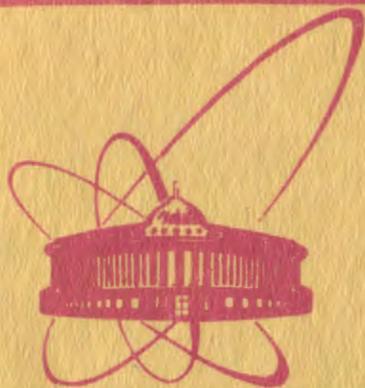


28/vi-80

+



ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

2751/2-80

1-80-98

Н.С.Борисов, Э.И.Бунятова, А.Г.Володин,
М.Ю.Либург, В.Н.Матафонов, А.Б.Неганов,
Б.С.Неганов, Ю.А.Усов

ПРОТОННАЯ ПОЛЯРИЗОВАННАЯ "ЗАМОРОЖЕННАЯ"
МИШЕНЬ ДЛЯ ВТОРИЧНЫХ ПУЧКОВ ЧАСТИЦ
ВЫСОКОЙ ЭНЕРГИИ

Направлено в ПТЭ

1980

ВВЕДЕНИЕ

В "замороженной" мишени достигнутая динамическим методом высокая поляризация протонов сохраняется в дальнейшем практически неизменной в течение длительного времени при сверхнизких температурах в сравнительно слабом магнитном поле. Основным преимуществом поляризованных мишеней "замороженного" типа является возможность проводить эксперимент в слабом магнитном поле с низкой однородностью, которое нетрудно получить с помощью магнита, имеющего большую апертуру. Эти особенности "замороженной" мишени имеют принципиальное значение и делают её незаменимым инструментом при решении многих задач в исследовании поляризационных явлений. Подробное изложение основных принципов, описание устройства, а также характеристики разработанных ранее мишеней такого типа приведены в работах /1-5,7/.

В Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ в 1978 г. разработана протонная поляризованная "замороженная" мишень /ППЗМ/, по своим размерам, конструкции и характеристикам существенно отличающаяся от созданных ранее ППЗМ. В настоящее время мишень используется в эксперименте по измерению Р-параметра в реакции перезарядки $\pi^- p \rightarrow \pi^0 p$ при энергии 40 ГэВ в ИФЭЗ. В данной работе дается описание этого варианта ППЗМ, приводятся ее основные характеристики и сведения об измерительной аппаратуре, СВЧ-системе и веществе мишени. Приведенные характеристики получены в реальных условиях ядерного эксперимента.

I. УСТРОЙСТВО ППЗМ

Основные отличительные особенности описываемой ППЗМ состоят в применении компактного электромагнита с раздвигающимися полюсами и горизонтального гелиевого криостата, намного более экономичного, чем криостат типа Рубо /3,4,7/. Общая схема установки представлена на рис.1. Электромагнит /1/ с раздвигающимися полюсами создает в месте расположения мишени /2/ вертикально направленное магнитное поле. При сомкнутых полюсах поле магнита достигает величины 21 кГс с однородностью в объеме мишени длиной 20 см и диаметром 2 см не хуже 10^{-4} . При разомкнутых полюсах магнитное поле составляет 4,5 кГс в зазоре 20 см с однородностью 10^{-2} . Детальное описание устройства и характеристик этого магнита приведено в работе /5/.

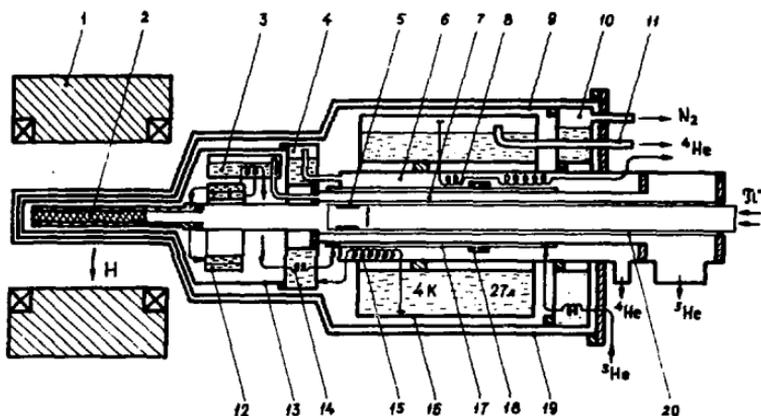


Рис. 1. Общая схема установки.

Температурный режим мишени обеспечивается рефрижератором растворения ^3He в ^4He с горизонтальным гелиевым криостатом. Горизонтальное расположение криостата обусловлено удобством ввода ампулы с веществом и пучка заряженных частиц в эксперименте через горизонтально расположенный тракт откачки ^3He . Тепловая изоляция низкотемпературных узлов криостата осуществляется вакуумной рубашкой /19/, герметичным экраном при температуре 77K /9/ и герметичным экраном при температуре 1K /13/.

Газообразный ^3He , имеющий комнатную температуру, поступает в змеевик, расположенный в емкости с жидким азотом /10/, а затем в канал газового теплообменника /17/. В этом кольцевом канале расположена угольная ловушка /18/, адсорбирующая различные примеси, в том числе и водород. Откачиваемая ванна /4/ с жидким ^4He при $T \approx 1\text{K}$ обеспечивает конденсацию охлажденного ^3He в конденсаторе /14/. Питание ванны /4/ жидким ^4He осуществляется из емкости /16/ через охлаждаемый змеевик /15/. После конденсации жидкий ^3He поступает в теплообменник, расположенный в ванне испарения ^3He /3/, а затем в противоточный теплообменник /12/. После растворения ^3He проходит через ампулу с веществом мишени /2/ вдоль каналов противоточного теплообменника и поступает в ванну испарения. Откачка ^3He из ванны испарения производится через кольцевой канал /7/, откачка ^4He из ванны /4/ осуществляется через кольцевой канал /6/. Вывод испаряющегося ^4He из гелиевой емкости /16/ может производиться

либо через трубку /11/, либо через змеевик /8/, расположенный в канале /6/. Таким образом, ^3He в канале /17/ охлаждается одновременно откачиваемым из ванны испарения ^3He , откачиваемым из ванны /4/ ^4He , испаряющимся из емкости /16/ ^4He . Экономное потребление жидкого гелия в нашем криостате в основном и определяется эффективным охлаждением поступающего ^3He в описанном выше газовом теплообменнике.

Канал ввода ампулы с веществом и пучка образован тонкостенной трубой из нержавеющей стали диаметром 42 мм /20/. После ввода ампулы с веществом и ее герметизации в канал вставляется полая теплоизолирующая пробка /5/, содержащая на пути пучка тонкостенные тепловые экраны из медной фольги толщиной 20 мкм и угольную ловушку, создающую высокий вакуум внутри канала. Такое устройство канала при хорошей тепловой изоляции мишени обеспечивает свободный проход заряженных частиц от входа в криостат до мишени и вместе с тем быстрый и несложный ввод ампулы с веществом.

II. СИСТЕМА ЦИРКУЛЯЦИИ ^3He И ОТКАЧКИ ^4He

Внешняя часть системы циркуляции ^3He показана на рис.2 и включает в себя насосную группу,

дистанционный пульт управления и контроля с емкостями хранения смеси ^3He - ^4He и ловушку предварительной очистки /9/. Насосная группа состоит из двухроторных насосов WS-2000 /2000 м³/час/, WS-500 /500 м³/час/, WS-150 /150 м³/час /Leybold Heraeus/, бустерного паромасляного насоса БН-2000 /2000 л/с/, механического форвакуумного насоса Н-2030 /30 м³/час /Alcatel/. С помощью шиберов /2/ и /6/ насосная группа может включаться двумя различными способами: в режиме большой скорости циркуляции используются насосы WS-2000, WS-500, WS-150 и Н-2030, а в режиме малой циркуляции - группа БН-2000, WS-150, Н-2030. Использование БН-2000 в режиме малой циркуляции преследует две цели: во-первых, так как время эксплуатации мишени в режиме малой циркуляции во много раз превосходит время работы при большой циркуляции, то такая схема удлиняет срок службы насосов WS-2000 и WS-500; во-вторых, отключение этих насосов существенно снижает уровень вибрации, способствуя достижению предельно низких температур в "замороженном" режиме. Насос БН-2000 практически не создает вибраций и жестко связан с криостатом /1/ посредством паромасляной ловушки /7/, которая охлаждается жидким азотом. Все остальные насосы соединены с криостатом и насосом БН-2000 с помощью резиновых сильфонов /3/ и /8/. Каждый резиновый сильфон в середине утяжелен большой массой /4/ для погашения низко-частотных колебаний. Группа насосов установлена на общей раме, которая связана с фундаментом через мягкую пневматическую подвеску /5/. На этой же раме

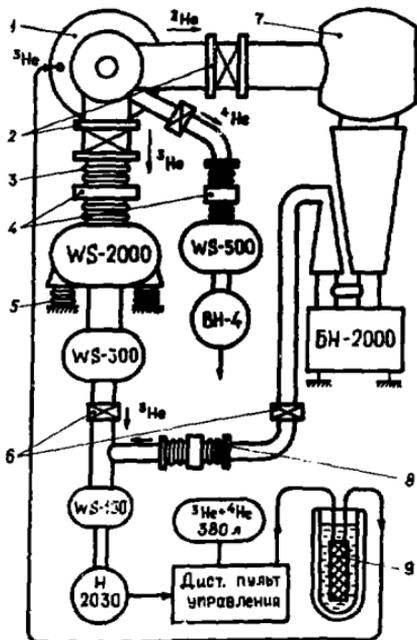


Рис.2. Система циркуляции ^3He .

установлен второй насос WS -500 для откачки паров ^4He из гелиевой ванны. Последовательно включенный с ним насос ВН-4 /45 л/с/, создающий высокий уровень вибраций, вынесен далеко за пределы зоны расположения установки. Дистанционный пульт служит для управления внешними цепями системы циркуляции ^3He . На этом же пульте расположены приборы контроля основных элементов мишени. Ловушка предварительной

очистки /9/, охлаждаемая жидким азотом, служит для очистки ^3He от паров масла и продуктов его разложения и, кроме того, от небольшого количества воздуха, который попадает в поток ^3He в основном из-за диффузии через резиновые сильфоны.

Производительность системы откачки ^3He 500 л/с при работе с WS-2000 и WS -500 и 2000 л/с - при работе с ВН-2000, что обеспечивает циркуляцию ^3He $1 \div 2 \cdot 10^{-2}$ моль/с и $1 \div 2 \cdot 10^3$ моль/с соответственно. Производительность системы откачки ^4He составляет 125 л/с.

III. СТУПЕНЬ РАСТВОРЕНИЯ ^3He

Степень растворения схематично представлена на рис.3. ^3He , охлажденный в газовом теплооб-

меннике, поступает в конденсатор /19/, изготовленный из спеченного медного порошка. Конденсатор помещен в откачиваемую ванну /9/ с жидким ^4He при температуре $1,1 \div 1,3$ К. Питание ванны /9/, как уже указывалось в п.1, осуществляется из емкости с жидким ^4He , который находится при атмосферном давлении. Скорость поступления жидкого ^4He в ванну /9/ регулируется игольчатым вентилем /10/. Для регулировки давления конденса-

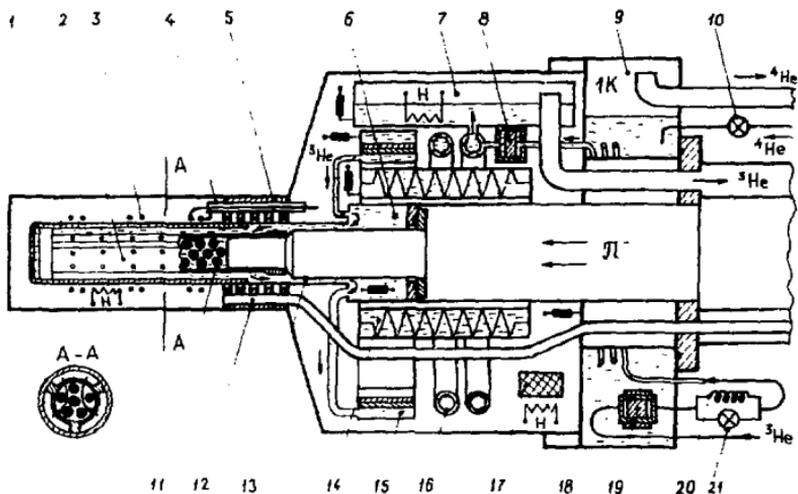


Рис. 3. Ступень растворения.

ции ^3He использованы два дросселя, включенные параллельно: постоянный дроссель /20/, представляющий собой капилляр с внутренним диаметром 0,22 мм, длиной 20 см, - для малой циркуляции и игольчатый регулируемый вентиль /21/ - для большой циркуляции. После доохлаждения в змеевике /18/ жидкий ^3He поступает в теплообменник /8/ ванны испарения /7/, представляющий собой таблетки из спеченного медного порошка, корпуса которых припаяны ко дну ванны испарения ^3He . Охлажденный в блоке противоточных теплообменников /16/, /14/, /15/, ^3He поступает в ванну растворения /6/ и после растворения - в верхний полукольцевой зазор между стенками стеклянной ампулы /1/ и тефлоновой ампулы /2/ с веществом мишени /11/ в виде шариков диаметром ~ 2 мм. Затем ^3He диффундирует через отверстия в тефлоновой ампуле и промежутки между шариками в нижний полукольцевой зазор, как показано на рис. 3 /сечение А-А/, далее поступает в растворный канал блока теплообменников и в ванну испарения ^3He .

СВЧ-резонатор для динамической поляризации вещества мишени образован стенками хвостовика 1К экрана, СВЧ-дросселем /5/ и торцом металлической ампулы /13/. Через СВЧ-дроссель проведены волновод /12/ и коаксиальные кабели /4/ к трем радиочастотным катушкам /3/ для измерения поляризации мишени. Ампула /13/, на которой укреплена тефлоновая ампула /2/, служит для герметизации канала ввода вещества и пучка. Герметизация осуществля-

ется с помощью индиевой прокладки. Охлаждение узлов ступени растворения от комнатной температуры до гелиевых температур /~ 4К/ производится с помощью теплообменного газа (^4He), который после выполнения этой операции адсорбируется угольной ловушкой /19/. Все ответственные узлы ступени растворения, снабжены угольными термометрами сопротивления.

IV. ТЕПЛОБМЕННИК

Наиболее важным в ступени растворения является устройство блока противоточных теплообменников /т.о./. В нашем варианте использованы т.о. трех типов. Предварительный теплообменник непрерывного типа /трубка в трубке/ имеет площадь $s=1200 \text{ см}^2$. Основной непрерывный т.о., представляющий собой дисковый сильфон, имеет площадь $s=2 \cdot 10^4 \text{ см}^2$, т.о. такого типа подробно описан в работе /1/. Кроме того, имеются две ступени т.о. из спеченного медного порошка с площадью $s=10^4 \text{ см}^2$ каждая.

Оценку теплообмена в непрерывных т.о. можно получить исходя из модели идеального непрерывного т.о., т.е. пренебрегая теплопроводностью вдоль каналов и вязким нагреванием. Уравнения теплообмена тогда имеют вид:

$$\frac{s \cdot \Delta \chi [T_3^4(\chi) - T_p^4(\chi)]}{4(\alpha_3 + \alpha_p)} = \dot{n}_3 C_3 (T_3) \cdot \Delta T_3 ; \quad /1/$$

$$\dot{n}_3 C_3 \Delta T_3 = \dot{n}_3 C_p \Delta T_p ,$$

где s - периметр поверхности обмена, $\alpha = R_k T^3$, \dot{n}_3 - молярная скорость ^3He , C_3 и C_p - молярные теплоемкости ^3He и раствора. В области температур $T \geq 0,2 \text{ K}$ теплоемкости можно считать не зависящими от температуры. Тогда уравнение /1/ допускает точное решение:

$$\frac{C_3}{C_p} \ln \left[\frac{T_3^2(\ell) + T_p^2(\ell)}{T_3^2(\ell) - T_p^2(\ell)} \cdot \frac{T_3^2(0) - T_p^2(0)}{T_3^2(0) + T_p^2(0)} \right] -$$

$$- \frac{1}{2} \left(1 + \frac{C_3}{C_p} \right) \ln \left[\frac{T_3(\ell) + T_p(\ell)}{T_3(\ell) - T_p(\ell)} \cdot \frac{T_3(0) - T_p(0)}{T_3(0) + T_p(0)} \right] +$$

$$+ \left(1 - \frac{C_p^2}{C_s^2}\right) \cdot \left[\operatorname{arctg} \frac{C_p T_s(\ell) + C_s T_p(\ell)}{C_s T_s(\ell) - C_p T_p(\ell)} - \operatorname{arctg} \frac{C_p T_s(0) + C_s T_p(0)}{C_s T_s(0) - C_p T_p(0)} \right] = \frac{AC}{2C_s C_p (\alpha_s + \alpha_p) \dot{n}_s}; \quad /2/$$

$$C = C_p T_p(0) - C_s T_s(0) = C_p T_p(\ell) - C_s T_s(\ell),$$

где $A = s\ell$ - площадь т.о., $T_s(\ell)$, $T_p(\ell)$, $T_s(0)$, $T_p(0)$ - температуры ^3He и раствора на теплом и холодном концах т.о. соответственно. С другой стороны, при низких температурах $C_s = aT_s$; $C_p = bT_p$ и уравнение /1/ приводит к выражению для площади теплообмена A :

$$\ln \left[\frac{T_s^2(\ell) - T_p^2(\ell)}{T_s^2(\ell) + T_p^2(\ell)} \cdot \frac{T_s^2(0) + T_p^2(0)}{T_s^2(0) - T_p^2(0)} \right] = \frac{AC}{ab(\alpha_s + \alpha_p) \dot{n}_s}; \quad /3/$$

$$C = bT_p^2(0) - aT_s^2(0) = bT_p^2(\ell) - aT_s^2(\ell).$$

С помощью формул /2/ и /3/ можно оценить величину поверхности непрерывного т.о., если теплопроводность вдоль каналов и вязкое нагревание достаточно малы. Применимость этих формул, таким образом, определяется условием

$$\Delta \dot{Q}_\eta + \Delta \dot{Q}_k \ll \Delta \dot{Q}_c, \quad /4/$$

где $\Delta \dot{Q}_\eta = \Delta p_\eta \cdot \dot{v}$, $\Delta \dot{Q}_k = \Delta(\lambda \cdot s \frac{dT}{dx})$, $\Delta \dot{Q}_c = \dot{n} C \Delta T$,

для элемента длины канала Δx . Кроме того, для рефрижераторов с большой скоростью циркуляции ^3He , достигающей величины 10^{-2} моль/с и больше, для каналов раствора существенным становится учет условия

$$\Delta p_\eta \ll p_{\text{осм}}, \quad /5/$$

из которого следует требование максимально возможного увеличения размеров каналов раствора. Так как при этом $\Delta\dot{Q}_\lambda \ll \dot{Q}_c$ автоматически, то ограничение размеров канала раствора дается выражением

$$\Delta\dot{Q}_\lambda \ll \dot{Q}_c. \quad /6/$$

Для каналов ${}^3\text{He}$ условие /4/ выполняется практически всегда. Для раствора из /6/ имеем:

$$\frac{d^2 T_p}{dX^2} \ll \frac{\dot{n} C_p}{\lambda_p S} \cdot \frac{dT_p}{dX}; \quad \frac{dT_p}{dX} \ll \frac{(T_3^4 - T_p^4) \cdot s}{4(a_3 + a_p) C_p \cdot \dot{n}}$$

где S - сечение канала, s - периметр, λ_p - коэффициент теплопроводности раствора, который принят постоянным. Отсюда

$$(T_3^3 \frac{C_p}{C_3} - T_p^3) \ll \frac{(\dot{n} C_p)^2 (a_3 + a_p)}{\lambda \cdot s \cdot S}. \quad /7/$$

Из этого условия следует, что тепловое "закорачивание" сильнее всего проявляется в теплой части т.о. Выражения /2/ и /3/, условия /5/ и /7/ использовались нами для предварительного определения минимально необходимой поверхности т.о. и размеров каналов и соединительных капилляров.

V. ХАРАКТЕРИСТИКИ КРИОГЕННОЙ ЧАСТИ МИШЕНИ

Минимальная температура рефрижератора при отсутствии тепловой нагрузки, т.е. с выключенным магнитом и без пучка, имеет величину 14,7 мК при $\dot{n}_3 = 10^{-3}$ моль/с. Измерения в этом случае были выполнены с помощью СМН /церий-магний нитрат/ с использованием потенциометра Р-56. В слабом магнитном поле / $H \sim 1$ кГс/ температура, равная 16 мК при $\dot{n}_3 = 10^{-3}$ моль/с, была измерена с помощью метода ЯМР. В рабочих условиях температура раствора измерялась угольными термометрами сопротивления Зеегг 10, 100, 220 и с тепловой нагрузкой 20 мВт достигала 20 мК при $\dot{n}_3 = 1,5 \cdot 10^{-3}$ моль/с.

Мощность охлаждения рефрижератора растворения в режиме ди-намической поляризации составляет 40 мВт при $T = 0,4$ К и $\dot{n}_3 = 10^{-2}$ моль/с и 60 мВт при $T = 0,55$ К и $\dot{n}_3 = 1,2 \cdot 10^{-2}$ моль/с. То, что в данном варианте не реализуется более высокая мощность охлаждения за счет повышения скорости циркуляции ${}^3\text{He}$, мы объясняем неоптимальными для высокой циркуляции ${}^3\text{He}$ размерами каналов раствора /средний диаметр - 3,5 мм, для которого фактор сопротивления ламинарному потоку $Z = 10^{81}/\text{см}^3/$.

Температура откачиваемой гелиевой ванны меняется в пределах от 1,1 К до 1,3 К в зависимости от режима рефрижератора. Общее потребление жидкого гелия установкой не превышает 0,5 л/час в "замороженном" режиме и 1,2 л/час в режиме динамической поляризации. При этом запаса гелия в криостате в количестве 26 л хватает на двое суток. Подлив гелия производится дистанционно без остановки экспозиции мишени.

Время охлаждения установки от комнатной до азотной температуры составляет около 6 часов, а от азотной до гелиевой температуры - около 4 часов. Конденсация смеси ^3He - ^4He и подготовка рефрижератора растворения к работе занимает не более 2 часов.

VI. ВЕЩЕСТВО МИШЕНИ

В качестве вещества мишени использовался проландиол - 1,2 ($\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_2$), содержащий Cr^{V} -комплекс, который образуется как промежуточный продукт при восстановлении Cr^{VI} . Методика приготовления образца была подробно описана в работе ^{/1/}.

В настоящей работе объем мишени был увеличен до 60 см³, что в 4 раза превышает объем нашей предыдущей мишени ^{/1/} и в 1,8 раза - объем аналогичной "замороженной" мишени в CERNE ^{/3,4/}. Из-за снижения удерживающего магнитного поля до $H = 4,5$ кГс концентрация Cr^{V} -комплекса по сравнению с прежней мишенью ^{/1/} была уменьшена. Уменьшение концентрации Cr^{V} также позволило снизить удельную СВЧ-мощность с 0,8 мВт/см³ до 0,6 мВт/см³.

Проведенные опыты показали, что удовлетворительные результаты получаются при уменьшении концентрации Cr^{V} -комплекса на 15% по сравнению с оптимальной концентрацией образца в работе ^{/1/}. Прежняя абсолютная величина концентрации, оцененная в работе ^{/1/}

по ширине линии ЭПР, составляла $1,8^{+0,1}_{-0,2} \cdot 10^{20}$ спин/см³. В настоящей работе абсолютных измерений концентрации не проводилось.

В условиях физического эксперимента были получены следующие результаты, характеризующие качество вещества:

1/ средняя удельная СВЧ-мощность - 0,6 мВт/см³,

2/ время релаксации, по предварительным оценкам, не менее 1000 часов для отрицательной поляризации и не менее 2000 часов для положительной при $T = 20$ мК в магнитном поле $H = 4,5$ кГс.

VII. ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ
АППАРАТУРА И СВЧ
ГЕНЕРАТОР

На рис. 4 приведена блок-схема измерительной аппаратуры поляризованной мишени, состоящей из Q-метра для измерения ядерной поляризации, СВЧ-системы для накачки поляризации, прибора для автоматического контроля и записи температурных режимов рефрижератора.

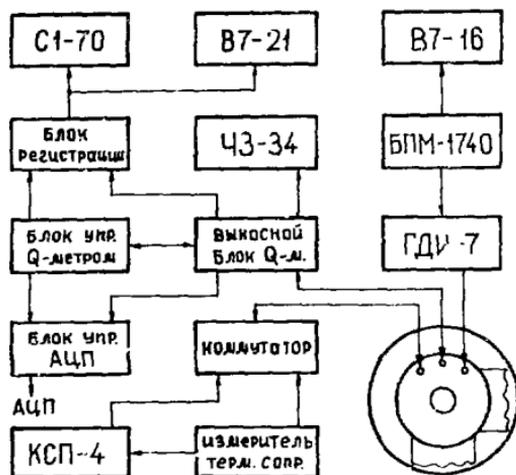


Рис. 4. Блок-схема измерительной аппаратуры.

Измерение поляризации мишени осуществляется с помощью Q-метра с фазовой автоподстройкой резонансной частоты /ФАПЧ/ приемного последовательного колебательного контура, аналогичного описанному в ⁸. От послед-

него он отличается другим диапазоном рабочих частот / в данном случае центральная частота равна 88,7 МГц/ и модернизированной схемой ФАПЧ, в которую введен дополнительный регулируемый усилитель сигнала, снимаемого с выхода фазочувствительного детектора, что позволило производить оперативную регулировку фактора автоподстройки. Кроме того, для осуществления возможности записи и обработки сигналов ЯМР на ЭВМ, добавлен блок согласования уровней, синхронизации и управления аналого-цифровым преобразователем типа КА-206⁹. Все блоки, за исключением выносного блока Q-метра, выполнены на интегральных микросхемах.

Измерение сигнала равновесной поляризации производилось при температуре 0,8 К в магнитном поле 21 кГс с точностью не хуже 2%. Абсолютная точность определения поляризации мишени составляет 3%.

Для накачки поляризации используется перестраиваемый СВЧ-генератор типа ГДИ-7 с длительной нестабильностью частоты $\sim 10^{-4}$. Ввиду высокой стабильности частоты СВЧ-генератора не требуется автоматической подстройки частоты, что значительно упрощает

СВЧ-систему. При работе СВЧ-генератора производится лишь контроль высокого напряжения блока питания БПМ-1740, который осуществляется цифровым вольтметром В7-16.

VIII. ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МИШЕНИ

Результаты, полученные в нашем варианте ППЗМ, сведены в следующую таблицу.

Размеры мишени	ϕ 19,6 см; l = 20 см; v = 60,3 см ³ ; вес = 42 г.
Максимальная поляризация	$p_{\pm} = 87 \pm 3\%$
Поляризация мишени за 2,5 ч. динамической накачки	$p_{\pm} = 80\%$
Режим динамической поляризации	СВЧ мощность 40 мВт при $T = 0,4$ К
Разрушение поляризации мишени за 24 часа при $T = 20$ мК и $H = 4,5$ кГс	p_{+} не более 1% и p_{-} не более 2%
Время "замораживания"	20 мин от $T = 0,4$ К до $T = 50$ мК
Полное время изменения знака поляризации мишени в эксперименте	5 часов
Потребление жидкого ⁴ He	0,5 л/час в "замороженном" режиме; 1,2 л/час в режиме динамической поляризации

Как следует из приведенных данных, максимальная поляризация мишени, достигнутая в этом варианте, ниже, чем поляризация нашей предыдущей ППЗМ^{1/}. Этот результат мы объясняем более слабым магнитным полем /21 кГс вместо 26,9 кГс, как в работе^{2/}.

Полное время смены знака поляризации мишени в эксперименте включает в себя последовательное выполнение следующих операций: вывод счетчиков из зазора магнита, смыкание полюсов магнита, контрольное измерение поляризации, изменение знака поляризации мишени, "замораживание", контрольное измерение поляризации, размыкание полюсов магнита, ввод счетчиков. При этом чистое время изменения знака поляризации составляет около 70% полного времени "реверса" мишени. Обычно время экспозиции мишени с поляризацией одного знака составляло не менее 24 часов, откуда следует, что мишень используется не менее чем в 80% времени всего эксперимента.

В заключение авторы считают своим приятным долгом выразить признательность члену-корреспонденту АН СССР В.П.Джелепову и профессору Ю.М.Казаринову за всестороннюю помощь и поддержку в работе. Авторы выражают благодарность В.В.Куликову за конструкторские разработки, кандидату физ.-мат. наук Ю.Ф.Киселеву и В.Н.Павлову за плодотворные дискуссии и помощь в работе. Авторы благодарят сотрудников конструкторского бюро и цеха опытного экспериментального производства Лаборатории ядерных проблем за изготовление чертежей и деталей установки, Р.Л.Хамидулина, Н.А.Петухова, А.О.Орлова, О.Н.Шевелева, И.З.Крахтинова, Т.Ф.Павлову за качественное изготовление узлов и приборов мишени. Авторы также выражают признательность профессору В.П.Шестоपालову и В.Н.Корниенко за помощь в работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Борисов Н.С. и др. ОИЯИ, 13-10253, Дубна, 1976.
2. Борисов Н.С. и др. ОИЯИ, 13-10257, Дубна, 1976.
3. Niinikoski T.O. *Uco F. Nucl. Instr. and Meth.*, 1976, 134, N 2, p.210.
4. Niinikoski T.O. *Symposium on High-Energy Physics with Polarized Beams and Targets*, Argonne, 1976.
5. Masaïke A. *ANL-HEP-PR-77-88*, Argonne, 1977.
6. Бурхин М.М. и др. ИФВЭ ОЭФ 79-94, Серпухов, 1979.
7. Ishimoto Sh. et al. *KEK-PREPRINT-79-9*, Май 1979.
8. Киселев Ю.Ф., Матафонов В.Н. ОИЯИ, P13-10151, Дубна, 1976.
9. Габриэль Ф. и др. ОИЯИ, P13-11201, Дубна, 1978.

Рукопись поступила в издательский отдел
26 февраля 1980 года.