Экспериментальное и численное исследование динамики плазмы в диодном зазоре ускорителя «Кальмар» при использовании эпоксидных мишеней

1Ананьев С.С., 1,2Багдасаров Г.А., 2,3Гасилов В.А., 1Данько С.А., 1Демидов Б.А., 1Казаков Е.Д., 1Калинин Ю.Г., 1Курило А.А., 1,2Ольховская О.Г., 1Стрижаков М.Г., 3Ткаченко С.И.

1Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», г. Москва,  
 Россия, [nrcki@nrcki.ru](mailto:nrcki@nrcki.ru)  
2Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, г. Москва, Россия,  
 [office@keldysh.ru](mailto:office@keldysh.ru)  
3Московский физико-технический институт, г. Долгопрудный, Московская область,  
 Россия, [info@mipt.ru](mailto:info@mipt.ru)

В данной работе представлены результаты экспериментального исследования динамики плазмы в диодном зазоре при воздействии сильноточного релятивистского электронного пучка (РЭП) на образцы из эпоксидной смолы; произведено сравнение с данными моделирования. Исследуемые мишени подвергались воздействию РЭП на сильноточном ускорителе «Кальмар» [1] с электронно-оптической регистрацией свечения разлетающегося вещества в хронографическом режиме. Плотность энергии на поверхностях мишеней варьировалась путем изменения межэлектродного расстояния в вакуумном диоде [2]. Она составила от 170 до 860 Дж/см2. Используя электротехнические измерения и рентгеновское изображение, зарегистрированное камерой-обскурой, вычислялась плотность энергии, выделившейся на поверхности мишени [3]. Трехмерное моделирование воздействия РЭП на мишени выполнялось на основе эйлеровой модели однотемпературной гидродинамики с учетом потерь энергии на излучение, реализованной в рамках кода MARPLE3D. Энерговклад электронного пучка учитывался в форме источника в уравнении баланса энергии на основании экспериментальных данных. Данные по уравнениям состояния и коэффициенты непрозрачности плазмы были рассчитаны с помощью кода THERMOS. Оба кода (THERMOS и MARPLE3D) разработаны в ИПМ им. М.В. Келдыша РАН. Расчеты выполнялись в декартовой системе координат. Направление пучка совпадало с осью Оz. Z = 0 см — поверхность анода толщиной 1,5 см со стороны РЭП, z = 3 см — кромка катода. Предполагалась осевая симметрия для 1/4 части образца. Расчетная сетка, содержащая приблизительно 2 миллиона ячеек, в плоскости (х,у) равномерная, hх = hу = 0,01 см. По оси z вблизи поверхности анода, на которую падает РЭП, шаг сетки составляет 0,01 см и постепенно увеличивается до 0,1 см вблизи границ расчетной области. В результате расчетов были получены трехмерные распределения плотности, температуры, и скорости вещества в диодном промежутке в последовательные моменты времени от начала взаимодействия РЭП с мишенью до достижения испаренным веществом катода. Были промоделированы 4 режима с плотностями энергии 306 Дж/см2, 476 Дж/см2, 578 Дж/см2 и 831 Дж/см2. Работа выполнена при поддержке грантами РФФИ [15-02-03544](https://kias.rfbr.ru/Application.aspx?id=9725420)а и РНФ 16-11-00100.

Литература

1. Демидов Б.А., Ивкин М.В., Петров В.А., Фанченко С.Д. // Атомная энергия. 1979. Т. 46. Вып. 2. С. 101-116.
2. Demidov B.A., Efremov V.P., Kalinin Yu.G., Kazakov E.D., Metelkin S.Yu., Petrov V.A., Potapenko A.I. // Journal of Physics: Conference Series. 2015 V. 653, Iss. 1, 012009
3. Демидов Б.А., Ефремов В.П., Казаков Е.Д., Калинин Ю.Г., Метелкин С.Ю., Потапенко А.И., Петров В.А. // Приборы и техника эксперимента. 2016. № 2. С. 96-99.