

Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0824U001295

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 20-03-2024

Статус: Наказ про видачу диплома

Реквізити наказу МОН / наказу закладу: Наказ ХНУ ім. В. Н. Каразіна № 0302-ЗК/560 від 03.05.2024 р.



II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Бондар Денис Сергійович

2. Denys Bondar

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-7358-4305

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: 15-04-2024

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 5019

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: 29.27.01, 29.27.17, 29.27.21, 29.27.23

Тема дисертації:

1. Дослідження збудження полів в плазмі та діелектрику потужними лазерними імпульсами та релятивістськими електронними згустками задля прискорення, фокусування та нагріву електронів і позитронів

2. Study of excitation of fields in plasma and dielectric by powerful laser pulses and relativistic electron bunches for acceleration, focusing and heating of electrons and positrons

Реферат:

1. Дисертаційну роботу присвячено теоретичному (за допомогою числового моделювання) дослідженню задач, пов'язаних з питань збудження кільватерних полів, питань прискорення й фокусування згустків заряджених частинок. В роботі йде мова про вивчення збудження кільватерних полів в плазмі, густина якої дорівнює густині електронів в твердому тілі (металах) рентгенівським лазерним імпульсом (потужна електромагнітна хвиля); дослідження формування, властивостей та ролі електронних солітонних каверн в інерційному синтезі, а також згладжування поперечних неоднорідностей в критичній точці за умов взаємодії лазерного імпульсу з неоднорідною плазмою в інерційному синтезі; окрім того, були знайдені параметри для плазмової лінзи, яка дозволила б однаково та однорідно фокусувати послідовності релятивістських позитронних згустків; важливим питанням було дослідження амплітуди кільватерного поля та коефіцієнту

трансформації за збудження кільватерних полів послідовністю згустків заряджених частинок в плазмі та діелектрику. Було досліджено збудження поля в плазмі послідовністю згустків електронів в нерезонансному випадку. Вивчається спосіб утримання самоінжективаних згустків в фазі прискорення кільватерної хвилі, а також, вплив зовнішнього магнітного поля на електронні згустки, що збуджують кільватерне поле в плазмі. Розглянуто процес комбінованого лазеро-плазмового прискорення, завдяки якому можливо забезпечити трансфер енергії між самоінжекткованими згустками й кільватерною хвилею. Разом з використанням рентгенівських лазерних імпульсів, використання плазми з такими параметрами дозволяє забезпечити збудження кільватерних полів прискорення з амплітудою, що досягає кількох теравольт на метр. Було продемонстровано, що за означених умов кільватерний процес супроводжується формуванням самоінжектованих згустків електронів в області суттєвого негативного просторового заряду, а також формуванням області з підвищеною густиною іонів, яка забезпечує значне поле прискорення. Окрім того, спостерігається так званий режим комбінованого лазеро-плазмового прискорення. Механізм «підлаштування» було досліджено авторами й представлено в результатах дослідження. Завдяки йому, вдалося частково відновити механізм когерентного складання в нелінійному випадку. Вивчалось використання неоднорідної плазми задля підтримки процесу прискорення самоінжекткованого згустку й підвищення градієнту прискорення. В дисертаційній роботі розглянуто спосіб збільшення густини електронів плазми, що призводить до динамічного зменшення розміру кільватерного пузиря, вздовж якого рухається згусток електронів. В запропонованій роботі вивчається плазмова лінза для фокусування згустків, що дозволяє однаково та однорідно фокусувати послідовності релятивістських позитронних згустків. В роботі було виконано дослідження амплітуди кільватерного поля та коефіцієнту трансформації за збудження кільватерних полів послідовністю згустків заряджених частинок в плазмі та діелектрику. В роботі досліджено збудження кільватерного поля послідовністю згустків заряджених частинок в діелектричному резонаторі. Виконано числове моделювання інжекції згустків заряджених частинок (електронів) до діелектричного резонатору (стрижень із діелектрика з металевим кожухом) й збудження кільватерного поля. В роботі було продемонстровано, що у випадку інжекції послідовності згустків з певними параметрами, зокрема, з довжиною, що дорівнює $0,5\pi$ довжини кільватерної хвилі, можна отримати значення коефіцієнту $TR=2N$, де N – це кількість згустків. В роботі шляхом двовимірного числового моделювання вивчено еволюцію кільватерної сили фокусування, що діє на згустки електронів при розповсюдженні електронних згустків у плазмі в залежності від довжини згустку та відстані між згустками для різних профілів струму згустку. В ході дослідження для послідовності довгих релятивістських електронних згустків було знайдено механізм, який призводить до резонансного збудження кільватерного поля навіть у випадках, коли частота інжекції згустків відрізняється від частоти плазми. Досліджено залежність коефіцієнту трансформації та максимального поля прискорення від довжини згустку при незмінному заряду згустку. Також вивчено залежність радіальної сили від довжини згустків та відстані між згустками.

2. The dissertation is devoted to the theoretical (by numerical simulation) research of a number of problems related to the excitation of wakefield, to the investigation of processes of accelerating and focusing bunches of charged particles. The paper deals with the study of excitation of wakefield in plasma, the density of which is equal to the electron density in metals by an X-ray laser pulse (powerful electromagnetic wave); study of the formation, properties and role of electron soliton cavities in inertial fusion, as well as smoothing of transverse inhomogeneities at a critical point under the interaction of a laser pulse with an inhomogeneous plasma in inertial fusion; in addition, parameters were found for a plasma lens that would allow the sequences of relativistic positron bunches to focus uniformly. An important issue was the study of the amplitude of the wakefield and the transformer ratio for excitation of wakefield by the sequence of charged particle bunches (beams) in plasma and dielectric. Excitation of the field in the plasma by a sequence of electron bunches in the non-resonant case was investigated. The process of combined laser-plasma acceleration is considered, thanks to which it is possible to ensure energy transfer between self-injected bunches and the wake wave. The method of restoring the phase synchronization of laser pulses and the wake wave is studied, as well as the influence of the external magnetic field on the electron bunches that excite the wakefield. Together with the use of X-ray laser pulses, the use of plasma

with such parameters allows the excitation of wakefields with an amplitude of several teravolts per meter. It was shown that under these conditions the wakefield process is accompanied by the formation of self-injected electron bunches in the region of significant negative space charge as well as regions with high ions density as well as formation of regions with increased ion density, which provides a significant acceleration field. In addition, the so-called combined laser-plasma acceleration mode is observed. The mechanism of “adjustment” was investigated by the authors and presented in the results of the study. Thanks to it, it was possible to partially restore the mechanism of coherent addition in the nonlinear case. The use of inhomogeneous plasma to support the acceleration process of the self-injected bunch and increase the accelerating gradient was studied. The author of dissertation considers a method of increasing the density of plasma electrons, which leads to a dynamic decrease in the size of the wakefield bubble along which the electron beam moves. In the current work, a plasma lens for focusing beams is studied, which allows to focus sequences of relativistic positron bunches uniformly. The study of the amplitude of the wakefield and the transformer ratio for the excitation of wakefield by the sequence of charged particles bunches in plasma and dielectric were performed. The excitation of the wakefield by a sequence of bunches of charged particles in a dielectric resonator is investigated in this work. Numerical simulation of injection of bunches of charged particles (electrons) into a dielectric resonator (a dielectric rod with a metal casing) and excitation of a wakefield is performed. It was shown that in the case of injection of a sequence of bunches with certain parameters, in particular, with a length equal to 0.5π of the wavelength, it is possible to obtain the value of the transformer ratio $TR=2N$, where N is the number of bunches. By using two-dimensional numerical simulation, the evolution of focusing force acting on electron bunches during their propagation in plasma has been investigated in dependence on the bunch length and distance between bunches for various current profiles of the bunch. The mechanism for the sequence of long relativistic electron bunches, that leads to resonant excitation of the wakefield even in cases where the frequency of injection of bunches differs from the plasma frequency, has been studied. The dependence of the transformer ratio and the maximum accelerating field on the length of the bunch with a constant charge of the bunch is investigated. The dependence of the radial force on the length of the bunches and the distance between the bunches was also studied.

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:

- Bondar D.S., Maslov V.I., Onishchenko I.N., Ovsianikov R.T. Plasma lens for electron and positron beams. Problems of Atomic Science and Technology. 2021. Vol. 134, № 4. P. 70–73. DOI: 10.46813/2021-134-070. (Scopus, Web of Science, Q4).
- Bondar D.S., Maslov V.I., Onishchenko I.N. Simulation of plasma wakefield focusing and self-focusing of a short sequence of electron bunches depending on the bunch length, shape and distance between bunches. Problems of Atomic Science and Technology. 2022. Vol. 142, № 6. P. 36–39. DOI: 10.46813/2022-142-036. (Scopus, Web of Science, Q4).
- Bondar D.S., Maslov V.I., Onishchenko I.N. A method for maintaining the acceleration rate and increasing the energy of self-injected bunch due to the use of inhomogeneous plasma. Problems of Atomic Science and Technology. 2023. Vol. 146, № 4. P. 67–70. DOI: 10.46813/2023-146-067. (Scopus, Web of Science, Q4).

- Maslov V., Bondar D., Onishchenko I., Papkovich V. Transformer Ratio at Wakefield Excitation by Train of Electron Bunches with Linear Growth of Current in Dielectric Resonator Electron-Positron Collider. J Phys Conf Ser. 2020. Vol. 1596. P. 012056. DOI: 10.1088/1742-6596/1596/1/012056. (Scopus, Q4).
- Maslov V. I., Bondar D. S., Onishchenko I. N. Investigation of the Way of Phase Synchronization of a Self-Injected Bunch and an Accelerating Wakefield in Solid-State Plasma. Photonics. 2022. Vol. 9(3). P. 174. DOI: 10.3390/photonics9030174. (Scopus, Web of Science, Q2).

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

Соціально-економічна спрямованість:

Охоронні документи на ОПВ:

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. 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. Маслов Василь Іванович
2. Vasyl Maslov

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-4370-7685

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. Анісімов Ігор Олексійович
2. Igor Anisimov

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-6185-1162

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. Добровольський Андрій Миколайович
2. Andrii Dobrovolskyi

Кваліфікація: к. ф.-м. н., старший науковий співробітник, 01.04.04

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-9917-522X

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. Афанасьева Інна Олексіївна

2. Inna Afanasieva

Кваліфікація: к. ф.-м. н., 01.04.20

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-9523-9780

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 Ігорь 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