

ОТЗЫВ

научного консультанта на диссертационную работу

Бондаренко Анны Витальевны

«Функциональные материалы на основе наноструктур из меди, серебра

и золота для устройств электроники и фотоники»,

представленную на соискание учёной степени

доктора технических наук по специальности 05.16.08

«Нанотехнологии и наноматериалы (материалы для электроники и фотоники)»

Диссертационная работа Бондаренко А.В. выполнена на кафедре микро- и наноэлектроники БГУИР и в научно-исследовательской лаборатории 4.8 «Прикладная плазмоника» в рамках научно-исследовательских работ по заданиям ГПНИ Республики Беларусь, грантам БРФФИ, проекту ГКНТ Республики Беларусь, хозяйственным договорам, контрактам и проектам с белорусскими и зарубежными организациями. Эти работы были посвящены установлению закономерностей формирования наноструктур из меди, серебра и золота при их осаждении химическим и физическим методами на слои или частицы пористого кремния, а также на альтернативные пористому кремнию подложки; определению морфологии, адгезионной прочности, оптических и электрических характеристик полученных покрытий и разработке с их использованием новых функциональных материалов для чувствительных элементов фотонных сенсоров, электропроводящих межэлементных соединений в МЭМС, эластичных электродов медицинских приборов и покрытий для светостимулируемого удаления биопленок с поверхности медицинских изделий. Актуальность темы диссертации определяется востребованностью наноструктур из меди, серебра и золота в электронике и фотонике в связи с их уникальными оптическими и электрическими свойствами, нехарактерными для объемных металлов.

В качестве инструмента для решения указанных проблем соискатель использовала формообразующие подложки из частиц и/или слоев пористого кремния, на поверхность которых осаждаются наноструктуры из металлов. Это позволило путем варьирования условий формирования пористого кремния задавать геометрические параметры наноструктур из меди, серебра и золота, обеспечивать долговременную стабильность их свойств и способствовать усилению адгезионной прочности покрытий из металлов по отношению к кремниевой подложке.

Научная новизна работы заключается в концептуальном развитии актуального научного направления в области нанотехнологий и наноматериалов для электроники и фотоники, состоящее в разработке общих научных и технологических основ формирования наноструктур из меди, серебра и золота на пористом кремнии, которые позволили расширить функциональность покрытий из указанных металлов в кремниевых технологиях и синтезировать новые материалы на их основе путем трансляции полученных знаний в области, требующие применения альтернативных

пористому кремнию подложек для создания чувствительных элементов фотонных сенсоров, электропроводящих межэлементных соединений в МЭМС, эластичных электродов медицинских приборов и светостимулируемых покрытий для удаления биопленок с поверхности медицинских изделий, обладающих улучшенными характеристиками по сравнению с существующими аналогами.

Практическая значимость полученных результатов состоит в разработке и организации в БГУИР производства подложек на основе наночастиц и дендритов из серебра и золота для создания чувствительных областей фотонных сенсоров, работающих на ГКР-эффекте и применяемых для детектирования и анализа молекул низко- и высокомолекулярных соединений, а также многокомпонентных жидкостей. Разработанные соискателем покрытия продемонстрировали перспективы для создания систем межэлементных соединений с управляемой адгезией для МЭМС, а также эластичных электродов для электропорации. Практическая значимость работы подтверждена двумя актами о практическом использовании и тремя справками о возможном применении разработанных материалов.

По теме диссертационной работы Бондаренко А.В. опубликовала 74 печатные работы, в число которых входят 1 монография, 26 статей, 1 глава в книжном издании, 15 статей в сборниках материалов научных конференций, 30 тезисов докладов на конференциях. Подана 1 заявка на патент.

При подготовке диссертации Бондаренко А.В. зарекомендовала себя как высококвалифицированный и ответственный научный работник и преподаватель. Она пользуется заслуженным уважением коллег. Ее диссертационная работа является законченным научно-исследовательским трудом, выполненным самостоятельно и на высоком научном уровне. Результаты работы достоверны, обладают научной новизной, выводы аргументированы и обоснованы.

Считаю, что диссертационная работа «Функциональные материалы на основе наноструктур из меди, серебра и золота для устройств электроники и фотоники» отвечает требованиям, предъявляемым ВАК Республики Беларусь к докторским диссертациям, а ее автор Бондаренко А.В. заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.16.08 «Нанотехнологии и наноматериалы (материалы для электроники и фотоники)» за установление закономерностей изменения свойств кремниевых нанокристаллитов при их формировании электрохимическим или металл-стимулированным химическим травлением монокристаллического кремния равно, как и магнетермическим восстановлением диоксида кремния, при достижении ими размеров менее 5 нм; дифференциацию механизмов восстановления ионов меди, серебра и золота при их химическом контактно-обменном осаждении на пористый кремний в зависимости от типа проводимости исходного кремния; получение новых данных о структуре, элементном и фазовом составе покрытий из меди, серебра и золота на пористом кремнии, что позволило определить условия формирования четырех

морфологических форм наноструктур из указанных металлов; разработку покрытий на основе наночастиц и дендритов из серебра для детектирования и анализа с их помощью единичных молекул низко- и высокомолекулярных химических соединений; получение новых данных о прочности на нормальный отрыв покрытий из наноструктур меди, серебра и золота на пористом кремнии, которые позволили контролировать адгезию к кремниевой подложке созданных на их основе функциональных материалов для чувствительных элементов фотонных сенсоров, работающих на ГКР-эффекте, и электропроводящих межсоединений МЭМС; адаптацию методов магнетронного распыления золота и серебра и травления серебра для создания нанопористого покрытия из золота и установление его структурных и электрических свойств; установление закономерностей химического формирования и морфологии, оптических и термических свойств наноструктурированного покрытия из серебра на подложках из диоксида циркония, что позволило предложить подход для низкотемпературного удаления биопленок с их поверхности; демонстрацию возможности применения разработанных функциональных материалов на основе наноструктур из меди, серебра и золота на пористых подложках в устройствах электроники и фотоники, таких как интегрированные электропроводящие межсоединения элементов МЭМС, твердотельные сенсоры для анализа единичных молекул и молекулярных ансамблей методом спектроскопии гигантского комбинационного рассеяния света, пористые мембраны для электропорации, а также покрытия для светостимулированного удаления биопленок с поверхности зубных коронок, отличающиеся от аналогов улучшенными характеристиками.

Профессор кафедры микро- и наноэлектроники,
научный руководитель
Центра наноэлектроники и новых материалов БГУИР,
доктор физико-математических наук, профессор

В. Е. Борисенко

