

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

P10-86-261

Л.С.Вертоградов, В.А.Степаненко, Г.А.Шелков

МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ СКАНИРОВАНИЯ
ИЗОБРАЖЕНИЙ ТРЕКОВ
НА ФИЛЬМАХ СПЕКТРОМЕТРА РИСК
С ПОМОЩЬЮ АЭЛТ-2/160

1986

ВВЕДЕНИЕ

Основным детектором спектрометра РИСК ОИЯИ/1/ является пентиметровая стримерная камера. Принципиальная возможность измерения первичной ионизации, производимой частицей в рабочем газе стримерной камеры, была впервые показана в работе/2/. Информация об ионизации заключена в микроструктуре изображений треков. В работе/3/ микроструктура треков исследовалась по данным сканирования фильмового материала со стримерной камеры с помощью автоматического измерительного устройства НРД. Эта методика позволяет получать данные только о размерах и распределении вдоль трека просветов и "темных" участков - блоков. Способ прецизионного измерения рельефа почернения /полутоновой информации/ изображения трека в стримерной камере продемонстрирован в работе/4/. При таком "трехмерном" описании микроструктуры трека регистрируется огромное количество информации, что, видимо, и препятствует его практическому применению.

Среди действующих в ОИЯИ измерительных приборов для исследования микроструктуры трековых изображений наиболее пригоден сканирующий автомат на электронно-лучевой трубке АЭЛТ-2/160/5,6/. Этот прибор под управлением ЭВМ может сканировать изображение в пределах рабочего поля /140x70/ мм² вдоль оси X или Y со скоростью 1 мкм/мкс при цене отсчета 2 мкм и диаметре светового пятна 20 мкм. Изображение светового пятна с экрана электронно-лучевой трубки фокусируется на обрабатываемую фотопленку. Изменяя интенсивность светового пучка за пленкой, можно определять уровень ее почернения /непрозрачности/. В данной работе исследовался следующий режим измерения: при заданном пороговом значении непрозрачности, для каждого более "темного", чем этот порог, объекта, пересекаемого на пленке вдоль прямой заданной длины лучом АЭЛТ, фиксируются две величины: координата центра и размер объекта в его сечении данной сканлинией. Такой метод сканирования является по существу двумерным /рис.1 и 2/: изображения стримеров и блоков измеряются как в продольном, так и в поперечном направлениях.

Цель данной работы состояла в исследовании АЭЛТ-2 в режиме сканирования с малым /20 мкм/ шагом на основе уже существующего пакета базовых программ/7/, управляющих работой автомата, и созданного на ЭВМ БЭСМ-4 комплекса диалоговых программ/8/, для организации процесса измерения. Необходимо было также проверить

работоспособность программ офф-лайн-обработки^{/9/} данных, полученных при измерении на АЭЛТ.

ПРОЦЕДУРА ИЗМЕРЕНИЙ И ОБРАБОТКИ

Приступая к обработке данного кадра, необходимо было прежде всего записать служебную информацию /номера пленки, кадра, стереовида/, измерить координаты реперных крестов и координаты нескольких опорных точек /~30/, принадлежащих исследуемому треку. Данные об опорных точках трека используются, во-первых, в программе управления режимом сканирования /в пределах зоны заданного размера вокруг отрезков прямых, соединяющих соседние опорные точки, происходит сканирование/, и, во-вторых, в программе окончательной фильтрации данных в офф-лайн-режиме для аппроксимации трека.

В рамках описанной процедуры оператором в режиме диалогового общения с программой измерения на ЭВМ^{/10/} задавались следующие параметры работы автомата: размер зоны обзорного сканирования для поиска трека и разметки опорных точек, длина сканлинии, уровень порога в канале регистрации, размер шага сканирования, дата измерений. Остальная служебная информация /паспорт события/ считывалась с магнитной ленты /МЛ/. Отличие от стандартного режима работы АЭЛТ состояло в том, что после автоматического измерения координат реперных крестов /по маскам/ оператор с помощью функциональной клавиатуры /ФК/, дисплея-лупы и светового карандаша должен был выбрать в режиме диалога с ЭВМ начальный участок трека и вручную пометить $10 \div 20$ точек вдоль трека. Режим прецизионного сканирования с заданными параметрами начинался автоматически после измерения последней опорной точки. Для исключения влияния нелинейных искажений на краях поля зрения электронно-оптических усилителей изображения, использовавшихся в оптической системе спектрометра РИСК^{/11/}, треки сканировались только в центральной части вида. Сканирование между опорными точками трека осуществлялось поперек фотопленки /параллельно оси Y/ в режиме "Темный объект на прозрачном фоне". В ходе предварительной фильтрации из дальнейшего анализа исключались отсчеты с размерами ~30 мкм /царапины пленки/ и более 500 мкм /вспышки в стримерной камере/. Данные сканирования записывались на МЛ. В офф-лайн-режиме данные с этой МЛ обрабатывались по системе программ^{/9/}, которые распаковывали эти данные, производили окончательную фильтрацию, распознавание областей просветов и сгустков стримеров /блобов/ вдоль трека, а также выделение отдельных стримеров внутри блобов. Производилась также коррекция дисторсий вдоль направления, совпадающего с продольной осью стримерной камеры. Всего было измерено 100 треков пучковых π^- -мезонов с импульсом 38 ГэВ/с на первых двух стереопарах /половина длины стримерной камеры/. Для сравнения были также измерены высококонтрастные фотоизображения сплошной линии шириной 150 мкм и после-

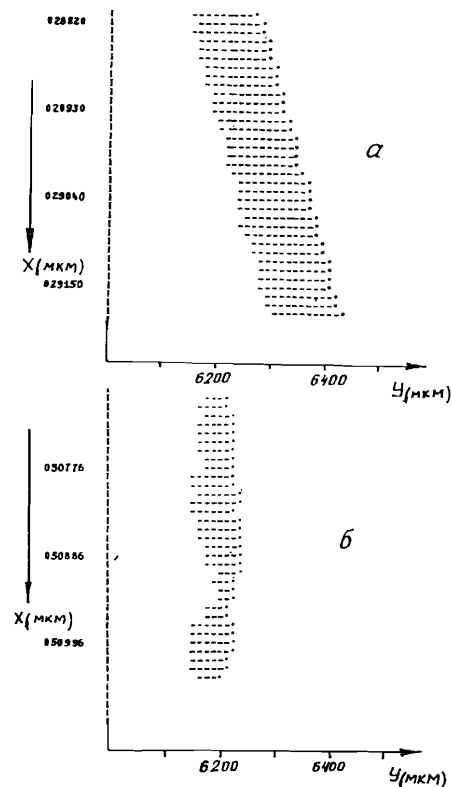


Рис.1. а - пример печати результатов сканирования на АЭЛТ-2/160 эталонного трека в виде сплошной линии; б - то же для трека π^- -мезона с импульсом 38 ГэВ/с. Уровень дискриминации 60, шаг сканирования 22 мкм.

довательности черных кружков диаметром 150 мкм, расположенных вдоль прямой линии с шагом 300 мкм. Время измерения одного кадра составляло $1,5 \div 3$ мин. Основное время занимали диалог оператора с ЭВМ и процесс разметки опорных точек трека.

На рис.1 приведены изображения треков, полученные на ЭВМ для части эталонного /сплошная линия/ трека /а/ и трека π^- -мезонов /б/. На рис.2 приведены аналогичные участки трека π^- -мезонов, зарегистрированных одной из стереопар спектрометра.

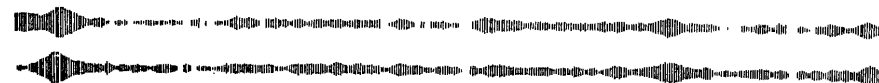


Рис.2. Результаты сканирования на АЭЛТ участка трека π^- -мезона, зарегистрированного одной из стереопар спектрометра РИСК. Длина треков - ~ 50 см.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Зависимость от уровня порога в канале регистрации

Диапазон возможных значений уровня порога в канале регистрации АЭЛТ /> 15 отн.ед./ ограничен "снизу" уровнем шумов на пленке, который определяется ее дефектами, зернистостью и плотностью вуали. При приближении к "верхней" границе значений порога начинает пропадать полезная информация, а с дальнейшим его увеличением можно вообще перестать "видеть" трек.

На рис.3 приведены зависимости от уровня порога в канале регистрации /S/ для "нарисованного" трека /кружки/ - кривые 1

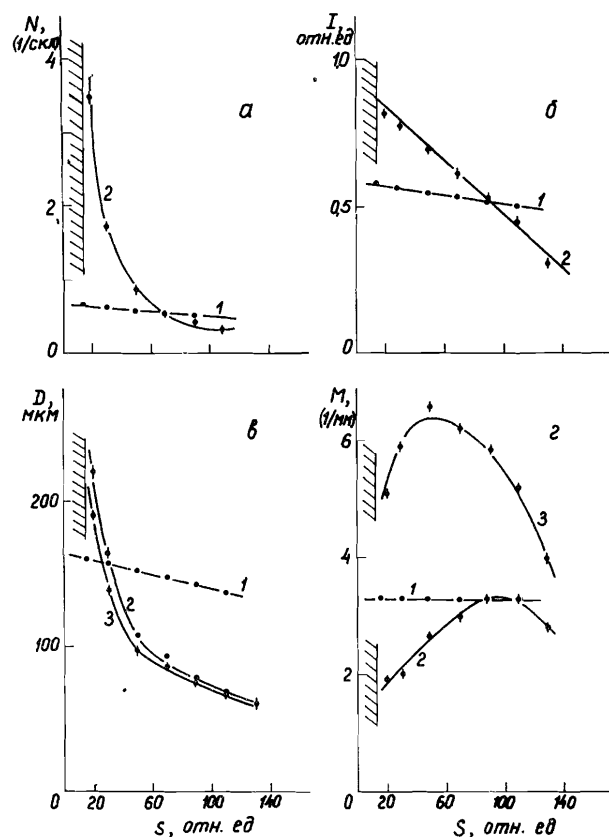


Рис.3. Зависимость от уровня порога регистрации АЭЛТ (S), для нарисованного эталонного трека в виде кружков (1) и трека частицы в стримерной камере (2 и 3): а - среднего числа отсчетов на одной сканлинии (N); б - величины непрозрачности трека, т.е. доли длины трека, занятой темными объектами (I); в - средней величины максимального поперечного размера (D) блобов (кривая 2) и диаметра стримеров (кривая 3); г - среднее число (M) блобов (2) и стримеров (3) на единицу длины изображения трека на фотопленке.

и реальных треков - кривые 2 следующих величин: а - среднего числа отсчетов на одной сканлинии /N/, б - величины непрозрачности трека /I/, т.е. доли длины трека, занятой темными объектами /блобами/, в - средней величины максимального поперечного размера /D/ блобов /кривая 2/ и диаметра стримеров /кривая 3/ для трека длиной 50 см, г - среднего числа /M/ блобов /2/ и стримеров /3/ на единицу длины трека на фотопленке. Для выделения

отдельных стримеров из сгустков /блобов/ использовалась процедура, описанная в работе /9/. Из рисунка видно, что зависимости всех величин от уровня порога для "нарисованного" трека значительно слабее, чем для реальных треков. Это объясняется тем, что "нарисованный" трек представляет некий идеальный высококонтрастный образ, практически без вуали пленки и с очень малым уровнем шумов. Сканирование реальной пленки с уровнем порога 15 отн. ед., вполне допустимым для "нарисованного" трека, практически невозможно из-за обилия шумовых отсчетов. При приближении к нему для реальных треков резко возрастают: количество отсчетов на одной сканлинии и максимальный поперечный размер /диаметр/ блобов /стримеров/. Трек становится "черным" /величина непрозрачности стремится к единице/. Считая количество стримеров, зарегистрированных на треке, мерой получаемой информации, можно утверждать, что диапазон рабочих значений величин порога лежит в диапазоне /40÷80/ отн. ед. При уровне порога свыше 100 отн. ед. происходит потеря части информации о треке.

Зависимость от длины линии сканирования

Для исследуемых в этой работе практически прямолинейных треков направление шага сканирования близко к направлению трека, поэтому размер линии сканирования определяет размер области сканирования в перпендикулярном к траектории частицы направлении. Поэтому для уменьшения числа фоновых отсчетов желательно уменьшать размер зоны сканирования. С другой стороны, этот размер должен превышать максимально возможный поперечный размер блобов, а также возможные отклонения аппроксимирующей трек кривой, проведенной через опорные точки трека, от реальной траектории. Такая аппроксимация используется при фильтрации информации о треке. В табл.1 приведены усредненные для 30 треков основные измеряемые характеристики при двух значениях ширины зоны сканирования /Н мм/ на фотопленке.

Таблица 1

Н, мм	0,8	1,6
D, мкм	108±2	110±2
I, отн. ед.	0,73±0,02	0,72±0,02
K, отн. ед.	1,26±0,02	1,81±0,03

Из таблицы видно, что ни средний диаметр $\langle D \rangle$ стримеров, ни величина среднего почернения трека $\langle I \rangle$ не зависят, в пределах ошибок, от размера линии сканирования. Изменяется только коэффициент фильтрации $\langle K \rangle$, равный отношению полного числа отсчетов, зарегистрированных АЭЛТ, к числу отсчетов, идентифицированных программой фильтрации, как принадлежащих данному треку. Все дальнейшие измерения были выполнены с промежуточным размером линии сканирования, равным 1,2 мм на фотопленке, что соответствует 7 см в объеме стримерной камеры.

Влияние величины шага сканирования

Априори ясно, что для получения информации, адекватной образу оптического изображения на фотопленке, величина шага сканирования $\langle R \rangle$ должна быть значительно меньше характерного размера оптического образа на фотопленке вдоль направления шага сканирования. С другой стороны, уменьшение шага сканирования приводит к пропорциональному увеличению объема информации, подлежащей обработке, а конечный размер светового пятна электронно-лучевой трубки АЭЛТ ~ 20 мкм/, которым просвечивается изображение на фотопленке, делает неэффективным использование сканирования с шагом, много меньшим размера светового пятна.

В табл.2 приведены величины средних значений и среднеквадратичных отклонений $\langle \sigma \rangle$ для распределений среднего диаметра $\langle D \rangle$ стримеров на треке и почернения $\langle I \rangle$ трека для двух значений шага сканирования $\langle R \rangle$. Данные усреднены по ~ 150 измерениям.

Таблица 2

R , мкм	11	22
$\langle D \rangle$, мкм	123 ± 1	126 ± 1
σ	$12,7 \pm 0,7$	$13,3 \pm 0,8$
I , отн.ед.	$0,66 \pm 0,008$	$0,67 \pm 0,009$
σ	$0,10 \pm 0,006$	$0,11 \pm 0,006$

Все приведенные данные совпадают в пределах ошибок, поэтому дальнейшие измерения выполнены с шагом сканирования 22 мкм.

Повторяемость результатов

Для изучения стабильности работы АЭЛТ были выполнены многократные измерения одного и того же трека. В табл.3 приведены

величины относительных ошибок $\epsilon_A = \frac{\sigma_A}{A}$, где A - измеряемая величина, а σ_A - ее среднеквадратичное отклонение/определения почернения трека $\langle I \rangle$ и среднего диаметра стримеров $\langle D \rangle$ для 15 измерений одного и того же трека $\langle A \rangle$ и 160 измерений разных треков $\langle B \rangle$.

Таблица 3

	A	B
$\epsilon_I, \%$	$2,0 \pm 0,4$	$9,5 \pm 0,5$
$\epsilon_D, \%$	$3,3 \pm 0,6$	$10,6 \pm 0,6$

Из таблицы видно, что относительная ошибка многократного измерения одного и того же трека /аппаратурная ошибка/ в 4-5 раз меньше аналогичной величины, полученной при измерении разных треков. Это позволяет утверждать, что автомат АЭЛТ-2/160, а также весь комплекс программ сопровождения и обработки полученных данных работают достаточно стабильно и позволяют производить исследование микроструктуры треков с точностью $\sim 3\%$.

Выводы

В результате проведенной работы показано, что при выбранном режиме сканирования треков с помощью автомата АЭЛТ-2/160 и при последующей обработке по созданной системе программ можно исследовать микроструктуру треков на пленочном материале спектрометра РИСК с точностью до 3%. Для измерения треков с малым радиусом кривизны необходимо иметь возможность сканирования в направлении, перпендикулярном следу частиц на фотопленке.

В заключение авторы считают своим приятным долгом поблагодарить А.В.Банникова, И.Вагнера, В.Л.Сенченко, Э.Д.Лапчика, З.В.Крумштейна, Ю.П.Мерекова, Т.А.Ломтадзе за полезные обсуждения и помощь, А.А.Карлова, В.И.Петрухина и В.Н.Шкунденкова за интерес к данной работе, а также всех операторов АЭЛТ за проведение измерений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бом Г. и др. ЯФ, 1982, т.35, вып.3, с.700.
2. Давиденко В.А. и др. ЖЭТФ, 1968, 55, 426.
3. Eckardt V. et al. NIM, 1977, 143, 235.
4. Basile M. et al. Phys.Scripta, 1981, v.23, p.754.
5. Баранчук М.К. и др. ОИЯИ, Р10-8861, Дубна, 1975.

6. Лапчик Э.Д., Шкунденков В.Н. ОИЯИ, Р10-80-872, Дубна, 1980. Байла и др. ОИЯИ, Р10-12990, Дубна, 1979; Лапчик Э.Д., Шкунденков В.Н. В трудах I Всесоюзной конференции по автоматизированным системам обработки изображений /АСОИЗ-81/, "Наука", М., 1981, с.133.
7. Карлов А.А. и др. ОИЯИ, Б1-11-13058, Дубна, 1978.
8. Карлов А.А., Сенченко В.А., Степаненко В.А. В трудах VI Всесоюзной конференции "Автоматизация научных исследований на основе применения ЭВМ", Изд. СО АН СССР, Новосибирск, 1981, с.141.
9. Шелков Г.А. ОИЯИ, Б1-10-85-181, Дубна, 1986.
10. Сенченко В.А., Степаненко В.А. ОИЯИ, Б2-10-81-124, Дубна, 1981.
11. Андреев Е.М. и др. ОИЯИ, 13-8550, Дубна, 1975.
12. Степаненко В.А. и др. ОИЯИ, Б1-10-81-593, Дубна, 1981.

Рукопись поступила в издательский отдел
23 апреля 1986 года.

Вертоградов Л.С., Степаненко В.А., Шелков Г.А. Р10-86-261
Методика и результаты сканирования изображений
треков на фильмах спектрометра РИСК с помощью
АЭЛТ-2/160

На кадрах стримерного спектрометра РИСК с помощью сканирующего автомата с электронно-лучевой трубкой АЭЛТ-2/160 проведены многократные измерения одиночных треков π^- -мезонов пучка с импульсом 40 ГэВ/с и высококонтрастных изображений, имитирующих треки. Исследовалась зависимость основных величин, характеризующих микроструктуру треков /почернение, диаметр стримеров/ от параметров режима сканирования. Показано, что указанная методика позволяет измерять эти характеристики с точностью 3%.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1986

Перевод О.С.Виноградовой

Vertogradov L.S., Stepanenko V.A., Shelkov G.A. P10-86-261
Measurement Procedure and Results of Scanning
of the RISK Spectrometer Pictures by means of
AELT-2/160 Cathode Ray Tube

Results of measurement on 40 GeV/c π^- -meson beam track streamer chamber and some track imitation pictures scanned with AELT-2/160 cathode ray tube are given. The dependence of basic values of track microstructures (lacunarity, streamer diameter) from scanning parameters are investigated. This method allows one to measure these characteristics with ~3% accuracy.

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

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1986