

ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

Ю. М. КАГАН, В. Л. ФЕДОРОВ, Г. М. МАЛЫШЕВ и Л. А. ГАВАЛЛАС
**О МЕТОДИКЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФУНКЦИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
ЭЛЕКТРОНОВ ПО СКОРОСТЯМ В ГАЗОВОМ РАЗРЯДЕ**

(Представлено академиком А. А. Лебедевым 18 XI 1950)

Вопрос о распределении электронов по скоростям в различных областях газового разряда является чрезвычайно важным, поэтому ему посвящен ряд экспериментальных и теоретических работ.

Результаты применения метода зондов ⁽¹⁾ показали, что в положительном столбе разряда в большинстве случаев электроны имеют максвелловское распределение по скоростям со средней энергией, соответствующей температуре в несколько десятков тысяч градусов.

Однако в ряде случаев функция распределения значительно отличается от максвелловской, что проявляется в искажении зондовых характеристик. Это имеет место, например, в прикатодных частях разряда ^(2, 3). В таких случаях суждение о виде функции распределения на основании зондовых характеристик затруднительно.

Было показано ⁽⁴⁾, что функция распределения электронов по скоростям выражается через зависимость тока на зонд i от потенциала зонда V_z следующим образом:

$$\rho(v) = \frac{4m}{e^2 A} (V_n - V_z) \frac{d^2 i}{dV_z^2},$$

где $v = \sqrt{\frac{2e}{m} (V_n - V_z)}$; V_n — потенциал пространства, A — площадь зонда, e , m — заряд и масса электрона.

Нахождение функции распределения электронов по скоростям оказывается связанным с нахождением второй производной от тока на зонд по потенциалу зонда. Непосредственное двукратное графическое дифференцирование зондовой характеристики неприемлемо вследствие своей неточности.

Употреблявшиеся до настоящего времени способы более совершенного определения второй производной сводились к наложению на потенциал зонда переменного синусоидального потенциала небольшой амплитуды и измерению появляющейся при этом добавочной постоянной составляющей тока на зонд, пропорциональной второй

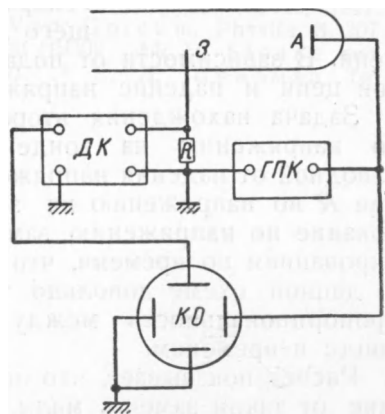


Рис. 1

производной ⁽⁵⁾, или к комбинации этого метода с мостовой схемой и получении на экране катодного осциллографа кривой, коэффициенты которой связаны со второй производной ⁽³⁾. Основной недостаток обоих методов заключается в нахождении кривой второй производной по точкам. Поэтому нахождение всей кривой требует много времени, особенно во втором случае, где требуется пересчет нескольких измеренных величин для получения второй производной в каждой точке.

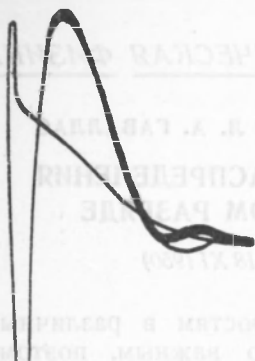


Рис. 2

Недостатки предшествующих работ подсказывают требования, которым должна удовлетворять методика получения второй производной: вторая производная должна получаться непосредственно; измерение при этом должно быть кратковременным; желательна осциллографическая регистрация, так как последняя может дать всю кривую сразу.

В настоящем сообщении вкратце описывается методика, с помощью которой возможно получение кривой второй производной на экране осциллографа.

Принципиальная схема установки изображена на рис. 1. Потенциал зонда Z относительно анода A менялся путем подачи напряжения от генератора пилообразных колебаний ГПК, дающего линейную зависимость напряжения от времени. В зависимости от поданного напряжения менялся ток в зондовой цепи и падение напряжения на сопротивлении R .

Задача нахождения второй производной от силы зондового тока по напряжению на зонде сводилась к нахождению второй производной от падения напряжения на сопротивлении R по напряжению на зонде. Дифференцирование по напряжению заменялось дифференцированием по времени, что возможно, так как в данной схеме довольно точно выполняется пропорциональность между напряжением на зонде и временем.

Расчет показывает, что ошибки, проистекающие от такой замены, малы, если сопротивление R и внутреннее сопротивление генератора пилообразных колебаний малы по сравнению с дифференциальным сопротивлением промежутка зонд — анод dV_z/di . Вид зондовых характеристик показывает, что эти ошибки максимальны вблизи потенциала пространства и меньше при отрицательных потенциалах зонда относительно потенциала пространства.

Возможность замены дифференцирования по напряжению дифференцированием по времени позволяет применить дифференцирующие каскады (ДК), аналогичные рассмотренным в работе ⁽⁶⁾. Получающееся после двойного дифференцирования напряжение, пропорциональное второй производной, подавалось на вертикальные пластины катодного осциллографа (КО). На горизонтальные пластины подавалось напряжение от генератора пилообразных колебаний. Так как процесс был периодическим, то на экране осциллографа была видна кривая d^2i/dV_z^2 , которая фотографировалась.

Исследование проводилось в трубке диаметром 30 мм с горячим катодом в парах ртути. В трубку был впаян ряд цилиндрических зондов. Часть из них была вблизи катода, остальные в средней части трубки.

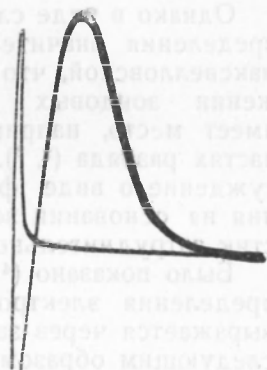


Рис. 3

На рис. 2 и 3 приведены снимки d^2i/dV^2 для зондов, находящихся на расстояниях 2 и 4 см от катода. Снимки были произведены при давлении ртутных паров, соответствующем температуре 13° , и силе разрядного тока 100 ма.

Так как вопрос о получении самой функции распределения из этих кривых связан с трудностями определения потенциала пространства, мы пока его касаться не будем. Однако само рассмотрение полученных кривых указывает на наличие вблизи катода искажения функции распределения, связанного с наличием группы быстрых электронов, что согласуется с результатами предыдущих работ (², ³).

Заметим, что при умножении на величину $V_n - V_s$ этот эффект может только увеличиться. По мере удаления от катода искажения уменьшаются, и кривая на расстоянии зонда от катода 4 см такая же, как и на зондах в середине разрядной трубки.

В заключение выражаем благодарность чл.-корр. АН СССР С. Э. Фришу и проф. Л. А. Сена за внимание к настоящей работе и ценные советы.

Поступило
24 X 1950

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Н. А. Капцов, Электрические явления в газах и вакууме, гл. 10, 1947.
² М. И. Родин, ЖТФ, 5, в. 9, 1502 (1936). ³ A. Van Gorsum, Physica, 3, 207 (1936). ⁴ M. J. Druyvesteyn, Zs. f. Phys., 64, 781 (1930). ⁵ R. H. Sloane and E. I. R. MacGregor, Phil. Mag., 18, 193 (1934). ⁶ Г. Л. Шнирман, Тр. Сейсмолог. ин-та, № 105 (1940).