

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертационную работу Заклецкого Захара Александровича
«Влияние плазмы на взаимодействие микроволнового излучения с
порошковыми засыпками металлических и диэлектрических микрочастиц»,
представленную на соискание учёной степени
кандидата физико-математических наук
по специальности 1.3.9 - физика плазмы

Диссертационная работа Заклецкого З.А. посвящена изучению плазмы микроволнового разряда, который возбуждается при взаимодействии микроволнового излучения гиротрона с порошковым слоем микрочастиц металлов и диэлектриков при атмосферном давлении в воздушной среде. Микроволновое излучение гиротрона обладает высокой плотностью мощности более 10 кВт/см^2 на частоте 75 ГГц. Исследование параметров плазмы в электромагнитном поле микроволнового излучения гиротрона и, в особенности при наличии в плазменном объёме твёрдых тел в виде микрочастиц, представляет новую задачу, которой и посвящена настоящая диссертационная работа. Также высокую **актуальность** имеет исследование влияния плазмы микроволнового разряда на морфологические характеристики микрочастиц металлов и диэлектриков.

Среди результатов, обладающих научной новизной, следует **положительно отметить** следующие: получены экспериментальные результаты о структуре и скорости распространения плазмы микроволнового подпорогового разряда в микроволновом поле пучка гиротрона при плотности мощности 10 кВт/см^2 вдоль поверхности диэлектрической подложки с внедрёнными микрочастицами серебра; с помощью методов оптической эмиссионной спектроскопии двухатомных молекул была проведена оценка колебательных и вращательных температур молекулы CN в плазме микроволнового разряда; приведены результаты нагрева микрочастиц алюминия и оксида алюминия в плазме микроволнового разряда и показано, что в воздушной среде при нормальных условиях возможно осуществить поджиг металлических частиц с линейным размером от 10 до 100 мкм; аналитически оценено влияние микроволнового нагрева на микроволновый пробой в порошках микрочастиц металла и диэлектрика.

Диссертация состоит из 4 глав, введения, заключения и списка литературы. Общий объем работы составляет 87 страниц, из них 82 страницы текста и 5 страниц списка литературы, состоящего из 65 ссылок.

Во введении изложены актуальность темы исследования, цели и задачи диссертационной работы, новизна, теоретическая и практическая значимость полученных результатов, положения, выносимые на защиту, степень достоверности и апробация результатов, описание личного вклада автора.

Первая глава является обзорной и включает в себя общую информацию о плазме микроволновых подпороговых разрядов, проводится подробный обзор работы по приложению подпороговых разрядов в свободном пространстве. В отдельную часть обзора вынесено подробное описание научных работ по тематике микроволнового пробоя плотных

порошковых засыпок и металлодиэлектрических мишеней с учётом морфологических и химических превращений частиц порошков.

Во второй главе диссертации осуществляется экспериментальное исследование скорости распространения и структуры плазмы микроволнового разряда при его возбуждении на поверхности металлодиэлектрической мишени с микрочастицами серебра. С помощью методов оптической эмиссионной спектроскопии и высокоскоростной визуализации в оптическом диапазоне определены параметры плазмы микроволнового разряда. Проведено сравнение полученных параметров (плотность электронов и газовой температуры) с параметрами микроволновых подпороговых разрядов, поддерживаемых в свободном пространстве.

В третьей главе представлено экспериментальное исследование влияния плазмы микроволнового разряда на порошковую засыпку микрочастиц оксида алюминия и алюминия в воздушной среде при нормальных условиях. С помощью оптической эмиссионной спектроскопии, высокоскоростной визуализации, оптической и электронной микроскопии получены результаты о режимах нагрева микрочастиц в плазме, а также о физико-химических процессах, к которым приводит данный вид воздействия. Было продемонстрировано образование в плазме металлодиэлектрических частиц и продуктов горения микрочастиц алюминия.

В четвёртой главе представлены результаты численного, экспериментального и аналитического исследования рассеяния и поглощения микроволнового излучения на порошковых засыпках и отдельных микрочастицах оксида алюминия и алюминия. С помощью уравнения теплового баланса была подобрана модель нагрева микрочастиц на основе решения Ми для частиц в оболочке, согласующаяся с экспериментальными результатами, полученными с помощью скоростной инфракрасной пространственной пирометрии. Полученное решение, а также результаты численного моделирования прохождения микроволнового пучка гиротрона через порошковый слой микрочастиц были использованы для оценки их вклада в усиление напряжённости электрического поля микроволнового излучения при микроволновом пробое порошков микрочастиц.

По диссертации возникли следующие **вопросы и замечания:**

1) В диссертации присутствует большое количество грамматических ошибок и несогласованных предложений. А также много очень длинных предложений, которые сильно усложняют прочтение диссертации.

2) Касательно всех глав, отсутствует структура изложения текста (даже в оглавлении отсутствует детализация структуры каждой главы). Хотя с другой стороны, результаты по каждой главе детализированы. Все это сильно усложняет восприятие результатов диссертационной работы.

3) Во второй главе при описании установки, существует противоречие с описанием в тексте и масштабом, приведенным на рис.15. Необходимо дать корректное детальное объяснение.

4) В главе 2 на рисунке 20 следовало бы также продемонстрировать характерную зависимость отражённой от плазмы микроволнового разряда мощности.

5) В главе 3 все результаты исследований приведены только для одного режима генерации излучения гиротроном, в тексте диссертации не приводится информация, почему был выбран именно этот режим.

По результатам работы Заклецкого З.А. 4 статьи опубликованы в ведущих зарубежных и российских рецензируемых журналах. Материалы были апробированы на 7 международных и российских научных конференциях. Автореферат и опубликованные работы полностью отражают содержание диссертации. Личный вклад Заклецкого З.А. явно обозначен в работе и не вызывает сомнений.

Результаты работы могут быть использованы в ряде организаций: МФТИ, СПбГУ, ОИВТ РАН, Троицком институте инновационных и термоядерных исследований, Институте прикладной физики РАН им. А.В. Гапонова-Грехова, институте Общей физики им. А.М. Прохорова и др.

В заключение отзыва скажу, что сделанные замечания не портят позитивной картины полученных результатов. Рецензируемая диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует всем критериям, установленным п.9 Положения о порядке присуждения ученых степеней №842 от 24.09.2013 г., а ее автор Заклецкий Захар Александрович заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.9 - физика плазмы.