

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



С 344.14

A-64

3780/2-78

31/vii-78

3 - 11502

Б.Н.Ананьев, А.Б.Кунченко, В.И.Лазин,
Ю.М.Останевич, Е.Я.Пикельнер

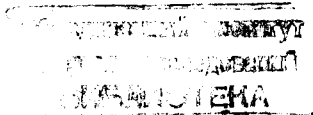
КОЛЬЦЕВОЙ МНОГОНИТЕВОЙ ДЕТЕКТОР
МЕДЛЕННЫХ НЕЙТРОНОВ С ГЕЛИЕМ-3

1978

З - 11502

Б.Н.Ананьев, А.Б.Кунченко, В.И.Лазин,
Ю.М.Останевич, Е.Я.Пикельнер

КОЛЬЦЕВОЙ МНОГОНИТЕВОЙ ДЕТЕКТОР
МЕДЛЕННЫХ НЕЙТРОНОВ С ГЕЛИЕМ-3



Ананьев Б.Н. и др.

3 - 11502

Кольцевой многонитевой детектор медленных нейтронов с гелием-3

Описывается разработанный в ЛНФ ОИЯИ кольцевой многонитевой детектор, предназначенный для исследования малоуглового диффузного рассеяния нейтронов в растворах макромолекул. Описывается конструкция, технология и результаты испытания детектора. Кольцевой детектор, по сравнению с ранее применявшейся системой из 48 прямых детекторов, позволил примерно в 20 раз повысить светосилу при одновременном улучшении разрешения по углу.

Работа выполнена в Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1978

Ananyev B.N. et al.

3 - 11502

Ring-Shape Multi-Wires ^3He Detector for Thermal Neutrons

Ring-shape multi-wires detector (RMD) has been constructed in LNP, JINR for measurements of small angle neutron scattering by macromolecule solutions. Construction, technology and results of tests of RMD are described. Comparison of the ring-shape detector with the earlier applied detector system consisting of 48 linear BF_3 counters shows an increase of the efficiency by a factor of 20 at a better angle resolution.

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

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1978

В ряде нейтронографических исследований изучаемое сечение рассеяния обладает аксиальной симметрией с осью вдоль первичного пучка нейтронов. Для таких исследований весьма желательно применение детектора нейтронов с чувствительным объемом той же симметрии. Ниже описывается разработанный нами кольцевой многонитевой детектор, предназначенный для исследования малоуглового диффузного рассеяния нейтронов в растворах макромолекул.

I. КОНСТРУКЦИЯ ДЕТЕКТОРА

Детектор по форме напоминает диск с отверстием в центре для пропускания первичного пучка нейтронов. По ряду причин первый вариант детектора нам пришлось выполнить с отсеченным сегментом, что несколько усложнило технологию изготовления счетчика. Рабочий объем детектора /наружный диаметр 728 мм, внутренний - 246 мм, глубина - 40 мм/ с помощью концентрических медных перегородок разделен на 8 камер /рис. 1/. По центру каждой камеры на тефлоновых опорах натянута вольфрамовая нить ϕ 25 мкм - анод. Каждая камера имеет высоковольтный ввод. Несущим элементом детектора является плита из нержавеющей стали, на которой крепятся тефлоновые опоры, медные перегородки - катоды и высоковольтные вводы.

Со стороны первичного падающего пучка нейтронов рабочий объем ограничен дуралевой крышкой толщиной 5 мм. Герметизация детектора выполнена с помощью индиевых уплотнений.

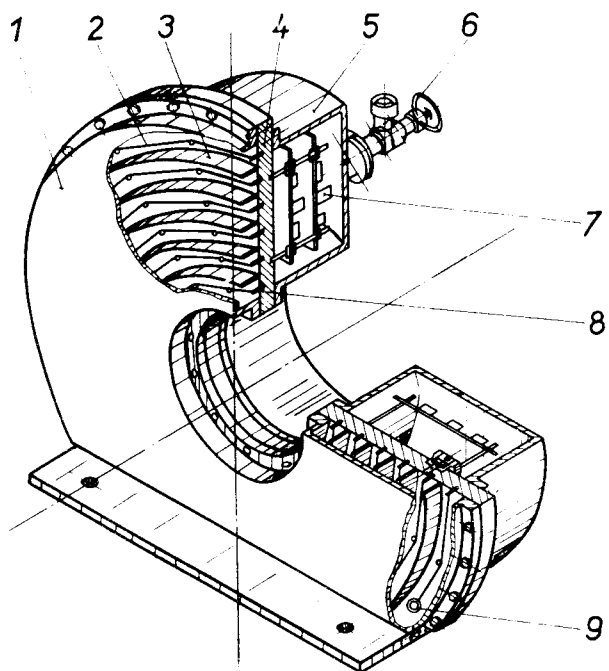


Рис. 1. Общий вид кольцевого многонитевого детектора медленных нейтронов. 1 - дуралевая крышка, 2 - анод - вольфрамовая нить, 3 - медная перегородка - катод, 4 - плита из нержавеющей стали, 5 - герметичный кожух, 6 - кран, 7 - предусилитель, 8 - тефлоновые опоры, 9 - высоковольтный ввод.

На обратной стороне несущей плиты размещены высоковольтные цепи, предусилители, 2 крана для откачки /наполнения/ и контрольный манометр, показывающий давление газа в рабочем объеме счетчика.

Во время эксперимента детектор помещается в вакуумную камеру - нейтронотвод с давлением $\sim 10^{-1}$ Тор. С целью сохранения нормальных условий работы для высоковольтных цепей и детекторной электроники задняя сторона детектора также закрывается герметичным кожухом, в котором сохраняется атмосферное давление.

В качестве рабочего газа мы использовали смесь гелия-3 с аргоном.

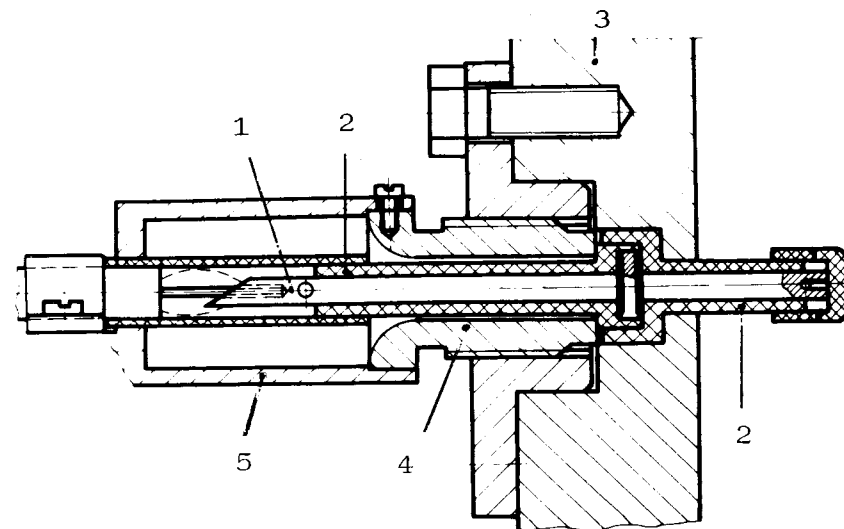


Рис. 1а. Высоковольтный ввод. 1 - медный стержень, 2 - тефлоновая изоляция, 3 - плита из нержавеющей стали, 4 - уплотняющая гайка, 5 - дуралевый экран.

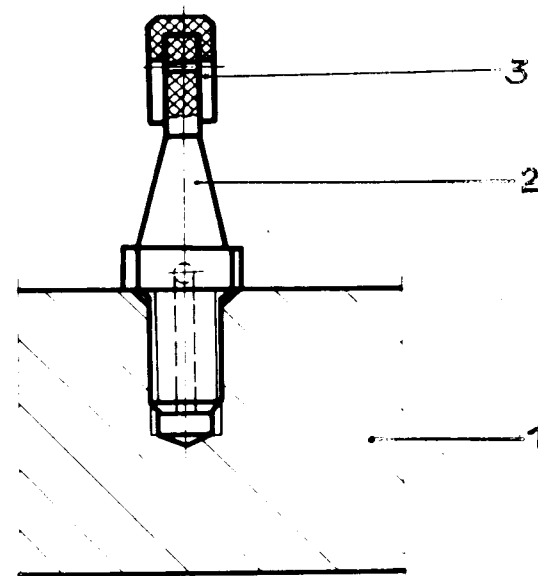
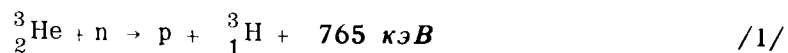


Рис. 1б. Тефлоновая опора. 1 - плита из нержавеющей стали, 2 - тефлоновая опора, 3 - тефлоновый колпачок,

Выбор гелия-3 обусловлен следующими его качествами: высоким поперечным сечением реакции $\sigma = 5327 \text{ барн}$ при $\lambda = 1,8 \text{ \AA}$ /, возможностью использования высокого давления газа при сравнительно низком рабочем напряжении, отсутствием электроотрицательного фактора и агрессивных свойств, присущих, например, BF_3 .

Относительно низкая энергия реакции



легко компенсируется соответствующим выбором газового усиления при работе в пропорциональном режиме.

Использование аргона в качестве второго компонента вызвано тем, что пробеги заряженных продуктов реакции /1/ в гелии оказываются довольно большими: протон $E = 574 \text{ кэВ}$ при нормальных условиях в гелии имеет пробег 51 мм, тритон $E = 191 \text{ кэВ}$ - 22 мм. Добавка аргона существенно повышает тормозную способность рабочей смеси и тем самым ослабляет стеченочный эффект.

II. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ И ИСПЫТАНИЯ

После ряда проб мы остановились на следующем составе рабочей смеси:



Исходные газы были достаточно высокой чистоты:

аргон - особой чистоты /примесей $10^{-3} \%$ /,
гелий-3 - первой категории /примесей $10^{-3} \%$ /,
примесей трития $5 \cdot 10^{-9}$ кюри/лит./.

Для предварительной проверки чистоты используемых газов применялся небольшой пропорциональный счетчик с бериллиевым окном, на котором при нужной чистоте газа можно было наблюдать разрешение γ -линий 6,7 и 14 кэВ излучателя ${}^{57}\text{Co}$, а также спектры от нейтронного источника.

Корпус счетчика после тщательной промывки, обезжиривания, монтажа нитей и герметизации рабочего объема подвергался длительному /~30 ч/ обезгаживанию при температуре 110 - 130°C. Непосредственно перед наполнением счетчик несколько раз промывался чистым аргоном.

Для предварительных исследований детектор был наполнен смесью 2,8 атм. аргона, 6 Тор гелия-3 и 26 Тор углекислого газа. Были измерены амплитудные спектры, которые подтвердили ожидаемые характеристики детектора. Проведение предварительных испытаний показало, что за шесть месяцев видимых изменений в амплитудном спектре не произошло.

Амплитудный спектр с рабочей смесью при равномерном освещении детектора нейтронами показан на рис. 2. Применявшийся предусилитель /рис. 3/ с входным каскадом, выполненным на полевом транзисторе КП 303Г, обеспечивал достаточно низкий уровень шума /~10 кэВ/ при длительности выходного импульса 3 мкс и фронте

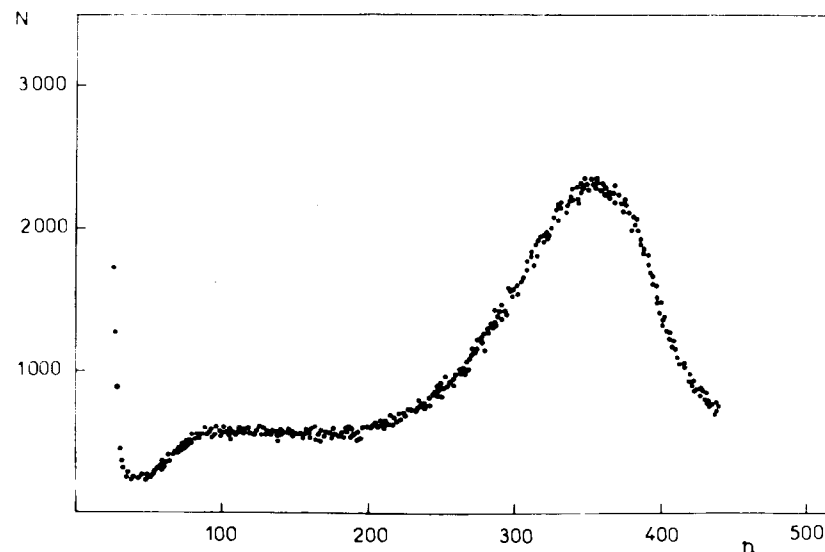


Рис. 2. Амплитудный спектр наружного счетчика кольцевого многонитевого детектора медленных нейтронов. Спектр снят при $E=1400 \text{ В}$.

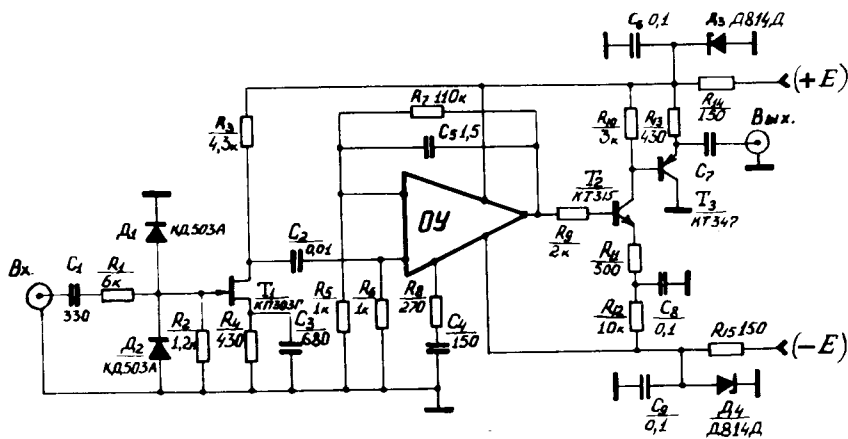


Рис. 3. Схема используемого предусилителя.

нарастания 0,5 мкс. В качестве основного усилителя /ОУ/ применена интегральная схема ИУТ401Б.

Характеристики предусилителя:

1. Полярность входного сигнала - отрицательная.
2. Входной импеданс - 1,2.
3. Коэффициент усиления - 10^3 .
4. Фронт нарастания - $0,5 \times 10^{-6}$ с.
5. Амплитудное значение приведенного ко входу шума - $4 \cdot 10^{-5}$ В.

III. РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ В РАБОЧИХ УСЛОВИЯХ

Многонитевой кольцевой детектор нейтронов был использован в установке для исследования малоуглового рассеяния нейтронов от растворов биологических макромолекул. Кольцевой детектор, по сравнению с применявшейся ранее системой из 48 прямых детекторов типа NWI-52¹¹, позволил примерно в 20 раз повысить светосилу установки при одновременном улучшении разрешения по углу.

Работа с детектором на протяжении полугода на реакторе ИБР-30 показала, что основные конструктивные решения являются приемлемыми. Вместе с тем, работа в широком спектральном диапазоне нейтронов /1-4 Å / выявила ряд особенностей спектральной чувствительности детектора. Одна из таких особенностей - изменение относительной спектральной чувствительности при изменении порога дискриминации - связана с остаточным влиянием стеночного эффекта /рис. 4/, существование которого можно также заметить в амплитудных спектрах, где помимо пика полного поглощения заметны пики, соответствующие торможению в газе только тритона и протона. Этот эффект количественно рассмотрен в работе².

Другой особенностью описываемого детектора является увеличение эффективности при малых длинах волн нейтронов, связанное с обратным рассеянием нейтронов от задней стенки, и достигающее при $\lambda = 1 \text{ Å}$ 13,7% от эффективности для одного прохождения нейтрона через чувствительный объем /рис. 5/. Аллеманд и др.¹³ для подавления этого эффекта применяли кадмиевую защиту задней стенки, причем из-за высокого давления паров кадмия его пришлось поместить в герметичную алюминиевую упаковку. В описываемом детекторе специальных

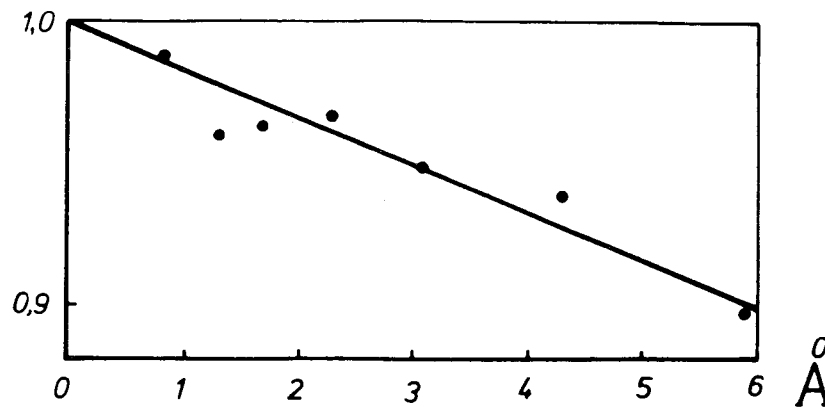


Рис. 4. Отношение значений эффективности детектора при двух разных порогах дискриминации в зависимости от длины волны нейтрона.

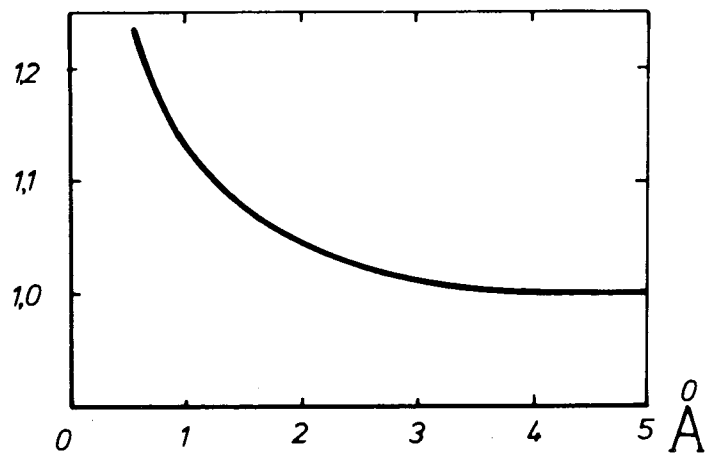


Рис. 5. Отношение эффективности детектора с учетом обратного рассеяния от задней стенки к эффективности без учета обратного рассеяния.

мер для устранения этого эффекта мы не предпринимали, вопрос об их необходимости пока исследуется.

Кольцевая геометрия регистрации реализуется в Институте Лауэ-Ланжевена /Гренобль, Франция/ на установке Д-11^{/4/}, где для этой цели применяется двумерный многоклеточный детектор /64 x 64 элемента размером 1x1 см² / с последующим суммированием данных по кольцу на ЭВМ.

Аналогичная задача решается Шоенборном и др.^{/5/} путем разработки варианта многоклеточной камеры с высокоомной нитью.

Для исследования диффузного рассеяния в неупорядоченных системах /растворах/ описанный нами детектор позволяет решать тот же круг задач при значительном упрощении как конструкции и технологии изготовления детектора, так и регистрирующей аппаратуры.

В заключение авторы пользуются возможностью искренне поблагодарить А.В.Стрелкова за полезные обсуждения и помощь при выполнении этой работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воронов Б.И. и др. ОИЯИ, 14-9451, Дубна, 1976.
2. Shalev S., Fishelson Z., Gutter J.M. Nucl.Instr. and Meth., 1969, 71, p. 292-296.
3. Allemard R. e.a. Nucl.Instr. and Meth., 1975, 126, p. 29-42.
4. Jacobe J. Report and Discussion Meeting on Applications of Position Sensitive Detectors to Thermal Neutron Scattering. ILL January, 1975, p. 20-58.
5. Alberi J., e.a. Nucl.Instr. and Meth., 1975, 127, p. 507-523.

Рукопись поступила в издательский отдел
11 апреля 1978 года.