

Л.С. Семко, О.І. Кручек, Ю.А. Шевляков, П.П. Горбик

Одержання, структура, електричні й сенсорні властивості композиційних матеріалів на основі полімерів і нанокристалічного нікелю

*Інститут хімії поверхні ім. О.О. Чуйка Національної академії наук України
03164, Київ, вул. Генерала Наумова 17*

Розроблено серію композиційних матеріалів на основі полімерів (полівінілхлориду та епоксидної смоли) і нанокристалічного нікелю, чутливих до дії парів розчинників (ацетону, толуолу, етанолу) і аміаку. Вивчено структуру, електричні й сенсорні властивості отриманих матеріалів. Встановлено, що поріг перколяції в системі полівінілхлорид - нікель становить 0,095 об'ємної частки, а в системі епоксидна смола – нікель – 0,11. Показано, що розроблені сенсорні композиційні матеріали найбільш чутливі до дії аміаку та ацетону.

Ключові слова: полімер, нікель, композиційний матеріал, структура, властивості, сенсор.

Стаття поступила до редакції 14.02.2008; прийнята до друку 15.03.2009.

Вступ

В наш час значний інтерес викликають питання створення й дослідження композиційних матеріалів (КМ) для одержання газосенсорних систем і сенсорних пристроїв [1,2]. Для розробки сенсорів використовують напівпровідникові оксиди металів, оксиди, леговані металами, матеріали типу полімер – метал, полімер – оксид, вуглецеві нанотрубки та ін. [3-7].

Перспективними матеріалами для чутливих елементів (ЧЕ) сенсорів, що працюють за умов нормальних температур, є КМ на основі полімерів (поліетилену, політетрафторетилену, полівінілхлориду (ПВХ)) і різних форм графіту, а також добавок (оксидів титану і кремнію) [8,9]. В [1,2,5,8,9] нами було показано, що КМ на основі полімерів і терморозширеного графіту (ТРГ) працюють за умов нормальних температур, мають стабільні характеристики, малий час адсорбційного відгуку, їм притаманна оборотність процесів адсорбції-десорбції, багаторазовість використання. Кожний матеріал проявляє селективність до певних газоподібних сполук (парів розчинників, аміаку). Проте, матеріали типу полімер - графіт мало чутливі до таких сполук, як пропан, окис азоту, водень і ін. Тому проблема створення нових сенсорних матеріалів вимагає подальшого розвитку. Перспективним підходом до проблеми створення селективних сенсорних пристроїв є використання мультисенсорних систем, що являють собою набори

сенсорних матеріалів, які характеризуються різною чутливістю до різних сполук [10]. Банк даних таких матеріалів дозволяє створити «адсорбційні портрети» різних газів.

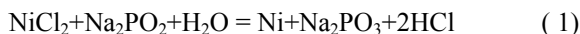
Одним з важливих напрямків створення газосенсорних систем є використання наноматеріалів, що дозволяють значно зменшити розміри сенсорних пристроїв, і одержувати унікальні сенсори [11]. Раніше [12,13] нами було показано, що використання нанорозмірних і нанокристалічних часток металів дає можливість виготовляти однорідні наноконкомпозити з комплексом цінних поліфункціональних характеристик (з високою електропровідністю, магнітними властивостями, чутливістю до впливу різних газоподібних сполук). Проте, сенсорні властивості наноконкомпозитів типу полімер-метал недостатньо вивчені. Немає чітких уявлень, що стосуються механізмів адсорбції-десорбції газоподібних сполук на поверхні наноконкомпозитів. Не з'ясований вплив хімічної природи полімеру й металу на вищезгадані процеси адсорбції-десорбції. Питання розробки наноконкомпозитів з наперед заданою селективністю до певних газоподібних сполук також залишається не вирішеним.

Метою даної роботи є одержання й дослідження структури, електричних і сенсорних властивостей композиційних матеріалів у системі полімер – нанокристалічний нікель.

Для створення сенсорних КМ у якості сполучного використовували термопластичний

полімер ПВХ промислового виробництва і термореактивну смолу ЕД-20, а як електропровідний компонент – нанокристалічний нікель, синтезований у лабораторії.

Нанокристалічний нікель одержували шляхом відновлення його солі NiCl_2 гіпофосфітом натрія в лужному середовищі ($\text{pH} = 8,5 \dots 9$) в присутності ліганду - цитрат-іону. В загальному випадку реакція протікає за рівнянням:



КМ виготовляли за спеціальною методикою, використовуючи спільне перемішування порошків Ni і ПВХ у розчиннику з подальшим висушуванням і наступним пресуванням пластинок за умови нагрівання. Матеріали на основі епоксидної смоли і нікелю одержували в такий спосіб. Спочатку проводили змішування компонентів (ЕД-20 і Ni) до одержання однорідної маси, а потім додавали затверджувач (10 % розчин поліетилендіаміну в ацетоні) і знову ретельно перемішували суміш. Отриману композицію поміщали між сітчастими електродами з нержавіючої сталі й висушували за нормальних умов протягом 72 годин до повного затвердіння смоли. Товщина пластинок КМ становила $0,5 \pm 0,05$ мм. Вміст нанокристалічного нікелю в КМ змінювали від 0 до 95 % (0-0,74 об'ємної частки).

Для визначення середнього розміру часток Ni і його кластерів, а також для досліджень структури отриманих наноматеріалів використовували оптичну й електронну мікроскопію. Середній розмір кристалітів Ni визначали, використовуючи рентгеноструктурний аналіз. Рентгенограми реєстрували на дифрактометрі ДРОН- 4-07 у випромінюванні мідного анода ($\lambda = 1,54178 \text{ \AA}$) з нікелевим фільтром у відбитому пучку й геометрії зйомки за Бреггом-Брентано [14]. Питомий об'ємний електричний опір (ρ_{KM}) у поздовжньому напрямку зразків (перпендикулярно осі пресування) електропровідних КМ ($\rho_{\text{KM}} < 10^6 \text{ Ом}\cdot\text{м}$) визначали стандартним чотиризондовим потенціометричним методом за умови постійного струму за ГОСТ 6433.14-71. Значення ρ_{KM} високоомних зразків КМ оцінювали за допомогою тераометру Е 6-13А.

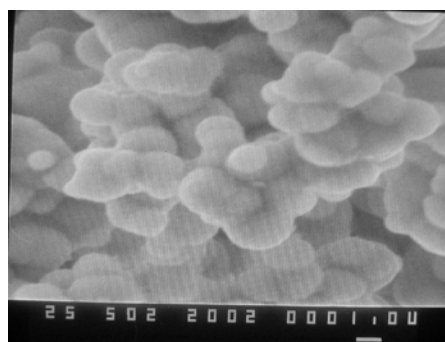
Чутливість КМ до впливу парів газоподібних сполук визначали на спеціальних, розроблених і описаних раніше макетах сенсорів [1,9]. Для ідентифікації певної газоподібної сполуки газосенсорний матеріал розміщували між електродами, фіксували й поміщали в камеру (газоконтрольований об'єм). Як інформаційні параметри обрані такі показники: R_0 – початковий електричний опір; R_x – електроопір в певний момент часу; ΔR_x – зміна електроопору ($R_x - R_0$); R_{max} – електроопір, що відповідає максимальній адсорбції газоподібної сполуки; $\Delta R_x/R_0$ – відносна зміна електроопору; t – час впливу газоподібної сполуки. Перед початком подачі в камеру газоподібних сполук проводили вимір R_0 і його компенсацію. Потім у камеру подавали газоподібну сполуку й реєстрували

залежність зміни опору (ΔR_x) від часу впливу газоподібної сполуки t . Після досягнення максимального значення адсорбції камеру продували повітрям для видалення парів сполук і реєстрували процес десорбції (зменшення $\Delta R_x = f(t)$). Для визначення впливу парів розчинників (толуолу, ацетону, етилового спирту), озону, пропану й аміаку на ЧЕ сенсора використовували зразки КМ із різним вмістом нікелю. У результаті були отримані криві адсорбційного відгуку чутливого елемента сенсора $R_x = f(t)$ для різних газоподібних сполук.

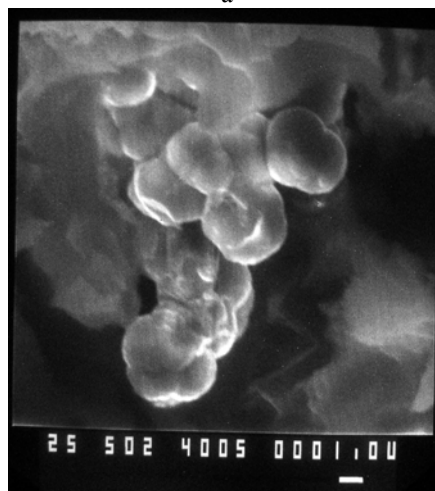
1. Результати та їх обговорення

Експериментальні результати наведені на рис. 1-4. На рис. 1,а представлена електронна мікрофотографія зразка порошку нанокристалічного нікелю при збільшенні в 5000 разів, на рис. 1,б – мікрофотографія фрагментів структури КМ на основі ПВХ з вмістом Ni 0,13 об'ємної частки. На рис. 2 – залежності питомого об'ємного електричного опору КМ (ρ_{KM}) на основі полімерів (ПВХ, ЕД-20) і нанокристалічного нікелю від його вмісту. На рис. 3 і 4 – залежності зміни відносного електричного опору зразків від часу впливу газоподібних сполук для КМ на основі ПВХ і ЕД-20 відповідно.

За допомогою вищевказаних методів було встановлено, що отримані порошки



а



б

Рис. 1. Мікрофотографії зразків порошку нікелю (а) і КМ ПВХ- Ni (б) з вмістом нікелю $\Theta = 0,13$ об'ємної частки (збільшення 5 000 разів).

нанокристалічного Ni мають наступні характеристики: середній розмір кластерів 2,5 мкм, нанокристалітів – 25 нм, питома поверхня становить 0,5 м²/м.

Як видно з мікрофотографій, представлених на рис. 1,а, частки нікелю в порошку існують у вигляді агломератів. За допомогою електронної мікроскопії встановлено, що залежно від змісту нікелю в КМ відбувається зміна макроструктури КМ (рис. 1,б). Ці зміни добре корелюють із даними по електроопору зразків КМ.

Як видно з рис. 2, залежність $\rho_{KM}(\Theta)$ для КМ

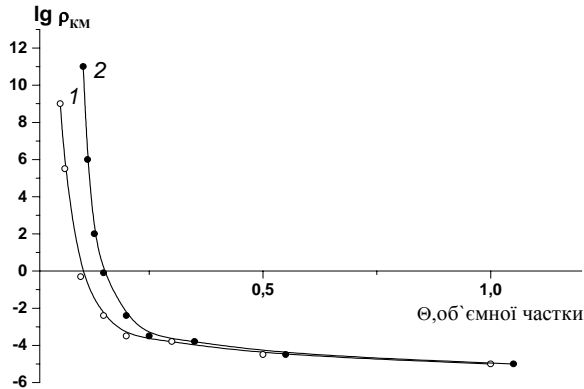


Рис. 2. Залежність логарифма питомого об'ємного електричного опору КМ ($\lg \rho_{KM}$) від вмісту нікелю для систем ПВХ – Ni – (крива 1), ЕД-20 – Ni – (крива 2).

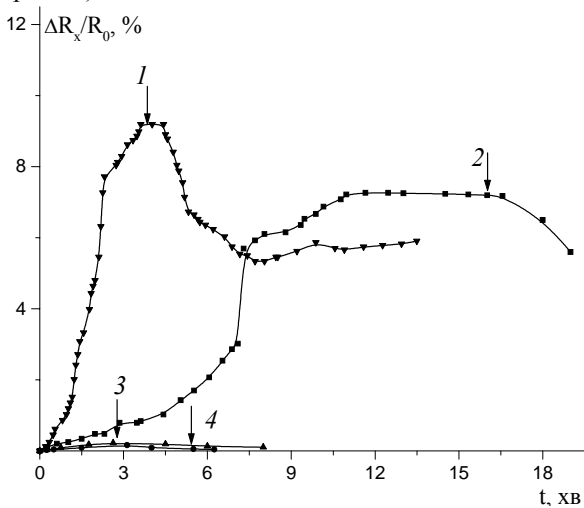


Рис. 3. Залежність зміни відносного електроопору КМ на основі ПВХ і нікелю від часу впливу парів газоподібних сполук (1 – аміак; 2 – ацетон; 3 – толуол; 4 – етанол. ↓ – початок процесу десорбції). Вміст нікелю = 0,13 об'ємної частки.

ПВХ- Ni і епоксидна смола- Ni має стрибкоподібний характер. Нами встановлено, що система ПВХ-Ni має поріг перколяції $\Theta = \Theta_c = 0,095$ об'ємної частки Ni (масова частка 42 %). Виявлено, що система ЕД-20 - нікель має один поріг перколяції при вмісті Ni 0,11 об'ємної частки (або 40 масових %). При критичній концентрації $\Theta = \Theta_c$ зникає електропровідність у зразку КМ. Як підтверджують дані електронної

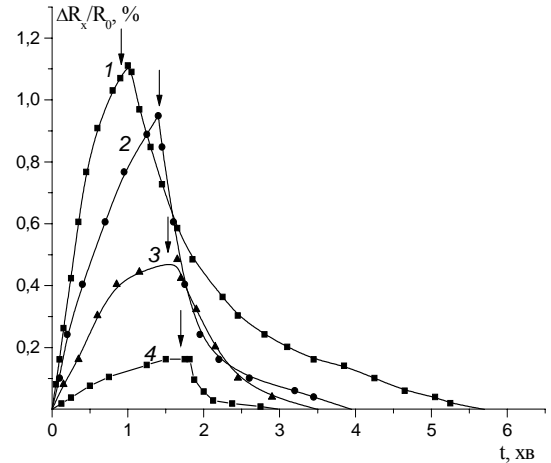


Рис. 4. Залежність зміни відносного електроопору КМ на основі ЕД-20 і нікелю від часу впливу парів газоподібних сполук (1 – ацетон; 2 – аміак; 3 – толуол; 4 – етанол. ↓ – початок процесу десорбції). Вміст нікелю $\Theta = 0,18$ об'ємної частки.

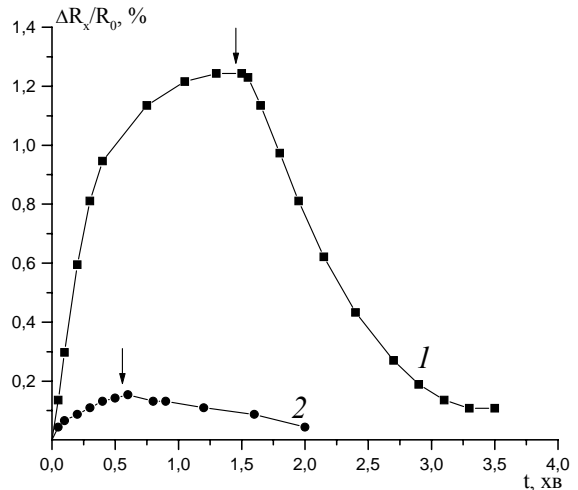


Рис. 5. Залежність зміни відносного електроопору КМ на основі ЕД-20 і нікелю від часу впливу парів ацетону. Вміст нікелю Θ , об'ємної частки: 1 – 0,15; 2 – 0,13; ↓ – початок процесу десорбції.

мікроскопії, в області $0 < \Theta < \Theta_c$ нанокристалічний Ni утворює ізольовані кластери в матриці з полімеру. Стрибоподібне зменшення ρ_{KM} зразків КМ в області $\Theta > \Theta_c$ пов'язане з утворенням безперервного самоподібного мультифрактального кластеру із часток нанокристалічного нікелю, що проходить через весь зразок і обумовлює його електропровідність. Подальше збільшення вмісту нікелю приводить до розгалуження мультифрактального кластеру й зменшенню електроопору в зразках КМ.

Відповідно до результатів попередніх робіт [1,2, 5,8,9] зроблено припущення, що саме структура КМ в області $\Theta > \Theta_c$ є найбільш чутливою до впливу газоподібних сполук. Детальне дослідження сенсорних характеристик КМ в області концентрацій $\Theta_c < \Theta < 1$ (рис. 4,5) показало, що найбільша чутливість до впливу газоподібних сполук (ацетон,

толуол, етиловий спирт, аміак) проявляється при $\Theta = 0,11 \dots 0,18$ об'ємної частки Ni, тобто дещо вище порогу перколяції.

Слід зазначити, що при вмісті Ni 0,11 об'ємної частки в КМ на основі ПВХ і Ni (у малопровідній області) зразки мають малу чутливість до газоподібних сполук. Найбільша чутливість проявляється до ацетону, найменша – до аміаку, а до пропану й озону КМ не чутливий. При цьому значення $\Delta R_x/R_0$ для ряду парів сполук зменшуються в такому порядку: ацетон \rightarrow толуол \rightarrow етанол \rightarrow аміак і відповідно становлять 1,0; 0,07; -0,08; -0,11%. Проте, для вищевказаного КМ характерна досить велика швидкість процесів адсорбції-десорбції газоподібних сполук. Так величини t_{\max} для ацетону, толуолу, етанолу та аміаку відповідно становлять 3; 1,5; 1,1; 2 хв.

При збільшенні вмісту Ni у КМ на основі ПВХ і Ni до 0,13 об'ємної частки (50 %) (рис. 3) відбувається збільшення чутливості КМ до газоподібних сполук аміаку й ацетону. При такій концентрації Ni значення $\Delta R_{\max}/R_0$ зменшуються для ряду сполук у напрямку: аміак \rightarrow ацетон \rightarrow толуол \rightarrow етанол і становлять 9,2; 7,2; 0,2; 0,1%, а значення t_{\max} – 4; 12; 4; 8 хв відповідно (рис. 3). При подальшому збільшенні вмісту нікелю до 0,18 об'ємної частки (60 %) спостерігається істотна зміна селективної здатності КМ до впливу газоподібних сполук. Зразки КМ найбільш чутливі до ацетону, однак селективна здатність до інших сполук різко змінюється. Так, значення $\Delta R_{\max}/R_0$ зменшуються в ряді сполук: ацетон \rightarrow аміак \rightarrow толуол \rightarrow етанол і становлять 2,85; 2,6; 0,1; -0,95. Подальше збільшення вмісту нікелю в КМ ($\Theta > 0,18$) приводить до зниження сенсорних характеристик зразків.

Необхідно підкреслити, що в залежності від вмісту Ni у КМ на основі ПВХ і Ni величина $\Delta R_x/R_0$ може мати як позитивні, так і негативні значення. Наприклад, при концентрації 0,11 об'ємної частки Ni величина $\Delta R_x/R_0$ при дії аміаку має негативне значення, а в області $\Theta = 0,13-0,18$ – позитивне.

З'ясуємо далі як впливає хімічна природа полімеру на селективну здатність КМ у системі полімер-Ni до дії парів розчинників, аміаку, озону й пропану. Для цього розглянемо сенсорні характеристики КМ на основі епоксидної смоли та Ni і зрівняємо їх з аналогічними характеристиками КМ ПВХ-Ni. Як видно з рис. 4 КМ, що містять епоксидну смолу та 0,18 об'ємної частки Ni чутливі до парів ацетону, толуолу й аміаку, слабо реагують на етанол і не реагують на озон і пропан. Проте величина $\Delta R_{\max}/R_0$ для цих матеріалів значно менша, ніж відповідні значення КМ на основі ПВХ і Ni. Так, при дії парів газоподібних сполук на КМ ЕД-20–нікель з вмістом Ni 0,18 об'ємної частки значення $\Delta R_{\max}/R_0$ зменшуються в такому порядку ацетон \rightarrow аміак \rightarrow толуол \rightarrow етанол і складають 1,1; 0,95; 0,50; 0,16 % відповідно.

Однак КМ епоксидна смола-нікель мають ряд позитивних якостей. Наприклад, для цих матеріалів характерний малий час відгуку, необхідний для

досягнення $\Delta R_{\max}/R_0$, невеликий час десорбції, більша швидкість адсорбції-десорбції. Так, для КМ, що містять 0,18 об'ємної частки Ni, t_{\max} при впливі парів ацетону – 60 с, аміаку та толуолу 85-100 с. Час десорбції становить для ацетону 5 хв, аміаку – 4 хв, толуолу – 1,7 хв та етанолу – 1 хв, що значно нижче, ніж для КМ на основі ПВХ і Ni.

При зменшенні вмісту нікелю в КМ ЕД-20–нікель до 0,15-0,13 об'ємної частки спостерігається різкий ріст селективної здатності КМ до дії парів ацетону та втрата чутливості до дії парів інших сполук (рис. 5). Так для КМ з вмістом нікелю 0,15 об'ємної частки значення $\Delta R_{\max}/R_0$ складають 1,2%, а при подальшому зменшенні вмісту нікелю до 0,13 об'ємної частки $\Delta R_{\max}/R_0 = 0,18\%$.

Таким чином, зміна хімічної природи полімеру в КМ полімер-нікель приводить до істотної зміни сенсорних характеристик матеріалу.

Отримані дані свідчать про те, що кожна крива залежності електричного опору від часу ($\Delta R_x = f(t)$, або $\Delta R_x/R_0 = f(t)$), що відповідає процесам адсорбції-десорбції газоподібних сполук, характерна тільки для даної сполуки й відрізняється від інших сполук такими параметрами: часом, необхідним для адсорбційного відгуку (t_0), швидкістю росту електроопору, часом для досягнення рівноважного значення $R_x = R_{\max}$ (насичення), значенням R_{\max} (величина еквівалентна адсорбції при насиченні), часом десорбції й ін. Максимальний відгук сенсорного матеріалу ($\Delta R_{\max}/R_0$), час необхідний для досягнення цього значення (t_{\max}) і інші сенсорні характеристики залежать як від хімічної природи газоподібної сполуки, так і від природи полімеру.

Щоб з'ясувати, як впливає тип електропровідного компонента на сенсорні властивості КМ, порівняємо сенсорні характеристики нанокомпозиту ПВХ–нікель і отриманого раніше КМ ПВХ–ТРГ [2]. Порівняльний аналіз показує, що сенсорні характеристики цих матеріалів істотно відрізняються, не дивлячись на використання того самого типу полімеру. Так, КМ, що містить 0,08 об'ємної частки ТРГ, має підвищену селективну здатність до парів ацетону й толуолу ($\Delta R_x/R_0$ 4,0 і 3,0% відповідно) і малу чутливість до аміаку. На відміну від КМ на основі ПВХ і ТРГ, нанокомпозит ПВХ–нікель проявляє найбільшу чутливість до парів аміаку. Така різниця пояснюється, зокрема, спорідненістю нікелю до аміногеного азоту й аміаку.

Таким чином, аналіз отриманих даних свідчить, що навіть невелика зміна в складі нанокомпозиту приводить до зміни селективної здатності матеріалу до різних сполук, швидкості адсорбції й десорбції, максимальних значень ΔR_{\max} , часу адсорбції й десорбції й інших сенсорних характеристик. Залежно від складу КМ змінюється вигляд кривих адсорбційного відгуку, швидкість процесів адсорбції-десорбції, селективність ЧЕ сенсора до дії різних газоподібних сполук.

Розглянемо основні причини зміни електроопору КМ при впливі газоподібних сполук. В [1] показано, що електроопір провідного зразку КМ в області

вмісту Ni $\Theta_3 \leq \Theta < 1$ можна представити у вигляді: $R_{KM} = R_1 + R_2 + R_3$, де R_1 – сумарний електроопір часток Ni , R_2 – опір, обумовлений безпосереднім контактом часток Ni між собою, R_3 – опір, що виникає при протіканні електричного струму через зазор між частками.

Згідно з експериментальними даними в області концентрацій Ni $\Theta \gg \Theta_C$ значення електроопору зразка КМ $R_{KM} \sim R_1$. У цьому випадку чутливість КМ до впливу газоподібних сполук буде визначатися в основному взаємодією газоподібних сполук із частками Ni , розташованими на поверхні КМ. Відомо, що електропровідність у нікелі здійснюється за рахунок електронів. Тому адсорбційна взаємодія викликає зміну кількості носіїв заряду на поверхні нікелю і їхньої рухливості за рахунок відтягнення електронів від поверхні. Внаслідок цього змінюється концентрація носіїв зарядів в об'ємі Ni , що приводить до зміни електроопору зразку КМ. Слід відзначити, що при великому вмісті Ni у КМ зразки мають низький питомий опір ($\rho_{KM} = 10^{-3} \dots 10^{-5} \text{ Ом}\cdot\text{м}$) і зміна опору за рахунок взаємодії газоподібних сполук з поверхнею Ni невелика. Це призводить до низької чутливості КМ до дії газоподібних сполук в області концентрацій Ni $\Theta \gg \Theta_C$. Встановлено, що в області концентрацій $\Theta_C \leq \Theta \ll 1$ для систем ПВХ- Ni (поблизу порогу перколяції при підході праворуч) значення $R_{KM} \gg R_1$, тому $R_{KM} \approx R_2 + R_3$. Контактний опір R_2 та величина зазору між частками Ni при дії газоподібних сполук може змінюватися. Найбільш суттєво контактний опір та зазор між фрактальними структурами Ni змінюється поблизу порогу перколяції Θ_C , коли утворюється неперервний нескінчений кластер з Ni , що проходить через весь зразок КМ. Це пояснює суттєве збільшення швидкості росту електроопору поблизу порогу перколяції ($\Theta > \Theta_C$) зразків КМ при дії газоподібних сполук.

Відзначимо, що селективна здатність КМ до впливу газоподібних сполук значною мірою залежить від спорідненості цих сполук до полімеру, електропровідного компоненту і модифікатору. В зв'язку з тим, що полімер є ізолятором, адсорбційна взаємодія із кластерами полімеру, розташованими на поверхні КМ, не може безпосередньо змінити електроопір зразка. Проте, можна припустити, що адсорбція газоподібних сполук на поверхні полімеру приводить до невеликого розширення приповерхнього шару полімеру і, як наслідок, до зміни лінійних розмірів інших складових і зразку в цілому. В [15] показано, що в результаті адсорбції газоподібних сполук на поверхні пористих тіл можуть змінюватися лінійні розміри зразку.

Звичайно адсорбція газоподібних сполук викликає розширення зразка, однак можливо й скорочення зразка (наприклад, при адсорбції аміаку на склі) [15]. У тому випадку, коли адсорбція газоподібних сполук на поверхні КМ викликає розширення зразку, збільшується зазор між фрактальними структурами й зменшується площа контактної плями між частками Ni . При цьому збільшується контактний опір R_2 і R_3 і значення R_{KM} . У тому випадку, коли в результаті адсорбції зазор між фрактальними структурами зменшується і спостерігається зменшення контактної опору й значення R_{KM} , тоді відгук сенсорного матеріалу стає негативним ($\Delta R_X/R_0 < 0$). Таким чином, сумарний відгук сенсора залежить від впливу газоподібних сполук на всі рівні структури КМ. Більшість розроблених газосенсорних матеріалів працюють за нормальних умов (температура 10-30 °C), мають початковий відгук менше 4 с, малий час адсорбції-десорбції, для них характерні повна оборотність процесів адсорбції-десорбції, стабільність експлуатаційних характеристик і селективна здатність до певних газоподібних сполук. Отримані результати можуть бути використані для створення чутливих елементів сучасних сенсорів і сенсорних систем для детектування аміаку.

Висновки

Отримано серію композиційних матеріалів на основі полімерів (ПВХ і ЕД-20) і нанокристалічного Ni , чутливих до впливу парів розчинників (ацетону, толуолу, етанолу) і аміаку. Встановлено закономірності зміни структури, електричних і сенсорних властивостей КМ залежно від вмісту нікелю. Показано, що системи ПВХ-нанокристалічний Ni та ЕД-20 – нанокристалічний Ni мають поріг перколяції $\Theta_C = 0,095$ та $\Theta_C = 0,11$ об'ємної частки відповідно. Електропровідні матеріали з вмістом нікелю 0,11- 0,18 об'ємної частки проявляють найбільшу чутливість до впливу парів газоподібних сполук. Виявлено, що чутливість КМ до впливу газоподібних сполук залежить від хімічної природи газоподібної сполуки і компонентів КМ, а також від його складу. Отримані газосенсорні матеріали працюють за нормальних умов, мають початковий відгук 4 с, їм притаманна стабільність експлуатаційних характеристик і оборотність процесів адсорбції-десорбції.

- [1] Л.С. Семко, Я.И. Кручек, П.П. Горбик Газосенсорные материалы на основе графитов, полимеров, оксидов титана и кремния // *Физико-химия наноматериалов и супрамолекулярных структур*. 2, сс. 159-191 (2007).
- [2] Л.С. Семко, Я.И. Кручек, Ю.А. Шевляков, П.П. Горбик, Е.И. Оранская Влияние диоксида титана на электросопротивление и сенсорные свойства композиционных материалов на основе поливинилхлорида и терморасширенного графита // *Неорганические материалы*. 43 (4), сс. 420-426 (2007).

- [3] П.М. Таланчук, Б.А. Шматко, Л.С. Заика, О.Е. Цветкова *Полупроводниковые и твердо-электролитные сенсоры*. Техника, К. 224 с. (1992).
- [4] П.М. Таланчук, С.П. Голубков, В.П. Маслов и др *Сенсоры в контрольно-измерительной технике*. Техника, К. 175 с. (1991).
- [5] Я.І. Кручек, Л.С. Семко, Ю.А. Шевляков, І.І. Гаращенко Електрофізичні і сенсорні властивості композитів на основі політетрафторетилену і графітів // *Хімія, фізика та технологія поверхні*. (10), сс. 156-160 (2004).
- [6] Б.Ш. Галямов, С.А. Завьялов, Л.Ю. Куприянов Особенности микроструктуры и сенсорные свойства нанонеоднородных композитных пленок // *Журнал физической химии*. **74**. сс. 459-464 (2000).
- [7] Э.Г. Раков Химия и применение углеродных нанотрубок // *Успехи химии*. **70** (10), сс.935-973 (2001).
- [8] Л.С.Семко, Я.І.Кручек, Ю.А.Шевляков, Л.С.Дзюбенко, П.П.Горбик, О.О. Чуйко Взаємозв'язок між структурою, електрофізичними і сенсорними властивостями композиційних матеріалів на основі полівінілхлориду та терморозширеного графіту // *Фізика і хімія твердого тіла*. **6**(4), сс. 685-691 (2005).
- [9] Л.С. Семко, Ю.А. Шевляков, Я.І. Кручек, О.О.Чуйко, П.П. Горбик Вплив газоподібних сполук на електричні властивості вуглецьнаповнених полімерних композиційних матеріалів // *Доповіді НАН України*. (6). сс. 100-106 (2004).
- [10] Л.Ю. Куприянов Возможности нанотехнологий для создания новых типов высокочувствительных химических сенсоров // *Новости науки*. (1).сс. 30-35 (2004).
- [11] А.Д. Помогайло, А.С. Розенберг, И.Е. Уфленд *Наночастицы металлов в полимерах*. Химия, М. 672 с. (2000).
- [12] Л.С. Семко, Ю.А. Шевляков, О.О. Чуйко, П.П. Горбик Газосенсорні нанокompозити на основі поліетилену і нанокристалічного нікелю // *Металлофізика і новітні технології*.**28** (6), сс.729-737 (2006).
- [13] L.S. Semko, V.M. Ogenko, S.L. Revo, V.N. Mishchenko, E.I. Oranskaya and al. Electric and magnetic properties of composite materials in the polyethylene-nanocrystalline nickel system // *Functional Materials*. **9** (3), pp. 761-764 (2002).
- [14] Гинье.А. *Рентгенография кристаллов*. Физматгиз, М. 394с. (1961).
- [15] Литтл. Л. *Инфракрасные спектры адсорбированных молекул*. Мир, М. 514с. (1969).

L.S. Semko, O.I. Crychek, Yu.A. Shevlyakov, P.P. Gorbyk

Receipt, Structure, Electric and Sensory Properties of composition Materials on the Basis of Polymers and Nanocrystals Nickel

*Institute of chemistry of surface the name of O.O. Chouyca national academy of sciences of Ukraine
03164, Kiev, General Naoumov, 17, Str.*

A series of composite materials based on Polymers (polyvinylchloride and epoxyde resine ED-20) and nanocrystalline nickel sensitive to an influence of vapors of solvents (acetone, toluene, ethanol) and ammonium has been prepared. The structural, electrical, and gas-sensing properties of composite materials have been studied. It is determined that a percolation threshold values of polyvinylchloride-nickel and epoxyde resine-nickel systems are 0,095 and 0,11 volume parts respectively. It is shown that sensory of composite materials is more sensitive to an influence of ammonium and acetone.