

Детекторы нейтронов на полимерной основе, содержащие серу и фосфор

АМБАРДАНИШВИЛИ Т. С., КИКНАДЗЕ Г. И., КОЛОМИЙЦЕВ М. А., ЛЕВИН Е. А.,
ЗАХАРИНА Т. Я., ДУНДУА В. Ю., ПАЧУЛИЯ Н. В.

УДК 539.1.074.88

Как было показано в работе [1], фенолформальдегидная резольная смола (ФФС) может использоваться для изготовления активационных детекторов нейтронов. Разработан универсальный способ внедрения нейтроночувствительных элементов в указанный полимер, обеспечивающий получение гомогенных детекторов в интервале концентраций 10^{-2} — 10^{-10} г элемента на 1 г матрицы [2, 3].

В настоящей работе изучена возможность изготовления гомогенных детекторов с высоким удельным содержанием серы и фосфора.

Порошок нейтроночувствительного элемента с частицами размером ~ 50 мкм смешивали с порошком активационно-чистого углерода, синтезированного пиролизом ФФС [3]. После усреднения смеси по объему добавляли 50%-ный спиртовой раствор резол. Массу, полученную после удаления спирта, растирали в порошок и просеивали через сито с отверстиями диаметром ~ 50 мкм, а затем использовали для прессования таблеток. В результате отверждения резол, содержащегося в композиции, после термостатирования при $100 \pm 5^\circ\text{C}$ в течение 3—4 ч таблетки приобретают высокую механическую прочность. Присутствие в смеси углеродного порошка облегчает прессование. Таким способом можно получить детекторы, содержащие до 85—90% серы, 8—10% резол и 2—3% углерода, а для фосфора — до 25% этого элемента, 60—70% полимера и 10—15% углерода. Гомогенность распределения нейтроночувствительного элемента в детекторах одной партии изучали путем анализа 15 случайно отобранных таблеток. Каждый элемент определяли двумя параллельными методами. Сера переводилась в состояние сульфата путем растворения детектора в смеси брома с царской водкой. Сульфат определяли титрованием солью свинца в присутствии дитизона и взвешиванием осадка сульфата бария. Фосфор переводили в раствор путем нагревания таблетки в дымящейся азотной кислоте с последующим определением получен-

ного ортофосфата осадка фосформолибдата аммония и калориметрированием продукта его восстановления гидросульфитом натрия [4]. Ошибки определения серы весовым и объемным методами не превышают $\pm 0,5\%$. При определении удельного содержания серы в отдельных таблетках отклонения от среднего достигают 0,9—1% (таблица). Очевидно, это обусловлено отклонением распределения серы в каждом из анализируемых детекторов от гомогенного. Отклонение от среднего значения удельного содержания нейтроночувствительного элемента представляет собой суммарную величину, состоящую из ошибки метода определения элемента и отклонения от гомогенности распределения этого элемента в детекторе. Таким образом, отклонение распределения от гомогенного во всех случаях меньше 1%. Для фосфора относительная ошибка калориметрического метода $\pm 0,5\%$, а ошибка весового определения $\pm 1,5\%$. Как видно из таблицы, отклонение от гомогенности практически находится в пределах ошибок методов определения содержания серы и фосфора.

Микротвердость для серного детектора вышеприведенного состава равна ~ 30 кг/мм², для фосфорного — ~ 80 кг/мм².

Для повышения термостойкости изготовлены таблетки, содержащие меньшее количество серы. При 20%-ном содержании термостойкость соответствует 150°C , тогда как температура плавления чистой серы ~ 119 — 120°C [5].

Детектор с фосфором работоспособен до температуры 250—300°C. Вследствие малой термостойкости детектора с элементарной серой изучена возможность наполнения ФФС термостойкими соединениями этого элемента. Для наполнения выбран сульфид железа FeS. Таблетки, содержащие FeS, подвергались пиролизу при 800°C в токе аргона. После термообработки эти детекторы работоспособны при 700—800°C в течение длительного времени.

Номер таблетки	Сера в таблетках				Фосфор в таблетках			
	С, мг/ч (объем- ным методом)	Δ	С, мг/ч (весовым методом)	Δ	С, мг/ч (кало- риметрическим методом)	Δ	С, мг/ч (весовым методом)	Δ
1	871,0	0,06	872,5	0,1	241,0	0,2	245,0	1,6
2	871,0	0,06	878,5	0,8	240,5	0,0	243,0	0,8
3	877,0	0,7	863,0	1,0	237,5	1,2	240,5	0,2
4	870,0	0,1	869,0	0,3	242,0	0,6	239,5	0,7
5	872,0	0,1	875,5	0,4	240,0	0,2	240,0	0,5
6	872,0	0,1	878,0	0,7	239,5	0,4	239,5	0,7
7	875,0	0,5	878,0	0,7	239,0	0,6	239,5	0,7
8	863,0	0,9	865,0	0,6	240,0	0,2	237,0	1,7
9	869,0	0,2	869,5	0,3	241,0	0,2	244,5	1,4
10	868,0	0,3	877,0	0,6	241,5	0,4	242,0	0,4
11	879,0	0,9	873,0	0,1	242,0	0,6	240,0	0,5
12	868,0	0,3	874,0	0,3	242,5	0,8	240,5	0,2
13	863,0	0,9	864,5	0,3	239,0	0,6	244,0	1,2
14	873,0	0,6	870,5	0,1	241,5	0,4	239,0	0,9
15	866,0	0,2	869,5	0,3	240,5	0,0	243,0	0,8
Среднее	870,5	0,4	871,8	0,5	240,5	0,4	241,1	0,8

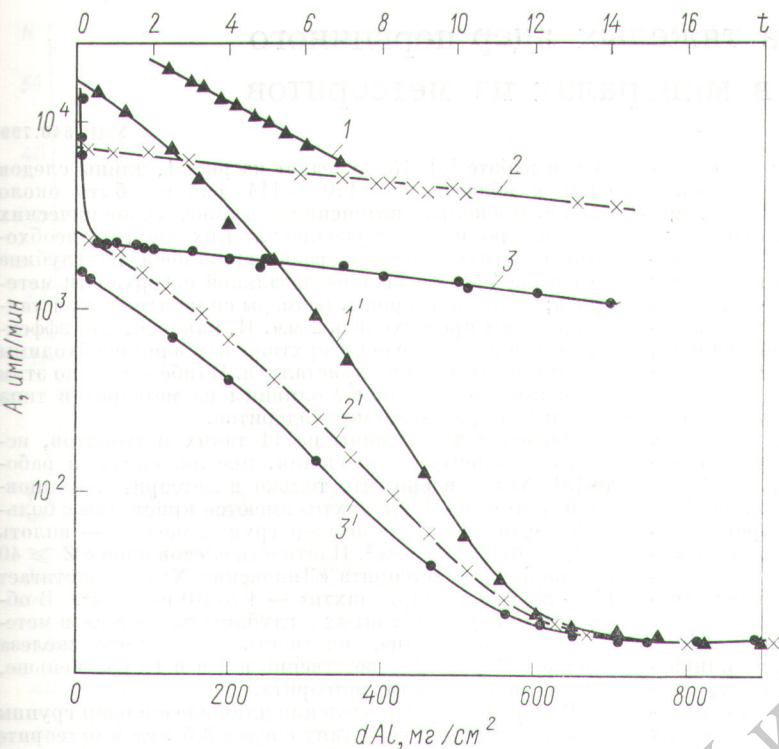


Рис. 1. Спад β -активности A детекторов на основе ФФС во времени и кривые поглощения β -частиц, испускаемые облученными детекторами в алюминии (интегральный поток нейтронов $5 \cdot 10^{15}$ нейтр/см²; t — время после облучения):

1, 2, 3 — кривые распада детекторов, содержащих фосфор, элементарную серу и сульфид железа соответственно; время распада фосфора выражено в часах; серы и сульфида железа — в сутках; 1', 2', 3' — кривые поглощения β -частиц в алюминии для тех же детекторов.

В целях проверки изотопной чистоты изготовленные детекторы облучались на реакторах как в режиме однократного нейтронного импульса [6], так и в стационарном нейтронном потоке.

Измеренные характеристические величины — период полураспада, толщина слоя половинного поглощения и массовый коэффициент — хорошо согласуются с общепринятыми (рис. 1) [7, 8]. Детектор с сульфидом может использоваться как двойной детектор нейтронов по реакциям $^{56}\text{Fe}(n, p)^{56}\text{Mn}$ и $^{32}\text{S}(n, p)^{32}\text{P}$. Соотноше-

ние активностей ^{32}P и ^{56}Mn в облученных детекторах удобно для их измерения. Зависимость эффективности регистрации β -активности изотопов ^{32}P и ^{31}Si от толщины детекторов показана на рис. 2. Как видно, для измерений нейтронных потоков оптимальная толщина детекторов составляет 100–200 мг/см². Самопоглощение β -частиц в объеме полимерных детекторов описанного состава, измеренное в 2 π -геометрии, незначительно отличается от этих же значений для чистых элементов. Авторы пользуются возможностью выразить благодарность И. Г. Бровкиной и Г. М. Громовой за измерения облученных образцов, О. А. Даниловой, В. М. Ериной и В. С. Сопадзе за выполнение химических анализов.

Поступило в Редакцию 16/VII 1973 г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Цецхладзе Т. В., Фелькер В. М., Коломийцев М. А. «Атомная энергия», 1966, т. 20, вып. 3, с. 272.
2. Амбарданишвили Т. С. и др. В кн.: Метрология нейтронного излучения на реакторах и ускорителях. М., Изд. ВНИИФТРИ, 1971, с. 71.
3. Амбарданишвили Т. С. и др. Там же, с. 70.
4. Шарло Г. Методы аналитической химии. М.—Л., «Химия», 1966.
5. Лосев И. П., Федотова О. Я. Практикум по химии высокомолекулярных соединений. М., Госхимиздат, 1962.
6. Смирнов А. И., Талызин В. М. и Хвостиков В. Е. Растворный реактор для активационного анализа. Препринт ИАЭ-4692, 1968.
7. Лукьянов В. Б. Измерение и идентификация бета-радиоактивных препаратов. М., Атомиздат, 1963.
8. Кимель Л. Р., Машкович В. П. Защита от ионизирующих излучений, М., Атомиздат, 1966.

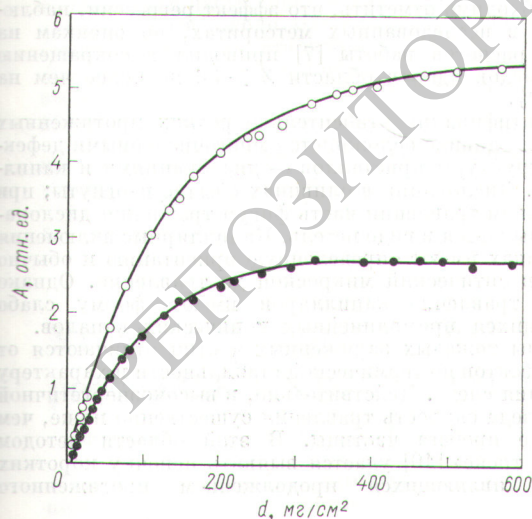


Рис. 2. Зависимость эффективности регистрации β -частиц ^{31}Si (●) и ^{32}P (○) от толщины детекторов d (A — скорость счета импульсов β -частиц).