Доклады Академии наук СССР
1955. Том 102, № 6

ФИЗИКА

Н. Д. МОРГУЛИС и Г. Я. ПИКУС

МАСС-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЗОВ, СОДЕРЖАЩИХСЯ В ЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРАХ С РАБОТАЮЩИМ ОКСИДНЫМ ТЕРМОКАТОДОМ

(Представлено академиком С. А. Векшинским 24 II 1955)

Термоэлектронный оксидный катод является в настоящее время объектом многочисленных исследований (1). Большое значение приобретает вопрос о взаимодействии этого катода с остаточными газами в электронном приборе (2), которое может приводить к распылению ионной бомбардировкой его поверхностной активной пленки и к отравлению, т. е. химическому связыванию активной примеси металлического бария в приповерхностном слое катода. Для того чтобы правильно оценить действие остаточных газов, необходимо знать не только их суммарное давление, но и состав и количество в реальных электронных приборах с работающим оксидным термоэлектронным катодом; однако по этому важному вопросу в настоящее время мы располагаем лишь незначительными и случайными данными (3). Поэтому и была предпринята настоящая работа; ее результаты в общем случае могут зависеть от конкретной технологии, типа и режима работы соответствующего электронного прибора. На данном же этапе нашей работы мы ограничились пока некоторым типичным случаем.

Нами была использована масс-спектрометрическая методика с цельностеклянной отпаянной высоковакуумной электронной лампой-анализатором, содержавшей исследуемый оксидный термокатод, и с секторным 60-градусным магнитным полем. Средняя часть разработанной для этой цели экспериментальной лампы, состоявшая из трубки диаметром 12 мм, была изогнута в виде дуги с углом в 60° и радиусом кривизны 120 мм и покрыта изнутри слоем аквадага. С одного края лампы находилась система исследуемого оксидного катода, электродов и ионного источника с вольфрамовой нитью, с другого — коллектор ионов; ширина входной и выходной щелей была по 0,5 мм, и следовательно, теоретическая разрешающая способность анализатора $\frac{\Delta m}{m} = \frac{d_1 + d_2}{R} \leqslant 0{,}01$, что для нашей цели было вполне достаточно. Масс-спектрограммы снимались по точкам обычно в наиболее интересной для нас области масс $m \leqslant 50$, хотя прибор позволял получать результаты гораздо дальше, до $m > 200$, т. е. в области испарения компонентов оксидного катода. Получаемые ионы в системе источника ускорялись до 800 в; их ток в цепи коллектора измерялся ламповым усилителем постоянного тока с чувствительностью $\approx 10^{-15}$ а. Градуировка системы производилась по источнику с известным спектром масс. К лампе был также припаян модифицированный ионизационный манометр с коллектором-нитью (4), позволявший надежно измерять суммарное давление всех остаточных газов в лампе до очень низких значений. Исследуемые лампы тщательно откачивались и обезгаживались, затем производилось активирование оксидного катода, распыление бариевого газопоглотителя, расположенного вблизи катода,

и т. д., в соответствии с принятой в этих случаях технологией. В результате этого начальное давление в лампах сразу после их отпайки было $\approx 10^{-6} — 10^{-7}$ мм, и оксидный катод (керн из кремнистого никеля с двухкарбонатным покрытием) имел обычную для него хорошую эмиссионную способность.

Исследуемые лампы после изготовления ставились на испытание, их оксидный катод накалялся до рабочей температуры $\approx 800°$, давая при этом обычный непрерывный эмиссионный ток с плотностью ≈ 25 ма/см^2 при анодном напряжении 40 в. В этих условиях испытание продолжалось 300 час., причем периодически при работающем катоде производилось определение масс-спектрограммы и суммарного давления находящихся в лампе газов. Затем катод был выключен и через некоторое время, как, например, в одном случае еще через 330 час., производился контрольный замер всех исследуемых параметров.

Результаты, полученные для одной из ламп, сводятся к следующему: непосредственно перед постановкой лампы на испытание была определена масс-спектрограмма начального фона, т. е. содержавшихся в ней газов. Затем оксидный катод включался на испытание, и через короткое время порядка $^1/_2$ часа снова определялась масс-спектрограмма газов в лампе, которая и принималась как начальная для всего последующего цикла испытаний; при этом суммарное давление газов было $p = 6 \cdot 10^{-7}$ мм. Обращает на себя внимание появление значительных количеств H_2, N_2+CO и O_2, заметного количества H, He, N, O, H_2O, CO_2 и др.

На рис. 1 слева представлено изменение главных компонентов содержавшихся в лампе газов на протяжении 300 час. работы оксидного катода, когда суммарное давление снизилось до $8 \cdot 10^{-8}$ мм. Мы видим, что связывание разных газов в нашей лампе происходит совершенно различным образом и что в ней в заметном количестве еще остаются H_2 и O_2 и сильно возрастает содержание He; отметим еще, что основные изменения происходили в течение первых ~ 50 час. работы катода.

Особо примечательным и даже неожиданным является то, что в этих условиях в электронном приборе иногда может длительно сохраняться заметное количество кислорода, в то время как другие газы существенно связываются. Например, в случае одной из испытанных ламп, у которой конечное давление было гораздо ниже, чем у только что описанной ($7 \cdot 10^{-9}$ мм), доля кислорода в общем количестве остаточных газов была примерно такой же. Единственной причиной этого может быть выделение O_2 при работе оксидного катода за счет непрерывного разложения и электролиза окислов щелочноземельных металлов. Парциальное давление кислорода в лампе после 300 час. работы, как вытекает из рис. 1, может иметь порядок $10^{-8} — 10^{-9}$ мм. Последняя величина является весьма заметной с точки зрения возможного отравления катода ([2]), хотя в нашем опыте эмиссионная способность его оставалась все время нормальной и в процессе испытания даже несколько возрастала за счет непрерывной реактивации. После первых 50 час. (рис. 1, слева) устанавливается приближенно состояние динамического равновесия между выделением O_2 из работающего оксидного катода и его заметным ионизационным связыванием бариевым газопоглотителем ([5]). Наоборот, хотя скорость связывания этим газопоглотителем N_2 гораздо меньше, чем O_2 ([5]), содержание смеси газов N_2+CO ($m = 28$) в этих же условиях непрерывно и сильно падает, так как во время работы катода отсутствует, очевидно, их заметное выделение (судя по продуктам диссоциации, в смеси молекул $N_2 + CO$, вероятно, преобладает N_2 ([6])).

Значительный интерес представляет также ход содержания H_2 и He, особенно если обратиться к правой части рис. 1, где показано изменение компонентов газа за 330 час. пребывания лампы в нерабочем состоянии после 300 час. работы оксидного катода. При этом количество He растет

непрерывно в течение всех 630 час., количество же H_2 уменьшается во время работы, но сильно возрастает в течение нерабочего периода. Кстати, количество третьего существенного компонента — O_2 — в этих же условиях изменялось незначительно.

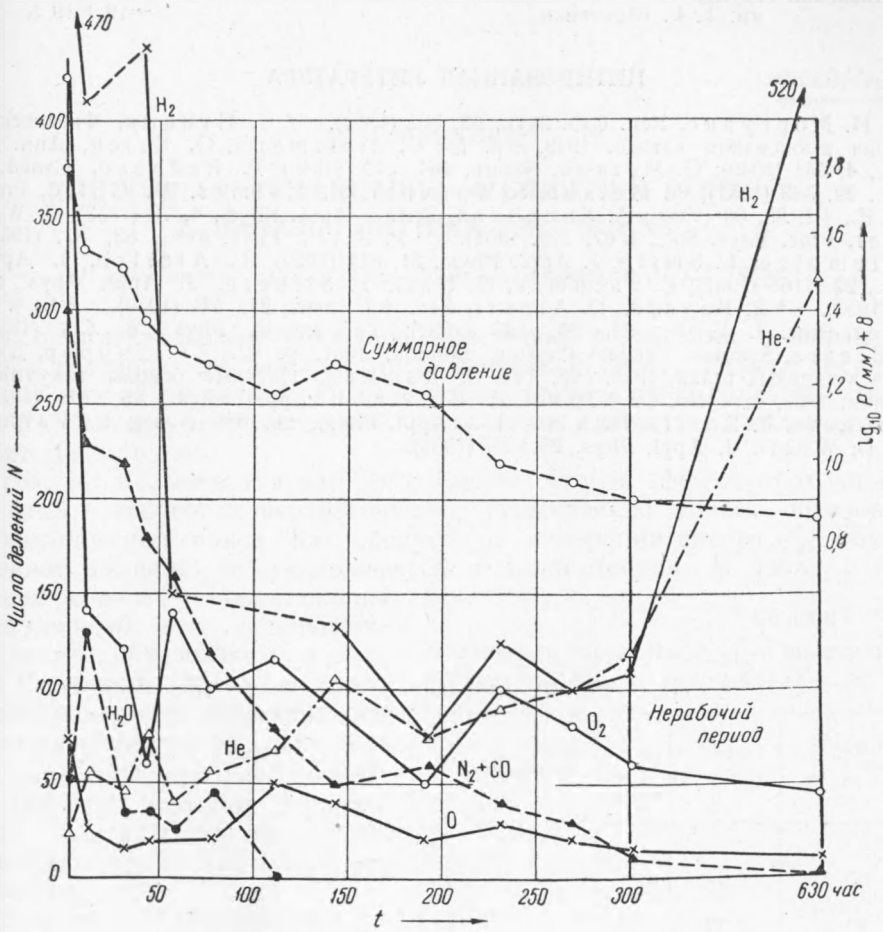


Рис. 1

Естественное объяснение этого явления заключается в диффузии H_2 и He из внешней атмосферы внутрь высоковакуумной лампы сквозь ее стеклянную оболочку ([7]) (молибденовое стекло) при частичном ионизационном связывании H_2 в течение рабочего периода. По данным правой части рис. 1 можно оценить порядок величины коэффициентов диффузии при комнатной температуре; например, для He он оказывается $\approx 10^{-12}$ см$^2 \cdot$ сек$^{-1}$. Этот диффузионный поток будет, естественно, ограничивать предельное значение давления остаточных H_2 и He в высоковакуумных лампах со стеклянной оболочкой ([7]). Эти газы могут вызвать некоторое отравление и распыление оксидного катода, т. е. образование неактивных гидридов бария, и удаление поверхностной активной пленки. Из хода кривых правой части рис. 1 видно также, что в нашем случае выделение H_2O, N_2, O_2 и т. д. стеклянной оболочкой, поверхностью аквадага и металлической арматурой лампы было ничтожно малым. Отметим, наконец, что в соответствии с литературными данными ([1]) накаленный оксидный катод дает непосредственно заметную эмиссию отрицательных ионов; в нашем случае после 630 час. испытаний она состояла, в основном, из ионов O_2^-.

Таким образом, изложенная здесь работа привела к ряду данных, существенных для понимания условий работы реальных оксидных термокатодов в современных высоковакуумных электронных приборах.

Киевский государственный университет
им. Т. Г. Шевченко

Поступило
19 I 1955

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] Н. Моргулис, Усп. физ. наук, **53**, 501 (1954). [2] С. Птицын, Физические явления в оксидном катоде, 1949, стр. 50; G. Herrmann, O. Krieg, Ann. d. Phys., **4**, 441 (1949); G. Metson, Nature, **164**, 540 (1949); P. Redhead, Canad. J. Phys., **29**, 362 (1951); G. Metson, S. Wagener, M. Holmes, M. Child, Proc. J. E. E., III, **99**, 69 (1952); A. Shepherd, Brit. J. Appl. Phys., **4**, 70 (1953); S. Wagener, Proc. Phys. Soc., B **67**, 369 (1954). [3] P. Stier. Phys. Rev., **83**, 877 (1951); R. Plumplee, L. Smith, J. Appl. Phys., **21**, 811 (1950); L. Aldrich, J. Appl. Phys., **22**, 1168 (1951); C. Bachman, G. Hall, P. Silberg, J. Appl. Phys., **24**, 427 (1953). [4] R. Bayard, D. Alpert, Rev. Sci. Instr., **21**, 571 (1950). [5] S. Wagener, Proc. J. E. E., III, **99**, 135 (1952); Zs. angew. Phys., **6**, 433 (1954). [6] J. Blears, Sympos. Vacuum Physics, London, 1951, p. 42. [7] Р. Бэррер, Диффузия в твердых телах, 1948, стр. 140; С. Дэшман, Научные основы вакуумной техники, 1950, стр. 418; D. Alpert, R. Buritz, J. Appl. Phys., **25**, 202 (1954); W. Rogers, R. Buritz, D. Alpert, J. Appl. Phys., **25**, 868 (1954); L. Varnerin, D. White, J. Appl. Phys., **25**, 1207 (1954).