

34

**И Н С Т И Т У Т
ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ СОАН СССР**

ПРЕПРИНТ И Я Ф 77-47

Е.Д.Бендер, М.Е.Кишиневский, И.И.Морозов

**АКТИВАЦИЯ МОЛИБДЕНОВОЙ ПОВЕРХ -
НОСТИ ВОДОРОДНОЙ ПЛАЗМОЙ ДЛЯ
ПОЛУЧЕНИЯ ИОНОВ H^- ВТОРИЧНО -
- ЭМИССИОННЫМ МЕТОДОМ**

Новосибирск

1977

Е.Д.Бендер, М.Е.Кишиневский, И.И.Морозов

АКТИВАЦИЯ МОЛИБДЕНОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ ВОДОРОДНОЙ
ПЛАЗМОЙ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ИОНОВ H^- ВТОРИЧНО-ЭМИССИОННЫМ
МЕТОДОМ

А Н Н О Т А Ц И Я

В работе показано, что путем облучения цезированной поверхности молибдена водородной плазмой можно быстро насытить её водородом так, что при последующей бомбардировке её положительными ионами цезия эмиттируются до 5×10^{16} вторичных отрицательных ионов водорода с 1 см^2 . Коэффициент вторичной эмиссии ионов H^- при этом достигает сразу после начала бомбардировки значения 1,45 при энергии бомбардирующих ионов цезия 1,7 КэВ. Обогащение поверхности водородом приводит также к сильному возрастанию вторичной ионно-электронной эмиссии.

В в е д е н и е

Эмиссия отрицательных ионов с металлической поверхности под действием ионной бомбардировки является эффективным методом генерации интенсивных пучков отрицательных ионов /1/-/5/. В поверхностно-плазменных источниках отрицательных ионов водорода /1/ эмиттирующая поверхность, покрытая пленкой цезия бомбардируется быстрыми ионами и атомами из разряда в водороде. В работах /3/-/5/ отрицательные ионы образуются при бомбардировке положительными цезия.

В работе /5/ показано, что стационарная интенсивность пучков отрицательных ионов водорода в этом случае ограничивается малой скоростью адсорбции водорода поверхностью из молекулярной фазы. Скорость адсорбции не удается повысить путем увеличения давления водорода в системе.

В настоящей работе показано, что поверхность молибдена можно быстро насытить водородом, если подавать его на поверхность не из молекулярной фазы, а из плазмы газового разряда.

1. Экспериментальная установка

Для эксперимента мы использовали установку с вращающимся диском, описанную в /5/, с некоторыми изменениями. Схема опыта изображена на рисунке 1. Эмиттером отрицательных ионов служил молибденовый диск 1. Изучаемую площадку на периферии диска можно было поочередно подставить под источник положительных ионов цезия и под импульсную плазменную пушку.

Ионы цезия образовывались поверхностной ионизацией на накаливаемых вольфрамовых пластинах 2 и ускорялись разностью потенциалов, приложенной между пластинами и диском. Пары цезия подавались по каналам 3 в корпусе источника, который находился под тем же потенциалом, что и пластины. Расстояние от щели между пластинами до диска было около 3 мм.

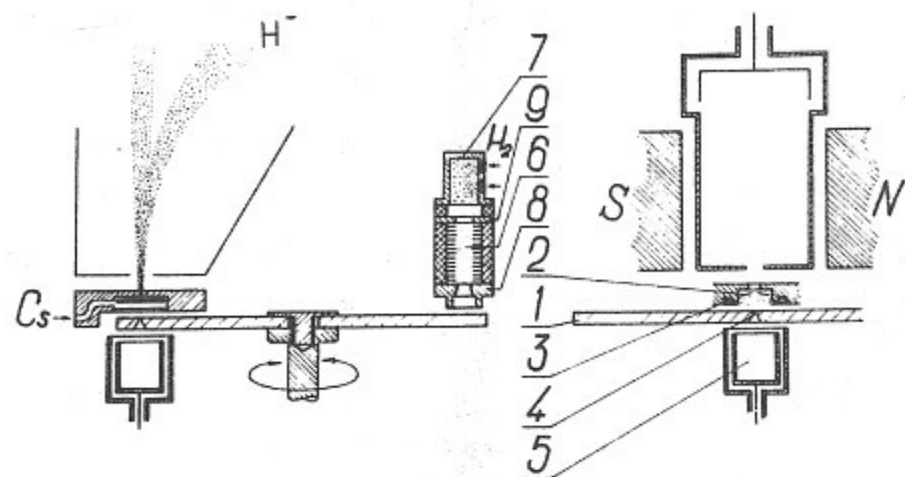


Рис. 1. Схема эксперимента:

1 — молибденовый диск, 2 — ионизаторы цезия, 3 — каналы для подачи цезия, 4 — отверстие в диске, 5 — коллектор ионов Cs^+ , 6 — канал плазменной пушки, 7 — катод, 8 — анод, 9 — поджигающий электрод.

Зазор между корпусом и поверхностью диска был около 2 мм, размеры эмиссионной щели для отрицательных ионов $2 \times 1 \text{ мм}^2$. Размеры зазоров были минимизированы для увеличения давления паров цезия в области бомбардировки. Ускоряющее напряжение менялось в пределах 1–2 кВ, максимальная плотность тока бомбардировки достигала $2,5 \text{ мА/см}^2$. Плотность тока бомбардировки измерялась через отверстие 4 в диске диаметром 0,87 мм коллектором 5. Для отделения отрицательных ионов водорода от более тяжелых частиц и от электронов параллельно поверхности диска во время бомбардировки прикладывалось магнитное поле величиной в 600 Гс.

Плазменная пушка подобна предложенной в /6/. Дуговой разряд горел в канале 6 диаметром 3 мм и длиной 10 мм, который состоял из изолированных друг от друга и от других электродов медных шайб. Водород подавался импульсным клапаном /7/ через отверстия в дюралюминиевом катоде 7. Плазма попадала на поверхность диска через отверстие в аноде 8. Разряд поджигался коротким высоковольтным импульсом на поджигающий электрод 9. Под-

жигающий импульс подавался одновременно с импульсом тока, который открывал клапан, чтобы газ не попадал на поверхность раньше плазмы. Импульс тока разряда амплитудой 110–120 А и длительностью в несколько миллисекунд формировался батареей конденсаторов емкостью 2000 мкФ при напряжении 200 В через сопротивление 1,2 Ом. Измеренная плотность количества ионов плазмы, попадающих за импульс на поверхность, при этом составляла 10^{17} ионов/ см^2 . Можно ожидать, что доля водородных положительных ионов в плазме, попадающей на поверхность было свыше 90% /8/. Электронная температура в подобных пушках должна быть примерно 4 эВ/8/. Однако в нашем случае разряд сопровождался шумами и поэтому не исключено, что электроны были более горячими.

Давление остаточного газа в вакуумной системе, откачиваемой магниторазрядным насосом было порядка 10^{-6} Торр.

2. Измерения и результаты

Эксперименты проводились следующим образом. Вначале изучаемая площадка на поверхности диска бомбардировалась ионами цезия до тех пор, пока ток отрицательных ионов через эмиссионную щель не принимал малого стационарного значения. Затем напряжение бомбардировки и магнитное поле отключались, диск поворачивался так, чтобы изучаемое место оказалось под плазменной пушкой и подавались один или несколько импульсов плазмы. После этого диск возвращался в исходное положение и включалось магнитное поле и напряжение бомбардировки. Временная зависимость тока отрицательных ионов регистрировалась осциллографом.

Подача паров цезия путем нагрева контейнера с металлическим цезием доводилась до такой величины, чтобы ток ионов цезия ограничивался только пространственным зарядом. Благодаря этому ток цезия не менялся во время бомбардировки.

На рис. 2 изображена временная зависимость полного тока отрицательных ионов после включения бомбардировки при различном количестве импульсов плазмы от 1 до 4. Разность потенциалов между диском и анодом плазменной пушки была равна нулю.

Масс-анализ показал, что доля тяжелых частиц в токе отрицательных ионов не превышала 5%. Длительность тока тяжелых от-

рицательных ионов после начала бомбардировки не превышала 0,1 сек.

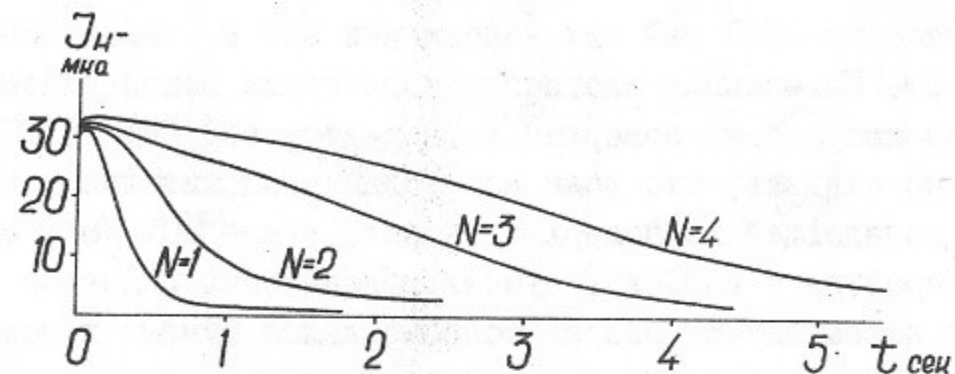


Рис.2. Зависимость тока отрицательных ионов водорода J_{H^-} от времени t после начала бомбардировки при различном числе импульсов плазмы N .

Кривые рис.2 получены при энергии ионов цезия 1,5 КэВ, ток ионов цезия в отверстие в диске был 9 мкА. При подаче отрицательного потенциала 10 вольт на диск относительно анода плазменной пушки во время импульса плазмы длительность тока ионов H^- , выбитых затем при бомбардировке цезием, возрастает. Так, например, разница в количестве выбитых ионов H^- между четырьмя и тремя импульсами плазмы увеличивается на 20%.

Коэффициент вторичной эмиссии отрицательных ионов водорода K^- вычислялся по формуле:
$$K^- = \frac{J_{H^-}}{J_{Cs^+}} \cdot \frac{S}{S-s}$$

где J_{Cs^+} — ток ионов цезия на коллектор, S' — площадь отверстия в диске, S — площадь эмиссионной щели. В нашем случае $\frac{S}{S-s} = 0,4$.

Зависимость коэффициента вторичной эмиссии ионов H^- в начале бомбардировки от энергии ионов цезия приведена на рис.3

Измерения вторичного электронного тока с поверхности при бомбардировке ионами цезия показали, что электронная эмиссия

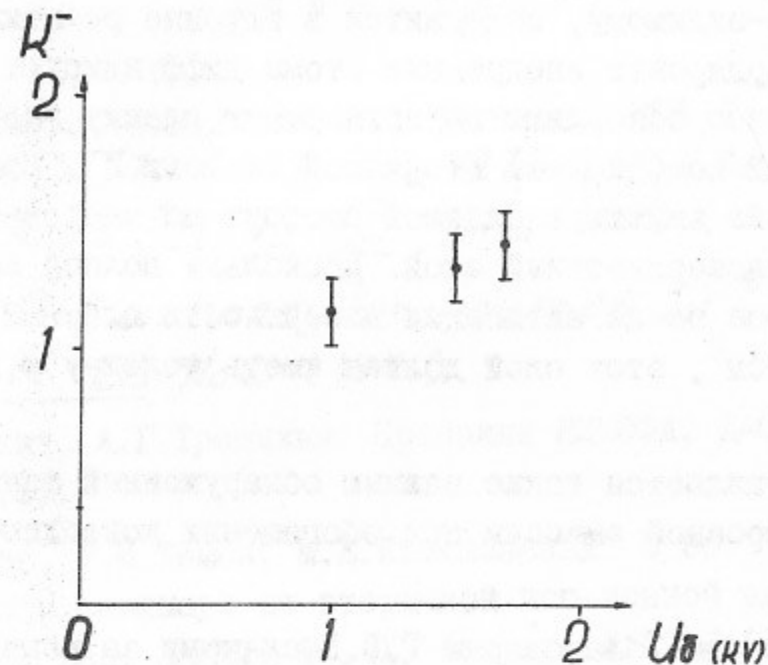


Рис.3. Зависимость коэффициента вторичной эмиссии отрицательных ионов водорода K^- от энергии бомбардирующих ионов цезия

сильно возрастает после облучения поверхности плазмой. Электронный ток при энергии ионов цезия 1,5 КэВ примерно в 5 раз превышает ток отрицательных ионов. Временная зависимость электронного тока примерно такая же, как и тока отрицательных ионов, но с более ранним распадом.

Обсуждение

Тот факт, что коэффициент вторичной эмиссии отрицательных ионов водорода не растет выше некоторого значения с увеличением числа импульсов говорит о том, что этот коэффициент определяется концентрацией водорода на самой поверхности металла. Минимальное количество ионов H^- , которые эмитируются при таком же начальном коэффициенте вторичной эмиссии после включения бомбардировки равно примерно $10^{15}/\text{см}^2$. Это число, скорее всего, и есть верхний предел количества атомов водорода на поверхности (следует учесть, что коэффициент отрицательной ионизации вторичных водородных частиц может быть меньше 1). Весь остальной запасен-

ный водород, по-видимому, содержится в глубине решетки. Под действием бомбардировки внедренные атомы диффундируют к поверхности и непрерывно обновляют поверхностную пленку водорода, поддерживая высокий коэффициент вторичной эмиссии H^+ . Можно думать, что активирование эмиттера плазмой состоит во внедрении ионов из плазмы в приповерхностный слой. Поскольку полное количество ионов H^+ , выбитое после активации поверхности плазмой достигает величины $5 \cdot 10^{16} \text{ см}^2$, этот слой должен иметь толщину в десятки атомных слоев.

Нам представляется также важным обнаруженный факт повышения ионно-электронной эмиссии при обогащении поверхности водородом.

Авторы искренне благодарны Г.В.Рослякову за ценные консультации при конструировании и отладке плазменной пушки, а также Г.И.Димову за внимание к работе.

Л и т е р а т у р а

1. Ю.И.Бельченко, Г.И.Димов, В.Г.Лудников, ЖТФ, XLV, 68 (1975).
2. K. Prelec, Th. Sluyters, Proc. 1975 Particle Accel. Conf. IEEE Trans. Nucl. Sci. NS-22, No. 3, 1662 (1975).
3. Intern. Conf. on heavy Ion Sources, IEEE Trans. Nucl. Sci. NS-23 No 2 (1976).
4. Г.В.Чемякин, А.Г.Трошихин. Препринт НИИЭФА, Д-0272, Ленинград (1976).
5. Е.Д.Бендер, Г.И.Димов, М.Е.Кишиневский. В сб. "Труды I-го Всесоюзного семинара по вторичной ион-ионной эмиссии, Харьков, 1975; Деп. ВНИИТИ 30.IX.75, рег. № 2783.75., препринт ИЯФ 75-9 (1975), Новосибирск.
6. Г.И.Димов, Ю.Г.Конonenko, О.Я.Савченко, В.Г.Шамовский, ЖТФ, 38, 997 (1968).
7. Г.Е.Деревянкин, В.Г.Лудников, П.А.Журавлев, ПТЭ, 5, 188 (1975).
8. Г.В.Росляков. Кандидатская диссертация, Новосибирск, 1974.

Работа поступила - 26 мая 1977 г.

Ответственный за выпуск - С.Г.ПОПОВ
Подписано к печати 21.VI-1977 г. МН 02870
Усл. 0,5 печ.л., 0,4 учетно-изд.л.
Тираж 200 экз. Бесплатно
Заказ № 47.

Отпечатано на ротационной ИЯФ СО АН СССР