

ВЗРЫВНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ ЭМИССИЯ — возникновение электронного тока из металлич. эмиттера вследствие перехода материала эмиттера из конденсир. фазы в плотную плазму в результате разогрева локальных микроскопич. областей эмиттера током *автоэлектронной эмиссии*. В. э. э. используется в импульсных генераторах мощных электронных пучков и рентг. лучей. Это единств. вид *электронной эмиссии*, к-рый позволяет получать потоки электронов мощностью до 10^{13} Вт с плотностью тока до 10^9 А/см². Плотность тока *термоэлектронной эмиссии* ограничена темп-рой плавления эмиттера. Повышение плотности тока j при *фотоэлектронной эмиссии* требует столь мощных источников излучения, что это приводит к разрушению поверхности эмиттера. С помощью автоэлектронной эмиссии принципиально возможно получение $j \sim 10^6 - 10^8$ А/см², но для этого нужны эмиттеры в виде совокупности большого числа острий идентичной формы, что практически невозможно. Кроме того, увеличение j до 10^8 А/см² приводит к взрывообразному разрушению всего эмиттера.

Для получения В. э. э. необходимо создать на поверхности эмиттера первонач. фазовый переход металл—плазма, к-рый бы обеспечил ток электронов, способный затем поддерживать этот переход. Такой переход создаётся посредством концентрации большой энергии в микрообъёме эмиттера, достаточной для взрыва этого объёма. Большая концентрация энергии в микрообъёме может осуществляться разл. способами, напр. ударом быстрой макрочастицы о катод, с помощью сфокусир. луча лазера и т. д. Наиб. часто для иницирования В. э. э. используется автоэлектронная эмиссия. Ток автоэлектронной эмиссии разогревает микрообъём эмиттера за счёт джоулева тепла и *Ноттингема эффекта*. Оба эти эффекта приводят к повышению электронной темп-ры T_e (к «разогреву» электронов; см. *Горячие электроны*). Темп-ра кристаллич. решётки повышается в результате *электроинфононного взаимодействия*. Время запаздывания t_3 взрыва кончика острия относительно подачи импульса напряжения определяется скоростью передачи энергии от электронного газа к решётке. Это создаёт возможность для получения мощных кратковременных импульсов электронного тока без разрушения эмиттера.

Время запаздывания t_3 связано с плотностью электронного тока j соотношением

$$j^2 t_3 = A, \quad (1)$$

СВЧ-, рентг. и ИК-излучений, для накачки *газовых лазеров*. В генераторах электронных пучков электроны через полый анод выводятся за пределы диода. В генераторах рентг. импульсов они направляются на установленную на аноде мишень.

Лит.: М е с я ц Г. А., Ф у р с е й Г. Н., Взрывная электронная эмиссия начальных стадий вакуумных разрядов, в кн.: Ненакачиваемые катоды, под ред. М. П. Елинцова, М., 1974; Б у г а е в С. П. и др., Взрывная эмиссия электронов, «УФН», 1975, т. 115, с. 101; М е с я ц Г. А., Первичные и вторичные процессы взрывной электронной эмиссии, «Ж. прикл. мех. и техн. физ.», 1980, № 3, с. 138. Г. А. Месля.

где A — постоянная (в широком интервале j), характерная для материала эмиттера, напр. для $W A = 4 \cdot 10^9$ А² с/см⁴. Поэтому при $j = 10^9$ А/см² $t_3 = 10^{-9}$ с, что достигается при электрич. поле $E \sim 10^8$ В/см. Поле такой величины можно получить вблизи поверхности очень тонкого металлич. острия. Однако В. э. э. возникает и на плоских эмиттерах и при меньших полях ($E \sim 10^5$ в/см) из-за того, что на их поверхности обычно имеются диэлектрич. включения, плёнки и микроскопич. выступы. В результате в отд. точках поверхности поле увеличивается в неск. раз, и *работа выхода* электронов снижается.

После взрыва микрообъёма эмиттера образуется т. н. *катодный факел*, состоящий из плазмы и паров материала эмиттера. Распределение концентрации частиц в плазме в катодном факеле неоднородно (у поверхности превышает 10^{20} см⁻³ и уменьшается по мере удаления от неё). Плазма расширяется, заполняя вакуумный промежуток. В нач. период ($t < 10^{-7}$ с) скорость v разлёта плазмы для большинства металлов составляет $(1-3) \cdot 10^6$ см/с, а затем уменьшается больше чем на порядок. Расширение факела сопровождается интенсивной электронной эмиссией из плазмы. Электроны покидают факел, пересекают вакуумный промежуток и падают на анод.

Расчёт тока В. э. э. (без учёта релятивистских эффектов и магн. поля, создаваемого пучком) приводит к ф-ле:

$$j = BU^{3/2} F(x), \quad (2)$$

где B — константа, U — разность потенциалов между фронтом плазмы и анодом, F — ф-ция аргумента $x = vt/d$, где d — расстояние между электродами, vt — радиус плазменного сгустка, t — время. Ф-ция F определяется геометрией вакуумного промежутка. Для случая, когда факел образуется на кончике острия эмиттера при $vt/d \ll 1$ ф-ция $F = Cvt/d$, где $C = 37 \cdot 10^{-6} ab^{3/2}$ (a и b — радиусы анода и острия). В процессе разлёта плазмы её концентрация снижается (ср. концентрация частиц в плазме при токе ~ 100 А за время от 5 до 20 нс от начала В. э. э. уменьшается с 10^{17} до 5×10^{15} см⁻³). Когда она снизится настолько, что пропускаемый ею ток сравняется с током, определяемым *Ленгмюра формулой*, скорость движения её границы замедлится. Это приведёт к замедлению роста тока по сравнению с ф-лой Ленгмюра. В этом случае электронный ток будет равен термоэлектронному току плазмы (*режим насыщения*).

По истечении к-рого времени с момента образования факела, когда плотность тока, отбрасанного из плазмы, достигает величины $\sim 10^2$ А/см², насыщение сменяется неустойчивым режимом, для к-рого характерно появление хаотич. всплесков тока [их амплитуда в 2—3 раза превосходит ток, определяемый ф-лой (2), а длительность 10^{-8} с]. Выход электронов из эмиттера в плазму обусловлен термоэлектронной эмиссией под действием электрич. поля, возникающего на границе эмиттер—плазма. Когда это поле достигает $(0,6-1) \cdot 10^8$ В/см, это приводит к новому акту взрыва. Описанная выше картина имеет место, если ток насыщения ~ 10 А. При меньших токах ($\sim 1-2$ А) фаза насыщения может завершиться обрывом тока, т. к. процессы отбора тока электронов с катода при В. э. э. и генерации плазмы на катоде, создающие условия для В. э. э., взаимосвязаны: чем меньше ток, тем меньше генерируется плазмы. Существует пороговый ток, ниже к-рого В. э. э. не развивается.

На базе В. э. э. созданы т. н. *сильноточные вакуумные диоды*, генерирующие мощные импульсы электронного тока. Предельная длительность импульса тока ограничена временем, в течение к-рого происходит замыкание вакуумного промежутка плазмой. Обычно это 10^{-7} с. Плотность тока достигает 10^7 А/см². Такие диоды применяются для исследования плазмы, радиац. дефектов в кристаллах для генерации