

Отзыв

члена диссертационного совета Рожанского Владимира Александровича 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 исследованию фотоплазмы, создаваемой в смесях паров натрия и благородных газов в двухкамерной ячейке с использованием 2D-моделирования с помощью плазменного модуля COMSOL Multiphysics. Данная тематика в настоящее время является довольно актуальной в физике плазмы, поскольку фотоплазма применяется во многих областях науки и техники, таких как лазерное разделение изотопов, очистка металлических сплавов, лазерный источник ионов, ионная имплантация и исследования ультрахолодной нейтральной плазмы.

Диссертация Мандур М.М.М.М. состоит из введения, пяти глав, заключения, списка рисунков, таблиц, списка литературы и приложения.

Во введении формулируется актуальность работы, приводятся постановка задачи, основные положения, выносимые на защиту, описана научная новизна и практическая значимость работы, обоснована достоверность полученных результатов, представлена апробация диссертации на российских и международных конференциях и дан список публикаций автора по теме диссертации.

В первой главе описана краткая история физических явлений и эффектов, наблюдаемых в различных видах фотоплазмы, приведен обзор литературы в данной области. Приведено детальное описание физических механизмов создания фотоплазмы и представлена сводка основных необходимых характеристик щелочных металлов и благородных газов.

Во второй главе представлена численная модель, используемая для расчета параметров исследуемой фотоплазмы, дано обоснование ее основных положений. Для моделирования использовался 2D осесимметричный вычислительный модуль в среде COMSOL, основанный на гидродинамическом описании плазмы. Уравнение неразрывности используется для расчета плотности частиц различных видов (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 с участием основных, резонансных и высоковозбужденных уровней, атомные и молекулярные ионы атома щелочного металла.

Третья глава посвящена исследованию и сравнительному анализу различных геометрических конфигураций однокамерных и двухкамерных ячеек для получения фотоплазмы в газовой смеси паров щелочных металлов и благородных газов. Получены данные об основных параметрах плазмы, таких как плотность и температура электронов, а также электрического потенциала. В результате проведенного анализа показана эффективность конфигурации двухкамерных ячеек для получения ЭДС в фотоплазме, создаваемой нелазерным стационарным источником излучения. Были проведены исследования по оптимизации двухкамерной ячейки и показано, что двухкамерная конфигурация больше подходит для создания ЭДС в фотоплазменных ячейках, чем однокамерная, независимо от геометрии второй камеры.

Четвертая глава посвящена исследованиям стационарной фотоплазмы низкого давления в смеси Na и различных благородных газов, создаваемой нелазерным (концентрированным солнечным или газоразрядной лампой) резонансным излучением. С этой целью было проведено 2D моделирование для цилиндрической двухкамерной ячейки при различных давлениях и значениях скорости резонансного фотовозбуждения, которые могут быть

реализованы на практике с концентрированным солнечным излучением. Это исследование было выполнено с целью изучения возможности генерации электродвижущей силы (ЭДС) в таком устройстве. Полученные результаты могут быть использованы при проектировании и создании фотоэлектрического преобразователя на основе двухкамерного устройства со смесью натрия и буферного инертного газа, возбуждаемого концентрированным солнечным или излучением газоразрядной лампы.

В пятой главе выполнено исследование нового явления - наличия электронных вихрей в стационарной двумерной фотоплазме. Показано, что в двухкамерной фотоплазме наряду с потоками классической амбиполярной диффузии образуются также вихревые токи электронов. В отличие от предыдущих исследований фотоплазмы, в этой главе также подробно исследованы процессы переноса зарядов с учетом вихревого электронного тока. Показано, что изменение температуры и электронной плотности, вызванное этими вихрями, может повлиять на разность потенциалов между двумя камерами.

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

Диссертационная работа содержит ряд новых интересных результатов, связанных с двумерностью исследуемой двухкамерной фотоплазмы и имеющих важное значение для понимания физики фотоплазменных источников и приложений на их основе. Стоит также отметить, что в работе приводятся подробные выкладки выражений, используемых при расчетах, а результаты проиллюстрированы в виде многочисленных рисунков, с подробными пояснениями к ним. Диссертация является законченным оригинальным научным исследованием, а её результаты несомненно найдут применение в дальнейших исследованиях.

По диссертации можно сделать следующие замечания:

1. Нет сравнения полученных результатов с экспериментом.
2. В 2D-моделировании перенос излучения учитывался приближенным методом через факторы Бибермана-Холстейна для модельных пространственных профилей скорости резонансного возбуждения. Насколько точна эта упрощенная модель? Как использование этой упрощенной модели повлияет на результаты?
3. В литературе часто проводят лишь 1D моделирование. Проводилось ли сравнение результатов 2D моделирования с результатами одномерного моделирования (по крайней мере, для однокамерной конфигурации) и какие основные различия между ними?

Данные замечания не касаются основных защищаемых положений и не снижают положительной оценки диссертации. В целом можно сказать, что диссертация Мандур Мохамед Махсуб Махсуб Махсуб представляет собой законченную научно-исследовательскую работу, посвященную актуальным проблемам исследования параметров нелазерной фотоплазмы и ее приложений для создания фотопреобразователя солнечного излучения в электричество.

Диссертация Мандур М.М.М.М. 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 О 1.04.08. -физика плазмы.

Член диссертационного совета
доктор физико-математических наук, профессор СПбПУ

В.А. Рожанский

22 мая 2021

