

ПЕРВЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ТРЕКОВ ЧАСТИЦ В КОНДЕНСИРОВАННОМ ВЕЩЕСТВЕ, ПОЛУЧЕННЫЕ ЭМИССИОННЫМ МЕТОДОМ

*А.И.Болоздыня, О.К.Егоров¹⁾, А.А.Коршунов¹⁾,
В.П.Мирошниченко, Б.У.Родионов, Л.И.Соколов¹⁾,
В.В.Сосновцев*

Описан рабочий режим и приведены фотоснимки треков частиц в кристаллическом криптоне, полученные эмиссионным методом.

Примененный в данной работе метод регистрации ионизирующих частиц в конденсированном веществе состоит в следующем: частицы пересекают конденсированное вещество, граничащее с газом. Электроны со следов частиц дрейфуют в однородном электрическом поле к плоской границе конденсированной фазы и выходят в газ, где продолжают свой дрейф к аноду. После эмиссии электронов в газе создают импульсное электрическое поле, вызывающее разряд. Локализованный вблизи электронов эмиттировавших из конденсированной фазы, этот газовый разряд позволяет визуализировать треки частиц в конденсированном веществе.

Обзор работ и подробный анализ возможностей трекового детектора – эмиссионной камеры, основанной на использовании описанного выше эмиссионного метода регистрации частиц (для случая заполнения камеры аргоном) содержится в работе [1]. В данной работе реализован криптоновый вариант двухэлектродной эмиссионной камеры. Камера представляет собой герметизированный плоский конденсатор, охлаждаемый до температуры кипения жидкого азота ($\approx 78\text{K}$). Расстояние между электродами камеры 1,6 см, диаметр сетчатой части верхнего электрода, через который ведется фотографирование – 12 см. Пространство над 5-мм слоем кристаллического криптона, осажденного на нижнем электроде, заполня-

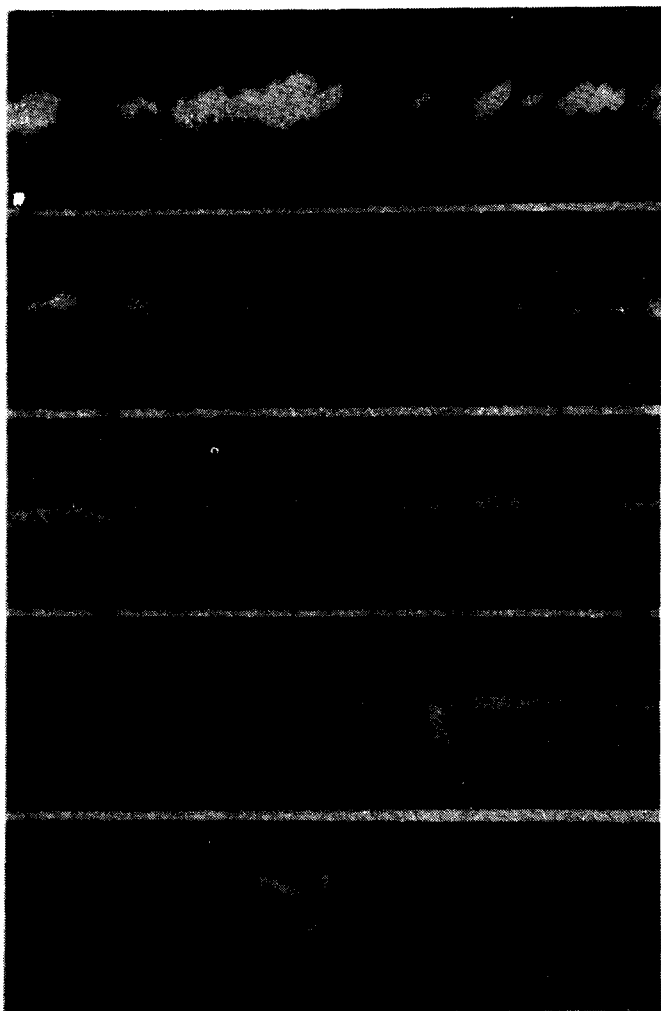
¹⁾ Сотрудники института теоретической и экспериментальной физики (ИТЭФ).

лось газообразным неонem, так что давление в камере было близко к нормальному (парциальное давление паров криптона около $2 \cdot 10^{-3}$ атм).

Эмиссионная камера экспонируется на пучке протонного синхротрона ИТЭФ. Энергия протонов и пионов около 3 Гэв , средняя интенсивность частиц в объеме камеры — около 10^3 сек^{-1} . Расположенные вне камеры сцинтилляционные счетчики (один — по пучку перед камерой, другой — за ней) фиксируют одиночные частицы, проходящие параллельно электродам камеры с разбросом траекторий по высоте около 5 мм , по ширине — 80 мм . Варьируя положение счетчиков по высоте, можно регистрировать частицы, проходящие через конденсированный криптон или газообразный неон. Для регистрации треков частиц в конденсированном криптоне (эмиссионных треков) между электродами камеры создавали однородное постоянное электрическое поле с напряженностью около 2 кв/см , в котором электроны со следов частиц в кристалле дрейфовали к его поверхности и эмиттировали в газ — неон¹⁾. Визуализация треков осуществлялась обычным для стримерных камер способом: через $0,5 \text{ мксек}$ после прохождения ионизирующей частицы через счетчики на электроды камеры подавался высоковольтный импульс. Форма импульса — колоколообразная, длительность по основанию 60 нсек , амплитуда варьировалась. Оптимальная задержка высоковольтного импульса относительно момента прохождения ионизирующей частицы, а также время памяти камеры ($1,6 \pm 0,2 \text{ мксек}$) определялись экспериментально — по эффективности регистрации треков при различных задержках. Условия фотографирования приведены в подписях под фотографиями треков.

Типичный эмиссионный трек показан на фотоснимке (в). Для сравнения на фотоснимках (а) и (б) приведены фотографии треков частиц, проходящих через газ: в случае (а) камера заполнялась исключительно неонem и работала при комнатной температуре, в случае (б) камера работала в эмиссионном режиме (при температуре кипения жидкого азота, со слоем конденсированного криптона на дне), но счетчиками выделялись частицы, проходящие через газообразный неон. Фотографии сделаны под углом около 20° к направлению движения стримеров (см. фото (а)). Видно, что треки на фото (б) и (в) гораздо уже "обычных" стримерных треков (а). Эмиссионный трек выглядит практически непрерывным (в). Непрерывность эмиссионных треков связана с большой плотностью электронов на следах релятивистских частиц в криптоне (около $2 \cdot 10^5$ электронов на 1 см пути частицы с минимальной ионизирующей способностью). Фотоснимки (г) и (д) показывают, что эмиссионная камера успешно регистрирует также треки сильноионизирующих частиц: на фото (г) виден сравнительно короткий след релятивистского протона, под малым углом пересекающего слой криптона и родившего в нем дельта-электрон. На фото (д) видны треки вторичных сильноионизирующих частиц, одновременно образовавшихся в результате ядерного взаимодействия (по-видимому, в дне камеры). При регистрации короткопробежных сильноионизирующих частиц не возникает локальных пробоев.

¹⁾ Скорости дрейфа электронов в кристаллическом криптоне и газообразном неонem, а также эмиссия электронов из криптона контролировались с помощью электролюминисцентной методики [1]. Скорости дрейфа в кристалле и газе близки — около 10^6 см/сек .



Фотографии треков частиц в эмиссионной камере (горизонтальный размер снимков 10 см): *a* – трек частицы в газообразном неоне при комнатной температуре и давлении 1,8 атм. Дрейфовое поле отсутствует, амплитуда высоковольтного импульса ≈ 10 кв/см; *b* – трек частицы, прошедшей через газ над кристаллическим криптоном (условия фотографирования см. ниже); *v* – типичный эмиссионный трек. Заметно многократное рассеяние частицы в кристаллическом криптоме; *z* – эмиссионный трек с δ -электроном. Несмотря на интенсивное развитие разряда по следу δ -электрона, хорошо просматривается след породившей его релятивистской частицы; δ – "звезда" – несколько одновременно образовавшихся треков сильноионизирующих частиц в кристалле криптона. В случаях *b*, *v*, *z* и δ слой криптона равен 5 мм, температура – 78К, давление неона – нормальное, постоянное поле $\approx 1,5$ кв/см. Длительность высоковольтного импульса во всех случаях около 60 нсек. Качество треков в широком интервале значений (2 – 5 кв/см) слабо зависит от напряженности импульсного поля. Фотокамера "Зенит" с объективом "Юпитер-9", аэрофотопленка "Тип-29"

Фото (б) и (в) показывают, что эмиссионная камера является уникальным по чувствительности детектором частиц. В самом деле, мы видим на этих снимках четкие треки частиц, отличающихся по числу электронов, инициировавших разряд, примерно в тысячу раз (снимки получены при одинаковых режимах визуализации). Поскольку, в принципе, возможна визуализация одиночных электронов на следе, эмиссионная камера может зарегистрировать частицу с ничтожной ионизирующей способностью, превосходя в этом смысле любой существующий детектор не менее, чем в сто раз. Эмиссионная камера может использоваться для поиска частиц с электрическим зарядом существенно меньшим элементарного или частиц, вовсе лишенных электрического заряда, но обладающих магнитным зарядом (магнитный монополь), магнитным или электрическим дипольным моментом.

Таким образом, впервые получены треки частиц в конденсированном веществе чисто электронным, управляемым методом.

Высокая плотность электронов позволяет точно выделить ось трека. Даже в сравнительно интенсивном пучке (10^6 частиц/сек) регистрируются преимущественно одиночные треки. Это связано с малым временем памяти и высоким быстродействием эмиссионной камеры.

Московский
инженерно-физический институт

Поступила в редакцию
21 февраля 1977 г.

Литература

- [1] Б.У.Родионов. "О проекте эмиссионной камеры". Сб. "Экспериментальные методы ядерной физики", вып. 1, стр. 36, М., Атомиздат, 1975.
-