

СТАЦИОНАРНАЯ "ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ЯМА" ДЛЯ ИОНОВ ПЛАЗМЫ

А. И. Морозов, В. В. Жуков

Экспериментально показана возможность создания стационарной "потенциальной ямы" для ионов плазмы, образующейся в скрещенных аксиально-симметричных электрическом и магнитном полях "пробочной" геометрии со стабилизирующим магнитным полем обратного знака. Глубина "ямы" достигает -700 в, что составляет до $60 + 65\%$ приложенного напряжения.

В работе [1] теоретически показано, что в плазме, помещенной во внешнее поле, линии магнитной индукции становятся эквипотенциалами, если ларморовский радиус электронов значительно меньше характерного размера поля, а плотности токов в плазме малы. При этих условиях можно создавать в плазме электрические поля различной конфигурации. Известны применения такой возможности для реализации стационарных плазменных ускорителей с замкнутым дрейфом электронов [2] и для плазменной фокусировки [3]. В [4, 5] описан принцип действия многоячеечной магнитоэлектрической плазменной ловушки с авторекуперацией энергии ионов (ЭСПЛ). Ниже представлены результаты первых экспериментов по созданию стационарной "потенциальной ямы" для ионов плазмы в центральной ячейке пятиячеечной модели такой ловушки (рис. 1). Здесь 1 — катушки, создающие магнитное поле "пробочной" геометрии в каждой ячейке, 2 — катушки, создающие коаксиальное с первым стабилизирующее магнитное поле обратного знака, 3 — две симметричные группы по шесть коаксиальных конических кольцевых электродов с малыми радиусами: 3, 9, 15, 21, 27 и 33 мм и наклоном по-

верхностей, совпадающим с наклоном линий магнитной индукции в местах их расположения, 4 – аналогичные торцевые группы электродов, 5 – заземленные цилиндрические коробки из немагнитного металла. Модель размещена внутри вакуумной камеры с непрерывной откачкой поступающего в центральную коробку 5 рабочего газа (водорода, аргона).

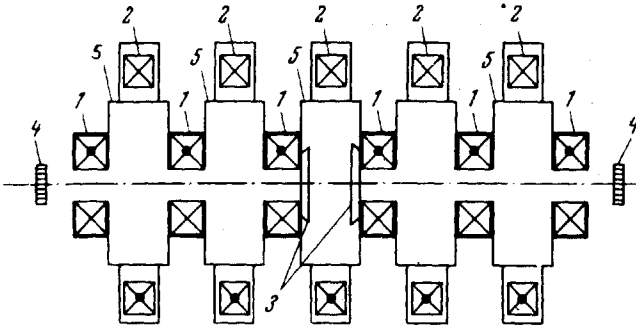


Рис. 1

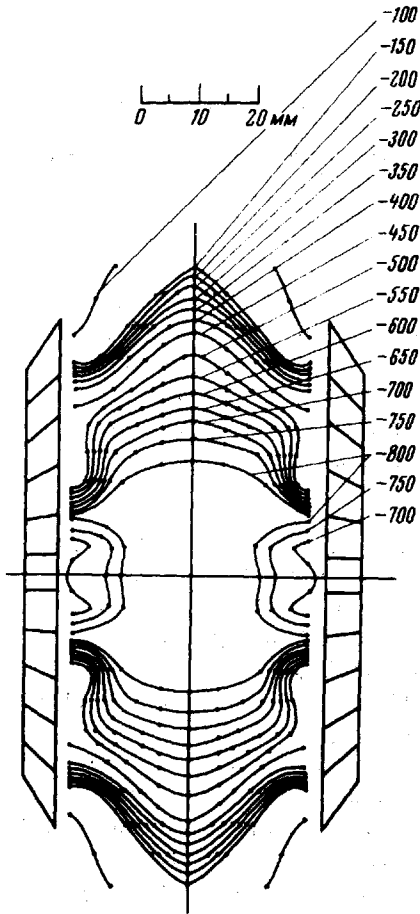


Рис. 2

Если распределение потенциала по кольцам 3 линейно, наружные кольца заземлены, внутренние имеют наиболее отрицательный потенциал ($-U$) и отношение токов (I_1/I_2) в катушках 1, 2 такое, что диаметр

окружности нулевого магнитного поля соизмерим с расстоянием между центрами соседних катушек l , то в центральной коробке δ возникает стационарное аксиально-симметричное плазменное образование с более ярким свечением центральной области. С помощью "плавающего" зонда диаметром $0,05$ мм длиной 1 мм, перемещавшегося вдоль и поперек этого образования, измерялось распределение потенциала в нем. На рис. 2 показано такое распределение в осевом сечении водородной плазмы при $U = -1250$ в; $l_1/l_2 = 5,4$; $l_1 N_1 = 2 \cdot 10^4$ а · в и давлении водорода в камере $1,2 \cdot 10^{-5}$ тор. Видно, что глубина "потенциальной ямы" — около 700 в, т. е. более 50% приложенного напряжения. В оптимальных случаях эта величина достигала $60 \div 65\%$. Центральная зона "потенциальной ямы" радиусом около 15 мм в этом режиме оказалась эквипотенциальной. На рис. 3 показана зависимость глубины "потенциальной ямы" от приложенного напряжения ($-U$) при разных давлениях: 1 — при $1,1 \cdot 10^{-5}$ тор, 2 —

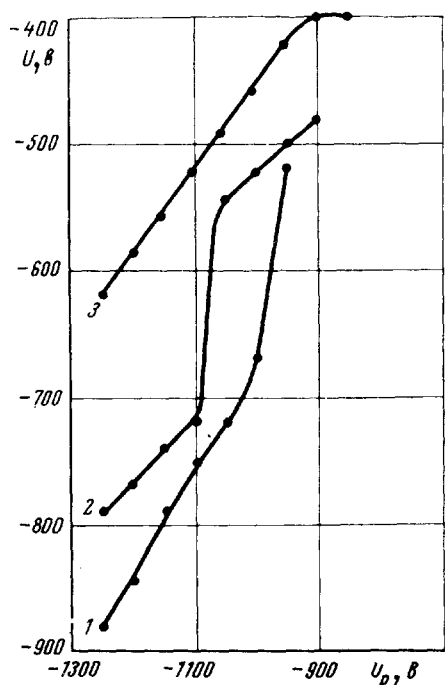


Рис. 3

— при $1,4 \cdot 10^{-5}$ тор, 3 — при $2,5 \cdot 10^{-5}$ тор, том же значении ($l_1 N_1$) и $l_1/l_2 = 4,2$. Как видно, с понижением (U) и давления, глубина "ямы" увеличивается. По полученным данным, глубина "потенциальной ямы" увеличивается при понижении уровня плазменных колебаний, а минимальный уровень этих колебаний в каждом режиме достигается при определенном отношении (l_1/l_2).

Из приведенных экспериментальных данных следует, что, в согласии с теорией, в плазме действительно удается реализовать стационарную "потенциальную яму" для ионов около (-700 в), вследствие чего ионы должны ускоряться при движении к центру "ямы" и тормозиться при движении от центра, совершая стохастические колебания внутри соответствующих эквипотенциальных поверхностей.

Поступила в редакцию
23 июля 1973 г.

Литература

- [1] А.И.Морозов. ДАН СССР, 163, 1363, 1965.
 - [2] А.И.Морозов, А.Я.Кислов, И.П.Зубков. Письма в ЖЭТФ, 7, 224, 1968.
 - [3] В.В.Жуков, А.И.Морозов, Г.Я.Щекин. Письма в ЖЭТФ, 9, 24, 1969.
 - [4] А.И.Морозов, В.В.Жуков. Электростатическая плазменная ловушка с авторекуперацией энергии ионов (ЭСПЛ). Тезисы I Всесоюзной конференции по плазменным ускорителям. Москва, 1971 г.
 - [5] А.И.Морозов. Сборник статей "Плазменные ускорители", стр. 14. "Машиностроение" 1973 г.
-