РЕЦЕНЗИЯ

на диссертационную работу докторанта PhD Усенова Ерболата Абуталипұлы на тему: **«Диагностика низкотемпературной комплексной плазмы при низких и атмосферных давлениях»**, представленной на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности «6D060400 – Физика».

1. Актуальность темы исследования и ее связь с общенаучными и общегосударственными программами.

Основной целью работы «Диагностика низкотемпературной комплексной плазмы при низких и атмосферных давлениях» является исследование свойств низкотемпературной комплексной плазмы при низких и атмосферном давлениях и создание новых методов на основе полученных данных.

Диссертационная работа посвящена актуальной проблеме диагностики и определения основных параметров газоразрядной плазмы сложного состава или так называемой "комплексной" плазмы при низких и атмосферных давлениях. Неравновесная плазма газовых разрядов, где температура электронов и ионов сильно различаются, является удобной средой для использования в обработке поверхности термочувствительных материалов с целью изменения их поверхностных свойств, для синтеза наночастиц и наноструктурированных тонких пленок. Также, основываясь на результатах последних научно-исследовательских работ проводимых по всему миру, можно сказать что низкотемпературная плазма атмосферного давления имеет большие перспективы применения в медицине и биотехнологии. Во всех приложениях низкотемпературной комплексной плазмы, для оптимального контроля процессов, требуется обширная диагностика и знание основных параметров плазменной среды, таких как температура и плотность заряженных частиц, потенциал пространства, химический состав. Исходя из этого, тема диссертации Усенова Ерболата Абуталипұлы, посвященная разработке и улучшению методов определения параметров комплексной плазмы, является актуальной.

Диссертационная работа выполнена в соответствии с планом фундаментальных и прикладных научно-исследовательских работ КН МОН РК «Грантовое финансирование научных исследовании» по темам: «Влияние процессов пылеобразования и свойств пристеночной плазмы с пылинками на режимы работы термоядерных энергетических реакторов» (2015-2017 гг., шифр 3112/ГФ4), «Исследование свойств и влияния холодной плазмы атмосферного давления на поверхности материалов» (2015-2017 гг., шифр 3220/ГФ4.), «Разработка научно-технологических основ повышения роста растений и урожайности зерновых культур с помощью обработки холодной плазмой атмосферного давления» (2018-2020 гг., ИРН AP05134280).

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

Диссертационная работа Усенова Е.А. состоит из трех глав, введения и заключения. Итогом работы по теме диссертации является ряд новых и достоверных научных результатов. Основные из них:

– исследованы размеры свободной области от пылевых частиц вокруг зонда Ленгмюра в положительном столбе тлеющего разряда. Выявлено, что с увеличением потенциала зонда относительно потенциала окружающей плазмы размер области свободной от пылевых частиц вокруг зонда уменьшается.

– приведены результаты зондового измерения температуры, плотности электронов и потенциала плазмы в аргон-ацетиленовой плазме ассиметричного высокочастотного разряда (13,56 МГц) с наночастицами. Существующая проблема напыления поверхности зонда заряженными наночастицами в химической активной плазме решена с помощью применения «комплексной развертки» напряжения зонда и комбинации ионной бомбардировки с электронным нагревом.

– определено аксиальное распределение температуры электронов комплексной и фоновой плазмы высокочастотного разряда (13,56 МГц) в смесях инертных газов (гелия и аргона). Показано, что добавка малого количества аргона в основной газ гелий приводит к уменьшению температуры электронов фоновой плазмы.

– измерены динамическая вольт-амперная характеристика диэлектрического барьерного разряда и спектры воздушной плазмы при атмосферном давлении. Изучены оптические свойства и химический состав плазмы методом оптико-эмиссионной спектроскопии.

– проанализирована динамика нейтральных и заряженных диамагнитных частиц плазменного кулоновского кристалла в магнитном поле пробкотронного типа в условиях микрогравитации. Исследовано разрушение («кулоновский взрыв») формируемых структур при больших значениях электрического поля.

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

Полученные результаты являются обоснованными и достоверными, так как в процессе исследования были использованы уже известные классические методы, такие как одиночный электрический зонд Ленгмюра, оптико-эмиссионная спектроскопия, видео и фото регистрация.

Результаты исследований прошли рецензирование в высокорейтинговых международных научных журналах и журналах из Перечня ККСОН МОН РК, а также были представлены на многих международных научных конференциях.

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

Научная новизна результатов диссертации Үсенова Е.А. не вызывает сомнения и заключается в следующем:

– в результате изучения поведения плазменно-пылевых образований в призондовой области тлеющего разряда был предложен новый метод оценки температуры и концентрации электронов.

– общеизвестный метод зонда Ленгмюра для диагностики палазмы газовых разрядов был адаптирован для условий комплексной плазмы с наночастицами. Таким образом, была минимизирована проблема загрязнения поверхности зонда в плазме.

– в результате изучения плазмы сложного состава в смесях инертных газов было определено влияние пылевой компоненты на распределение температуры электронов в межэлектродном пространстве.

– по итогам исследования структуры "холодной" плазменной струи в зависимости от скорости потока газа, амплитуды и частоты приложенного напряжения на электроды показано, что турбулентность приводит к уменьшению длины плазменной струи.

5. Практическая и теоретическая значимость полученных результатов

Результаты диссертационной работы представляют ценность для усовершенствования существующих и разработки новых методов обработки и синтеза материалов в комплексной плазме. С точки зрения фундаментальной науки, полученные результаты в рамках диссертационной работы будут полезны для исследования физических процессов в диэлектрическом барьерном разряде при разной комбинации геометрии электродов. В диссертационной работе представлен новый альтернативный метод диагностики фоновой плазмы без прямого измерения вольт-амперной характеристики (ВАХ). Также, предложен метод решения проблемы получения корректной ВАХ зонда из-за загрязнения ее поверхности в плазме с наночастицами. Значимость работы заключается в том, что полученные результаты позволяют расширить применение комплексной плазмы в технологических процессах путем улучшения их диагностики и контроля на основе разработанных методов.

6. Замечания и предложения по диссертации:

Отмечая положительные стороны диссертационного исследования, вместе с тем, необходимо указать следующие недочеты по содержанию и оформлению диссертации:

1. В тексте диссертации встречаются стилистические, граматические и орфографические ошибки. Например, в названии диссертационной работы слово «атмосферных» написано во множественном числе, тогда как термин «атмосферное давление» используется всегда в единственном числе. Неправильно используются знаки «дефис» и «тире».

2. В работе не определены диапазоны давлений для плазмы низкого давления и плазмы атмосферного давления.

3. В работе используется два термина для обозначения одного и того же состояния вещества «пылевая» и «комплексная» плазма, что затрудняет восприятие излагаемого материала. Например, в Энциклопедии низкотемпературной плазмы под редакцией академика В.Е. Фортова этот термин определяется следующим образом «пылевая плазма (комплексная плазма)» – это ионизированный газ, содержащий пылинки микронных и субмикронных размеров.

4. В разделе 3.2 приведены результаты измерения температуры поверхности медного диска калориметра при контакте с плазменной струей. Было бы целесообразно добавить данные о локальной температуре газа в области самой плазменной струи.

Указанные выше замечания носят непринципиальный характер, не искажают сути и не снижают научно-практической ценности диссертационной работы.

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

На основании вышеизложенного считаю, что диссертационная работа Үсенова Ерболата Абуталипұлы на тему «Диагностика низкотемпературной комплексной плазмы при низких и атмосферных давлениях», представленная на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности «6D060400 – Физика», соответствует требованиям «Правил присуждения ученых степеней» ККСОН МОН РК, предъявляемым к работам такого рода, как по содержанию, так и по объему, а соискатель Үсенов Е.А. заслуживает присуждения искомой степени по указанной специальности.

Рецензент,
Директор ТОО «Плазматехника R&D»
Доктор технических наук А.Б. Устименко

15 мая 2019 г.