Особенности реализации оптической диагностики на сильноточном электронном ускорителе Кальмар для исследования динамики плазмы в вакуумном диоде [[1]](#footnote-1)\*)

1,2,3Казаков Е.Д., 1Орлов М.Ю., 1Стрижаков М.Г., 4Сунчугашев К.А., 2Воронин А.В.

1НИЦ «Курчатовский институт», Kazakov\_ED@nrcki.ru   
2Национальный исследовательский униврситет МЭИ, [KazakovYD@mpei.ru](mailto:KazakovYD@mpei.ru)  
3Московский физико-технический институт (национальный исследовательский  
 университет  
4Российский университет дружбы народов.

Несмотря на то, что исследование поведения плазмы в вакуумных диодах мощных сильноточных ускорителей ведётся достаточно давно, в последние годы был получен ряд новых результатов, демонстрирующих необходимость более подробного изучения данного вопроса [1]. В частности, на установке Кальмар в ряде режимов наблюдается распространение свечения от центра к периферии со скоростями порядка 100 км/с [2], что может свидетельствовать о развитии неустойчивостей либо возникновении вторичных пробоев, чего ранее не наблюдалось. На установках такого типа проводятся исследования прочностных свойств современных композитных материалов. Поведение плазмы в диодном зазоре может оказывать влияние не только на эрозию приповерхностных слоев, но и на формирование дополнительного давления, а, следовательно, возникновение дополнительной (кроме воздействия электронного пучка) ударноволновой нагрузки.

Для более детального, чем ранее [3] исследования данного процесса была предложена новая оптическая схема, позволяющая осуществлять хронографическую регистрацию разлёта анодной и катодной плазмы в двух направлениях – вдоль и поперёк оси вакуумного диода. Система регистрации, реализованная на основе двух электронно-оптических камер, работающих в хронографическом режиме, позволяет регистрировать собственное свечение плазмы, либо лазерное излучение, прошедшее через вакуумный диод. При использовании цветных фильтров возможно также комбинировать свечение плазмы с теневым изображением. Данная схема позволяет реализовать и шлирен-метод. Для зондирования применяется импульсный лазер на ортоалюминате иттрия с неодимом (λ1=1079 нм), изготовленный в НТЦ УП РАН. Лазер работал в режиме свободной генерации с внутрирезонаторным преобразованием излучения λ1 во вторую гармонику (λ2=540 нм). Лазер имеет регулируемую длительность импульса с возможностью обеспечить плато около 300 мкс при энергии 90 мДж. Это позволяло считать импульс квазинепрерывным, что значительно упрощало его синхронизацию с плазменными процессами и системой регистрации.

В работе представлены первые результаты применения данной оптической схемы на установке Кальмар. Динамика плазмы в лазерной тени регистрировалась за двумя типами фильтров – интерференционным фильтром на 540 нм и набором зелёных цветных фильтров. В первом случае мы наблюдаем исключительно движение границы плазмы с электронной плотностью порядка 1018 см-3, во втором наблюдаем также остаточное собственное свечение плазмы. Это позволяет разделить эффекты, связанные с движением плазменного факела с анода с процессом его торможения на остаточном газе.

Литература

1. Ананьев С.С., Багдасаров Г.А., Гасилов В.А. и др. // Физика плазмы. 2017. Т. 43. № 7. С. 608-615.
2. Ananyev S.S., Dan'Ko S.A., Kazakov E.D., Kalinin Y.G., Kurilo A.A., Strizhakov M.G. // Journal of Physics: Conference Series. 2016. Т. 747. № 1. С. 012003.
3. Казаков Е.Д., Калинин Ю.Г., Крутиков Д.И. и др. // Физика плазмы. 2021. Т. 47. № 8. С. 716-727.

1. \*) [DOI – тезисы на английском](http://www.fpl.gpi.ru/Zvenigorod/L/Lt/en/FC-Kazakov_e.docx) [↑](#footnote-ref-1)