



Рис. 4. Схематическое изображение криогенной пузырьковой камеры: 1 — входное окно для пучка частиц; 2 — поршень расширителя; 3 — фотокамеры, объективы которых окружены кольцевыми импульсными лампами; 4 — поверхности, покрытые «скотчлайтом»; 5 — сверхпроводящий магнит и криостат; 6 — лазерный пучок; 7 — окно вакуумного кожуха; 8 — окно в корпус камеры и расширяющая линза; 9 — освещаемый конус; 10 — голографическая фотокамера; 11 — голографическая фотоплёнка; 12 — опорный пучок лазера.

ранны, отделяющие жидкость от газа, с помощью к-рого производится расширение и сжатие.

Др. особенность состоит в соотношении показателей преломления жидкости и пара. У криогенных П. к. они близки. Это обуславливает узкую направленность света, рассеянного пузырьком. Фотографирование производится во встречном световом потоке. Широкие пучки света, освещающие рабочий объём П. к., сходятся в фокусе, смещённом в сторону от фотогр. объективов. Для формирования встречных пучков используются линзы, растры, толстые сферич. зеркала, зеркала с чередующимися тёмными полосами (для гашения мнимых изображений), отражат. системы из мелких стеклянных шариков («скотчлайт»).

У тяжёлых жидкостей различие в показателях преломления велико и световой пучок рассеивается на большие углы. Источник света при этом может располагаться под углом 90° к оси фотографирования.

Регистрация треков. Для стереофотографирования следов частиц в больших П. к. применяют неск. фотокамер и разл. оптич. системы, напр. объективы типа «рыбий глаз» (рис. 4). Передняя сферич. линза объектива выполняет ф-ции окна, выдерживающего давление жидкости. Вокруг объектива размещают кольцевую импульсную лампу. «Скотчлайт» наклеивается на донную часть корпуса камеры и головку поршня. После вспышки импульсной лампы свет отражается «скотчлайтом» обратно к источнику. Свет, рассеянный пузырьком, падает нормально на сферич. линзу объектива без преломления на границе жидкость — стекло. Для получения изображения пузырька, образовавшегося в ниж. части фотографируемого объёма, он должен вырасти до диаметра $\sim 0,5$ мм. У водородных камер размер пузырьков изменяется во времени: $r = 0,1\sqrt{t}$ (t в мс, r в мм). Высокая скорость

роста пузырьков по сравнению со скоростью их всплытия исключает искажение треков.

Ошибки измерения пространственных координат пузырька для большинства П. к.: Δx и Δy равны 0,1 мм, $\Delta z = 0,3-1,5$ мм. П. к. с малой глубиной фотографирования и небольшим уменьшением изображения пузырькового следа позволяют фотографировать пузырьки диаметром < 100 мкм. Такие системы реализуются в быстроциклирующих П. к., используемых в гибридных установках, как мишень и детектор вершин распада короткоживущих частиц вблизи точки взаимодействия. Импульсы и др. характеристики частиц определяются магн. спектрометром (см. *Комбинированные системы детекторов*). В большой водородной П. к. FNAL ранняя стадия начала роста пузырьков осуществляется голографич. методом с помощью лазерного пучка через ≈ 1 мс после прохождения частиц. Это обеспечивает регистрацию пузырьков с $r \sim 100$ мкм. Далее, через 10 мс, когда пузырьки вырастают до диаметра $\sim 0,5$ мм, производится обычное фотографирование.

При обработке обычных фотографий с этой камеры, когда возникает потребность в области вблизи точки взаимодействия с целью поиска короткоживущих частиц, привлекается голография.

Пространственное разрешение П. к. определяется масштабом фотографирования, разрешающей способностью объективов и плёнки, относит. отверстием объективов (при фотографировании больших глубин с малого расстояния), мощностью источника света и его монохроматичностью, стереоскопич. углом, определяемым базой (расстоянием между оптич. осями фотографирования) и высотой. Требуется знание оптич. констант П. к., т. к. фотографирование производится через неск. разл. оптич. сред (стекло, жидкость, воздух). Голографич. метод регистрации позволяет получить изображение пузырьков в толстых слоях жидкости при их размерах 10 мкм. Пространственное разрешение П. к. приближается к разрешению в ядерных фотоэмульсиях.

Обработка результатов. Применение. Измерение координат точек на следах отобранных событий осуществляется с помощью микроскопов, полуавтоматич. или автоматич. измерит. устройств. По спец. программам на ЭВМ вычисляются геом. характеристики треков: углы вылета частиц, длины пробегов, импульсы, ошибки этих величин и т. д.

П. к. используются преимущественно в экспериментах на выведенных пучках заряженных и нейтральных частиц, получаемых на ускорителях. В исследованиях космич. излучения не применяются из-за отсутствия «памяти» [невозможность запуска рабочего цикла от проходящей частицы (см. *Координатные детекторы*)]. Нейтральные частицы регистрируются либо по продуктам взаимодействия с веществом в камере, либо по распадам на заряж. частицы.

Исследования, выполненные с помощью П. к., дали существ. вклад в изучение сильных и слабых взаимодействий. Были открыты антисигма-минус-гиперон (1960, Дубна), омега-минус-гиперон (1964, США), нейтральные токи (1973, ЦЕРН) и др. Обнаружены и изучены многочисл. частицы — *резонансы* и т. д.

С появлением ускорителей на всё более высокие энергии, с реализацией экспериментов на встречных пучках П. к. уступают место др. координатным детекторам. Однако небольшие быстрые П. к. (10-100 расширений в 1 с) используются в качестве мишеней и детекторов «вершин» событий, связанных с короткоживущими частицами. При этом информацию о характеристиках частиц получают с помощью магн. спектрометров электронными методами.

Лит.: Glaser D. A., Some effects of ionizing radiation on the formation of bubbles in liquids, «Phys. Rev.», 1952, v. 87, p. 665; его же, The bubble chamber, «Handbuch der Phys.», 1958, Bd 45, S. 314; Блинов Г. А., Крестников Ю. С., Ломанов М. Ф., Измерение ионизирующей способности частиц в пузырьковой камере, «ЖЭТФ», 1956, т. 31, с. 762; Пу-