ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРА ФОКАЛЬНОГО ПЯТНА НА ДИНАМИКУ ТОКО-ПЛАЗМЕННОЙ ОБОЛОЧКИ быстрого ВАКУУМНОГО РАЗРЯДА С ЛАЗЕРНЫМ ПОДЖИГОМ

Романов И.В., Цыгвинцев И.П.1, Паперный В.Л.2, Кологривов А.А., Коробкин Ю.В., Рупасов А.А.

Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Москва, Россия,
 laser.plasma@gmail.com
1Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, Москва, Россия,
 iliatsygvintsev@gmail.com
2Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия,
 paperny@math.isu.runnet.ru

Источники интенсивного рентгеновского и ЕUV-излучения многозарядных ионов на основе быстрого вакуумного разряда с лазерным поджигом такого разряда имеют широкую область практического использования. Высокая стабильность характеристик разряда, обеспечиваемая строго фиксированной порцией рабочего вещества, аблированного лазерным излучением, умеренность его энергетических характеристик позволяют создание на его основе источников с высокой частотой следования импульсов (до нескольких кГц) и делают их коммерчески более выгодными по сравнению с источниками на основе лазерной плазмы и сильноточных Z и X- пинчевых разрядов.

Ранее было показано, что наряду с электрическими характеристиками параметры лазерного излучения оказывают существенное влияние на эмиссионные свойства плазмы такого разряда. В данной работе представлены результаты экспериментальных и теоретических исследований динамики и излучения плазмы вакуумного разряда с энергией на накопителе до 28 Дж при напряжении 16 кВ, токе до 28 кА и его скорости нарастания до 5∙1011 А/с, инициируемого лазерным импульсом неодимового лазера наносекундной длительности с энергией ≤ 500 мДж при плотности мощности излучения на катоде от 109 до 1012 Вт/см2.

Динамика токо-плазменной оболочки исследовалась с помощью рентгеновской фрейм-камеры, рентгеноспектральные характеристики излучения плазмы разряда в диапазоне 25-300 Å – с помощью спектрографа скользящего падения GIS-S. Проведено численное моделирование спектрального распределения излучения плазмы разряда и 3-D моделирование разлета лазерной плазмы, образуемой лазерным импульсом в режимах «острой» фокусировки с диаметром фокального пятна ~ 100 мкм и расфокусировки с диаметром пятна ~ 1мм.

В частности, в результате исследований показано, что в начальной стадии развития разряда ток протекает по плазменной оболочке, сформированной лазерным излучением в процессе поджига. Расфокусировка лазерного излучения, модифицирующая разлет лазерной плазмы из квазисферического в струйный, приводит к формированию области повышенной плотности на оси разряда. В свою очередь, это стабилизирует токопрохождение в разряде, улучшает характеристики плазмы микропинча, а также снижает разрушительное действие процесса кратерообразования на поверхность катода. Сравнительный анализ зарегистрированных спектров в случае рабочего вещества Fe со спектрами, полученными в результате численного моделирования, дает основания полагать, что температура плазмы перетяжки достигает 170 эВ при плотности (2-4)∙1021 см-3. Расфокусировка лазерного излучения также приводит к увеличению энергии квантов (≥ 700 эВ) и интенсивности излучения перетяжки, верхние границы которых уточняются.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, гранты: №15-02-03757а, 16-02-01140 а, 17-02-00572а.