# Облікова картка НДДКР

**Державний обліковий номер:** 0215U001366

**Державний реєстраційний номер:** 0111U007955

**Відкрита**

**Дата реєстрації:** 18-02-2015

## 1. Етапи виконання

**Номер етапу:** 1

**Назва етапу:** Дослідження спрямованого випромінювання з плазми багаторазово іонізованих атомів олова в сильнострумових імпульсних розрядах

**Початок етапу:** 01-2012

**Закінчення етапу:** 12-2014

**Вид звітного документа:** Остаточний звіт

## 2. Виконавець

**Назва організації:** Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

**Код ЄДРПОУ/ІПН:** 02071205

**Підпорядкованість:** Міністерство освіти і науки України

**Адреса:** Україна, 61022, м. Харків, майдан Свободи,4

**Телефон:** (057) 705-12-47

**Телефон:** 705-12-48

**E-mail:** univer@karazin.ua

**WWW:** www.univer.kharkov.ua

## 3. Власник результатів НДДКР (продукції)

**Назва організації:** Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

**Код ЄДРПОУ/ІПН:** 02071205

**Адреса:** майдан Свободи, 4, м. Харків, Харківський р-н., Харківська обл., 61022, Україна

**Підпорядкованість:** Міністерство освіти і науки України

**Телефон:** 380577051247

**E-mail:** univer@karazin.ua

**E-mail:** rector@karazin.ua

**WWW:** http://www.univer.kharkov.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:** 2201020

**Напрям фінансування:** 2.1 - фундаментальні дослідження

### Джерела фінансування

**Джерело фінансування:** 7713 - кошти держбюджету

**Фактичний обсяг фінансування за звітний етап:** 180.271 тис. грн.

## 5. Науково-технічна робота

### Назва роботи (укр)

Дослідження спрямованого випромінювання з плазми багаторазово іонізованих атомів олова в сильнострумових імпульсних розрядах

### Назва роботи (англ)

The investigation of the directed radiation from the multi-charged tin plasma in the high-current pulse discharges

### Реферат (укр)

Об'єкт дослідження - потужне спрямоване випромінювання в діапазоні екстремального вакуумного ультрафіолету з плазми багатократно іонізованих атомів олова. Мета роботи - пошук і оптимізація умов формування спрямованого інтенсивного випромінювання з довжиною хвилі 13,5 нм. Метод дослідження - вимірювання інтенсивності випромінювання в діапазоні екстремального ультрафіолету і діапазоні довжини хвиль 12,2...15,8 нм. В щільній багаторазово іонізованій плазмі сильнострумового імпульсного розряду в індуктивній фазі може виникати спонтанне спрямоване випромінювання в діапазоні екстремального ультрафіолету у вигляді коротких (~ 0,1 мкс) потужних (~ 1 МВт) імпульсів. В роботі теоретично і експериментально досліджені умови формування такого випромінювання в діапазоні довжини хвиль 12,2...15,8 нм з плазми багаторазово іонізованих атомів олова. Показано, що для цього слід використовувати імпульсні плазмові діоди з обмеженою робочою поверхнею потенційного електроду, густиною струму > 0,1 МА/см2 і запасеною енергією конденсаторної батареї > 20 Дж. Формування спрямованого випромінювання відбувається в щільній плазмі у поверхні потенційного електроду на фоні стрімкого введення в плазму енергії за рахунок утворення в струмовому каналі подвійного шару об'ємного заряду. На основі оригінальної методики отримання зображень у діапазоні екстремального ультрафіолету з часовим розрішенням до 109 кадрів/с встановлено, що спрямованість випромінювання залежить від форми щільної приповерхневої плазми. Для поздовжньої спрямованості форма має вигляд спиці, а для поперечної - сплюснутого у повздовжньому напрямі еліпсоїда. Існує принципова відмінність умов формування спрямованого випромінювання в непарні і парні півперіоди коливань струму розряду. Запропонована фізична модель формування спрямованого випромінювання в щільній плазмі імпульсного діоду, в основі якої лежить теорія індукованого випромінювання. Визначено засоби керування потужністю і спрямованістю випромінювання. Теоретично показано, що при застосуванні джерел спрямованого випромінювання можна суттєво підвищити ефективність систем нанолітографії. Результати НДР упроваджені в навчальний процес на фізико-технічному факультеті і факультеті комп'ютерних наук Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна.

### Реферат (англ)

The object of an investigation is the intense directional radiation in the extreme ultraviolet wavelength range from plasma of multiply ionized tin atoms. The project aim is searching and the optimization of conditions for the directional intensity radiation formation with a wavelength of 13.5 nm. The research method is measuring the radiation intensity in the extreme ultraviolet range and wavelength range of 12.2...15.8 nm. In dense multiply ionized plasma of high-current pulsed discharge in the inductive phase the spontaneously directed radiation in the extreme ultraviolet range can arises in the form of short (~ 0.1 μs) thick (~ 1 MW) pulses. Formation conditions of such radiation in the wavelength range of 12.2...15.8 nm from the multiply ionized tin atoms plasma have been theoretically and experimentally investigated in this work. It have been shown that should use pulsed plasma diodes with limited working surface of potential electrode with the current density > 0.1 MA/cm2 and the stored energy of the capacitor bank > 20 J. The directional radiation formation occurs in dense plasma near the potential electrode surface on the background of plasma energy rapid introduction due to formation the double layer of volumetric charge in the current channel. Based on the original method of obtaining images in the extreme ultraviolet range with a time resolution of up to 109 frames/s

found that the radiation directivity depends on the form of dense surface plasma. For the longitudinal direction the form looks like the spoke, for the transversal - longitudinally flattened ellipsoid. There is a fundamental difference between the conditions for directional radiation formation in the odd and even half-periods of the discharge current oscillation. A physical model of directional radiation formation in dense plasma of pulsed diode which is based on the stimulated emission theory has been proposed. Ways of manage power and radiation directivity have been determined. It has been theoretically shown that the application of directional radiation sources can significantly increase the nanolithography systems efficiency. Results of research report were introduced into the educational process at the physics and technology department and the computer science department of V.N. Karazin Kharkiv national university.

**Індекс УДК:** 533.9:537.872, 533.9.07

**Коди тематичних рубрик НТІ:** 29.27.15

## 6. Науково-технічна продукція (НТП)

### НТП 1

**Назва продукції (укр):** Основи теорії спрямованого випромінювання плазми в діапазоні екстремального ультрафіолету.

**Назва продукції (англ):** Fundamentals of the theory directional plasma radiation in the range of extreme ultraviolet

**Очікувані результати:**

**Галузь застосування:** 73.10.1 Дослідження і розробки в галузі природничих наук

**Опис продукції (укр):** Призначення: для створення потужних спрямованих джерел випромінювання в діапазоні екстремального ультрафіолету. Використання випромінювання в діапазоні екстремального ультрафіолету забезпечить розвиток нанолітографії для виробництва мікроелектроніки.

**Соціально-економічна спрямованість НТП:**

**Стадія завершеності НТП:** Звіт по НДДКР

**Впровадження НТП:** Впроваджено

**Строки впровадження:** 2012-2014 рр.

**Виробник продукції:** Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

**Споживачі продукції:** Науково-дослідні установи, університети.

**Перспективні ринки:** Україна, країни ЄС, США, Японія.

**Права інтелектуальної власності:** За договорами

**Форми та умови передачі продукції:** Спільні НДДКР

## 7. Бібліографічний опис

1. V Lisovskiy, E Artushenko, V Yegorenkov, Applicability of Child-Langmuir collision laws for describing a dc cathode sheath in N2O // Journal of Plasma Physics, 2013, Volume 79, Issue 06, p.1-9. 2. V. Lisovskiy, E. Artushenko, V. Yegorenkov, The Child-Langmuir laws and cathode sheath in the N2O // Bulletin of the American Physical Society, 2013, Vol.58, No.8, p.22. 3. V.T. Lazurik, V.M. Lazurik, G.F. Popov, Yu.V. Rogov, G.E. Sarukhanian, V.V. Vereshchaka. Impact of energy spread of electron beam on absorbed dose distribution. //Problems of Atomic Science and Technology. Series " Plasma Electronics and New Methods of Acceleration" (8). 2013, № 4(86), p.308-310. 4. I.V. Borgun, D.L. Ryabchikov, A.F. Tseluyko, I.N. Sereda . Experimental simulation of metal-hydride cathode working in Penning discharge // Problems of Atomic Science and Technology, 2013 - Plasma Physics, #1 - p.228-230. 5. I.V. Borgun, D.V. Zinov'ev, D.L. Ryabchikov, A.F. Tseluyko, I.N. Sereda. Dynamical accelerating structures of thermoionic plasma // Problems of Atomic Science and Technology, 2013 - Plasma electronics and new acceleration methods, #4 - p. 61-63

## 8. Звітна документація

**Кількість сторінок в звіті:** 125

**Мова звіту:** Українська

**Умови поширення в Україні:** Не заборонено

**Умови передачі іншим країнам:** Не заборонено

**Кількість файлів у звіті:** 1

## 9. Заключні відомості

### Перелік осіб-виконавців

Боргун Є.

Гречко Я.

Лісовський В.

Лазурик В.

Лазурик В.

Маслов В.

Целуйко О.

**Керівник організації:**

Катрич Віктор Олександрович

**Керівники роботи:**

Целуйко Олександр Федорович (к. ф.-м. н., доц.)

**Керівник відділу реєстрації наукової діяльності УкрІНТЕІ**

Юрченко Т.А.