

Облікова картка НДДКР

Державний обліковий номер: 0224U033374

Державний реєстраційний номер: 0121U109829

Відкрита

Дата реєстрації: 26-12-2024



1. Етапи виконання

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 ТІ-ІІ 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

2. Виконавець

Назва організації: Національний науковий центр "Харківський фізико-технічний інститут" Національної академії наук України

Код ЄДРПОУ/ІПН: 14312223

Підпорядкованість: Національна академія наук України

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

Телефон: 380573353530

Телефон: 380573356607

E-mail: nsc@kipt.kharkov.ua

WWW: <https://www.kipt.kharkov.ua/>

3. Власник результатів НДДКР (продукції)

Назва організації: Національний науковий центр "Харківський фізико-технічний інститут" Національної академії наук України

Код ЄДРПОУ/ІПН: 14312223

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

Підпорядкованість: Національна академія наук України

Телефон: 380573353530

Телефон: 380573356607

E-mail: nsc@kipt.kharkov.ua

WWW: <https://www.kipt.kharkov.ua/>

Назва організації: Національна академія наук України

Код ЄДРПОУ/ІПН: 00019270

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

Підпорядкованість:

Телефон: 380442343243

E-mail: prez@nas.gov.ua

WWW: <http://nas.gov.ua>

4. Джерела та напрями фінансування

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

КПКВК: 6541030

Напрямок фінансування: 2.1 - фундаментальні дослідження

Джерела фінансування

Джерело фінансування: 7713 - кошти держбюджету

Фактичний обсяг фінансування за звітний етап: 11730.000 тис. грн.

5. Науково-технічна робота

Назва роботи (укр)

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

Назва роботи (англ)

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

Реферат (укр)

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 (AM) у плазмі на умови утримання плазми у закритій магнітній пастці стелараторного типу, яку розглядають як альтернативу термоядерному реактору на основі токамаку. Експериментально показано, що за наявності зональних потоків в області плазмового ядра екіпотенціальні поверхні потенціалу в плазмі відповідають вакуумним магнітним поверхням. Дослідження власних мод Альфвена показало їх радіальну локалізацію та полоїдальну асиметрію коливачів потенціалу та густини, обумовлених AM. 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 (англ)

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 stelator 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 НТІ: 29.27

6. Науково-технічна продукція (НТП)

НТП 1

Назва продукції (укр): 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 продукції (англ): 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.

Очікувані результати: Методи, теорії

Галузь застосування: Реакторна техніка (73.10.0)

Опис продукції (укр): 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

Стадія завершеності НТП: Звіт по НДДКР

Впровадження НТП: Не впроваджено

Строки впровадження:

Виробник продукції: ІФП ННЦ ХФТІ

Споживачі продукції:

Перспективні ринки:

Права інтелектуальної власності: За договорами

Форми та умови передачі продукції: Спільні НДДКР

7. 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. Chechel'nitskij, 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'nitskij 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](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. Єлісєєв, С.В. Малихін, С.В. Суловицький, М.В. Кулик, П.Б. Шевчук, Ю.Є. Волкова, С.І. Лебедев, О.Л. Конотопський 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, С. 28 https://www.kipt.kharkov.ua/conferences/isspmst/Abstracts_21_ICPRP.pdf

21. С.В. Суловицький, 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 вольфрамах зразках при опроміненні водневою плазмою з тепловими навантаженнями подібним до умов ІТЕР// XXI International Conference on Physics of Radiation Phenomena and Radiation Material Science 23-25 September, 2024, Kharkiv, Ukraine, С. 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, С. 105 https://www.kipt.kharkov.ua/conferences/isspmst/Abstracts_21_ICPRP.pdf

23. С.В. Малихін, І.А. Копилець, В.В. Кондратенко, С.В. Суловицький, 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, С. 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 С. 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. Yelisyeyev, 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. Yelisyeyev, D. Grekov, C. Albert Influence of External Magnetic Field on Characteristics of Pinching Plasma Stream // 2024 IEEE International Conference on Plasma

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

8. Звітна документація

Кількість сторінок в звіті: 34

Мова звіту: Українська

Кількість файлів у звіті: 1

9. Заключні відомості

Перелік осіб-виконавців

Волкова Юлія Євгенівна (д.філософ)

Гаркуша Ігор Євгенійович (д. ф.-м. н., професор, академік НАН України)

Геращенко Станіслав Сергійович

Махлай Вадим Олександрович (к. ф.-м. н., старший науковий співробітник)

Таран Антон Валерійович (к. т. н., с.д.)

Керівник організації:

Азаренков Микола Олексійович (д. ф.-м. н., професор, академік НАН України)

Керівники роботи:

Гаркуша Ігор Євгенійович (д. ф.-м. н., професор, член-кор.)

**Керівник відділу реєстрації наукової діяльності
УкрІНТЕІ**



Юрченко Т.А.