

2112307333

2

ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

И Ф В Э 82-130
ОП

Ю.Б.Бушнин, В.Н.Гресь, Ю.П.Давыденко, А.С.Денисов,
А.В.Желамков, Ю.М.Иванов, В.Т.Ивочкин, С.Н.Лапицкий,
Р.А.Рзаев, В.П.Сахаров, В.С.Селезнев, А.И.Смирнов,
В.М.Суворов, В.И.Терехов

ФОРМИРОВАНИЕ И ДИАГНОСТИКА ПРОТОННОГО ПУЧКА
НА УСТАНОВКУ "КВАРЦ" В РЕЖИМЕ МЕДЛЕННОГО ВЫВОДА

**Ю.Б.Бушин, В.Н.Гресь, Ю.П.Давыденко, А.С.Денисов,
А.В.Желамков, Ю.М.Иванов, В.Т.Г'вочкин, С.Н.Лапицкий,
Р.А.Рзаев, В.П.Сахаров, В.С.Селезнев, А.И.Смирнов,
В.М.Суворов, В.И.Терехов**

**ФОРМИРОВАНИЕ И ДИАГНОСТИКА ПРОТОННОГО ПУЧКА
НА УСТАНОВКУ "КВАРЦ" В РЕЖИМЕ МЕДЛЕННОГО ВЫВОДА**

Аннотация

Бушнин Ю.Б., Гресь В.Н., Давыденко Ю.П., Денисов А.С., Желамков А.В., Иванов Ю.М., Ивочкин В.Т., Лапичкин С.Н., Рзаев Р.А., Сахаров В.П., Селезнев В.С., Смирнов А.И., Суворов В.М., Терехов В.И.
 Формирование и диагностика протонового пучка на установку "КВАРЦ" в режиме медленного вывода.
 Серпухов, 1982.

12 стр. с рис. (ИФВЭ ОП 82-130).

Библиогр. 7.

В работе излагается вариант оптической схемы канала №8, обеспечивающий одновременную работу установок ФОДС и "КВАРЦ" при последовательном использовании медленно выведенного протонового пучка. Описана система диагностики протонового пучка, работающая в диапазоне длительностей вывода пучка от 20 нс до нескольких секунд при интенсивностях от 10^{10} до $5 \cdot 10^{12}$ прот/импульс.

Abstract

Bushnin Yu.B., Gres' V.N., Davydenko Yu.P., Denisov A.S., Zhelamkov A.V., Ivanov Yu.M., Ivochkin V.T., Lapitsky S.N., Rzaev R.A., Sakharov V.P., Seleznev V.S., Smirnov A.I., Suvorov V.M., Terekhov V.I.

Forming and Monitoring of the Slow Ejected Proton Beam for the Setup "QUARTZ".

Serpukhov, 1982.

p. 12. (IHEP 82-130).

Refs. 7.

The version optical mode of the beam line N 8 providing with simultaneous operating experimental setups FODS and "QUARTZ" at consecutive usage of the slow ejected proton beam set forth in this paper.

Also the proton beam monitoring system operating at the beam spill in 20 ns to few seconds range with beam intensity in 10^{10} to $5 \cdot 10^{12}$ protons per pulse is described.

1. ОПТИЧЕСКАЯ СХЕМА КАНАЛА

Магнитооптический канал № 8^{1, 2/}, по которому транспортируются быстро и медленно выведенные протонные пучки, является одним из наиболее напряженных (по количеству работающих экспериментальных установок) из всего комплекса каналов ИФВЭ. На базе канала № 8 уже много лет функционируют установки для нейтринных исследований, работают каналы № 19 (ФОДС) и № 20, а также вблизи мишенной станции нейтринного канала сооружена установка "КВАРЦ"^{3/}. Расположение этих установок показано на рис. 1. Большое количество потребителей делает актуальным максимально эффективное использование выведенного из ускорителя пучка протонов для экспериментов.

В связи с этим был изучен и практически реализован новый вариант оптической схемы канала № 8 для формирования медленно выведенного протонного пучка, обеспечивающий возможность одновременного выполнения экспериментов на установках ФОДС и "КВАРЦ". Оптическая структура канала в этом варианте и огибающая пучка приведены на рис. 2.

Протонный пучок сначала фокусируется на мишень ФОДСа в пятно, имеющее размеры $8 \times 6 \text{ мм}^2$. Тем самым на мишени установки обеспечиваются те же параметры пучка, как и в случае ее самостоятельной работы^{4/}. В экспериментах ФОДС используются криогенная мишень и набор твердых мишеней из Be , C , Al , Sn , Pb и W , имеющих толщины 0,02; 0,05; 0,1 и 0,2 длин ядерных взаимодействий.

Введение тяжелых мишеней Sn , Pb и W толщиной $0,2 \lambda_{\text{яд}}$ приводит к увеличению углового разброса непрореагировавшего протонного пучка, обусловленного многократным рассеянием, в пределах 0,13–0,17 мрад. При выбранном значении фокусного расстояния последующего объектива канала это вызывает увеличение полуразмера пучка на мишени установки "КВАРЦ" на 3–4 мм. При этом полный размер пучка становится сравним с поперечными размерами мишени, равными 10 мм, и несколько ограничивает возможности программы "КВАРЦа". В остальных случаях использования мишеней на ФОДСе изменение размеров пучка значительно ниже, и пучок фокусируется на мишени "КВАРЦа" в пятно с размерами 4–7 мм, обеспечивая функционирование обеих установок.

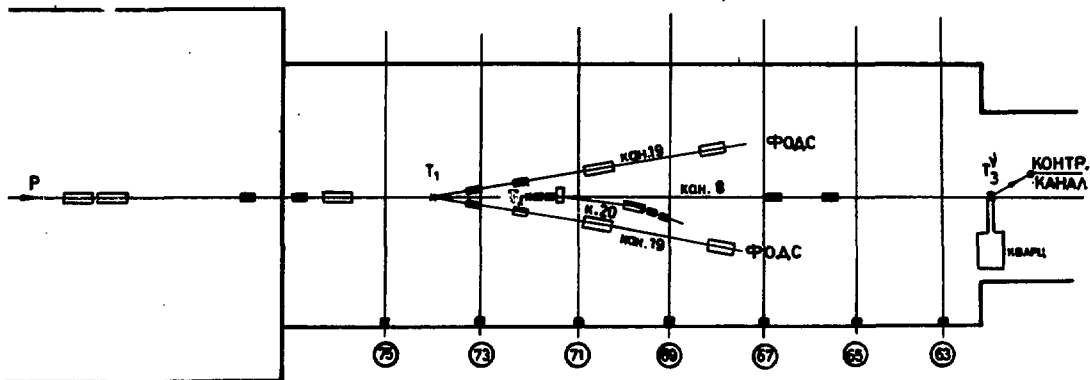


Рис. 1. Общий вид расположения экспериментальных установок на канале № 8.

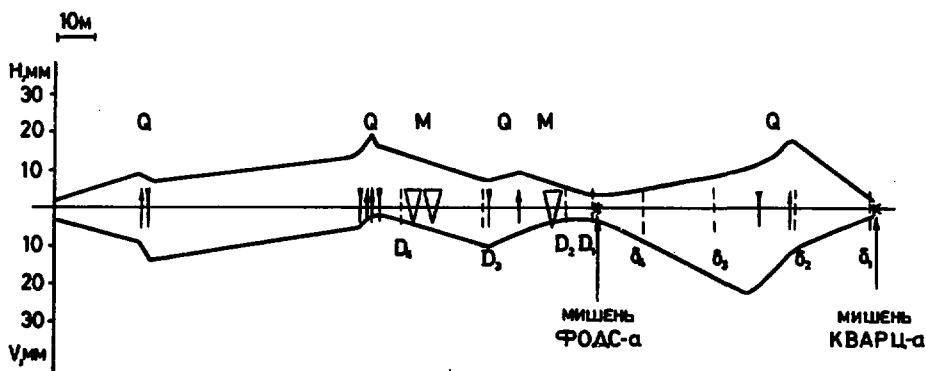


Рис. 2. Оптическая схема канала № 8 при одновременной работе установок ФОДС и "КВАРЦ". Q - объективы квадрупольных линз; М - отклоняющие магниты; $D_1 - D_4$ и $\delta_1 - \delta_4$ - камеры вторичной эмиссии установок ФОДС и "КВАРЦ" соответственно.

Измеренные профили пучка в характерных сечениях трассы представлены на рис. 3. Полученные размеры пучка находятся в хорошем согласии с расчетными.

На рис. 2 показано также расположение детекторов системы диагностики пучка (см. пункт 2). Для измерения параметров пучка в начальной части канала использовались детекторы системы вывода протонного пучка из ускорителя и установки ФОДС^{4/}. Детекторы $\delta_1 - \delta_4$ представляют собой систему диагностики, разработанную для мониторинга пучка на "КВАРЦе".

Таким образом, новый вариант оптической схемы формирования протонного пучка в канале № 8 создает возможность совместной работы установок ФОДС и "КВАРЦ". Одновременно могут выполняться также экспериментальные исследования методического характера на контрольном канале нейтринного комплекса, отбирающем пучок вторичных частиц с мишени "КВАРЦ".

2. СИСТЕМА ДИАГНОСТИКИ ПУЧКА

Система диагностики пучка установки "КВАРЦ" включает две подсистемы: измерения геометрических параметров и измерения интенсивности и временной структуры пучка. Места расположения детекторов на канале показаны на рис. 2, общая функциональная схема системы - на рис. 4.

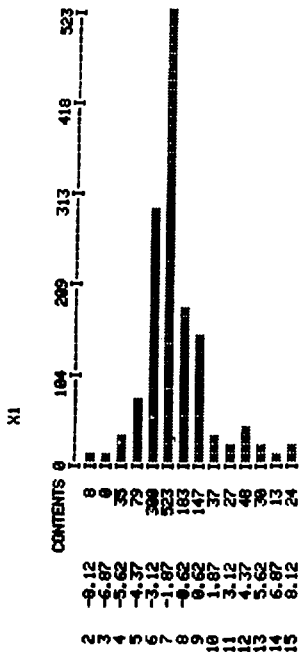
Для измерения геометрических параметров пучка используются 32-канальные камеры вторичной эмиссии ($\delta_1 - \delta_4$), аналогичные описанным в работе^{5/}, смонтированные в вакуумпроводе канала (давление 1 Па). Камера δ_4 имеет пространственное разрешение 2,5 мм, камеры δ_3 и δ_2 - 5 мм, камера δ_1 - 1,25 мм. Electroды выполнены из алюминиевой фольги и суммарная толщина вещества по пучку не превышает 140 мг/см².

Заряд, образованный первичным пучком на полоске детектора, поступает на интегратор малых токов, принципиальная схема которого показана на рис. 5. При интенсивностях медленного вывода $10^{10} \pm 10^{12}$ прот/с становится необходимым измерять токи на уровне $10^{-11} \pm 10^{-9}$ А, что сравнимо с входными токами распространенных операционных усилителей. Поэтому для интегрирования таких токов обычная схема интегратора на ИС1 (К140УД8А) дополнена ключевой отрицательной обратной связью, выполненной на ИС2 (К140УД7) и Т2 (КПЗ01Б), которая осуществляет компенсацию собственного входного тока интегратора и возврат схемы в нулевое состояние. При интегрировании входного сигнала ключ Т2 размыкается и компенсация осуществляется за счет напряжения на запоминающей емкости С5. Расширительная цепочка С1R2 позволяет использовать интегратор и при быстром (~ 20 нс) выводе пучка в канал. Динамический диапазон интегратора с учетом возможности дистанционного переключения интегрирующей емкости составляет 1000.

Конструктивно восемь интеграторов (ИНТ на рис. 4) выполнены в модуле размерами 20x125x125 мм³. Четыре модуля интеграторов вместе с аналоговым мультиплексором (МП) на 32 канала вставляются в каркас с габаритами 125x155x175 мм³, размещенный в нескольких метрах от детектора. Такое размещение высокочувствительной части электроники позволяет минимизировать уровень помех и наводок. Всего в 128-канальной подсистеме используются четыре каркаса, к которым шлейфом через клеммники БК подводится линия передачи данных.

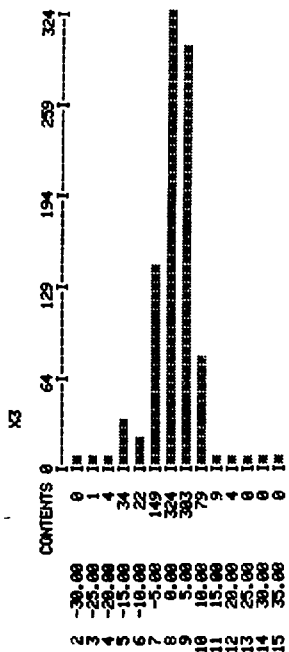
32-канальный коммутатор, построенный на микросхемах серии 590КН1, содержит диодные ограничители входных сигналов, каскады преобразователя $U \rightarrow I$ на выходе и цепи управления коммутацией каналов по кодам, передаваемым через линию передачи данных.

CURRENT TIME 27-JUN-61 14:28:48



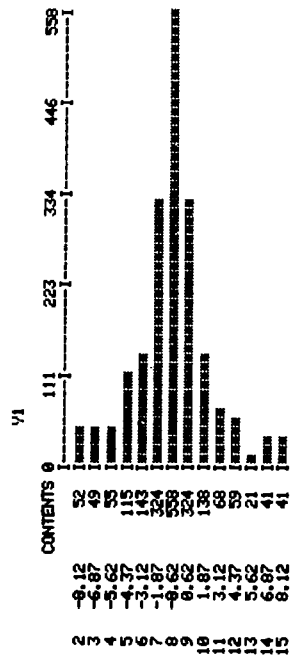
MEAN -1.19 SIGMA 2.68 TOTAL 1454.

LOW HALO 18 HIGH HALO 15



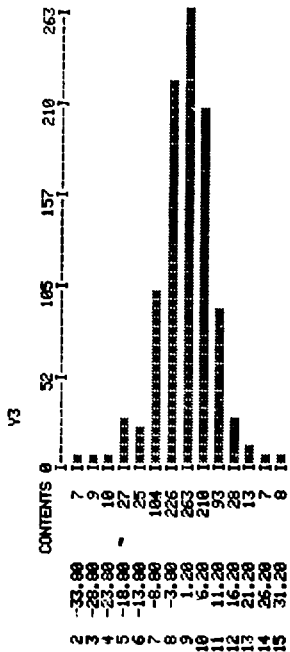
MEAN 1.61 SIGMA 6.05 TOTAL 929.

LOW HALO 3 HIGH HALO 0



MEAN -0.66 SIGMA 3.12 TOTAL 1988.

LOW HALO 56 HIGH HALO 48



MEAN 0.45 SIGMA 9.47 TOTAL 1839.

LOW HALO 9 HIGH HALO 4

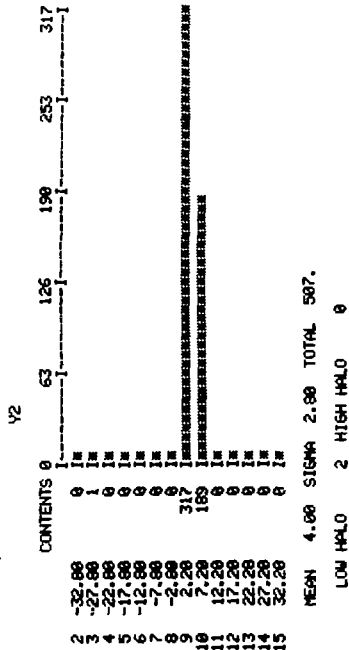
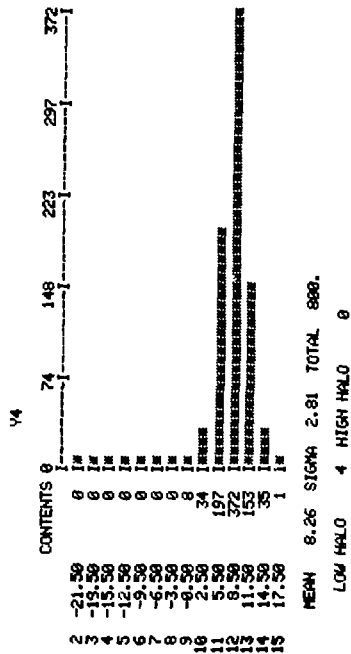
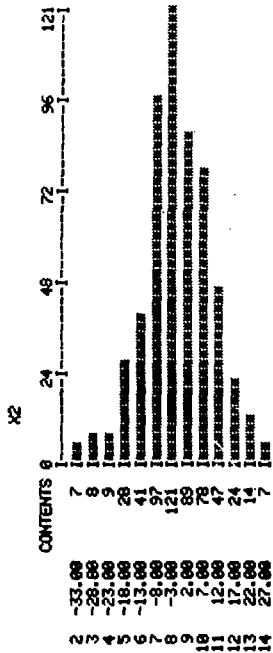
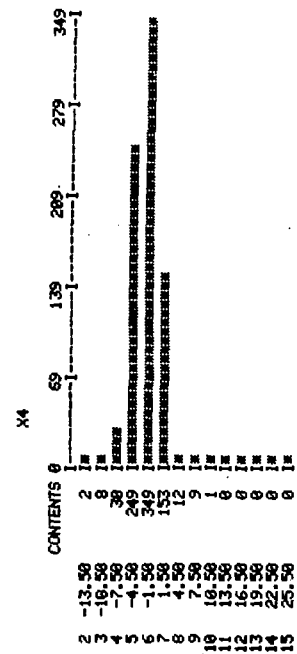


Рис. 3. Профили пучка с камер $\delta_1 - \delta_4$ в горизонтальной (κ_1) и вертикальной (γ_1) -плоскостях.

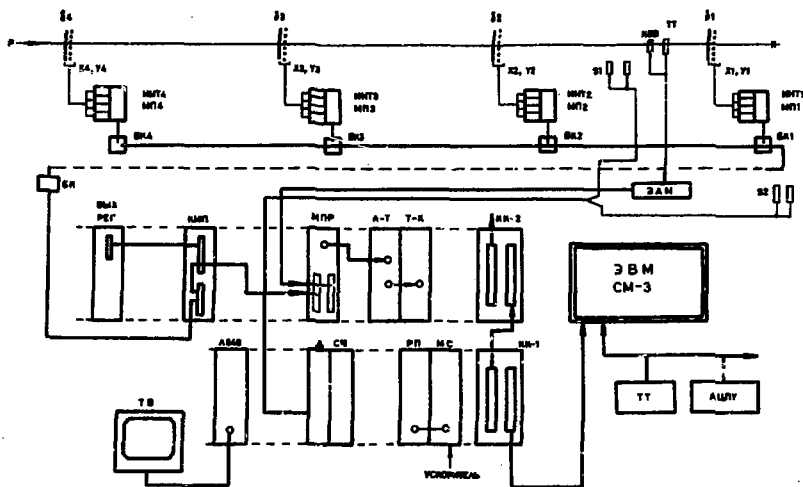


Рис. 4. Структурная схема системы диагностики пучка установки "КВАРЦ".

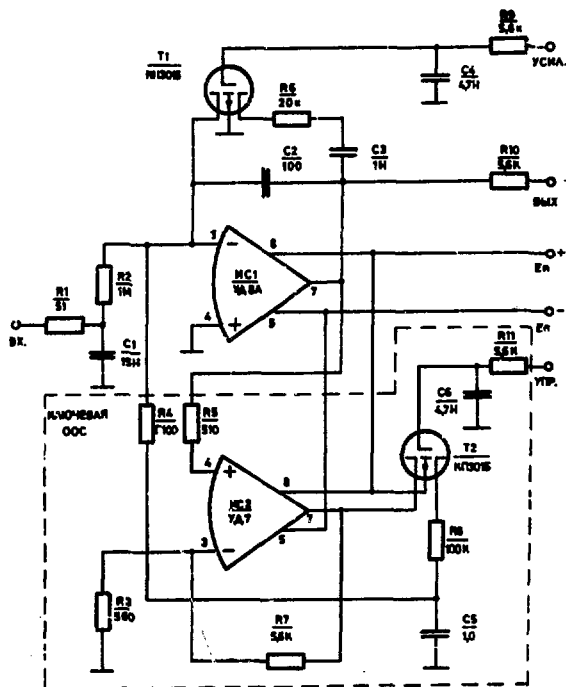


Рис. 5. Принципиальная схема интегратора тока.

Линия передачи данных - 50-парный телефонный кабель, по индивидуальным парам которого передаются выходные сигналы мультиплексоров. Семь обших пар используются для управления коммутацией каналов, по отдельным парам передаются импульсы управления работой и переключения чувствительности интеграторов, а также напряжения питания ± 15 , $+5$ В и коллекторные напряжения камер вторичной эмиссии.

Преобразование информации в цифровую форму и дальнейшая ее обработка проводится в системе КАМАК и ЭВМ СМ-3, размещенных в домике экспериментатора (в ста метрах от БК-4). Набор модулей КАМАК включает регистр 350^к), служащий совместно с блоком КМП для выработки сигналов управления коммутацией мультиплексоров и для формирования строб-импульса АЦП, релейного мультиплексора 750^к) для коммутации на входе АЦП модулей аналого-цифрового преобразователя (А \rightarrow Т и Т \rightarrow К)^{кк}). Модуль регистра прерываний РП 305^к) совместно с модулем синхронизации пучка МС формирует сигнал управления работой интеграторов и задает цикл регистрации данных в ЭВМ. Имеются также модули общесистемного назначения: контроллеры крейтов КК-1 и КК-2, дисплейный модуль Л840^{кк}), позволяющий представить на экране телевизора данные мониторинг системы в цифровой и графической форме.

В качестве детектора интенсивности и временной структуры медленно выведенного пучка используется камера вторичной эмиссии (КВЭ). Камера выполнена в виде вакуумного бокса, внутри которого помещается набор сигнальных и собирающих электродов, перекрывающих поперечные размеры пучка^{6/}. С помощью форвакуумного и диффузионного насосов в объеме поддерживается вакуум на уровне 0,01 Па. Набор электродов выполнен из коваровой фольги. Общая толщина вещества КВЭ по пучку составляет 200 мг/см².

Упрощенная схема электроники, используемой для измерения полной интенсивности и временной структуры пучка, представлена на рис. 6. Интегрирующая часть аналогична схеме, применяемой для измерения профиля, а для наблюдения структуры пучка последовательно с интегратором включается дифференцирующее звено. В такой системе $U_{\text{вых}}(t) = R_2 C_2 i_{\text{вх}}(t) / C_1$. При выбранных элементах коэффициент преобразования разработанной схемы составляет 100 мВ/нА, верхняя частота - 1000 Гц. Осциллограмма медленно выведенного пучка ускорителя ИФВЭ показана на рис. 7.

Калибровка системы измерения интенсивности осуществлялась при быстром выводе. Для этого использовался трансформатор тока (ТТ), работающий с электроникой абсолютного монитора (ЭАМ). Разработанная система измерения полной интенсивности протонного пучка обеспечивает точность не хуже $\pm 4,5\%$ в диапазоне $10^{10} \div 10^{12}$ прот/с.

к) Производство фирмы POLON.

кк) Разработка ЛИЯФ.

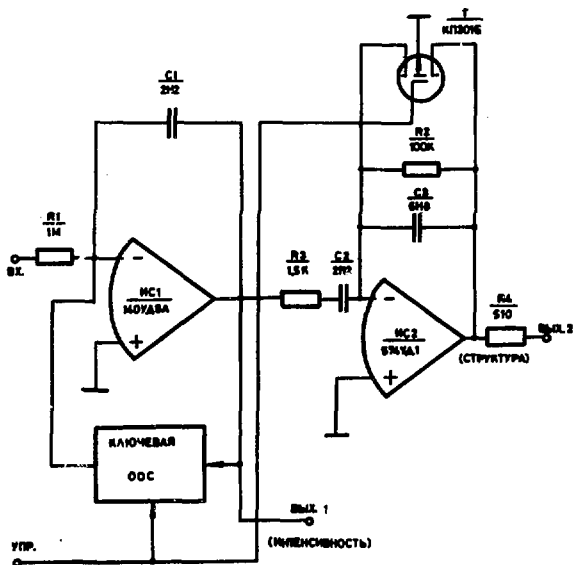
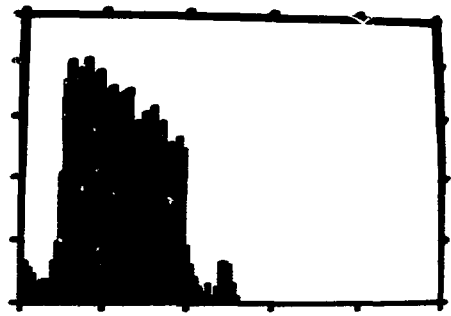


Рис. 6. Упрощенная схема измерения интенсивности и временной структуры пучка.

27-JUN-81 14:20:22

	INTBL	SCL1	SCL2	SCL3	SCL4
1	123	60	0	0	0
2	99	41	0	0	0
3	99	2200	0	1100	0
4	99	1100	0	1100	6849

MAGNETIC ELEMENTS			
1	0.756	5	0.418
2	-0.418	6	1.856
3	-2.305	7	-2.404
4	2.212	8	-0.005



SCALE X 0.00 1.02
 Y 0.00 100.02
 TIMING Π

Рис. 7. Временная структура пучка на экране дисплея Л-840.

Контроль за фоновыми условиями при проведении физической экспозиции осуществляется сцинтилляционными телескопами S1 и S2 с модулями дискриминаторов ДЖ) и счетчиков СЦЖ).

Работа всей системы осуществляется в линию с ЭВМ СМ-3, математическое обеспечение которой базируется на ОС RSX-11M. Разработанные программы позволяют управлять системой, регистрировать данные на магнитной ленте. Результаты обработки представляются на экране телевизионного дисплея (рис. 6), выводятся на терминал или на печать (рис. 3).

Следует отметить, что созданная аппаратура диагностики работает как на медленно, так и на быстро выведенных протонных пучках. Модульное исполнение обеспечивает возможность быстро изменять конфигурацию системы, оперативно устранять неисправности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Реализованная оптическая схема канала № 8 и система диагностики протонного пучка позволили приступить к выполнению физической программы на установке "КВАРЦ". Работа может вестись как независимо, так и параллельно с установкой ФОДС.

Установка "КВАРЦ" представляет собой фокусирующий кристалл - дифракционный спектрометр по Кошуа с 5-метровым фокусным расстоянием и Ge(Li) детектором специальной конструкции^{/3/}. В установке используется высокоэффективная мишень по методике, предложенной в ЛИЯФ^{/7/}.

Установка "КВАРЦ" предназначена для изучения экзотических атомов, образованных отрицательно заряженными тяжелыми частицами (π , K, Σ , Δ , ρ) и атомными ядрами. В установке осуществляется прецизионное измерение энергий рентгеновских переходов в таких атомах. Энергия, ширины и структура рентгеновских линий несут важную физическую информацию о свойствах самих частиц (массах, магнитных моментах, поляризуемости), свойствах ядер и взаимодействии частица - ядро.

В заключение авторы выражают благодарность за полезные обсуждения С.С.Герштейну, В.И.Котову, В.А.Назаренко, Р.М.Суляеву, за помощь в осуществлении работы А.Г.Афонину, А.П.Бугорскому, А.С.Дышканту, В.Е.Зеленину, А.Н.Кознову, В.И.Курбакову, В.М.Татаренко.

ЛИТЕРАТУРА

1. Афонин А.Г., Дрождин А.И., Доготарь А.В. и др. Нейтринный пучок ИФВЭ. II. Характеристики выведенного пучка протонов с энергией 70 ГэВ для нейтринных исследований. - Препринт ИФВЭ 76-85, Серпухов, 1976; ЖТФ, 1977, 47, 1000.
2. Баратов Д.Г., Зейцев М.М., Котов В.И. и др. Нейтринный пучок ИФВЭ. III. Система формирования протонного пучка на внешнюю мишень. - Препринт ИФВЭ 76-86, Серпухов, 1976; ЖТФ, 1977, 47, 1007.
3. Денисов А.С., Желамков А.В., Железняков В.М. и др. - Препринт ЛИЯФ 459, Ленинград, 1979.
4. Абрамов В.В., Алексеев А.В., Балдин Б.Ю. и др. Фокусирующий двухплечевой спектрометр. - Препринт ИФВЭ 81-46, Серпухов, 1981.
5. Вражнов Ю.Н., Дышкант А.С. Многоканальные детекторы системы мониторинга установки ФОДС. - Препринт ИФВЭ 81-46, Серпухов, 1981.
6. Isabelle D.V. and Roy P.H.. Nucl. Instr. Meth., 20, p. 17, 1963.
7. Марушенко В.И., Мезенцев А.Ф., Петрунин А.А. и др. Письма в ЖЭТФ, 1976, 23, 60.

Рукопись поступила в издательскую группу
15 июня 1982 года.

Цена 14 коп.

Индекс 3624

Ю.Б.Бушнин и др.

Формирование и диагностика протонного пучка на установку "КВАРЦ" в режиме медленного вывода.

Редактор Н.В.Ежела, Технический редактор Л.П.Тимкина,
Корректор Т.Д.Галкина.

Подписано к печати 15.07.82, Т-11275, Формат 70х100/16.
Офсетная печать, Индекс 3624, Цена 14 коп.
Заказ 1741, 0,96 уч.-изд.л. Тираж 260.

Институт физики высоких энергий, 142284, Серпухов,
Московской обл.