

НОВЫЙ МЕТОД РЕГИСТРАЦИИ СЛЕДОВ ИОНИЗУЮЩИХ ЧАСТИЦ В КОНДЕНСИРОВАННОМ ВЕЩЕСТВЕ ¹⁾

Б.А.Долгошеин, В.Н.Лебедеенко, Б.У.Родионов

Для быстрой и управляемой регистрации следов заряженных частиц в конденсированных средах можно использовать электроны, создаваемые частицей на своем пути в веществе (так называемый "электронный метод" регистрации следов). Очевидно, что в качестве рабочей среды электронного трекового детектора нужно выбрать диэлектрик, в котором могут существовать свободные электроны. Известно, что в сжиженных (и твердых) благородных газах на следах ионизирующих частиц образуются свободные электроны ²⁾, которые движутся во внешнем электрическом поле из области трека и, следовательно, могут быть избавлены от рекомбинации с ионами на следе. В нашей предыдущей работе [4] показано, что возникшие на следах α -частиц в жидком ксеноне свободные электроны могут ускоряться как в постоянном, так и в импульсном электрическом поле до энергий ~ 10 эв, т. е. показана возможность управляемой регистрации следов частиц в сжиженных благородных газах электронным методом (см., также [3]). Однако, детектирование треков ионизирующих частиц с помощью локализованного на следе электрического разряда (подобно тому, как это делается в искровых и стримерных камерах) в сжиженных газах затруднительно, поскольку для осуществления разряда необходимо применение электрических полей большой напряженности (около 10^6 в/см, [3]).

Нами исследован принципиально новый способ детектирования треков ионизирующих частиц в конденсированном веществе (жидком аргоне), который состоит в следующем. 1) Благодаря дрейфу электронов в электрическом поле, "электронное изображение" трека (т. е. совокупность свободных электронов, расположенная в пространстве вдоль следа ионизирующей частицы) переносится к

¹⁾ Работа докладывалась на совещании по бесфильмовым-искровым и стримерным камерам, г. Дубна, апрель 1969.

²⁾ См., например, [1]. Обзор работ по электронной проводимости ионизированных сжиженных благородных газов можно найти в работах [2, 3].

границе раздела фаз жидкость – газ. 2) В электрическом поле в результате электростатической эмиссии электроны выходят из жидкости в газ. 3) Электронное изображение следа регистрируется в газе любым известным способом (например, мы регистрировали эмиссионные электроны с помощью искрового разряда в газе).

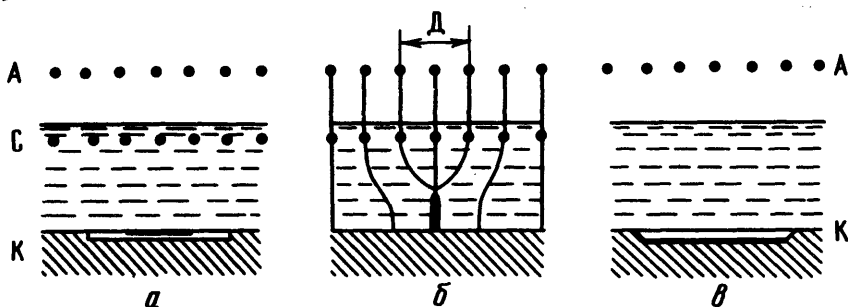


Рис. 1. Схемы опытов: а) – трехэлектродная камера с α -источником: А – анод, С – сетка, К – катод. Расстояние АС – 1 см, СК – 2 см, слой жидкости над сеткой около 0,1 см; б) – то-же, но на катоде укреплен инжектор. Показаны силовые линии электрического поля, определяющие диаметр области эмиссии электронов с поверхности жидкости; в) – двухэлектродная система с α -источником на катоде. АК – 1 см, слой жидкости 0,4 см

На рис. 1 показано устройство камер с двумя или тремя плоскими электродами. Анод и сетка выполнены в виде плоской системы параллельных проволок диаметром 0,05 мм, расстояние между проволоками 0,6 мм. В трехэлектродной камере можно было независимо варьировать напряженности электрических полей в жидкости и газе. В опытах по схемам а и в рис. 1 фотоэлектронный умножитель, расположенный над анодом, регистрировал сначала сцинтилляционную вспышку от α -частицы в жидком аргоне а затем, после выхода электронов со следа α -частицы в газовую фазу, – свечение газа, которое возникает при дрейфе электронов через газ в электрическом поле [5]. Время между появлением сцинтилляционной вспышки в жидкости и возникновением электролюминесценции газа определяется скоростью дрейфа электронов в жидкости.

"Глубинная" координата электронного облака, выходящего из жидкости (схема а рис. 1) определялась по времени дрейфа с точностью не хуже 10^{-2} см (путь в 2 см электроны проходят в электрическом поле ~ 10 кВ/см за время ~ 10 нсек). Отсюда следует, что коэффициент диффузии электронов в жидком аргоне в полях ≤ 10 кВ/см порядка 1 см²/сек, т. е. при глубине слоя жидкости около 1 м должна достигаться точность определения координат трека в жидкости по месту и времени появления эмиссионных электронов в газе не ниже точности, достигнутой в пузырьковых камерах.

Для точного определения двух важных параметров – вероятности эмиссии электрона из жидкости в газ и вероятности прохождения через погруженный в жидкость сетчатый электрод осуществлялась инъекция большого числа электронов в жидкость с острий тонких (диаметр 0,1 мм) вольфрамовых игл (схема б рис. 1). Отношение инъекционных токов в промежутках сетка-анод и сетка-катод при полностью заполненных жидкостью промежутках дает прозрачность сетки для электронов, а отношение тех же токов при частично заполнен-

ном промежутке сетка-анод позволяет найти вероятность эмиссии электрона из жидкости в газ. Из результатов измерений, представленных на рис. 2, видно, что вероятность эмиссии электронов может быть близка к единице, а коэффициент прозрачности сетки близок к 30% (в газе прозрачность сетки для электронов при давлении 10 атм достигает 80%).

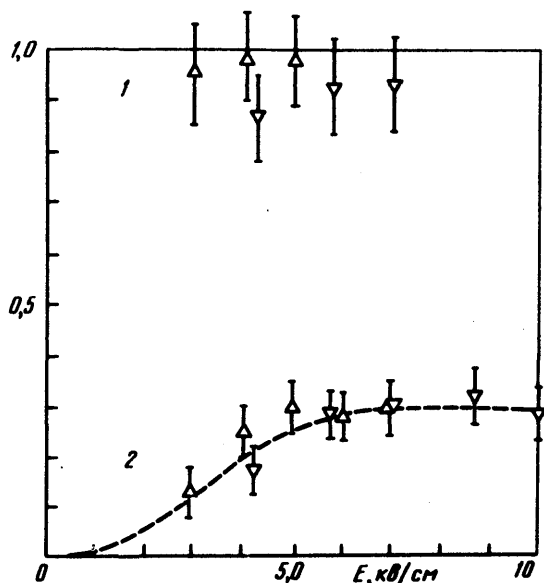


Рис. 2. Вероятности эмиссии электронов из жидкого аргона (кривая 1) и прохождения электронов через сетку в жидкости (кривая 2). Δ — поле в промежутке $0,5$ 9 кВ/см, ∇ — 11 кВ/см

На рис. 3 приведено изображение активной области погруженного в жидкий аргон α -источника. Эмиссия электронов из жидкости осуществлялась в постоянном электрическом поле напряженностью около 3 кВ/см, а разряды в газе (50% аргона, 50% неона) инициировались высоковольтным импульсным генератором (длительность импульса около 100 нсек, амплитуда около 40 кВ).

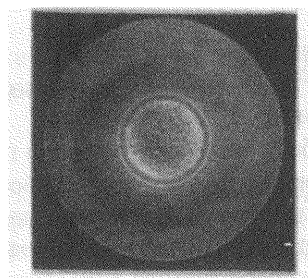


Рис. 3. Изображение активной поверхности α -источника, погруженного в жидкий аргон. Диаметр активной области — 35 мм, слой жидкости — $0,4$ см. Светлое кольцо вокруг активной области возникло из-за отражения света искр от закругленной части полированного электрода (рис. 1, в)

Таким образом, показано, что исследованный нами метод регистрации, основанный на эмиссии электронов из жидкости в газ, может быть использован для создания управляемого быстрого жидкостного трекового детектора ионизирующих частиц — эмиссионной камеры большого объема. Наиболее перспективным методом регистрации эмиссионных электронов в газе, на наш взгляд, является метод многонитяной пропорциональной камеры [6], обеспечивающий быстрый, автоматический, бесфильмовый вывод информации о треке.

Очевидно, что аналогичным способом можно регистрировать в конденсированных средах электронное изображение от любого вида ионизирующих излучений (например, рентгеновских лучей) и осуществить преобразование электронного изображения в оптическое (см. рис. 3).

Авторы благодарны сотрудникам Проблемной лаборатории физики частиц высоких энергий МИФИ Г.Бондаренко, А.Круглову, И.Максимову, В.Мирошниченко и С.Сомову за помощь в работе.

Московский
инженерно-физический институт

Поступила в редакцию
14 апреля 1970г.

Литература

- [1] G.W.Hutchinson. Nature, 162, 610, 1948.
 - [2] L.W.Alvarez. LRL, University of California, Physics notes, memo NO672, 1968.
 - [3] Б.У.Родионов. Канд. диссертация МИФИ, Москва, 1970.
 - [4] Б.А.Долгошеин, В.Н.Лебедеенко, Б.У.Родионов. Письма в ЖЭТФ, 6, 755, 1967.
 - [5] Ю.А.Бутиков, Б.А.Долгошеин, В.Н.Лебедеенко, А.М.Рогожин, Б.У.Родионов. ЖЭТФ, 57, 42, 1969.
 - [6] G.Charpak, R.Bouclier, T.Bressani, J.Favier, Č.Zupančič. Nuclear Instr. and Meth., 65, 217, 1968.
-