

К-207

8/54

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P-2705



А. Капусцик, В.П. Перелыгин, В.И. Свидерский,
С.П. Третьякова

ПРИМЕНЕНИЕ СЛЮДЫ И КВАРЦЕВОГО СТЕКЛА
ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ ДЕЛЕНИЯ ЯДЕР
ПРИ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ

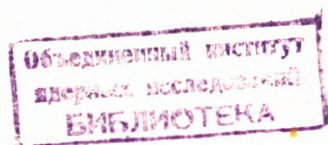
1966

P - 2705

А. Капусцик, В.П. Перельгин, В.И. Свидерский,
С.П. Третьякова

ПРИМЕНЕНИЕ СЛЮДЫ И КВАРЦЕВОГО СТЕКЛА
ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ ДЕЛЕНИЯ ЯДЕР
ПРИ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

4320/3 т.р.



Для решения целого ряда задач, например, измерения нейтронных потоков в атомных реакторах или идентификация аналогов гафния^{/1/} необходимо обеспечить регистрацию актов деления ядер при температурах 300°С и выше, иногда в агрессивной среде (NbCl₅ или ZrCl₄).

Эта задача решалась на основе диэлектрических детекторов, предложенных Силком и Барнесом^{/2/} и разработанных Прайсом и Уокером^{/3,4/}.

Условия эксперимента предъявляют следующие требования к детекторам осколков деления:

- 1) возможность работы при температурах до 300°С в течение нескольких суток;
- 2) малое содержание урана в детекторах;
- 3) отсутствие собственного фона;
- 4) возможность количественных измерений.

Поскольку в силикатных и фосфатных стеклах при нагревания до температуры 200° следы осколков деления регрессируют полностью за 6-8 час, в настоящих экспериментах испытывались термостойкие стекла ТС-600, ТС-710, кварцевое стекло, а также слюда мусковит естественного происхождения и фторфлогопит, изготовленный синтетически. Эти детекторы облучались осколками деления в одинаковых условиях и помещались в атмосферу ZrCl₄ при температуре 250°С на трое суток, что соответствовало средней продолжительности эксперимента по регистрации редких актов спонтанного деления элемента 104^{/1/}.

Как показало сравнение числа осколков на контрольных и отжигавшихся стеклах ТС-600 и ТС-710, количество следов осколков убывало примерно на 80 и 50% соответственно. На кварцевом стекле, мусковите и фторфлогопите количество зарегистрированных осколков совпадало в пределах статистической ошибки.

Эксперименты по регистрации спонтанного деления ядер, обладающих малыми

периодами полураспада, приходится производить в условиях большого фона нейтронов^{/5/}. Поэтому необходимо было измерить концентрацию урана в детекторах. С этой целью детекторы осколков деления, заключенные в парафин, помещались вблизи реактора ИБР ОИЯИ. Поток нейтронов контролировался с помощью калиброванного уранового слоя, помещенного в контакт со стеклянным детектором. Обычно он составлял 10^{15} нейтр./см² и определялся с точностью 10%. Содержание урана в кварце составило $(2-4) \cdot 10^{-3}$ мкг/см³, в мусковите $(1-2) \cdot 10^{-2}$ мкг/см³, во фторфлогопите $\approx 10^{-2}$ мкг/см³.

Поскольку синтетический фторфлогопит не изготавливается размерами свыше 2×2 см, а поиски следов деления на этой слюде приходится производить при увеличении не менее $300 \times$ ^{/6/}, он не использовался в этих экспериментах.

Применение слюд естественного происхождения для регистрации редких событий деления ядер затруднено наличием фона следов от спонтанного деления содержащегося в них урана за геологические промежутки времени. Этот фон достигает 10^5 оск/см² и не бывает менее 10 оск/см². Кроме того, уран в слюде распределен неравномерно, встречаются микроскопические включения. Для настоящих экспериментов была подобрана партия мусковита, отличающаяся однородным распределением урана. Из работы^{/7/} известен метод устранения фона следов осколков вынужденного деления. Он состоит в предварительном растравливании старых следов осколков деления ядер до размеров порядка десятков микрон. Однако использование только предварительного растравливания слюды не дает возможности освободиться от фона. Очень часто из-за механических повреждений, а также из-за большой глубины трека возникает фон, обусловленный спонтанным делением урана-238. Поэтому с целью полного устранения фона следов осколков слюды предварительно нагревалась до 600°C в муфельной печи в течение 6 час., аналогично тому, как это сделано в работе^{/8/}. 100-200 слоев слюды, каждый толщиной 15-25 мк и размером 7×9 см, для отжига были собраны в пакет и зажаты между двумя металлическими пластинами. Однако следы осколков деления полностью не отжигаются даже при температурах $> 650^\circ$, при которых уже начинается разложение слюды.

При последующем травлении в концентрированной HF при комнатной температуре в течение 72 часов эти следы имеют размеры и форму ромбических пирамидальных углублений глубиной до 3-4 мк (рис. 1а). Число следов осколков деления уменьшается на 30-40% по сравнению с первоначальным.

Следует отметить, что на некоторых участках слюды, имеющих внутреннее расслоение в виде небольших овальных пятен, отжиг не приводил к устранению следов осколков, и они имели форму ромбических каналов с плоскопараллельными стенками (рис. 2). Такой результат может быть обусловлен перемещением части атомов вдоль канала, образованного осколком деления, в полость между слоями слюды. Был поставлен опыт

по отжигу очень большого числа следов осколков в слюде, не имевшей внутренних дефектов. Поток осколков составил 10^7 оск./см² на площади 20 см². Слюда отжигалась обычным образом, после травления на этой площади не было обнаружено неотожженных следов осколков.

После отжига и длительного травления слюда повторно облучалась осколками деления и травилась в течение трех часов при 20°C в 48% HF. Следы осколков деления имели размер ≈ 15 мк по большой диагонали ромба (рис. 1), что обеспечивало оптимальные условия для просмотра слюдяных детекторов: при увеличении 100-150X скорость достигала ≈ 10 см²/час при поисках редких событий.

Для определения уровня фона был предпринят просмотр $\approx 1,5$ м² слюды, обработанной указанным выше способом. Отбирались треки, отличавшиеся от отоженных и растравленных размером (в 6-8 раз), имевшие плоскопараллельные стенки и длину до 12 мк.

Просмотр указанной площади не дал ни одного следа, удовлетворявшего этим критериям отбора. Кварцевое стекло также является достаточно термостойким детектором и может быть использовано в указанной области температур. Оно не имеет собственного фона следов осколков, механически более устойчиво, не расслаивается, не требует трудоемкой предварительной обработки. Травление кварцевого стекла целесообразно производить в 48% HF при температуре 20°C в течение 8 мин. При этом следы осколков деления достигают диаметра 7-9 мк, что обеспечивает оптимальные условия для просмотра на оптических микроскопах при увеличении 100-150X. Эффективность регистрации актов деления ядер, имевших место на тонком и плоском препарате, с помощью кварцевого стекла определялась аналогично работе /6/. Она равна $(85 \pm 7)\%$. Поскольку в экспериментах по газовой химии /1/ предполагалось регистрировать акты деления ядер из слоя газа толщиной до 10 мм, для слюды и кварцевого стекла были произведены измерения числа зарегистрированных следов осколков в зависимости от толщины слоя воздуха между препаратом и детектором.

В этих опытах в качестве источника осколков использовался препарат Cm^{244} размером ≈ 1 см². Детекторы имели размер 6x6 см, а расстояние до источника изменялось от 0,5 до 20 мм.

После облучения детекторы обрабатывались обычным образом и производился подсчет количества следов осколков деления. Результаты этого опыта представлены на рис. 3. Как следует из этого рисунка, слюда имеет значительно большую эффективность регистрации, чем фотостекло и кварцевое стекло, как за счет регистрации пологих следов осколков, так и за счет существенно большей чувствительности.

Пунктирный отрезок линии показывает эффективность регистрации осколков слюдой при бесконечно тонком препарате. Кварцевое стекло в области до 8 мм слоя воздуха регистрирует больше осколков деления по сравнению с фотостеклом за счет большей эффективности регистрации, затем количества зарегистрированных осколков почти сравниваются, что служит доказательством их одинаковой чувствительности к тяжелым заряженным частицам. Следует отметить, что метод измерения чувствительности, аналогичный изложенному выше или приведенному в работе /6/, позволяет относительно просто сравнивать чувствительности различных детекторов осколков.

В заключение отметим, что кварцевое стекло и слюда являются наиболее доступными термостойкими детекторами осколков деления, позволяющими обеспечивать регистрацию редких событий деления ядер на больших площадях.

Как показали опыты с отжигом следов осколков деления в атмосфере азота для кварца и слюды при температурах до 350° – 400° , следы осколков деления сохраняют свои размеры и форму практически неизменными в течение длительных промежутков времени.

При условии регистрации отоженных следов слюда может быть применена при температурах 800° C, вплоть до температуры ее теплового разложения.

В заключение авторы выражают глубокую признательность члену-корреспонденту АН СССР Г.Н. Флерову за постоянное внимание к работе и полезные советы.

Авторы благодарят сотрудников ЛЯР И. Звара, Т.И. Рыбакову за помощь в проведении ряда экспериментов.

Л и т е р а т у р а

1. И. Звара, Т. Зварова, Р. Цалетка, Ю.Т. Чубурков, М.Р. Шалаевский. Препринт ОИЯИ Р-2548, Дубна 1966. И. Звара, Ю.Т. Чубурков, Р. Цалетка, Т. Зварова, М.Р. Шалаевский, Б.В. Шилов. Препринт ОИЯИ Д-2710, Дубна 1966 г.
2. E.C.H. Silk, R.S. Barnes. Phil. Mag. 4, 970 (1959).
3. P.B. Price, R.M. Walker. J. Appl. Phys. 33, 3407 (1962).
4. R.L. Fleischer, P.B. Price, R.M. Walker. Science. 149, 383 (1965).
5. Г.Н. Флеров, Ю.Ц. Оганесян, Ю.В. Лобанов, В.И. Кузнецов, В.А. Друин, В.П. Перельгин, К.А. Гаврилов, С.П. Третьякова, А.М. Плотко. Атомная энергия, 17, 310 (1964).
6. А. Капусцик, В.П. Перельгин, С.П. Третьякова. ПТЭ, 5, 64 (1964).
7. M. Debeavais, M. Maurette, J. Mory, R.M. Walker. J. Appl. Rad. and Isotopes, 15, 289 (1963).
8. R.L. Fleischer, P.B. Price, E.M. Symes. Science 143, 249 (1964).

Рукопись поступила в издательский отдел
9 июня 1966 г.

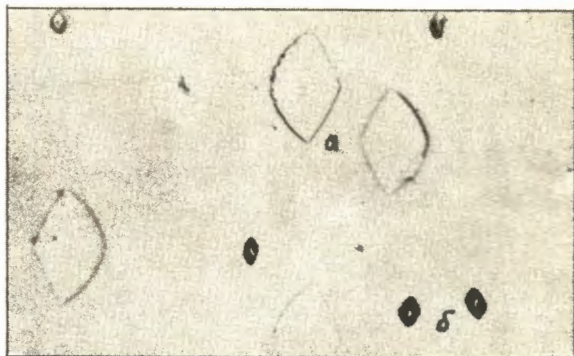


Рис. 1. Следы осколков деления на отожженной слюде.
 а) следы, растравленные в течение 48 час.
 в конц. HF при комнатной температуре;
 б) следы осколков деления Sm^{244} на той же
 слюде, протравленные в 48% HF в течение
 3 час. при 20°C .



Рис. 2. Следы осколков деления на отожженной слюде,
 имевшей внутренние дефекты.

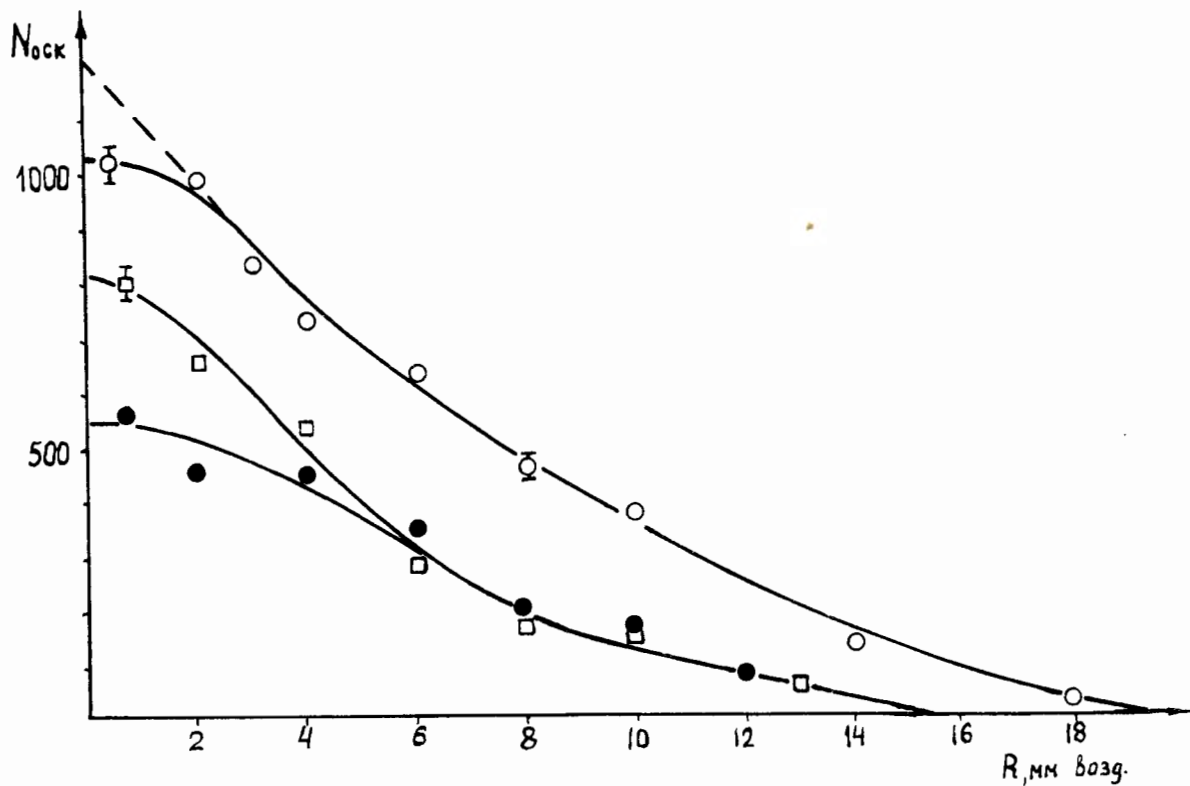


Рис. 3. Зависимость числа зарегистрированных осколков деления от толщины слоя воздуха между препаратом Cm^{244} и детекторами: \circ - слюда, \square - кварцевое стекло, \bullet - фотостекло. Пунктирный отрезок линии учитывает конечную толщину препарата Cm^{244} .