

Л.М. Логвинов

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДВУХСЕКЦИОННЫХ ЗАРЯДНЫХ УСТРОЙСТВ

В технике физического эксперимента и измерительных приборах, использующих зарядно-индукционный принцип определения параметров аэрозоля, все более широкое распространение получают двух- и трехсекционные зарядные устройства [1] - [3]. Зарядка частиц в таких устройствах происходит в переменном электрическом поле с изменяющимся во времени униполярным пространственным зарядом.

Для правильного выбора параметров электрического поля, размеров зарядной секции и времени пребывания частиц в зоне зарядки необходимо провести теоретические и экспериментальные исследования.

Цель настоящей статьи - экспериментальное исследование кинетики ударной зарядки проводящих частиц в подобных устройствах.

Двухсекционное зарядное устройство состоит из секции коронного разряда /СКР/ и зарядной секции /ЗС/, разделенных сетчатой перегородкой /рис. 1/. При подаче на электроды постоянных высо-

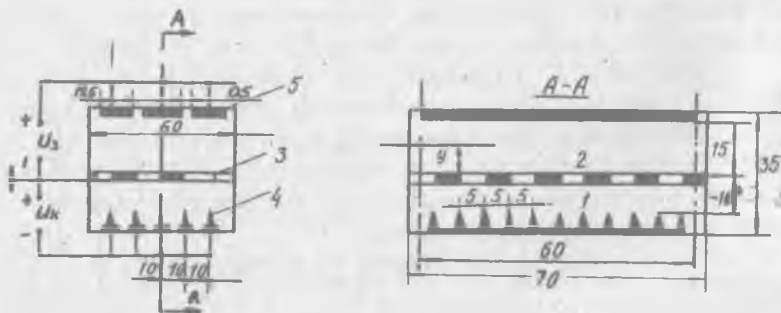


Рис. 1. Схема зарядного устройства

ких напряжений в СКР возникает коронный разряд, часть ионов через общий сетчатый электрод поступает в ЗС и обеспечивает электризацию находящихся в ней частиц.

Экспериментальное изучение зарядки проводящих частиц в переменном электрическом поле проводилось методом падающего шарика. Изготовленное для проведения экспериментов зарядное устройство /Зу/ состоит из СКР /1/ и ЗС /2/, представляющих собой камеры прямоугольного сечения, разделенные латунной сеткой 3 с размером ячеек $0,5 \times 0,5$ мм /см. рис. 1/. Внешняя широкая сторона ЗС выполнена из фольгированного стеклотекстолита. Внутренняя рабочая поверхность ее разделена на три проводящие полосы 5, находящиеся на расстоянии 0,5 мм друг от друга.

Блок-схема экспериментальной установки показана на рис. 2.

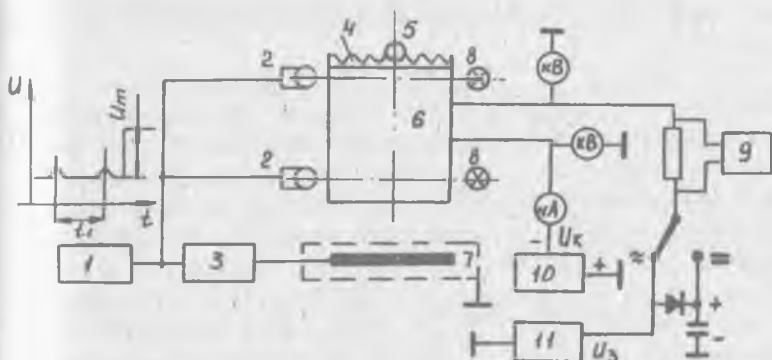


Рис. 2. Блок-схема экспериментальной установки:
 1 - осциллограф запоминающий С1-37; 2 - фотодиоды ФД-1; 3 - электрометрический усилитель; 4 - координатное устройство; 5 - шарик калиброванный; 6 - зарядное устройство; 7 - контактная пластина; 8 - осветители; 9 - измеритель тока ЗС; 10 - высоковольтный источник постоянного напряжения для питания СКР; 11 - высоковольтный источник для питания ЗС; t_r - время пребывания шарика в зарядной секции

В состав установки входят: запоминающий осциллограф С1-37; электрометрический усилитель 3 с экранированной пластинкой 7; фотоэлектрический отметчик времени, собранный на фотодиодах 2 и осветителях 8; двухсекционное зарядное устройство 6 с координатным устройством 4 и шариком 5; измеритель тока в зарядной секции 9; высоковольтные источники 10 и 11 для получения постоянного и переменного напряжений соответственно. Электро-

метрический усилитель З собран на лампе ЭМ-7 и имеет следующие характеристики: входное сопротивление составляет 47 Гом, входная емкость $C_{вх}$ - 57 пф, коэффициент усиления усилителя K_u - 1,2.

Координаты входа шарика в ЗС фиксировались с помощью установленной над ЗС координатного устройства, выполненного в виде пластины с ребристой поверхностью и серией отверстий для пропуска шарика. Время пребывания шарика в зарядной секции, определенное фотоэлектрическим отметчиком времени, совпало с расчетным и составило $63 \cdot 10^{-3}$ сек. Заряд шарика регистрировался контактным способом /пластина 7/ с электрометрическим усилителем, соединенным с потенциальным входом запоминающего осциллографа С1-37.

Было проведено три серии опытов. В ходе первой серии опытов регулировалось расположение игл в СКР для обеспечения постоянства тока по сечению ЗС. Внешняя широкая стенка ЗС была заменена электродом с 24-мя продольными проводящими полосками шириной 2 мм, отстоящими друг от друга на 0,5 мм. Между общим электродом /сеткой З/ и иглами поддерживалось постоянное напряжение $/3-6/ \cdot 10^3$ В для создания короны; между сеткой и внешним электродом ЗС - постоянное напряжение $/1-6/ \cdot 10^3$ В, обеспечивающее эмиссию ионов в ЗС. Во время опытов последовательно измерялся ток через каждую полоску. В результате было достигнуто такое положение игл, при котором неравномерность тока по сечению не превышала 15% /рис. 3/.

Во второй серии опытов определялась зависимость концентрации ионов в центральной части ЗС от напряжения между ее электродами при различных значениях тока в СКР. Концентрация ионов N_0 рассчитывалась из экспериментальных данных по формуле

$$N_0 = \frac{d}{eBS} \frac{i_3}{U_3},$$

где i_3 - ток через центральную полоску на внешнем электроде ЗС;

U_3 - напряжение между электродами ЗС;

S - площадь центральной полоски;

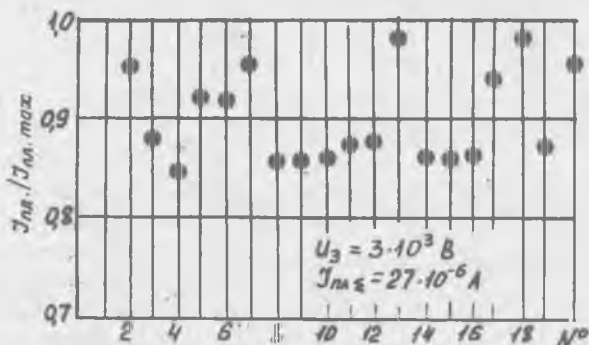


Рис. 3. Изменение тока по сечению зарядной секции / № - номер полоски /

d - расстояние между электродами ЗС;

$\bar{e} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ К}$ - величина элементарного заряда;

$B = 2,2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{В} \cdot \text{сек}$ - подвижность отрицательных ионов [4].

Результаты этой серии опытов, приведенные на рис. 4, приближенно указывают прямо пропорциональную зависимость между концентрацией ионов и напряженностью поля в зарядной секции.

В третьей серии опытов производилось измерение заряда стального шарика диаметром 1 мм, приобретаемого им при пролете ЗС, при различных значениях постоянной времени зарядки τ . Опыты проводились при постоянном и переменном напряжениях на электродах ЗС и различных токах короны СКР. Сначала к электродам ЗС прикладывалось постоянное напряжение U_3 и производилось регулирование тока i_3 изменением напряжения на электродах СКР. Требуемые значения тока i_3 определялись по формуле

$$i_3 = \frac{4\epsilon_0 S}{d} \frac{U_3}{\tau}$$

В первых опытах значения τ проверялись по методике, изложенной в работе [5]. Между измеренными и расчетными значениями отмечалось удовлетворительное совпадение, поэтому в дальнейшем

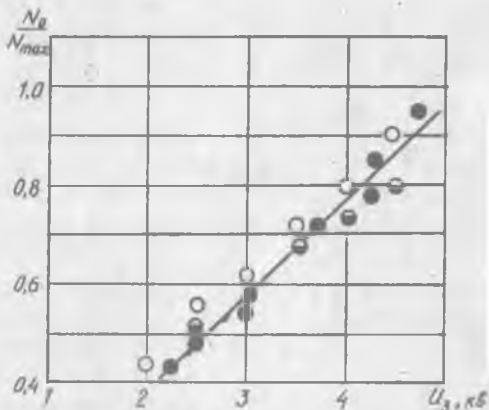


Рис. 4. Зависимость концентрации ионов от напряженности в зарядной секции: ○ - при токе в секции коронного разряда $J_{кор} = 50 \cdot 10^{-6} \text{ А}$; ● - при токе $J_{кор} = 100 \cdot 10^{-6} \text{ А}$; ● - при токе $J_{кор} = 150 \cdot 10^{-6} \text{ А}$

значения τ не определялись, а ограничивались установлением расчетных значений i_3 .

По окончании опытов на постоянном напряжении к электродам ЗС прикладывалось переменное напряжение, равное по амплитуде постоянному. Опыты проводились на частотах 100-400 Гц. Влияние частоты на величину заряда не отмечалось. При каждом значении опыт с зарядкой шарика повторялся 15-20 раз; величина заряда определялась по формуле

$$Q = \frac{C_{6x} U_m}{K_u},$$

где U_m - амплитуда импульса напряжения на входе осциллографа С1-37.

По результатам измерений была произведена оценка средней величины \bar{Q} и дисперсии ΔS_a^2 по методике, изложенной в работе [6]:

$$Q = a_0 + \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (a_k - a_0);$$

$$\Delta S_a^2 = \frac{1}{n(n-1)} \left[\sum_{k=1}^n (a_k - a_0)^2 - n(a - a_0)^2 \right], \quad /1/$$

где a_0 - произвольное число, выбранное таким образом, чтобы разности $a_k - a_0$ содержали в основном не более двух значащих цифр.

Результаты вычислений по выражениям /1/ позволили оценить относительную погрешность измерения. Оценка показала, что при надежности измерений $\alpha = 0,95$ погрешность измерения в нашем случае не превышала 8%.

Осредненные результаты по зарядке частиц в переменном и постоянном электрических полях приведены на рис. 5. Для сравне-

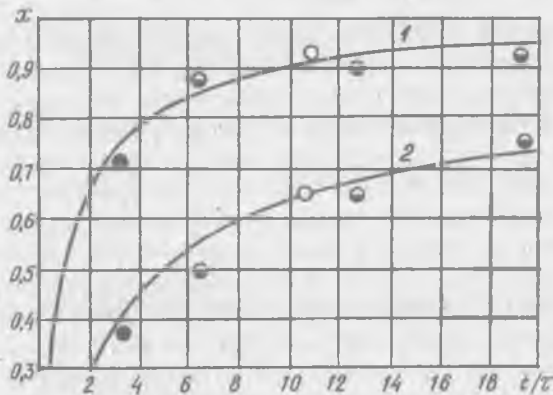


Рис. 5. Зависимость относительного заряда частицы от времени пребывания в зарядной секции: 1 - при зарядке в постоянном электрическом поле; 2 - при зарядке в переменном электрическом поле. Значками отмечены экспериментальные результаты: ○ - при $U_s = 3,0 \cdot 10^3$ В; ● - при $U_s = 5,0 \cdot 10^3$ В; ● - при $U_s = 6,0 \cdot 10^3$ В

ния на этом же рисунке приведены кривая 1, изображающая ход зарядки в постоянном электрическом поле, и кривая 2, расчи -

танная по формуле /2/х

$$\Delta X = \frac{1}{\omega \tau} \left[(1+2X^2) \left(\frac{\pi}{2} - a \alpha \cos \alpha X \right) - 3X \sqrt{1-X^2} \right],$$

/2/

где

$$\Delta X = \frac{\Delta Q}{Q_{np}}; \quad X = \frac{Q}{Q_{np}}; \quad \tau = \frac{4\epsilon_0}{N_0 e V};$$

$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м - электрическая постоянная;
 a - радиус частицы с диэлектрической проницаемостью ϵ ;

$$Q_{np} = 4\pi \epsilon_0 \left(1 + 2 \frac{\epsilon-1}{\epsilon+2} \right) a^2 E_0; \quad E_0 = U_0/d.$$

Из полученных результатов можно сделать следующие выводы. При зарядке частиц в переменном электрическом поле скорости зарядки значительно меньше, чем в постоянном. В пределах точности эксперимента экспериментальные и расчетные данные хорошо совпадают.

Л и т е р а т у р а

1 G.W. Hewitt. *The charging of small particles by electrostatic precipitation*. AIEE Trans. v. 76., pt. 1., 1957.

2. Мирзабекян Г.А. Экспериментальное исследование зарядки частиц размером 0,2-4 мкм ионами воздуха. В сб.: "Сильные электрические поля в технологических процессах." Вып. 2, М., "Энергия", 1971.

х/ Подольский А.А. Некоторые вопросы зарядки аэрозольных частиц в переменном электрическом поле. В настоящем сборнике.

3. Отчет по теме 16-Р. Гос. регистр. № 71059128^о. Исследование метода и разработка прибора для измерения запыленности воздуха и других газов твердыми частицами. Куйбышев, 1972.

4. Дж. Кэй, Т. Лэби. Таблицы физических и химических постоянных. М., физматгиз, 1962.

5. Подольский А.А., Логвинов Л.М., Калакутский Л.И. Способ измерения постоянной времени зарядки малогабаритных камер короткого разряда. Авторское свидетельство № 377722, Бюллетень изобретений № 18, 1973.

6. Кассандрова О.Н., Лебедев В.В. Обработка результатов наблюдений. М., "Наука", 1970.

В.В.Пахомов, В.Д.Кукуш, В.А.Морозов

О НЕКОТОРЫХ ПУТЯХ УЛУЧШЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ДАТЧИКОВ ХОЛЛА НА СВЧ

Использование эффекта Холла в полупроводниках является перспективным для измерения проходящей мощности на СВЧ, так как не содержит погрешности, обусловленной несогласованной нагрузкой. Однако создание приборов с применением датчиков Холла на СВЧ осложняется возникновением между выводами датчика наряду с ЭДС Холла напряжения выпрямления и термоЭДС. Эти напряжения существенно искажают ЭДС Холла, пропорциональную проходящей мощности.

Напряжение выпрямления на выходе датчика Холла возникает в результате нелинейности вольт-амперной характеристики контактов "металл - полупроводник" в местах присоединения выводов к датчику.

С учетом нагрузки R_H в измерительной цепи это напряжение определяется

$$U_s = \frac{1}{2} \frac{f''(U)}{f'(U)} \frac{R_H}{f'(U) + R_H} U_m^2,$$

/1/