Облікова картка ДіР

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0224U033374

Державний реєстраційний номер: 0121U109829

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 26-12-2024

II. Етап виконання ДіР

Номер етапу: 4

Назва етапу: Дослідження формування стійких у просторі та часі магніто-плазмових конфігурацій у потоках плазми, що стискаються. Проведення вимірювання параметрів плазми на установках «Ураган-2М», та TJ-II за допомогою діагностичних систем зондування плазми пучками важких іонів, їх модернізація та порівняння результатів, які одержані на цих установках.

Початок етапу: 01.2024

Закінчення етапу: 12.2024

Вид звітного документа: Проміжний звіт

III. Відомості про виконавця ДіР

Повне найменування юридичної особи (або ПІБ фізичної особи): Національний науковий центр "Харківський фізико-технічний інститут" Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 14312223

Місцезнаходження: вул. Академічна, буд. 1, м. Харків, Харківський р-н., Харківська обл., 61108, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Розмір організації:

Телефон: 380573353530, 380573356607

IV. Відомості про співвиконавців ДіР

V. Відомості про замовника ДіР

Повне найменування юридичної особи (або ПІБ фізичної особи): Національна академія наук України

Код за ЄДРПОУ: 00019270

Місцезнаходження: вул. Володимирська, буд. 54, м. Київ, 01601, Україна

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Розмір організації:

Телефон: 380442343243

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)

Напрям фінансування: 2.1 - фундаментальні дослідження

Джерела фінансування

7713 - кошти держбюджету

Код програмної класифікації видатків і кредитування (КПКВК): 6541030

Фактичний обсяг фінансування (тис. грн.): 11730.000

VII. Відомості про ДіР

Назва роботи українською:

Генерація і діагностика потужних потоків плазми, розробка високоефективних іонно-плазмових джерел для термоядерних та технологічних застосувань.

Назва роботи англійською:

Generation and diagnostics of powerful plasma flows, development of highly efficient ion-plasma sources for thermonuclear and technological applications.

Реферат українською:

Вперше застосовано діагностичний комплекс на основі зондування плазми у стелараторі TJ-II одночасно двома пучками важких іонів, що дозволило дослідити механізми самоорганізації плазмового шнура та вплив власних Альфеновські мод (АМ) у плазмі на умови утримання плазми у закритій магнітній пастці стелораторного типу, яку розглядають як альтернативу термоядерному реактору на основі токамаку. Експериментально показано, що за наявності зональних потоків в області плазмового ядра еквіпотенціальні поверхні потенціалу в плазмі відповідають вакуумним магнітним поверхням. Дослідження власних мод Альфвена показало їх радіальну локалізацію та полоїдальну асиметрію коливань потенціалу та густини, обумовлених АМ. Отримані результати дозволять удосконалити розрахункові моделі для досягнення найбільш оптимальних умов утримання плазми та досягнення істотно збільшених величин густини та температури плазми у термоядерних пристроях нового покоління. Проаналізовано особливості генерації потоків плазми квазістаціонарними прискорювачами з різною тривалістю розрядного імпульсу. Показано, що наявність зовнішнього магнітного поля в прискорювальному каналі істотно впливає на стійкість генерованих потоків у просторі та часі. Результати можуть бути використані вдосконалення конструкції плазмових прискорювачів нового покоління для їх використання у імітаційних експериментах, що моделюють перехідні явища у термоядерному реакторі, а також для імітації астрофізичних явищ.

Реферат англійською:

A diagnostic complex based on probing plasma in a TJ-II stellarator simultaneously with two beams of heavy ions was used for the first time. That made possibility to investigate the mechanisms of self-organization of the plasma cord and the influence of intrinsic Alphenov modes (AM) in plasma on the conditions of plasma retention in a closed magnetic trap of the stelorator type. It is considered as an alternative to a tokamak-based fusion reactor. It has been experimentally shown that in the presence of zonal fluxes in the region of the plasma nucleus, the equipotential potential surfaces in the plasma correspond to vacuum magnetic surfaces. A study of Alfvén's eigenmodes showed their radial localization and poloidal asymmetry of potential and density oscillations due to AM. The obtained results will improve the calculation models to achieve the most optimal conditions for plasma retention and to achieve significantly increased plasma density and temperature values in next-generation thermonuclear devices. The peculiarities of the generation of plasma flows by quasi-stationary accelerators with different duration of the discharge pulse have been analyzed. It has been shown that the presence of an external magnetic field in the accelerator channel significantly affects the stability of the generated flows in space and time. The results can be used to improve the design of new generation plasma accelerators for their use in simulation experiments that simulate transient phenomena in a fusion reactor, as well as for imitation of astrophysical phenomena.

Індекс УДК: 533.9

Коди тематичних рубрик: 29.27

Керівники роботи

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:Гаркуша Ігор Євгенійович

Науковий ступінь: д. ф.-м. н.

Вчене звання: професор, член-кор.

Ідентифікатор ORCID ID:

Додаткова інформація:

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

Назва НТП українською: Вперше застосовано діагностичний комплекс на основі зондування плазми у стелараторі TJ-II одночасно двома пучками важких іонів. Проаналізовано особливості генерації потоків плазми квазістаціонарними прискорювачами з різною тривалістю розрядного імпульсу.

Назва НТП англійською: For the first time, a diagnostic complex based on probing the plasma in the TJ-II stellarator with two beams of heavy ions was used for the first time. The peculiarities of the generation of plasma flows by quasi-stationary accelerators with different durations of the discharge pulse are analyzed.

НТП, яку передбачалося створити:

Причини, через які НТП не було створено:

Отримані результати: Методи, теорії

Галузь застосування: Реакторна техніка (73.10.0)

Реєстраційний номер картки технології:

Опис НТП: Експериментально показано, що застосування зовнішнього магнітного поля в розрядному каналі МПК приводить до зростання величини власного магнітного поля в приосьовій зоні на всій довжині плазмового потоку поза каналом. Встановлено, що під час застосування зовнішнього магнітного поля всередині каналу МПК спостерігається наявність двох популяцій електронів із різними температурами поблизу осі плазмового потоку. Зовнішнє магнітне поле приводить не лише до виникнення бімаксвелівської функції розподілу електронів, але й до помітного зростання електронної температури. Загалом зовнішнє магнітне поле приводить до збільшення величини електричного струму виносу на щонайменше 20%, змінює його просторовий розподіл, зменшує кількість струмових вихорів. Показано, що за присутності зовнішнього магнітного поля зона стиснення займає більший об'єм. Середня довжина зони стиснення збільшується з 5 см до 8 см, а радіус – з приблизно 0,5 см до (1-1,5) см. Інжекція водневих плазмових потоків великої густини (~1022 м-3) в повздовжнє магнітне поле зі зростаючою амплітудою індукції (до B=0.6 Тл) дозволила отримати потоки плазми великої густини в області максимального значення магнітного поля. Під час розповсюдження плазми в магнітному полі отримали сфокусований та однорідний потік плазми з густиною енергії в центральній частині потоку(с діаметром ~ 40 мм) досягає до 1 МДж/м2. Подвійний діагностичний комплекс ЗППВІ, завдяки своїм унікальним можливості вимірювати радіальне розподілення параметрів плазми, застосовується у більшості експериментів на стелараторі TJ-II. Експериментальні дані по вимірюванню профілю густини плазми, потенціалу та їх флуктуацій у області збудження Альфвенівських мод було отримано для 3 магнітних конфігурацій на стелараторі TJ-II.

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:

Перспективні ринки:

Характер співробітництва з інвестором

Потрібний обсяг інвестицій, тис. грн.:

Права, що надаються інвестору після завершення роботи:

Наявність бізнес-плану:

Техніко-економічне обгрунтування:

Потенціальний обсяг продажу, тис. грн.:

Очікуваний термін окупності (років):

Додаткова інформація:

IX. Бібліографічний опис

1. J.A. Alonso, D. Alegre, J. Alonso, ... A.S. Kozachek, et, al. Density profiles in stellarators: an overview of particle transport, fuelling and profile shaping studies at TJ-II // Nucl. Fusion 2024, v. 64, 112018 https://doi.org/10.1088/1741-4326/ad67ef

2. K.J. McCarthy, I. García-Cortés1, J.A. Alonso, ... O.O. Chmyga , O.S. Kozachok et al. Multi-pellet injection into the NBI-heated phase of TJ-II plasmas Nuclear Fusion, 2024, 64(6), 066019 https://doi.org//10.1088/1741-4326/ad4047

3. I.E. Garkusha, V.A. Makhlai, S.S. Herashchenko, M.S. Ladygina, N.N. Aksenov, O.V. Byrka, Yu.V. Petrov, Y.E. Volkova, N.V. Kulik, V.V. Staltsov, D.V. Yelisyeyev Influence of Ar injection on shielding layer properties and surface protection from transient high heat loads under the QSPA plasma exposures // Nucl. Fusion 2024, v. 64, 056010 https://doi.org/10.1088/1741-4326/ad346d

4. M. Ladygina, W. Gromelski, P. Gasior, A. Marín Roldan, J. Karhunen et.al. LIBS diagnostics of Be-based samples with different gas Impurities // Physics of Plasmas 2024, v.31, 063501 https://doi.org/10.1063/5.0205561

5. Ya. O. Kravchenkj, I.E. Garkusha, A.V. Taran, O.I. Tymoshenko, I.O. Misiruk, M.V. Pogorielov, K.O. Diedkova, S.P. Romaniuk, M. Study of TaN and Ta2O5 Coatings Obtained by Sputtering with Non-Self-Sustained Gas Discharge for Biomedical Implant Modification // Vacuum, 2024, v. 231, 13774 https://doi.org/10.1016/j.vacuum.2024.113774

6. A.S. Lozina, I.E. Garkusha, A.V. Taran, V.A. Makhlai, 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://doi.org/10.46813/2024-150-125

7. A.V. Taran, V.A. Makhlai, P.M. Vorontsov, Yu.P. Gnidenko, S.O. Bychkov, A.S. Lozina, O.G. Chechel'nitskj Dielectric barrier discharge based plasma device for cold sterilization in water with additional ultrasonic cavitation // Problems of Atomic Science and Technology. 2024. №4(152), p.152-155 https://doi.org/10.46813/2024-152-152

8. R.O. Pavlichenko, A.V. Klosovskij, Yu. S. Kulik, I.O. Misiruk, A.V. Taran, P.M. Vorontsov, Yu. P. Gnidenko, Ye. O. Nesterenko Portable ozone generating device for treatment of infected wounds // Problems of Atomic Science and Technology. 2024. №6(154). Series: Plasma Physics (30), p. 96-99. https://doi.org/10.46813/2024-154-096

9. I.K. Tarasov, V. E. Osmakova, A.V. Taran, A.M. Tarasov, G.P. Nikolaychuk Electrolytic-plasma processing and boriding of various surfaces // Problems of Atomic Science and Technology. 2024. №6(154).Series: Plasma Physics (30), p. 100-103. https://doi.org/10.46813/2024-154-100

10. S.P. Romaniuk, K. Nowakowska-Langier,V.M. Volchuk, A.V. Taran, Ye. O. Nesterenko Fractal model for assessing the microhardness of low-carbon alloy steel after carburization // Problems of Atomic Science and Technology. 2024. №6(154). Series: Plasma Physics (30), p. 104-107. https://doi.org/10.46813/2024-154-104

11. O.Yu. Devizenko, I.A. Kopylets, S.V. Malykhin, V.V. Kondratenko, V.A. Makhlai, I.E. Garkusha, D.V. Lytvinyuk, S.V. Surovitskiy Multilayer tungsten/quasi-crystal Ti-Zr-Ni systems as promising materials of protective elements a

fusion reactor // Problems of Atomic Science and Technology. 2024. 2(150) p. 28-33 https://doi.org/10.46813/2024-150-028

12. S. S. Herashchenko, V. A. Makhlai, I. E. Garkusha, Yu. V. Petrov, N. N. Aksenov, N.V. Kulik, D. V. Yelisyeyev, P. B. Shevchuk, Y. E. Volkova, Yu. V. Siromolot, S. I. Lebedev, T. M. Merenkova, et al Experimental studies of plasma-surface interactions during inclined QSPA plasma impacts on Sn-filled CPS // Problems of Atomic Science and Technology. 2024. 6 (154) p. 82-86 https://doi.org/10.46813/2024-154-082

13. Yu.Ye. Volkova, I.E. Garkusha, V.A. Makhlai, D.G. Solyakov, S.S. Herashchenko, Yu.V. Petrov, D.V. Yelisyeyev, P.B. Shevchuk, Yu.V. Siromolot, N.V. Kulik, S.I. Lebedev, N.N. Aksenov, D.L. Grekov, T.M. Merenkova Features of enhanced plasma compression under external magnetic field // Problems of Atomic Science and Technology. 2024. №6(154). p.87-90 https://doi.org/10.46813/2024-154-087

14. G.S. Khrypunov, M.M. Harchenko, A.V. Meriuts, J.F. Carlin, V.A. Makhlai, S.S. Herashchenko, S.L. Abashin, S.V. Surovitskiy, A.O. Pudov, A.I. Dobrozhan Influence of microsecond pulse helium plasma flow on the surface morphology and crystal structure of the photovoltaic converters based on CdS/CdTe // Journal of nano- and electronic physics 2024 Vol. 16 No 3, 03001(8pp) https://doi.org/10.21272/jnep.16(3).03001

15. А.В. Таран, Плазмові технології для медичного призначення // Науковий Форум «Інноваційна Наука – Медицині: Міждисциплінарний Підхід», Університет Імені В. Н. Каразіна, Медичний Факультет, 2024. https://karazin.ua/news/u-karazinskomu-vidbuvsia-naukovyi-forum-laquo-innovatsiina/

16. Yu. Volkova, I. Garkusha, A. Taran, O. Tymoshenko, A. Lozina Design of plasma low-temperature sterilization device with additional ultrasonic unit //In Proc. 50th EPS Conference on Contr. Fusion and Plasma Physics, Salamanca, Spain 8-12 July 2024 Yu. Volkova et al.: O4.102 (2024). https://lac913.epfl.ch/epsppd3/2024/html/PDF/O4-102.pdf

17. A.V. Taran, I.E. Garkusha, V.O. Stolbovyi, K. Nowakowska-Langier, S.P. Romaniuk, O.I. Tymoshenko, I.O. Misiruk, Structure and composition of ARC-PVD ZrTaN/ZrTiCuN nanolaminate coatings // in Proc International Conference On Physics Of Radiation Phenomena And Radiation Material Science (23-25 September, 2024, Kharkiv, Ukraine). https://www.kipt.kharkov.ua/conferences/isspmst/Abstracts_21_ICPRP.pdf

19. V. A. Makhlai, I. E. Garkusha, S. S. Herashchenko, N. N. Aksenov, Yu. V. Petrov, Y. E. Volkova, N. V. Kulik, D. V. Yelisyeyev, P. B. Shevchuk Effect of vapor shield on protection of different surfaces from high heat loads during QSPA plasma impact //XXXI щорічна наукова конференція інституту ядерних досліджень НАН України Київ, 27 - 31 травня 2024 року Анотації до доповідей, с.152 https://kinr.kyiv.ua/Annual_Conferences/KINR2024a/book_of_abstracts_2024.pdf

20. В.О. Махлай, І.Є. Гаркуша, С.С. Геращенко, Ю.В. Петров, Д.В. Елісєєв, С.В. Малихін, С.В. Суровицький, М.В. Кулик, П.Б. Шевчук, Ю.Є. Волкова, С.І. Лебедев, О.Л. Конотопский Особливості взаємодії плазми з поверхнею при екстремальних енергетичних плазмових навантаженнях // XXI International Conference on Physics of Radiation Phenomena and Radiation Material Science, 23-25 September, 2024, Kharkiv, Ukraine, C. 28 https://www.kipt.kharkov.ua/conferences/isspmst/Abstracts_21_ICPRP.pdf

21. С.В. Суровицький, С.В. Малихін, І.Є. Гаркуша, В.О. Махлай, Л.Є. Конотопський, Т.Б. Конотопська, В.М. Любов, С.С. Геращенко, О.І. Гірка Механізм утворення тріщин у текстурованих вольфрамих зразках при опроміненні водневою плазмою з тепловими навантаженнями подібним до умов ITEP// XXI International Conference on Physics of Radiation Phenomena and Radiation Material Science 23-25 September, 2024, Kharkiv, Ukraine, C. 90 https://www.kipt.kharkov.ua/conferences/isspmst/Abstracts_21_ICPRP.pdf

22. С.С. Геращенко, В.О. Махлай, І.Є. Гаркуша, Ю.В. Петров, М.М. Аксьонов, М.В. Кулик, Д.В. Єлісєєв, П.Б. Шевчук, Ю.Є. Волкова, Т.М. Меренкова, С.О. Рудченко, W. Pantleon Властивості перспективних конструкційних сталей EUROFER, модифікованих потужним імпульсним плазмовим опроміненням// XXI International Conference on Physics of Radiation Phenomena and Radiation Material Science 23-25 September, 2024, Kharkiv, Ukraine, C. 105 https://www.kipt.kharkov.ua/conferences/isspmst/Abstracts_21_ICPRP.pdf

23. С.В. Малихін, І.А. Копилець, В.В. Кондратенко, С.В. Суровицький, Л.Є. Конотопський, В.О. Махлай, І.Є. Гаркуша, С.С. Геращенко Структура ТА напружений стан покриттів вольфрам Ti Zr Ni квазікристал на сталі еврофер у вихідному стані та після опромінення водневою плазмою // XXI International Conference on Physics of Radiation Phenomena and Radiation Material Science 23-25 September, 2024, Kharkiv, Ukraine, C. 115 https://www.kipt.kharkov.ua/conferences/isspmst/Abstracts_21_ICPRP.pdf

24. V. A. Makhlai, S.S. Herashchenko, I. E. Garkusha, Yu.V. Petrov, N.V. Kulik, D.V. Yelisyeyev, Y.E. Volkova, P. B. Shevshuk, Yu. V. Siromolot, S.I. Lebedev Features of plasma-surface interaction at extreme of particles and energy loads // Proc. XX International Scientific Conference Electronics and Applied Physics October, 22-25, 2024, Kyiv, Ukraine C. 9 http://www.aphys.knu.ua/images/APHYS_Book_2024_content.pdf

25. S. S. Herashchenko, V. A. Makhlai, I. E. Garkusha, Yu. V. Petrov, N. N. Aksenov, N. V. Kulik, P. B. Shevchuk, D. V. Yeliseyev, Y. E. Volkova, T. M. Merenkova Surface modifications in re-solidified layers of perspective materials under power pulsed plasma loads // XXIV International Young Scientists Conference on Applied Physics May, 21-24, 2024, Kyiv, Ukraine book of abstract C. 107 https://icap.knu.ua/images/icap/Contents_of_ICAP_2024.pdf

26. Y. Volkova, D. Solyakov, I. Garkusha, V. Makhlai, M. Ladygina, Y. Petrov, D. Yeliseyev, D. Grekov, C. Albert Influence of External Magnetic Field on Characteristics of Pinching Plasma Stream // 2024 IEEE International Conference on Plasma Science (ICOPS), Beijing, China, 2024, pp. 1-1 https://doi.org/10.1109/ICOPS58192.2024.10626466

27. García-Cortés, K. J. McCarthy, D. Medina-Roque, … O. O. Chmyga, O. S. Kozachok et. al. Extending enhanced-performance scenarios in the stellarator TJ-II after pellet injections// Proc. 50th EPS Conference on Contr. Fusion and Plasma Physics, Salamanca, Spain 8-12 July 2024 O.288 https://www.ccm-events.com/epsplasma2024/imagenes/comunicaciones/2-Parallel_Session/0288-EPS24_I_Garcia_Cortes_vf.pdf

28. J.L. de Pablos, B. van Milligen, J.M. Barcala, A. Molinero, I. García-Cortés, O. Chmyga, O. S. Kozachok, G. Martín, R. García, R. Sanchez, J.M. ReynoldsBarredo, C. Hidalgo and TJ-II Team Turbulence control through feedback of Zonal Flows //Proc. 50th EPS Conference on Contr. Fusion and Plasma Phys, 8-12 July 2024, P2.070 https://lac913.epfl.ch/epsppd3/2024/html/PDF/P2-070.pdf

29. Hanna Marchenko et. al. Interferometric measurements of plasma produced by interaction of femtosecond Ti:Sapphire laser pulses with aluminum massive target // Proc. 50th EPS Conference on Contr. Fusion and Plasma Phys, 8-12 July 2024, P3.024 https://lac913.epfl.ch/epsppd3/2024/html/PDF/P3-024.pdf

30. Garcia-Cortes, J. A. Alonso, A. Baciero, O.O. Chmyga, O.S. Kozachok, et al Achieving high-performance plasma scenarios in the stellarator TJ-II using cryogenic pellet injection 24th International Stellarator/Heliotron Workshop (ISHW), Hiroshima, Japan, 9th September 2024

X. Заключні відомості

Керівник юридичної особи Азарєнков Микола Олексійович
д. ф.-м. н., 01.04.08

Перелік осіб-виконавців

Волкова Юлія Євгенівна
(д.філософ)

Гаркуша Ігор Євгенійович
(д. ф.-м. н., 01.04.07)

Геращенко Станіслав Сергійович

Махлай Вадим Олександрович
(к. ф.-м. н.)

Таран Антон Валерійович
(к. т. н.)

Відповідальний за підготовку облікових документів Панаско Т.О.

Телефон +38 (057) 335-63-65

Реєстратор

Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності