

В.О. УЛЬЯНОВА¹, О.В. БОГДАН², А.Т. ОРЛОВ¹, канд. техн. наук,
Ю.І. ЯКИМЕНКО¹, д-р техн. наук, Г.А. ПАШКЕВИЧ, канд. фіз.-мат. наук, А.І. ЗАЗЕРІН¹

¹ Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

² Науково-дослідний інститут прикладної електроніки, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

КОМБІНОВАНА СИСТЕМА ПЕРЕТВОРЕННЯ ЕНЕРГІЇ НА ОСНОВІ НАНОСТРУКТУРОВАНИХ МАТЕРІАЛІВ

Розроблено конструкцію комбінованої системи перетворення енергії сонячного випромінювання та енергії механічних коливань на основі наноструктурованого оксиду цинку. Представлено експериментальні результати створення комірки перетворення енергії механічних коливань та тестування. Показано, що розроблена комірка на основі наноструктурованого оксиду цинку може бути успішно використана для створення системи перетворення енергії з широкими потенційними можливостями застосування у системах енергоживлення та управління. Бібл. 8, рис. 2.

Ключові слова: п'єзоелектричний перетворювач, наноструктурований оксид цинку, комбіновані перетворювачі енергії

На сучасному етапі розвитку техніки і технології актуальною проблемою є створення універсальних високоефективних систем перетворення енергії для мікро- і наноелектронних пристроїв – мобільних пристроїв зв'язку, вуличного, тротуарного і архітектурного освітлення, електронних замків, пристроїв контролю доступу, систем стеження, бездротових електронних та медичних систем. Новітні високоефективні системи перетворення енергії є необхідними в конструкціях бездротових сенсорів фізичних величин і систем безпеки з потенційними застосуванням у системах управління будівлею.

В якості джерел живлення переважної більшості пристроїв використовують гальванічні або акумуляторні батареї, застосування яких у випадках бездротових або медичних приладів може бути дорогим, не завжди зручним, неможливим, а у випадках приладів *in vivo* – навіть небезпечним. Активно розробляються та впроваджуються пристрої вітроенергетики [5] та фотовольтаїки [6]. Значна початкова вартість, а разом з тим досить великий термін окупності таких пристроїв зумовлені використанням дорогих матеріалів і енергоємних технологічних підходів при виготовленні, а стабільність і ефективність перетворювачів відновлюваної енергії залишається невисокою. Фотоелектричні перетворювачі другого і третього покоління [3], вартість яких значно нижче, характеризуються малим ККД, нестабільні, а сенсифіковані барвником перетворювачі [1] містять леткі органічні сполуки, використання яких ускладнює технологію виготовлення та зумовлює забруднення навколишнього середовища. Фотоелектричні перетворювачі гібридного типу поєднують декілька механізмів перетворення енергії та є перспективними пристроями фотовольтаїки завдяки невисокій вартості, розвитку новітніх перспективних матеріалів, і прогнозованому найближчим часом підвищенню ККД перетворення [2].

Серед інших відомих перетворювачів механічної енергії в електричну, п'єзоелектричні перетворювачі мають найбільшу густину енергії, технологічні і найбільш перспективні для використання у якості мініатюрних систем перетворення енергії. П'єзоелектричний матеріал оксид цинку (ZnO) є нетоксичними і має відносно великий коефіцієнт електромеханічного зв'язку, в той час як вміст великої кількості (до 70 вагових %) свинцю в сучасних найбільш ефективних п'єзоелектричних матеріалах PZT і PMN-PT обмежує їх виготовлення у великих обсягах і створює труднощі при утилізації, а полімерні п'єзоелектрики мають дуже низькі п'єзоелектричні коефіцієнти. Дослідженню механічних і пружних властивостей наноструктурованого ZnO присвячено багато теоретичних та практичних робіт, оскільки отримання такого матеріалу за допомогою дешевих технологій синтезу та його властивості відкривають значний потенціал для використання у якості мультифункціонального матеріалу сенсорів та приладів накопичення і перетворення енергії [3, 8].

Перехід оксиду цинку в нанорозмірний стан супроводжується зміною ряду існуючих і появою принципово нових функціональних властивостей. Спостерігається різке підвищення ефективності механоелектричного перетворення за рахунок зниження ефективної діелектричної проникності і підвищення пружної податливості в композитах на його основі. При зменшенні діаметра стрижневих гексагональних структур до одиниць-десятків нанометрів починають проявлятися розмірні ефекти, що призводять до збільшення п'єзокоєфіцієнтів в 10...200 разів. Зменшення монокристалів оксиду цинку до

нанорозмірів, призводить до проявлення квантоворозмірних ефектів і, відповідно, істотної зміни фотофізичних і фотохімічних властивостей даного матеріалу. Такі властивості, як висока рухливість електронів, висока енергія екситонного збудження, висока площа поверхні наноструктурованого оксиду цинку дозволяють застосовувати цей матеріал в конструкціях гібридних фотоелектричних перетворювачів – пристроїв фотовольтаїки третього покоління. Комбінування наноструктур оксиду цинку з сучасними органічними полімерними матеріалами дозволяє знизити вартість фотоелектричних перетворювачів з одночасним підвищенням ККД за рахунок високої ефективності генерації зарядів. Спектр оптичного поглинання такого перетворювача захоплює УФ область спектру випромінювання і може доходити до ІЧ області. Таким чином, виникає можливість створювати комбіновані системи перетворення декількох видів енергії на основі одного мультифункціонального матеріалу.

Структура системи одночасного перетворення енергії навколишнього середовища за рахунок комбінування п'єзоелектричних і напівпровідникових властивостей єдиного функціонального матеріалу – це багат шарова структури на основі такого матеріалу, що дозволяє реалізувати отримання електричної енергії, використовуючи паралельно два принципи: 1) генерація електричної енергії за рахунок п'єзоелектричного перетворення механічної енергії вібрацій і руху повітря, 2) генерація електричної енергії за рахунок перетворення сонячної енергії за допомогою фотоелектричного перетворювача.

Для синтезу наноструктурованого мультифункціонального матеріалу використовують нанотехнологічний підхід «знизу вгору», який характеризується низькою вартістю в порівнянні з дорогими мікроелектронними технологіями (вакуумне нанесення, фотолітографія і т.п.), і недорогих гнучких полімерних матеріалів, текстильних основ та керамік, у тому числі великої площі, що підвищує економічну ефективність застосування таких пристроїв у порівнянні з аналогами та дозволяє отримати достатнє живлення електронних приладів.

Найбільш істотними проблемами, які виникають при масовому впровадженні пристроїв перетворення енергії на основі наноструктурованих матеріалів, є збільшення ефективності перетворення енергії, а також усунення причин, що викликають деградацію характеристик наноструктурованих шарів і пристрою в цілому. Тому конструкція пристроїв перетворення енергії, технологія їх виробництва та фізичні процеси покладені в основу їх роботи повинні бути ретельно вивчені і проаналізовані.

Для створення комірки перетворення енергії механічних коливань на основі наноструктурованого ZnO спочатку формувалася нижній електрод на очищеній склокерамічній підкладці – методом магнетронного розпилення були осаджені тонкі плівки молібдену (100 нм) і алюмінію (150 нм). Наноструктуровані шари ZnO вирощувалися гідротермальним методом у два етапи: створення центрів кристалізації золь-гель методом і подальше вирощування масиву наноструктур ZnO в сольовому розчині. У якості додаткового етапу застосовувався низькотемпературний відпал, що покращує кристалічні властивості наноструктурованих плівки ZnO. Технологія синтезу наноструктурованого ZnO докладно описана в [7]. Такий підхід дозволяє синтезувати наноструктурований ZnO практично на будь-яких підкладках, включаючи склокерамічні та полімерні. Наноструктурований шар ZnO був покритий тонким шаром оксиду кремнію (близько 700 нм), а потім алюмінієвою плівкою, товщиною 300 нм, яка працює як верхній електрод.

Дослідження зразків, розміри яких в плані становили 7x7 мм, проводилося із застосуванням скануючого електронного мікроскопа Hitachi S4800. З представлених зображень (рис. 1) видно, що діаметр одного зародкового зерна становить близько 50 нм, а товщина всього шару близько 200 нм. Наноструктурований шар ZnO представляє собою масив просторово розподілених нанострижнів довжиною 0.9 мкм і діаметром 65 – 100 нм.

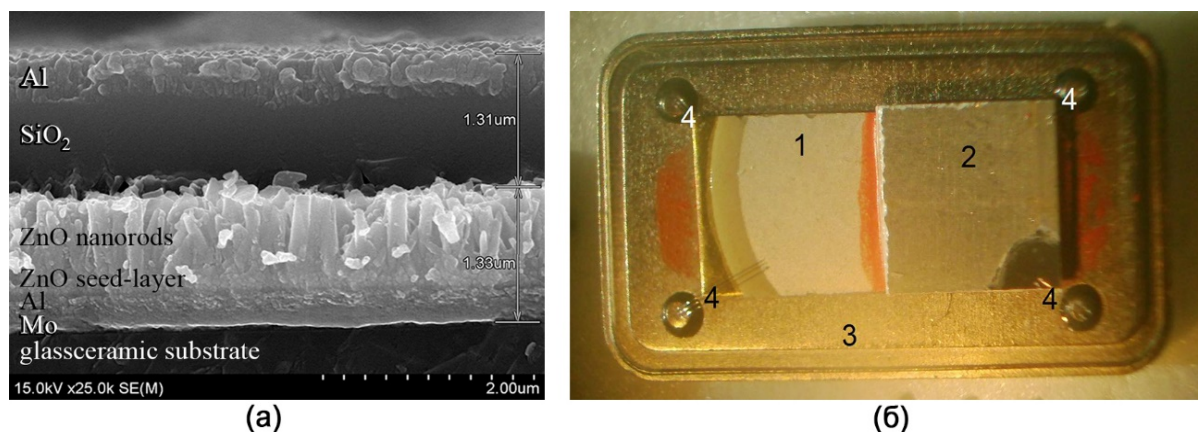


Рисунок 1

П'єзоелектричні властивості нанострижнів ZnO і ефективність перетворення енергії досліджувалися у складі структури, представленої на рис. 1 (б). Неоднорідні акустичні коливання, що імітують різні види механічної напруги у зразку, збуджуються п'єзокерамічним елементом товщиною 280 мкм (1), який стає частиною багат шарової структури, що дозволяє передавати енергію з високою ефективністю. На ньому розміщується отриманий на склокерамічній підкладці зразок з наноструктурованими шарами ZnO (2). Структура розміщується у корпусі (3), вихідним сигналом зразка є електричний імпульс, викликаний поляризацією наноструктурованого шару ZnO і знімається з відповідних контактів (праві контакти 4).

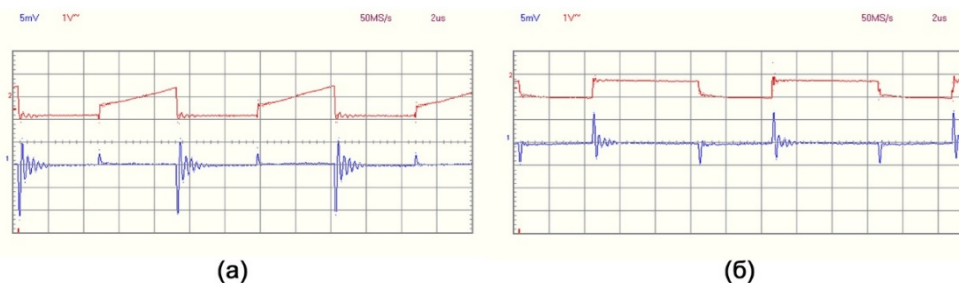


Рисунок 2

Запропонована комірка перетворення механічної енергії на основі наноструктурованого ZnO може використовуватися безпосередньо як мікропотужне джерело живлення електронних пристроїв, так і для їх підзарядки, а в перспективі і як перетворювачі альтернативних джерел енергії більш високої потужності. На основі представлених результатів можливе створення комбінованих систем перетворення світлової енергії та енергії механічних коливань для живлення бездротових сенсорів будівельних конструкцій, віброуючих механізмів, біомедичних сенсорів і лабораторій на чипі, вуличного освітлення та архітектурного підсвічування у вигляді штучних дерев і полотен, що майорять (прапорів), перетворення енергії морських хвиль, рухів живих і неживих об'єктів тощо. Впровадження таких перетворювачів буде економічно ефективним завдяки невисокій вартості та поширеності в природі вихідних матеріалів, малої енергоємності та технологічності методів, що застосовуються для створення структур, і дешевизні матеріалів основ, на яких вони синтезуються. Екологічність, малі витрати на утилізацію по закінченні терміну служби і можливість біомедичних застосувань забезпечуються нетоксичністю і біосумісністю матеріалів і процесів, що використовуються.

Список літератури

1. *Bisquert Juan, Cahen David, Hodes Gary, Ruhle Sven, Zaban Arie*, Physical Chemical Principles of Photovoltaic Conversion with Nanoparticulate, Mesoporous Dye-Sensitized Solar Cells // *The Journal of Physical Chemistry B*. – 2004. – 108. – P. 8106-8118.
2. *Deshpande Mrunal, Seyezhai R.* Review Of Hybrid Solar Cells Based On CdSe And TiO₂ Materials // *International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering* – 2014. – Vol. 2, Issue 3. – P. 3387 – 3392.
3. *Jagadish C., Pearton S.*, Zinc oxide bulk, thin films and nanostructures : processing, properties and applications. 1st ed. – Amsterdam ; London : Elsevier. – 2006. – 589 p.
4. *Junfeng Yana, Saunders Brian R.* Third-generation solar cells: a review and comparison of polymer:fullerene, hybrid polymer and perovskite solar cells // *RSC Advances*. – 2014. – 4. – P. 43286 – 43314.
5. *Kaldellis John K., Zafirakis D.* The wind energy (r)evolution: A short review of a long history // *Renewable Energy*. – 2011. – 36. – P. 1887 – 1901.
6. *McEvoy A.* Solar Cells. Materials, Manufacture and Operation. 2nd edition. — Academic Press, Elsevier. – 2013. – 641 p.
7. *Orlov A., Ulianova V., Pashkevich G., Bogdan O.* Peculiarity of seed-layer synthesis and morphometric characteristics of ZnO nanorods // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – 2014. – Vol. 6, no. 12(66). – P. 72 – 75.
8. *Orlov A., Ulianova V., Yakimenko Y., Bogdan O., Pashkevich G.* Influence of process temperature on ZnO nanostructures formation // *2014 IEEE 34th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO)*. – 2014. – P. 51 – 53.

V. ULIANOVA¹, O. BOGDAN², A. ORLOV¹, Yu. YAKIMENKO, G. PASHKEVICH, A. ZAZERIN¹

¹ National Technical University of Ukraine “Kyiv Polytechnic Institute”

² Scientific and Research Institute of Applied Electronics of National Technical University of Ukraine “Kyiv Polytechnic Institute”

COMBINED SYSTEM OF ENERGY CONVERSION BASED ON NANOSTRUCTURED MATERIALS

The combined system of solar radiation and mechanical vibrations energy conversion based on nanostructured zinc oxide was developed. Experimental results of mechanical vibrations energy conversion cell design and testing were performed. It was shown that the developed cell based on nanostructured zinc oxide can be successfully applied for energy conversion system development with a wide range of applications in the power systems and management. Ref. 8, Fig. 2.

Key words: piezoelectric transducer, nanostructured zinc oxide, combined energy transducers

УДК 620.93, 620.91

В.А. УЛЬЯНОВА¹, А.В. БОГДАН², А.Т. ОРЛОВ¹, канд. техн. наук,

Ю. ЯКИМЕНКО¹, д-р техн. наук, Г.А. ПАШКЕВИЧ, канд. физ.-мат. Наук, А.И. ЗАЗЕРИН¹

¹ Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»

² Научно-исследовательский институт прикладной электроники

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»

КОМБИНИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ НА ОСНОВЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Разработана конструкция комбинированной системы преобразования энергии солнечного излучения и энергии механических колебаний на основе наноструктурированного оксида цинка. Представлены экспериментальные результаты создания ячейки преобразования энергии механических колебаний и тестирования. Показано, что разработанная ячейка на основе наноструктурированного оксида цинка может быть успешно использована для создания системы преобразования энергии с широкими возможностями применения в системах энергоснабжения и управления. Библ. 8, рис. 2.

Ключевые слова: пьезоэлектрический преобразователь, наноструктурированный оксид цинка, комбинированные преобразователи энергии

Надійшла 28.05.2015

Received 28.05.2015

УДК 681.51

А.І. ЗАЗЕРІН¹, А.Т. ОРЛОВ¹, канд. техн. наук, О.В. БОГДАН²,

В.О. УЛЬЯНОВА¹, Ю.І. ЯКИМЕНКО¹, д-р техн. наук

¹ Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

² Науково-дослідний інститут прикладної електроніки, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

СУЧАСНИЙ КОМПЛЕКС БЕЗПЕКИ ТА МОНІТОРИНГУ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ БУДИНКОМ

Розроблено гнучку та економічну платформу для реалізації комплексу безпеки та моніторингу, що включає набір інтелектуальних енергоефективних датчиків та програмне забезпечення для управління комплексом. Завдяки відкритості програмного забезпечення, прозорості структури і модульному дизайну, комплекс може бути в короткий інтервал часу налаштований під умови конкретної автоматизованої системи управління будинком.

Ключові слова: інтелектуальні сенсори, реєстрація даних, система управління будинком.

Вступ. Концепція сучасного житлового будинку, обладнаного автоматизованою системою управління (АСУ), передбачає ієрархічну організацію та взаємозв'язок між різноманітними підсистемами, що забезпечують безпеку, комфорт та оптимальність енергоспоживання для всіх користувачів. Мета такої системи полягає в інтеграції високотехнологічних пристроїв та централізованого програмного забезпечення в усі процеси, що відбуваються на об'єкті. АСУ відповідає за контроль робочих параметрів пристроїв, реєструє дані, повідомляє про проблеми та збої, розпізнає конкретні ситуації та реагує на них відповідно запрограмованому алгоритму. Зазвичай АСУ обладнана графічним інтерфейсом, що дозволяє відслідковувати зміну показників та налаштовувати параметри системи. АСУ можна умовно розділити на підсистеми: управління та зв'язку, освітлення, опалювання, вентиляції, кондиціонування, електроживлення тощо.