

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

Пагава Леонида Леонидовича

«Разработка и исследование лазерного метода контроля состояния и динамики образования кластеров наночастиц в коллоидных растворах», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.5. «Порошковая металлургия и композиционные материалы»

Актуальность работы

Стремительное развитие нанотехнологий и их широкое применение в различных отраслях науки и техники, таких как медицина, электроника, материаловедение и энергетика, обуславливают актуальность данной работы. Наночастицы в коллоидных растворах обладают уникальными физико-химическими свойствами, которые зависят от их размера, формы и степени агрегации. Контроль образования кластеров и понимание динамики этих процессов являются ключевыми для управления свойствами наноматериалов и разработки новых технологий.

Традиционные методы анализа наночастиц часто сопряжены с техническими сложностями, высокой стоимостью и невозможностью предоставления оперативных данных о динамических процессах в реальном времени. Лазерные методы контроля предлагают высокую чувствительность, высокое разрешение и возможность непрерывного мониторинга без нарушения целостности системы. Разработка такого метода позволит углубить фундаментальные знания о процессах самоорганизации наночастиц, а также откроет новые перспективы в создании высокоэффективных наноматериалов с заданными свойствами.

Таким образом, работа Пагава Л. Л., посвящённая разработке нового метода контроля, основанного на вынужденном рассеянии Мандельштама–Бриллюэна, усиленном резонансными эффектами, для определения основных

параметров наночастиц в жидкой матрице, является актуальной научной задачей, решение которой способствует прогрессу в нанотехнологиях и разработке инновационных материалов.

Общая характеристика работы

В первой главе работы автор широко раскрывает основные методы контроля наночастиц, подробно рассматривая их преимущества и недостатки, что позволяет определить направление будущей разработки. Основными проблемами, выделяемыми автором, являются невозможность использования одного метода для решения поставленных задач в производственных условиях; многие методы контроля являются разрушающими, а использование методов с высокомоощными источниками может негативно влиять на структуру объекта, что сказывается на адекватности измерений.

В работе рассматриваются наночастицы таких материалов, как InP, GaAs, Al₂O₃, Ag, Ni, MgO и другие. Эти материалы широко используются для модификации поверхностей фотоэлектрических подложек, медицинских инструментов и радиоэлектронных компонентов. Акцент сделан на их практическом применении и значимости в современной промышленности.

Во второй главе автор раскрывает теоретические предпосылки для разработки нового метода, основанного на вынужденном рассеянии Мандельштама–Бриллюэна, усиленном за счёт плазмонных и экситонных резонансов. В разработанных математических моделях рассматривается влияние размера наночастиц, окружающей среды, типа материала, длины волны и мощности излучения на достижение исследуемых резонансов, результаты которых подробно приведены в конце главы. Такие расчёты позволяют определить условия, при которых можно достичь необходимых эффектов.

Третья глава посвящена экспериментальному подтверждению предложенной теории. Автор провёл обширную работу, в ходе которой определил оптимальные характеристики и время непрерывной работы установки, что позволило не только минимизировать погрешности, но и

расширить диапазон исследуемых параметров. Так, например, в работе и цитируемых статьях показано, что часто возникает эффект перекрытия стоксовой составляющей, которая является информационным параметром исследуемого объекта. Для решения этой проблемы автор также рассматривал использование второй гармоники с целью увеличения разницы между стоксовой составляющей и основной модой излучения, что позволяет применять анализаторы с меньшей разрешающей способностью.

Все это позволило подтвердить разработанные математические модели и наблюдать исследуемые эффекты и явления для наночастиц таких материалов, как InP, GaAs, MgO и Ag. Результаты экспериментов демонстрируют высокую степень согласованности с теоретическими предсказаниями, что подтверждает эффективность предложенного метода. Показано, что разработанный метод позволяет получать спектры исключительно тех наночастиц, на которые настроено оборудование, благодаря попаданию в полосу резонанса — плазмонного для металлических и экситонного для полупроводниковых наночастиц. Использование разработанной методики и работа в области инфракрасного спектра позволили избежать основных шумовых составляющих, присущих другим методам. Это существенно повышает точность и воспроизводимость измерений. Автором определены зависимости характеристик спектра вынужденного рассеяния Мандельштама–Бриллюэна, полученного при резонансных явлениях, от основных контролируемых параметров наночастиц, что обеспечивает их точный и стабильный контроль.

Четвёртая глава посвящена заключительному этапу разработки метода. Для автоматизированной работы установки, предлагаемой автором, необходимо определить эталонные спектры. В работе используется метод распознавания образов и авторская программа для автоматизированного расчёта исследуемых параметров. Код программы размещён в открытом доступе и подтверждает её работоспособность.

Стоит отметить что Данный метод был внедрен в ООО «СЭРВЭТ» для измерения остаточных примесей тяжелых металлов и микропластика после очистки питьевой воды, а также в процесс нанесения покрытия из наносеребра в «ЭНЕРГОСПЕЦСТРОЙ», что улучшило энергетическую эффективность экспериментального модуля на 15,8% по сравнению с контрольным. Результаты внедрения подтверждены соответствующим актом.

Результаты исследования могут быть использованы для дальнейшего развития технологий нанесения наночастиц на различные поверхности, а также для разработки новых материалов с заданными свойствами. Это подчёркивает значимость и перспективность проделанной работы для науки и промышленности.

Научная новизна диссертационной работы Пагава Л. Л. не вызывает сомнения и заключается в следующем:

- Использование математических моделей позволило выявить типы материалов, в которых возможно возникновение эффекта резонанса, при определенных условиях.

- Теоретически и экспериментально доказана возможность использования резонансных явлений для достижения пороговых значений вынужденного рассеяния Мандельштама-Бриллюэна.

- Разработана и апробирована методика определения функциональных зависимостей параметров спектра вынужденного рассеяния с основными характеристиками наночастиц в жидкой матрице.

- Разработанный метод и дополнительные исследования позволили устранить основные погрешности, связанные с люминесценцией примесей и жидкой матрицы, свойственные другим методам контроля.

Достоверность полученных результатов обеспечена использованием современного поверенного оборудования с лицензионным программным обеспечением, проведением испытаний в соответствии с ГОСТ.

Замечания

1. Во второй главе автор производит расчет параметров, при которых может возникнуть плазмонный и экситонный резонанс, и хоть в третьей главе по параметрам можно заметить использование данных расчетов, но конкретно на них нет ссылки.

2. Изменение внешних условий, таких как температура и pH, может существенно влиять на результаты лазерных измерений наночастиц, в работе рассмотрены только нормальные климатические условия, стоило так же провести исследования в расширенных допусках для определения возможностей метода и его максимальной погрешности.

3. В конце третьей главы представлены графики с полученными данными экспериментов, стоило так же предоставить для сравнения данные математического моделирования, и других методов контроля подобных систем, для понимания возможностей метода.

Сделанные замечания не снижают научной и практической ценности диссертации и общей высокой оценки работы.

Диссертационная работа Пагава Леонида Леонидовича выполнена на высоком научно-техническом уровне. Она представляет собой самостоятельную законченную научно-квалификационную работу, в которой изложены научно-обоснованные технические и технологические решения для контроля параметров наночастиц в жидкой матрице, для повышения качества модифицируемой поверхности.

Результаты диссертационной работы, выносимые на защиту, прошли апробацию на 12 научно-технических конференциях, опубликованы в 23 печатных работах, из них 2 в изданиях, входящих в перечень ВАК и 8 в журналах, включенных в международные системы цитирования.

Автореферат и опубликованные работы полностью отражают содержание диссертации.

По научному уровню, полученным результатам, содержанию и оформлению представленная диссертационная работа удовлетворяет всем требованиям п.п. 9-16 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденном Постановлением правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор Пагава Леонид Леонидович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.5. «Порошковая металлургия и композиционные материалы»

Официальный оппонент,

Доктор физ-мат. наук, профессор, руководитель магистратуры «Технологии производства наноэлектронных приборов»

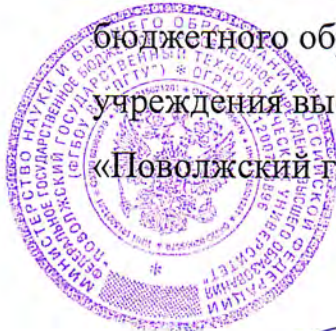
Кафедра «Конструирования и производства радиоаппаратуры»

федерального государственного

бюджетного образовательного

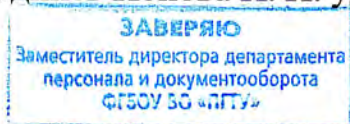
учреждения высшего образования

«Поволжский государственный технологический университет» (ПГТУ)



Попов Иван Иванович

Подпись Попова И. И. удостоверяю



25.11.2024