

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию Тимшиной Марии Викторовны

«ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЛАЗМЫ МНОГОЗАРЯДНЫХ ИОНОВ», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.9 – механика жидкости, газа и плазмы

Диссертация посвящена исследованию плазмы многозарядных ионов, которая применяется например, для создания источников излучений генерирующих в ЭУФ и МР спектральном диапазоне. Для этого необходимо получить вещество с высокой плотностью мощности например, с помощью воздействия мощного лазера на вещество, Z-разряда и т.п. Наиболее мощными лабораторными источниками являются импульсные лазеры и имеющие преимущества по эффективности, сильноточные Z-разряды. Эти способы получения плазмы многозарядных ионов рассматриваются в данной работе. В качестве примера применения плазмы многозарядных ионов рассмотрена возможность формирования активных сред когерентных источников, генерирующих в спектральном диапазоне менее 50 нм, поскольку по мере совершенствования характеристик таких источников, область их применения станет достаточно широкой. Важной частью работ в этом направлении являются расчётно-теоретические исследования, позволяющие заранее получать информацию для предсказания и интерпретации результатов экспериментов на существующих и разрабатываемых установках. При этом особый интерес представляют результаты расчетов в рамках подхода, основанного на численных моделях и кодах, способных учитывать основные процессы, создающие неравновесный характер многозарядной плазмы и поэтому такие исследования вполне актуальны.

Диссертация включает в себя введение, пять глав, заключение и список литературы. Общий объём диссертации 147 страниц, включая 82 рисунка, 5 таблиц. Библиография включает 154 наименования.

Во введении представлен обзор современного состояния исследуемой темы, обоснована ее актуальность, сформулированы основные моменты и положения а также отмечена новизна и достоверность результатов.

Первая глава диссертации – это аналитический обзор результатов работ, главным образом направленных на создание лазеров ЭУФ спектрального диапазона.

Вторая глава диссертации посвящена расчетам физических и оптических свойств однородной, изотропной и стационарной плазмы многозарядных ионов. Определены границы области параметров физического состояния высокоионизованной плазмы, в которой ее ионный состав является неравновесным.

В главе 3 рассмотрен скользящий разряд в диэлектрической трубке, который может предшествовать сильноточному капиллярному разряду, являющегося частным случаем Z-разряда. С помощью моделирования, основанного на решении уравнений Нернста-Планка, проиллюстрированы основные особенности такого явления как скользящий разряд и получены параметры пред-плазмы, которые могут быть использованы для моделирования сильноточного этапа.

В главе 4 рассмотрен сильноточный малоиндуктивный Z-разряд с высоким аспектным отношением в одномерном двух-температурном радиационно-магнитогидродинамическом приближении. Проведен самосогласованный анализ физических процессов, протекающих в системе питания разряда при формировании импульса разрядного тока, и физических процессов, развивающихся в плазме с неравновесным ионным составом. Для описания эволюции зарядового состава использована столкновительно-излучательная модель, в которой параметры процессов определялись по известным полуэмпирическим формулам. Для реализации описанной модели разработан комплекс компьютерных кодов и проведены численные исследования разряда применительно к разработанной установке. Найдены пространственно-временные распределения основных характеристик плазмы, дающие представления о динамике плазмы разряда рассматриваемого типа. В качестве системы питания разряда была рассмотрена формирующая линия, использование которой дает возможность реализации многоступенчатой накачки и снизить требования по амплитуде тока. Показано, что в плазме сильноточного малоиндуктивного Z-разряда в Хе на переходах Ni-подобных ионов может быть получен коэффициент усиления $\sim 1 \text{ cm}^{-1}$.

В пятой главе диссертации приведены некоторые результаты одномерного моделирования ряда активных сред ЭУФ - лазеров на переходах многозарядных ионов в лазерной плазме.

Положения, сформулированные в диссертации, представляются обоснованными. Достоверность обеспечивается как собственным анализом, так и сопоставлением с результатами других авторов. Результаты диссертации представлены в журналах, обеспечивающих высокий уровень экспертизы и на конференциях высокого уровня.

Диссертация, конечно, не свободна от недостатков, в частности:

1. Отсутствует тестирование разработанных кодов по известным кодам, например FLYCHK, MEDUSA.
2. Недостаточно представлено сравнение расчетных данных с экспериментами.
3. Создания радиально-неоднородной плазмы при облучении цилиндрических мишеней интенсивным лазерным излучением, однородно распределенным по поверхности мишени, технически маловероятно, поэтому требуется дополнительная верификация используемой модели.
4. Используемое в модели лазерной плазмы граничное условие на оси возможно только для прозрачной плазмы.
5. Диссертация оформлено довольно небрежно, например на стр.41 «ионная концентрация» обозначена N_i , а на стр. 45, как n_i и т.д.

Перечисленные выше замечания не снижают общего положительного впечатления работы. Автореферат полностью отражает содержание диссертации. Основные результаты диссертации изложены в 12 публикациях, входящих в базы данных Web of Science или РНИЦ. Личный вклад в совместных публикациях четко обозначен.

Считаю, что работа М. В. Тимшиной «Численное моделирование плазмы многозарядных ионов» отвечает всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук Положением о присуждении ученых степеней в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Физико-техническом институте им. А. Ф. Иоффе Российской академии наук, а её автор Тимшина Мария Викторовна заслуживает присуждения ей искомой степени по специальности 1.1.9 – механика жидкости, газа и плазмы.

Отзыв составил:

доктор физико-математических наук, профессор

Андреев А.А.

Санкт Петербургский Государственный Университет

Подпись А.А. Андреева заверяю