

УДК 544.032:541.64

*Олена АКСИМЕНТЬЄВА¹, Володимир ДУТКА¹, Юлія ГОРБЕНКО¹,
Галина МАРТИНЮК², Уляна РІЙ¹, Галина ГАЛЕЧКО¹*

КОМПОЗИТИ ЕЛЕКТРОПРОВІДНИХ ПОЛІАМІНОАРЕНІВ У МАТРИЦЯХ СТИРОМАЛЮ

¹Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Кирила і Мефодія, 6, 79005 Львів, Україна
e-mail: aksimen@ukr.net

²Рівненський державний гуманітарний університет,
вул. Остафова, 31, 33000 Рівне, Україна
e-mail: galmart@ulr.net

Вивчено електричні властивості і морфологію полімер-полімерних композитів на основі електропровідних поліаміноаренів – поліортотолуїдину, поліаніліну і поліортоанізидину в діелектричних матрицях стиромалю (кополімеру стирену з малеїновим ангідридом, СтМА). Вміст і хімічна будова електропровідного полімеру суттєво впливають на електропровідність і морфологію їхніх композитів із СтМА. Концентраційна залежність електропровідності композитів виявляє перколяційну поведінку зі значенням порогу перколяції на рівні 8–10 % вмісту поліаміноарену. За даними температурної залежності питомого опору підтверджено напівпровідниковий характер провідності композитів, водночас наявність стиромалю в композиті спричиняє збільшення енергії активації перенесення заряду порівняно зі спряженим поліаміноареном. Дослідження морфології плівкових композитів показало, що електропровідний полімер у матриці стиромалю формує власну перколяційну сітку, а канали провідності, контактуючи між собою, забезпечують підвищену провідність композитів порівняно з матрицею СтМА.

Ключові слова: полімерні композити, стиромаль, поліаміноарени, електропровідність, морфологія.

Струмопровідні композити на основі спряжених поліаміноаренів та еластичних полімерних матриць є представниками нового типу композиційних матеріалів, у яких на відміну від традиційних металічних наповнювачів (струмопровідних компонентів) використовують спряжені полімери з власною електронною провідністю [1–8]. Для отримання полімерних композитів такого типу широко застосовують як водорозчинні (ПВС, ПАК, ПМАК) полімерні матриці [1–4], так і нерозчинні у воді промислові полімери – поліметилметакрилат [5, 6], полістирен [7], полівініліденфторид [8] та інші. Перспективною матрицею для застосування у композитах може бути кополімер стирену з малеїновим ангідридом (СтМА – стиромаль) – відомий плівкоутворювач, який широко використовують у промисловості, є основою отримання іонно-обмінних смол, лакофарбових композицій та лікарських

препаратів [9–11]. Цей полімер частково розчиняється у воді і добре – в органічних та водно-органічних розчинниках. Сформовані на його основі композити з електропровідними полімерами можуть бути використані для отримання нових матеріалів для антистатичних покриттів, гнучких екранів, сенсорів та ін.

На відміну від відомих методів формування композитів шляхом механічного чи ультразвукового диспергування компонентів [4, 6], сучасним нанотехнологічним підходом є синтез електропровідного полімерного наповнювача безпосередньо в матриці полімеру (“*in situ*”) [2, 5]. Цим методом отримують полімер-полімерні композити з упорядкованою структурою, а також нанорозмірні композити, які не можна отримати з готових полімерів унаслідок нерозчинності одного з них [12]. Спряжені поліаміноарени – поліанілін і його похідні – нерозчинні у воді та у більшості органічних розчинників, натомість володіють власною електронною провідністю і можуть бути електропровідними наповнювачами полімерних композитів [1, 2, 4].

Мета нашої праці – дослідити фізико-хімічні властивості електропровідних полімерних композитів на основі СтМА як полімерної матриці і поліаміноаренів – поліортогалогенідину (ПоТ), поліортоанізидину (ПоА), поліаніліну (ПАН) як електропровідних полімерних наповнювачів, використовуючи метод полімеризації аміноаренів різної будови “*in situ*” в розчині (гелі) стиромалю.

Експериментальна частина

Стиромаль – це продукт кополімеризації стирену і малеїнового ангідриду, структурну формулу якого зображено на рис. 1. Кополімер СтМА синтезовано традиційним методом радикальної кополімеризації еквімолярної суміші стирену і малеїнового ангідриду в розчині бензену [11]. Як ініціатор, використано пероксид бензоїлу [9]. Молекулярна маса СтМА, визначена віскозиметрично [10], становила $5,6 \times 10^4$.

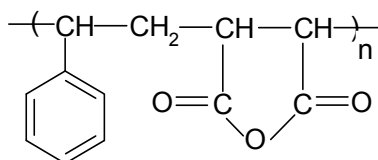


Рис. 1. Структурна формула елементарної ланки кополімеру СтМА.

Fig. 1. Structural formula of the elementary link of StMA copolymer.

Як електропровідні полімерні наповнювачі, використовували спряжені поліаміноарени – поліанілін та його похідні, що містять замісник у бензольному ядрі. Хімічну структуру елементарної ланки поліаміноаренів зображено на рис. 2.

Синтез полімер-полімерних композитів проводили шляхом окисної полімеризації аміноаренів у розчинах стиромалю різної концентрації у змішаному розчиннику вода-діоксан (1:1) в присутності еквімолярних кількостей окисника (персульфат амонію) та 0,5 М толуенсульфокислоти (ТСК). Реакцію проводили за температури 293–295 К упродовж 24 год. Вибір експериментальних умов ґрунтувався на раніше проведених дослідженнях [9], у яких встановлено область концентрацій стиромалю й аміноарену (5–70%), тривалість процесу і температуру синтезу, за яких формувались полімер-полімерні композити. Ступінь перетворення аміноаренів у полімер, за даними гравіметричного аналізу, становив близько 96 %.

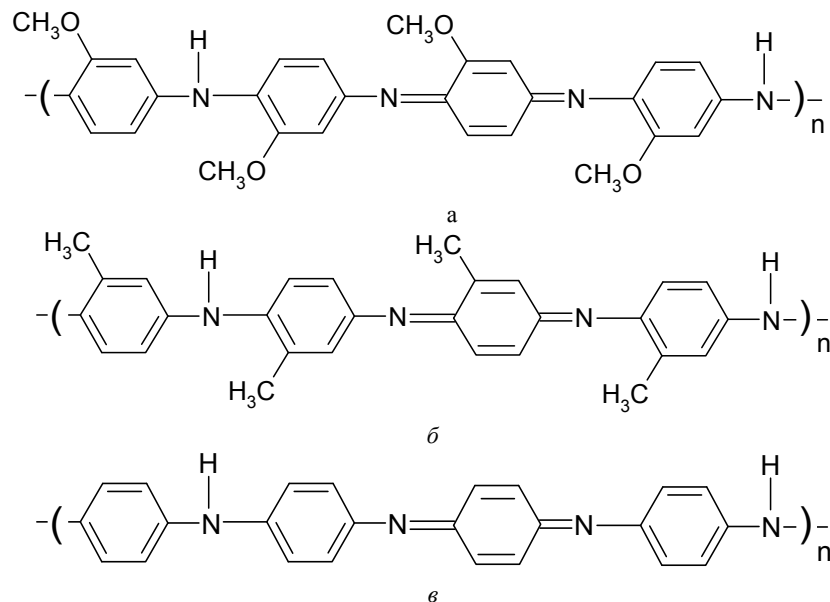


Рис. 2. Хімічна структура елементарної ланки поліаміноаренів: *a* – поліортоанізидин, *б* – поліортотолуїдин, *в* – поліанілін.

Fig. 2. The chemical structure of the elementary link of polyaminoarenes: *a* – polyorthoanisidine, *b* – polyorthotoluidine, *c* – polyaniline.

Плівкові зразки товщиною до $0,5 \pm 0,05$ мм формували на поверхні предметного скла або тефлону шляхом поливу полімеризаційної суміші та її монолітизації у вакуумі впродовж 72 год за температури 293 К та 8 год при 323 К.

Електропровідність полімерів та полімерних композитів визначали за стандартним двоконтактним методом [4, 6] за температури $T = 293$ К. Для вивчення температурної залежності опору виміри проводили в умовах динамічної зміни температури зі швидкістю 5 град./хв. Зразок у вигляді спресованої під тиском 10 кг/см^2 таблетки ($d = 2$ мм, $h = 2$ мм) поміщали у кварцовий циліндр між двома нікелевими дисковими контактами з вмонтованою термопарою. Електричний опір фіксували за цифровим вольтметром-омметром В7-35. Для вимірювання високих опорів (понад 1010 Ом) застосовували тераомметр Е6-ІЗА. Нагрівання зразка забезпечували пічкою, змонтованою на кварцовому циліндрі.

Зображення поверхні полімерних композитів на основі стиромалю та поліаміноаренів отримували за допомогою оптичного мікроскопа “Micromed” з цифровою фотокамерою Nicon-2500”, збільшення 600 разів.

Результати і обговорення.

У процесі формування полімер-полімерних композитів полімеризаційним методом можливі різноманітні механізми утворення і самоорганізації електропровідної фази, яка складається з фрагментів спряжених поліаміноаренів. Використані в роботі аміноарени відрізняються наявністю та природою замісника бензольного кільця, причому замісник розташований в орто-положенні стосовно аміногрупи. В молекулі о-анізидину таким замісником є електрондонорна метоксильна група $-\text{OCH}_3$.

Відомо, що наявність метоксильного замісника в молекулах полімерів та низькомолекулярних речовин часто спричиняє пластифікуючу дію, а у випадку спряжених поліаміноаренів зумовлює навіть деяку розчинність полімеру в органічних розчинниках [13, 14] на відміну від ПАН. У випадку метильного замісника – CH_3 , який знаходиться в орто-положенні до аміногрупи у молекулі о-толуїдину, його наявність зумовлює гідрофобні властивості аміноарену та здатність сегментів ланцюга поліортотолуїдину до торсійного обертання [15, 16], що також підвищує його здатність до розчинення у традиційних розчинниках. На основі цього, варто чекати сприятливих умов формування композитів у змішаному водно-органічному розчиннику та впливу природи мономера на структуру, морфологію та електропровідність композитів стиромаль-поліаміноарен.

Кополімер СтМА характеризується досить високими значеннями питомого опору (понад 10^{15} Ом·см). Формування електропровідного полімерного наповнювача (ПоТ, ПАН або ПоА) у процесі полімеризації аміноаренів у матриці СтМА приводить до отримання полімерного композита, здатного проводити електричний струм. Як бачимо з даних табл. 1, питомий опір композита зменшується майже на 8–9 порядків порівняно з опором СтМА, не досягаючи, однак, значень, притаманних електропровідному наповнювачу.

Відомо, що під час уведення в діелектричну полімерну матрицю електропровідного наповнювача залежність електропровідності σ від об'ємного вмісту наповнювача φ є нелінійною [17–19]. За малого вмісту наповнювача величина σ близька до провідності чистого полімеру (σ_0), у цьому випадку частинки або агрегати частинок ізольовані одна від одної.

Таблиця 1

Вплив вмісту поліаміноарену на питому провідність композитів стиромаль-поліаміноарен

Table 1

Influence of polyaminoarene's content on specific conductivity of the composites styromal-polyaminoarene

Поліаміноарен, допант	Вміст поліаміноарену мас. %	Питомий опір, ρ_{293} , Ом·см
ПоТ–ТСК	0	$2 \cdot 10^{15}$
	10	10^{15}
	20	$9,82 \cdot 10^6$
	25	$3,48 \cdot 10^6$
	50	$2,12 \cdot 10^6$
	76	$1,10 \cdot 10^6$
	100	$1,26 \cdot 10^4$
ПоА–ТСК	8	$5,4 \cdot 10^{14}$
	11	$2,6 \cdot 10^6$
	20	$8,85 \cdot 10^4$
	33	$2,42 \cdot 10^5$
	48	$6 \cdot 10^7$
	100	$8,3 \cdot 10^4$
ПАН–ТСК	8,4	$8,6 \cdot 10^{14}$
	22	$1,53 \cdot 10^6$
	32	$1,63 \cdot 10^6$
	45	$1,31 \cdot 10^6$
	100	$2,5 \cdot 10^4$

Збільшення вмісту наповнювача призводить до різкого переходу з непровідного у провідний стан на порозі перколяції $\varphi = \varphi_c$ з відповідним значенням провідності (σ_c) внаслідок формування нескінченного кластера провідності [17, 19]. За даного значення φ досягається граничний вміст наповнювача в полімерній матриці, усі частинки стають провідними, а композиція має максимальну провідність σ_m .

Напівлогарифмічна залежність питомої провідності синтезованих композитів на основі СтМА від об'ємної концентрації поліаміноаренів має перколяційний характер (рис. 3, а, б, в).

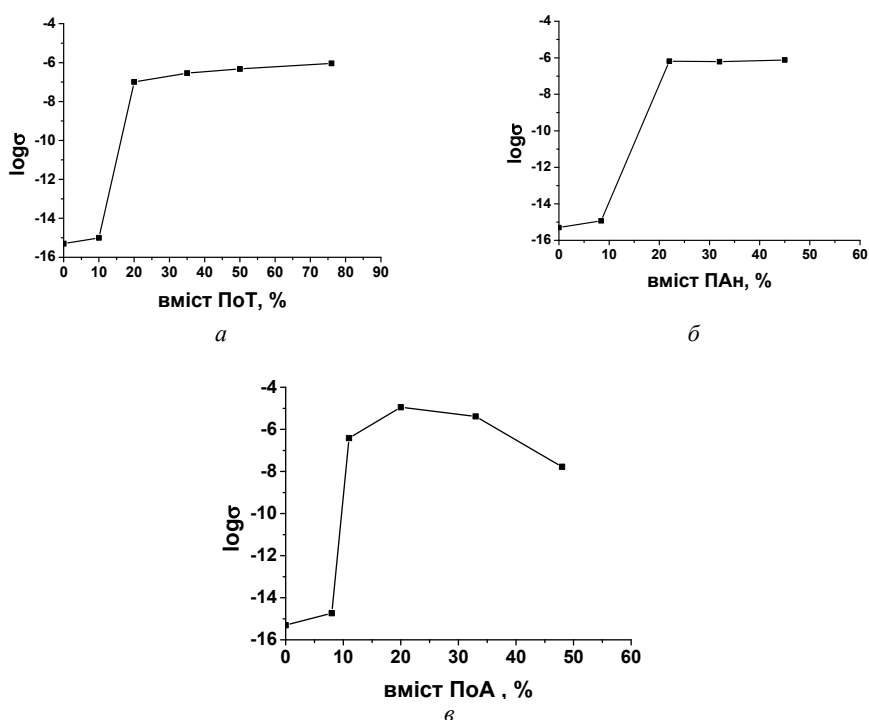


Рис. 3. Залежність логарифму питомої електропровідності композитів на основі СтМА від об'ємної концентрації поліаміноарену: а – ПоТ, б – PAn, в – PoA.

Fig. 3. Dependence of the logarithm of the specific conductivity of composites based on StMA on the volume concentration of polyaminoarene: a – PoT, b – PAn, c – PoA.

Як бачимо з рис. 3, за збільшення вмісту електропровідного наповнювача питома провідність композитів на основі СтМА різко зростає. Досягненню порогу перколяції $\varphi = \varphi_c$ відповідають концентрації ПоТ – 10 %, PAn – 8,4 % та PoA – 8 %. Максимальна провідність σ_m композитів залежить від типу поліаміноарену як електропровідного наповнювача і становить $9,09 \cdot 10^{-7}$ (СтМА–ПоТ), $1,13 \cdot 10^{-5}$ (СтМА–PoA) і $7,63 \cdot 10^{-7}$ См/см для композита СтМА–PAn. Водночас значення питомої провідності (або питомого опору), характерні для індивідуальних наповнювачів ПоТ і PAn (див. табл. 1), не досягаються. Характер концентраційної

залежності провідності σ_c залежить від типу поліаміноарену, і для композитів СтМА–ПоА після досягнення максимального значення σ_m при 20 % ПоА питома провідність спадає (рис. 3, в). З іншого боку, цей композит має найвищу з досліджених зразків електричну провідність, і при 20 % вмісті наповнювача в композиті значення σ_m наближаються до значень, властивих “чистому” наповнювачу (див. табл. 1, рис. 3, в).

Ймовірно, така поведінка пов’язана з тим, що ПоА–ТСК утворює окрему фазу [10], можливо, внаслідок специфічної міжмолекулярної і міжфазової взаємодії з макромолекулами стиромалю. Властивості цієї фази, головню, ідентичні індивідуальному наповнювачу ПоА, і значення електропровідності полімеру в композиті і самого наповнювача дуже близькі. Однак за великих вмістів цієї фази порушується цілісність композита, змешується щільність контакту частинок, що спричиняє зростання його електроопору і, відповідно, зменшення провідності [4].

Температурна залежність питомого опору композитів стиромаль-поліаміноарен має складний характер (рис. 4). З ростом температури опір як поліаміноаренів (рис. 4, а), так і їхніх композитів з СтМА (рис. 4, б) спадає за експоненціальним законом:

$$\rho = \rho_0 \cdot \exp(E_a/2kT), \quad (2)$$

де E_a – енергія активації перенесення заряду, ρ_0 – приведений опір, k – стала Больцмана, T – температура.

Лінійна залежність логарифму питомого опору від оберненої температури для поліаміноаренів простежується в температурному інтервалі 293–423 К, тоді як для композитів – тільки до $T = 373$ К (рис. 4, б), вище якої після перехідної області відбувається зростання опору.

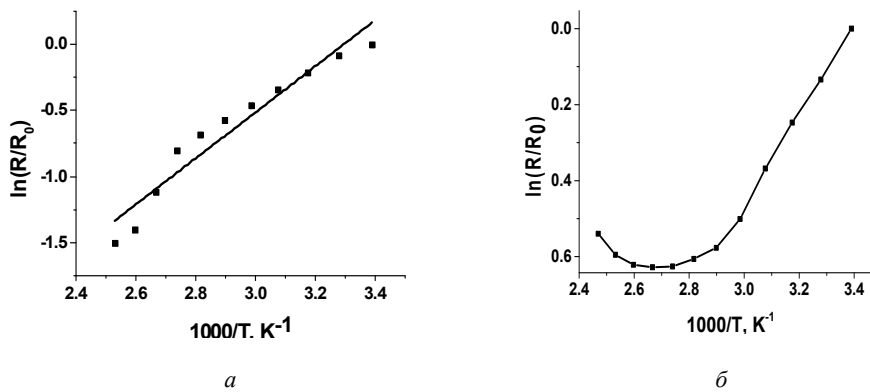


Рис. 4. Температурна залежність питомого опору: а – ПоТ; б – СтМА(80 %)–ПоТ(20 %).

Fig. 4. Temperature dependence of specific resistance: a – PoT; b – StMA (80%)–PoT (20%).

Збільшення омичного опору композита при $T > 373$ К зумовлено порушенням термічної стійкості полімерної матриці СтМА [11] і руйнуванням структури композитів.

На основі температурної залежності питомого опору знайдено, що наявність СтМА не змінює напівпровідникового характеру провідності, проте спричиняє зростання енергії активації перенесення заряду, наприклад, від $E_a = 0,30 \pm 0,02$ eV (100 % ПоТ) до $E_a = 0,78 \pm 0,04$ eV (20 % ПоТ, 80 % СтМА). Визначені параметри перенесення заряду свідчать, що отримані композити СтМА з поліаміноаренами, як і подібні до них композити [4, 6, 18], є типовими органічними напівпровідниками. Водночас природа поліаміноарену зумовлює особливості як електричних, так і морфологічних властивостей композитів.

Незаміщений аміноарен – анілін – має високу реакційну здатність і полімеризується у водно-діоксановому розчині стиромалю під дією персульфату амонію за відомим механізмом окисного сполучення [2, 5], що передбачає окиснення аміноарену з утворенням катіон-радикалів, здатних до хіноїдної ізомеризації, та їх послідовному сполученню в пара-положенні з утворенням полімерного ланцюга. Залежно від вихідної концентрації мономера можна спостережувати різні морфологічні особливості утвореної плівки (рис. 5).

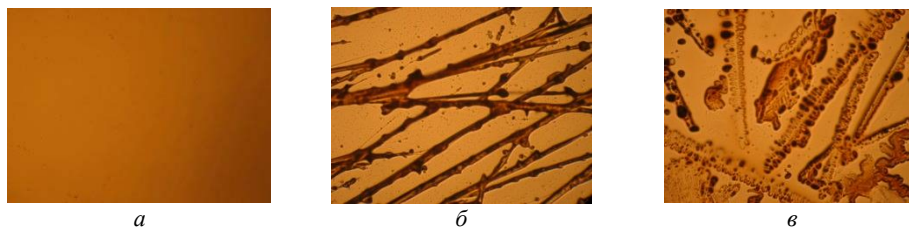


Рис. 5. Мікрофотографії плівок композитів СтМА–ПАН при різних вмістах ПАН: a – 8,4 %; b – 15,5 %; c – 31,5 %.

Fig. 5. Microphotographs of StMA–PAn composite films with different contents of PAn: a – 8,4 %; b – 15,5 %; c – 31,5 %.

За невеликих концентрацій поліаніліну (до досягнення ϕ_c) утворений провідний полімер рівномірно розподіляється в матриці стиромалю (рис. 5, a). За збільшення концентрації утворюються лінійні, майже нерозгалужені ланцюжки (фібрили), які створюють канали провідності (рис. 5, b) і забезпечують суттєве зменшення питомого опору композитів. За вищих концентрацій полімеру відбувається розширення провідних каналів з утворенням ламельних ділянок (рис. 5, c). Композит сягає максимальної провідності.

Якщо ж електропровідна полімерна фаза формується з *o*-анізидину, морфологія плівок значно змінюється (рис. 6, a – c). За малих концентрацій анізидину в матриці стиромалю формування електропровідного полімеру відбувається у вигляді окремих областей. Якщо концентрація мономера зростає вдвічі (20 %), простежується утворення розгалужених ланцюжків провідності, ріст яких відбувається переважно в одному напрямі, з утворенням фрактальних структур (рис. 6, b). За концентрації анізидину 26,8 % утворюється суцільна композитна структура СтМА–ПоА (рис. 6, c).

Цікава поведінка простежується у випадку композитів СтМА і поліортотолуїдину. Якщо за невеликих концентрацій полімеру формуються окремі глобулярні утворення (розміром від 0,03 до 0,5 мкм), вкраплені в матрицю СтМА (рис. 7, a),

то за великих концентрацій ПоТ така структура трансформується в розгалужену багатоканальну перколяційну сітку з численними каналами провідності (рис. 7, б).

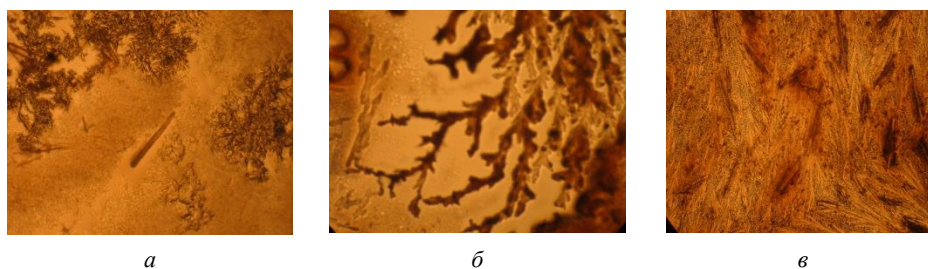


Рис. 6. Мікрофотографії плівок композитів СтМА-ПоА за різних вмістів ПоА:
а – 10,9 %; б – 19,6 %; в – 26,8 %.

Fig. 6. Microphotographs of StMa-PoA composite films with different contents of PoA:
a – 10.9 %; b – 19.6 %; c – 26.8 %.

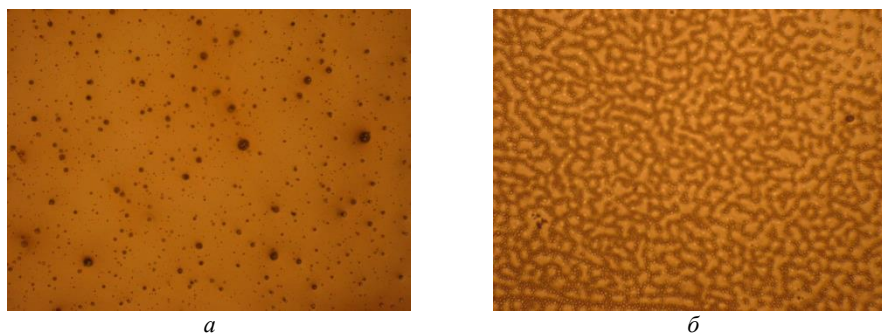


Рис. 7. Мікрофотографії плівок композитів СтМА-ПоТ за різних вмістів ПоТ:
а – 9,7 %; б – 24,3 %.

Fig. 7. Microphotographs of composite StMa-PoT films with different contents of PoT:
a – 9.7 %; b – 24.3 %.

На основі отриманих даних можна зробити висновок, що в кожному окремому випадку існує оптимальна концентрація поліаміноарену, за якої відбувається максимальна взаємодія електропровідного полімеру зі стиромалем. Природа цієї взаємодії доволі складна, проте можна припустити, що матриця стиромалу є “м’яким шаблоном” або темплатом під час формування композиційного матеріалу, де наявний “матричний ефект” [12]. Молекули мономера – аміноарену – містять у своїй структурі аміногрупу з основними властивостями, отже, можлива взаємодія аміногруп поліаміноарену з кислотними групами малеїнового ангідриду. Унаслідок такої взаємодії утворюється композиційна структура, де електропровідний полімер формується “від” початково прищепленого до матриці стиромалу фрагмента й утворює власну дендритну сітку, а за досягнення критичної концентрації (порогу

перколяції) формується нескінчений кластер провідності. Це припущення доводять результати оптичної мікроскопії (рис. 5–7), згідно з якими електропровідний полімер у матриці стиромалю формує власну перколяційну сітку, а канали провідності, контактуючи між собою, забезпечують підвищену провідність композитів порівняно з матрицею СтМА.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Mirmchseni A., Wallace G. G.* Preparation and characterization of processable electroactive polyaniline–polyvinyl alcohol composite // *Polymer*. – 2003. – Vol. 44. – P. 3523–3528.
2. *Hoa C. H., Liub C. D., Hsieha C. H., Hsiehb K. H., Lee S. N.* High dielectric constant polyaniline/poly(acrylic acid) composites prepared by in situ polymerization // *Synthetic Metals*. – 2008. – Vol. 158. – P. 630–637.
3. *Smirnov M. A., Bobrova N. V., Dmitriev I. Yu., Bukolšek V., Elyashevich G. K.* Electroactive hydrogels based on poly(acrylic acid) and polypyrrole // *Polymer Science, Ser. A*. – 2011. – Vol. 53, № 1. – P. 67–74.
4. *Українець А. М., Аксіментьєва О. І., Мартинюк Г. В., Конопельник О. І., Євчук О. М.* Термомеханічні і електричні властивості композитів спряжених поліаміноаренів з полівініловим спиртом // *Вопросы химии и химической технологии*. – 2004. – Т. 3. – С. 132–135.
5. *Мартинюк Г., Аксіментьєва О., Конопельник О., Польовий Д.* Електрохімічний синтез і оптичні властивості композитів спряжених поліаміноаренів з поліметилметакрилатом // *Вісник Львівського університету. Сер. хім.* – 2010. – Вип. 51. – С. 366–371.
6. *Aksimentyeva O., Koponelyuk O., Oraynych I., Tsizh B., Ukrainets A., Ulansky Y., Martyniuk G.* Interaction of components and conductivity in polyaniline-polymethylmethacrylate nanocomposites // *Rev. Adv. Mater. Sci.* – 2010. – Vol. 23. – P. 14–34.
7. *Tarkuc S., Sahin E., Toppare L., Colak D., Cianga I., Yagci Y.* Synthesis, characterization and electrochromic properties of a conducting copolymer of pyrrole functionalized polystyrene with pyrrole // *Polymer*. – 2006. – Vol. 47. – P. 2001–2009.
8. *Лисенков Е.А., Лобков С.В., Гомза Ю.П., Кленко В. В., Рехтета М. А., Пуд О. А., Фатеева К. Ю., Носков Ю. В.* Структура та перколяційні властивості композитів на основі полівініліденфториду і допованого поліаніліну // *Полімерний журнал*. – 2011. – Т. 33, № 4. – С. 322–327.
9. *Рій У., Дутка В., Аксіментьєва О.* Синтез і електричні властивості композитів стиромалю з поліортотолуїдином // *Міжнар. наук. конф. мол. учених з хімії і технології полімерів: Львівська політехніка, Львів, 24–26 листопада 2011 р.* – С. 14–15.
10. *Тюрина Т. Г., Зайцева В. В., Булавин А. В., Гайнулина М. Р.* Синтез и этерификация сополимеров стирола с малениновым ангидридом // *Вопросы химии и химической технологии*. – 2008. – № 2. – С. 78–81.
11. *Абдрашитов Я. М., Семенова Л. Г., Шаповалов В. Д., Курганов И. В., Курганова В. В., Шаповалова Е. В., Шергенг Н. А., Мудрик Т. П.* Получение низкомолекулярного сополимера маленинового ангидрида со стиролом в гомогенном растворителе // *Международный журнал экспериментального образования*. – 2015. – № 9. – С. 106–110.
12. *Кабанов В. А., Паписов И. М.* Комплексообразование между комплементарными синтетическими полимерами и олигомерами в разбавленных растворах // *Высокомолекулярные соединения. Сер. А*. – 1979. – Т. 21, №2. – С. 243–281.
13. *Аксіментьєва О. І.* Електрохімічні методи синтезу і провідність спряжених полімерів // *Львів.: Світ*. – 1998. – 154 с.

14. *Saharan R., Kaur A., Dhawan S. K.* Synthesis and characterization of poly(o-metoxu aniline) and its copolymer for electrochromic device energy application // *Indian Journal of Pure&Applied Physics.* – 2015. – V. 53. – P. 316–319.
15. *Капралова В. М., Косяков В. И.* Химия и физика макромолекул // С. Петербург: Изд-во Политехнического ун-та – 2008. – 327 с.
16. *Khan A. A., Shaheen S.* Electrical conductivity, isothermal stability and amine sensing studies of a synthetic poly-otoluidine/multiwalled carbon nanotube/Sn(IV) tungstate composite ion exchanger doped with p-toluene sulfonic acid // *Anal. Methods.* – 2015. – Vol. 7. – P. 2077–2086.
17. *Мамуня Є. П., Юрженко М. В., Лебедєв Є. В., Левченко В. В., Черваков О. В., Матковська О. К., Свердліковська О. С.* Електроактивні полімерні матеріали // К.: Альфа Реклама. – 2013. – 402 с.
18. *Aksimentyeva O. I., Konopel'nik O. I., Shapovalov V. A., Yurkiv V. V., Martiniyk G. V.* Percolation phenomena and spin dynamics PANI-PMMA blends // *Molec.Cryst.&Liq.Cryst.* – 2007. – Vol. 468. – P. 309–316.
19. *Тарасевич Ю. Ю.* Перколяция. Теория. Приложение. Алгоритмы // М.: Химия. – 2002. – С. 110.

SUMMARY

Olena AKSIMENTYIEVA¹, Volodymyr DUTKA¹, Yulia HORBENKO¹, Halyna MARTYNYUK², Ulyana RIY¹, Halyna GALECHKO¹

COMPOSITES OF THE CONDUCTIVE POLYAMINOARENES IN THE MATRIX OF STYROMAL

¹*Ivan Franko National University of Lviv,
Kyryla and Mehofdia Str., 6, 79005 Lviv, Ukraine
e-mail: aksimen@ukr.net*

²*Rivne State Humanitarian University,
Ostafova, 31, 33000 Rivne, Ukraine
e-mail: galmart@ulr.net*

The electrical properties and morphology of polymer-polymer composites based on conducting polyaminoarenes – polyorthotoluidine, polyaniline and polyorthoanisidine in dielectric matrices of styromal (styrene copolymer with maleic anhydride, StMA) have been studied. Synthesis of polymer-polymer composites was conducted by oxidative polymerization of aminoarenes in styromal solutions of various concentrations in a mixed solvent of water-dioxane (1:1) in the presence of equimolar amounts of oxidant (ammonium persulfate) and 0.5 M toluensulphonic acid. The content and chemical structures of the conductive polymer exert significant influence on morphology and conductivity of the StMA composites. Concentration dependence of the electrical conductivity of composites reveals percolation behavior with the value of percolation threshold at 8–10 % content of polyaminoarenes. According to the temperature dependence of the resistivity it has been confirmed the semiconductor character of conductivity of composites, while the presence of styromal in the composite causes the increasing of activation energy of charge transfer compared to conjugated polyaminoarene. The study of the morphology of film composites has showed that the conducting polymer in the matrix of styromal forms its own percolation net. Channels of conductivity, contacted with each other, provide enhanced conductivity of composites compared with StMA matrix.

Keywords: polymer composites, styromal, polyaminoarenes, conductivity, morphology.

Стаття надійшла 27.03.2017.
Після доопрацювання 22.06.2017.
Прийнята до друку 20.08.2017.