

## ОПТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТОНКИХ ПЛІВОК $\text{CuFeO}_2$

К. ф.-м. н. Д. П. Козярський, д. ф.-м. н. Е. В. Майструк, к. ф.-м. н. І. П. Козярський,  
к. ф.-м. н. Г. О. Андрущак, Т. В. Загайко

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича  
Україна, м. Чернівці  
d.koziarskyi@chnu.edu.ua

Методом ВЧ-магнетронного розпилення мішені, виготовленої зі стехіометричної суміші  $\text{CuO}$  та  $\text{FeO}_2$ , на скляні підкладки було отримано тонкі плівки  $\text{CuFeO}_2$  товщиною 100 нм. З досліджень оптичних коефіцієнтів було встановлено, що отримані тонкі плівки є прямозонними. Оптична ширина забороненої зони дорівнює 3,22 еВ. З електричних досліджень, було визначено, що питомий поверхневий опір тонких плівок  $\text{CuFeO}_2$  становить 30  $\text{кОм}/\square$ , а питомий опір — 0,3  $\text{Ом}\cdot\text{см}$ .

Ключові слова: тонкі плівки, оптичні властивості, питомий опір,  $\text{CuFeO}_2$ .

Прозорі провідні оксиди (ТСО) широко використовують в оптоелектронних пристроях завдяки їхній високій електропровідності та високій оптичній прозорості у видимому діапазоні спектра. Найбільш звичний для використання як матеріал ТСО для комерційного застосування є оксид індію, легований оловом (ІТО). Проте індію, який входить до складу ІТО, є токсичним та дорогим, що призводить до зростання вартості виготовлення матеріалів на його основі. У зв'язку з цим останнім часом багато досліджень проводять з метою зменшення вмісту  $\text{In}$  в матеріалі та пошуку альтернативних замінників. Одним із таких альтернативних ТСО є деляфосит ( $\text{CuFeO}_2$ ) [1].

Метою цієї роботи є дослідження умов отримання якісних плівок деляфоситу та визначення їхніх оптичних та електричних властивостей.

Тонкі плівки  $\text{CuFeO}_2$  були отримані методом високочастотного магнетронного розпилення на скляні підкладки. Для виготовлення мішені використовували стехіометричну суміш  $\text{CuO}$  та  $\text{FeO}_2$ . Напилення відбувалося в універсальній газовій установці УВН-70, яка була заповнена інертним газом аргоном. Робоча частота магнетрона складала 13,56 МГц. Для того щоб отримати плівку без сторонніх домішок, було використано турбомолекулярний насос ТМН-500. Температура підкладки  $400^\circ\text{C}$ , напилення проводилося у два етапи:  $t_1 = 20$  хв,  $P_1 = 150$  Вт,  $t_2 = 10$  хв,  $P_2 = 180$  Вт.

Для визначення оптичних коефіцієнтів, використовувався метод, заснований на незалежному вимірюванні коефіцієнтів пропускання та відбивання [2].

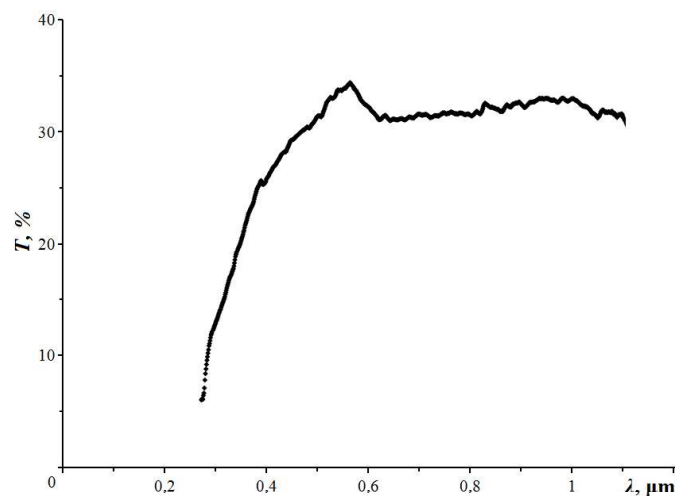


Рис. 1. Залежність коефіцієнта пропускання від довжини хвилі для тонких плівок  $\text{CuFeO}_2$

Для визначення оптичних коефіцієнтів, використовувався метод, заснований на незалежному вимірюванні коефіцієнтів пропускання та відбивання [2].

Залежність коефіцієнта пропускання від довжини хвилі наведено на рис. 1. Як видно з рисунка, для отриманих плівок коефіцієнт пропускання  $T \approx 30\%$ .

На рис. 2 наведено спектральну залежність  $(\alpha h\nu)^2 = f(h\nu)$  для плівки  $\text{CuFeO}_2$ . Присутність прямої ділянки поблизу області власного краю поглинання на отриманих залежностях підтверджують факт, що процес поглинання світлових фотонів проходить за допомогою прямих оптичних переходів. Ці переходи відбуваються за участю двох часток — електронів і фотонів.

Для досліджуваних плівок шляхом екстраполяції визначалась оптична ширина забороненої зони  $E_g^{on}$ , вона складала 3,22 еВ для тонких плівок  $\text{CuFeO}_2$ . Отримані у ході досліджень результати корелюються зі значеннями енергії для прямих переходів плівок досліджуваного матеріалу [1].

Електричний опір досліджувався чотирьохзондовим методом на постійному струмі. Конструктивно це було оформлено як чотирьохзондову голівку, прикріплену до маніпулятора, завдяки чому зонди розташовувалися на досліджуваній поверхні. Кожний зонд був окремо притиснутий до досліджуваного зразка із силою не більше 2Н. Зазначимо, що таким методом можна досліджувати тільки зразки з плоскоступальною поверхнею. Товщину тонких плівок визначали за допомогою інтерферометра МІІІ-4.

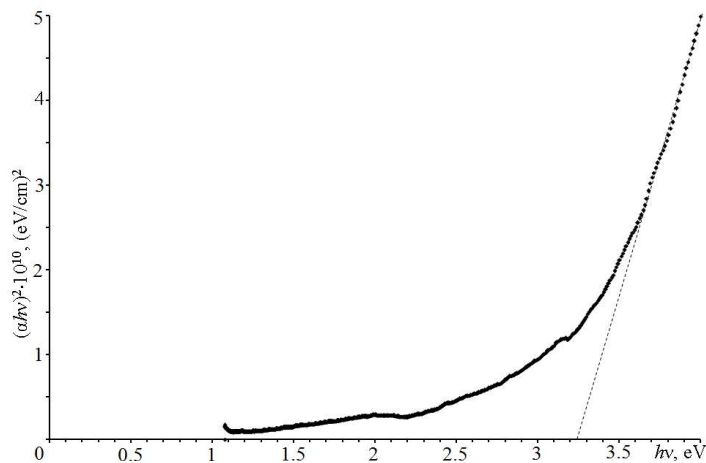


Рис. 2. Залежність коефіцієнта поглинання від енергії випромінювання для тонких плівок  $\text{CuFeO}_2$  в координатах  $(\alpha h\nu)^2 = f(h\nu)$

Отже, в результаті досліджень, було визначено, що тонкі плівки  $\text{CuFeO}_2$  мають товщину 100 нм, питомий поверхневий опір  $\rho_{\square} = 30 \text{ кОм}/\square$  та питомий опір  $\rho = 0,3 \text{ Ом}\cdot\text{см}$ . З досліджень оптичних коефіцієнтів було встановлено, що отримані тонкі плівки є прямозонними. Оптична ширина забороненої зони  $E_g^{on} = 3,22 \text{ еВ}$ .

#### ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Zanhong Deng, Xiaodong Fang, Xi Wang, Suzhen Wu, Weiwei Dong, Jingzhen Shao, Ruhua Tao. Characterization of amorphous p-type transparent  $\text{CuFeO}_2$  thin films prepared by radio frequency magnetron sputtering method at room temperature. *Thin Solid Films*, 2015, vol. 589, pp. 17—21.
2. Уханов Ю. И. *Оптические свойства полупроводников*. Москва, Наука, 1978, 342 с.

D. P. Koziarskyi, E. V. Maistruk, I. P. Koziarskyi, G. O. Andrushchak, T. V. Zahaiko

#### Optical properties of $\text{CuFeO}_2$ thin films

*Thin films of  $\text{CuFeO}_2$  with a thickness of 100 nm are obtained on glass substrates by the method of RF magnetron sputtering of a target made of a stoichiometric mixture of  $\text{CuO}$  and  $\text{FeO}_2$ . Studies of optical coefficients show that the obtained thin films are straight-band. The optical width of the band gap is equal to  $E_g^{on} = 3.22 \text{ eV}$ . From electrical studies, it is determined that  $\text{CuFeO}_2$  thin films have a specific surface resistance  $\rho_{\square} = 30 \text{ k}\Omega/\square$ , a resistivity  $\rho = 0.3 \text{ }\Omega\cdot\text{cm}$ .*

*Keywords: thin films, optical properties, resistivity,  $\text{CuFeO}_2$ .*