

УДК 621.794.42/.44

*В.Г. Іваніцька, Н.С. Дзюбінська, Ю.В. Баб'юк, В.М. Склярчук, П.М. Фочук***МОДИФІКАЦІЯ ПОВЕРХНІ $\text{Cd}_{0,9}\text{Zn}_{0,1}\text{Te}$ ХІМІЧНИМ МЕТОДОМ****Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, м. Чернівці, Україна**

В роботі здійснено дослідження технологічних умов створення модифікованої поверхні $\text{Cd}(\text{Zn})\text{Te}$. Для хімічної модифікації поверхні і створення на ній заданого поруватого мікрорельєфу застосовували травильні композиції різного складу. Хімічна оброблення досліджуваних зразків здійснене після нанесення на поверхню $\text{Cd}_{0,9}\text{Zn}_{0,1}\text{Te}$ сферичних наночастинок золота. Наночастинки золота синтезовано за оптимізованою методикою і нанесено на поверхню напівпровідника методом висушування. За даними атомно-силової мікроскопії встановлено, що найбільш оптимальним для створення поруватої поверхні $\text{Cd}_{0,9}\text{Zn}_{0,1}\text{Te}$ є хімічне оброблення зразків розчинами, що містять суміш фторидної, нітратної та лактатної кислот. Варіювання часом витримування досліджуваних зразків у травильній композиції складу $\text{HF}-\text{HNO}_3-\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$ приводить до утворення на поверхні кристалів $\text{Cd}_{0,9}\text{Zn}_{0,1}\text{Te}$ із нанесеними наночастинами золота структур різних розмірів і морфології.

Ключові слова: травник, хімічна взаємодія, поверхня, кристал, наночастинки, селективне травлення, кадмій (цинк) телурид.

DOI: 10.32434/0321-4095-2020-130-3-77-87**Вступ**

Тенденції розвитку напівпровідникової електроніки, зокрема сонячної енергетики, пов'язані із пошуком нових матеріалів, які в змозі забезпечити необхідні якісні характеристики електронних пристроїв та оптимальні техніко-економічні показники їх виготовлення. Значна увага дослідників останнім часом приділяється методам одержання наноструктурованих напівпровідникових матеріалів шляхом створення різноманітних модифікацій їх поверхні та об'єму в цілому.

Поруваті напівпровідники демонструють досить інтенсивну фото- та електролюмінесценцію, що дає можливість їх використання при виготовленні багатьох світловипромінювальних приладів. Нанокристалічний характер поверхні одержаних матеріалів зумовлює прояв квантово-розмірних ефектів, збільшення ширини забороненої зони, що може суттєво розширити спектр застосування таких матеріалів. Використовувати порувату поверхню напівпровідників можна також у біо- та хімічних датчиках [1–3].

Значний попит на наноструктурований CdTe ($\text{Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Te}$) ґрунтується на його ефективності як потенціальної складової різних елек-

тронних пристроїв. З огляду на особливості забороненої зони такого матеріалу, а також можливість його структурної модифікації, наноструктурований CdTe є перспективним при створенні світлопоглинаючих або світло-випромінювальних приладів. Поруватий CdTe володіє більш широкою забороненою зоною, що робить можливим його використання у видимому діапазоні.

На сьогоднішній день питання створення наноструктур на поверхні напівпровідників методом хімічного травлення є актуальним, оскільки раніше поруватість вдавалося одержувати лише шляхом електрохімічного травлення, що є більш технологічно складним і дорогавартісним [3]. Зокрема, поруватий кремній (ПК) одержують шляхом анодного травлення монокристалічного кремнію в розчинах фторидної кислоти [4,5]. Одержаний матеріал є керованою, шляхом зміни умов травлення, поруватою системою різної морфології, різних розмірів та орієнтації.

Відома методика одержання наноструктур на поверхні Si при нанесенні тонкого шару благородного металу (наприклад, Au , Pt , Ag або Pd) на поверхню кремнієвої підкладки [6]. Ці дослідження показали, що коли кремнієва підклад-

ка, частково покрита благородним металом, занурена в травильну композицію складу $\text{HF}-\text{H}_2\text{O}_2$ то кремній під благородним металом протравлюється швидше, ніж в тих місцях, де його немає. Благородний метал дифундує в кремнієву підкладку та виступає як катод, внаслідок чого утворюються пори або стовпчики. В основному, геометричні особливості одержаних кремнієвих структур залежать від природи благородних металів, які використовують під час травлення. Тобто метал каталізує електрохімічне травлення Si у розчині, і в результаті одержують наноструктури у вигляді прямих нанопор або стовпчасті наноструктури. Такий спосіб травлення набуває все більшої популярності, а описана методика наноструктурування є найбільш розповсюдженою при виготовленні поруватого кремнію.

Інформація про створення поруватого CdTe шляхом електрохімічного травлення в літературі є досить обмеженою, а робіт, що стосувались би одержання нанорозмірного рельєфу поверхні методом хімічного травлення нами не виявлено. Особливість кристалографічної будови CdTe, а саме кристалізація його у кубічній або гексагональній ґратці, визначає можливість виготовлення наноструктур на його поверхні без зайвих затрат шляхом хімічного розчинення матеріалу у рідких травниках. Отже, метою роботи є розробка технології наноструктурування поверхневих шарів $\text{Cd}_{0,9}\text{Zn}_{0,1}\text{Te}$ хімічним методом із використанням металічних наночастинок як каталізаторів процесу травлення.

Експериментальна частина

Наноструктурувану поверхню твердого розчину $\text{Cd}_{0,9}\text{Zn}_{0,1}\text{Te}$ одержували методом хімічного травлення із застосуванням селективних травників різного складу, компонентами яких були: HF , HNO_3 , H_2O_2 , Br_2 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ та деякі органічні кислоти. Каталізатором процесу розчинення напівпровідникового матеріалу використовували наночастинки золота, нанесені на поверхню зразків осадженням із розчину [7].

Для здійснення експерименту було виготовлено серію зразків із монокристалічного $\text{Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Te}$, вирощеного методом Бріджмена. Досліджувані зразки пройшли декілька етапів підготовки: різку, шліфування (поверхню зрізу шліфували на абразивному диску за допомогою шліфувальних порошоків з послідовно зменшуваною зернистістю, після кожного шліфування зразки ретельно промивали дистильованою водою), полірування (здійснювали на фетрі за допомогою суспензії абразивних порошоків Al_2O_3

та гліцерину, під час полірування послідовно зменшували зернистість абразивних порошоків в порядку 1 мкм, 0,5 мкм, 0,1 мкм, після кожного етапу зразки ретельно промивали дистильованою водою, знежирювали за допомогою ацетону). Порухений при механічному обробленні поверхневий шар напівпровідникового матеріалу видаляли хімічним травленням зразків у поліруючому травнику [8] протягом 3 хв за кімнатної температури.

Наночастинки золота одержували за класичною методикою, описаною у літературі [9], та оптимізованою нами методикою синтезу нанорозмірного золота, яка полягала у відновленні золота із водного розчину тетрахлороауратної кислоти (HAuCl_4) у присутності водного розчину натрій цитрату ($\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) при нагріванні.

На поверхню досліджуваних зразків $\text{Cd}_{0,9}\text{Zn}_{0,1}\text{Te}$ наночастинки Au наносили осадженням із розчину та наступним висушуванням.

Травлення попередньо підготовлених зразків $\text{Cd}_{0,9}\text{Zn}_{0,1}\text{Te}$ здійснювали протягом різного часу при кімнатній температурі (293 K) у травильних сумішах різного складу: $\text{Br}_2-\text{CH}_3\text{OH}$; $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7-\text{HNO}_3-\text{H}_2\text{O}$; $\text{HF}-\text{H}_2\text{O}_2-\text{H}_2\text{O}$; $\text{HF}-\text{HNO}_3$ —органічна кислота (CH_3COOH — оцтова кислота, $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$ — молочна кислота, $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$ — пропіонова кислота); $\text{HF}-\text{HNO}_3$ —ДМФА та з різним вмістом компонентів. Після кожного травлення зразки ретельно промивали, послідовність промивання залежала від складу травника.

Для приготування травильної композиції складу $\text{Br}_2-\text{CH}_3\text{OH}$ відбирали у хімічну склянку 50 мл метанолу (CH_3OH) та 2 мл броду (Br_2), суміш ретельно перемішували. Після проведення хімічного травлення зразки промивали у 20%-вому розчині Na_2CO_3 протягом 30 с та трикратно дистильованою водою.

«Дихроматний травник» ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7-\text{HNO}_3-\text{H}_2\text{O}$) готували із використанням 20%-вого розчину $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ та 63%-го розчину HNO_3 . Після здійснення травлення зразки промивали дистильованою водою. Травник складу $\text{HF}-\text{H}_2\text{O}_2-\text{H}_2\text{O}$ одержували при змішуванні 40%-вого водного розчину HF та 30%-вого H_2O_2 із розведенням водою. Зразки після оброблення промивали у дистильованій воді.

Для приготування травильної композиції складу $\text{HF}-\text{HNO}_3$ —органічна кислота у пластикову склянку відбирали водні розчини HF (40%), HNO_3 (63%), та додавали водний розчин органічної кислоти відповідної концентрації

(CH_3COOH (99%), $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$ (80%) та $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$ (80%)). Розчини ретельно перемішували. Зразки після травлення промивали у дистильованій воді. Аналогічно готували травильну композицію складу $\text{HF-HNO}_3\text{-ДМФА}$. Зразки після травлення також трикратно промивали дистильованою водою.

Перед травленням зразків $\text{Cd}_{0.9}\text{Zn}_{0.1}\text{Te}$ всі приготовлені розчини витримували 2 год для досягнення рівноважного стану хімічної взаємодії між компонентами травників. Морфологію поверхонь травлених зразків аналізували методом атомно-силової (атомно-силовий мікроскоп CRDF UKC2-7071-CH-12) та оптичної мікроскопії. Дослідження спектрів поглинання наночастинок Au здійснювали за допомогою спектрофотометра OceanOptics USB-650.

Результати та їх обговорення

Оброблення зразків $\text{Cd}_{0.9}\text{Zn}_{0.1}\text{Te}$ поліруючи-

ми розчинами [8] приводить до одержання якісної полірованої поверхні матеріалу, що було підтверджено результатами АСМ аналізу (рис. 1).

Як видно з рис. 1, поверхня $\text{Cd}_{0.9}\text{Zn}_{0.1}\text{Te}$, оброблена розчином $\text{KIO}_3\text{-KI}$ -лактатна кислота, є однорідною, не має суттєвих механічних пошкоджень, окрім незначної кількості подряпин, які копіюються після механічного оброблення зразків. Оскільки в процесі попереднього хімічного травлення зразків було видалено від 50 до 100 мкм матеріалу, то це дає можливість стверджувати, що порушений механічного оброблення поверхневий шар був видалений повністю і такі зразки можна використовувати для здійснення подальших досліджень.

Синтез золотих наночастинок виконано за двома методиками, але у обох випадках одержано розчини з однаковими характеристиками, що

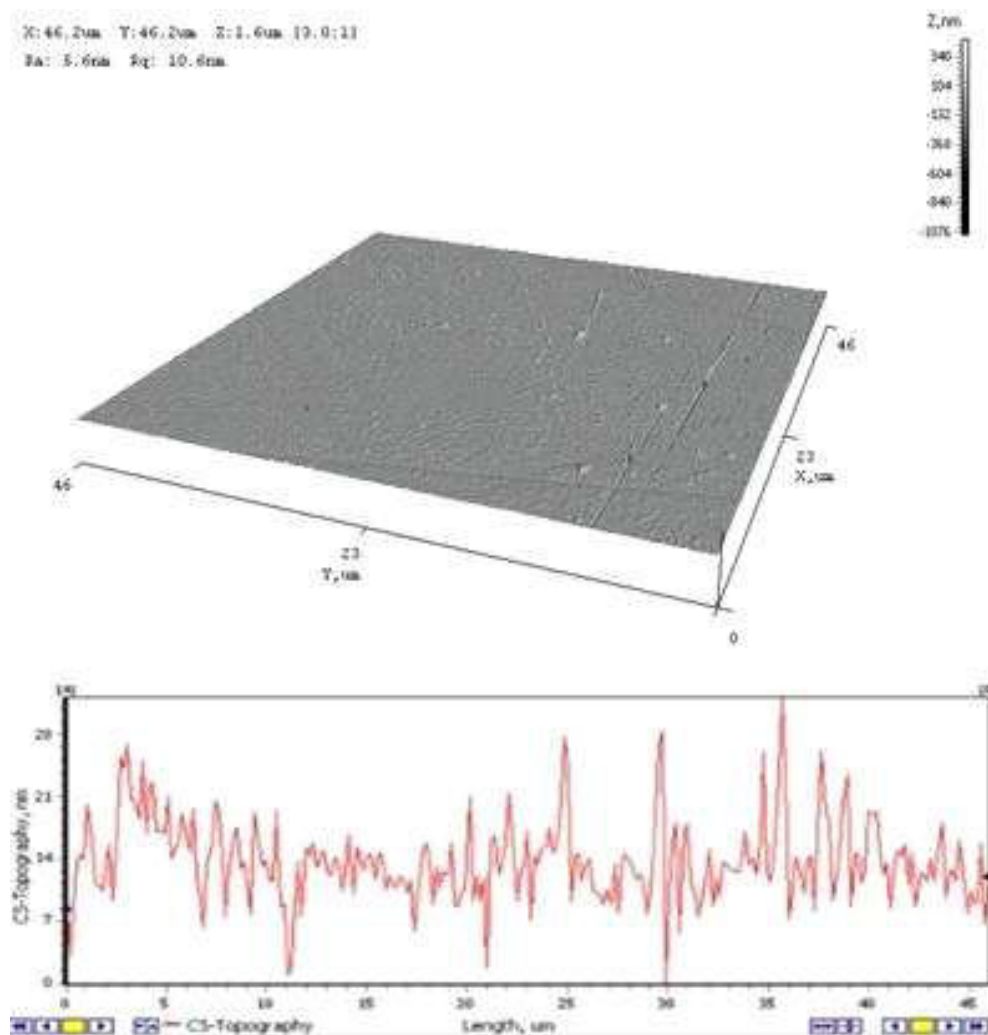


Рис. 1. Тривимірне АСМ-зображення та шорсткість полірованої поверхні $\text{Cd}_{0.9}\text{Zn}_{0.1}\text{Te}$

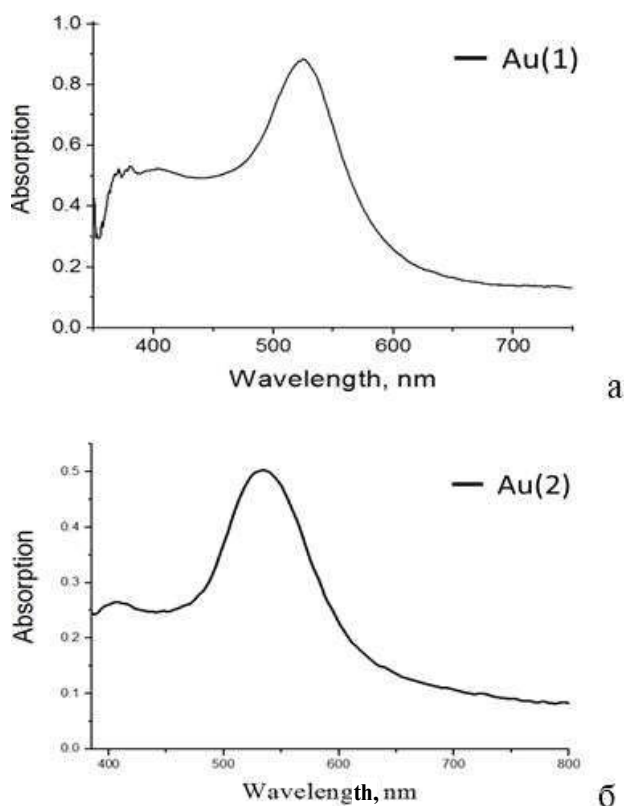


Рис. 2. Спектр поглинання у видимій ділянці розчинів наночастинок Au (1), синтезованих за методикою [9] (а) та Au (2), синтезованих за оптимізованою методикою (б)

було підтверджено результатами спектрометричного аналізу. Спектри поглинання наночастинок золота, синтезованих нами за методикою [9] та оптимізованою методикою наведено на рис. 2.

В обох випадках одержані наночастинок золота мають сферичну форму, про що свідчить наявність одного піка на спектрах поглинання. Також із отриманих результатів можна зробити висновок, що синтезовані наночастинок Au відзначаються незначним розкидом за розмірами, оскільки спектри поглинання, як для наночастинок Au (1), так і для Au (2), характеризуються чітким, не широким піком.

Наступним етапом створення модифікованої поверхні напівпровідника було нанесення наночастинок Au на його поверхню осадженням із розчину і подальшим висушуванням. Дослідження поверхні $\text{Cd}_{0.9}\text{Zn}_{0.1}\text{Te}$ із нанесеними наночастинками золота методом атомно-силової мікроскопії дало можливість зробити висновок, що наночастинок Au (1) на відполіровану поверхню досліджуваного зразка осіли рівномірно, хоча розміри їх відрізнялися значно. Очевидно, що в процесі осадження на поверхню

напівпровідника відбувається коагуляція наночастинок, синтезованих за методикою [9]. Наночастинок Au (2) на поверхню досліджуваного зразка також осіли рівномірно по всій площі, різниця у розмірах наночастинок у цьому випадку значно менша, хоч коагуляція наночастинок спостерігається, як і в попередньому випадку.

Оскільки метою роботи було розробити методику створення наноструктурованої поверхні $\text{Cd}_{0.9}\text{Zn}_{0.1}\text{Te}$ хімічним методом, а саме – методом селективного травлення, то важливим етапом дослідження став підбір відповідних компонентів і складу травильної композиції. Для цього у процесі травлення було використано серію зразків $\text{Cd}_{0.9}\text{Zn}_{0.1}\text{Te}$ із нанесеними на поверхню наночастинками Au (2). Травлення здійснювали зануренням зразків у розчин травника протягом 3 хв при кімнатній температурі (293 K).

На рис. 3 зображено результати АСМ-дослідження протравленої у селективних травниках $\text{HF-H}_2\text{O}_2\text{-H}_2\text{O}$ (рис. 3,а) та у $\text{HF-HNO}_3\text{-CH}_3\text{COOH}$ (рис. 3,б) поверхні зразків.

Як видно з отриманих результатів, при використанні травильної композиції складу $\text{HF-H}_2\text{O}_2\text{-H}_2\text{O}$, а також $\text{HF-HNO}_3\text{-CH}_3\text{COOH}$ найвищу селективність травник виявляє до пошкоджень поверхні, нанесених при механічному поліруванні. Необхідно відмітити, що подряпини від абразиву значно зменшилися при хімічному поліруванні зразків у розчині [8], але при застосуванні селективного травника знову проявились. Утворення регулярних чітких наноструктур на поверхні напівпровідника, обробленого розчином $\text{HF-H}_2\text{O}_2\text{-H}_2\text{O}$ не спостерігається. При використанні травильної композиції складу $\text{HF-HNO}_3\text{-CH}_3\text{COOH}$ помітна поява наноструктурованого рельєфу, проте він не є однорідним, оскільки розміри наноструктур коливаються в значних межах. Крім того, як і в попередньому випадку, спостерігається тенденція до першочергового селективного травлення пошкоджень поверхні, нанесених механічного оброблення, які очевидно здатні копіюватись.

Використання полірувальних травильних композицій $\text{Br}_2\text{-CH}_3\text{OH}$ та $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7\text{-HNO}_3\text{-H}_2\text{O}$ для травлення поверхні $\text{Cd}_{0.9}\text{Zn}_{0.1}\text{Te}$ із нанесеними на неї наночастинками золота також було неефективним з точки зору одержання регулярних поверхневих наноструктур. В обох випадках травлення виявилось поліруючим, що було підтверджено результатами атомно-силової

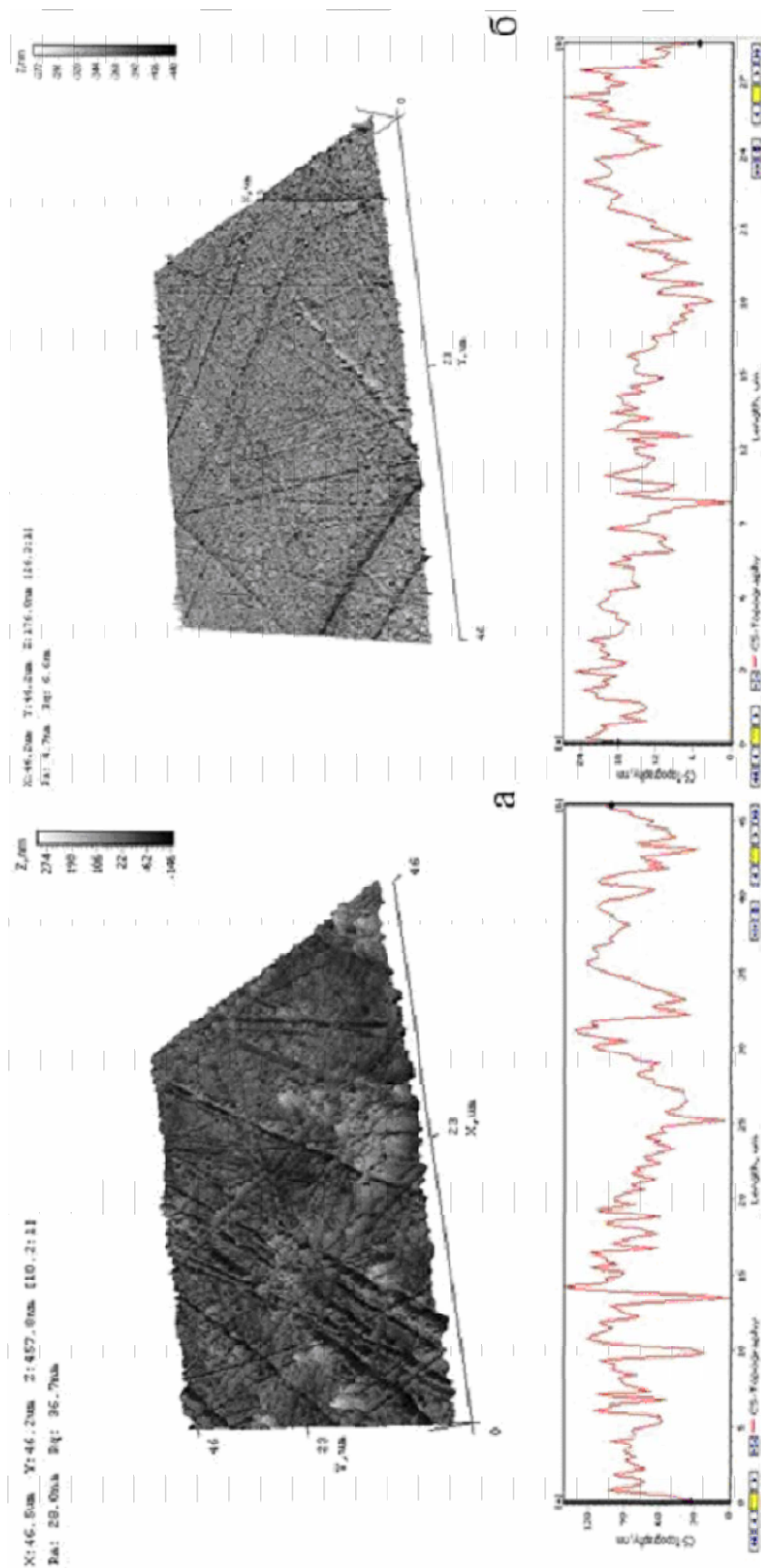


Рис. 3. Тривимірне АСМ-зображення та шорсткість поверхні $\text{Cd}_{0.9}\text{Zn}_{0.1}\text{Te}$, протравленого в розчинах $\text{HF}-\text{H}_2\text{O}_2-\text{H}_2\text{O}$ (а) та $\text{HF}-\text{HNO}_3-\text{CH}_3\text{COOH}$ (б)

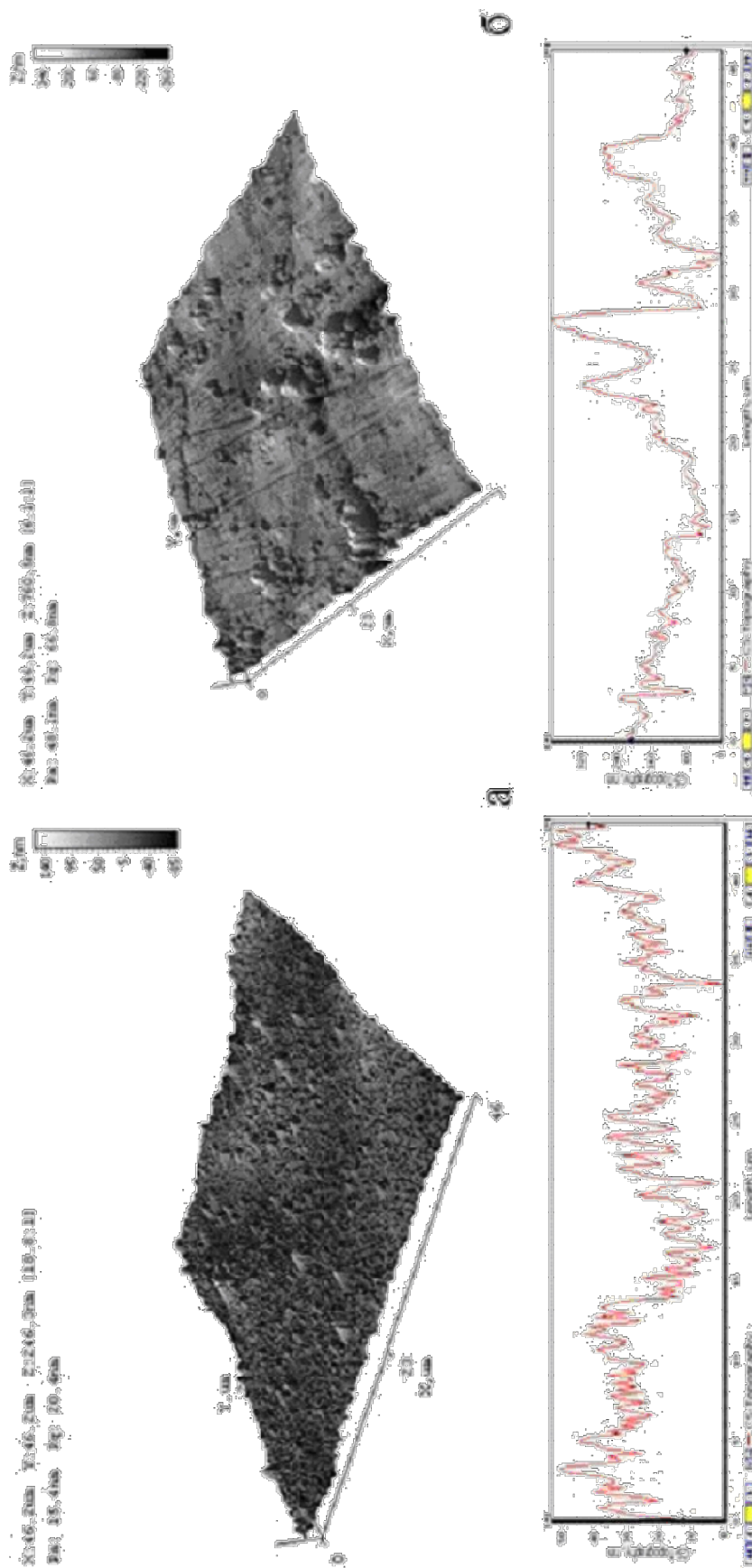


Рис. 4. Тривимірне АСМ-зображення та шорсткість поверхні $\text{Cd}_{0.9}\text{Zn}_{0.1}\text{Te}$, протравленого у розчинах $\text{HF-HNO}_3\text{-C}_3\text{H}_6\text{O}_2$ (а) та $\text{HF-HNO}_3\text{-DMFA}$ (б)

мікроскопії.

На рис. 4 показано результати АСМ-дослідження поверхні зразків із нанесеними наночастинками Au (2), протравленої у травильних композиціях складу $\text{HF-HNO}_3\text{-C}_3\text{H}_6\text{O}_2$ (рис. 4,а) та $\text{HF-HNO}_3\text{-ДМФА}$ (рис. 4,б).

Як видно із рисунка, під час травлення зразків у розчинах $\text{HF-HNO}_3\text{-ДМФА}$ на їх поверхні не відбувається утворення регулярних наноструктур, травлена поверхня характеризується неоднорідним рельєфом із значною кількістю дефектів, видимих навіть неозброєним оком. Під час травлення $\text{Cd}_{0,9}\text{Zn}_{0,1}\text{Te}$ у травильній композиції $\text{HF-HNO}_3\text{-C}_3\text{H}_6\text{O}_2$ на поверхні досліджуваних зразків помітне утворення наноструктур, їх розподіл по поверхні зразків рівномірний, проте вони мають великий розкид за розмірами (розміри коливаються від 5 до 30 нм).

За результатами попереднього експериментального дослідження було виявлено, що найбільш оптимальним для створення однорідної поруватої поверхні $\text{Cd}_{0,9}\text{Zn}_{0,1}\text{Te}$ є використання травильної композиції складу $\text{HF-HNO}_3\text{-C}_3\text{H}_6\text{O}_3$.

Відомо, що на характер рельєфу поверхні напівпровідника багато в чому впливає не лише склад травильної композиції, але і умови травлення, зокрема, час і температура. Тому у роботі здійснено дослідження впливу часу травлення $\text{Cd}_{0,9}\text{Zn}_{0,1}\text{Te}$ із нанесеними наночастинками Au (2) розчинами травильної композиції $\text{HF-HNO}_3\text{-C}_3\text{H}_6\text{O}_3$ на характеристики травленої поверхні (рис. 5).

Відповідно до результатів атомно-силової мікроскопії, найбільш оптимальним для створення регулярних наноструктур на поверхні кристалів $\text{Cd}_{0,9}\text{Zn}_{0,1}\text{Te}$ є травлення досліджуваних зразків протягом 3 хв (рис. 5,в). Хімічне оброблення зразків протягом такого відрізка часу призводить до утворення на поверхні зразків голчастоподібних наноструктур, рівномірно розподілених по всій поверхні зразка, з оптимальною висотою (100–120 нм) та малим розкидом за розмірами. У результаті зменшення часу травлення досліджуваних зразків до 1–2 хв (рис. 5,а,б) відбувається утворення наноструктур менших розмірів, їх кількість на поверхні зразків значно менша, ніж у попередньому випадку. Під час травлення кристалів $\text{Cd}_{0,9}\text{Zn}_{0,1}\text{Te}$ протягом більшого відрізка часу (4 хв) (рис. 5,г) спостерігається розтравлювання утворених наноструктур на поверхні досліджуваних зразків, що теж не відповідає поставленим вимогам.

Наночастинки золота, які використовували для дослідження, були синтезовані за двома

різними методиками, тому у роботі наведено порівняння ефективності застосування таких наночастинок для одержання поверхневих наноструктур. Травлення поверхні досліджуваних зразків із нанесеними на неї наночастинками Au (1) та Au (2) виконували протягом 3 хв при температурі 293 К. В результаті травлення в обох випадках спостерігаються візуальні зміни поверхні напівпровідника: вона виглядає повністю однорідною і набуває інтенсивного чорного кольору. Результати АСМ дослідження наведено на рис. 6.

Дослідження стану травленої у розчинах $\text{HF-HNO}_3\text{-C}_3\text{H}_6\text{O}_3$ поверхні $\text{Cd}_{0,9}\text{Zn}_{0,1}\text{Te}$ з нанесеними наночастинками Au (1) та Au (2) показало наявність чіткої регулярної наноструктури в обох випадках. При нанесенні наночастинок Au (1), синтезованих за класичною методикою, наноструктури на поверхні зразка утворюються рівномірно, характеризуються малим розкидом за розмірами (120–150 нм), мають форму своєрідних пластівців. У випадку нанесення на поверхню напівпровідника наночастинок Au (2), синтезованих за оптимізованою методикою, спостерігається утворення наноструктур із більшою густиною (на одиниці площі поверхні), малим розкидом за розмірами (100–120 нм) та голчастою будовою.

Оскільки застосування розчину $\text{HF-HNO}_3\text{-C}_3\text{H}_6\text{O}_3$ виявилось перспективним для одержання структурованої поверхні $\text{Cd}_{0,9}\text{Zn}_{0,1}\text{Te}$ при умові наявності на ній благородного металу у вигляді наночастинок (рис. 6), нами була здійснена спроба одержати таку ж структуру із використанням золотої плівки, нанесеної на поверхню напівпровідника відновленням золота із розчину тетрахлорауратної кислоти (HAuCl_4). Травлення покритих золотою плівкою зразків виконували у розчині $\text{HF-HNO}_3\text{-C}_3\text{H}_6\text{O}_3$ протягом 3 хв за температури 293 К. Стан поверхні, одержаної після хімічного оброблення, аналізували методом АСМ (рис. 7).

Як видно з рис. 7, травлення зразка із нанесеною золотою плівкою призводить до утворення наноструктур, які рівномірно розподілені по всій поверхні, проте такі наноструктури характеризуються великим розкидом за розмірами (20–80 нм) і поступаються своїми характеристиками наноструктурам, одержаним із застосуванням золотих наночастинок (рис. 6). Відповідно до одержаних результатів, можна стверджувати, що застосування наночастинок благородних металів, зокрема золота, як каталі-

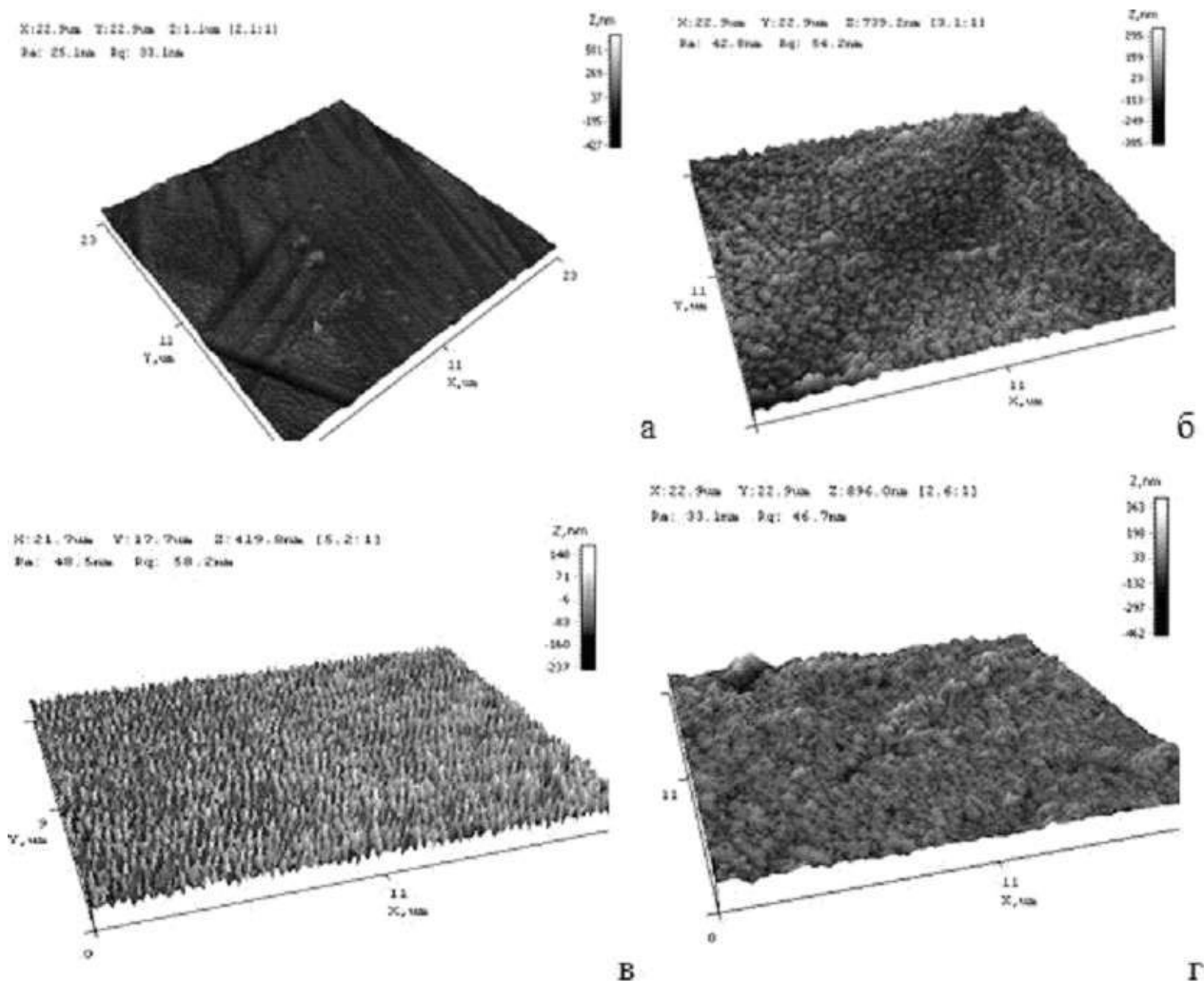


Рис. 5. Тривимірне АСМ-зображення поверхні $\text{Cd}_{0.9}\text{Zn}_{0.1}\text{Te}$ із нанесеними наночастинками Au (2) після травлення у $\text{HF-HNO}_3\text{-C}_3\text{H}_6\text{O}_3$ протягом 1 хв (а), 2 хв (б), 3 хв (в), 4 хв (г)

затора процесу травлення є перспективним напрямом у технології створення заданого рельєфу напівпровідникового матеріалу.

Висновки

Розроблено методику одержання наноструктурованих поверхневих шарів $\text{Cd}_{0.9}\text{Zn}_{0.1}\text{Te}$ хімічним методом із використанням металічних наночастинок. Оптимізовано методику синтезу наночастинок золота для використання їх каталізаторами процесу травлення. Досліджено вплив благородного металу (Au), нанесеного на поверхню зразків $\text{Cd}_{0.9}\text{Zn}_{0.1}\text{Te}$, на формування заданої структури поверхневого шару в результаті хімічного травлення. Встановлено, що для одержання якісної наноструктурованої поверхні $\text{Cd}_{0.9}\text{Zn}_{0.1}\text{Te}$ найбільш ефективним є використання наночастинок, синтезованих за оптимізованою нами методикою. Визначено оптимальні умови процесу травлення напівпровідникового

матеріалу для одержання поруватої поверхні із необхідними характеристиками. Показано, що з метою одержання регулярних, однакових за розмірами наноструктур доцільно використовувати розчини на основі травильної композиції $\text{HF-HNO}_3\text{-C}_3\text{H}_6\text{O}_3$, час хімічного оброблення зразків у запропонованому селективному травнику становить 3 хв за температури 293 К.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Silicon vertically integrated nanowire field effect transistors* / Goldberger J., Hochbaum A.I., Fan R., Yang P. // *Nano Lett.* – 2006. – Vol.6. – P.973-977.
2. *Intrinsically core-shell plasmonic dielectric nanostructures with ultrahigh refractive index* / Yue Z., Cai B., Wang L., Wang X., Gu M. // *Sci. Adv.* – 2016. – Vol.2. – Article No. e1501536.

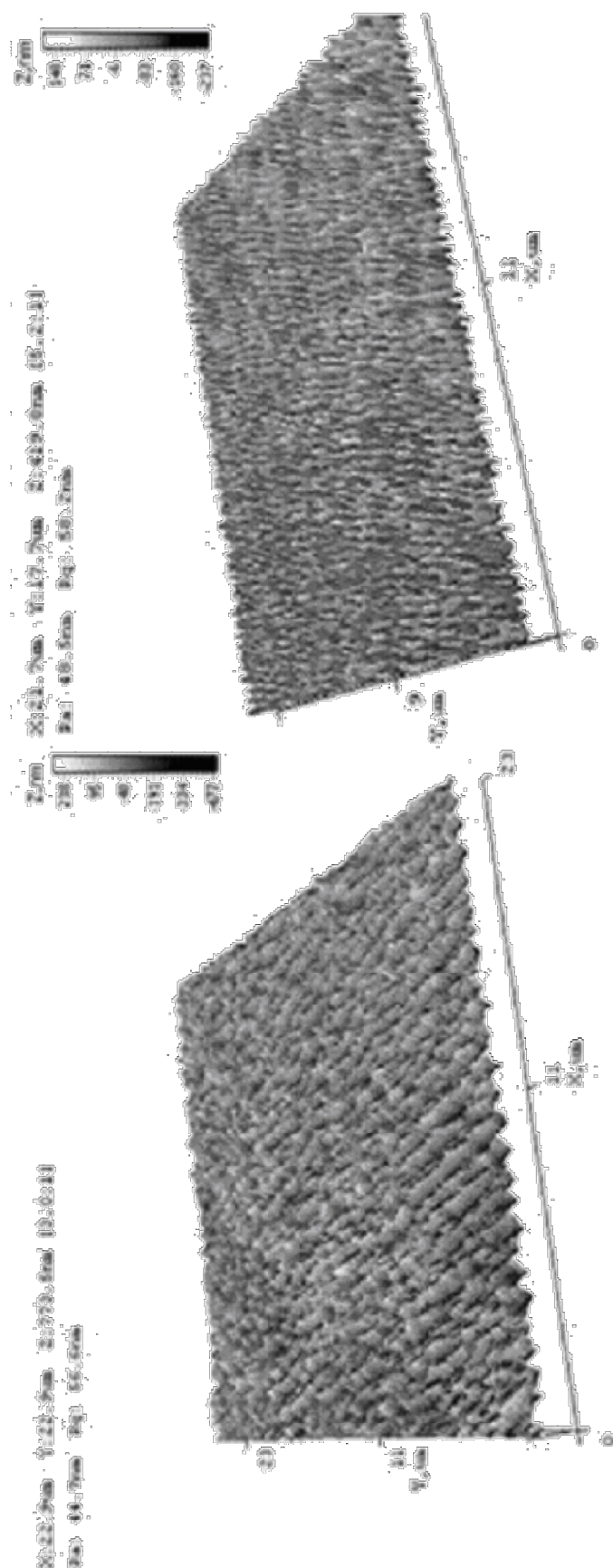


Рис. 6. Тривимірне АСМ-зображення поверхні $\text{Cd}_{0.9}\text{Zn}_{0.1}\text{Te}$ із нанесеними наночастинками Au (1) та Au (2) (б), програвленої в розчинах $\text{HF-HNO}_3\text{-C}_3\text{H}_6\text{O}_3$

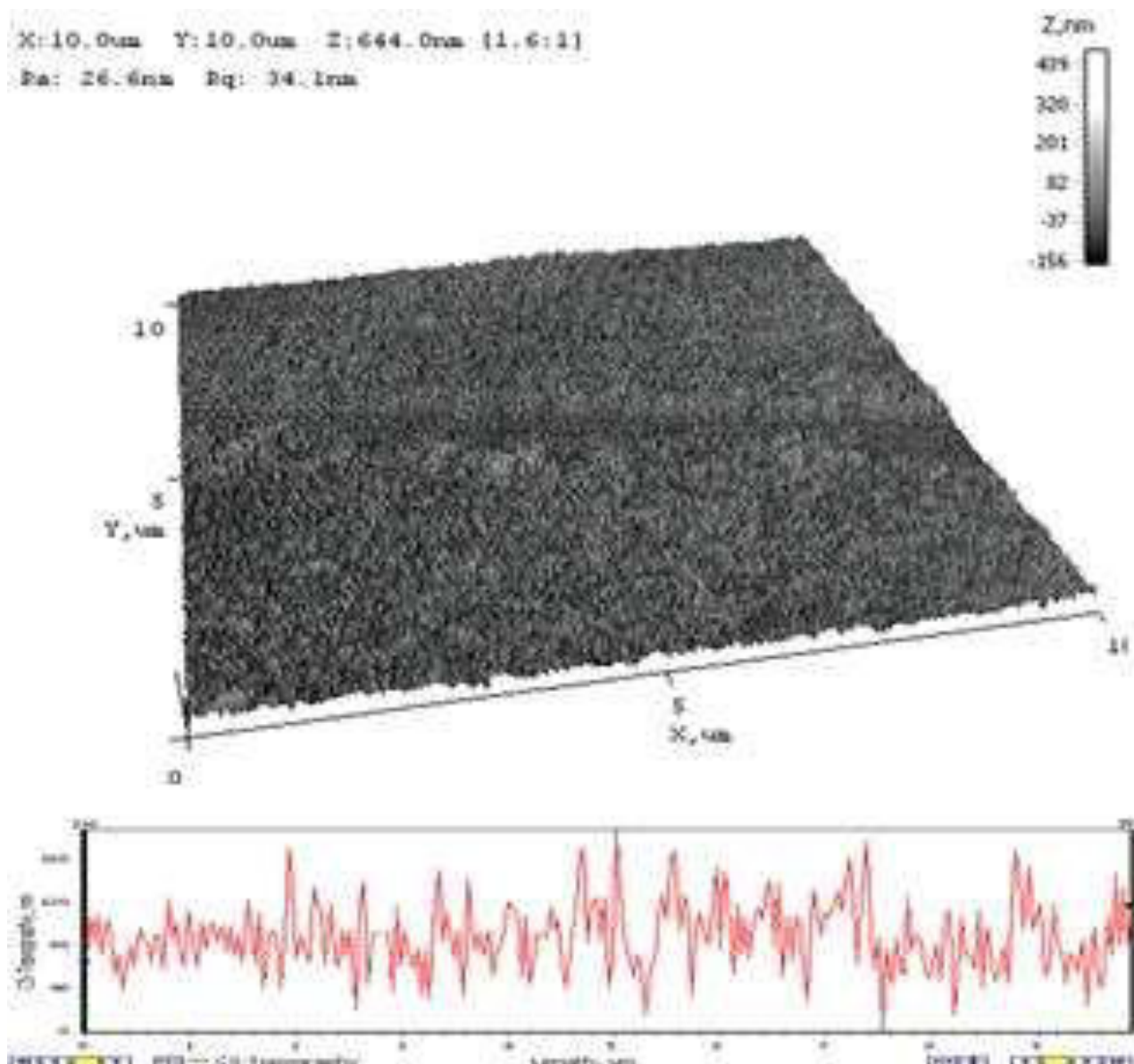


Рис. 7. Тривимірне АСМ-зображення та шорсткість травленої розчином $\text{HF-HNO}_3\text{-C}_3\text{H}_6\text{O}_3$ поверхні $\text{Cd}_{0.9}\text{Zn}_{0.1}\text{Te}$ із попередньо осадженою Au плівкою

3. Зимин С.П. Пористый кремний – материал с новыми свойствами // Соровский образовательный журнал. – 2004. – Т.8. – № 1. – С.101-107.

4. Uhlig A. Electrolytic shaping of germanium and silicon // Bell Syst. Techn. J. – 1956. – Vol.35. – P.333-347.

5. Turner D. Electropolishing silicon in hydrofluoric acid solutions // J. Electrochem. Soc. – 1958. – Vol.5. – P.402-405.

6. Li X., Bohn P.W. Metal-assisted chemical etching in $\text{HF}/\text{H}_2\text{O}_2$ produces porous silicon // Appl. Phys. Lett. – 2000. – Vol.77. – P.2572-2574.

7. Fabrication of single-crystalline silicon nanowires by scratching a silicon surface with catalytic metal particles / Peng K.Q., Hu J.J., Yan Y.J., Wu Y., Fang H., Xu Y., Lee S.T., Zhu J. // Adv. Funct. Mater. – 2006. – Vol.16. – P.387-394.

8. A slightly oxidizing etchant for polishing of CdTe and CdZnTe surfaces / Ivanits'ka V.G., Moravec P., Tomashik V.M., Masek K., Tomashik Z.F., Franc J., Grill R., Hoschl P. // J. Electron. Mater. – 2013. – Vol.42. – No. 11. – P.3059-3065.

9. Turkevich J., Stevenson P.C., Hillier J. A study of the nucleation and growth processes in the synthesis of colloidal gold // Discuss. Faraday Soc. – 1951. – Vol.11. – P.55-75.

Надійшла до редакції 17.01.2020

CHEMICAL MODIFICATION OF $\text{Cd}_{0.9}\text{Zn}_{0.1}\text{Te}$ SURFACE

V.G. Ivanitska*, N.S. Dzyubinska, Yu.V. Bab'yuk,
V.M. Sklyarchuk, P.M. Fochuk

Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi,
Ukraine

* e-mail: v.ivanitska@chnu.edu.ua

The main purpose of this study was to determine the technological conditions of the preparation of modified nanoscaled $\text{Cd}_{0.9}\text{Zn}_{0.1}\text{Te}$ surface by chemical etching method. Etching solutions of different compositions were used for the surface chemical modification and the creation of a specified porous micro-relief. Gold nanoparticles as a catalyst for the etching process were used. The gold nanoparticles were synthesized by means of an optimized technique and deposited on the semiconductor surface by a drying method. After the deposition of spherical gold nanoparticles on the $\text{Cd}_{0.9}\text{Zn}_{0.1}\text{Te}$ surface, the chemical treatment of the samples was carried out. According to the atomic-force microscopy data, mixtures of fluoric, nitric and lactic acids are the most optimal etchants to produce $\text{Cd}_{0.9}\text{Zn}_{0.1}\text{Te}$ porous surface. Variation in the duration of etching of $\text{Cd}_{0.9}\text{Zn}_{0.1}\text{Te}$ samples in the $\text{HF}-\text{HNO}_3-\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$ etching composition results in the formation of structures with various sizes and morphology.

Keywords: etchant; chemical interaction; surface; crystal; nanoparticles; selective etching; cadmium (zinc) telluride.

REFERENCES

1. Goldberger J., Hochbaum A.I., Fan R., Yang P. Silicon vertically integrated nanowire field effect transistors. *Nano Letters*, 2006, vol. 6, pp. 973-977.
2. Yue Z., Cai B., Wang L., Wang X., Gu M. Intrinsically core-shell plasmonic dielectric nanostructures with ultrahigh refractive index. *Science Advances*, 2016, vol. 2, article no. e1501536.
3. Zimin S.P. Poristy kremnii – material s novymi svoistvami [Porous silicon is a material with new properties]. *Sorosovskii Obrazovatelnyi Zhurnal*, 2004, vol. 8, no. 1, pp. 101-107. (in Russian).
4. Uhler A. Electrolytic shaping of germanium and silicon. *Bell System Technical Journal*, 1956, vol. 35, pp. 333-347.
5. Turner D. Electropolishing silicon in hydrofluoric acid solutions. *Journal of the Electrochemical Society*, 1958, vol. 5, pp. 402-405.
6. Li X., Bohn P.W. Metal-assisted chemical etching in $\text{HF}/\text{H}_2\text{O}_2$ produces porous silicon. *Applied Physics Letters*, 2000, vol. 77, pp. 2572-2574.
7. Peng K.Q., Hu J.J., Yan Y.J., Wu Y., Fang H., Xu Y., Lee S.T., Zhu J. Fabrication of single-crystalline silicon nanowires by scratching a silicon surface with catalytic metal particles. *Advanced Functional Materials*, 2006, vol. 16, pp. 387-394.
8. Ivanits'ka V.G., Moravec P., Tomashik V.M., Masek K., Tomashik Z.F., Franc J., Grill R., Hoschl P. A slightly oxidizing etchant for polishing of CdTe and CdZnTe surfaces. *Journal of Electronic Materials*, 2013, vol. 42, pp. 3059-3065.
9. Turkevich J., Stevenson P.C., Hillier J. A study of the nucleation and growth processes in the synthesis of colloidal gold. *Discussions of the Faraday Society*, 1951, vol. 11, pp. 55-75.