Рентгеноспектральные характеристики плазмы лазерно - Индуцируемого вакуумного разряда малой мощности

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

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

Источники интенсивного рентгеновского излучения, многозарядных ионов на основе вакуумных искровых разрядов имеют широкую область практического использования. При этом их нестабильность в работе к настоящему времени очевидна. Как показано в [1, 2], одним из путей улучшения их стабильности является применение лазерного поджига, позволяющего доставить в разрядный промежуток с высокой степенью точности порцию рабочего вещества для обеспечения того, или иного режима пинчевания плазмы. Также установлено, что характеристики лазерного излучения кардинально влияют на динамику плазмы такого разряда

В данной работе представлены результаты экспериментальных исследований излучения в диапазоне EUV плазмы вакуумного искрового разряда с энергией на накопителе до 28 Дж при напряжении 16 кВ, токе до 28 кА и его скорости нарастания до 5 × 1011А/с, инициируемого лазерным импульсом неодимового лазера наносекундной длительности с энергией ≤500 мДж при плотности мощности излучения на катоде от 109 до 1012 Вт/см2. Представлены результаты численного моделирования спектрального распределения излучения плазмы.

С помощью спектрографа скользящего падения на основе сферической вогнутой решетки 600 штрихов/мм с периодом d=1,67 мкм, с радиусом кривизны 1 м, углом скольжения 4° получены спектры излучения плазмы разных материалов катода (Al, Fe, Cu) в спектральном диапазоне 25 – 300 Å. Показано, что характер излучения плазмы, определяется совокупностью электрических характеристик разряда и лазерного импульса. В частности установлено, что увеличение тока разряда приводит к существенному увеличению выхода излучения, не увеличивая при этом температуру плазмы. Понижение плотности мощности лазерного импульса, путем его расфокусировки, может приводить к повышению температуры плазмы, снижая при этом разрушительное действие процесса кратерообразования на поверхность катода, что в свою очередь, делает привлекательным данный режим разряда в области его практического использования. Сравнительный анализ зарегистрированных спектров в случае рабочего вещества Fe со спектрами, полученными в результате численного моделирования, дает основания полагать, что температура спинчеванной области плазмы разряда достигает 190 эВ при плотности (2 – 4) × 1020 см–3. При этом столкновительно-излучательная модель наилучшим образом описывает излучения плазмы такого разряда.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, грант № 16-11-10174 и Российского фонда фундаментальных исследований, гранты: №15-02-03757а, 16-02-01140 а.

Литература

1. И.В. Романов, В.Л. Паперный, Ю.В. Коробкин и др. Письма в ЖТФ. 2013, 39, 8, 62.
2. I.V. Romanov, V.L. Paperny, Yu.V. Korobkin et al. Physics of Plasmas. 2016, 23, 023112.