

ОТЗЫВ

официального оппонента Завестовской Ирины Николаевны на диссертацию Ракова Игната Игоревича «Лазерный синтез наночастиц в жидкости и нанокompозитов на их основе», представленную на соискание ученой степени кандидата физико–математических наук по специальности 1.3.19 – лазерная физика.

Актуальность.

Диссертационная работа Игната Игоревича Ракова посвящена актуальному направлению - исследованию процесса синтеза нанокompозитов. Композитные наноматериалы в силу синергии свойств составляющих обладают уникальными свойствами, перспективными для применений в различных областях, включая биомедицину. Разработка воспроизводимых технологий синтеза нанокompозитов с заданными физическими свойствами является крайне востребованным направлением.

Принципиально важно, что для получения наноразмерного компонента в диссертационном исследовании использован метод лазерной абляции в жидкости, обеспечивающий получение наночастиц с контролируемыми физико-химическими свойствами. Некоторые из свойств лазерно-аблированных наночастиц не могут быть достигнуты с помощью других технологий, например, высокая степень чистоты получаемых наночастиц, что важно для их биомедицинских применений.

Автором предложены и исследованы новые компонентные составы нанокompозитов. Показана зависимость морфологии и оптических свойств синтезируемых наноматериалов от параметров лазерного излучения, состава рабочей жидкости, а также напряженности внешнего магнитного поля.

Анализ содержания диссертации.

Диссертационная работа И.И. Ракова состоит из Введения, четырех Глав и Заключения и составляет 125 страниц, 65 рисунков и 4 таблицы. В Списке цитируемой литературы имеется 221 наименование.

Во Введении работы обоснована ее актуальность, указаны цель диссертационного исследования, научная новизна полученных результатов и их практическая значимость, сформулированы положения, выносимые на защиту.

В Главе 1 представлен литературный обзор, посвященный синтезу нанокompозитов с использованием лазерного излучения. Представлены различные технологии лазерного синтеза нанокompозитов, основанные как на прямой лазерной абляции металлических подложек в жидкостях различного состава, так и на технологиях синтеза лазерно-аблированных частиц с функциональными материалами для придания им заданных свойств. Описано аналитическое и экспериментальное оборудование, использованные в ходе выполнения работы. На основании обзора сделана постановка задачи и формулированы задачи диссертационного исследования.

Вторая Глава диссертации посвящена исследованию плазмонных колебаний и плазмонного резонанса лазерно-аблированных металлических наночастиц и влияние этих процессов на морфологию и оптические свойства нанокompозитов на их основе в зависимости от внешних условий. Показано, что действие магнитного поля приводит к изменению морфологии исходных удлинённых наночастиц золота – увеличению их аспектного отношения. Кроме того, коллоидные растворы лазерно-аблированных золотых и серебряных наночастиц с β – циклодекстрином показали наведенную оптическую анизотропию на собственных частотах плазмонного резонанса (520 и 400 нм, соответственно).

В Третьей главе технология лазерной фрагментации применена для получения наночастиц фталоцианинов меди и алюминия с использованием исходных микропорошков. Определен оптимальный режим ИК лазерного воздействия, позволяющий воспроизводимо получать наночастицы соответствующих кристаллических фталоцианинов со средним размером в интервале от 80 до 150 нм. Исследован также процесс синтеза нанокompозита на основе полученных наночастиц алюминия и меди с золотыми наночастицами. Показана возможность образования агломератов (вплоть до 1 мкм), состоящих из лазерно-аблированных наночастиц золота и наночастиц фталоцианинов алюминия и меди.

В Четвертой главе представлены результаты по исследованию морфологии и оптических свойств нанокompозитов на основе полимеров ПММА, LF-32 и наночастиц золота и серебра, полученными методом лазерной абляции в ацетоне и хлороформе, а также с наночастицами фталоцианинов меди и алюминия. Показано взаимное влияние полимерной матрицы и металлических наночастиц. Полимерная матрица изменяет морфологию металлических наночастиц в структуре нанокompозита путем выстраивания их в вытянутые цепочки. В свою очередь металлические наночастицы в составе нанокompозита изменяют молекулярную структуру полимерной матрицы и тем самым изменяют ее оптические свойства, в частности, подавляют ряд низкочастотных колебаний полимерной матрицы.

В Пятой главе приводятся экспериментальные результаты по осаждению углеродных нанокompозитов при лазерном облучении границы раздела стекло/толуол. Продемонстрировано, что в процессе облучения кюветы с толуолом лазерным излучением иттербиевого волоконного лазера (1060 - 1070 нм, 20кГц, 100 нс, 6 - 7 Дж/см²) через прозрачное окно на границе раздела образуется углеродная пленка различной толщины, содержащая такие аллотропные модификации как алмаз, фуллерен и графит. Морфология и аллотропный состав осаждаемых таким образом нанокompозитов зависит от количества поглощенных лазерных импульсов наносекундного диапазона длительности.

В Заключении представлен анализ основных результатов диссертационной работы.

Достоверность научных результатов диссертационной работы Ракова И.И. обоснована экспериментальными результатами, полученными на современном оборудовании, и согласованными с опубликованными другими исследователями результатами в области лазерного синтеза наночастиц и композитов на их основе.

Обоснованность научных положений и выводов, сформулированных в диссертационной работе Ракова И.И., подкреплена обсуждением полученных результатов на международных и всероссийских конференциях и научных семинарах. За время выполнения работы в ведущих рецензируемых научных журналах, определенных списком ВАК, опубликовано 16 статей, из них 7 – по теме диссертации. Работа поддержана грантами РФФИ, Стипендией Президента РФ молодым ученым и аспирантам, осуществляющим перспективные научные исследования и разработки по приоритетным направлениям модернизации российской экономики СП-1006.2021.1 и Грантом Президента РФ МД-3790.2021.1.2.

Научная новизна.

Автором исследованы новые компонентные составы нанокompозитов и изучены их морфологические и оптические свойства. К основным результатам, отражающим новизну, можно отнести следующие:

Впервые установлено влияние внешнего постоянного магнитного поля высокой напряженности (до 7 Тл) на морфологию удлиненных композитных наночастиц, генерируемых при лазерной абляции золотой мишени в жидкости с двухвалентными ионами.

Впервые представлены результаты по наведению оптической анизотропии на частотах плазмонных резонансов в спектрах кругового дихроизма коллоидных растворов наночастиц золота и серебра, образованных при лазерной абляции в водных растворах циклического олигомера глюкозы.

Впервые показана возможность генерации наночастиц фталоцианинов при лазерной фрагментации исходного микропорошка.

Впервые исследовано взаимодействие коллоидных растворов наночастиц золота с полимерными соединениями, а также коллоидными растворами фталоцианинов меди и алюминия, генерируемыми лазерной фрагментацией в чистой воде.

Практическая значимость.

Практическая значимость подтверждена полученным патентом на изобретение №2677167. Полученные в диссертации результаты по исследованию зависимости морфологии и оптических свойств синтезируемых наноматериалов от параметров лазерного излучения, состава рабочей жидкости, а также напряженности внешнего магнитного поля могут стать основой разработки технологий синтеза нанокompозитов с использованием методов лазерной абляции и фрагментации.

Замечания по диссертации.

По представлению материала:

1. Содержащийся в Первой главе литературный обзор не достаточно полон для постановки задачи и формулировки поставленных в диссертационной работе задач.
2. В Заключение дан анализ полученных результатов, но не сформулированы основные результаты диссертационной работы, представленные в автореферате.

По существу:

3. В представленной во Второй главе модели взаимодействия магнитных полей внешнего и образованного колебаниями электронов удлинённых золотых частиц не хватает численных оценок для подтверждения представленного механизма взаимодействия.
4. Представленную в Главе 5 теоретическую модель следует доработать. Некорректно введена безразмерная температура (формула 4), а также иллюстрация ее значений на рис. 5.8 с указанием на оси ординат отрицательных значений.

Заключение

Отмеченные замечания не влияют на общую положительную оценку полученных в диссертации Ракова И.И. результатов. Её результаты представляют несомненную научную и практическую ценность. Достоверность результатов, представленных в работе, не вызывает сомнений.

Список цитируемой литературы соответствует содержанию. Автореферат диссертации достаточно полно соответствует содержанию работы и отражает основные полученные в ней результаты. Работа изложена хорошим научным языком и снабжена информативными иллюстрациями.

Диссертационная работа Ракова Игната Игоревича «Лазерный синтез наночастиц в жидкости и нанокompозитов на их основе», соответствует паспорту специальности 1.3.19 – «Лазерная физика», по актуальности, достоверности, научной новизне и практической значимости результатов, представляет собой законченную научно-квалификационную работу.

Диссертационная работа Ракова И.И. соответствует требованиям п.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ №842 от 24.09.2013, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.19 – «Лазерная физика».

Даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета 24.1.078.01 (Д 002.060.01), и их дальнейшую обработку.

Высококвалифицированный ведущий
научный сотрудник отдела космических
излучений,
Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки Физический институт им.
П.Н. Лебедева Российской академии наук
(ФИАН),
д. ф.-м. н.,
старший научный сотрудник РАН

119991 Москва, Ленинский пр.-т., 53
тел. +7 (910) 427-80-74
email: zavestovskayain@lebedev.ru

Завестовская Ирина Николаевна

Подпись Завестовской И.Н. заверяю

ПОДПИСЬ ЗАВЕРЯЮ
Ученый секретарь **Колобов А.В.**



8 11 2021 г.