

ВИРОЩУВАННЯ ГЕТЕРОСИСТЕМИ CdTe/PbTe, ЇЇ ОПТИЧНІ ТА ФОТОЕЛЕКТРИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ

К. ф.-м. н. М. В. Вуйчик, д. ф.-м. н. З. Ф. Цибрій, к. ф.-м. н. К. В. Свеженцова,
чл.-кор. НАН України, д. ф.-м. н. Ф. Ф. Сизов

Інститут фізики напівпровідників ім. В. Є. Лашкарьова НАН України
Україна, м. Київ
vuychik@isp.kiev.ua

Оптимізовано технологію вирощування гетеросистеми CdTe–PbTe/BaF₂ методом молекулярної епітаксії «гаряча стінка». Проведені дослідження показали динаміку зміни характеристик структур залежно від температури вирощування. В спектрах пропускання в області фундаментального оптичного переходу виявлено розщеплення основної смуги на декілька, що не проявляється в спектрах fotocутливості. Цей результат необхідно враховувати в процесі розробки термоелектричних та інших оптоелектронних приладів.

Ключові слова: CdTe – PbTe, епітаксія «гаряча стінка», оптичне пропускання, fotocутливість.

Система PbTe – CdTe має великі перспективи застосування в фотонних, термоелектричних та фотоелектричних областях завдяки великій, понад 1 еВ, різниці між енергіями ширини заборонених зон PbTe та CdTe, що дає можливість значно знизити Оже-рекомбінацію в такій системі [1, 2]. Хоча PbTe і CdTe мають близькі значення параметрів сталої ґратки (розбіжність складає близько 0,3%), вони мають різну структуру кристалічної комірки (телурид свинцю кристалізується в структуру кам'яної солі, тоді як телурид кадмію — в структуру цинкової обманки) [2, 3]. В літературі, наприклад [4] повідомлялось, що матеріали PbTe і CdTe не утворюють твердих розчинів, що сприяє формуванню різкої гетерограниці. Однак в роботі [5] показано, що у системі PbTe – CdTe існує обмежена область твердих розчинів на основі плюмбум телуриду. В роботі [6] досліджуються тверді розчини Pb_{1-x}Cd_xTe та Pb_{1-x}Mn_xTe, отримані методом Бріджмена.

В цій роботі представлено результати досліджень структур CdTe/PbTe методами атомно-силової мікроскопії, Фур'є-спектроскопії, вольт-амперних характеристик (ВАХ), а також дослідження fotocутливості в інфрачервоному (ІЧ) діапазоні спектру з метою вивчення впливу температури на оптичні, електричні та фотоелектричні характеристики гетеросистеми в процесі її вирощування.

Структури вирощувалися на модифікованій установці розпилення металів методом молекулярної епітаксії «гаряча стінка» на свіже сколоті підкладки BaF₂ (111). Підібрано технологічні параметри ($T_{дж} = 653$ К, $t_{нап} = 60$ хв, $T_{під} = 473 \pm 50$ К), за яких вирощена структура PbTe/BaF₂ є повністю прозорою в області фундаментального оптичного переходу.

Товщина плівок задавалась часом перебування структури над джерелом випаровування і контролювалась інтерференційним профілометром «Мікрон-альфа».

Для створення електричного контакту осаджувався тонкий шар золота термічним розпилюванням у вакуумі, а для розпайки контактів використано багатоцільову термоустановку зварювання.

Для дослідження морфології поверхні зразків використовувався скануючий зондовий мікроскоп «Фемтоскан». Оптичні дослідження в діапазоні спектра 1,3 — 25 мкм проводилися на ІЧ-Фур'є спектрометрі „Perkin Elmer” Spectrum VХІІ.

Спектр пропускання структури PbTe/BaF₂ являє собою яскраво виражену смугу з максимумом в районі 3,8 — 4,6 мкм із затулятим крилом, що обумовлене накладанням плівки та підкладки. Потрібно зауважити, що інтенсивність піків є досить високою. Оскільки не спостерігається відповідності між положенням максимуму смуги та температурою вирощування плівки, ми прийшли до висновку, що вигляд спектру обумовлюється впливом товщини нанесених плівок, а також структурними відмінностями вирощених плівок на енергетичне положення піка. Цей пік виникає внаслідок інтерференційного підсилення поблизу головного енергетичного переходу.

Нанесення плівки CdTe призводить до появи в спектрах пропускання декількох піків в області 2 — 8 мкм (для прикладу на рис. 1 показано спектр структури, вирощеної за 473 К, температура про-

ведення експерименту $T = 300$ К), чого не проявлялося раніше [7]. Також спостерігається зсув відповідних максимумів один відносно іншого залежно від температури росту (тобто від товщини) структури-підкладки PbTe/BaF₂.

На рис. 2 показано спектри fotocутливості s гетеросистеми CdTe/PbTe/BaF₂, виміряні за температури 80 К. На відміну від спектрів пропускання, спектри fotocутливості структур схожі між собою та мають один яскраво виражений максимум з енергетичним положенням близько 4,8 мкм.

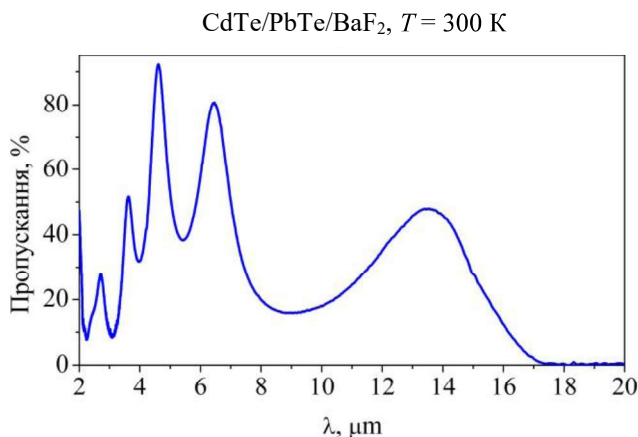


Рис. 1. Спектр пропускання гетероструктури CdTe/PbTe/BaF₂, вирощеної на підкладці BaF₂ за температури структури 473 К

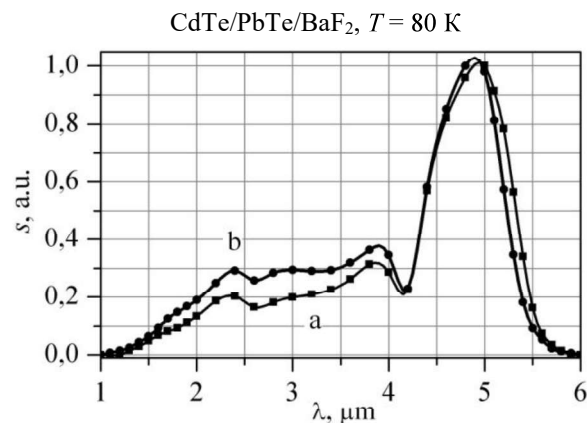


Рис. 2. Спектри fotocутливості гетероструктур CdTe/PbTe/BaF₂, отриманих за різних температур вирощування PbTe на BaF₂: a — 473 К, b — 423 К

Результати, отримані в роботі, рекомендується враховувати при розробленні детекторів середньохвильового ІЧ-діапазону, термоелектричних та інших приладів.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Chusnutdinow S., Schreyeck S., Kret S. et al. Room temperature infrared detectors made of PbTe/CdTe multilayer composite, *Appl. Phys. Lett.*, 2020, 117, 072102.
2. Szot M., Kowalczyk L., Smajek E. et al. Epitaxial Growth and Optical Properties of PbTe/CdTe Semiconductor Heterostructures, *Acta Physica Polonica A*, 2008, vol. 114, p. 13911396.
3. Leitsmann R., Bechstedt F., Groiss H. et al. Structural and electronic properties of PbTe (rocksalt)/CdTe (zincblende) interfaces, *Applied Surface Science*, 2007, vol. 254, p. 397–400.
4. Novikova N. N., Yakovlev V. A., Kucherenko I. V. et al. Optical phonons in multilayer PbTe/CdTe heterostructures, *Semiconductors*, 2015, vol. 49, p. 644–648.
5. Freik D.M., Boychuk V.M., Dykun N.I., Zapuhlyak R.I. Physical-chemical properties and crystal-chemistry of point defects of PbTe – CdTe solid solution, *Physics and Chemistry of Solid State*, 2008, iss. 9, p. 302–308.
6. Bukala M., Sankowski P., Buczek R., Kacman P. Structural and electronic properties of Pb_{1-x}Cd_xTe and Pb_{1-x}Mn_xTe ternary alloys, *Phys. Rev. B*, 2012, vol. 86, 085205.
7. Вуйчик М.В., Цибрій З.Ф., Свеженцова К.В. та ін. Атомно-силова мікроскопія та інфрачервона спектроскопія гетеросистем CdTe–PbTe вирощених методом «гарячої стінки». *Фізика і хімія твердого тіла*, 2009, №10, с. 784–788.

M. V. Vuichyk, Z. F. Tsybrii, K. V. Svezhentsova, F. F. Sizov

Growing a CdTe/PbTe heterosystem, its optical and photoelectric properties

The authors optimize the process of growing CdTe/PbTe/BaF₂ heterosystems using the "hot wall" molecular epitaxy technique. The studies (atomic force microscopy, Fourier spectroscopy, photosensitivity and current-voltage characteristics measurements) have shown the trends in the characteristics of the structures depending on the growth temperature. It was detected that in the region of the fundamental optical transition of the transmission spectrum, the main band splits into several, which is not manifested in the photosensitivity spectra. This result must be considered when developing thermoelectric and other optoelectronic devices.

Keywords: CdTe-PbTe, hot wall epitaxy, optical transmission, photosensitivity.