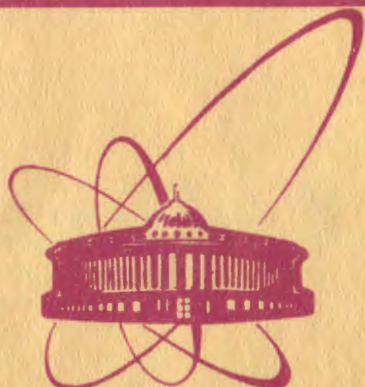


81-667



е
+

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

55 / 2-82

У/1-82

P3-81-667

С.П.Авдеев, А.А.Богдзель, З.Длоугы,
А.Дука-Зойоми, Я.Климан, В.Д.Кузнецов,
В.Пресперин

БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩАЯ
ИОНИЗАЦИОННАЯ КАМЕРА ДЕЛЕНИЯ
С БОЛЬШИМ КОЛИЧЕСТВОМ УРАНА-235

Направлено в "Nuclear Instruments and Methods"

1981

Ионизационная камера является прибором, часто используемым при изучении процесса деления атомных ядер. Требования к ее отдельным параметрам для разного рода экспериментов различны. При исследовании излучений, сопутствующих делению /как, например, нейтроны деления, мгновенные гамма-кванты/,желательно, как правило, чтобы камера обладала хорошим быстродействием и содержала как можно больше делящегося вещества при минимальном количестве конструкционного материала в зоне пучка частиц, проходящих через камеру, а также на пути от внутренней части камеры к наружным детекторам излучений. В тех случаях, когда для регистрации сопутствующего излучения используются небольшие детекторы, такие, как $G(Li)$, необходимо добиваться также уменьшения размеров камеры.

Ниже приводится описание плоской многослойной ионизационной камеры деления с изотопом ^{235}U , при конструировании которой мы стремились удовлетворить этим требованиям. Она отличается от традиционной прежде всего тем, что между алюминиевыми фольгами - электродами камеры - отсутствуют дистанционные кольца из изоляционного материала. Таким образом, удалось заметно снизить собственную емкость камеры, в значительной степени определяющую ее быстродействие, и уменьшить количество поглощающего и рассеивающего материала между ее активным объемом и внешним детектором. Кроме того, в камере нет чистых алюминиевых фольг. Все фольги с обеих сторон покрыты слоями окиси-закиси урана, что позволило наполовину сократить активную длину камеры и сделать ее более компактной.

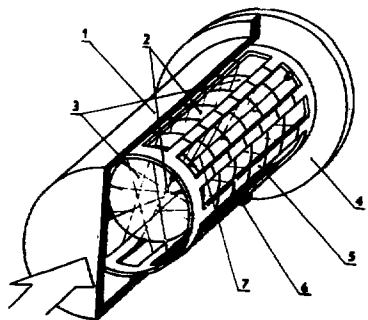


Рис. 1

Принципиальная схема камеры приведена на рис.1. Держателем алюминиевых фольг /3/ является дюралевый каркас /5/ с прорезями /6/. Каждая прорезь фиксирует две сетки /2/, сплетенные из нейлоновой нити, между которыми закреплена фольга. Средняя величина одной ячейки нейлоновой сетки равна $\sim 1 \text{ см}^2$. Расстояние между фольгами - 2 мм. Диаметр фольг и совпадающий с ним диаметр уранового покрытия составляет 76 мм. Общее количество фольг - 41, суммарная

площадь - 3630 см². Половина фольг /катоды/ соединена параллельно /7/, остальные 20 /аноды/ разделены на 7 групп /секций/. Сигнал из каждой секции выводится отдельно. Их можно таким образом произвольно коммутировать. Средняя толщина слоев окиси-закиси урана равна 2,78 мг/см², что является практически максимальной величиной, до которой скорость счета осколков в камере растет с увеличением в ней толщины делящегося вещества /1/. Общее количество урана в камере составляет 10,1 г /²³⁵U 90%-го обогащения/. Дюралевый каркас, закрепленный на фланце /4/, помещается в кожух /1/.

Несмотря на то, что ²³⁵U имеет пренебрежимо малую собственную α -активность, небольшая примесь ²³⁴U (~0,07 г/ является источником в камере α -загрузок порядка $2 \cdot 10^7$ /с. Эффект многократного наложения импульсов от α -частиц частично снимается выбором небольшой величины расстояния между электродами камеры. Для более радикального его подавления необходимо добиваться максимального укорочения α -импульсов. С этой целью камера заполнялась "быстрым" рабочим газом - метаном. Новая конструкция камеры позволила заметно уменьшить ее собственную емкость, которая неблагоприятно влияет на быстродействие системы. Емкость данной камеры составляет около 900 пФ, в то время как аналогичная камера с дистанционными кольцами из тефлона и вдвое меньшим количеством фольг имеет полную емкость ~2000 пФ /2/.

Большое внимание уделялось выбору и реализации схемы предусилителей. Для снятия сигнала с камеры использовались два низкошумящих быстрых предусилителя, выполненных по схеме зарядочувствительного каскада со стабилизацией входного сопротивления /3/. Величина реальной части комплексного входного импеданса в такой конфигурации определяется только параметрами пассивных элементов. С выхода предусилителя снимается сигнал, пропорциональный величине импульса тока в камере. Длительность фронта импульса с предусилителя составляла ~12 нс при подключении к его входу емкости $C_{вх} \approx 500$ пФ. Его чувствительность достигает 100 мВ/мкА, среднеквадратичный шум на выходе /в полосе до 50 МГц при $C_{вх} \approx 500$ пФ/ ~100 мкВ.

Длительность импульсов от осколков деления на выходе предусилителя равна ~35 нс.

Амплитудное распределение импульсов с камеры, облучаемой нейтронами Po-Be источника в блоке из парафина, снятое при помощи многоканального анализатора, приведено на рис.2. Давление в камере при этом составляло 1 ат, напряжение на ее электродах было равно 700 В. Такие условия оказались оптимальными для работы камеры. Отчетливое разделение импульсов осколков от импульсов α -частиц ²³⁴U демонстрирует хорошие параметры камеры в сочетании с предусилителями. Форма спектра осколков

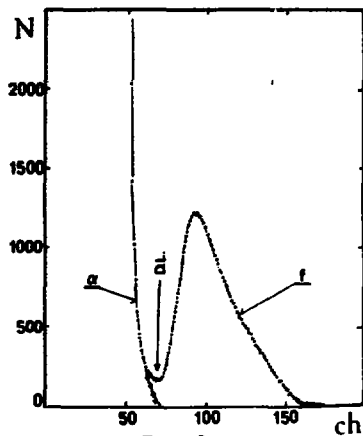


Рис. 2

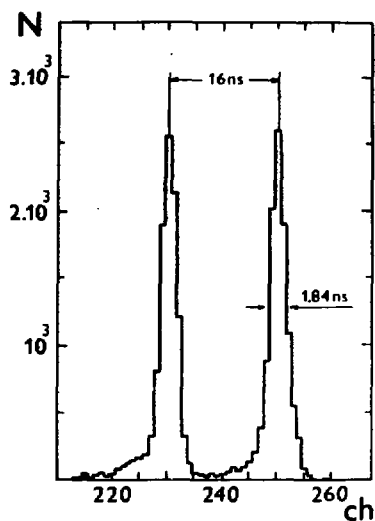


Рис. 3

совпадает с расчетами, проведенными методом Монте-Карло для аналогичных условий в работе^{4/}. Оценка эффективности камеры, сделанная на основе приведенного на рис. 2 распределения и расчетов^{4/}, согласуется с результатами специального эксперимента по измерению эффективности, описанного ниже.

Быстродействие камеры определялось путем измерения кривой совпадений импульсов от ионизационной камеры, регистрирующей осколки, и импульсов от быстрого сцинтилляционного детектора, который регистрировал гамма-кванты деления. Жидкий сцинтиллятор NE-213 размером $\phi 50 \times 50$ мм с фотоумножителем типа 56AVP находился на расстоянии ~ 4 см от камеры, помещенной в блоке из парафина. В обоих трактах использовались дискриминаторы со следующим порогом. На рис. 3 приведены две кривые совпадений, сдвинутые относительно друг друга на 16 нс /с целью калибровки временной шкалы/. Видно, что полуширина кривой совпадений не превышает 1,9 нс, демонстрируя таким образом хорошие временные свойства камеры. Пороги дискриминации при этом минимальны. При их повышении полуширина кривой совпадений уменьшается.

Определение абсолютной эффективности регистрации осколков деления камерой осуществлялось в специальном эксперименте на пучке резонансных нейтронов импульсного реактора ИБР-30. Геометрия проведения эксперимента показана на рис. 4. Пучок резонансных нейтронов, мониторированный счетчиком М, ограничивается коллиматором К, проходит через ионизационную камеру U и борный

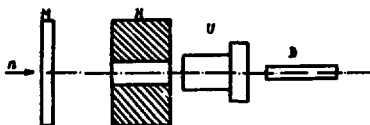


Рис. 4

счетчик D. Временной спектр импульсов деления в камере в интересующей нас области энергий /резонансы 8,8; 12,4 и 19,3 эВ/, соответствующий мониторинговому отсчету M_f , изображен на рис. 5, и временной спектр нейтронов, регистрируемых счетчиком D для

получения мониторингового отсчета M_D , - на рис. 6. Количество импульсов, зарегистрированных камерой в данном резонансе /площадь резонанса/, N_f , равно:

$$N_f = A \cdot M_f \cdot S_f \cdot \Gamma_f \cdot \epsilon_f,$$

и количество импульсов, "выведенных" камерой в спектре счетчика N_D для того же резонанса,

$$N_D = A \cdot M_D \cdot S_D \cdot \Gamma \cdot \epsilon_D,$$

где A - коэффициент пропорциональности, S_f и S_D - поперечные сечения камеры и детектора, Γ и Γ_f - полная и делительные ширины резонанса, ϵ_D - эффективность борного счетчика, ϵ_f - эффективность камеры, определяющая, какая доля актов деления, совершившихся в камере, будет зарегистрирована. Для ϵ_f получаем соотношение

$$\epsilon_f = \frac{N_f}{N_D} \cdot \frac{M_D}{M_f} \cdot \frac{S_D}{S_f} \cdot \frac{\Gamma}{\Gamma_f} \cdot \epsilon_D,$$

позволяющее на основе измеренных величин, известной эффективности борного счетчика и литературных данных для Γ , Γ_f ^{5.} определить эффективность камеры.

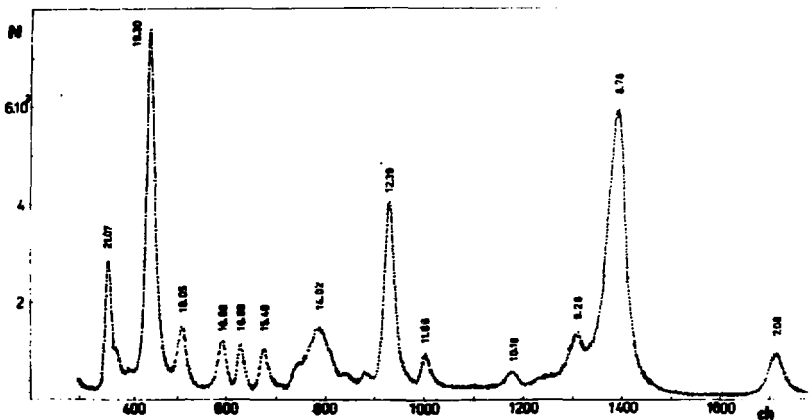


Рис. 5

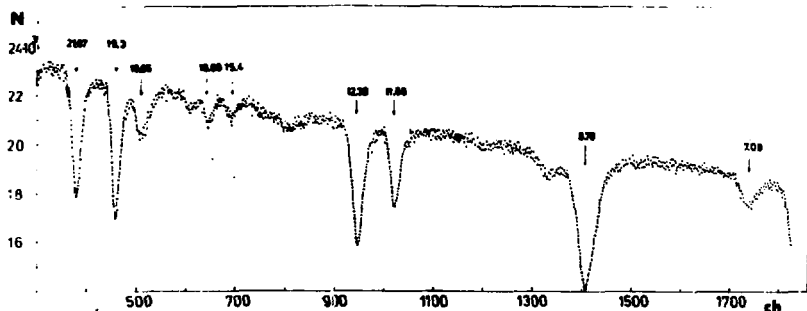


Рис. 6

Величина ϵ_f была таким способом измерена для резонансов 8,8; 12,4 и 19,3 эВ. Полученные значения между собой хорошо согласуются, и результирующая эффективность камеры ϵ_f получается равной $70 \pm 4\%$. Основной вклад в ошибку ϵ_f дают неопределенности значений Γ , Γ_f и ϵ_D .

В заключение можно сказать, что идеи, положенные в основу конструкции камеры, позволяют создать ионизационную камеру со значительно большим количеством делящегося вещества без заметного уменьшения эффективности регистрации.

Мы считаем своим приятным долгом выразить благодарность Л.Б.Пикельнеру и А.Б.Попову за постоянный интерес к работе, за ценные дискуссии и советы, Ю.И.Колгину за помощь в эксперименте, В.Шульцу за ценные советы и рекомендации при изготовлении камеры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Baer W., Swift O.F. Rev.Sci.Instr., 1952, 23, p.55.
2. Богдзель А.А. и др. ОИЯИ, 3-9012, Дубна, 1975.
3. Gatti E., Manfredi P.F. Proc. 2nd ISPR Nuclear Electr. Symp., EUR 5370e, 1975, p.33.
4. Lemke H.D., Ziegler B. Nucl.Instr. and Meth., 1980, 169, p.89.
5. Neutron Cross Section. BNL, 1973, p.325.

Рукопись поступила в издательский отдел
26 октября 1981 года.