

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
БУКОВИНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МАТЕРІАЛИ

III науково-практичної інтернет-конференції



**РОЗВИТОК
ПРИРОДНИЧИХ НАУК
ЯК ОСНОВА НОВІТНІХ
ДОСЯГНЕНЬ У
МЕДИЦИНІ**

*м. Чернівці
21 червня 2023 року*

септицемії інфекцій протягом годин або менше. Це набагато краще, ніж потрібні тижні чи місяці природного фагоцитарного захисту за допомогою антибіотиків.[4, 5]

Таким чином, з наведеного матеріалу відмітимо, що можливості нанороботів практично безмежні. Саме ці маленькі роботи здатні вирішити великі проблеми, пов'язані з людським здоров'ям, можуть дістатись туди, куди не добереться скальп хірурга, відновити пошкоджену тканину або знищити злоякісну пухлину без ризику для життя. Тому саме вони є одним із найефективніших методів лікування та профілактики.

Список використаних джерел

1. Розенфельд Л.Г., Москаленко В.Ф., Чекман І.С., Мовчан Б.О. Нанотехнології, наномедицина: перспективи наукових досліджень та впровадження їх результатів у медичну практику. URL: <https://www.umj.com.ua/article/2588/nanotexnologii-nanomedicina-perspektivi-naukovix-doslidzhen-ta-vprovadzheniya-ix-rezultatuv-u-medichnu-praktiku>.
2. Заячук Д.М. Нанотехнології в медицині та біології. Львівська політехніка. 2022. 304 с.
3. Чехун В.Ф. Нанотехнології в онкології: від теорії до молекулярної візуалізації та керованої терапії. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/38341167.pdf>
4. Федонюк Л.Я., Остафійчук Д.І., Шаповалов М.О. Нанотехнології в медицині. Сучасність та перспективи. Буковинський медичний вісник. Том 19, № 3 (75), 2015. С. 267-269.
5. Abid Haleem, Mohd Javaid, Ravi Pratap Singh, Shanay Rab, Rajiv Suman. Applications of nanotechnology in medical field: a brief review. <https://doi.org/10.1016/j.glohj.2023.02.008>.
6. Aggarwal M, Kumar S (September 20, 2022) The Use of Nanorobotics in the Treatment Therapy of Cancer and Its Future Aspects: A Review. Cureus 14(9): e29366. doi:10.7759/cureus.29366.

УДК 539.21; 541.182; 548.5; 620.18

Ткачук І.Г.

НАНОРОЗМІРНІ ПЛІВКИ Mn_2O_3 ДЛЯ СТВОРЕННЯ ДАТЧИКІВ ПЕРЕВІРКИ ЯКОСТІ У ФАРМАЦЕВТИЧНИХ ПРИСТРОЯХ

Буковинський державний медичний університет, Чернівці

tkachuk.ivan@bsmu.edu.ua

Анотація

Досліджені умови виготовлення фоточутливих анізотипних гетеропереходів Mn_2O_3/n -InSe методом низькотемпературного спреї-піролізу тонких нанорозмірних плівок Mn_2O_3 на кристалічні підкладки n -InSe для використання їх у датчиках перевірки якості фармацевтичних препаратів. На основі аналізу температурних залежностей прямих і зворотних ВАХ встановлена динаміка зміни енергетичних параметрів та з'ясована роль енергетичних станів на межі гетеропереходу при формуванні контактної різниці потенціалів. Досліджено та визначено величину послідовного опору а також вплив опору на енергетичні

параметри. Визначені механізми формування прямого та зворотного струмів крізь енергетичний бар'єр $\text{Mn}_2\text{O}_3/n\text{-InSe}$. Досліджена спектральна залежність квантової ефективності опроміненої зі сторони плівки Mn_2O_3 гетероструктури $\text{Mn}_2\text{O}_3/n\text{-InSe}$ в інтервалі енергій фотонів 1.2÷3.2 eV.

Вступ

Якість та точність вихідного матеріалу грає одну з найважливіших ролей у сучасній фармації, тому використання нових технологій на основі нанорозмірних структур у відборі та перевірці якості вихідного матеріалу є основним чинником у розробці датчиків з подальшим їх використанням у фармацевтичній промисловості.

В сьогоднішні тонкі плівки оксидів металів викликають значний науковий і практичний інтерес. Прозорі провідні шари широко застосовуються у виготовленні приладів електроніки, сонячної енергетики та оптоелектроніки. Розвиток фізики і технології напівпровідникових гетеропереходів – один із основних напрямків дослідження вгалузі сучасного матеріалознавства та напівпровідникового приладобудування. Такий інтерес до напівпровідникових приладів на основі гетеропереходів вимагає розвиток точних методів дослідження їх електричних та фотоелектричних властивостей. Та в наслідок деяких причин дослідження гетеропереходів суттєво ускладнене порівняно з гомопереходами.

У більшості гетеропереходах неможливо уникнути розбіжностей періодів кристалічних ґрадок, що викликає появу різних поверхневих станів, в основному у вигляді дислокацій невідповідностей. Поверхневі дефекти створюють енергетичні рівні в межах забороненої зони. Вони можуть працювати як рекомбінаційні центри або пастки, які чинять суттєвий вплив на електричні властивості напівпровідникових приладів на основі гетеропереходів.

Не менш важливу роль у гетеропереході відіграє підкладка, в якості шаруватого напівпровідника InSe. Шарувата структура кристалів InSe зі слабким Ван-дер-Ваальсовим зв'язком між шарами забезпечує їх перевагу перед іншими напівпровідниками при виготовленні підкладок для гетероструктур через уникнення операцій розрізування злитків, механічної і хімічної обробки поверхні. Крім того, стійкість InSe до радіаційного випромінювання розширює область його використання. Використання селеніду індію як базового матеріалу дозволяє створювати фоточутливі структури різних типів: на основі контакту метал/напівпровідник [1], гомопереходи [2,3] і гетеропереходи [4-6].

Наявність слабого Ван-дер-Ваальсового зв'язку між шарами і сильного іонно-ковалентного у шарах в InSe визначає особливості фізичних властивостей кристалів.

Зокрема, існуючі структурні дефекти суттєво впливають на електричні властивості [7]. Дефекти упаковки, дислокаційні сітки, розміщені в площині (0001), створюють додаткові енергетичні бар'єри E_{δ} для руху носіїв заряду вздовж осі c , що обумовлює великі значення анізотропії електропровідності. Через існування вакансій і дислокацій виникають локалізовані стани поблизу рівня Фермі.

Методика виготовлення

Для виготовлення гетеропереходів використовувався монокристалічний n -InSe, вирощений методом Бріджмена. Зі злитка кристала InSe вздовж площини спайності сколювалися плоскопаралельні пластини $5 \times 5 \times 1 \text{ mm}^3$, які мали досконалі дзеркальні поверхні. Сколювання проводилося на повітрі.

Тонкі плівки n - Mn_2O_3 товщиною $w \approx 0.5 \text{ }\mu\text{m}$ виготовляються на поверхнях напівпровідникових підкладок методом спреї-піролізу. Температура поверхні підкладок при піролізі підтримується на рівні $T_s = 350^\circ\text{C}$. Спреї-піроліз відбувався за умов атмосферного тиску. Для створення дрібнодисперсного аерозолу над підкладками застосовувався розчин із концентрацією 0.1 М солі двохлористого марганцю $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ у дистильованій воді. В результаті процесу піролізу солі MnCl_2 при взаємодії з киснем атмосфери на поверхні підкладок вирощується плівка бінарної напівпровідникової сполуки біксбіту α - Mn_2O_3 із n -типом електропровідності та питомим опором $\rho \approx 10^7 \text{ }\Omega\cdot\text{cm}$ за кімнатної температури. Ширина забороненої зони $E_g \approx 2.12 \text{ eV}$ [1] отриманих плівок добре узгоджується зі значеннями E_g , які наводяться у літературних джерелах $E_g = 2.02 \text{ eV}$ [2], $E_g = 2.2 - 2.4 \text{ eV}$ [3]. Вирощені методом спреї-піролізу плівки n - Mn_2O_3 мають високий питомий опір та малий коефіцієнт дифузії для електронів $D_n = 5 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{s}$ [4]. Концентрація носіїв заряду у них становить $n \approx 1.1 \cdot 10^{12} \text{ cm}^{-3}$.

Контакти до плівки n - Mn_2O_3 створюються з використанням струмопровідної пасти на основі срібла.

Товщина плівок α - Mn_2O_3 визначається за зміщенням інтерференційних ліній на межі плівка-підкладка з використанням багатопроменевого мікроінтерферометра Лінника МІІІ-4.

Контакти до базового матеріалу InSe і до плівки n - Mn_2O_3 формувалися з використанням струмопровідної пасти на основі срібла. Вольт-амперні характеристики (ВАХ) гетероструктур n - Mn_2O_3 / p -InSe досліджувалися на вимірному комплексі Solartron 1255 в температурному діапазоні від 265 до 321 К. Спектри fotocутливості гетеропереходів вимірювалися при кімнатній температурі на монохроматорі МДР-3 з розрізною здатністю 2.6 нм/мм. Для спектрів здійснювалося нормування відносно потоку фотонів.

Результати і обговорення.

Температурні залежності прямих віток ВАХ описуються добре відомою формулою, яка враховує вплив послідовного та шунтуючого опорів:

$$I = I_s \left[\exp\left(\frac{e(V - IR_s)}{nkT}\right) - 1 \right] + \frac{V - IR_s}{R_{sh}}, \quad (1)$$

де I_s – струм насичення, n – коефіцієнт неідеальності, R_s – послідовний опір, R_{sh} – шунтуючий опір.

На Рис. 1 приведено результати апроксимації експериментальних даних за допомогою формули (1). В якості початкових значень R_s та R_{sh} бралась величина диференційного опору (R_{diff}) (див. Рис. 2) при великих напругах V в області насичення та при $V \approx 0$ В відповідно. Значення параметрів підгонки приведено у табл. 1.

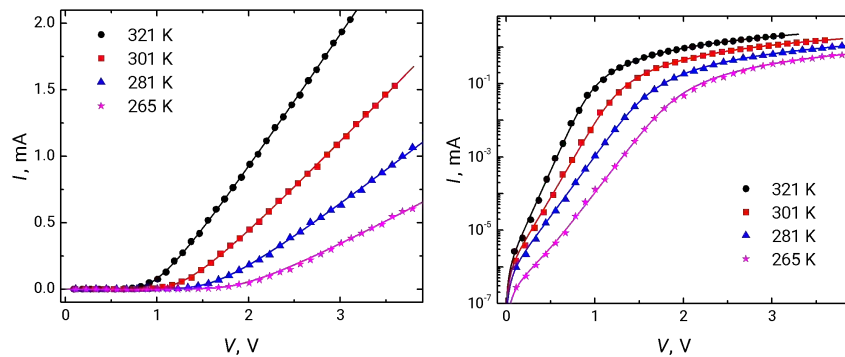


Рис 1.– Воль-амперні характеристики гетероструктури $\text{Mn}_2\text{O}_3/n\text{-InSe}$

Таблиця. Розрахункові параметри

T, K	$I_s, 10^{-10} \text{ A}$	n	$R_s, \text{ Ohm}$	$R_{sh}, 10^8 \text{ Ohm}$
265	0.7	6	2600	7
281	5	5.4	1800	4
301	6	6	1350	2
321	8	2.9	950	0.5

Величина R_s в гетероструктурах $\text{Mn}_2\text{O}_3/n\text{-InSe}$ визначається опором базової області InSe. У InSe в області досліджуваних температур концентрація електронів росте з T за рахунок переходів електронів з глибокого некомпенсованого донорного рівня, а рухливість визначається розсіюванням на оптичних фонах: $n \sim T^{3/4} \cdot \exp(-E_d/2kT)$, $\mu \sim T^{-3/2}$. Враховуючи це, температурна залежність електропровідності описується виразом $\sigma(T) \sim T^{-3/4} \cdot \exp(-E_d/2kT)$. Використовуючи дану формулу можна оцінити глибину залягання донорного рівня E_d по нахилу графічної залежності $\ln(\sigma \cdot T^{3/4})$ від $1/T$ (див. Рис. 3): $E_d = 0.3 \text{ eV}$.

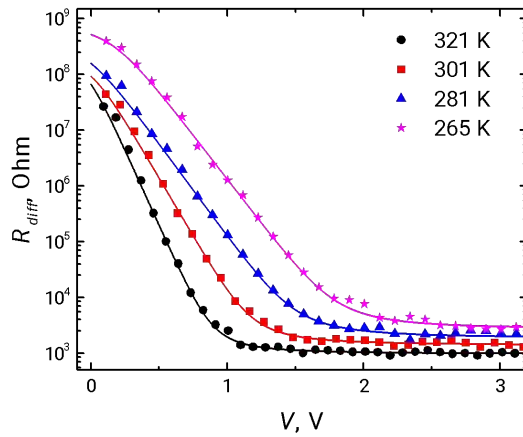


Рис. 2 – Залежність диференційного опору гетеропереходу $\text{Mn}_2\text{O}_3/n\text{-InSe}$ від напруги при різних температурах

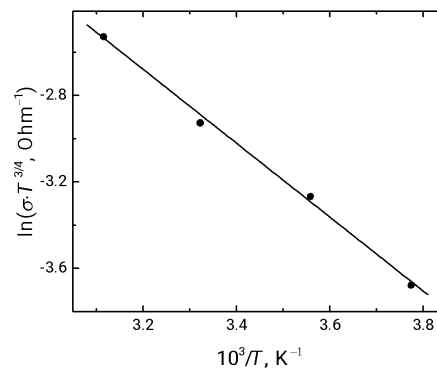


Рис. 3 – Залежність $\ln(\sigma \cdot T^{3/4})$ структури $\text{Mn}_2\text{O}_3/n\text{-InSe}$

Величина енергетичного бар'єру гетеропереходу ϕ_0 знаходиться апроксимацією лінійної ділянки ВАХ до перетину з віссю абсцис. Її температурна залежність (див. Рис. 4) є лінійною:

$$\phi_0(T) = \phi_0(0) - \beta_\phi T \quad (2)$$

де $\beta_\phi = 0.016 \text{ eV} \cdot \text{K}^{-1}$ – температурний коефіцієнт висоти потенційного бар'єру, а $\phi_0(0) = 6.1 \text{ eV}$ – висота потенційного бар'єру при $T = 0 \text{ K}$

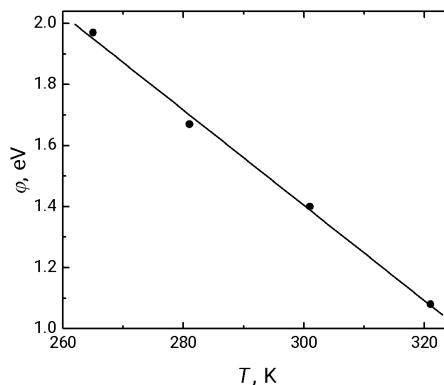


Рис. 4 – Температурна залежність потенційного бар'єру гетероструктури $\text{Mn}_2\text{O}_3/n\text{-InSe}$

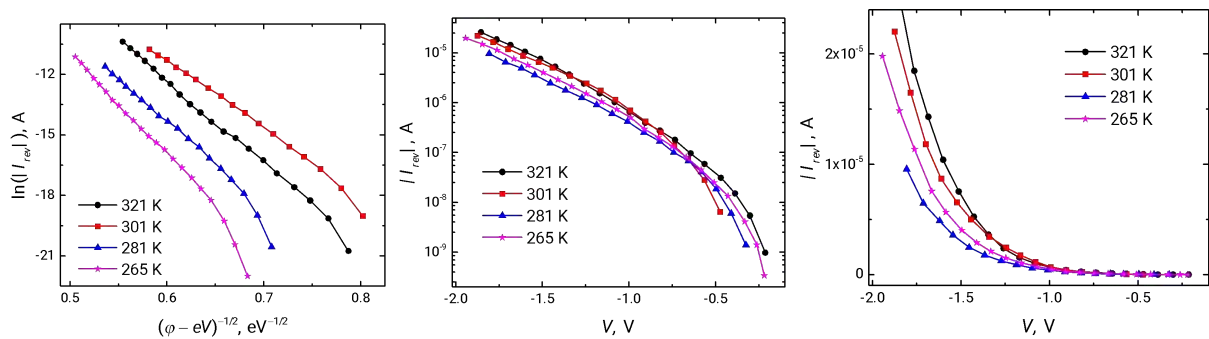


Рис. 5 – Зворотні гілки ВАХ гетероструктури $\text{Mn}_2\text{O}_3/n\text{-InSe}$ при різних температурах

Спектральна залежність квантової ефективності опроміненої зі сторони плівки Mn_2O_3 гетероструктури $\text{Mn}_2\text{O}_3/n\text{-InSe}$ знаходиться в інтервалі енергій фотонів $1.2\div 3.2$ eV з максимумом при 1,95 eV (рис. 6). Довгохвильовий край фоточутливості при $h\nu = 1.2$ eV обумовлений краєм фундаментального поглинання в $n\text{-InSe}$. Тонкі плівки Mn_2O_3 є полікристалічними, внаслідок чого край власного поглинання розмитий через часткове поглинання на границях зерен порівняно з монокристалічними матеріалами. При енергіях $h\nu < E_g = 2.4$ eV) частина випромінювання поглинається на границях зерен. При цьому, світло яке здатне поглинатися у $n\text{-InSe}$ не проникає у базову область через поглинання у Mn_2O_3 . Після пікової величини 1.95 eV на спектральній характеристиці спостерігається незначне падіння після чого виходить на насичення. Повна ширина спектру відносної квантової ефективності на напіввисоті $\delta_{1/2}$ дорівнює ≈ 1.88 .

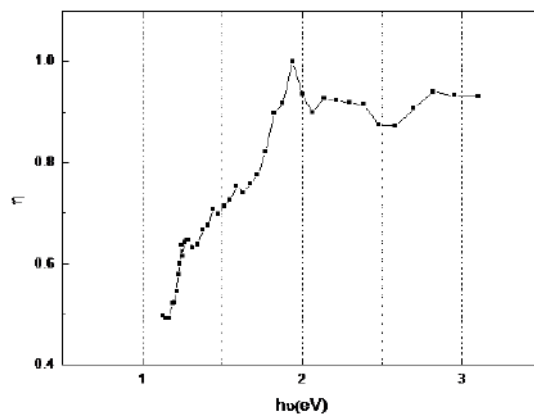


Рис 6. Спектральна характеристика гетероструктури $\text{Mn}_2\text{O}_3/n\text{-InSe}$

Висновок

В даній роботі досліджені умови виготовлення фоточутливих гетеропереходів $\text{Mn}_2\text{O}_3/n\text{-InSe}$ методом низькотемпературного спреї-піролізу тонких плівок Mn_2O_3 на кристалічні підкладки $n\text{-InSe}$. На основі аналізу температурних залежностей прямих і зворотних ВАХ встановлена динаміка зміни енергетичних параметрів та з'ясована роль

енергетичних станів на межі гетеропереходу при формуванні контактної різниці потенціалів. Досліджено та визначено величину послідовного опору а також вплив опору на енергетичні параметри. Визначені механізми формування прямого та зворотного струмів крізь енергетичний бар'єр $\text{Mn}_2\text{O}_3/n\text{-InSe}$. Аналіз прямих гілок ВАХ гетероструктур $\text{Mn}_2\text{O}_3/n\text{-InSe}$, побудованих в напівлогарифмічному масштабі, показав, що залежність $\ln I = f(V)$ складається із двох прямолінійних ділянок, що свідчить про експоненційну залежність струму від напруги і наявність двох домінуючих механізмів переносу заряду в досліджуваному інтервалі напруг.

Досліджена спектральна залежність квантової ефективності опроміненої зі сторони плівки CuFeO_2 гетероструктури $\text{Mn}_2\text{O}_3/n\text{-InSe}$ в інтервалі енергій фотонів $1.2\div 3.2$ eV з максимумом при 2.3 eV. Встановлено що довгохвильовий край фоточутливості при $h\nu = 1.2$ eV обумовлений краєм фундаментального поглинання в $n\text{-InSe}$. Тонкі плівки Mn_2O_3 є полікристалічними, внаслідок чого край власного поглинання розмитий через часткове поглинання на границях зерен порівняно з монокристалічними матеріалами.

Список літератури

1. I.G. Tkachuk, I.G. Orletsky, Z.D. Kovalyuk, P.D. Marianchuk, *Funct. Mater.*, **25**, 463 (2018).
2. I.G. Orletskii, I.G. Tkachuk, Z.D. Kovalyuk, P.D. Maryanchuk, V.I. Ivanov, *Funct. Mater.*, **28**, 245 (2021).
3. Z.R. Kudrynskyi, I.G. Tkachuk, V.I. Ivanov, V.V. Khomyak, *J. Nanoelectron. Optoe.*, **13**, 05002 (2021).
4. I.G. Tkachuk1, I.G. Orletskii, V.I. Ivanov, A.V. Zaslonskiy, *J. Nanoelectron. Optoe.*, **14**, 04016 (2022)

УДК 616-006.620.3:61

Ференчук Є.О.

НАНОТЕХНОЛОГІЇ У ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІЙ ТА ПРАКТИЧНІЙ МЕДИЦИНІ

Буковинський державний медичний університет, м. Чернівці

ferenchuck.elena@bsmu.edu.ua

Анотація. Нанотехнології є найперспективнішою галуззю, яка започаткувала нову еру медицини – наномедицину. Сучасні нанотехнології дозволяють мати вплив на уражені органи без негативної дії на інші органи і системи органів, що підвищує якість лікування. Вивчення механізмів дії нанопрепаратів, розробка фармацевтичних нанотехнологій сприяють ефективному лікуванню та діагностиці багатьох захворювань, зокрема й онкологічних. Для написання статті були використані сучасні наукові публікації, що індексуються у наукометричних базах Scopus, Google Scholar, ResearchGate, щодо досягнень нанонауки у медичній сфері.