

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

# МАТЕРІАЛИ

II науково-практичної інтернет-конференції  
**РОЗВИТОК ПРИРОДНИЧИХ НАУК  
ЯК ОСНОВА НОВІТНІХ  
ДОСЯГНЕНЬ У МЕДИЦИНІ**



*м. Чернівці  
22 червня 2022 року*

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE  
MINISTRY OF HEALTH OF UKRAINE  
BUKOVINIAN STATE MEDICAL UNIVERSITY

# CONFERENCE PROCEEDINGS

## II Scientific and Practical Internet Conference **DEVELOPMENT OF NATURAL SCIENCES AS A BASIS OF NEW ACHIEVEMENTS IN MEDICINE**



*Chernivtsi, Ukraine*  
*June 22, 2022*

УДК 5-027.1:61(063)

Р 64

Медицина є прикладом інтеграції багатьох наук. Наукові дослідження у сучасній медицині на основі досягнень фізики, хімії, біології, інформатики та інших наук відкривають нові можливості для вивчення процесів, які відбуваються в живих організмах, та вимагають якісних змін у підготовці медиків. Науково-практична інтернет-конференція «Розвиток природничих наук як основа новітніх досягнень у медицині» покликана змінювати свідомість людей, характер їхньої діяльності та стимулювати зміни у підготовці медичних кадрів. Вміле застосування сучасних природничо-наукових досягнень є запорукою подальшого розвитку медицини як галузі знань.

Конференція присвячена висвітленню нових теоретичних і прикладних результатів у галузі природничих наук та інформаційних технологій, що є важливими для розвитку медицини та стимулювання взаємодії між науковцями природничих та медичних наук.

**Голова науково-організаційного комітету**

**Володимир ФЕДІВ** професор, д.фіз.-мат.н., завідувач кафедри біологічної фізики та медичної інформатики Буковинського державного медичного університету

**Члени науково-організаційного комітету**

**Тетяна БІРЮКОВА** к.тех.н., доцент кафедри біологічної фізики та медичної інформатики Буковинського державного медичного університету

**Оксана ГУЦУЛ** к.фіз.мат.н., доцент кафедри біологічної фізики та медичної інформатики Буковинського державного медичного університету

**Марія ІВАНЧУК** к.фіз.мат.н., доцент кафедри біологічної фізики та медичної інформатики Буковинського державного медичного університету

**Олена ОЛАР** к.фіз.мат.н., доцент кафедри біологічної фізики та медичної інформатики Буковинського державного медичного університету

**Почесний гість**

**Prof. Dr. Anton FOJTIK** Факультет біомедичної інженерії, Чеський технічний університет, м.Прага, Чеська республіка

**Комп'ютерна верстка:**  
**Марія ІВАНЧУК**

**Розвиток природничих наук як основа новітніх досягнень у медицині:** матеріали II науково-практичної інтернет-конференції, м. Чернівці, 22 червня 2022 р. / за ред. В. І. Федіва – Чернівці: БДМУ, 2022. – 489 с.

У збірнику подані матеріали науково-практичної інтернет-конференції «Розвиток природничих наук як основа новітніх досягнень у медицині». У статтях та тезах представлені результати теоретичних і експериментальних досліджень.

Матеріали подаються в авторській редакції. Відповідальність за достовірність інформації, правильність фактів, цитат та посилань несуть автори.

Для наукових та науково-педагогічних співробітників, викладачів закладів вищої освіти, аспірантів та студентів.

*Рекомендовано до друку Вченою Радою Буковинського державного медичного університету (Протокол №11 від 22.06.2022 р.)*

ISBN 978-966-697-983-7

34. M.A. Mehrabova, R.S. Madatov, Calculation of the electron structure of vacancies and their compensated states in III-VI semiconductors, *Semiconductors*. 45 (2011) 998–1005. <https://doi.org/10.1134/S1063782611080136>.
35. I.G. Orletskyi, M.M. Solovan, V.V. Brus, F. Pinna, G. Cicero, P.D. Maryanchuk, E.V. Maistruk, M.I. Ilashchuk, T.I. Boichuk, E. Tresso, Structural, optical and electrical properties of Cu<sub>2</sub>ZnSnS<sub>4</sub> films prepared from a non-toxic DMSO-based sol-gel and synthesized in low vacuum, *Journal of Physics and Chemistry of Solids*. 100 (2017) 154–160. <https://doi.org/10.1016/j.jpcs.2016.09.015>.
36. S.G. Patil, R.H. Tredgold, Electrical and photoconductive properties of SnS<sub>2</sub> crystals, *J. Phys. D: Appl. Phys.* 4 (1971) 718–722. <https://doi.org/10.1088/0022-3727/4/5/312>.
37. Voznyi, V. Kosyak, A. Opanasyuk, N. Tirkusova, L. Grase, A. Medvids, G. Mezinskis, Structural and electrical properties of SnS<sub>2</sub> thin films, *Materials Chemistry and Physics*. 173 (2016) 52–61. <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2016.01.036>.

**УДК 537.623**

**Ткачук І.Г.**

**Екситонна фотопровідність гетероструктур на основі селену галію і селену індію**

*Буковинський державний медичний університет, Чернівці, Україна*

*tkachuk.ivan@bsmu.edu.ua*

**Анотація.** У даній роботі представлені спектри фоточутливості різних типів гетеропереходів (ГП) на основі шаруватих кристалів  $A^{III}B^{VI}$ , виготовлених як з ван-дер-ваальсівським зв'язком пар на гетеромежі, так і з ковалентним, і обговорюються особливості їх екситонних смуг. Прикладами першого типу гетеропереходу послужили пари  $n\text{-InSe-p-InSe}$ ,  $p\text{-GaSe-n-InSe}$ ,  $p\text{-GaSe-n-In}_4\text{Se}_3$ ,  $n\text{-SnS}_2\text{-p-InSe}$ . В якості гетеропереходу з ковалентним зв'язком виявилися інші системи:  $\text{In}_2\text{O}_3\text{-InSe}$ ,  $\text{In}_2\text{O}_3\text{-Ga}_2\text{O}_3\text{-GaSe}$ ,  $\text{In}_2\text{O}_3\text{-Ga}_2\text{O}_3\text{-GaTe}$ . Зазначені гетеропереходи, сформовані за участю власних оксидів різної хімічної природи. У випадку, де оксид володіє провідними властивостями він відігравав безпосередню активну роль у формуванні гетеропереходу. Водночас, формування гетеропереходу з допомогою високотемпературного нагріву підкладок на повітрі, невимушено приводило до неконтрольованого росту власних оксидів на  $p\text{-GaSe}$  і  $p\text{-GaTe}$ , які проявили діелектричні властивості.

**Ключові слова:** гетероструктура, поглинання, фоточутливість.

У ГП міжфазна границя є перехідною областю від однієї кристалічної ґратки до іншої. Трансляційна симетрія атомів у цій зоні порушується і їх теплові коливання можуть відрізнитись від аналогічних об'ємних коливань. Зазвичай, енергія зв'язку екситонів у ШК менша в порівнянні із тепловою енергією  $kT$  при кімнатній температурі і, тому, для їх

спостереження в спектрах поглинання кристалів, необхідні низькі температури [1]. Водночас, спостереження екситонної fotocутливості в спектрах ГП при високих температурах дозволяє припускати, чи не має взаємозв'язку між ступенню неузгодженості в параметрах кристалічних ґраток пар, що утворюють ГП, і різною інтенсивністю екситонних піків. Оскільки поглинання світла в ГП відбувається на границі, де енергія фононних коливань може бути перерозподілена таким чином, що її сумарна величина залишається сталою, то слід очікувати змін у досліджуваних екситонних спектрах тим більших, чим більша ґраткова неузгодженість [2]. Для перевірки такої гіпотези було зроблено порівняльний аналіз ГП з різною ґратковою неузгодженістю.

Нижче представлені спектри fotocутливості різних типів ГП на основі шаруватих кристалів  $A^{III}B^{VI}$ , виготовлених як з ван-дер-ваальсівським зв'язком пар на гетеромежі, так і з ковалентним, і обговорюються особливості їх екситонних смуг. Прикладами першого типу ГП послужили пари  $n\text{-InSe-p-InSe}$ ,  $p\text{-GaSe-n-InSe}$ ,  $p\text{-GaSe-n-In}_4\text{Se}_3$ ,  $n\text{-SnS}_2\text{-p-InSe}$ . В якості ГП з ковалентним зв'язком виявилися інші системи:  $\text{In}_2\text{O}_3\text{-InSe}$ ,  $\text{In}_2\text{O}_3\text{-Ga}_2\text{O}_3\text{-GaSe}$ ,  $\text{In}_2\text{O}_3\text{-Ga}_2\text{O}_3\text{-GaTe}$ . Зазначені ГП, сформовані за участю власних оксидів різної хімічної природи. В тому випадку, де оксид володіє провідними властивостями він відігравав безпосередню активну роль у формуванні ГП. Водночас, формування ГП з допомогою високотемпературного нагріву підкладок на повітрі, невимушено приводило до неконтрольованого росту власних оксидів на  $p\text{-GaSe}$  і  $p\text{-GaTe}$ , які виявляли діелектричні властивості. Особливістю ГП з участю власних оксидів є зсув міжфазної границі від поверхні в глибину кристала. Аналогічно системі  $\text{SiO}_2\text{-Si}$ , цей зсув може приводити до зменшення густини поверхневих електронних станів і покращувати умови роботи ГП.

Спектри fotocутливості двох груп ГП представлені на рис. 1 (масштаб осі енергій на рис 1,а і 1,б однаковий). Як видно із представлених спектрів, на їх довгохвильовому краю спостерігається незначний пік різної інтенсивності в залежності від типу ГП. Його появу зв'язують з утворенням екситонів. Якщо порівняти довгохвильовий край спектрів поглинання кристалів  $\text{InSe}$ ,  $\text{GaTe}$ ,  $\text{GaSe}$ , то при кімнатній температурі аналогічні екситонні піки не спостерігаються.

Це пов'язано з тим, що енергія зв'язку екситонів в шаруватих матеріалах не перевищує теплову енергію  $kT$  при кімнатній температурі. Деякі екситонні параметри та параметри кристалічних ґраток напівпровідників представлені в табл.:  $a$ ,  $b$ ,  $c$  – періоди ґратки;  $R_o$  – постійна Рідберга;  $r_B$  – борівський радіус екситона. Як видно з табл. для всіх гетерогенних переходів  $\delta_a \gg 1$  %. Проте особливості формування ГП на основі ШК дозволяють отримувати

їх високі фотоелектричні параметри, незважаючи на значну величину  $\delta_a$ . Зв'язок між ступінню неузгодженості ґраток та інтенсивністю екситонної смуги в спектрах fotocутливості не простежується. На рис. 1, б - криві 1, 3 сильно відрізняються щодо інтенсивності екситонного піка, водночас величина  $\delta_a$  для відповідних ГП практично є однаковою. Особливо подібне порівняння стосується ГП, спектри fotocутливості яких представлені кривими 1, 4 на рис. 1а. Для відповідних ГП неузгодженість  $\delta_a$  відрізняється майже в 20 раз, а інтенсивність екситонних ліній практично залишається однаковою. Поява екситонних смуг fotocутливості в спектрах ГП на відміну від їх відсутності в спектрах поглинання при кімнатній температурі не може бути пояснена зміною енергетичного спектра фононних коливань на гетеро межі[3,4], тобто в областях, де поглинається світло. Водночас тип хімічного зв'язку на гетеромежі істотно не впливає на характер екситонних смуг. І в першій, і в другій групах ГП спостерігаються екситонні піки fotocутливості різної інтенсивності, які не можуть пов'язуватись із типом ГП або параметром  $\delta_a$ .

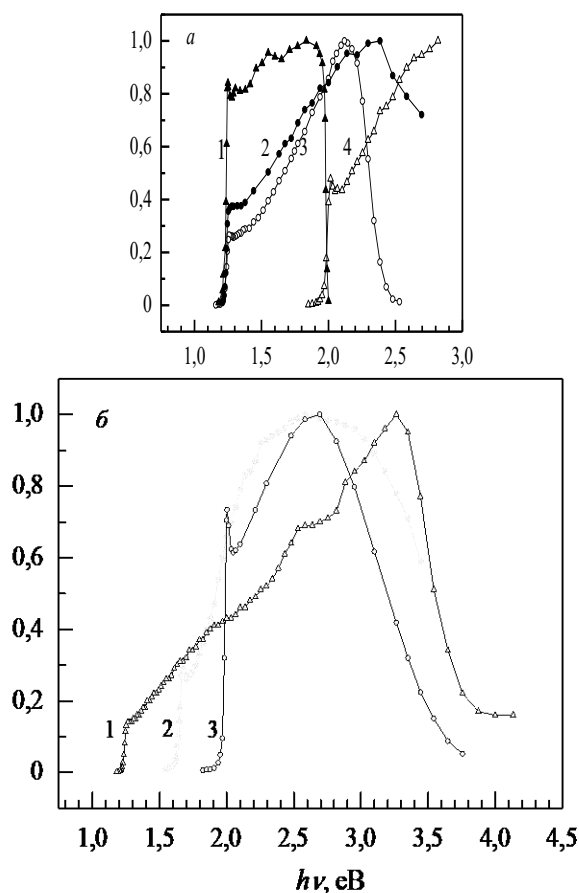


Рис.1 Спектри відносної квантової ефективності фотоструму різних ГП при кімнатній температурі.

а: 1- $GaSe-InSe$ ; 2- $n-InSe-p-InSe$ ; 3- $SnS_2-InSe$ ; 4- $In_4Se_3-GaSe$ .

б: 1- $In_2O_3-InSe$ ; 2-  $In_2O_3-Ga_2O_3-GaTe$ ; 3-  $In_2O_3-Ga_2O_3-GaSe$ .

Зазначимо, що наявність екситонних ліній в спектрах фоточутливості ГП при кімнатній температурі, дозволяє виявляти серіальну залежність екситонних смуг вже при азотній температурі[5,6]. Аналогічна залежність в спектрах поглинання кристалів спостерігалась лише при температурах рідкого гелію. Тому дослідження екситонної фоточутливості в ГП, перед аналогічними дослідженнями спектрів екситонного поглинання, має свої переваги.

Таблиця 1

Параметри кристалічних ґраток, екситонів в ШК  
та неузгодженість постійних ґраток напівпровідникових пар ГП

Матеріал	$\gamma$ -InSe	$\beta$ -GaTe	$\varepsilon$ -GaSe	SnS <sub>2</sub>	In <sub>4</sub> Se <sub>3</sub>	In <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
<i>a</i> (Å)	4,002	17,404	3,755	3,648	15,296	10,11	10,00
<i>b</i> (Å)	-	4,077	-	-	12,308	-	-
<i>c</i> (Å)	24,946	10,456	15,95	5,899	4,0806	-	-
<i>R<sub>o</sub></i> (меВ)	14,5	18,9	20	-	-	-	-
<i>r<sub>B</sub></i> (Å)	50	31,1	41,5	-	-	-	-
Неузгодженість параметрів ґраток, $\delta_a$ (%)							
<i>n</i> -InSe- <i>p</i> -InSe	SnS <sub>2</sub> -InSe	GaSe- InSe	In <sub>4</sub> Se <sub>3</sub> -GaSe	In <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - InSe	Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - GaTe	Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -GaSe	
0	9,25	6,37	121,16	86,56	54,04	90,80	

### Список використаних джерел

1. Abay B., Guder H.S., Yogurtcu Y.K Urbach – Martienssen’s tails in layered semiconductor GaSe // Sol. St. Com.-1999. – Vol. 112, №9.-P. 489-494.
2. Camassel J., Merle P., Mathieu H., Chevy A. Excitonic absorption edge of indium selenide // Phys. Rev. B: Solid State - 1978. – Vol. 17, №12.-P. 4718-4725.
3. Schwarz U., Hillebrecht H., Deiseroth H.J., Walther R. In<sub>4</sub>Te<sub>3</sub> and In<sub>4</sub>Se<sub>3</sub> : new determination of crystal structures, pressure-induced behaviors and a remark on the non existence of In<sub>4</sub>Se<sub>3</sub> // Z. Kristallogr. -1995. – Vol. 210, №5.-P. 342-347.
4. Ikari T., Shigetomi S., Nashimoto K. Crystal structure and Raman spectra of InSe // Phys. St. sol. B. -1982. – Vol.111, №2.-P. 477-481.
5. Julien C.M., Balkanski M. Lithium reactivity with III-VI layered compounds // Mater. Sci. Engin. B. -2003. – Vol.100, №3.-P. 263-270.
6. Landolt-Bornstein. Numerical Data and Functional Relationships in Science and Technology. New Ser. Group III: Crystal and Solid State Physics. Vol. 17, sv.f / Ed. By O. Madelung .- Berlin e.a.: Springer, 1983. – 562p.