Диагностические методики и эксперимент по ускорению ионов в генераторе РЭП "Кальмар"

Белозеров О.С., Бакшаев Ю.Л., Данько С.А.

НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия, OSBelozerov@yandex.ru

В импульсных генераторах релятивистских электронных пучков (РЭП), воздействующих на прозрачную для них нагрузку, существует явление ускорения ионов под действием возникающего амбиполярного поля [1, 2]. В режиме амбиполярного ускорения энергия ионов может в несколько раз превышать приложенное напряжение импульсного генератора, умноженное на ионный заряд. Технология амбиполярного ускорения может иметь существенное преимущества перед традиционными методами, такими как циклические ускорители заряженных частиц. Эксперименты по ускорению ионов в амбиполярном поле проведены на генераторе «Кальмар» (напряжение в импульсе ~250 кВ, ток ~40 кА, длительность импульса ~150 нс).

Для исследования эффективности генерации ионных пучков мегаэлектрон-вольтных энергий использовались следующие методы диагностики. Энергия отдельных ионов определялась времяпролётной методикой путем измерения скорости их движения на известной базе. Для измерения полной энергии пучков заряженных частиц и распределения плотности энергии в поперечном сечении применялся калориметрический метод. Камера-обскура позволяла измерить плотность тока электронов на анодной фольге, на которую воздействует электронный пучок.

По скорости ионов и их проникающей способности установлено, что в высоковольтном диоде генератора создаются условия для ускорения ионов всех сортов атомов, составляющих анодную плёнку. Эти условия могут создаваться как на переднем фронте основного импульса мощности генератора, так и в любой другой момент рабочего полупериода в зависимости от наличия предымпульса. Установлено, что максимальную в эксперименте энергию 6.1 МэВ приобретают самые тяжёлые из присутствующих частиц – ионы алюминия. Протоны набирали максимальную энергию ~800 кэВ. Энергия отдельных ионов, идущих в направлении ~20º, оказалась меньше примерно на 15%, чем энергия осевых ионов.

Значение энергии, переносимое ионами и измеренное тепловизором, составляло от 0.07 до 0.35 Дж, а угловая расходимость – от 1.2 до 2.2°. К.п.д. передачи энергии ионам в фазе ускорения достигает 10% от электрической энергии в диоде генератора. Полное количество ускоренных ионов в пересчёте на 1 МэВ-ные составило ~1012 частиц в пуске.

Авторы выражают благодарность РФФИ за частичную поддержку исследований грантами №17-02-00441а и №18-32-00199мол\_а.

Литература

1. Горбулин Ю.М., Данько С.А., Калинин Ю.Г., Скорюпин В.А. Шестаков Ю.И., Яньков В.В. Физика плазмы, 6, 109, 1980.
2. Дубинов А.Е., Корнилова И.Ю., Селемир В.Д. УФН, 172, 1225, 2002.