

6

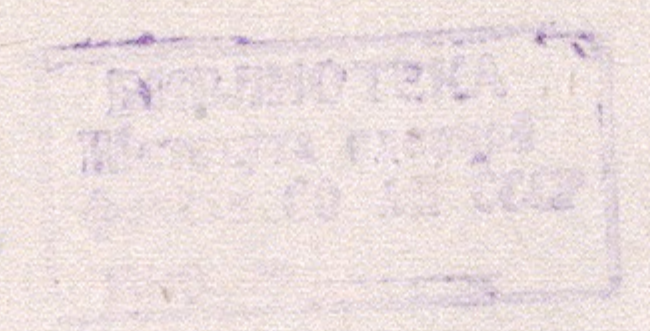
И Н С Т И Т У Т
ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ СОАН СССР

Д.36

ПРЕПРИНТ И Я Ф 77 - 8

Г.Е.Деревянкин, В.Г.Дудников, В.С.Клёнов

ОБ ИОННО-ОПТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИКАХ
ПУЧКОВ ИОНОВ И , ГЕНЕРИРУЕМЫХ
ПОВЕРХНОСТНО-ПЛАЗМЕННЫМИ ИСТОЧНИКАМИ



Новосибирск
1977

Г.Е.Деревянкин, В.Г.Дудников, В.С.Клёнов

ОБ ИОННО-ОПТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИКАХ ПУЧКОВ ИОНОВ H^+ ,
ГЕНЕРИРУЕМЫХ ПОВЕРХНОСТНО-ПЛАЗМЕННЫМИ ИСТОЧНИКАМИ

А Н Н О Т А Ц И Я

Исследованы ионно-оптические характеристики пучков ионов H^+ , генерируемых поверхностно-плазменными источниками с пеннинговской конфигурацией газоразрядной ячейки. Получены пучки ионов H^+ с импульсной интенсивностью до 0,1 – 0,15 А, длительностью 250 мксек, частотой следования до 100 гц. Энергия ионов 20 ± 25 КэВ. Эмиссионная щель 0,5 x 10 мм² ориентирована поперек магнитного поля. Сформированы квазипараллельные пучки с упорядоченной расходимостью 10⁻² рад на см поперечного размера. При устранении флуктуаций нормализованный эмиттанс в направлении, параллельном полю уменьшается с 0,05 см.мрад до 0,003 см.мрад, в перпендикулярном направлении с 0,2 см.мрад до 0,02 см.мрад, а разброс энергий поперечного движения с 1,5КэВ до 5 эВ, и 80 эВ до 1 эВ соответственно.

Поверхностно-плазменные источники обеспечили получение интенсивных пучков ионов H^- с эмиссионной плотностью до нескольких ампер на cm^2 /1,2/, сравнимой с эмиссионной плотностью протонных пучков /3,4/. Данные об эмиттансах интенсивных пучков ионов H^- появились лишь в последнее время. Из разрядов с цезием в дуоплазматроне с трубчатым разрядом получены пучки ионов H^- с током $I^- = 40$ ма при нормализованном эмиттансе $E_{n1} = 0,3$ см.
град /5/. При диаметре эмиссионного отверстия 2,5 мм такому эмиттансу соответствует пересчитанный к эмиссионной поверхности полуразброс энергий поперечного движения $\Delta W_{o1} = \pm 2 \cdot 10^3$ эв, тогда как ΔW_{o1} для протонных пучков удалось уменьшить до долей эв /4/. Улучшение качества пучков ионов H^- расширяет возможности и увеличивает эффективность их применений. Результаты, приведенные в настоящем сообщении, показывают, что поверхностно-плазменные источники позволяют генерировать интенсивные пучки ионов H^- , сравнимые по качеству с пучками протонных источников, используемых в ускорительной технике /7/.

Исследовались ионно-оптические характеристики пучков, получаемых из поверхностно-плазменных источников с пеннинговской конфигурацией газоразрядной ячейки. Конструкция источника и используемая система формирования пучка обсуждались в работе /6/. За счет ряда усовершенствований обеспечена долговременная работа источников при частоте следования импульсов до 100 гц, интенсивности сформированных пучков I_2^- до $0,1 \div 0,15$ А, длительности импульсов 250 мксек. Ионы H^- выходят из газоразрядной ячейки через эмиссионную щель с размерами $\delta \times l = 0,5 \times 10$ мм², ориентированную поперек магнитного поля. На корпус источника подается стабилизированное напряжение U_0 до - 25 кв, ускоряющее ионы от эмиссионной щели. Зазор между эмиссионной щелью и заземленными пластинами экстрактора 1,5 мм. Оптика экстрактора формирует ленточный пучок ионов H^- , расходящийся вдоль магнитного поля (координата X) значительно сильнее, чем вдоль координаты Y, перпендикулярной магнитному полю и направлению движения пучка. Сразу после экстрактора пучок попадает в фокусирующий по X поворотный магнит с показателем спада $n \approx 1$, заворачивающий пучок на 90° и преобразующий его в квазипараллельный. Радиус средней траектории пучка можно менять от 6 до 8 см.

Регистрировался ток пучка после экстрактора I_1^- , ток сформированного пучка I_2^- и распределение плотности тока $j(x, y)$ в сечениях, отстоящих от среза магнита на 10–15 см. Устройством с двумя синхронно перемещающимися отверстиями, разнесенными на 20 см, с электрическим (или магнитным) сканированием выделенной струйки ионов и электрической регистрацией распределения плотности тока в струйке определялись функции распределения ионов по углам наклона траекторий $f(\alpha_x, \alpha_y)$. Разрешающая способность устройства по углам $\sim 5 \cdot 10^{-4}$ рад. Определялись границы областей $V_x(\alpha_x, x)$ и $V_y(\alpha_y, y)$, в которых максимальные по α_y и y значения $f(\alpha_x, x)$ и максимальные по α_x и x значения $f(\alpha_y, y)$ отличны от нуля. Представление о распределении $j(x, y)$ дает рис. I. Распределения $f(\alpha_x, \alpha_y)$ имеют аналогичную форму. Характерные конфигурации областей

$V_x(\alpha_x, x)$ и $V_y(\alpha_y, y)$ показаны на этом же рисунке. За величины эмиттансов E_x и E_y принимались деленные на π площади эллипсов, вмещающих соответствующие области V_x и V_y /3/. В обозначениях рис. I $E_x = \Delta\alpha_x \cdot \Delta X$, $E_y = \Delta\alpha_y \cdot \Delta Y$. Соответствующие значения нормализованных эмиттансов $E_{nx} = \beta E_x$, $E_{ny} = \beta E_y$, где $\beta = \sqrt{\frac{2eU_0}{mc^2}}$. По этим данным можно оце-

нить максимальные значения локальных полуразбросов энергий поперечного движения в различных сечениях пучка $\Delta W_x = \frac{mc^2}{2} \frac{E_{nx}^2}{(\Delta X)^2}$ и ΔW_y , в том числе и пересчитанные к поверхности эмиссионной щели $\Delta W_{ox} = 2mc^2 \frac{E_{nx}^2}{\delta^2}$, $\Delta W_{oy} = 2mc^2 \frac{E_{ny}^2}{\delta^2}$.

Для разрядов с цезием при пониженной плотности водорода в магнитном поле с высокой напряженностью характерны хаотические флуктуации напряжения и тока разряда с частотами $10^5 + 10^7$ Гц. Уровень флуктуаций до десятков процентов. При этом модулируется и интенсивность пучка ионов H^+ . Рис. I иллюстрирует ионно-оптические характеристики пучков ионов H^+ , генерируемых в таком режиме. Энергия ионов $eU_0 = 20$ КэВ, ток $I_2^- = 0,1$ А. Типичные значения $2\Delta X = 3 + 3,5$ см, $2\Delta\alpha_x = 7 \cdot 10^{-3}$ рад, $2\Delta Y = 3 + 3,5$ см, $2\Delta\alpha_y = 2,5 + 3 \cdot 10^{-2}$ рад. Сохраняется упорядоченная расходимость пучка на уровне 10^{-2} рад на 1 см поперечного смещения. Регистрируемым значениям $E_{nx} = 0,05$ см.мрад., $E_{ny} = 0,2$ см.мрад.

соответствуют $\Delta W_{ox} = 1,5$ КэВ, $\Delta W_{oy} = 80$ эВ. При среднем давлении водорода в тракте транспортировки $p < 10^{-4}$ торр отношение I_2^-/I_1^- до 0,9. Эмиттансы сформированных пучков уменьшаются в $1,5 + 2$ раза, если давление в области движения пучка увеличить до $p > 10^{-4}$ торр (при этом $I_2^-/I_1^- < 0,8$). При увеличении подачи водорода в разряд и уменьшении напряженности магнитного поля хаотические флуктуации переходят в когерентные колебания с частотой $17 + 18$ МГц. Эмиттансы сформированных пучков при этом уменьшаются. При дальнейшем увеличении подачи водорода или уменьшении магнитного поля регистрируемые флуктуации параметров разряда и тока пучка исчезают. Полная расходимость пучка по направлению X после экстрактора уменьшается с 0,2 до 0,05 рад. Для пучков с током $I_2^- = 0,1$ А при энергии $eU_0 = 20$ КэВ в этом режиме типичны значения $2\Delta X \approx 1 + 1,5$ см, $2\Delta\alpha_x \approx 10^{-3}$ рад, $2\Delta Y \approx 1$ см, $2\Delta\alpha_y \approx 10^{-2}$ рад. Соответствующие значения $E_{nx} \approx 0,001$ см.мрад, $E_{ny} \approx 0,02$ см.мрад, $\Delta W_{ox} \approx 5$ эВ, $\Delta W_{oy} \approx 1$ эВ. При устранении флуктуаций усредненная нормализованная яркость $B = \frac{I_2^-}{\pi^2 E_{nx} E_{ny}}$ увеличивается с $B \approx 10^6 \frac{A}{\text{см}^2 \cdot \text{рад}^2}$ до $B \approx 2 \cdot 10^8 \frac{A}{\text{см}^2 \cdot \text{рад}^2}$.

Как и при получении протонных пучков /3,4/, флуктуации параметров плазмы оказывают определяющее влияние на ионно-оптические характеристики пучков ионов H^+ , генерируемых поверхностно-плазменными источниками.

Л и т е р а т у р а

1. Ю.И.Бальченко, Г.И.Димов, В.Г.Дудников, ЖТФ, 45, 68 (1975).
2. K.Prelec, Th. Sluyters, Proc. Sec. Symp. on Ion Sources and Formation of Ion Beams, Berkeley 1974 (LBL Report N 3399) paper VIII-6.
3. М.Д.Габович "Физика и техника плазменных источников ионов" Атомиздат, М., 1972.
4. Г.И.Димов, Г.В.Росляков, ПТЭ, № I, 29 (1974).
5. M.Kobayashi, K. Prelec, Th. Sluyters, BNL report, BNL-21520 (1976).
6. В.Г.Дудников, Труды четвертого Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, Изд. "Наука", М., 1975, т.1, стр.323.
7. И.М.Капчинский. Труды четвертого Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, Изд. "Наука" М., 1975, т.1, стр.114.

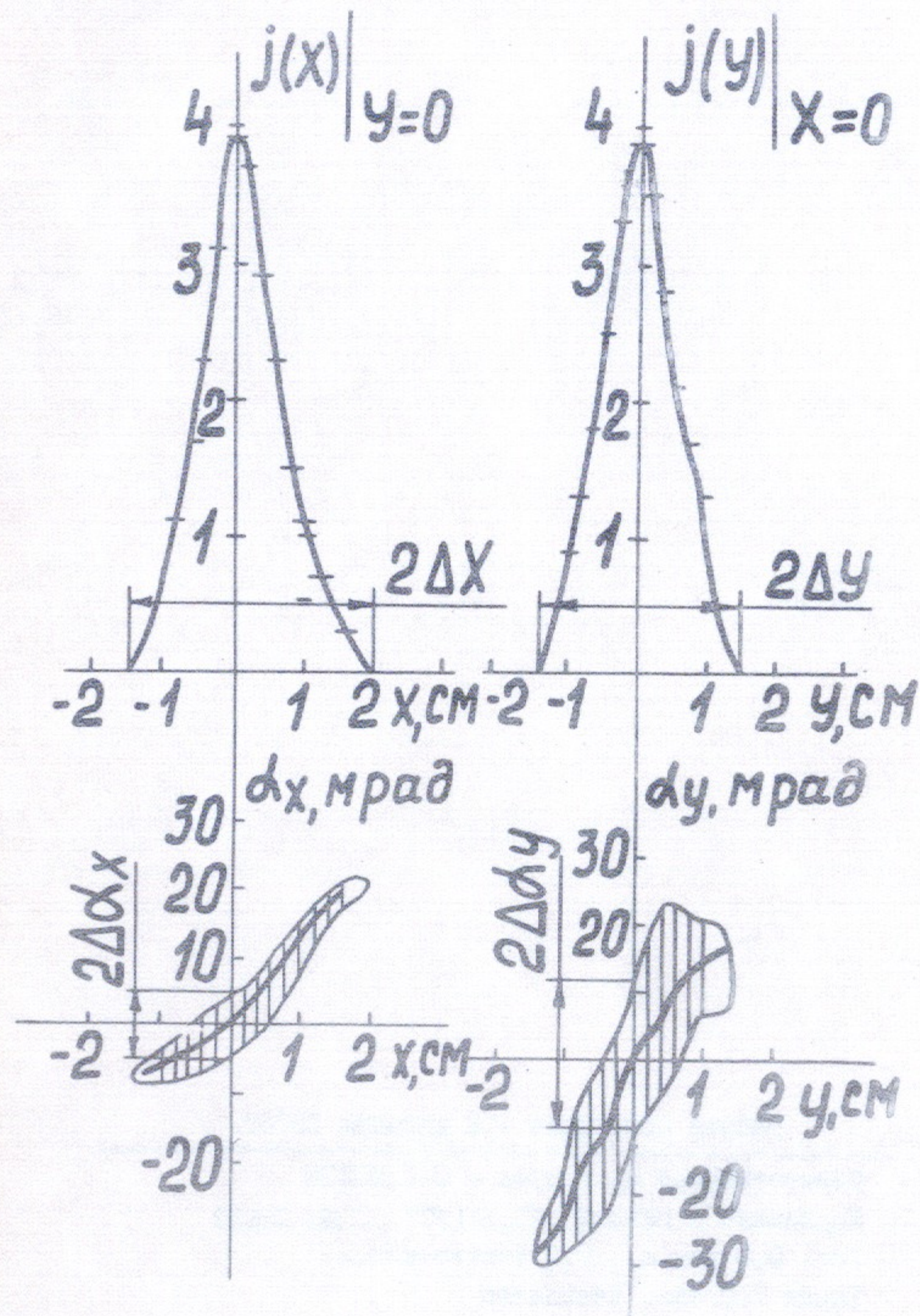


Рис.1.

Работа поступила - 6 декабря 1976г.

Ответственный за выпуск - С.Г.ПОПОВ

Подписано к печати 25.I-1977 г. МН 02622

Усл. 0,3 печ.л., 0,2 учетно-изд.л.

Тираж 200 экз. Бесплатно

Заказ № 8.

Отпечатано на ротапринте ИЯФ СО АН СССР