

## ГАЛАТЕЯ ОТКРЫТОГО ТИПА

*А.И.Бугрова, А.С.Липатов,  
А.И.Морозов, В.К.Харчевников*

В работах [1-4] приведены экспериментальные результаты исследования ловушки типа галатей, созданной на основе замкнутого магнитного квадруполя. В этой ловушке реализован режим с  $\beta \sim 1$ .

Однако галатеи могут быть не только замкнутого, но и открытого типа. В галатеех открытого типа имеются те или иные магнитные "пробки", через которые частицы могут уходить из ловушки.

Галатеи открытого типа имеют ряд достоинств, и изучение их представляет существенный интерес.

В данной работе приведены результаты экспериментальных исследований интегральных и локальных характеристик галатей открытого типа (галатей А).

Экспериментальный макет галатей А состоял из трех соосных магнитных катушек (рис. 1). Крайние катушки диаметром 30 см содержали 200 витков медного провода и располагались друг от друга на расстоянии 30 см. Катушки друг относительно друга фиксировались с помощью металлической скобы. В середине между ними помещалась катушка диаметром 15 см, состоящая из 100 витков. Крайние катушки были соединены параллельно, и ток в них шел в одном направлении. Ток в средней катушке мог меняться по величине и направлению. В центре средней катушки помещался накальный вольфрамовый катод. В эту же область подводился рабочий газ (ксенон), расход которого составлял 2 мг/с. Анодом являлась камера и фольга, которой были обернуты все катушки. Анод находился под потенциалом земли, катод — под отрицательным потенциалом.

Эксперименты на галатее А проводились в четырех режимах, отличающихся отношением  $\theta = J_1/J_2$ , где  $J_1$  — ток в средней катушке,  $J_2$  — ток в крайних катушках. Ток в крайних катушках был все время одинаковым и равным 10 А. При  $\theta = 0$  наблюдалось яркое свечение плазмы, напоминающее струю, направленную вдоль оси катушек (рис. 1, а). "Струя" плазмы имела утолщение в центре системы и сужалась к периферии. Если ток в средней катушке увеличить так что  $\theta = +0.46$  (знак плюс указывает на то, что токи во всех катушках имеют одно направление), то "струя" плазмы

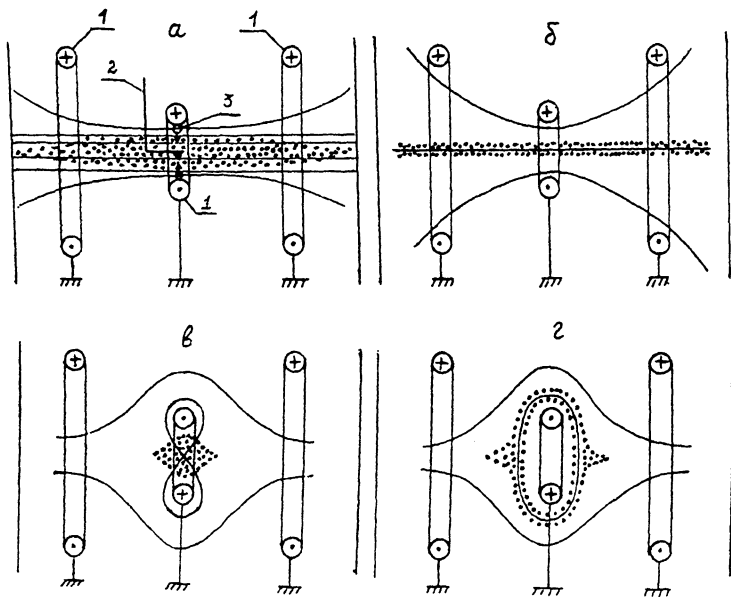


Рис. 1. Характерные режимы работы ловушки: 1 — магнитные катушки, 2 — катод, 3 — подача газа; а — “струя”, б — “шнур”, в — “ядро”, г — “мантия”.

сжимается и превращается в узкий параллельный “шнур” (рис. 1, б). При обратном направлении тока в средней катушке (в зависимости от его величины) наблюдались еще два характерных режима. Так, при  $\theta = -0.6$ , когда величина магнитного поля в центре средней катушки равна нулю, наблюдалось слабое свечение плазмы, по форме напоминающее “ядро”, которое было локализовано в объеме средней катушки (рис. 1, в). При уменьшении  $\theta$  до значения  $-0.84$  наблюдалось свечение плазмы, охватывающее среднюю катушку (рис. 1, г). Этот режим получил название “мантия”.

Различные конфигурации плазменных образований обусловлены динамикой подвижных замагниченных электронов, которые движутся вдоль силовых линий магнитного поля. Это ведет к эквипотенциализации силовых линий магнитного поля. Ионы плазмы удерживаются потенциальными ямами, конфигурация которых определяется формой силовых линий магнитного поля.

На рис. 2 изображены вольт-амперные характеристики разряда в различных режимах работы галатеи А при работе на ксеноне. Из рисунка видно, что самым сильноточным режимом является “струя”. При изменении разрядного напряжения от 100 В до 500 В, ток в этом режиме меняется

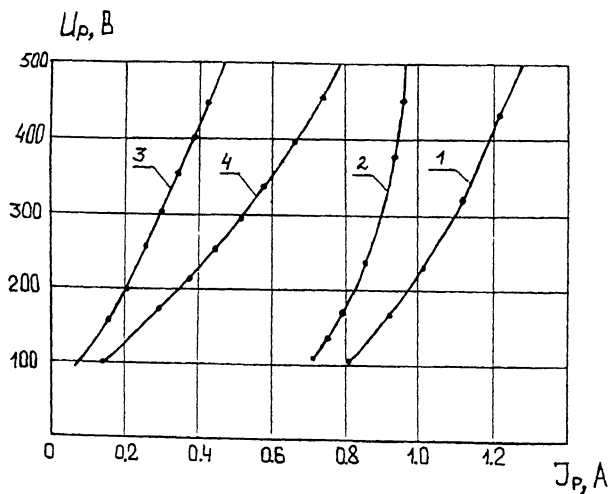


Рис. 2. Вольтамперные характеристики разряда.  
 1 — “струя”, 2 — “шнур”, 3 — “ядро”, 4 — “мантия”;  $\dot{m} = 2$  мг/с.

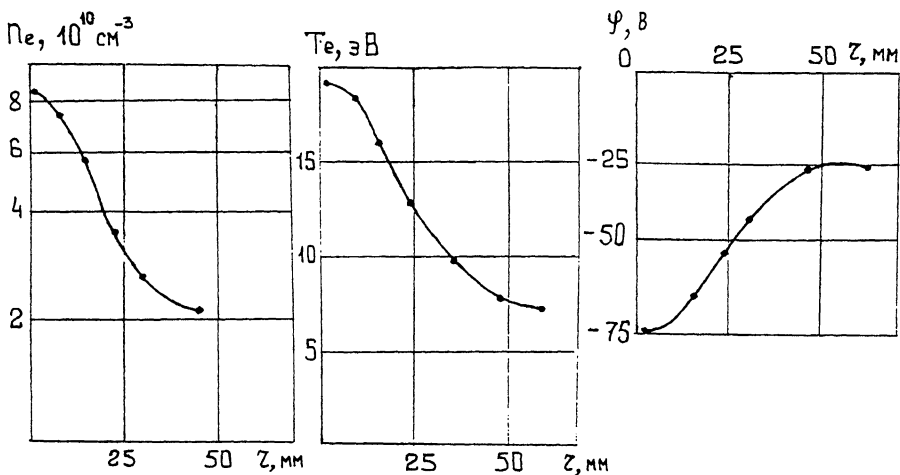


Рис. 3. Локальные параметры плазмы в “ядре”.

от 0.8 А до 1.3 А. Наименьший ток в разряде наблюдается в режиме “ядро”.

С помощью электрического зонда были сняты локальные характеристики плазмы в режиме “ядро” ( $\theta = -0.6$ ). Измерения проводились при  $U_p = 200$  В,  $\dot{m} = 2$  мг/с. Рабочим веществом являлся ксенон. Зависимости концентрации  $n_e$ , электронной температуры  $T_e$  и потенциала пространства от координаты  $r$  при  $z = 0$  изображены на рис. 3. Ось

$z$  совпадает с осью системы, ось  $r$  — перпендикулярна к ней. Начало координат находится в центре средней катушки. Из рисунка видно, что концентрация плазмы в середине "ядра" составляет величину  $\sim 10^{11}$  см $^{-3}$  и спадает до величины  $\sim 2 \cdot 10^{10}$  см $^{-3}$  на расстояниях  $\sim 50$  мм от оси системы. Электронная температура также падает от значения  $\sim 20$  эВ в центре ядра до  $\sim 7$  эВ на периферии. Глубина потенциальной ямы, удерживающей ионы в галатее А, составляет величину  $\sim 50$  В.

В заключение следует отметить, что ловушки типа галатее А могут быть использованы в различных прикладных целях, в частности для технологии. Этому способствует простота этих ловушек и возможность широко варьировать геометрию, в том числе топологию магнитного поля простым изменением тока в катушках.

### Список литературы

- [1] Бугрова А.И., Липатов А.С., Морозов А.И., Харчевников В.К. // Письма в ЖТФ. 1992. Т. 18. В. 8. С. 1-4.
- [2] Бугрова А.И., Липатов А.С., Морозов А.И., Харчевников В.К. // Письма в ЖТФ. 1992. Т. 18. В. 24. С. 54-57.
- [3] Бугрова А.И., Липатов А.С., Морозов А.И., Харчевников В.К. // Физика плазмы. 1993. Т. 19. В. 8. С. 972-976.
- [4] Бугрова А.И., Липатов А.С., Морозов А.И., Харчевников В.К. // Физика плазмы. 1993. Т. 19. В. 12. С. 1411-1417.

Поступило в Редакцию  
26 июля 1994 г.

