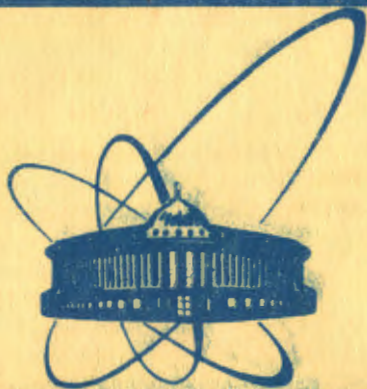


12/III-84



**СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА**

1356/84

10-83-848

Э.В.Козубский, В.И.Мороз, И.И.Скрыль

**СХЕМА ОБРАБОТКИ
ГОЛОГРАММ СЛЕДОВ ЧАСТИЦ
ПО СТЕРЕОПРОЕКЦИЯМ
ВОССТАНОВЛЕННОЙ МОДЕЛИ**

1983

Вершинные детекторы на основе прецизионных пузырьковых и стримерных камер с голографической регистрацией изображений следов взаимодействующих частиц обеспечивают пространственное разрешение на уровне 10 мкм при размерах рабочего объема камеры порядка $10 \times 10 \times 10$ см³. Высокое пространственное разрешение и достаточно большие регистрируемые объемы создают новые возможности для проведения экспериментов в области физики элементарных частиц при исследовании редких процессов с образованием короткоживущих $/10^{-12} \div 10^{-13}$ с/ частиц и ядер с большой множественностью и высокой фоновой загрузкой/1/.

Применение голографии для регистрации событий остро ставит проблему массовой обработки голограмм, включающую просмотр с целью отбора исследуемых событий, измерение этих событий и вычисление их трехмерных геометрических характеристик. Так, например, в ЦЕРНе только в одном эксперименте получено 40 000 голограмм со следами частиц в камере БИБС/2/, с целью обработки которых были созданы специализированная аппаратура для трехмерных измерений в области восстановленной по голограмме пространственной модели камеры, и специализированное программное обеспечение обработки данных измерений.

Обработка, основанная на применении приборов с трехмерными измерениями в области пространственной модели следов частиц, восстановленных по голограмме/3,4/, оценивается как весьма трудоемкий процесс и, кроме того, базируясь на регистрации всей информации на одной голограмме, такая схема в некоторых случаях не обеспечивает необходимой точности измерения вдоль глубины регистрируемого объема. Другой подход рассмотрен в/5/, где указано на возможность сфотографировать концентрическим мезооптическим объективом пространственную модель зарегистрированных на голограмме следов частиц с получением двумерных изображений /стереоснимков/ и далее вести традиционную обработку этих стереоснимков. Применение концентрического мезооптического объектива решает проблему глубины резкости, но, как отмечено в этой же работе, "недостаток любого мезооптического объектива состоит в том, что он дает низкую освещенность и низкий контраст изображения".

Авторам представляется важным рассмотреть схему обработки голографической информации, которая могла бы обеспечивать необходимую точность регистрации координат вдоль глубины камеры и которую в значительной степени можно было бы базировать на существующих и хорошо отработанных методах, традициях и системах обработки стереофотоснимков ядерных взаимодействий/6/.

При работе с единственной голограммой, как это принято в некоторых созданных к настоящему времени схемах регистрации и об-

работки, погрешность восстановления глубинной координаты ΔZ определяется в основном апертурой, задаваемой конструкцией регистрирующей и измерительной аппаратуры, а также эффективным углом α рассеяния света на пузырьке или стримере.

Для стримерных и жидководородных камер угол рассеяния α весьма мал/7/, в результате чего $\Delta Z \sim 1/\alpha$ примерно на порядок хуже точности определения плановых координат ΔX и ΔY , что делает прецизионный детектор неизотропным по точности, снижая эффективность и достоверность информации.

Повысить точность определения Z координаты можно на основе методов, принятых в стереометрии/8/. Так, при освещении и регистрации рабочего объема камеры по двум скрещенным направлениям под углом $\beta \gg \alpha$ может быть обеспечена достаточная изотропность по точности, поскольку в этом случае $\Delta Z \sim 1/\beta$ и зависит от конструктивных параметров установки, а не от физических свойств регистрируемого объекта. Регистрация по двум ортогональным направлениям обеспечивает полную изотропность по точности при любой ориентации события относительно регистрирующей системы.

Новое качество, обеспечивающее повышенную точность регистрации вдоль глубинной координаты, влечет за собой необходимость получения и обработки двух или более голограмм вместо одной. В то же время наличие нескольких независимых проекций одного и того же регистрируемого на голограммах события позволяет с некоторыми ограничениями использовать методы, опыты и системы, предназначенные для обработки стереофотоснимков ядерных взаимодействий.

С учетом сделанных выше замечаний авторам представляется целесообразной следующая схема получения цифровой информации о следах частиц в прецизионной трековой камере с голографической регистрацией:

- получение при регистрации голограмм с изображением следов частиц в объеме трековой камеры по скрещенным или ортогональным направлениям, т.е. получение одновременно не менее двух проекций регистрируемого объема, что обеспечивает возможность применения при обработке методов стереометрии и улучшает точность определения глубинной Z координаты;

- воспроизведение по полученным голограммам пространственной модели зарегистрированных следов частиц и визуальный обзор этой модели с целью выявления искомых событий /просмотр/;

- получение плоских изображений сечений трехмерной модели восстановленных по голограмме следов частиц в рабочей плоскости измерительного прибора посредством афокальной оптической системы с телецентрическим ходом лучей в пространствах объекта и изображения при плавной или пошаговой перефокусировке для обеспечения резкости в пределах объема расположения измеряемого события.

- проведение стандартных этапов обработки фильмовой информации с трековых камер по стереоснимкам, включающих измерения, контроль, вычисление геометрических характеристик следов и кинематических параметров изучаемых событий.

В такой схеме, помимо непосредственного измерения плоских изображений, образованных из восстановленной по голограмме трехмерной модели зарегистрированного события, можно организовать промежуточную регистрацию плоских изображений на фотопленке или ином носителе информации, например, на магнитной ленте; кроме того, можно передавать такие плоские изображения на графический дисплей высокого разрешения с целью оперативного контроля целеуказаний, человеко-машинной редакции обрабатываемых изображений и других задач.

Данная схема разработана для решения задач обработки информации с прецизионной криогенной быстроциклирующей камеры с голографической регистрацией, создание которой планируется по проекту "МИКРО"/9/.

В общем виде предлагаемую схему обработки голограмм следов частиц по стереопроекциям восстановленной модели поясняют построения, показанные на рис.1÷3.

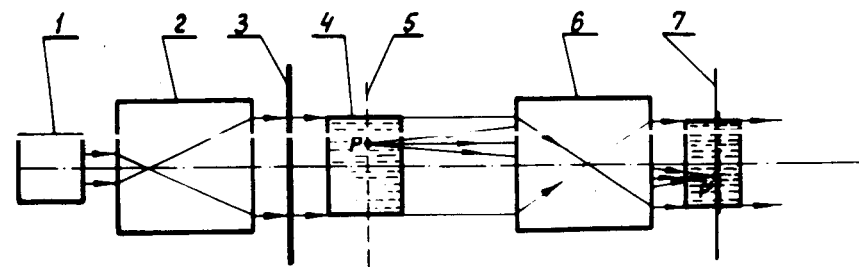


Рис.1. Схема формирования плоского изображения сечения трехмерной модели, восстановленной по голограмме. 1 - лазер, 2 - коллиматор, 3 - голограмма, 4 - восстановленная трехмерная модель рабочего объема трековой камеры, 5 - сечение модели, 6 - афокальная телецентрическая проецирующая оптическая система, 7 - изображение в плоскости измерительного прибора. Р и Р' - сопряженные точки в плоскости модели и изображения.

На рис.1 приведена схема формирования плоского изображения. Сечение 5 трехмерной модели 4, восстановленной по голограмме 3, изображается телецентрической оптической системой 6 в рабочей плоскости измерительного прибора 7. Для получения в рабочей плоскости измерительного прибора резкого изображения других сечений трехмерной модели необходима перефокусировка, которая может выполняться путем перемещения вдоль оси либо телецентриче-

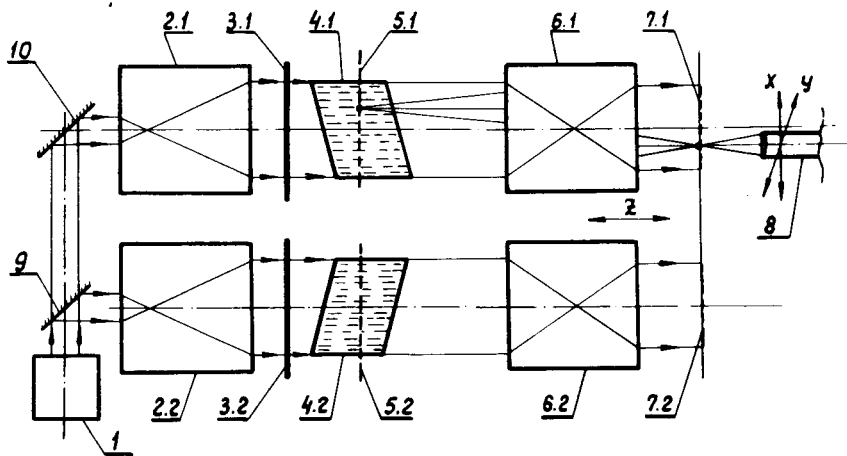


Рис.2. Схема формирования изображений в рабочей плоскости измерительного прибора с голограмм, полученных при регистрации объема трековой камеры по двум скрещенным направлениям. Обозначения 1÷7 как на рис.1, 8 - условно показан входной объектив измерительного прибора, 9 - полупрозрачное зеркало, 10 - отражающее зеркало, X и Y - направления осей координат в плоскости, параллельной плоскости обрабатываемого изображения; Z - направление перефокусировки изображения.

ской системы б, либо всего устройства в целом относительно рабочей плоскости измерительного прибора, либо рабочей плоскости измерительного прибора относительно устройства формирования изображения.

На рис.2 показана схема формирования изображений 7.1 и 7.2 в рабочей плоскости измерительного прибора 8 с голограмм 3.1 и 3.2, полученных при регистрации объема трековой камеры по скрещенным направлениям. Полученные на этой схеме две проекции 7.1 и 7.2 подобны двум стереофотоснимкам рабочего объема камеры. Эти проекции могут быть измерены, и цифровые данные с них обработаны по методике, принятой при обработке стереофотоснимков. Следует отметить, что хотя при такой схеме обработки не используется информация о глубинной координате, содержащаяся в восстановленной по отдельной голограмме трехмерной модели, при необходимости такая информация может быть получена как результат измерения величины перефокусировки. В некоторых случаях, с учетом отмеченных выше ограничений по точности, такая дополнительная информация о глубине положения измеряемых следов может быть полезной.

На рис.3 приведена схема регистрации рабочего объема трековой камеры по двум ортогональным направлениям. Важная особен-

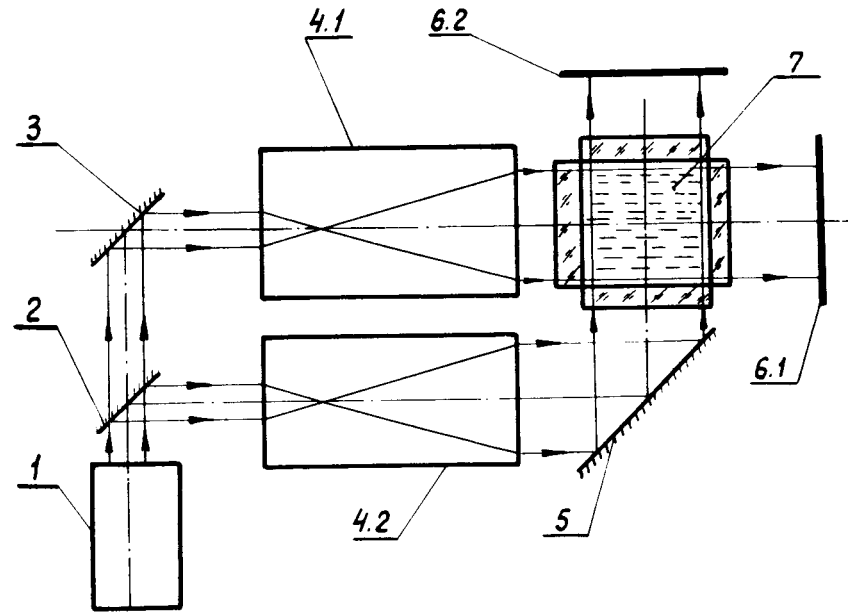


Рис.3. Схема регистрации рабочего объема камеры по двум ортогональным направлениям. 1 - лазер, 2 - полупрозрачное зеркало, 3 и 5 - отражающие зеркала, 4.1 и 4.2 - коллиматоры, 6.1 и 6.2 - голограммы, 7 - рабочий объем камеры, ограниченный иллюминаторами.

ность этой схемы, помимо обеспечения изотропности по точности, по регистрируемому объему, состоит в том, что взаимное расположение следов и помех на обеих проекциях сильно различаются. Это свойство может оказаться весьма полезным при исследовании событий с большой множественностью, когда следы события частично перекрывают друг друга, при больших объемах загрузки или при больших турбулентностях в рабочем объеме камеры. Конечно, техническая реализация такой схемы довольно трудна.

В целом схема определения пространственной геометрии следов заряженных частиц, базирующаяся на введении промежуточной операции - преобразовании восстановленных по голограммам пространственных моделей в плоские изображения, имеет ряд особенностей:

- предложенная схема позволяет использовать для измерения плоских изображений приборы типа ПУОС;
- для реализации схемы необходимо при регистрации и восстановлении использовать дополнительное устройство - афокальную телецентрическую оптическую систему, которая на первом этапе в случае применения масштаба, близкого к 1:1, может быть выполнена из набора стандартных объективов;

- при измерениях или промежуточном фотографировании модели возможно изменение положения плоскости наводки на резкость с таким условием, чтобы эта плоскость оказалась сопряженной медианной плоскости выбранного события, что сведет к минимуму необходимую величину перефокусировки и уменьшит влияние фона;

- в случае применения при обработке плоских изображений фотоприемников с электронным считыванием информации /передающих телевизионных трубок или ПЗС матриц/ данная схема позволяет организовать промежуточную человеко-машинную обработку и промежуточное хранение информации без дополнительных расходов на фото пленку, при этом возможности разделения полезных изображений от фоновых следов значительно расширяются.

Подчеркнем возможности данной схемы в случае использования фотоприемников с электронным считыванием информации. Так, например, две независимых проекции можно синхронно сканировать по глубине слой за слоем, и результат послойного сканирования с накоплением-суммированием информации воспроизводить на экранах дисплеев независимо по проекциям, или воспроизводить стереоизображения, при этом возможно анаморфирование как по плоскости, так и по глубине. Другая возможность - пучковые следы, образующие основную фоновую загрузку, обладают, как правило, близкими характеристиками /кривизной, направлением, плотностью/, что позволяет выработать критерии и применять алгоритмы автоматической или настраиваемой человеком фильтрации - стирания пучковых треков. Подобным же образом с изображения могут отфильтровываться отдельные точки и короткие несвязанные треки. Довольно простые алгоритмы позволяют организовать эффективную человеко-машинную редакцию обрабатываемых изображений, особенно эффективную при использовании цветных дисплеев.

В заключение еще раз отметим основные особенности рассмотренной схемы обработки голограмм следов частиц по стереопроекциям восстановленной модели. Эта схема позволяет:

- в значительной степени использовать методику, аппаратуру и системы обработки стереофотоснимков ядерных взаимодействий,
- улучшить точность определения глубинных координат по сравнению с однопроекционной голографической регистрацией,
- повысить эффективность и достоверность регистрации событий при большой множественности и высоких фоновых загрузках.

ЛИТЕРАТУРА

1. Proc. Meeting on Holographic Techniques to Bubble Chamber Physics. RL-81-042, 1981.
2. CERN: 40 000 HOLOGRAM. CERN Cour., 1982, vol.22, No.9, p.418.
3. Стабников М.В. ОИЯИ, Д10-6142, Дубна, 1971.
4. Proc. European Hybrid Spectrometer Workshop on Holography and High-Resolution Techniques. CERN 82-01, Geneva, 1982.

5. Сороко Л.М. ОИЯИ, Д1-82-642, Дубна, 1982.
6. Труды Международного симпозиума по вопросам автоматизации обработки данных с пузырьковых и искровых камер. ОИЯИ, Д10-6142, Дубна, 1971.
7. Малы М. и др. ОИЯИ, Б2-1002, Дубна, 1962.
8. Русинов М.М. Инженерная фотограмметрия. "Недра", М., 1966.
9. Бартке Е.Г. и др. ОИЯИ, Б1-1-82-566, Дубна, 1982.

Рукопись поступила в издательский отдел
15 декабря 1983 года.

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

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

	Труды VI Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1978 /2 тома/	7 р. 40 к.
	Труды VII Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, Дубна, 1980 /2 тома/	8 р. 00 к.
D11-80-13	Труды рабочего совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике, Дубна, 1979	3 р. 50 к.
D4-80-271	Труды Международной конференции по проблемам нескольких тел в ядерной физике. Дубна, 1979.	3 р. 00 к.
D4-80-385	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1980.	5 р. 00 к.
D2-81-543	Труды VI Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1981	2 р. 50 к.
D10,11-81-622	Труды Международного совещания по проблемам математического моделирования в ядерно-физических исследованиях. Дубна, 1980	2 р. 50 к.
D1,2-81-728	Труды VI Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 60 к.
D17-81-758	Труды II Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1981.	5 р. 40 к.
D1,2-82-27	Труды Международного симпозиума по поляризационным явлениям в физике высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 20 к.
P18-82-117	Труды IV совещания по использованию новых ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач. Дубна, 1981.	3 р. 80 к.
D2-82-568	Труды совещания по исследованиям в области релятивистской ядерной физики. Дубна, 1982.	1 р. 75 к.
D9-82-664	Труды совещания по коллективным методам ускорения. Дубна, 1982.	3 р. 30 к.
D3,4-82-704	Труды IV Международной школы по нейтронной физике. Дубна, 1982.	5 р. 00 к.
D2,4-83-179	Труды V Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Дубна, 1982.	4 р. 80 к.
	Труды УШ Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Протвино, 1982 /2 тома/	11 р. 40 к.
D11-83-511	Труды совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1982.	2 р. 50 к.
D7-83-644	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Алушта, 1983.	6 р. 55 к.
D2,13-83-689	Труды рабочего совещания по проблемам излучения и детектирования гравитационных волн. Дубна, 1983.	2 р. 00 к.

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

Козубский Э.В., Мороз В.И., Скрыль И.И. 10-83-848
Схема обработки голограмм следов частиц по стереопроjectionам восстановленной модели

Особенность предложенной схемы состоит в том, что при регистрации получают две или более голограммы, соответствующие стерео- или ортогональным проекциям события в рабочем объеме прецизионной пузырьковой или стримерной камеры. На этапе измерения восстанавливают по каждой из голограмм пространственную картину взаимодействия. Эта картина проецируется послойно оптической системой с телецентрическим ходом лучей на рабочую плоскость традиционного измерительного прибора, например, типа ПУОС. Схема позволяет в значительной степени использовать методику, аппаратуру и системы обработки снимков с пузырьковых и стримерных камер и улучшить точность определения глубинных координат по сравнению с однопроекционной голографической регистрацией.

Работа выполнена в Лаборатории вычислительной техники и автоматизации и Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1983

Kozubskij E.V., Moroz V.I., Skril I.I. 10-83-848
Scheme of Particle Track Holograms Handling Using Stereoprojections of the Restituted Model

The special feature of the proposed scheme is that under registration two or more holograms are obtained which correspond to the event stereo or orthogonal projections, within the useful volume of the high-resolution bubble or streamer chambers. While carrying out measurements a spatial picture of interaction is reconstructed from each hologram. This picture is projected in layers by the optical system with telecentric rays on a useful plane of the conventional measuring device for example, of PUOS type. The scheme permits to use largely the methods, devices and systems of data handling of bubble and streamer chamber pictures, and to improve the precision of depth coordinate definition in comparison with one-projectional holographic registration.

The investigation has been performed at the Laboratory of Computing Techniques and Automation and the Laboratory of High Energies, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1983

Перевод О.С.Виноградовой