

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Агафилушкиной Светланы Николаевны на тему:
«Функциональные наноструктуры на основе пористого кремния и частиц золота и серебра для спектроскопии гигантского комбинационного рассеяния малых молекул»,
представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – «Физика конденсированного состояния»

В настоящее время наноструктурированные материалы на основе кремния широко применяются в биологии и биомедицине в качестве высокочувствительных биосенсоров, визуализирующих агентов, систем доставки для терапии различных заболеваний, имплантируемых устройств и каркасов для тканевой инженерии. Подложки на основе наноструктурированного кремния все больше применяются для изготовления на их основе сенсоров для диагностики методом спектроскопии гигантского комбинационного рассеяния света (ГКР). Увеличение интенсивности сигнала комбинационного рассеяния света в $10^4 - 10^{12}$ раз в этом методе происходит за счет эффекта плазмонного резонанса на наноструктурированной поверхности благородных металлов.

Диссертационная работа С.Н. Агафилушкиной посвящена разработке новых функциональных сенсорных систем на основе пористого наноструктурированного кремния, частиц золота и серебра для высокочувствительного селективного обнаружения низкомолекулярных аналитов и биомаркеров методом спектроскопии ГКР, что является важной и актуальной задачей современной биологической и медицинской науки.

Для выполнения работы диссертанту пришлось освоить несколько достаточно сложных физико-химических методов: электрохимическое травление, металл-стимулированное химическое травление, облучение быстрыми тяжелыми ионами с последующим химическим травлением; методы осаждения из растворов солей металлов; метод пирогенного окисления.

Для решения поставленной задачи диссертанту пришлось решить несколько промежуточных задач: разработать методику получения нанокомпозитов на основе матрицы пористого кремния; разработать методику получения дендритоподобных наноструктур на основе золота в пористой матрице кремния; разработать методику получения нанокомпозитов на основе кремниевых нанонитей; исследовать нанокомпозиты, полученные по разработанным методикам, освоенными диссертантом методами сканирующей электронной микроскопии; Брунауэра-Эммета-Теллера; рентгено-структурного анализа; темнопольной микроспектроскопии; флуоресцентной

микроскопии; измерения краевого угла смачивания; исследовать ГКР света на нанокompозитах с применением малых молекул: 4-меркаптоперидин, метиленовый синий и билирубин. Исследования чувствительности разработанных ГКР-активных композитных наноструктур проводили с использованием конфокальной рамановской системы, оснащенной лазером. Проведен подробный анализ полученных методами электронной микроскопии микрофотографий подложек кремниевых нанонитей с наночастицами золота и серебра. В работе широко применяли численное моделирование усиления сигнала КР молекул, адсорбированных на наноструктурах. Обнаружено, что подложки с золотыми дендритными наноструктурами и подложки с серебряными наночастицам в основании кремниевых нанонитей и биметаллическими наночастицами серебра и золота на поверхности кремниевых нанонитей характеризуются наибольшей чувствительностью.

Проделанные работы позволили разработать способ практического применения нанокompозитов на основе кремниевых нанонитей для количественного обнаружения молекул пиоцианина, маркера бактериального заболевания синегнойной палочкой, в сложной биологической матрице физиологической жидкости.

В результате, в работе предложены весьма эффективные новые подходы для получения нанокompозитов на основе пористого кремния и наночастиц благородных металлов с контролируемой морфологией; впервые применены нанокompозиты для высокочувствительного обнаружения малых молекул методом ГКР; а также впервые практически применены нанокompозиты на основе кремниевых нанонитей в качестве элементов сенсорных систем для высокочувствительного обнаружения молекул пиоцианина методом ГКР. Указанные достижения уже сейчас могут найти практическое применение в биологии и медицине.

На основе результатов работы диссертантом сформулированы четыре полностью обоснованных основных вывода, а также пять выносимых на защиту положений. Все выводы имеют ярко выраженный прикладной характер. Три вывода посвящены разработанным практическим методикам получения функциональных композитных наноструктур на основе матрицы из пористого кремния с регулируемым размером пор и воспроизводимого декорирования поверхности пленок пористого кремния наночастицами золота; получения функциональных композитных подложек на основе золотых дендритоподобных наноструктур, восстановленных в порах диоксида кремния; получения функциональных композитных наноструктур на основе кремниевых нанонитей и воспроизводимого декорирования поверхности наночастицами серебра и золота. Четвертый вывод посвящен разработанному способу количественного обнаружения

молекул пиоцианина в многокомпонентной матрице искусственной мокроты методом спектроскопии ГКР.

Результаты диссертационной работы опубликованы в трех статьях в международных научных журналах с высоким импакт-фактором, а также доложены на семи международных и российских конференциях.

Учитывая все вышесказанное, считаю, что диссертационная работа Агафилушкиной Светланы Николаевны «Функциональные наноструктуры на основе пористого кремния и частиц золота и серебра для спектроскопии гигантского комбинационного рассеяния малых молекул» полностью соответствует паспорту специальности 1.3.8 – «Физика конденсированного состояния» (по физико-математическим наукам), удовлетворяет критериям, определенным пп.2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова, а автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – «Физика конденсированного состояния».

Доктор биологических наук, профессор,

Главный научный сотрудник Института биологического приборостроения с опытным производством РАН – обособленного подразделения Федерального исследовательского центра «Пушкинский научный центр биологических исследований РАН»

Пермяков Евгений Анатольевич

(подпись)

18.11.2022

Контактные данные:

Адрес места работы: Федеральный исследовательский центр «Пушкинский научный центр биологических исследований РАН»; 142290 Московская область, г. Пушкино, Проспект науки, 3. Телефон +7 (4967) 73-26-36; Эл. почта ibp.ran@yandex.ru

Подпись д.б.н. про

Начальник отдела

Г.Н. Левченко

«30» ноября