

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

99-211

P15-99-211

Ю.М.Гледенов, Р.Машрафи¹, П.В.Седышев,
В.И.Салацкий, Ю.Анджеевски², П.И.Шаланьски²

ИСПЫТАНИЕ ИОНИЗАЦИОННОЙ КАМЕРЫ
НА РЕЗОНАНСНЫХ НЕЙТРОНАХ
ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ГАЗОВЫХ МИШЕНЕЙ

¹E-mail: gaas@nf.jinr.ru

²Лодзинский университет, Польша

Испытание ионизационной камеры на резонансных нейтронах для исследования газовых мишеней

Сконструирована ионизационная камера с газовыми мишенями и тестируется на резонансных нейтронах импульсного реактора ИБР-30 ОИЯИ, Дубна. Атомы газа являлись мишенями для нейтронного пучка. Проведено сравнение полученных результатов на тепловых нейтронах с помощью этой камеры и камеры с твердой мишенью. В нашем случае фон от реакций на примесях ^{10}B и ^6Li , содержащихся в веществах твердых образцов и подложках, отсутствует. Также была проверена способность установления камеры после импульса мощности реактора с помощью протонов от реакции $^3\text{He}(n,p)^3\text{H}$, α -частиц от уранового источника и генератора точных амплитуд. Кроме того, мы определили энергетическое разрешение камеры.

Работа выполнена в Лаборатории нейтронной физики им. И.М.Франка ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна, 1999

Перевод авторов

Gledenov Yu.M. et al.

P15-99-211

Testing an Ionization Chamber with Resonance Neutrons for Gaseous Targets Studies

An ionization chamber with gaseous samples has been designed. It has been tested on the beam of the pulsed reactor IBR-30, JINR, Dubna. The experiment has been carried out with resonance neutrons. The exposed gas volume serves as a target for neutron beam. We have compared the chamber to samples on substrates, the background component due to ^{10}B and ^6Li microimpurities in this case is totally absent. It has been tested also the recovery capability of the chamber after the reactor power pulse using the protons from the $^3\text{He}(n,p)^3\text{H}$ reaction, α -particles from a U-source and a pulsed precision generator. Moreover the energy resolution of the chamber with its equipment has been carried out.

The investigation has been performed at the Frank Laboratory of Neutron Physics, JINR.

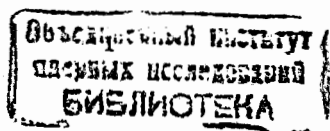
1. Введение

Исследование нейтронных реакций с вылетом заряженных частиц на газовых мишенях в работе [1] дало хорошие результаты. Однако проведенные измерения были выполнены только на тепловых нейтронах импульсного реактора ИБР-2 [2]. Для проверки методики и способности изготовленной камеры с газовой мишенью ИКГМ к измерениям на более широком интервале нейтронов необходимо испытать ее применимость на резонансных нейтронах и определить ее характеристики в таких измерениях.

В данной работе обсуждаются результаты испытания камеры на нейтронах импульсного реактора ИБР-30, работавшего совместно с линейным ускорителем электронов. Проведено также сравнение полученных результатов на тепловых нейтронах с помощью ИКГМ и камеры с твердой мишенью.

2. Конструкция ИКГМ

Схема ионизационной камеры с газовой мишенью ИКГМ показана на рис.1. Это обычная плоскопараллельная камера с сеткой, катод и анод которой выполнены из алюминиевой фольги толщиной 0,1 мм, а сетка-из проволоки из бериллиевой бронзы толщиной 0,1 мм с шагом 2 мм, намотанной на рамку из нержавеющей стали. Конструкция помещена в корпус из нержавеющей стали длиной 310 мм и диаметром 180 мм, снабженный высоковольтными и сигнальными вводами и вентилем для откачки и наполнения газами. На торцах корпуса имеются тонкие алюминиевые окна для пропускания пучка нейтронов через камеру. На входном окне рассеивалось не более 0,5% нейтронов, проходящих через него. Расстояния между катодом и сеткой, между сеткой и коллектором составляли 55 и 25 мм соответственно. Пучок проходил между катодом и сеткой параллельно поверхности электродов. Мишенями для исследуемых реакций являлись ядра газов, наполняющих камеру. Расстояния между электродами в камере и положение пучка были такими, что на электроды не попадал нейтронный пучок, и при использованных давлениях треки от продуктов ядерных реакций полностью укладывались в газе между ее катодом и сеткой. Влияние краевых эффектов на входе и выходе нейтронного пучка из чувствительного объема было мало, так как длина этого объема, определяемая длиной окна рамки сетки, значительно больше (210 мм), чем пробеги при использованных давлениях газовых смесей от регистрируемых частиц.



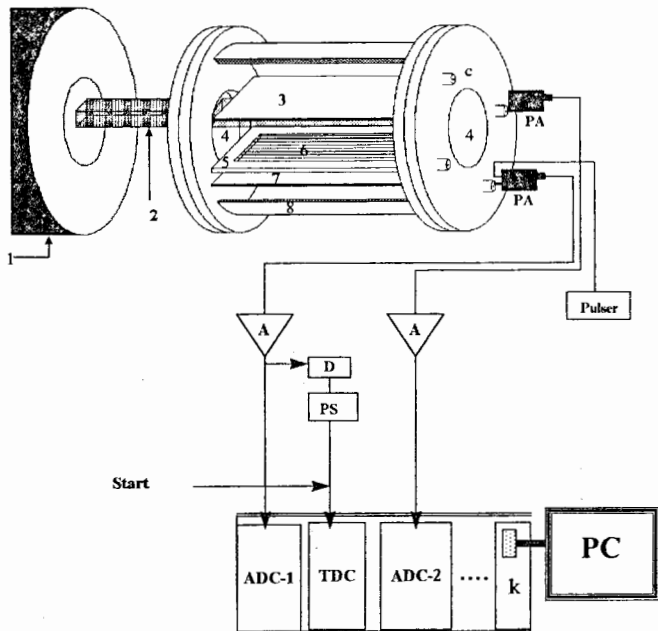


Рис.1. Схема эксперимента для определения характеристик ионизационной камеры: 1 - нейтронотвод; 2 - пучок нейтронов; 3 - катод; 4 - входные окна; 5 - рамка сетки; 6 - сетка; 7 - коллектор; 8 - корпус камеры; PA- предусилители; с- фишка; А - спектрометрические усилители; D - дискриминатор; PS - формирователь; ADC1-2 - амплитудно-цифровые преобразователи; TDC - временной кодировщик; k- контроллер; PC - компьютер

3. Эксперимент

Для определения характеристик изготовленной камеры при измерениях с резонансными нейтронами мы провели эксперименты на нейтронах от импульсного реактора ИБР-30, работавшего совместно с линейным ускорителем электронов. Камера располагалась на расстоянии 30 м от зоны реактора и была наполнена смесью газов 93% Ar; 5% CO₂ и 2% ³He до давления 1,8 атм. Расстояние в камере от входного, для нейтронов, окна до начала чувствительного объема было 72 мм, а от конца этого объема до выходного окна корпуса составляло 58 мм. При давлении газов в камере больше 1,15 атм, что обычно использовалось в измерениях, тритоны из реакции ⁶Li(n,t)⁴He, происходящей на микропримеси лития в алюминиевых окнах, не долетали до чувствительного объема камеры.

Для уменьшения фона при измерениях на резонансных нейтронах на расстоянии 10 м от реактора стоял Al-фильтр толщиной 12,5 см, а перед камерой стоял фильтр из 2-мм Cd. Калибровка энергии нейтронов по времени пролета проводилась с помощью фильтров из Mn и In, установленных перед камерой. При измерениях на тепловых нейтронах [1] фильтр из Cd был снят. Пучок нейтронов, проходящих через камеру,

формировался коллиматорами размером 20x40 мм, стоящими перед камерой. Внутри камеры помещался источник α-частиц из смеси ²³⁸U и ²³⁴U. С помощью модуля для многопараметрических измерений [3] мы получили амплитудный спектр вылетающих заряженных частиц (рис.2), времяпролетные спектры протонов из реакции ³He(n,p)³H, α-частиц из уранового источника и импульсов от генератора заданной амплитуды, подаваемых также на вход предусилителя, стоящего на камере. Была определена способность камеры восстанавливаться к работе в нормальном режиме после импульса мощности реактора, во время которого мощный поток γ-квантов и быстрых нейтронов создает перегрузку камеры. Времяпролетный спектр α-частиц от уранового источника приведен на рис.3. Видно, что примерно через 20 мкс после максимума импульса нейтронов от реактора, камера восстанавливает нормальный режим работы. Для повышения числа отсчетов в каждом канале временного спектра при ширине канала всего 1 мкс использовался генератор импульсов необходимой частоты. Полученный спектр приведен также на рис.3. По нему можно точнее определить время восстановления камеры совместно с использованной аппаратурой. Оно оказалось равным 26 мкс. Была также определена зависимость разрешения пиков от продуктов реакции ³He(n,p)³H в зависимости от энергии нейтронов (рис.4). Из него видно, что сохраняясь на уровне 80-100 кэВ до энергии нейтронов E_n почти 1 кэВ, ближе к максимуму импульса нейтронов, оно растет примерно до 200 кэВ при E_n ≈ 10 кэВ.

4. Обсуждение результатов измерений

Ширина импульса нейтронов ИБР-30 на полувысоте составляет 4,5 мкс [4], а по основанию импульса из-за затянутого по времени заднего фронта около 20 мкс (τ_{0,1}). Измерения, проводимые ранее на этой пролетной базе с камерами, имеющими твердые мишени, не позволяли достичь энергии 1 кэВ с таким разрешением.

Нами проведено сравнение спектров от частиц из реакций при измерении на тепловых нейтронах ИБР-2 с помощью ИКГМ при ее наполнении смесью газов 93,75% Ar; 6,25% CO₂ и 1,8 10⁻⁵⁰% ³He до давления 1,2 атм (рис.5(1)) и камеры с твердой мишенью на подложке. Спектр с последней (мишень-NaCl) показан на рис.5(2). На нем видны пики от ничтожных примесей ¹⁰B и ⁶Li. Таких пиков в ИКГМ не наблюдалось при давлении газа от 1,15 атм и выше, как описано в работе [1].

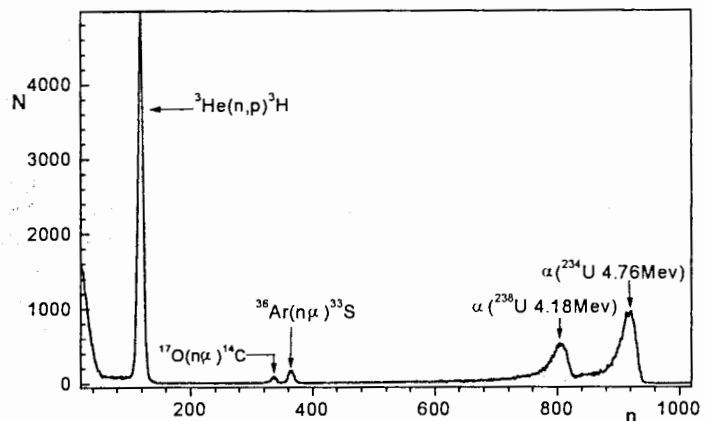


Рис.2. Амплитудный спектр из камеры при ее наполнении смесью газов 93% Ar: 5% CO₂ и 2% ³He до 1,8 атм

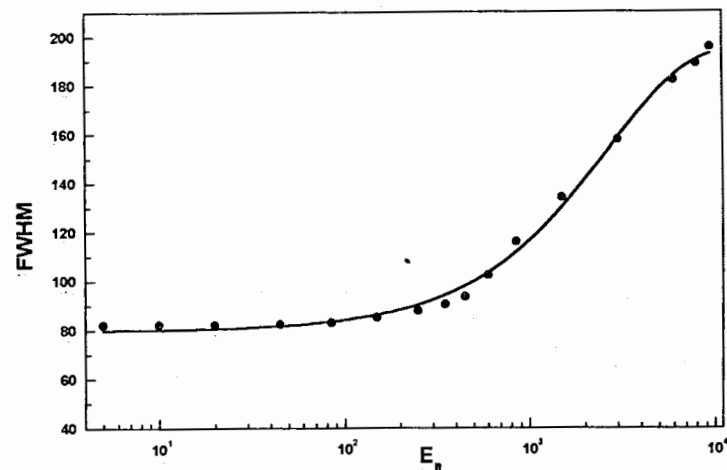


Рис.4. Разрешение пиков от продуктов реакции ³He(n,p)³H в зависимости от энергии нейтронов. E_n - энергия нейтронов в эВ, FWHM - разрешение в кэВ

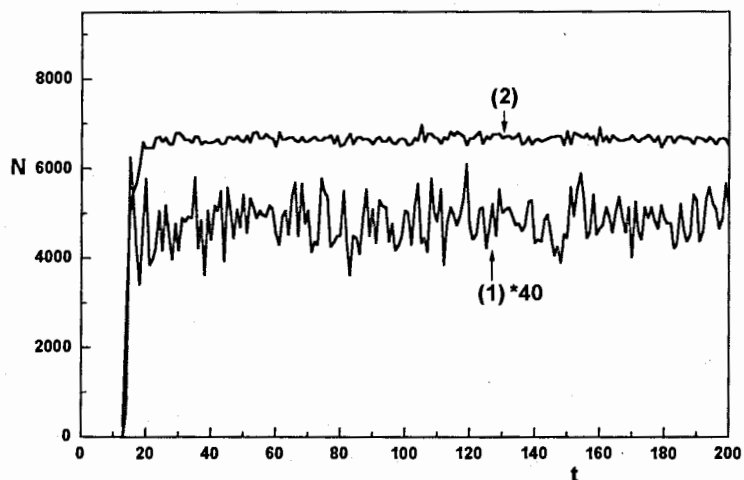


Рис.3. Времяпролетные спектры. (1) - α-частиц от уранового источника; (2) - импульсов от генератора; t - время пролета нейтронов в мкс; N - число α-частиц или импульсов от генератора

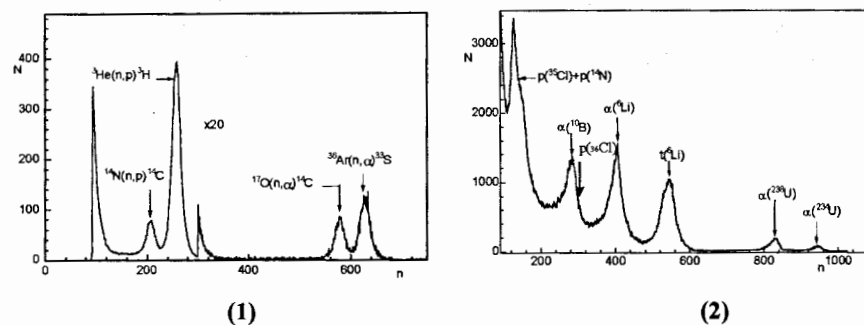


Рис.5. Сравнение амплитудных спектров из камеры с газовой мишенью (1) и твердой мишенью (2). N - число зарегистрированных частиц, n - номер канала

5. Выводы

Изготовленная нами ИКГМ, не содержащая твердой мишени на подложках, имеет ряд преимуществ по сравнению с ионизационной камерой с образцами на подложках, а именно:

- меньший фон;
- нет пиков от реакций на примесях ¹⁰B и ⁶Li, содержащихся в веществах твердых образцов и подложках;

- значительно проще, точнее и надежнее определяется число ядер исследуемого образца;

- пики на спектрах частиц, вылетающих из реакций на ядрах газов, не имеют «хвостов» в сторону низких энергий, проявляющихся при измерении реакций на ядрах изотопов, входящих в твердые мишени, из-за конечной толщины последних;

- частицы регистрируются в 4 π -геометрии.

Разрешение пиков от заряженных частиц, вылетающих из реакций на пучке нейтронов реактора ИБР-30 на пролетной базе 30 м при приближении по времени пролета почти к самой вспышке реактора (20 мкс), составляет еще величину, меньшую 200 кэВ (без пучка 60-80 кэВ). Для исследования многих реакций этого вполне достаточно. При необходимости получать лучшее разрешение или исследовать диапазон с более высокими энергиями нейтронов нужно проводить измерения на большей пролетной базе или на нейтронных источниках с коротким импульсом нейтронов.

Настоящая работа выполнена благодаря частичному финансированию Российским фондом фундаментальных исследований, грант 95-02-05212.

Литература

- [1]. Гледенов Ю.М. и др., Сообщение ОИЯИ, Р3-97-239, Дубна, 1997.
- [2]. Ананьев Б.Н. и др., Сообщение ОИЯИ, Р13-89-517, Дубна, 1989.
- [3]. Гледенов Ю.М. и др., Сообщение ОИЯИ, Р10-95-438, Дубна, 1995.
- [4]. В.В.Голиков и др., Препринт ОИЯИ, 3-5736, Дубна, 1971.

Рукопись поступила в издательский отдел
19 июля 1999 года.