

М.А.Гаврик (6 курс, ФЭ), А.В.Архипов, к.-ф. м. н., доц.

АБЛЯЦИОННОЕ УСКОРЕНИЕ МАКРОТЕЛ СИЛЬНОТОЧНЫМ ЭЛЕКТРОННЫМ ПУЧКОМ

Ускорение макроскопических твердотельных частиц до сверхвысоких скоростей (от нескольких км/с и выше) представляет из себя актуальную задачу, что определяется возможностью использования таких частиц в различных областях техники: для питания и диагностики крупных токамаков [1]; для моделирования воздействия микрометеоритов на “космические” материалы; при разработке новой военной техники, и т.д. В настоящий момент разрабатываются несколько принципиально различающихся типов устройств для осуществления такого гиперускорения: газодинамические пушки [1], рельсотроны [2], центрифуги [3], взрывотехнические устройства [4]. Несмотря на наличие прогресса на каждом из этих направлений, в целом задача получения скоростей выше 10 км/с остается нерешенной из-за проблем, неизменно возникающих при необходимости преодоления частицей звукового барьера. С этой точки зрения, представляется перспективным т.н. абляционный метод ускорения, использующий принцип реактивного движения, для которого звуковая скорость не составляет теоретического предела достижимой скорости. Для осуществления абляционного ускорения к телу подводят энергию, достаточную для его частичного испарения. Струя истекающих паров уносит механический импульс, и такой же по величине импульс передается неиспаренной части ускоряемого объекта.

В общем виде задача абляционного ускорения была поставлена еще в 40...50-х годах. При известной мощности энерговыделения на поверхности ускоряемого тела формулы, описывающие его движение, оказываются достаточно простыми, поскольку, как показано, например, в [5], скорость истечения паров с его поверхности практически не зависит от плотности мощности энерговыделения в широком диапазоне ее значений, и близка к скорости звука при температуре тройной точки испаряемого вещества. Однако, закономерности транспортировки энергии к ускоряемому объекту сквозь поток истекающего пара оказываются чрезвычайно сложными. На практике, именно потери энергии при транспортировке служат основным препятствием при осуществлении абляционного ускорения. Как теоретические оценки, так и результаты экспериментальных исследований [6] свидетельствуют о том, что для электронных потоков потери в плотном потоке ионизованного газа не столь велики, как для потоков тяжелых частиц или лазерного излучения, поэтому электронное абляционное ускорение имеет, по-видимому, наилучшие перспективы.

В предлагаемой работе описываются эксперименты по электронному абляционному ускорению макрочастиц с использованием стенда “ЭПВП” Санкт-Петербургского государственного технического университета [7]. Пучок электронов с энергией eU_0 до 45 кэВ и током I до 5 А формируется пушкой Пирса и транспортируется в магнитном поле импульсного соленоида через трубу дрейфа и осаждается на твердотельную макрочастицу в разовом импульсе с длительностью до 5 мс. Для обеспечения электрической прочности высоковольтного промежутка электронной пушки от воздействия плотного потока паров и плазмы используется толстый ферромагнитный экран и труба дрейфа длиной около 1 м. Сочетание электростатической фокусировки в пушке Пирса и дополнительного сжатия магнитным полем в трубе дрейфа обеспечивает компрессию электронного потока по площади до 1500. За счет этих особенностей при небольших параметрах тока пучка и ускоряющего напряжения удастся получить плотность энерговыделения за импульс до 50 кДж/см^2 , при плотности мощности до 20 МВт/см^2 .

В данной серии опытов ускоряемыми мишенями служат графитовые таблетки диамет-

ром 1.7 и исходной длиной 4 мм. Канал транспортировки представляет собой трубку диаметром 1.8 мм и длиной около 15 см. Для наблюдения за движением таблетки вдоль канала ускорения расположены 6 световодных датчиков. Использование зарядного устройства револьверного типа позволяет без развакуумирования системы проводить эксперименты с 14 таблетками.

Упрощенные оценки (не учитывающие потери энергии при транспортировке, потери на трение, и т.д.) показывают, что в данной экспериментальной конфигурации может быть достигнута предельная скорость графитовой таблетки до 300 м/с, а при увеличении длины канала до 10 м – до 2500 м/с.

В ходе экспериментов изучается эффективность транспортировки энергии и закономерности абляционного ускорения макрочастиц при различных параметрах электронного потока и сопровождающего магнитного поля.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Кутеев Б.В. // ЖТФ. 1999. т. 69. № 9. с.63-67.
2. Дробышевский Э.М., Колесникова Э.Н., Юфев В.С. // ЖТФ. 1999. т.69. №7. с. 103-111
3. Combs S.K. // Rev. Sci. Instrum. 1993. v.64. p. 1679.
4. Швецов Г.А., Титов В.М. //Электромагнитное ускорение твердых тел. Достижения. Проблемы. Перспективы. Новосибирск. ИГД СО РАН. 1999.
5. Афанасьев Ю.В., Крохин О.Н. // Физика высоких плотностей энергии. М.: Мир, 1974. с. 311-353.
6. Milora S.L. // J. Vacuum Sci. and Technology A. 1989. v.7. p.925-937.
7. Архипов А.В., Соминский Г.Г. // ЖТФ, в печати.