

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Ерминой Анны Андреевны «Структурные и оптические свойства функционального композита на основе монокристаллического кремния и наночастиц серебра», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния

Актуальность темы диссертационного исследования не вызывает сомнений. Работа находится на стыке интенсивно развивающихся направлений наноплазмоники и полупроводниковой технологии. Поиск новых эффективных методов создания гибридных структур, сочетающих плазмонные свойства наночастиц серебра с развитой кремниевой платформой, является важной задачей для сенсорики, фотовольтаики и нелинейной оптики. Предложенный автором диссертации подход к формированию композитов с контролируемой морфологией наночастиц открывает новые перспективы для усиления сигнала рамановского рассеяния. При выполнении диссертационной работы А.А. Ерминой разработана методика получения композитных структур на основе *c*-Si с внедренными наночастицами серебра (AgНЧ), включающая стадии гальванического осаждения и термообработки. Ей исследована эволюция морфологии и структурных свойств: от островковых пленок до внедренных наночастиц. Изучены оптические свойства структур, включая анизотропию локализованного плазмонного резонанса в AgНЧ типа «лодка». Проведено численное моделирование оптического отклика. Продемонстрировано применение структур, как подложек для усиленного поверхностью рамановского рассеяния с пределом обнаружения использованных в экспериментах красителей до 10 пмоль/л.

Научная новизна работы заключается в разработке оригинального метода внедрения наночастиц серебра (AgНЧ) в приповерхностный слой монокристаллического кремния (*c*-Si), основанного на высокотемпературном отжиге. Принципиально новым является установленный механизм формообразования AgНЧ, при котором их конечная морфология (пирамиды, «лодки», усеченные тетраэдры) задана кристаллографической ориентацией кремниевой подложки. Также стоит отметить детальный теоретический анализ вкладов отдельных плазмонных мод в спектры экстинкции с использованием формализма квазинормальных мод. Достоверность результатов и положений, выносимых на защиту, подтверждается применением комплекса взаимодополняющих современных экспериментальных методов (РЭМ, АСМ, РСА, спектральная эллипсометрия), а также превосходной корреляцией между численным моделированием (FDTD, FEM) и экспериментальными оптическими спектрами. Результаты прошли апробацию на международных конференциях и опубликованы в высокорейтинговых журналах.

К наиболее интересным результатам исследований, выполненных А.А. Ерминой, на мой взгляд, можно отнести следующие:

- Показано, что движущей силой процесса внедрения Ag в кремний является комбинация окисления кремния и диффузии атомов Si через расплав Ag-Si, что формирует наночастицы уникальной огранки.
- Экспериментально обнаруженная оптическая анизотропия наночастиц в форме «лодки» - сдвиг плазмонного резонанса на 0.5 эВ при изменении поляризации света.
- Демонстрация коэффициента усиления сигнала рамановского рассеяния до 9×10^7 и достижение предела обнаружения 10 пмоль/л на полученных структурах.

К автореферату диссертации можно сделать замечания:

1. Из текста автореферата трудно сделать вывод, получено ли количественное соответствие между результатами выполненного моделирования (главы 4 и 5 диссертации) и результатами эксперимента, или же соответствие является исключительно качественным

2. Неясно, не должны ли вносить переходы D-электронов серебра систематическую погрешность в расчеты положений квадрупольных мод наночастиц.
3. На мой взгляд, автору диссертации имело смысл обратить более пристальное внимание на рамановский сигнал от наночастиц серебра, с которых слой окиси кремния не удален. В этом случае, несмотря на падение предела обнаружения аналита, появляется возможность проведения измерений для биологических объектов, поскольку, как известно, их непосредственный контакт с поверхностью наночастиц серебра зачастую приводит к деградации биологических аналитов.

Сделанные замечания не снижают общей высокой оценки работы и носят уточняющий и рекомендательный характер.

Резюмируя, можно утверждать, что диссертационная работа А.А. Ерминой выполнена на высоком научном уровне и является завершенной научно-квалификационной работой. Полученные в работе результаты и выводы являются достоверными и обоснованными. Приведенные в работе научные результаты позволяют квалифицировать их как существенные для современной физики конденсированного состояния.

Тематика выполненных А.А. Ерминой исследований соответствует паспорту специальности 1.3.8 – физика конденсированного состояния, а её диссертационная работа по форме и содержанию соответствует всем критериям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук согласно Положению о присуждении ученых степеней в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Физико-техническом институте им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук и установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней, утвержденным постановлением №842 Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. Автор диссертации Ермина Анна Андреевна заслуживает присуждения ему искомой ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – физика конденсированного состояния.

Профессор, заведующий кафедрой функциональных микро- и наноматериалов федерального государственного бюджетного учреждения высшего образования и науки «Санкт-Петербургский национальный исследовательский Академический университет имени Ж.И. Алфёрова Российской академии наук», д.ф.-м.н.

Липовский Андрей Александрович



194021 Санкт-Петербург, ул. Хлопина, д.8, корпус 3, лит. А, Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования и науки «Санкт-Петербургский национальный исследовательский Академический университет имени Ж.И. Алфёрова Российской академии наук», телефон: (812) 297-21-45, факс: (812) 448-69-98, e-mail: office@spbau.ru