

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Бондаренко Анны Витальевны «Функциональные материалы, включающие наноструктуры меди, серебра и золота, для устройств электроники и фотоники», представленной на соискание степени доктора технических наук по специальности 05.16.08 – Нанотехнологии и наноматериалы (материалы для электроники и фотоники)

Актуальность цели и задач диссертации убедительно обоснована автором и обусловлена отсутствием результатов комплексных исследований, направленных на выявление закономерностей химического и физического формирования, морфологии, электродинамических и механических свойств наноструктур меди, серебра и золота на подложках различной природы, что не позволяет наладить изготовление функциональных наноматериалов на их основе со стабильными и воспроизводимыми характеристиками для усовершенствованных и принципиально новых устройств микросистемной техники, фотонных сенсоров и биомедицинских изделий.

Учитывая востребованность разработки процессов формирования наноструктур из указанных металлов, адаптированных под хорошо освоенные кремниевые технологии, соискатель докторской степени сфокусировалась преимущественно на использовании пористого кремния в качестве подложек для осаждения меди, серебра и золота, который послужил не только матрицей для точного управления геометрией и физико-химическими свойствами металлических нанобъектов, но и агентом для усиления адгезии покрытий из них к поверхности монокристаллического кремния. Кроме того, Бондаренко А.В. транслировала полученные знания о закономерностях протекания процессов осаждения металлов на пористом кремнии и о свойствах полученных наноматериалов на исследования, связанные с разработкой наноструктур меди, серебра и золота на ряде других перспективных подложек, включая пористые фоторезисты на основе халькогенидов и полимеров, целлюлозу и оксид циркония.

В автореферате диссертации Бондаренко А.В. достаточно полно отражены наиболее важные аспекты выполнения исследований по выбранной тематике, в которые входят положения, свидетельствующие как о научной значимости работ, так и об их несомненной практической ориентации.

Бондаренко А.В. установила новую общую закономерность формирования пористого кремния в растворах и в газовой среде, которая состоит в приобретении кремниевыми кристаллитами размером 2–5 нм химической стойкости по отношению к окислению ионами меди, серебра и золота. Это позволило разработать соискателю методику удаления паразитного слоя с поверхности пористого кремния, негативно влияющего на воспроизводимость геометрических параметров формируемых на нем наноструктур металлов, отличающуюся селективностью и легкостью реализации.

Соискателем впервые были дифференцированы механизмы восстановления ионов меди, серебра и золота на пористом кремнии при его погружении в растворы солей этих металлов в зависимости от типа проводимости исходной кремниевой подложки. Благодаря этому Бондаренко А. В. разработала режимы формирования четырех типов наноструктур меди, серебра и золота на пористом кремнии, что невозможно в случае использования планарных поверхностей монокристаллического кремния, и установила их электродинамические свойства, используя методы компьютерного моделирования в пакете COMSOL. В совокупности это позволило определить причины уникальной чувствительности частиц и дендритов серебра по отношению к единичным молекулам низко- и высокомолекулярных химических соединений, а также тонких пленок из золота на поверхности макропор по отношению к бактериальным объектам в жидких средах при их анализе методом спектроскопии гигантского комбинационного рассеяния света. Достигнутые результаты в перспективе позволят интенсифицировать процесс внедрения этой уникальной аналитической техники в клиническую практику.

Впервые установленные зависимости адгезионной прочности покрытий из наноструктур меди на пористом кремнии от его пористости и значения удельного сопротивления пористых пленок из меди и золота, сформированных химическими и физическими методами, позволили автору диссертации разработать методику переноса слоев для изготовления гибких электропроводящих межэлементных соединений для тестирующих плат в микроэлектронике и материал эластичных электродов для электропорации, которая применяется в медицине для введения молекул лекарств и питательных веществ в клеточные структуры.

Достоверность положений диссертационного исследования подтверждается 74 публикациями, в число которых входят монография в единоавторстве, 26 статей в рецензируемых научных журналах, каждый из которых индексируется авторитетными наукометрическими базами данных, глава в книжном издании, заявка на патент, 15 статей и 30 тезисов в материалах международных конференций, подготовленных в ряде случаев по результатам представления автором приглашенных и устных докладов.

В целом материалы, изложенные в автореферате диссертации Бондаренко А.В., подготовлены качественно, замечания по оформлению отсутствуют, однако следует прокомментировать следующие моменты, которые остались недостаточно раскрытыми:

- 1) при анализе наноструктур на основе частиц биогенного пористого кремния с целью определения ширины запрещенной зоны кремниевых нанокристаллитов более объективным видится сравнение этого параметра с таковым частиц монокристаллического кремния, полученных магниетермическим восстановлением оксида кремния растительного происхождения, а не кремниевых пластин собственной проводимости, изготовленных из слитков, выращенных по методу Чохральского;

2) не указана пористость пленок из золота, полученных соосаждением серебра и золота методом магнетронного распыления и дальнейшим вытравливанием серебра в разбавленной соляной кислоте, что важно с точки зрения их сравнительного анализа с пористыми пленками из меди, изготовленными замещением пористого кремния атомами этого металла при использовании метода химического контактно-обменного осаждения;

3) не обоснован выбор длины волны электромагнитного излучения, соответствующей 680 нм, при моделировании распределения напряженности электрического поля в покрытиях из частиц серебра, размеры которых принадлежат двум субмикронным диапазонам.

Выработанные в ходе ознакомления с авторефератом комментарии, представленные выше, не влияют на высокое качество диссертационной работы, поэтому она однозначно заслуживает положительной оценки, что обусловлено ее упомянутыми выше актуальностью и достоверностью выдвинутых на защиту положений, новизной, научной и практической значимостью результатов. Полагаю, что представленная для оценки работа полностью соответствует требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.16.08 – Нанотехнологии и наноматериалы (материалы для электроники и фотоники).

Не возражаю против размещения отзыва в сети Интернет.

Заведующий кафедрой экспериментальной
и теоретической физики
Орловского государственного университета
им. И. С. Тургенева, д.ф.-м.н.

 О.И. Марков

Отзыв представил Марков Олег Иванович
т. 89102029407, O.I.Markov@mail.ru
302026, г. Орел, ул. Комсомольская 95,
ФГБОУ ВО Орловский государственный университет
им. И.С.Тургенева
06.06.2023.

