

## ОТЗЫВ

официального оппонента о кандидатской диссертации 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».

### Актуальность избранной темы.

Диссертационная работа Астахова А. Г. посвящена исследованию распределения плотностей тепловых и массовых потоков на стенку плазменного реактора с ограниченным струйным течением в процессах получения нанопорошков на примере процессов синтеза нанопорошков меди, оксида алюминия и многокомпонентной композиции системы вольфрам-углерод. Формирование слоя наночастиц в рассматриваемом плазмохимическом реакторе 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.

Для получения конечного продукта плазменного синтеза в виде нанопорошка, наночастицы в котором сохраняют свойства, определенные стационарными во времени условиями их формирования в газовом потоке, необходимо исключить или свести к минимуму возможность протекания физико-химических превращений в слое осажденных частиц при изменяющейся во времени температуре.

Возможная эволюция наночастиц, сформированных в плазменном процессе, за пределами реакционной зоны имеет большое значение для управления свойствами получаемых продуктов и осуществления направленного

плазменного синтеза нанопорошков с заданными характеристиками. Её изучение является актуальной и значимой для современной науки задачей.

### Достоверность и новизна полученных результатов

Достоверность полученных результатов обусловлена применением современных при-боров и методов, сопоставлением полученных результатов с данными других исследований и современными представлениями о процессах тепло- и массопереноса. Основное содержание работы отражено в пяти публикациях в рекомендованных в ВАК изданиях, обсуждено как на Российских, так и на международных конференциях.

К научной новизне работы следует отнести:

1. Исследованный впервые 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. Определение экстремального характер распределения плотности потоков энергии и массы, осаждающихся наночастиц по длине плазменного реактора и установление наличия на поверхности реактора суперпозиции зон максимальных плотностей потока энергии и массы осаждающихся наночастиц.

3. Изучение изменения во времени локальных физико-химических свойств слоя наночастиц, формирующегося на поверхности плазменного реактора с ограниченным струйным течением в процессах получения нанопорошков.

### Практическая значимость работы

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».

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 1-08-00516.

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, получа-емых в плазменных процессах, в том числе при разработке ,создании и вводе в экс-плуатацию опытно-промышленной плазменной установки для производства нанопо-рошков диоксида титана на предприятии ОАО «ЯрегаРуда».

#### Замечания по диссертационной работе в целом

1. Не проведён анализ полученных порошков композиции системы W-C на содержание свободного углерода.
2. В автореферат следовало так же включить информацию о фазовом составе порошков W-C, присутствующую в диссертации.

#### Общая характеристика диссертационной работы

В целом, несмотря на отмеченные недостатки и замечания, представленная диссертация выполнена на высоком научно-техническом уровне и представляет собой законченную научно-квалификационную работу, выполненную на актуальную тему.

Результаты диссертационной работы, выносимые на защиту, прошли достаточную апробацию на 11 научных конференциях, в том числе с международным участием, и опубликованы в 6 научных трудах соискателя.

Соответствие работы требованиям, предъявляемым к диссертациям.

Работа А.Г. Асташова соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям. Проведён обзор актуальной зарубежной и отечественной литературы по теме диссертации, правильно установлены задачи и методы проведения исследований. Экспериментальные данные в виде таблиц и рисунков представлены чётко и информативно. Полученные результаты соответствуют поставленным целям. Работа написана грамотным языком в научном стиле.

Работа и автореферат диссертации содержат требуемые разделы и полностью соответствуют друг другу.

Учитывая актуальность выполненных исследований, научную новизну и практическую значимость полученных результатов считаю, что представленная диссертационная работа удовлетворяет всем требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», а ее автор — Асташов Алексей Григорьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.08 — Физика плазмы.

Официальный оппонент,  
Ст. науч. сотр.,  
Канд. техн. наук,



В. И. Берестенко

Подпись официального оппонента  
Берестенко В. И. заверяю

*Удостоверен секретарь ИХФ РАН*

*В. И. Берестенко*

Берестенко Виктор Иванович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник Лаборатории плазмохимического синтеза ультрадисперсных материалов, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем химической физики Российской академии наук. 142432, Московская обл., г. Черноголовка, пр-кт акад. Семенова, 1; Тел.: +7 (49652) 244-76; e-mail: vib@icp.ac.ru