

## Создание и исследование стримерной камеры-мишени с лазерным освещением для изучения взаимодействий элементарных частиц

С.Энхбат

Использование трекового детектора с лазерной стримерной камерой повышенного давления в магнитном поле позволит детально исследовать угловые распределения и угловые корреляции заряженных и нейтральных частиц, а также их импульсные спектры. В качестве мишени используется газ, наполняющий камеру, что даст возможность наблюдать взаимодействие с вылетом даже малоэнергичных частиц и регистрировать акты взаимодействия пионов с ядрами водорода, дейтерия, гелия – 3, гелия – 4 и углерода.

Физическая программа предполагает в качестве одного из первых этапов проведение исследования процесса двойной перезарядки пионов <sup>6</sup> в реакции:  $\pi^+ \text{He}^4 \rightarrow \pi^- 4p$ . Эта реакция представляет собой элементарный акт процесса двойной перезарядки на минимальном числе нуклонов и поэтому в первую очередь должна быть тщательно изучена. Все частицы в конечном состоянии здесь являются заряженными, поэтому легко наблюдаемы в стримерной камере. Это обстоятельство позволяет провести полный кинематический анализ. Кроме того, предусматривается возможность поиска дибарионных состояний.

В последнее время особенно актуально стоит задача создания новых трековых детекторов высокого разрешения, которые необходимы для построения вершинных детекторов в физике высоких энергий, в первую

очередь для регистрации короткоживущих частиц, связанных с *c* – и *b* – кварками, имеющими очень малое время жизни порядка  $10^{-12}$  -  $10^{-13}$  с и соответственно очень малые пробеги, что требует разрешения порядка десятков микрон. Аналогичные приборы необходимы также для постановки задач на новом уровне и в ядерной физике, т.к. они обеспечивают большую точность измерений импульсов и возможность регистрации сложных событий с вылетом большого числа заряженных частиц.

В основе получения одного из таких вершинных детекторов лежит применение лазерной техники, которая дает возможность обойти ограничения, накладываемые на минимальную величину объекта и глубину резкости критерием Рэлея. Лазеры в настоящее время хорошо разработаны и имеется возможность подобрать необходимое устройство, которое дает световую вспышку высокой интенсивности, малой длительности и хорошей монохроматичности. В связи с этим создание установки со стримерной камерой с лазерным освещением, обладающей наряду с простотой в обращении высоким пространственным разрешением и разработка методики получения хорошо локализованных следов частиц являются важной задачей и представляют самостоятельный научный интерес.

Значимость этих работ определяется тем, что стримерная камера, сочетая в себе все положительные стороны известных в настоящее время изотропных трековых детекторов, в том числе диффузионной и пузырьковой камер, обладает высоким быстродействием, простотой и управляемостью, позволяет работать с большими потоками частиц и, следовательно, проводить исследование процессов с малыми сечениями, а использование лазера и оригинальной методики, основанной на методе Тепплера поднимает пространственное разрешение камеры почти на порядок по сравнению с обычной стримерной камерой, позволяет получить трехмерную информацию о координате следа частицы на одном кадре.

Американскими физиками (Йельский университет, Фермилаб ) была разработана обычная стримерная камера высокого давления малых размеров с очень высоким пространственным разрешением (50 мкм). Однако то, что камера питалась высоковольтным импульсом длительностью всего в 1 нс при длине камеры 5 см и глубине резкости всего в 5 мм, указывает на необходимость применения иного принципа для создания трекового детектора высокого разрешения.

Новый принцип, лежащий в основе предложенных и сделанных в ОИЯИ и ЛИЯФ детекторов, качественно отличается от всех предшествующих. Если использовать пузырьковую камеру с лазерным освещением, позволяющую более – менее тривиальным образом достигнуть высокого разрешения (вплоть до 10 мкм), то пузырьки регистрируются в когерентном пучке света в

условиях, где нет ограничений по глубине резкости, на ранней стадии своего развития, когда их размеры очень малы. Принцип же, применяемый в стримерной камере для создания вершинного детектора, более сложный. Необходимо подчеркнуть, что использование стримерной камеры в ряде случаев является более выгодным по сравнению с пузырьковой камерой, т. К. основные тенденции в ядерной физике – это стремление измерять как можно меньшие по величинам поперечные сечения процессов. Через стримерную камеру высокого давления (50-100 атм) можно пропускать потоки до  $10^7$  заряженных частиц, а через пузырьковую камеру это количество определяется тысячами. Таким образом, произведение потока на плотность в стримерной камере оказывается больше, чем в пузырьковой, на два-три порядка.

Принцип, положенный в основу стримерной камеры с лазерным освещением, заключается в следующем: если через стримерную камеру проходит заряженная частица, то она оставляет цепочку электронов, на которых, при подаче высоковольтного импульса, образуются стримеры. Нагретые до высоких температур ( $10^4$  К) электроны в стримерах при термализации передают свою энергию молекулам газа, нагревая их и тем самым локально повышая давление в очень небольшой области газа. Возникает как бы нагретый газовый пузырек, причем процесс происходит очень быстро, как микровзрыв, и это хорошо видно по тому, как от пузырька отделяется ударная волна, хорошо заметная на фотографиях, снятых с различными задержками. Локальный нагрев газа приводит к

тому, что заметно меняется коэффициент преломления среды, и при прохождении через нее лазерного излучения имеется возможность зафиксировать появление объект. Объект оказывается почти на порядок меньше и более контрастным, чем в обычной стримерной камере ( в лучших случаях уже достигается поперечный размер 25 мкм). Таким образом, в камере этого типа регистрируется не собственный свет, идущий от стримера, а излучение лазера, рассеянное на тепловом центре. По этой причине можно назвать эту камеру камерой с управляемыми тепловыми центрами, это означает, что можно вызывать появление этого центра тогда, когда внешняя триггерная электроника сообщает о появлении нужного события.

Появляющийся, таким образом, тепловой центр рождается в газе, в отличие от пузырьковой камеры, где треки появляются также на тепловых центрах, образующихся на дельта-электронах, но в отличие от стримерной камеры эти центры неуправляемы, т.к. они существуют всего  $10^{-15}$  с. Первые разработки детекторов на новых принципах были выполнены в ОИЯИ и ЛИЯФ. Первая камера-мишень с  $He^3$  при повышенном давлении была создана в ОИЯИ.

В ОИЯИ был выполнен большой цикл работ по освоению на макетах новой техники вершинных детекторов, так, в ЦЕРН создана камера диаметров 5 см с давлением до 20 атм и с разрешением 25 мкм, в Йельском университете и Фермилаб создается камера с давлением до 50 атм.

Следует отметить, что использование лазерной техники позволяет применить не

только новые методы фотографирования через голографию, но также создать детектор с предельно высоким разрешением при регистрации импульсов из-за подавления диффузии первичных электронов.

Основная цель работы заключалась в некоторых исследованиях стримерной камеры, работающей с лазерным освещением, разработке и создании полномасштабной установки с камерой с управляемыми тепловыми центрами в магнитном поле. Для достижения поставленной цели нами решались следующие задачи:

- Проектирование электрической системы установки ( питание камеры ),
- Конструирование камеры ( оболочка и внутренняя часть ),
- Создание и наладка системы лазерного освещения и фотографирования,
- Разработка методики получения стереоскопического изображения треков частиц,
- Реализация системы эвакуации и наполнения газов в камере,
- Размещение и наладка всей установки на пучке ( включая магниты мезонного пучка ).

Использование трекового детектора с лазерной стримерной камерой повышенного давления в магнитном поле позволит детально исследовать угловые распределения и угловые корреляции заряженных и нейтральных частиц, а также их импульсные спектры. В качестве мишени используется газ, наполняющий камеру, что даст возможность наблюдать взаимодействие с вылетом даже малоэнергичных частиц и регистрировать акты взаимодействия пионов с

ядрами водорода, дейтерия, гелия – 3, гелия – 4 и углерода.

Физическая программа предполагает в качестве одного из первых этапов проведение исследования процесса двойной перезарядки пионов  $\pi^+$  в реакции:  $\pi^+ + \text{He}^4 \rightarrow \pi^- + 4p$ . Эта реакция представляет собой элементарный акт процесса двойной перезарядки на минимальном числе нуклонов и поэтому в первую очередь должна быть тщательно изучена. Все частицы в конечном состоянии здесь являются заряженными, поэтому легко наблюдаемы в стримерной камере. Это обстоятельство позволяет провести полный кинематический анализ. Кроме того, предусматривается возможность поиска дибарионных состояний.

Приведено физическое обоснование метода регистрации следов частиц в стримерной камере с лазерным освещением.

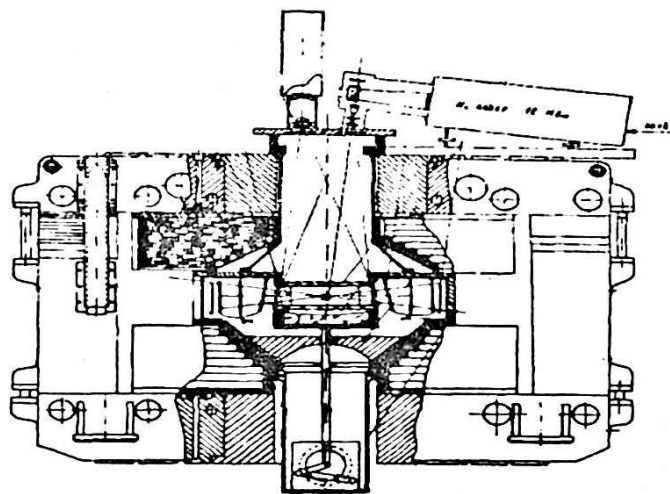


Рис.1. Схема установки

1. Предложена оригинальная конструкция стримерной камеры с лазерным освещением, позволяющая получать стереоскопическое изображение следов частиц, проходящих через камеру.

2. Разработана конструкция стримерной камеры-мишени, позволяющей работать с  $\text{H}_2$ ,

$\text{D}_2$ ,  $\text{He}^3$ ,  $\text{He}^4$  и смесями их с метаном при давлении.

3. Осуществлен комплекс работ по созданию контрольной системы, включающей в пзу микро ЭВМ КМ – 001, для установки.

4. Предложена и реализована реконструкция магнита МС – 4А, позволившая получить магнитное поле большего объема и достаточной интенсивности.

5. Разработана система триггера на сцинтилляционных счетчиках, работающая совместно со стримерной камерой внутри объема под давлением и проведена наладка установки.

6. Проведены исследования механизма работы стримерной камеры-мишени высокого давления.

7. Разработана и создана лазерная система для освещения и фотографирования объема стримерной камеры.

Проведены разработка и исследование рабочих характеристик вершинного детектора нового типа. Создана установка на основе стримерной камеры с лазерным освещением, которая будет использована в экспериментах на фазотроне ЛЯП ОИЯИ