

Рис. 2. Распределение плотности тока на катоде в тлеющем разряде в азоте (расчёт) при давлении $p=5$ тор, межэлектродном расстоянии 1 см; а—при токе $I=0,75$ мА, б—при $I=1,5$ мА.

дель правильно описывает подобия законы, наблюдаемые экспериментально: j_n/p^2 , pd_n , U_n зависят только от рода газа и материала катода. Однако количеств. совпадение теории с экспериментом носит скорее случайный характер. Постулат Энгеля—Штеенбека и закон нормальной плотности тока нашли подтверждение в рамках двумерных нестационарных гидродинамич. ур-ний, решённых численными методами (рис. 2).

Аналогичные явления имеют место на аноде Т. р. Электроны, выходящие из плазмы ПС, ускоряются на скачке потенциала АС и также, как и вблизи катода, производят ионизацию газа. Однако здесь ионизация не столь сильна, но она необходима, т. к. эмиссия ионов с холодного анода отсутствует: В стационарном Т. р. закон нормальной плотности тока проявляется в покоящемся газе, при отсутствии потока газа. Гидродинамич. модель плоского анодного слоя, учитывающая кинетич. эффекты, объясняет законы подобия: j_n/p^2 , U_n зависят только от рода газа. Неустойчивость плоского АС имеет теоретич. объяснение в рамках гидродинамич. ур-ний, в этом приближении структура стационарного анодного пятна определяется диффузией электронов.

Свойства др. областей Т. р. (ТС, ФТП и ПС) довольно сильно зависят от вида разряда. Рассмотрим их на примере классич. вида Т. р.—разряда в трубке с электродами на концах.

Т. р. постоянного тока в трубке. Поскольку толщина КС порядка длины ионизации, часть электронов, ускоряясь на катодном скачке потенциала, набирает энергию, равную этому потенциалу. В результате интенсивной ионизации газа этим пучком электронов в области ТС образуется светящийся слой плазмы большой плотности. Величина электрич. поля здесь близка к нулю. По мере продвижения от области ТС по направлению к аноду плотность плазмы падает из-за рекомбинации и амбиполярной диффузии, электрич. поле растёт, но ещё недостаточно для ионизации и возбуждения атомов (область ФТП). Далее, в области ПС электрич. поле достигает величины, при к-рой ионизация электронами, набирающими энергию в этом поле, становится существенной. Для электрич. поля в ПС справедлив закон подобия $E/p = f(pR)$, вытекающий из равенства скоростей ионизации и потерь за счёт амбиполярной диффузии к стенкам (теория Шоттки). ВАХ ПС не зависит от тока, плотность плазмы пропорциональна плотности тока. Для молекулярных газов с ростом тока необходимо учитывать процессы объёмной рекомбинации, приводящие к слабому росту напряжения на ПС, для дальнейшего увеличения тока происходит нагрев газа (для молекулярных газов). В атомарных газах при увеличении тока в первую очередь газ разогревается, плотность его уменьшается и, как следствие, уменьшается напряжение на ПС. ВАХ при этом падающая.

Электроны в ПС термодинамически неравновесны. Их эфф. темп-ра существенно превосходит темп-ру атомов и молекул и составляет 2—3 эВ. Это обстоятельство и однородность E/p в длинных трубках используются для создания инверсной населённости атомов и молекул в газовых лазерах.

Плоский самостоятельный Т. р. Потребности практики в поддержании Т. р. в больших объёмах привели к ре-

ализации плоских разрядов, где расстояния между боковыми стенками превышают межэлектродное расстояние L . Плоский разряд используют при средних (10—100 тор) и высоких (>100 тор) давлениях. Плоский Т. р. сохраняет все осн. черты Т. р. в трубке, однако область ФТП определяется балансом процессов амбиполярного дрейфа и рекомбинацией, а потери за счёт диффузии к боковым стенкам незначительны. Поскольку характерный размер ФТП L_ϕ в этом случае не зависит от давления газа, Т. р. оказывается существенно неоднородным и при ср. давлениях. Напр., для азота L_ϕ [см] = $0,1/j$ [А·см⁻²]. Вольт-амперная характеристика ФТП растущая: $U \propto \sqrt{jL^3}$.

В сильноточных разрядах повышенного давления все неоднородные области КС, АС, ФТП малы. При средних

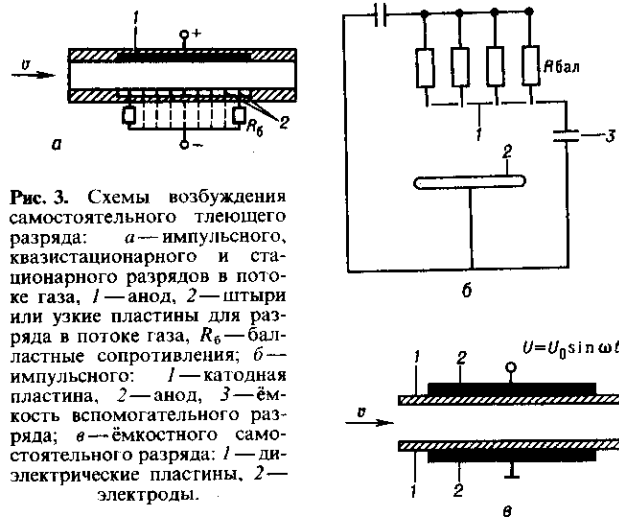


Рис. 3. Схемы возбуждения самостоятельного тлеющего разряда: а—импульсного, квазистационарного и стационарного разрядов в потоке газа, 1—анод, 2—штыри или узкие пластины для разряда в потоке газа, R_b —балластные сопротивления; б—импульсного: 1—катодная пластина, 2—анод, 3—ёмкость вспомогательного разряда; в—ёмкостного самостоятельного разряда: 1—диэлектрические пластины, 2—электроды.

и высоких давлениях нормальная плотность тока на катоде существенно превышает плотности тока, используемые на практике. Для того чтобы избежать стягивания тока на катоде (см. *Контракция газового разряда*) и следующего за этим образования дуги, катод делят на секции, искусственно распределяя ток в среднем равномерно по катоду (рис. 3, а). Такой катод представляет из себя набор штырей, присоединённых через сопротивления к общей шине. При возрастании тока, стекающего на один штырь, напряжение на нём падает, что приводит к ограничению тока. Избежать контракции можно также за счёт поддержания разряда короткое время (~ 1 мкс), чтобы неустойчивость не успела развиться, т. е. с помощью спец. системы питания реализуют импульсный Т. р. Однако и в этом случае необходимо принимать спец. меры для однородного пробоя газа, т. к. из-за стримерного характера пробоя разряд, минуя фазу тлеющего, переходит в дугу. Electroды могут быть сплошными, однако либо вблизи катода, либо в объёме создаётся предварительная ионизация с помощью вспомогат. электрода, помещённого вблизи катода или вне разрядного промежутка. При подаче напряжения сначала возникают разряды между катодом и вспомогат. электродом—образуется *плазменный катод*, затем импульсный Т. р. развивается в основном разрядном промежутке (рис. 3, б). Однородность квазистационарного и импульсного разрядов с секциониров. катодами зависит от расстояния между штырьками. Для стабилизации Т. р. применяются также комбинир. Т. р. и разряд переменного тока.

Т. р. комбинированный и переменного тока. Хотя технически эти виды разряда отличаются весьма существенно, их роднит общность механизма протекания тока. В обоих разрядах ток течёт по рекомбинирующей плазме; ионизация осуществляется в течение короткого промежутка времени периодически с частотой, большей обратного времени рекомбинации. В т. н. комбинир. разряде ионизация