

SECTION 9.

CHEMISTRY, CHEMICAL ENGINEERING AND BIOENGINEERING

Чайка Микола Володимирович 

кандидат хімічних наук, доцент кафедри хімії
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Камінський Олександр Миколайович

кандидат хімічних наук, доцент кафедри хімії
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Панасюк Дмитро Юрійович

заступник завідувача відділу досліджень матеріалів,
речовин і виробів - завідувач сектору фізико-хімічних досліджень
*Житомирський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України,
Україна*

ВИДАЛЕННЯ ТОНКИХ ШАРІВ З ПОВЕРХНІ $Cd_xHg_{1-x}Te$ МЕТОДОМ ХІМІКО-МЕХАНІЧНОГО ПОЛІРУВАННЯ В БРОМВИДІЛЯЮЧИХ ТРАВНИКАХ

Унікальні фізико-хімічні властивості монокристалів твердих розчинів $Cd_xHg_{1-x}Te$ є передумовою їх використання в якості матеріалу інфрачервоної електроніки [1], а нанорозмірні структури на основі цих напівпровідникових матеріалів широко застосовують при виготовленні інфрачервоних фотодетекторів (типу бар'єрів Шотткі), фотодіодів, інжекційних лазерів [2-3]. Надважливою передумовою для формування високоякісної, структурно досконалої поверхні напівпровідникової підкладки під час виробництва робочих елементів вказаних приладів є правильний підбір травильних сумішей як для проміжних етапів фізико-хімічної обробки поверхні монокристалів, так і для їх фінішного хіміко-механічного полірування.

Метою роботи є розробка і оптимізація полірувальних травників та створення методик і режимів хіміко-механічного полірування (ХМП) поверхні монокристалів $Cd_xHg_{1-x}Te$ в бромвиділяючих розчинах $K_2Cr_2O_7 - HBr -$ етиленгліколь. Для експериментальних досліджень використовували вирощені методом Бріджмена монокристали $Cd_{0,2}Hg_{0,8}Te$, вирізані зі злитків струнною різкою з алмазним напиленням. Попередня обробка поверхні напівпровідників складалася з наступних етапів: шліфування пластин абразивними порошками марок М10-М1 (3-5 хв) у вигляді водних суспензій → механічне полірування алмазними пастами марок АСМ 7/5, АСМ 3/2 та АСМ1/0 (3-5 хв) із поступовим зменшенням розміру зерна абразиву → хімічне травлення для видалення порушеного шару (80-100 мкм) травником на основі $HNO_3 - HBr - C_4H_6O_6$ ($V_{пол} = 35$ мкм/хв) → фінішне ХМП новими повільними травниками [4].

Травильні суміші готували з 40 % HBr , 10,9 %-го водного розчину $K_2Cr_2O_7$ та етиленгліколю. Для досягнення низьких швидкостей ХМП при збереженні полірувального ефекту безпосередньо перед проведенням ХМП в поліруючий базовий розчин (БР) складу (об. %): 35 $K_2Cr_2O_7 - 50 HBr - 15$ етиленгліколь додатково вводили певну кількість модифікатора в'язкості – етиленгліколю. Виявлено, що при зростанні вмісту етиленгліколю

в складі БР відбувається поступове зменшення швидкості ХМП в межах досліджуваного концентраційного інтервалу. Полірувальні розчини, в яких поверхня $\text{Cd}_{0,2}\text{Hg}_{0,8}\text{Te}$ полірована і має дзеркальний блиск, формуються при вмісті 30-70 (об.%) етиленгліколю в БР, при цьому швидкість ХМП перебуває в межах 8,9-3 мкм/хв. Ці травники можна використовувати для ХМП з контрольованими низькими швидкостями полірування. Якщо збільшувати вміст етиленгліколю і надалі (до 90 об. % етиленгліколю), це призводить до суттєвого зменшення швидкості ХМП (до 0,8-1 мкм/хв) та формування полірованої поверхні нижчої якості (“металічний блиск”). Отже, змінюючи вміст етиленгліколю у складі БР можна обирати розчини з необхідною швидкістю ХМП в межах 0,8-18,7 мкм/хв.

Фінішний етап ХМП проводили на скляному полірувальнику, обтягнутому батистом. Головну увагу звертали на стабільну структуру тканини та її механічну і хімічну стійкість до компонентів травильних композицій. Травник подавали крапельним методом із скляної ємності з вмонтованим дозатором зі швидкістю 2-3 мл/хв при $T = 293 \text{ K}$. Нами також розроблена методика ефективної відмивки полірованих зразків. Після ХМП пластини необхідно швидко вилучати із травника та промивати за технологічною схемою:

$30 \text{ c } 0,1 \text{ M Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + 1 \text{ хв H}_2\text{O} + 2 \text{ хв H}_2\text{O} + 1 \text{ хв H}_2\text{O}$ (при $T = 293 \text{ K}$).

Результати атомно-силової мікроскопії поверхні $\text{Cd}_{0,2}\text{Hg}_{0,8}\text{Te}$ після ХМП розробленими розчинами підтверджують високу якість обробленої поверхні, оскільки параметри її шорсткості відповідають вимогам, що пред’являються до надгладких полірованих поверхонь напівпровідникових матеріалів ($R_a = 1,9 \text{ nm}$) [5]. Розроблена нами методика дає змогу скоротити тривалість процесів хімічної обробки поверхні напівпровідників, а головне – спростити етапи відмивки полірованих зразків, оскільки всі травники містять однакові вихідні компоненти, які взяті в різних співвідношеннях. Оптимізовані склади нових повільних полірувальних травників $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 - \text{HBr}$ – етиленгліколь і технологічні режими обробки поверхні можуть бути використані для контрольованого зняття тонких шарів, хімічної обробки тонких плівок та фінішного полірування поверхні монокристалів $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$.

Список використаних джерел:

1. Gnatenko, Yu. P., Piryatinski, Yu. P., Gamernyk, R. V., Faryna, I. O., Bukivskij, P. M., Paranchych, S. Yu., & Paranchych, L.D. (2015). Elaboration of new uncooled detector materials high-sensitive in the near IR-region. *Proc. of SPIE. 5209*, 156-167. doi.org/10.1117/12.516446
2. Bogoboyashchiy, V. V., Kurbanov, K. R., & Oksanich, A. P. (2000). Industrial production of GaAs and $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$ based crystals and epitaxial structures in Ukraine: actuality and development outlook. *Functional materials 7 (4)*, 546-551.
3. Krotkus, A., Adomavičius, R., Molis, G., & Urbanowicz A. (2005). Terahertz radiation from $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ photoexcited by femtosecond laser pulses. *Journal of Applied Physics 96 (7)*, 4006-4008. doi.org/10.1063/1.1787133
4. Chayka, M. V., Tomashyk, Z. F., Tomashyk, V. M., Malanych, G. P., & Korchovy, A.A. (2019). Optimization of bromine-emerging etching compositions $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 - \text{HBr}$ – ethylene glycol for forming a polished surface of CdTe, $\text{Zn}_x\text{Cd}_{1-x}\text{Te}$ and $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$. *Functional Materials 26 (1)*. 189-196. doi.org/10.15407/fm26.01.189
5. Поп, С. С. & Шароді, І.С. (2001). *Фізична електроніка*. Львів : Євросвіт