якої випускаються промисловістю України. Планування та оптимізація виконувались за допомогою робочого пакета, побудованого в програмному пакеті «Суперкалк» методом повного факторного експерименту 2^3 . Параметрами оптимізації було обрано показник питомого об'ємного опору та показник гель-фракції, які регулюються факторами концентрації фотоініціатора, AP1 та AP2.

Результати оптимізації показали вплив взаємодії факторів, а також їх значення для досліджуваних параметрів. Отримано рівняння регресії для кожного параметра та визначено найоптимальніші концентрації фактора AP2 і суміші модифікаторів на параметр провідності.

Таким чином, регулюванням співвідношення трьох компонентів можна досягти зміни термодинамічного напруження системи в потрібному напрямку, викликати міжфазові взаємодії полімеру з наповнювачем і отримати високі показники електропровідності з потрібним ступенем фотохімічних перетворень. Оптимальні значення компонентів: фотоініціатор — 2%, AP1 — 1%, AP2 — 1%.

Проведено графічну обробку результатів оптимізації у програмному пакеті «Графер» і їх графічне відтворення в пакеті «Сюрфер» з визначенням ефектів попарної взаємодії факторів. Просторове зображення зміни показника ρ_v в діапазоні взаємодії двох факторів (концентрації AP1 та AP2) подано на рис.7. Це дозволило виявити

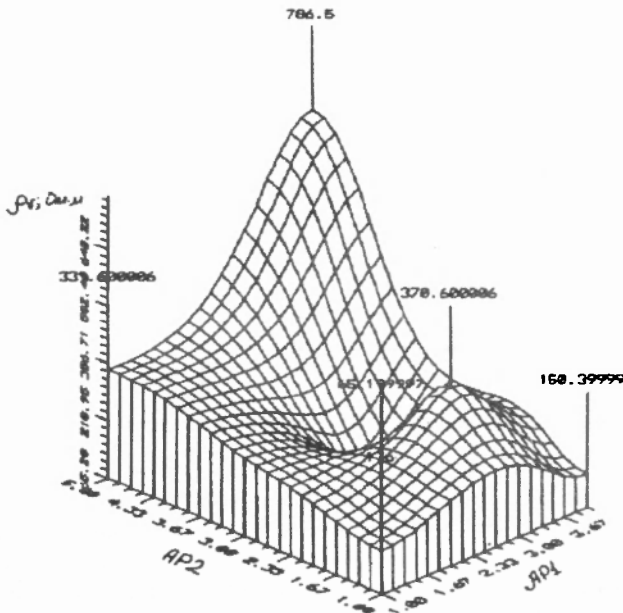


Рис. 7. Просторове зображення розподілу в межах змін AP1 і AP2.

декілька ділянок з потрібним значенням показника ρ_v , що не було встановлено плануванням експерименту. Таким чином, отримана некореляційна залежність провідності шару від дії модифікаторів.

Так, область найоптимальніших значень показника ρ_v знаходиться в досить вузькому інтервалі концентрацій домішок: для $\rho_v = 65,3 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ — це $AP1 = 2,8 - 3,2\%$, $AP2 = 2,8 - 3,1\%$; для $\rho_v = 115,5 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ — $AP1 = 0,8 - 1,3\%$, $AP2 = 0,8 - 1,3\%$.

Подальші дослідження полягатимуть у вивченні впливу різних наповнювачів, способу їх отримання та ступеня дисперсності на електропровідні властивості полімерних композицій.

1. Кулезнев В.Н. Ассоциация макромолекул и ее влияние на взаимную растворимость полимеров // ВМС. А. 1993. Т. 35. № 2.
2. Полимерные смеси / Под. ред. Пола Д., Ньюмена С.Т. М., 1981.
3. Сисюк В.Г., Карпенко В.С., Лазаренко Е.Т., Хомицька Л.І. Регулювання електрофізичних властивостей наповнених світлочутливих матеріалів // Поліграфія і видавнича справа. 1995. № 30.
4. Хомер Д., Биггерс Дж. Технология толсто пленочных интегральных схем. М., 1975.

Стаття надійшла до редакції 24.01.96