Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0823U100753

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 03-10-2023

Статус: Наказ про видачу диплома

Реквізити наказу МОН / наказу закладу: Наказ ХНУ імені В. Н. Каразіна № 0302-3к/799 від 22.11.2023 р.

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Волкова Юлія Євгенівна
2. Volkova Yuliia Ye.

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

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 та наноматеріали

Дата захисту: 02-11-2023

Спеціальність за освітою: Прикладна фізика та наноматеріали

Місце роботи здобувача: Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Код за ЄДРПОУ: 02071205

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

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): ID 2131

Повне найменування юридичної особи: Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Код за ЄДРПОУ: 02071205

Місцезнаходження: майдан Свободи, буд. 4, Харків, Харківський р-н., 61022, 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: Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Код за ЄДРПОУ: 02071205

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

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 29.27.03, 29.27.39, 29.27.43, 29.27.49

Тема дисертації:

1. Динаміка плазмового потоку, що генерується магнітоплазмовим компресором із поздовжнім магнітним полем
2. Dynamics of plasma stream generated by magnetoplasma compressor with longitudinal magnetic field

Реферат:

1. У дисертаційній роботі представлено результати експериментальних досліджень впливу зовнішнього поздовжнього магнітного поля в розрядному каналі магнітоплазмового компресора (МПК) на фундаментальні процеси в компресійних плазмових потоках. Детально досліджено вплив зовнішнього поздовжнього магнітного поля в каналі МПК на основні електротехнічні параметри розряду. Проведено аналіз вольт-амперних характеристик (ВАХ) для різних значень зовнішнього поздовжнього магнітного поля під час роботи з аргоном та гелієм за різних початкових тисків. Виявлено, що вольт-амперні характеристики розряду мають нелінійну залежність від величини зовнішнього поздовжнього магнітного поля. ВАХ при вимкненому магнітному полі відрізняються від попередньо отриманих до встановлення соленоїда, що спричинено зміною геометричних параметрів розрядного каналу. ВАХ розряду з достатньою точністю можна описати степеневою функцією, що добре узгоджується з теоретичними уявленнями. За більшого початкового тиску гелію, а отже, за більшої масової витрати, напруга розряду зменшується. Цей результат

підтверджується теоретичними уявленнями про те, що напруга розряду обернено пропорційна інтегральній масовій витраті. Досліджено вплив металевої циліндричної конструкції із соленоїдом, що встановлено на розрядний канал, на електричні струми, які протікають у потоці поза межами розрядного каналу при вимкненому магнітному полі. Наявність конструкції із соленоїдом на розрядному каналі МПК призвела до зміни геометричних параметрів каналу, що, зі свого боку, спричинило зміну просторового розподілу власного магнітного поля в плазмовому потоці поза каналом та зменшення частки струму в потоці відносно повного розрядного струму. Вивчено вплив зовнішнього магнітного поля в каналі МПК на розподіл власного азимутального магнітного поля в плазмовому потоці поза розрядним каналом. Показано, що застосування зовнішнього магнітного поля приводить до зростання величини власного магнітного поля в приосьовій зоні на всій довжині плазмового потоку. Спостерігалося «витіснення» магнітного поля із приосьової частини потоку, що вказує на формування зони стиснення. За допомогою подвійних електричних зондів проведено визначення особливостей розподілу локальної електронної температури в потоці самостисненої плазми з досить високою просторовою та часовою роздільною здатністю. Експериментально встановлено, що функція розподілу електронів у плазмовому потоці МПК без застосування зовнішнього магнітного поля є наближеною до максвелівської. Уперше експериментально виявлено наявність двох популяцій електронів із різними температурами, що є ознакою бімаксвелівської функції розподілу електронів, та зростання електронної температури поблизу осі плазмового потоку під час застосування зовнішнього поздовжнього магнітного поля 0,24 Тл в розрядному каналі МПК. Проведено детальний аналіз динаміки плазмового потоку, процесів формування області стиснення та її геометричних характеристик. Отримано розподіли швидкості дрейфу, електричного струму, електричного потенціалу та сили Ампера. Показано, що в плазмовому потоці формується замкнена структура вкладених еквіпотенціалей. Під час застосування зовнішнього магнітного поля структура вкладених еквіпотенціалей зсунута на більшу відстань від виходу МПК. Плазмовий потік має складну структуру, а саме сукупності концентричних вихорів і замкнених тороїдальних струмових структур, які спостерігаються протягом усього часу його існування. Встановлено, що зовнішнє магнітне поле приводить до збільшення величини електричного струму в плазмовому потоці, змінює його просторовий розподіл і зменшує кількість струмових вихорів. Уперше показано, що за присутності зовнішнього магнітного поля (0,24 Тл) збільшується розмір зони стиснення, температура в ній зростає в шість разів, а радіальна складова сили Ампера – щонайменше в три рази. За результатами аналізу просторового розподілу електричного струму в плазмовому потоці було виявлено структуру, подібну до нейтрального струмового шару, що формується протягом другого напівперіоду розрядного струму. У виявленій структурі, оточеній зонами плазмового потоку з протилежно спрямованими магнітними полями, спостерігається зростання густини електричного струму. Формування подібної структури в потужних потоках плазми, генерованих квазістаціонарними плазмодинамічними системами, виявлено вперше. Наявність структури типу нейтральний струмовий шар робить перспективним використання МПК для експериментального моделювання астрофізичних явищ.

2. The thesis presents the results of the experimental studies of the influence of an external longitudinal magnetic field in the discharge channel of a magnetoplasma compressor (MPC) on fundamental processes in compressive plasma flows. The influence of the external longitudinal magnetic field in the MPC channel on the main electrical parameters of the discharge was studied in detail. The current-voltage (I-V) characteristics for the modes of operation with argon and helium as working gases at different initial pressures were analyzed as a function of the external longitudinal magnetic field. It was found that the current-voltage characteristics of the discharge have a nonlinear dependence on the magnitude of the external longitudinal magnetic field. The I-V characteristics for the case when no magnetic field is applied differ from those obtained before the solenoid was installed. Such a difference is attributed to a change in the geometry of the discharge channel. The current-voltage characteristics can be described by a power-law function with sufficient accuracy that shows good agreement with theoretical models. Under a higher initial pressure of helium and, therefore, at a higher mass flow rate, the discharge voltage drops. This result is supported by the theoretical notion that the discharge voltage is inversely proportional to the integral mass flow rate. The influence of the cylindrical metal structure with a solenoid installed on the discharge

channel on the electric currents flowing outside the channel was investigated when no magnetic field was applied. The presence of the structure with a solenoid on the discharge channel of the MPC led to a change in the geometry of the channel, which, in turn, caused a change in the spatial distribution of the self-magnetic field in the plasma flow outside the channel and a decrease in the ratio of the current in the stream to the magnitude of the total discharge current. The influence of the external magnetic field in the MPC channel on the distribution of the azimuthal self-magnetic field in the plasma stream outside the discharge channel was studied. Findings show that the external magnetic field imposed inside the MPC discharge channel leads to an increase in the magnitude of the self-magnetic field in the axial region along the entire length of the plasma flow. Displacement of the magnetic field from the axial part of the plasma stream that indicates the formation of a compression zone was observed. Double electric probes were used to determine the features of the local electron temperature distribution in the self-compressed plasma flow with sufficiently high spatial and temporal resolution. It has been established experimentally that the distribution function of electrons in the plasma flow of the MPC is close to the Maxwellian when no external magnetic field is applied. For the first time, the presence of two populations of electrons with different temperatures, which indicates a bi-Maxwellian electron distribution function, and an increase in the electron temperature near the axis of the plasma stream have been observed when the external longitudinal magnetic field of 0.24 T was applied in the MPC discharge channel. A detailed analysis of the dynamics of the plasma stream, the processes of the formation of the compression zone and its geometric characteristics, drift velocity, electric current, electric potential, and Ampere's force was conducted. The results show the formation of a structure of enclosed equipotentials in the plasma flow. During the application of an external magnetic field, the configuration of the enclosed equipotentials is shifted to a greater distance from the MPC output. The plasma stream has a complex structure, including clusters of concentric vortices and closed toroidal current structures observed throughout its lifetime. The external magnetic field leads to an increase in the magnitude of the electric current in the plasma stream, changes its spatial distribution, and reduces the number of current vortices. The findings demonstrate that in the presence of an external magnetic field (0.24 T), the compression zone grows, its temperature increases sixfold, and the radial component of Ampere's force goes up at least threefold. The analysis of the electric current distribution in the plasma stream revealed a structure similar to a neutral current sheet that forms during the second half-period of the discharge current. In the observed structure, which is surrounded by the plasma flow zones with oppositely directed magnetic fields, an increase in the electric current density was detected. The formation of such a structure in powerful plasma flows generated by quasistationary plasmadynamic systems has been observed for the first time. The presence of a structure similar to a neutral current sheet opens an opportunity to use the MPC for the experimental modeling of astrophysical phenomena.

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:

- Solyakov D.G., Volkova Y.E., Cherednychenko T.N., Garkusha I.E., Ladygina M.S., Marchenko A.K., Petrov Yu.V., Chebotarev V.V., Makhlaj V.A., Staltsov V.V., Yeliseyev D.V., Trubchaninov S.A. Discharge characteristics in the MPC channel in presence of external longitudinal magnetic field // Problems of atomic science and technology. 2019. Vol. 1. P. 208-211.

- Solyakov D.G., Volkova Yu.Ye., Marchenko A.K., Ladygina M.S., Staltsov V.V., Petrov Yu.V., Chebotarev V.V., Merenkova T.M., Makhlaj V.A., Yeliseyev D.V. Discharge parameters of magnetoplasma compressor: effect of external axial magnetic field // Problems of atomic science and technology. 2020. Vol. 6. P. 74-77.
- Solyakov D.G., Volkova Yu.Ye., Garkusha I.E., Marchenko A.K., Ladygina M.S., Staltsov V.V., Petrov Yu.V., Chebotarev V.V., Merenkova T.M., Makhlai V.A., Yeliseyev D.V. Measurement of the local electron temperature in self-compressed plasma stream // Problems of atomic science and technology. 2021. Vol. 4. P. 149-153.
- Volkova Y.Ye., Solyakov D.G., Marchenko A.K., Ladygina M.S., Petrov Y.V., Chebotarev V.V., Merenkova T.M., Makhlai V.A., Yeliseyev D.V., Staltsov V.V. Experimental study of current-sheet-like structure in pinching plasma flows with electric and magnetic probes // Problems of Atomic Science and Technology. 2022. Vol. 6(142). P. 70-74.
- Solyakov D.G., Volkova Yu.Ye., Ladygina M.S., Merenkova T.M., Marchenko A.K., Garkusha I.E., Petrov Yu.V., Chebotarev V.V., Makhlaj V.A., Kulik M.V., Staltsov V.V., Yeliseyev D.V. Distributions of magnetic field and current in pinching plasma flows: axial magnetic field effect // European Physical Journal Plus. 2021. Vol. 136. P. 566. Volkova Yu., Solyakov D., Marchenko A., Chebotarev V., Garkusha I., Makhlai V., Ladygina M., Merenkova T., Yeliseyev D., Petrov Y., Staltsov V. Structure and local parameters of self-compressed plasma streams in external magnetic field // Nukleonika. 2023. Vol. 68(1). P. 3-9.
- Solyakov D.G., Volkova Y.E., Cherednychenko T.N., Ladygina M.S., Marchenko A.K., Petrov Yu.V., Chebotarev V.V., Makhlaj V.A., Yeliseyev D.V. Discharge characteristics in the mpc channel in presence of external longitudinal magnetic field // International Conference-School on Plasma Physics and Controlled Fusion, 10 - 13 September, 2018, Kharkiv, Ukraine: Book of Abstracts – National Science Center “Kharkov Institute of Physics and Technology”, Kharkiv, 2018 – p. 80.
- Volkova Y.E., Solyakov D.G., Merenkova T.N., I.E. Garkusha, Ladygina M.S., Marchenko A.K., Petrov Yu.V., Chebotarev V.V., Makhlaj V.A., Staltsov V.V., Yeliseyev D.V. Influence of external magnetic field on MPC plasma streams // International conference on research and applications of plasmas, 15-19 July, 2019, Opole, Poland: Opole University, Opole, 2019 — p. 51.
- Соляков Д.Г., Волкова Ю.Є., Гаркуша І.Є., Меренкова Т.М., Ладигіна М.С., Марченко А.К., Петров Ю.В., Чеботарьов В.В., Махлай В.О., Стальцов В.В., Єлісєєв Д.В. Вплив соленоїда зовнішнього магнітного поля на просторові розподіли струмів в плазмових потоках, що генеруються МПК // Українська конференція з фізики плазми та керованого термоядерного синтезу – 2019, 11-12 грудня 2019 р., Київ, Україна: Збірник анотацій — Інститут ядерних досліджень НАН України, Інститут теоретичної фізики ім. М.М. Боголюбова НАН України, Київ, 2019 — с. 55.
- Solyakov D.G., Volkova Y.Ye., Marchenko A.K., Garkusha I.E., Makhlai V.A., Chebotarev V.V., Staltsov V.V., Merenkova T.M., Petrov Yu.V., Ladygina M.S. Influence of external magnetic field on compressive plasma flows // 15th Kudowa Summer School ”Towards Fusion Energy”, 29 June – 3 July 2020, Kudowa Zdrój, Poland: Book of Abstract — Institute of Plasma Physics and Laser Microfusion, Warsaw, 2020 — p. 56.
- Соляков Д.Г., Волкова Ю.Є., Гаркуша І.Є., Марченко А.К., Ладигіна М.С., Стальцов В.В., Петров Ю.В., Чеботарьов В.В., Меренкова Т.М., Махлай В.О., Єлісєєв Д.В. Вимірювання локальної електронної температури в потоці самостисненої плазми // XV International Conference "Plasma Electronics and New Acceleration Methods", September 7-9 2021, Kharkiv, Ukraine: Program Book — National Science Center “Kharkov Institute of Physics and Technology”, Kharkiv, 2021 – P. 6.
- Solyakov D.G., Volkova Yu.Ye., Garkusha I.E., Marchenko A.K., Ladygina M.S., Staltsov V.V., Petrov Yu.V., Chebotarev V.V., Merenkova T.M., Makhlai V.A., Yeliseyev D.V. Measuring Properties Of Self-Compressed Plasma Streams With Probes: Influence Of External Magnetic Field // XVII International Scientific Conference Electronics and Applied Physics, 19-23 October 2021, Kyiv, Ukraine: Program Book — Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, 2021 — PP#5 (CD issue).
- Volkova Y., Solyakov D., Marchenko A., Merenkova T., Makhlai V. Structure and parameters of self-compressed plasma streams in external magnetic field // 16th Kudowa Summer School ”Towards Fusion Energy”, 6 – 10 June 2022, Kudowa Zdrój, Poland: Book of Abstract — Institute of Plasma Physics and Laser

Microfusion, Warsaw, 2022 — p. 58.

- Solyakov D., Volkova Y., Marchenko A., Chebotarev V., Garkusha I., Makhlai V., Petrov Y., Merenkova T. Local characteristics of self-compressed plasma streams in external magnetic field. 48th EPS Conference on Plasma Physics (EPS 2022), 27 June – 1 July 2022, Netherlands: Europhysics Conference Abstracts Volume 46A / Curran Associates, Inc.. — Mulhouse, France, 2023 — p. 253

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

Соціально-економічна спрямованість:

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації: Впровадження не планується

Зв'язок з науковими темами: М/66-2023 0117U001772 0120U102922 0121U111843 №633053 №101052200

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Гаркуша Ігор Євгенійович
2. Igor Garkusha

Кваліфікація: д. ф.-м. н., професор, 01.04.08

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-6538-6862

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Код за ЄДРПОУ: 02071205

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

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Соляков Дмитро Геннадійович
2. Dmytro Solyakov

Кваліфікація: д. ф.-м. н., с.д., 01.04.08

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-5616-7078

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний науковий центр "Харківський фізико-технічний інститут" Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 14312223

Місцезнаходження: вул. Академічна, буд. 1, Харків, Харківський р-н., 61108, 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. Веклич Анатолій Миколайович
2. Anatolii Veklych

Кваліфікація: д. ф.-м. н., професор, 01.04.08

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-0335-7430

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: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Ціолко В'ячеслав Володимирович
2. Vyacheslav Tsiolko

Кваліфікація: к.ф.-м.н., с.н.с., 01.04.04

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-3123-4411

Додаткова інформація:

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:

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Зиков Олександр Володимирович

2. Oleksandr Zykov

Кваліфікація: д. ф.-м. н., професор, 01.04.08

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-5409-2655

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Код за ЄДРПОУ: 02071205

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

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Лісовський Валерій Олександрович

2. Valerii Lisovskiy

Кваліфікація: д. ф.-м. н., с.н.с., 01.04.08

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-6339-4516

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Код за ЄДРПОУ: 02071205

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

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VIII. Заключні відомості

Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради	Гірка Ігор Олександрович
Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні	Гірка Ігор Олександрович
Відповідальний за підготовку облікових документів	Шевченко Андрій Олександрович
Реєстратор	УкрІНТЕІ

Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності

Юрченко Тетяна Анатоліївна