

Одеський національний університет імені І.І.Мечникова (ОНУ ім. І.І.Мечникова)

**Реєстраційний номер
проекту**

Ф73/22578

Керівник організації-виконавця проекту

Коваль Ігор Миколайович
(прізвище, ім'я та по батькові)

підпис

" ____ " _____ 2016 р.

М.П.

З А П И Т

НА ФІНАНСУВАННЯ НАУКОВОГО / НАУКОВО-ТЕХНІЧНОГО ПРОЕКТУ

Назва проекту: Гетеропереходи полімер-нанокремній як основа органічних композитних фотодетекторів та сонячних елементів

Конкурс: **Ф73 на грантову підтримку науково-дослідних проектів Державного фонду фундаментальних досліджень і Білоруського республіканського фонду фундаментальних досліджень**

Виконавці даного проекту, відповідно до п. 6 ст. 6 Закону України "Про захист персональних даних", надають свою згоду щодо обробки своїх персональних даних у "Базі даних конкурсів Державного фонду фундаментальних досліджень"

Керівник проекту: Лепіх Ярослав Ілліч

Виконавці:

Євтух	Анатолій	Лепіх	Ярослав	Ілліч
Євтух	Анатолій			Антонович
Бритавський	Євген			Антонович
Прокопчук	Вікторія			Вікторович
				Михайлівна

2016 НАЗВА ПРОЕКТУ

(українською мовою) Гетеропереходи полімер-нанокремній як основа органічних

композитних фотодетекторів та сонячних елементів
(англійською мовою) Polymer- Nanosilicon Heterojunctions as a Base for Organic Composite Photodetectors and Solar Cells

Інформація про партнера:

Організація партнера: Науково-практичний центр Національної академії наук Білорусі по матеріалознавству. / SSPA "Scientific-Practical Materials Research Centre of NAS of Belarus"

Керівник проекту з білоруської сторони: Башкіров Семен Олександрович / Simon Alexandrovich Bashkirov

Участь білоруського партнера у проекті: Аналіз мікро і наноструктури плінок нанокристаллического кремния. Исследование структуры, состава и топологических размеров органических плінок с кремниевыми нанокристаллическими включениями.

Спрямування:

оптоелектроніка та сенсорика

КЕРІВНИК ПРОЕКТУ

Лепіх Ярослав Ілліч (Lepikh Yaroslav Illich)

Дата народження 28.04.1947 **Стать** Чоловіча

Наукове звання Професор (2006р.)

Науковий ступінь

- Доктор Фізико-математичних наук; Фізика напівпровідників і діелектриків (2001);

Освіта

- Спеціаліст. Одеський політехнічний інститут, (інженерно-фізичний) 1970р.

Найвищі наукові досягнення

Три монографії, один навчальний курс, лауреат Державної премії України у галузі науки і техніки, заслужений діяч науки і техніки України, понад 30 винаходів, статті, доповіді

Попередня участь у конкурсах ДФФД (номери проектів) Ф55/183-К, Ф38/359-К

Дослідження за даною темою підтримується :

Місце основної роботи виконавця Одеський національний університет імені І.І. Мечникова

Посада за основним місцем роботи Директор

Телефон службовий 380487233461 **Телефон домашній** 380487662411

E-mail ndl_lepikh@onu.edu.ua

Лідером якого наукового напрямку і дослідницької групи є керівник проекту :

Керівник проекту є лідером в області фізики напівпровідників і діелектриків, технології виготовлення напівпровідникових мікро- та наноструктур і пристроїв сенсорної електроніки. Автор понад 350 наукових праць, в т.ч. 3 монографій, 5

навчальних посібників і понад 30 винаходів, лауреат Державної премії у галузі науки і техніки за 2011 р, заслужений діяч науки і техніки України.

ВИКОНАВЦІ

Лепіх Ярослав Ілліч (Lepikh Yaroslav Illich)

Дата народження 28.04.1947 **Стать** Чоловіча

Освіта

- Спеціаліст. Одеський політехнічний інститут, (інженерно-фізичний) 1970р.

Найвищі наукові досягнення

Три монографії, один навчальний курс, лауреат Державної премії України у галузі науки і техніки, заслужений діяч науки і техніки України, понад 30 винаходів, статті, доповіді

Місце основної роботи виконавця Одеський національний університет імені І.І. Мечникова

Посада за основним місцем роботи Директор

Телефон службовий 380487233461

E-mail

Євтух Анатолій Антонович (Evtukh Anatoliy Antonovich)

Дата народження 04.03.1955 **Стать** Чоловіча

Освіта

- Докторантура. Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова 2015р.

Найвищі наукові досягнення

Лауреат державної премії України в галузці науки і техніки, 3 монографії, 2 навчальні курси

Місце основної роботи виконавця Інститут фізики напівпровідників ім. ВА.Є. Лашкарьова

Посада за основним місцем роботи Керівник (завідувач, начальник) відділу

Телефон службовий (+38-044) 525-62-07

E-mail

Євтух Анатолій Антонович (Evtukh Anatoliy Antonovich)

Дата народження 04.03.1955 **Стать** Чоловіча

Освіта

- Докторантура. Львівський політехнічний інститут, електрофізичний факультет 1977р.

Найвищі наукові досягнення

Лауреат державної премії України в галузці науки і техніки, 3 монографії, 2 навчальні курси

Місце основної роботи виконавця Інститут фізики напівпровідників ім. В.А.Є. Лашкарьова

Посада за основним місцем роботи Керівник (завідувач, начальник) відділу

Телефон службовий (+38-044) 525-62-07

E-mail

Брита́вський Євге́н Ві́кторович (Brytavskii Yevgen Viktorovych)

Дата народження 30.12.1987 **Стать** Чоловіча

Освіта

- Аспірантура. Одеський національний університет імені І.І. Мечникова 2014р.

Найвищі наукові досягнення

Монографія, 2 гранти Еразмус

Місце основної роботи виконавця Одеський національний університет імені І.І. Мечникова

Посада за основним місцем роботи Науковий співробітник

Телефон службовий +380487233461

E-mail

Прокопчу́к Ві́кторія Миха́йлівна (Prokopchuk Viktoriya Mykhajlivna)

Дата народження 22.04.1992 **Стать** Жіноча

Освіта

- Магістр. Інститут високих технологій КНУ імені Тараса Шевченка 2015р.

Найвищі наукові досягнення

Місце основної роботи виконавця Інститут високих технологій КНУ імені Тараса Шевченка

Посада за основним місцем роботи Аспірант

Телефон службовий

E-mail

РЕФЕРАТ

(українською мовою)

В рамках даного проекту будуть розроблятися технології отримання композитних органічних плівок з гетеропереходами полімер-нанокремній і створення фотоелектричних перетворювачів на їх основі. Будуть отримані полімерні плівки з різним вмістом нанокристалів кремнію та досліджені їх електричні та фотоелектричні

(поглинання світла, генерація носіїв заряду) характеристики. Це дасть змогу виявити механізми електронного транспорту та фоточутливості і оптимізувати технологію отримання нанокомпозитної плівки полімер-нанокремній. На основі нанокомпозитних плівок з гетеропереходами полімер-нанокремній будуть сформовані структури фотодетекторів та сонячних елементів, функціонування яких базується на фотоіндукованому переносі електронів від донорів до акцепторів, і визначені їх параметри. Для покращення характеристик пристроїв будуть створюватись багатоперехідні структури, отримуватись матеріали з нижчою шириною забороненої зони та більшою рухливістю носіїв заряду шляхом формування кластерів нанокристалів кремнію. Особлива увага буде приділятися покращенню стабільності та підвищенню ефективності перетворення сонячної енергії в електричну.

(англійською мовою)

The technologies of composite organic film with polymer-nanosilicon heterojunction and the creation of photodetectors and solar cells based on them will be developed in the frame of this project. The polymer films with different content of silicon nanoclusters will be obtained and their electrical and photovoltaic (light absorption, the generation of charge carriers) characteristics will be investigated. This will allow to clarify the mechanisms of electron transport and photosensitivity and to optimize the technology of nanocomposite polymer-nanosilicon films. The photodetectors and solar cells, the operation of which is based on the photoinduced transfer of electrons from donor to acceptor, will be created and their parameters will be determined. To improve the performance of devices the multi-junction structures, materials obtained with a lower bandgap and higher charge carrier mobility will be created by forming clusters of silicon nanocrystals. Special attention will be paid to improving the stability and the efficiency of converting of the solar energy into electricity.

КЛЮЧОВІ СЛОВА ПРОЕКТУ

українською : • Гетероперехід, • Полімер, • Нанокремній, • Фотодетектор, • Фотоелектричний перетворювач

англійською : • Heterojunction, • Polymer, • Nanosilicon, • Photodetector, • Solar cell

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА ВЛАСНІСТЬ

Наявність know how

Чи є автори проекту авторами наукової ідеї, на якій ґрунтується проект

ОПИС ПРОЕКТУ

Мета проекту:

Дослідження та розробка композитних плівок з гетеропереходами полімер-нанокремній для створення органічних фотоелектричних перетворювачів.

Сучасний стан проблеми у світі та в Україні:

Невпинне зростання світового споживання енергії призводить до виникнення цілого

ряду екологічних, технічних, соціальних та екологічних проблем. Глобальне потепління та інші екологічні проблеми укупі з вичерпанням викопних енергоносіїв обумовлюють великий інтерес, що проявляється у всьому світі до сонячної енергетики та інших поновлюваних джерел енергії. Енергетична незалежність стає одним з найголовніших чинників безпеки країн. Ринок сонячних батарей дуже швидко росте і змінюється. В період з 2000 -2015 років він зріс приблизно в 155 разів. Незважаючи на той факт, що доля сонячної енергетики є ще досить незначною в загальному енергоспоживанні (складає приблизно 2%), її вклад зростає з кожним роком. В даний час виробництво сонячних батарей в основному базується на кремнії (~91%: монокристалічний Si – 38%, мультикристалічний Si -46%, аморфний Si – 4% та Si стрічки – 3%). Кремнієвий матеріал служить основою масового виготовлення ефективних сонячних перетворювачів. Разом з тим висока вартість сонячних батарей є фактором, який стримує їх масове використання. Зменшення вартості можна досягти при виготовленні тонкоплівкових фотоелектричних перетворювачів. Але в цьому випадку їх ефективність, стабільність і термін служби є значно нижчими. Тому в даний час проводиться невпинний пошук нових матеріалів, структур і конструкцій для отримання високоефективних і дешевих фотоелектричних перетворювачів. Останнім часом велика увага приділяється дослідженням та створенню тонких плівок з нанокристалічними включеннями, гетеропереходів на основі наноструктур, наноструктурованих поверхонь, що є важливим з точки зору отримання структур з підвищеною здатністю поглинання світла, фотоелектричного перетворення. В свою чергу ефективність фотоелектричного перетворення визначається ефективністю поглинання світла, термодинамічною ефективністю, ефективністю розділення носіїв заряду та ефективністю струмопереносу. Інтерес до органічних сонячних елементів сильно зріс в останні роки, в зв'язку з їх цікавими властивості з точки зору захоплення світла і генерації фотоструму, в поєднанні з перспективою високої продуктивності і низькою вартістю виготовлення. Багато органічних напівпровідників демонструють дуже високі коефіцієнти поглинання, що робить їх перспективними сполуками для фотоелектричних пристроїв. Проте, в порівнянні з кремнієвими сонячними елементами, які домінують на ринку в даний час в основному у вигляді монокристалічних і полікристалічних матеріалів, органічні напівпровідники, які представляють інтерес для фотоелектричних застосувань, як правило, аморфні або полікристалічні, хоча монокристали існують також. Перевагою більш високого ступеню неупорядкованості є простіші і дешевші технологічні процеси в вартісному, а також енергетичному вираженні. Органічні напівпровідники термічно випаровують при низьких температурах у порівнянні з неорганічними кристалами, або наносяться способом трафаретного друку або покриттям при кімнатній температурі з розчину. Неорганічні напівпровідникові прилади, як правило, вимагають стадії високотемпературної обробки, які часто перевершують 1000 °С, хоча останні розробки направлені на вирішення цієї проблеми. Повертаючись до органічних матеріалів, хоча і вони дають і нижчу ефективність сонячних елементів, структура витрат, а також енергетичний баланс можуть бути дуже

сприятливими. На жаль, інші властивості, такі як перенесення заряду більш обмежені: кристали дозволяють електронам рухатися майже вільно, в той час як в неупорядкованих речовинах відсутність дальнього порядку призводить до стрибкоподібного переходу електронів з одного локалізованого стану до іншого. Проте, мала рухливість не є основним обмежуючим фактором для органічних фотодетекторів і сонячних батарей; інші властивості мають більш важливе значення, але в більшості випадків вони можуть бути подолані.

Основні ідеї, гіпотези, результати попередніх досліджень і розробок, які покладено в основу проекту:

Для широкого використання перетворення сонячної енергії в електричну і комерційного впровадження сонячної енергетики необхідно одночасно збільшити ефективність і знизити ціну елемента сонячної батареї. Основний механізм, що обмежує ККД (коефіцієнт корисної дії) сонячного елемента пов'язаний з тим, що сонячна батарея ефективно перетворює тільки невеликий діапазон частот сонячного спектру. Вільні носії заряду утворюються тільки тими фотонами, енергія яких більше або дорівнює ширині забороненої зони, і тому фотоелектричний відгук одноперехідного елемента створюється тільки тими фотонами, енергія яких вище ширини забороненої зони, а фотони меншої енергії не використовуються. Для розширення використовуваного енергетичного спектру сонячного світла досліджуються і розробляються багатоперехідні сонячні елементи, які працюють зі значно більшою частиною сонячного спектра, ефективність фотоелектричного перетворення у них значно вища.

Перспективним з точки зору зниження вартості фотоелектричних пристроїв є використання тонкоплівкових фотодетекторів та сонячних фотоелементів.

Актуальними напрямками досліджень і розробок в даний час є використання дешевих тонкоплівкових органічних фотоелектричних перетворювачів, і зокрема на основі гетеропереходів полімер-нанокремній. В основу проекту покладені наступні ідеї:

- збільшення ефективності поглинання світла фотоелектричним перетворювачем в результаті створення багато перехідних структур;
- збільшення ефективності поглинання світла і розширення спектрального діапазону за рахунок отримання матеріалу з нижчою шириною забороненої зони;
- збільшення рухливості носіїв заряду і зменшення їх рекомбінації за рахунок формування нанорозмірних фаз полімер-нанокремній.

Реалізація вищевказаних ідей дасть змогу підвищити ефективність фотоелектричного перетворення світлової енергії в електричну тонкоплівковими органічними фотодетекторами та сонячними елементами на основі гетеропереходу полімер-нанокремній.

Наявна матеріально-технічна база :

Експериментальні дослідження за проектом будуть виконуватись на матеріально-

технічній базі Одеського національного університету імені І.І. Мечникова і Інституту напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України. У вказаних організацій є цілий комплекс необхідного технологічного та контрольно-аналітичного обладнання для отримання кремнієвих нанокристалів та нанокompозитних плівок і їх ретельного дослідження. Зокрема установки та обладнання, що будуть використані в процесі реалізації Проекту: 1. Установка іонно-плазмового розпилення діелектричних, напівпровідникових і металічних плівок. 2. Установка хімічного осадження з парогазової фази (CVD). 3. Установка для проведення термічних обробок при різному газовому оточенні. 4. Установка магнетронного розпилення металічних плівок. 5. Методика вимірювання вольт-амперних характеристик ($I_{min}=10-12$ А). 6. Методика вимірювання вольт-фарадних характеристик (частота тестуючого сигналу 20 Гц-1 МГц). 7. Установка для контролю параметрів напівпровідникових пристроїв. 8. Установка для дослідження фотолюмінесценції. 9. Установка для досліджень методом ІЧ-спектроскопії. 10. Атомно-силовий мікроскоп.

Необхідна матеріально-технічна база :

Ультразвукова ванночка, технологічні гази, кислоти

Обґрунтування необхідності виконання проекту (науковий і соціальний ефект від виконання проекту, галузі можливого впровадження розробки):

Передбачається, що отримані результати будуть використані для розробки фотодетекторів та фотоелектричних перетворювачів, які знайдуть широке використання не лише у сонячній енергетиці (ПАТ «Квазар», ЦКБ «Кварц», м. Київ), а й у таких галузях народного господарства України, як діагностування матеріалів для електронної техніки (Науково-виробниче підприємство «Карат», м. Львів), у термоелектричних перетворювачах (НВО «Термоприлад», м. Львів, Інститут термоелектрики НАН України, м. Чернівці), а також у наукових дослідженнях Інституту фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України, Одеського національного університету імені І.І. Мечникова, НУ «Львівська політехніка». Фотоелектричні перетворювачі будуть мати кращі вартісні і прийнятні технічні характеристики в порівнянні з існуючими аналогами за рахунок використання тонких органічних плівок з гетеропереходами полімер-нанокремній. За високої якості продукції, зменшення її собівартості в порівнянні з аналогами, а також при наявності експортних можливостей термін окупності буде тривати не більше десяти років. Виробництво нової продукції сприятиме розвитку електронного приладобудування України, продукція буде поставлятися в межах України, а також в країни Східної Європи. Будуть створені нові робочі місця. Продукція буде рентабельною, що приведе до поповнення дохідної частини бюджету України. За результатами виконання проекту передбачається отримати 1 патент України, подати 1 заявку на отримання патенту України, опублікувати не менше 2 статей у фахових журналах, зробити не менше 2 доповідей на конференціях міжнародного рівня, результати досліджень будуть

використані під час написання однієї кандидатської дисертації. Нові наукові знання, одержані в результаті виконання проекту, будуть використані у навчальному процесі для підготовки студентів.

ОЦІНКА СТАНУ ПРОБЛЕМИ

досліджено та обгрунтовано наукові аспекти.....	60%
досліджено та обгрунтовано технічні аспекти проекту.....	60%
розроблено робочу документацію.....	30%
досліджено та обгрунтовано економічні аспекти проекту.....	50%
наявність матеріально-технічної бази.....	90%
наявність необхідного персоналу та фахівців.....	100%

Новизна, оцінка :

В проекті передбачається отримати органічні композитні плівки з гетеропереходами полімер-нанокремній та дослідити їх електричні та фотоелектричні характеристики. На їх основі будуть створені тонкоплівкові органічні фотодетектори та сонячні елементи з покращеними параметрами при збереженні їх низької вартості виготовлення. Формування багато перехідних структур та нанорозмірних фаз з кластерів фулеренів та фулеритів дасть змогу значно підвищити ефективність поглинання світла та розширити спектральний діапазон, збільшити рухливість носіїв заряду та зменшити ймовірність їх рекомбінації. Розроблені технології та результати досліджень структурованих органічних плівок з гетеропереходами полімер-нанокремній є перспективними для приладного застосування. Зокрема, будуть використані для створення фотодетекторів та високоефективних фотоелектричних перетворювачів з підвищеною ефективністю генерації вільних носіїв заряду та більшою ефективністю поглинання сонячного випромінювання широкого спектру. За рахунок цього буде підвищення ефективності перетворення оптичної енергії в електричну за допомогою органічних фотоелектричних перетворювачів (сонячних елементів).

ПРОГНОЗ ВИКОРИСТАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ:

Економія енергоресурсів, матеріалів (сировини)
 Новизна в галузі прикладних наук
 Новизна в галузі фундаментальних наук
 Покращення стану навколишнього середовища

ВПРОВАДЖЕННЯ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ:

Експериментальний зразок продукції
 Науковий звіт (відповідно ДСТ 3008-95)

ВЛАСНА ОЦІНКА НАУКОВОЇ, НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ РОЗРОБКИ:

На рівні існуючих у світі аналогів

НАЙБІЛЬШ ВАЖЛИВІ ПУБЛІКАЦІЇ:

1. Лепіх Я. І., Назаренко О.А., Назаренко Ф.А. Про можливість використання акустичного поля для нанесення нанопокриттів // Фізика і хімія твердого тіла. 2011.- Т. 12, № 2, С. 500-503.
2. Ya. I. Lepikh, I.A. Ivanchenko, L.M. Budiyanskaya. Uncooled p(Pb_{1-x}Sn_xSe)-n(CdSe) heterostructure-based photodetector for the far infrared spectral range // Semiconductor Physics, Quantum Electronics & Optoelectronics. 2014. V.17, N.4. P. 408-411.
3. Ya. I. Lepikh, I. A. Ivanchenko, and L. M. Budiyanskaya
STRIPLINE-TYPE PHOTODETECTOR BASED ON THE NARROW-GAP TERNARY COMPOUND Hg_{1-x}Cd_xTe FOR THE FAR IR REGION // Journal of Engineering Physics and Thermophysics, Vol. 86, No. 1, January
4. V.A. Borschak, Ie.V. Brytavskyi, V.A. Smyntyna, Ya. I. Lepikh, A.P. Balaban, N.P. Zatovskaya. Influence of internal parameters on the signal value in optical sensor based on the non-ideal heterostructure CdS-Cu₂S. // Semiconductor Physics, Quantum Electronics, & Optoelectronics, 2012. V. 15, N 1.-P.41-43.
5. Лепіх Я. І., Гордієнко Ю.О., Дзядевич С.В., Дружинін А.О., Євтух А.А., Ленков С.В., Мельник В.Г., Проценко В.О., Романов В.О.. Інтелектуальні вимірювальні системи на основі мікроелектронних датчиків нового покоління. // Монографія. Одеса: Астропринт.-2011.- 352 с.
6. A. V. Glushkov, V. B. Ternovsky, S. V. Brusentseva, A. V. Duborez, Ya. I. Lepikh
NONLINEAR DYNAMICS OF RELATIVISTIC BACKWARD-WAVE TUBE IN SELF-MODULATION AND CHAOTIC REGIME // PHOTOELECTRONICS, INTER-UNIVERSITIES SCIENTIFIC ARTICLES, 24, 2015, 77-87
7. Лепіх Я.І., Дружинін А.О., Євтух А.А., Ленков С.В. Мікроелектронні сенсори на основі наноматеріалів для військового і цивільного застосування // Збірник наукових праць Військового інституту Київського нац. ун-ту ім. Т. Шевченка. – К., 2011. – № 33. – С. 33 – 45
8. Я. И. Лепих, И.А. Иванченко, Л.М. Будиянская. Фотоприемник типа полосковой линии для дальней ИК-области спектра на основе узкозонного тройного соединения Hg_{1-x}Cd_xTe. // Инженерно-физический журнал, 2013, Т.86, № 1.-С. 226-231.
9. T.I. Lavrenova, T.N. Bugayova., N.P. Zatovskaya, P.O. Snigur. Annealing temperature modes influence on properties of heterophase nanocomposites based on ceramics “glass – Ag-Pd” systems // J. Functional Materials.- Vol. 21, No. 3 (2014). – P. 297-301.
10. Я.І.Лепіх, А.А.Євтух, В.О.Романов Сучасні мікроелектронні датчики для інтелектуальних систем // Вісн. НАН України, 2013, №4.- С.40-49

ОРГАНІЗАЦІЯ-ВИКОНАВЕЦЬ

Одеський національний університет імені І.І.Мечникова (ОНУ ім. І.І.Мечникова)

The Odessa I.I. The Odessa I.I. Mechnikov National University National University (I.I.

Mechnikov ONU)

Підпорядкованість Міністерство освіти і науки (МОН)

Юридична адреса ул. Дворянская, 2, Одесса, 650082, Украина

Поштова адреса ул. Дворянская, 2, Одесса, 650082, Украина

Регіон Одеська обл.

Код організації (ЗКПО) 02071091

WWW сторінка onu.edu.ua

ФІНАНСОВІ АСПЕКТИ ПРОЕКТУ

Статті витрат	Загалом (тис. грн.)	I етап (тис. грн.)	II етап (тис. грн.)
1. Витрати на оплату праці	18		
2. Відрахування на соціальне страхування	6,48		
3. Матеріали	1,92		
4. Паливо і енергія для науково-виробничих цілей	0,00		
5. Витрати на службові відрядження	0,00		
6. Спец устаткування для наукових (експериментальних) робіт	0,00		
7. Витрати на роботи, які виконуються сторонніми організаціями	20,00		
8. Інші витрати	0,00		
9. Накладні витрати	3,60		
Всього витрат	50,00		

24/06/2016 - 14:44

дата заповнення запиту