

Таким образом, экспериментально установлено, что отбор ионов через широкую апертуру в катоде электродной структуры разряда с полым катодом возможен при строгом соблюдении очередности подачи напряжения, ускоряющего ионы и зажигающего разряд.

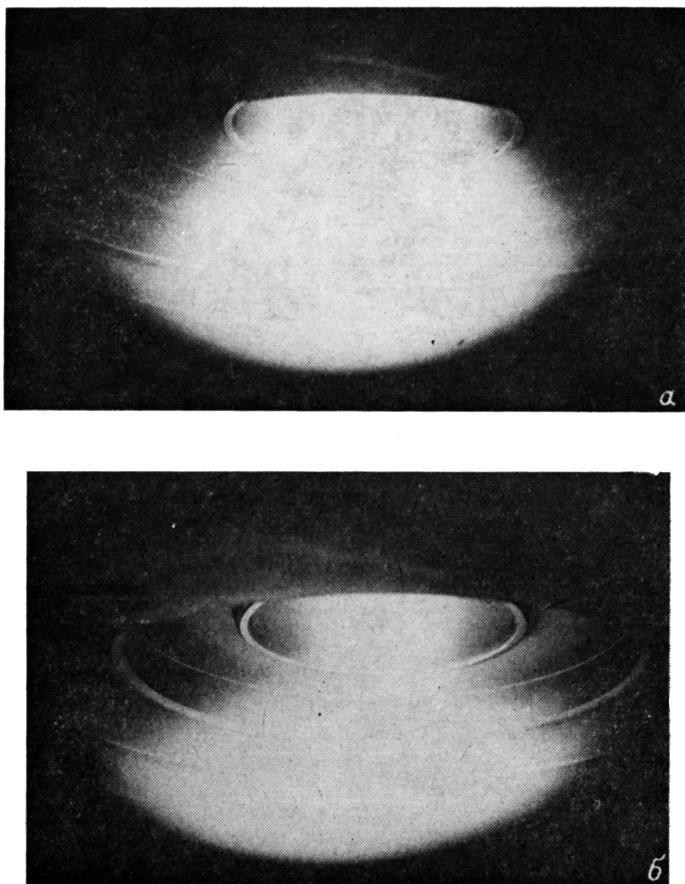


Рис. 3. Проникающая плазма на выходе ускоряющего электрода.

Список литературы

- [1] Глазов А. А., Кузмяк М., Новиков Д. Л. и др. // ПТЭ. 1964. № 1. С. 34—37.
- [2] Семенов А. П. // ПТЭ. 1984. № 5. С. 23—24.
- [3] Крейндель Ю. Е. Плазменные источники электронов. М.: Атомиздат, 1977. 144 с.

Бурятский институт естественных наук
СО АН СССР
Улан-Удэ

Поступило в Редакцию
1 марта 1990 г.

05
© 1991 г.

Журнал технической физики, т. 61, в. 5, 1991

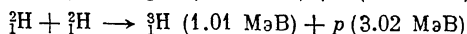
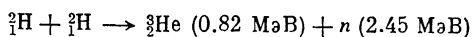
ЯДЕРНЫЙ СИНТЕЗ В ТВЕРДОМ ТЕЛЕ

В. А. Ромоданов, В. И. Савин, М. В. Шахурин, В. Т. Чернявский, А. Е. Пустовит

В работах [1, 2] сообщалось о «холодном» ядерном синтезе при электролизе тяжелой воды с палладиевым катодом. Были зарегистрированы потоки нейтронов и трития до 10^4 с^{-1} , а избыток тепла в единицах «бриквивэн» до 1000 % по работе [1]. Последующая, уже довольно

многочисленная информация однозначных доказательств возможности осуществления реакции указанным способом с выходом нейтронов и тепла не дает [3-5].

Известно, что в дейтериевой плазме возможны два канала реакции синтеза



с эффективными сечениями 0.09 и 0.16 барн соответственно, т. е. оба канала реакции ${}^2_1\text{H}{}^2_1\text{H}$ практически равновероятны. При низких энергиях соотношение вероятностей этих реакций может измениться [6].

Цель настоящей работы заключалась в исследовании возможности осуществления реакции синтеза при взаимодействии газообразного дейтерия с различными металлами в условиях тлеющего разряда.

Конструкция установки, описанная в [7], позволяла нагревать образец до 2800 К как прямонакальным нагревателем, так и ионной бомбардировкой. Контроль состава газа в рабочей камере и в полости образца осуществлялся масс-спектрометром МХ-7304. Чувствительность по водороду составляла 10^{-12} — 10^{-13} моль \cdot с $^{-1}$.

Регистрация нейтронов осуществлялась системой РТН, в которой использовались 60 датчиков нейтронов типа СНМ-12, соединенных параллельно по типу «коврового счетчика» и окружающих реакционную камеру по образующей. В качестве замедлителя использовали слой парафина толщиной 0.035 м. Дополнительно в качестве независимого регистрирующего средства измерения использовали дозиметрический прибор РУП-1, предварительно откалиброванный по источнику нейтронов на основе калифорния-252. Эффективность системы измерения мы быстрым нейтронам оценивается в 6 %.

Образцы являлись катодом тлеющего разряда и представляли собой или диски диаметром 0.02 м и толщиной 0.05—5 мм, или полые закрытые с одной стороны цилиндры, внутренняя полость которых сообщалась с масс-спектрометром.

Напряжение разряда в дейтерии варьировали в пределах 100—1000 В, плотность тока составляла 25—500 А \cdot м $^{-2}$, давление дейтерия поддерживали в пределах 500—15 000 Па, а температура образца в процессе исследований задавалась от 300 до 2100 К. В экспериментах использовали газообразный дейтерий с содержанием протия в атомных долях до 5 %.

Первые эксперименты были проведены на паллади, для которого системой измерения нейтронов РТН был зафиксирован уровень импульсов до 10^4 имп \cdot с $^{-1}$. Инкабационный период составлял несколько секунд, причем наблюдался осциллирующий характер уровня импульсов с постепенным уменьшением амплитуды колебаний до нуля примерно через 1000 с. В дальнейшем было установлено, что генерация импульсов происходит при использовании в качестве катода ряда других металлов, причем как гидридообразующих Ti, Zr, Y, Nb, Ta, V, Er, так и не образующих в обычных условиях гидридных фаз Cu, Mo, Fe, Ni, W, Al, Ag, Pb.

Тщательное сравнение показаний нейтронных регистраторов РТН и РУП-1 с колебаниями тока разряда показало связь этих явлений. При определенных параметрах разряда, в частности при уменьшении давления плазмообразующего газа, появлялись высокочастотные колебания тока и напряжения, случайным образом возникающие, с неодинаковой амплитудой как во времени, так и по отношению к нулевому уровню. Эти колебания воздействуют на регистраторы нейтронов, которые могут реагировать на них сериями импульсов. Катушка индуктивности, помещенная в этот момент на расстоянии 0.5—1 м от катода и подключенная к осциллографу С1-74, регистрировала пакеты высокочастотных, симметричных относительно нулевого уровня колебаний с частотой от 10 кГц до 10 МГц.

Такие результаты указывают на то, что обычно используемые LC-фильтры и дискриминаторы в стандартных регистраторах нейтронов не способны подавить наводки от высокочастотных колебаний, поскольку помехи идут как через входные цепи, так и через цепи питания. Тем не менее нейтроны могут генерироваться и в режиме неустойчивого горения тлеющего разряда, поэтому для дальнейших экспериментов изготовили регистратор нейтронов на базе РУП-1 со сплошной экранировкой всех частей по типу «клетки Фарадея».

Сравнительные испытания показали, что если без полного экранирования показания РУП-1 при неустойчивом разряде могли достигать до 20 — $100 \cdot 10^3$ имп \cdot с $^{-1}$, то полная экранировка при этих же режимах снизила уровень до фоновых, т. е. до 0.002 имп \cdot с $^{-1}$. Таким образом, полное экранирование регистратора РУП-1 привело к увеличению соотношения сигнал—шум более чем в 10^6 раз. Результаты измерения потоков нейтронов с регистратором РУП-1 в экранированном и неэкранированном исполнениях представлены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Результаты регистрации потока нейтронов
($U = 600-1000$ В, $I = 25-35$ мА, $P = 80-450$ Па)

Материал катода	Уровень фона РУП-1, имп · ч ⁻¹	Число импульсов РУП-1, экран., имп · ч ⁻¹	Число импульсов РУП-1, незэкран., имп · с ⁻¹	Оценка потока нейтронов, с ⁻¹
Цезий	3—5	6—10	Всплески до 120	0.4
Палладий	3—5	6—7	10—100	0.3
Титан	3—5	0	500—5 · 10 ³	Фон, 0.2
Бор	3—5	10—11	50—150	0.4
Бериллий	3—5	3—5	20—100	Фон, 0.2
Литий	3—5	6—7	30—100	0.3

Примечание. $U = 600-1000$ В, $I = 25-35$ мА, $P = 80-450$ Па.

Из таблицы видно, что поток нейтронов, возникающий предположительно за счет реакции ядерного синтеза, для таких материалов, как Cs, Pd, В, Li, превышал фоновый уровень не более чем в два раза.

Параллельно провели поиск трития как масс-спектрометрическим методом, так и с использованием жидкостных сцинтилляторов по β -активности. Используемый в работе масс-спектрометр не обладал достаточной разрешающей способностью для непосредственного выявления трития по третьей массе (${}^3\text{H} = 3.29475$ а. е. м.) от комплекса ${}^1\text{H}{}^2\text{H} = 3.024927$ а. е. м. и от гелия-3 (${}^3\text{He} = 3.016029$ а. е. м.). Поэтому была предпринята попытка определить тритий масс-спектрометрическим методом по комплексам шестой массы (${}^2\text{H}_3$, ${}^1\text{H}_2$, ${}^3\text{He}_2^+$), поскольку вероятность образования тройного комплекса {дейтерия и двойного гелия-3 предполагалась достаточно малой. Комплексы с седьмой (${}^2\text{H}_2{}^3\text{H}$), восьмой (${}^1\text{H}_2{}^3\text{H}$, ${}^4\text{He}^+$ и девятой (${}^3\text{H}_2$) массами не были обнаружены. В эксперименте при одинаковой настройке масс-спектрометра и одинаковых потоках газа, контролируемых давлением при постоянной скорости откачки, сравнивали величину пика шестой массы, даваемую потоком дейтерия при прохождении через натекатель, минуя мембрану, и величины пиков шестой массы, даваемые дейтерием при прохождении через мембрану из ниобия, нагреваемую или резистивным нагревателем или ионной бомбардировкой из глеющего разряда (см. рисунок). Видно, что при одинаковых потоках (давлениях) дейтерия относительная высота пика шестой массы (кривая 3) при прохождении через мембрану в условиях бомбардировки ионами дейтерия в четыре—пять раз выше по сравнению с исходной (кривая 1). Интересно, что при нагреве мембраны излучением от резистивного нагревателя высота пика шестой массы (кривая 2) также увеличилась примерно в два раза по сравнению с исходной (кривая 1). Величина пика шестой массы составила около 10^{-4} от пика четвертой (дейтерия).

При измерении концентрации трития жидкостным сцинтилляционным методом улавливание дейтерия, прошедшего через мембрану из ванадия, осуществляли как с помощью насыщения титановых цилиндров, помещенных в полость образца, так и непосредственным сбором газа. Результаты измерения β -активности дейтерия, прошедшего через мембрану из ванадия при бомбардировке низкоэнергетическими ионами, представлены в табл. 2.

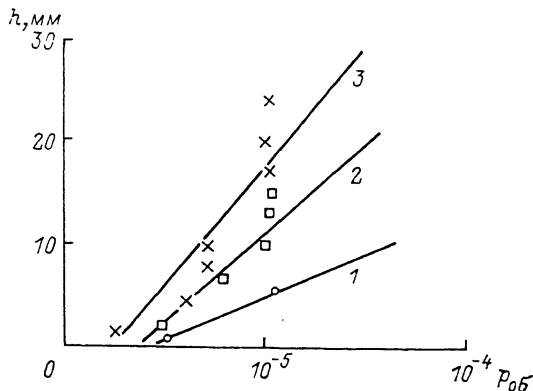
Т а б л и ц а 2

Результаты измерения β -активности проб дейтерия с тритием

Материал образца-катода	Параметры разряда			Условия отбора проб	Количество пробной воды, г	Фоновое количество импульсов, имп · с ⁻¹	Количество импульсов с пробой, имп · с ⁻¹
	U , В	J , А · м ⁻²	T , К				
Ванадий	250—400	50—200	900—1600	Насыщение титана	—	1.6—2	6—8
»	700	500	1500	Сбор газа, прошедшего через образец	0.1	1.8—2.2	5—6
»	700	500	1500	Отбор газа из реакционной камеры	0.2	1.8—2.2	3.2—3.8

Поскольку вторая и третья серии измерений проводились для одного эксперимента и отличались только местом отбора проб, то результаты третьей серии могут считаться исходными для второй. Приведа результаты к одной массе пробной воды, получим, что активность пробы во второй серии измерений выше, чем в третьей, примерно в четыре раза.

Исходное содержание трития в дейтерии, определенное из отдельной серии измерений, составило в атомных



Зависимость пика шестой массы от потока газа (давления в полости образца).

1 — поток дейтерия, создаваемый натекателем; 2 — поток дейтерия через мембрану из ниобия, нагреваемую излучением резистивного нагревателя; 3 — поток дейтерия через мембрану из ниобия, бомбардируемую ионами тлеющего разряда.

долях около $5 \cdot 10^{-12}$. Концентрация трития в дейтерии после прохождения через образец, бомбардируемый низкоэнергетическими ионами, увеличилась до $2 \cdot 10^{-11}$. Отношение потока атомов избыточного трития к потоку бомбардирующих ионов не превышало 10^{-12} ат·ион $^{-1}$, что явно недостаточно для достоверной регистрации тепловых эффектов.

Для доказательств того, являются ли регистрируемые нейтроны и тритий продуктом именно реакций ядерного синтеза, необходимо дополнительно исследовать спектры регистрируемых излучений в широком диапазоне энергий и условий эксперимента.

Выводы

1. Для регистрации нейтронов, которые могут возникать при бомбардировке поверхности материалов ускоренными ионами, требуется дополнительная защита стандартных регистрирующих устройств от электромагнитных колебаний как по цепям входа, так и питания.

2. Зафиксировано (масс-спектрометрически и по β -активности) существенное повышение концентрации трития в дейтерии при прохождении последнего через металл, бомбардируемый ускоренными ионами из плазмы тлеющего разряда.

Список литературы

- [1] Fleischman M., Pons S. // J. Electroanalytical Chemistry. 1989. Vol. 261. P. 301—308.
- [2] Jones S. E., Palmer E. P., Czirr J. B. et al. // Nature. 1989. Vol. 338. P. 737.
- [3] Bockris J. O'M., Lin G. H., Packham N. J. // Fus. Technol. 1990. Vol. 18. N 1. P. 11—31.
- [4] Ohashi H., Morosumi T. // J. Nucl. Sci. and Technol. 1989. N 26(7). P. 729—732.
- [5] Кузьмин Р. Н., Шелкин Б. Н. Новое в жизни, науке, технике. Сер. Физика. № 10. М.: Знание, 1989. 64 с.
- [6] Lyengar P. K. // V Intern. Conf. on Emerging Nuclear Energy Systems (ICENES V). Karlsruhe, 1989. P. 32—94.
- [7] Ромоданов В. А., Савватимова И. Б., Бабад-Захряпин А. А. // Заводская лаборатория. 1986. Т. 52. № 6. С. 34—35.

Поступило в Редакцию
3 сентября 1989 г.
В окончательной редакции
20 августа 1990 г.