

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 работы. Диссертация Ерминой А.А. посвящена актуальной проблеме современной нанофотоники и физики конденсированного состояния – созданию и исследованию плазмонных композитных структур на основе кремния и наночастиц серебра с контролируемой морфологией. Интерес к таким системам обусловлен их высоким потенциалом для приложений в гигантском комбинационном рассеянии (ГКР), нелинейной оптике и фотовольтаике. Особую ценность работе придает разработка нелитографического воспроизводимого метода внедрения анизотропных наночастиц (НЧ) Ag в монокристаллический кремний с возможностью управления формой, размером и ориентацией НЧ. Это представляет собой значительный шаг вперед по сравнению с существующими дорогостоящими и технологически сложными подходами.

Научная новизна и значимость результатов. Автором получен ряд новых фундаментальных и прикладных результатов, из которых, на мой взгляд, можно особенно выделить следующие:

1. Впервые предложен и детально исследован механизм внедрения НЧ Ag в c-Si при высокотемпературном отжиге выше эвтектической температуры в атмосфере водяного пара, основанный на одновременном окислении кремния и диффузии Si через расплав Ag-Si.
2. Впервые продемонстрирована оптическая анизотропия НЧ формы «лодка» на c-Si(110), проявляющаяся в сдвиге локализованного плазмонного резонанса на ~0.5 эВ при повороте поляризации света, что подтверждено как экспериментально, так и численно.
3. Применен современный формализм квазинормальных мод для разложения спектров экстинкции на вклады отдельных плазмонных мод (дипольной, квадрупольной, октупольной) в сложных геометриях (пирамиды, «лодки», усеченные тетраэдры) с учетом дисперсии диэлектрических проницаемостей Ag и Si. Это свидетельствует о высоком методологическом уровне работы.
4. Практическая значимость работы подтверждена созданием ГКР-подложек с рекордным пределом обнаружения трифенилметановых красителей до 10 пмоль/л и коэффициентом усиления до $9 \cdot 10^7$ (форма «лодка»). Продемонстрирована воспроизводимость и возможность распознавания смесей красителей.

Степень обоснованности и достоверности результатов обеспечена комплексом взаимодополняющих экспериментальных методов (РЭМ, АСМ, РСА, ЭДС, эллипсометрия, спектрофотометрия, КРС); согласием экспериментальных данных с численным моделированием (FDTD, FEM) и разложением по квазинормальным модам; полной воспроизводимостью результатов и отсутствием противоречий с литературными данными.

Автореферат написан понятным научным языком, хорошо структурирован, содержит достаточное количество иллюстративного материала, позволяющего оценить основные результаты.

Замечания и вопросы по автореферату:

1. Вещественная часть псевдоэлектрической функции островковых пленок серебра (Рис. 10 автореферата) принимает значения, существенно больше единицы в оптическом диапазоне, хотя диэлектрическая функция композитной среды должна принимать промежуточные значения между диэлектрическими функциями своих составляющих, в данном случае, серебра (вещественная часть отрицательна) и воздуха. Как объясняется этот результат? Проводилось ли моделирование псевдоэлектрической функции островковых пленок серебра с помощью метода эффективной среды Максвелла-Гарнетта или Бруггемана?
2. В Таблице 1 приведены только экспериментальные данные по коэффициенту усиления, однако в тексте автореферата упоминается и расчет КУ (стр. 16). Уместно было бы привести сравнение эксперимента с расчетом для различных структур.
3. Рисунки в автореферате «оторваны» от текста, что затрудняет чтение.

Указанные замечания не носят принципиального характера и не снижают общей высокой оценки работы. Они скорее относятся к области дискуссии и пожеланий.

Общее заключение. Диссертация Ерминой А.А. представляет собой завершенное, целостное научное исследование высокого уровня, выполненное на актуальную тему. Автором получены новые научные результаты о механизмах формирования, морфологии, оптических свойствах и практических применениях композита на основе кремния и наночастиц серебра. Особого внимания заслуживает использование формализма квазинормальных мод для анализа сложных резонансных явлений и демонстрация рекордно низкого предела обнаружения (10 пмоль/л) при ГКР-детектировании.

Тематика выполненных Ерминой А.А. исследований соответствует паспорту специальности 1.3.8 – физика конденсированного состояния, а ее 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 ей искомой ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – физика конденсированного состояния.

Доктор физ.-мат. наук, профессор Высшей школы фундаментальных физических исследований ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»

Журихина Валентина Владимировна

12.05.2026

195251, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29, тел. +78125527516
e-mail: zhurikhina_vv@spbstu.ru

