

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



СЗ44.1а

29/ix-75

Б-737

3 - 9012

А.А.Богдзель, Ю.В.Григорьев, З.Длоугы,
С.Орманджиев, Ц.Пантелеев

3721/2-75

БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩАЯ

ИОНИЗАЦИОННАЯ КАМЕРА ДЕЛЕНИЯ

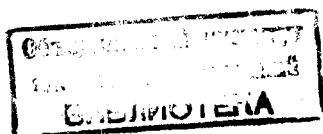
(СО СЛОЯМИ ^{235}U)

1975

3 - 9012

А.А.Богдзель, Ю.В.Григорьев, З.Длоугы,
С.Орманджиев, Ц.Пантелеев

БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩАЯ
ИОНИЗАЦИОННАЯ КАМЕРА ДЕЛЕНИЯ
(СО СЛОЯМИ ^{235}U)



Для прецизионных измерений различных нейтронных реакций на делящихся ядрах (n, f) , $(n, \gamma f)$, (n, γ) и для исследования эффектов самоэкранирования в этих процессах требуются детекторы с большим содержанием делящегося вещества, а также источники нейтронов высокой интенсивности. Обычно при создании таких детекторов наталкиваются на проблему высокого фона от α -частиц /1, 2/, что приводит к конструкционным и схемным усложнениям.

В настоящей работе описывается ионизационная камера деления с 22 слоями, содержащими $2 \text{ г } ^{235}\text{U}$. Для регистрации токовых импульсов от камеры используется быстродействующий токовый усилитель, позволяющий легко дискриминироваться от фона α -частиц и работать при высоких нейтронных нагрузках - 10^6 имп/с. В работе приводятся также первичные результаты измерений эффектов самоэкранирования в сечении деления σ_f ^{235}U , полученные с помощью ионизационной камеры на нейтронном пучке ИБР-30.

1. Конструкция камеры деления

На рис. 1 изображена конструкция делительной камеры. Корпус /1/ и крышка /2/ выполнены из дюралюминия. В качестве герметичных уплотнителей и изоляторов используются тефлоновые прокладки /3/, шайбы /4/ и межэлектродные кольца /5/. Подложки /6/ с ^{235}U и чистые электроды /7/ в виде дисков диаметром 100 мм

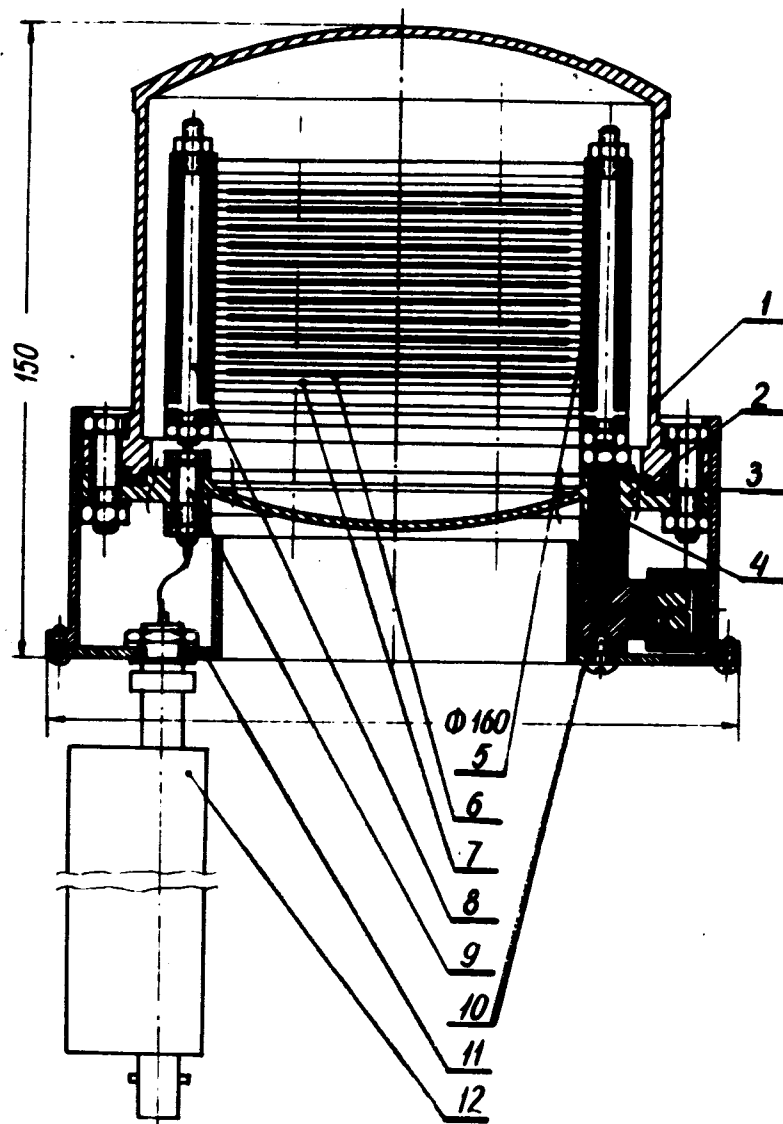


Рис. 1. Конструкция камеры. 1 - корпус; 2 - крышка; 3 - тефлоновая прокладка; 4 - тефлоновая шайба; 5 - межэлектродное тефлоновое кольцо; 6 - алюминиевая подложка с ^{235}U ; 7 - чистый алюминиевый электрод; 8 - разборный латунный каркас; 9 - латунный электродный вывод; 10 - латунный вентиль; 11 - электрический алюминиевый экран; 12 - дюралюминиевая коробка усилителя.

выполнены из алюминиевой фольги толщиной 0,1 мм. Все электроды имеют вырезы для свободного доступа газа в межэлектродные полости и отверстия для крепления на разборном каркасе /8/. Всего в камере 11 подложек со слоями ^{235}U и 12 чистых электродов. Для получения хорошего электрического контакта с алюминиевыми электродами применяются медные кольцевые прокладки толщиной 0,03 мм, которые соединены медными проводниками с герметичными латунными выводами /9/ на крышке камеры. Все 11 подложек с ураном имеют независимые выводы, чистые 12 электродов имеют один общий вывод. Каркас /9/ со смонтированными на нем чередующимися чистыми электродами и подложками крепится на крышке камеры и легко может заменяться другим аналогичным каркасом. Откачка воздуха из герметично закрытой камеры и наполнение ее рабочим газом осуществляются через латунный вентиль /10/. На внешней стороне крышки крепится электрический экран /11/, на котором устанавливается усилитель, заключенный в металлическую коробку. В качестве рабочего газа используется метан чистотой 99,3% под давлением в 2,5 атм. Расстояние между подложками и чистыми электродами - 2 мм. Слой из окиси-закиси ^{235}U толщиной 2,2 мг/см² нанесены с двух сторон подложки в виде кругов диаметрами 74 мм. Изготавливались слой путем многократного нанесения на поверхности подложек раствора нитрата урана в смеси этилового спирта 50% и амилацетата 50% с небольшой добавкой нитрацеллюлозы /10 г/л/ и последующего прокалывания при 500°С, что позволило получить прочные равномерные слои делящегося вещества.

Общее количество ^{235}U - на одиннадцати подложках ≈ 2 г, на каждой подложке $\approx 0,176$ г.

2. Токвый усилитель и основные характеристики камеры

Наличие в камере деления двух граммов ^{235}U соответствует α -активности $\approx 1,6 \cdot 10^5$ α -част/с. Использование электронной схемы усилителя с малым мерт-

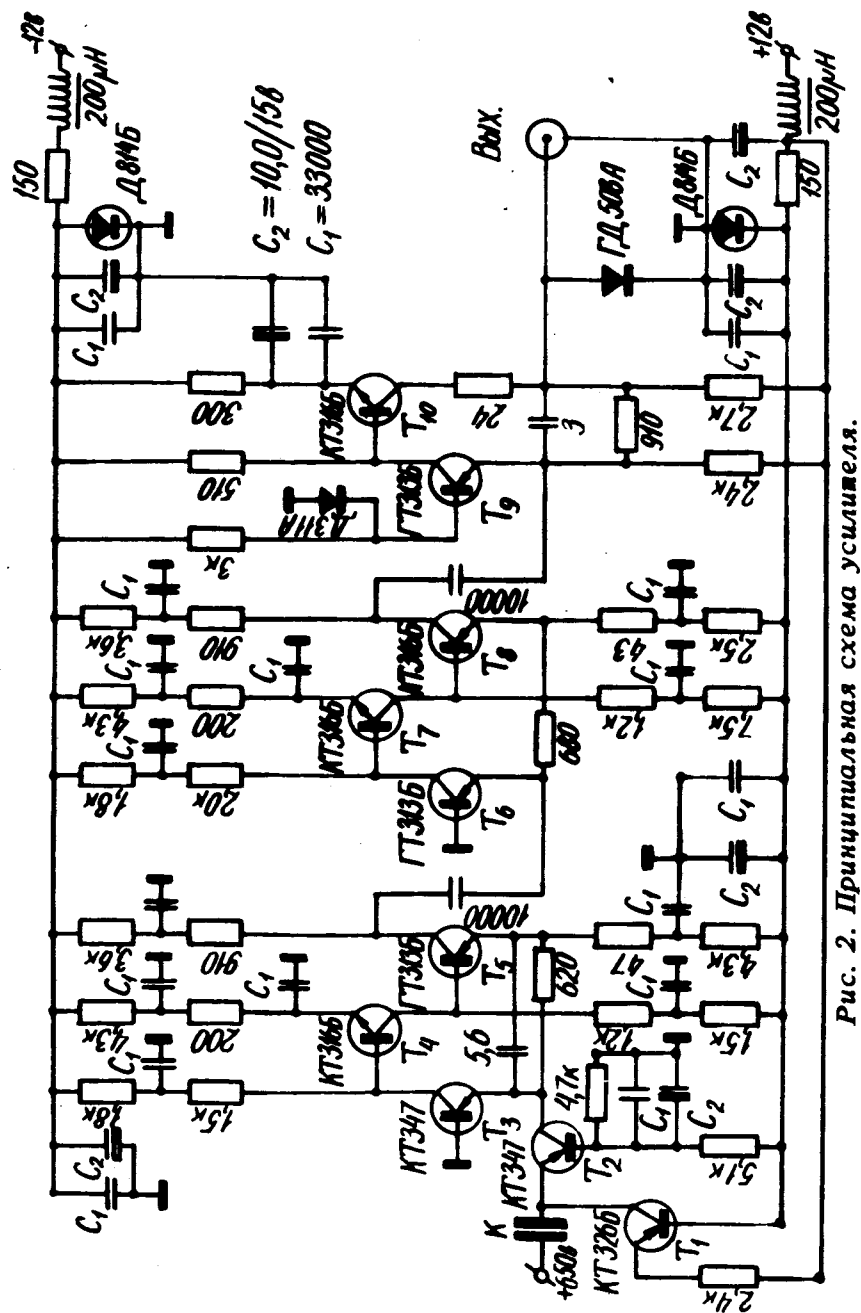


Рис. 2. Принципиальная схема усилителя.

вым временем, равным времени собирания электронов от ионизирующих частиц ≈ 20 нс, дает возможность избежать многократных наложений α -частиц. С другой стороны, уменьшение мертвого времени позволяет увеличить загрузки по скорости счета до 10^6 имп/с. Как показано В.Н.Кононовым и др. ^{/3/}, мертвое время ионизационной камеры можно уменьшить при ее работе в токовом импульсном режиме. Однако токовый усилитель, применяемый в работе ^{/3/}, удовлетворительно работает при емкости камеры ≤ 200 пФ. Полная емкость нашей камеры равна 2000 пФ, поэтому используется другая электронная схема /рис. 2/, которая позволяет работать с одним предусилителем при больших загрузках $\leq 10^6$ имп/с. Мертвое время предусилителя меньше 10 нс, и поэтому существенно не влияет на общее мертвое время камеры с предусилителем, коэффициент усиления которого равен 1000 . На рис. 3 и 4 изображены

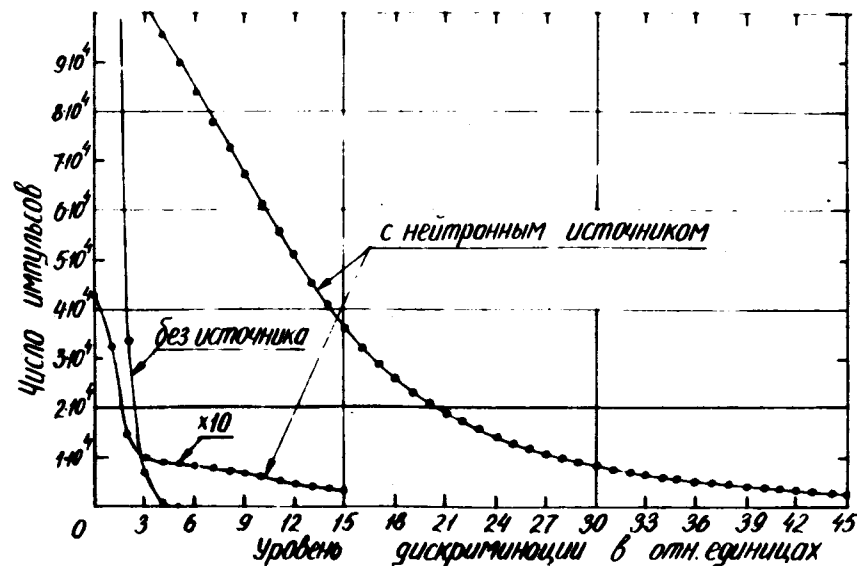


Рис. 3. Интегральные амплитудные спектры токовых импульсов на выходе усилителя с камерой.

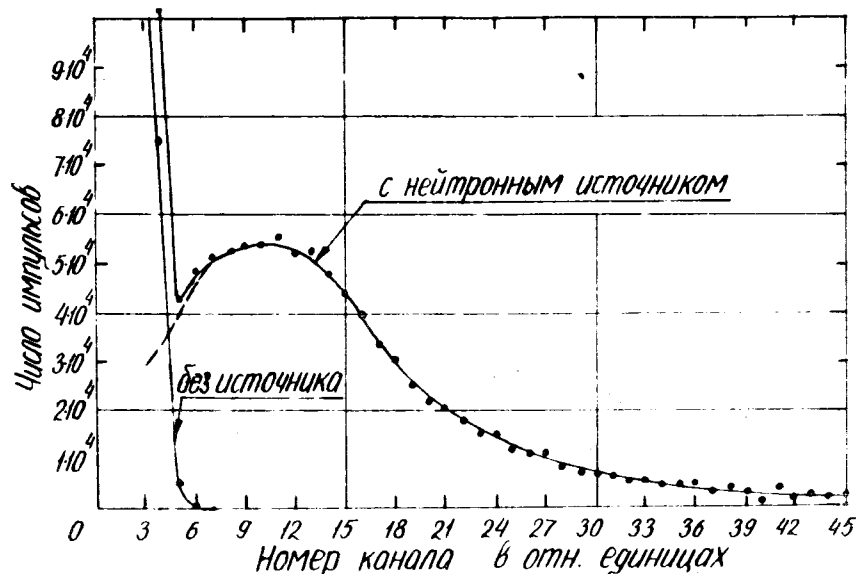


Рис. 4. Дифференциальные амплитудные спектры токовых импульсов на выходе усилителя с камерой.

экспериментальные амплитудные спектры α -частиц и осколков, а также шумов электроники. Для облучения ионизационной камеры нейтронами использовался Pu-Be источник, помещенный в блок парафина. Измерение спектров проводилось с помощью управляемого линейного удли- нителя импульсов на анализаторе типа АИ-4096.

Из графиков нетрудно видеть, что эффективность ре- гистрации осколков деления при уровне дискриминации, отсекающем фон α -частиц и шумы электроники, равна ~70%. Собственный фон камеры - 0,1 имп/с.

Эффективность регистрации ионизационной камерой тепловых нейтронов составляет 7%. Длительность токо- вых импульсов на выходе усилителя - 25 нс, передний фронт - 6 нс. Эти временные характеристики обусловлены в основном скоростью собирания электронов, которая составляет в метане ~10 см/мкс при напряжении между электродами 650 В. Измерение длительности и переднего фронта токовых импульсов на выходе усилителя с камерой производилось осциллографом С1-19.

3. Возможности ионизационной камеры при исследовании эффектов самоэкранирования в сечении деления ^{235}U

Для учета эффектов самоэкранирования в нейтронных сечениях при расчете реакторов требуется проводить измерения функций пропускания типа:

$$T(t) \Big|_{\Delta E} = \frac{\int f(E) \cdot \sigma_x(E) \cdot e^{-\sigma_t(E) \cdot t} \cdot dE}{\int f(E) \cdot \sigma_x(E) \cdot dE} = \frac{N_{\text{обр.}}}{N_{\text{с/п}}}, \quad /1/$$

где $T(t) \Big|_{\Delta E}$ - пропускание нейтронов образцом толщиной t в энергетическом интервале ΔE ; $f(E)$ - энергетический спектр источника нейтронов; $\sigma_t(E)$ - полное нейтронное сечение ядер образца; $\sigma_x(E)$ - нейтронное парциальное сечение ядер образца ($\sigma_f, \sigma_\gamma, \sigma_s$); $N_{\text{обр.}}$, $N_{\text{с/п}}$ - счет нейтронов детектором с образцом в пучке и без образца. Интегрирование выражения /1/ по толщине от 0 до ∞ дает необходимые коэффициенты блокировки $^{4,5/}$, которые используются при расчете реакторов. Очевидно, чем при больших толщинах образца удастся промерить пропускание, с тем большей точностью будут определены коэффициенты блокировки. Нами проведены измерения функции пропускания с помощью камеры деления ^{235}U и образца-фильтра толщиной 0,0049 я/барн в условиях хорошей геометрии при работе реактора в бустерном режиме /мощность - 7 кВт, частота следования нейтрон- ных вспышек - 100 Гц, длительность вспышки на полу- высоте - 4 мкс, пролетная база - 57,5 м/. В табл. 1 приведены экспериментальные значения делительных про- пусканий для диапазона энергий от 1 эВ до 21,66 кэВ. Аналогичные измерения были проведены авторами рабо- ты $^{6/}$ на малых толщинах образцов-фильтров и с по- мощью искровой камеры деления ^{235}U . На рис. 5 приведены аппаратурные поканальные временные спектры при наличии образца в нейтронном пучке и без него. /Ширина канала $\tau_k = 2$ мкс/.

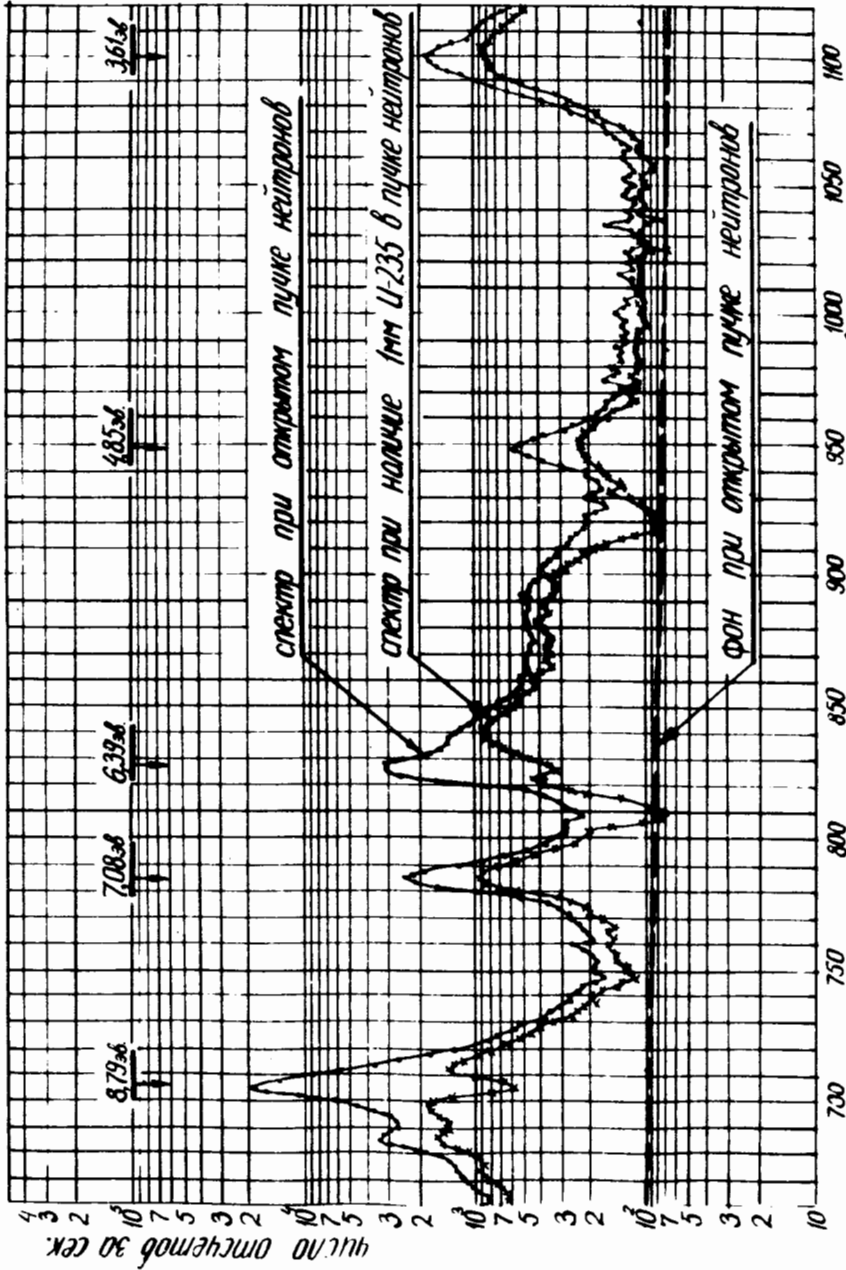


Рис. 5. Аппаратурные временные спектры ионизационной камеры и источника нейтронов. Ширина временного канала анализатора $\tau_k = 2$ мкс.

Таблица I.

$N_{гр}^2$	$E_{гр}$	T_f	$\frac{\Delta T_f}{T_f}$
10	21.66±9,63 КэВ	0,90	0,01
11	9,63±4,72	0,89	0,01
12	4,72±2,19	0,88	0,01
13	2,19±1,00	0,854	0,008
14	1,00±0,46	0,817	0,006
15	460±215 эВ	0,760	0,006
16	215±100	0,705	0,005
17	100±46,5	0,602	0,005
18	46,5±21,5	0,502	0,005
19	21,5±10,0	0,404	0,005
20	10,0±4,65	0,367	0,005
21	4,65±2,15	0,737	0,006
22	2,15±1,00	0,664	0,006
23	1,00±0,465	0,668	0,006

В заключение авторы выражают благодарность И.А.Коробкову, Ю.И.Колгину за участие в отдельных этапах работы, С.Е.Лаврову за содействие в работе, В.Н.Кононову за ценные советы и рекомендации при изготовлении камеры.

Литература

1. В.Ф.Герасимов. ПТЭ, 6, 78 /1966/.
2. R. W. Ingle, F. E. Gillespie, L. W. Weston. Review of Scientific Instruments, v. 41, 11 (1970).
3. В.Н.Кононов, А.А.Мешлев, Е.Д.Полежаев, Ю.С.Прокопец. ПТЭ, 6, 51 /1969/.
4. Л.П.Абагян, Н.О.Базазянц, И.И.Бондаренко, М.Н.Николаев. Групповые константы для расчета ядерных реакторов. М., Атомиздат, 1964.

5. А.А.Ваньков, Ю.В.Григорьев, М.Н.Николаев, В.В.Филиппов, Б.Бемер, З.Коллатц, Л.Б.Пукельнер.
Nuclear Data for Reactors, v. 1, 559, IAEA, Vienna (1970).
6. R.L.Bramblett, J.B.Gzirr *Nuclear Science Engineering*, v. 35, 350 (1969).

Рукопись поступила в издательский отдел
24 июня 1975 года.