



КОНТРАГИРОВАННЫЙ РАЗРЯД

Авторы: А. В. Елецкий

КОНТРАГИРОВАННЫЙ РАЗРЯД (от лат. *contraho* – сжимать), электрич. разряд в газе, при котором диаметр столба разряда значительно меньше диаметра разрядной трубки, разрядный ток сжат к центру. К. р. возникает при превышении некоторого критич. значения давления газа или разрядного тока. В этих случаях разряд с относительно однородным распределением плотности тока и интенсивности свечения по сечению разрядной камеры переходит в разряд с резко уменьшенным поперечным размером области, заполненной разрядным током, в неск. раз возрастает объёмная плотность энерговыделения, увеличивается интенсивность свечения, изменяется его спектральный состав – происходит контракция газового разряда. Это явление, характерное для всех типов разрядов, ограничивает возможность практич. использования газоразрядных устройств областью относительно невысоких токов и давлений.

Контракция разряда происходит при одновременном выполнении двух условий:

1) эффективность образования заряженных частиц резко уменьшается от оси к стенкам разрядной трубки; 2) время объёмной рекомбинации (нейтрализации) заряженных частиц значительно меньше времени их диффузии к стенке разрядной трубки. При выполнении этих условий радиус

r_e области, заполненной током, много меньше радиуса разрядной трубки и оценивается как

$$r_e \sim \sqrt{D/\alpha\langle N \rangle}. \text{ (Здесь}$$

$\langle N \rangle$ – среднее значение плотности заряженных частиц;

α – коэф. объёмной рекомбинации;

D – коэф. диффузии.) Контракция разряда происходит вследствие возникновения радиальной неоднородности скорости образования заряженных частиц и их объёмной рекомбинации.

Радиальная неоднородность скорости образования заряженных частиц в газовом разряде связана с термич. неоднородностью разрядного столба. Вследствие омического нагрева газа разрядным током темп-ра на оси разрядной трубки больше, чем на периферии. Поэтому частота ионизации нейтральных частиц газа электронным ударом также больше на оси и резко убывает к стенкам разрядной трубки.

Резкая радиальная зависимость частоты ионизации электронным ударом определяется и видом функции распределения электронов по энергиям, зависящим от степени ионизации плазмы. При малых степенях ионизации вид этой функции определяется в осн. упругими соударениями электронов с атомами. С ростом степени ионизации растёт число соударений электронов друг с другом, что приближает их спектр к максвелловскому, который обогащён высокоэнергичными электронами по сравнению со спектром, соответствующим столкновениям электронов только с атомами. Это приводит к возрастающей зависимости скорости ионизации от степени ионизации газа, что реализуется в разрядах инертного газа.

Наиболее значимый механизм объёмной нейтрализации заряженных частиц связан с рекомбинацией молекулярного иона и электрона. Поэтому контракция разряда происходит обычно, когда преобладают молекулярные ионы. Для инертного газа это выполняется при относительно низких темп-рах ($T < 500\text{--}800\text{ K}$) и давлениях

$p > 10\text{--}20\text{ гПа}$. В разряде молекулярного газа осн. часть энергии, получаемой электронами от электрич. поля, идёт на возбуждение молекулярных колебаний. Эта энергия превращается в теплоту в результате колебательной релаксации молекул при столкновениях. Для контракции разряда в молекулярном газе необходимо, чтобы время колебательной релаксации молекул было меньше времени их диффузионного ухода на стенку разрядной трубки.

Контракция разряда ограничивает выходные характеристики газоразрядных источников света, газовых лазеров, плазмохимич. и магнитогидродинамич. установок и т. п. Подавляют это явление с помощью конвективной прокачки или турбулизации газа, которые препятствуют образованию температурной неоднородности разряда.

Литература

Лит.: Райзер Ю. П. Физика газового разряда. М., 1987; Елецкий А. В., Смирнов Б. М. Неоднородная газоразрядная плазма // Успехи физических наук. 1996. Т. 166. № 11.