

УДК 621.794.4:546.47/49'24

*М.В. Чайка*<sup>a,b</sup>, *Р.О. Денисюк*<sup>a</sup>, *З.Ф. Томашик*<sup>b</sup>, *В.М. Томашик*<sup>b</sup>**ХІМІЧНА ВЗАЄМОДІЯ  $CdTe$ ,  $Zn_xCd_{1-x}Te$  ТА  $Cd_xHg_{1-x}Te$   
З ВОДНИМИ РОЗЧИНАМИ  $K_2Cr_2O_7-HBr (HCl)$** <sup>a</sup> Житомирський державний університет імені Івана Франка<sup>b</sup> Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України, м. Київ

У відтворюваних гідродинамічних умовах вперше досліджено швидкість розчинення монокристалів  $CdTe$  та твердих розчинів  $Zn_xCd_{1-x}Te$ ,  $Cd_xHg_{1-x}Te$  в залежності від об'ємного вмісту водного розчину  $K_2Cr_2O_7$  в  $HCl$  або  $HBr$ . Визначено концентраційні межі розчинів, які виявляють поліруючу дію щодо поверхні вказаних напівпровідників. Побудовано графічні залежності швидкості травлення кристалів від швидкості перемішування травників, температури та часу їх зберігання. Показано, що хімічна взаємодія монокристалів з поліруючими розчинами лімітується дифузійними стадіями. Встановлено, що зі збільшенням швидкості обертання диску та температури травника швидкість розчинення кристалів зростає. Визначено характер і механізм розчинення кристалів, розраховано значення уявної енергії активації процесу розчинення, оптимізовано склади травників і режими здійснення процесу хіміко-динамічного полірування цих матеріалів.

**Ключові слова:** хіміко-динамічне полірування, кадмій телурид, тверді розчини, травлення, швидкість розчинення.

**Вступ**

Напівпровідникові матеріали типу  $A^{III}B^{VI}$  володіють широким комплексом фізико-хімічних властивостей і є надзвичайно важливими елементами виробництва сучасних електронних пристроїв на їх основі. Зокрема,  $Zn_xCd_{1-x}Te$  є перспективним матеріалом для детекторів рентгєнівського і  $\gamma$ -випромінювання,  $CdTe$  застосовують в нелінійній оптиці, оптоелектроніці, геліоенергетиці, а тверді розчини  $Cd_xHg_{1-x}Te$  використовують при створенні ІЧ-фотоприймачів, включаючи багатоелементні лінійки і матриці. Формування полірованої і структурно досконалої поверхні вказаних монокристалів є невід'ємною складовою технології виробництва таких приладів. Щоб отримати високоякісну поверхню напівпровідникових матеріалів, в процесі виготовлення робочих елементів застосовують різноманітні методи хімічного травлення, які повинні забезпечувати надійність одержаних результатів, простоту та відтворюваність при низьких затратах. Вибираючи склад розчинів для травлення (поліруючого, селективного або анізотропного), важливо встановити основні закономірності, які характеризують кінетику процесу розчинення, роль і вплив основних компо-

нентів травильних композицій, їх участь у формуванні елементного і фазового складу поверхневих шарів та властивостей оброблюваної поверхні [1,2].

Аналіз літературних даних свідчить, що травильні розчини, які містять дихромат-іони та бромідну чи хлоридну кислоти характеризуються невисокими швидкостями розчинення напівпровідників типу  $A^{III}B^{VI}$  та  $A^{II}B^{VI}$ . Причому, в залежності від складу травники на основі сполук шестивалентного хрому у розчинах галогенгідридних кислот можуть виявляти поліруючий, селективний або неселективний характер травлення. Так, в роботі [1] для  $InP$  і  $GaP$  здійснено дослідження кінетики хімічного травлення та вивчено хіміко-механічне полірування поверхні  $GaP$  в розчинах  $K_2Cr_2O_7-HBr-C_4H_6O_6$  та  $K_2Cr_2O_7-HBr-H_2C_2O_4$ . Якщо для першої системи область поліруючих розчинів досить широка, а швидкість полірування змінюється від 0,1 до 3,5 мкм/хв, то в другій вона обмежена, а швидкість травлення змінюється від 0,4 до 2,5 мкм/хв. Автори зазначають, що в травниках з оксалатною кислотою при низьких концентраціях  $K_2Cr_2O_7$  у досліджуваних напівпровідників формується полірована поверхня з ямками трав-

лення розміром  $\sim 1$  мкм, а при збільшенні його вмісту одержується високоякісна полірована поверхня InP без ямок травлення. Авторами [3] виявлено, що хімічне травлення кристалів InSb травильним розчином  $3\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7:1\text{HBr}:2\text{HCl}$  дозволяє суттєво покращити якість поверхні досліджуваних монокристалів і зменшити кількість дефектів. В роботах [4–6] вивчали хімічне травлення монокристалів InAs у розчинах  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7\text{–HBr}$  – оксалатна кислота,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7\text{–HBr–HCl–H}_2\text{O}$  та  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7\text{–HBr}$  – ацетатна кислота (трилон Б). Авторами побудовано концентраційні залежності швидкості розчинення та доведено, що процес полірування InAs лімітується дифузійними стадіями, а вказані травники можна використовувати для цих монокристалів як полірувальні з невеликою швидкістю травлення.

Щодо хімічного травлення кристалів типу  $\text{A}^{\text{IV}}\text{B}^{\text{VI}}$  розчинами, до складу яких входять дихромат-іони та неорганічна кислота, в літературі містяться лише окремі дані про їх використання для обробки поверхні CdTe. Так, в роботах [7,8] вивчали кінетику і механізм травлення CdTe композиціями складу  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7\text{–HCl–H}_2\text{O}$  та  $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7\text{–HBr}$  – цитратна кислота. Встановлено, що швидкість травлення у вказаних розчинах лімітується швидкістю розчинення плівки телуру, яка утворюється в результаті хімічної взаємодії CdTe з травником, при цьому на поверхні протравлених зразків виявлено хром. Систематичних досліджень хімічної обробки напівпровідників типу  $\text{A}^{\text{IV}}\text{B}^{\text{VI}}$  в таких травниках не здійснювали, проте попередні наші дослідження показали перспективність використання таких травників для їх хіміко-динамічного полірування (ХДП) і селективного травлення.

Метою даної роботи є систематичне експериментальне дослідження хімічної взаємодії CdTe та твердих розчинів  $\text{Zn}_x\text{Cd}_{1-x}\text{Te}$  і  $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$  з водними розчинами систем  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7\text{–HBr}$  (HCl), визначення концентраційних меж травильних композицій за характером їх дії на поверхню напівпровідників, вивчення кінетики та встановлення лімітувальних стадій процесу розчинення, оптимізація складів поліруючих травників і режимів проведення процесу хіміко-динамічного полірування цих матеріалів.

#### **Методика експерименту**

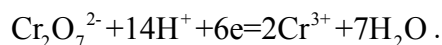
Для експериментальних досліджень використовували такі монокристалічні зразки:

- CdTe р-типу провідності, номінально нелегований, вирощений методом Бріджмена;
- $\text{Cd}_{0,2}\text{Hg}_{0,8}\text{Te}$  нелегований, вирощений методом Бріджмена;

- $\text{Zn}_{0,1}\text{Cd}_{0,9}\text{Te}$  нелегований, вирощений з розплаву методом Бріджмена під високим тиском інертного газу;

- $\text{Zn}_{0,04}\text{Cd}_{0,96}\text{Te}$  нелегований, отриманий із газової фази.

Досліджувані зразки, площею  $0,5\text{ см}^2$  та товщиною  $1,5\text{–}2,0$  мм, вирізали з монокристалічних зливків. Перед проведенням ХДП з поверхні зразків, попередньо прошліфованих і механічно відполірованих, видаляли порушений шар товщиною  $80\text{–}100$  мкм травником складу  $(10\text{–}15)\%$   $\text{I}_2$  в  $\text{CH}_3\text{OH}$ . Закономірності розчинення CdTe та твердих розчинів  $\text{Zn}_x\text{Cd}_{1-x}\text{Te}$  і  $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$  в травильних композиціях  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7\text{–HCl}$  та  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7\text{–HBr}$  досліджували у відтворюваних гідродинамічних умовах із використанням методики диску, що обертається, на установці для ХДП [1] при  $T=285\text{–}301\text{ К}$  та швидкості обертання диску  $\gamma=27\text{–}109\text{ хв}^{-1}$ . Швидкість розчинення визначали за зменшенням товщини монокристалу до і після травлення за допомогою годинникового індикатора 1-МИГП з точністю  $\pm 0,5$  мкм. Одночасно травили 4 зразки, які були закріплені у фторопластовий тримач та утримувались в ньому зовнішнім широким кільцем. Це сприяло тому, що всі зразки знаходились в одній площині, рівномірно стравлювались та уникали турбулентних потоків травника. Травильні суміші готували з використанням  $10,9\%$ -ного водного розчину  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  („х.ч.“),  $40\%$  HBr („ос.ч.“) та  $35,5\%$  HCl („х.ч.“). Перед травленням всі розчини витримували протягом двох годин для встановлення рівноваги хімічної реакції:



Після закінчення процесу травлення зразки промивали спочатку  $0,1\text{ М}$  водним розчином  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , щоб видалити з поверхні непрореаговані залишки травника, а потім великою кількістю дистильованої води та висушували потоком повітря.

Мікроструктуру поверхні зразків після травлення досліджували в білому світлі за допомогою металографічного мікроскопа МИМ-7 з цифровою відеокамерою eTREK DCM800 (8Mpix).

#### **Результати експерименту та їх обговорення**

Важливим етапом при вивченні властивостей травильних композицій, характеру їх дії на поверхню напівпровідників та результатів такої взаємодії є дослідження і побудова концентраційних залежностей швидкості травлення. Вибір концентраційного інтервалу здійснювали з ура-

хуванням необхідності виключити із досліджень ті склади розчинів, які пасивують поверхню.

*Травники системи водний розчин  $K_2Cr_2O_7-HCl$*

Дослідження хімічної взаємодії CdTe та твердих розчинів  $Zn_{0,04}Cd_{0,96}Te$ ,  $Zn_{0,1}Cd_{0,9}Te$  і  $Cd_{0,2}Hg_{0,8}Te$  з розчинами системи  $K_2Cr_2O_7-HCl$  проводили в інтервалі 5–70 об.% водного розчину  $K_2Cr_2O_7$  в HCl при  $T=295\text{ K}$  та швидкості обертання диску  $\gamma=82\text{ хв}^{-1}$  (рис. 1). Як видно з рис. 1, збільшення вмісту водного розчину  $K_2Cr_2O_7$  в травильній композиції призводить до зростання швидкості розчинення досліджуваних зразків від 2 до 9 мкм/хв. Виявлено, що в інтервалі концентрацій 5–25 об.%  $K_2Cr_2O_7$  в HCl формуються неполіруючі розчини, а поверхня протравлених напівпровідників місцями викривається сірим нальотом. Поліруючі властивості травників з'являються при вмісті 25–45 об.%  $K_2Cr_2O_7$  в HCl, при цьому в таких травниках спостерігаються невеликі швидкості травлення (2,5–6,0 мкм/хв). При збільшенні в суміші концентрації окисника до 50–70 об.%  $K_2Cr_2O_7$ , поверхня монокристалів після травлення ще залишається полірованою, але при його вмісті понад 70 об.%  $K_2Cr_2O_7$  вона забруднюється малорозчинними сполуками хрому, які утворюються внаслідок реакції:

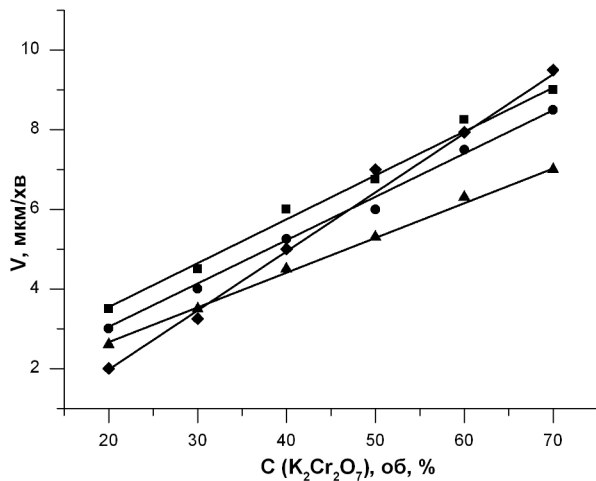
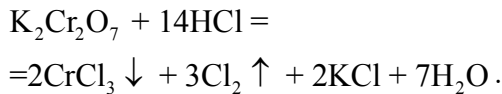


Рис. 1. Концентраційні залежності швидкості травлення (мкм/хв)  $Zn_{0,04}Cd_{0,96}Te$  (1),  $Zn_{0,1}Cd_{0,9}Te$  (2),  $Cd_{0,2}Hg_{0,8}Te$  (3) та CdTe (4) у водних розчинах системи  $K_2Cr_2O_7-HCl$  ( $T=295\text{ K}$ ,  $\gamma=82\text{ хв}^{-1}$ )

Виявлено, що під час зберігання протрав-

лених зразків, особливо після травлення розчинами з високим вмістом  $K_2Cr_2O_7$ , на поверхні утворюється синьо-фіолетова плівка, вірогідно, з малорозчинних сполук  $CrCl_3$ , які залишаються на ній після промивки. Враховуючи високу пасивацію поверхні та швидке утворення плівок при зберіганні полірованих зразків, хлоридну кислоту в таких травильних розчинах доцільно було б замінити на бромідну, оскільки утворений внаслідок хімічної взаємодії компонентів  $CrBr_3$  добре розчинний у воді на відміну від малорозчинного  $CrCl_3$ .

*Травники системи водний розчин  $K_2Cr_2O_7-HBr$*

Хімічну взаємодію CdTe,  $Zn_xCd_{1-x}Te$  та  $Cd_xHg_{1-x}Te$  з водними розчинами  $K_2Cr_2O_7-HBr$  досліджували в концентраційному інтервалі 5–60 об.% водного розчину  $K_2Cr_2O_7$  в HBr при  $T=295\text{ K}$  та швидкості обертання диску  $\gamma=82\text{ хв}^{-1}$  (рис. 2). Варто відзначити, що активним компонентом даного травника може виступати  $Br_2$ , що утворюється згідно з реакцією:

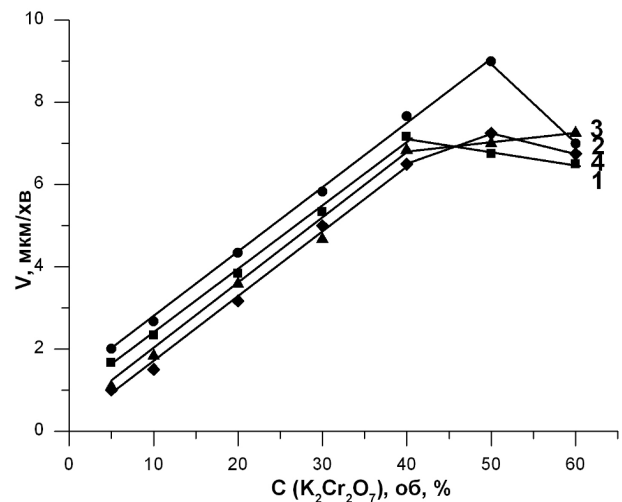
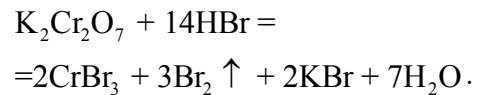
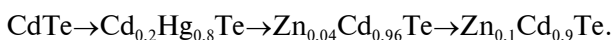


Рис. 2. Концентраційні залежності швидкості травлення (мкм/хв)  $Zn_{0,04}Cd_{0,96}Te$  (1),  $Zn_{0,1}Cd_{0,9}Te$  (2),  $Cd_{0,2}Hg_{0,8}Te$  (3) та CdTe (4) у водних розчинах системи  $K_2Cr_2O_7-HBr$  ( $T=295\text{ K}$ ,  $\gamma=82\text{ хв}^{-1}$ )

З рис. 2 видно, що концентраційні залежності швидкості травлення для всіх монокристалічних зразків однотипні. При збільшенні об'ємного вмісту  $K_2Cr_2O_7$  в травнику від 5 до 50 об.% відбувається збільшення швидкості роз-

чинення досліджуваних матеріалів в межах: 1,0–7,3 мкм/хв для CdTe; 1,1–7,0 мкм/хв для  $Cd_{0,2}Hg_{0,8}Te$ ; 1,7–6,8 мкм/хв для  $Zn_{0,04}Cd_{0,96}Te$  та 2–9 мкм/хв для  $Zn_{0,1}Cd_{0,9}Te$ . З наданого рисунка видно, що швидкість ХДП CdTe є меншою, ніж твердих розчинів на його основі, та зростає в ряду:



В інтервалі концентрацій 5–20 об.%  $K_2Cr_2O_7$  в HBr поверхня вказаних напівпровідників місцями вкрита світло-сірою плівкою, а при зростанні концентрації розчину окисника в межах 30–50 об.%  $K_2Cr_2O_7$  в HBr формуються поліруючі розчини, поверхня протравлених монокристалів в яких полірована і має дзеркальний блиск. Подальше збільшення вмісту  $K_2Cr_2O_7$  у травильних сумішах сприяє зменшенню швидкості розчинення зразків до 6,8 мкм/хв для CdTe, 7 мкм/хв для  $Zn_{0,04}Cd_{0,96}Te$ , 6,5 мкм/хв для  $Zn_{0,1}Cd_{0,9}Te$ , і лише для  $Cd_{0,2}Hg_{0,8}Te$  спостерігається зростання швидкості до 7,3 мкм/хв, причому якість поверхні у всіх випадках значно погіршується. Якщо збільшувати концентрацію окисника і надалі, то це призводить до суттєвого зменшення швидкості травлення – до 1,5–2,5 мкм/хв, а поверхня кристалів стає матовою з утворенням темно-сірого нальоту. Очевидно, це пов'язано із забрудненням поверхні малорозчинними продуктами взаємодії складових травника та непрореагованим дихроматом калію, оскільки іони  $Cr_2O_7^{2-}$  мають велику адсорбційну здатність, що може призводити до значного впровадження хрому в поверхню напівпровідникових матері-

алів.

З метою встановлення лімітувальних стадій процесу розчинення досліджуваних матеріалів в бромвиділяючих травниках  $K_2Cr_2O_7$ –HBr, нами було вивчено залежності швидкості їх розчинення від швидкості обертання диску і температури травника в розчині складу (об.%): 40  $K_2Cr_2O_7$ +60 HBr та побудовано відповідні графічні залежності у координатах  $v^{-1}$ ,  $\gamma^{-1/2}$  (рис. 3,а) та  $\ln v$ ,  $1/T$  (рис. 3,б). Можна стверджувати, що процес розчинення CdTe та твердих розчинів  $Zn_{0,04}Cd_{0,96}Te$ ,  $Zn_{0,1}Cd_{0,9}Te$  і  $Cd_{0,2}Hg_{0,8}Te$  у поліруючих розчинах системи  $K_2Cr_2O_7$ –HBr проходить за однотипним механізмом і лімітується дифузійними стадіями, оскільки відповідні прямі залежності швидкості розчинення від інтенсивності перемішування ( $\gamma=27$ –110 хв<sup>-1</sup>) при  $T=295$  К екстраполюються в початок координат (рис. 3,а). З наведених температурних залежностей швидкості травлення (рис. 3,б) в інтервалі  $T=285$ –301 К (при  $\gamma=82$  хв<sup>-1</sup>) розраховано величини уявної енергії активації ( $E_a$ ) та логарифм передекспоненційного множника ( $\ln C_E$ ) (таблиця) Як видно з таблиці, розраховані значення  $E_a$  процесу розчинення монокристалів CdTe,  $Zn_{0,04}Cd_{0,96}Te$  та  $Cd_{0,2}Hg_{0,8}Te$  знаходяться в інтервалі 21,9–24,0 кДж/моль, тобто не перевищують 30 кДж/моль, що вказує на лімітування процесу розчинення дифузійними стадіями. Розчинення  $Zn_{0,1}Cd_{0,9}Te$  в цьому ж травнику протікає за змішаним дифузійно-кінетичним механізмом з переважанням дифузійних стадій, оскільки значення  $E_a$  близькі до 40 кДж/моль.

Підсумовуючи, можна дійти висновку, що розчини з невеликим вмістом  $K_2Cr_2O_7$  (30–

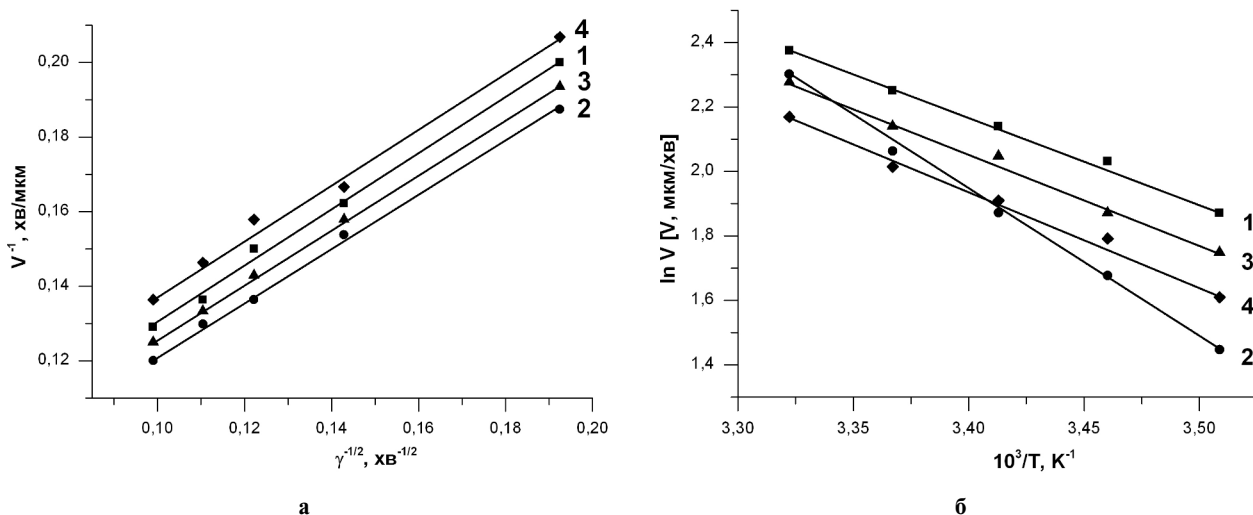


Рис. 3. Залежність швидкості розчинення (мкм/хв)  $Zn_{0,04}Cd_{0,96}Te$  (1),  $Zn_{0,1}Cd_{0,9}Te$  (2),  $Cd_{0,2}Hg_{0,8}Te$  (3) та CdTe (4) від швидкості обертання диску ( $T=294$  К) (а) і температури ( $\gamma=82$  хв<sup>-1</sup>) (б) у розчині, що містить, об.%: 40  $K_2Cr_2O_7$ ; 60 HBr

50 об.%) в НВг є найбільш перспективними для формування на їх основі поліруючих травильних композицій для ХДП, оскільки всі протравлені в них зразки відзначались дзеркально-полірованою поверхнею із характерним блиском.

**Уявна енергія активації ( $E_a$ ) та передекспоненціальний множник ( $\ln C_E$ ) процесу розчинення напівпровідників у полірувальному розчині, що містить, об.:%: 40  $K_2Cr_2O_7$ ; 60 НВг**

Напівпровідник	Параметри		
	$E_a$ , кДж/моль	$\ln C_E$	Механізм розчинення
$Zn_{0,04}Cd_{0,96}Te$	21,9	11,1	дифузійний
$Zn_{0,1}Cd_{0,9}Te$	37,4	17,2	змішаний
$Cd_{0,2}Hg_{0,8}Te$	23,6	11,6	дифузійний
$CdTe$	24	11,7	дифузійний

Досліджено залежності впливу часу зберігання полірувального розчину складу (об.%) (40  $K_2Cr_2O_7$ +60 НВг) на швидкість травлення вказаних напівпровідників та його полірувальну здатність. Встановлено (рис. 4), що швидкості розчинення всіх матеріалів поступово зменшуються (на 0,3–0,5 мкм/день), але полірувальні властивості розчину зберігаються, і на поверхні зразків не утворюються плівки та осадки. Це свідчить про перспективність використання полірувального розчину навіть протягом досить тривалого часу після приготування (до 180 год).

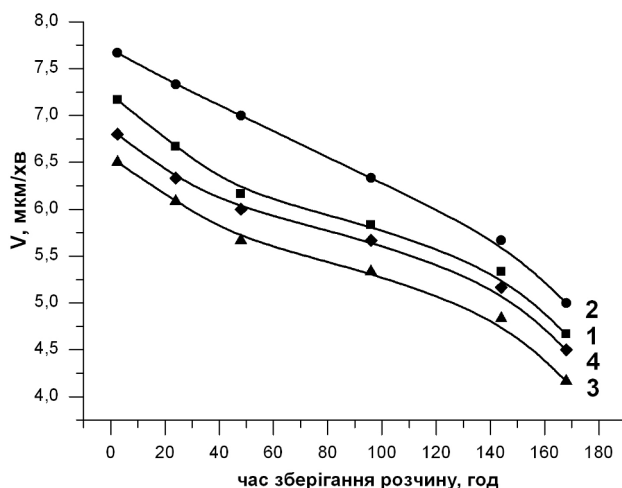


Рис. 4. Залежність швидкості розчинення (мкм/хв)  $Zn_{0,04}Cd_{0,96}Te$  (1),  $Zn_{0,1}Cd_{0,9}Te$  (2),  $Cd_{0,2}Hg_{0,8}Te$  (3) та  $CdTe$  (4) від часу витримки розчину, що містить (об.%) 40  $K_2Cr_2O_7$ –60 НВг

Отримані експериментальні результати дозволили визначити склади травильних композицій, які можна використовувати для формування полірованих поверхонь монокристалів  $CdTe$  та  $Zn_{0,04}Cd_{0,96}Te$ ,  $Zn_{0,1}Cd_{0,9}Te$  і  $Cd_{0,2}Hg_{0,8}Te$ . Розроблено методику хімічної обробки поверхні цих напівпровідників, що полягає в очищенні поверхні органічними розчинниками, видаленні порушеного шару, процесі травлення та фінішного промивання в розчинах, що розчиняють залишки травильних сумішей. Встановлено, що для одержання якісної полірованої поверхні досліджуваних матеріалів ХДП необхідно проводити в травниках із вмістом (30–50) об. %  $K_2Cr_2O_7$  в НВг в інтервалі температур 293–296 К при швидкості обертання диска  $\gamma=82$  хв<sup>-1</sup>, після чого зразки необхідно негайно промивати в 0,1 М водному розчині  $Na_2S_2O_3$  та дистильованій воді.

### Висновки

Досліджено процес хімічного розчинення монокристалів  $CdTe$  і твердих розчинів  $Zn_xCd_{1-x}Te$  і  $Cd_{1-x}Hg_xTe$  в травильних композиціях  $K_2Cr_2O_7$ –НВг (HCl). Вивчено кінетичні закономірності процесу, залежності швидкості розчинення вказаних напівпровідників від концентрації травника, температури, швидкості обертання диска, часу зберігання розчинів та з'ясовано лімітувальні стадії процесу розчинення. Виявлено, що порівняно з травниками  $K_2Cr_2O_7$ –HCl розчини системи  $K_2Cr_2O_7$ –НВг мають значно кращі полірувальні властивості. Встановлено, що суміші із вмістом (30–50 об.%)  $K_2Cr_2O_7$  в НВг з невеликими (5–8 мкм/хв) швидкостями травлення є найбільш перспективними для формування на їх основі повільних полірувальних травильних композицій для цих матеріалів. Оптимізовані склади травників можна рекомендувати для контролюваного зменшення товщини пластин до заданих розмірів, зняття тонких шарів матеріалу з поверхні і фінішного ХДП цих напівпровідників.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Первошиков В.А.* Процессы химико-динамического полирования поверхности полупроводников. // *Высоко-чистые вещества*. 1995. – № 2. – С.5-29.
2. *Studies of methods for chemical treatment of semiconductor detectors based on  $Cd_{1-x}Zn_xTe$  crystals* / Galkina O.S., Grebenyuk N.N., Dobrotvorskaya M.V. // *Functional Materials*. – 2001. – Vol.8. – No. 2. – P.392-394.
3. *Polishing of InSb in the  $K_2Cr_2O_7$ –HBr–HCl (oxalic acid) solutions* / Tomashik V.N., Kusiak N.V, Tomashik Z.F. et al. // *Proceedings of SPIE*. – 2001. – Vol.4355. – P.294-298.

4. Химическое травление арсенида индия растворами системы  $K_2Cr_2O_7-HBr$ -щавелевая кислота / Томашик В.М., Кусяк Н.В., Томашик З.Ф., Даниленко С.Г. // Конденсированные среды и межфазные границы. – 2001. – Т.3. – № 1. – С.14-17.

5. Растворение арсенида и антимонида индия в системе  $K_2Cr_2O_7-HBr-HCl-H_2O$  / Кусяк Н.В., Томашик З.Ф., Томашик В.М., Даниленко С.Г. // Укр. хим. журн. – 2002. – Т.68. – № 1. – С.11-14.

6. Хімічне травлення монокристалів InAs водними розчинами  $K_2Cr_2O_7-HBr$ -ацетатна кислота (трилон Б) / Кусяк Н.В., Томашик В.М., Томашик З.Ф., Гриців В.І. // Оптоелектроника и полупроводниковая техника. – 2006. – Вып.41. – С.112-116.

7. Травление монокристаллов CdTe, CdTe(Ge), CdTe(Sn), CdTe(Pb) водными растворами  $(NH_4)_2Cr_2O_7+HBr+$  лимонная кислота / Томашик З.Ф., Чухненко П.С., Иванецкая В.Г., Томашик В.Н., Окрепка Г.М., Стратийчук И.Б. // Неорганические материалы. – 2012. – Т.48. – № 2. – С.157-161.

8. Травление CdTe растворами системы  $K_2Cr_2O_7-HCl-H_2O$  / Томашик В.Н., Панчук О.О., Сава А.А., Томашик З.Ф. // Неорганические материалы. – 1995. – Т.31. – № 9. – С.1241-1244.

Надійшла до редакції 13.09.2017

#### CHEMICAL INTERACTION OF CdTe, Zn<sub>x</sub>Cd<sub>1-x</sub>Te AND Cd<sub>x</sub>Hg<sub>1-x</sub>Te WITH K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>-HBr (HCl) AQUEOUS SOLUTIONS

M.V. Chayka<sup>a,b</sup>, R.O. Denysyuk<sup>a</sup>, Z.F. Tomashyk<sup>b</sup>, V.M. Tomashyk<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Zhytomyr Ivan Franko State University, Zhytomyr, Ukraine

<sup>b</sup> V.Ye. Lashkaryov Institute of Semiconductor Physics of NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

The dissolution rate of CdTe single crystals and Zn<sub>x</sub>Cd<sub>1-x</sub>Te and Cd<sub>x</sub>Hg<sub>1-x</sub>Te solid solutions as a function of the volume content of K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> aqueous solution in HCl or HBr under reproducible hydrodynamics conditions has been investigated for the first time. The concentration ranges of solution compositions demonstrating the polishing effect on the surface of abovementioned semiconductors has been determined. The dependences between the single crystals dissolution rate and the rate of mixing of the etchants, temperatures and the storage time have been plotted. It was shown that the chemical interaction of single crystals with polishing solutions is limited by the diffusion stages. It was established that the crystals dissolution rate grows with increasing the disk rotation speed and the etchant temperature. The nature and mechanism of the crystal dissolution were determined; herewith the value of imaginary activation energy of the dissolution process was calculated, the formulations of etching solutions and regimes of the chemical-dynamic polishing of these materials were optimized.

**Keywords:** chemical-dynamic polishing; cadmium telluride; solid solution; etching; dissolution rate.

#### REFERENCES

1. Perevoshchikov V.A. Processy khimiko-dinamicheskogo polirovaniya poverkhnosti poluprovodnikov [The processes of chemical dynamic polishing of semiconductor surfaces]. *Vysokochistye Veshchestva*, 1995, vol. 2, pp. 5-29. (in Russian).

2. Galkina O.S., Grebenyuk N.N., Dobrotvorskaya M.V., Komar V.K., Nalivayko D.P. Studies of methods for chemical treatment of semiconductor detectors based on Cd<sub>1-x</sub>Zn<sub>x</sub>Te crystals. *Functional Materials*, 2001, vol. 8, no. 2, pp. 392-394.

3. Tomashik V.N., Kusiak N.V., Tomashik Z.F., Danylenko S.G. Polishing of InSb in K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>-HBr-HCl (oxalic acid) solutions. *Proceedings of SPIE*, 2001, vol. 4355, pp. 294-298. Available at: <http://dx.doi.org/10.1117/12.417801>.

4. Tomashik V.N., Kusjak N.V., Tomashik Z.F., Danilenko S.G. Khimicheskoe travlenie arsenida indiya rastvorami sistemy K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>-HBr-shchhavelevaya kislota [Chemical etching of indium arsenide by solutions of K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>-HBr-oxalic acid system]. *Kondensirovannyye Sredy i Mezhfaznyye Granitsy*, 2001, vol. 3, no. 1, pp. 14-17. (in Russian).

5. Kusiak N.V., Tomashik Z.F., Tomashik V.N., Danilenko S.G. Rastvoreniye arsenida i antimonida indiya v sisteme K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>-HBr-HCl-H<sub>2</sub>O [Dissolution of indium arsenide and antimonide in the K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>-HBr-HCl-H<sub>2</sub>O solutions]. *Ukrainskij Khimicheskij Zhurnal*, 2002, vol. 68, pp. 11-14. (in Russian).

6. Kusjak N.V., Tomashik V.N., Tomashik Z.F., Grytsiv V.I. Khimichne travlennya monokystaliv InAs vodnymy rozchynamy K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>-HBr-atsetatna kyslota (trylon B) [Chemical etching of InAs single crystals with aqueous solutions of K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>-HBr-acetate acid (Trilon B)]. *Optoelektronika i Poluprovodnikovaya Tekhnika*, 2006, vol. 41, pp. 112-116. (in Ukrainian).

7. Tomashik Z.F., Chukhnenko P.S., Ivanits'ka V.G., Tomashik V.N., Okrepka G.M., Stratiichuk I.B. Etching behavior of CdTe (Ge), CdTe (Sn), and CdTe (Pb) single crystals in aqueous (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>-HBr-citric acid solutions. *Inorganic Materials*, 2012, vol. 48, pp. 114-118.

8. Tomashik V.N., Panchyk O.O., Sava A.A., Tomashik Z.F. Travleniye CdTe rastvorami sistemy K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>-HCl-H<sub>2</sub>O [Etching of CdTe solutions of K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>-HCl-H<sub>2</sub>O system]. *Neorganicheskiye Materialy*, 1995, vol. 31, no. 9, pp. 1241-1244. (in Russian).