

ИСТОЧНИК ИОНОВ С СВЧ-ПИТАНИЕМ

В. К. Молчанов, О. Я. Савченко

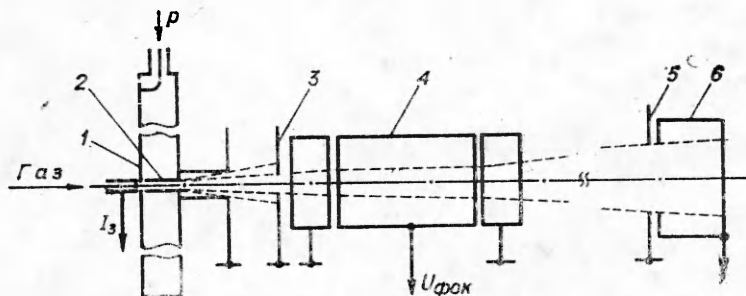
(Новосибирск)

Пучки ионов традиционно получают из плазмы разряда системой электродов, на которые подается внешнее по отношению к плазме напряжение. Энергия ионов пучка определяется этим напряжением [1]. В данной работе описывается источник, в котором энергия ионов регулируется введенной СВЧ-мощностью. Конструкция источника похожа на описанную в [2], однако предлагаемый вариант работает без внешних напряжений. Источник (фиг. 1) состоит из резонатора 1, возбуждаемого на моде E_{010} , на оси которого помещен капилляр 2, полость резонатора вакуумирована. Через капилляр пропускается газ, в котором при подаче СВЧ-мощности возбуждается разряд. При условии, что СВЧ-поле проникает в объем плазмы, выражение для максимальной энергии поступательного движения электронов имеет вид $W_e = e^2 E^2 / (2m_e \omega^2)$, где W_e — энергия электрона; e — заряд электрона; m_e — масса электрона; ω — частота; E — амплитуда напряженности СВЧ-поля. Электроны уходят из объема плазмы, она заряжается положительно и эмитирует ионы. Установившийся потенциал определяется наиболее быстрыми электронами, остальные попадают в электростатическую ловушку. При этом ток ионов равен току электронов, энергия определяется потенциалом плазмы

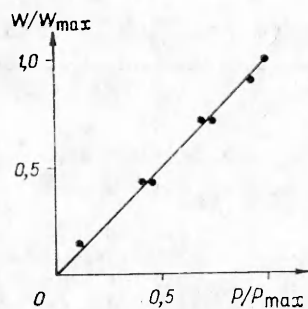
$$(1) \quad \varphi = W_e / e = e E^2 / (2 m_e \omega^2).$$

На частоте 1818 МГц при напряженности поля 20—50 кВ/см возможно получение ионов с энергией 3—18 кэВ. Таким образом, для получения пучка ионов источника постоянного напряжения не требуется. Из (1) следует, что энергия ионов пропорциональна мощности, введенной в резонатор.

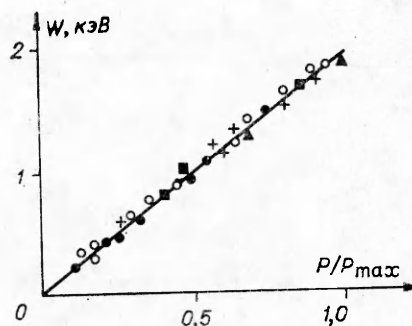
Испытывалось два варианта источника: частота 2750 МГц, $\tau = 3$ мкс, диаметр капилляра 1,25 мм, напуск газа непрерывный; частота 1818 МГц, $\tau = 8$ мкс, диаметр капилляра 3 мм, напуск импульсный; газ — водород. Схема измерений приведена на фиг. 1 (3, 5 — диафрагмы). Пучок состоит из ионов H^+ и H_2^+ . Центральная часть пучка собиралась электростатической линзой 4 на цилиндр Фарадея 6. Энергия определялась с помощью



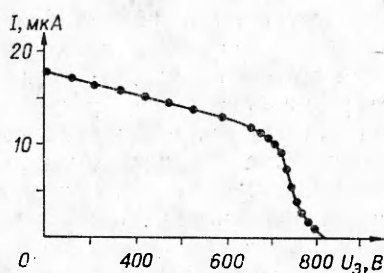
Ф и г. 1



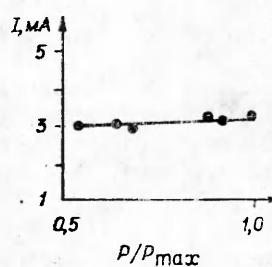
Ф и г. 2



Ф и г. 3



Ф и г. 4



Ф и г. 5

магнитного анализатора и при энергиях, меньших 2 кэВ, методом задерживающего потенциала. Задерживающее напряжение подавалось на сетку, стоящую на входе в цилиндр Фарадея. На фиг. 2 приведена зависимость энергии ионов от мощности, введенной в резонатор на частоте 1818 МГц ($W_{\max} = 15$ кэВ, $P_{\max} = 52$ кВт). На фиг. 3 приведена аналогичная зависимость для первого варианта источника при напусках газа в диапазоне $0,01-0,68$ см³/ч, абсолютное значение мощности не определялось. Энергия ионов H^+ и H_2^+ одинакова. На фиг. 4 показана зависимость тока ионов от задерживающего потенциала, снятая на первом варианте источника. Немонохроматичность пучка меньше 10%. Максимальная энергия ионов, полученных на втором варианте, 30 кэВ, максимальный ток, проведенный на расстоянии 85 см, 3 мА. Зависимость тока от расхода газа детально исследовалась на первом варианте источника. Для ионов с энергией 2 кэВ зависимость тока от расхода газа при расходах меньше $0,1$ см³/ч линейная. В этом случае коэффициент использования газа близок к 70%. Вероятно, и во втором варианте степень ионизации близка к 100%, так как ток ионов на заглушенный конец капилляра (фиг. 5) практически не зависит от мощности при постоянном расходе газа.

Поступила 24 III 1981

ЛИТЕРАТУРА

1. Габович М. Д. Физика и техника плазменных источников ионов, М.: Атомиздат, 1972.
2. Ауслендер В. Л., Брежнев О. Н., Савченко О. Я. Капиллярный СВЧ-источник ионов.— В сб: Труды V Всесоюз. совещания по ускорителям заряженных частиц. Т. 1. М.: Наука, 1978.