

Аналіз плівок CZTSe методами XRD та μ -PIXE

Коваль П.В.¹, Опанасюк А.С.¹, Понамарев А.Г.², Магілін Д.В.², Чеонг Х.³

1 - Сумський Державний університет, Суми, Україна.

2 - Інститут прикладної фізики НАН України, Суми, Україна

3 - Кафедра фізики університету Соганг, Сеул, Республіка Корея

В останній час плівки чотирьохкомпонентної сполуки $\text{Cu}_2\text{ZnSnSe}_4$ (CZTSe) привертають до себе підвищену увагу дослідників як альтернатива поглинаючим шарам CuInSe_2 , $\text{CuIn}_{1-x}\text{Ga}_x\text{Se}_2$ та CdTe при виготовленні дешевих тонкопліткових сонячних елементів. Цей матеріал має близьку до оптимальної для перетворення сонячної енергії ширину забороненої зони ($E_g=1,0-1,5$ eВ), p -тип провідності та великий коефіцієнт поглинання випромінювання ($\alpha > 10^4-10^5$ см⁻¹) оскільки є прямозонним. Він складається з елементів, які широко розповсюджені у земній корі та мають невисоку вартість видобутку [1].

У роботі вивчалися плівки CZTSe, отримані методом співвипаровування Cu, Zn, Sn, і Se на скляну підкладку з провідним підшаром Mo. Структурні дослідження конденсатів були виконані на рентгенівському дифрактометрі ДРОН 4-07 в Ni-фільтрованому K_α випромінюванні мідного аноду. Знімання проводилося в діапазоні кутів $2\theta = 10^0-90^0$, де 2θ - бреггівський кут. Для визначення елементного складу плівок використовувалося рентгенівське характеристичне випромінювання індуковане протонним пучком (методи PIXE, μ -PIXE). Відповідні дослідження проводилися на мікроаналітичному прискорювальному комплексі «Сокил» (ІПФ, Суми, Україна) з енергією пучка протонів 1,5 МеВ. Подальший аналіз спектрів PIXE здійснювався з використанням програми GUPIXWIN.

В результаті рентгенівських досліджень (рис. 1.) показано, що плівки CZTSe мають практично однофазну тетрагональну кристалічну структуру. У зразках спостерігається текстура росту [211].

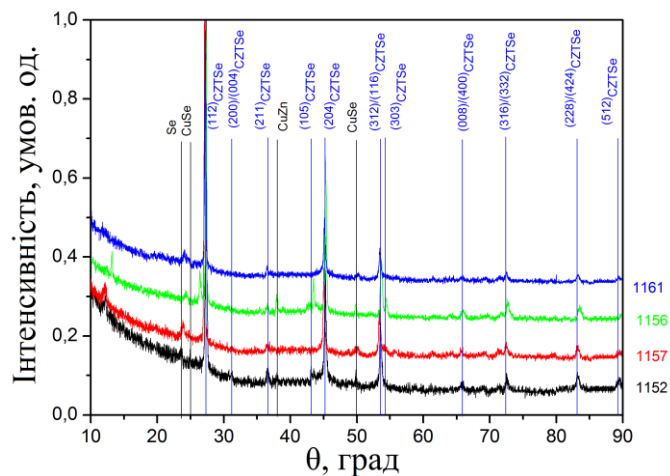


Рис. 1. Рентгенівські дифрактограми тонких плівок CZTSe.

Період ґратки матеріалу змінюється в інтервалі $a = (0,56640-0,56867)$ нм, $c = (1,13466-1,13776)$ нм ($c/2a = 0,9983-1,0017$; $V = (0,36404-$

0,36747) nm^3) та є близьким до значень наведених у довіднику. Розмір областей когерентного розсіювання досліджених плівок становить $L_{(211)} = 20,4\text{-}36,4$ нм.

З використанням результатів, отриманих методом $\mu\text{-PIXE}$, побудовані карти розподілу елементів (рис.2.), що входять до складу сполуки за площею поверхні зразків, а також визначено їх склад в залежності від режимів отримання плівок. Усереднені дані розрахунків елементного складу шарів наведені у таблиці 1.

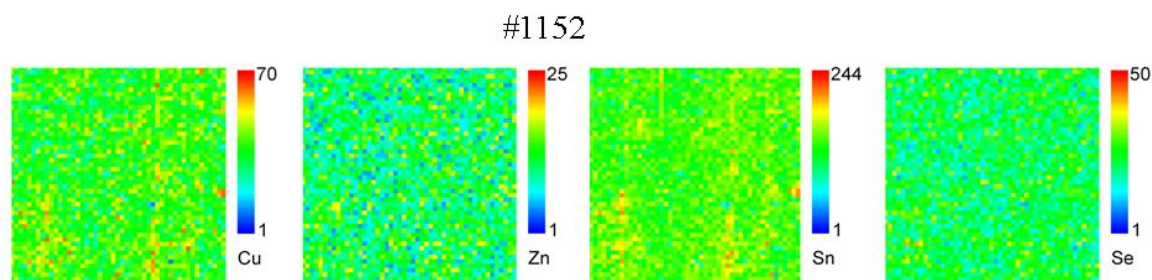


Рис. 2. Кольорові карти розподілу елементів на ділянці зразків розміром 200×200 мкм (растр 50×50 пікселей, шаг сканування 4 мкм)

Таблиця 1. Результати аналізу елементного складу зразків методом PIXE

№ зразка	Cu (ат. %)	Zn (ат. %)	Sn (ат. %)	Se (ат. %)	Cu/(Zn+Sn)	Zn/Sn
1161	19,45	12,41	54,24	13,91	0,74	0,89
1156	16,81	17,57	52,52	13,11	0,55	1,34
1152	22,11	7,44	51,66	18,79	0,84	0,40
1157	18,03	17,70	47,91	16,36	0,53	1,08

В результаті досліджень отримані практично однофазні плівки сполуки CZTSe з однорідним розподілом елементів по площі плівок.

1. Properties of the Window Layers for the CZTSe and CZTS Based Solar Cells / Opanasyuk A.S., Kurbatov D.I., Ivashchenko M.M., Protsenko I.Yu., Cheong H. // Journal of Nano- and Electronic Physics. –2012.–V. 4, №1.–P. 01024-1–3.

Посилання на статтю:

Коваль, П.В. Аналіз плівок CZTSe методами XRD та $\mu\text{-PIXE}$ [Текст]/ П.В. Коваль, А.С. Опанасюк, В.В. Косяк, Пономарьов А.Г., Магілін Д.В., Чеонг Х. // 6-та Українська наукова конференція з фізики напівпровідників. Матеріали конференції. – Чернівці: Рута, 2013. – С. 505-506.