

Розробка і оптимізація методики хіміко-механічного полірування поверхні $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ травниками $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 - \text{HBr} - \text{етиленгліколь}$

М.В. Чайка^{1,2}, Г.П. Маланич¹, А.А. Корчовий¹

¹Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України, пр. Науки, 41, Київ, 03028, Україна, e-mail: laridae92@gmail.com

²Житомирський державний університет імені Івана Франка, вул. Велика Бердичівська, 40, Житомир, 10008, Україна

Метою роботи є розробка і оптимізація складів повільних поліруючих травників на основі бромвиділяючих розчинів $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 - \text{HBr} - \text{етиленгліколь}$ (ЕГ) для хіміко-механічного полірування (ХМП) поверхні монокристалів $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$, дослідження впливу в'язких компонентів при розведенні базового травника на швидкість ХМП і якість полірованої поверхні та створення ефективної методики ХМП вказаного напівпровідника.

Для досліджень використовували монокристалічні пластини $\text{Cd}_{0,2}\text{Hg}_{0,8}\text{Te}$, площею $0,5 \text{ см}^2$ та товщиною 1,5-2 мм, які були вирізані струнною різкою з алмазним напиленням з вирощених методом Бріджмена злитків. Порушений шар, що утворився під час різки, частково видаляли механічним шліфуванням із застосуванням абразивних порошоків марок М10, М5 та М1 у вигляді водних суспензій. Для видалення приповерхневих структурно-дефектних шарів, що утворюються при різці та шліфуванні, проводили механічне полірування зразків алмазними пастами із поступовим зменшенням розміру зерна абразиву. Після кожного етапу механічної обробки для видалення з поверхні залишків абразивних порошоків, частинок матеріалу та інших забруднень проводили міжопераційну очистку за розробленою технологічною схемою:

промивка (H_2O дист. + ПАР) → промивка (H_2O дист.) → знежирювання (ацетон, $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) → висушування (потік сухого повітря).

Перед проведенням ХМП з поверхні зразків, попередньо прошліфованих і механічно відполірованих, видаляли порушений шар товщиною 80-100 мкм універсальним травником на основі $\text{HNO}_3 - \text{HBr} - \text{C}_4\text{H}_6\text{O}_6$ (при $V_{\text{пол.}} = 35 \text{ мкм/хв}$) і ретельно промивали 0,25 М розчином $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ та великою кількістю дистильованої води. Травильні суміші готували перед початком вимірювань з 40 % HBr (ос.ч), 10,9 %-го водного розчину $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ і ЕГ (х.ч) та витримували 2 години для встановлення рівноваги хімічної реакції:



Для проведення процесу ХМП використовували скляний полірувальник, обтягнутий батистом. Головну увагу звертали на стабільну структуру тканини та її механічну і хімічну стійкість до компонентів травника. Полірувальну суміш подавали на полірувальник крапельним методом з ділильної лійки із вмонтованим дозатором зі швидкістю 2-3 мл/хв при $T = 293 \text{ К}$. Потім пластини швидко вилучали із травника та одразу ж піддавали промивці для повного видалення з поверхні залишків травильної суміші в 0,1 М водному розчині $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ та дистильованій воді. Швидкість ХМП визначали за зменшенням товщини кристалу до і після процесу ХМП за допомогою годинникового індикатора 1-МИГП з точністю $\pm 0,5 \text{ мкм}$.

Для експериментальних досліджень було обрано базовий поліруючий розчин (БР) складу (об. %): 35 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 - 50 \text{ HBr} - 15 \text{ ЕГ}$, який характеризується швидкістю хіміко-динамічного полірування (ХДП) для $\text{Cd}_{0,2}\text{Hg}_{0,8}\text{Te} - V_{\text{пол.}} = 4 \text{ мкм/хв}$. З метою розробки повільних полірувальних сумішей та зменшення швидкості ХМП (зменшення вмісту активного компонента) і поліпшення якості обробленої поверхні $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ безпосередньо перед проведенням процесу ХМП до вказаного БР додавали додатково певну кількість модифікатора в'язкості – ЕГ. Встановлено (рис. 1), що при збільшенні додатково введеної в БР кількості ЕГ швидкість ХМП поступово зменшується з 19 до 0,8 мкм/хв в межах дослідженого інтервалу. При цьому виявлено, що при збільшенні вмісту ЕГ від 30 до 70 (об.%) в складі травників поверхня монокристалів $\text{Cd}_{0,2}\text{Hg}_{0,8}\text{Te}$ полірується і набуває

дзеркального блиску, а швидкість ХМП перебуває в межах 8,6 – 3 мкм/хв. При подальшому збільшенні вмісту в'язкого компонента в полірувальній суміші (до 90 об. % ЕГ) формується полірована поверхня нижчої якості (“металічний блиск”), а швидкість ХМП падає до ~ 1 мкм/хв. Отже, змінюючи співвідношення базового травника (БР) і ЕГ та користуючись наведеною залежністю, можна обирати необхідну швидкість ХМП в межах 0,8 – 19 мкм/хв.

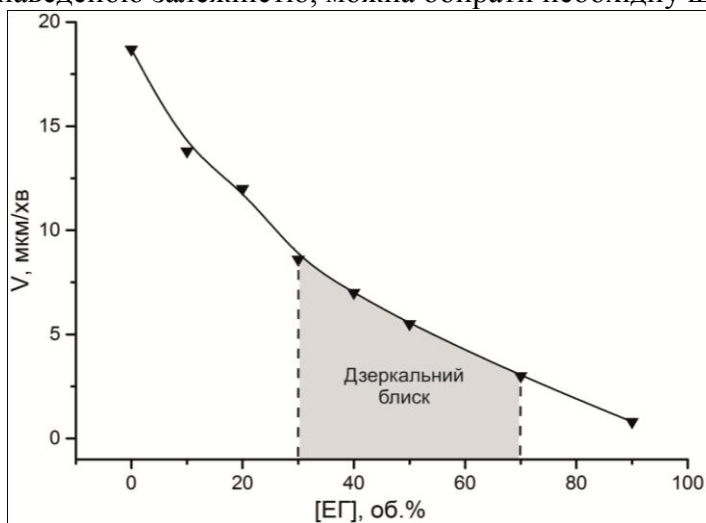


Рис. 1. Залежність швидкості ХМП монокристалів $Cd_{0,2}Hg_{0,8}Te$ від вмісту етиленгліколю в базовому травнику

Для оцінки якості полірування поверхні $Cd_xHg_{1-x}Te$ після ХМП застосовували методи металографічного аналізу (металографічний мікроскоп ММ-6 з цифровою відеокамерою DigiMicro 2.0 Scale та кратністю збільшення $25\times - 900\times$), а також атомно-силову мікроскопію (АСМ) (скануючий зондовий мікроскоп NanoScope IIIa Dimension 3000TM (Digital Instruments, США)).

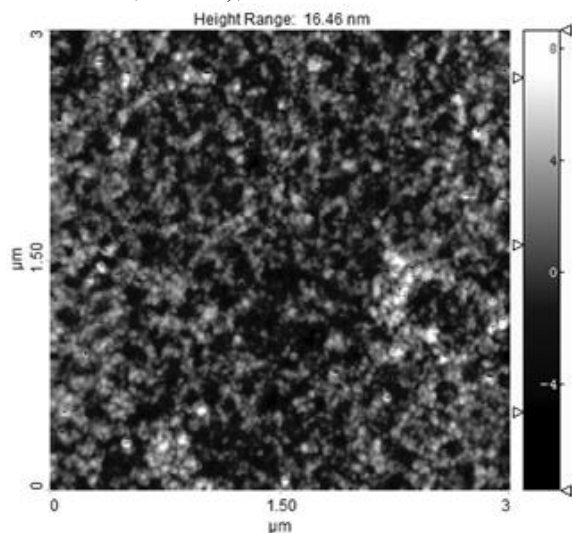


Рис. 2. Морфологія поверхні монокристалу $Cd_{0,2}Hg_{0,8}Te$ після ХМП обробки в поліруючому розчині.

Результати АСМ поверхні $Cd_{0,2}Hg_{0,8}Te$ (рис. 2) після обробки методом ХМП поліруючими сумішами підтверджують високу якість обробленої поверхні, оскільки параметри її шорсткості відповідають вимогам пред'явленим до полірованої поверхні напівпровідникових матеріалів і не перевищують значень $R_a \leq 10$ нм.

На основі експериментальних даних розроблені нові повільні бромвиділяючі травники, які характеризуються високою поліруючою здатністю та низькими швидкостями травлення. Встановлено, що шляхом введення до складу травильних розчинів різної кількості етиленгліколю можна регулювати швидкість ХМП досліджуваних напівпровідників. Оптимізовані склади поліруючих травників та технологічні режими обробки поверхні можуть бути використані для контрольованого зняття тонких шарів, хімічної обробки тонких плівок та фінішного полірування поверхні $Cd_xHg_{1-x}Te$ а також бути основою для розробки повільних травників, що використовуються в технології ХМП напівпровідникових монокристалів та плівок.