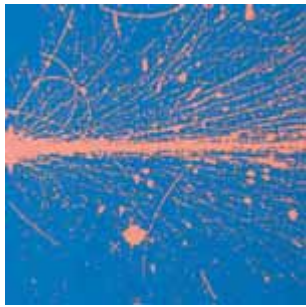


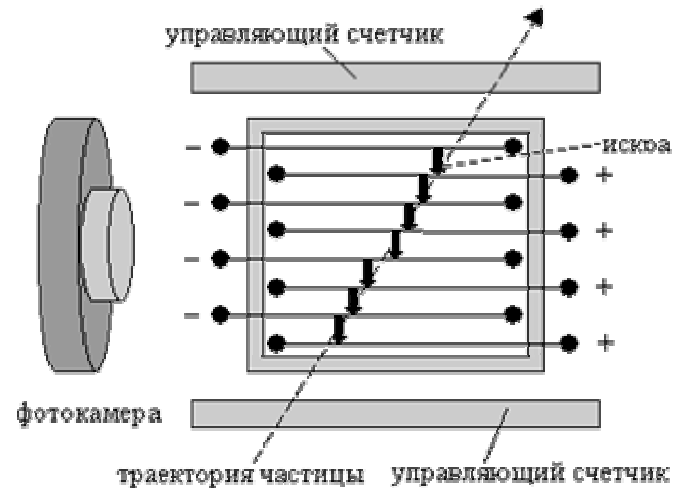
## 7. ИСКРОВАЯ КАМЕРА



Фотография столкновения ионов серы и золота в стримерной (разновидность искровой) камере. Треки рожденных при столкновении заряженных частиц в ней выглядят как цепочки отдельных неслияющихся разрядов — стримеров

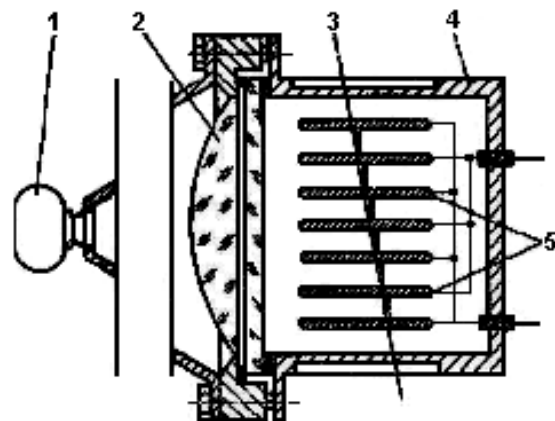
**Искровая камера**, прибор для наблюдения и регистрации траекторий (треков) заряженных частиц. Широко используется для исследования ядерных частиц, ядерных реакций, элементарных частиц и космических лучей.

Искровая камера – трековый детектор заряженных частиц, в котором трек (след) частицы образует цепочка искровых электрических разрядов вдоль траектории её движения.



**Рис. 21.** Схема искровой камеры. Управляющие счётчики включены в схему совпадений.

Если разность потенциалов между анодом и катодом в газонаполненном счётчике превысит некоторое критическое значение, то появление в его объёме свободных носителей зарядов вызовет искровой пробой (разряд). При этом амплитуда электрического сигнала с такого счётчика (называемого *искровым*) может достигать сотен вольт. После разряда счётчику требуется время  $10^{-3}$ - $10^{-4}$  с для восстановления (очистки рабочего газового объёма от положительных ионов), после чего он будет в состоянии зарегистрировать новую частицу.



**Рис.22.** Разрез искровой камеры. 1 -фотоаппарат; 2 - цилиндрическая линза; 3 - траектория частицы; 4 - корпус; 5 -электроды.

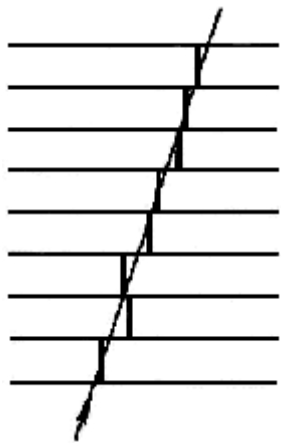
В простейшем варианте искровой счётчик представляет собой два плоскопараллельных металлических электрода, к которым приложена разность потенциалов несколько кВ. Площадь электродов – десятки квадратных сантиметров. Пространство между электродами обычно заполнено инертным газом. Зазор между электродами может варьироваться в пределах 0.1-10 мм. Разрядная искра строго локализована. Она возникает там, где появляются первичные электроны, и поэтому

указывает место попадания частицы в счётчик.

**Рис. 23.** Внешний вид двухсекционной искровой камеры.

Искровая камера является управляемым трековым детектором, который запускается внешними счётчиками. Искровая камера представляет собой систему последовательных искровых счётчиков. Она состоит из серии параллельных металлических пластин, пространство между которыми заполнено инертным газом (чаще He, Ne или их смесью). Расстояние между пластинами  $l \approx 1$  см. Площадь пластин от десятков  $см^2$  до нескольких  $м^2$ . Внешние управляющие счётчики (сцинтилляционные детекторы, черенковские счётчики и т. п.), выделяют исследуемое событие, фиксируют факт прохождения заряженной частицы через искровую камеру и инициируют подачу на её пластины (одновременно с прохождением пластины или с некоторым опозданием) короткого (10–100 нс) высоковольтного импульса чередующейся полярности так, что между двумя соседними пластинами появляется разность потенциалов  $\approx 10$  кВ. В рабочем объёме ионизационной камеры создаётся сильное электрическое поле (5 - 20 кВ/см). Электроны, возникшие вдоль траектории частицы в процессе ионизации атомов газа, ускоряются полем, ионизуют и возбуждают атомы газа (ударная ионизация). В результате на очень коротком пути образуются электронно-фотонные лавины, которые в зависимости от амплитуды и длительности импульса либо перерастают в видимый глазом искровой разряд, либо создают в газе локально светящиеся области небольшого объёма.





**Рис. 24.** Схема возникновения трека в узкоззорной искровой камере.

Разрядные искры строго локализованы. Они возникают там, где появляются свободные заряды, и поэтому воспроизводят траекторию движения частицы через камеру. В местах прохождения частицы между пластинами возникают искровые разряды, направленные вдоль поля (перпендикулярно пластинам - электродам). Совокупность этих последовательных разрядов формирует трек частицы. Трек может быть зафиксирован либо оптическими методами (например, сфотографирован), либо электронными. В этом последнем случае пластины заменяются металлическими нитями, образующими координатную сетку. Импульсы тока, возникающие в нитях при появлении искр, регистрируются электромагнитными методами, например, с помощью ферритовых колец, наизанных на каждую нить, и анализируются ЭВМ.

Пространственное разрешение обычной искровой камеры  $\approx 0.3$  мм. Частота срабатывания 10-100 Гц. Искровые камеры могут иметь длину несколько метров.



**Рис. 25.** Трек частицы в узкоззорной искровой камере.

В трековой ионизационной камере (расстояние между электродами 3 - 5 см) искровой разряд точно следует в направлении траектории частицы. Электронно-фотонные лавины, развивающиеся от первичных электронов, в этом случае сливаются в узкий светящийся канал, идущий вдоль трека.

В настоящее время более широкое распространение получила *стримерная камера* (изобретена в 1963 г. Г.Е. Чиковани и Б.А. Долгошеиным), которую можно считать разновидностью искровой камеры. Она также является управляемым импульсным газоразрядным детектором, в котором разряд обрывается на более ранней стадии, не успевая перейти в искру. Для этого на две параллельные плоские металлические пластины, отстоящие друг от друга на десятки сантиметров (обычные размеры стримерной камеры  $1 \times 0.5 \times 0.5$  м<sup>3</sup>), подаётся очень короткий ( $< 20$  нс) высоковольтный импульс, создающий напряжённость электрического поля до 50 кВ/см. Использование столь короткого импульса обеспечивает прекращение разряда на доискровой (стримерной) стадии. Стримеры – это узкие направленные вдоль поля светящиеся каналы ионизованного газа длиной до нескольких миллиметров, возникающие в предпробойной стадии искрового разряда. Стримеры вырастают

в сильном электрическом поле в местах ионизации, созданной заряженной частицей. Совокупность стримеров вдоль пути пролёта частицы формирует её трек. Треки обычно фотографируют. По качеству изображения эти треки несколько уступают тем, которые получают в пузырьковых камерах. Типичное

пространственное разрешение стримерной камеры 0.2-0.3 мм. Стримерные камеры часто используют совместно с магнитным полем. В них, в отличие от искровых камер, хорошо воспроизводятся треки в любых направлениях.



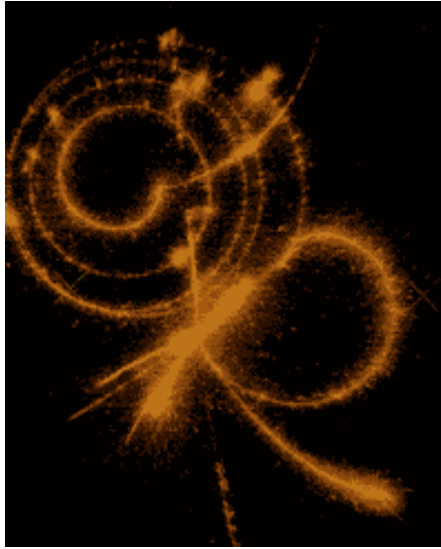
**Рис. 26.** Следы частиц в стримерной искровой камере

В стримерной ионизационной камере (расстояние между электродами  $\sim 5-20$  см) лавины от электронов на треке развиваются независимо друг от друга и сопровождаются локальным свечением газа. При

кратковременном импульсе ( $\sim 10$  нсек) напряжения между электродами ионизационной камере удаётся получить достаточно яркие для фотографирования светящиеся каналы — стримеры, длиной от 3 до 10 мм.

Искровая камера позволяет, помимо траектории, в ряде случаев определять ионизирующую способность частиц. Помещенная в магнитное поле искровая камера служит для определения импульсов частиц по кривизне их траекторий. Искровые камеры могут работать при очень интенсивных потоках заряженных частиц на ускорителях, так как время их памяти (время сохранения в объёме газа электронов ионизации) может быть уменьшено до 1 мксек. С другой стороны, искровые камеры способны работать с большой

частотой, так как их мёртвое время (время восстановления камеры после срабатывания) составляет всего несколько *мсек*.



Кроме фотографирования, в искровых камерах широко применяют другие методы съёма информации, позволяющие, в частности, передавать данные с искровой камеры непосредственно на электронные вычислительные машины и автоматически их обрабатывать. Например, в проволочных искровых камерах, имеющих электроды в виде ряда тонких нитей, расположенных на расстоянии  $\sim 1$  мм друг от друга, появление искры сопровождается разрядным током в близлежащей нити; эта информация позволяет определить координаты искры и может быть передана непосредственно на компьютер

**Рис. 27.** Распад пиона в искровой камере.

В акустических искровых камерах с помощью установленных вне зазора пьезокристаллов улавливают ударную волну в газе, возникающую в момент искрового пробоя. Интервал времени между появлением искры и сигналом в пьезокристалле позволяет определить расстояние искры от кристалла, т. е. координаты искры. Здесь также часто осуществляют непосредственную связь пьезодатчиков с ЭВМ.