

Воспользовавшись формулой (5.3.78) из работы [1], можно показать, что статистическая ошибка измерений по данной методике при $m > 50$ и $p \ll 1$ остается такой же, как и при непосредственном счете частиц.

Однако при измерениях в реальных условиях числа вторичных частиц по данной методике необходимо еще учесть три рода ошибок. Во-первых, интенсивность падающего на мишень пучка частиц от ускорителя всегда флюктуирует, и это увеличивает измеренный КВ числа вторичных частиц. Это увеличение легко учесть, если измерить флюктуацию интенсивности падающего пучка частиц вторым детектором, который тоже может быть относительным. Во-вторых, сам детектор может по-разному регистрировать попадающие в него частицы. Поправки в измеренный КВ, вызванные этими регистрационными флюктуациями, можно ввести, если вычислить их или измерить [2] для одной из n регистрируемых частиц и данного детектора, а затем воспользоваться математически строгим соотношением [1]

$$v_{\text{рег}} = \frac{v'_{\text{рег}}}{\sqrt{n}}, \text{ где } v'_{\text{рег}} - \text{относительная регистрацион-}$$

ная флюктуация для одной частицы, а $v_{\text{рег}}$ — та часть измеренного КВ, которая вызвана регистрационными флюктуациями. В-третьих, измерительная система, которая может состоять из ФЭУ, усилителя и анализатора импульсов, тоже вносит ошибки в результаты измерений.

Эти ошибки легко учесть, измерив их с помощью стандартных световых вспышек [3].

Регистрационные флюктуации и флюктуации числа вторичных частиц нескоррелированы. Корреляциями

между ошибками измерительной системы и величиной x в большинстве случаев можно пренебречь.

Учитывая, что все эти ошибки не изменяют среднего числа вторичных частиц за время измерения, и используя правило суммирования дисперсий случайных величин [1], измеренный КВ можно записать в виде

$$v_{\text{изм}}^2 = v^2(n) + v_{\gamma}^2 + v_{\text{рег}}^2 + v_{\text{и.с.}}^2, \quad (2)$$

где $v_{\text{и.с.}}$ — относительная ошибка измерительной системы; v_{γ} — относительная флюктуация интенсивности падающего пучка частиц.

Данная методика была применена при измерении интенсивности жесточенного тормозного излучения, используемого в экспериментах на пузырьковых камерах (~ 300 фотон/имп). Пучки тормозного излучения, интенсивность которых была больше 500 фотон/имп, измерялись одновременно и толстостенной ионизационной камерой. Результаты измерений обоими методами совпадали в пределах 15%.

Поступило в Редакцию 17/VIII 1970 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. И. В. Дудин-Барковский, Н. В. Смирнов. Теория вероятностей и математическая статистика. М., Гостехтеориздат, 1955.
2. Ж. Р. Бишоп. *Onde élect.*, № 421 (1962).
3. А. Ф. Павлов. «Приборы и техника эксперимен-та», № 1, 210 (1964).

О происхождении ускоренных атомов, сопровождающих плазменный сгусток

К. Б. КАРТАШЕВ, В. И. ШИГУНОВИЧ, В. В. ПЛАТОНОВ, Е. А. ФИЛИМОНОВА

УДК 533.98

По наблюдениям некоторых авторов в быстром плазменном сгустке, генерируемом коаксиальной плазменной пушкой, наряду с ускоренными ионами присутствуют обладающие такими же скоростями атомы рабочего газа. В работе [1] плотность ускоренных атомов водорода в межэлектродном пространстве пушки оценивалась с помощью оптического интерферометра. В работе [2], где рабочим газом был ксенон, их концентрация определялась по поглощению ультрафиолетового излучения. В обоих случаях энергия быстрых атомов не превышала 1 кэВ, и вопрос об их происхождении оставался открытым. Только в работе [1] указывалось на перезарядку ускоренных ионов на рабочем газе внутри пушки как на возможную причину появления в сгустке быстрых атомов.

В данной работе методами пассивной корпускулярной диагностики была определена концентрация атомов в водородном сгустке, скорость которого составляла $v \approx 1 \cdot 10^8$ см/сек. Такой сгусток на расстоянии 180 см от пушки имел плотность ионов порядка $4 \cdot 10^{12}$ см⁻³ и энергию около 160 дж.

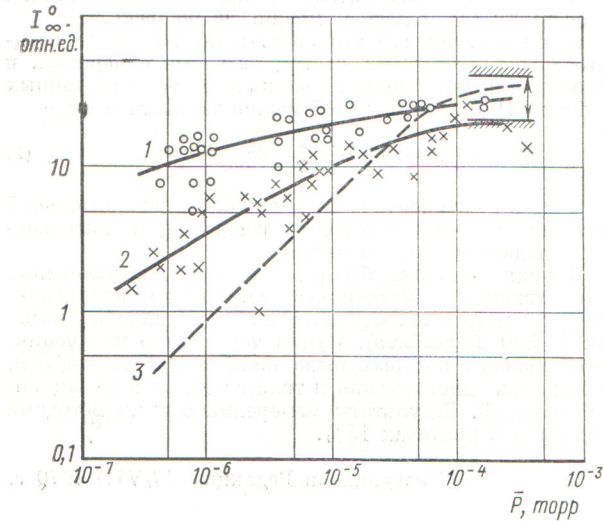
Эксперименты проводились на установке «ИНЕС», которая описана в работе [3]. Емкость конденсаторной батареи в цепи разряда пушки составляла $C = 32$ мкф, напряжение батареи $U_{\text{уск}} = 20$ кв. В межэлектродное пространство пушки с помощью импульсного клапана напускали 1 см³ водорода при давлении 4 атм. Время задержки между срабатыванием разрядников в цепях

импульсного клапана и пушки составляло $\tau = 150$ мксек. Газ в межэлектродное пространство поступал через отверстия во внутреннем электроде.

Эксперименты проводили с двумя моделями пушки, различающимися местом расположения этих отверстий. В пушке модели I расстояние от центров отверстий до конца центрального электрода составляло 80 мм, в пушке модели II — 30 мм. Скорость плазменного сгустка определяли по времени пролета с помощью двух диамагнитных катушек. Быстрые атомы в плазменном сгустке регистрировались детектором атомов по току ионов, образовавшихся в результате их обдирки на газовой мишени. Детектор помещали на расстоянии 6 м от плазменной пушки, где плотность плазмы ($n_i = n_e \approx 10^9$ см⁻³) позволяла разделить заряды плазмы электрическим полем. Значительная пролетная база давала возможность независимо контролировать скорость атомов по времени пролета.

Эксперимент заключался в следующем. Плазменный сгусток со скоростью $v \approx 10^8$ см/сек пропускали через перезарядную мишень, которой могла быть сверхзвуковая струя паров магния или остаточный газ в камере установки, а затем измеряли величину потока быстрых атомов при различных параметрах мишени.

На рисунке приведена зависимость потока быстрых атомов от давления остаточного газа в камере установки.



Зависимость потока быстрых атомов от давления остаточного газа в камере установки:

1 — пушка модели I; 2 — пушка модели II; 3 — расчет перезарядки на молекулярном водороде. Указана зона, в которой располагаются экспериментальные значения потока при перезарядке на равновесной магнитной мишени.

Давление газа усреднено вдоль траектории сгустка. На этом же рисунке показаны границы области, в которой располагаются величины потока атомов после прохождения сгустком «толстой» мишени из паров магния. Видно, что все кривые имеют тенденцию к насыщению, причем величины равновесного потока для водородной и магнитной мишени находятся в разумном соответствии. Пунктирная кривая соответствует теоретической зависимости потока атомов от давления,

полученной при следующих значениях параметров: равновесный поток атомов $I_{\infty}^0 = 36$ отн. ед.; нейтральная фракция при перезарядке протонов с энергией 5 кэВ на молекулярном водороде $\Phi_{10}^0 = 0,9$ [4], сечение перезарядки $\sigma_{10} = 8 \cdot 10^{-16}$ см² [5]. Кривые 1 и 2 получены для пушек модели I и II соответственно без ведущего магнитного поля. Видно, что для пушки модели II поток атомов при давлении остаточного газа $\bar{p} = 5 \cdot 10^{-7}$ торр менее 10% равновесного потока. В то же время для пушки модели I эта величина составляет приблизительно 35%.

Условия эксперимента, при которых были получены кривые 1 и 2, различаются только местом расположения отверстий для газа в пушке. Поэтому ответственной за различие в компонентном составе быстрого сгустка может быть только сама пушка. Этот вывод согласуется с упомянутой выше гипотезой [1], в соответствии с которой действительно можно ожидать увеличения потока быстрых атомов при увеличении расстояния от конца электрода до центров отверстий для газа.

Таким образом, при подходящем выборе геометрии и режима работы коаксиальная плазменная пушка может генерировать атомы водорода со скоростью $v \approx 10^8$ см/сек, число которых, определенное в приосевой области на расстоянии 6 м от пушки, может достигать 35% полного числа частиц в быстром сгустке.

Поступило в Редакцию 11/XI 1970 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Э. П. Кругляков, В. К. Малиновский, Ю. Н. Нестерихин. «Магнитная гидродинамика», 4, 80 (1965).
2. P. Gleersen. Phys. Fluids, 12, 945 (1969).
3. К. Б. Карташев и др. ЖЭТФ, 59, 779 (1970).
4. В. А. Опарин и др. ЖЭТФ, 52, 369 (1967).
5. P. Stier, C. Barnett. Phys. Rev., 103, 896 (1956).

Уважаемые читатели!

ЕСЛИ ВЫ ХОТИТЕ ПРИОБРЕСТИ ОТДЕЛЬНЫЕ НОМЕРА ЖУРНАЛА «АТОМНАЯ ЭНЕРГИЯ», ИЗВЕЩАЙТЕ НАС ОБ ЭТОМ ЗА 1,5—2 МЕСЯЦА ДО ВЫХОДА ИНТЕРЕСУЮЩЕГО ВАС НОМЕРА В СВЕТ (В ИЮНЕ ЗАКАЗЫВАЙТЕ АВГУСТОВСКИЙ ВЫПУСК, В ИЮЛЕ — СЕНТЯБРЬСКИЙ И Т. Д.).

ЗАЯВКИ ШЛИТЕ ПО АДРЕСУ: МОСКВА, 101876, УЛ. КИРОВА, 18, РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛА «АТОМНАЯ ЭНЕРГИЯ»

РЕДАКЦИЯ