

ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКАЯ ЭМИССИЯ СВОБОДНЫХ ЭЛЕКТРОНОВ ИЗ ТВЕРДОГО КСЕНОНА

А. В. Абрамов, Б. А. Долгошеин, А. А. Круглов, Б. У. Родионов

Приведены результаты опытов по исследованию электростатической эмиссии свободных электронов из кристаллического ксенона в газовую фазу. Показано, что при напряженности электрического поля около 5 кВ/см вероятность эмиссии достигает единицы, что позволяет использовать обнаруженный эффект в детекторах частиц.

В данной работе приведены результаты опытов по исследованию электростатической эмиссии свободных электронов из кристаллического ксенона. Конструкция двухэлектродной камеры для измерений показана

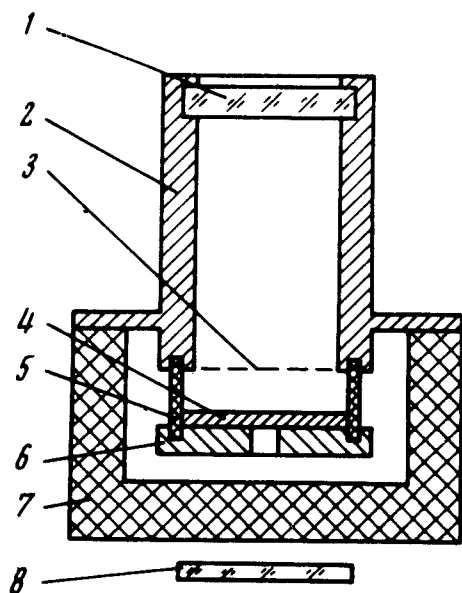


Рис. 1. Схема камеры: 1 - стеклянное окошко с тонким слоем светопреобразователя (кватерфенил); 2 - латунный корпус; 3 - проволочный электрод; 4 - кристалл ксенона; 5 - тefлоновая труба $\varnothing 10 \text{ см}$; 6 - латунный электрод с альфа-источником на внутренней поверхности и окошком для ввода рентгеновских лучей; 7 - пенопластовый сосуд для жидкого азота; 8 - вспомогательный сцинтилляционный счетчик (ФЭУ не показаны)

на рис 1. Нижний электрод охлаждался жидким азотом, на нем ожижались и затем из жидкой фазы кристаллизовался ксенон. Толщина кристалла в наших опытах составляла $1 \div 3 \text{ мм}$, (диаметр - около 6 см), межэлектродный промежуток на порядок превосходил толщину кристалла ($1 \div 3 \text{ см}$). Для ионизации кристалла на нижнем электроде размещались альфа-источник и окошко, затянутое тонкой фольгой, через которое ксенон мог облучаться рентгеновскими лучами. Верхний электрод изготовлен из тонких параллельных проволочек, через него просматривался внутренний объем камеры. Выход электронов из конденсированной фазы в газ регистрировался по электролюминесценции неона [1], которым наполнялась камера до давления около 6 атм . Ксенон и неон предварительно очищались методом циркуляции через нагретую до 700°С кальциевую стружку.

Свет регистрировался через стеклянное окошко фотоэлектронным умножителем (ФЭУ). †

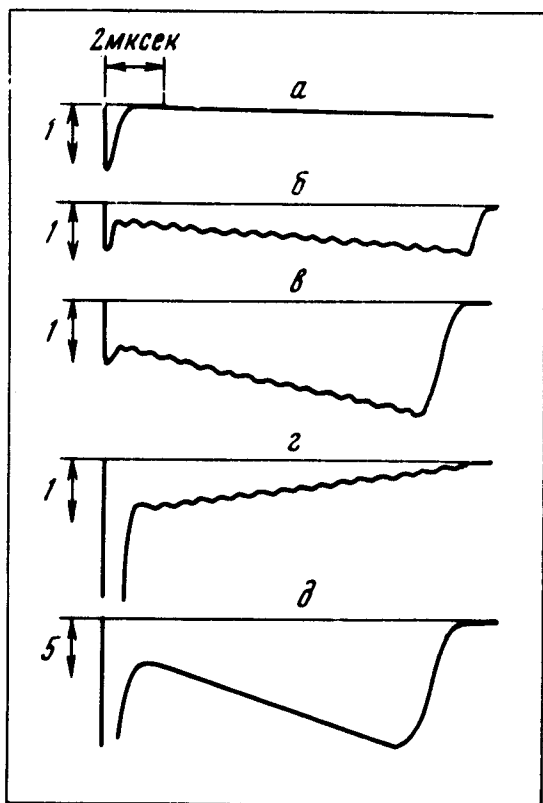


Рис. 2. Осциллограммы сигналов: *a* – сцинтилляционная вспышка от альфа-частицы в твердом ксеноне ($T \approx 100\text{K}$); *б, в* – сцинтилляции в ксеноне и электролюминесценция газообразного неона, инициированная эмиссионными электронами со следов альфа-частиц в поле 3,3 и 4,7 кв/см; *г, д* – сцинтилляции в ксеноне и электролюминесценция неона в электрическом поле около 3 кв/см, инициированная космическими частицами; *г* – электроны дрейфуют вниз; *д* – электроны дрейфуют вверх (из кристалла – в газ)

На рис 2 (*а, б и в*), показаны типичные осциллограммы сигналов с ФЭУ при облучении ксенона одиночными альфа-частицами (амплитуда сигналов прямопропорциональна интенсивности свечения). В отсутствие электрического поля на осциллограмме рис 2*а* видна лишь сцинтилляционная вспышка. Если же электрод с кристаллом находится под отрицательным потенциалом относительно верхнего, заземленного электрода, свободные электроны дрейфуют через кристалл к его поверхности, граничащей с газом, и вслед за сцинтилляционной вспышкой возникает электролюминесценция неона, интенсивность которой растет, а длительность уменьшается при увеличении напряженности поля (рис 2 *б и в*). Длительность электролюминесценции определяется временем дрейфа электронов через слой газообразного неона. Поскольку пробег альфа-частицы в кристалле ксенона около 40 мкм, т.е. много меньше толщины кристалла, электролюминесценция газа (отсутствующая при обратной полярности поля) однозначно свидетельствует об эмиссии свободных электронов из твердого ксенона.

Для определения эффективности эмиссии мы проделали опыты с релятивистскими частицами. Факт прохождения такой частицы через камеру устанавливался по совпадению сцинтилляционной вспышки ксенона с сигналом от вспомогательного сцинтилляционного счетчика (рис 1'). Относящиеся к этому случаю осциллограммы рис 2 (*г и д*) отличаются знаком приложенного поля. Если электрическое поле вызывает движе-

ние электронов вниз (рис 2, *г*), то помимо сцинтилляционной вспышки возникает сравнительно слабая электролюминесценция неона, спадающая со временем из-за ухода созданных частицей в газ электронов в кристалл (электролюминесценция кристалла в наших полях отсутствует).

Если же поле направлено так, что созданные частицей в кристалле свободные электроны выходят в газ, возникает интенсивная электролюминесценция неона, вызванная большим числом вышедших из кристалла электронов (рис 2, *д*). Поскольку рекомбинация электронов на следах релятивистских частиц в сильном электрическом поле незначительна [2], а интенсивность электролюминесценции пропорциональна числу дрейфующих электронов [1], по двум опытам с полями разной полярности легко определить вероятность эмиссии электронов из кристалла. На рис 3 видно, что в полях в несколько *кв/см* вероятность эмиссии близка к единице.

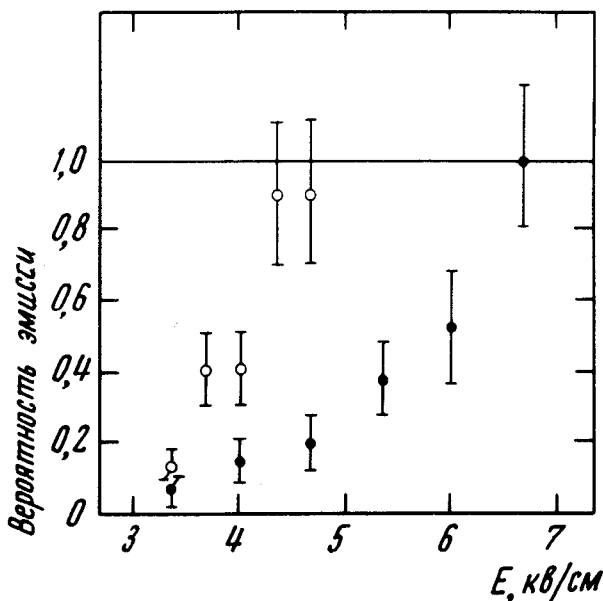


Рис. 3. Вероятность эмиссии электронов из твердого ксенона при различных значениях напряженности электрического поля E ; Приведены результаты измерений для двух кристаллов толщиной 1 мм, отличающихся по качеству из-за разных режимов кристаллизации

При облучении ксенона импульсным пучком рентгеновских лучей осциллограммы аналогичны приведенным на рис. 2.

Полученные результаты показывают, что метод детектирования следов ионизирующих частиц в конденсированном веществе, основанный на эмиссии свободных электронов в газовую фазу и описанный нами для случая жидкого аргона в работах [2], может быть расширен также на двухфазные системы твердое тело — газ. При этом, как и в случае с жидким аргоном, можно однозначно определить координаты частиц и их ионизирующую способность.

Литература

- [1] Ю. А. Бутиков, Б. А. Долгошеин, В. Н. Лебедеенко, А. М. Рогожин, Б. У. Родионов, ЖЭТФ, 37, 42, 1969.
- [2] Б. А. Долгошеин, В. Н. Лебедеенко, Б. У. Родионов. Письма в ЖЭТФ, 11, 513, 1970; Б. А. Долгошеин, А. А. Круглов, В. Н. Лебедеенко, В. П. Мирошниченко, Б. У. Родионов. Препринт ОИЯИ № Р1-6145, Дубна, 1972; ФЭЧАЯ, 4, 167, 1973.
-