

сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
Дубна

К 198

P1-88-504 e

П.Кантони*, Е.Н.Козаренко, Э.И.Мальцев,
П.Ф.Манфреди, Ю.П.Петухов, С.Я.Сычков,
П.Л.Фрабетти*

СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИЙ ТРАКТ
КРЕМНИЕВОЙ МИШЕНИ УСТАНОВКИ МИС-2

* ИНФН, Италия

1988

При исследовании процессов дифракционной диссоциации π^- и K^- -мезонов на ядре кремния на установке МИС-2 ОИЯИ используется активная мишень, представляющая собой телескоп из десяти кремниевых пластин, каждая из которых является детектором как релятивистских частиц, так и медленного ядра отдачи. Применение такой мишени дает возможность установить тип реакции и продольную координату вершины взаимодействия с точностью до одной пластины, а также использовать получаемую информацию для выработки триггерного сигнала. В данной работе описывается спектрометрический тракт, используемый с этой мишенью в настоящее время. Рассматриваются основные элементы тракта, приводятся его характеристики и результаты испытаний.

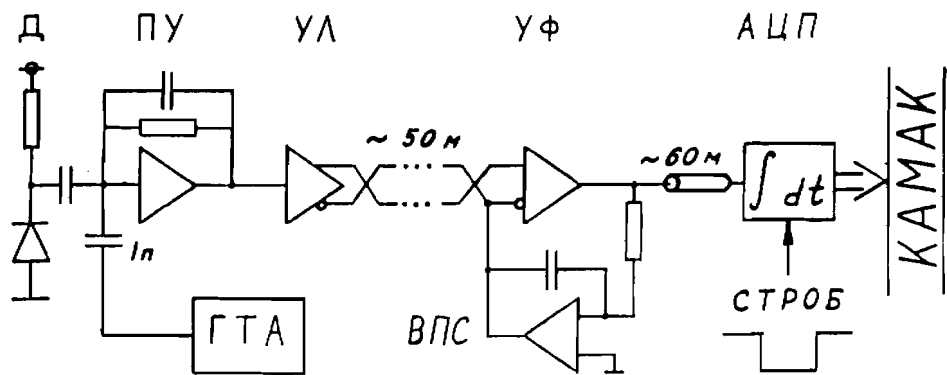


Рис. 1. Блок-схема одного канала спектрометрического тракта: Д – кремниевый детектор, ПУ – зарядочувствительный предусилитель, УЛ – линейный усилитель, УФ – усилитель-формирователь, АЦП – зарядочувствительный АЦП, ГТА – генератор точной амплитуды, ВПС – восстановитель постоянной составляющей.

Требования к спектрометрическому тракту с учетом необходимой загрузки (до $2 \cdot 10^5$ ч/с) и возможности работы в районе второго дифракционного максимума в сечении $\partial\sigma/\partial t^{1,2/}$, что соответствует энергии ядра отдачи $\approx 1,5$ МэВ, выглядит следующим образом:

— электронное разрешение тракта должно быть по крайней мере не хуже ширины спектра энергетических потерь для одиночной релятивистской частицы;

— длительность формируемых импульсов, при которых устраняется эффект наложения событий, — не более 500 нс;

— динамический диапазон по энергии — до 4 МэВ.

Схема каждого из 10 каналов тракта (рис. 1) состоит из детектора, предусилителя, линейного усилителя, усилителя-формирователя, зарядочувствительного АЦП.

ХАРАКТЕРИСТИКА ДЕТЕКТОРА

Используемые кремниевые детекторы представляют собой полностью обедненные поверхностно-барьерные детекторы, принципы и условия работы которых неоднократно описывались в литературе, например в ^{3/}. Данные детекторы имеют толщину 200 мкм, площадь 400 мм². Каждая пластина в собранном телескопе имеет емкость около 400 пФ. Расстояние между пластинами 1 мм. Токи утечки составляли от 0,3 до 0,8 мкА (параллельное шумовое сопротивление $R_p \approx 10^5$ Ом) в зависимости от образца и температуры.

Рабочее напряжение выбиралось из условия полного обеднения, при котором происходит полный сбор носителей заряда. При этом, с одной стороны, для уменьшения времени сбора желательно дополнительное увеличение напряжения на детекторе, что особенно важно при сборе носителей от ядра отдачи. В этом случае образуется большой (≈ 1 млн. носителей) локальный объемный заряд, экранирующий вытягивающее поле и увеличивающий таким образом время сбора. С другой стороны, такое увеличение напряжения приводит к возрастанию тока детектора и большей частоте микропробоев, дающих дополнительный вклад в шум.

Известно, что при прохождении релятивистской частицы через слой кремния она теряет около 300 эВ/мкм, то есть ≈ 60 кэВ на пластину. Отсюда следует, что ширина энергетического спектра, обусловленная флуктуациями потерь, которую для релятивистских частиц обычно оценивают в 25% от потерь, приблизительно равна $\approx 0,25 \cdot 60 = 15$ кэВ и, следовательно, нет необходимости стремиться к расширению тракта, много лучше этой величины, так как в итоге общее разрешение все равно будет определяться шириной спектра. Вообще говоря, задачу можно упростить, сведя ее лишь к спектрометрии ядра отдачи. Но так как данный тракт предполагается использовать совместно с аналоговым процессором (пока разрабатывается), который вырабатывает триггерный сигнал при необходимом событии и телескопе, то увеличенное выделение одной частицы является обязательным.

ПРЕДУСИЛИТЕЛЬ

Как известно, шумовые характеристики спектрометрического тракта определяются в основном шумом входного каскада. При выборе входного транзистора, кроме обеспечения необходимого отношения сигнал/шум, необходимо учитывать и предполагаемые загрузки тракта. В нашем случае надо работать с интенсивностями до $2 \cdot 10^5$ част/с, что ограничивает время формирования на уровне не более 500 нс. Во многих работах, в частности в ^{4/}, проводится подробный анализ требований на выбор входного элемента. Из этого анализа следует, что наиболее подходящим решением в нашем случае было бы построение тракта по схеме стробируемого интегратора на зарядочувствительном АЦП с использованием в качестве входного элемента полевого транзистора на основе р-п перехода с большой крутизной. Транзистор SNJ903L05 фирмы "INTERFET" с параметрами: $C \approx 150$ пФ; $S \approx 60$ мА/В (последовательное шумовое сопротивление $R_s \approx 12$ Ом) при токе 15 А, оказался удовлетворяющим всем нашим требованиям. Для детектора с таким транзистором оптимальная постоянная времени формирова-

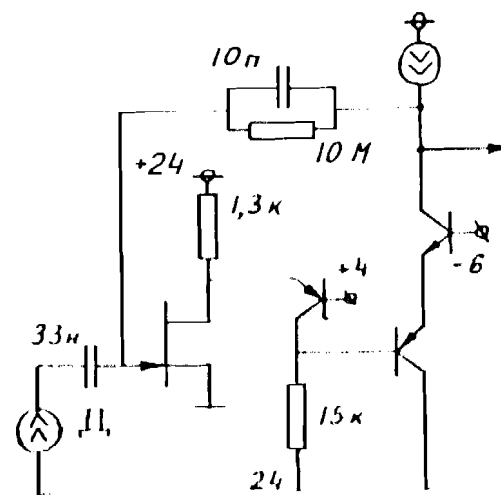


Рис. 2. Принципиальная схема предусилителя. Входной транзистор "SNJ903L05"

ния равна $\tau = \tau_c = C_d \sqrt{R_s R_p} = 500$ нс. На основе результатов работы [5] постоянная формирования выбрана 200 нс, при которой длительность импульса укладывается в 500 нс. Эквивалентный шумовой заряд (ENC) при таких условиях оценивался в 2000 электронов (r.m.s.), что соответствует энергетическому разрешению $\approx 7,2$ кэВ. Следует заметить, что оценка ENC тракта с лучшим биполярным транзистором дает примерно вдвое худший результат.

Конструктивно в качестве предусилителя использовалась ранее разработанная (для транзистора 2N4861A) и изготовленная схема (рис. 2), представляющая собой стандартный зарядочувствительный предусилитель каскодного типа (второй транзистор — BFY75) с необходимыми изменениями, учитывающими особенности входного транзистора и формирующего усилителя. Находится предусилитель в 30 см от детектора и связан с ним по переменному току кабелем с малой емкостью.

УСИЛИТЕЛЬ-ФОРМИРОВАТЕЛЬ И АЦП

Усилитель-формирователь (рис. 3) расположен на расстоянии 50 м от детектора и содержит собственно усилитель (на основе LM733С), цепи формирования требуемой характеристики (RC-CR с постоянной времени ≈ 200 нс), цепи компенсации полюса нулем, восстановитель нулевой линии, представляющий собой цепь глубокой обратной связи на низкой частоте с выхода на вход усилителя. Конструктивно усилитель выполнен в стандарте КАМАК и содержит 12 каналов. С предусилителем он связан по переменному току скрученными парами. Выход усилителя через большую (≈ 300 нс) кабельную задержку, необходи-

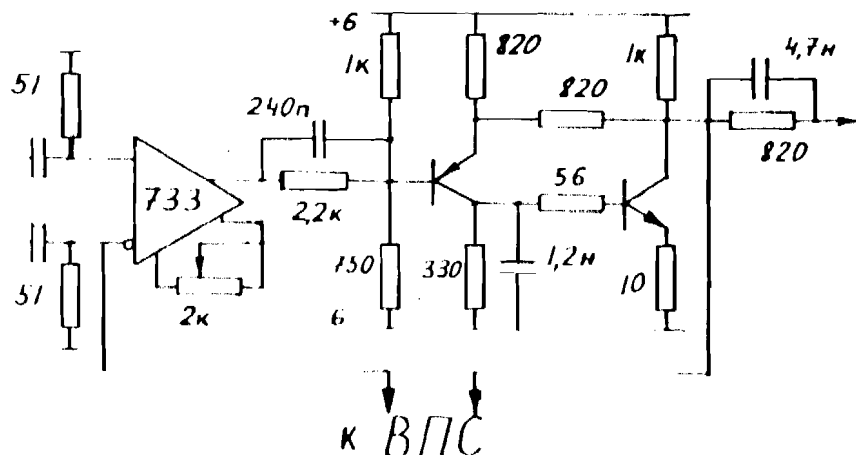


Рис. 3 Принципиальная схема усилителя-формирователя

мую для выработки триггерного сигнала, подается на вход зарядочувствительного АЦП (LRS 2249A) с длительностью ворот 320 нс. Диапазон АЦП выбирался равным ~ 4 МэВ в расчете на спектрометрию ядер отдачи кремния. При этом цена одного канала при 10-битовом АЦП равна ~ 4 кэВ, что на разрешении сказывается незначительно, но в то же время не требует длительных измерений для статистической обеспеченности спектра (например, при калибровке).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Результаты исследований этого тракта приведены на рис. 4, где показаны шумовая линия (при подаче сигнала от генератора) и распределение спектра энергетических потерь для одиночной релятивистской частицы. Энергетическое разрешение всех трактов (для одиночной частицы) приведено в таблице. Как видно из приведенных распределений, разрешения в 7 кэВ достичь не удалось. Причиной этого являются неучтенный при оценках шум второго транзистора, неидеальность работы

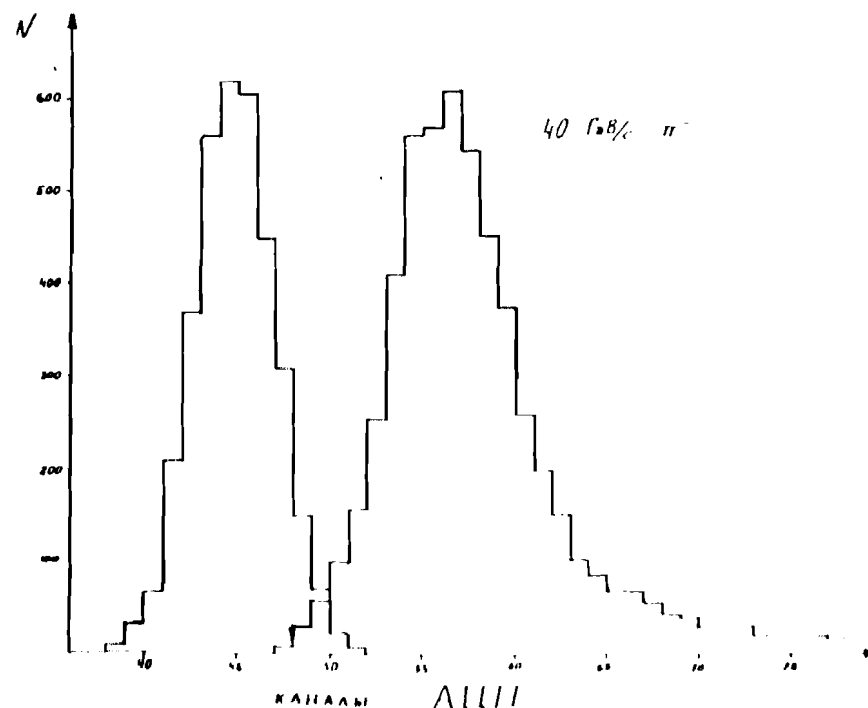


Рис. 4 Шумовая линия тракта и распределение энергетических потерь для релятивистских частиц. Цена одного канала АЦП — 4,5 кэВ

Энергетическое разрешение 10 каналов тракта
(по калибровочным спектрам)

Таблица

№ канала	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Разрешение, кэВ	8,8	8,6	11,4	9,5	9,6	12,7	11,5	8,4	11,4	10,2

восстановителя нулевой линии (при длительных измерениях "гуляет" на 1 мВ), наводки в длинных кабелях задержки, и погрешность АЦП. Однако физическим требованиям полученные параметры тракта удовлетворяют полностью и не было необходимости их улучшать.

В процессе работы оказалось, что при таких разрешениях тракта существенную роль играет стабильность его характеристик. Поэтому в промежутке между сбросами ускорителя специальной схемой от генератора точной амплитуды проводилась калибровка тракта во всем диапазоне АЦП. Важной для данного эксперимента особенностью тракта является малое время формирования, что дает возможность закрыть ворота АЦП до прихода наводки от искрового спектрометра. Поэтому нет необходимости в создании специальных схем запоминания амплитуды (стретчеров).

Авторы глубоко признательны группе Р.С.Шувалова и А.А.Тяпкину за помощь в работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bellini G, et al. Nucl. Phys., 1982, B199, p.1.
2. Венья Г. и др. ЯФ, 1986, 43, с.1480.
3. Rancoita P.G., Scudman A. La Rivista del Nuovo Cimento, 1982, v.5, No 1.
4. Gatti E., Manfredi P.F. La Rivista del Nuovo Cimento, 1986, v.9, n.1.
5. Краснокутский Р.И. и др. Препринт ИФВЭ, 87/158, 1987.

Рукопись поступила в редакционный отдел
7 июля 1988 года

ТЕМАТИЧЕСКИЕ КАТЕГОРИИ ПУБЛИКАЦИЙ
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Индекс	Тематика
1.	Экспериментальная физика высоких энергий
2.	Теоретическая физика высоких энергий
3.	Экспериментальная нейтронная физика
4.	Теоретическая физика низких энергий
5.	Математика
6.	Ядерная спектроскопия и радиохимия
7.	Физика тяжелых ионов
8.	Криогеника
9.	Ускорители
10.	Автоматизация обработки экспериментальных данных
11.	Вычислительная математика и техника
12.	Химия
13.	Техника физического эксперимента
14.	Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами
15.	Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях
16.	Дозиметрия и физика защиты
17.	Теория конденсированного состояния
18.	Использование результатов и методов фундаментальных физических исследований в смежных областях науки и техники
19.	Биофизика

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

Д13-84-63	Труды XI Международного симпозиума по ядерной электронике. Братислава, Чехословакия, 1983.	4 р. 50 к.
Д2-84-366	Труды 7 Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1984.	4 р. 30 к.
Д1,2-84-599	Труды VII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1984.	5 р. 50 к.
Д17-84-850	Труды III Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1984. (2 тома)	7 р. 75 к.
Д11-85-791	Труды Международного совещания по аналитическим вычислениям на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1985.	4 р. 00 к.
Д13-85-793	Труды XII Международного симпозиума по ядерной электронике. Дубна, 1985.	4 р. 80 к.
Д4-85-851	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1985.	3 р. 75 к.
Д3.4.17-86-747	Труды V Международной школы по нейтронной физике Алушта, 1986.	4 р. 50 к.
—	Труды IX Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1984. (2 тома)	13 р. 50 к.
Д1,2-86-668	Труды VIII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1986. (2 тома)	7 р. 35 к.
Д9-87-105	Труды X Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1986. (2 тома)	13 р. 45 к.
Д7-87-68	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Дубна, 1986.	7 р. 10 к.
Д2-87-123	Труды Совещания "Ренормгруппа - 86". Дубна, 1986.	4 р. 45 к.
Д4-87-692	Труды Международного совещания по теории малочастичных и кварк-адронных систем. Дубна, 1987.	4 р. 30 к.
Д2-87-798	Труды VIII Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1987.	3 р. 55 к.
Д14-87-799	Труды II Международного симпозиума по проблемам взаимодействия мюонов и пионов с веществом. Дубна, 1987.	4 р. 20 к.
Д17-88-95	Труды IV Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1987.	5 р. 20 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу: 101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79. Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований.

Кантони П. и др.

P1-88-504

Спектрометрический тракт кремниевой мишени установки МИС-2

Описан спектрометрический тракт 10-слойной кремниевой мишени установки МИС-2 ОИЯИ на ускорителе ИФВЭ. Рассматриваются основные элементы тракта, приводятся его характеристики и результаты испытаний. Отмечено, что использование полевого транзистора на р-п переходе и стробируемого интегратора на АЦП позволяет улучшить разрешение и загрузочные свойства установки.

Работа выполнена в Серпуховском научно-экспериментальном отделе ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1988

Перевод О.С.Виноградовой

Kantoni P. et al.

P1-88-504

Spectrometric Circuit for MIS-2
Installation Silicon Target

Spectrometric circuit for 10-layer silicon target of JINR MIS-2 installation on IHEP accelerator is described. The main elements, characteristics, test results are described. It is noted that using of a j-FET with a high transconductivity and a charge-sensitive ADC as a gated integrator allows to improve resolution and counting properties.

The investigation has been performed at the Serpukhov Scientific-Experimental Department, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1988