

происходит при подаче вспомогаг. высоковольтных импульсов напряжения на штырьки. Осн. разряд поддерживается между катодом и анодом от источника пост. напряже- ния. Поскольку плотность плазмы не зависит от пост. напряжения, такой разряд в промежутке между импуль- сами является несамостоятельным. Т. о., комбини- р. Т. р. состоит из 2 разрядов: самостоятельного и несамосто- ятельного.

В разряде переменного тока ионизация осуществляется в момент макс. напряжения на разрядном промежутке, остальное время такой Т. р. также является несамосто- ятельным. Характерная особенность такого разряда — простота реализации секционирования катода: его покрыв- ают изоляционным слоем с большой диэлектрич. прони- цаемостью (рис. 3, в), являющимся реактивным балласт- ным сопротивлением. Использование такого балласта зна- чительно повышает кпд разряда по сравнению с разрядом пост. тока с активным сопротивлением (рис. 3, а). Меха- низм протекания тока в Т. р. переменного тока существен- но зависит от частоты источника питания и проводимости плазмы σ . При низких частотах (10—100 кГц), когда $\omega/4\pi\sigma \ll 1$, в каждом полупериоде происходит распад и формирование КС и АС. Т. к. период колебаний меньше времени рекомбинации плазмы, зона ФТП не успевает установиться в течение полупериода, поэтому низкочас- тотный Т. р. более однородный по сравнению с Т. р. пост. тока. При повышении частоты омический ток сравнивает- ся с током смещения ($\omega/4\pi\sigma \approx 1$). Это происходит прежде всего в КС, т. к. в нём проводимость σ самая маленькая. Расчёты и эксперимент показывают, что и в этом случае на электродах ток может контрагировать. Здесь также прояв- ляется закон нормальной плотности тока (см. выше). В та- ком разряде вблизи анода и катода образуются слои квази- нейтральной плазмы повышенной плотности. Характерный размер этих слоёв определяется амбиполярным дрейфом за счёт нарушения электронной нейтральности плазмы. Если меж- электродное расстояние L не превышает характерного раз- мера приэлектродных слоёв, то в ПС ионизация несущест- венна и ВАХ растущая: $U \propto L^{3/2} p^{3/4} j^{1/2}$. Когда $\omega/4\pi\sigma \gg 1$ и замыкание тока КС и АС осуществляется токами смеще- ния, необходимость в интенсивной ионизации отпадает, приэлектродные ВАХ обладают положит. дифференц. со- противлением, и эти слои оказывают стабилизирующее влияние на разряд.

Несамостоятельный Т. р. отличается от самостоятельно- го тем, что проводимость его поддерживается с помощью внеш. ионизатора (рис. 4). Поэтому важнейшей характери- стикой Т. р. E/p можно управлять в широких пределах

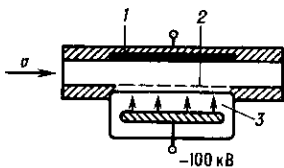
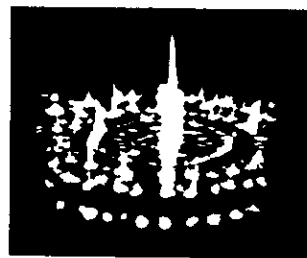


Рис. 4. Схема возбуждения несамостоятельного разряда: 1 — анод; 2 — катод; 3 — элек- тронный пучок.

Рис. 5. Светящаяся поверх- ность катода в несамосто- ятельном разряде; видны про- водящие каналы, зарождаю- щиеся на катодных пятнах.



рующее влияние на АС, и анодным падением, как правило, можно пренебречь. Несамостоятельный Т. р. может гореть в больших объёмах в широком диапазоне давлений и токов и используется для накачки мощных газовых лазеров.

Т. р. в потоке газа наиболее важен для практич. примене- ния. Поток газа прокачивают через разл. виды Т. р. для того, чтобы увеличить охлаждение газовой среды. В поко- ящемся газе охлаждение за счёт теплопроводности часто оказывается недостаточным для практич. потребности. Поток газа, проходя через разряд, ионизируется, и плазма выносится потоком за пределы электродной системы. Кроме того, охлаждение потоком существенно изменяет тем- пературное поле и соответственно величину E/N (N — концентрация нейтрального газа), последняя, в свою оче- редь, очень сильно влияет на проводимость самостоят. разряда. Часто используется схема поперечного разряда, когда вектор скорости потока газа нормален вектору напряжённости электрич. поля (рис. 3, 4). В таком разряде КС находится в глубине пограничного слоя и практически не отличается от КС Т. р. в покоящемся газе. Весьма существенно поток изменяет свойства АС. Если поток ла- минарный, то неустойчивость АС приводит к образованию на аноде полос, вытянутых вдоль потока. В турбулентном потоке наблюдаются хаотичное образование и размытие анодных пятен.

Поддержание фронта ионизации ПС Т. р. при невысоких скоростях газа и давлениях возможно за счёт амбиполяр- ной диффузии, к-рая выносит плазму навстречу потоку. Без учёта рекомбинации и нагрева газа баланс плазмы определяется равенством скоростей ионизации и выноса плазмы потоком газа. Напряжение на разряде U не зависит от тока. При учёте рекомбинации ВАХ разряда $U(j)$ — слабо растущая ф-ция, а при больших значениях тока, когда существует нагрев газа, $U(j)$ — слабо падающая, не- устойчивая. Остаётся неясным механизм поддержания

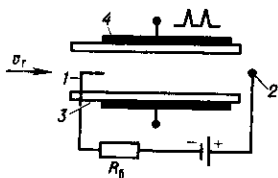


Рис. 6. Схема возбуждения комбинированного продольного разряда: 1 — катодный штырь; 2 — анодная трубка; 3 — диэлектрическая пластина; 4 — электрод вспомога- тельного разряда.

и независимо от тока. Широко распространён несамосто- ятельный Т. р., поддерживаемый пучком быстрых электро- нов (~200 кэВ). Чем больше ток пучка, тем выше концен- трация разрядной плазмы. Структура несамостоятельного Т. р. похожа на структуру самостоятельного Т. р. На КС внеш. ионизация существ. влияния не оказывает, т. к. удар- ная ионизация превосходит внешнюю. Этот слой может контрагировать, как и в самостоят. Т. р. Однако характер контракции здесь иной. Разряд на катоде разбивается на множество пятен (рис. 5). Поскольку ПС несамостоятель- ного Т. р. обладает большим положит. дифференц. сопро- тивлением, он оказывает стабилизирующее воздействие на КС и препятствует слиянию пятен. Как и в самостоят. разряде, контракция на катоде не возникает при использо- вании импульсов малой длительности (≤ 1 мкс). В несамос- тоятельном Т. р. пост. тока кол-во пятен пропорциональ- но полному току. Внеш. ионизатор оказывает стабилизи-

в потоке газа ФТП, где нет ионизации. Возможно, здесь играют роль процессы амбиполярного дрейфа электронов из зоны ТС. При пониженных давлениях в качестве катода используется охлаждаемая водой трубка, расположенная поперёк потока газа, анод — сплошная металлич. пласти- на. Для улучшения устойчивости такого разряда секци- онируют анод.

Наряду с поперечным разрядом на практике применяют также продольный разряд, в к-ром электрич. поле направ- лено навстречу потоку газа (рис. 6). Для улучшения устой- чивости этого разряда ионизацию создают с помощью повторяющихся высоковольтных импульсов, прикладываемых поперёк потока.

Т. р. в электроотрицательных газах. В таких разрядах в целом сохраняется структура разряда в электроположит. газах. Наиб. существенно изменяются свойства ФТП, эта зона протяжённое, чем в обычном Т. р., и может занимать