

## СТРУКТУРНО-ФАЗОВІ ПЕРЕТВОРЕННЯ І ЕЛЕКТРОФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ НА БАЗІ $\text{SiO}_2$ - $\text{V}_2\text{O}_3$ - $\text{Bi}_2\text{O}_3$ - $\text{ZnO}$ - $\text{MgO}$ - $\text{CdO}$

Лепіх Я.І., Лавренова Т.И., Садова Н.М., Борщак В.А., Затовська Н.П., Балабан А.П.,  
Каракіс Ю.М.

*Міжвідомчий науково-навчальний фізико-технічний центр МОН і НАН України при  
Одеському національному університеті імені І. І. Мечникова, 65026,  
вул. Дворянська, 2, Одеса, Україна*

На даний час в мікроелектроніці широко використовуються складні багатокомпонентні системи композиційних матеріалів. Це обумовлює доцільність вивчення нано- розмірних структурно-фазових перетворень систем “ скло – кластери  $\text{RuO}_2$ ,  $\text{Bi}_2\text{Ru}_2\text{O}_7$ ,  $\text{Pb}_2\text{Ru}_2\text{O}_{7-x}$  ” на основі нових підходів і методів, що дає нанofізика і нанотехнології.

Наноконпозиційні елементи формуються шляхом відпалу резистивних паст, які є композиційною сумішшю порошків функціонального матеріалу, стеклов'язки, оргзв'язки. В процесі відпалювання паст порошки скла оплавляються і спікаються в скляну матрицю, в якій фіксуються частки функціональної фази, утворюючи струмопровідні ланцюги. Тому комплекс електрофізичних властивостей наноконпозиційних елементів значною мірою зумовлений властивостями і складом скляного зв'язуючого.

В якості скляного зв'язуючого до складу паст входять свинцево-боро-алюмо-силікатні стекла. Основні недоліки відомих матеріалів: висока температура відпалювання паст ( $870 - 900^\circ \text{C}$ ); наявність у складі скляного зв'язуючого композиційних елементів токсичних сполук свинцю; високий коефіцієнт лінійного термічного розширення; низька відтворюваність їх електрофізичних параметрів та їх часова нестабільність.

Встановлено, що найбільший вплив розмірів частинок стеклофрити на опір резисторів має місце у зразків з низьким вмістом двоокису рутенію. Опір плівок росте із збільшенням вмісту скла, найбільш висока швидкість росту опору має місце для стеклофрити з розміром частинок  $0,5 \text{ мкм}$ . При зростанні концентрації  $\text{RuO}_2$  опір наближається до постійного значення і не залежить від розмірів частинок скла.

Досліджено процеси склоутворення, кристалізації, а також вивчені фізико - хімічні властивості системи “ $\text{SiO}_2$ - $\text{V}_2\text{O}_3$ - $\text{Bi}_2\text{O}_3$ - $\text{ZnO}$ - $\text{BaO}$ ” при різних співвідношеннях концентрацій вихідних компонентів і легуючих домішок з метою вибору оптимальних складів стекел для резистивних, провідникових і діелектричних шарів товстопліткових елементів ГІС, або чутливих елементів сенсорів.

Розроблено легкоплавке скло для товстопліткових наноконполитів, яке не містить токсичних сполук свинцю. У якості основного склоутворюючого компоненту обрано оксид вісмуту, який надає можливість отримувати більш легкоплавкі стекла.

Електрофізичні властивості отриманих стекел:  $T_{\text{пр}} = 400...450^\circ \text{C}$ ,

$\rho = 10^{14} - 5 \cdot 10^{14} \text{ Ом} \cdot \text{см}$ . Тут  $T_{\text{пр}}$  - температура початку розм'якшення,  $\rho$  - питомий поверхневий опір при  $20^\circ \text{C}$ . Таким чином, властивості одержаного матеріалу є суттєвою перевагою над відомим склом - зменшення температури початку розм'якшення та більшення питомого поверхневого опору в десять разів.

$\text{Bi}_2\text{O}_3$  не взаємодіє з струмопровідними елементами ГІС і вводиться в склад скла як нейтральний в цьому відношенні матеріал. Він сприяє поліпшенню змочування і адгезії скла до підкладки. В стеклах з високим змістом вісмуту оксид  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  бере участь в побудові сітки у якості склоутворювача. Легуючі домішки ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CdO}$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{V}_2\text{O}_3$ ) підібрані таким чином, щоб забезпечити необхідні фізико-технічні характеристики скла.

Перевагами скла є зменшення температури початку розм'якшення та збільшення питомого поверхневого опору в десять разів.