

ОСОБЕННОСТИ НАЧАЛЬНОЙ ФАЗЫ РАЗРЯДА НИЗКОИНДУКТИВНОЙ ВАКУУМНОЙ ИСКРЫ ^{*)}

^{1,2}Степанов Л.В., ^{1,2}Анциферов П.С., ^{1,3}Матюхин Н.Д.

¹Институт спектроскопии Академии Наук, Москва, Россия, isan@isan.troitsk.ru

²Национальный исследовательский университет Высшая Школа Экономики, Москва, Россия, hse@hse.ru

³Московский Физико-Технический Институт (Национальный Исследовательский Университет), Долгопрудный, Россия, info@mipt.ru

Актуальность исследований, связанных с источниками излучения экстремального ультрафиолета (ЭУФ, $\lambda = 8 - 25$ нм), обусловлена их востребованностью для приложений в нанолитографии [1-2]. Плазма электрических разрядов с технической точки зрения является одним из самых простых источников такого излучения. В ИСАНе накоплен большой опыт работы с плазмой низкоиндуктивной вакуумной искры, и в рамках настоящей работы была поставлена задача исследования возможности её использования в качестве источника ЭУФ излучения.

Одна из трудностей экспериментальной работы с сильноточными искровыми разрядами связана с низкой воспроизводимостью их пространственной структуры и временной динамики. Регистрация ЭУФ излучения с помощью детекторов на микроканальных пластинах (МКП), обладающих пространственным и временным разрешением, позволяет обнаружить особенности динамики плазмы, которые невозможно заметить при использовании усредняющих методик (см, например [3]). В данной работе сообщается о результатах изучения динамики разряда 50 – кА вакуумной искры с помощью техники одновременной регистрации пространственного распределения плазмы и соответствующего ЭУФ спектра с временным разрешением 20 нс. Подробное описание схемы эксперимента и методики исследования можно найти в [4]. В ходе исследования было выделено несколько воспроизводящихся от разряда к разряду стадий. Центральным моментом является возникновение ЭУФ излучения многозарядных ионов железа (вплоть до Fe VIII) сразу после начала разряда (время задержки относительно момента инициации разряда 200-300 нс), когда приложенная к разрядному промежутку разность потенциалов ещё не упала до нуля. Это излучение исчезает после 300 нс и после 400 нс вновь появляется как результат развития пинчевания. Возможным механизмом отмеченного явления может быть убегание электронов [4].

С описанным явлением связана идея отделения по времени начальной стадии разряда, дающей излучение многозарядных ионов путём эффективного обрыва тока. Реализация такого варианта разряда может явиться основой для разработки разрядного источника излучения с низким уровнем создаваемого загрязнения. Предложена схема уменьшения времени разряда с ~ 10 мкс до ~ 1 мкс с помощью демпфирования разрядного контура. Эта схема реализована и в экспериментах с ней показано что при такой конфигурации фаза с излучением многозарядных ионов сохраняется. Исследована зависимость динамики ЭУФ излучения от расстояния анод – катод. Рассматривается возможность дальнейшей оптимизации разряда как источника излучения.

Литература

- [1]. Beckers J.; van de Ven T.; van der Horst R.; Astakhov D.; Banine V. Appl. Sci. 2019, 9, 2827.
- [2]. V.Y. Banine et al. J. Phys. D: Appl. Phys. 2011 Vol. 44 N. 25
- [3]. Анциферов П.С., Дорохин Л.А. Физика плазмы, 2022, том 48, № 11, с. 1086–1093
- [4]. P.S. Antsiferov, L.V. Stepanov, and N.D. Matyukhin. Plasma Physics Reports, 2024, Vol. 50, No. 6, pp. 742–748.

^{*)} [DOI – тезисы на английском](#)