

КОРПУСКУЛЯРНЫЕ
МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ

УДК 533.916.082

ЦЕЗИЕВЫЙ АНАЛИЗАТОР АТОМОВ НИЗКИХ ЭНЕРГИЙ

© 1994 г. В. Г. Дудников, С. Ю. Таскаев, Г. И. Фиксель

Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН, 630090 Новосибирск, Россия

Поступила в редакцию 08.07.93 г.

Описывается анализатор атомов перезарядки низких энергий, основанный на преобразовании атомов водорода в отрицательные ионы на мишени паров цезия. Приводятся результаты измерений анализатором. Предлагаются пути дальнейшего усовершенствования анализатора.

В изучении плазмы несомненный интерес представляет анализ атомов перезарядки. Анализ атомов низких энергий (~100 эВ) сопряжен с трудностями, связанными либо с тем, что для большинства традиционных методик эффективность преобразования атомов в ионы падает с уменьшением энергии от 1 кэВ и становится недопустимо малой в области 100 эВ, либо с достаточно сложной техникой, позволяющей получать приемлемую эффективность преобразования.

Одним из методов, не требующих выполнения довольно жестких условий, характерных для других (например, поддержание высокого вакуума и контроль за состоянием поверхности), основан на преобразовании атомов в отрицательные ионы на мишени паров цезия. Экспериментальные [1, 2] и теоретические работы [3] указывают, что в области энергий 100 ... 1000 эВ может быть достигнута высокая эффективность преобразования атомов водорода в отрицательные ионы. Минимальная разница потенциалов ионизации цезия (3.89 эВ) и электронного сродства водорода (0.75 эВ) позво-

ляет осуществить это преобразование с незначительной потерей энергии.

Для преобразования атомов в отрицательные ионы на мишени паров цезия была разработана импульсная цезиевая мишень [4], и на ее основе создан анализатор атомов низких энергий, схема которого представлена на рис. 1. Струя цезия создается при открывании клапана, в которой цезий нагревается до температуры 350°C, и формируется уплотняющей крышкой и стенками корпуса. Плотность потока цезия контролируется датчиком с поверхностной ионизацией. Получаемая цезиевая мишень длительностью более 10 мс имеет толщину 10^{14} см⁻², что позволило достигнуть 5 ... 10%-ного преобразования атомов водорода энергией 100 ... 1000 эВ в отрицательные ионы. Ионы анализируются по энергии 45-градусным электростатическим анализатором и регистрируются детектором с микроканальной пластиной (МКП) с коэффициентом усиления до 10^4 . Для уменьшения зависимости коэффициента усиления МКП от энергии ионов последние доускоряются в

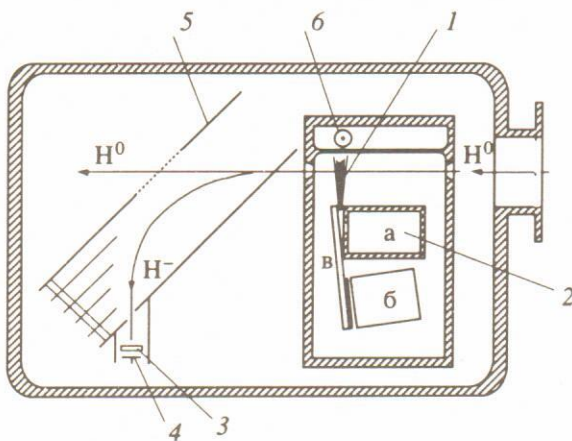


Рис. 1. Цезиевый анализатор атомов низких энергий: 1 - струя цезия; 2 - импульсный клапан (а - контейнер с цезием, б - электромагнит, в - уплотняющая крышка); 3 - микроканальная пластина; 4 - детектор; 5 - 45-градусный электростатический анализатор; 6 - датчик потока цезия.

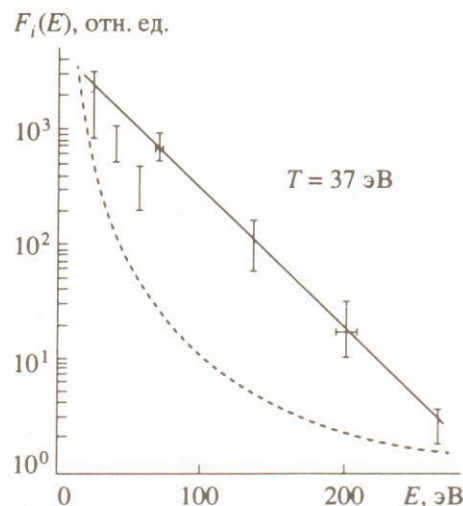


Рис. 2. Энергетическое распределение ионов плазменной струи. Чувствительность анализатора показана пунктирной кривой.

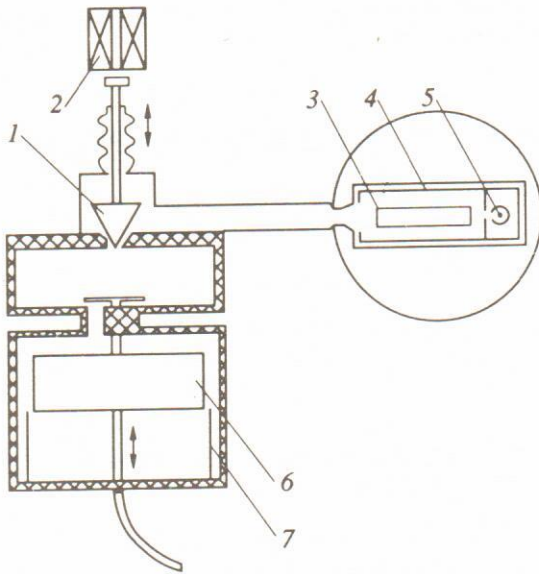


Рис. 3. Схема проектируемой цезиевой мишени: 1 — клапан, 2 — электромагнит, 3 — входная щель для потока атомов в перезарядную камеру, 4 — конденсирующие поверхности, 5 — датчик потока цезия, 6 — контейнер-ампула с цезием, 7 — стакан с острой кромкой для разбивания ампулы при опускании контейнера вниз.

промежутке между выходной щелью анализатора и входной поверхностью МКП. Отношение потоков цезия при открытом и закрытом клапане получено 500. Такая величина уплотнения клапана обеспечивала возможность работы при однократной заправке цезия (~0.1 г) в течение 10 час с количеством открываний клапана до 10^3 . Вынос цезия из анализатора существенно ограничен коллимацией и присутствием конденсирующих поверхностей.

Анализатором были измерены распределения по скорости атомов перезарядки плазмы в диапазоне энергий 30 ... 3000 эВ на установках МАЛ и

АМБАЛ-Ю [3, 5]. Эти экспериментальные данные оказались полезными в объяснении целого ряда явлений в плазме. Характерный спектр ионов плазмы, полученный с использованием анализатора, представлен на рис. 2. В данных экспериментах чувствительность анализатора по плотности потока атомов составила 10^{-9} экв. А/см² при энергетическом разрешении 0.07.

Для более адекватного соответствия условиям работы на крупных плазменных установках, в частности АМБАЛа-М, и улучшения характеристик анализатора разрабатывается новая импульсная цезиевая мишень, схема которой представлена на рис. 3. Увеличение времени работы с цезиевой мишенью должно быть достигнуто как изменением уплотнения клапана, так и увеличением загружаемой порции цезия. Причем масса нагреваемого цезия дозируется в результате возможности разбивания при хороших вакуумных условиях необходимого количества загружаемых в клапан ампул с цезием. Процедура замены цезия значительно облегчена. Предусмотрен дифференциальный нагрев разных частей клапана и перезарядной камеры. Все это позволяет надеяться на успешное применение анализатора в плазменных экспериментах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Meyer F.W. // J. Phys. B: Atom. Molec. Phys. 1980. V. 13. P. 3823.
2. Schlachter A.S. // Proc. Symp. on the Production and Neutralization of Negative Ions and Beams. Brookhaven Laboratory. 1977. BNL 50727. P. 11.
3. Dudnikov V.G., Efimov V.P., Fiksel' G.I. // Instrum. and experimental techn. 1983. V. 26. № 6. Pt. 2. P. 1404.
4. Olson R.E. // Phys. Lett. 1980. V. 77A. P. 143.
5. Таскаев С.Ю. Препринт № 90-139. Новосибирск: ИЯФ СО АН СССР, 1990.