

Облікова картка ДіР



I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0225U002236

Державний реєстраційний номер: 0123U101803

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 25-02-2025

II. Етап виконання ДіР

Номер етапу: 2

Назва етапу: Моделі для опису процесів перенесення в дугових розрядах та моделі на базі дрейфово-кінетичних рівнянь для опису впливу процесів перенесення на поширення хвиль в термоядерній плазмі токамаків

Початок етапу: 01.2024

Закінчення етапу: 12.2024

Вид звітнього документа: Проміжний звіт

III. Відомості про виконавця ДіР

Повне найменування юридичної особи (або ПІБ фізичної особи): Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Код за ЄДРПОУ: 02071205

Місцезнаходження: майдан Свободи, буд. 4, м. Харків, Харківський р-н., Харківська обл., 61022, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Розмір організації:

Телефон: 380577051247

IV. Відомості про співвиконавців ДіР

V. Відомості про замовника ДіР

Повне найменування юридичної особи (або ПІБ фізичної особи): Міністерство освіти і науки України

Код за ЄДРПОУ: 38621185

Місцезнаходження: проспект Перемоги, буд. 10, м. Київ, 01135, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Кабінет Міністрів України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Розмір організації:

Телефон: 380444813221, +380444813221

VI. Джерела, напрями та обсяги фінансування ДіР

Підстава для проведення ДіР: 34 - договір (замовлення) з центральним органом виконавчої влади, академією наук (головними розпорядниками бюджетних коштів на проведення НДДКР)

Напрямок фінансування: 2.1 - фундаментальні дослідження

Джерела фінансування

7713 - кошти держбюджету

Код програмної класифікації видатків і кредитування (КПКВК): 2201040

Фактичний обсяг фінансування (тис. грн.): 1080.000

VII. Відомості про ДіР

Назва роботи українською:

Процеси перенесення і кінетика низькотемпературної та термоядерної плазми

Назва роботи англійською:

Transport processes and kinetics of low-temperature and fusion plasmas

Реферат українською:

Розроблено фізичні та числові моделі дугового розряду за конвективного режиму випаровування металевго аноду з урахуванням процесів іонізації та рекомбінації у прианодному шарі. Запропоновано систему диференціальних рівнянь, що описують просторові розподіли концентрацій іонів (електронів) та атомів робочого газу і температур електронів та іонів в прианодній квазінейтральній області дугового розряду, та крайові умови для розв'язання цих рівнянь. Для випадку, коли анод є мідним, отримано вирази для різних коефіцієнтів реакцій та переносу і поперечних перерізів реакцій, як функцій температур електронів та іонів та концентрацій іонів та атомів робочого газу. Також розроблено глобальну модель, що описує іонізаційну область магнетронного розряду в аргоні з мідною мішенню. Проведено експериментальні дослідження приповерхневого формування низько-енергетичних іонних та електронних пучків в плазмі дугового розряду з термокатодом. Запропоновано нові методи керування струмом та енергією іонів у цьому розряді. Визначено залежності густини іонного струму від робочого тиску у вакуумній камері та положення тримача відносно осі джерела плазми. Показана можливість підвищення густини іонного струму на поверхні зразка за рахунок використання постійного кільцевого магніту. Проведено обробку поверхні зразка (TiZr/TiSi)N потоком іонів з плазми. Показано, що така обробка призводить до очищення поверхневого шару від різноманітних домішок без пошкоджень і створює підкладку для подальшого термоіонного осадження покриття з високим ступенем адгезії. Розроблено модель на базі самоузгоджених дрейфово-кінетичних рівнянь та хвильових рівнянь для дослідження дисперсійних характеристик низькочастотних хвиль в 2D аксіально-симетричних токамаках, враховуючи стаціонарний струм, процеси перенесення, тороїдальний магнітний дрейф як пролітних так і запертих частинок плазми, їх кінцевий ларморовський радіус та кінцеву ширину їх бананових траєкторій.

Реферат англійською:

Physical and numerical models of arc discharge in the convective mode of evaporation of metal anode are developed. A system of differential equations describing the spatial distributions of concentrations and temperatures of discharge particles in the near-anode quasi-neutral region of the arc discharge and boundary conditions for solving these equations are proposed. For the case where the anode is copper, expressions for various reaction and transfer coefficients and reaction cross sections are obtained as functions of the electron and ion temperatures and the ion and atom concentrations. A global model describing the ionization region of a magnetron discharge in argon with a copper target is developed. Experimental studies of the near-surface formation of low-energy ion and electron beams in the plasma of an arc discharge with a thermionic cathode were carried out. New methods of controlling the current and energy of ions in this discharge are proposed. The dependences of the ion current density on the working pressure in the vacuum chamber and the position of the holder relative to the axis of the plasma source are determined. The possibility of increasing the ion current density on the sample surface by using a permanent ring magnet is shown. The surface of the (TiZr/TiSi)N sample was treated with a plasma ion flux. It is shown that such treatment leads to the cleaning of the surface layer from various impurities without damage and creates a substrate for subsequent thermionic deposition of a coating with a high degree of adhesion. A model based on self-consistent drift-kinetic equations and wave equations is developed to study the dispersion characteristics of low-frequency waves in 2D axially symmetric tokamaks, taking into account the stationary current, transport processes, toroidal magnetic drift of plasma particles, their finite

Larmor radius, and the finite width of their banana trajectories

Індекс УДК: 621.791.75; 621.791.947.5, 533.9(15) , 621.039.6

Коди тематичних рубрик: 81.35.15, 29.27.45, 58.34.32

Керівники роботи

Власне Прізвище Ім'я По-батькові: Денисенко Ігор Борисович

Науковий ступінь: д. ф.-м. н.

Вчене звання: професор

Ідентифікатор ORCID ID:

Додаткова інформація:

VIII. Наукова (науково-технічна) продукція (НТП)

Назва НТП українською: Моделі дугового розряду, модель для опису дисперсійних характеристик низькочастотних хвиль в 2D токамаках, методики керування струмом та енергією іонів в плазмі дугового розряду

Назва НТП англійською: Arc discharge models, a model describing the dispersion characteristics of low-frequency waves in 2D tokamaks, methods for controlling the current and energy of ions in an arc discharge plasma

НТП, яку передбачалося створити:

Причини, через які НТП не було створено:

Отримані результати: Методи, теорії

Галузь застосування: Освітня галузь

Реєстраційний номер картки технології:

Опис НТП: Розроблено фізичні та числові моделі дугового розряду за конвективного режиму випаровування металевого аноду. Для плазми у парах міді отримано вирази для різних коефіцієнтів реакцій та переносу і поперечних перерізів реакцій, як функцій температур електронів та іонів та концентрацій іонів та атомів робочого газу. Проведено експериментальні дослідження приповерхневого формування низько-енергетичних іонних та електронних пучків в плазмі дугового розряду з термокатодом. Запропоновано нові методики керування струмом та енергією іонів у цьому розряді. Розроблено модель на базі самоузгоджених дрейфово-кінетичних рівнянь та хвильових рівнянь для дослідження дисперсійних характеристик низькочастотних хвиль в 2D аксіально-симетричних токамаках, враховуючи стаціонарний струм, процеси перенесення, тороїдальний магнітний дрейф як пролітних так і запертих частинок плазми, їх кінцевий ларморовський радіус та кінцеву ширину їх бананових траєкторій.

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

Вплив НТП на довкілля:

Впровадження НТП: Не впроваджено

Практична реалізація НТП

Початок етапу:

Закінчення етапу:

Споживачі продукції: Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Київський національний університет імені Тараса Шевченка, ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут», Інститут електрозварювання ім. Є.О. Пат

Перспективні ринки: Україна, Франція, ФРН

Характер співробітництва з інвестором

Потрібний обсяг інвестицій, тис. грн.:

Права, що надаються інвестору після завершення роботи:

Наявність бізнес-плану:

Техніко-економічне обґрунтування:

Потенціальний обсяг продажу, тис. грн.:

Очікуваний термін окупності (років):

Додаткова інформація:

ІХ. Бібліографічний опис

1. Krivtsun I.V., Momot A. I., Denysenko I.B., Mokrov O., Sharma R., Reisgen U. Transport properties and kinetic coefficients of copper thermal plasmas, *Physics of Plasmas*, V. 31, 083505 (2024).
<https://doi.org/10.1063/5.0216753>
2. Denysenko I.B., Mikikian M., Azarenkov N. A. Plasma properties and discharging of dust particles in an Ar/C₂H₂ plasma afterglow, *Journal of Physics D: Applied Physics*, V. 57, 145202 (2024). <https://doi.org/10.1088/1361-6463/ad1b0c>
3. Denysenko I.B., Azarenkov N.A., Vinnichenko V.(аспірант), Burmaka G. Different approaches for description of negative ion formation in an argon/acetylene plasma afterglow. *Problems of atomic science and technology*, №6 (154), pp. 20-24 (2024). https://vant.kipt.kharkov.ua/ARTICLE/VANT_2024_6/article_2024_6_20.pdf
4. Denysenko I.B., Kersten H., Vahl A. Properties of the ionization region in a magnetron plasma at gas-aggregation-source-relevant pressure regime explored using a global model, *Journal of Physics D: Applied Physics*, V. 57, 335203 (2024). <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1361-6463/ad4a88>
5. Sereda I., Hrechko Y., Azarenkov M. Expulsion of hydrogen negative ions by the anode layer of negative space charge from Penning discharge with metal hydride cathodes. *Physics of Plasmas*, V.31(5), 053516 (2024).
<https://pubs.aip.org/aip/pop/article/31/5/053516/3294579>
6. Sereda I.M., Hrechko Ya.O., Vorobiev O.G. Influence of distance between anode - metal hydride cathodes on yield of h ions from penning discharge. *Problems of Atomic Science and Technology*. №6(154). p. 53-56 (2024).
https://vant.kipt.kharkov.ua/ARTICLE/VANT_2024_6/article_2024_6_53.pdf
7. Hrechko Ya., Sereda I., Azarenkov N., Kahanovskiy P. (студент). Dynamic and energy characteristics of the discharge at different initial polarity on the plasma diode electrodes. *Problems of Atomic Science and Technology*. №6(154), p. 57-60 (2024). https://vant.kipt.kharkov.ua/ARTICLE/VANT_2024_6/article_2024_6_57.pdf
8. A.V. Taran, I.E. Garkusha, K. Nowakowska-Langier, G.N. Tolmachova, P.M. Vorontsov, O.A. Nikol'chenko, Yu.P. Gnidenko, S.P. Romaniuk, O.I. Tymoshenko, I.O. Misiruk, Microstructure, chemical composition, and nanomechanical properties of ARC-PVD ZrTa/ZrTaO₂ bilayer coatings, microstructure, chemical composition, and nanomechanical properties of ARC-PVD ZrTa/ZrTaO₂ bilayer coatings, *Problems of Atomic Science and Technology*. V. 4(152), p. 132-135 (2024)
9. A.S. Lozina, I.E. Garkusha, A.V. Taran, V.A. Makhlai, R.O. Pavlichenko, O.G. Chechelnitskij, Yu.P. Gnidenko, P.M. Vorontsov, Development and optimization of ozone destructor for low-temperature plasma sterilizer, *Problems of Atomic Science and Technology*. 2024. №2(150), p. 125-128.
https://vant.kipt.kharkov.ua/ARTICLE/VANT_2024_2/article_2024_2_125.pdf
10. Marushchenko I., Azarenkov N. A. Modelling of relativistic electron transport with non-relativistic DKES solver, *Journal of Plasma Physics*. V 90 (5), 905900505 (2024). doi:10.1017/S0022377824001156
11. Kovtun Y., Moiseenko V., Lozin O., ... Garkusha I.E., ...Stange T., Wauters T. ICRF production of plasma with hydrogen minority in Uran-2M stellarator by two-strap antenna. *Physics of Plasmas*, V. 31(4), 042501 (2024).
<https://pubs.aip.org/aip/pop/article/31/4/042501/3280410>
12. Garkusha I.E. , Makhlai V.A., Herashchenko S.S., ... Staltsov V.V., Yelisseyev D.V. Influence of AR injection on shielding layer properties and surface protection from transient high heat loads under the QSPA plasma exposures,

- Nuclear Fusion, V. 64(5), 056010 (2024). <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1741-4326/ad346d/pdf>
13. S. S. Herashchenko, V. A. Makhlai, I. E. Garkusha, Yu. V. Petrov, N. N. Aksenov, N.V. Kulik, D. V. Yelisyyev, P. B. Shevchuk, Y. E. Volkova, Yu. V. Seromolot, S. I. Lebedev, T. M. Merenkova, T. W. Morgan, Experimental studies of plasma-surface interactions during inclined QSPA plasma impacts on SN-filled CPS, Problems of Atomic Science and Technology. №6(154), p. 82-86 (2024).
https://vant.kipt.kharkov.ua/ARTICLE/VANT_2024_6/article_2024_6_82.pdf
14. D. Grekov, C. Albert, Yu. Turkin, Yu. Volkova, Modelling of ICRH slow wave propagation and absorption in Wendelstein 7-X stellarator, Nuclear Fusion, V.64 106016 (13pp) (2024).
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1741-4326/ad6e05>
15. Azarenkov M.O., Bobkov V.V., Tishchenko L.P., ... Shevchenko D.I., Gamayunova L.O. Investigation of the processes of retention and release of implanted deuterium and helium ions for tungsten and tantalum coatings, East European Journal of Physics, V. 2024(1), pp. 10-30 (2024).
<https://periodicals.karazin.ua/eejp/article/view/22544>
16. Azarenkov M., Lytvynenko V., Kolenov I., ... Kanishcheva M., Shatov V. Thermographic method of activated carbon packing quality diagnostics in NPP air filters, East European Journal of Physics, 2024(1), pp. 398-404 (2024).
<https://periodicals.karazin.ua/eejp/article/view/22540>
17. Azarenkov M., Lytvynenko V., Kolenov I., ... Kanishcheva M., Shatov V. Thermographic method of activated carbon packing quality diagnostics in NPP air filters, East European Journal of Physics, 2024(1), pp. 398-404 (2024).
<https://periodicals.karazin.ua/eejp/article/view/22540>
18. A. Dinklage, I. Garkusha, I. Girka, T. Klinger, R. Wolf, A. Kleiber, The Stellarator Concept, Institute of Physics Publishing, ISBN: 9780750361897, 350 pages (2025). <https://glose.com/book/the-stellarator-concept>
19. Volkova Y., Garkusha I., Taran, A., Tymoshenko, O., Lozina, A. Design of plasma low-temperature sterilization device with additional ultrasonic unit, 50th EPS Conference on Plasma Physics, EPS 2024, 2024.
<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85212507540&origin=recordpage>
20. Kovtun Y.V., Moiseenko V.E., Lozin A.V., ... Garkusha I.E., Dinklage A. Radio frequency plasma production at frequencies higher than ion cyclotron frequency at Uragan-2M stellarator, 50th EPS Conference on Plasma Physics, EPS 2024, 2024. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85212483669&origin=recordpage>
21. Denysenko I.B., Vinnichenko V.V. Modelling of argon-acetylene plasma with dust particles in the afterglow regime. Proceedings of the XX International scientific conference on electronics and applied physics, October, 22-25, 2024, Kyiv, Ukraine, pp.147-148. <http://www.aphys.knu.ua/index.php>
22. Denysenko I.B., Kravchenko O.Y., Veklich A.N. Analysis of the ionization region of a magnetron discharge in argon with copper vapor using a global model. Proceedings of the XX International scientific conference on electronics and applied physics, October, 22-25, 2024, Kyiv, Ukraine, pp.149-150.
<http://www.aphys.knu.ua/index.php>
23. Я.О. Гречко, І.М. Середа, М.О. Азаренков, С.В. Литовченко, П.О. Кагановський Методика опромінення поверхні твердого тіла потужними потоками заряджених частинок, прискореними в подвійному шарі об'ємного заряду XXI International conference on physics of radiation phenomena and radiation material science (23-25 September, 2024, Kharkiv, Ukraine). p 155.
https://www.kipt.kharkov.ua/conferences/isspmst/Abstracts_21_ICPRP.pdf
24. Y. Volkova, D. Solyakov, I. Garkusha, V. Makhlai, M. Ladygina, Y. Petrov, D. Yelisyyev, D. Grekov, C. Albert, Influence of External Magnetic Field on Characteristics of Pinching Plasma Streams, 2024 IEEE International Conference on Plasma Science (ICOPS), 16-20 June 2024, Beijing, China.
<https://doi.org/10.1109/ICOPS58192.2024.10626466>

25. Yu.V. Kovtun, A.V. Lozin, V.E. Moiseenko, M.M. Kozulya, A.N. Shapoval, R.O. Pavlichenko, V.N. Bondarenko, D.I. Baron, S.M. Maznichenko, V.B. Korovin, E.D. Kramskoy, A. Yu. Krasiuk, V.S. Romanov, Y.V. Siusko, Yu.P. Martseniuk, I.E. Garkusha, S. Brezinsek, A. Dinklage, Radio frequency wall conditioning discharges in argon atmosphere at Uran-2M stellarator. Poster presented at 33rd Symposium on Fusion Technology (SOFT 2024), Dublin.
<https://hdl.handle.net/21.11116/0000-000F-F2EA-8>

Х. Заклучні відомості

Керівник юридичної особи

Пантелеймонов Антон Віталійович

К. Х. Н.

Перелік осіб-виконавців

Івко Сергій Вікторович

(к. ф.-м. н.)

Азаренков Микола Олексійович

(д. ф.-м. н.)

Бондар Денис Сергійович

(д. філософ)

Волкова Юлія Євгенівна

(д. філ. н.)

Гаркуша Ігор Євгенійович

(д. ф.-м. н., 01.04.07)

Гречко Ярослав Олегович

(к. ф.-м. н.)

Каніщева Марія Миколаївна

Носова Олена Михайлівна

Відповідальний за підготовку облікових документів

Гречко О.В.

Телефон

+38 (099) 185-29-33

Реєстратор

Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності

