

**VISNYK
OF THE LVIV
UNIVERSITY**

Series Physics

**ВІСНИК
ЛЬВІВСЬКОГО
УНІВЕРСИТЕТУ**

Серія фізична

Issue 45

Випуск 45

Published since 1962

Виходить з 1962 р.

**Ivan Franko National
University of Lviv**

**Львівський національний
університет імені Івана Франка**

2010

Міністерство освіти і науки України
Львівський національний університет імені Івана Франка

Вісник Львівського університету. Серія фізична.

2010. Випуск 45. 320 с.

Visnyk of the Lviv University. Series Physics.

2010. Issue 45. 320 p.

У “Віснику Львівського університету. Серія фізична” опубліковано статті з актуальних проблем теоретичної фізики, матеріалознавства, фізики металів, напівпровідників та діелектриків.

Для наукових працівників, аспірантів і студентів старших курсів.

Papers on current problems in theoretical physics, material science, physics of metal, semiconductors and insulators are published in the Visnyk.

For researchers, post-graduates and senior students.

Редакційна колегія: проф. *І. Вакарчук* (головний редактор), проф. *Й. Стахіра* (заступник головного редактора), проф. *І. Болеста* (відповідальний секретар), проф. *Л. Блажисєвський*, проф. *М. Ваєрух*, проф. *А. Волошиновський*, проф. *Я. Довгий*, проф. *В. Капустяник*, проф. *Р. Луців*, доц. *Б. Новосядлий*, проф. *Б. Павлик*, проф. *І. Половинко*, проф. *М. Романюк*, проф. *В. Савчин*, проф. *З. Стасюк*, доц. *В. Ткачук*, проф. *Я. Шона*, проф. *П. Якібчук*.

Editorial board: prof. *I. Vakarchuk* (editor-in-chief), prof. *J. Stakhira* (associate editor), prof. *I. Bolesta* (responsible editor), prof. *L. Blazhievsky*, prof. *M. Vavrukh*, prof. *A. Voloshinovskii*, prof. *Ya. Dovgiy*, prof. *V. Kapustianyk*, prof. *R. Lutsiv*, assist. prof. *B. Novosiadly*, prof. *B. Pavlyk*, prof. *I. Polovynko*, prof. *M. Romanjuk*, prof. *V. Savchyn*, prof. *Z. Stasyuk*, assist. prof. *V. Tkachuk*, prof. *Ya. Shopa*, prof. *P. Yakibchuk*.

Адреса редакційної колегії:

Львівський національний університет
імені Івана Франка, фізичний
факультет, факультет електроніки
вул. Драгоманова, 50, 79005 Львів
тел.(032) 296-43-45, 296-43-29

Editorial office address:

Ivan Franko National University of Lviv,
Faculty of Physics, Faculty of Electronics
Dragomanova st. 50 UA-79005 Lviv,
Ukraine
tel. +(38) (032) 296-43-45, 296-43-29

e-mail: visnyk@electronics.wups.lviv.ua
<http://www.electronics.wups.lviv.ua/visnyk/>
<http://blues.lnu.edu.ua/publish/visnyk.asp>

Відповідальний за випуск: І. Болеста

Редактор: А. Габрук

Комп'ютерна верстка: О. Дуда, С. Вельгош

Друкується за ухвалою Вченої Ради

Львівського національного університету імені Івана Франка

Свідоцтво про державну реєстрацію серія КВ № 14611–3582 Р від 28 жовтня 2008

© Львівський національний університет імені
Івана Франка, 2010

Збірник наукових праць

Вісник Львівського університету

СЕРІЯ ФІЗИЧНА

Випуск 45

2010

Підп. до друку __.__.2010. Формат 70×100/16. Папір друк.
Друк на різогр. Гарнітура Times New Roman. Умовн. друк. арк. 25,8
Тираж прим. Зам. №

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

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного
реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів видавничої
продукції.

Серія ДК № 3059 від 13.12.2007 р.

ЗМІСТ

<i>Бовгира О., Охримчук М., Франів А.</i> Зонно-енергетичний спектр кристала InCl у різних структурних типах	3
<i>Болтовець П., Бойко В., Снопок Б.</i> Аналіз кінетики вірус-специфічних взаємодій методом ППР	15
<i>Павлищенко Б.</i> Квантовий алгоритм розпізнавання образів на растрових зображеннях	24
<i>Болеста І., Вельгош С., Гамерник Р., Карбовник І., Колич І., Мартинів С.</i> Спектри поглинання CdBr ₂ -Ag	31
<i>Коворотний О., Гончаренко Ю.</i> Моделювання впливу аерозольних шарів на тропосферу під час сонячно-протонних подій	41
<i>Стебленко Л., Кордубан О., Коплак О., Демченко П.</i> Магнітостимульовані процеси окиснення n-Si	49
<i>Белюх В., Пашковський М.</i> Комбінована еліпсометрична методика оптичної характеристики кристалів. Частина 1	55
<i>Чунихин Л., Карабанов А., Беляшов А., Дроздов Д., Герман О.</i> Классификационные признаки для картирования радонового риска на территории Гомельской и Могилёвской областей Республики Беларусь	70
<i>Ляшенко О., Піскун О., Христенко Ю., Передрій В., Солдаткіна І.</i> Трансформація ¹³⁷ Cs та ⁹⁰ Sr у системі ґрунт-рослина на дерново-підзолистом ґрунті під впливом добрив та меліорантів	78
<i>Буздалькин К., Жученко Ю., Чунихин Л.</i> Автоматизированный мобильный комплекс контроля радиационной обстановки	86
<i>Беляєв В., Волкова О.</i> Роль швидких компонент виведення у динаміці формування вмісту радіонукліда в гідробіонтах	93
<i>Бордун І., Пташник В., Черновол Н.</i> Дослідження зміни спектрів пропускання електрохімічно активованої води у процесі релаксації	100
<i>Коваленко О., Морозов О., Чорна В.</i> Дослідження спектрів фотолюмінесценції плазми крові та сечі людини з метою діагностики онкологічних захворювань нирок	107
<i>Ковальчук М., Стоділка М., Гірняк М., Кошовий В., Івантишин О., Лозинський А.</i> Особливості структури сонячного корпускулярного випромінювання поблизу Землі	116
<i>Купльовський Б.</i> Моделювання хвильового поля для складних сейсмічних розрізів	126
<i>Брич Т.</i> Математичне моделювання впливу процесу поглиблення нафтогазової свердловини на напружено-деформований стан гірського масиву	135
<i>Ковальчук М., Стоділка М., Гірняк М., Лаба І., Баран О.</i> Вивчення зв'язків між активністю 23-го сонячного циклу та геомагнітними збуреннями	142
<i>Шпотюк Я., Балицька В.</i> Динаміка радіаційно-індукованих ефектів у склоподібних напівпровідниках квазібінарного розрізу As ₂ S ₃ -Sb ₂ S ₃	149
<i>Османов М., Золотарюк Я.</i> Направлений рух доменних стінок у ферромагнетиках під впливом змінних магнітних полів	157
<i>Ольховська С., Водоріз О., Шуркова Н., Рогачова О.</i> Гальваномагнітні властивості кристалів і тонких плівок телуриду свинцю, легованого натрієм	165
<i>Ємець О., Шугарова В., Птащенко О., Птащенко Ф.</i> P-n - переходи на основі Si та AlGaAs як газові сенсори	171

<i>Богдан О., Птащенко О., Птащенко Ф., Маслєєва Н.</i> Сульфідна активація $p-n$ - переходів на основі GaAs як газових сенсорів.....	177
<i>Яновський О., Томілін С.</i> Нанокаталізатори на основі паладію (Pd) та ніобію (Nb): технологія виготовлення та властивості	182
<i>Алієв Е., Яновський О.</i> Шляхи збільшення ККД сонячних елементів на основі мультикристалічного кремнію.....	187
<i>Алтоїз Б., Кіріян С., Шатагіна О.</i> Реологічна модель течії структурованих ЕРК-шарів “постійної в’язкості”	192
<i>Бритавський Є., Каракіс Ю.</i> Особливості спектрального розподілу фотоструму в умовах реверсного збудження	199
<i>Слюсар В., Жданов В.</i> Статистика кривих блиску віддаленого мікролінзованого джерела при різних моделях його структури	206
<i>Іовчев С., Стоянов П., Волчок Н.</i> Інтегральні характеристики гексагональних текстур	215
<i>Усов В., Тітенков А.</i> Анізотропія втоми і текстура магнієвого сплаву AZ31.....	220
<i>Шкатуляк Н., Ткачук О.</i> Вплив текстури на руйнування труби зі сталі 20.....	226
<i>Брюханов А., Праведная Н.</i> Анізотропія механічних властивостей супердуралюмініу 1160	232
<i>Єлізаров О., Журав В.</i> Використання хемографічного ефекту для дослідження електродних процесів на поверхні кремнію	240
<i>Брехаря Г., Козіна Н., Бондар Н.</i> Дослідження впливу низьких температур на процес подрібнення залізних руд	250
<i>Пабат А., Мухіна Д.</i> Інноваційна технологія електролізу води.....	255
<i>Ляшков О., Антонов К., Антонова К., Тонкошкур О.</i> Електрофізичні властивості композитів полімер–варисторна кераміка	263
<i>Коноплянко Д.</i> Синтез та дослідження електричних характеристик інтеркальованих калію нітратом $<KNO_3>$ моноселенідів індію та галію	271
<i>Дуплавий В.</i> Анізотропія електричних властивостей шаруватих монокристалів InSe	276
<i>Лисенко О., Якунін О., Сілка Л., Калініна Т.</i> Структура та властивості сплавів алюмінію з перехідними металами отриманих експузцією швидко загартованих фольг	281
<i>Цисар М.</i> Дослідження особливостей поверхні монокристалів молібдену різної орієнтації методом сканівної тунельної мікроскопії з напівпровідниковим алмазним вістряем	290
<i>Кісс Г., Зубрицький С.</i> Поглинання та раманівське розсіяння світла нанорозмірних структур	295
<i>Стоянов П., Совкова Т.</i> Вплив деформації згину на текстурні характеристики магнієвого сплаву AZ31	304

CONTENTS

<i>Bovgyra O., Ohrymchuk M., Franiv A.</i> Energy band spectra of InCl crystals in different structural types	3
<i>Boltovets P., Boyko V., Snopok B.</i> Analysis of the virus-specific interactions kinetics by SPR method	15
<i>Pavlyshenko B.</i> Quantum algorithm of pattern recognition on bitmap images	24
<i>Bolesta I., Velgosh S., Gamernyk R., Karbovnyk I., Kolych I., Martyniv S.</i> Absorption spectra of CdBr ₂ -Ag	31
<i>Kovorotnyi A., Goncharenko Y.</i> Simulation of aerosol layers on the troposphere during solar-proton events	41
<i>Stebenko L., Korduban O., Koplak O., Demchenko P.</i> The oxidation processes in <i>n</i> -Si stimulated by magnetic field	49
<i>Belyukh V., Pashkowskyi M.</i> Combined ellipsometric technique of the optical characterization of crystals. Part I.....	55
<i>Chunikhin L., Karabanov A., Beljashov A., Drozdov D., German O.</i> Classifical sighns for the radon risk mapping of the Gomel and Mogilev region territories of the Republic Belarus	70
<i>Liashenko O., Piskun O., Hrystenko Yu., Peredrij V., Soldatkina I.</i> Transformation of ¹³⁷ Cs and ⁹⁰ Sr in the soil-plant system on the sod-podzol soil under the influence of fertilizers and ameliorants	78
<i>Bouzdalkin K., Zhuchenko Ju., Chunikhin K.</i> The automated mobile complex of the control of radiating conditions	86
<i>Belyaev V., Volkova O.</i> The part of short components of release in dynamics of the contents of radionuclide in hydrobionts	93
<i>Bordun I., Ptashnyk V., Chernovol N.</i> The investigation of electrochemical activated water transmission spectra changes in relaxation process.....	100
<i>Kovalenko A., Morozov A., Chorna V.</i> Investigation the photoluminescence spectra of plasma blood and urine for diangnostic of kidney tumour.....	107
<i>Koval'chuk M., Stodilka M., Hirnyak M., Koshovyi V., Ivantyshyn O., Lozynskyi A.</i> Peculiarities of solar corpuscular radiation structure near Earth.....	116
<i>Kuplyovskiy B.</i> Design of wave paul for complicated arranged seismic cuts.....	126
<i>Brych T.</i> Mathematical modelling of the influence of deepening of oil and gas well on rock stress-strain state	135
<i>Koval'chuk M., Stodilka M., Hirnyak M., Laba I., Baran O.</i> Study of connections between activity of 23-th solar cycle and geomagnetic perturbations.....	142
<i>Shpotyuk Ya., Balitska V.</i> Dynamics of radiation-induced effects in quasibinary As ₂ S ₃ -Sb ₂ S ₃ vitreous semiconductors.....	149
<i>Osmanov M., Zolotaryuk Y.</i> Directed motion of domain walls in ferromagnetics under the influence of magnetic fields	157
<i>Ol'hovskaya S., VodORIZ O., Schurkova N., Rogachova O.</i> Galvanomagnetic properties of crystals and thin films of lead telluride doped with sodium	165
<i>Yemets O., Shugarova V., Ptashchenko O., Ptashchenko F.</i> Si and AlGaAs <i>p-n</i> junctions as gas sensors.....	171

<i>Bogdan O., Ptashchenko O., Ptashchenko F., Masleyeva N.</i> Sulphur activation of <i>p-n</i> junctions on GaAs as gas sensors.....	177
<i>Yanovskyi A., Tomilin S.</i> Nanocatalysts on the basic of a palladium (Pd) and niobium (Nb): manufacturing technology and properties	182
<i>Aliev E., Yanovskyi A.</i> Ways of increase in efficiency of solar elements based on multicrystal silicon.....	187
<i>Altoiz B., Kiriyan S., Shatagina E.</i> Structural ELC interlayers flow in “constant viscosity” rheological model.....	192
<i>Brytavskiy Ie., Karakis Y.</i> Spectral distribution characteristic of photocurrent in reversal excitation conditions.....	199
<i>Slyusar V., Zhdanov V.</i> Statistics of amplification curves of an extended microlensed source with different models of its structure	206
<i>Iovchev S., Stoyanov P., Volchok N.</i> Integral characteristics of the hexagonal textures ...	215
<i>Usov V., Titenkov A.</i> Anisotropy of fatigue and texture of magnesium alloy AZ31	220
<i>Shkatulyak N., Tkachuk E.</i> Influence of texture on failure of steel 20 pipe	226
<i>Bryukhanov A., Pravednaya N.</i> Anisotropy of mechanical properties of superduralumin 1160	232
<i>Elizarov O., Zhurav V.</i> Chemography effect for research of electrode processes on a surface of silicon	240
<i>Brekharya G., Kozina N., Bondar N.</i> The research of impact of low temperature on a process of the iron ore crush	250
<i>Pabat A., Muhina D.</i> Innovative technology of electrolysis of water	255
<i>Lyashkov O., Antonov K., Antonova K., Tonkoshkur A.</i> Electrophysical properties of composites from polymer-varistor ceramics	263
<i>Konoplyanko D.</i> Synthesis and investigation of electric characteristics intercalates with $\langle \text{KNO}_3 \rangle$ InSe and GaSe	271
<i>Duplavyi V.</i> Anisotropy of electrical properties of layered InSe single crystals	276
<i>Lysenko A., Yakunin A., Silka L., Kalinina T.</i> Structure and properties of aluminium alloys with transition metals obtained by extrusion of fast-quenched foils	281
<i>Tsysar M.</i> Research of the molybdenume monocrystals surface with different orientation using semiconductive diamond tip-assisted scanning tunneling microscopy ..	290
<i>Kiss G., Zubritskiy S.</i> Absorption of light and raman scattering of nanostructures.....	295
<i>Stoyanov P., Sovkova T.</i> The influence of bending deformation on the texture characteristics of magnesium alloy AZ31	304

УДК 621.315.592

PACS number(s): 7, 70, 82.17, 84.60

ШЛЯХИ ЗБІЛЬШЕННЯ ККД СОНЯЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ НА ОСНОВІ МУЛЬТИКРИСТАЛІЧНОГО КРЕМНІЮ

Е. Алієв, О. Яновський

*Запорізький національний університет
вул. Жуковського, 66, 69600 Запоріжжя, Україна
e-mail: studio@aliev-elchin.com, yanovsky@zsu.zp.ua*

Досліджено фізичні процеси, які покладені в основу фотоелектричних систем. Для моделювання фізичних процесів і розрахунків основних параметрів сонячних елементів було використане програмне забезпечення PC1D версії 5.9. Визначено шляхи збільшення ККД сонячних елементів. Було проаналізовано втрати енергії, що надзвичайно корисно при оптимізації конструкцій елементів. Теоретично оцінено значення максимального ККД сонячного елемента.

Ключові слова: сонячні елементи, мультикристалічний кремній, програмне забезпечення PC1D, аналіз втрат енергії сонячного елемента.

Фотоелектроенергетика є простим і елегантним методом використання сонячної енергії. Фотоелектричні пристрої (сонячні елементи) є унікальними в тому плані, що вони перетворюють падаюче сонячне випромінювання в електроенергію безпосередньо, без шуму, забруднень, використання рухомих частин, що робить їх надійним і довговічним джерелом енергії. В основу роботи сонячних елементів покладено ті ж самі принципи і матеріали, завдяки яким сталася революція в засобах комунікації та обчислювальній техніці [1].

Метою роботи є теоретичне дослідження фізичних процесів, які лежать в основі фотоелектричних систем, технологій їх виготовлення і конструкції фотоелектричних перетворювачів.

Наукова і практична цінність отриманих результатів полягає в тому, що математичні моделі, методики і програмні засоби чисельного моделювання сонячних елементів і технологій їх виготовлення дозволять виробити обґрунтовані рекомендації з розробки технологічних процесів і методів проектування сонячних елементів.

З метою моделювання фізичних процесів і розрахунків основних параметрів сонячних елементів було використане програмне забезпечення, яке розробили дослідницьким центром фотоелектричних систем університету Нового Південного Уелса у Сідней Пауль А. Басоре и Дональд А. Клагстон, під назвою PC1D версія 5.9. Комп'ютерна програма PC1D широко використовується для моделювання кристалічних сонячних елементів. Ця версія програми має низку переваг: інтерактивне графічне середовище для створення моделі сонячного елемента, простота зіставлення експериментальних і теоретичних результатів, дуже висока обчислювальна здатність,

покращена модель ефектів генерації і рекомбінації. Акцент в цій програмі зроблено на достовірних відомостях широкого діапазону параметрів елементів і граничних умов.

Моделювання характеристик сонячного елемента в програмі PC1D полягає в числовому методі розв'язку рівнянь (два рівняння перенесення Больцмана і рівняння Пуассона), керуючись геометрією пристрою і спектра випромінювання. Ці рівняння розв'язуються спільно з використанням схеми дискретизації.

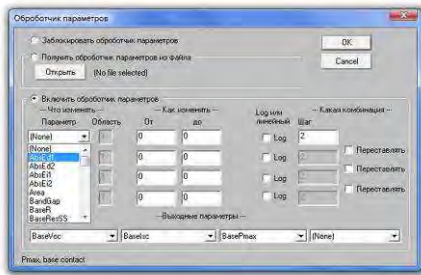


Рис. 1. Інтерфейс функції “Обробник параметрів”

Програма PC1D має відкритий код, і тому в ході моделювання було прийнято рішення додати нову процедуру для розрахунків (під назвою “Обробник параметрів”). Процедура “Обробник параметрів” (рис. 1) призначена для швидких підрахунків значень вихідних даних під час варіювання параметрами сонячного елемента.

Унаслідок використання цієї процедури складається таблиця, в якій записані всі значення вхідних параметрів і відповідно для них розраховані вихідні дані. Керуючись цією таблицею, можна легко визначити при яких значеннях вхідних параметрів вихідні є

максимальними.

Окрім створення процедури, програма PC1D була перекладена українською мовою, а також створена детальна інструкція з користування цим програмним забезпеченням.

Для проведення розрахунків був вибраний найраціональніший алгоритм, який мав не лише практичний, але і методичний характер.

Параметри сонячного елемента можна умовно розділити на три групи: параметри пристрою, параметри матеріалу і параметри збудження. Дослідження проводилися на моделі сонячного елемента на основі комерційного мультикристалічного кремнію. Варіюючи параметрами кожної групи, за допомогою процедури “Обробник параметрів” були отримані такі їх комбінації, при яких ефективність сонячного елемента була максимальною.

На моделі сонячного елемента досліджувалися залежності струму короткого замикання, напруги холостого ходу, коефіцієнта заповнення і коефіцієнта корисної дії від таких параметрів: температура, товщина текстурованого шару, площа пристрою, концентрація легуючих домішок, коефіцієнт поглинання і час життя нерівноважних носіїв заряду.

Виходячи з результатів моделювання, високу ефективність фотоелектричних перетворювачів можна досягти варіюючи комбінаціями його параметрів. ККД сонячного елемента можна підвищити, формуючи електричне поле біля тильної поверхні за рахунок градієнта концентрації домішки. За рахунок підвищення часу життя в базовому шарі майже досягнуте граничне оптимальне значення струму короткого замикання J_{SC} , втрати на відбиття світла мінімізовані в текстурованих елементах, зростання J_{SC} поліпшено за рахунок поглинаючих властивостей. Зростання коефіцієнта заповнення ff і напруги холостого ходу V_{OC} досягнуто через оптимізацію концентрацій носіїв заряду і профілів в базовому і дифузійних шарах.

У високоефективних сонячних елементах з метою зниження опору бази R_S і збільшення V_{OC} була збільшена концентрація легуючих домішок N_D в дифузійному шарі; концентрація акцепторних домішок N_A в базі може бути при цьому різною.

Зі зростанням концентрації носіїв заряду по обидві сторони від переходу струм насичення повинен зменшуватися, і при $N_A = 3,5 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$ ККД повинен досягати максимального значення близько 22% (при АМ1.5). Звичайно, коли концентрація акцепторів N_A (у випадку бази p -типу) стає дуже високою, зменшення μ_n і τ_n зумовлює зниження J_{SC} при $N_A > 1 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$ (питомий опір базового шару p -типу близько 0,05 Ом·см). Ця обставина суттєво відбивається на ККД сонячного елемента.

Аналіз втрат енергії надзвичайно корисний при оптимізації елементів. Оцінивши перспективи зниження втрат енергії кожного виду, оптимізацію приладів можна проводити, усуваючи втрати якого-небудь одного вигляду.

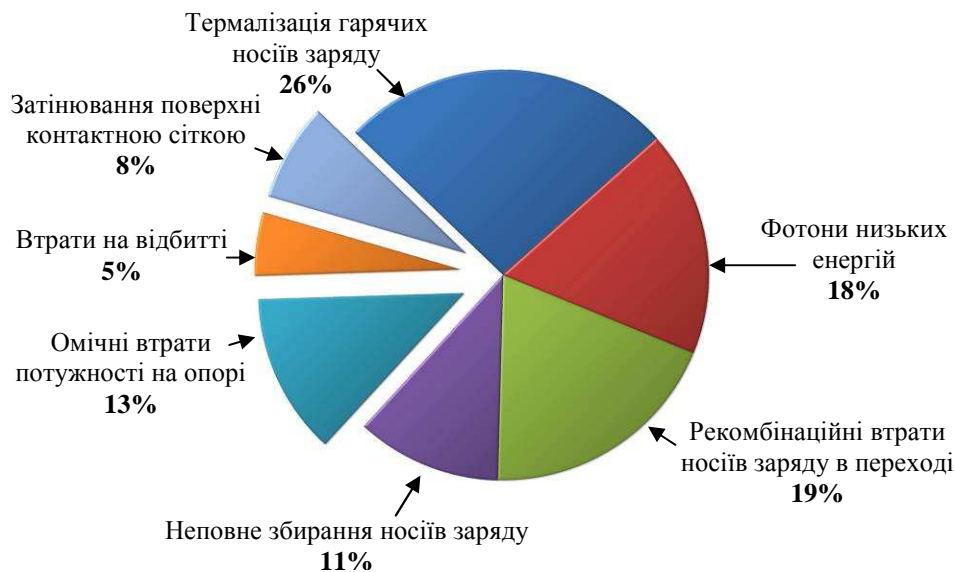


Рис. 2. Аналіз втрат енергії

Втрати енергії (рис. 2) можна розділити на такі основні складові [2]:

1. Фотоактивне поглинання фотонів з енергією більше ширини забороненої зони, що супроводжує подальшу рекомбінацію на фронтальній поверхні і термалізацію гарячих носіїв заряду, які генеруються цими фотонами.
2. Проходження через елемент фотонів низьких енергій, що не супроводжуються генерацією електронно-діркових пар.
3. Неповне збирання носіїв заряду, що генеруються.
4. Рекомбінаційні втрати носіїв заряду в переході, що визначаються діодними параметрами.
5. Омичні втрати потужності на послідовному і шунтуючому опорах (що зазвичай враховуються у коефіцієнті заповнення).
6. Втрати на відбиття.
7. Затінювання поверхні контактною сіткою.

Серед перелічених видів втрат енергії лише два перших є неусувними, якщо лише не застосовуються структури зі змінною шириною забороненої зони або оптичні пристрої з розділенням спектра сонячного випромінювання. Втрати третього і четвертого видів визначаються як законами термодинаміки, що накладають обмеження

на ефективність розділення носіїв заряду, так і власне діодними параметрами. Останні види втрат належать до тих, що можуть бути усуненими.

З урахуванням аналізу втрат енергії були проведені розрахунки за допомогою програмного забезпечення PC1D, з яких видно, що максимальний теоретичний ККД сонячного елемента становить 25,4% (за умови освітлення сонячним випромінюванням зі спектром АМ1.5 з урахуванням всієї площі елемента).

На основі теоретичних досліджень фізичних процесів фотоелектричних систем був створений інформаційний портал, присвячений фотоелектроенергетиці (solar.aliev-elchin.com). Портал створено для людей, що бажають отримати базові уявлення про принципи роботи і конструкції кремнієвих сонячних елементів і фотоелектричних систем на їхній основі.

-
1. Чопра К. Тонкопленочные солнечные элементы. Пер. с англ. с сокращениями / К. Чопра, С. Дасю. – М. : МИФИ, 1996. – 435 с.
 2. Фаренбрух А. Солнечные элементы. Теория и эксперимент / А. Фаренбрух, Р. Бьюб. – М. : Энергоатомиздат, 1997. – 280 с.

WAYS OF INCREASE IN EFFICIENCY OF SOLAR ELEMENTS BASED ON MULTICRYSTAL SILICON

E. Aliev, A. Yanovskyi

Zaporizhzhya national university
Zhukovskogo Str., 66, 69600 Zaporizhzhya, Ukraine
e-mail: studio@aliev-elchin.com, yanovskyi@zsu.zp.ua

Physical processes that determine photoelectric systems characteristics were investigated. For modeling of physical processes and calculations of main parameters of solar elements PC1D software (version 5.9) has been used. Ways of efficiency increase of solar elements are defined. The analysis of energy losses, which is extremely useful for optimization of solar cell design, has been fulfilled. The maximum efficiency of a solar element has been estimated theoretically.

Key words: solar elements, multicrystalline silicon, software PC1D, the analysis of losses of energy of a solar cell.

**ПУТИ УВЕЛИЧЕНИЯ КПД СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ОСНОВЕ
МУЛЬТИКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО КРЕМНИЯ****Э. Алиев, А. Яновский**

*Запорожский национальный университет
ул. Жуковского, 66, 69600 Запорожья, Украина
e-mail: studio@aliev-elchin.com, yanovsky@zsu.zp.ua*

Исследованы физические процессы, которые лежат в основе фотоэлектрических систем. Для моделирования физических процессов и расчетов основных параметров солнечных элементов было использовано программное обеспечение PC1D версии 5.9. Установлены пути увеличения КПД солнечных элементов. Был сделан анализ потерь энергии, который очень полезен при оптимизации конструкции элементов. Теоретически оценено значение максимального КПД солнечного элемента.

Ключевые слова: солнечные элементы, мультикристаллический кремний, программное обеспечение PC1D, анализ потерь энергии солнечного элемента.

Стаття надійшла до редколегії 09.06.2009

Прийнята до друку 07.06.2010