ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Ваулина Никиты Васильевича на тему «Исследование ионного и молекулярного транспорта в биосенсорах на основе твердотельных нанопор из нитрида кремния» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.2 «Приборы и методы экспериментальной физики»

Диссертационная работа Ваулина Н.В. посвящена исследованию транспорта ионов и белковых молекул в водных растворах KCl через одиночные наноразмерные SiN поры. Одиночные твердотельные нанопоры рассматриваются в качестве перспективной платформы для высокочувствительного детектирования отдельных биологических молекул без необходимости их предварительной модификации или нанесения меток. Твердотельные нанопоры характеризуются высокой механической стабильностью, а также возможностями модификации и функционализации для улучшения сенсорных свойств, комбинирования нескольких методов регистрации сигнала, реализации управляемого ионного и молекулярного транспорта, исследования крупных белковых молекул. Развитие нанопоровых технологий необходимо для преодоления ряда существующих ограничений, таких как высокий уровень электрических шумов и высокая скорость транслокации молекул аналита через пору. Исследования методов нанопорового детектирования и анализа востребованы в таких областях науки как молекулярная биологии, генетика, протеомика.

В рамках работы была проведена отработка методик синтеза тонких SiN мембран, содержащих плазмонные Au наноантенны и одиночные нанопоры, а также проведены комплексные исследования свойств таких структур. Продемонстрировано, что воздействие на область нанопоры диаметром 5 нм сфокусированным лазерным излучением $\lambda = 632$ нм вызывает рост её ионной проводимости на 6%. В случае нанопоры с интегрированной плазмонной антенной, аналогичное воздействие лазерным излучением приводит к росту проводимости структуры на 10%. Эксперименты с воздействием широкополосного оптического излучения галогенной лампы низкой интенсивности (35 мВт/см^2) показали, что ионная проводимость обычных пор растет на 21%, а плазмонных нанопор на 35%. Продемонстрировано что эффективное управление проводимостью нанопоровых структур при помощи широкополосного излучения реализуется благодаря возбуждению локализованных поверхностных состояний в запрещенной зоне SiN и возникновению дополнительного электрического заряда на стенках поры. Кроме того, разработан метод фиксации одиночных белков 20S протеасом в области нанопор с использованием приложенного электрического поля. Метод фиксации белков перспективен в областях исследованиях свойств одиночных биологических молекул в реальном времени.

Представленная работа обладает научной значимостью, что подтверждается детальным анализом современного состояния развития нанопоровых технологий и полученными в ходе исследования экспериментальными результатами.

В диссертационной работе Ваулина Н.В. получен ряд интересных и важных результатов, достоверность которых подтверждается воспроизводимостью полученных данных и их согласованностью. Автореферат одержит основные результаты работы. Сведения о научной новизне диссертации, приведенные в автореферате, не вызывают возражения. Основные научные результаты опубликованы в 11 печатных трудах, из которых 5 входят в перечень журналов ВАК, 6 публикаций — в международные реферативные базы данных. Результаты в достаточной мере представлены на международных и российских научных конференциях.

По оформлению автореферата имеются замечания:

1. В тексте автореферата желательно приводить ссылки на публикации по теме диссертации. Для этого ввести для них отдельную нумерацию в виде [А1], [А2] и так далее. Это позволило бы легче понять, где какой результат опубликован.
2. На рисунках (за исключением рис.10), иллюстрирующих схему эксперимента по измерению характеристик одиночной молекулы белка, отсутствует изображение фиксации молекулы в нанопоре.

Данные замечания носят частный характер и не отражаются на общей положительной оценке диссертации.

Диссертационная работа Ваулина Н.В. «Исследование ионного и молекулярного транспорта в биосенсорах на основе твердотельных нанопор из нитрида кремния» соответствует паспорту специальности 1.3.2. – «Приборы и методы экспериментальной физики» и является законченным научным исследованием, выполненным на актуальную тему, имеющим важное научное и практическое значение. Диссертация соответствует критериям, установленным в Постановлении Правительства РФ от 24.09.2013г № 842 с учетом изменений и дополнений «О порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук.

Автор диссертации Ваулин Н.В. заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.2. – «Приборы и методы экспериментальной физики».

Согласен на обработку персональных данных.

Главный научн. сотрудник,
д.ф.-м.н., профессор
Казанского физико-технического института
им. Е.К. Завойского – обособленного структурного
подразделения Федерального государственного бюджетного
учреждения науки «Федеральный исследовательский центр
«Казанский научный центр Российской академии наук»
Почтовый адрес: Российская Федерация, Республика Татарстан,
420029, г.Казань, ул. Сибирский тракт, д. 10/7
Телефон: +7-927-245-80-29
Электронная почта: a_bukharaev@mail.ru
Дата 01.10.2025

Бухараев Анастас Ахметович

Подпись Бухараева А.А. заверяю

КАНЦЕЛЯРИЯ
КПП 166045002

Подпись А.А. Бухараева
Заверяю: зав. канцелярией КФТИ - обособленное структурное подразделение ФИЦ КазНЦ РАН
Куркина Н.Г.