Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0521U101814

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 27-09-2021

Статус: Захищена

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Коротєєв Вадим Вячеславович
2. Korotyeyev Vadym Vyacheslavovich

Кваліфікація: к.ф.-м.н., 01.04.07, 01.04.10

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Вид дисертації: доктор наук

Аспірантура/Докторантура: ні

Шифр наукової спеціальності: 01.04.10

Назва наукової спеціальності: Фізика напівпровідників і діелектриків

Галузь / галузі знань: Не застосовується

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Не застосовується

Дата захисту: 15-09-2021

Спеціальність за освітою: Фізика

Місце роботи здобувача: Інститут фізики напівпровідників імені В. Є. Лашкарьова Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05416952

Місцезнаходження: проспект Науки, буд. 41, м. Київ, 03028, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): Д 26.199.02

Повне найменування юридичної особи: Інститут фізики напівпровідників імені В. Є. Лашкарьова Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05416952

Місцезнаходження: проспект Науки, буд. 41, м. Київ, 03028, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію

Повне найменування юридичної особи: Інститут фізики напівпровідників імені В. Є. Лашкарьова Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05416952

Місцезнаходження: проспект Науки, буд. 41, м. Київ, 03028, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації:

Коди тематичних рубрик: 29.19.03, 29.05.03, 47.09.48

Тема дисертації:

1. Ефекти взаємодії терагерцового випромінювання з сильно нерівноважним електронним газом в об'ємних та низькорозмірних напівпровідникових структурах

2. Effects of interaction of terahertz radiation with a strongly nonequilibrium electron gas in bulk and low-dimensional semiconductor structures

Реферат/анотація:

1. В дисертаційній роботі побудовані теорії сильно-польового та високочастотного електронного транспорту в об’ємних зразках, квантових гетероструктурах та просторово - обмежених діодних структурах на основі AIIIBV напівпровідникових матеріалів. В рамках побудованих теорій досліджені ефекти сильно-польової та магнето-транспортної кінетики носіїв, ефекти анізотропії високочастотного відгуку електронного газу, що наведені сильним електричним та магнітним полем, а також розглянуті транспортні режими виникнення струмових та плазмонних нестійкостей в сильних електричних полях. Зокрема, проведений комплексний аналіз ефекту стримінгу та прольотного резонансу на оптичних фононах в компенсованому GaN. Виявлені ефекти виникнення від’ємної динамічної провідності, що можуть застосовуватись для генерації ТГц

випромінювання в діапазоні частот 0.5-2 ТГц. Запропоновані нові методики для експериментальної ідентифікації цих транспортних режимів в експериментах прецизійної ТГц спектроскопії, та додатково, в магнето-транспортних та електро - градієнтних вимірюваннях. Окреслені параметри балістичних n+-i-n+ діодів на основі InAs та GaAs матеріалів в яких можуть виникати струмові нестійкості прольотного типу. Запропонована модель ТГц генератора, що використовує в якості активного елемента каскадну структуру ідентичних балістичних діодів. Досліджені ефекти детектування, підсилення та генерації терагерцового випромінювання гібридними плазмонними структурами з металічними гратками в умовах сильного дрейфу носіїв. Знайдені фізичні параметри таких структур, робочі температури їх функціонування, інтервали прикладених полів, та можливий інтервал частот для спостереження ефектів підсилення/генерації ТГц випромінювання. Проведені дослідження є важливими для створення активних елементів надвисокочастотної оптоелектроніки нового покоління, що використовують для контролю робочих параметрів сильні електричні поля.

2. Thesis is devoted to theoretical studies of high-field and high-frequency electron transport in bulk samples, quantum heterostructures and diode structures based on AIIIBV semiconductor materials. In the framework of the developed theories, the effects of the high-field and magneto-transport electron kinetics, the effects of anisotropy of the high-frequency response of an electron gas induced by a strong electric and magnetic field are investigated. The considerable attention was paid to specific electron transport regimes relating to the emergence of current and plasmon instabilities which can be used for generation of THz radiation. In particular, a comprehensive analysis of the streaming effect and optical phonon transit-time resonance in compensated GaN has been carried out in the frames of Monte-Carlo simulation. It was found that streaming transport regime and associated OPTTR-phenomenon can be realized in GaN samples with moderate doping of ~1016 cm-3 and compensation degree of 90% in the range of applied electric fields of 3-10 kV/cm. It was shown that formation of the streaming transport regime can be identified as specific decreasing behavior of dependencies of the transverse-to-current diffusion coefficient. The calculations predict the effect of negative dynamic conductivity, in the frequency range of 0.5-2 THz up to temperatures of 150 K. The electrodynamic calculations of the transmission/absorption spectra reveal that single epitaxial layer of compensated GaN with thickness of 10 microns can amplify THz radiation with gain of 1-2%. The co-existence of the cyclotron and optical phonon transit-time resonances has been identified in magnetic fields of a few T applied in-parallel to electric one. It was shown that magnetic field can control polarization dependence of the amplification effects. In crossed configuration of applied electric and magnetic field, the magnetic fields of ~4 T can destroy the streaming transport regime with the effect of the collapse of dissipative current. The main magneto transport characteristics (dissipative current, Hall current, and Hall electric field) have been studied for the short and open Hall circuits. It was shown that the magneto transport measurements can provide valuable information on the main features of the electron distribution function and electron dynamics in GaN. It was established that strong dependency of the dissipative current on the parameters of the Hall circuit can be used for current modulation and current switching for high-power electronic applications. A self-consistent theory of ballistic electron transport in n+-i-n+ homo- and heterodiodes has been developed for steady-state and high-frequency regimes. The theory takes into account real injection/exclusion processes at the n+ -i interfaces, space-charge effects in the base region and diffusive electron transport in contacts. Comprehensive analysis of current-voltage characteristics and frequency dependencies of impedance was performed for InAs homodiodes and GaxIn1–xAs-GaAs-GaxIn1–x heterodiodes. It was demonstrated that widely accepted simplifications and results, such as the virtual cathode approximation, the Child law and others, cannot be applied to describe semiconductor ballistic diodes for realistic values of the applied electric biases. The negative dynamic resistance (NDR) effect is identified and studied. It was shown that the thermal spreading of injected electrons over the energy greatly affects the transit-time resonance and suppresses the NDR effect. The parameters of the diodes and working temperatures necessary to achieve the maximum NDR effect in the THz frequency range were determined. In order to increase the gain of the resonator modes, a model of a THz generator based on cascade structure of identical ballistic diodes was proposed. A theory of collective electron oscillations in two-dimensional semiconductor heterostructures subjected to a high electric field has been

developed. The effect of the stationary electric field has been taken into account on both steady-state and high-frequency electron transport. The analysis has been conducted by solving Boltzmann-Vlasov equations in the collisionless approach for high-frequency electron transport. It was discovered that applied electric field induces the following effects: strong nonreciprocal behavior of both oscillation frequency and damping; interaction of plasmonic and thermal modes; instability of excitations propagating along the electron drift (effect of negative Landau damping). It was shown that the electrically induced plasmon instability provides amplification of terahertz (THz) radiation in grating-based plasmonic structures.

Державний реєстраційний номер ДіР:

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки:

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності:

Підсумки дослідження:

Публікації:

Наукова (науково-технічна) продукція:

Соціально-економічна спрямованість:

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації:

Зв'язок з науковими темами:

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Коротєєв Вадим Вячеславович
2. Korotyeyev Vadym Vyacheslavovich

Кваліфікація: к.ф.-м.н., 01.04.07, 01.04.10

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Коротєєв Вадим Вячеславович
2. Korotyeyev Vadym Vyacheslavovich

Кваліфікація: к.ф.-м.н., 01.04.07, 01.04.10

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Сугаков Володимир Йосипович
2. Сугаков Володимир Йосипович

Кваліфікація: д.ф.-м.н., 01.04.07

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Носич Олександр Йосипович
2. Nosych Olexander Josypovych

Кваліфікація: д.ф.-м.н., 01.04.03

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Порошин Володимир Миколайович

2. Poroshin Volodymyr Mykolayovich

Кваліфікація: д.ф.-м.н., 01.04.07

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Рецензенти

VIII. Заключні відомості

Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради — Кочелап В'ячеслав Олександрович

Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні — Валах Михайло Якович

Відповідальний за підготовку облікових документів

Реєстратор

Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності — Юрченко Т.А.