

В настоящее время на многих предприятиях используются комбинированные методы анализа наночастиц. Учитывая, что исследуемые частицы находятся в жидкой матрице, при анализе возникают значительные погрешности и шумовые составляющие. Кроме того, до настоящего времени остается много проблем, связанных с влиянием методов контроля на исследуемые образцы. В этой связи диссертационная работа Пагава Л.Л., направленная на разработку нового метода контроля наночастиц в жидкой матрице, представляет несомненную актуальность как с научной, так и с практической точки зрения.

Общая характеристика работы

Достоинством диссертационной работы Пагава Л.Л. является то, что автору удалось подробно исследовать возможность возникновения плазмонного и экситонного резонансов при облучении наноструктур лазерным излучением для различных материалов, таких как InP, GaAs, Al₂O₃, Ag, Ni, MgO и другие. Автором рассмотрены основные методы контроля подобных систем и выделены их сильные и слабые стороны, позволяющие обоснованно выбрать оптимальный подход к исследованию.

Основными проблемами, как правильно отмечает автор, являются влияние мощности лазерного источника на наночастицы и невозможность контролировать необходимый комплекс параметров системы одним методом. На этой основе автор предложил новый метод контроля, позволяющий определять основные параметры исследуемых систем в жидкой матрице, такие как концентрация частиц, средний размер, тип частиц и момент наступления термодинамической неустойчивости.

В работе предложен новый способ достижения вынужденного рассеяния Мандельштама–Бриллюэна посредством попадания в резонансную полосу для каждого исследуемого материала. Реализация в металлах происходит за счет плазмонного резонанса, а для полупроводниковых частиц – за счет экситонного резонанса.

Разработана и экспериментально подтверждена математическая модель, позволяющая рассчитывать основные параметры лазерного излучения для попадания в резонансные полосы. Это позволяет сократить время калибровки экспериментальной установки и определить принципиальную возможность достижения необходимого эффекта. Рассмотрены основные погрешности, возникающие в разработанной экспериментальной установке. Для повышения точности измерений были предоставлены технические рекомендации по реализации подобных систем. Разработанное программное обеспечение для автоматизированного контроля позволяет без особых сложностей внедрять данную разработку в технологические процессы предприятий-изготовителей.

Научный интерес представляют исследования, направленные на определение характеристик спектрального распределения вынужденного рассеяния Мандельштама–Бриллюэна для определения типов резонансных эффектов и возможных для данного метода типов веществ. Было установлено, что при разработке автоматизированных систем контроля следует учитывать стабильность характеристик лазера, так как плазмонный и экситонный резонансы сильно зависят от энергетических параметров лазерного излучения. Кроме того, автор выявил необходимость тщательного подбора параметров экспериментальной установки для обеспечения высокой точности и повторяемости результатов.

Практическая значимость работы

Практическая значимость работы включает разработанные рекомендации к установке контроля наночастиц в жидкой фазе. Разработан метод контроля, позволяющий без особых проблем внедрить его в производство. Разработанное программное обеспечение является открытым для изучения и не вызывает сомнений в корректности использования.

Немаловажно, что разработанные автором рекомендации прошли успешную апробацию в ООО «СЭРВЭТ» и «ЭНЕРГОСПЕЦСТРОЙ», что свидетельствует о практической ценности проведенных исследований.

Наиболее важные полученные результаты

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

1. Разработана математическая модель, позволяющая рассчитывать параметры резонансных эффектов в наночастицах различных материалов при взаимодействии с лазерным излучением. Полученные результаты имеют хорошую сходимость с экспериментальными данными других исследователей.

2. Определены материалы, для которых возможно использовать предложенный подход, и установлены критерии их выбора.

3. Предложены методики определения основных параметров наночастиц в жидкой матрице с помощью эффекта вынужденного рассеяния Мандельштама–Бриллюэна, возникающего при попадании в резонансную полосу материала.

4. Установлены зависимости между характеристиками спектрального распределения вынужденного рассеяния Мандельштама–Бриллюэна и основными параметрами наночастиц в растворе.

5. Определены калибровочные кривые и опробована методика измерения, позволяющая точно определять концентрацию и размеры наночастиц в жидкой матрице.

6. Разработаны технические рекомендации к установке контроля для повышения диапазона измерений и уменьшения погрешности и разброса данных.

Рекомендации по практическому использованию основных результатов диссертации

Представленные в диссертационной работе новые научные результаты и практические разработки могут быть использованы в области исследования резонансных эффектов различных типов, что позволяет определить возможности модифицированных поверхностей. Работа также направлена на совершенствование технологических процессов получения и осаждения наночастиц, применяемых в авиакосмической, транспортной, медицинской и других наукоемких отраслях. Научные и методические разработки автора могут найти применение при создании новых функциональных композиционных конструкций в ведущих отраслевых институтах (ГНЦ «ВИАМ» и др.), академических учреждениях (ИМЕТ РАН и др.) и вузах (МАИ, МГТУ «СТАНКИН», Костромской ГУ и др.).

Достоверность полученных результатов

Достоверность полученных в диссертационной работе научных результатов подтверждается применением современных методов исследования, хорошим совпадением результатов теоретических расчетов и экспериментальных данных. Структурные исследования наночастиц в жидкой матрице также подвергались контролю методами световой микроскопии и спектрального анализа. Повторяемость результатов и эффективность разработанного метода подтверждается большим количеством экспериментальных образцов (более 1000). На каждый образец также проводилось усреднение измерений посредством анализатора, что увеличивает точность результатов.

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

Замечания

Отмечая достоинства диссертационной работы Пагава Л. Л., в качестве замечаний следует указать:

1. В главе 2 при выборе материалов, которые автор указывает как основные, используемые в данных технологиях, не хватает уточнений о том, для чего подобные материалы используются и какие характеристики они повышают. Было бы полезно подробнее рассмотреть функциональные свойства этих материалов и их влияние на конечные свойства модифицированных поверхностей.

2. В главе 3 не хватает графиков сравнения хотя бы для нескольких материалов, где было бы показано насколько сильно идет расхождение между предлагаемым методом и основными в данной области методами.

3. При разработке математической модели нет описания оптических характеристик выбранных материалов, а только параметры среды, источника излучения и размеров частицы. При описании модели стоит также указать основные оптические характеристики материалов, так как в базах данных существуют материалы различных годов и исследований с отличающимися свойствами. Этот момент важен для воспроизводимости результатов и общей точности модели.

Отмеченные недостатки не снижают научной и практической значимости диссертации и общей высокой оценки работы.

Заключение

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

