

П-389

ЖТФ, 1969, т. 39, в. 2, с. 1622-1624

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

Р9 - 3589



Ю.А.Плис, Л.М.Сороко

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

ИССЛЕДОВАНИЕ ИОНИЗАЦИИ
ПОЛЯРИЗОВАННЫХ АТОМОВ ВОДОРОДА В РАЗРЯДЕ
ПЕННИНГА

1967.

P9 - 3589

5500/2 up.

Ю.А.Плис, Л.М.Сороко

ИССЛЕДОВАНИЕ ИОНИЗАЦИИ
ПОЛЯРИЗОВАННЫХ АТОМОВ ВОДОРОДА В РАЗРЯДЕ
ПЕННИНГА

Направлено в ЖТФ

Физический институт
Энергии Исследования
БИБЛИОТЕКА

Для получения эффективной ионизации атомного пучка в источнике поляризованных ионов необходимо выполнение следующих условий:

1) атомный пучок должен взаимодействовать с максимально возможным электронным током;

2) средняя энергия электронов должна находиться в области максимального сечения ионизации;

3) взаимодействие должно иметь максимальную длину;

4) получающиеся ионы должны вытягиваться из всей области ионизации.

Как правило, эти требования взаимно противоречивы. В ионизаторе без магнитного поля, разработанном в Харькове^{/1/}, электронный пучок движется соосно с атомным на длине ионизации, равной 6 см. Вытягивание и фокусировка ионов обеспечиваются полем электродов и полем объемного заряда электронного облака. Расчетная степень поляризации протонов в такой конструкции источника составляет 50%. Более высокую степень поляризации, приближающуюся к 100%, можно получить с использованием высокочастотного поляризатора путем ионизации атомов в сильном магнитном поле. Благоприятными характеристиками с точки зрения вышеперечисленных требований обладает ячейка Пеннинга^{/2/}, в которой колеблющиеся электроны облака создают внутри анода продольный градиент потенциала, обеспечивающий эффективное вытягивание ионов.

Исследование процесса ионизации атомов производилось на установке, схема которой показана на рис. 1. Для входа атомов в разряд в первом катоде проделано отверстие диаметром 6 мм и глубиной 20 мм. Такое же отверстие во втором катоде диаметром 9 мм служит для выхода ионов. Расстояние между

катодами равно 50 мм. Большинство измерений выполнено с анодом длиной 36 мм и внутренним диаметром 12 мм. Для поджига разряда использовалась нить накала от лампы ЛМ-2, расположенная между анодом и катодом.

Ионы, вытнутые из разряда, фокусировались трехэлектродной электростатической линзой. Камера ионизации находилась в магнитном поле. При зазоре между полюсами 80 мм и токе возбуждения 150 ампер, магнитное поле равнялось 2100 эрстед в центре медианной плоскости и 1800 эрстед – у полюсов.

Интенсивность атомного пучка, проходящего разряд Пеннинга, измерялась компрессионной трубкой, подсоединенной к ионизационной лампе ЛМ-2. Размеры компрессионной трубки: длина 70 мм, диаметр 10 мм. Калибровочный коэффициент ионизации для атомов водорода равен $k = 6,7 \cdot 10^{20}$ I/мм рт.ст. ($\pm 10\%$)^{1/3}. Компрессионная трубка одновременно выполняет функции цилиндра Фарадея при измерении ионного тока. Для этого на трубку надето кольцо, так что ионный ток захватывается на площади круга диаметром 20 мм. Для того чтобы вторичные электроны, выбиваемые из такого приемника тока, не искажали результатов измерений, к цилиндру Фарадея прикладывается постоянный потенциал + 300 вольт.

На некотором расстоянии от ионизатора располагается отклоняющий магнит для анализа ионов по массам и энергии.

Камера ионизации откачивалась паромасляным насосом ЦВЛ-100 с азотной ловушкой и включенным параллельно титановым насосом. Диаметр титаново-молибденовой проволоки – 2 мм, длина 400 мм. Давление в камере ионизации составляло $(0,5-1,0) \cdot 10^{-6}$ мм рт.ст. Измерительная камера откачивалась насосом ВА-2-3 с азотной ловушкой до давления $2 \cdot 10^{-7}$ мм рт.ст. Объем, где расположен шестипольный магнит и СВЧ-поляризатор, откачивался насосом ВА-8-7 с азотной ловушкой до давления $1 \cdot 10^{-6}$ мм рт.ст. Расстояние от выходного конца шестипольного магнита до камеры ионизации составляло 1 метр.

Исследование оптимального режима работы ионизатора проводилось при остаточном давлении в камере ионизации в отсутствие пучка атомов водорода.

С увеличением анодного напряжения после поджига разряда ионный ток возрастает практически линейно (рис. 2). Это согласуется с предположением, что накопленный электронный заряд увеличивается пропорционально напряжению на аноде. Наличие в ионизаторе отрицательного заряда приводит к значительному уменьшению потенциала электрического поля на оси. Средняя энергия ионов, измеренная с помощью отклоняющего электромагнита, оказалась равной 0,7 эв

при анодном напряжении $U_a = 3,9$ кв, т.е. на 3,2 кв меньше анодного напряжения.

На рис. 3 показана зависимость ионного тока от напряженности магнитного поля. При достаточно большом поле ионный ток практически не увеличивается. Поток атомов, прошедших через входную диафрагму катода в камеру ионизации, составлял около 10^{14} 1/сек. В оптимальных условиях ($U_a = 4,5$ кв, $H = 2000$ эрстед) добавочный ионный ток, обусловленный атомным пучком, равнялся $\approx 1 \cdot 10^{-8}$ ампер, что соответствует эффективности ионизации на один атом равной $(0,7 \pm 0,15) \cdot 10^{-3}$.

В следующей серии измерений после небольших изменений в установке эффективность ионизации была измерена при длине анода 130 мм и диаметре 18 мм. Отверстие в катоде для выхода ионов равнялась также 18 мм. Для поддержания разряда в этих условиях нить накала пришлось нагревать постоянно. Напряженность магнитного поля вдоль оси анода изменялась от 1700 эрстед в центре до 1100 на краях. Измеренная эффективность ионизации оказалась равной $(2,7 \pm 0,6) \cdot 10^{-3}$.

Таким образом, в пределах ошибок измерений эффективность ионизации оказалась пропорциональной длине анода при прочих равных параметрах.

Проведенные нами измерения согласуются с результатом работы /4/ (Новая Зеландия), где в аналогичных условиях при длине анода 160 мм была получена эффективность ионизации, равная $3 \cdot 10^{-3}$.

Л и т е р а т у р а

1. Р.П.Слабоспицкий, И.М.Карнаухов, И.Е.Киселев, ЖТФ, 36, 2145, (1966).
2. Ду Сюе-жень, Ю.А.Плис, В.М.Сороко, Л.М.Сороко. Установка для получения интенсивных молекулярных пучков с помощью сверхзвукового сопла, Препринт ОИЯИ, Р-1439, 1963; ПТЭ, № 6, 104, (1964).
3. J.C.Helmer and R.L.Jepsen, Proc. IRE, 49, N12, 1920 (1961).
4. H.F.Glavish, E.R.Collins, B.A.Mac Kinner and J.J.Walker Proc. 2-nd Intern. Symp. on Polarized Phenomena of Nucleons. Basel. 1966, p.85.

Рукопись поступила в издательский отдел

14 ноября 1967 года.

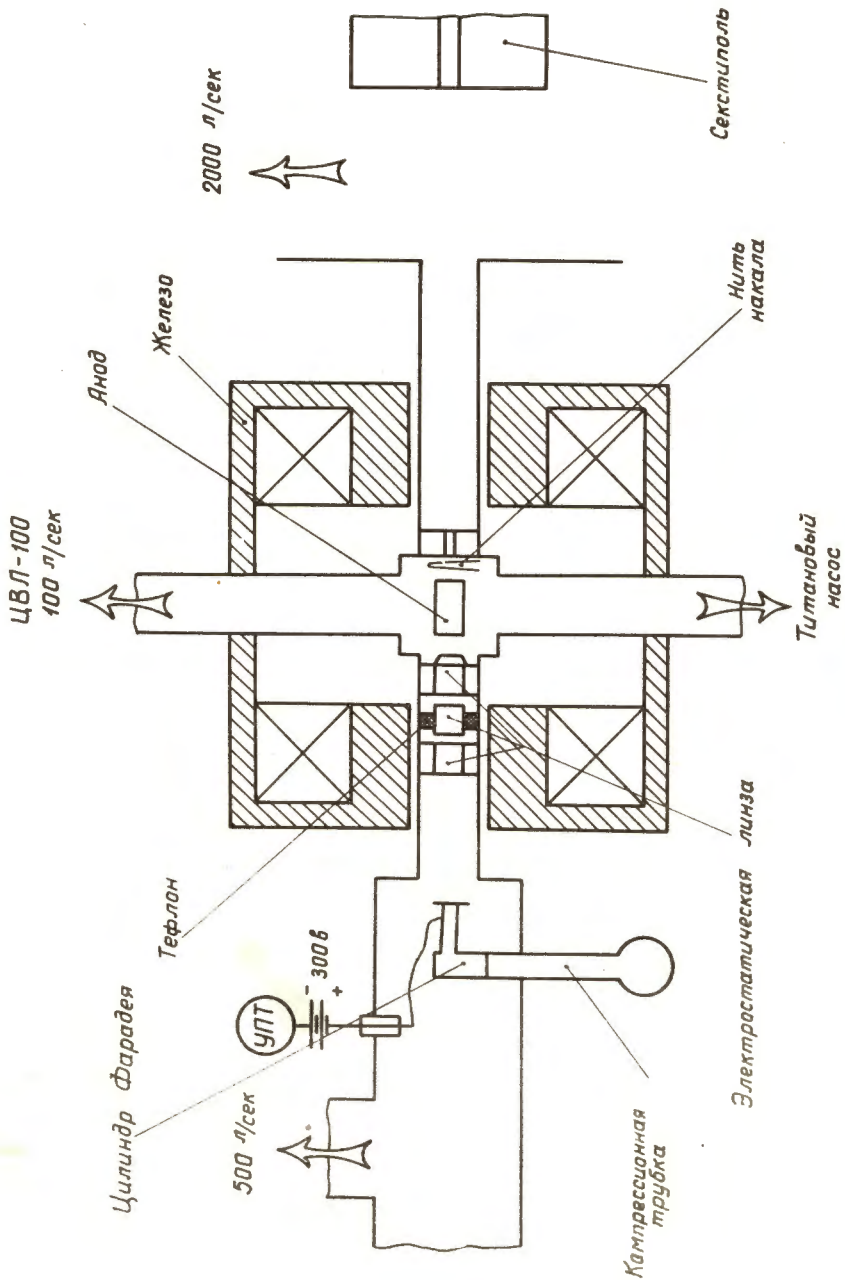


Рис. 1. Схема коллиматора Пеннинга.

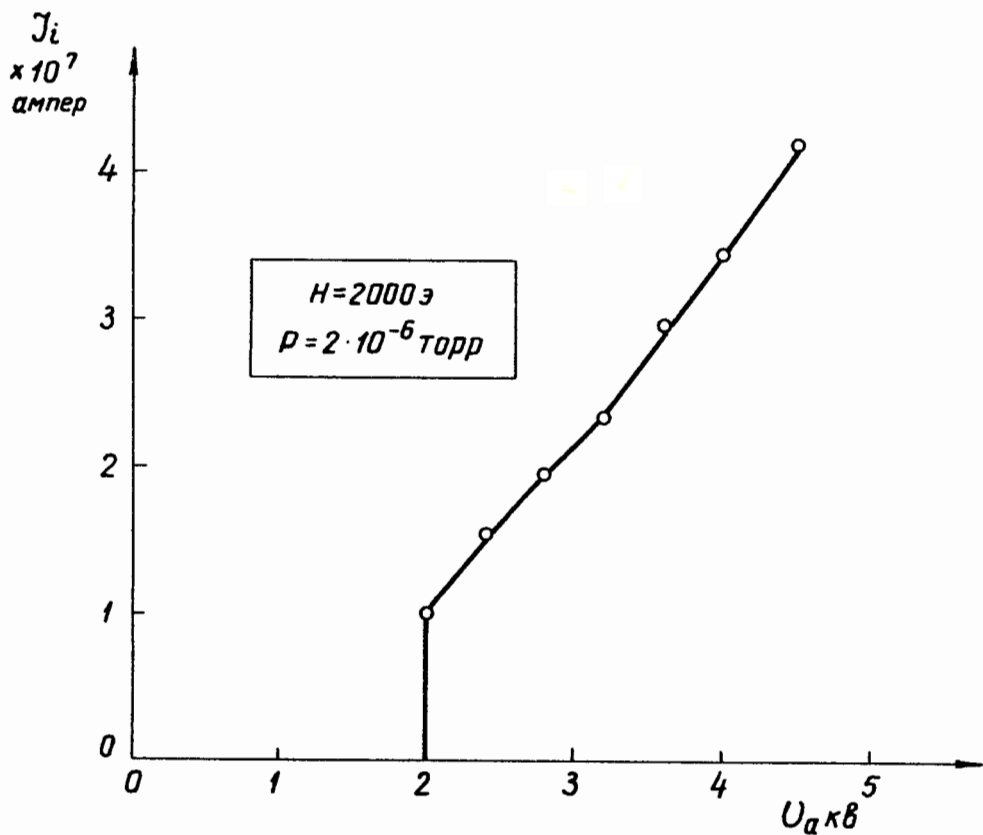


Рис. 2. Зависимость ионного тока от анодного напряжения.

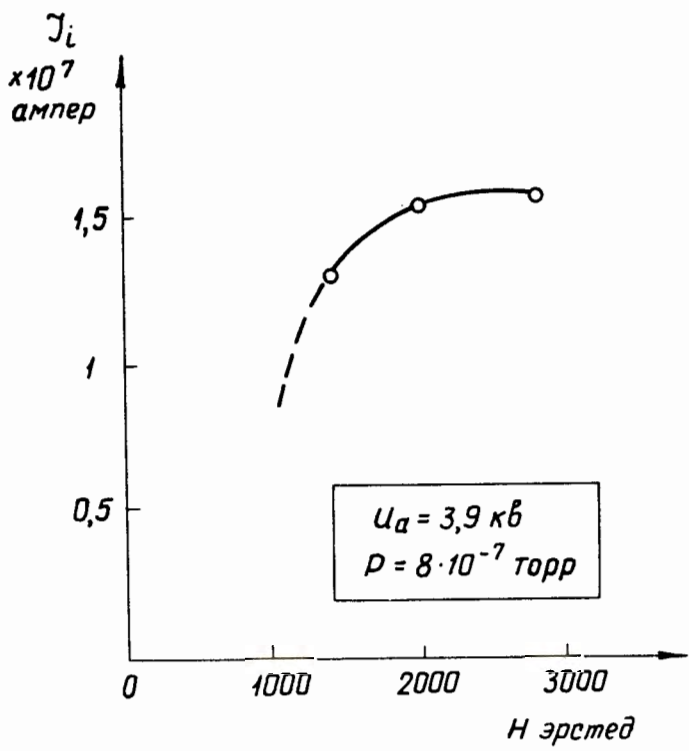


Рис. 3. Зависимость ионного тока от напряженности магнитного поля.