ОТЗЫВ

научного руководителя к.ф.-м.н. Лебедева Дениса Владимировича
на диссертационную работу Ваулина Никиты Васильевича
на тему «Исследование ионного и молекулярного транспорта в биосенсорах на основе твердотельных нанопор из нитрида кремния», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук
по специальности 1.3.2. «Приборы и методы экспериментальной физики» (ранее 01.04.01)»

Ваулин Н.В. закончил в 2021 году магистратуру по направлению подготовки 11.04.04 «ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА», и получил диплом магистра Санкт-Петербургского национального исследовательского Академического университета имени Ж.И. Алферова Российской академии наук. В том же году Ваулин Н.В. поступил в очную аспирантуру Академического университета им. Ж.И. Алферова по специальности 1.3.11 Физика полупроводников.

За время обучения в аспирантуре Ваулин Н.В. овладел навыками самостоятельной постановки и проведения экспериментов с использованием сложного аналитического оборудования. Особо стоит отметить скрупулезность и внимание к деталям при прецизионном измерении сигналов Ваулиным Н.В. Кроме того, соискатель освоил методы обработки и анализа больших массивов экспериментальных данных.

Для диссертационного исследования Ваулиным Н.В. была выбрана научная тематика имеющая, как фундаментальное, так и прикладное значение: исследование ионного транспорта через единичные твердотельные нанопоры с целью применения их в качестве биосенсора нового поколения. Данная тематика включает в себя как разработку методов и подходов для анализа транспортных свойств единичной твердотельной нанопоры, так и экспериментальное исследование ионного и молекулярного транспорта через нее. Отдельное внимание в работе уделяется возможности управления или контроля ионного транспорта через единичную нанопору. Выбранная в рамках работы тематика является актуальной для создания новых методов и подходов в детектировании и анализе биологических соединений, что, несомненно, приведет в бедующем к побелению биосенсоров нового поколения.

Во время работы над диссертацией Ваулин Н.В. отработал методику изготовления свободноподвешенных мембран из аморфных пленок SiN_x толщиной 25 -200 нм с использованием методов оптической и электронной литографии в сочетании с методами

жидкостного анизотропного и плазмохимического травления. В ходе исследования была отработана методика формирования одиночных нанопор заданного диаметра с помощью травления сфокусированным электронным лучом. Ваулиным Н.В. было исследовано влияние сфокусированного лазерного излучения λ = 632 нм и мощностью $P_{опт}$ = 10 КВт/см^2 на нанопоровый ионный транспорт. Было показано, что воздействие лазерного излучения приводит к увеличению удельной проводимости одиночной SiN_x нанопоры на 6% и одиночной SiN_x нанопоры с плазмонной Au антенной на 10% в растворе KCl. Ваулиным Н.В. былл разработан метод управления ионным транспортом в одиночных SiN_x нанопорах с плазмонными Au антеннами при помощи широкополосного λ = 400-1000 нм излучения низкой интенсивности $P_{опт}$ = 35 мВт/см^2, позволяющий увеличить удельную проводимость поры на 35%. Важно отметить, что разработанная методика позволила существенно снизить энергию оптического излучения воздействующего на нанопору для управления ионным транспортом через нее. Развитые в ходе работы методы и подходы позволили продемонстрировать способ фиксации одиночных молекул белков 20S-частиц протеасомы длиной 15 нм и диаметром 11,5 нм в области одиночной SiN_x нанопоры под действием приложенного электрического поля.

По теме диссертации Ваулиным Н.В. опубликованы 11 работ в реферируемых журналах, 5 из которых входят в перечень журналов ВАК, 6 публикаций — в международные реферативные базы данных. Результаты исследований были представлены на 7 международных и всероссийских конференциях. Кроме того, Ваулиным Н.В. были выиграны несколько конкурсов молодых ученых.

Во время обучения в аспирантуре Ваулин Н.В. зарекомендовал себя как высококвалифицированный и инициативный молодой исследователь, способный решать, как задачи поставленные научным руководителем, так и самостоятельно сформулированные научные и технические задачи. Отдельно нужно выделить активное участие Ваулина Н.В. при обучении студентов во время проведения тематических научных школ на базе Алферовского университета. Ваулин Н.В. самостоятельно проводил практические работы по исследованию транспорта через единичную нанопору в условиях чистых помещений.

Диссертационная работа Ваулина Н.В. является законченным научным исследованием и в полной мере удовлетворяет всем требованием ВАК РФ., предъявляемым к диссертационной работе на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.2. «Приборы и методы экспериментальной физики» (ранее

01.04.01), а ее автор заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по искомой научной специальности.

Научный руководитель,
Кандидат физико-математических наук,
Старший научный сотрудник
Лаборатории ВИЭ СПбАУ РАН им. Ж.И. Алферова Лебедев Д.В.

ПОДПИСЬ ЗАВЕРЯЮ
Ведущий специалист по кадрам
«04» 06 2025г.

Отдел кадров