

## Вплив складу розчинів $\text{HNO}_3$ - $\text{HI}$ - етиленгліколь на процес травлення напівпровідникових сполук на основі $\text{CdTe}$

Гвоздієвський Є.Є., Денисюк Р.О.

*Житомирський державний університет імені Івана Франка,  
вул. В. Бердичівська, 40, м. Житомир, 10008: e-mail: [gvozdz@zu.edu.ua](mailto:gvozdz@zu.edu.ua)*

Хімічне травлення напівпровідників є одним з найпоширеніших операцій при хімічній обробці у виробництві напівпровідникових приладів та інтегральних мікросхем, воно також використовується при дослідженні і практичному використанні напівпровідників для очистки поверхні від забруднень і оксидів, видалення з поверхні порушеного шару. Хімічне травлення має ряд суттєвих переваг в порівнянні з іншими методами обробки. Відносна простота і доступність реалізації хімічного травлення не потребує складного і дорогого обладнання. Процес забезпечує швидке проведення і достатньо надійне отримання кінцевих результатів, що робить його універсальним для обробки різноманітних напівпровідникових матеріалів.

Кадмій телурид та тверді розчини  $\text{Zn}_x\text{Cd}_{1-x}\text{Te}$  і  $\text{Cd}_{0,2}\text{Hg}_{0,8}\text{Te}$  – найбільш широко використовувані напівпровідникові матеріали при виготовленні приладів сучасної електроніки. Напівпровідникові кристали твердих розчинів  $\text{Zn}_x\text{Cd}_{1-x}\text{Te}$  є перспективним матеріалом для виготовлення детекторів рентгенівського і гамма-випромінювання, а основним матеріалом при створенні ІЧ-фотоприймачів, включаючи багатоеlementні лінійки і матриці є тверді розчини  $\text{Cd}_{0,2}\text{Hg}_{0,8}\text{Te}$  [1, 2, 3].

Однак, незважаючи на широке практичне використання вказаних матеріалів та виготовлення на їх основі приладів, існують технологічні проблеми при виборі оптимальних складів поліруючих травильних композицій як для хіміко-механічного, так і для хіміко-динамічного полірування. Саме тому виникає необхідність проведення комплексних досліджень процесів, які проходять на границі розділу вказаних напівпровідників з різними активними рідкими середовищами з метою створення нових травильних композицій та режимів модифікації поверхні напівпровідникових матеріалів типу  $\text{A}^{\text{IV}}\text{B}^{\text{VI}}$ .

Для проведення експериментальних досліджень використовували монокристалічні зразки нелегованого  $\text{CdTe}$ , а також твердих розчинів  $\text{Zn}_{0,04}\text{Cd}_{0,96}\text{Te}$ ,  $\text{Zn}_{0,1}\text{Cd}_{0,9}\text{Te}$  і  $\text{Cd}_{0,2}\text{Hg}_{0,8}\text{Te}$ . Площа монокристалічних пластин складала  $\approx 0,5 \text{ см}^2$ , а товщина – 1,5-2 мм. Після механічного полірування монокристалічні пластини приклеювали піщею неробочою стороною на кварцеві підкладки. Перед дослідженням з їх поверхні видаляли порушений при різці, шліфуванні і хіміко-механічному поліруванні шар товщиною 100-150 мкм в травнику того ж складу, в якому проводили подальше розчинення. Одночасно розчиняли 3-4 зразки. Протравлені пластини промивали спочатку в 1 М розчині  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  для повного розчинення йоду з поверхні, потім в дистильованій воді і висушували на повітрі.

Швидкість травлення є однією з основних характеристик травильної композиції, тому при розробці оптимальних складів робочих розчинів необхідно в першу чергу досліджувати її концентраційну залежність, тобто будувати діаграми “швидкість травлення – склад розчину”. Для побудови таких діаграм використовують метод симплексних ґраток Шефе-Гіббса, який є одним із варіантів математичного планування експерименту і дозволяє значно скоротити число досліджень, необхідних для вивчення багатоконпонентних систем. Для трьохкомпонентних травників проекції такої діаграми на площину представляють собою трикутник Гіббса з нанесеними в його полі лініями однакових швидкостей травлення.

Вивчення взаємодії  $\text{CdTe}$  з розчинами системи  $\text{HNO}_3$  –  $\text{HI}$  –  $\text{C}_2\text{H}_4(\text{OH})_2$  проводили в концентраційному інтервалі із співвідношенням компонентів (об.%): (5-25)  $\text{HNO}_3$  : (45-95)

HI : (0-50)  $C_2H_4(OH)_2$  (рис. 3.1) при  $T = 298 \pm 0,5K$  та  $\gamma = 82 \text{ хв.}^{-1}$ . Швидкість розчинення CdTe в досліджуваних травниках змінюється від 1 до 11 мкм/хв.

Максимальні значення швидкості травлення спостерігаються в сумішах з найбільшим вмістом HI – біля кута А концентраційного трикутника. Підвищення концентрації  $HNO_3$  в травильній композиції призводить до незначного сповільнення швидкості травлення до 9 мкм/хв., а поверхня при цьому залишається полірованою.

При розведенні травильних композицій  $C_2H_4(OH)_2$  швидкість розчинення кадмій телуриду зменшується до 1 мкм/хв., при чому поверхня залишається полірованою, але на поверхні через деякий час спостерігається утворення плівки, що має матовий колір, яка з часом стає сірою (область II, рис. 1.). Це може бути пов'язане з утворенням тонкого шару оксидів та органічних сполук, що погано змиваються дистильованою водою.

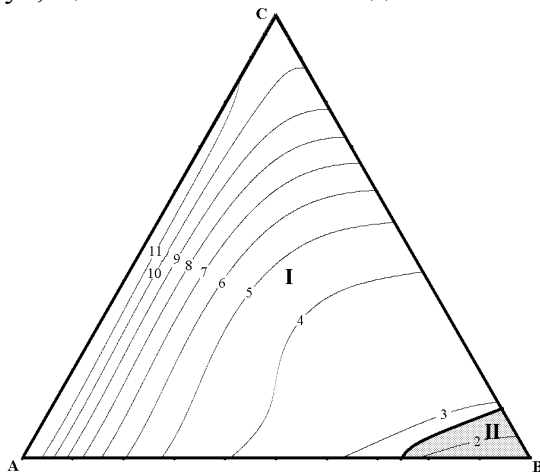


Рис. 1. Поверхня однакових швидкостей травлення (мкм/хв) CdTe ( $T = 293 \pm 0,5K$ ,  $\gamma = 82 \text{ хв.}^{-1}$ ) при об'ємному співвідношенні ( $HNO_3$  : HI : етиленгліколь) у вершинах А, В, С відповідно: А – 5 : 95 : 0; В – 5 : 45 : 60; С – 25 : 75 : 0.

Встановлено механізм хімічної взаємодії монокристалів нелегованого CdTe та твердих розчинів  $Cd_{0,2}Hg_{0,8}Te$ ,  $Zn_{0,04}Cd_{0,96}Te$  і  $Zn_{0,1}Cd_{0,9}Te$  з сумішами  $HNO_3$ –HI– $C_2H_4(OH)_2$ . Побудовані діаграми Гіббса для даних напівпровідникових матеріалів із застосуванням математичного планування експерименту та встановлені межі поліруючих, не поліруючих розчинів в травниках складу  $HNO_3$ –HI– $C_2H_4(OH)_2$ .

Отримані травильні композиції можуть бути використані для хіміко-динамічного полірування  $Cd_{0,2}Hg_{0,8}Te$ ,  $Zn_{0,04}Cd_{0,96}Te$  і  $Zn_{0,1}Cd_{0,9}Te$ , із контрольованими швидкостями до 10 мікрон. При цьому після полірування поверхню обробляли в 1 М розчині  $Na_2S_2O_3$  для повного розчинення йоду з поверхні, потім в ізоаміловому спирті, після цього у дистильованій воді і висушували на повітрі.

#### Література:

1. Сава А.А. Взаимодействие CdTe с водными растворами азотной кислоты / А.А. Сава, В.Н. Томашик, И.Б. Мизецкая // Изв. АН СССР. Неорг. Материалы. – 1987. – Т. 23, № 10. – С. 1639 – 1642.
2. Томашик З.Ф. Химическое растворение монокристаллов твердых растворов  $Cd_{1-x}Zn_xTe$  выращенных методом Бриджмена, в растворах системы  $HNO_3 - HCl$  – лимонная кислота / З.Ф. Томашик, С.Г. Даниленко, П. Сифферт [и др]. // Оптоэлектроника и полупроводн. техника. – 2000. – Вып. 35. – С.57-62.
3. Томашик В.М. Взаимодействие CdTe,  $Zn_xCd_{1-x}Te$  и  $Cd_xHg_{1-x}Te$  с растворами системы  $HNO_3$ –HBr–винна кислота / В.Н.Томашик, Е.О.Билевич З.Ф.Томашик // XV Укр. конф. з неорг. хімії за міжнародною участю. Тези доповідей. Київ : ВПЦ “Київський ун-т”. 2001. – С. 285.