

сообщения
Объединенного
института
ядерных
исследований
Дубна

528/82

1/01-82

P9-81-685

В.П.Вадеев

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОННОГО ПОТОКА
С ИОННОЙ МИШЕНЬЮ
В ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОМ ИСТОЧНИКЕ
"КРИОН-1"

1981

ВВЕДЕНИЕ

"Крион-1" является криогенным электронно-лучевым ионным источником. Многозарядные ионы образуются в результате длительного взаимодействия ионной мишени с пучком ионизирующих электронов. В осевом направлении ионы удерживаются потенциальными барьерами, налагаемыми на граничные секции объема ионизации, в радиальном - объемным зарядом электронного пучка.

Электронный поток формируется пушкой с пирсовской геометрией, расположенной в магнитном поле на входе в соленоид, при этом реализуется магнитная компрессия по площади электронного пучка, равная 6.

Подробно принцип действия и конструкция источника описаны в [1-3]. Данная работа посвящена исследованию влияния на эффективность взаимодействия ионной мишени с пучком ионизирующих электронов величины магнитного поля и степени компенсации объемного заряда электронного пучка ионами.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА

Существенных изменений в конструкцию установки по сравнению с описанной в работе [3] внесено не было. Были проведены подбор оптимального режима работы источника, коррекция магнитного поля в области коллектора и электронной пушки постоянными магнитами, улучшено согласование энергии электронного пучка с нарастающим магнитным полем на входе в соленоид. В результате проведенной работы был достигнут уровень компенсации объемного заряда электронного пучка ионами ~90% при величине электронного тока до 100 мА и временах ионизации больше 100 мс.

Исследование эффективности ионизации проводилось с использованием катодов электронной пушки диаметром 0,8 мм при величине электронного тока $I_e = 60$ мА и катодов диаметром 1 мм при $I_e = 95$ мА, что соответствует одной и той же плотности электронного потока. Энергия ионизирующих электронов была равна $E_e = 6$ кэВ. Измерения проходили в диапазоне магнитных полей соленоида от 7,5 до 15 кГс. При меньших величинах магнитного поля резко возрастает поступление фоновых ионов в ловушку, что связано с токооседанием на трубках дрейфа. Максимальная величина поля определяется возможностями криогенно-магнитной системы источника.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Исследование эффективности ионизации заключалось в следующем. Были сняты кривые эволюции спектров зарядностей ионов азота при различных средних за время ионизации компенсациях заряда электронного пучка ионами и при разных значениях величины магнитного поля соленоида. Как и в работе [4], кривые снимались в зависимости от количества электронов (Q_e), прошедших через ионную мишень. Чтобы иметь возможность сравнивать кривые эволюции, построенные при разных сечениях электронных пучков, параметр Q_e в случае работы пушки с катодом диаметром 1 мм умножался на коэффициент 0,64, равный отношению сечения электронного пучка при работе пушки с катодом диаметром 0,8 мм к сечению пучка при работе пушки с катодом диаметром 1 мм.

Для иллюстрации на рис. 1 приведены эволюции относительного состава ионов азота с различной зарядностью, начиная с четвертой, в общем спектре при средней за время ионизации компенсации электронного пучка ионами 35% для двух значений магнитного поля соленоида: 15 и 12,5 кГс.

На рис. 2 представлены те же зависимости при величине магнитного поля 15 кГс для трех значений компенсации объемного заряда электронного пучка ионами. Из приведенных рисунков видно, что скорость эволюции спектров зарядностей ионов сильно

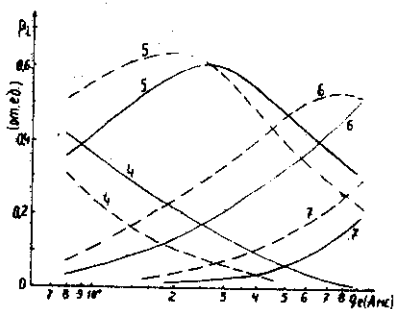


Рис. 1. Эволюции спектра зарядностей ионов азота для различных величин магнитного поля при фиксированной компенсации заряда электронного пучка (Q_e) ионами (Q_i). $Q_i/Q_e=0,35$, катод $\phi 1$ мм, $I_e=95$ мА. — $V=15$ кГс, - - - $V=15,2$ кГс.

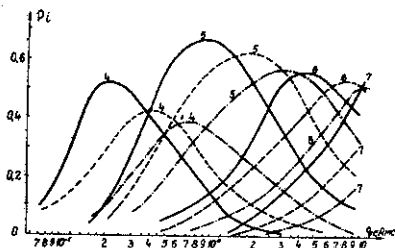


Рис. 2. Кривые эволюции спектра зарядностей ионов азота для различных значений компенсаций заряда электронного пучка ионами при фиксированной величине магнитного поля. $V=15$ кГс, катод $\phi 1$ мм, $I_e=95$ мА, — $Q_i/Q_e=0,11$; - - $Q_i/Q_e=0,35$; - · - $Q_i/Q_e=0,68$.

зависит от величины магнитного поля и степени компенсации объемного заряда электронного пучка ионами. Путем сравнения построенных эволюций с эволюцией, полученной при работе пушки с катодом диаметром 0,8 мм, величине магнитного поля 12,5 кГс и средней компенсации за время ионизации 27%, были построены графики зависимости эффективности ионизации от величины компенсации и магнитного поля. За эффективность ионизации бралось значение $q_{eH} \text{ эф.}$ в относительных единицах, равное $\frac{q_{eH}}{q_e}$, где параметры q_{eH} и q_e соответствуют одинаковому спектру в сравниваемых эволюциях, q_{eH} относится к эволюции, с которой происходит сравнение. Чтобы избежать погрешности, связанной с возможным присутствием фоновых ионов гелия, сравниваемые величины брались в точках, где доля ядер в спектре не превышала 5%. Это особенно важно для эволюций, полученных при малых компенсациях объемного заряда электронного пучка ионами.

На рис. 3 приведены графики зависимости эффективности ионизации от компенсации объемного заряда электронного пучка ионами для различных величин магнитного поля соленоида при работе электронной пушки с разными катодами. Рис. 4 иллюстрирует зависимость эффективности ионизации от величины магнитного поля при различных средних за время ионизации компенсациях объемного заряда электронного пучка ионами. Из приведенных графиков видно, что величина магнитного поля оказывает сильное влияние на эффективность ионизации. Это говорит о том, что ионы во время ввода в ловушку и в процессе ионизации не приобретают

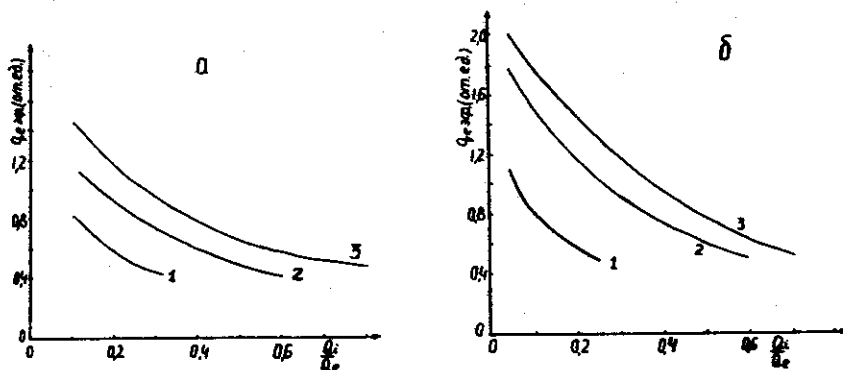


Рис. 3. Зависимость эффективности ионизации от степени компенсации заряда электронного пучка ионами для разных диаметров электронного потока и величин магнитного поля. 1 - $V = 7,5$ кГс; 2 - $V = 12,5$ кГс; 3 - $V = 15$ кГс. а - катод $\phi 0,8$ мм, $I_e = 60$ МА; б - катод $\phi 1,0$ мм, $I_e = 95$ МА.

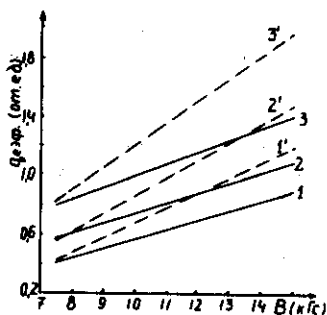


Рис. 4. Зависимость эффективности ионизации от величины магнитного поля для разных диаметров электронных пучков и степени компенсации заряда электронного пучка ионами. - - - катод $\phi 1$ мм, $I_e = 95$ мА; — катод $\phi 0,8$ мм, $I_e = 60$ мА; 1 и 1' — $Q_i/Q_e = 0,1$; 2 и 2' — $Q_i/Q_e = 0,2$; 3 и 3' — $Q_i/Q_e = 0,3$.

заметной радиальной энергии и поэтому всегда находятся на дне потенциальной ямы, создаваемой объемным зарядом электронного пучка. Более сильное влияние на эффективность ионизации оказывает величина компенсации объемного заряда электронного пучка ионами. Неожиданным является то, что в области малых значений компенсации зависимость становится более сильной. Это, видимо, связано с большей плотностью электронного потока в центре пучка, хотя при используемой системе формирования электронного потока плотность должна быть выше на границе пучка. Повышенную плотность электронов ионизации в центре пучка можно объяснить наличием пульсаций электронного потока, амплитуда которых, при используемых плотностях электронов и диапазонах магнитных полей, направлена внутрь пучка^{5/}. В процессе ионизации ионы скапливаются в центре электронного пучка, и чем меньше суммарный заряд ионов, тем меньше радиус ионной мишени и сильнее влияние пульсаций электронного потока, приводящих к увеличению эффективной плотности ионизирующих электронов, проходящих через ионную мишень.

В заключение автор считает своим долгом выразить благодарность Е.Д.Донцу за руководство работой, А.И.Пикину за ряд полезных обсуждений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аксенов В.Г. и др. ОИЯИ, Р8-8563, Дубна, 1975.
2. Донец Е.Д., Илющенко В.И. ОИЯИ, Р7-8310, Дубна, 1974.
3. Вадеев В.П. и др. ОИЯИ, Р7-10333, Дубна, 1977.
4. Донец Е.Д., Овсянников В.П. ОИЯИ, Р7-10438, Дубна, 1977.
5. Алямовский И.В. Электронные пучки и электронные пушки. "Советское радио", М., 1966.

Рукопись поступила в издательский отдел
17 ноября 1981 года.