

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук Батукаева Тимура Саидэмиевича на тему «Физико-химические характеристики микроволнового разряда в жидких диэлектриках» по специальности 1.3.9. Физика плазмы

Актуальность темы

Диссертационная работа Батукаева Т.С. посвящена экспериментальному исследованию динамики микроволнового разряда в жидкости с применением ряда оптических и акустических методов и построению физической картины процессов в таком разряде. Также автором исследуются газофазные продукты разряда, получающиеся при использовании различных жидкостей и барботируемых газов.

С одной стороны, микроволновая плазма привлекает большое внимание со стороны исследователей, поскольку является неравновесной и неоднородной, что дает широкие возможности управления ее параметрами. С другой стороны, степень изученности микроволновых разрядов в жидкости на сегодняшний момент недостаточна для понимания возможностей и конкретизации их применения для решения прикладных задач. В связи с этим, тематика диссертационной работы имеет обоснованную актуальность.

Оценка содержания диссертационной работы

Диссертационная работа включает введение, четыре главы, заключение и список литературы. Диссертация изложена на 124 страницах, содержит 3 таблицы, 68 рисунков и библиографию из 114 наименований.

Во введении обсуждается актуальность работы, сформулированы цель и задачи исследования, научная новизна, положения, выносимые на защиту, практическая значимость полученных результатов, дана оценка их достоверности, подтверждена апробация.

Первая глава посвящена литературному обзору, в рамках которого рассмотрены методы создания микроволновых разрядов в жидкой среде, конфигурации соответствующих разрядных устройств, а также показаны основные характеристики таких разрядов. Затем проанализированы работы, ориентированные на практические применения, и рассмотрены как газообразные, так и твердые продукты, которые могут получаться в микроволновых разрядах в жидкостях, а также процессы синтеза и разложения соединений в подобных системах. В итоге определены наиболее актуальные задачи, требующие решения в рамках настоящей диссертации.

Во второй главе содержится описание экспериментальной установки коаксиального типа для создания исследуемого вида разряда и методов

диагностики, включающих оптическую эмиссионную спектроскопию, высокоскоростную визуализацию, акустические измерения, Шлирен метод, метод теневой фотографии. Также описаны методы исследования получающихся в разряде газофазных продуктов.

Третья глава сфокусирована на результатах экспериментального исследования физики разряда при атмосферном давлении. Исследованы начальные стадии разряда в жидких углеводородах (Нефрас С2 80/120), а также в жидких углеводородах с барботажем аргона (Ar), гелия (He), углекислого газа (CO₂) и смеси Ar и CO₂. Показаны результаты, полученные с использованием перечисленных ранее методов диагностики, из которых становится понятным, что разряд имеет характер последовательных импульсов, связанных с динамикой пузырька с плазмой и заканчивающихся при отрыве пузырька от антенны, что в итоге сопровождается ударной волной. Подробно исследованы характеристики и динамика пузырьков. Также определены параметры микроволнового разряда в водном растворе этанола.

Четвертая глава посвящена вопросу применения микроволнового разряда в жидкости для извлечения пользы на практике. Рассмотрены его возможности в задачах получения водорода (в разрядах в углеводородах с барботажем аргона, гелия, углекислого газа, метана, а также в разрядах в водном растворе этанола), а также одновременно получения водорода и разложения CO₂ (в разрядах в углеводородах с барботажем Ar и CO₂). Представлены зависимости скоростей образования и концентраций продуктов от падающей мощности и расхода газа. Полученные результаты систематизированы, и проведено их сравнение с данными литературных источников и исследований других авторов.

В заключении сформулированы основные результаты и выводы диссертационной работы.

Практическая значимость

Автором показана возможность применения микроволнового разряда для получения водорода на примере различных типов жидкостей и барботируемых газов, определены температуры и динамика изменения температур частиц в микроволновом разряде в Нефрасе С2 80/120 с барботажем, при атмосферном давлении. Продемонстрирована перспективность использования микроволнового разряда в Нефрасе С2 80/120, при атмосферном давлении, для разложения углекислого газа с целью получения синтез газа. Полученные результаты имеют практическую ценность и могут быть использованы при конструировании технологических реакторов, использующих микроволновые разряды в жидкости.

Достоверность результатов не вызывает сомнений и обеспечивается применением в работе надежных общепризнанных измерительных методик. Также продемонстрирована воспроизводимость полученных результатов.

Автореферат в полной мере отражает содержание диссертации. По материалам диссертации опубликовано 22 печатные работы, включая 10 статей в рецензируемых научных журналах, индексируемых в RSCI.

Замечания к диссертационной работе:

1. Большое внимание в работе уделяется аспекту технологических применений микроволнового разряда в жидкости, однако никак не обсуждается вопрос масштабирования разрядного устройства, которое необходимо для индустриального внедрения. Неясно, как повлияет изменение объема жидкости и размера реактора на параметры разряда.
2. С точки зрения систематичности исследования, не вполне ясен выбор для экспериментов растворителя Нефрас С2 80/120, поскольку он обладает широким составом и содержит углеводороды всех классов. Представляется, что для изучения фундаментальных принципов разряда более последовательным было бы использование чистых растворителей.
3. В работе отсутствует наглядное сравнение влияния состава растворителя на процессы формирования пузыря, горения разряда, его электрические характеристики, что можно было бы представить в сводной таблице или на общем графике.
4. При описании методов никак не обсуждаются выбранные концентрации растворов, при этом на разных графиках приведены данные для разных концентраций (рис. 3.27, 3.29).
5. Неясно, для разряда в каких жидкостях проводились акустические измерения (рис. 3.12, 3.13). Такой информации нет ни в описании методик, ни в обсуждении результатов.

Перечисленные замечания не являются критичными и не снижают общую высокую оценку уровня работы и полученных результатов.

Считаю, что диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В. Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует специальности 1.3.9. Физика плазмы (по физико-математическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова, а также оформлена согласно требованиям Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Таким образом, соискатель Батукаев Тимур Саидэмиевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.9. Физика плазмы.

Официальный оппонент:

Доцент кафедры физики плазмы,

Кандидат физико-математических наук,

« 27 » февраля 2025 г. _____ Казиев Андрей Викторович

Специальность, по которой официальным оппонентом
защищена диссертация: 01.04.08 – Физика плазмы

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Национальный исследовательский ядерный
университет «МИФИ»

Адрес: 115409, г. Москва, Каширское шоссе, д. 31

Тел.:

Почта: