

Колдан

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

Институт сильноточной электроники СО АН СССР  
Институт электрофизики УрО АН СССР

Спонсоры:

Институт гидродинамики СО АН СССР (г.Новосибирск)  
Институт высоких температур АН СССР (г.Москва)  
Научно-исследовательский институт электрофизической  
аппаратуры им. Д.В.Ефремова (г.Ленинград)  
Институт атомной энергии им. И.В.Курчатова (г.Москва)

МЕЖДУНАРОДНОЕ РАБОЧЕЕ СОВЕЩАНИЕ  
ПО ФИЗИКЕ И ТЕХНИКЕ МОШНЫХ ПРЕРЫВАТЕЛЕЙ ТОКА

Тезисы докладов.

Томск - 1989

V+

## УСКОРИТЕЛЬ С ПЛАЗМЕННЫМ РАЗМЫКАТЕЛЕМ ДЛЯ СВЧ ГЕНЕРАЦИИ

В.А.Гинцбург, Н.Г.Колганов, М.И.Фукс, М.Ю.Шмелев  
Институт прикладной физики АН СССР, г.Горький, СССР

Ускорители с плазменным размыкателем тока привлекают компактностью и простотой конструкции, однако использование их в СВЧ электронике затруднено. "Сильноточность" ускорителей в этой области освоена слабо, импеданс диодов с магнитной изоляцией, формирующих требуемые пучки, как правило, выше 100 Ом. Работа ускорителя на такую нагрузку не может обеспечить нормального функционирования плазменного размыкателя, режим магнитной самоизоляции практически не достижим. К тому же электроны, попадающие в систему формирования из области размыкателя, нарушают конфигурацию пучка. В разработанном ускорителе с плазменным размыкателем эти трудности удалось обойти и получить пучок с током 7-10 кА и энергией электронов 1,1-1,3 МэВ. Этот пучок использовался в СВЧ генераторе типа резонансной ЛБВ, выходная мощность которого достигала 1,5 ГВт на длине волны 2,8 см при КПД около 20%. Первичным накопителем служил ГИН с ёмкостью в ударе 0,24 мкФ и выходным напряжением 400-450 кВ, индуктивность разрядной цепи - 6 мкГн. Размыкатель состоит из 8-ми плазменных пушек, которые запитываются от конденсаторов ёмкостью 1 мкФ, заряженных до 5-10 кВ. Наиболее стабильная работа ускорителя наблюдалась при токе, переключаемом в нагрузку, близком к максимальному току ГИНа - около 50 кА. Длительность полученного импульса ускоряющего напряжения - 150 нс. Оптимальная нагрузка ускорителя обеспечивалась за счет подбора специальной конфигурации катодного держателя.

## ИОННЫЙ ТОК ПОПЕРЕК ВАКУУМНОГО МАГНИТОИЗОЛИРОВАННОГО ЗАЗОРА

В.М.Фёдоров  
Институт ядерной физики СО АН СССР, Новосибирск, СССР

Дан анализ процессов, ограничивающих плотность тока ионов в вакуумном зазоре в условиях магнитной изоляции электронов. Параметры выбраны в диапазоне экспериментальных данных по мегавольтным плазменным размыкателям и генерации мощных ионных пучков. Полагаем, что анод и катод покрыты плотной плазмой, так что  $E_K = E_A = 0$ , и геометрия диода - плоская. Для квазистационарных электрон-ионных потоков уравнение равновесия имеет вид:

$$(E_K^2 - E^2 + H^2 - H_K^2) / 8\pi = \frac{j_i \cdot A_i \cdot M_p}{e \cdot Z_i} \cdot (v_{iK} - v_i) + n_e \gamma \cdot m_e (v_{eK}^2 - v_e^2) \quad (*)$$

Из экспериментальных данных по магнитоизолированным диодам можно записать соотношение:  $j_i \gg j_{eA} \cdot \left[ \frac{Z_i}{A_i} \cdot \left( 1 + \frac{eU_A}{2m_e c^2} \right) \right]^{0,5} / 43$  которое позволяет упростить уравнение (\*) и получить формулу для плотности тока ионов:

$$j_i = (H_A / 19)^2 \cdot (1 - H_K^2 / H_A^2) \cdot (Z_i / A_i \cdot U_A)^{0,5} - \text{кА/см}^2, H_K \ll H_A - \text{кЭ}, U_A - \text{МВ}$$

В линиях с самоизоляцией (МИТЛ) поле  $H_A$  - на аноде задано полем тока линии, на катоде поле  $H_K < H_A$  - поскольку часть тока переносится в вакууме электронным потоком. Полагая  $H_K = 0$ , найдем предельную плотность тока ионной утечки в МИТЛ.

## ION CURRENT ACROSS MAGNETICALLY INSULATED VACUUM GAP

V.M. Fedorov  
Institute of Nuclear Physics  
630090 Novosibirsk, USSR

The present paper gives an analysis of the processes, limiting the ion current density in a vacuum gap with a magnetic insulation of electrons. The parameters are chosen in the range of experimental data of the megavolt plasma opening switch and the high-power ion beam. We assume that the anode and the cathode are covered by a density plasma, thus  $E_C = E_A = 0$ , and the diode geometry is a plane. The equilibrium equation for the steady state flows of electrons and ions gives

$$(*) (E_C^2 - E^2 + H^2 - H_C^2) / 8\pi = \frac{j_i \cdot M_i}{e \cdot Z_i} (v_{ic} - v_i) + n_e \cdot m_e \cdot \gamma_e \cdot (v_{ec}^2 - v_e^2).$$

From the experimental data on the magnetically insulated diode one can write the relationship:  $j_i \gg j_{eA} \left[ \frac{m_e Z_i}{M_i} \cdot \left( 1 + \frac{e U_A}{2 m_e c^2} \right) \right]^{0.5}$ , which allows to simplify equation (\*) and to get the ion current density expression:

$$j_i = (H_A / 19)^2 \cdot (1 - H_C^2 / H_A^2) \cdot (Z_i / A_i \cdot U_A)^{0.5} - kA / \text{cm}^2, H_C \text{ and } H_A - kQ_e, U_A - MV.$$

In the lines with self-insulation (MITL) the field  $H_A$  on the anode is given by the line total current, on the cathode the field is  $H_C < H_A$  due to the vacuum electron current. Assuming  $H_C = 0$ , one finds the ultimate current density of the ion leakage in MITL.

## IMMOBILE PLASMA EROSION OPENING SWITCH FOR COLLECTIVE ACCELERATION OF IONS WITH STRAIGHTFORWARD RELATIVISTIC ELECTRON BEAM (REB)

G.I. Kotljarevskii, V.S. Lopatin, G.E. Remnev  
Tomsk Nuclear Physics Institute  
Tomsk, USSR

Requirements of effective ion acceleration with a straightforward electron beam (a dense anode plasma, an extremely high REB power density etc.) are met in REB generators with plasma erosion opening switches (PEOS).

A double pulse-forming line,  $Z = 6 \Omega$ ,  $t = 90 \text{ ns}$ , was charged to 0.6 - 1.0 MV voltage. A coaxial diode with a central electrode (cathode) diameter of 0.1 - 1 cm was filled with neutral gases with  $A = 1 - 130$  atomic weights, both pure and mixed, under 1 mm Hg pressure. After gas breakdown, current through an inductor (cathode) reached  $I^{\text{sh.c.}} = 200 \text{ kA}$ . Fast switch opening was observed within  $I_0 = 0.6$  to  $0.8 I^{\text{sh.c.}}$ . With increasing atomic weights of PEOS plasma ions, the value of fast current break decreased from  $0.44 I_0$  to  $0.12 I_0$  for  $A = 1$  and  $130$ , respectively, with 0.6 cm cathode diameter. Rate of current break  $dI/dt$  dropped by more than a factor of 2. The REB of  $10^{11} \text{ W}$  with  $100 \text{ kA/cm}^2$  current density was produced in the coaxial diode with the plasma anode and accelerated ions of the relevant gases with 20% efficiency. Characteristics of PEOS and collective accelerator were determined by a light component when hydrogen or deuterium - nitrogen mixtures in 1:5 and 1:10 proportions were used.

The sum of the data evidences that are characteristic of immobile plasma erosion opening switches with small-diameter cathodes are not worse than PEOS characteristics with a drifting plasma. The possibility to control changes in plasma composition essentially extends applications of accelerators with PEOS.