

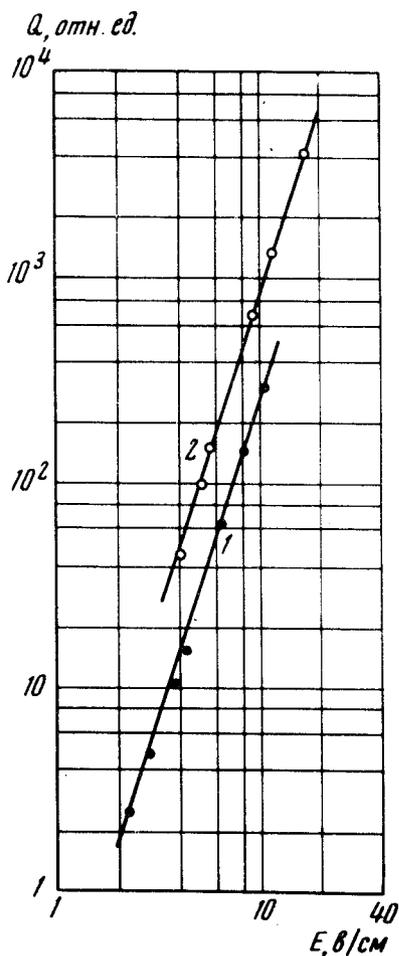
ЭЛЕКТРОН-ИОННАЯ РЕКОМБИНАЦИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

В.С.Шепель

Экспериментально исследовано влияние внешнего электрического поля на коэффициент электрон-ионной рекомбинации в газах. Обнаружено, что для электроположительных газов (He , N_2) величина коэффициента рекомбинации зависит от напряженности поля.

При изучении явлений, связанных с электрон-ионной рекомбинацией в газах, обычно считают, что при фиксированных значениях температуры и давления газа величина коэффициента рекомбинации постоянна и не зависит от внешнего электрического поля.

Прямое экспериментальное изучение этого вопроса затрудняется тем, что известные методы исследования рекомбинации в газах сводятся по существу к измерению скорости уменьшения плотности заряженных частиц в распадающейся плазме слабоионизированного газа при условии, что концентрации заряженных частиц определяются исключительно процессами рекомбинации [1, 2]. Так как наложение внешнего электрического поля связано с появлением токов в плазме, эти методы оказываются непригодными для изучения зависимости коэффициента рекомбинации от напряженности поля.



Зависимость $Q=f(E)$ при $\epsilon = 90\%$

В данной работе был использован следующий метод, позволяющий обнаружить возможное влияние электрического поля на коэффициент электронной рекомбинации в газах. Известно, что ток ионизационной камеры, работающей в режиме близком к насыщению, можно представить в виде некоторой функции безразмерного параметра $\alpha Qd^2/K_1K_2E^2$ [3-5]. Здесь α — коэффициент рекомбинации, Q — плотность ионизации, пропорциональная интенсивности внешнего излучения, K_1 и K_2 — подвижности носителей положительных и отрицательных зарядов, d — "эффективная" величина межэлектродного зазора, определяемая геометрией

электродов камеры, и E — напряженность электрического поля в рабочем объеме камеры. Влиянием диффузии и объемного заряда вблизи насыщения можно пренебречь [6]. При фиксированной геометрии камеры все состояния, характеризующиеся различными значениями Q и E , но соответствующие одинаковой степени насыщения, подобны между собой и связаны условием:

$$\frac{\alpha Q d^2}{K_1 K_2 E^2} = \text{const}, \quad (1)$$

которое при постоянных α , K_1 и K_2 эквивалентно соотношению $Q \sim E^2$. Предположение о постоянстве подвижности электронов справедливо лишь в достаточно слабых полях, когда скорость дрейфа электронов много меньше их тепловой скорости. В этом случае отклонения от соотношения $Q \sim E^2$ будут свидетельствовать о зависимости коэффициента электрон-ионной рекомбинации от напряженности поля.

Эксперимент проводился с ионизационной камерой, имеющей плоскопараллельные электроды ($d = 3,6$ мм) и размещенной в однородном пучке γ -излучения Co^{60} . Сравнивались значения Q и E для состояний, характеризующихся степенью насыщения $\epsilon = 90\%$. Величина Q с точностью до постоянного множителя может быть отождествлена с величиной тока насыщения камеры. На рисунке приведены экспериментальные кривые $Q = f(E)$, полученные для He при давлении $P = 13$ атм (кривая 1) и для N_2 при $P = 4$ атм (кривая 2).

Как видно из рисунка, экспериментальные данные можно описать зависимостью вида:

$$Q \sim E^n, \quad (2)$$

где $n = 3,2 \pm 0,3$ для He, $n = 3,1 \pm 0,3$ для N_2 . В ходе экспериментов величина отношения E/ρ не превышала $6 \cdot 10^{-3}$ в/см · мм рт.ст., а плотность тока — $5 \cdot 10^{-11}$ а/см². Данные работ [2, 7] показывают, что в исследованном диапазоне изменения величины E/ρ для выбранных газов скорость дрейфа электронов прямо пропорциональна напряженности поля, а температура электронов мало отличается от температуры нейтрального газа. Следовательно, предположения о постоянстве температуры и подвижности электронов справедливы.

Из сравнения формул (1) и (2) для зависимости коэффициента рекомбинации от напряженности поля получаем выражение $\alpha \sim 1/E^\gamma$, где $\gamma \approx 1$ для He и N_2 .

Теоретически наблюдаемое явление можно объяснить, исходя из теории диссоциативной рекомбинации [8], так как при давлениях выше нескольких десятков мм рт.ст. преобладающим типом электрон-ионной рекомбинации является диссоциативная рекомбинация [2, 9]. При столкновении электрона с положительным молекулярным ионом образуется нейтральная молекула в высоковозбужденном ридберговском состоянии, которое распадается либо путем автоионизации, либо путем диссоциации на нейтральные атомы. В электрическом поле скорость распада с образованием свободного электрона увеличивается, при этом соответственно уменьшается скорость конкурирующего процесса диссоциативного распада. Эта картина качественно согласуется с сообще-

ниями, изложенными в работе [10] при описании явления преддиссоциации в электрическом поле.

Автор благодарит А.Б.Дмитриева за полезное обсуждение работы.

Поступила в редакцию
30 июля 1973 г.

Литература

- [1] П.Леб. Основные процессы электрических разрядов в газах, гл. IV, ГИТТА, 1950.
 - [2] И.Мак-Даниэль. Процессы столкновений в ионизованных газах, М., изд. Мир, 1967.
 - [3] I.W.Boag, T.Wilson. Brit. J. Appl. Phys., 3, 222, 1952.
 - [4] Н.И.Штейнбок. ЖЭТФ, 27, 615, 1954.
 - [5] В.С.Поликанов. ЖТФ, 38, вып. 12, 1968.
 - [6] Е.М.Вольф, В.С.Поликанов. ЖТФ, 39, 143, 1969.
 - [7] R.W.Warren, J.H.Parker. Phys. Rev., 128, 2661, 1962.
 - [8] J.N.Bardsley. J.Phys. (Proc. Phys. Soc.) B1, 365, 1968.
 - [9] J.A.Wayne, J.B.Gerardo. Phys. Rev. Lett., 28, 1096, 1972.
 - [10] F.J.Cames, U.Wenning. Chem. Phys. Lett., 5, 195, 1970.
-