

позволяют описать качество, а иногда и количество. особенности Э.-я. л. (см. *Квантовая хромодинамика*).

Лит.: Никитин Ю. П., Розенталь И. Л., Теория множественных процессов, М., 1976; Гришин В. Г., Инклюзивные процессы в адронных взаимодействиях при высоких энергиях, М., 1982; Мурзин В. С., Сарычева Л. И., Физика адронных процессов, М., 1986. В. С. Мурзин.

**ЭЛЕКТРОННЫЕ ЛАМПЫ** — электровакуумные приборы, в к-рых поток свободных электронов, эмитируемых термоэлектронным катодом, движется в высоком вакууме и управляется по плотности и направлению движения с помощью электр. полей, создаваемых птнциалами на электродах прибора. Э. л. используются для выпрямления перем. тока (диоды — простейшие двухэлектродные лампы, в к-рых анодный ток управляется электр. полем анода), генерирования, усиления и преобразования эл.-магн. колебаний (сеточные многоэлектродные Э. л., где управление электронным потоком осуществляется гл. обр. с помощью сеток).

Работа Э. л. основана на физ. особенностях их вольт-амперных характеристик (ВАХ) — зависимости силы тока от потенциалов соответствующих электродов.

Теоретическая ВАХ диода, катод и анод к-рого изготовлены из одинакового материала, имеет вид, представленный на рис. 1 (реальные характеристики диода не имеют

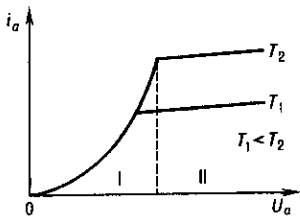


Рис. 1. Теоретическая вольт-амперная характеристика диода при двух различных температурах ( $T_1$  и  $T_2$ ) катода: I — область объёмного электронного заряда; II — область токов насыщения.

принципиальных отличий от теоретической). На этой характеристике различают два участка: I — область объёмного электронного заряда, где зависимость анодного тока  $i_a$  от анодного потенциала  $U_a$  определяется *Ленгмюра формулой*:

$$i_a \approx CU_a^{3/2}, \quad (1)$$

и II — область токов насыщения, где зависимость  $i_a$  от  $U_a$  даётся выражением:

$$i_a = i \exp\left(\frac{e^{3/2} \sqrt{\beta U_a}}{kT}\right), \quad (2)$$

где  $i$  — ток эмиссии катода,  $e$  — заряд электрона. Коэффициенты  $C$  и  $\beta$  в ф-лах (1) и (2) зависят от размеров межэлектродного промежутка и конструкции электродов.

В области насыщения сила тока  $i_a$  в диоде очень слабо зависит от потенциала анода  $U_a$  (см. *Шоттки эффект*), и поэтому этот участок характеристики не представляет практического интереса для целей управления анодным током с помощью анодного потенциала. Область токов насыщения используется для выпрямления перем. тока.

Практически важный интерес имеет область объёмного электронного заряда с ярко выраженной зависимостью  $i_a$  от  $U_a$ . Все сеточные Э. л. — триоды, тетроды, пентоды, гексоды, гептоды, октоды (названия даны по числу электродов соответствующих Э. л.) — работают в области объёмного заряда, где колебания темп-ры катода в пределах от  $T_1$  до  $T_2$  (рис. 1) не изменяют положения ВАХ, а сказываются лишь на значениях токов насыщения. Впервые свойства ВАХ в области объёмного электронного заряда были реализованы в трёхэлектродной лампе (триоде) как для усиления, так и для генерирования эл.-магн. колебаний.

Конструктивно триод отличается от диода тем, что в межэлектродное пространство последнего вблизи катода вводят третий управляющий электрод — сетку, проницаемую для электронного потока, движущегося с катода на

анод. Такой триод с потенциалом на управляющей сетке  $U_c$ , а на аноде —  $U_a$  можно рассматривать как эквивалентный диод с действующим анодным потенциалом  $U_d = U_c + DU_a$  и вольт-амперной характеристикой, определяемой в области объёмного электронного заряда зависимостью

$$i_a = CU_d^{3/2} = C(U_c + DU_a)^{3/2}, \quad (3)$$

где  $D$  — проницаемость триода.

Наличие сетки в триоде открывает возможности более эфф. управления анодным током по сравнению с диодом. Если последний имеет единственную ВАХ в режиме объёмного электронного заряда, то триод — целый семейства как анодно-сеточных (рис. 2), так и анодных характеристик (рис. 3).

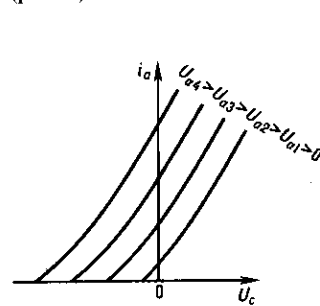


Рис. 2. Семейство анодно-сеточных характеристик триода.

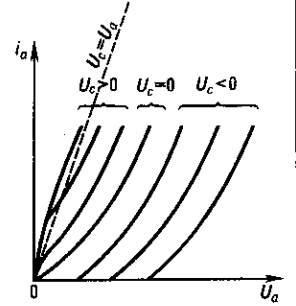


Рис. 3. Семейство анодных характеристик триода.

Триод заданной конструкции характеризуется следующими параметрами:

$$\text{крутизна ВАХ } S = \left(\frac{\Delta i_a}{\Delta U_c}\right)_{U_a = \text{const}},$$

$$\text{внутр. сопротивление } R_i = \left(\frac{\Delta U_a}{\Delta i_a}\right)_{U_c = \text{const}},$$

$$\text{коэф. усиления } \mu = \left(\frac{\Delta U_a}{\Delta U_c}\right)_{i_a = \text{const}}.$$

Параметры триода связаны простым соотношением  $\mu = SR_i$ , называемым внутренним уравнением триода, к-рое соответствует его характеристикам в стационарном режиме работы, без нагрузки в его анодной и сеточных цепях.

Усилит. свойства триода наиб. ярко проявляются при подаче на его сетку перем. напряжения  $\tilde{U}_c$  небольшой амплитуды. При этом даже слабые изменения потенциала сетки вызывают заметные изменения анодного тока  $i_a$  и соответствующие изменения полезной перем. мощности  $\tilde{P}_a$ , выделяемой в нагрузку  $R_a$  анодной цепи:  $\tilde{P}_a = \tilde{i}_a^2 R_a$  или  $\tilde{P}_a = \tilde{i}_a \tilde{U}_a$ , где  $\tilde{U}_a = \tilde{i}_a R_a$ . Работа триода в режиме генерирования колебаний характеризуется наличием в анодной цепи колебат. контура (ёмкостей и индуктивностей), генерирующего эл.-магн. колебания, при этом уровень выходной мощности намного выше, чем в режиме усиления.

В тетроде, равно как и в др. многосеточных Э. л., выполняется закон трёх вторых в виде  $\tilde{i}_a = C U_d^{3/2}$ , где  $\tilde{i}_a$  — суммарный ток, отбираемый в цепи всех электродов лампы из области объёмного электронного заряда, а  $U_d = U_{c1} + DU_{c2} + D_1 D_2 U_a$ , где, в свою очередь,  $D_1$  и  $D_2$  — проницаемости первой (управляющей) и второй (экранирующей) сеток тетрода. Введение второй сетки в тетроде позволяет повысить крутизну его характеристики и, следовательно, коэф. усиления прибора. Однако в тетроде, экранирующая сетка к-рого имеет положит. потенциал, близкий по своему значению к анодному, очень сильно проявляется динаatronный эффект — вторичная электронная эмиссия с анода на экранирующую сетку, ток к-рой нарушает работу прибора. Для устранения этого эффекта в пространство между экранирующей сеткой и анодом вводится дополнительная третья сетка — защитная (антидинаatronная) с потенциалом катода. В таком приборе —