ISSN 2078-5615. Вісник Львівського університету. Серія хімічна. 2016. Випуск 57. Ч. 2 С. 440–450
Visnyk of the Lviv University. Series Chemistry. 2016. Issue 57. Pt 2. P. 440–450

УДК 54.057 : 541.64 : 546.55/.59

СИНТЕЗ БІМЕТАЛЕВИХ НАНОЧАСТИНОК Ag_xCu_y СТАБІЛІЗОВАНИХ ПОЛІБУТИЛМЕТАКРИЛАТОМ ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ ЯК НАПОВНЮВАЧІВ ДЛЯ ЕЛЕКТРОПРОВІДНИХ КОМПОЗИЦІЙ

Л. Базиляк

Відділення фізико-хімії горючих копалин Інституту фізико-органічної хімії та вуглехімії ім. Л. М. Литвиненка Національної академії наук України, вул. Наукова, 3[a], Львів 79053, Україна
e-mail: bazyljak.L.I@nas.gov.ua

Запропоновано метод синтезу біметалевих наночастинок Ag_xCu_y з одночасною стабілізацією їхньої поверхні полібутилметакрилатом за умов гетерогенної нуклеації. Методом електронної мікроскопії досліджено форму і розмір синтезованих наночастинок Ag_xCu_y. З'ясовано, що всі отримані біметалеві наночастинки є кулеподібної форми з середнім діаметром 70 ± 30 нм. За допомогою рентгенофазового аналізу досліджено фазовий склад отриманих біметалевих наночастинок Ag_xCu_y і виявлено, що їхній елементний склад задовільно узгоджується з вихідним співвідношенням компонентів. Водночас доведено, що стабільність до окиснення синтезованих біметалевих наночастинок зростає зі збільшенням у них вмісту срібла, що може свідчити про утворення евтектичних сумішей срібла та міді. На підставі даних енергодисперсійного аналізу та ІЧ-спектроскопії отриманих продуктів запропоновано схему формування стабілізувальної оболонки на поверхні біметалевих наночастинок Ag_xCu_y, яка охоплює ініціювання процесу гідразил-радикалами та подальшу полімеризацію бутилметакрилату на поверхні частинки. Доведена можливість використання синтезованих наночастинок Ag_xCu_y як наповнювачів для електропровідних полімерних композицій, висока електропровідність яких забезпечується утворенням ланцюжків провідності за участю наночастинок Ag_3Cu.

Ключові слова: кінетика, біметалеві наночастинки, срібло, мідь, електропровідні композиції.

Полімери (як термопласти, так і реактопласти) є ізолювальними матеріалами і мають дуже низький рівень провідності (10^{-13}–10^{-17} См/см). Однак завжди цікавою була ідея надання полімерним матеріалам електро- та термопровідних характеристик зі збереженням притаманних їм фізико-механічних властивостей та методів їхньої переробки. Такий результат досягають створенням композиційних матеріалів, які містять дисперсні частинки наповнювача, що формують провідну фазу в ізолювальній полімерній матриці. Під час отримання композитів з високою питомою електропровідністю як наповнювачі часто використовують дисперсні частинки металів, зокрема, золота, срібла, міді [1–3]; у цьому разі найбільш економічно доцільним є використання власне срібла [3–4], оскільки за його відносної доступності (порівняно з благородними металами), цей метал має високу пластичність і стійкість до окиснення, а тому дисперсні частинки срібла є стійкими до дії високих температур, вологи й агресивних компонентів полімерних клеїв і покриттів. Вважають [5–7], що перенесення заряду в композиції відбувається по ланцюжках, які складаються з частинок наповнювача, між якими є безпосередній контакт, або завдяки емісії електронів через прошарки між провідними частинками [8–10].

© Базиляк Л., 2016

Питомий опір тривимірної ланцюжкової структури описують за рівнянням (1) [7], відповідно до якого питомий опір композиції лінійно зменшується зі зменшенням розміру частинок наповнювача:

$$\rho_{\upsilon} \approx 1{,}6\ (R_к D / \upsilon_н), \tag{1}$$

де D – діаметр частинок наповнювача; $R_к$ – контактний опір між частинками; $\upsilon_н$ – об'ємна частка наповнювача. Отже, зменшення розміру частинок наповнювача до нанорівня дає змогу забезпечити високу провідність композита за мінімальної кількості металевого наповнювача. Одним з перспективних напрямів сучасної нанохімії є синтез і дослідження бі- та поліметалевих наночастинок на основі металів підгрупи міді [1, 2, 11], серед яких наночастинки Ag_xCu_y за різного співвідношення компонентів заслуговують на особливу увагу з огляду на поєднання каталітичних та фізико-механічних властивостей, які є характерними для обох металів.

Нижче запропоновано метод синтезу біметалевих наночастинок Ag_xCu_y з одночасною стабілізацією їхньої поверхні полібутилметакрилатом і доведено можливість використання синтезованих частинок як наповнювачів для електропровідних полімерних композицій.

Для синтезу біметалевих наночастинок Ag_xCu_y використано нітрати срібла і міді (Merck, > 99 %), гідразин гідрат ("ч. д. а.", "Сфера Сім"), натрію гідроксид ("ч. д. а.", "Сфера Сім") без додаткового очищення. Для модифікації поверхні наночастинок срібла і міді застосовано бутилметакрилат (БМА) ("ч. д. а.", "Сфера Сім").

Для приготування металополімерних композитів використано суміш циклогексилметакрилату (ЦГМ) та α,ω-диметакрилоїл(тридіетиленоксидтерефталат)у (МГФ-9) (Merck, > 95 %); ініціаторами радикальної полімеризації слугували 2,2-диметокси-1,2-дифенілетан-1-он (IRGACURE 651) (мас. 2 % відносно мономеру) та пероксид бензоїлу (мас. 1 % відносно мономеру) (Merck, > 95 %); як структурувальний агент вибрано графіт ГЛ-1.

Електропровідні композиції готували за такою методикою. До 1 г суміші метакрилатів (ЦГМ та МГФ-9) за їх співвідношення 1 : 1 в ході неперервного перемішування послідовно вносили 1 г ГЛ-1 та 1 г синтезованих наночастинок Ag_3Cu. Для зниження в'язкості системи додавали бензол (0,2 мл). З метою кращого розподілу компонентів отриману композицію піддавали ультразвуковій обробці з використанням ультразвукової ванни "Кристалл–2" впродовж 15 хв, після чого отриману суміш наносили на мідну підкладку та опромінювали кварцовою ртутною лампою ДРТ-400 впродовж 20 хв. Для повного затвердіння мономерної композиції зразок витримували при 80 ºС упродовж 1 год. Для вимірювання питомого опору отриманого композита його поверхню полірували з використанням шліфувального паперу Р600, накривали попередньо підготованою свинцевою пластиною масою 95 г (навантаження на зразок становило 1 кг/см^2) і вимірювали опір з використанням цифрового мультиметра. Питомий опір композитів розраховували за формулою

$$\rho = \frac{R \cdot S}{\ell}, \tag{2}$$

де R – опір композиції; S і ℓ – площа і товщина композиції, відповідно.

Дослідження форми і розміру синтезованих наночастинок Ag_xCu_y, а також структури електропровідного композиту проводили за методом електронної мікроскопії

з використанням сканувального електронного мікроскопа EVO–40XVP (*Carl Zeiss*) (прискорювальна напруга – 0,2–30 кВ, кратність збільшення – 7–1000000, матеріал катода – вольфрам) із системою енергодисперсійного рентгенівського мікроаналізу INCA Energy 350 (з опцією кількісного аналізу елементів у діапазоні від бору до плутонію).

Рентгенофазовий аналіз синтезованих біметалевих наночастинок Ag_xCu_y проводили з використанням порошкового дифрактометра ДРОН–3,0 з Cu–K_α-випромінюванням.

Структуру стабілізувальної оболонки на поверхні біметалевих наночастинок Ag_xCu_y досліджували з використанням ІЧ-Фур'є спектрофотометра Nicolet IS10 (Thermo Scientific, France) (спектральний діапазон – 7 800–350 $см^{-1}$, роздільна здатність – 0,4 $см^{-1}$).

Біметалеві наночастинки Ag_xCu_y синтезували у водному середовищі при 20 ºС в скляному реакторі, обладнаному механічною мішалкою пропелерного типу з частотою обертання ротора 700–1 000 $хв^{-1}$. У ході постійного перемішування до 35 мл розчину солей $AgNO_3$ і $Cu(NO_3)_2$ за їхнього молярного співвідношення 1 : 3, 1 : 1 і 3 : 1 (сумарна кількість металів у всіх випадках становила 0,03 моль) послідовно з інтервалом 15–30 с додавали 5 мл БМА, 25 мл 5 М розчину NaOH і 4 мл гідразин гідрату. Після додавання до реакційної суміші гідразин гідрату відразу простежувалося інтенсивне виділення азоту і швидка коагуляція вихідного золю з утворенням чорного осаду. Через 5 хв після початку реакції перемішування суміші припиняли й витримували впродовж 30 хв для повного осадження утворених агломератів і розділення суміші на воду й бутилметакрилат. Надлишок бутилметакрилату відбирали з поверхні води піпеткою, після чого отриманий гідрофобний осад відділяли від реакційної суміші фільтруванням з використанням колби Бунзена та лійки Бюхнера, промивали дистильованою водою до зникнення запаху БМА та висушували під вакуумом при 50 ºС.

Форма і розмір синтезованих за цією методикою біметалевих наночастинок $AgCu_3$, AgCu та Ag_3Cu показані на рис. 1.

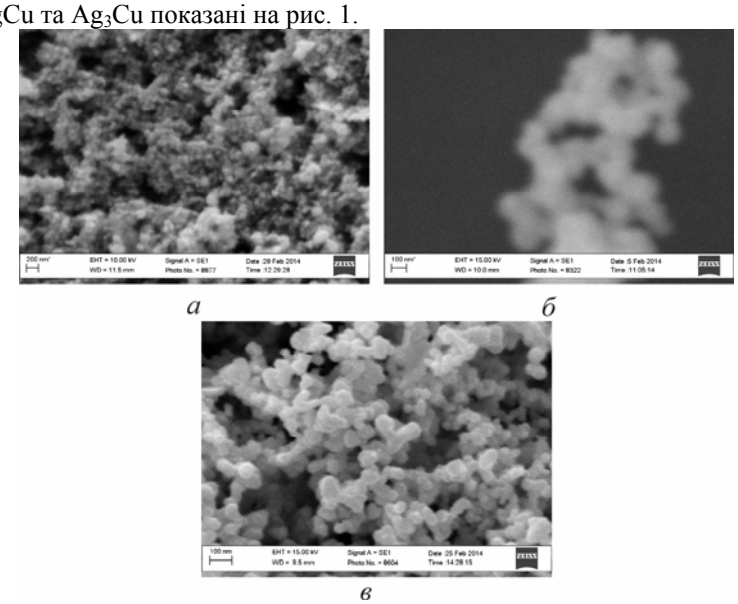


Рис. 1. СЕМ-зображення наночастинок $AgCu_3$ (*а*), AgCu (*б*), Ag_3Cu (*в*).

Як бачимо з рис. 1, всі отримані наночастинки є кулеподібної форми, а їхній середній діаметр становить 70 ± 30 нм.

Досліджено фазовий склад отриманих наночастинок (рис. 2). З'ясовано, що їхній елементний склад задовільно узгоджується з вихідним співвідношенням компонентів (Табл. 1).

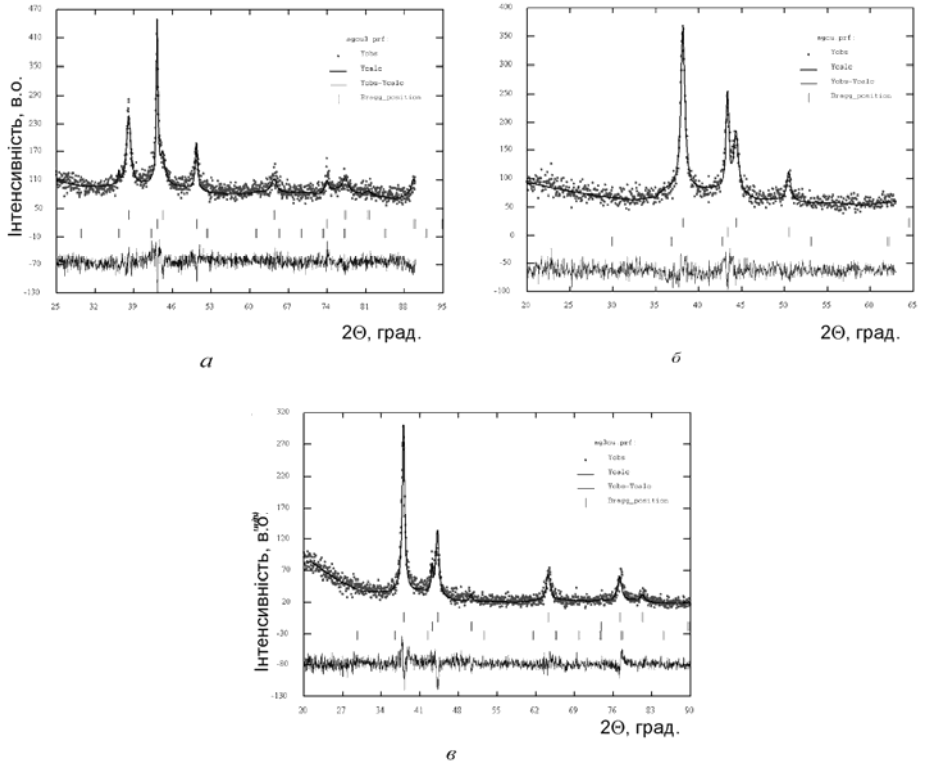


Рис. 2. Рентгенограми біметалевих наночастинок $AgCu_3$ (*а*), AgCu (*б*) та Ag_3Cu (*в*).

Таблиця 1

Кристалографічні параметри біметалевих наночастинок Ag_xCu_y

Ag / Cu	Фаза 1		Фаза 2	
	вміст фази 1	стала комірки	вміст фази 2	стала комірки
1 / 3	0,311	4,094	0,689	3,625
1 / 1	0,541	4,081	0,459	3,612
3 / 1	0,804	4,079	0,196	3,612

Водночас, згідно з літературними даними [12], за одночасного хімічного відновлення Ag^+ і Cu^{2+} утворюються евтектичні суміші міді й срібла, склад і властивості яких сьогодні активно досліджують [12–16]. Одним з доказів формування евтектичних сумішей срібла і міді є зростання стабільності отриманих біметалевих частинок [15–16]. У попередніх працях [17] ми дослідили стійкість отримуваних біметалевих наночастинок Ag_xCu_y і наночастинок міді до окиснення атмосферним киснем при 120 ºС. Виявлено, що окиснення всіх отриманих наночастинок відбувається з утворенням Cu_2O упродовж перших 2 год термообробки, причому зі збільшенням вмісту срібла в продукті

відношення Cu_2O/Cu зменшується від 0,54 для чистої міді до 0,129 для Ag_3Cu (рис. 3). Відповідно, вміст Cu_2O у зразку Ag_3Cu становить лише ат. 3,2 %, що робить можливим використання біметалевих частинок Ag_3Cu як металевого наповнювача для електропровідних полімер-металевих композитних матеріалів.

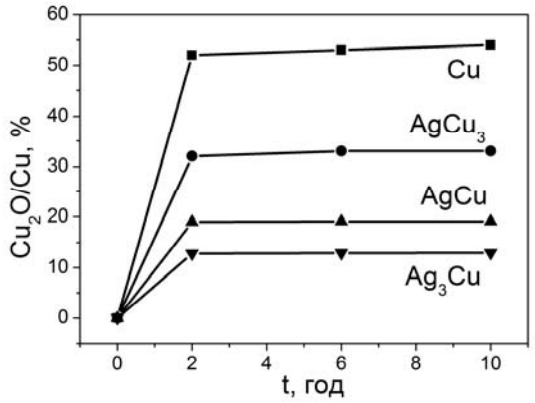


Рис. 3. Відносний вміст Cu_2O залежно від часу термообробки біметалевих наночастинок Ag_xCu_y [17].

Отримані наночастинки добре диспергуються в неполярних розчинниках (зокрема, в бензолі і ксилолі) з утворенням стабільних золів. Це свідчить про гідрофобність отриманих наночастинок, яку можна пояснити утворенням полімерного шару на їхній поверхні внаслідок полімеризації БМА на поверхні частинок.

Оскільки БМА є слабкою поверхнево-активною речовиною, то він адсорбується на поверхні золю прекурсору $AgOH$ / $Cu(OH)_2$. Реакція відновлення йонів металів гідразином відбувається в кілька стадій, а проміжними продуктами в таких реакціях є радикали $N_2H_3^{\bullet}$ [18–20], які можуть ініціювати процес полімеризації БМА [21, 22]. Водночас з урахуванням того, що характеристичний час життя радикалів $N_2H_3^{\bullet}$ є малим, а концентрація БМА в розчині нижча від його концентрації на поверхні частинок золю $AgOH$ / $Cu(OH)_2$, процес полімеризації буде локалізований лише в приповерхневому шарі. Отже, синтез біметалевих наночастинок срібла і міді з одночасною стабілізацією їхньої поверхні полібутилметакрилатом можна зобразити за допомогою схеми (рис. 4).

Зображена на рис. 4 схема формування біметалевих наночастинок Ag_xCu_y не суперечить літературним даним, зокрема [23, 24], у яких автори досліджували ініціювання полімеризації метилметакрилату системою $CuSO_4$ + N_2H_4 в лужному середовищі, зазначаючи, що частина утвореного полімеру адсорбується на поверхні золю $Cu(OH)_2$.

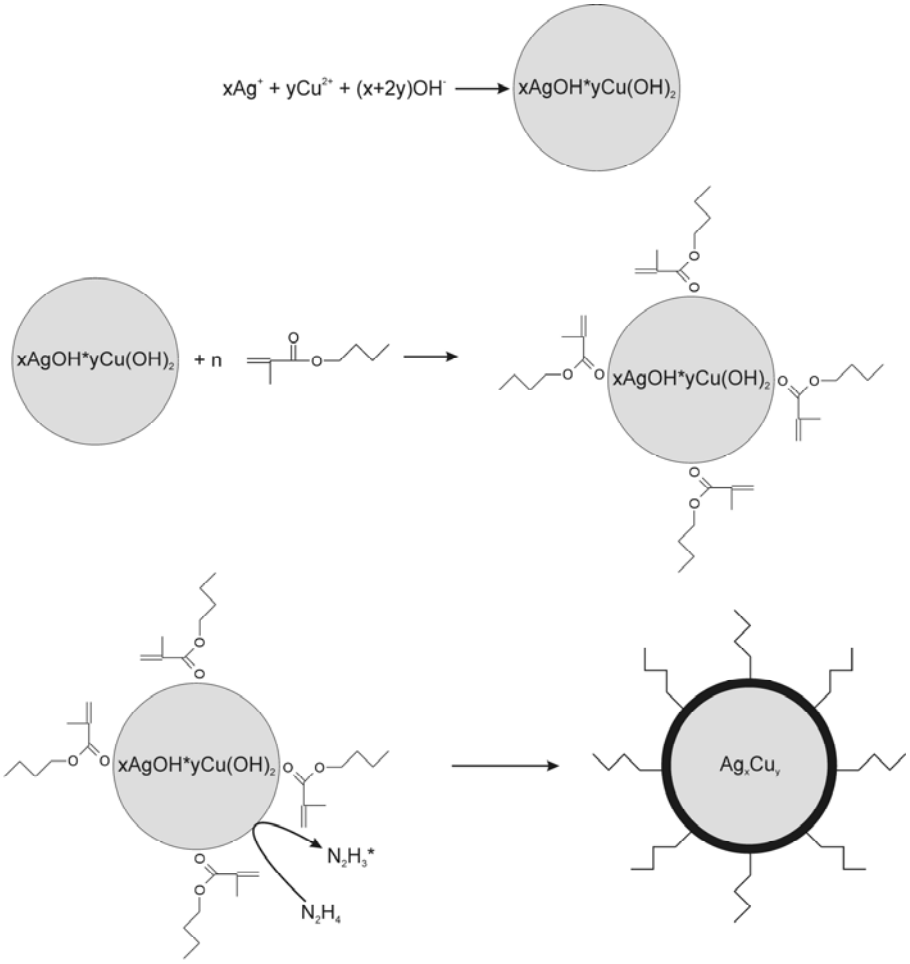


Рис. 4. Схема формування біметалевих наночастинок Ag_xCu_y з одночасною стабілізацією їхньої поверхні полібутилметакрилатом.

Отримані зразки досліджено з використанням енергодисперсійної спектроскопії, результати якої наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Елементний склад біметалевих наночастинок Ag_xCu_y

Зразок	Елементний склад, мас. %			
	Ag	Cu	C	O
$AgCu_3$	37,05	59,86	2,01	1,08
AgCu	63,09	34,18	1,61	1,12
Ag_3Cu	80,98	15,11	1,88	2,03

Як бачимо з табл. 2, у всіх зразках вміст вуглецю коливається в межах мас. 2 %, що підтверджує наявність органічної речовини на поверхні наночастинок. Водночас у зразках не виявлено азоту, а це засвідчує, що органічних похідних гідразину (зокрема гідразидів), які могли б адсорбуватися на поверхні і впливати на стабільність отриманих біметалевих наночастинок у процесі їхнього синтезу, немає.

Для ідентифікації органічної речовини отримані зразки досліджено з використанням ІЧ-спектроскопії. Однак, зважаючи на малу кількість (~1,5–2,5 мас. %) органічної речовини в отриманих зразках, смуги поглинання на ІЧ-спектрі (рис. 5) є досить слабкими, а тому можлива ідентифікація лише найбільш інтенсивних смуг поглинання, зокрема смуг, які є характерними для груп –COOR, $–CH_2–$, а також для валентних коливань групи –C=O інтеркомплексних сполук. З огляду на незначну кількість органічної речовини, яку піддають ідентифікації, умови виділення, очищення і висушування отриманого продукту, а також з урахуванням того, що смуги поглинання полімерів є набагато інтенсивнішими, ніж смуги поглинання відповідних їм мономерів, можна з деякою імовірністю припустити, що органічною речовиною на поверхні синтезованих біметалевих наночастинок Ag_xCu_y є полібутилметакрилат.

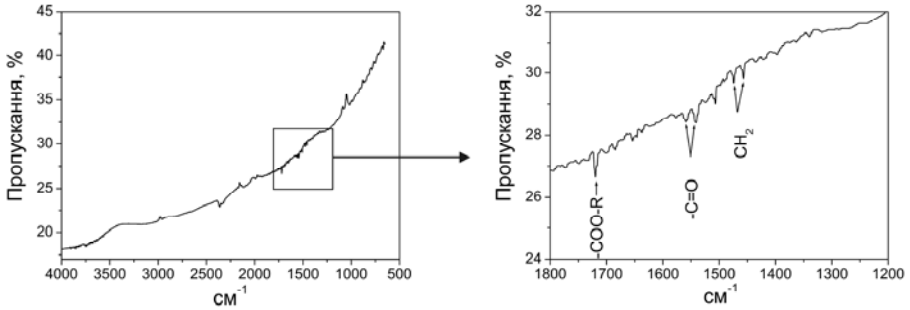


Рис. 5. ІЧ-спектр синтезованих наночастинок Ag_3Cu.

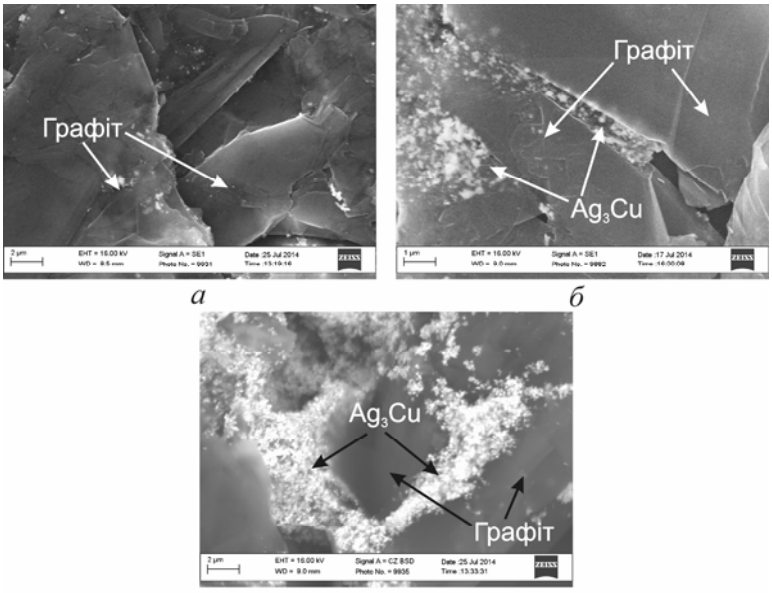
З метою підтвердження можливості ефективного використання синтезованих біметалевих наночастинок Ag_3Cu як наповнювачів для електропровідних композицій досліджено три системи на основі сумішей ЦГМ та МГФ-9, які підготовлені за описаною вище методикою, а їхній склад наведено в табл. 3.

Таблиця 3

Склад і електропровідність композицій на основі ЦГМ і МГФ-9 та синтезованих біметалевих наночастинок Ag_3Cu

Вміст компонентів суміші, % об.			Електроповідність σ, См/м
ЦГМ + МГФ-9	Графіт Гл-1	Ag_3Cu	
65,6	34,4	–	0,012
63,3	33,2	3,4	4,88
61,3	32,1	6,6	289,9

На рис. 6 показано СЕМ-зображення поверхонь зрізів композитів, наведених у табл. 3 систем, а на рис. 7 – карту елементів зрізу композита ЦГМ + МГФ-9 (61,3 % об.) + Гл-1 (32,1 % об.) + Ag_3Cu (6,6 % об.).



а *б* *в*

Рис. 6. СЕМ-зображення поверхонь зрізів композитів: ЦГМ + МГФ-9 (65,6 % об.) + Гл-1 (34,4 % об.) (*а*); ЦГМ + МГФ-9 (63,3 % об.) + Гл-1 (33,2 % об.) + Ag_3Cu (3,4 % об.) (*б*); ЦГМ + МГФ-9 (61,3 % об.) + Гл-1 (32,1 % об.) + Ag_3Cu (6,6 % об.) (*в*).

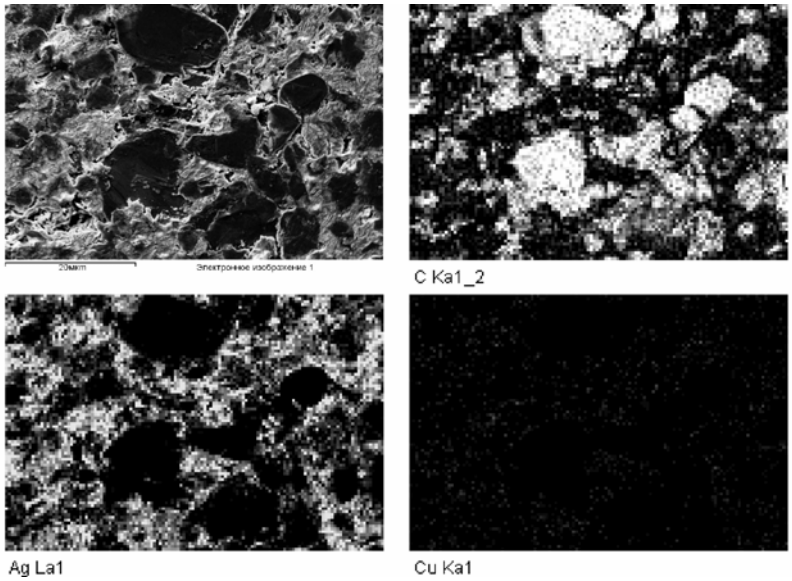


Рис. 7. Карта елементів зрізу композита ЦГМ + МГФ-9 (61,3 %) + Гл-1 (32,1 %) + Ag_3Cu (6,6 %).

Отже, з використанням сканувальної електронної мікроскопії з'ясовано, що завдяки наявності в системі мікрочастинок графіту відбувається структурування композита і формування тривимірної псевдоланцюгової структури [7], висока

електропровідність якої забезпечена утворенням ланцюжків провідності власне за участю синтезованих біметалевих наночастинок Ag_3Cu. У цьому разі різке зростання електропровідності композита з підвищенням вмісту в ньому наночастинок Ag_3Cu (див. табл. 3) спричинене формуванням перколяційних кластерів (див. рис. 6, *в*) і, відповідно, утворенням ланцюжків провідності за участю наночастинок Ag_3Cu (див. рис. 7). Цей факт доводить ефективність використання синтезованих наночастинок Ag_3Cu як металевих наповнювачів для електропровідних композицій.

[*]*Автор вдячний ст. наук. співроб., канд. техн. наук* ***С. А. Корнію*** *за сприяння в організації проведення досліджень у "Центрі електронної мікроскопії та рентгенівського мікроаналізу" при ФМІ ім Г. В. Карпенка НАН України, доценту кафедри фізичної та колоїдної хімії ЛНУ імені Івана Франка, канд. хім. наук* ***М. М. Яцишину*** *за сприяння в організації проведення ІЧ-спектроскопічних досліджень, а також інженеру Відділення ФХГК ІнФОВ НАН України* ***О. І. Побігун*** *за надану допомогу в процесі приготування електропровідних композицій.*

---

1. Пат. 8421231 США, кл. B2 (257/772, 257/E23.026, E23, 26; 977/773, 777, 784, 977/810 Electrically conductive composite / Kian–Hoon Peter Ho, Lay-Lay Chua, Sankaran Sivaramakrishnan, Perq Jon Chia N 11/988,183 заявл. 03.07.06; опубл. 16.04.13.
2. *Ferrando R., Julius Jellinek J., Johnston R. L.* Nanoalloys: From Theory to Applications of Alloy Clusters and Nanoparticles // Chem. Rev. 2008. Vol. 108(3). P. 845–910.
3. Пат. 3412043 США, кл. 523/220, 523/440, 523/457 Electrically conductive resinous compositions / Gilliland James R. заявл. 05.08.66; опубл. 19.11.68.
4. Пат. 8101097 США, кл. B2 252/514, 528/377, 422, 423; 106/1.18 Printable compositions containing silver nanoparticles, processes for producing electrically conductive coating using the same, and coating prepared thereby / Stefan Bahnmuller, Stefanie Eiden, Stephan Michael Meier, Dirk Storch, Bernard Dunkel N 12 / 466,636 заявл. 10.04.08; опубл. 19.02.13.
5. *Хольм Р.* Электрические контакты / Р. Хольм. М.: Издатинлит, 1961. 464 с.
6. *Bulgin D.* Electrically Conductive Rubber // Rubb. Chem. Technol. 1946. Vol. 19 (3). P. 667–697.
7. *Гуль В. Е., Шенфиль Л. З.* Электропроводящие полимерные композиции. М.: Химия, 1984. 240 с.
8. *Polley M. H., Boonstra B. B.* Carbon Blacks for Highly Conductive Rubber // Rubb. Chem. Technol. 1957. Vol. 30(1). P. 170–179.
9. *Van Beek L. K., Van Pul B. I. C. F.* Non–ohmic behavior of carbon black–loaded rubbers // Carbon. 1964. Vol. 2(2). P. 121–126.
10. *Van Beek L. K., Van Pul B. I.* Internal field emission in carbon black–loaded natural rubber vulcanizates // J. Appl. Polymer Sci. 1962. Vol. 6(2) P. 651–655.
11. *Bazylyak L., Kytsya A., Pobigun O.* AgCu nanoalloys as the fillers for poly(meth)-acrylic electroconductive composites // Book of abstracts of the VIII Ukrainian–Polish conference "Polymers of Special Applications": Bukovel, 2014. P. 12–15.

12. *Wang L., Xie H., Tian Z. et al.* One–step solution synthesis of Ag–Cu nanoalloys // Book of abstracts of Symposium on photonics and optoelectronic. Chengdu, China, 2010. P. 1–4.
13. *Kim Seah Tan K. S., Cheong K. Y.* Advances of Ag, Cu, and Ag-Cu alloy nanoparticles synthesized via chemical reduction route // J. Nanopart. Res. 2013. Vol. 15. P. 1537–1568.
14. *Shin K., Kim D. H., Lee H. M.* Catalytic characteristics of AgCu bimetallic nanoparticles in the oxygen reduction reaction // ChemSusChem. 2013. Vol. 6 (6). P. 1044–1049.
15. *Sopousek J., Pinkas J., Broz P. et al.* Ag-Cu colloid synthesis: bimetallic nanoparticles characterisation and thermal treatment // Journal of Nanomaterials. 2014. Vol. 2014. P. 1–13.
16. *Delsante S., Borzone G., Novakovic R. et al.* Synthesis and thermodynamics of Ag-Cu nanoparticles // Phys. Chem. Chem. Phys. 2015. Vol. 17. P. 28387–28393.
17. *Kytsya A., Koval'chuk I., Bazylyak L. et al.* Oxidative Stability of Nano Ag@Co Alloys. Book of abstracts of the XX International Conference on Physics and Chemistry of Solid. Lviv, 2015. P. 55–56.
18. *Hodges R. J., Pickering W. F.* The oxidation of hydrazine by silver(I) oxide // Aust. J. Chem. 1966. Vol. 19. P. 981–991.
19. *Kytsya A. R., Bazylyak L. I., Hrynda Yu. M., Medvedevskikh Yu. G.* The Kinetic Rate Law for the Autocatalytic Growth of Citrate–Stabilized Silver Nanoparticles // Int. J. Chem. Kinet. 2015. Vol. 47 (6). P. 351–360.
20. *Khan Z., Al-Thabaiti S. A., El-Mossalamy E. H., Obaid A. Y.* Studies on the kinetics of growth of silver nanoparticles in different surfactant solutions // Colloids and Surfaces B: Biointerfaces. 2009. Vol. 73. P. 284–288.
21. *Parravano G.* Polymerization induced by catalytic decomposition of hydrazine at palladium surfaces // J. Am. Chem. Soc. 1950. Vol. 72. P. 3856–3860.
22. *Das R. K., Palit S. R.* Aqueous polymerization initiated by hydrazine hydrate. Part I // Journal of Polymer Science Part C: Polymer Symposia. 1967. Vol. 16 (1). P. 141–158.
23. *Bond J., Lee P. I.* The cupric sulfate-hydrazine system as an initiator of vinyl polymerization. I. The polymerization of methyl methacrylate in aqueous solution in the presence of oxygen // J. Polymer Sci. A–1. 1969. Vol. 7 (1). P 379–385
24. *Bond J., Lee P. I.* Cupric sulfate-hydrazine system as an initiator of vinyl polymerization. II. Polymerization of methyl methacrylate in aqueous solution in the absence of oxygen // J. Polymer Sci. A–1. 1968. Vol. 6 (9). P 2621–2625.

SYNTHESIS OF BIMETALLIC NANOPARTICLES Ag_xCu_y STABILIZED BY POLYBUTYLMETHACRYLATE AND THEIR USE AS FILLERS FOR ELECTROCONDUCTIVE COMPOSITIONS

L. Bazylyak

Department of Physical Chemistry of Fossil Fuels
Institute of Physical Organic Chemistry and Coal Chemistry
named after L. M. Lytvynenko National Academy of Sciences of Ukraine,
Naukova Str., 3[a], 79053Lviv, Ukraine
e-mail: bazyljak.L.I@nas.gov.ua

In this paper it is proposed a method for the synthesis of bimetallic nanoparticles Ag_xCu_y with simultaneous stabilization of their surface by polybutylmethacrylate under conditions of heterogeneous nucleation. The shape and the size of synthesized nanoparticles Ag_xCu_y were investigated by the method of electron microscopy. It was established that all obtained bimetallic nanoparticles are spherical shape with an average diameter of 70 ± 30 nm. With the use of X–ray diffraction analysis it was investigated the phase composition of obtained bimetallic nanoparticles Ag_xCu_y and it was determined that their elemental composition is satisfactorily agreed with the original ratio of the components. At the same time, it was shown that the stability to oxidation of synthesized bimetallic nanoparticles increases with the increasing of silver content in them, which may indicate the formation of eutectic mixtures of silver and copper. Based on the data of energy dispersive spectroscopy and IR spectroscopy of obtained products it was proposed the scheme of the formation of stabilizing shell on the surface of bimetallic nanoparticles Ag_xCu_y, which includes the initiation process by hydrazyl–radical and following polymerization of butylmethacrylate from the surface of the particle. It was shown the possibility of the use of synthesized nanoparticles Ag_xCu_y as the fillers for electroconductive polymeric compositions, the high electrical conductivity of which is provided by the formation of chains involving the nanoparticles Ag_3Cu.

Key words: bimetallic nanoparticles, silver, copper, electroconductive compositions.

Стаття надійшла до редколегії 02.11.2015
Прийнята до друку 12.01.2016