

**СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА**

П 305

P1-88-156

В.А.Петров

**ВЫДЕЛЕНИЕ СОБЫТИЙ ДИССОЦИАЦИИ ПИОНОВ
В ДЕСЯТИСЛОЙНОЙ КРЕМНИЕВОЙ МИШЕНИ**

1988

Экспериментальные установки, используемые в физике высоких энергий, запускаются сигналами "Быстрый триггер", вырабатываемыми электронными устройствами. Триггерные сигналы обычно вырабатываются за несколько сотен наносекунд. Это время ограничивается либо временем памяти газовых детекторов, либо высокими загрузками спектрометров пучковыми частицами. Совершенствование триггерных устройств позволяет выделять полезные события с большей эффективностью, сокращает как время набора экспериментального материала, так и время последующей его обработки.

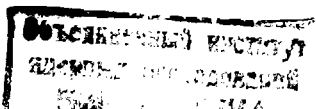
Настоящая работа посвящена проверке методом Монте-Карло способа быстрой обработки аналоговых сигналов, поступающих с десятислойной кремниевой мишени, для выделения событий определенного класса, вызванных взаимодействием пучковой частицы с мишенью. Дальнейшее рассмотрение функционирования предлагаемого устройства будет проведено на примере выделения взаимодействия дифракционной диссоциации пионов с импульсом 40 ГэВ/с с ядрами кремния. Процесс типа



изучался на установке МИС ОИЯИ на серпуховском ускорителе ^{1/}, В этом эксперименте использована так называемая "живая мишень" ^{3/}, состоящая из десяти кремниевых пластин толщиной по 200 мкм каждая, собранная в пакет толщиной 11 мм. Счетчики, окружающие мишень, подавляли события, не принадлежащие к событиям типа (1). Пластина, в которой произошло взаимодействие, регистрировала энергию ядра отдачи ^{2/}, что невозможно было сделать для других "мертвых мишеней", для которых она вычислялась с помощью кинематического фита. В табл. 1, взятой из работы ^{4/}, приведены доли 3-, 5- и 7-лучевых событий для кремниевой мишени.

Таблица 1

Мишень	% событий с данным числом треков			% взаимодействия
	3 луча	5 лучей	7 лучей	
Si	53	9	3	90



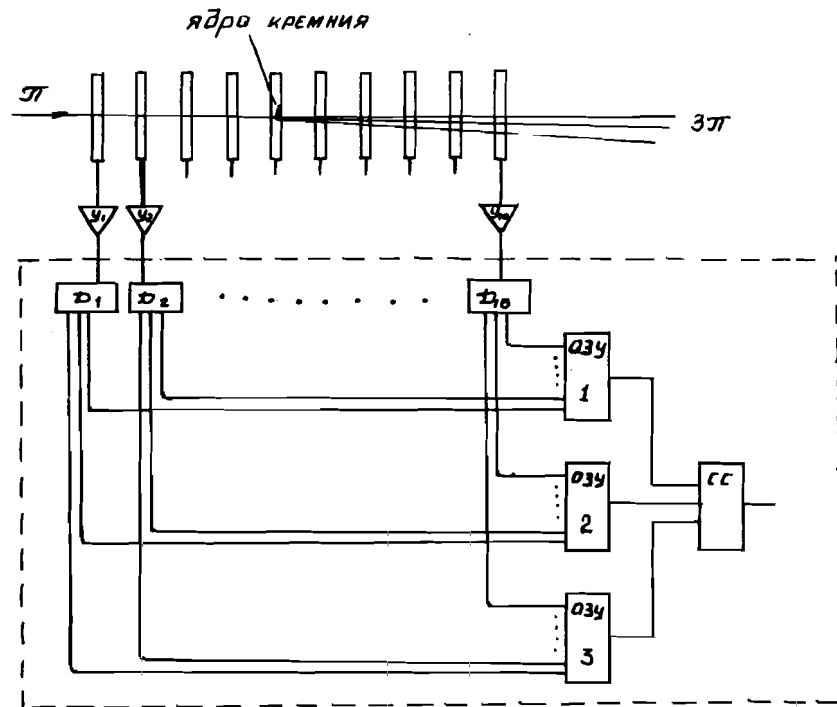


Рис. 1. Функциональная схема устройства.

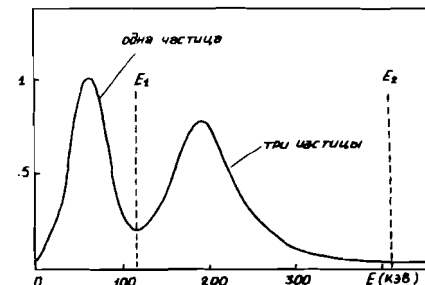
Из таблицы видно, что охранная система счетчиков хорошо выделяет процессы диссоциации пионов, однако среди этих событий почти четверть произошла не в мишени, а на веществе окружающих мишень счетчиков, что иллюстрирует рис. 7 из работы ^{1/2/}.

Для выделения событий, происшедших в мишени, предлагается использовать устройство, функциональная схема которого обведена на рис. 1 пунктирной линией. Это устройство анализирует аналоговые сигналы, поступающие с 10-слойных кремниевых пластин, с помощью двухуровневых дискриминаторов $D_1 \div D_{10}$.

Распределения амплитуд сигналов с пластины кремния при прохождении через нее одной и трех частиц и пороги дискриминаторов показаны на рис. 2.

Двумя порогами E_1 и E_2 энергетическая шкала разбивается на три области. Порог E_1 выбирается из условия максимального разделения одной и трех частиц, E_2 — так, чтобы суммарный сигнал от релятивистских частиц и ядра отдачи из области первого дифракционного максимума не превышал его.

Рис. 2. Распределения амплитуд сигналов и пороги дискриминаторов.



Дискриминаторы имеют по три выхода, сигналы с которых появляются в зависимости от того, в какую область (I, II или III) попал входной сигнал. С выходов $D_1 \div D_{10}$ логические сигналы поступают на адресные входы оперативных запоминающих устройств (ОЗУ) и далее на схему совпадений (СС).

Пусть взаимодействие произошло, например, в пятой пластине, как показано на рис. 1, тогда через первые четыре пластины прошла одна частица, и пусть сигналы с этих пластин попали в область I; через пластины $6 \div 10$ прошло три частицы, и пусть все сигналы попали в область II, а сигнал с пятой пластины попал в область I или II, тогда на адресные входы ОЗУ будут поданы сигналы, приведенные в табл. 2.

Таблица 2

Вход	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Номер ОЗУ										
1	1	1	1	1	0/1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	1/0	1	1	1	1	1
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Так как это событие удовлетворяет критериям отбора, то в ОЗУ 1, 2, 3 по соответствующим адресам должны быть записаны единицы, они будут считаны с ОЗУ и, пройдя через СС, дадут сигнал хорошего события, который можно включить в финальный триггер запуска спектрометра. Но взаимодействие может произойти и в другой пластине. Потребуем, чтобы оно было в пластинах от второй до девятой. В ОЗУ 1,2,3 по адресам, представленным в табл.3, необходимо записать единичные сигналы.

Из рис. 2 видно, что релятивистская частица из-за флуктуаций ионизационных потерь может дать сигнал в области II, а три частицы — в области как I, так и III. Такие события не будут зарегистрированы, что в основном и составит неэффективность устройства. Следует заметить, что эта неэффективность не искажает кинематических характеристик вторичных частиц, так как ионизационные потери не зависят от энергии пионов, начиная с нескольких ГэВ.

Адреса ОЗУ 1	1000000000	0000000011	0000000000
Адреса ОЗУ 2	1100000000	0000000011	0000000000
	1111111100	0011111111	0111111111
	1111111110	0111111111	0111111111

Для проверки предлагаемого способа отбора событий создана программа, моделирующая события диссоциации пионов на ядрах, а также моделирующая события, являющиеся фоном для событий типа (1). В качестве фоновых событий приняты следующие: а) диссоциация пионов на кварсоболюных протонах, б) взаимодействие событий, заключающееся в разрывании неонизационных потерь, оставаемых релятивистскими частицами и ядром или протоном отдачи в каждой пластине, и вычисление амплитуды сигналов, считываемых с детектора. Из этих сигналов формировались адреса, а по адресу спрашивались ячейки памяти и под-считывалось число событий, которое будет зарегистрировано таким устройством.

Функция флуктуаций неонизационных потерь от релятивистской частицы рассчитывалась по формуле (2), взятой из работы [8]:

$$f(\epsilon, x) = \frac{1}{\int_0^{\infty} \frac{\sqrt{2\pi\sigma^2}}{1} \exp\left[-\frac{(\epsilon - \epsilon')^2}{2\sigma^2}\right] d\epsilon'} \exp\left[-(\epsilon - \epsilon') \exp\left[-\frac{1}{2} \sigma^2 \epsilon'^2\right]\right] \quad (2)$$

где L, Δ — функция Вавилова или Ландау, x — толщина кремниевой пластины, ϵ — энергия, выделявшаяся в пластине в виде неонизации, σ_0 — свободный параметр. В работе [6] были профилированы функции раз-еи (2) экспериментальные данные неонизационных потерь пионами раз-ных энергий и найдены параметры $\sigma_0, \epsilon', \sigma, \sigma'$, которые не зависят от энергии пионов выше 2 ГэВ.

Рассчитанная функция флуктуаций неонизационных потерь для данного детектора показана на рис. 3.

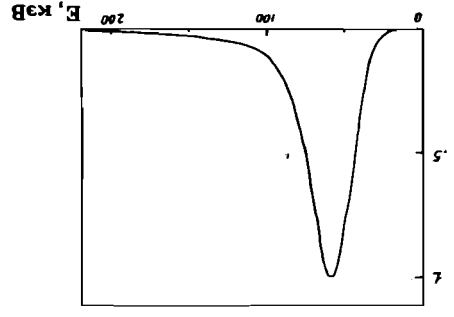


Рис. 3. Флуктуация неонизационных потерь для кремниевой толщины $x = 0,02$ см, параметры $\sigma_0, \epsilon', \sigma, \sigma'$ — из работы [6].

Энерговыведение в пластине одной и нескольких релятивистских частиц рассчитывалось по следующим формулам:

$$E_1 = (E_1 + \sigma_1) \cdot k, \quad (3)$$

$$E_n = \left(\sum_{i=1}^n E_i + \sigma_i \right) \cdot k, \quad (4)$$

где n — число частиц, прошедших через пластину; σ_i — функция распределения шумов детектора и предусилителя имеет нормальное распределение и разбрасывается с $\sigma = 20$ кэВ, k — коэффициент, учитывающий эффективность сбора заряда. Энерговыведение от ядра отдачи кремния рассчитывалось по формуле [8]:

$$E = 0,84 \cdot T_{кин.}^{1,28} \quad (5)$$

где $T_{кин.}$ — кинетическая энергия ядра кремния. Энерговыведение от протонов взяты из таблицы [8] и вычислялись интегральными методом Ларанжа. Для генерации отдачи диссоциации пиона разбрасывались две величины: попереный переданный импульс t и масса трех пионов ($M_{3\pi}$). Распределение по $M_{3\pi}$ задано в виде таблицы [8], а по квадрату попереного импульса (t^2) — в виде

$$f(t^2) = \exp[-Bt^2], \quad (6)$$

где $B = 8,0$ (ГэВ/с)⁻² для рассеяния на кварсоболюном протоне и $B = 150,0$ (ГэВ/с)⁻² для диссоциации на ядре кремния [1]. На основе $M_{3\pi}$ и t^2 вычислялись кинетические энергии и проекции векторов импульсов, необходимые для определения пробегов и неонизационных потерь, оставаемых частицами отдачи в пластине детектора. Энерговыведение от различных частей в каждой пластине суммировалось и затем сравнивалось с порогом дискриминатора.

В табл. 4 представлены рассчитанные эффективные коэффициенты разных классов событий. Коэффициент подавления фона вычисляется как отношение эффективности регистрации реакции диссоциации (строка номер 1 в табл. 4) к эффективности регистрации данного фоновое взаимодействие.

Предлагаемый способ обработки сигналов с кремниевой мишени позволяет уменьшить число фоновых событий более чем в 10 раз. Следует заметить, что такой способ не ограничивается рассмотрением задачи, он с успехом может быть использован и для повышения числа полезных событий при диссоциации каонов, и для других задач, где возникает необходимость выделить события с небольшим количеством заряженных частиц. Электронное устройство, выполняющее описанный способ, может быть легко собрано на отечественных быстро-

Таблица 4

№	Тип взаимодействия	Эффективность отбора событий	Коэффициент подавления (раз)
<i>Полезное взаимодействие</i>			
1	Диссоциация пиона	0,525 ± 0,016	—
<i>Фоновые взаимодействия</i>			
2	Взаимодействие на протоне	0,026 ± 0,004	20,2
3	Взаимодействие после мишени	0,039 ± 0,003	13,6
4	Взаимодействие до мишени; две проходящие частицы	0,0088 ± 0,0013	60
5	То же; три проходящие частицы	0,0074 ± 0,0012	71
6	То же; четыре проходящие частицы	< 0,0002	> 2625
7	То же; пять проходящих частиц	< 0,0002	> 2625

действующих микросхемах. Так, например, используя точные компараторы K597CA1 и ОЗУ K500PY415 ^{7/} или K1500PY470 ^{8/}, можно создать устройство, эффективно отбирающее события необходимого класса за 100-150 нс.

Такой способ позволяет увеличить число порогов дискриминации, что расширит возможности устройства, но это приведет к усложнению устройства и, как правило, к неудобствам в эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bellini G. et al. CERN-EP/81-40, Geneva, 1981.
2. Беллини Д. и др. ОИЯИ, 13-83-139, Дубна, 1983.
3. Bellini G. CERN-EP/81-156, Geneva, 1981.
4. Ананьева М.А. и др. ОИЯИ, 10-82-232, Дубна, 1982.
5. Hancock S. et al. — Phys.Rev., 1983, A28, 2, p.615.
6. Nuclear Data Tables, 1982, v.27, 4/5.
7. Электронная промышленность, 1982, №2, с.41.
8. Электронная промышленность, 1986, №7.

Рукопись поступила в издательский отдел
4 марта 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