

«УТВЕРЖАЮ»
Заместитель директора ОИВТ РАН
д.т.н. С.С. Поляков



« » 20 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации — Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Объединенный институт высоких температур (ФГБУН ОИВТ РАН) — на диссертацию Астахова Алексея Григорьевича на тему «Распределение плотности тепловых и массовых потоков в плазменном реакторе с ограниченным струйным течением в процессах получения нанопорошков», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.08 — «Физика плазмы»

Синтез в высокотемпературных потоках термической плазмы является эффективным средством получения наночастиц элементов, их неорганических соединений и композиций.

В настоящее время для проведения плазменных процессов получения нанопорошков широко используются плазменные реакторы с ограниченным струйным течением, в которых плазменная струя, истекает в объем реактора, который ограничен охлаждаемой цилиндрической поверхностью. Образование наночастиц в плазменных реакторах происходит в результате конденсации компонентов из газовой фазы и сопровождается осаждением полученных наночастиц на поверхностях, ограничивающих высокотемпературный газодисперсный поток. Формирование слоя наночастиц происходит при тепловом воздействии со стороны высокотемпературного газодисперсного потока. Температура в слое изменяется во времени и ее распределение зависит от локальной плотности теплового потока, проходящего через слой, и от локальной плотности потока массы осаждающихся наночастиц.

Актуальность рецензируемой работы заключается в изучении возможной эволюции наночастиц, сформированных в плазменном процессе, за пределами реакционной зоны, которая имеет большое значение в управлении свойствами получаемых продуктов и осуществлении направленного плазменного синтеза нанопорошков с заданными характеристиками.

Целью диссертационного исследования являлось экспериментальное изучение распределения плотностей теплового потока и массового потока наночастиц на поверхность плазменного реактора с ограниченным струйным течением в процессах получения нанопорошков, а также изучение изменения во времени локальных физико-химических свойств наночастиц в слое, формирующемся на поверхности реактора, для оптимизации технологических параметров и конструктивного оформления процессов плазменного синтеза нанопорошков.

Для достижения поставленной цели автором работы были *поставлены и решены следующие задачи:*

1. Экспериментальное определение распределения по длине плазменного реактора плотности теплового потока к поверхности осаждения наночастиц при различных параметрах работы реактора в процессах получения нанопорошков;

2. Экспериментальное определение распределения по длине плазменного реактора плотности потока массы наночастиц, осаждающихся на поверхность, при различных параметрах работы реактора в процессах получения нанопорошков;

3. Исследование эволюции во времени локальных физико-химических свойств слоя наночастиц, формирующегося на поверхности реактора.

Для достижения поставленной цели в диссертационной работе обобщен значительный объём научных исследований отечественных и зарубежных ученых по изучаемой проблеме, показаны имеющиеся трудности и направления их преодоления.

Основные научные результаты, полученные автором:

1. Впервые экспериментально исследован локальный теплоперенос на стенку плазменного реактора с ограниченным струйным течением и локальный перенос массы при формировании слоев наночастиц меди, вольфрама, оксида алюминия и карбидов вольфрама.

2. Установлен экстремальный характер распределения плотности потоков энергии и массы осаждающихся наночастиц по длине плазменного реактора.

3. Установлено наличие на поверхности реактора суперпозиции зон максимальных плотностей потока энергии и массы осаждающихся наночастиц.

4. Впервые изучено изменение во времени локальных физико-химических свойств слоя наночастиц, формирующегося на поверхности плазменного реактора с ограниченным струйным течением в процессах получения нанопорошков.

Практическая значимость работы подтверждается следующими положениями:

1. Полученные в работе научные результаты по распределению плотности потоков энергии и массы осаждающихся наночастиц -использованы при создании конструкции унифицированного плазменного реактора в НИР «Разработка основ плазмохимических технологий получения наноразмерных порошков бескислородных соединений титана -нитрида, карбида и карбонитрида для производства новых конструкционных и функциональных материалов», выполненной по соглашению с Минобрнауки РФ от 28 ноября 2014 г. № 14.607.21.0103 в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы».

2. Результаты экспериментальных исследований распределения плотности потока энергии на стенку плазменного реактора использованы при разработке модели формирования наноразмерных порошков в струйном плазмохимическом реакторе, выполненной по гранту РФФИ 11-08-00516.

3. Установленная в работе суперпозиция зон максимальных плотностей потока энергии и массы осаждающихся наночастиц на поверхности реактора является основой для разработки технических решений, исключающих деградацию нанопорошков, получаемых в плазменных процессах в том числе

при разработке, создании и вводе в эксплуатацию опытно-промышленной плазменной установки для производства нанопорошков оксида титана на предприятии ОАО «ЯрегаРуда».

Достоверность полученных результатов обусловлена применением современных приборов и методов, сопоставлением полученных результатов с данными других исследований и современными представлениями о процессах тепло- и массопереноса. Достоверность сделанных выводов подтверждается большим объемом проведенных исследований и воспроизводимостью результатов.

Диссертация представляет законченную научно-квалификационную работу. Поставленные перед диссертантом цель и задачи в полной мере решены в рамках данной работы, научная новизна и практическая значимость работы достоверны и в настоящее время используются для производства нанопорошков оксида титана на предприятии ОАО «ЯрегаРуда». Работа Асташова А. Г. имеет четкую последовательность и является законченным диссертационным исследованием.

Личный вклад автора заключался в постановке задач исследования и выборе научных подходов к их решению, обработке результатов экспериментов, формулировке выводов, подготовке публикаций. Автором лично проводилась подготовка установки и все экспериментальные запуски.

К защите представлена диссертационная работа, изложенная на 104 страницах, состоящая из 4 глав, выводов, списка литературы, включающего 119 наименований, приложения. В приложении представлен акт о практическом применении полученных результатов диссертационных исследований Асташова А. Г. на ОАО «ЯрегаРуда».

Автореферат отражает содержание диссертации, приведенные публикации соответствуют содержанию диссертации.

По работе имеются следующие замечания:

1. В работе отсутствуют данные с свойствах струи плазмы на выходе из плазмотрона (температура, скорость истечения) и скорости потока вводимого материала. При этом не ясно, какова азимутальная однородность после смешения.

2. Наличие трех зон-участков (начальный, область присоединения струи, область после присоединения) предопределяет наличие различных физических механизмов осаждения наночастиц, что, вероятно, ведет к образованию нанопорошков с разными свойствами. В диссертации не предлагается способов, как уйти от этой ситуации.

3. Нет ответа на вопрос о влиянии характеристик движения частиц (скорость, концентрация и др.) в пристенной области на процесс получения порошков.

4. Утверждение, что перенос частиц на стенку в начальных секциях реактора обуславливает отличие распределения теплового потока (рис. 3.7) требует количественных оценок.

5. Неупорядоченная форма полученных наночастиц вызывает вопросы о возможной области их использования.

6. Все исследованные явления относятся к области реактора с достаточно низкой температурой, где все плазменные процессы уже завершены. Вызывает вопрос отнесение работы к специальности «Физика плазмы».

Диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу на актуальную тему. Новые результаты, полученные диссертантом, имеют существенное значение для науки и практики. Выводы и рекомендации достаточно обоснованы.

Диссертация соответствует требованиям ВАК по п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а её автор, Асташов Алексей Григорьевич, за проведение исследований распределений плотностей

тепловых и массовых потоков в плазменном реакторе с ограниченным струйным течением в процессах получения нанопорошков заслуживает присуждение искомой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.08 – Физика плазмы.

Диссертация, автореферат и данный отзыв были заслушаны и одобрены на заседании семинара отдела №2.2.4 (протокол № 17/16 от 10 ноября 2016 г.). На заседании присутствовали 4 доктора и 6 кандидатов наук.

Председатель семинара

д.ф.-м.н., чл.-корр. РАН

А.Ю. Вараксин

Секретарь семинара

В.В. Цыплакова