

© Солодін С.В., Сандуляк М.А., Коров'яно О.О., Щербак Л.П., Фочук П.М., 2016
Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

ВЗАЄМНА МІГРАЦІЯ ІНКЛЮЗІЙ ТА ДИСЛОКАЦІЙ У $Cd_{1-x}Zn_xTe$ ЯК НАСЛІДОК ПІСЛЯРОСТОВОЇ ТЕРМООБРОБКИ МОНОКРИСТАЛІВ

Методами селективного травлення й електрофізичних вимірювань досліджено вплив термообробки на зміну властивостей монокристалів кадмій телуриду та кадмій цинк телуриду (CZT) внаслідок взаємної міграції дислокацій та вкраплень. Ефекти міграції вкраплень у кристалах внаслідок термообробки підтверджено методом інфрачервоної мікроскопії. Кореляцію електрофізичних властивостей матеріалу досліджено методом Хола за нагріву у межах 1100 К і вимірюваннями питомої електропровідності в температурному інтервалі 300-500 К. Еволюцію електрофізичних властивостей монокристалів CZT і CdTe у процесі післяростової термообробки пояснено як наслідок взаємної міграції дислокацій та вкраплень телуру за визначених термодинамічних параметрів.

Ключові слова: кадмію телурид, кадмій цинк телурид, селективне травлення, дефекти, дислокації, електричні вимірювання.

Вступ

Переваги монокристалів $Cd_{1-x}Zn_xTe$ (CZT) порівняно з CdTe для виробництва детекторів γ -випромінювання зумовлені високою аналоговою чутливістю детекторів на їх основі та значно більшою гранично поглиненою дозою [1]. Проте зміна параметрів підгратки матеріалу призводить до зростання густини дефектів у ньому. Ростові дефекти, що формуються у процесі вирощування монокристалів, у великій мірі визначають фізико-хімічні параметри отриманого матеріалу. Такі недосконалості кристала як дислокації, двійники, границі зерен, інклюзії мають тенденцію до міграції та взаємоперетворень в умовах додаткової термообробки, внаслідок чого змінюються фізико-хімічні властивості матеріалу [2-6]. Тому системне вивчення впливу післяростових відпалів за визначених термодинамічних параметрів (тиск пари компонента, температура), часу витримки та швидкості охолодження на мікроструктуру матеріалу є джерелом цінної інформації для удосконалення методів вирощування бездефектних кристалів. Комплексний аналіз результатів селективного травлення монокристалів CdTe і CZT, ІЧ-мікроскопії та електрофізичних властивостей дозволяє оцінити взаємну міграцію різних дефектів і вкраплень у монокристалах. Ґрунтовний аналіз особливостей виявлення дефектів у CdTe методом селективного травлення здійснено у попередньому дослідженні [3], проаналізовано й вивчено селективну дію різних травників на поверхню CdTe і CZT, їх ефективність і модифікацію складу.

У [3] обґрунтовано, що найбільш інформативними селективними травниками для CdTe і CZT є срібловмісні розчини E-Ag [7] чутливі до поверхні (110), а також розбавлені травильні композиції DSL на основі хром (VI) оксиду при освітленні чи без світла для поверхні (111) [8]. Інші публікації [9, 10] свідчать, що травник Еверсона дає можливість виявити кілька видів ямок травлення пірамідальної форми, сформованих за місцем проникаючих дислокацій на (111) В поверхню CZT. Селективне травлення за Еверсоном виявилось потужним механізмом виявлення дефектів на обох (111) В і (211) В поверхнях CZT монокристалів [11], проте оцінка природи ямок травлення, отриманих різними селективними травниками, не була взаємодоповнюючою. Для удосконалення методик вирощування високоякісних монокристалів CZT з мінімальною густиною дислокацій необхідні пошуки оптимізації методу селективного травлення як способу оцінки дислокацій, взаємозв'язку між різними дислокаціями, вкрапленнями та їх міграціями внаслідок термообробки за різних умов. Аналіз опублікованих результатів за цим напрямом [1-11, 12-13] указує, що механізм формування дислокацій у CZT ускладнений численними факторами, які впливають на ріст монокристалів CZT, такими як домішки в розплаві, природа стінок тигля, стехіометрія, вібраційні та температурні деформації. Для глибшого розуміння процесів формування дислокацій і оптимізації умов вирощування бездислокаційних кристалів необхідно розробити удосконалений спосіб оцінки цих дефектів, визначити взаємозв'язок між

різними типами дислокацій та вкраплень і технологічними параметрами вирощування.

Завданням даного дослідження було вивчити особливості взаємної міграції вкраплень і дислокацій у монокристалах CdTe та CZT як наслідок їх післяростової термообробки методом селективного травлення; дослідити вплив термодинамічних параметрів циклічних відпалів (температури 900-1200 К, тиск пари компонента) на зміни структури дефектів і електрофізичних властивостей матеріалу.

Експериментальна частина

Для досліджень підготовлено серію попередньо відшліфованих і відполірованих зразків CdTe та $Cd_{1-x}Zn_xTe$ товщиною 2-2,5 мм із вкрапленнями різного виду. Зразки з кристалографічною орієнтацією (110), (111) виготовлено із кристалів, вирощених методом Бріджмена з розплавів, збагачених кадмієм чи телуrom. Для полірування поверхні зразків використовували послідовно суспензії абразивних порошоків алюміній оксиду з розміром зерен 1 мкм, 0,3 мкм і 0,05 мкм. Загальна густина дислокацій у кристалах оцінена близько $10^4 - 10^5 \text{ см}^{-2}$. Електрофізичні характеристики (ЕФХ) досліджуваних зразків, відомості про термодинамічні умови відпалу

та результати селективного травлення до і після відпалу наведено в таблиці 1.

Селективне травлення здійснювали за допомогою травника Бісолі [8]: 10 мл розчину [5 мл 50% водного розчину CrO_3 : 25 мл HF] + 40 мл H_2O . Вкраплення у зразках ідентифіковано методом ІЧ-мікроскопії. Для дослідження ямок селективного травлення використано комплексний аналіз даних оптичної та ІЧ-мікроскопії зразків (мікроскоп Leitz оснащений ІЧ камерою Pixelink PL-A741). Розміри ямок травлення визначали за допомогою програми ImageJ. Кореляцію зміни опору зразків унаслідок після ростових відпалів за різних термодинамічних умов оцінено на основі вольт-амперних характеристик відповідних зразків.

Результати й обговорення

Метод селективного DSL-травлення за Бісолі [8] дозволяє ідентифікувати кристалографічну орієнтацію поверхні (111). На рис. 1а продемонстровано формування різних фрагментів площин травлення на поверхні (111), які розмежовані блоком з іншим напрямом. Для кристалів CdTe<Al> DSL-травленням на поверхні зразка, вирощеного методом Бріджмена за нерівноважних умов,

Таблиця 1.

Характеристики умов відпалу зразків CdTe та $Cd_{1-x}Zn_xTe$ і присутніх у них вкраплень та ефекту селективного травлення

№	Шифр зразка, ЕФХ	Характеристика вкраплень	Умови відпалу, тривалість	Результат селективного травлення пов.(111)
1	CdTe-1 $\sigma=4 \cdot 10^{-3} \text{ ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$, р-тип	Дрібні, розсіяні вкраплення Te (≤ 10 мкм), кристал, вирощений з надлишком телуру	P(Cd), 1023 К, 24 год	DSL: до відпалу – скупчення круглих ямок, а після – 6-променеві розетки з подвійними променями.
2	CdTe-2 $\sigma=5 \cdot 10^{-4} \text{ ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$, п-тип	Зірчасті (10-30 мкм) треки після відпалу.	1 Цикл: P(Cd, max), 1023 К, 24 год 2 Цикл: 1)P(Cd, max), 1073 К, 18 год 2)P(Cd, max), 1073 К, 48 год 3)P(Cd, max), 1023 К, 12 год 3 Цикл: P(Cd, max), 1023 К, 24 год	DSL: зірчасті скупчення ямок травлення з треком від центру.
3	КЦТ-3 р-тип, $\sigma=10^{-4} \text{ ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$	Великі (20-70 мкм), дрібні, неоднорідні та розсіяні вкраплення	1 Цикл: P(Cd), 1023 К, 24 год 2 Цикл: P(Cd, max), 1023 К, 12 год	DSL: зірчасті скупчення ямок травлення
4	CdTe<Si>-4, ЕФХ- неоднорідні	Зірчасті вкраплення (~50 мкм) [Si] = 10^{20} см^{-3}	P(Cd, max), 1023 К, 12 год	DSL: зірчасті скупчення ямок травлення

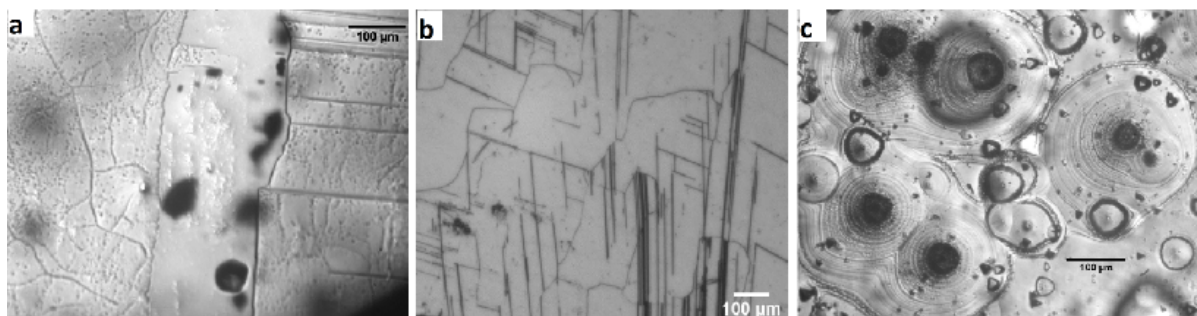


Рис. 1. Мікрофотографії поверхні зразків з різними недосконаlostями, протравлених DSL травником: а – селективність травника до напрямку поверхні, б – дислокаційні сітки, с – хмари Котрела

виявлено специфічні сітчасті фігури, спричинені накладанням різних дефектів (рис. 1б). Як показує рис. 1с, селективне DSL-травлення також чутливе до виявлення бар'єрів Котрела, тобто групи домішкових атомів упродовження, що сформувалася уздовж лінії дислокації. Останні можуть бути спричинені значними порушеннями в зразку, такими як пружна взаємодія дислокацій з точковими дефектами, що призводить до підвищення концентрації останніх поблизу осі дислокації й утворення навколо неї хмар Котрела. Проілюстровані на рис. 1 види недосконалостей у кристалах CdTe не можна усунути шляхом додаткової термообробки. Тому для подальших досліджень відібрано монокристали з дрібними вкрапленнями ($\varnothing \leq 10$ мкм) різного виду.

На поверхні якісних монокристалів CdTe з помірним вмістом ростових дислокацій селективним травником DSL витравлюються характерні симетричні ямки округлої форми діаметром 5-10 мкм. Такі фігури травлення спостережено на поверхні зразка CdTe-1, що містить дрібні вкраплення телуру ($\varnothing \leq 10$ мкм) до відпалу (рис. 2а). За нагрівання вище 1000 К в атмосфері кадмію такі вкраплення повністю розчиняються, після відпалу зразок прозорий в ІЧ-світлі. Проте DSL-травлення після відпалу виявляє характерні зірчасті скупчення ямок травлення (рис. 2б). Такі фігури травлення підтверджують гіпотезу, що дрібні вкраплення за додаткової термообробки можуть утворювати краплини CdTe у монокристалі, які спричиняють додаткові напруження та формування дислокаційних петель навколо себе. Відповідно, метод DSL-травлення унікальний для виявлення порушень такого виду у кристалах CdTe.

Подібні зірчасті скупчення фігур селективного травлення спостережено також для

легованого зразка CdTe<Si>, який містить дрібні вкраплення, скупчені у зірчасту фігуру ($\varnothing \leq 50$ мкм, рис. 2е). Селективне DSL-травлення даного зразка виявляє локалізацію цих вкраплень, оточених характерними дислокаційними променями на поверхні зразка (рис. 2с). Методом ІЧ-мікроскопії після відпалу в атмосфері P(Cd, max) за температури 1023 К протягом 12 год. у зразку виявлено формування треків поблизу центру вкраплень (рис. 2ф), тоді як селективне травлення поверхні спричиняє формування зірчастих скупчень ямок травлення з характерними 6-ма подвійними променями (рис. 2д). Цікаво, що дрібні треки вкраплень поблизу центру розчинилися внаслідок травлення, а довжина сформованих дислокаційних променів утричі більша за відповідні фігури травлення до відпалу. Така тенденція еволюції вкраплень подібна до результатів відповідних досліджень зразка CdTe-1 та CdTe-2 до та після відпалу (рис. 2б).

Отже, дислокації та інші дефекти в кристалах є пастками для вкраплень, а краплини кадмій телуриду, що, ймовірно, кристалізуються внаслідок розчинення вкраплень, створюють додаткові напруження у кристалі.

Зразок CdTe-2 містить густі смуги вкраплень телуру ($\varnothing \leq 10$ мкм), сформованих уздовж площини двійникування (рис. 3а) під час вирощування монокристала на межі ділянок з різною орієнтацією, що підтверджено DSL-травленням (рис. 3с). Унаслідок термообробки в атмосфері P(Cd, макс) за температури 1023 К протягом 24 год зразка CdTe-2 вкраплення розплавилася, утворюючи смуги «течій» вкраплень (рис. 3б). Напрямок цих смуг вкраплень чітко узгоджується з напрямом порушення у кристалі.

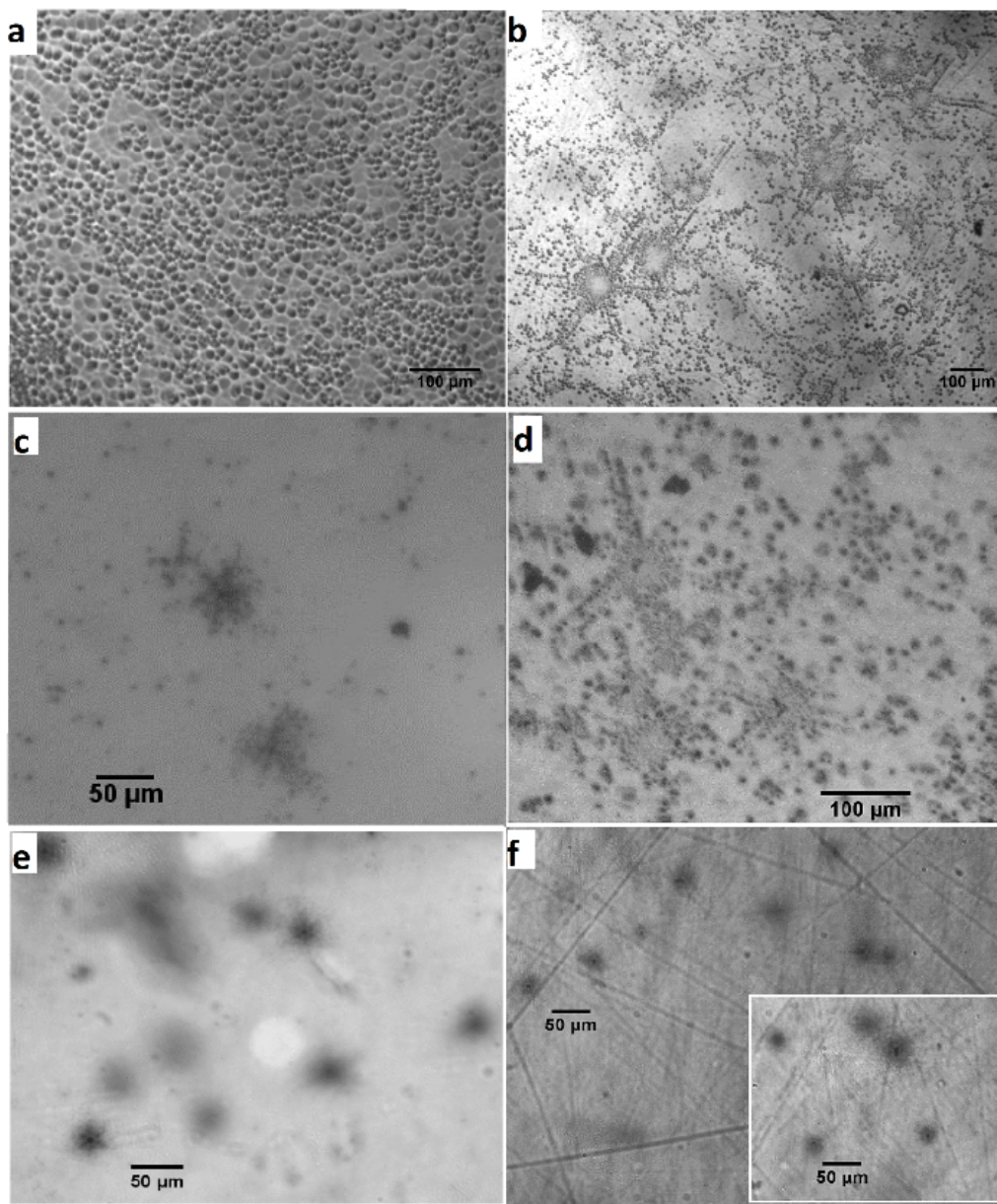


Рис.2 Мікрофотографії зразків, що містять зірчасті скупчення ямок травлення після селективного DSL травлення: CdTe-1 а) до відпалу, б) після відпалу; поверхня зразка CdTe<Si> с) до відпалу, д) після відпалу; та відповідні ІЧ мікрофотографії вкраплень всередині зразка CdTe<Si>: е) до відпалу, ф) після відпалу

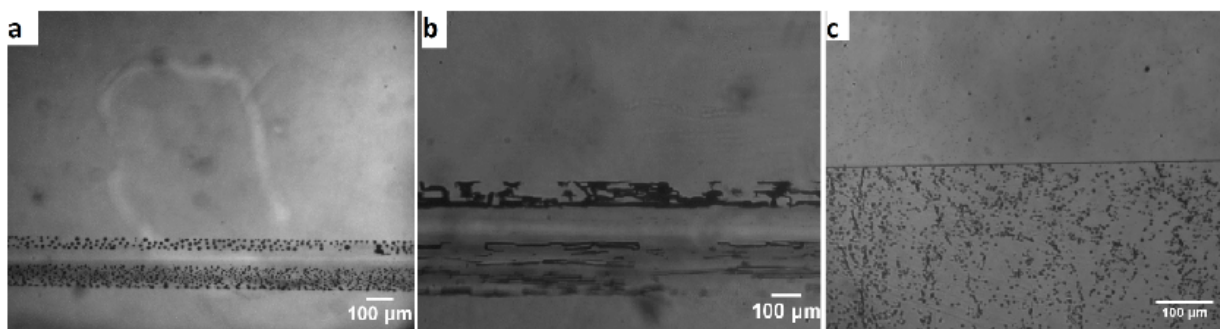


Рис.3. ІЧ мікрофотографії зразка CdTe-2 зі смугами вкраплень: а – до відпалу, б – після відпалу, с – поверхня зразка після DSL травлення

Інша частина зразка CdTe-2 містить вкраплення, скупчені у 6-променеву зірчасту фігуру (рис. 4а), очевидно, сформовані під час вирощування кристалів у центрі розеток гвинтових дислокацій. Унаслідок відпалу зразка CdTe-2 за температури 1023 К протягом 24 годин в атмосфері Cd виявлено формування треків довжиною до ~30 мкм поблизу центра кожного зірчастого вкраплення (рис. 4 б, с). Як видно з рис. 4 б, с, треки спрямовані вздовж напрямку одного з 6-ти променів, який, імовірно, створює найбільше напруження дефекту. Такі треки можуть бути спричинені міграцією надлишкових вкраплень у кристалі внаслідок термообробки. У результаті повторного відпалу за температури 1073 К протягом 48 годин в атмосфері Cd дрібні вкраплення на дислокаційних променях практично розчинилися, залишивши тільки треки з центральною точкою без видимих зірчастих фігур (рис. 4d). Отже, швидкість розчинення зірчастих вкраплень залежить від тривалості термообробки та від їх розміру.

Селективним травленням вдалося виявити на поверхні зразка CdTe-2 зірчасте вкраплення з характерним треком (рис. 5b), що збігається з одним дислокаційним променем. Скупчення ямок селективного травлення без характерних центральних фігур (рис. 5 с, d), імовірно, сформовані на поверхні із залишками виходу гвинтових дислокацій. Як видно з рис. 4 с, d, такі дефекти локалізуються на різній глибині кристала. Очевидно, на поверхні дослідженого зрізу виявлена залишкова частина такого вкраплення. Подібні

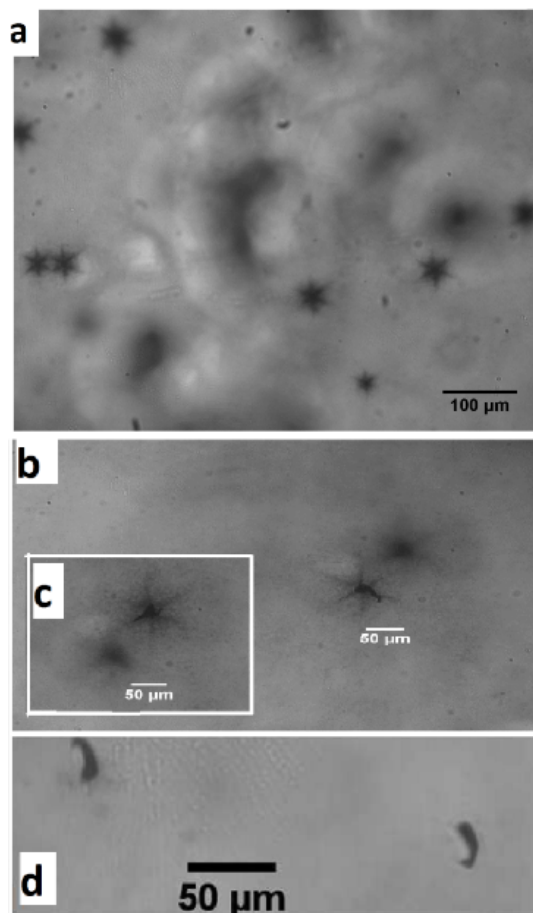


Рис.4. ІЧ-мікрофотографії зірчастих вкраплень зразка CdTe-2: а – до відпалу, б,с – після 1-го відпалу за температури 1023 К протягом 24 год в атмосфері Cd, d – після 2-го відпалу за температури 1073 К протягом 48 год в атмосфері пари Cd

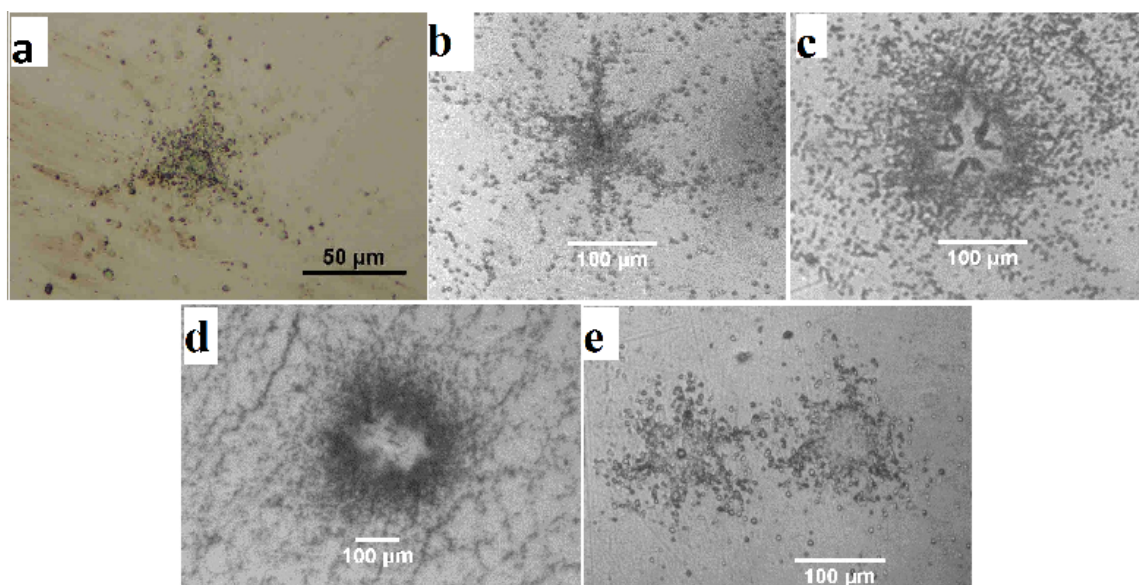


Рис.5. Мікрофотографії поверхні зразків CdTe-2 із зірчастими вкрапленнями, протравленої DSL- травником: а – до відпалу, б, с, d – різні точки поверхні кристала після відпалу; е – подібний зразок КЦТ до відпалу

зірчасті фігури селективного DSL травлення також отримано на поверхні зразка КЦТ (рис. 5 е), який містить дрібні ($\varnothing \leq 3$ мкм) розсіяні вкраплення.

Дослідження питомого опору зразка CdTe-2, що містить зірчасті вкраплення виявилися чутливими до циклічного прогріву в межах 400-500 К (рис. 6).

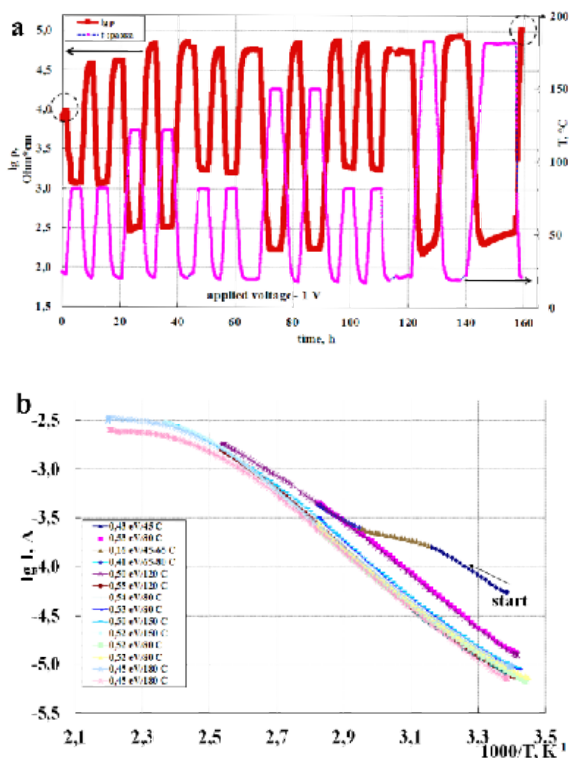


Рис. 6. Часова зміна питомого опору зразка CdTe-2 з послідовним циклічним прогрівом, витримкою протягом 4-х годин і наступним охолодженням до кімнатної температури

Природно, що з підвищенням температури опір зразка зменшується. Проте, як видно з рис. 6, протягом першого нагріву в межах температур 293-318 К опір зменшується, далі в інтервалі 318-323 К зафіксовано різкий стрибок зростання питомого опору. Після першого прогріву до ~ 348 К параметри зразка за кімнатної температури не повністю відтворюються, а наступний прогрів до 393 К спричиняє закономірне збільшення інтервалу зниження опору за нагрівання, однак опір охолодженого зразка після другого циклу нагріву незначно зростає. У цілому циклічні дослідження питомого опору за кімнатної температури після циклу прогрівів протягом тижня виявили сумарне зростання цього параметру на порядок від 10^4 до 10^5 Ом \times см. Такі зміни можуть бути пов'язані з незво-

ротною міграцією дефектів у зразку за нагрівання або з процесами на межі металічний контакт-напівпровідник, оскільки нагрів у даному випадку недостатній для розплавлення вкраплень.

За нахилом температурних залежностей питомого опору (рис. 6, б) розраховано енергетичні параметри, що охоплюють сумарні енергії активації процесів генерації електронів за цих умов.

Отже, дослідження питомого опору зразка CdTe-2 в інтервалі температур 300-450 К загалом підтвердили закономірні кореляції електрофізичних властивостей в умовах циклічної термообробки

Еволюцію електрофізичних параметрів за високих температур у межах 700-1100 К досліджено б-зондовим методом із використанням приварних вольфрамових контактів (рис. 7б).

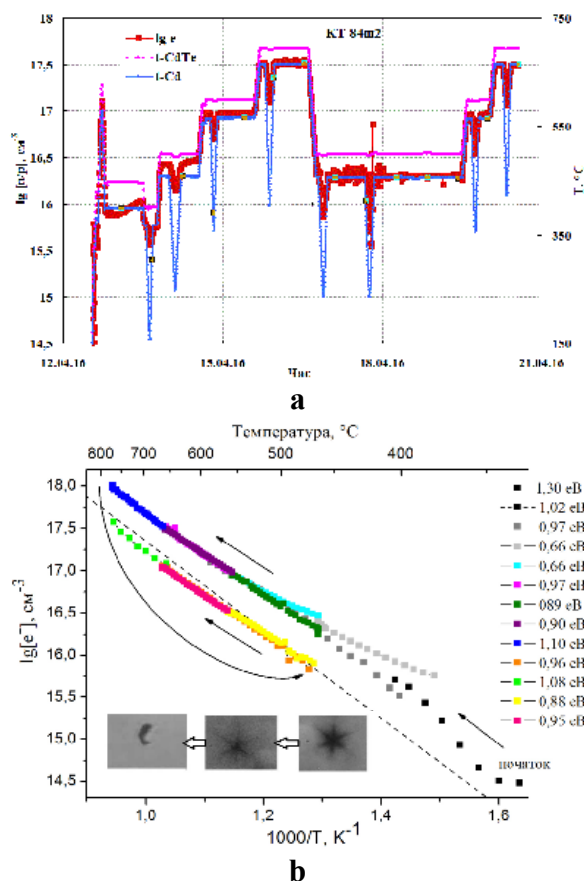


Рис 7. Електрофізичні властивості зразка CdTe з послідовним багатостадійним нагріванням а) часова зміна концентрації носіїв за нагріву до 1100 К; б) температурна залежність концентрації електронів за нагріву до 1100 К в умовах максимального тиску пари кадмію, у вкладці відповідні мікрофотографії еволюції вкраплень

Високотемпературні вимірювання ефекту Хола *in situ* виявили аномально високі значення рухливості носіїв заряду, причому рівень концентрації носіїв указує на контрольовану провідність. Поетапний прогрів до температури 1100 К призводить до наступного зменшення концентрації носіїв заряду за нижчих температур, але отримані експериментальні значення залишаються завищеними відповідно до опублікованих [14] даних для нелегованого матеріалу. Такі аномальні зміни можуть бути спричинені частковим розчиненням вкраплень та їх міграцією в кристалі під час вимірювань. Загалом тенденція циклічних змін питомої електропровідності, концентрації носіїв струму та інших параметрів подібна до попередніх досліджень за нижчих температур, однак тривала термообробка зразка (більше 2 тижнів) не призводить до стабілізації властивостей відповідно до нелегованого CdTe. Концентрація носіїв заряду залишається завищеною. Дослідження мікроструктури відпаленого зразка в ІЧ-світлі показали наявність серії симетричних дрібних залишків треків вкраплень в окремій частині зразка. Поблизу поверхні такі вкраплення утворили сітчасту структуру. Імовірно, тривалий відпал спричиняє міграцію як вкраплень, так і дислокацій у зразку з утворенням дислокаційних сіток.

Висновки

Досліджено вплив термодинамічних умов відпалу на дефектну структуру кристалів CdTe та $Cd_{1-x}Zn_xTe$ методом селективного травлення. Травник Біссолі на основі хром (VI) оксиду використано як найбільш ефективний для виявлення взаємної локалізації дислокацій на поверхні (111) та вкраплень, а також їх міграції за умов додаткової термообробки.

Показано визначальну роль дефектів як пасток для формування вкраплень різного виду. Підтверджено, що вкраплення діаметром менше 10 мкм здатні поступово розчинятися у монокристалі за прогріву вище 1000 К протягом кількох діб. Проте характер розчинення таких вкраплень залежить не тільки від їх розмірів, але й від природи ростових дефектів, за місцем яких вони сформовані. Так, краплини надлишкового компонента, що затверділи вздовж двійників чи блоків у кристалі, за додаткової термообробки розтікаються вздовж цих порушень. Формування гвинтових дислокацій у процесі

росту кристала спричиняє затвердіння сукупності дрібних вкраплень зірчастої форми з центральною краплиною і характерними 6-дислокаційними променями на поверхні (111). У центрі такого вкраплення можливе захоплення домішок. За умов тривалої термообробки такі вкраплення частково розчиняються, залишаючи характерні треки витoku центральних краплин у напрямках найбільшого напруження для окремої точки кристала. Симетричні вкраплення діаметром близько 5 мкм у монокристалах CdTe складу, близького до стехіометрії, внаслідок відпалу атмосфері Cd за температур вище 1000 К протягом 24 годин повністю розчиняються, утворюючи тверді зародки кадмієвої телуриду у центрі дислокаційної петлі, прозорі в ІЧ-світлі. Метод селективного DSL травлення є унікальним способом виявлення таких порушень на поверхні монокристалів.

Електрофізичні властивості досліджених зразків закономірно змінюються за нагрівання, а розраховані енергетичні параметри сумарних процесів активації, що забезпечують генерацію електронів, склали 0,07 еВ та 0,12 еВ для температурних інтервалів прогріву 323-353 К, 353-393 К відповідно. Для отримання більш повної інформації про вплив міграції вкраплень на процеси генерації носіїв заряду необхідні системні дослідження зміни електрофізичних параметрів таких зразків з наперед заданою кристалографічною орієнтацією (111) за нагрівання у широкому температурному інтервалі (800-1200 К) в сукупності з аналізом дефектної структури матеріалу за результатами мікроскопії, селективного травлення, EDX-аналізу, моделювання та інших досліджень. Такі комплексні дослідження є цінним джерелом інформації для оптимізації умов вирощування якісних монокристалів.

Список літератури

1. G. Yang, A. E. Bolotnikov, P. M. Fochuk, O. Kopach, J. Franc, E. Belas, K. H. Kim, G. S. Camarda, A. Hossain, Y. Cui, A. L. Adams, A. Radja, R. Pinder, R. B. James. Post-growth thermal annealing study of CdZnTe for developing room-temperature X-ray and gamma-ray detectors // J. Cryst. Growth. – 2013. – Vol. 379. – P. 16-20.
2. G. Yang, A. E. Bolotnikov, P. M. Fochuk, G. S. Camarda, A. Hossain, U. N. Roy, Y. Cui, R. Pinder, J. Gray, R. B. James.

- Thermo-migration of Te inclusions in CdZnTe during post-growth annealing in a temperature-gradient field // *Phys. Stat. Solidi*. – 2014. – Vol. C 11, No. 7-8. – P. 328-332.
- Коров'янка О.О., Наконечний І.Й., Щербак Л.П., Фочук П.М. Виявлення впливу термодинамічних умов відпалу на дислокаційну структуру кристалів CdTe селективним травленням // *Науковий вісник Чернівецького університету*. – 2014. – Випуск 683.: Хімія.– С.102-109.
 - T. S. Lee, J. W. Park, Y. T. Jeoung, K. H. Kim, C. H. Chun, J. M. Kim. Thermo-migration of Tellurium Precipitates in CdZnTe Crystals Grown by Vertical Bridgman Method // *J. Electron. Mater.* – 1995. – Vol. 24, No. 9. – P. 1053-1056.
 - Pengfei Yu, Wanqi Jie. Observation, morphology evolution and elimination of Te inclusions in CdZnTe:In single crystals // *J. Cryst. Growth*. – 2013.– Vol. 381. – P. 57-60.
 - Yihui He, Wanqi Jie, Tao Wang, Yadong Xu, Yan Zhou, Yasir Zaman, Gangqiang Zha. Migration of Te inclusions in CdZnTe single crystals under the temperature gradient annealing // *J. Cryst. Growth*. – 2014. – Vol. 402 – P. 15-21.
 - M. Inoue, I. Teramoto, S. Takayanagi. Cd and Te Dislocations in CdTe // *J. Appl. Phys.* – 1963. – Vol. 34. – P. 404.
 - F. Bissoli, J. L. Weyher, A. Zappettini, M. Zhaand, L. Zanotti. Revealing of defects in CdTe crystals by DSL etching // *Cryst. Res. Technol.* – 2005. – Vol. 40, No. 10-11. – P. 1060-1063.
 - X. P. Cui, W. Z. Fang, S. W. Sun, C. J. Zhang, H. L. Xu, J. R. Yang. Characteristics of the dislocations in CdZnTe crystals revealed by etch pits // *J. Cryst. Growth*. – 2011. – Vol. 321, No. 1. – P. 40-44.
 - F. F. Sheng, X. P. Cui, S. W. Sun, J. R. Yang. Etch pits of precipitates in CdZnTe crystals on (111) B surface // *J. Cryst. Growth*. – 2012. – Vol. 354. – P. 76-80.
 - Yang Jianrong, Gu Huiming, Chen Xinqiang, Fang Weizheng, He Li. Dislocation assessment of CdZnTe by chemical etching on both {111}B and {211}B faces // *J. Cryst. Growth*. – 2002. – Vol. 234, No. 2-3. – P. 337-334.
 - R. D. S. Yadava, R. K. Bagai, W. N. Borle. Theory of Te Precipitation and Related Effects in CdTe Crystals // *J. Electron. Mater.* – 1992. – Vol. 21, No. 10. – P. 1001-1016.
 - D. Zeng, W. Jie, T. Wang, J. Zhang, G. Zha. Type and formation mechanism of thermal etch pit on annealed (111) CdZnTe surface // *Thin Solid Films*. – 2009. – Vol. 517. – P. 2896-2899.
 - P. M. Fochuk, O. E. Panchuk. CdTe native point defects under Cd saturation // *Phys. stat. sol.* – 2006. – Vol. 3. – P. 825-828.

Summary

Solodin S.V., Sandulyak M.A., Korovyanko O.O., Shcherbak L.P., Fochuk P.M.

INCLUSIONS AND DISLOCATIONS RECIPROCAL MIGRATION IN Cd_{1-x}Zn_xTe DURING POST-GROWTH ANNEALING OF THE SINGLE CRYSTALS

The influence of the annealing on the CdTe monocrystalline properties changing in result of reciprocal migration of inclusions and dislocations was experimentally studied both by selective etching and electrophysical measurements. Selective etchant based on chromium (VI) oxide in combination with optical microscopy were used for the microstructure analysis of samples. The effect of thermal treatment on inclusions migration was investigated by infrared microscopy. Electrophysical properties correlations for the material were studied by Hall effect measurement at temperature up to 1100 K and by conductivity measurement for the range 300-500 K. Electrophysical properties evolution for CZT and CdTe single crystals have been established based of the systematic investigation results analysis of the post-growth thermal treatment as a result of dislocations and tellurium inclusion reciprocal migration under defined thermodynamic parameters.

Keywords: cadmium telluride, selective etching, defects, dislocations, electrical measurements