

ОТЗЫВ

на диссертацию Гайдученко Игоря Андреевича
«Асимметричные устройства на основе углеродных нанотрубок и графена как детекторы терагерцового диапазона», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния.

Автор отзыва

ФИО: Насибулин Альберт Галийевич

Ученая степень: доктор технических наук

Год присуждения ученой степени и научная специальность, по которой присуждена ученой степени: 2011, порошковая металлургия и композиционные материалы.

Ученое звание: Профессор РАН.

Место работы (полное название организации в соответствии с Уставом, подразделение): Автономная некоммерческая образовательная организация высшего профессионального образования «Сколковский институт науки и технологий», «ЦНИО Сколтеха по фотонике и квантовым материалам».

Должность: профессор.

Контактная информация: +7(916)6903812, a.nasibulin@skoltech.ru.

Диссертационная работа Гайдученко И.А. посвящена экспериментальному исследованию детектирования терагерцового излучения асимметричными устройствами на основе углеродных нанотрубок и графена. ТГц технологии являются бурно развивающейся областью науки и техники. Однако, несмотря на значительные успехи последних лет все еще остро ощущается нехватка быстрых, чувствительных, энергоэффективных детекторов ТГц излучения, функционирующих при комнатной температуре. Углеродные нанотрубки и графен являются перспективным материалом для создания чувствительных элементов ТГц детекторов. Для разработки новых поколений детекторов необходимо детальное исследование механизмов, приводящих к выпрямлению ТГц излучения устройствами на основе УНТ и графена. Помимо очевидного прикладного интереса, исследование взаимодействия ТГц излучения с углеродными наноструктурами может существенно развить наши представления об электронной структуре данных структур. Таким образом, тема диссертации является актуальной как с научной, так и с практической точки зрения.

В главе 1 представлен подробный обзор литературы, посвященной современному состоянию исследований в данной области. На основе проведенного обзора сделан выбор объекта исследования и поставлены задачи.

В главе 2 описаны технология изготовления экспериментальных образцов, методы характеристики экспериментальных образцов, а также методика экспериментального исследования фотоотклика транзисторных структур на ТГц излучение.

Глава 3 посвящена исследованию выпрямления ТГц излучения асимметричными устройствами на основе разупорядоченных сеток УНТ. Было показано, что асимметричные устройства на основе сеток углеродных нанотрубок являются эффективными детекторами суб-ТГц излучения при комнатной температуре с характерной чувствительностью 10 В/Вт.

В главе 4 представлено экспериментальное исследование выпрямления ТГц излучения устройствами на основе графена с асимметричным контактным легированием при различной температуре. На основе анализа на частотной зависимости эффективности детектора было показано, что плазменные возбуждения в канале графенового транзистора влияют на детектирование ТГц излучения даже тогда, когда частота излучения много ниже как фундаментальной частоты плазменного резонанса, так и частоты упругого рассеяния носителей заряда.

В главе 5 представлены экспериментальные и теоретические исследования фотоотклика на суб-ТГц излучение графеновых полевых транзисторов, проанализированные при разных температурах. Полученные данные, зависящие от температуры, позволили выявить роль фототермоэлектрического эффекта, выпрямления на р-п переходе и выпрямления за счет плазмонных волн в фотоотклике на суб-ТГц излучение графеновых полевых транзисторов.

В главе 6 продемонстрирован резонансный режим детектирования ТГц излучения с использованием полевых транзисторов Дьяконова-Шура на основе высококачественного графена, инкапсулированного между гексагональными кристаллами нитрида бора, а также продемонстрирована возможность использования транзисторных структур с высокой подвижностью для исследования спектра плазменных волн.

Оценивая работу в целом, следует отметить, что диссертация представляет собой цельное и законченное исследование, содержание которого соответствует целям работы и названию. Все защищаемые научные положения и выводы хорошо обоснованы. Работа выполнена на высоком научном уровне, обладает необходимой новизной и достоверностью полученных результатов. Среди результатов хочется выделить демонстрацию резонансного режима детектирования ТГц излучения полевыми транзисторами на основе двухслойного графена, инкапсулированного в нитрид бора. Этот эффект также может быть использован для исследования спектра плазменных волн структур с высокой подвижностью носителей заряда в условиях, отличных от нормальных (например, низкие температуры).

По диссертации имеется одно замечание - наличие опечаток.

По теме диссертации опубликовано 12 работ в ведущих научных журналах, индексируемых в Scopus и Web of Science, а ее результаты неоднократно докладывались на международных конференциях.

Работа соответствует требованиям, установленным Правительством Российской Федерации, а ее автор Гайдученко Игорь Андреевич вне всякого сомнения заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния.

16.04.2019

Подпись /Расшифровка подписи



Насибулин А. Г.

Подпись Насибулина А.Г. заверяю
Руководитель отдела
кадрового администрирования,
Сколковский институт науки и технологий



Бурденко Н.Г.