

РЕЦЕНЗИЯ

на диссертационную работу докторанта PhD Утегенова Алмасбека Улубековича на тему: **«Синтез и свойства углеродных наноматериалов полученных в газоразрядной плазме сложного состава»**, представленной на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности «6D074000 – Наноматериалы и Нанотехнологии (физика)»

Диссертационная работа Утегенова Алмасбека Улубековича посвящена экспериментальному исследованию процесса синтеза углеродных наноматериалов в газоразрядной плазменно-пылевой среде и их свойств. Диссертация состоит из введения, четырех разделов, заключения и библиографии из 161 источников, содержит 108 страниц основного текста, включая 71 рисунок и 4 таблицы.

1. Связь с общенаучными и общегосударственными программами.

В настоящее время во многих экспериментальных работах посвященных синтезу наночастиц используют плазму газового разряда в роли универсальной среды, где с помощью разных манипуляций параметрами разряда возникает ряд возможностей для управления процессом синтеза и свойствами конечного продукта. Работа нацелена на изучения такого феномена, как «войд» – свободное от наночастиц пространство, появляющееся при синтезе наночастиц различных материалов в газоразрядной плазме. Появление войда влияет на размер продуктов синтеза, что приводит к неравномерному росту наночастиц по объему. Более того, в диссертации приводятся результаты экспериментальных работ по исследованию размера наночастиц на стадии их синтеза. На основе данной работы лежит использование метода динамического рассеяния света для определения размера наночастиц углерода. Данная работа отличается тем, что впервые была разработана методика определения размеров наночастиц в газовых средах, тогда как ранее данный метод использовался только с применением жидких сред.

Первый раздел диссертации Утегенова А.У. сфокусирован на обзоре современного состояния проблемы, где подробно описаны методы синтеза углеродных наночастиц, связь между синтезом наночастиц и плазмой сложного состава. Также рассматривается влияние наноструктурированных материалов на работу термоядерных установок.

Второе направление работы Утегенова А.У. посвящено наночастицам углерода, синтезированных в высокочастотном (ВЧ) газовом разряде. Широко рассматривается процесс синтеза углеродных наночастиц, где характерным является появление войда. Также, приводятся методы манипуляции пространственными характеристиками ансамбля из наночастиц в газоразрядной плазменной среде, где посредством дополнительного электростатического поля появляется возможность управления размером войда.

В главе 3 представлены результаты оптического метода определения размеров углеродных наночастиц, синтезируемых в газоразрядной плазменной среде смеси газов аргон-ацетилен, на основе метода динамического рассеяния света. Данное направление актуально тем, что упомянутый метод используется для определения размеров микрочастиц, а для наночастиц применяется жидкая среда, свойства которой заранее известны.

Также в работе рассматривается процесс синтеза углеродных наноматериалов на установке импульсного плазменного ускорителя. Приведены результаты детального анализа момента взаимодействия импульсной плазмы с кандидатным материалом первой стенки термоядерного реактора. Можно выделить следующие основные проблемы, играющие ключевую роль во взаимодействии плазмы с материалом первой стенки реакторов, это – образование пыли из-за эрозии материалов; накопление радиоактивного

третия в материалах вакуумной камеры. Накопление пыли и ее осаждение, наноструктурированные пленки в объеме реактора в основном играют отрицательную роль.

2. Научные результаты в рамках требований к диссертации (пп. 127 Правил присуждения ученых степеней)

Диссертационная работа Утегенова А.У. содержит следующие новые и вполне достоверные научные результаты:

– Разработан метод манипуляции характеристиками микро- и нано- размерных углеродных частиц в газоразрядной плазменной среде. Показано, что дополнительное электростатическое поле в ВЧ разряде приводит к изменению размера как самого ансамбля из углеродных наночастиц, так и образованного войда внутри ансамбля.

– Приведены первые результаты по определению размеров углеродных наночастиц, синтезированных в газовом разряде смеси газов аргон-ацетилен, на основе оптического метода динамического рассеяния света. Показано, что результаты измерений совпадают с результатами электронной микроскопии. А так же приводятся результаты расширенного анализа свойств газоразрядной плазмы в режиме модуляции ВЧ сигнала. Обнаружено, что при модуляции ВЧ сигнала параметры плазмы, такие как температура электронов и плотность ионов кардинально меняются.

– Результаты экспериментальных исследований процесса взаимодействия импульсного плазменного пучка с углеродными пластинами показывают, что после взаимодействия образуется наноструктурированный углеродный материал с фрактальными поверхностями.

3. Степень обоснованности и достоверности каждого научного результата (научного положения), выводов и заключения соискателя, сформулированных в диссертации

Диссертационная работа Утегенова А.У. является квалификационной научной работой и содержит новые научно обоснованные и достоверные теоретические и экспериментальные результаты, которые базируются на фундаментальных положениях физики, использовании современных методов исследований и аппаратуры-это электронная микроскопия, метод динамического рассеяния света, метод комбинационного рассеяния света и т.д.

Основные результаты диссертации были опубликованы в рецензируемых журналах, входящих в базы данных Web of Science и Scopus, а так же в журналах рекомендованных ККСОН МОН РК. Также результаты неоднократно докладывались на международных научных конференциях, активно обсуждались с коллегами на семинарах. Все это свидетельствует об обоснованности и достоверности полученных в диссертации результатов.

4. Степень новизны каждого научного результата (положения), вывода соискателя, сформулированных в диссертации

Научная новизна результатов диссертации Утегенова А.У. не вызывает сомнения и заключается в следующем:

– Обнаружено, что создаваемое дополнительное электростатическое поле в ВЧ газоразрядной плазме приводит к уменьшению размера войда, образующегося при синтезе углеродных наночастиц в смеси инертного и углеродосодержащего газов. Выявлено, что размер войда оказывает влияние на дисперсность синтезируемых наночастицы углерода.

– Результаты исследования размеров углеродных наночастиц на ранней стадии их развития, синтезируемых в плазменной среде смеси газов аргон-ацетилен, на основе динамического рассеяния света совпадают с результатами других методов. Это

показывает правильность и адекватность использования данного метода в случае с плазменной средой. Ранее данная система использовалась для ансамблей из наночастиц в жидкой среде, где параметры среды заведомо известны.

– Результаты экспериментальных работ по исследованию взаимодействия импульсного плазменного потока с поверхностью кандидатного материала первой стенки термоядерного реактора показывают, что поверхность материала становится фрактальной и дефектность материала увеличивается.

5. Практическая и теоретическая значимость полученных результатов

Полученные результаты в рамках выполнения диссертационной работы могут быть применены в различных областях науки и технологии. В частности, данные результаты представляют ценность для развития технологии в области синтеза наночастиц плазмохимическим методом в плазме сложного состава. Кроме того, способ определения размеров наночастиц на ранней стадии их синтеза с помощью динамического рассеянного света показал, что данная технология применима для решения конкретных задач, в частности для получения наночастиц с требуемыми характеристиками. Также результаты экспериментальных работ по исследованию свойств плазменных образований в модулированном ВЧ разряде могут быть применены для получения поверхностей с требуемыми гидрофильными и гидрофобными свойствами. Полученные результаты по исследованию процесса взаимодействия импульсного потока с графитовой мишенью и процесса появления продуктов эрозии нано- и микро- размеров представляют ценность для развития термоядерной энергетики, в частности для более полного физического понимания поведения образованных пылевых компонентов при срыве плазменного шнура в Токамаках.

6. Замечания и предложения по диссертации:

Следует отметить, что диссертантом выполнен большой объем работ. В то же время в диссертации имеются следующие недостатки:

1. В главе 2 при исследовании поведения углеродных наночастиц в ВЧ газовом разряде не были учтены влияние дополнительного электростатического поля на другие виды наночастиц, например кремний. Для усиления практической значимости работы было бы полезно проведение экспериментов с другими материалами и газовыми составами плазмы.

2. В этой же главе при исследовании размеров войда при определенных значениях параметров газоразрядной плазменной среды не рассматривается форма войда, так как на рисунке 2.12 приведены фотоизображения войда только эллипсоидных форм. Изменение конструкции электродной системы ВЧ газового разряда позволило бы исследовать поведения ансамбля из наночастиц с другими формами, что увеличивает практическую значимость работы.

3. В тексте диссертационной работы встречаются стилистические неточности и опечатки.

Указанные выше замечания не носят принципиальный характер и не снижают высокий научно-практический уровень диссертационной работы.

7. Соответствие содержания диссертации в рамках требований Правил присуждения ученых степеней

Диссертационная работа полностью соответствует всем современным требованиям к PhD диссертациям. Диссертационная работа Утегенова Алмасбека Улубековича на тему «Синтез и свойства углеродных наноматериалов полученных в газоразрядной плазме сложного состава», соответствует всем требованиям «Правил присуждения ученых степеней» ККСОН МОН РК как по содержанию, так и по объему.

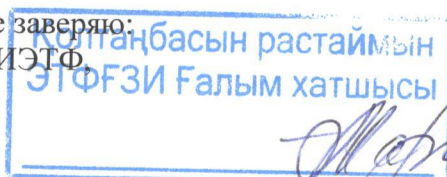
На основании вышеизложенного считаю, что соискатель Утегенов Алмасбек Улубекович несомненно заслуживает присуждения степени доктора философии (PhD) по специальности «6D074000 – Наноматериалы и Нанотехнологии (физика)».

Рецензент
Главный научный сотрудник НИИЭТФ,
Доктор технических наук, профессор



В.Е. Мессерле
«8» июня 2020 г.

Подпись В.Е.Мессерле заверяю:
Ученый секретарь НИИЭТФ,
к.ф.-м.н., доцент



А.К. Иманбаева