

УДК 546.48'24

© Борук С.Д.<sup>1</sup>, Дремлюженко К.С.<sup>1</sup>, Юрійчук І.М.<sup>1</sup>, Кладько В.П.<sup>2</sup>, Гудименко О. Й.<sup>2</sup>, Капуш О.А.<sup>2</sup>, Цалий В.З.<sup>1</sup>, 2014

<sup>1</sup>Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича,  
<sup>2</sup>Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України

## ОПТИЧНЕ ТА РЕНТГЕНОСТРУКТУРНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВИСОКОДИСПЕРСНИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ ТЕЛУРИДУ КАДМІЮ СТВОРЕНИХ ШЛЯХОМ ЕЛЕКТРОХІМІЧНОЇ ДИСПЕРГАЦІЇ

*Шляхом електрохімічної диспергації створені високодисперсні системи на основі кадмію, телуру та телуриду кадмію. Проведені оптичні дослідження свідчать про утворення мікрогетерогенних систем. Рентгеноструктурним методом встановлено, що у системах отриманих на основі бінарного матеріалу відсутні "великокристалічні" фази, тоді як при використанні електродів з вихідних металів відбувається їх утворення. У випадку коли обидва електроди були виготовлені з телуриду кадмію у диспергованій фазі присутні кристали двох поліморфних модифікацій – тетрагональна та кубічна.*

**Ключові слова:** телурид кадмію, електрохімічне диспергування, дисперсійне середовище, спектри поглинання, рентгеноструктурний аналіз, поліморфна модифікація.

### Вступ

У сучасному підході при створенні матеріалів електронної техніки можна виділити два основних напрямки - синтез нових структур і модифікування вже наявних з метою одержання матеріалів з більш досконалими характеристиками або матеріалів, які володіють якісно новими властивостями.

У зв'язку з цим неминучим переходом виникає ряд технічних, технологічних і фундаментальних проблем, які вимагають свого вирішення [1]. Їх неординарність обумовлюється особливістю технології ультрадисперсних та нано матеріалів, що полягає в тому, що на одному полі оперують два абсолютно різні і мало взаємодіючі досі наукові напрямки: хімічні, пов'язані з колоїдної хімією і ультрадисперсним станом речовини, і фізичні, пов'язані з розвитком мікроелектроніки та мікротехнології і базуються в основному на досягненнях субмікронної технології.

З фізичної точки зору, це проблема створення функціонуючого елемента з нанометровими розмірами. З погляду хімічної - це гігантський комплекс проблем, пов'язаний з отриманням і дослідженням ультрадисперсних і наночастинок, розмірні ефекти в нанохімії, багатофазні комплекси в межах однієї наночастинки, нанореактори і нано-контейнери і багато іншого [2].

На даний час розроблено широкий спектр одержання низькорозмірних напівпровідникових систем [3]. Найбільш поширена

класифікація методів – за принципом зміни розміру частинок у ході отримання:

- методи, основані на явищі диспергування об'ємних матеріалів ("низхідні").

- конденсаційні методи, основані на отриманні ультрадисперсних і нанокристалів із систем, у яких речовини дисперговані на молекулярному (атомному) рівні ("висхідні").

Група методів диспергування ґрунтується на процесах подрібнення вихідного матеріалу, але механічне диспергування для отримання наночастинок не набуло достатньо широкого поширення. Найбільш ефективні механо-хімічні процеси, що протікають в ході розмелу в шарових, планетарних, вібраційних та інших млинах [4]. Середній розмір частинок матеріалу, одержаних шляхом механічного подрібнення, варіюється від 5 до 200 нм. Варіюючи умови проведення процесу, можна одержати частинки необхідного розміру. Проте розподіл частинок, одержаних шляхом механічного диспергування, за розмірами часто буває достатньо широким [5].

Це зумовлює актуальність пошуку шляхів ефективного диспергування вихідних матеріалів. Перспективним напрямом є руйнування кристалів металів і напівпровідників шляхом електрохімічного розчинення при високих густинах струму або їх диспергація під дією електричної дуги [6,7].

### Методика експерименту

Об'єктом дослідження є формування мікро- та нанокристалів елементарних і

складних речовин під дією електричної дуги. Матеріалом для електродів слугували кристали телуриду кадмію вирощеного методом Бріджмена, та кристали кадмію і телуру високої частоти. Як середовище для створення дисперсних систем електрохімічним руйнуванням кристалів використовували дистильовану воду, а як стабілізатор дисперсних систем – тіогліколеву кислоту ( $\text{HS-CH}_2\text{-COOH}$ ).

Установка для одержання високодисперсних систем складалася з джерела струму, двох електродів занурених в розчин стабілізатора. Електроди були занурені в розчин і розміщені на відстані 1 мм один від одного, на які подавалася напруга в 320 В.

Оптичні характеристики отриманих систем знімали на спектрофотометрі СФ-46 при довжинах хвиль  $\lambda = 220\text{-}400$  нм.

Для визначення складу дисперсної фази проводили рентгенофазовий аналіз на порошковому рентгенівському дифрактометрі ARL X'tra (Thermo Fisher Scientific) з  $\theta\text{-}\theta$  геометрією Бреґга – Брентано.

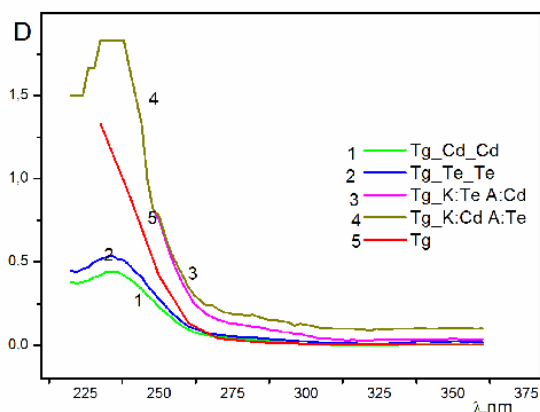


Рис. 1. Спектри поглинання отриманих систем

Використовувалося  $\text{Cu K}_\alpha$  випромінювання. Напруга на трубці становила – 45 кВ, струм – 30 мА. Виміри проводилися з кроком сканування  $0.030^\circ$  і часом набору в точці 1 секунда. Фазовий аналіз проводився з використанням бази даних ICDD, PDF-2 Release 2012. Для проведення РФА отримані колоїдні розчини диспергували, а з отриманого осаду виготовлювали зразки у вигляді таблеток, скріплюючим матеріалом у яких служив полівінілацетат (ПВА).

### Результати й обговорення

Установлено, що при різниці потенціалів 20 – 50 В при відстані 1,0 – 1,5 мм виникає

електрична дуга. Після 30 секунд процесу пропускання струму на аноді візуально спостерігаються сліди електроерозійного руйнування. Розчини починають у випадку застосування кадмієвих електродів опалесцювати, в системах телур (К) – кадмій (А); кадмій (К) – телур (А); телур (К) – телур (А) змінюється колір розчину на жовто-коричневий. У всіх випадках на дні комірки впродовж 30 секунд утворюється шар грубо дисперсних частинок чорного кольору. Спектри поглинання (рис. 1) отриманих дисперсних систем свідчать про утворення у дисперсійному середовищі мікрогетерогенних систем. Усі спектри мають полосу поглинання в області довжин хвиль 230 – 260 нм. При їх зберіганні пік поглинання поступово зміщується у бік більших довжин хвиль, а інтенсивність забарвлення розчину зменшується.

Установлено, що отримані системи мають високу стійкість (до 12-14 діб), але не виявляють фотолюмінісцентних властивостей.

Рентгенофазовий аналіз показав, що отримані системи складаються з частинок різної величини, а в окремих випадках існують у двох поліморфних модифікаціях. Наявність ПВА у зразку рис. 1а, де електродом слугував металічний кадмій, не дозволяє однозначно відповісти (наявність 2-х дифузних гало) чи це результат відбивання від ПВА, чи наявного диспергованого матеріалу, який є дрібнодисперсним. Можна лише зробити висновок, що в даному зразку немає "великокристалічних" фаз.

При використанні електродів з елементарних речовин (телур-телур) присутність яких у диспергованому стані свідчать рентгенограми рис. 2б. У випадку коли обидва електроди були виготовлені з телуриду кадмію у диспергованій фазі присутні дві поліморфні модифікації телуриду кадмію тетрагональна та кубічна (рис. 2в).

### Висновки

Установлено, що методом електродугового розпилення можна отримати високодисперсні системи як на основі металів (кадмій, телур), так і на основі напівпровідникових матеріалів (телурид кадмію). Найбільше до високодисперсного стану переходить матеріал анода.

Показано, що дисперсні системи містять частинки широкого діапазону розмірів. Доведено наявність нанорозмірних частинок.

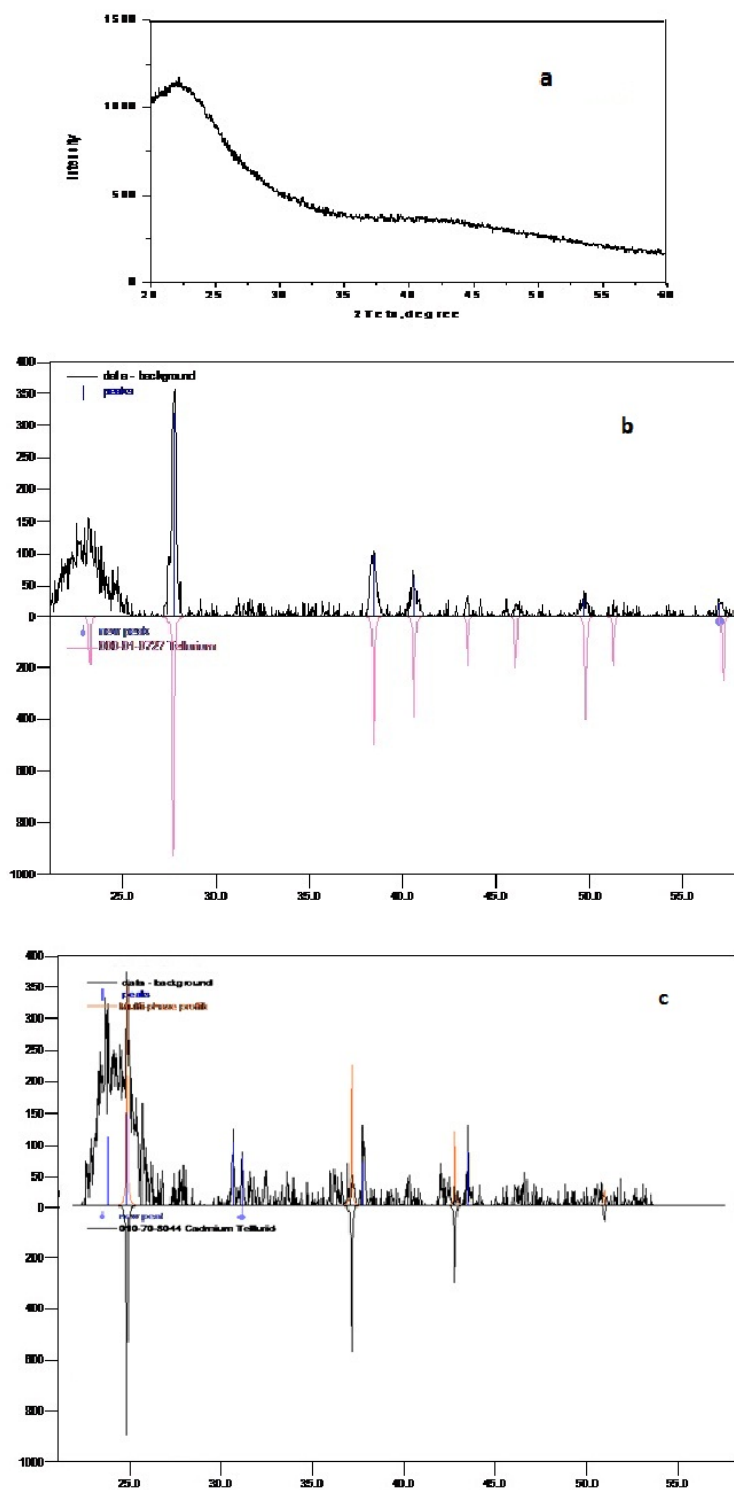


Рис.2. Ренгенограми диспергованих зразків систем K:Cd A:Te(a), K:Te A:Cd(b), K,A: CdTe(c)

За даними рентгеноструктурного аналізу можна стверджувати, що при пропусканні електричної дуги між кадмієм і телуrom можливе утворення ультрадисперсних частинок CdTe.

### Список літератури

1. Хабас Т.А. Нанонорoshки металлов в технологии керамики./ Томский политехнический университет. - 2-е изд. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 230 с.
2. Скороход В.В., І.В. Уварова, А.В. Рагуля.

- Фізико-хімічна кінетика в наноструктурних системах – К.: Академперіодика, 2001. – 180 с.
3. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. Изд. 2-е, исправленное и дополненное – Москва: Наука-Физматлит, 2007. – 416 с
  4. Болдырев В.В. Механохимия и механическая активация твердых веществ // Успехи химии. – 2006. – Т. 75, № 3. – С. 203-216.
  5. Лукашин А.В., Елисеев А.А. Физические методы синтеза наноматериалов. Методические материалы // Москва: МГУ. – 2007. – 32 С.
  6. Лернер М. И., Шаманский В. В. Формирование наночастиц при воздействии на металлический проводник импульса тока большой мощности // Журнал структурной химии. – 2004. – Т. 45. – С. 112-115.
  7. Килимник, А.Б. Е.Ю. Острожкова. Электрохимический синтез нанодисперсных порошков оксидов металлов – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. – 144 с.

### Summary

**Boruk S.D., Dremlyuzhenko X.S., Yuriychuk I.M., Klad'ko V.P., Gudymenko O.I., Kapush O.A., Tsalyi V.Z.**

Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University  
V.E. Lashkaryov Institute of Semiconductor Physics NAS of Ukraine

### **OPTICAL AND X-RAY STUDY OF HIGHLY DISPERSED CADMIUM TELLURIDE BASED SYSTEMS PRODUCED BY ELECTROCHEMICAL DISPERSION**

Highly dispersed systems based on cadmium, tellurium and cadmium telluride are obtained by electrochemical dispersion technique. Optical characteristics of the obtained solutions are investigated. X-ray diffraction studies of the dispersed systems have been carried out.