

А. И. ПЕТРУХИН, М. И. ПОДГОРЕЦКИЙ, Н. Д. ФЕДОРОВ, Л. Н. ШТАРКОВ
и М. Н. ЩЕРБАКОВА

О ФОРМЕ ИМПУЛЬСА В ИОНИЗАЦИОННОЙ КАМЕРЕ

(Представлено академиком Д. В. Скобелъцыным 3 IX 1949)

В ряде работ, опубликованных в 1947—1948 гг. (1—3), было указано, что анализ формы импульса толчков в ионизационных камерах позволяет получить дополнительные данные о природе ионизирующего агента. Форма импульса зависит от начального распределения зарядов внутри камеры, характера движения положительных и отрицательных ионов и соотношения их подвижностей. Поэтому анализ формы импульса существенно упрощается, если выделить часть импульса, связанную с движением ионов только одного знака. Это становится возможным при наполнении камеры тщательно очищенным благородным газом, в котором отрицательными ионами являются электроны.

Так как время собирания электронов на 2—3 порядка меньше времени собирания положительных ионов, то применение усилителя, пропускающего только достаточно высокие частоты, позволяет получить на его выходе импульс, связанный только с движением электронов. Именно этот путь был избран Бриджем и другими авторами.

Нами был избран совершенно иной путь, основанный на регистрации формы импульса, обусловленного положительными ионами. Для этого мы применяли радиотехнический усилитель, пропускающий и низкие и высокие частоты; в результате импульс на выходном осциллографе состоял из вертикального подъема, связанного с собиранием электронов, и следующего за ним более медленного подъема, связанного с движением положительных ионов. Исследовалась форма пологой части импульса.

Трудности такой методики, связанные с микрофонным эффектом, компенсируются, по нашему мнению, рядом существенных преимуществ.

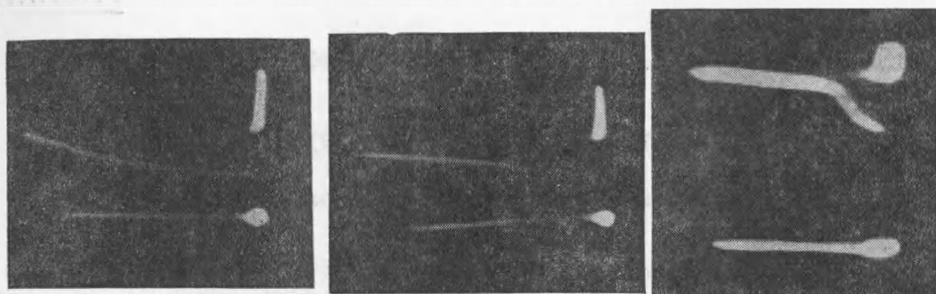
1. Связь подвижности электронов с напряженностью поля, играющая большую роль в методе иностранных авторов, очень сложна и сильно зависит от трудно контролируемых условий опыта; для положительных ионов, используемых в нашем методе, подвижность, напротив, мало зависит от поля, что облегчает расчет формы импульсов.

2. Амплитуды электронной части импульса Q_- и его ионной части Q_+ определяются не только величиной ионизации, но также и начальным распределением зарядов внутри камеры. В нашей установке имеется возможность определять полную амплитуду импульса ($Q = Q_- + Q_+$) и это затруднение отпадает.

3. Измерение отношения Q_+ / Q_- дает дополнительные сведения о начальном распределении ионов. Следует также отметить, что это отношение не зависит от величин подвижностей электронов и положительных ионов.

Проведенные нами расчеты формы импульса основаны на применении так называемой теоремы Шоклея—Рамо ((4), см. также (5)) и для цилиндрической камеры, внешний электрод которой находится под положительным потенциалом, приводят к следующим результатам:

1) Если ионизация сосредоточена в малой области вблизи внешнего цилиндра (локальная ионизация, рис. 1, а), то импульс получается вогнутым. Если ионизация равномерно распределена по объему камеры (импульс вызывается прохождением ливня релятивистских частиц — „объемная ионизация“, рис. 1, б), то импульс получается



а

б

в

Рис. 1.

выпуклым. Если ионизация вызвана одиночной сильно ионизирующей частицей, пролетающей мимо центрального электрода (рис. 1, в), то кривая, представляющая импульс, обладает точкой перегиба.

2) Для объемной ионизации выполнено соотношение:

$$\frac{Q_+}{Q_-} = 2 \ln \frac{R}{r} - 1,$$

где R — радиус внешнего цилиндра, а r — радиус нити (предполагается, что $r/R \ll 1$).

3) Если величину потенциала в момент t , связанного с движением положительных ионов, обозначить $g(t)$, то

$$\frac{g(t)}{Q_+} = \frac{t}{T} - \frac{1 - (t/T)}{2 \ln \frac{R}{r} - 1} \ln \left(1 - \frac{t}{T} \right), \quad (1)$$

где T — время собирания положительных ионов.

В работе была использована цилиндрическая ионизационная камера длиной 30 см, диаметром 6 см, наполненная спектрально чистым аргоном при давлении 600 мм рт. ст.; диаметр внутреннего электрода был равен 4 мм. После усиления импульсы подавались на отклоняющие пластины осциллографа, снабженного ждущей разверткой, и фотографировались. Развертка осциллографа запускалась в том случае, если амплитуда электронного импульса Q_- превышала установленный порог. В наших опытах он соответствовал прохождению через камеру ливня с плотностью около 30 000 релятивистских частиц на 1 м^2 . Так как длительность развертки была меньше времени собирания положительных ионов, то часть ионного импульса регистрировалась на фотографии в виде вертикальной черты. Схема импульса изображена на рис. 2. Примеры полученных фотографий приведены на рис. 1, а, б, в.

Внешний электрод камеры находился под положительным потенциалом 1000 в. Так как число импульсов, превышающих заданный порог, не увеличивалось при повышении напряжения на камере до 2000 в, то отсюда следует, что рекомбинация и образование тяжелых отрицательных ионов в наших опытах не играли существенной роли.

Результаты разнообразных качественных испытаний формы импульсов оказались в полном согласии с теорией. Из теории, например, следует, что для вогнутых импульсов должно быть выполнено неравенство $Q_- < Q_+$.

Для всех фактически наблюдаемых вогнутых импульсов (более 20) указанное соотношение действительно имело место. Из теории, далее, следует, что если подавать на внешний электрод камеры отрицательное напряжение, все импульсы должны быть выпуклыми. Для проверки мы сфотографировали в этих условиях более сотни импульсов; все они, в соответствии с расчетами, оказались выпуклыми.

Количественный анализ производился только для объемных импульсов, которых было наблюдаено 12. Для отбора объемных импульсов было использовано то обстоятельство, что все они должны иметь одинаковую форму, независимо от величины амплитуды. Величина Q_+/Q_- , усредненная по всем объемным импульсам, оказалась равной $4,6 \pm 0,6$, при теоретическом значении 4,4. Форма объемных импульсов отличалась от рассчитанных по формуле (1) на 15—20%. Указанное отличие связано, повидимому, с некоторой зависимостью подвижности ионов от напряженности поля и с неточной центровкой внутреннего электрода камеры.

Авторы выражают благодарность Н. А. Добротину, руководившему проведением работы, также гг. Г. М. Авакьянцу, Г. Е. Беловицкому, А. В. Гладкову, В. К. Левину, В. С. Николаеву и А. Е. Чудakovу за помощь в проведении и обсуждении работы.

Поступило
19 VII 1949

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ R. Sherr and R. Peterson, Rev. Sci. Inst., 18, 567 (1947).
- ² H. S. Bridge, W. E. Hazen, B. Rossi and R. W. Williams, Phys. Rev., 74, 1083 (1948).
- ³ Д. Р. Корсон и Р. Р. Вильсон, Усп. физ. наук, 36, 478 (1948).
- ⁴ В. И. Сифоров, Ультракоротковолновые радиоприемники импульсных сигналов, 1947.
- ⁵ Г. М. Авакьянц, ЖТФ, 19, 596 (1949).

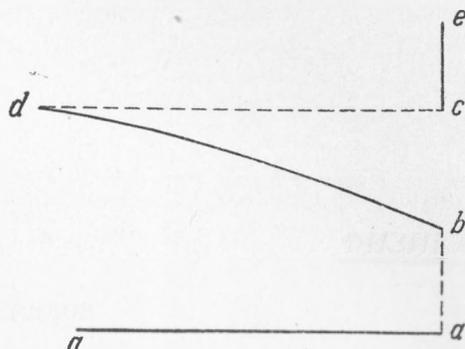


Рис. 2. aa — нулевая линия, ab — амплитуда электронного импульса, bd — часть ионного импульса от его начала до конца хода развертки осциллографа; ce — часть ионного импульса от конца хода развертки до окончания времени собирания ионов в камере, be — полная амплитуда ионного импульса, dc — обратный ход развертки. По участкам ab и dc луч проходит с большой скоростью, и их изображения не фиксируются.