

# Облікова картка дисертації

## I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0824U002747

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 25-07-2024

Статус: Наказ про видачу диплома

Реквізити наказу МОН / наказу закладу: №150-к від 23.09.2024р.



## II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Стратілат Дмитро Петрович

2. Dmytro P. Stratilat

Кваліфікація: 01.04.07

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-4682-4569

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 104

Назва наукової спеціальності: Фізика та астрономія

Галузь / галузі знань: природничі науки

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: 47753 Фізика ядра, елементарних частинок та високих енергій; ядерно-фізичні установки; радіаційна фізика конденсованого стану; фізика плазми та ядерного синтезу

Дата захисту: 06-09-2024

Спеціальність за освітою: Атомна енергетика

Місце роботи здобувача: Інститут ядерних досліджень Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 23724640

Місцезнаходження: проспект Науки, буд. 47, Київ, 03028, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

### III. Відомості про організацію, де відбувся захист

**Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради):** ID 6699

**Повне найменування юридичної особи:** Інститут ядерних досліджень Національної академії наук України

**Код за ЄДРПОУ:** 23724640

**Місцезнаходження:** проспект Науки, буд. 47, Київ, 03028, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:**

### IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію

**Повне найменування юридичної особи:** Інститут ядерних досліджень Національної академії наук України

**Код за ЄДРПОУ:** 23724640

**Місцезнаходження:** проспект Науки, буд. 47, Київ, 03028, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:**

### V. Відомості про дисертацію

**Мова дисертації:** Українська

**Коди тематичних рубрик:** 47.09.29, 58.35.09

**Тема дисертації:**

1. Вплив радіаційних дефектів на характеристики гомоперехідних світлодіодів (GaP; GaAsP) та гетероперехідних (InGaN/GaN)
2. Influence of radiation defects on the characteristics of homojunction (GaP; GaAsP) and heterojunction (InGaN/GaN) LEDs

**Реферат:**

1. Дисертаційна робота присвячена встановленню впливу опромінення електронами з  $E = 2 \text{ MeV}$ ,  $\gamma$  – квантами  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{60}\text{Co}$ , нейтронами реактора, на характеристики гомоперехідних GaP, GaAsP світлодіодів, а також світлодіодів із квантовими ямами InGaN/GaN. Перший розділ містить аналіз літературних джерел, в яких напрямки досліджень близькі до теми дисертації. Розглянуті властивості вихідних гомоперехідних світлодіодних структур GaP та GaAsP та гетероперехідних InGaN із квантовими ямами. Наведені результати аналізу дії відпалу на основні параметри і характеристики опромінених зразків. Описано специфіку взаємодії ультразвукової хвилі із вихідними порушеннями і радіаційними дефектами кристалічної ґратки, опрацьовано і узагальнено інформацію про досягнення в області наукового пошуку, сучасних тонких технологій, особлива

увага звернута на застосування інжекційних джерел світлення і їхню радіаційну стійкість. У другому розділі висвітлена методика проведення експерименту – приготування зразків до опромінення, описана конструкція і принцип дії вимірювальних пристроїв, пристосувань для опромінення електронами/ Третій розділ містить результати досліджень деградаційно-відновних явищ, властивих вихідним та опроміненими електронами світлодіодів GaP. Проаналізовано вплив радіаційних дефектів на спектри випромінювання СД. У четвертому розділі розглянуто особливості вольт-амперних характеристик світлодіодів, одержаних на основі твердих розчинів GaP-GaAs. Наведено результати досліджень впливу електронного опромінення ( $E = 2 \text{ MeV}$ ,  $\Phi = 3 \cdot 10^{14} \text{ ? } 2,6 \cdot 10^6 \text{ см}^{-2}$ ) на основні електрофізичні параметри діодів GaAs<sub>1-x</sub>P<sub>x</sub> ( $x = 0,85$  – жовті,  $x = 0,45$  – помаранчеві). Виявлено зростання диференційного опору, послідовного опору бази та бар'єрного потенціалу. Проаналізовано процеси відновлення досліджуваних зразків при ізохронному відпалі, обговорюються механізми деградаційно-відновних явищ. П'ятий розділ містить результати досліджень оптичних характеристики вихідних світлодіодів GaAs<sub>1-x</sub>P<sub>x</sub> та опромінених електронами з  $E = 2 \text{ MeV}$ ,  $\Phi = 10^{15} \text{ ? } 10^{16} \text{ см}^{-2}$ . Проведено оцінку ширини забороненої зони твердого розчину GaAs<sub>1-x</sub>P<sub>x</sub> для  $x = 0,45$ . Розраховано коефіцієнти пошкодження часу життя неосновних носіїв заряду для опромінених світлодіодів GaAsP та проаналізовано наслідки впливу радіації на експлуатаційний параметр  $T_1$ , який визначає термостійкість роботи діодів. У шостому розділі досліджувались спектри випромінювання білих світлодіодів (СД) InGaN/GaN, основні складові яких – лінія синього СД з  $\lambda_{\text{max}} = 443 \text{ нм}$  та широка роздвоєна смуга вторинного випромінювання люмінофора AlT-YAG (Ce)  $\lambda = 500 \text{ ? } 650 \text{ нм}$ . У розділі показано, що немонотонна залежність інтенсивності світлення від температури зумовлена посиленням ефекту екранування внутрішніх полів вільними носіями, а також тепловим гасінням у результаті підвищення щільності фононного газу. У сьомому розділі показано, що у СД InGaN, при  $T \approx 180 \text{ K}$  на ВАХ виникають області від'ємного диференційного опору. Встановлено, що пробійні ділянки на ВАХ – результат міжбар'єрного тунелювання носіїв.

2. Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in Specialty 104 – Physics and Astronomy – Institute of Nuclear Research of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, 2024. The dissertation work is devoted to establishing the impact of exposure to the electrons with  $E = 2 \text{ MeV}$ ,  $\gamma$  - quanta of  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{60}\text{Co}$ , neutrons on characteristics of homojunction GaP, GaAsP LEDs, as well as LEDs with quantum wells InGaN/GaN. The first chapter contains a literary review of the scholarly knowledge related to the dissertation topic. It covers the properties of pristine homojunction LED structures GaP and GaAsP, as well as the heterojunction InGaN with quantum wells. The results of the analysis of the annealing effect on the main parameters and characteristics of irradiated samples are presented. The specifics of the interaction of the ultrasound wave with the initial irregularities and radiation defects of the crystal lattice are described, achievements in the field of scientific research and modern advanced technologies are processed and summarized. Special attention is given to the use of injection luminescence sources and their radiation resistance. The second chapter describes the experimental method – sample preparation for irradiation, the design and operation principle of measuring equipment, devices for irradiation with electrons. The third chapter contains the study of degradation and recovery phenomena inherent in pristine and electron-irradiated GaP LEDs. The influence of radiation defects on the emission spectra of the diodes was studied. The fourth chapter studies the features of the volt-ampere characteristics of LEDs grown based on GaP-GaAs solid solutions. It presents study results of the electron irradiation effect ( $E = 2 \text{ MeV}$ ,  $\Phi = 3 \cdot 10^{14} \text{ ? } 2,6 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-2}$ ) on the main electrophysical parameters of GaAs<sub>1-x</sub>P<sub>x</sub> diodes ( $x = 0,85$  – yellow,  $x = 0,45$  – orange). An increase in differential resistance, series resistance of the base, and barrier potential was identified. The recovery processes of the studied samples during isochronous annealing and the mechanisms of degradation-relaxation phenomena were analysed. The fifth chapter contains the results of the optical characteristics of GaAs<sub>1-x</sub>P<sub>x</sub> pristine LEDs and LEDs irradiated with electrons with  $E = 2 \text{ MeV}$ ,  $\Phi = 10^{15} \text{ ? } 10^{16} \text{ см}^{-2}$ . The band gap width of the GaAs<sub>1-x</sub>P<sub>x</sub> solid solution was estimated for  $x = 0.45$ . Lifetime damage coefficients of minority charge carriers for irradiated GaAsP LEDs were calculated, and the effects of radiation on the operating parameter  $T_1$ , which determines diode thermal stability, were analysed. The sixth chapter covers studies of the emission spectra of InGaN/GaN white LEDs, the main components of which are the blue LED line

with  $\lambda_{\text{max}} = 443 \text{ nm}$  and a wide bifurcated secondary emission band of the AlT-YAG phosphor ( $\lambda = 500 \text{ ? } 650 \text{ nm}$ ). The chapter shows that the non-monotonic dependence of the luminescence intensity on the temperature is caused by the strengthening of the shielding effect of the internal fields by free carriers, as well as by thermal quenching as a result of the increase in the density of the phonon gas. The seventh chapter shows that in InGaN LEDs at  $T \approx 180 \text{ K}$  at VAC appear areas with negative diffusion resistance. It is identified that the breakdown areas at VAC are the result of interbarrier carrier tunnelling.

### **Державний реєстраційний номер ДіР:**

**Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки:** Фундаментальні наукові дослідження з найбільш важливих проблем розвитку науково-технічного, соціально-економічного, суспільно-політичного, людського потенціалу для забезпечення конкурентоспроможності України у світі та сталого розвитку суспільства і держави

**Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності:** Освоєння нових технологій виробництва матеріалів, їх оброблення і з'єднання, створення індустрії наноматеріалів та нанотехнологій

**Підсумки дослідження:** Новий напрямок у науці і техніці

### **Публікації:**

- Д.П. Стратілат, Р.М.Вернидуб, О.І. Кириленко, О.В. Конорева, П.Г. Литовченко, В.П. Тартачник, М.М. Філоненко, Вплив опромінення на електрофізичні характеристики світлодіодів GaAsP. Ядерна фізика та енергетика 22(1) (2021) 056. (Q-3, SCOPUS, EBSCO) <https://doi.org/10.15407/jnpae2021.01.056>
- Д.П. Стратілат, Р. М. Вернидуб, О. І. Кириленко, О. В. Конорева, В. П. Тартачник, М. М. Філоненко, В. В. Шлапацька. Спектральні характеристики вихідних та опромінених світлодіодів GaAsP. Ядерна фізика та енергетика 22(2) (2021) 143. (Q-3, SCOPUS, EBSCO) <https://doi.org/10.15407/jnpae2021.02.143>
- D.P. Stratilat, O.G. Diakov, I.A. Maliuk, M.V. Strilchuk, V.V. Tryshyn. Calculation of spectrum and neutron flux density in experimental channels of WWR-M reactor. Ядерна фізика та енергетика 22(3) (2021) 243. (Q-3, SCOPUS, EBSCO) <https://doi.org/10.15407/jnpae2021.03.243>
- D.P. Stratilat, R.M.Vernydub, O.I.Kyrylenko, O.V.Konoreva, O.I. Radkevych, and V.P. Tartachnyk. Degradation-Reduction Features of Electrophysical Characteristics of Irradiated Gallium Phosphide Light-Emitting Diodes. ACTA PHYSICA POLONICA A. 140(2) (2021) (Q-3, SCOPUS) <https://doi.org/10.12693/APhysPolA.140.141>
- D.P. Stratilat, O.P. Budnyk, M.E. Chumak, V.P. Tartachnyk. Spectral features of pristine and irradiated white emitting InGaN LEDs with quantum wells. Semiconductor Physics, Quantum Electronics & Optoelectronics 27(2) (2024) 235. (Q-3, SCOPUS) <https://doi.org/10.15407/spqeo27.02.235>

**Наукова (науково-технічна) продукція:** матеріали; методи, теорії, гіпотези

**Соціально-економічна спрямованість:** створення принципово нової продукції (матеріалів, технологій тощо) для забезпечення експортного потенціалу та заміщенню імпорту; економія енергоресурсів; економія матеріалів; зменшення зносу обладнання

### **Охоронні документи на ОПВ:**

**Впровадження результатів дисертації:** Планується до впровадження

**Зв'язок з науковими темами:** 0116U002919 0116U008468 0121U112031 0121U110388

## **VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)**

### **Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Тартачник Володимир Петрович

2. Volodymyr P. Tartachyk

**Кваліфікація:** д.ф.-м.н., професор, 01.04.07

**Ідентифікатор ORCID ID:** Не застосовується

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Інститут ядерних досліджень Національної академії наук України

**Код за ЄДРПОУ:** 23724640

**Місцезнаходження:** проспект Науки, буд. 47, Київ, 03028, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:**

## VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

**Офіційні опоненти**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Оліх Олег Ярославович

2. Oleh Y. Olikh

**Кваліфікація:** д. ф.-м. н., професор, 01.04.07

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0003-0633-5429

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Київський національний університет імені Тараса Шевченка

**Код за ЄДРПОУ:** 02070944

**Місцезнаходження:** вул. Володимирська, буд. 60, Київ, 01033, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Насека Юрій Миколайович

2. Yuriy M. Naseka

**Кваліфікація:** д. ф.-м. н., с.д., 01.04.07

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-3431-8856

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Інститут фізики напівпровідників імені В. Є. Лашкарьова  
Національної академії наук України

**Код за ЄДРПОУ:** 05416952

**Місцезнаходження:** проспект Науки, буд. 41, Київ, 03028, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:**

## Рецензенти

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Ревка Володимир Миколайович

2. Volodymyr M. Revka

**Кваліфікація:** к. ф.-м. н., с.д., 01.04.16

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-8409-263X

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Інститут ядерних досліджень Національної академії наук  
України

**Код за ЄДРПОУ:** 23724640

**Місцезнаходження:** проспект Науки, буд. 47, Київ, 03028, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Пугач Валерій Михайлович

2. Valery M. Pugatch

**Кваліфікація:** д. ф.-м. н., професор, член-кор. НАН України, 01.04.16

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-5204-9821

**Додаткова інформація:** <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602130143>;  
<https://scholar.google.com.ua/citations?user=eFoR2KEAAAAJ>

**Повне найменування юридичної особи:** Інститут ядерних досліджень Національної академії наук  
України

**Код за ЄДРПОУ:** 23724640

**Місцезнаходження:** проспект Науки, буд. 47, Київ, 03028, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:**

## **VIII. Заключні відомості**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові  
голови ради**

Сугаков Володимир Йосипович

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові  
головуючого на засіданні**

Сугаков Володимир Йосипович

**Відповідальний за підготовку  
облікових документів**

Порицький Павло Віталійович

**Реєстратор**

УкрІНТЕІ

**Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є  
відповідальним за реєстрацію наукової  
діяльності**



Юрченко Тетяна Анатоліївна