

Отзыв

члена диссертационного совета Бычкова Владимира Львовича на диссертацию Мандур Мохамед Махсуб Махсуб Махсуб « Investigation of photoplasma in mixtures of sodium vapor with inert gases based on 2D simulation » (“Исследование фотоплазмы в смесях паров натрия с инертными газами на основе 2D моделирования”), представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.08. - физика плазмы

Диссертация Мандур М.М.М.М. посвящена изучению фотоплазмы, создаваемой резонансным излучением паров натрия в смесях с благородными газами в одно- и двухкамерной ячейках. В расчетах использовался 2D осесимметричный плазменный модуль в среде COMSOL Multiphysics с использованием гидродинамической модели и диффузионно-дрейфового приближения для потоков частиц. Большинство предыдущих исследований было сосредоточено на фотоплазме, индуцированной лазерным излучением, в то время как исследования нелазерной фотоплазмы проводились лишь фрагментарно. В частности, в литературе отсутствовала детальная модель стационарной фотоплазмы в газовой смеси паров щелочных металлов и благородных газов при низком давлении и умеренных значениях плотности потока излучения. Поэтому самосогласованное, систематическое описание фотоплазмы, создаваемой излучением от солнца/газоразрядной лампы с учетом детального химического состава среды остается актуальной проблемой.

Диссертация Мандур М.М.М.М. состоит из введения, пяти глав, заключения, списка рисунков, таблиц, списка литературы и приложения. Полный объем диссертации составляет 152 страниц с 55 рисунками и 6 таблицами. Список использованной литературы - 173 наименования.

Во введении формулируется актуальность работы, приводятся постановка задачи, основные положения, выносимые на защиту, описаны научная новизна и практическая значимость работы.

В первой главе описана краткая история обнаружения и создания различных видов фотоплазмы и приведен обзор литературы в данной области. Приведено описание физических механизмов создания фотоплазмы и представлена сводка основных элементарных плазмохимических процессов с участием щелочных металлов и благородных газов.

Во второй главе представлена физическая модель, используемая для расчета параметров исследуемой фотоплазмы и дано обоснование для ее использования. Для моделирования использовалась 2D геометрия фотоплазменного устройства с использованием современной среды COMSOL Multiphysics. Параметры фотоплазмы находились с помощью гидродинамической модели для расчета плотности частиц различных видов, включающих электроны e , ионы Na^+ , Na_2^+ , резонансные $\text{Na}(3p)$ и высоковозбужденные $\text{Na}(5s/4d)$ уровни атома натрия. Потоки частиц описываются в диффузионно-дрейфовом приближении. Для определения температуры электронов используется уравнение баланса их энергии. Самосогласованное электрическое поле находится из уравнения Пуассона. Набор плазмохимических процессов включает реакции поглощения резонансного излучения с учетом его реабсорбции, процессы возбуждения и девозбуждения резонансных и высоковозбужденных уровней атома натрия электронным и атомным ударом, реакции конверсии и тройной и диссоциативной рекомбинации с участием атомных и молекулярных ионов, пеннинговскую и ассоциативную ионизацию с участием возбужденных атомов.

В третьей главе выполнено исследование и анализ однокамерных и двухкамерных ячеек для получения фотоплазмы в газовой смеси паров щелочных металлов и благородных газов для различных геометрических конструкций. Получены данные о пространственном распределении основных параметрах плазмы и электрического потенциала. В результате проведенного анализа показана возможность использования двухкамерных ячеек для

получения электродвижущей силы (ЭДС) в фотоплазме, создаваемой нелазерным стационарным источником излучения от солнца или газоразрядного источника. Исследования по оптимизации двухкамерной ячейки показали, что независимо от геометрии второй камеры, двухкамерная конфигурация больше подходит для создания ЭДС в фотоплазменных ячейках, чем однокамерная конструкция.

В четвертой главе исследуется стационарная фотоплазма низкого давления в смеси Na и различных благородных газов, создаваемой концентрированным резонансным излучением (солнечным или газоразрядной лампой). Были проведены 2D моделирования для двухкамерных ячеек при различных давлениях и значениях скорости резонансного фотовозбуждения, результаты которых могут быть реализованы на практике. Показана принципиальная возможность создания электродвижущей силы (ЭДС) в таком устройстве, что представляет несомненный интерес для проектирования и создания фотоэлектрического преобразователя энергии концентрированного излучения от солнца или газоразрядной лампы в электричество.

В пятой главе выполнено исследование такого необычного явления, как формирование электронных вихрей в стационарной двумерной фотоплазме. Показано, что наряду с потоками классической амбиполярной диффузии образуются также вихревые токи электронов. Показано, что изменение температуры и концентрации электронов, вызванное этими вихрями, может повлиять на разность потенциалов между двумя камерами.

В заключении кратко сформулированы основные результаты и выводы, полученные в диссертации.

Полученные результаты достаточно подробно проиллюстрированы в виде многочисленных рисунков и таблиц, с подробными пояснениями к ним. Диссертация является законченным оригинальным научным исследованием, прошедшим апробацию на российских и международных конференциях. Полученные результаты могут найти применение в дальнейших исследованиях нелазерной фотоплазмы и ее приложений, в том числе для создания фотоэлектрического преобразователя энергии излучения в электричество.

По тексту работы можно сделать следующие замечания:

1. В статье рассматриваются нелазерные источники с непрерывным спектром излучения (солнечные или газовые лампы). Несмотря на это, авторы ограничились анализом только резонансных радиационных переходов. Поэтому желательно оценить влияние других радиационных переходов на полученные результаты.
2. В используемой схеме термов используется объединение высоковозбужденных уровней натрия (5s, 4d) в один эффективный уровень. В чем причина такого приближения и насколько это обосновано?
3. Есть ли другие параметры, кроме температуры электронов, которые могут повлиять на оптимальные значения ЭДС?
4. Как выбранная приближенная модель для поглощения резонансного излучения может повлиять на результаты проведенного исследования и оптимизацию параметров источника?
5. В расчетах геометрия второй камеры выбирается цилиндрической или конической, в то время как сферическая или другая возможная геометрия не рассматривается. В чем причина этого?
6. Как можно понять из текста диссертации, электронные вихри могут при определенных условиях приводить к снижению фото-ЭДС. Видят ли авторы некоторую возможность ослабления этих вихрей, например, с помощью внешних магнитных полей?

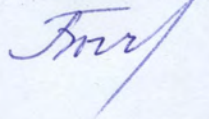
Данные замечания не снижают положительной оценки работы.

Диссертация Мандур Мохамед Махсуб Махсуб Махсуб на тему: «Investigation of photoplasma in mixtures of sodium vapor with inert gases based on 2D simulation» соответствует

основным требованиям, установленным Приказом от 01.09.2016 № 6821/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», а соискатель Мандур Мохамед Махсуб Махсуб Махсуб заслуживает присуждение ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.08. - физика плазмы.

Член диссертационного совета
ведущий научный сотрудник кафедры
физической электроники физического факультета
Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова

доктор физ.-мат. наук



В.Л. Бычков

24 мая 2021г.

Подпись Бычкова В.Л. заверяю.

Ведущий специалис
по кадрам

Корошевская Р.Ш.

