

Вещи линии Am^{243} , Sm^{243} , 244 и $\text{Sm}^{242} + \text{Cf}^{252}$; последние включают также несколько переходов на нижние уровни Sm^{242} ; их доля в этой линии может составлять несколько процентов. При использовании метода αX -совпадений для количественного анализа относительных вкладов калифорния и калифорния в общую α -линию предполагается, что относительные выходы рентгеновского излучения на акт α -распада для этих элементов известны. Для определения относительных выходов излучения Sm^{242} и Cf^{252} изготовили дополнительно две мишени: $\text{Am}^{241} + \text{Sm}^{242}$ и $\text{Am}^{241} + \text{Cf}^{252}$. Все три мишени были изготовлены методом термического распыления в вакууме смешанных растворов соответствующих элементов, тем самым достигалась не только высокая равномерность, но и идентичность поверхностных распределений калифорния, калифорния и америция. Это позволяло использовать америций как репер, свой для каждой мишени. Относительно этого репера и проводились все измерения для каждой мишени путем последовательного вычисления соответствующих α -линий (с помощью дифференциального дискриминатора α -канала). Измерялся спектр L -излучения, совпадающего с этой линией, и определялось число αL -совпадений на одну α -частицу $N_{\alpha L}/N_{\alpha}$ для америция и соответствующих изотопов (для их смеси). Таким образом были определены относительные выходы L -излучения на α -распад для Sm^{242} , Cf^{252} и $\text{Sm}^{242} + \text{Cf}^{252}$:

$$\delta N' = \frac{N'_{\alpha L}/N'_{\alpha}}{N_{\alpha L}/N_{\alpha}}; \quad \delta N'' = \frac{N''_{\alpha L}/N''_{\alpha}}{N_{\alpha L}/N_{\alpha}}$$

$$\text{и } \delta N''' = \frac{N'''_{\alpha L}/N'''_{\alpha}}{N_{\alpha L}/N_{\alpha}}$$

В каждом случае было зарегистрировано более 10 000 совпадений и найдено, что $\delta N' = 0,310$; $\delta N'' = 0,147$ и $\delta N''' = 0,277$. Уровень фона был большим лишь для $\text{Sm}^{242} + \text{Cf}^{252}$, где он составил около 50% от полного числа совпадений. Однако фон мог быть определен с приемлемой точностью, так что относительная ошибка измерения δN не превышала 2%. Обозначив через p долю α -активности Cf^{252} в его общей с Sm^{242} α -линии, нетрудно получить соотношение $p = \frac{\delta N' - \delta N''}{\delta N' - \delta N''}$ и найти, что $p = 0,26 \pm 0,05$. (При этом доля активности калифорния в полной α -активности мишени оказывается равной $0,116 \pm 0,002$.)

Новую информацию о содержании изотопа и его относительном вкладе (когда состав элементов неизвестен)

можно получить из спектров L -излучения. На рис. 3 приведены полученные в работе энергетические распределения L -серий характеристического излучения, возникающего при α -распаде Am^{241} (a) Sm^{242} с указанной ранее примесью Sm^{243} (b), Cf^{252} (c), а также спектры L -излучения анализируемой мишени без совпадения с какой-либо α -линией (d) и в режиме совпадений с α -линией $\text{Sm}^{242} + \text{Cf}^{252}$ (e). Видно, что в полном спектре рентгеновского излучения мишени его подавляющая часть приходится на америций. В спектре же, соответствующем α -линии $\text{Sm} + \text{Cf}$, вклад калифорния оказывается уже заметным.

В настоящей работе пара $\text{Sm}^{242} + \text{Cf}^{252}$ была выбрана не случайно. У изотопа калифорния высокая скорость спонтанного деления, что допускает независимую оценку его содержания в мишени. Было найдено, что доля α -активности p калифорния в линии $\text{Sm} + \text{Cf}$ составляет $0,26 \pm 0,02$, что в пределах ошибок определения совпадает с приведенной выше величиной. Значение $\frac{\delta N'}{\delta N''} = 2,11 \pm 0,06$, поэтому вычисленный таким образом вклад калифорния в L -излучение двух изотопов оказывается равным $0,15 \pm 0,02$ (в полном L -излучении мишени $0,0033 \pm 0,0004$). В соответствующей по площадям пропорции $(1 - 0,15)/0,15$ были сложены распределения для Sm^{242} и Cf^{252} . Эти компоненты и результат их сложения показаны на рис. 3, d . Сравнение показывает, что измеренное распределение L -излучения смеси этих изотопов соответствует вычисленному. Некоторое уширение спектра смеси по сравнению с суммой спектров отдельных компонентов связано с большей в этом случае загрузкой рентгеновского канала, чем при измерениях спектров отдельных изотопов.

На наш взгляд, приведенный пример подтверждает возможность и целесообразность использования полупроводникового спектрометра αX -совпадений для анализа сложной смеси тяжелых элементов.

Авторы благодарят Н. А. Перфилова за внимание к работе.

Поступило в Редакцию 17/VIII 1971 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. J. P o s t. Actinides Rev., 1, 55 (1967).
2. E. S t o r m, H. I s r a e l. Nucl. Data Tables, A7, 565 (1970).
3. С. М. Соловьев и др. «Приборы и техника эксперимента», № 1 (1972).

Эффективные сечения поглощения нейтронов Cf^{252} и Cf^{253} в центральном канале реактора СМ-2

В. А. АНТОНОВ, В. Д. ГАВРИЛОВ, Ю. С. ЗАМЯТНИН, В. В. ИВАНЕНКО, Г. Н. ЯКОВЛЕВ

УДК 539.125.5.173

Эффективные сечения поглощения нейтронов изотопов калифорния, измеренные для различных реакторов, различаются друг от друга на величину, значительно превышающую погрешности экспериментальных измерений.

Особенности характеристик нейтронных спектров реактора, являющиеся одной из причин отмеченного разброса, ограничивают возможности использования указанных сечений в расчетах процессов накопления изотопов в водородных реакторах.

Для определения эффективных сечений поглощения нейтронов в центральном канале реактора СМ-2 были облучены две мишени, содержащие Cf^{252} с примесью более легких изотопов калифорния ($\sim 20\%$). Изотопный состав облученных мишеней исследовался на полупроводниковом α -спектрометре с энергетическим разрешением $\sim (25 \div 30)$ кэВ. Интегральные потоки нейтронов, измеренные кобальтовыми мониторами, составляли $1,8 \cdot 10^{21}$ и $1,1 \cdot 10^{21}$ нейтр/см². Сечение выгорания Cf^{252} найдено равным 72 ± 18 барн. Принимая во внимание

теоретические оценки сечения деления для Cf^{252} [3], измеренную величину можно полностью отнести к значению эффективного сечения радиационного захвата. Для Cf^{253} , содержание которого в образцах после облучения определялось по накоплению дочернего Es^{253} , эффективное сечение поглощения найдено равным 6260 ± 1800 барн. Из-за малости интегральных потоков количественное содержание Cf^{254} в облученных образцах можно оценить только приближенно. Исходя из предположения, что сечение выгорания $Cf^{254} \leq 100$ барн, сечение радиационного захвата Cf^{253} оценивается примерно в 10 барн.

Полученные в настоящей работе величины сечений существенно больше ранее опубликованных данных [1, 2, 4]. Одной из причин такого превышения может быть большая жесткость нейтронного спектра реактора СМ-2. Величина соотношения сечений деления и радиационного захвата для Cf^{253} значительно превышает аналогичные соотношения для других ядер трансурановых

элементов и ограничивает возможности накопления Cf^{254} . Поскольку вероятность выгорания Cf^{253} намного больше вероятности его β -распада, для получения изотопов эйнштейния наиболее оптимальным является режим чередования циклов облучения и выдержки, обеспечивающей превращение накопившегося Cf^{253} в Es^{253} .

Поступило в Редакцию 20/VIII 1971 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Э. Х а й д и др. Ядерные свойства тяжелых элементов. Т. 2. М., Атомиздат, 1968, стр. 61.
2. I. H a l p e r i n. ORNL-4306, 1968.
3. A. P r i n c e. Californium-252. Proceedings of a Symposium, CONF-681032, Sponsored by The New York Metropolitan Section of the American Nuclear Society. N. Y.-City, 1968, p. 23.
4. I. H a l p e r i n. Nucl. Sci. Engng, 37, 228 (1969).

Восстановление спектров быстрых нейтронов по активности пороговых детекторов, облученных в реакторе ВВЭР

А. М. АГЛИЦКИЙ, С. С. ЛОМАКИН, А. Г. МОРОЗОВ, В. И. ПЕТРОВ, С. Г. ПОПОВ

УДК 621.039.512.45

В работе [1] методом пороговых детекторов были измерены интегральные спектры быстрых нейтронов в экспериментальных каналах реактора Ново-Воронежской АЭС, а также определены соответствующие каждому детектору значения активационных интегралов.

В настоящей работе проведено восстановление дифференциальных спектров быстрых нейтронов по значениям активационных интегралов, определенных в работе [1]. При восстановлении спектров использовались метод Диркса, метод итераций [2], экспрессный метод [3] и метод спектральных индексов [4]. Сущность этих методов заключается в следующем. Удельная активность облученных пороговых детекторов A (активационный интеграл) связана с сечением пороговой реакции $\sigma_i(E)$ и искомым спектром нейтронов $\varphi(E)$ интегральным соотношением вида

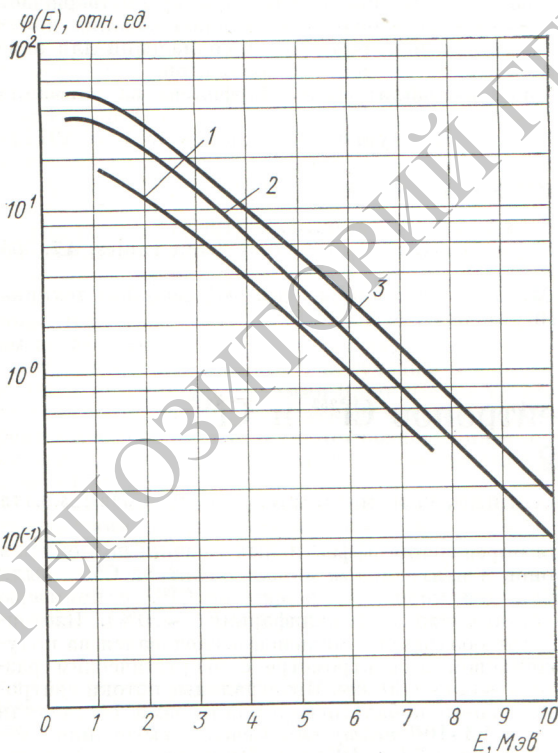
$$A_i = \int_0^{\infty} \sigma_i(E) \varphi(E) dE, \quad i = 1, 2, 3, \dots, n, \quad (1)$$

где n — число пороговых детекторов. Для однозначного решения этой системы уравнений необходимы предположения о математическом виде искомого спектра $\varphi(E)$, т. е. надо представить спектр в виде выражения с конечным числом неизвестных параметров.

В первых трех методах рассматриваемый энергетический диапазон разбивается на интервалы, в каждом из которых искомым спектр представляется в виде

$$\varphi(E) = C \exp(-\mu E). \quad (2)$$

Границы интервалов определяются функциями чувствительности пороговых детекторов $\sigma_i(E) \varphi(E)$. Неизвестные параметры C и μ в каждом интервале определяются из условия непрерывности спектра и из уравнений, получаемых подстановкой (2) в выражение (1). В последнем интервале необходимо иметь два пороговых детектора. В качестве исходных данных в методе Диркса



Р и с. 1. Спектры быстрых нейтронов в центре активной зоны реактора:

1 — спектр нейтронов, восстановленный экспрессным методом; 2 — спектр нейтронов деления; 3 — спектр нейтронов, восстановленный методом спектральных индексов.