

ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

о диссертанте *Кашине Вадиме Валерьевиче, выполнившем работу по теме «Электрофизические и акустические свойства сенсорных покрытий на основе биообъектов и наноуглеродных материалов для наноэлектронных и акустоэлектронных датчиков», представленную к защите на соискание ученой степени*

*кандидата физико-математических наук по специальности
1.3.8 «Физика конденсированного состояния»*

Кашин Вадим Валерьевич в 1993 году окончил физический факультет Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» по специальности «физика». С 1993 года Кашин Вадим Валерьевич работает в Институте радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова Российской академии наук. Был инженером, младшим научным сотрудником, сейчас работает в должности научного сотрудника. В 2020 году под моим руководством окончил аспирантуру в Институте радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова Российской академии наук с присвоением квалификации «Исследователь. Преподаватель-исследователь».

Диссертационная работа Кашина В.В. носит междисциплинарный характер. Она представляет собой законченное на данном этапе исследование. В работе используются последние достижения в области нанотехнологий, наноэлектроники, наноматериалов, акустоэлектроники и биохимии микроорганизмов. В настоящее время, как в фундаментальных, так и в прикладных исследованиях наблюдается рост интереса к изучению электронных процессов в различных биохимических системах, которые могут быть использованы при разработке различных сенсорных устройств и в системах микроэнергетики.

Из полученных в диссертации результатов особо отмечу следующие:

1. Зарегистрирован электронный транспорт при использовании одиночной молекулы фермента, размещенной в нанозазоре до 5 нм, полученном для золотого нанопровода шириной 50 нм и толщиной 15 нм, при реакции окисления фермента глюкозооксидазы глюкозой. Получена концентрационная зависимость одномолекулярного биосенсора от процентного содержания глюкозы в тестовом растворе.

2. На основе терморасширенного графита с иммобилизованными на нем мембранными фракциями бактерий *G. oxydans* создан объемный биоанод топливного элемента. Работоспособность данного биоанода подтверждена экспериментально.

3. Обнаружено, что мембранные фракции *G. oxydans*, иммобилизованные на электроде из терморасширенного графита, так же, как и в случае целых бактерий *G. oxydans*, позволяют осуществить безмедиаторное биоэлектрокаталитическое специфическое окисление этанола на электроде.

4. Теоретически исследованы характеристики поперечно-горизонтальных акустических волн нулевого порядка в структуре «УХ пластина ниобата лития–воздушный зазор– пленка с произвольной проводимостью» и разработана оригинальная бесконтактная акустоэлектрическая методика измерения проводимости тонких плёнок в диапазоне 10^{-8} – $5 \cdot 10^{-6}$ См.

5. При помощи акустоэлектронных технологий измерены плотность (850 ± 10 кг/м³), продольный (12.3 ± 0.1 МПа) и поперечный (3.0 ± 0.1 МПа) модули упругости и

диэлектрическая проницаемость (21 ± 1 при 20 Гц) сенсорной пленки из оксида графена с толщиной 1–10 мкм, в том числе при различных значениях влажности. Показано, что модули упругости и проводимость плёнки оксида графена обратимо изменяются при изменении влажности.

6. Теоретически и экспериментально исследовано влияние влажности на характеристики симметричных волн Лэмба высших порядков в 128YX+90 пластине ниобата лития в контакте с сенсорной пленкой оксида графена и создан прототип акустоэлектронного датчика влажности на этой основе с пониженным порогом срабатывания 0.03% RH.

7. Теоретически и экспериментально исследовано влияние влажности на характеристики поверхностной акустической волны Сезава в структуре пленка оксида графена/ZnO/Si и показана возможность создания акустоэлектронного датчика влажности с повышенным коэффициентом преобразования ~ 91 кГц/% и линейным откликом на изменение относительной влажности в диапазоне 20-98% RH.

Основные результаты, полученные Кашиным В.В., опубликованы в ведущих российских и зарубежных научных журналах и докладывались на российских и международных конференциях и семинарах.

В ходе работы Кашин В.В. проявил способности к самостоятельной экспериментальной и теоретической работе для достижения поставленных целей. Он проявил последовательность и настойчивость в решении не только научных, но и организаторских проблем для обеспечения необходимых исследований.

За время работы Кашиным В.В. выполнен большой объем экспериментальных работ, связанный с освоением различных современных электрофизических, акустоэлектронных и биотехнологий. Отмечу самостоятельность диссертанта в проведённых исследованиях, его способность к творческому мышлению, настойчивость, а также хорошую ориентацию в предмете исследования.

Результаты диссертации В.В. Кашина имеют важное фундаментальное и прикладное значение.

Считаю, что диссертационная работа Кашина В.В. удовлетворяет всем требованиям ВАК Минобрнауки РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор безусловно заслуживает присуждения степени кандидата физико-математических наук по специальности «Физика конденсированного состояния» 1.3.8.

Научный руководитель
ведущий научный сотрудник
ФГБУН ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН
кандидат физико-математических наук
«22» июля 2022 г.

Колесов В.В.

Подпись В.В. Колёсова
удостоверяю
Ученый секретарь
ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН
кандидат физико-математических наук



Чусов И.И.