



М. 80

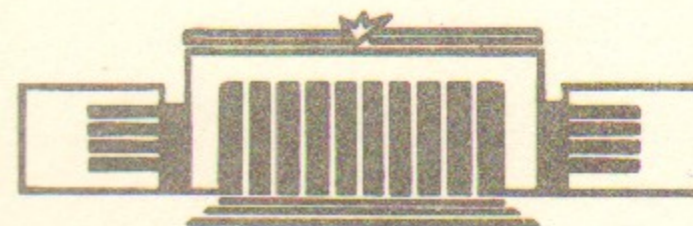
43

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ СО АН СССР

И.И.Морозов, Г.В.Росляков  
КВАЗИСТАЦИОНАРНЫЙ ПЛАЗМЕННЫЙ  
ЭМИТТЕР ПРОТОНОВ

ПРЕПРИНТ 83—71

БИБЛИОТЕКА  
Института ядерной  
Физики СО АН СССР  
ИНВ. № \_\_\_\_\_



НОВОСИБИРСК



## КВАЗИСТАЦИОНАРНЫЙ ПЛАЗМЕННЫЙ ЭМИТТЕР ПРОТОНОВ

Морозов И.И., Росляков Г.В.

Для создания высокотемпературной плазмы в торцевых пробкотронах амбиполярной плазменной ловушки "Амбал" /1/, необходимы квазистационарные пучки водородных атомов мощностью около 1 МВт и длительностью импульса 0,1-0,5 сек. С этой целью разрабатывается многоамперный источник протонов с энергией ионов 25 кэВ и током пучка до 25 А. Пучок протонов в нем формируется вытягиванием ионов из плазмы генерируемой плазменным эмиттером, который должен производить поток плазмы до 40 А при плотности плазмы  $0,3 \text{ А/см}^2$ .

Конструкция плазменного эмиттера, схематически представленная на рис.1, является дальнейшим развитием источников плазмы, рассчитанных на длительность работы до 200 мксек, описанных в /2,3/. Плазменный эмиттер состоит из двух основных частей: генератора плазмы, создающего высокоионизированную струю водородной плазмы, и магнитной стенки, формирующей из струи однородный плазменный поток.

Плазма создается дуговым разрядом с холодным катодом в водороде. Катодом (1 на рис.1) служит сферическая медная поверхность радиусом 10 мм, закрытая шайбой (2) из керамики 22ХС с внутренним отверстием 10 мм. Керамическая шайба обеспечивает равномерное горение разряда по сферической поверхности катода и препятствует попаданию расплавленной вследствие эрозии катода меди в канал разряда. Разряд горит между катодом и анодом (3). Он ограничен по радиусу отверстиями в наборе шайб (6), вставленных в изолятор и изолированных друг от друга. Длина диафрагмированной части разрядного канала 15 мм. Отверстие в прикатодной диафрагме имеет диаметр 7 мм, меньший чем в керамической катодной шайбе, что уменьшает тепловые нагрузки на нее. Диаметр отверстия прианодной диафрагмы равен 4 мм, она отстоит от анода на 5 мм. Геометрия разрядной камеры и анода выбрана в результате экспериментальной оптимизации выхода плазмы при фиксированных токах разряда. Питание к катоду и аноду подается через охлаждаемые водой коаксиальные токопроводы из нержавеющей



стали.

Рабочее вещество водород подается во время работы генератора плазмы в область между анодом и ближайшей к аноду диафрагмой. В осевое отверстие катода  $\varnothing$  3 мм, опресованное молибденном, газ напускается коротким импульсом 600 мксек для создания поджиговой плазмы путем подачи импульса высокого напряжения (-5 кв, 5 мксек) на электрод 4 относительно катода.

Для увеличения выхода плазмы прианодная область помещена в магнитное поле соленоида (5). В области катода магнитное поле компенсируется обмоткой (5а). Экран (7) из стали АРМКО экранирует от магнитного поля область расширения плазменной струи. Магнитное поле в области анода до 800 э. При изменении тока разряда от 150 до 400 А напряжение горения разряда изменяется незначительно: от 50 до 60 В.

Плазменная струя, вытекающая из генератора плазмы имеет аксиальную симметрию. Плотность потока плазмы измерялась многосеточным зондом. Зонд перемещался по дуге окружности радиуса 13 см с центром вблизи анодного отверстия, лежащей в меридианальной плоскости. На рис.2 приведена зависимость плотности потока плазмы от полярного угла положения зонда. Кривая (а) соответствует давлению водорода в камере  $10^{-4}$  торр, (б) -  $10^{-3}$  торр. Изменение профиля потока объясняется рассеянием плазменной струи на газе.

На рис.3 приведена зависимость полного потока плазмы от величины тока разряда и магнитного поля в разряде. При превышении критического значения магнитного поля, зависящего от тока разряда, возникала неустойчивость, проявляющаяся в резком уменьшении выходящего потока плазмы.

Из измерений расхода газа следует, что газовая эффективность генератора плазмы в оптимальном режиме в пересчете на атомарные ионы  $92 \pm 5\%$ . Это указывает на то, что доля молекулярных ионов в потоке плазмы не может превышать 10%. Измерения массового состава импульсных пучков протонов /2,3/ подтверждают это предположение.

Для формирования однородного потока плазмы и более полного его использования служит магнитное поле, создаваемое током в прозрачной тороидальной обмотке (8 на рис.1) - "магнитной

стенке" /3/. 20 витков "магнитной стенки" изготовлены в виде трапеций из медного изолированного провода  $\varnothing$  2,2 мм, помещенного в никелевые трубки  $\varnothing$  3 мм, отделяющие витки от вакуума. Магнитное поле стенки отражает периферийную часть плазменной струи и проводит на выход "магнитной стенки" до 70% плазменного потока, выходящего из генератора. При этом в однородной части сосредоточено свыше 50% полного потока генерируемой плазмы. На рис.4 приведено распределение плотности потока плазмы по радиусу на выходе из "магнитной стенки" при токе в ее обмотке 600 А.

Разработанный плазменный эмиттер работал при токе разряда 200 А в источнике протонов с током пучка 7 А. В настоящее время начинаются испытания источника протонов с током пучка до 25 А.



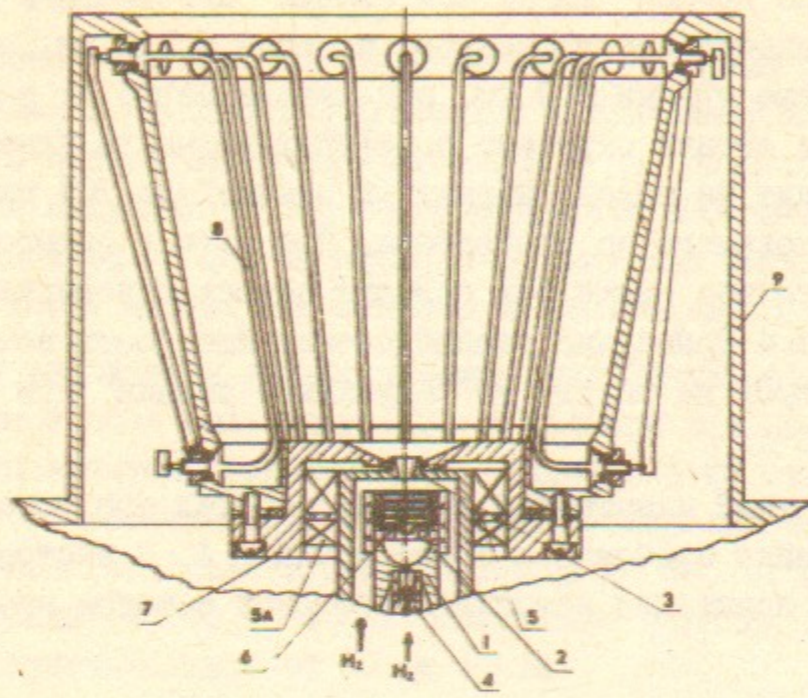


Рис.1. Схема плазменного эмиттера

1. Катод
2. Керамическая шайба
3. Анод
4. Поджигающий электрод
5. Обмотка соленоида
6. Разрядный канал
7. Экран соленоида
8. Витки "магнитной стенки"
9. Вакуумная камера

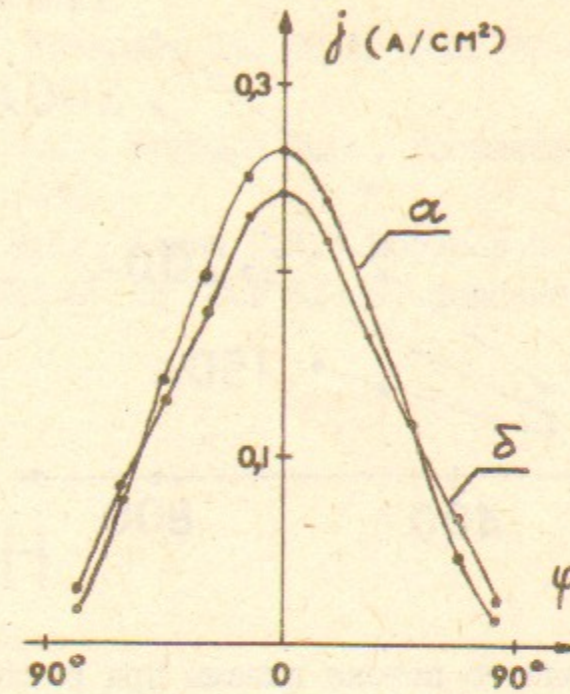


Рис.2. Плотность потока плазмы, выходящей из источника, в зависимости от полярного угла  
 Давление водорода в камере:  
 а -  $10^{-4}$  торр  
 б -  $10^{-3}$  торр



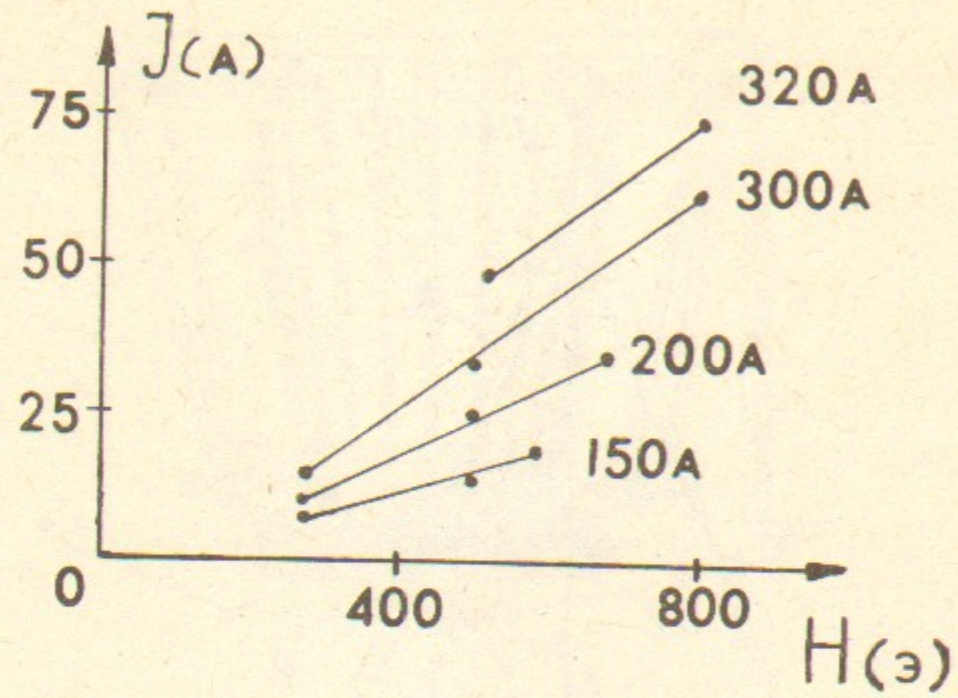


Рис.3. Зависимость полного потока плазмы при различных токах разряда от магнитного поля

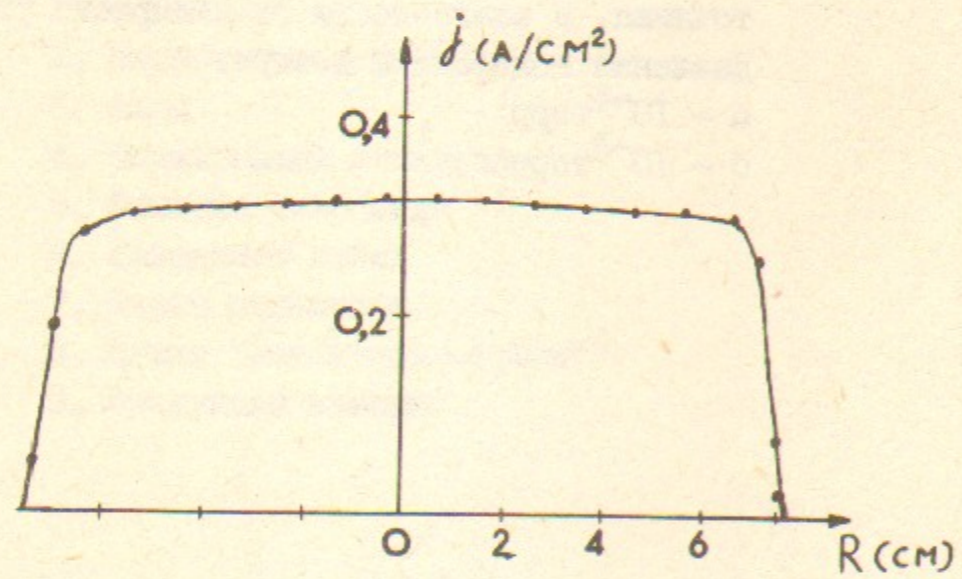


Рис.4. Распределение плотности потока плазмы по радиусу на выходе из "магнитной стенки".

### Л и т е р а т у р а

1. Димов Г.И. Препринт ИЯФ СО АН СССР 77-46, Новосибирск, 1977.
2. Давыденко В.И., Морозов И.И., Росляков Г.В. Физика плазмы 1981, 7, с.464.
3. Давыденко В.И., Димов Г.И., Морозов И.И., Росляков Г.В. Препринт ИЯФ СО АН СССР 82-49, Новосибирск, 1982.



И.И.Морозов, Г.В.Росляков

КВАЗИСТАЦИОНАРНЫЙ ПЛАЗМЕННЫЙ ЭМИТТЕР ПРОТОНОВ

Препринт  
№ 83-71

Работа поступила - 28 апреля 1983 г.

---

Ответственный за выпуск - С.Г.Попов  
Подписано к печати 24.6-1983 г. МН 17613  
Формат бумаги 60x90 1/16 Усл.0,4 печ.л., 0,3 учетно-изд.л.  
Тираж 290 экз. Бесплатно. Заказ №71.

---

Ротапринт ИЯФ СО АН СССР, г.Новосибирск, 90