Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0824U000297

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 11-01-2024

Статус: Наказ про видачу диплома

Реквізити наказу МОН / наказу закладу: №НСВС/32/24 від 26.03.2024.

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Ольховик Ілля Володимирович
2. Illia V. Olkhovyk

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-3757-7378

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 105

Назва наукової спеціальності: Прикладна фізика та наноматеріали

Галузь / галузі знань:

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Прикладна фізика

Дата захисту: 08-03-2024

Спеціальність за освітою: Прикладна фізика та наноматеріали

Місце роботи здобувача:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): ДФ 26.002.111; ID 4438

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Берестейський, буд. 37, Київ, 03056, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

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

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Берестейський, буд. 37, Київ, 03056, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 29.19

Тема дисертації:

1. Вплив лазерного випромінювання на процеси індукованої оловом кристалізації аморфного кремнію.

2. The influence of laser radiation on the processes of tin-induced crystalization of amorphous silicon.

Реферат:

1. Дисертаційна робота присвячена вивченню процесів кристалізації аморфного кремнію індукованої оловом та механізмів формування нанокристалів кремнію у шаруватих структурах a-Si/Sn. Досліджено можливість використання різних видів лазерного випромінювання для створення умов кристалізації аморфного кремнію індуковану оловом та одночасно контролю якості нанокристалів кремнію. Дисертація складається із вступу, п’яти розділів, висновків та списку цитованої літератури. Вона викладена на 134 сторінках та містить 68 рисунків, 2 таблиці і список літературних джерел (82 найменувань). В дисертаційній роботі отримано наступні наукові результати: Вперше: 1. Виявлено фрактальний характер структуризації аморфного кремнію в мікро- і нанометровому масштабі при його осадженні із газової фази на поверхню рідкого олова. 2. Експериментально показано, що стимулюючий вплив лазерного опромінення на оловом індуковану

кристалізацію аморфного кремнію має не теплову (тобто не впливаючу на температуру зразку) складову. Висунута гіпотеза механізму її дії через збільшення розчинності аморфного Si в олові на інтерфейсі їх шарів під час ОІК в наслідок ослаблення і обриву ковалентних зав'язків a-Si, викликаних фото-іонізацією лазерним світлом та екрануванням нерівноважними фото-електронами. 3. Експериментально показано, що саме нетеплова складова впливу лазерного світла викликає нелінійний за інтенсивністю «червоний» зсув раманівського спектру нанокристалічного кремнію, на відміну від спектру монокристалічного Si. Це може свідчити на користь гіпотези про нерівноважну заселеність фононів через електрон-фононну взаємодію фотоіндукованих носіїв заряду внаслідок високого темпу генерації останніх при високій потужності збудження лазерним світлом. Удосконалено: 1. Удосконалено технологію виготовлення шаруватих плівок Si/Sn/Si за методом термічно-вакуумного осадження із газової фази в плані покращення контролю їх якості завдяки з'ясуванню впливу співвідношення товщин шарів на мікроструктуру об'єму та рельєфу поверхні плівок. 2. Удосконалено точність оцінки розмірів нанокристалів Si із аналізу їх Раманівських спектрів завдяки експериментальному виявленню нелінійної чутливості таких спектрів до інтенсивності світлового збудження комбінаційного розсіювання. Набуло подальшого розвитку: 1. Розуміння впливу головних параметрів лазерного випромінювання: довжини хвилі випромінювання, тривалості лазерного імпульсу та інтенсивності лазерного опромінення та температури на формування нанокристалів кремнію в шаруватих структурах Si/Sn, Si/Sn/Si при різних умовах тепловідводу. 2. Експериментальне підтвердження чутливості раманівського спектру нанокристалів кремнію до інтенсивності лазерного опромінення навіть при стабільній температурі на відміну від спектру монокристалічного кремнію. Цей факт інтерпретовано встановленням в області вимірювання нетеплового розподілу фононів, залежного від рівня оптичного збудження, що в результаті впливає на раманівський спектр нанокристалів у вигляді низькочастотного зсуву фононної смуги нанокристалів. 3. Оцінювання стимулюючого впливу інтенсивності лазерного випромінювання на процеси кристалізації аморфного кремнію індуковану оловом та встановлено його пороговий характер. Даний результат інтерпретовано фазовим переходом олова із твердого у рідкий стан при відповідній інтенсивності лазерного випромінювання. Це може свідчити на користь механізму кристалізації аморфного кремнію індуковану оловом через утворення евтектики Sn-Si. Практичне значення результатів представлених у дисертації полягає в: 1. Підтверджені можливості використання безперервного лазерного випромінювання для створення температурних умов кристалізації аморфного кремнію індукованої оловом. Та одночасно для контролю температури обробки, розміру новостворених кристалів та частки нанокристалічної кремнієвої фази в шаруватих структурах Si/Sn за допомогою аналізу спектрів комбінаційного розсіювання світла . 2. Отримані в роботі результати можуть бути використані для вдосконалення технології виготовлення аморфно-кристалічних нанокомпозитів на основі кремнію і контролю якості шаруватих структур Si/Sn/Si для виробництва електронних приладів фотоелектричного перетворення.

2. The dissertation is devoted to the study of the processes of tin-induced crystallization of amorphous silicon and the mechanisms of the formation of silicon nanocrystals in a-Si/Sn layered structures. To investigate the possibility of using laser radiation simultaneously to create the conditions for tin-induced crystallization of amorphous silicon and the quality control technology of film nanocrystalline silicon with a given bandgap in the process of its manufacture, for solar cells of the cascade type. The dissertation consists of an introduction, five chapters, conclusions and a list of cited literature. It is laid out on 134 pages and contains 68 figures, 2 tables and a list of literary sources (82 names). The following scientific results were obtained in the dissertation work: 1. The fractal nature of the structuring of amorphous silicon on the micro- and nanometer scale during its deposition from the gas phase onto the surface of liquid tin was revealed. 2. It was experimentally shown that the stimulating effect of laser irradiation on tin-induced crystallization of amorphous silicon has a non-thermal (that is, does not affect the temperature of the sample) component. The hypothesis of the mechanism of its action is put forward due to the increase in the solubility of amorphous Si in tin at the interface of their layers during tin-induced crystallization as a result of the weakening and breaking of a-Si covalent bonds caused by photoionization by laser light and shielding by non-equilibrium photoelectrons. 3. It was experimentally shown that the non-thermal

component of the laser light effect causes a nonlinear "red" shift in the intensity of the Raman spectrum of nanocrystalline silicon, in contrast to the spectrum of monocrystalline Si. This may testify in favor of the hypothesis of non-equilibrium population of phonons due to the electron-phonon interaction of photoinduced charge carriers due to the high rate of generation of the latter at a high power of excitation by laser light. 12 Improved: 1. The technology for preparing spherical Si/Sn/Si smelts using the method of thermal-vacuum gas phase deposition has been improved in terms of improving the control of their hardness due to the influx of the thickness of the balls on the microstructure of the This gives the relief of the surface of the spittle. 2. The accuracy of estimating the sizes of Si nanocrystals from the analysis of their Raman spectra has been improved due to the experimentally revealed nonlinear sensitivity of such spectra to the intensity of light activation binational dissolution. Further development took place: 1. Understanding the influence of the main parameters of laser radiation: radiation wavelength, laser pulse duration, laser radiation intensity, and temperature on the formation of silicon nanocrystals in Si/Sn, Si/Sn/Si layered structures under different heat dissipation conditions. 2. Experimental confirmation of the sensitivity of the Raman spectrum of silicon nanocrystals to the intensity of laser irradiation even at a stable temperature, in contrast to the spectrum of monocrystalline silicon. This fact is interpreted by establishing in the measurement area a non-thermal distribution of phonons, depending on the level of optical excitation, which as a result affects the Raman spectrum of nanocrystals in the form of a low-frequency shift of the phonon band of nanocrystals. 3. Evaluation of the stimulating effect of the intensity of laser radiation on the crystallization processes of amorphous silicon induced by tin and its threshold character was determined. This result is interpreted as a phase transition of tin from a solid to a liquid state at the appropriate intensity of laser radiation. This may indicate in favor of the tin-induced crystallization mechanism of amorphous silicon due to the formation of the Sn-Si eutectic. The practical significance of the results presented in the dissertation is: 1. The confirmed possibility of using continuous laser radiation simultaneously to create the temperature conditions of tin-induced crystallization of amorphous silicon, to measure the temperature of the object of processing, the size of the nanocrystals formed, and the fraction of the volume occupied by them can be the fundamental basis for a new technology of quality control film nanocrystalline silicon with a specified band gap in the process of its manufacture, in particular, for solar cells of the cascade type. 2. The results obtained in the work can be used to improve the manufacturing technology and quality control of Si/Sn/Si layered structures for the manufacture of electronic photoelectric conversion devices.

Державний реєстраційний номер ДіР:

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки: Нові речовини і матеріали

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:

- 1. Neimash, V., Shepelyavyi, P., Nikolenko, A., Strelchuk, V., Chegel, V., Olkhovyk, I. and Voronov, S. 2023. The Role of tin in the Formation of Micro- and Nano-Structured Surfaces of Layered Si–Sn–Si Films (SCOPUS/WoS Q3). Ukrainian Journal of Physics. 68, 4 (Jun. 2023), 284. DOI: https://doi.org/10.15407/ujpe68.4.284.
- 2. V. B. Neimash, A. S. Nikolenko, V.V. Strelchuk, P. Ye. Shepeliavyi, P. M. Litvinchuk, V. V. Melnyk, I. V. Olhovik. 2019. Formation of nanocrystals and their properties during tin induced and laser light stimulated crystallization of amorphous silicon (SCOPUS/WoS Q3). Semiconductor Physics, Quantum Electronics & Optoelectronics, 22 (2), P. 206-214 (2019). DOI: https://doi.org/10.15407/spqeo22.02.206.
- 3. Neimash, V., Shepelyavyi, P., Nikolenko, A., Strelchuk, V., Chegel, V., Olkhovyk, I., Voronov, S. Study of surface roughness depending on the thickness of the Sn layer in Si-Sn-Si layered structures. Iinternational research and practice conference “Nanotechnology and nanomaterials”. 16-19 of August 2023 Bukovel,

UKRAINE. Abstract Book of participants of the International research and practice conference, 16–19 August 2023, Bukovel. Edited by Dr. Olena Fesenko. – Kyiv: LLC APF POLYGRAPH SERVICE, 2023. – P. 640. URL: https://nano-conference.iop.kiev.ua/assets/files/nano2023.pdf

- 4. І. В. Ольховик, В. Б. Неймаш, П. Є. Шепелявий, А. С. Ніколенко, В. В. Стрельчук, В. І. Чегель, С. О. Воронов. Роль олова у формуванні структури поверхні шаруватих плівок Si-Sn-Si. IX Українська наукова конференція з фізики напівпровідників «УНКФН–9». Ужгород, Україна 22 - 26 травня 2023 року. Матеріали конференції. – Ужгород: ТОВ "Рік-У", 2023. – 396 с. URL: https://drive.google.com/file/d/1M968vAoavH5bL16QUgsM5M9K7VmHaop3/view
- 5. І. В. Ольховик, В. Б. Неймаш, П. Є. Шепелявий, А. С. Ніколенко, В. В. Стрельчук, В. І. Чегель, С. О. Воронов. Дослідження структури шаруватих плівок SI\SN\SI виготовлених методом термічно-вакуумного осадження. Міжнародна конференція студентів і молодих науковців з теоретичної та експериментальної фізики "ЕВРИКА–2023". Тези доповідей. Львів – 2023. URL: https://physics.lnu.edu.ua/conferences/heureka2023/files/Heureka2023.pdf
- 6. Illia Olkhovyk, Vladimir Neimash. Formation of nanocrystals during tin induced and laser light stimulated crystallization of amorphous silicon and their properties. International Conference of Students and Young Scientists in Theoretical and Experimental Physics «HEUREKA-2020». Abstracts of reports. Lviv, 2020.
- 7. Неймаш В. Б., Ніколенко А. С., Шепелявий П. Є., Стрельчук В. В., Литвинчук П. М., Мельник В. В., Ольховик І. В. Лазерна стимуляція індукованої оловом нанокристалізації аморфного кремнію. VIII Українська наукова конференція з фізики напівпровідників «УНКФН–8». Матеріали конференції. – Ужгород: Видавець ТОВ "Рік-У", 2018. – 554 с. URL: https://drive.google.com/file/d/1bZF1zMDAhA_DtIofFq_6CyPmWx7TiCJe/view
- 8. Ілля Ольховик, Віктор Мельник, Володимир Неймаш. Індукована оловом кристалізація аморфного кремнію під лазерним опроміненням. Міжнародна конференція студентів і молодих науковців з теоретичної та експериментальної фізики "Еврика-2017": Тези доповідей. Львів – 2017.
- 9. Olkhovvk I., Neimash V. Sn induced crystallization of the amorphous Si under laser radiation. The International Summer School “Nanotechnology: from fundamental research to innovations”. Book of abstracts of young scientists and lecturers of the International Summer School, 19-26 August, 2017. Edited by Dr. Olena Fesenko. - Lviv: Eurosvit, 2017. -P. 108. URL: http://www.iop.kiev.ua/~summer_school/files/AbstractBook.pdf
- 10. Nikolenko, A., Strelchuk, V., Shepelyavyi, P., Neimash, V., Olkhovyk, I. Tin-induced crystallization of amorphous silicon by pulsed laser irradiation. INTERNATIONAL RESEARCH AND PRACTICE CONFERENCE “NONOTECHNOLOGY AND NANOMATERIALS” (NANO-2017). Abstract Book of participants of the International research and practice conference, 26 August 2017, Chernivtsi. Edited by Dr. Olena Fesenko. – Kyiv: SME Burlaka, 2017. – P. 854. URL: http://www.iop.kiev.ua/~nano2017/files/Abstract_book.pdf

Наукова (науково-технічна) продукція: технології; матеріали

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:

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Воронов Сергій Олександрович

2. Sergiy O. Voronov

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.27.01, 05.27.02

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-0053-0381

Додаткова інформація: Scopus: 56250715100.

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Берестейський, буд. 37, Київ, 03056, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Неймаш Володимир Борисович

2. Volodymyr B. Neimash

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-2876-549X

Додаткова інформація: Scopus: 40561481300.

Повне найменування юридичної особи: Інститут фізики Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417302

Місцезнаходження: проспект Науки, буд. 46, Київ, 03680, 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. Братусь Віктор Якович

2. Viktor Y. Bratus

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-7704-8895

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:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Голуб Володимир Олегович
2. Volodymyr O. Golub

Кваліфікація: д. ф.-м. н., с.н.с., 01.04.11

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-7550-3978

Додаткова інформація: Scopus: 7102805496.

Повне найменування юридичної особи: Інститут магнетизму Національної академії наук України та Міністерства освіти і науки України

Код за ЄДРПОУ: 23494128

Місцезнаходження: бульв. Академіка Вернадського, буд. 36-б, Київ, 03142, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Савченко Дарія Вікторівна
2. Dariia V. Savchenko

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-0005-0732

Додаткова інформація: Scopus: 6508026634.

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Берестейський, буд. 37, Київ, 03056, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Татарчук Дмитро Дмитрович
2. Dmytro D. Tatarchuk

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-1171-6701

Додаткова інформація: Scopus: 6506664530.

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Берестейський, буд. 37, Київ, 03056, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VIII. Заключні відомості

Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради	Монастирський Геннадій Євгенович
Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні	Монастирський Геннадій Євгенович
Відповідальний за підготовку облікових документів	Ольховик Ілля Володимирович
Реєстратор	УкрІНТЕІ

Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності

Юрченко Тетяна Анатоліївна