

Облікова картка ДіР



I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0217U007015

Державний реєстраційний номер: 0117U002910

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 21-12-2017

II. Етап виконання ДіР

Номер етапу: 2

Назва етапу: Виготовлення та базова характеристика плазмонних структур на основі InAs/InGaAs та AlGaAs/GaAs квантових гетероструктур.

Початок етапу: 09.2017

Закінчення етапу: 12.2017

Вид звітнього документа: Остаточний звіт

III. Відомості про виконавця ДіР

Повне найменування юридичної особи (або ПІБ фізичної особи): Інститут фізики напівпровідників імені В.Є.Лашкарьова НАН України

Код за ЄДРПОУ: 05416952

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Розмір організації:

Телефон: 445254020

IV. Відомості про співвиконавців ДіР

V. Відомості про замовника ДіР

Повне найменування юридичної особи (або ПІБ фізичної особи): Міністерство освіти і науки України

Код за ЄДРПОУ: 38621185

Місцезнаходження: просп. Перемоги, 10, м. Київ, Київська обл., 01135, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Кабінет Міністрів України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Розмір організації:

Телефон: 380444813221

VI. Джерела, напрями та обсяги фінансування ДіР

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

Напрямок фінансування: 2.5 - програми і проекти у сфері міжнародного науково-технічного співробітництва

Джерела фінансування

7713 - кошти держбюджету

Код програмної класифікації видатків і кредитування (КПКВК): 2201380

Фактичний обсяг фінансування (тис. грн.): 137
--

VII. Відомості про ДіР

Назва роботи українською:

Дослідження нанорозмірних плазмонних структур типу "металічна ґратка - напівпровідникова гетероструктура" як базових елементів нових джерел терагерцового випромінювання створених на основі методик ультрафіолетової інтерференційної літографії

Назва роботи англійською:

Development of the extreme ultraviolet interference lithography technologies for a fabrication of nanosized plasmonic structures "metallic grating-semiconductor heterostructures" and investigations of the structures as core elements of terahertz radiation sources.

Реферат українською:

Виконана робота присвячена комплексному дослідженню надвисокочастотних характеристик гібридних наноплазмонних структур типу "металічна ґратка - напівпровідникова гетероструктура" для застосування їх, як базових елементів генераторів та детекторів терагерцового випромінювання з електричною накачкою та електричним контролем робочих частот. В рамках звітної періоду, дослідження були сфокусовані на розробку кінетичної теорії плазмонних коливань в сильному електричному полі та пошуку параметрів при яких виникає ефект плазмонної нестійкості, необхідний для генерації терагерцового випромінювання. Показано, що ефект плазмонної нестійкості виникає в гетероструктурах на основі GaAs та InAs з концентрації носіїв $1-4 \times 10^{11} \text{ см}^{-2}$ при прикладанні стаціонарних полів порядку 1 кВ/см. Характерні хвильові вектори плазмонів відповідають періодам ґраток 100-300 нм. Також, проаналізовано нелінійний ефект детектування ТГц випромінювання дрейфуючим двовимірним електронним газом. Розроблена теорія детектування була застосована до аналізу ТГц властивостей плазмонних структур на основі квантових AlGaAs/GaAs гетероструктур. Проаналізовано вплив оптично товстої діелектричної підкладки та ефекту розігріву носіїв при високих дрейфових швидкостях на спектральні характеристики коефіцієнтів пропускання/поглинання та форму спектрів напруги фотовідгуку. Було отримано, що в інтервалі прикладених електричних полів 200..400 В/см напруга фотовідгуку може досягати значень десятків мВ для зовнішніх сигналів з густиною потужності 1 Вт/см в діапазоні частот 0.3..1 ТГц. Виконаний пакет теоретичних робіт дозволив окреслити параметри гібридних плазмонних структур та виробити технологічні завдання щодо їх виготовлення для майбутнього застосування в якості генераторів та детекторів ТГц випромінювання. Згідно рекомендацій теоретичної групи, методами молекулярно-променевої епітаксії були виготовлені базові AlGaAs/GaAs квантові гетероструктури. Первина характеристика цих структур показала існування двовимірного провідного каналу з концентрацією електронів на рівні $4 \times 10^{11} \text{ см}^{-2}$ та рухливістю $5000 \text{ см}^2/\text{Vs}$ при кімнатній температурі. Зразки базових AlGaAs/GaAs квантових гетероструктур передані для дослідження сильнопольових характеристик українській групі. Разом з німецькою групою був розроблений технологічний цикл робіт для нанесення наноплазмонного елемента у вигляді металічних ґраток великої площі з субмікронним періодом.

Реферат англійською:

The work is devoted to the complex study of ultrahigh-frequency characteristics of hybrid nano-plasmonic structures such as "metal grating-semiconductor heterostructure" for their use as the core elements of generators and detectors of terahertz radiation with electric pumping and electrical control of operating frequencies. In the reporting period, the studies focused on the development of a kinetic theory of plasmon oscillations in a strong electric field and the search for parameters in which the effect of the plasmon instability occurs that is necessary for the generation of terahertz radiation. It is shown that the effect of plasmon instability arises in heterostructures based on GaAs and InAs with carrier concentrations of $1-4 \times 10^{11} \text{ cm}^{-2}$ when stationary fields of order 1 kV / cm are applied. The characteristic wave vectors of plasmons correspond to grating periods of 100-300

nm. Also, the nonlinear effect of detection of THz radiation by drifting two-dimensional electron gas is analyzed. The developed theory of detection was applied to the analysis of THz properties of plasmonic structures based on quantum AlGaAs / GaAs heterostructures. The influence of an optically -thick dielectric substrate and the effect of carriers heating at high drift velocities on the spectral characteristics of the transmittance / absorption coefficients and the shape of the photoresponse voltage spectrum is analyzed. It was found that in the range of applied electric fields 200 .. 400 V / cm the photoresponse voltage can reach values of tens of mV for external signals with a power density of 1 W / cm² in the frequency range of 0.3..1 THz. The completed set of theoretical works allowed to outline the parameters of hybrid plasmonic structures and develop technological tasks for their production for future use as generators and detectors of THz radiation. According to the recommendations of the theoretical group, the basic AlGaAs / GaAs quantum heterostructures were fabricated by molecular-beam epitaxy methods. The initial characterization of these structures showed the existence of a two-dimensional conducting channel with an electron concentration of $4 \times 10^{11} \text{ cm}^{-2}$ and a mobility of 5000 cm² / Vs at room temperature. Samples of basic AlGaAs / GaAs quantum heterostructures are transferred to the Ukrainian for study the high-field characteristics. Together with the German group, a technological cycle of work was developed for the deposition of a nanoplasmonic element in the form of a large-area metallic grating with a submicron periods.

Індекс УДК: 537.311.322, 538.935

Коди тематичних рубрик: 29.19.31

Керівники роботи

Власне Прізвище Ім'я По-батькові: Коротєєв Вадим Вячеславович

Науковий ступінь:

Вчене звання:

Ідентифікатор ORCID ID:

Додаткова інформація:

VIII. Наукова (науково-технічна) продукція (НТП)

Назва НТП українською: Дослідження нанорозмірних плазмонних структур типу "металічна ґратка – напівпровідникова гетероструктура" як базових елементів нових джерел терагерцового випромінювання створених на основі методик ультрафіолетової інтерференційної літографії

Назва НТП англійською: Development of the extreme ultraviolet interference lithography technologies for a fabrication of nanosized plasmonic structures "metallic grating-semiconductor heterostructures" and investigations of the structures as core elements of terahertz radiation sources.

НТП, яку передбачалося створити:

Причини, через які НТП не було створено:

Отримані результати:

Галузь застосування: Наукові дослідження та розробки

Реєстраційний номер картки технології:

Опис НТП: Виконана робота присвячена теоретичним та експериментальним дослідженням надвисокочастотних характеристик гібридних напівпровідникових наноплазмонних структур для застосування їх, як базових елементів генераторів та детекторів терагерцового випромінювання. Показано, що ефект плазмонної нестійкості виникає в гетероструктурах на основі GaAs та InAs з концентрацією носіїв $1-4 \times 10^{11} \text{ см}^{-2}$ при прикладанні стаціонарних полів порядку 1 кВ/см. Характерні хвильові вектори плазмонів відповідають періодам ґраток 100–300 нм. Розроблена теорія детектування ТГц випромінювання для плазмонних структур на основі AlGaAs/GaAs. Показано, що фотовідгук може досягати значень десятків мВ/Вт для зовнішніх сигналів в діапазоні частот 0.3..1 ТГц. Разом з німецькою групою був розроблений технологічний цикл робіт нанесення наноплазмонного елемента у вигляді металічних ґраток великої площі з субмікронним періодом.

Соціально-економічна спрямованість НТП:

Вплив НТП на довкілля:

Впровадження НТП: Не впроваджено

Практична реалізація НТП

Початок етапу: визначається замовником

Закінчення етапу:

Споживачі продукції: науковці, студенти

Перспективні ринки: Україна, ЄС

Характер співробітництва з інвестором

Потрібний обсяг інвестицій, тис. грн.:

Права, що надаються інвестору після завершення роботи:

Наявність бізнес-плану:

Техніко-економічне обґрунтування:

Потенціальний обсяг продажу, тис. грн.:

Очікуваний термін окупності (років):

Додаткова інформація:

ІХ. Бібліографічний опис

В міжнародних журналах вийшли наступні публікації: G. I. Syngayivska et al Drift and diffusion high-field magneto-transport in GaN, J. Phys.: Conf. Ser. 906 012018 (2017). Yu.M. Lyaschuk, V.V. Korotyeyev Theory of detection of Terahertz radiation in hybrid plasmonic structures with drifting electron gas, Ukrainian Journal of Physics 62(10), 889-902 (2017).

Х. Заклучні відомості

Керівник юридичної особи

Беляєв Олександр Євгенович

д. ф.-м. н., 01.04.10

Перелік осіб-виконавців

Беляєв Олександр Євгенович

Вайнберг Віктор Володимирович

Кочелап Вячеслав Олександрович

Кухтарук Сергій Миколайович

Лящук Юрій Миколайович

Наумов Андрій Вадимович

Порошин Володимир Миколайович

Сингаївська Галина Іванівна

**Відповідальний за підготовку
облікових документів**

Телефон

Реєстратор

**Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є
відповідальним за реєстрацію наукової
діяльності**

