ОТЗЫВ

научного консультанта о диссертационной работе

Лебедева Дениса Владимировича

«Методы управления оптическим излучением и ионным транспортом в наносистемах: неупругое туннелирование электронов и твердотельные нанопоровые мембраны»,

представленной к защите на соискание ученой степени

доктора физико-математических наук по специальности

1. 3. 2 – Приборы и методы экспериментальной физики

Лебедев Денис Владимирович в 2007 г. получил диплом бакалавра, а в 2009 г. диплом магистра по специальности «Физика» в Казанском государственном университете им. В.И. Ульянова-Ленина. В 2012 г. защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук на тему «Получение и исследование металлических наночастиц на поверхности высокоориентированного пиролитического графита и диоксида кремния методами сканирующей зондовой микроскопии» по специальности 01.04.17 – «Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества»

Представленная докторская диссертация является итогом многолетней научной работы соискателя по изучению закономерностей транспорта заряженных частиц (электронов и ионов) через наноразмерные области пространства (туннельные наноконтакты, нанопоры и т.д.). Актуальность диссертационной работы не вызывает сомнений и обусловлена возможностью создания новых классов функциональных наноустройств. В частности, перспективным является применение эффекта излучения света при неупругом туннелировании электронов (НТЭ) для создания наноразмерных электроуправляемых источников оптического излучения на основе туннельного контакта. Кроме того, создание биосенсоров на основе твердотельных полупроводниковых нанопор открывает широкие возможности в области биофизики и исследований единичных белковых молекул. Лебедевым Д.В. установлены новые физические закономерности и выявлены особенности при неупругом туннелировании электронов в сканирующем туннельном микроскопе (СТМ), а также при ионном и молекулярном транспорте через твердотельные нанопоры. Защищаемые положения отражают новизну и комплексность работы. Полученные соискателем результаты вносят значительный вклад в развитие наноэлектроники, нанофотоники и исследования транспорта носителей заряда и белков через нанопоровые мембраны.

В рамках диссертационной работы был получен ряд ключевых результатов в области нанофотоники и управления наноразмерными системами. Во-первых, была реализована

методика непрямого наблюдения оптического излучения, индуцированного НТЭ, с помощью анализа вольт-амперных характеристик туннельного контакта. Эта методика была применена для визуализации локальной плотности оптических состояний золотых наноантенн. На основе разработанной методики СТМ-нанолитографии были созданы гибридные Si/Au наноантенны, продемонстрировавшие эффективную генерацию света в двух режимах: за счёт НТЭ при низких напряжениях смещения и за счёт электролюминесценции кремния при высоких. Кроме того, исследования упорядоченных массивов золотых наноструктур показали их потенциал для создания перестраиваемых (по длине волны излучения) электроуправляемых источников света на основе эффекта НТЭ. Также был реализован наноразмерный электроуправляемый источник света видимого диапазона, интегрированный в волновод GaP. Изучение нитевидных нанокристаллов (ННК) GaP с управляемой кристаллической структурой позволило эффективно связать генерируемое излучение с волноводной модой ННК, что открывает путь к созданию нового типа фотонных интегральных устройств.

Вторым крупным направлением диссертационной работы является исследование управления ионным транспортом в нанопористых системах. Была реализована методика управления ионным транспортом в нанопористых мембранах с проводящим покрытием с помощью внешнего электрического поля, и экспериментально установлено, что изменение внешнего потенциала позволяет обратимо менять селективные свойства мембраны от катион- к анионоселективным. Для углублённого изучения фундаментальных механизмов была разработана методика создания единичных твердотельных нанопор на основе кремниевых чипов. Это позволило реализовать принципиально новый метод управления ионными потоками через единичную нанопору с помощью внешнего оптического излучения относительно малой мощности, и показать, что ключевую роль в этом процессе играют фотоиндуцированные заряды на стенках поры.

Основные результаты и выносимые на защиту положения полностью отражены в публикациях Лебедева Д.В. Всего по теме диссертации опубликовано 26 научных работ в ведущих российских и зарубежных журналах, рекомендованных ВАК для защиты докторских диссертаций. Кроме того, результаты диссертации были доложены более чем на 25 всероссийских и международных научных конференциях, а также на множестве научных семинарах более чем в 5 научных организациях.

Отмечу способность Лебедева Д.В к творческому мышлению, которое помогает ему решать сложные задачи. Денис Владимирович обладает навыками организации и координировании выполнения комплексных научно-технических проектов, что подтверждается многолетним участием в реализации научных грантов, в том числе

проектов под его руководством. Кроме того, считаю важным отметить, что за свою научную карьеру Лебедев Д.В. успешно реализовал проекты в различных научных организациях РФ, а также организовывал и вел исследования в новых научных направлениях.

Считаю, что диссертационная работа Лебедева Д.В. «Методы управления оптическим излучением и ионным транспортом в наносистемах: неупругое туннелирование электронов и твердотельные нанопоровые мембраны» полностью удовлетворяет требованиям ВАК РФ, предъявляемым к данному роду диссертаций, а ее соискатель заслуживает присвоения ему ученой степени доктора физико-математических наук по искомой специальности 1. 3. 2 – Приборы и методы экспериментальной физики.

Научный консультант
д.ф.-м.н.
Проректор по науке СПбАУ им. Ж.И. Алфёрова Мухин И.С.

ПОДПИСЬ ЗАВЕРЯЮ
Специалист по кадрам
Рязапова Л.М.
«08» 10 2023
Отдел кадров