

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
Інститут фізики напівпровідників імені В.Є. Лашкарьова

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF UKRAINE
V.E. Lashkaryov Institute of Semiconductor Physics



«Лашкарьовські читання»
*Конференція молодих вчених
з фізики напівпровідників*

«Lashkaryov's readings»
*Young scientists conference
on semiconductor physics*

Збірник тез
Abstract books

Київ, Україна
Kyiv, Ukraine

Дослідження фазового складу полікристалічних плівок $\text{Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Te}$ методом мікро-раман

Знаменщиков Я.В., Косяк В.В., Опанасюк А.С.

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

E-mail: yaroslav.znamenshchikov@gmail.com

Монокристали трикомпонентної напівпровідникової сполуки $\text{Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Te}$ (CZT) широко застосовуються для виготовлення детекторів радіаційного випромінювання, що працюють при кімнатній температурі [1]. Проте, останнім часом увагу дослідників привертає використання товстих полікристалічних плівок CZT в якості матеріалу для панельних детекторів радіаційного випромінювання [2], які є більш дешевими в порівнянні з детекторами на основі монокристалів CZT. Необхідними вимогами до плівок CZT як детекторного матеріалу є висока кристалічна якість, низька концентрація дефектів, рівномірність розподілу компонентів в об'ємі плівки, відсутність сторонніх фаз. При цьому наявність оксидів та вторинних фаз (CdTe, ZnTe, Te) навіть на мікрорівні може призвести до погіршення властивостей детекторного матеріалу. Таким чином, вивчення фазового складу та розподілу компонентів в полікристалічних плівках CZT є необхідним для отримання високоякісних шарів напівпровідника, придатних для приладового використання. Проте, для полікристалічних плівок CZT вивчення наявності вторинних фаз та розподілу хімічних елементів на мікрорівні не проводилися, що й обумовило мету даного дослідження.

Товсті полікристалічні плівки CZT були отримані методом вакуумного термічного випаровування в квазізамкненому об'ємі, температура випарника складала 700°C , температура підкладки - 400°C . Для отримання плівок з різною концентрацією цинку проводилося випаровування суміші порошків CdTe та ZnTe, масове відношення яких змінювалося для кожної плівки.

Структурні дослідження були проведені методом рентгеноструктурного аналізу. Плівки були однофазними та містили кубічну фазу CZT, сторонніх фаз, а також гексагональної фази CZT, виявлено не було. Вміст цинку був розрахований за законом Вегарда за значенням сталої кристалічної ґратки та складав $x=0,31$, $x=0,46$ та $x=0,65$.

Раманівська спектроскопія є дуже чутливою до фазового складу матеріалу. Зокрема, цей метод застосовувався для виявлення включень телуру в монокристалах CZT [3,4] та для вивчення розподілу хімічних елементів в епітаксійних плівках CZT [5] (мікро-раман). Як правило, раманівські спектри CZT включають моди повздовжніх та поперечних фононних коливань CdTe та ZnTe. Згідно з літературними даними [6] піки мод CdTe та ZnTe на раманівських спектрах CZT зміщуються відносно їхнього положення в чистих сполуках в залежності від концентрації цинку. А саме, зі збільшенням концентрації цинку частота мод $\text{TO}_1(\text{CdTe})$, $\text{LO}_2(\text{ZnTe})$, $\text{TO}_2(\text{ZnTe})$ збільшується, а частота моди $\text{LO}_1(\text{CdTe})$ зменшується. Раманівські спектри плівок CZT були виміряні при кімнатній температурі при довжині хвилі збуджуючого випромінювання 785 нм. На спектрах усіх досліджуваних зразків спостерігалася двомодова поведінка. Спектр зразка з $x=0,31$ включав піки мод $\text{TO}_1(\text{CdTe})$, $\text{TO}_2(\text{ZnTe})$, $\text{LO}_2(\text{ZnTe})$; спектри зразків $x=0,46$ та $x=0,65$ включали піки мод $\text{LO}_1(\text{CdTe})$, $\text{TO}_2(\text{ZnTe})$, $\text{LO}_2(\text{ZnTe})$. Таким чином, на спектрах були виявлені лише піки мод коливань підґраток CdTe та ZnTe, піків сторонніх фаз виявлено не було.

Чітка наявність мод CdTe та ZnTe дає можливість провести детальний фазовий аналіз і дослідити просторовий фазовий склад плівок. С цією метою, було проведено сканування поверхні зразків методом мікро-раман. Можливе формування включень чистих сполук CdTe та ZnTe вивчалася шляхом побудови карти просторового розподілу параметру R_{ZC} , що є відношенням інтенсивності I_1 моди $\text{TO}_2(\text{ZnTe})$ до інтенсивності I_3 моди $\text{TO}_1(\text{CdTe})$ (Рис. 1а). Для виявлення включень телуру в плівках CZT проводилося вивчення просторового

розподілу параметру R_{ZT} , що є відношенням інтенсивності I_1 моди $TO_2(\text{ZnTe})$ до інтенсивності I_2 сигналу на частоті близько 122 cm^{-1} , яка відповідає частоті моди $A_1(\text{Te})$ на спектрі кристала телуру (Рис. 1а).

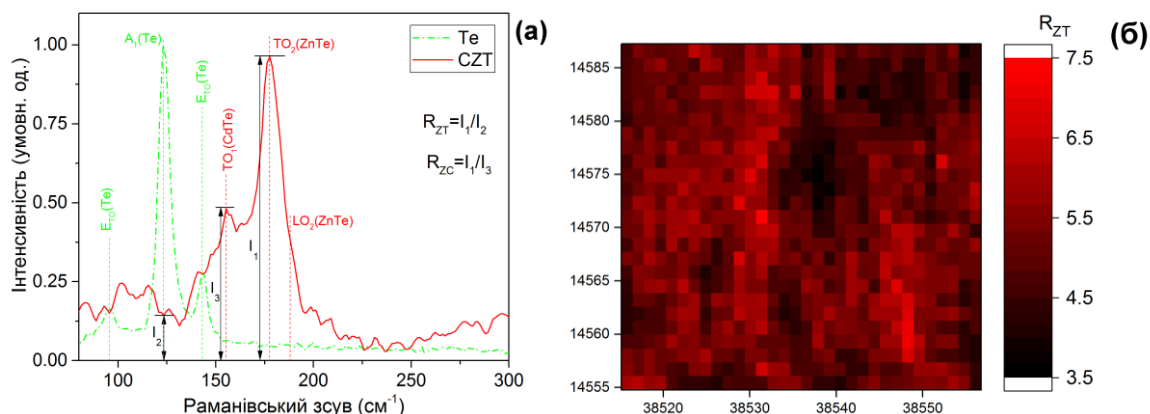


Рис. 1 – (а) Раманівські спектри кристалу телуру (штрихована лінія) та плівки CZT (суцільна лінія); (б) карта просторового розподілу параметру R_{ZT} для плівки CZT з $x=0,65$.

На Рис. 1б представлена карта просторового розподілу параметру R_{ZT} для плівки CZT з $x=0,65$. Як видно з рисунку, значення параметру R_{ZT} змінюється в діапазоні від 3,5 до 7,5, що свідчить про відсутність включень телуру в плівці.

З отриманих карт просторового розподілу параметрів R_{ZT} та R_{ZC} було встановлено, що в плівках CZT відсутні включення сторонніх фаз (CdTe, ZnTe, Te). Значення параметрів R_{ZT} та R_{ZC} змінювалися в допустимих межах, що може бути спричинено впливом рельєфу поверхні плівки на розсіювання збуджуючого лазерного випромінювання та фоновій люмінесценції. В результаті дослідження фазового складу полікристалічних плівок CZT було встановлено, що метод вакуумного термічного випаровування в квазізамкненому об'ємі дозволяє отримати високоякісні плівки, що не містять включень сторонніх фаз на мікрорівні.

- [1] *Del Sordo S., Abbene L., Caroli E., Mancini A.M., Zappettini A., Ubertini P.* Progress in the development of CdTe and CdZnTe semiconductor radiation detectors for astrophysical and medical applications // *Sensors*. – 2009. – **9**, P.3491–3526.
- [2] *Sellin P.J.* Thick film compound semiconductors for X-ray imaging applications // *Nucl Instruments Methods Phys Res Sect A Accel Spectrometers, Detect Assoc Equip.* - 2006. – **563**, P.1–8.
- [3] *Kulkarni G.A., Sathe V.G., Rao K., Muthu D., Sharma R.K.* Micro-Raman imaging of Te precipitates in CdZnTe (Zn~4%) crystals // *J Appl Phys.* – 2009. – **105**, 063512.
- [4] *Min J., Liang X., Chen J., Wang D., Li H., Zhang J.* Investigation of Te inclusions in CdZnTe crystalline material using Raman spectroscopy and IR techniques // *Vacuum.* - 2012. – **86**, P. 1003–1006.
- [5] *Bilgilişoy E., Özden S., Bakali E., Karakaya M., Selamet Y.* Characterization of CdTe Growth on GaAs Using Different Etching Techniques // *J Electron Mater.* - 2015. – **44**, P.3124–3133.
- [6] *Perkowitz S., Kim L.S., Feng Z.C.* Optical phonons in $\text{Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Te}$ // *Phys REVIES B.* – 1990. – **42**, P.20–22.