

ОТЗЫВ

На автореферат кандидатской диссертации

Соломонова Никиты Александровича

на тему «Исследование эмиссии фотонов из туннельного контакта с оптическими
наноантеннами или полупроводниковыми волноводами при неупругом туннелировании
электронов»

по специальности 1.3.8. – физика конденсированного состояния

Представленный автореферат посвящён исследованию процессов эмиссии фотонов при неупругом туннелировании электронов в структурах металл-изолятор-металл и металл-изолятор-полупроводник. Поиск физических и технологических подходов к созданию компактных источников излучения с электрическим возбуждением является одной из важных задач современной нанофотоники и интегральной оптоэлектроники. Источники, основанные на неупругом туннелировании электронов, обладают нанометровыми размерами активной области, потенциально высоким быстродействием и возможностью управления спектральными характеристиками посредством изменения электрического напряжения, однако обладают чрезвычайно низкой внешней квантовой эффективностью. Таким образом, актуальность выполненного исследования не вызывает сомнений.

Основное внимание в работе уделено двум подходам к модификации оптического отклика туннельного контакта с целью повышения внешней квантовой эффективности. Первый подход основан на использовании массивов тонкостенных золотых наноантенн, собственные и коллективные плазмонные моды которых обеспечивают увеличение локальной плотности оптических состояний и позволяют управлять спектральными характеристиками излучения. Второй подход связан с возбуждением оптических переходов в легированных нитевидных нанокристаллах GaP, одновременно выполняющих функцию полупроводниковых нановолноводов.

Следует отметить комплексный характер исследования. Автором использованы методы сканирующей и просвечивающей электронной микроскопии, оптической спектроскопии, микрофотолюминесценции, спектроскопии с временным разрешением и численного моделирования, а также методы прямой регистрации оптического сигнала из туннельного контакта, возбужденного зондом сканирующего туннельного микроскопа. Среди наиболее значимых результатов работы необходимо отметить экспериментальную демонстрацию массивов полых золотых наноантенн в качестве широкополосных источников излучения с электрическим возбуждением. Показана возможность возбуждения излучения в диапазонах 550–850 нм и 1650–1870 нм при изменении напряжения туннельного контакта. Значительный интерес представляют результаты исследований второго экспериментального раздела, посвященного легированным нитевидным нанокристаллам GaP. Автором определены способы подготовки образцов и параметры туннельного контакта, обеспечивающие воспроизводимые СТМ- и СТМ-Л измерения при комнатной температуре в условиях сверхвысокого вакуума. Для ННК GaP:Be выявлены локализованные области повышенной светимости, связанные с присутствием вставок вюрцитной кристаллической фазы. Показана возможность использования такого ННК в качестве полупроводникового

нановолновода с монолитно интегрированным электроуправляемым источником фотонов. Научная и практическая значимость определяется развитием методик СТМ-Л измерений и демонстрацией двух подходов к созданию наноразмерных источников излучения, перспективных для интегральной фотоники.

При ознакомлении с авторефератом возникают следующие вопросы:

1. Каков ожидаемый вклад разброса геометрических параметров наноантенн, изготовленных методом фемтосекундной лазерной печати, в положение и ширину наблюдаемых оптических резонансов? Как можно отличить коллективный резонанс решетки от локального плазмонного резонанса в отдельных наноантеннах, который просто сдвинулся в ИК из-за геометрии антенны?

2. Каким оптическим модам соответствуют резонансы, спектры которых продемонстрированы на Рис. 2а? Какова причина отсутствия мод 1-го и 3-го порядков? Как зонд СТМ влияет на формирование оптических резонансов и как учитывается геометрия зонда при формировании излучения?

3. Как предполагается реализовать обсуждаемый источник излучения на ФИС, если для его работы требует низкий вакуум? Как температура влияет на процесс излучения?

4. На Рис. 4в показан результат оценки квантовой эффективности эмиссии фотонов при неупругом туннелировании электронов. Как такое значение эффективности ($\sim 10^{-7}$) согласуется с идеей интегрирования источника излучения на ФИС?

Указанные замечания носят дискуссионный характер и не снижают научной ценности и общей положительной оценки выполненной работы.

Автореферат достаточно полно отражает содержание диссертации, основные результаты обоснованы и логично изложены. Диссертационная работа представляет собой завершённое научно-квалификационное исследование, соответствующее требованиям Положения о присуждении ученых степеней в федеральном государственном бюджетном учреждении высшего образования и науки «Санкт-Петербургский национальный исследовательский Академический университет имени Ж. И. Алфёрова Российской академии наук».

Автор работы Соломонов Никита Александрович, заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по научной специальности 1.3.8 – «Физика конденсированного состояния».

Даю согласие на обработку моих персональных данных.

Кандидат физико-математических наук

Ларин Артем Олегович

научный сотрудник физического факультета

Федерального государственного автономного

образовательного учреждения высшего образования

«Национальный исследовательский университет

ИТМО»

Почтовый адрес: 197101, г. Санкт-Петербург,

Кронверкский просп., д. 49, литера А.

Телефон: +79

Адрес электронной почты: artem.larin@metalab.ifmo.ru

Ларин/А.О.

П
О
У
Л
И
Т
С