

# Наноструктуровані плівки ZnO

## для газових детекторів

Опанасюк А.С., Латишев В.М., Бересток Т.О., Перекрестов В.І.

Сумський державний університет, вул. Римського-Корсакова, 2, 40007 Суми,  
Україна

E-mail: [opanasjuk\\_sumdu@ukr.net](mailto:opanasjuk_sumdu@ukr.net)

Оксид цинку перспективний матеріал для використання у багатьох сферах науки і техніки: оптоелектроніці, геліоенергетиці, сенсоріці, фотокаталізі тощо. Особливо інтенсивно вивчається можливість застосування ZnO як чутливого шару дешевих резистивних газових сенсорів. Серед газів, вміст яких в повітрі потрібно контролювати, особливо слід виділити пропано-бутанову суміш (LPG), яка є вибухонебезпечною.

Відомо декілька публікацій, присвячених дослідженню сенсорних властивостей різних структур на основі ZnO по відношенню до LPG. У цих публікаціях чутливі структури були отримані хімічними методами: спреї-піролізом, золь-гель методом, осадженням з водного розчину. У даній роботі досліджувалися сенсорні властивості плівок ZnO, нанесених методом хімічного осадження з водного розчину і методом магнетронного розпилення. Метою дослідження є визначення методу і умов отримання матеріалів для сенсорів з великим відгуком, а також виявлення чинників, які ведуть до зниження робочої температури сенсора.

Хімічне осадження ZnO проводилося шляхом занурення підкладок у водний розчин прекурсору, що містив нітрат цинку ( $Zn(NO_3)_2$ ) з концентрацією 0,1 М, який нагрівався і витримувався при температурі 90 °С. Для підтримки рН розчину на рівні 10 до нього додавався комплексоутворювач - розчин аміаку ( $NH_4OH$ ).

Другий метод нанесення шарів складався з двох етапів. На першому методом магнетронного розпилення цинкової мішені в атмосфері високочистого аргону були отримані плівки цинку. При цьому використовувався модифікований метод магнетронного розпилення з осадженням зворотних потоків розпорошеного речовини. Були отримані дві серії зразків при різних потужностях розряду магнетронного розпилювача. Тиск аргону і час осадження при цьому були однаковими і становили 8 і 60 Па хвилин відповідно. На другому етапі отримані структури були окислені в атмосфері кисню при тиску  $5 \cdot 10^4$  Па і температурі 400 °С.

Структурні дослідження зразків проводилися на рентгенівському дифрактометрі Bruker D8 Advance в Ni-фільтрованому  $K_\alpha$  - випромінюванні мідного анода. Зняття дифрактограм проводилося в діапазоні кутів  $20^\circ < 2\theta < 80^\circ$ , де  $2\theta$  - брегівський кут. Отримані криві

нормувалися на інтенсивність піка (002) гексагональної фази. Фазовий аналіз проводився шляхом зіставлення міжплощинних відстаней і відносних інтенсивностей від досліджених зразків і еталона за даними JCPDS. При вимірюваннях застосовувалася фокусування рентгенівського випромінювання за Бреггом-Брентано. Структурні особливості плівок визначалися за методикою наведеною в [1].

Для вимірювання сенсорних властивостей зразки розміщувалися в кварцовому реакторі зовні якого розміщувався резистивний нагрівач. Перед початком вимірювань зразок нагрівався до необхідної температури, контроль якої здійснювався за допомогою хромель-алюмелеві термопари. До зразків приєднувалися позолочені молібденові контакти і підводилася постійна напруга 5 В. Після чого реєструвалася напруга, яка подається на зразок при різних концентраціях LPG в повітрі. Чутливість зразків до наявності газу визначалася нами як відношення струму, що протікає через зразок в повітрі із заданою концентрацією LPG до струму, що протікає через зразок в атмосфері чистого повітря ( $I_{LPG}/I_{air}$ ). Вимірювання проводилися в діапазоні температур від 300 °С до 450 °С з кроком 50 °С.

Дослідження сенсорних властивостей показало, що зі збільшенням концентрації LPG в повітрі збільшується струм, що протікає через зразок. Характер зміни струму після часу напуску газової суміші у всіх зразків був дуже схожим. Встановлення струму до постійного його значення відбувалося за період часу близького до 10 хвилин.

Показано, що чутливість різних зразків істотно відрізняється, що пов'язано з різним відношенням площі поверхні кристалітів до їх об'єму. При цьому час встановлення стабільного значення опору і температура, при якій виявляються сенсорні властивості для всіх зразків був приблизно однаковий. Виявлено, що зі збільшенням температури вимірювань в діапазоні від 300 °С до 450 °С збільшується і чутливість зразків до газової суміші. При цьому відсутність максимумів на функції чутливості до LPG від температури для зразків, отриманих різними методами, може бути обумовлено їх попередніми відпалом при температурі 400 °С і 500 °С.

1. Opanasyuk A.S., Kurbatov D.I., Kosyak V.V., Kshniakina S.I., Danilchenko S.N. Characteristics of structure formation in zinc and cadmium chalcogenide films deposited on nonorienting substrates // Crystallography Reports. – 2012. - V. 57, № 7. - P. 927–933

Наноструктуровані плівки ZnO для газових детекторів [Текст] / А.С. Опанасюк, В.М. Латишев, Т.О. Бересток, В.І. Перекрестов // VII Українська наукова конференція з фізики напівпровідників, м. Дніпро, 26-30 вересня. - Дніпро: Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара. - 2016. – С. 229-230.