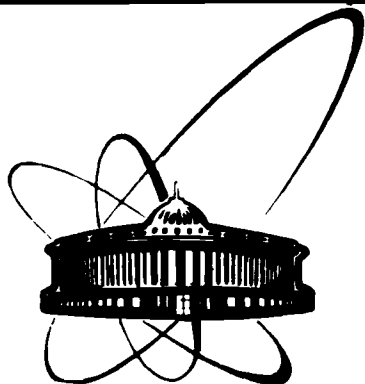


89-155



ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

Б 629

13-89-155

Г.Ф.Бинько*, В.Н.Гребенев*, Ю.Б.Гуров*,
Ю.П.Добрецов*, В.П.Джелепов, В.Г.Зинов,
В.Г.Кириллов-Угрюмов*, А.А.Малолетнев*,
А.Л.Микаэлян*, А.П.Пичугин*, В.В.Фильченков,
Н.Н.Халько*

УСТАНОВКА ДЛЯ μ SR-ИССЛЕДОВАНИЙ
С ГАЗОВОЙ МИШЕНЬЮ "БЕЗ СТЕНОК"

Направлено в журнал "Приборы и техника эксперимента"

*Московский инженерно-физический институт

1989

Большинство действующих в настоящее время μ SR-установок предназначено для проведения исследований с твердыми или жидкими мишенями. Между тем значительный интерес представляют эксперименты с газами, в которых, в частности, открывается уникальная возможность изучения элементарных актов взаимодействия атомов и молекул. Однако постановка таких экспериментов сопряжена с целым рядом трудностей, среди которых следует отметить малую плотность газов $\sim 10^{-2} \div 10^{-3}$ г/см³ и высокие требования к их чистоте $C_{\text{прим.}} \lesssim 10$ ppm.

В настоящей работе представлена установка для μ SR-исследований в газах, в том числе и в водороде, при относительно низких давлениях. Центральной частью является газовая мишень с высокоэффективной системой регистрации остановок мюонов в исследуемом веществе. Первые работы были проведены по измерению остаточной поляризации отрицательных мюонов в дейтерии при 10 атм^{3/}.

В целом конструкция установки /рис.1/ достаточно традиционна. Она включает в себя газовую мишень с расположенными внутри замедлителями /mod/ и двумя кремниевыми полупроводниковыми де-

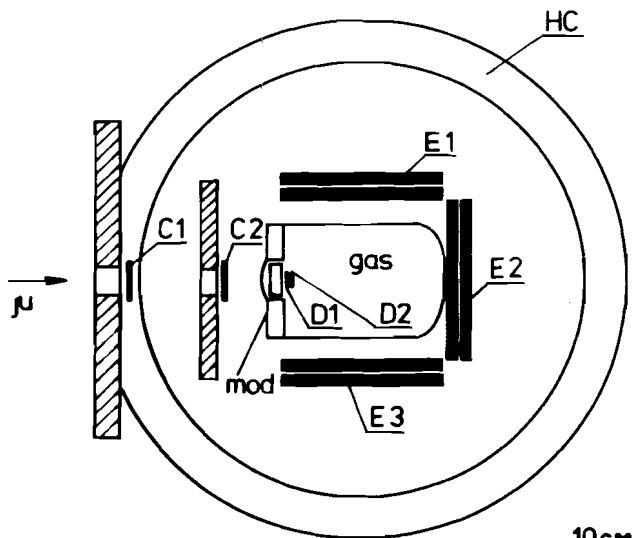


Рис.1. Схема установки.

текторами D1 и D2; магнитную систему - кольца Гельмгольца; электронные телескопы - E1, E2, E3, состоящие из пар сцинтилляционных счетчиков; коллиматоры и мониторные счетчики C1, C2.

Газовая мишень представляет собой цилиндрический сосуд с фланцем, изготовленный из нержавеющей стали размерами $\phi 200 \times 300$ мм, с толщиной стенки 3 мм, что обеспечивает рабочее давление до 40 атм. Диаметр мишени оптимален при данной ее длине: при меньших диаметрах значительная часть входящих мюонов из-за многократного рассеяния попадает в боковые стенки, а при больших диаметрах требуется повысить толщину стенки, что приведет к увеличению энергетического порога регистрации электронов $\mu \rightarrow e$ распада. Установленный на фланце внутри камеры комбинированный замедлитель состоит из слоя меди и слоя алюминия. Такая конструкция позволяет уменьшить влияние многократного рассеяния на плотность остановок мюонов в газе.

Выделение остановок мюонов с помощью ППД использовалось нами ранее^{/1/} в эксперименте с неоном под давлением 40 атм. Идея метода основана на зависимости энергосвыделения в детекторах от пробега частицы. Как показано в работе^{/2/}, наилучшая эффективность выделения остановок частиц достигается в том случае, когда толщина детектора в $г/см^2$ приблизительно равна толщине газа в мишени. В работе^{/1/} первый детектор был выбран толщиной 2 мм, что составляет $\sim 0,5 г/см^2$ (слой газа в мишени составлял $0,6 г/см^2$), а второй, тонкий, ≈ 300 мкм. При этом только первый детектор являлся активным, а второй служил лишь для индикации того факта, что мюон вышел из первого.

В настоящей установке используются два полупроводниковых детектора равной толщины. При этом в алгоритме отбора событий учитываются сигналы с обоих ППД. Это позволило повысить эффективность выделения остановок частиц в газе. Следует отметить, что ширина пробежной кривой пучка мюонов на фазотроне Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ при импульсе 130 МэВ/с равна $5 г/см^2$, в то время как толщина дейтерия при 10 атм в мишени равна $0,05 г/см^2$. Таким образом, требуется выделить сотую долю частиц пучка.

Метод выделения остановок частиц понятен из рис.2. Здесь представлены кривые средних ионизационных потерь энергии частиц, проходящих через детекторы в зависимости от полного пробега R ($г/см^2$). Два детектора позволяют исключить неопределенность места остановки частицы, т.к. один и тот же сигнал может быть от остановившейся частицы внутри либо вне детектора. Два нижних порога энергосвыделения в детекторах НП1, НП2 устанавливаются для разделения остановок мюонов в газе и задней стенке мишени, т.е. железе. Верхним порогом на D1 - ВП1 выделяются частицы, останавливающиеся во втором детекторе, т.е. в кремнии,

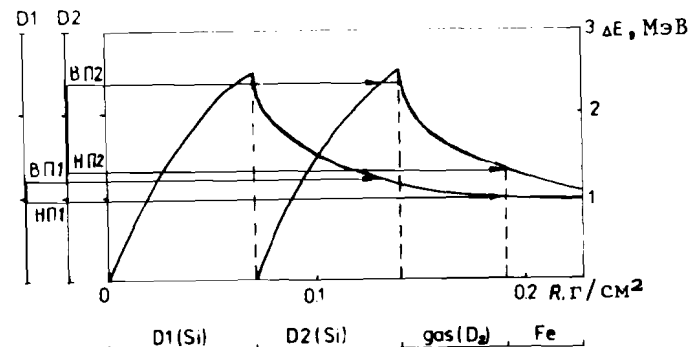
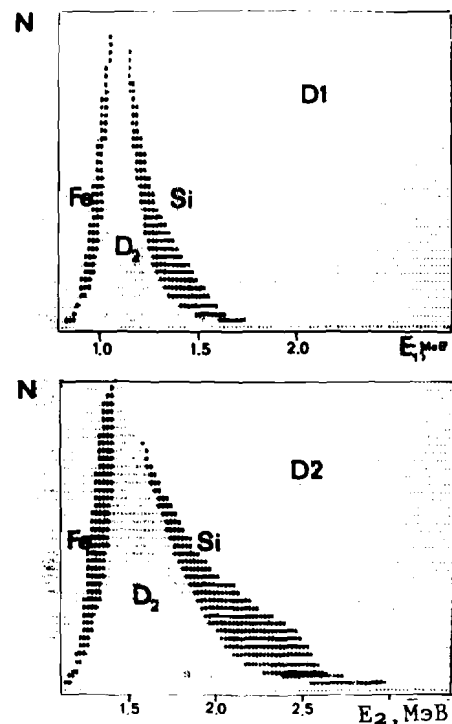


Рис.2. Зависимости средних ионизационных потерь в детекторах от пробега частицы. D1(Si) - толщина первого детектора, D2(Si) - толщина второго детектора, gas(D₂) - толщина газа по длине мишени, (Fe) - стенка газовой мишени. НП1 ÷ ВП1, НП2 ÷ ВП2 - интервалы ионизационных потерь в детекторах для частиц, останавливающихся в газе.



причем допускается некоторая доля остановок частиц в детекторе на глубину, определяемую величиной пространственного разрешения $\sim 15\%$, а затем верхним порогом в D2 - ВП2 обрезаются остановки во втором ППД.

На рис.3 представлены экспериментальные спектры потерь энергии в детекторах для частиц, прошедших отбор по быстрому сигналу с предусилителей с помощью порогов на формирователях. В дальнейшем для тщательной обработки пороги устанавливаются в цифровом виде, и спектрометрическая информация анализируется на ЭВМ. Темные участки спек-

Рис.3. Экспериментальные спектры ионизационных потерь в детекторах для частиц, останавливающихся в газе.

ров соответствуют доле частиц, остановившихся в кремнии или в железе. Видно, что соответствующим выбором порогов можно выделить остановки только в газе, при этом доля их от полного числа остановок в газе составит величину $\sim 30\%$, т.е. газовую мишень в данном случае можно рассматривать "без стенок". При регистрации электронов от распада отрицательных мюонов можно расширить область остановок, при этом электронов от распада мюонов в стенках либо в детекторе будет меньше в соответствии с временем жизни мюонов в данном веществе.

В таблице приведены: а/ соотношение остановок мюонов в Si, D₂, Fe, без отбора по порогам, в спектре на рис.3; б/ соотношение остановок мюонов, отобранных с порогамми НП1 = 0,96 МэВ, ВП1 = 1,29 МэВ, НП2 = 1,33 МэВ, ВП2 = 2,23 МэВ; в/ соотношение количества зарегистрированных электронов распада в Si, D₂, Fe, отобранных по порогам, приведенным в б/.

Таблица

	а	б	в
N _{Si}	30%	9%	4%
N _{D₂}	46%	72%	93%
N _{Fe}	24%	19%	3%

В результате отбора событий по указанным порогам спектрометрических сигналов число остановок мюонов в детекторе уменьшилось всего на 17% от первоначального, а влияние стенок сведено к нескольким процентам.

Одна из особенностей установки - создание детекторов, работающих в водороде. Исследования показали, что традиционные ППД - поверхностно-барьерные - Si(Au) из n-типа

кремния и Si(Li), полученные путем диффузии лития, при помещении в водород портятся, и это проявляется в возрастании обратных токов детектора. Возможно, это вызвано образованием на поверхности инверсного слоя с замыканием по поверхности. После возвращения их на воздух или в вакуум они быстро восстанавливают работоспособность.

После длительного подбора технологии и материала были изготовлены детекторы с диффузионным р-п-переходом из кремния р-типа с удельным сопротивлением $\rho \approx 3 \cdot 10^3$ Ом·см, путем световой диффузии лития на глубину ≈ 20 мкм. Детекторы устойчиво работают более полугода.

Магнитные элементы предназначены для создания поперечного однородного магнитного поля в объеме газовой мишени, неоднородность поля должна быть $< 1\%$. В соответствии с этим требованием были разработаны магниты - катушки Гельмгольца диаметром 1 м, диапазон полей от 0 до 300 эрстед.

Детектирующие элементы состоят из трех пар сцинтилляционных счетчиков 300x300x20 мм - электронных телескопов и двух мониторинговых сцинтилляционных счетчиков. Электронные телескопы осуществляют регистрацию электронов и дают временную отметку момента распада мюона. Мониторные пучковые счетчики 80x80x10 мм служат для регистрации мюонов и вырабатывают временную отметку момента прихода мюона.

Толщина сцинтиллятора электронного телескопа определялась из условия надежной регистрации электронов, а также из оценки оптимальной толщины вещества между газом мишени и регистрирующей системой. Для устранения влияния магнитного поля установки на работу ФЭУ /ФЭУ-30/ они были вынесены из области магнитов с помощью длинных светодов ≈ 80 см. Корпус ФЭУ окружен магнитной защитой из пермаллового экрана и стального кожуха.

Электронная система установки /рис.4/ состоит из:

- 1/ блока выделения остановок мюонов в мишени с формированием временной отметки "старт" - остановка мюона /ОСТ/;
- 2/ блока регистрации электронов распада и формирования сигнала "стоп" /СМ/;
- 3/ блока временного анализа /Т - К/, интервал анализа 10 мкс;
- 4/ блока амплитудного анализа сигналов с ППД //А-К/;
- 5/ блока логического отбора событий Ie, Iμ /КС/;
- 6/ блока управления и передачи информации в ЭВМ /У, КОНТРОЛЛЕР/.

Зарегистрированные события передаются в ЭВМ в виде набора: амплитуды с D1, D2, время от прихода мюона до регистрации электрона и признаков телескопов.

Система подготовки газовой мишени и чистки газа включает: три типа вакуумных насосов /форвакуумный, диффузионный, магнеторазрядный/, обогреватель газовой мишени, цеолитовый адсорбер /для очистки D₂/ и геттер на основе циркония для чистки инертных газов. Обезгаживание мишени осуществляется в собранном состоянии с ППД откачкой с прогревом до 100°C. Заполнение происходит газом, пропущенным через фильтры. В экспери-

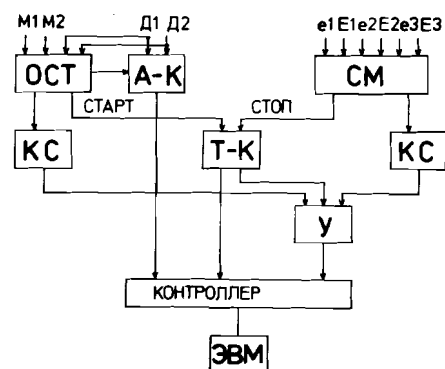


Рис.4. Электронная блок-схема μ SR-установки.

менте с He была достигнута чистота $\sim 0,01$ ppm, а для дейтерия получена величина < 10 ppm.

Разработанная μ SR-установка удовлетворяет требованиям к проведению исследований с газами и обладает достаточной светосилой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бинько Г.Ф. и др. - ПТЭ, 1984, т.5, с.36.
2. Гуров Ю.Б. и др. - В кн.: Сборник научных трудов МИФИ. Элементарные частицы и атомное ядро. М.: Энергоатомиздат, 1986.
3. Бинько Г.Ф. и др. - Препринт ОИЯИ, P1-89-156, Дубна, 1989.

Рукопись поступила в издательский отдел
10 марта 1989 года.

Бинько Г.Ф. и др.

13-89-155

Установка для μ SR-исследований с газовой мишенью "без стенок"

Описана установка, позволяющая проводить μ SR-исследования с использованием мишеней, имеющих большие геометрические размеры. Центральным элементом установки является газовая мишень размером ϕ 200x300 мм с расположенными внутри нее двумя кремниевыми полупроводниковыми детекторами, служащими для выделения остановок мюонов в газе. Показано, что данный способ обладает высокой эффективностью и позволяет практически исключить влияние стенок газовой мишени.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1989

Перевод О.С.Виноградовой

Binko G.F. et al.

13-89-155

A Set-Up for μ SR-Investigations with
A Gaseous Target "Without Walls"

The experimental set-up for μ SR-investigations is presented. It allows one to use targets of large sizes. The main part of the installation is a gaseous target of ϕ 200x300 mm dimensions. Two solid state detectors (silicon) are located inside the target to register the muon stops in the gas. It is shown that this method has a high efficiency and allows one to practically eliminate the yield from muon stops in the target walls.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Problems, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1989