Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0525U000414

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 24-09-2025

Статус: Захищена

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Братусь Олег Леонідович

2. Oleh Bratus

Кваліфікація: к. ф.-м. н., 01.04.07

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Вид дисертації: доктор наук

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 01.04.07

Назва наукової спеціальності: Фізика твердого тіла

Галузь / галузі знань: Не застосовується

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Не застосовується

Дата захисту: 24-09-2025

Спеціальність за освітою: Педагогіка і методика середньої освіти. Фізика

Місце роботи здобувача: Інститут фізики напівпровідників імені В. Є. Лашкарьова Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05416952

Місцезнаходження: проспект Науки, Київ, 03028, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): Д 26.199.01

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

Код за ЄДРПОУ: 05416952

Місцезнаходження: проспект Науки, Київ, 03028, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

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

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

Код за ЄДРПОУ: 05416952

Місцезнаходження: проспект Науки, Київ, 03028, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 29, 29.19, 29.19.09.09, 29.19.04

Тема дисертації:

1. Електронні процеси в нанокомпозитних плівках з кремнієвими та металевими наночастинками

2. Electronic processes in nanocomposite films with silicon and metal nanoparticles

Реферат/анотація:

1. Дисертацію присвячено дослідженню впливу температурної обробки на структурні, електрофізичні та оптичні властивості нанокомпозитних плівок SiOx (x<1), SiOx(Si)&FeyOz(Fe), SiOx(Si)&CuyOz(Cu), SiOx(Si)&AlyOz(Al), отриманих методом іонно-плазмового розпилення. Основна увага приділена з'ясуванню механізмів електропровідності, фазових перетворень і морфологічних змін у нанокомпозитних системах, які містять наночастинки кремнію, металів та їх оксидів, інкапсульовані в кремнієво-оксидну діелектричну матрицю. Розроблено технологію керованого формування складу та структури плівок шляхом варіювання площі металевих компонентів у мішені (Fe, Cu, Al) та співвідношенням Ar/O2 у робочому середовищі. Досліджено структурні властивості нанокомпозитних плівок, встановлено вплив відпалу на фазовий склад і морфологію плівок. Вперше встановлено зміну механізмів провідності зі стрибкової (Мотта, Ефроса–Шкловського) до струму обмеженого просторовим зарядом (СОПЗ), Пула–Френкеля та

тунелювання, залежно від температури та електричного поля. Показано, що термічний відпал може викликати перехід діелектрик–метал і навпаки, зумовлений перерозподілом густини станів та пасток поблизу рівня Фермі. Описано явище негативної диференціальної ємності на C–V характеристиках нанокомпозитних плівок SiOx із нанокластерами кремнію, що відкриває можливості спектроскопії пасток і діагностики наноструктур. Виявлено температурно-залежну поведінку воль-амперних характеристик, що вказує на придатність таких структур до сенсорних застосувань. Вперше показано формування пористих, острівцевих і стрижнеподібних морфологій у плівках SiOx(Si)&CuyOz(Cu) залежно від температури відпалу, а також їхній вплив на оптичні властивості, зокрема плазмонне поглинання наночастинками Cu. Ідентифіковано фазові перетворення Cu □ CuO □ CuxSi, підтверджені методами XRD, FTIR та RAMAN. Плівки SiOx(Si)&FeyOz(Fe) демонструють переходи провідності та ефективне поглинання електромагнітного випромінювання в СВЧ-діапазоні (до RL = −37,65□dB при 5,55□ГГц), що підтверджує їхню перспективність для застосування як екрануючих матеріалів. Для плівок SiOx(Si)&AlyOz(Al) виявлено зміну механізмів провідності після відпалу та наявність інверсії вольт-амперної характеристики. Структурні дослідження підтвердили формування фаз Al3Si, які суттєво змінюють електропровідність у залежності від температури та напруги. Доведено, що нанокомпозитні структури p-Si/SiOx(Si)&AlyOz(Al), інтегровані з металевими антенами, можуть бути використані як широкосмугові сенсори ІЧ і ТГц випромінювання, що демонструють високе співвідношення сигнал/шум, термостабільність та сумісність із мікроелектронними технологіями. Отримані результати є основою для створення новітніх багатофункціональних пристроїв сенсорної та оптоелектронної техніки.

2. The dissertation is devoted to the study of the influence of temperature treatment on the structural, electrophysical and optical properties of nanocomposite films SiOx (x<1), SiOx(Si)&FeyOz(Fe), SiOx(Si)&CuyOz(Cu), SiOx(Si)&AlyOz(Al), obtained by the ion-plasma sputtering method. The main attention is paid to the elucidation of the mechanisms of electrical conductivity, phase transformations and morphological changes in nanocomposite systems containing nanoparticles of silicon, metals and their oxides encapsulated in a silicon-oxide dielectric matrix. A technology for controlled formation of the composition and structure of films by varying the area of metal components in the target (Fe, Cu, Al) and the Ar/O2 ratio in the working environment has been developed. The structural properties of nanocomposite films were investigated, and the effect of annealing on the phase composition and morphology of the films was established. For the first time, a change in the conductivity mechanisms from hopping (Mott, Efros–Shklovsky) to space charge limited current (SCLC), Poole–Frenkel and tunneling was established, depending on temperature and electric field. It was shown that thermal annealing can cause a dielectric–metal transition and vice versa, due to the redistribution of the density of states and traps near the Fermi level. The phenomenon of negative differential capacitance on the C–V characteristics of SiOx nanocomposite films with silicon nanoclusters is described, which opens up possibilities for trap spectroscopy and nanostructure diagnostics. The temperature-dependent behavior of the current-voltage characteristics is revealed, indicating the suitability of such structures for sensor applications. The formation of porous, island-like and rod-like morphologies in SiOx(Si)&CuyOz(Cu) films depending on the annealing temperature, as well as their influence on optical properties, in particular plasmonic absorption by Cu nanoparticles, is shown for the first time. Phase transformations Cu □ CuO □ CuxSi are identified, confirmed by XRD, FTIR and RAMAN methods. The SiOx(Si)&FeyOz(Fe) films demonstrate conductivity transitions and effective absorption of electromagnetic radiation in the microwave range (up to RL = −37.65dB at 5.55GHz), which confirms their potential for use as shielding materials. For SiOx(Si)&AlyOz(Al) films, a change in conductivity mechanisms after annealing and the presence of an inversion of the current-voltage characteristic were revealed. Structural studies confirmed the formation of Al3Si phases, which significantly change the electrical conductivity depending on temperature and voltage. It has been proven that nanocomposite structures p-Si/SiOx(Si)&AlyOz(Al) integrated with metal antennas, can be used as broadband sensors of IR and THz radiation, demonstrating a high signal-to-noise ratio, thermal stability and compatibility with microelectronic technologies. The results obtained are the basis for the creation of new multifunctional devices of sensor and optoelectronic technology.

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: Теоретичне узагальнення і вирішення важливої наукової проблеми

Публікації:

- 1. Bratus, O., Kizjak, A., Kykot, A., Pylypova, O., Ilchenko, V., Evtukh, A. (2025). Influence of the annealing temperature on the electrical conductivity mechanisms SiOx(Si)&FeyOz(Fe) films. J. Alloys Compd. // 1011, 178383. doi:10.1016/j.jallcom.2024.178383
- 2. Bratus, O., Kykot, A., Yukhymchuk, V., Khomenkova, L., Sopinskyy, M., Kravchenko, S., Gudymenko, O., Svezhentsova, K., Evtukh, A. (2025). Influence of the annealing temperature on the structural and electrical properties of SiOx(Si)&FeyOz(Fe) films. J. Phys. Chem. C // 129, 1362–1376. doi:10.1021/acs.jpcc.4c04973
- 3. Evtukh, A., Kizjak, A., Bratus, O., Antonin, S., Muryi, Y., Marin, V., Ilchenko, V. (2024). Negative capacitance and dielectric constant of nanocomposite SiAlzOxNy(Si) films with semiconductor nanoparticles. Nano Lett. // 24, 617–622. doi:10.1021/acs.nanolett.3c03627
- 4. Evtukh, A., Kizjak, A., Bratus, O., Voitovych, M., Romanyuk, V., Mamykin, S., Antonin, S., Muriy, Ya., Klymenko, V., Sarikov, A. (2023). Structure and electrical conductivity of nanocomposite SiOxNy(Si) and SiAlzOxNy(Si) films. J. Alloys Compd. // 960, 170879. doi:10.1016/j.jallcom.2023.170879
- 5. Kizjak, A.Yu., Evtukh, A.A., Bratus, O.L., Antonin, S.V., Ievtukh, V.A., Pylypova, O.V., Fedotov, A.K. (2022). Electron transport through composite SiO2(Si)&FexOy(Fe) thin films containing Si and Fe nanoclusters. J. Alloys Compd. // 903, 163892. doi:10.1016/j.jallcom.2022.163892
- 6. Bratus, O.L., Evtukh, A.A., Ilchenko, V.V. (2020). Peculiarities of electron transport in SiOx films obtained by ion-plasma sputtering. Appl. Nanosci. // 10, 2723–2729. doi:10.1007/s13204-019-00988-5
- 7. Nichkalo, S., Druzhinin, A., Evtukh, A., Bratus, O., Steblova, O. (2017). Silicon nanostructures produced by modified MacEtch method for antireflective Si surface. Nanoscale Res. Lett. //12, 106. doi:10.1186/s11671-017-1886-2
- 8. Gavrylyuk, O.O., Semchuk, O.Yu., Steblova, O.V., Evtukh, A.A., Fedorenko, L.L., Bratus, O.L., Zlobin, S.O., Karlsteen, M. (2015). Influence of laser annealing on SiOx films properties. Appl. Surf. Sci. // 336, 217–221. doi:10.1016/j.apsusc.2014.11.066
- 9. Gavrylyuk, O.O., Semchyk, O.Yu., Bratus, O.L., Evtukh, A.A., Steblova, O.V., Fedorenko, L.L. (2014). Study of thermophysical properties of crystalline silicon and silicon-rich silicon oxide layers. Appl. Surf. Sci. // 302, 213–215. doi:10.1016/j.apsusc.2013.09.171
- 10. Evtukh, A.A., Kizjak, A.Yu., Antonin, S.V., Bratus, O.L. (2023). Impedance of nanocomposite SiO2(Si)&FexOy(Fe) thin films containing Si and Fe nanoinclusions. Semicond. Phys. Quantum Electron. Optoelectron. // 26(4), 424–431. doi:10.15407/spqeo26.04.424
- Pylypova, O.V., Evtukh, A.A., Skryshevsky, V.A., Bratus, O.L. (2020). Influence of low-temperature annealing on the electrical conductivity of SiOx films. Silicon // 12(2), 433–441. doi:10.1007/s12633-019-00149-x
- 12. Evtukh, A., Bratus, O., Ilchenko, V., Marin, V., Vasyliev, I. (2016). Capacitive properties of MIS structures with SiOx and SixOyNz films containing Si nanoclusters. J. Nano Res. // 39, 162–168. doi:10.4028/www.scientific.net/JNanoR.39.162
- 13. Evtukh, A.A., Bratus, O. (2014). Electrical properties of composite films with silicon nanocrystals in the insulating matrix. Adv. Mater. Res. // 854, 105–110. doi:10.4028/www.scientific.net/AMR.854.105

- 14. Bratus, O., Ievtukh, V., Kizjak, A., Evtukh, A., Ilchenko, V., Marin, V. (2019). Capacitive and inductive properties of composite films with silicon and metal nanocrystals. 2019 IEEE 39th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO), Kyiv, Ukraine // 361–364. doi:10.1109/ELNANO.2019.8783883
- 15. Evtukh, A., Steblova, O., Bratus, O., Druzhinin, A., Nichkalo, S. (2016). Silicon nanostructures formed by metal-assisted chemical etching for electron field emission cathodes. 2016 13th International Conference on Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science (TCSET), Lviv, Ukraine // 384–387. doi:10.1109/TCSET.2016.7452065
- 16. Evtukh, A., Bratus, O., Steblova, O., Prokopchuk, V. (2015). Electron transport through nanocomposite SiO2(Si) films containing Si nanocrystals. 2015 IEEE 35th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO), Kyiv, Ukraine // 101–104. doi:10.1109/ELNANO.2015.7146844
- 17. Ilchenko, V.V., Marin, V.V., Vasyliev, I.S., Tretyak, O.V., Bratus, O.L., Evtukh, A.A. (2014). Admittance spectroscopy using for the determination of parameters of Si nanoclusters embedded in SiO2. 2014 IEEE 34th International Scientific Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO), Kyiv, Ukraine // 86–89. doi:10.1109/ELNANO.2014.6873969
- 18. Steblova, O.V., Evtukh, A.A., Bratus, O.I., Fedorenko, L.L., Voitovych, M.V., Lytvyn, O.S., Semchuk, O.Y. (2014). Transformation of SiOx films into nanocomposite SiO2(Si) films under thermal and laser annealing. Semicond. Phys. Quantum Electron. Optoelectron. // 17(3), 295–300

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

Соціально-економічна спрямованість:

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації: Планується до впровадження

Зв'язок з науковими темами: 0124U001089, 0121U107979, 0123U103735, 0123U103764, 0122U000642, 0117U000642, 0116U003742, 0119U003065, 0117U003688, 0112U002102, 0112U002349, 0116U006013, 0111U001240

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Євтух Анатолій Антонович

2. Anatoliy A. Evtukh

Кваліфікація: д. ф.-м. н., професор, 01.04.10

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

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

Код за ЄДРПОУ: 05416952

Місцезнаходження: проспект Науки, Київ, 03028, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Когут Ігор Тимофійович

2. Igor T. Kohut

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.27.01

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-5524-1790

Додаткова інформація: Scopus Author Identifier: 57190194699

Повне найменування юридичної особи: Карпатський національний університет імені Василя Стефаника

Код за ЄДРПОУ: 02125266

Місцезнаходження: вул. Шевченка, Івано-Франківськ, 76018, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Лозовський Валерій Зіновійович

2. Valeriy Lozovski

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

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Код за ЄДРПОУ: 02070944

Місцезнаходження: вул. Володимирська, Київ, 01033, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Порошин Володимир Миколайович

2. Volodymyr Poroshin

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

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут фізики Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417302

Місцезнаходження: проспект Науки, Київ, 03680, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Федоренко Леонід Леонідович
2. Leonid L. Fedorenko

Кваліфікація: д. ф.-м. н., с.н.с., 01.04.10

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

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

Код за ЄДРПОУ: 05416952

Місцезнаходження: проспект Науки, Київ, 03028, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Стронський Олександр Володимирович
2. Oleksandr Stronski

Кваліфікація: д.ф.-м.н., с.н.с., 01.04.10

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

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

Код за ЄДРПОУ: 05416952

Місцезнаходження: проспект Науки, Київ, 03028, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Данько Віктор Андрійович

2. Viktor A. Danko

Кваліфікація: д. ф.-м. н., 01.04.07

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

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

Код за ЄДРПОУ: 05416952

Місцезнаходження: проспект Науки, Київ, 03028, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

VIII. Заключні відомості

Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради	Бєляєв Олександр Євгенович
Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні	Бєляєв Олександр Євгенович
Відповідальний за підготовку облікових документів	Охріменко Ольга Борисівна
Реєстратор	Юрченко Тетяна Анатоліївна
Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності	Юрченко Тетяна Анатоліївна