

ДОСЛІДЖЕННЯ ОПТИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ХІМІЧНО СИНТЕЗОВАНИХ ПЛІВОК СУЛЬФІДУ РТУТІ-КАДМІЮ

М. А. Sozanskyi, Ph.D.; R. R. Huminilovych, Ph.D., Assoc. Prof.; V. Ye. Stadnik, Ph.D. Assoc. Prof.; M. V. Shepida, Ph.D.; P. Yo. Shapoval, Dr., Prof.
STUDY OF OPTICAL PROPERTIES OF CHEMICALLY SYNTHESIZED MERCURY-CADMIMUM SULPHIDE FILMS

Плівки твердого розчину заміщення сульфід ртуті-кадмію ($\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{S}$) синтезовано на скляних підкладках методом хімічного осадження з водного розчину. Для цього готували робочі розчини шляхом змішування свіжоприготовлених водних розчинів: ртуті нітрату ($\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$), кадмій нітрату ($\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$), натрій тіосульфату ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$), тринатрій цитрату ($\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$), натрій карбонату (Na_2CO_3) і тіосечовини ($(\text{NH}_2)_2\text{CS}$). Молярні концентрації цих компонентів у робочих розчинах становили відповідно: 0,001–0,009 М $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$, 0,001–0,009 М $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$, 0,20 М $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, 0,20 М $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$, 0,04 М Na_2CO_3 і 0,10 М $(\text{NH}_2)_2\text{CS}$. Змінним параметром синтезу плівок $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{S}$ був вміст $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ і $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ у робочих розчинах. З цією метою було приготовано низку з п'яти робочих розчинів із молярними співвідношеннями $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2 : \text{Cd}(\text{NO}_3)_2 = 9 : 1, 7 : 3, 1 : 1, 3 : 7$ та $1 : 9$. Синтез плівок $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{S}$ здійснювали шляхом наливання робочих розчинів у ванни, зануренням у них скляних підкладок та витримуванням протягом 20 хв за температури 80 °С. Після завершення осадження підкладки виймали з ванн, промивали дистильованою водою та сушили на повітрі.

За результатами рентгенофазового аналізу зразків плівок $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{S}$, проведеного на дифрактометрі Aeris Research (PANalytical), встановлено, що зразки є однофазними та містять кубічну фазу, яка належить до структурного типу ZnS. Дифракційні піки цієї фази розміщені між теоретичними піками кубічних фаз HgS і CdS, що свідчить про утворення твердого розчину заміщення $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{S}$.

Оптичні спектри пропускання плівок $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{S}$ ($T(\lambda)$) виміряно на спектрофотометрі XION 500 (Dr. Lange) у діапазоні довжин хвиль (λ) від 340 до 900 нм. Отримані спектри наведено на Рис. 1. Встановлено, що пропускання (T) плівок зростає зі збільшенням довжини хвилі, починаючи від 340 нм, причому різке підвищення інтенсивності спостерігається біля 450 нм для плівки $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{S}$, синтезованої з робочого розчину зі співвідношенням $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2 : \text{Cd}(\text{NO}_3)_2 = 1 : 9$. З переходом до робочих розчинів з більшим вмістом $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ (співвідношення 3 : 7, 1 : 1, 7 : 3 та 9 : 1) різке підвищення оптичного пропускання плівок зміщується до ~ 500 нм. Ця зміна супроводжується також переходом кольору плівок $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{S}$ від жовтого до коричневого. Після різкого зростання оптичне пропускання плівок дещо зменшується, а потім залишається майже незмінним.

За отриманими спектрами $T(\lambda)$ (Рис. 1) побудовано залежності у координатах $(\alpha \cdot hv)^2 - hv$ (Рис. 2). Із використанням дотичних визначено значення оптичної ширини забороненої зони (E_g) плівок $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{S}$, за методикою, описаною в [1]. Встановлено, що величина E_g становить 2,48 еВ для плівки $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{S}$, синтезованої з робочого розчину зі співвідношенням $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2 : \text{Cd}(\text{NO}_3)_2 = 1 : 9$. З переходом до робочих розчинів з більшим вмістом $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ (співвідношення 3 : 7, 1 : 1, 7 : 3 та 9 : 1) величина E_g плівок послідовно зменшується до 2,43, 2,38, 2,25 і 2,16 еВ, відповідно. Таким чином, величину E_g плівок $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{S}$ можна регулювати в певних межах, задаючи відповідні умови їхнього хімічного синтезу.

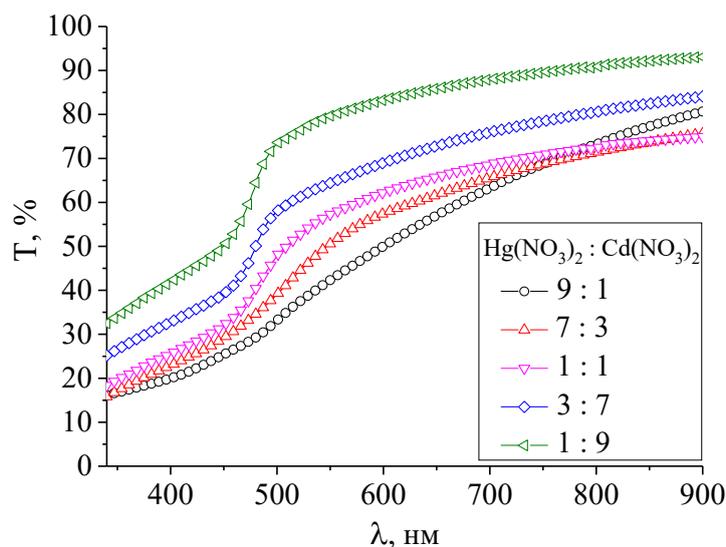


Рисунок 1. Спектри оптичного пропускання $T(\lambda)$ плівок $Hg_{1-x}Cd_xS$, синтезованих з різними молярними співвідношеннями компонентів $Hg(NO_3)_2 : Cd(NO_3)_2$

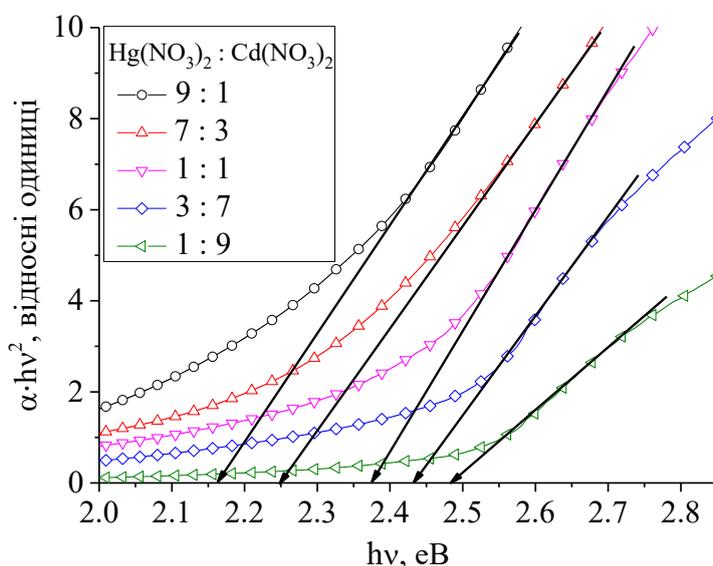


Рисунок 2. Залежності поглинання у координатах $(\alpha \cdot hv)^2 - hv$ плівок $Hg_{1-x}Cd_xS$, синтезованих з різними молярними співвідношеннями компонентів $Hg(NO_3)_2 : Cd(NO_3)_2$

Дослідження виконано за підтримки Міністерства освіти і науки України в рамках наукової роботи проєкту для молодих учених «Теоретичні та експериментальні основи хімічного синтезу модифікованих плівкових напівпровідників типу A^2B^6 для альтернативної енергетики» (номер державної реєстрації 0124U000522).

Література

1. Raval A.V., Shaikh I.A., Jain V.M., Shastri N.M., Patel P.B., Saini L.K., Shah D.V., 2020. Deposition and Characterization of Indium Selenide Thin Films for Opto-electronic Devices. Vol. 12, No. 2, 02010. DOI: [https://doi.org/10.21272/jnep.12\(2\).02010](https://doi.org/10.21272/jnep.12(2).02010).