

# НАНОСТРУКТУРОВАНІ ПЛІВКИ $\text{CuO}$ , СИНТЕЗОВАНІ МЕТОДОМ ПУЛЬСУЮЧОГО СПРЕЙ-ПІРОЛІЗУ

Д'яченко О.В.<sup>1</sup>, Опанасюк Н.М.<sup>1</sup>, Курбатов Д.І.<sup>1</sup>, Cheong Н.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Сумський державний університет, вул. Р.-Корсакова, 2, 40007, м. Суми, Україна

<sup>2</sup>Department of Physics, Sogang University, Seoul 121-742, South Korea  
[alexey.dyachenko@ukr.net](mailto:alexey.dyachenko@ukr.net)

Завдяки можливості широкого використання, зокрема для створення приладів прозорої електроніки, сенсорики, геліоенергетики та через низьку вартість виробництва, у наш час значну увагу дослідників привертають оксидні напівпровідники. Однак практично всі відомі оксиди у нелегованому вигляді мають електронний тип провідності, що утруднює створення гетеропереходів на їх основі, які є обов'язковою складовою більшості приладів електроніки. Саме тому важливим є отримання та вивчення властивостей плівок оксидних матеріалів, що мають  $p$ -тип провідності, до яких зокрема відноситься оксид міді.

Для широкомасштабного застосування плівок оксидів металів, ключовим моментом є розробка простих та ефективних методів їх нанесення на різноманітні підкладки. Одним з найбільш перспективних з них вважається хімічний метод спреї-піролізу. У порівнянні з іншими методами, спреї-піроліз має ряд незаперечних переваг. Він не вимагає дорогого вакуумного обладнання, високоякісних підкладок, забезпечує великі швидкості нанесення шарів на підкладках великої площі з різних прекурсорів. Це і обумовило мету дослідження, вивчення властивостей плівок оксиду міді, нанесених методом пульсуючого спреї-піроліза.

Тонкі шари оксиду міді було отримано на підкладках зі скла. Синтез проводився в інтервалі температур  $T_s = 573 \text{ K} - 723 \text{ K}$  з кроком  $50 \text{ K}$ . У наслідок розпилення  $0,05$  моля хлориду міді ( $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) розчиненого в деіонізованій воді на підкладках відбувалося утворення тонких шарів оксиду.

Нанесені плівки були досліджені методами електронної скануючої та атомно-силової мікроскопії, раманівської спектроскопії. Вимірювання раманівських спектрів проводилося при кімнатній температурі з використанням He-Cd-лазера з довжиною хвилі  $441,6 \text{ nm}$  в якості джерела збудження. Профілі рельєфу поверхні зразків були отримані за допомогою профілометра Dektak XT.

Мікрофотографії поверхні отриманих шарів свідчать, що плівки мають щільно упаковану полікристалічну структуру. Їх товщина складала  $0,8-2,2 \text{ мкм}$ . Розмір кристалітів в зразках змінювався від  $100-200 \text{ nm}$  ( $T_s = 673 \text{ K}$ ) до  $1-1,5 \text{ мкм}$  ( $T_s = 723 \text{ K}$ ).

Порівняння виявлених на раманівських спектрах піків з літературними даними дозволяє віднести пік з частотою  $274 \text{ cm}^{-1}$  до  $A_g$  моди, а пік з  $327 \text{ cm}^{-1}$  до  $B_g$  моди  $\text{CuO}$ . Пік на частоті  $616 \text{ cm}^{-1}$ , що відповідає  $B_{2g}$  моді цієї сполуки, не виявлявся через свою слабку інтенсивність. Пік з частотою  $486 \text{ cm}^{-1}$  відповідає  $2E_u$  моді сполуки  $\text{Cu}_2\text{O}$ . Кілька піків при хвильових числах в діапазоні від  $100 \text{ cm}^{-1}$  до  $250 \text{ cm}^{-1}$  можуть бути приписані згинальним коливанням кластерів  $\text{CuO}_2$  і  $\text{CuO}_4$ . При цьому отримані частоти добре корелюють з наведеними в літературі. Таким чином, за даними раманівської спектроскопії досліджені зразки в основному містять фазу  $\text{CuO}$  з невеликою домішкою фази  $\text{Cu}_2\text{O}$ .

Отримані однорідні наноструктуровані плівки оксиду міді можуть бути використані як матеріал газових сенсорів та оптичних вікон  $p$ -типу провідності тонкопліткових сонячних елементів.

# Радіаційні моди поверхневих плазмонів в $\text{SnO}_2$ тонких плівках

Гріневич В.С.<sup>1</sup>, Филевська Л.М.<sup>1</sup>, Руденко С.П.<sup>2</sup>, Стеценко М.А.<sup>2</sup>, Максименко Л.С.<sup>2</sup>, Сердега Б.К.<sup>2</sup>, Смытнына В.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Одеський національний університет ім.І.І.Мечникова,

вул.Дворянська, 2, Одеса 65082, Україна, [grinevich@onu.edu.ua](mailto:grinevich@onu.edu.ua);

<sup>2</sup>Інститут фізики напівпровідників ім.В.Є.Лашкарьова НАН України, пр. Науки 45, Київ 03028, Україна, [bserdega@isp.kiev.ua](mailto:bserdega@isp.kiev.ua)

Унікальна хімічна стійкість в агресивних середовищах, специфічні адсорбційно-каталітичні, електрофізичні й оптичні властивості, дешевина одержання й можливість створення нанорозмірних форм діоксиду олова ( $\text{SnO}_2$ ) забезпечують йому лідируюче положення серед матеріалів, що застосовуються в оптоелектроніці й сенсориці. Раніше нами в роботі [1] показаний прояв поверхневого плазмонного резонансу (ППР) в  $\text{SnO}_2$  плівках. Там же продемонстрована ефективність методу модуляційно-поляризаційної спектроскопії (МПС) для діагностики наноструктурованих  $\text{SnO}_2$  плівок.

Застосування  $\text{SnO}_2$  в електроніці й сенсориці вимагає врахування енергетичних втрат у матеріалі. Спектральна ширина резонансного піка ППР визначається двома типами втрат: радіаційними й нерадіаційними. Нерадіаційні втрати пов'язані з дисипацією поверхневих плазмонів (ПП) в  $\text{SnO}_2$  плівці, а радіаційні втрати пов'язані з наявністю нерегулярної шорсткості, зернистої або кластерної структури зразків, наслідком чого є перевипромінювання ПП. Метою даної роботи є вивчення радіаційних мод ПП в  $\text{SnO}_2$  плівках МПС методом залежно від технології їхнього одержання.

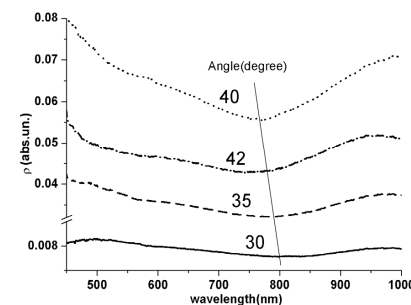


Рис. 1. Спектри поляризаційної різниці  $\rho(\lambda)$  в радіаційній області при  $\theta < \theta_c \sim 43^\circ$  для  $\text{SnO}_2$  плівок при ДХДАО~5% і ПВА~1%

Плівки  $\text{SnO}_2$  були отримані методом спреї-піролізу при варіюванні вмісту діхлордіацетилацетонату олова (ДХДАО) від 1 до 10% і постійному вмісті розчину полімеру (ПВА) в ацетоні в 1%. Оптична схема експериментальної установки на основі геометрії Кретчманна й МПС методу для дослідження ППР ефектів шляхом виміру спектральних залежностей параметра поляризаційної різниці  $\rho(\lambda) = R_s^2 - R_p^2$  коефіцієнтів внутрішнього відбиття  $s$ - і  $p$ -поляризованого випромінювання детально описана в роботі [2].

Дослідження радіаційних мод ПП проводилося в діапазоні кутів падіння випромінювання до критичного кута повного внутрішнього відбиття  $\theta < \theta_c \sim 43^\circ$ . Спектри  $\rho(\lambda)$  для  $\text{SnO}_2$  плівок при ДХДАО~5% і ПВА~1% характеризуються проявом мінімуму близько  $780 \text{ nm}$  і його зсувом у короткохвильову область при збільшенні  $\theta$ , що свідчить про збудження ПП радіаційних мод. Для серії зразків  $\text{SnO}_2$  плівок при  $\theta = 30^\circ$  показано, що зменшення амплітуди  $\rho(\lambda)$  пов'язане зі збільшенням ДХДАО у вихідному розчині.

[1] V.S. Grinevich et al., Thin Solid Films 522 (2012) 452–456

[2] B.K. Serdega et al., Polarimetric Detection, Characterization, and Remote Sensing / eds. by M.I.Mischenko et al. Springer Science + Business Media B.V. (2011) p.473