



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по научной работе
ФГАОУ ВО «СПбПУ»
д.т.н., профессор,
чл.-корр. РАН
Сергеев В. В.

» 10.01.18 2018 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации

на диссертационную работу Комиссаренко Филиппа Эдуардовича
«Манипулирование нанообъектами и модификация материалов с помощью сфокусированного электронного пучка для создания функциональных наноструктур»,
представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.01 – Приборы и методы экспериментальной физики.

Одним из активно развивающихся направлений современного физического эксперимента является прецизионное манипулирование микро- и нанообъектами и модификация материалов различной природы с использованием, фокусированных лазерного луча, электронных и ионных пучков и острых твердотельных нанозондов.

Диссертация Ф.Э. Комиссаренко посвящена развитию этого направления, поскольку в ней предложены новые подходы к созданию функциональных наноструктур, основанные на использовании фокусированного электронного пучка и острой металлической иглы. Содержание диссертации изложено в трех главах.

В первой главе дан обзор существующих методов манипулирования одиночными нанообъектами и создания наноструктур на поверхности диэлектрических материалов с помощью пучков различной природы.

Вторая глава посвящена описанию физической модели процесса и экспериментального метода манипулирования одиночными нанообъектами, а также исследованию механизмов формирования наноструктур на поверхности диэлектрических материалов под действием сфокусированного электронного пучка.

В третьей главе представлены конкретные примеры применения разработанных методов для создания функциональных наноструктур, используемых в нанопотонике, наномеханике, зондовой микроскопии и материаловедении.

Текст диссертации изложен на 156 страницах, содержит 93 рисунка и 159 ссылок на использованные литературные источники. Результаты исследований опубликованы в

28 печатных трудах, 14 из которых входят в международные системы цитирования, и доложены на 13 конференциях, в том числе международных.

Актуальность темы диссертации

Актуальность диссертационной работы не вызывает сомнения, поскольку её целью явилось развитие прецизионных экспериментальных методов создания функциональных микро- и наноструктур безусловно необходимых для осуществления фундаментальных и прикладных исследований в таких востребованных сегодня областях науки как нанофотоника, наноэлектроника, микрофлюидика, нанооптомеханика, нанодиагностика, метаматериалы.

Научная новизна работы

В диссертации получены новые научные результаты, наиболее существенные из которых состоят, по нашему мнению, в следующем:

- Экспериментально показана возможность подхватывать на острие микроманипулятора, переносить и сбрасывать в заданную область одиночные наноразмерные объекты с помощью металлической иглы и сфокусированного электронного пучка.
- Предложена физическая модель процесса переноса одиночных нанообъектов при помощи металлической иглы и сфокусированного электронного пучка, которая учитывает зарядку незаземленной металлической иглы сфокусированным пучком электронов, а также разрядку иглы за счет автоэмиссии электронов.
- Продемонстрирован метод изготовления зондов модифицированных одиночными нанообъектами для использования в сканирующей зондовой микроскопии.
- Предложен метод получения наноструктур на поверхности ионно-обменного стекла, натрий-силикатного стекла, кварцевого стекла и оксидной пленки кремния при помощи облучения сфокусированным электронным пучком.

Обоснованность и достоверность результатов

Достоверность результатов, представленных в диссертационной работе определяется использованием современного технологического и диагностического научного оборудования в комплексе с известными программами численного моделирования. Экспериментальные результаты, повторяемость которых была продемонстрирована в работе, согласуются с существующими теоретическими представлениями. Полученные автором результаты опубликованы в рецензируемых изданиях, в том числе высокорейтинговых, что также подтверждает их достоверность и обоснованность.

Практическая значимость работы

Развитые в работе методы манипулирования проводящими и диэлектрическими нанообъектами и методы модификации диэлектрических материалов достаточно универсальны и поэтому могут быть использованы для создания функциональных наноструктур различного назначения как при проведении фундаментальных исследований, так и в прикладных исследованиях и разработках. Практическая значимость работы подтверждается результатами, представленными в главе 3, на примере создания функциональных наноструктур для нанофотоники, наномеханики, зондовой микроскопии.

Практическая значимость полученных результатов также подтверждается двумя патентами на изобретения.

Рекомендации по использованию результатов работы

Результаты диссертационной работы можно рекомендовать к использованию в научных и учебных учреждениях, занимающихся исследованиями и разработками в области функциональных микро- и наноразмерных структур, а также на предприятиях наноиндустрии. Разработанные и апробированные в диссертации экспериментальные методы могут быть востребованы как в фундаментальных исследованиях, так и в прикладных разработках в области нанофотоники, наноэлектроники, нанооптомеханики, прецизионной диагностики, нанобиотехнологии и т.п. Среди организаций, в которых могут быть использованы результаты диссертационной работы можно выделить: Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе, Московский государственный университет, Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербургский национальный исследовательский академический университет РАН, МИЭТ, Университет ИТМО, Институт физики микроструктур РАН, Институт физики твердого тела РАН и другие.

Замечания

1. В предложенной в диссертации физической модели перемещения нанообъектов при помощи металлической иглы и фокусированного электронного пучка в качестве объекта перемещения рассматриваются только диэлектрические частицы несмотря на то, что в работе экспериментально продемонстрирована возможность осуществлять перенос металлических частиц.

2. Созданные в работе с применением фокусированного электронного пучка наноструктуры на поверхности диэлектриков исследовались, в том числе, с помощью атомно - силового микроскопа. Принимая во внимание предложенный в диссертации механизм формирования структур, связанный с образованием объемного заряда в приповерхностных слоях диэлектриков, было бы полезно при исследовании топографии образованных наноструктур использовать также метод Зонда Кельвина, позволяющий визуализировать распределение электрического потенциала на поверхности образца.

3. В работе недостаточно подробно обсуждается предельная точность, с которой возможно производить перенос нанообъектов с помощью металлической иглы и сфокусированного электронного пучка. Хотелось бы узнать, какая предельная точность

может быть достигнута при манипулировании наночастицами с помощью развитого автором метода?

Указанные выше замечания не носят принципиального характера и не снижают общую положительную оценку диссертационной работы.

Заключение

Диссертация Комиссаренко Филиппа Эдуардовича «Манипулирование нанообъектами и модификация материалов с помощью сфокусированного электронного пучка для создания функциональных наноструктур» представляет собой законченное научное исследование, выполненное по актуальной теме. Новизна и достоверность полученных результатов не вызывают сомнений. Автореферат диссертации соответствует содержанию работы, при этом содержание диссертации соответствует следующим пунктам паспорта специальности 01.04.01 — Приборы и методы экспериментальной физики:

1. Изучение физических явлений и процессов, которые могут быть использованы для создания принципиально новых приборов и методов экспериментальной физики.

8. Моделирование физических явлений и процессов.

Диссертационная работа полностью отвечает требованиям п.9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г., предъявляемым к диссертациям, представленным на соискание ученой степени кандидата наук, а её автор, Комиссаренко Филипп Эдуардович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.01 — Приборы и методы экспериментальной физики.

Отзыв обсужден и одобрен на заседании Научно исследовательского комплекса № «Нанобиотехнологии» 10 декабря 2018 г., протокол №12.

Директор
Научно-исследовательского комплекса
«Нанобиотехнологии» СПбПУ,
кандидат физико-математических наук



195251, Россия, Санкт-Петербург,
Политехническая ул., д. 29, Гидрокорпус-2
Тел.: +7 (812) 552-98-09
e-mail: nanobio@nanobio.spbstu.ru