

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Кашина Вадима Валерьевича на тему «Электрофизические и акустические свойства сенсорных покрытий на основе биообъектов и нанокуглеродных материалов для наноэлектронных и акустоэлектронных датчиков», представленной на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности

1.3.8. – «Физика конденсированного состояния»

Органические полимерные, биомембранные и нанокуглеродные материалы являются основными материалами молекулярной электроники. Поэтому создание сенсорных покрытий на их основе является весьма актуальной задачей разработки высокочувствительных био- и газовых преобразователей. Важно отметить, что актуальной задачей является не только исследование электрофизических и акустических свойств сенсорных покрытий, но и разработка экспериментальных методов измерения характеристик электронного транспорта в одиночной молекуле. Наиболее просто измерять электрические свойства самособирающихся монослоёв на атомно-гладких поверхностях, из которых можно оценить ВАХ отдельной молекулы, но при этом надо учитывать, что в измерении используется большое количество молекул. Известные методы исследования электронного транспорта в одномолекулярных устройствах такие, как использование слабой связи по методике Рида и использование шаблона из SiN очень технологически усложнены. Поэтому предложенный метод электромиграции для создания нанозазора 5 нм в золотом проводнике является одним из актуальных и значимых результатов данной диссертационной работы.

В работе теоретически и экспериментально показана, возможность нового бесконтактного акустического метода измерения проводимости тонких электропроводящих плёнок с развитой и чувствительной к изменению поверхностных состояний поверхностью. Автором исследованы электрохимические, сенсорные акустические свойства структур на основе терморасширенного графита и оксида графена, получены результаты, обладающие несомненной новизной и практической значимостью.

Научная новизна и практическая значимость полученных в диссертации результатов состоит в том, что целый ряд результатов получен впервые, в частности, впервые получена концентрационная зависимость одномолекулярного биосенсора от процентного содержания глюкозы в тестовом растворе, создан биоанод топливного элемента, разработана оригинальная бесконтактная акустоэлектрическая методика измерения проводимости тонких плёнок, разработаны акустоэлектрические датчики

влажности на основе симметричных волн Лэмба высших порядков и плёнок оксида графена, превосходящие серийные гигрометры по диапазону линейности, коэффициенту преобразования и чувствительности.

Достоверность полученных результатов обеспечивается качественным и количественным соответствием выводов теоретических результатов основным результатам, полученным экспериментально. Достоверность экспериментальных результатов обеспечена применением стандартной измерительной аппаратуры, обработкой экспериментальных данных с использованием стандартных методов, а также их соответствием результатам, полученным другими исследователями, и широкой апробацией результатов.

Несмотря на интересные полученные в работе результаты следует отметить и замечания по тексту автореферата:

1. в 1-ом положении, выносимом на защиту не указано, по отношению к чему при увеличении влажности на 61 % сопротивление плёнки оксида графена уменьшается на 28%, 56 % и 74 % соответственно.
2. При описании акустоэлектронных технологий измерения нет объяснения почему измеренная величина диэлектрической проницаемости плёнки из оксида графена ( $21 \pm 1$  при 20 Гц) не зависит от изменения толщины от 1 до 10 мкм и разных значений влажности.

Однако, приведённые замечания не снижают хорошего впечатления от данной диссертационной работы.

Диссертационная работа Кашина Вадима Валерьевича на тему «Электрофизические и акустические свойства сенсорных покрытий на основе биообъектов и нанокремниевых материалов для наноэлектронных и акустоэлектронных датчиков», является законченной научно-квалификационной работой. Полученные автором результаты апробированы на конференциях и семинарах в России, международных конференциях и симпозиумах, опубликованы в отечественных реферируемых журналах и сборниках трудов.

По своей актуальности, несомненной научной новизне и практической значимости работа Кашина Вадима Валерьевича на тему «Электрофизические и акустические свойства сенсорных покрытий на основе биообъектов и нанокремниевых материалов для наноэлектронных и акустоэлектронных датчиков», полностью соответствует критериям п.п. 9, 11-13 «Положения о порядке присуждения учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (в ред. Постановления Правительства РФ от 28.08. 2017 г. № 1024), предъявляемым к кандидатским диссертациям на соискание ученой степени

кандидата наук, а её автор Кашин Вадим Валерьевич заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8. – «Физика конденсированного состояния».

Профессор, д.ф-м.н,  
гл. н. сотр. СФ ИРЭ РАН им. В.А. Котельникова РАН

Ушаков Н. М.

Подпись Ушакова Н.М. «Завершено»  
Ученый секретарь СФ ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН  
К.ф-м.н.



Фатеев Д.В.

«15» сентября 2022 г

Полное название: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Саратовский филиал института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова Российской академии наук». Адрес: 410019, Саратов, Зелёная ул., 38. тел. +7-917-213-9118, E-mail: nmu@bk.ru.