

ВЛИЯНИЕ ВСТРЕЧНОГО ЭЛЕКТРОННОГО ПОТОКА НА ФОРМИРОВАНИЕ И ОПТИМАЛЬНЫЙ ТОК ИОННОГО ПУЧКА МОЩНОГО АТОМАРНОГО ИНЖЕКТОРА ^{*)}

¹Дейчули П.П., ¹Бруль А.В., ¹Вахрушев Р.В., ¹Дейчули Н.П., ^{1,2}Орешонок В.В.,
¹Ращенко В.В., ^{1,2}Сорокин А.В., ^{1,2}Ступишин Н.В.

¹*Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН, г. Новосибирск, Россия,*
pdeichuli@inp.nsk.su

²*Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск, Россия*

Атомарные инжекторы широко применяются в термоядерных исследованиях как один из самых эффективных методов нагрева плазмы. Для инжекторов на положительных ионах рабочая плотность тока и, соответственно, мощность инжектора ограничивается чайлд-ленгмюровским предельным током $j_{ч-л}$. Оптимальная плотность тока, когда расходимость пучка минимальна, определяется компромиссом между фокусирующей геометрией электродов и эмиссионной границы с одной стороны и влиянием объемного заряда с другой, на практике она составляет $\sim 0.7 j_{ч-л}$. Известны способы преодолеть предельный ток $j_{ч-л}$ однополярного вакуумного диода. Так в биполярном диоде со встречными ионным и электронным током [1], если нет ограничения по эмиссии с катода и анода, достигается значение, превышающее чайлд-ленгмюровский предел в 1.865 раз. Гораздо более эффективная компенсация объемного заряда ионов достигается в мощном биполярном диоде с магнитной изоляцией электронов, при этом электронный ток почти полностью подавлен, и потери энергии на электроны резко снижены. Здесь ионный ток ограничен достижимым перепадом магнитных давлений между анодом и катодом [2], а достигнутые значения ионного тока могут на порядок и более превышать $j_{ч-л}$, см., например, [3].

В данной работе исследовалась работа инжектора в режиме со сравнительно небольшим встречным электронным током в ИОС. Использовался инжектор аналогичный [4], энергия пучка 15 кэВ, ток в ионах 150А, модернизированный на длительность до 0.5-1 с. Исследована возможность получения электронного тока ИОС просто понижая отрицательный барьера на запирающей сетке ИОС (или даже меняя полярность), получено, что в принципе можно получить встречный электронный ток в 3 раза и более превышающий ионный. При величине электронного тока более чем в 2-3 раза превышающей ионный иногда возникали колебания на токе ИОС, что может приводить к пробоям ИОС. Ясно, что большой немагнитный встречный поток электронов малоэффективен для повышения предельного ионного тока и при этом многократно повышает затраты энергии. Поэтому в экспериментах исследовалось изменение зависимости угловой расходимости пучка от тока при незначительном росте электронного тока ИОС (до $\lesssim 10\div 30\%$ от ионного), прежде всего на участке токов выше оптимального. Первые эксперименты показывают замедление роста расходимости в этом случае, т.е. возможность незначительного ($\lesssim 10\%$) увеличения рабочих токов инжектора.

Литература

- [1]. В.П. Игнатенко. Ионная компенсация пространственного заряда релятивистских потоков электронов. ЖТФ, т.32, № 12, стр. 1428, 1962.
- [2]. В.М. Федоров. Предельные плотности тока в диодах с магнитной изоляцией. VII Всесоюзный симпозиум по сильноточной электронике, ч.II, с.160. Томск, 1988.
- [3]. П.П. Дейчули, В.М.Федоров. Результаты по генерации мощных ионных пучков в МИД с внешним полем H_r , там же, стр.112.
- [4]. Deichuli P., Davydenko V., Ivanov A., Mishagin V., Sorokin A., Stupishin N., Korepanov S., Smirnov A. Low energy, high power hydrogen neutral beam for plasma heating. Review of Scientific Instruments. 2015. v. 86. № 11. p. 113509.

^{*)} [DOI – тезисы на английском](#)