

Отзыв официального оппонента на диссертационную работу

Осипова Антона Владиславовича

«Лазерный синтез линейных углеродных структур»,

представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.19. Лазерная физика

Актуальность избранной темы

В диссертационной работе Осипова А.В. рассматривается научная проблема, связанная с разработкой методов синтеза и стабилизации линейных углеродных цепей – перспективного класса наноматериалов с исключительными электрооптическими характеристиками. Актуальность исследования обусловлена необходимостью преодоления фундаментальных ограничений, препятствующих практическому применению этих структур, которые связаны с их высокой химической нестабильностью и склонностью к спонтанной трансформации в другие аллотропные формы углерода.

Важную роль в работе играет разработанный автором комплексный подход, интегрирующий метод лазерной абляции в жидкой среде с инновационным способом стабилизации посредством наночастиц благородных металлов. Данная методика позволяет не только преодолеть проблему нестабильности карбиновых структур, но и обеспечивает высокий уровень контроля над их морфологическими параметрами и пространственной организацией. Проведенное исследование экситонных процессов и анизотропных оптических свойств в стабилизированных массивах открывает новые возможности для создания перспективных элементов квантовой оптики, высокочувствительных сенсорных систем и устройств нанофотоники. Полученные результаты имеют важное прикладное значение для различных современных направлений нанотехнологий, что подчеркивает междисциплинарную значимость выполненной работы.

Содержание работы

Работа изложена на 125 страницах и состоит из введения, 4 глав, заключения и списка литературы, включающего 140 источников. Диссертационная работа иллюстрирована 46 рисунками и содержит 1 таблицу.

В диссертационной работе решается актуальная задача разработки методов управляемого синтеза и стабилизации линейных углеродных цепей — перспективных наноматериалов с уникальными электрооптическими свойствами.

Экспериментально исследовано влияние параметров лазерного воздействия (длительность импульса, энергия, плотность мощности) на процессы модификации

углеродных мишеней в жидкой среде и синтез наночастиц. Методами растровой электронной микроскопии и спектроскопии комбинационного рассеяния показана возможность получения частиц с преобладанием sp^2 - или sp^3 -гибридизации. Установлены оптимальные режимы синтеза частиц с узким распределением по размерам (40-100 нм).

Разработан эффективный подход к стабилизации линейных углеродных цепей с использованием наночастиц золота, которые образуют прочные связи Au-C и предотвращают сворачивание цепей. Комплексными исследованиями (спектроскопия комбинационного рассеяния, просвечивающая электронная микроскопия, рентгеноструктурный анализ) подтверждено формирование полииновых структур длиной до 24 атомов с гексагональной упаковкой.

Изучены оптические свойства полученных материалов. Обнаружена сильная анизотропия поглощения и фотолюминесценции относительно ориентации цепей. Установлено, что золотые наночастицы приводят к электронному легированию, что проявляется в линейной зависимости интенсивности люминесценции от мощности накачки и её усилению на порядок. Методом фотолюминесценции с временным разрешением обнаружены экситонные состояния с временем жизни ~ 1 нс.

В заключении соискателем сформулированы основные результаты, полученные при выполнении работы.

Научная новизна работы заключается в разработке двухстадийного метода лазерно-индуцированного синтеза и стабилизации линейных углеродных цепей с использованием наночастиц золота. Впервые продемонстрировано формирование наноразмерных кристаллов из параллельных массивов карбиновых цепей, способных к оптическому возбуждению экситонов. Установлено, что золотые наночастицы не только предотвращают сворачивание цепей, но и приводят к их электронному легированию, усиливая люминесценцию на порядок. Впервые обнаружено двунаправленное смещение спектров фотолюминесценции (в красную и голубую области) при плазмонном возбуждении и экспериментально подтверждена сильная анизотропия взаимодействия ориентированных цепей с поляризованным излучением в субволновом масштабе.

Достоверность основных результатов обеспечивается высоким уровнем современного научно-исследовательского оборудования, апробированными методами и методиками обработки результатов и подтверждается публикациями в ведущих научных журналах и выступлениями на научных конференциях.

По материалам диссертации опубликовано 29 работ, 12 из которых входят в индекс цитирования WoS и Scopus, 6 – в изданиях, рекомендованных ВАК при Министерстве образования и науки Российской Федерации, 2 публикации, не входящие ни в индекс цитирования WoS и Scopus, ни в число рекомендованных ВАК при Министерстве образования и науки Российской Федерации, 9 публикаций в сборниках материалов научных конференций.

При общей положительной оценке работы считаю необходимым сделать следующие замечания:

1. На мой взгляд, в работе недостаточно внимания уделено обзору современных работ по теме лазерной абляции углеродосодержащих мишеней под слоем жидкости для синтеза углеродных наноматериалов. Это несколько затрудняет оценку значимости положений 1 и 2.
2. Не ясно, что конкретно имеется ввиду под «Квазинепрерывным режимом» в Таблице 1. Также, термин «квазинепрерывные импульсы», использованный в подписи к рис. 2.7, представляется мне неудачным.
3. На стр. 47, вероятно, ошибка в подписи горизонтальной шкалы к рис. 2.8. По рисунку получаются частицы с размерами более 1 мм, хотя в тексте речь идет о частицах микронного размера.
4. При интенсивностях фемтосекундного импульса $\sim 10^{15}$ Вт/см² возможен пробой воды перед мишенью. Этот фактор автором не обсуждается.
5. Не вполне понятен смысл фразы на стр. 58 «Учитывая, что из-за малых размеров частиц они не обладают собственной теплоемкостью, ...». Речь идет о частицах с диаметром ~ 100 нм, такая частица содержит макроскопическое число частиц и использование термодинамической характеристики (теплоемкости) вполне оправдано, тем более что дальше оценивается температура частицы. Вероятно, имелось ввиду, что теплоемкостью частицы в данном случае можно пренебречь, однако это допущение в тексте не обосновывается.
6. Автором приводится большой список публикаций по теме диссертации. Однако есть сомнение, что статьи
 - Laser-induced formation of semiconductor nanoparticles and structures / S. Arakelian, S. Zimin, S. Kutrovskaya, A. Kucherik, A. Makarov, A. Osipov // Laser Physics. – 2014. – Vol. 24. – № 7. – P. 074002. DOI: 10.1088/1054-660X/24/7/074002.
 - The Synthesis of Hybrid Gold-Silicon Nano Particles in a Liquid / S. Kutrovskaya, S. Arakelian, A. Kucherik, A. Osipov, A. Evlyukhin, A. Kavokin // Scientific Reports. – 2017. – Vol. 7. – № 10284. – P. 1-6. DOI: 10.1038/s41598-017-09634-y.

- Nanocomposite Metamaterials Based on Self-assembled Titanium Dioxide Rolls with Embedded Gold Nanoparticles / S. Kutrovskaya, A. Kucherik, A. Osipov, V. Samyshkin, A. Istratov, A. Kavokin // Scientific Reports. – 2019. – Vol. 9. – № 7023. – P. 1-7. DOI: 10.1038/s41598-019-43588-7.

- Регистрация динамических процессов лазерного термоупрочнения поверхности изделий в реальном масштабе времени в условиях засветки от лазерного факела при передаче оптического изображения через оптический жгут с помощью лазерного усилителя яркости / С. М. Аракелян, В. Л. Евстигнеев, М. А. Казарян, М. Н Герке., А. Ф Галкин., С. В Жирнова., А. В. Осипов, Г. А. Евстюнин, Е. Л. Шаманская // Международный научный журнал Альтернативная энергетика и экология. – 2018. – № 31-36. – С. 71-85. DOI: 10.15518/isjaee.2018.31-36.071-085.

имеют непосредственное отношение к работе.

Несмотря на сделанные замечания, представленная работа заслуживает положительной оценки. Результаты, защищаемые положения, выводы и рекомендации являются оригинальными, обоснованными и значимыми. Материалы диссертации полностью отражены в опубликованных научных работах по тематике исследования.

Автореферат удовлетворяет предъявленным требованиям, и в полной мере отражает результаты и выводы диссертационной работы.

Заключение

Диссертационная работа Осипова Антона Владиславовича «Лазерный синтез линейных углеродных структур» является законченной научно-квалификационной работой, которая выполнена на высоком научном уровне, обладает научной новизной и практической значимостью, соответствует паспорту специальности «Лазерная физика» (1.3.19) и требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 года (ред. от 16 октября 2024 года), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. Автор диссертации Осипов Антон Владиславович показал себя высококвалифицированным специалистом и безусловно заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.19. Лазерная физика.

Содержание автореферата и диссертации соответствуют друг другу.

Официальный оппонент:

Доцент, научный сотрудник, Институт Лазерных Технологий, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО»

кандидат физико-математических наук по специальности 01.04.05 Оптика.
Адрес места работы: 197101, г. Санкт-Петербург, Кронверкский пр., д. 49.
Контактные данные: Тел.: +7(953)3560971.

E-mail: dspolyakov@itmo.ru

Поляков Дмитрий Сергеевич
8 сентября 2025 г.

Согласен на обработку персональных данных
Поляков Дмитрий Сергеевич
8 сентября 2025 г.

Подпись Полякова Дмитрия Сергеевича заверяю.

менеджер ОПС
Лондешко В

09.09.2025