

Облікова картка НДДКР

Державний обліковий номер: 0221U103656

Державний реєстраційний номер: 0116U007070

Відкрита

Дата реєстрації: 23-02-2021



1. Етапи виконання

Номер етапу: 5

Назва етапу: Дослідження спектрально-кутових розподілів випромінювання релятивістських електронів в орієнтованих кристалах. Дослідження багатофотонних ефектів при випромінюванні ультрарелятивістських електронів в орієнтованих кристалах.

Початок етапу: 01-2020

Закінчення етапу: 12-2020

Вид звітнього документа: Остаточний 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: 380573351688

Телефон: 380573356425

E-mail: nsc@kipt.kharkov.ua

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

3. Власник результатів НДДКР (продукції)

Назва організації: Національна академія наук України

Код ЄДРПОУ/ІПН: 00019270

Адреса: вул. Володимирська, буд. 54, м. Київ, Київська обл., 01030, Україна

Підпорядкованість:

Телефон: 380442350981

Телефон: 380442262341

Телефон: (044) 239-66-72

Телефон: 2343243

Телефон: www.nas.gov.ua

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: 1450.000 тис. грн.

5. Науково-технічна робота

Назва роботи (укр)

Електромагнітні процеси в інтенсивних зовнішніх полях та при взаємодії заряджених частинок великої енергії з кристалічними та аморфними середовищами

Назва роботи (англ)

Electromagnetic processes in the intensive external fields and under interaction of the charged particles of large energy with crystalline and amorphous substances

Реферат (укр)

Розглянуто процес гальмівного випромінювання релятивістських електронів і позитронів при об'ємному відбитті в зігнутому кристалі. Проведено комп'ютерне моделювання траєкторій електронів і позитронів за умов явища об'ємного відбиття та розрахунки спектрально-кутових розподілів гальмівного випромінювання, що супроводжує це явище. Досліджено особливості спектрально-кутових та поляризаційних характеристик випромінювання ультра релятивістських електронів і позитронів в умовах суттєвої недипольності та ТШФ-ефекту. Показано, що гальмівне випромінювання електронів і позитронів за цих умов має високий ступень лінійної поляризації. На основі отриманих в роботі результатів пропонується проведення експериментального дослідження. Запропонована квантова модель жорсткого багато фотонного випромінювання ультра релятивістськими електронами у періодичному полі. Ця модель дає змогу представити гармонійний склад поля випромінювання як одночасне розсіяння декількох когерентних фотонів й отримати розподіл по енергіям випромінених електронів від ондуляторного параметра. Знайдена залежність середньостатистичної ймовірності випромінювання даної гармоніки від амплітуди зовнішнього періодичного поля. Показано, що ця ймовірність дорівнює квадрату добутку середнього кута відхилення траєкторії електрона у періодичному

зовнішньому полі на Лоренц-фактор електрона. Модель дає змогу аналізувати залежність еволюції спектру випромінювання й спектру пучка електронів від параметрів зовнішнього поля.

Реферат (англ)

The bremsstrahlung of relativistic electrons and positrons during volume reflection in a bent crystal is considered. Computer modeling of the trajectories of electrons and positrons under volume reflection and calculations of the spectral-angular distributions of bremsstrahlung accompanying this phenomenon are carried out. The peculiarities of the spectral-angular and polarization characteristics of the radiation of ultrarelativistic electrons and positrons in the conditions of significant non-dipole and TSF-effect are investigated. It is shown that the bremsstrahlung of electrons and positrons under these conditions has a high degree of linear polarization. Based on the results obtained in the work, an experimental study is proposed. A quantum model of hard multi-photon emission by ultra relativistic electrons in a periodic field is proposed. This model makes it possible to represent the harmonic composition of the radiation field as the simultaneous scattering of several coherent photons and to obtain the energy distribution of the emitted electrons from the undulator parameter. The dependence of the average probability of radiation of harmonic component on the amplitude of the external periodic field is found. It is shown that this probability is equal to the square of the product of the mean angle of deviation of the electron trajectory in the periodic external field by the Lorentz factor of the electron. The model enables to analyze the evolution of the radiation spectrum and the electron spectrum of beam for various parameters of the external field.

Індекс УДК: 539.2;538.9-405;548, 539.12; 621.3.038.617

Коди тематичних рубрик НТІ: 29.19

6. Науково-технічна продукція (НТП)

НТП 1

Назва продукції (укр): Теорія гальмівного випромінювання релятивістських електронів і позитронів при об'ємному відбитті в зігнутому кристалі. Квантова модель жорсткого багато фотонного випромінювання ультрарелятивістськими електронами у періодичному полі.

Назва продукції (англ): Theory of bremsstrahlung of relativistic electrons and positrons by volume reflection in a bent crystal. Quantum model of hard multi-photon emission by ultrarelativistic electrons in a periodic field.

Очікувані результати: Методи, теорії

Галузь застосування: Дослідження й експериментальні розробки у сфері природничих і технічних наук

Опис продукції (укр): Проведено комп'ютерне моделювання траєкторій електронів і позитронів з енергією 300 Гев у зігнутому кристалі кремнію товщиною 620 мкм з радіусом вигину 500 см за умов явища об'ємного відбиття. Проведено також розрахунки відповідних спектрально-кутових розподілів гальмівного випромінювання, що супроводжує явище об'ємного відбиття ультра релятивістських електронів і позитронів в зігнутому кристалі в умовах, коли довжина когерентності випромінювання перевищує довжину кристала, тобто за умов ТШФ-ефекту. Модель випромінювання жорстких фотонів в періодичних електромагнітних полях дає змогу пов'язати номер гармоніки випромінювання з числом (віртуальних) фотонів в області когерентності випромінювання. Показано, що розподіл фотонів по числу носить Пуасонівський характер, при цьому кожна гармоніка має симетричний профіль відносно середньої енергії. Модель дає змогу аналізувати залежність еволюції спектру випромінювання від параметрів зовнішнього поля, а також розробити ефективні коди числового моделювання приладів для генерації потоків жорсткого Рентгенівського та гамма випромінювання.

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: 01.2020-12.2020

Виробник продукції: ННЦ "ХФТІ"

Споживачі продукції: ЦЕРН, Інститут теоретичної фізики ім'я М.М. Боголюбова, Інститут прикладної фізики

Перспективні ринки: Україна, зарубіжні країни

Права інтелектуальної власності: За договорами

Форми та умови передачі продукції: Спільні НДДКР

7. Бібліографічний опис

I.V. Kyryllin, N.F. Shul'ga. On the influence of periodicity in the arrangement of crystalline atomic strings upon the spectral and spectral-angular distribution of high-energy positively charged particle radiation in crystal. *Journal of Instrumentation* 15 (2020) C07019 (1-6).

S.V. Trofymenko, I.V. Kyryllin. On the ionization loss spectra of high-energy channeled negatively charged particles. *European Physical Journal C* 80 (2020) 689 (1-6).

S.V. Trofymenko. K-shell ionization and characteristic x-ray radiation by high-energy electrons in multifoil targets. *Phys. Rev. A* 102 (2020) 062804(1-10).

S.N. Shulga, N.F. Shul'ga. Radiation suppression and its oscillatory dependence on target thickness at passing of fast charged particles through an ultrathin crystal. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* 490 (2021) 1-6.

M.V. Bondarenko. Mean volume reflection angle. *Physical Review Accelerators and Beams* 23 (2020) 031303.

S.V. Trofymenko, N.F. Shul'ga. Energy loss by relativistic electron ensembles due to coherent excitation and ionization of atoms. *Physical Review Accelerators and Beams* 23 (2020) 084501(1-11).

E.V. Bulyak, V.A. Kushnir, V.V. Mytrochenko, S.A. Perezhogin, L.I. Selivanov. Source of positrons on the base of linac LU-40. *Problems of Atomic Science and Technology* №3(127) (2020) 7-10.

E.V. Bulyak, A.N. Dovbnya, V.A. Kushnir, V.V. Mytrochenko, S.A. Perezhogin, A.N. Opanasenko. NSC KIPT Positron source. Pre-project research. *Problems of Atomic Science and Technology* №3(127) (2020) 11-18.

N.F. Shul'ga, V.D. Koriukina. On coherent and incoherent scattering of fast charged particles in ultrathin crystals. *Problems of Atomic Science and Technology* №3(127) (2020) 120-125.

M.V. Bondarenko. Correlation between multiple scattering angle and ionization energy loss for relativistic electrons. *arXiv:2011.09502*.

I.V. Kyryllin, N.F. Shul'ga. On the probability of close collisions of charged particles with atoms in a crystal. *Journal of Physics: Conference Series* 1412 (2020) 202008.

D. Mirarchi, A.S. Fomin, S. Redaelli, W. Scandale. Layouts for fixed-target experiments and dipole moment measurements of short-living baryons using bent crystals at the LHC. *European Physical Journal C* 80(10) (2020) 92.

S.V. Trofymenko, N.F. Shul'ga. Coherent effect in ionization loss of relativistic electron ensembles in ultrathin targets. *Journal of Physics: Conference Series* 1412 (2020) 202018.

S.V. Trofymenko, R.M. Nazhmudinov, A.V. Shchagin, A.S. Kubankin, A.P. Potylitsyn, A.S. Gogolev, N.A. Filatov, G. Kube, N.A. Potylitsina-Kube, M. Stanitzki, R. Diener, A. Novokshonov. Formation region effects in x-ray transition radiation from 1 to 6 GeV electrons in multilayer targets. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* 476 (2020) 44-51.

N.F. Shul'ga, V.D. Koriukina. The eikonal approximation of the scattering theory for fast charged particles in a thin layer of crystalline and amorphous media. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* 487 (2021) 25-29.

A.S. Fomin, S. Barsuk, A.Yu. Korchin, E. Kou, V. A. Kovalchuk, M. Liul, A. Natochii, E. Niel, P. Robbe, A. Stocchi. The prospect of charm quark magnetic moment determination. *European Physical Journal C* 80 (2020) 358.

V.I. Alekseev, A.N. Elisayev, E. Irribarra, I.A. Kishin, A.S. Klyuev, A.S. Kubankin, R.M. Nazhmudinov, S.V. Trofymenko. Diffraction of virtual and real photons. *Journal of Instrumentation* 15 (2020) C03009(1-9).

S.P. Fomin, A.I. Kirdin, M.S. Malovytsia, V.V. Pilipenko, N.F. Shul'ga. Influence of the radial neutron reflector efficiency on the power of fast nuclear-burning-wave reactor. *Annals of Nuclear Energy* 148 (2020) 107699.

M. Malovytsia, A. Fomin, S. Fomin. Nuclear burning wave concept and theoretical approaches for its description. East European Journal of Physics 3 (2020) 62-72.

L. Bandiera, I.V. Kyrylin, C. Brizzolari, R. Camattari, N. Charitonidis, D. De Salvador, V. Guidi, V. Mascagna, A. Mazzolari, M. Prest, M. Romagnoni, N.F. Shul'ga, M. Soldani, A. Sytov, E. Vallazza. Investigation on steering of ultrarelativistic $e^\pm$ beam through an axially oriented bent crystal. arXiv:2011.13283.

8. Звітна документація

Кількість сторінок в звіті: 60

Мова звіту: Українська

Кількість файлів у звіті: 1

9. Заключні відомості

Перелік осіб-виконавців

Бойко Вадим Віталійович

Бондаренко Микола Вікторович (д. ф.-м. н.)

Буляк Євген Вікторович (к. ф.-м. н.)

Ганн Ганна Василівна (к. ф.-м. н.)

Кірдин Артур Іванович (к. ф.-м. н.)

Кириллін Ігор Володимирович (к. ф.-м. н., с.д.)

Корюкіна Вікторія Дмитрівна

Лапко Василь Петрович

Польшин Семен Олександрович

Слюсаренко Олексій Юрійович (к. ф.-м. н.)

Степановський Юрій Петрович (к. ф.-м. н., с.н.с.)

Трофименко Сергій Валерійович (к. ф.-м. н.)

Трутьєв Валентин Іванович (к. ф.-м. н.)

Фомін Олексій Сергійович

Фомін Сергій Петрович (к. ф.-м. н.)

Шульга Микола Федорович (д. ф.-м. н., професор, акад.)

Шульга Сергій Миколайович (к. ф.-м. н., с.н.с.)

Керівник організації:

Шульга Микола Федорович (д. ф.-м. н., акад.)

Керівники роботи:

Шульга Микола Федорович (д.ф.-м.н., професор)

**Керівник відділу реєстрації наукової діяльності
УкрІНТЕІ**



Юрченко Т.А.