

ДЕТЕКТОР ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ УЛЬТРАХОЛОДНЫХ НЕЙТРОНОВ
В УСЛОВИЯХ ИНТЕНСИВНОГО β - γ -ФОНА

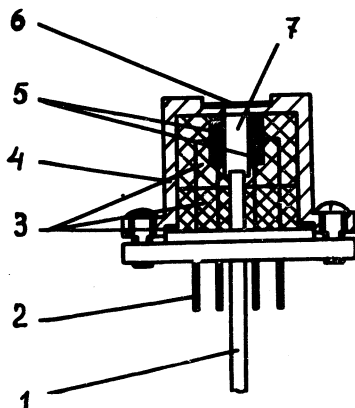
В. А. Аниколенко, А. В. Антонов, А. И. Исаков,
А. Д. Перекрестенко, А. А. Тухомедов

УДК 539.1

Рассматривается конструкция и электронная схема He^3 -счетчика ультрахолодных нейтронов (УХН). Счетчик состоит из двух полупроводниковых Au-Si -детекторов. Специальная электронная схема и полупроводниковые детекторы позволяют регистрировать УХН при наличии высокого β - γ -фона (активность ловушки порядка сотен мюри).

Одним из методов получения ультрахолодных нейтронов (УХН) является метод их накопления в вакуумированных объемах (ловушках) на стационарном реакторе /1/. В проведенном нами эксперименте /2/ ловушка опускалась в активную зону реактора, где производилось накопление УХН. Затем она извлекалась из канала и устанавливалась в измерительном устройстве, в котором осуществлялась регистрация ультрахолодных нейтронов, вытекавших через отверстие в ловушке. Детектирование УХН происходило в условиях весьма интенсивного β - γ -фона, вызванного активацией материала ловушки в реакторе (активность порядка сотен мюри). Для регистрации ультрахолодных нейтронов в этих условиях был разработан специальный счетчик (рис.1) на основе ядерной реакции $\text{He}^3(n,p)\text{H}^3$ (энергия реакции $Q = 0,76$ Мэв). Продукты реакции регистрировались двумя полупроводниковыми поверхностно-барьерными детекторами ДКПС-0,5 со следующими основными параметрами: толщина обедненной области 38 мкм, толщина мертвого слоя 150 Å, энергетическое разрешение 0,7% (по линии $E_\gamma = 5,15$ Мэв), рабочая площадь $S = 0,5 \text{ см}^2$.

Расстояние между детекторами, равное 5 мм, определялось диаметром выходного окна ловушки /I/. В верхней части корпуса находилось окно, заклеенное титановой фольгой (12 мк), пропускавшей ультрахолодные нейтроны. Счетчик откачивался до остаточного дав-

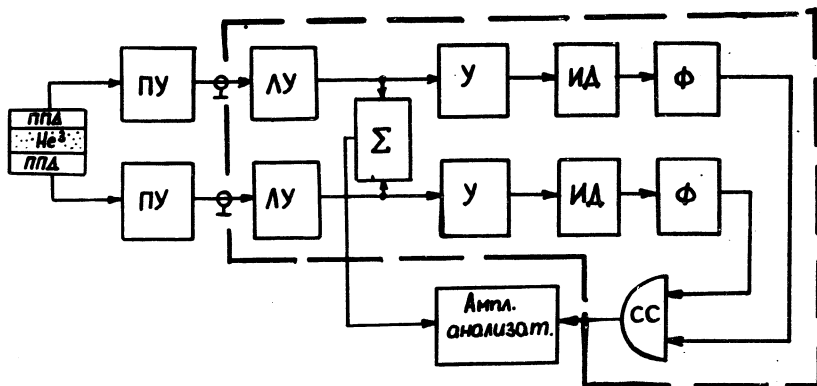


Р и с. 1. Счетчик ультрахолодных нейтронов. 1 - откачная трубка; 2 - электрические вводы; 3 - уплотнители; 4 - камера; 5 - полупроводниковые детекторы ДПДС-0,5; 6 - входное титановое окно.

ления $\sim 10^{-6}$ тор, а затем наполнялся He^3 до давления 15-30 тор (10^{-7} зв). (выбор давления был обусловлен энергией регистрируемых УХН 10^{-7} эв).

Блок-схема регистрирующей электроники изображена на рис. 2. Как видно из этой схемы, сигналы с детекторов поступали на предусилители, затем подавались на основные усилители и разводились на входы сумматора. В сумматоре сигналы от отдельных детекторов складывались, т.е. происходило суммирование энергий протона и тритона. Уровень дискриминации неизменно устанавливался в начале тритонного пика (180 кэв). После формирования по амплитуде и длительности сигналы поступали на вход схемы совпадений, а затем на амплитудный анализатор LP 4050. Анализатор работал в режиме совпадений, записывая суммарные импульсы (протон + тритон) лишь в случае одновременного прихода стробирующего импульса со схемы совпадений. В работе использовалась схема совпадений с разрешающим временем $\tau = 46$ нсек, которое было определено по кривой задержанных

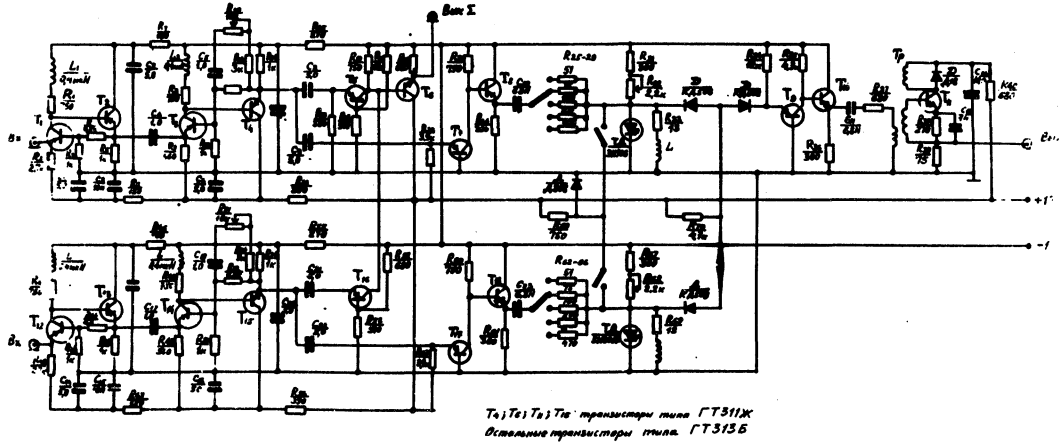
совпадений. Это время выбиралось из условия 100%-ной эффективности схемы совпадений. На рис. 3 приведена принципиальная схема основных блоков регистрирующей аппаратуры (выделенных пунктиром на рис. 2). Приведем их наиболее существенные характеристики.



Р и с. 2. Блок-схема регистрирующей электронной аппаратуры, ППД - полупроводниковый детектор; ПУ - предусилитель; ЛУ - линейный усилитель; Σ - сумматор; У - усилитель; ИД - интегральный дискриминатор; Ф - формирователь; СС - схема совпадений

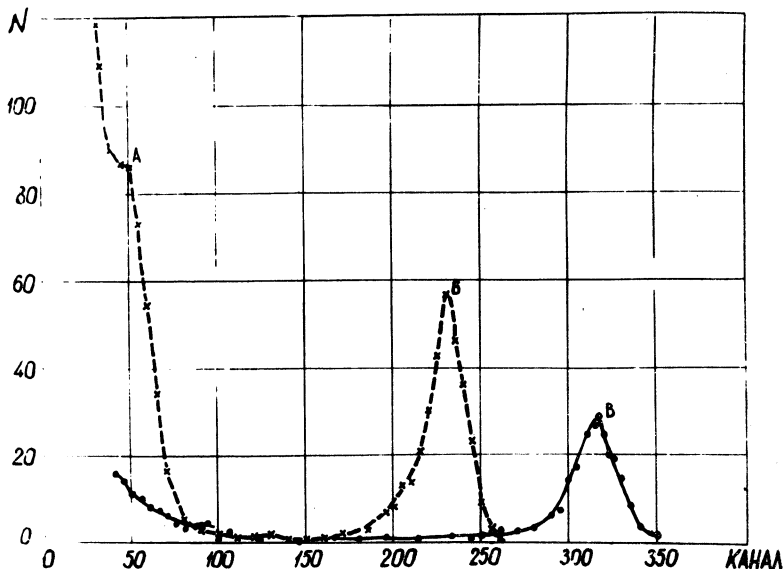
Зарядочувствительные предусилители имели собственный шум, эквивалентный 3,7 кэв. Они пропускали импульсы с фронтом до 90 нсек. Усилители были собраны на транзисторах в виде двух двоек с отрицательной обратной связью и давали возможность плавно регулировать коэффициент усиления в пределах 10%. Максимальный сигнал на входе усилителей составлял 1,25 в, коэффициент усиления $K=100$ при отклонении от линейности $< 1\%$. Усилитель имел полосу пропускания от 350 кГц до 7,5 МГц. Сумматор был выполнен на транзисторах по схеме с общей базой. Схема совпадений была собрана на туннельных диодах. Совпадающие сигналы отличались по амплитуде в три раза и имели большую длительность (~ 10 мксек), поэтому они предварительно формировались по амплитуде и длительности.

Эффективность регистрации нейтронов счетчиком ϵ , определяемая нами как отношение числа нейтронов, прошедших через окно де-



Р и с. 3. Принципиальная схема основных блоков регистрирующей аппаратуры

тктора, к числу зарегистрированных, зависит от давления He^3 , скорости нейтрона v , а также от формы и взаимного расположения полупроводниковых детекторов. Если через 1 обозначить пробег нейтро-



Р и с.4. Амплитудное распределение импульсов, полученное при облучении счетчика в потоке тепловых нейтронов: x - от одиночного детектора; o - через сумматор и схему совпадений

нов, то эффективность детектора может быть подсчитана по формуле

$$\varepsilon(1) = 0,3 \left(1 - e^{-b/l} \right) e^{-a/l},$$

где a - расстояние от окна счетчика до регистрирующей области, b - размер регистрирующей области. Для тепловых и холодных нейтронов $e^{-a/l} \approx 1$. Множитель 0,3 обусловлен геометрией счетчика. Для ультрахолодных нейтронов максимальное значение $\varepsilon_m = 0,13$ ($1_m = b/\ln[(a+b)/b]$) достигалось при давлении He^3 20 тор в случае $v = 4,5$ м/сек (граничная скорость для кварца) и 30 тор при $v = 6,8$ м/сек (граничная скорость для бериллия) /3/. На рис. 4 представлены амплитудные распределения сигналов, полученные при облучении

счетчика в потоке тепловых нейтронов. Пунктирной кривой показано распределение от одиночного детектора, сплошной линией изображен спектр, регистрируемый счетчиком с помощью сумматора и схемы совпадений. Из рисунка видно, что максимум пика В приходится на 315-й канал анализатора, что с хорошей точностью равно сумме номеров каналов, соответствующих максимумам пика протонов (Б) и тритонов (А). Пик В хорошо отделен от фоновых импульсов. Заметим, что его площадь составляет примерно 50% от площади пика Б. Этот факт объясняется тем, что одиночный детектор может регистрировать протоны, отвечающие событиям, когда тритоны по условиям геометрии не попадают на другой детектор. Для выяснения воздействия γ -излучения на работу нашего счетного устройства было проведено измерение, в ходе которого вблизи счетчика помещался источник Co^{60} интенсивностью 30 мкюри. Распределение на рис. 4 в районе пика В при этом абсолютно не изменилось. Исходя из всего изложенного можно утверждать, что сигналы в каналах 280-340 обязаны своим происхождением исключительно нейтронам.

Таким образом, описанные в данной работе счетчик и электронное устройство позволяют регистрировать ультрахолодные нейтроны при наличии высокоинтенсивного β - γ фона. Счетчик может использоваться в экспериментах с пучками нейтронов небольшого сечения. Достигнутая величина эффективности регистрации УХН ($\sim 13\%$) не является предельной и может быть существенно повышена при использовании полупроводниковых детекторов большей площади.

В заключении авторы благодарят В. Е. Солодильова за полезные обсуждения и помощь в работе.

Поступила в редакцию
3 июля 1973 г.

Л и т е р а т у р а

1. А. В. Антонов, А. И. Исаков и др. Краткие сообщения по физике ФИАН, № 1, 3 (1970).
2. В. А. Аниколенко, А. В. Антонов, А. И. Исаков, Н. В. Линькова, А. Д. Перекрестенко, В. Е. Солодильов, С. А. Старцев, А. А. Тихомиров. Препринт ФИАН № 92, 1973 г.
3. И. И. Гуревич, Л. В. Тарасов. Физика нейтронов низких энергий, 1965 г.