

Физико-технический
институт низких температур
АН УССР

Поступило в Редакцию
3 февраля 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 21

12 ноября 1990 г.

03; 11

© 1990

РЕГИСТРАЦИЯ НЕЙТРОНОВ И ТРИТИЯ ИЗ МАССИВНОЙ ПАЛЛАДИЕВОЙ МИШЕНИ ПРИ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОМ НАСЫЩЕНИИ ДЕЙТЕРИЕМ

П.И. Голубничий, Е.П. Ковальчук,
Г.И. Мерзон, А.Д. Филоненко,
В.А. Царев, А.А. Царик

Сообщения [1, 2] о наблюдении ядерной эмиссии (нейтронов, трития) из палладиевых и титановых образцов, насыщенных дейтерием, инициировали поток работ, имевших целью проверку эффекта и выяснение его механизма. К настоящему времени, несмотря на большое число публикаций (см., например, обзор [3]), природа „низкотемпературного ядерного синтеза“ (НТС) и многие его особенности остаются неясными.

Начиная с апреля 1989 г. нами проводилась серия экспериментов по изучению различных аспектов этого явления и проверке предсказаний „ускорительной“ модели НТС [4, 5]. В настоящей работе представлены результаты первой части исследований, относящиеся к регистрации нейтронов и трития при электролитическом насыщении палладия дейтерием. Использовались две экспериментальные установки. Одна из них представляла собой открытый электролизер с цилиндрическим палладиевым катодом длиной 7 см, массой 13 г и площадью поверхности около 10 см^2 , изготовленным методом восстановления PdCl_2 . Электролит-раствор LiClO_4 в D_2O с концентрацией 0.1 моль/л и объемом 20 мл. Предусматривалась одновременная и независимая регистрация нейтрона до и после его замедления. Счетчик быстрых нейтронов (СБН) был изготовлен на основе стандартного пластического сцинтиллятора. Счетчик медленных нейтронов (СМН) содержал замедлитель и сборку из 10 стандартных нейтронных детекторов СМН-18. Установка экранировалась от электромагнитных наводок сплошным заземленным алюминиевым кожухом. Для повышения достоверности детектирования нейтронов был реализован т.н. „быстро-медленный“ (БМ) метод

регистрации. Событие приписывалось одному и тому же нейтрону, если СБН и СМН срабатывали последовательно друг за другом в пределах необходимого для термализации времени замедления (~ 10 мкс). Сигналы СБН и СМН записывались на двухлучевом запоминающем осциллографе, который запускался сигналом СМН.

Калибровочные эксперименты, проведенные с использованием $Pu - Be$ источника нейтронов и нейтронного источника Cf^{252} с активностью 10^4 с $^{-1}$ и 10^2 с $^{-1}$ соответственно, позволили выбрать необходимые пороги электроники и оценить значения эффективности регистрации каналов ($\eta_{СМН} \approx 10\%$, $\eta_{СБН} \approx 30\%$).

Для регистрации газообразного трития, десорбируемого из предварительно насыщенного в электролизере дейтерием палладиевого образца, а также для обнаружения эмиссии нейтронов в момент термодесорбции использовалась вторая экспериментальная установка. Палладиевый образец помещался внутрь миниатюрного сосуда Дюара в металлическую трубку, окруженную нагревателем. Объем трубки сообщался с помощью герметичного медного газопровода с камерой, снабженной детектором активности трития. Тритиевый детектор представляет собой тонкий диск CsJ диаметром 35 мм и толщиной 0.3 мм, находящийся внутри камеры в непосредственном контакте с газообразными продуктами десорбции и просматриваемый фотоумножителем через стеклянное окно-световод. Порог регистрации β -электронов трития устанавливался на уровне ~ 2 КэВ. Калибровка проводилась с помощью γ -источников Co^{60} и Cs^{137} а также по среднему энергосодержанию (≈ 0.3 МэВ) космических частиц в сцинтилляторе. Для регистрации нейтронов в этой части эксперимента использовался только канал СМН, эффективность которого была повышена до $\approx 20\%$ благодаря улучшению геометрии замедления.

На рис. 1, а приведена временная диаграмма результатов измерений интенсивности нейтронной эмиссии при прохождении через ячейку электрического тока, а также суммарного фона ($\sum \Phi$), состоящего из фона случайных совпадений (Φ_{CC}) и коррелированного фона. Процедура измерения фона включала: а) замену мишени на сопоставимый по массе образец из палладиевой проволоки, не насыщенной дейтерием, при выключенном токе ($I=0$); б) замену палладиевой мишени на аналогичный по массе никелевый стержень при токе до 2 А; в) использование электролита на обычной воде и никелевого катода при токе до 2 А. Каждое из этих измерений длилось 90 мин. Благодаря реализации „быстро-медленного” способа отбора событий удалось снизить фон до ≈ 0.3 событий/мин при эффективности регистрации нейтронов $\eta_{ВМ} = \eta_{СМН} \eta_{СБН} \approx 3\%$.

Как показано на рис. 1, а, на протяжении первых шести часов измерений зарегистрировано 6 нейтронных всплесков, интенсивность которых более чем на порядок превышает фоновую. Вспышки содержали от нескольких десятков до сотен нейтронов, испущенных за время ≤ 1 мин. Чередование всплесков подтверждает ожидаемый в ускорительной модели [4, 5] „волнообразный” характер НТС. Рис. 1, б демонстрирует (также предсказываемое [4, 5]) повышение

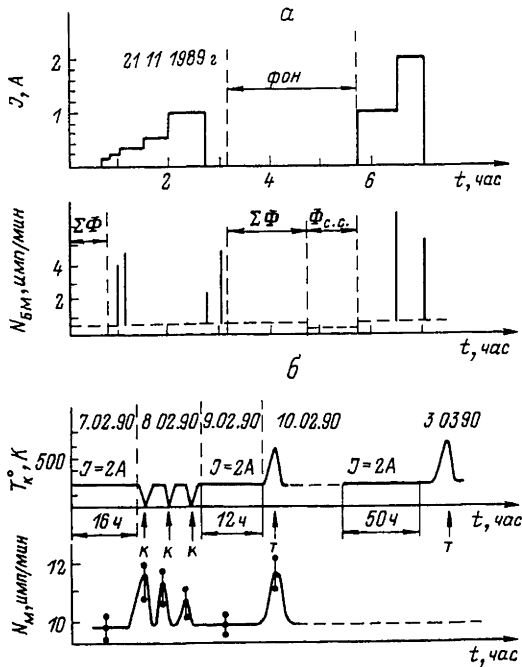


Рис. 1. а) Регистрация нейтронной эмиссии при электролизе. J – ток в электролитической ячейке. $N_{БМ}$ – число событий, зарегистрированных „быстро-медленным“ методом, N_M – усредненная интенсивность эмиссии медленных нейтронов. $\Sigma\Phi$ – суммарный фон, $\Phi_{с.с.}$ – фон случайных совпадений. б) Регистрация нейтронной эмиссии при термоциклировании (К – криоудары, Т – термоудары).

нейтронной активности при воздействии на дейтерированный палладиевый образец термо- и криоударами и, возможно, при „токоциклировании“ в электролизере (см. „токовую“ ступеньку от 0.1 до 1 А на рис. 1, а).

На рис. 2 помимо нескольких небольших нейтронных вспышек обращает на себя внимание скачок скорости счета в тритиевом детекторе, коррелированный по времени с первым термоударом (нагревание до 200 °С в течение 2 мин). При последующих циклах стравливания десорбированного газа, откачки и повторного прогрева повышения счета тритиевого детектора не наблюдалось. Скорость счета А детектора $\langle S \rangle$ при первой термодесорбции превысила фон на величину $\Delta A \approx 1 \text{ с}^{-1}$, рис. 2. Отсюда можно оценить (см. подробнее в [6]) полное число N_T десорбированных из палладия атомов трития, $N_T \approx 1.3 \cdot 10^{11}$ и относительную концентрацию трития

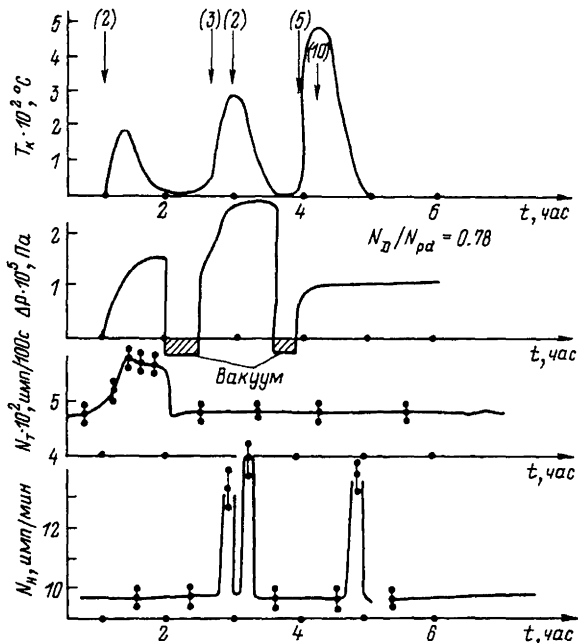


Рис. 2. Регистрация нейтронов и трития, испускаемых палладиевым образцом, насыщенным дейтерием. T_k - температура нагрева образца (стрелки и цифры указывают соответственно моменты и продолжительность (в минутах) термо- и криоударов). P - изменение давления газа в рабочем объеме установки, N_T , N_N - скорости счета в каналах тритиевого детектора и детектора медленных нейтронов ($\eta_{счн} = 20\%$).

в десорбированном газе $N_T / N_D \approx 6.4 \cdot 10^{-12}$. Возникает вопрос, вызвана ли найденная в нашем эксперименте активность трития его наработкой в реакции НТС $D + D \rightarrow T + p$ [7] или естественной примесью трития в тяжелой воде электролита. Вообще говоря, последнее могло бы иметь место, поскольку найденное отношение N_T / N_D для тяжелой воды соответствует активности ~ 180 Бк/мл, а активность поставляемой тяжелой воды может достигать 30–70 Бк/мл. Однако в этом случае можно было бы ожидать появления трития не только после первого, но и после повторных термоударов, где он должен был бы десорбироваться вместе с оставшимся дейтерием. Поэтому результаты последней части эксперимента, которые мы рассматриваем как предварительные, скорее свидетельствуют в пользу наработки трития в поверхностном слое образца, откуда он практически полностью десорбируется после первого термо-

удара. Однозначного количественного вывода в настоящее время мы сделать не можем, поскольку первоначальное содержание трития в тяжелой воде измерено не было. В дальнейшем планируется провести более детальное исследование на тритий, используя в электролите слабоактивную тяжелую воду и контролируя ее активность.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] F l e i c h m a n n M., P o n s S. // Journ. Electroanalyt. Chem. V. 261. P. 301; Erratum 1989. V. 263. P. 197.
- [2] J o n e s S.E., P a l m e r E.P., C z i r r J.V. et al. // Nature. 1989. V. 338. P. 737.
- [3] Ц а р е в В.А. // Препринты ФИАН № 57, 58, апрель 1990.
- [4] Г о л у б н и ч и й П.И., К у р а к и н В.А., Ф и л о н е н к о А.Д. и др. // Препринт ФИАН № 113, апрель 1989; // ДАН СССР. 1989. Т. 307. С. 99.
- [5] Г о л у б н и ч и й П.И., Ц а р е в В.А., Ч е ч и н В.А.// Препринт ФИАН № 149, июль 1989.
- [6] Г о л у б н и ч и й П.И., К о в а л ь ч у к Е.П., М е р з о н Г.И. и др. // Препринт май 1990.
- [7] I y e n g e r P.K. In the Proc. of the 5th Intern. Conf. on Emerging Nuclear Energy Systems, Karlsruhe, FRG. July 3-6, 1989.

Физический институт
им. П.Н. Лебедева
АН СССР

Поступило в Редакцию
22 мая 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 21

12 ноября 1990 г.

06.2; 06.3

© 1990

СВЕТОДИОД С $\lambda_{max} \approx 398$ нм

В.А. Д м и т р и е в, Л.М. К о г а н,
Я.В. М о р о з е н к о, В.Е. Ч е л н о к о в,
А.Е. Ч е р е н к о в

Создание синих и фиолетовых карбидкремниевых светодиодов позволило завершить светодиодное освоение видимой части спектра. Легированные азотом (донор) и алюминием (акцептор) эпитаксиальные SiC р-п структуры политипа 6Н послужили основой для синих светодиодов [1-4]; аналогичные р-п структуры политипа 4Н - для фиолетовых светодиодов [5, 6]. Актуальным направлением дальней-