

REFERENCES

1. Novitskiy, V.V. (2004), "Lyapunov equation for almost conservative systems", *Preprint, In-t matematyky NAN Ukrainy*, 34 p., Kiev, Ukraine.
2. Zinchuk, M.O., Novitskiy, V.V. and Polozhyy, T.G. (2005), "Research Lyapunov equations for continuous almost conservative systems", *Problemy dynamiky ta stiykosti bagatovymirnykh system: Zbirnyk prats In-tu matematyky NAN Ukrainy*, vol. 2, no.1, pp. 84-96.
3. Zinchuk, M.O. and Novitskiy, V.V. (2005), "Research Lyapunov equations for discrete almost conservative systems", *Analitychni doslidzhennya modeley mekhanichnykh system, Preprint, In-t matematyky NAN Ukrainy*, pp. 1-26, Kiev, Ukraine.
4. Novitskiy, V.V. and Khuan Chen (2004), "Optimal control almost conservative systems", *Suchasni problemy analitychnoyi mekhaniky: Zbirnyk prats In-tu matematyky NAN Ukrainy*, vol. 1, no. 2, pp. 152-157.
5. Zinchuk, M.O. and Novitskiy, V.V. (2006), "Optimal control of continuous almost conservative systems", *Problemy analitychnoyi mekhaniky: Zbirnyk prats In-tu matematyky NAN Ukrainy*, vol. 3, no. 1, pp. 75-89.
6. Zinchuk, M.O. and Novitskiy, V.V. (2008), "Optimal control of discrete almost conservative systems", *Analitychna mekhanika ta yiyi zastosuvannia: Zbirnyk prats In-tu matematyky NAN Ukrainy*, vol. 5, no. 2, pp. 124-140.
7. Barnett, S. and Cameron, R.G. (1985), "Introduction to Mathematical Control Theory, Second Edition", Clarendon press, Oxford.
8. Khorn, R. and Dzhonson, Ch. (1989), *Matrichnyy analiz [Matrix Analysis]*, Mir, Moskow, Russia.
9. Abgaryan, K.A. (1973), *Matrichnye i asimptoticheskie metody v teorii lineynykh system [The matrix and asymptotic methods in the theory of linear systems]*, Nauka, Moskow, Russia.
10. Larin V.B. (1978), "O slabom upravlenii slabodempfirovannymi sistemami", *Prikladnaya matematika i mekhanika*, vol. 42, no. 6, pp. 1000-1006.
11. Larin, V.B. and Naumenko, K.I. (1980), "Weak weakly damped discrete control systems", *Navigatsiya i upravlenie dvizheniem mekhanicheskikh system*, pp. 90-100.
12. Lankaster, P. (1978), *Teoriya matrits [Matrix theory]*, Nauka, Moskow, Russia.

УДК: 546.815.23

ВПЛИВ ІНТЕРКАЛЯЦІЇ ВОДНЕМ НА ЕЛЕКТРОХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ МОНОСЕЛЕНІДУ ІНДІЮ

Квашнівська Н. М.

*Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Університетська, 1, Львів, 79000, Україна*

Natalka522@gmail.com

Експериментально встановлено, що легування воднем шаруватого кристалу InSe покращує анодні і катодні реакції в кислих (H_2SeO_3 , H_2SO_4) і нейтральному (вода) середовищах. Середовище розчину H_2SeO_3 дозволяє отримати менш від'ємні значення електродного потенціалу для чистого кристалу при освітлені і в темноті у середовищі дистильованої води. У нормальному розчині H_2SO_4 відбуваються інтенсивні процеси поляризації навіть без впливу сонячного випромінювання, і це спостерігається як у наводненому, так і в чистому кристалі. Беручи до уваги результати, отримані в кислому (сірчаної кислоти) та в нейтральному середовищах, встановлено, що анодні і катодні реакції мають більш повільний характер при негативних значеннях потенціалу порівняно з середовищем селенистої кислоти.

Ключові слова: моноселенід індію, електрохімічні властивості, потенціал поляризації.

ВЛИЯНИЕ ИНТЕРКАЛЯЦИИ ВОДОРОДА НА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МОНОСЕЛЕНИДА ИНДИЯ

Квашневська Н. Н.

*Львовский национальный университет имени Ивана Франко,
ул. Университетская, 1, Львов, 79000, Украина*

Natalka522@gmail.com

Экспериментально установлено, что легирование водородом слоистого кристалла InSe улучшает анодные и катодные реакции в кислых (H_2SeO_3 , H_2SO_4) и нейтральной (вода) средах. Среда раствора H_2SeO_3 позволяет получить менее отрицательные значения электродного потенциала для чистого кристалла при освещении и в темноте в среде дистиллированной воды. В нормальном растворе H_2SO_4 происходят интенсивные процессы поляризации даже без воздействия солнечного излучения, и это наблюдается как в наводненном, так и в чистом кристалле. Принимая во внимание результаты, полученные в кислой (серной кислоты) и в нейтральной средах, установлено, что анодные и катодные реакции имеют более медленный характер при отрицательных значениях потенциала по сравнению со средой селенистой кислоты.

Ключевые слова: моноселенид индия, электрохимические свойства, потенциал поляризации.

INFLUENCE HYDROGEN INTERCALATION ON THE ELECTROCHEMICAL PROPERTIES InSe

Kvashnivska N. M.

*Ivan Franko National University of Lviv,
1, Universytetska St., Lviv, 79000, Ukraine*

Natalka522@gmail.com

The study of layered crystals associated with the possibility of implementation in these compounds physical phenomena at nanoscale level, and their practical use. The investigation of physical and electrochemical laws of the quantum formation of structures of a laminates caused by the lack of data about the peculiarities of the nucleation of nanoclusters by forming the respective their modynamic conditions or by cooperation with an external factors and on the cleavage surface and in arrays of the bulk solid materials. Specifically the introduction of the hydrogen changes layered crystal properties that are sensitive to the intercalants. Some scientific interest has a comparison of the electrochemical properties of pure crystal InSe and InSe that intercalated by hydrogen.

Experimentally that hydrogen doping to the lamellar crystal InSe improves the anodic and cathodic reactions in acid (H_2SeO_3 , H_2SO_4) and neutral (water) mediums. The H_2SeO_3 medium solution give us the less negative quantity of the electrode potential for the pure crystal in illumination and in the dark among the medium of the distilled water. There are intensive processes of polarization in the normal H_2SO_4 even without the solar radiation and we can observe it in hydrogenated and in pure crystal as well. Taking into consideration the results that we get in acid (sulfuric acid) and in the neutral mediums we establish that anodic and cathodic reactions are slower in the negative potential values compared to the medium of selenic acid.

Anodic and cathode processes in the dark (without sunlight) are at a lower rate than under sunlight. This is caused by strengthening of anodic and cathode reactions, and the anode reaction proceeds intensively. Intercalation shifts the equilibrium electrode potential towards to the guest element potential and dark photoanodic potential shifts to the cathode side depending on the degree of intercalation, but sensitivity of photoanode at the same time becomes worse.

The lighting amplify the loss of an electron from an electrode as well as selective dissolution of the semiconductor elements, promoting them to transition to the ionic condition. The environments in the form of crust and drops that are formed on the surface affected on the surface characteristics of the studied semiconductor.

Key words: InSe, electrochemical qualities, polarization potential.

ВСТУП

Шаруваті кристали InSe, завдяки своїй специфічній кристалічній структурі, привернули до себе увагу як експериментаторів, так і теоретиків. Вивчення шаруватих кристалів пов'язане з можливістю реалізації в цих сполуках фізичних явищ на нанорозмірному рівні, а тож їх практичного використання [1-5, 10, 12]. Певний науковий інтерес представляє порівняння електрохімічних властивостей чистого кристалу InSe та InSe, інтеркальованого воднем.

Введення водню змінює властивості шаруватого кристалу, які чутливі до інтеркалянтів. Це має і практичне значення: встановлена можливість використовувати сполуки групи A^3B^6 як акумулятори водню з належною сорбційною ємністю. Дослідження фізичних та електрохімічних закономірностей формування квантоворозмірних структур шаруватих матеріалів зумовлено відсутністю даних про особливості зародження нанокластерів шляхом створення відповідних термодинамічних умов або взаємодією із зовнішніми чинниками і на поверхнях сколів, і в масивах об'ємних твердотільних матеріалів. Шаруваті кристали можуть використовуватись як твердотільні електроди, детектори випромінювання, фотоперетворювачі сонячної енергії та інші прилади електроніки [6-7].

В останні роки активно впроваджуються методи сонячно-водневої енергетики, що заснована на перетворенні енергії в хімічну в результаті розпаду води та поєднує в собі використання водню як палива та сонячної енергії первинного джерела [8-9, 11]. Крім того, порівняно з прямим перетворенням сонячної енергії напівпровідниковими батареями, проміжне акумулювання сонячної енергії у формі накопиченого водню вирішує проблему добової та сезонної залежності потоку сонячного проміння, а використання електролізу для утворення контакту з напівпровідником дозволяє отримати більш надійний запірний контакт.

В основі дії фотоелектрохімічних батарей лежать процеси, що відбуваються з нерівноважними носіями струму (електронами та дірками) в освітленому напівпровіднику: генерація, розподіл зарядів та їх перехід з напівпровідника через міжфазні границі (з одного боку з електролітом, а з іншого – з металом омічного контакту).

Враховуючи різні моделі опису електрохімічних реакцій, можна зробити висновок, що напівпровідниковий електрод знаходиться одночасно при двох різних потенціалах, один з яких управляє реакцією, що протікає через зону провідності, а другий – реакцією, що протікає через зону валентності. Ця унікальна властивість не має аналогів в електрохімії металів.

МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТУ

Мета роботи полягає в дослідженні електрохімічних характеристик селеніду індію в початковому і гідрованому стані, залежно від типу електроліту і присутності сонячного випромінювання.

Об'єктом дослідження є монокристали селеніду індію при електрохімічній поляризації в розчинах з різним показником рН. Дослідження потенціостатичних і потенціодинамічних характеристик проведені за допомогою скануючого потенціостата. Для складання поляризаційних діаграм застосували досліджуваний електрод («робочий»), електрод порівняння, додатковий (платиновий) електрод. Поляризаційні дослідження виконані в середовищах дистильованої води та розчинах кислот H_2SeO_3 , H_2SO_4 під впливом сонячного випромінювання (у видимому діапазоні) і в темряві. Були отримані поляризаційні криві для селеніду індію, насиченого воднем і в початковому стані.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Під час проходження струму виникає поляризація електрода – зсув потенціалу від рівноважного його значення. На зміну потенціалу електричного поля, що виникає між електродами електрохімічної комірки, впливають різні фактори, такі, як середовище перебування кристалу, сонячне випромінювання видимого діапазону, а також його відсутність і звичайно вид напівпровідникового матеріалу, що досліджується. Цей вплив явно продемонстровано на отриманих поляризаційних кривих, з яких можна отримати інформацію про характер електродного процесу. Отже, можна проаналізувати залежність сили струму, що протікає через розчин, від потенціалу, прикладеного до робочого електрода, експериментально визначити, за яких значень потенціалу починається реакція відновлення (розрядів іонів) досліджуваного напівпровідникового електрода. З циклічної вольт-амперограми катодно анодної реакції можна отримати інформацію про інтенсивність цих

реакцій, щоб отримати дані про початкове значення зміни поляризації, для побудови поляризаційних кривих використовувалися значення густин струмів по модулю.

Введення водню в міжшаровий простір кристалу сповільнює процеси поляризації для InSe у середовищі дистильованої води при освітленні (рис. 1), але в темноті спостерігається протилежне явище (рис. 2) – введення водню прискорює процес поляризації. Введення водню в міжшаровий простір посилює віддачу електронів при освітленні. У «чистому» кристалі зміни не суттєві як при освітленні, так і в темноті.

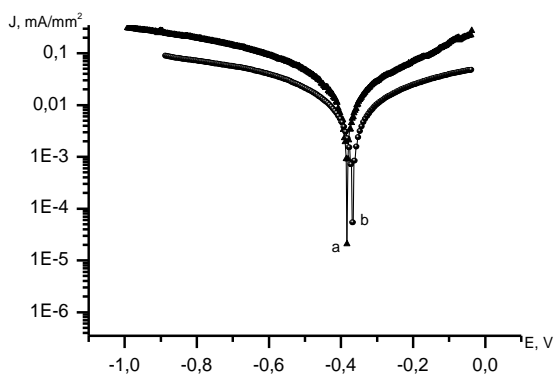


Рис. 1. Поляризаційні криві: а – наводнений InSe, б – не наводнений InSe у середовищі дистильованої води на світлі

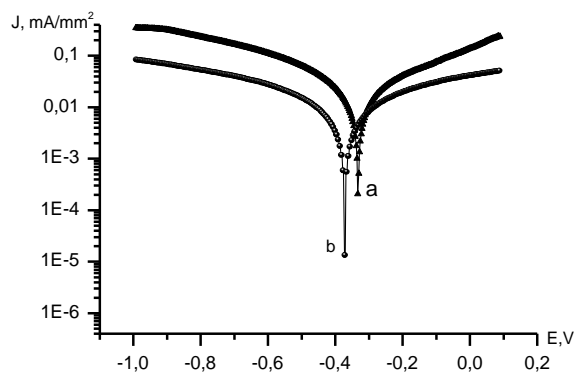


Рис. 2. Поляризаційні криві: а – наводнений InSe, б – не наводнений InSe у середовищі дистильованої води в темноті

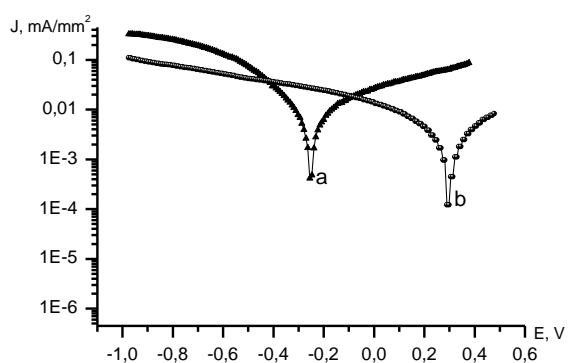


Рис. 3. Поляризаційні криві: а – наводнений InSe, б – не наводнений InSe у середовищі H_2SeO_3 на світлі

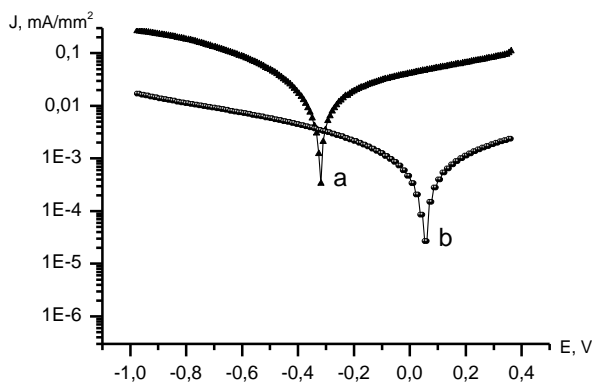


Рис. 4. Поляризаційні криві: а – наводнений InSe, б – не наводнений InSe у середовищі H_2SeO_3 в темноті

У середовищі селенистої кислоти спостерігається вплив наводнення на пасивацію процесів поляризації, сонячне випромінювання сповільнює віддачу електронів від електроду в порівнянні з «чистим» кристалом, але за значеннями досягнення потенціалу відкритого кола як у дистильованій воді, так і в розчині селенистої кислоти в темноті та при освітленні він досягається практично при рівних значеннях. Середовище розчину H_2SeO_3 дозволяє отримати менш від'ємні значення для «чистого» кристалу при освітленні і в темноті, чого не спостерігали в середовищі дистильованої води.

На рис. 5 і рис. 6 зображенні зміни потенціалу поляризації в середовищі H_2SO_4 . Вони відображають інтенсивні процеси поляризації без впливу сонячного випромінювання, і це спостерігається як у наводненому, так і в чистому кристалі. Уведення водню в міжшаровий простір не змінює інтенсивності, процес поляризації відбувається з однаковою швидкістю. Найповільніше цей процес відбувається в «чистому» кристалі без доступу сонячного випромінювання. Саме в цьому середовищі спостерігається відмінність у досягненні потенціалу поляризації за значеннями густини струму, чого не спостерігалось у розчині селенистої кислоти і в дистильованій воді.

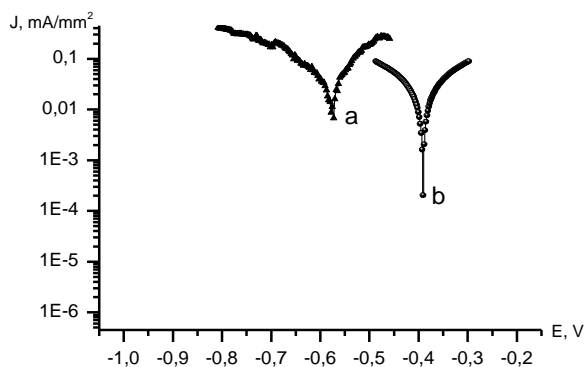


Рис. 5. Поляризаційні криві: а – наводнений InSe, б – не наводнений InSe у середовищі H_2SO_4 на світлі

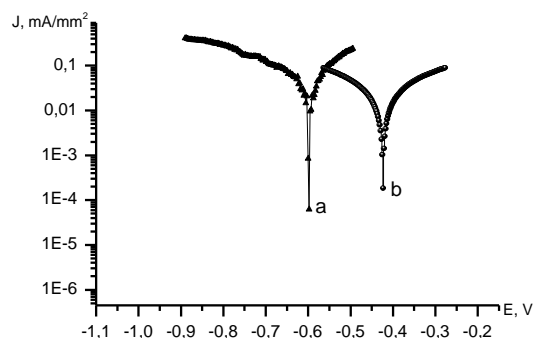


Рис. 6. Поляризаційні криві: а – наводнений InSe, б – не наводнений InSe у середовищі H_2SO_4 в темноті

Сонячне опромінення призводить до збільшення передачі електронів від електрода, а також стимулює їх перехід до іонного стану і найкраще це демонструє наводнений селенід індію в нейтральному середовищі. Водночас у легovanому воднем кристалі при сонячному світлі в кислотних середовищах пасивуються процеси поляризації. Плівки або краплі, які утворюються на поверхні цих електродів, впливають на поверхневі характеристики дослідженого напівпровідника і відбуваються зміни електрохімічних властивостей.

ВИСНОВКИ

Анодні і катодні процеси в темноті (без доступу сонячних променів) проходять з нижчою швидкістю, ніж під дією сонячного світла. Це викликано підсиленням анодної і катодної реакцій, при цьому анодна реакція протікає інтенсивніше. Інтеркаляція зсуває рівноважний потенціал електрода в бік потенціалу гостьового елемента, і темновий потенціал фотоаноду зсувається в катодний бік залежно від ступеня інтеркаляції, але чутливість фотоаноду при цьому погіршується.

Освітлення посилює віддачу електронів від електрода, а також селективне розчинення елементів напівпровідника, стимулюючи їх перехід в іонний стан. Середовища у вигляді плівок, крапель, які формуються на поверхні, впливають на поверхневі характеристики дослідженого напівпровідника.

ЛІТЕРАТУРА

1. Боледзюк В. Б. Вплив відпалу на оптичні властивості шаруватих кристалів GaSe та InSe / В. Б. Боледзюк, А. В. Заслонкін, З. Д. Ковалюк, М. М. Пирля, С. П. Юрценюк // Фізика і Хімія твердого тіла. – 2008. – Т. 9, № 2. – С. 338-347.
2. Ковалюк З. Д. Електричні властивості моно селеніду індію, легovanого селенідом ванадію / З. Д. Ковалюк, В. Б. Боледзюк, В. В. Шевчик, О. М. Дубик, В. М. Камінський // ФП. – 2012. – Т. 10, № 4. – С. 448-452.
3. Ковалюк З. Д. Дослідження електричних властивостей InSe інтеркальованого кобальтом / З. Д. Ковалюк, В. В. Шевчик, В. Б. Боледзюк, В. В. Нетяга // Журнал нано- та електронної фізики. – 2014. – Т. 6, № 4. – С. 04038-1-04038-5.
4. Боледзюк В. Б. Вплив інтеркалювання нікелем на властивості шаруватих кристалів InSe / В. Б. Боледзюк, З. Д. Ковалюк, З. Р. Кудринський, Б. В. Кушнір, О. С. Литвин, А. Д. Шевченко // ФП. – 2014. – Т. 12, № 2. – С. 184-189.
5. Стахира Й. М. Структура и магнитные свойства монокристалов InSe, інтеркальованих нікелем / Й. М. Стахира, Н. К. Товсюк, В. Л. Фоменко, В. М. Цмоць, А. Н. Щупляк // Фізика и техника полупроводников. – 2011. – Т. 45, вып.10. – С. 44-47.

6. Balitskii O. Electrochemical Investigation of Hydrogen Influence of Crystals of Gallium Nitride [Електронний ресурс] / O. Balitskii, S. Porowski, Jacek Eliaz, S. Gryshchenko, N. Kvashnivska, N. Polishchuk // Режим доступу : <http://myprogram14.ise-online.org/symp/S06.html>.
7. Balitskii O. Hydrogen Influence on Electrochemical Properties of Gallium Monoselenide / O. Balitskii, Jacek Eliaz, S. Gryshchenko, N. Kvashnivska, N. Polishchuk // *Solid State Phenomena*. – 2015. – Vol. 225. – P. 53-58.
8. Квашнівська Н. М. Електрохімічні властивості моноселеніду індію для сонячних елементів / Н. М. Квашнівська // Нетрадиційні і поновлювальні джерела енергії як альтернативні первинним джерелам енергії в регіоні. – 2015. – С. 164-168.
9. Балицький О. О. Виростання шаруватих кристалів у водневій енергетиці / О. О. Балицький, Яцек Еліаш, С. Грищенко, Н. Квашнівська, Н. Поліщук // Нетрадиційні і поновлювальні джерела енергії як альтернативні первинним джерелам енергії в регіоні. – 2015. – С. 152-154.
10. Боледзюк В. Б. Структура и магнитные свойства слоистых кристаллов InSe, интеркалированных кобальтом / В. Б. Боледзюк, З. Д. Ковалюк, З. Р. Кудринський, О. С. Литвин, А. Д. Шевченко // *Журнал технической физики*. – 2014. – Т. 84, вып. 10. – С. 44-47.
11. Еліаш Яцек. Тверді шаруваті інтеркальовані воднем мастила на основі селенідів голю та індію, проблеми хімотології / Яцек Еліаш, Н. М. Квашнівська, О. О. Балицький, С. А. Грищенко, Н. М. Поліщук // Теорія та практика раціонального використання традиційних і альтернативних паливно-мастильних матеріалів. – 2014. – С. 226-229.
12. Ковалюк З. Д. Барична та тензочутливість шаруватих напівпровідників InSe та GaSe / З. Д. Ковалюк, М. М. Пирля, В. Б. Боледзюк, В. В. Шевчик // *Укр. фіз. журн.* – 2011. – Т. 56, № 4. – С. 368-372.

REFERENCE

1. Boledzyuk, V.B., Zasloukin, A.V., Kovalyuk, Z.D., Pyryla, N.M. and Yurtsenyuk, S.P. (2008), "Influence of annealing on the optical properties of layered crystals GaSe and InSe", *Fizyka i Khimiya tverdoho tila*, vol. 9, no. 2, pp. 338-347.
2. Kovalyuk, Z.D., Boledzyuk, V.B., Szewczyk, V.V., Dubyk, A. and Kaminsky, V.M. (2012), "The electric properties of indium selenide mono doped selenide vanadiu", *FIP*, vol.10, no. 4, pp. 448-452.
3. Kovalyuk, Z.D., Szewczyk, V.V., Boledzyuk, V.B. and Netyaga, V.V. (2014), "Research electrical properties of InSe intercalated cobalt", *Zhurnal nano- ta elektronnoyi fizyky*, vol. 6, no. 4, pp. 04038-1-04038-5.
4. Boledzyuk, V.B., Kovalyuk, Z., Kudrynsky, S.G., Kushnir, B., Lytvyn, Oh. S. and Shevchenko, A.D. (2014), "Nickel intercalation Influence on properties to properties of layered crystals of InSe", *FIP*, vol. 12, no. 2, pp. 184-189.
5. Stahyra, J.M., Tovsyuk, N.K., Fomenko, V.L., Tsmots, V.N. and Schuplyak, A.N. (2011), "Structure and properties of monocrystals InSe mahnytnye, ynterkalyrovannih Nickel", *Fizyka i tekhnika poluprovodnikov*, vol. 45, issue 10, pp. 44-47.
6. Balitskii, O., Porowski, S., Eliaz, Jacek, Gryshchenko, S., Kvashnivska, N. and Polishchuk, N. "Electrochemical Investigation of Hydrogen Influence of Crystals of Gallium Nitride", available at: <http://myprogram14.ise-online.org/symp/S06.html>.
7. Balitskii, O., Eliaz, Jacek, Gryshchenko, S., Kvashnivska, N., and Polishchuk, N. (2015), "Hydrogen Influence on Electrochemical Properties of Gallium Monoselenide", *Solid State Phenomena*, vol. 225, pp. 53-58.
8. Kvashnivska, N.M. (2015), "Indium monoselenidu Elektrohimichni properties for solar cells", *Netradytsiyni i ponovlyvalni energy sources as alternatyvni primary sources of energy in the region*, pp. 164-168.

9. Balitskii, O.O., Eliash, Jacek, Grishchenko, S., Kvashnivska, N. and Polischuk, N. (2015), "Layered crystals of growth in vodnevii enerhetytsi", *Netradytsiyni I ponovlyuvalni energy sources as alternatyvni primary sources of energy in the region*, pp. 152-154.
10. Boledzyuk, V.B., Kovalyuk, Z.D, Kudrynskyi, Z.R., Lytvyn, A.S. and Shevchenko, A.D. (2014), "Structure and properties mahnytnye sloystykh krystallov InSe, ynterkalyrovannykh cobalt", *Zhurnal tekhnicheskoy fiziki*, vol. 84, issue 10, pp. 44-47.
11. Eliash, Jacek, Kvashnivska, N.M., Balitskii, O.O., Gryshchenko, S.A. and Polischuk, N.M. (2014), "Tverdi layered interkalovani hydrogen oil on the basis selenidiv holiyu and indium problems himmotolohiyi", *Teoriia ta praktyka ratsionalnoho vykorystannia tradytsiinykh i alternatyvnykh palyvno-mastylnykh materialiv*, pp. 226-229.
12. Kovalyuk, Z.D., Pyrlya, N.M., Boledzyuk, V.B. and Szewczyk, V.V. (2011), "The pressure and tenzochutlyvist layered semiconductor InSe and GaSe", *Ukr. fiz. zhurn.*, vol. 56, no. 4, pp. 368-372.

УДК 539.3

ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОГО МОДУЛЯ ЗСУВУ ОДНОСПРЯМОВАНОГО КОМПОЗИТУ ПРИ НОРМАЛЬНОМУ РОЗПОДІЛІ РАДІУСА ВОЛОКНА

Клименко М. І., к. ф.-м. н., доцент, Гребенюк С. М., к. т. н., доцент,
Смолянкова Т. М., аспірант

*Запорізький національний університет,
вул. Жуковського, 66, м. Запоріжжя, 69600, Україна*

tanya-smolyankova@yandex.ru

У роботі пропонується методика визначення ефективного модуля зсуву для односпрямованого композиційного матеріалу. Композит, що складається з трансверсально-ізотропної матриці та трансверсально-ізотропного волокна, моделюється суцільним однорідним трансверсально-ізотропним матеріалом. При цьому волокно розглядається як циліндр, радіус якого є випадковою величиною, розподіленою за нормальним законом. Запропоновано методику для визначення математичного сподівання модуля зсуву.

Ключові слова: композиційний матеріал, матриця, волокно, ефективний модуль зсуву, нормальний закон розподілу, умови узгодженості.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОГО МОДУЛЯ СДВИГА ОДНОНАПРАВЛЕННОГО КОМПОЗИТА ПРИ НОРМАЛЬНОМ РАСПРЕДЕЛЕНИИ РАДИУСА ВОЛОКНА

Клименко М. И., к. ф.-м. н., доцент, Гребенюк С. Н., к. т. н., доцент,
Смолянкова Т. Н., аспирант

*Запорожский национальный университет,
ул. Жуковского, 66, г. Запорожье, 69600, Украина*

tanya-smolyankova@yandex.ru

В работе предлагается методика определения эффективного модуля сдвига для однонаправленного композиционного материала. Композит, состоящий из трансверсально-изотропной матрицы и трансверсально-изотропного волокна, моделируется сплошным однородным трансверсально-изотропным материалом. При этом волокно рассматривается как цилиндр, радиус которого является случайной величиной, распределенной по нормальному закону. Приведена методика для определения математического ожидания модуля сдвига.

Ключевые слова: композиционный материал, матрица, волокно, эффективный модуль сдвига, нормальный закон распределения, условия согласованности.