Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0424U000367

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 26-12-2024

Статус: Захищена

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Гоменюк Юрій Юрійович
2. Yuri Gomeniuk

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-8840-9692

Вид дисертації: кандидат наук

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 01.04.10

Назва наукової спеціальності: Фізика напівпровідників і діелектриків

Галузь / галузі знань: Не застосовується

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Не застосовується

Дата захисту: 15-01-2025

Спеціальність за освітою: 8.070203 - Прикладна фізика

Місце роботи здобувача: 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:

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, буд. 41, 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 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:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 29.19

Тема дисертації:

1. Транспорт та захоплення заряду в МДН структурах та польових транзисторах з нанорозмірними діелектриками з високою діелектричною проникністю

2. Transport and trapping of charge in MOS structures and MOSFETs with nanoscale high-k dielectrics.

Реферат:

1. Метою роботи було визначення механізмів струмопереносу, виявлення особливостей захоплення заряду в підзатворному діелектричному шарі структур МДН і напівпровідникових приладах, а також вивчення впливу технологічних операцій, таких як відпал зразків МДН структур у формінг газі або ВЧ плазмовий відпал безперехідних польових транзисторів. Об'єктом дослідження було явище переносу і захоплення носіїв заряду в шарі діелектрика та на межі поділу «діелектрик – напівпровідник». Головним чином досліджувались ефекти в напівпровідникових структурах і приладах з діелектриком з високою діелектричною проникністю (high-к діелектриком) в якості підзатворного діелектричного шару, що є актуальною задачею для впровадження новітніх матеріалів в сучасну мікро- і наноелектроніку. В роботі використано такі електрофізичні методи досліджень: вольт-амперних характеристик (ВАХ), вольт-фарадних характеристик

(ВФХ) та метод провідності від частоти. В рамках виконання роботи було побудовано спеціалізований вимірювальний комплекс під управлінням ПК та створено програмне забезпечення в середовищі NI Labview для автоматизації електрофізичних вимірювань. Наукова новизна одержаних результатів полягає в наступному: була визначена дефектність high-к діелектриків на основі оксидів рідкісноземельних металів і показано, що транспорт носіїв в МДН структурах з оксидами Gd2O3 та Nd2O3 відповідає стрибковій провідності через глибокі рівні, визначено їх енергетичне положення в забороненій зоні діелектриків; було показано, що для систем з Gd2O3, Nd2O3, LaLuO3 та LaSiOx на кремнії спостерігається формування перехідної області SiOx на границі «кремній – high-к діелектрик»; вперше досліджено механізми струмопереносу в структурах з шарами LaLuO3 та LaSiOx і показано, що струм прямого зміщення крізь такі діелектричні шари контролюється механізмом Пула-Френкеля; показано, що для зразків Pd/Al2O3/In0,53Ga0,47As з товщиною діелектричного шару більше 5 нм струм визначається механізмом Фаулера-Нордхайма, що свідчить про кращу якість діелектричного шару порівняно із іншими досліджуваними high-к діелектриками; вперше показано, що енергетичний розподіл густини поверхневих станів в системі SrTa2O6/In0,53Ga0,47As є характерним і для МДН структур з Al2O3, що дозволяє зробити висновок, що природа дефектів на межі поділу «high-к діелектрик – In0,53Ga0,47As» пов'язана з власними дефектами поверхні напівпровідника і не залежить від матеріалу осадженої плівки; отримано робочі характеристики польових транзисторів з high-к LaLuO3 і Al2O3 діелектриком, що свідчить про їх придатність до використання в якості підзатворного діелектрика; для польових КНІ транзисторів з high-к LaLuO3 діелектриком були розраховані значення рухливості носіїв в верхньому і нижньому каналі транзистора, а також отримано значення густини поверхневих станів на верхній (LaLuO3/Si) і нижній (SiO2/Si) границі, що демонструє більшу густину поверхневих станів на межі поділу «high-к діелектрик – кремній» в порівнянні з інтерфейсом SiO2/Si. Практичне значення одержаних результатів виражається в наступному: показано, що для МДН структур з високим наскрізним струмом витоку доцільно використовувати кореговану ВФХ, а також запропоновано методику корекції кривих Gp/□ від частоти □ при визначенні густини поверхневих станів; знайдено оптимальну товщину (10 нм) шару Al2O3, нанесеного на підкладку In0,53Ga0,47As методом АШО; показано, що низькотемпературна ВЧ плазмова обробка є ефективним методом покращення якості МДН польових транзисторів на основі In0,53Ga0,47As з Al2O3 в якості підзатворного діелектрика, що призводить до зменшення заряду в діелектрику, зменшення густини станів на межі поділу «діелектрик – напівпровідник» і зменшення послідовного опору контакту до шару напівпровідника In0,53Ga0,47As.

2. The purpose of the work was to determine the charge carrier transfer mechanisms, to identify the features of charge capture in the gate dielectric of MOS structures and semiconductor devices, as well as to study the influence of technological operations, such as forming gas annealing of MOS structure samples or RF plasma annealing of junctionless MOSFETs. The object of the study was the phenomenon of charge carrier transfer and capture in the dielectric layer and at the "dielectric – semiconductor" interface. The effects in semiconductor structures and devices with a high-k dielectric as a gate dielectric layer were mainly studied, which is an urgent task for the introduction of novel materials into modern micro- and nanoelectronics. The following electrical test methods were used in the work: current-voltage characteristics (I-V), capacitance-voltage characteristics (C-V) and conductance vs. frequency method. As part of the work, a specialized measuring complex controlled by a PC was built and software was developed in the NI Labview environment for automated electrical measurements. The scientific novelty of the results obtained is as follows: the defectiveness of high-k dielectrics based on rare-earth metal oxides was determined and it was shown that the transport of carriers in MOS structures with Gd2O3 and Nd2O3 oxides corresponds to hopping conductivity through deep levels, their energy position in the dielectric band gap was determined; it was shown that for systems with Gd2O3, Nd2O3, LaLuO3 and LaSiOx on silicon, the formation of the SiOx transition layer at the "silicon - high-k dielectric" interface was observed; for the first time, the current transfer mechanisms in structures with LaLuO3 and LaSiOx layers were investigated and it was shown that the forward bias current through such dielectric layers is controlled by the Poole-Frenkel mechanism; It is shown that for Pd/Al2O3/In0.53Ga0.47As samples with a dielectric layer thickness of more than 5 nm, the current is determined by the Fowler-Nordheim mechanism, which indicates a better quality of the dielectric layer

compared to other studied high-k dielectrics; it is shown for the first time that the energy distribution of the density of states in the SrTa2O6/In0.53Ga0.47As system is also typical for the MOS structures with Al2O3, which allows us to conclude that the nature of defects at the interface "high-k dielectric - In0.53Ga0.47As" is associated with intrinsic defects of the semiconductor surface and does not depend on the material of the deposited film; the operating characteristics of MOSFETs with high-k LaLuO3 and Al2O3 dielectrics were obtained, which indicates their suitability for use as a gate dielectric; for field-effect transistors with high-k LaLuO3 dielectric, the carrier mobility values in the front and bottom channels of the transistor were evaluated, and the surface states density at the front (LaLuO3/Si) and bottom (SiO2/Si) interface were obtained, which demonstrates a higher density of surface states at the “high-k dielectric – silicon” interface compared to the SiO2/Si interface. The practical significance of the results obtained is expressed in the following: it is shown that for MOS structures with high leakage current it is advisable to use corrected C-V characteristics and also a method of correcting the Gp/□ vs. the frequency □ curves is proposed when determining the density of surface states; the optimal thickness (10 nm) of the Al2O3 layer deposited on the In0.53Ga0.47As substrate by the ALD method is found; it is shown that low-temperature RF plasma treatment is an effective method for improving the quality of MOSFETs based on In0.53Ga0.47As with Al2O3 as a gate dielectric, which leads to a decrease in the charge in the dielectric, a decrease in the density of states at the dielectric-semiconductor interface, and a decrease of the series resistance of the contact to the In0.53Ga0.47As semiconductor layer

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: Нове вирішення актуального наукового завдання

Публікації:

- Gomeniuk, Y. V., Gomeniuk, Y. Y., Rudenko, T. E., Okholin, P. N., Glotov, V. I., Nazarova, T. M., Djara, V., Cherkaoui, K., Hurley, P. K., Nazarov, A. N. (2019) Effect of Low Temperature RF Plasma Treatment on Electrical Properties of Junctionless InGaAs MOSFETs. ECS Journal of Solid State Science and Technology, 8(2), Q24–Q31. DOI: 10.1149/2.0181902jss
- Gomeniuk, Y. V., Gomeniuk, Y. Y., Okholin, P. N., Nazarova, T. M., Djara, V., Cherkaoui, K., Hurley, P. K., Nazarov, A. N. (2018) Low-Temperature RF Plasma Treatment Effect on Junctionless Pd-Al2O3-InGaAs MISFET Operation. ECS Transactions, 85(8), 137–142. DOI: 10.1149/08508.0137ecst
- Gomeniuk, Y. V., Gomeniuk, Y. Y., Kondratenko, S. V., Rudenko, T. E., Vasin, A. V., Rusavsky, A. V., Slobodian, O. M., Tyagulskyy, I. P., Kostylyov, V. P., Vlasiuk, V. M., Tiagulskyi, S. I., Yatskiv, R., Lysenko, V. S., Nazarov, A. N. (2023) Effect of PEDOT:PSS Layer Deposition on Electrical and Photoelectrical Properties of n+□ZnO/n□Si Heterostructure. Journal of Electronic Materials, 52, 3112–3120. DOI: 10.1007/s11664-023-10276-2
- Lin, J., Gomeniuk, Y. Y., Monaghan, S., Povey, I. M., Cherkaoui, K., O’Connor, É., Power, M., Hurley, P. K. (2013) An Investigation of Capacitance-Voltage Hysteresis in Metal/High-k/In0.53Ga0.47As Metal-Oxide-Semiconductor Capacitors. Journal of Applied Physics, 114(14), 144105 DOI: 10.1063/1.4824066
- Gomeniuk, Y. Y., Gomeniuk, Y. V., Nazarov, A. N., Monaghan, S., Cherkaoui, K., O’Connor, É., Povey, I., Djara, V., Hurley, P. K. (2013) Electrical Properties and Charge Transport in the Pd/Al2O3/InGaAs MOS Structure. ECS Transactions, 58(7), 379–384. DOI: 10.1149/05807.0379ecst
- O’Connor, É., Cherkaoui, K., Monaghan, S., O’Connell, D., Povey, I., Casey, P., Newcomb, S. B., Gomeniuk, Y. Y., Provenzano, G., Crupi, F., Hughes, G., Hurley, P. K. (2012) Observation of Peripheral Charge Induced Low

Frequency Capacitance-Voltage Behaviour in Metal-Oxide-Semiconductor Capacitors on Si and GaAs Substrates. Journal of Applied Physics, 111(12), 124104 DOI: 10.1063/1.4729331

- Gomeniuk, Y. Y., Gomeniuk, Y. V., Tyagulskii, I. P., Tyagulskii, S. I., Nazarov, A. N., Lysenko, V. S., Cherkaoui, K., Monaghan, S., Hurley, P. K. (2011) Transport and Interface States in high-k LaSiOx Dielectric. Microelectronic Engineering, 88(7), 1342–1345. DOI: 10.1016/j.mee.2011.03.089
- Zhang, P. F., Nagle, R. E., Deepak, N., Povey, I. M., Gomeniuk, Y. Y., O'Connor, E., Petkov, N., Schmidt, M., O'Regan, T. P., Cherkaoui, K., Pemble, M. E., Hurley, P. K., Whatmore, R. W. (2011) The Structural and Electrical Properties of the SrTa2O6/In0.53Ga0.47As/InP System. Microelectronic Engineering, 88(7), 1054–1057. DOI: 10.1016/j.mee.2011.03.118
- Gomeniuk, Y. Y., Gomeniuk, Y. V., Nazarov, A. N., Hurley, P. K., Cherkaoui, K., Monaghan, S., Hellström, P. E., Gottlob, H. D. B., Schubert, J., Lopes, J. M. J. (2011) Electrical Properties of high-k LaLuO3 Gate Oxide for SOI MOSFETs. Advanced Materials Research, 276, 87–93. DOI: 10.4028/www.scientific.net/amr.276.87
- Gomeniuk, Y. Y., Gomeniuk, Y. V., Nazarov, A. N., Lysenko, V. S., Osten, H. J., Laha, A. (2011) Interface and Bulk Properties of high-k Gadolinium and Neodymium Oxides on Silicon. Advanced Materials Research, 276, 167–178. DOI: 10.4028/www.scientific.net/amr.276.167
- Gomeniuk, Y. Y., Gomeniuk, Y. V., Nazarov, A. N., Hurley, P. K., Cherkaoui, K., Monaghan, S., Gottlob, H., Schmidt, M., Schubert, J., Lopes, J. Marcelo. J., Engström, O. (2010). Electrical Properties of LaLuO3/Si(100) Structures Prepared by Molecular Beam Deposition. ECS Transactions, 33(3), 221–227. DOI: 10.1149/1.3481609
- Gomeniuk, Y. Y., Gomeniuk, Y. V., Nazarov, A., Lysenko, V., Osten, H. J., Laha, A. (2009). Interface and Bulk Properties of MBE-Grown Rare-Earth Metal Oxides on Silicon. ECS Transactions, 25(6), 353–358. DOI: 10.1149/1.3206634
- Nazarov, A. N., Gomeniuk, Y. V., Gomeniuk, Y. Y., Lysenko, V. S., Gottlob, H. D. B., Schmidt, M., Lemme, M. C., Czernohorsky, M., Osten H. J. (2008) Novel hysteresis effect in ultrathin epitaxial Gd2O3 high-k dielectric, Semiconductor Physics, Quantum Electronics & Optoelectronics //Б, 11, 324–328
- Nazarov, A. N., Gomeniuk, Y. V., Gomeniuk, Y. Y., Gottlob, H. D. B., Schmidt, M., Lemme, M. C., Czernohorsky, M., Osten, H. J. (2007). Charge Trapping in Ultrathin Gd2O3 high k Dielectric. Microelectronic Engineering, 84(9–10), 1968–1971. DOI: 10.1016/j.mee.2007.04.136

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

Соціально-економічна спрямованість: створення принципово нової продукції (матеріалів, технологій тощо) для забезпечення експортного потенціалу та заміщенню імпорту

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації: Планується до впровадження

Зв'язок з науковими темами: 0109U006699, 0110U006709

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Назаров Олексій Миколайович

2. Oleksii M. Nazarov

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-1823-8290

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:

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Вайнберг Віктор Володимирович
2. Viktor V. Vajnberg

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-9840-8033

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут фізики НАН України

Код за ЄДРПОУ: 05447302

Місцезнаходження: , 03028

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Ільченко Володимир Васильович
2. Volodymyr V. Ilchenko

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-5844-2248

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:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Рецензенти

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	Максименко Зоя Василівна
Реєстратор	УкрІНТЕІ
Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності	Юрченко Тетяна Анатоліївна