

Оба этих процесса должны, очевидно, иметь различные постоянные времени, в результате чего их относительная роль на различных этапах отравления должна быть существенно отличной. Так, из-за малой проницаемости W-губки основную роль в начальное время отравления, очевидно, должен играть эффект связывания поверхностной пленки бария, и лишь когда диффузия кислорода сквозь поры W-губки приведет к существенному изменению давления паров бария в камере катода, можно ожидать существенного влияния второго из указанных выше механизмов отравления.

Как видно из приведенных на рис. 1—3 данных, кривые изменения активности катода со временем действия кислорода действительно отличаются резким спаданием эмиссии в начальное время и очень медленным ее изменением в последующее время отравления, что вполне согласуется с изложенным выше.

Нетрудно также видеть, что с таким представлением о сущности механизма отравления вполне могут быть согласованы и данные о зависимости скорости реактивации катода от времени его экспозиции в атмосфере кислорода (см. рис. 3). Естественное объяснение этой зависимости может заключаться в том, что при длительном отравлении для полной реактивации катода необходимо восстановление как нормального давления паров бария в камере катода, так и условий переноса бария сквозь губку катода.

В заключение необходимо указать, что наши данные по отравлению кислородом ПМП-катода существенно отличаются от данных, изложенных в работе [11], согласно которым отравление катода наблюдается при значительно более высоких, чем у нас, давлениях кислорода. В этой работе не содержится описания методики и условий опыта, поэтому причина указанного расхождения остается непонятной.

В настоящей работе изложены данные экспериментального исследования влияния кислорода на электронную эмиссию ПМП-катода с оксидно-бариевым наполнителем. Из этих данных, в частности, следует, что для нормальной работы ПМП-катода необходимо, чтобы парциальное давление кислорода в электронном приборе было, при рабочей температуре катода $T \approx 1000^\circ\text{C}$, не выше $1 \cdot 10^{-7}$ мм рт. ст. На основании полученных в работе экспериментальных данных сделан ряд заключений относительно физической природы активности ПМП-катода и характера взаимодействия его поверхности с атмосферой молекулярного кислорода.

В заключение авторы выражают свою признательность чл.-корр. АН УССР Н. Д. Моргулис за ценные указания при обсуждении настоящей работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Г. Я. Пикус, Кандидатская диссертация (автореферат), КГУ, 1956; Ю. Г. Птушинский, Б. А. Чуйков, Радиотехника и электроника, 1957, 2, 12, 1497.
2. S. Wagoner, Proc. Phys. Soc., 1954, 67, 369.
3. А. Кулик, Н. Находкин, Изв. АН СССР, серия физ., 1956, 20, 10, 1096.
4. J. Horseling, Phillips Tech. Rev., 1955, 17, 184.
5. Я. П. Зингерман, В. А. Морозовский, Радиотехника и электроника, 1957, 2, 12, 1536.
6. D. L. Schaefer, I. E. White, J. Appl. Phys., 1952, 23, 669.
7. F. K. Du Pre, E. S. Rittner, Phys. Rev., 1951, 82, 574.
8. Н. Д. Моргулис, Радиотехника и электроника, 1957, 2, 12, 1471; I. B. Goldie, R. O. Senkins, Br. J. Appl. Phys., 1957, 8, 27.
9. А. Л. Рейман, Термоионная эмиссия, ГТТИ, 1940, гл. 10.
10. Н. Д. Моргулис, ЖТФ, 1956, 26, 536.
11. S. Fugawa, S. Adachi, Le Vide, 1954, 54, 273.
12. R. C. L. Bosworth, E. K. Rideal, Physica, 1937, 4, 925.

Ин-т физики АН УССР,
г. Киев

Поступила в редакцию
8 V 1957

ТЕРМОХИМИЧЕСКОЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ БАРИЯ ИЗ ЕГО ОКСИДА РАЗЛИЧНЫМИ АКТИВАТОРАМИ

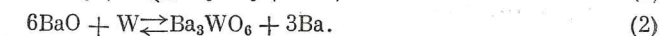
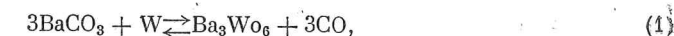
Ю. С. Ведула, В. М. Гаврилюк

Произведено экспериментальное изучение температурных зависимостей давления насыщенного пара бария над реакциями BaO (продукта термического разложения BaCO₃) с Mo, W, Si, Ta и Ti.

ВВЕДЕНИЕ

Термохимические реакции восстановления бария из BaO различными активирующими присадками являются одним из поставщиков свободного бария, необходимого для нормальной работы современных эффективных термокатодов (оксидного и пористого металло-пленочного).

В литературе опубликованы работы, посвященные в большинстве случаев термодинамическому расчету таких реакций [1—4]. Из экспериментальных исследований наибольший интерес представляют работы Хьюза, Коппола и Эванса [5], Мура, Аллисона и Моррисона [6] и Никоннова [7]. В [5] методами рентгеновского и спектрального анализа были идентифицированы следующие химические реакции, идущие при нагревании в вакууме карбоната бария в контакте с вольфрамом:



Реакция (1) идет с заметной скоростью уже при 600°C (см. также [8]), реакция (2) — при 1000°C . Кроме этих реакций и реакции термического разложения BaCO₃ (800 — 900°C) могут идти также реакции окисления W до WO₃ двуокисью углерода, образующейся при разложении BaCO₃, а также соединения WO₃ с BaCO₃ с образованием BaWO₄ и CO₂.

В работах [6, 7] авторы объединили количественное экспериментальное исследование реакции между SrO и вольфрамом, а также и другими активаторами, с применением термохимических расчетов; в [6] были использованы методы меченых атомов и метод Берденниковой [9]; в [7] — метод меченых атомов.

Укажем также на работы Олдрича [10] и Пельчовича [11], в которых произведено масс-спектрометрическое определение газообразных продуктов, выделяющихся при реакциях BaO, (Ba, Sr)O и (Ba, Sr, Ca)O с различными активаторами. В [11] определены, кроме того, температурные зависимости относительной скорости выделения некоторых из этих продуктов.

Для выяснения механизма работы эффективных термокатодов важно знать величину давления насыщенного пара бария над смесями BaO с активаторами и его температурную зависимость. Измерение этих величин для различных реакций и являлось целью настоящей работы.

1. МЕТОДИКА. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЛАМПА

Атомы бария, адсорбируясь на поверхности вольфрама, очень сильно уменьшают его работу выхода. Одним из авторов настоящей статьи была измерена зависимость работы выхода ϕ вольфрама от поверхностной концентрации n атомов бария $\phi(n)$ [12]. Величина n , соответствующая минимуму на кривой $\phi(n)$, для прокатанной вольфрамовой ленты (преимуще-

ственная ориентация поверхностных граней (100), плотность атомов вольфрама на поверхности $1 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2}$) равна примерно $4 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-2}$. Она определена с точностью $\pm 10\%$ без учета возможного частичного отражения атомов Ва при конденсации на вольфраме.

Если на пути потока атомов бария, покидающих реагирующую смесь, поместить вольфрамовую ленту и измерять изменение ее работы выхода со временем, то можно, пользуясь зависимостью $\phi(n)$ из [12], определить скорость испарения, а значит и давление пара бария. Чувствительность этого метода в наших опытах была не менее 10^{-9} г .

Опыты производились в лампах, одна из которых схематически изображена на рис. 1.

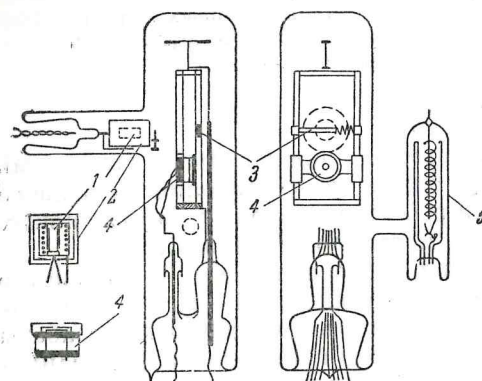


Рис. 1. Схематическое изображение экспериментальной лампы:

1 — контейнер; 2 — нагреватель; 3 — вольфрамовая лента; 4 — электронная пушка; 5 — ионизационный манометр типа Альперта [13]

тенциала вольфрамовой ленты за сутки было обычно менее 0,1 эв.

Исследуемая реакция шла в молибденовом контейнере 1, который состоял из двух полых цилиндров, плотно вдвигающихся друг в друга. В дне контейнера имелось отверстие диаметром 0,5—0,7 мм (отношение площади отверстия к полной площади поверхности контейнера было значительно меньше, чем 0,01). Постоянство температуры контролировалось $\text{Pt} - \text{Pt/Rh}$ -термопарой. Абсолютные измерения температуры производились пирометрированием отверстия контейнера — «черного тела». Вводились определенные экспериментально поправки на поглощение в стекле.

Поток атомов бария, выходящий из отверстия контейнера, падал на вольфрамовую ленту 3, которая перед измерениями прокаливалась для очистки ее поверхности при 3000°K .

Измерение работы выхода определялось по сдвигу вольтамперных характеристик при помощи электронной пушки. Пушка могла перемещаться по керамическим стержням. Поэтому ее можно было то убирать в сторону, давая возможность потоку атомов бария попадать на ленту, то ставить ее против ленты и производить измерения.

В наших опытах определялось время достижения минимума работы выхода ($n_m = 4 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-2}$), а затем по формуле [15]

$$p = 2,83 \cdot 10^{-23} (MT)^{1/2} \left(\frac{r}{r_{\text{отв}}} \right)^2 N \quad (3)$$

вычисляли равновесное давление пара бария в контейнере. В этой формуле r — расстояние от ленты до отверстия в контейнере; $r_{\text{отв}}$ — радиус отверстия в контейнере; N — поток атомов Ва на поверхность ленты. Большим преимуществом этого метода является возможность измерения всей кривой $p_{\text{Ва}} = f(T)$, тогда как, например, методом Берденниковой в одной лампе можно получить лишь одну точку этой кривой. В контейнер поме-

Лампы откачивались на вакуумной установке с диффузионным масляным насосом и ловушкой, охлаждаемой жидким азотом. Стекло и металлические части тщательно обезгаживались. Откачка длилась обычно 20—25 час. К концу откачки давление в лампе достигало $(1 \div 3) 10^{-7} \text{ мм рт. ст.}$ Дальнейшее понижение давления в отпаянной лампе осуществлялось геттером и ионизационным манометром 5. Во время измерений давление не превышало $(3 \div 5) 10^{-8} \text{ мм рт. ст.}$ Парциальное давление активной компоненты было, вероятно, гораздо меньше [14], об этом же свидетельствует то обстоятельство, что изменение контактного по-

щалась таблетка смеси BaCO_3 с исследуемым активатором в случае активатора-порошка или цилиндрок с нанесенной на его поверхность водной суспензией BaCO_3 в случае активатора в виде жести или ленты.

Прежде чем приступить к измерениям, определялась температурная зависимость давления паров бария в нашем молибденовом контейнере, когда в него загружен чистый BaCO_3 . Результаты этих опытов приведены на рис. 2 (кривая 1, кружочки). Для сравнения на нем приведены расчетные данные Риттнера [2] (кривая 3), а также экспериментальные данные Зайцевой (крестики), полученные в нашей лаборатории по методу Берденниковой для BaCO_3 , нанесенного на молибденовую ленту. Как видно из рисунка, согласие между данными, полученными различными методами, и расчетом вполне удовлетворительное.

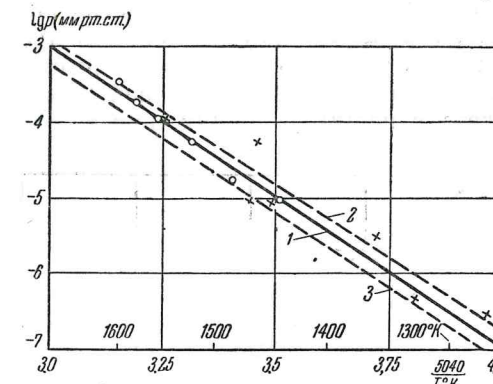


Рис. 2. Зависимость давления паров бария от температуры для реакции BaO с Mo -активатором:

1 — экспериментальная кривая; 2 — расчетные данные [2]; 3 — зависимость давления от температуры BaO [18]

Вместе с атомами бария, вообще говоря, из контейнера могут испаряться и молекулы окиси бария. Эти молекулы тоже значительно снижают работу выхода вольфрама [16, 17]. На рис. 2 приведена также температурная зависимость давления паров окиси бария (кривая 2) [18]. Как видно из рисунка, эта зависимость практически совпадает с зависимостью для давления пара бария над реакцией BaO с Mo . Поэтому к данным, полученным нашим методом, для этой реакции следует относиться очень осторожно. Обнадеживающим обстоятельством является совпадение наших результатов с результатами Зайцевой, полученными методом Берденниковой.

Для всех остальных изучавшихся нами реакций давление паров бария было гораздо больше давления BaO , так что это опасение относительно возможных ошибок, связанных с одновременным осаждением на вольфрамовую ленту Ва и BaO , во всех этих случаях в значительной степени отпадает.

2. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕАКЦИЙ BaCO_3 и BaO (ПРОДУКТА РАЗЛОЖЕНИЯ BaCO_3) С РАЗЛИЧНЫМИ АКТИВАТОРАМИ

В о л ь ф р а м. Мы использовали активатор-вольфрам как в виде мелкозернистого порошка (отожженный в H_2 , марки ВЧ; состав порошка по размерам зерен: меньше 0,6 мк — 53%, от 0,6 до 1,2 мк — 31,5%, от 1,2 до 1,8 мк — 12%, от 1,8 до 2,4 мк — 3,5%, содержание вольфрама в порошке не менее 98,8%*), так и в виде прокатанной ленты (лента толщиной 30—70 мк; содержание: W — 99,96%, Mo — 0,02%, P_2O_5 — 0,01%, SiO_2 — 0,01%).

Результаты исследования приведены на рис. 3. Этот рисунок позволяет заключить, что при реакции BaO с вольфрамовой лентой (кривая 1) давление паров Ва гораздо больше, чем в случае Mo -активатора; в этих опытах, вероятно, идет реакция (2), так как по данным работы [6] из всех возможных реакций BaCO_3 и BaO с W только эта реакция сопровождается выделением свободного бария.

На рис. 3 (кривая 2) приведены для сравнения данные Зайцевой [4], полученные путем термодинамического расчета реакции (2). Как видно

* Химический анализ вольфрамового порошка был любезно произведен И. Б. Мицейкой, за что авторы выражают ей глубокую благодарность.

из сравнения, имеется более или менее удовлетворительное согласие между ее расчетом и экспериментом. Однако наши данные не согласуются с расчетом Броди и Дженкинса [19]. Здесь необходимо отметить, что оба расчета Зайцевой и Броди — Дженкинса произведены неточно, так как неизвестна величина теплоты образования Ba_3WO_6 , а произведенная ими оценка ее весьма произвольна. С другой стороны, реакция между BaO и W (так же как и с другими исследованными нами активаторами), протекает, вообще говоря, сквозь слой продукта реакции Ba_3WO_6 , что может изменить скорость протекания реакции и, следовательно, давление насыщенного пара бария над ней. Поэтому сравнение расчета с опытом не всегда в наших условиях может служить критерием правильности того или иного расчета. Сказанное здесь относится в той или иной мере и ко всем другим исследованным в данной работе реакциям.

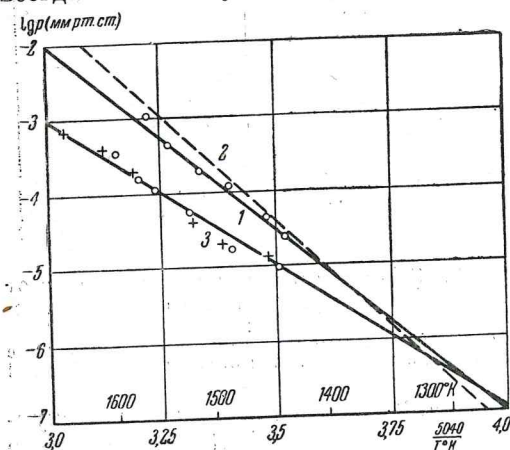
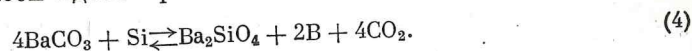


Рис. 3. Зависимость давления паров бария от температуры для реакции BaO с W -активатором: 1 — экспериментальная кривая; 2 — расчетные данные Зайцевой [4]; 3 — то же HCl для молибденового активатора (из рис. 2)

ленты (кривая 1), не приводит к заметному выделению свободного бария. Такой результат связан, вероятно, с реакцией (1), которая может идти с большей скоростью, чем реакция разложения карбоната, вследствие чего весь вольфрамовый порошок будет истрачен на образование Ba_3WO_6 без выделения бария (разложение карбоната в наших опытах длилось обычно около часа). Необходимо подчеркнуть, что полученный для вольфрамового порошка результат относится к определенным конкретным условиям опыта (размер зерен порошка, длительность разложения карбоната и т. д.) и поэтому в других условиях он может быть, вероятно, иным. Случай вольфрамовой ленты отличается от этого случая много меньшей поверхностью контакта BaCO_3 с W , что значительно уменьшает количество BaCO_3 и W , участвующее в реакции (1); в силу этого, по окончании разложения карбоната в контейнере имеются и BaO и W , т. е. может идти реакция (2). Следует также иметь в виду и то обстоятельство, что образовавшийся на поверхности вольфрамовой ленты по реакции (1) слой Ba_3WO_6 , могущий замедлить реакцию (2), может быть значительно уменьшен по толщине, если не удален полностью вследствие испарения при прогреве контейнера при температуре $\sim 1700^\circ\text{K}$ после разложения карбоната. Заметное испарение Ba_3WO_6 при подобной температуре наблюдалось в работе [5].

К р е м н и й. При изучении реакции BaO с Si использовался спектрально чистый кремний, который вводился в смесь в виде порошка. Распределение зерен порошка по размерам было таково: от 1 до 2,5 мк — 65,9%; от 2,5 до 5 мк — 16,5%; от 5 до 10 мк — 10% и более, чем 10 мк — 7,5%. Количество его в смеси вдвое превышало стехиометрическое по реакции



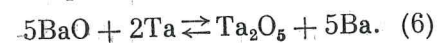
Результаты приведены на рис. 4 (кривая 1). Сравнение экспериментальных (кривая 1) результатов с расчетными (кривая 2) данными Зайцевой [4] показывают, что из всех реакций BaO с Si , для которых произведен расчет, лучше всех согласуются данные для реакции



Как видно из рисунка, несмотря на заметное различие теплот активации, полученных расчетным путем и экспериментально (3,67 и 2,6 эв), все же в изучавшемся интервале температур наблюдается хорошее согласие расчета с экспериментом.

Отметим также, что во время разложения карбоната, как показывает расчет, вероятно, могут идти реакции Si с BaCO_3 .

Т а н т а л. Мы использовали активатор-тантал как в виде порошка, так и в виде жести. В смеси BaCO_3 с танталовым порошком был двукратный избыток Ta против стехиометрии по реакции



Результаты исследования реакций BaO с Ta приведены на рис. 5 (кривые 1 и 2). Как видно из рисунка, данные для случая реакции BaO с танталовой лентой (кривая 1) и для случая реакции BaO с танталовым порошком не совпадают. Давление пара бария в последнем случае гораздо выше, чем в первом. Зависимость $\lg p = f\left(\frac{1}{T}\right)$ для смеси BaCO_3 с танталовым порошком имеет излом при температуре около 1300°K .

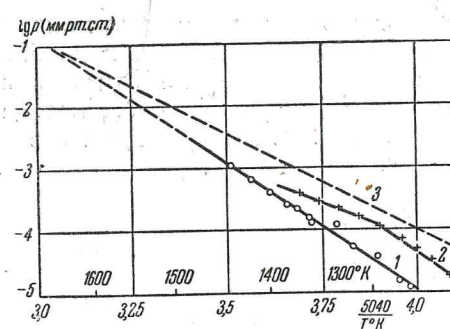


Рис. 5. Зависимость давления паров бария от температуры для реакции BaO с Ta -активатором:

1 — с Ta -лентой; 2 — с Ta -порошком; 3 — расчетные данные [2]

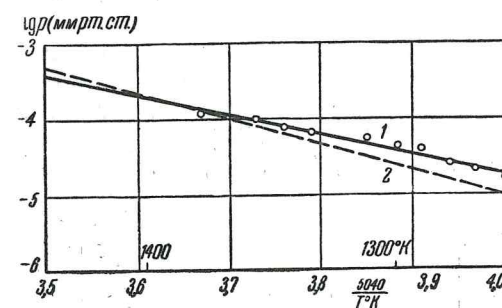


Рис. 4. Зависимость давления паров бария от температуры для реакции BaO с Si -активатором:

1 — экспериментальная кривая; 2 — расчетные данные Зайцевой [4]

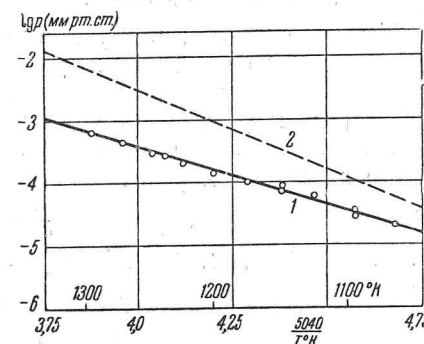


Рис. 6. Зависимость давления паров бария от температуры для реакции BaO с Ti -активатором:

1 — экспериментальная кривая; 2 — расчетные данные [2]

Термодинамический расчет [2] для реакции (6) (рис. 5, кривая 3) дает данные, расходящиеся с экспериментом. Невоспроизводимость результатов для реакции BaO с Ta пока трудно объяснить. Такая невоспроизводимость результатов для Ta наблюдалась в опытах Пельевича [11].

Т и т а н. При исследовании этой реакции использовался титан в виде порошка. Результаты приведены на рис. 6 (кривая 1). Термодинамический расчет [2] дает для реакции



данные, изображенные на рис. 6 (кривая 2) пунктирной линией. Сравнение данных расчета и эксперимента показывает на значительное превышение давления бария, полученного путем расчета, над экспериментальными данными. Это, возможно, объясняется тем, что при химическом взаимодействии BaO с Ti могут идти реакции с образованием титанатов бария, а не реакция (7).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные нами результаты сведены в таблицу, что позволяет произвести сравнение восстанавливающей способности исследованных нами активаторов. Например, при температуре активировки пористых металло-пленочных катодов ($\sim 1600^\circ\text{K}$) наименьшим восстанавливающим действием обладает Mo, затем идут Si, W и Ta; при рабочей температуре этих катодов ($\sim 1300^\circ\text{K}$) они располагаются в следующей последовательности: Mo, W, Si и Ta, Ti.

Таблица 1

№ п. п.	Реакции	Q теорет., эв	Q экспер., эв	P _{Ba} мм рт. ст. при 1273° K		P _{Ba} мм рт. ст. при 1600° K	
				теорет.	экспер.	теорет.	экспер.
1*	$4\text{BaO} + \text{Mo} \rightleftharpoons \text{BaMoO}_4 + 3\text{Ba}$	3,94	4	10^{-7}	$1,4 \cdot 10^{-7}$	$1,5 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-4}$
2 [⊙]	$6\text{BaO} + \text{W} \rightleftharpoons \text{Ba}_3\text{WO}_6 + 3\text{Ba}$	5,67	5	10^{-7}	$1,6 \cdot 10^{-7}$	$4 \cdot 10^{-3}$	$1,5 \cdot 10^{-3}$
3 [⊙]	$2\text{BaO} + \text{Si} \rightleftharpoons \text{SiO}_2 + 2\text{Ba}$	3,47	2,6	$1,3 \cdot 10^{-5}$	$2,5 \cdot 10^{-5}$	$8,4 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-4}$
4*	$5\text{BaO} + 2\text{Ta} \rightleftharpoons \text{Ta}_2\text{O}_5 + 5\text{Ba}$	3,08	4,1	$1,6 \cdot 10^{-4}$	$1,6 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-2}$
5*	$2\text{BaO} + \text{Ti} \rightleftharpoons \text{TiO}_2 + 2\text{Ba}$	2,66	1,9	$3,9 \cdot 10^{-3}$	$8 \cdot 10^{-4}$	$7 \cdot 10^{-1}$	—

* — теоретические данные Риттнера [2].

⊙ — теоретические данные Зайцевой [4].

Таким образом, полученные нами результаты дают возможность ориентироваться в выборе нужного активатора для обеспечения необходимой величины давления пара бария в рабочей камере пористого металло-пленочного катода или концентрации атомов Ba в слое оксидного катода.

В заключение мы выражаем благодарность Н. Д. Моргулису за постоянное внимание к работе и помощь при ее выполнении.

ЛИТЕРАТУРА

1. A. White, J. Appl. Phys., 1949, 20, 856.
2. E. Rittner, Philips Res. Rep., 1953, 8, 184.
3. Б. П. Никонов, Труды НИИ МРТП, 1956, 1, 17.
4. Л. С. Зайцева, Изв. АН СССР, серия физ., 1956, 20, 1123.
5. R. Hughes, P. Corroia, H. Evans, J. Appl. Phys., 1952, 23, 635.
6. G. Moor, H. Allison, J. Morrison, J. Chem. Phys., 1950, 18, 1573.
7. Б. П. Никонов, Труды НИИ МРТП, 1956, 1, 3.
8. M. Cayless, B. Watts, Brit. J. Appl. Phys., 1956, 7, 351.
9. Т. П. Берденникова, Техника завода «Светлана», ГЭИ, 1932, 3, 2, 6.
10. L. Aldrich, J. Appl. Phys., 1951, 22, 1168.
11. I. Pelchowitch, Philips Res. Rep., 1954, 9, 42.
12. В. М. Гаврилюк, Труды ИФ АН УССР, 1954, 5, 87.
13. R. Bayard, D. Alpert, Rev. Sci. Instr., 1950, 21, 571.
14. Н. Д. Моргулис, ЖТФ, 1955, 25, 1667.
15. И. Эстерман, УФН, 1947, 32, 89.
16. G. Moor, H. Allison, Phys. Rev., 1950, 77, 247.
17. В. М. Гаврилюк, Укр. физ. журн., 1956, 1, 73.
18. J. Blewett, H. Liebhaufsky, E. Hennely, J. Chem. Phys., 1939, 7, 478.
19. J. Brodie, R. Jenkins, J. Electronics, 1956, 2, 33.

Ин-т физики АН УССР,
г. Киев

Поступила в редакцию
8 V 1957

К ВОПРОСУ О МЕХАНИЗМЕ ПОСТУПЛЕНИЯ ПАРОВ АКТИВАТОРА К ВНЕШНЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ПОРИСТОГО МЕТАЛЛО-ПЛЕНОЧНОГО КАТОДА

И. М. Дыкман

Рассмотрено поступление паров активатора к эмиттирующей поверхности пористого металло-пленочного катода. Учтены два механизма поступления: кнудсеновское истечение сквозь поры и миграция по поверхности пор. Обсуждена относительная роль каждого из этих механизмов. Определена величина потока атомов (молекул) активатора сквозь пористую губку катода и указана возможность определения перепада давления паров активатора на губке катода.

Для нормальной работы пористого металло-пленочного катода (ПМП-катода) необходимо, чтобы на его внешней, эмиттирующей электроны, поверхности находилась активная пленка адсорбированных атомов (или молекул), желательной оптимальной концентрации, наиболее эффективно снижающей работу выхода. Так как при непрерывной работе катода происходит непрерывное испарение этой пленки, то для поддержания стабильности эмиссии к внешней поверхности должно поступать соответствующее количество атомов активатора. Очевидно, что установление необходимого баланса между поступающими и испаряющимися атомами активатора является одним из важнейших условий, определяющих термоэлектронные качества катода.

В ПМП-катоде необходимое поступление паров активатора (например, паров атомов бария) происходит главным образом через его поры, объем которых составляет, как правило, заметную часть полного объема катода. Согласно Н. Д. Моргулису [1], возможны два механизма прохождения бария сквозь поры губчатого катода: 1) испарение бария в поры из резервуара, в котором он образуется при работе катода (в результате химической реакции), и 2) миграция бария по внутренней поверхности пор. Так как поперечные размеры пор всегда намного меньше их длины, то практически первый из указанных механизмов прохождения бария целиком аналогичен кнудсеновскому истечению газа сквозь капиллярные трубки.

Примем, для упрощения вычислений, что поры в ПМП-катоде можно представить в виде достаточно узких цилиндрических трубок радиуса a , много меньшего длины трубки l . Примем также, что λ — длина свободного пробега атомов активатора много больше l . Такие предположения являются естественными и они достаточно хорошо отображают действительное положение. Если принять во внимание реальные размеры катода и реальную упругость паров бария, то всегда имеют место неравенства $a \ll l$, $\lambda \gg l$, и всегда можно выбрать такой участок каждой отдельной поры, который с достаточным приближением законно представить в виде цилиндра с постоянным поперечником.

Атомы активатора, попадая из резервуара в пору, схематически представлены на рис. 1*, сталкиваются со внутренними ее стенками. Как и при выводе формулы Кнудсена, можно считать, что при каждом столкновении атом адсорбируется стенкой и пребывает в связанном состоянии в течение некоторого среднего «времени жизни» τ , после чего десорбируется

* Резервуар, в котором образуется активатор в газообразном виде, на рисунке не указан. Примем, что он слева примыкает к поре.