

Н. Д. МОРГУЛИС и Я. Л. ЛЮБАРСКИЙ

РАСПЫЛЕНИЕ ОКСИДНЫХ КАТОДОВ ПРИ РАЗРЯДЕ
В РТУТНЫХ ПАРАХ

(Представлено академиком С. И. Вавиловым 25 XII 1946)

Одним из основных факторов, определяющих нормальную работу оксидных термо-катодов современных газоразрядных приборов (газотроны, тиратроны, газосветные лампы и т. д.), является их распыление при ударах положительных ионов. С целью устранения этого очень вредного явления стремятся создать условия, при которых энергия распыляющих ионов V_p не превышала бы так называемого порога распыления V_0 . К сожалению, экспериментальное определение величины V_0 для случая реального разряда с оксидным катодом очень трудно, в основном вследствие того, что распыление активной поверхностной пленки этого катода при его работе может быть полностью замаскировано происходящей одновременно его регенерацией. Вследствие этого мы не имеем в настоящее время надежных данных для величины V_0 , для которой в работах разных авторов приведены разные значения с максимумом порядка 11—12 eV⁽¹⁾. Настоящая работа имеет своей целью определить экспериментально значение V_0 для реального разряда в ртутных парах с оксидным термокатодом ввиду большой важности этого разряда⁽²⁾.

Использованная в настоящей работе лампа имела эквипотенциальный оксидный катод, к никелевому керну которого была припаяна изолированная от разряда константановая проволочка; последняя система образовывала термопару, которая позволяла следить за изменением температуры катода. Параллельно катоду была натянута нить из чистого вольфрама; определяя сдвиг вольт-амперной характеристики электронного тока с оксидного катода — источника электронов на вольфрамовую нить — коллектор электронов, можно было определить изменение контактного потенциала последней φ_k . Оксидный катод и вольфрамовая нить были заключены внутри никелевого анода с отверстием для контроля через него температуры поверхности оксидного катода при помощи оптического микропирометра Сименса. В лампу была введена капля ртути, упругость паров которой p можно было менять, помещая всю лампу в масляную баню со стеклянными стенками, где создавались разные температуры T_0 ; этим самым и можно было изменять потенциал горения нашего разряда V . Если при разряде будет происходить распыление оксидного катода, то распыляемый с его поверхности активный слой будет, в частности, осаждаться и на поверхности вольфрамовой нити, изменяя ее контактный потенциал φ_k , что и можно обнаружить по указанному выше методу. Эта методика оказалась очень удобной и эффективной в решении поставленной здесь задачи исследования именно порога распыления, а не скорости этого процесса, которой мы здесь не касаемся.

При специальной проверке методики на отсутствие искажающих влияний различных посторонних факторов выяснилось:

1. Присутствие ртутных паров в лампе не влияет заметно на изменение контактного потенциала вольфрамовой нити φ_k ; здесь, как и в вакуумном случае, оказалось, что при осаждении активной пленки из оксидного катода как за счет испарения, так и распыления

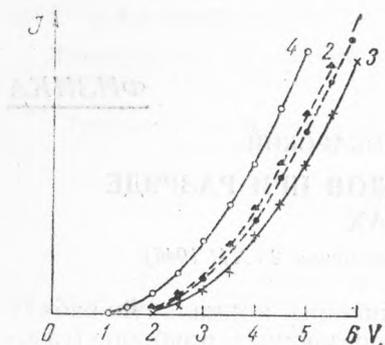


Рис. 1

эта величина φ_k изменяется постепенно до своего максимального граничного значения $\approx 2,5$ eV.

2. В реальных условиях разряда изменение контактного потенциала вольфрамовой нити происходит как за счет распыления накаливаемого оксидного катода, так и за счет термического испарения с его поверхности. Для разделения этих эффектов при неизменном накале оксидного катода определялись отдельно сдвиги характеристик сначала при выключенном, а потом при включенном разряде, за одно и то же время, с одного и того же начального состояния; больший сдвиг во втором случае

свидетельствовал о наличии распыления оксидного катода. Очищение вольфрамовой нити от активного налета после каждого цикла измерений происходило путем ее прокаливании при $T \approx 2500^\circ$ К.

3. Включение разряда может вызвать изменение температурного режима оксидного катода, что, в случае повышения температуры, могло бы привести к искажению полученных здесь результатов. Для контроля этого фактора были использованы как припаянная к катоду термopара, так и оптический микропирометр. При этом оказалось, что во всех, излагаемых ниже, случаях (рис. 1, 2 и 3) включение разряда не вызывало повышения температуры катода, а иногда вызывало даже ее небольшое понижение (малые разрядные токи), что для нас является благоприятным фактом.

4. При изменении температуры бани T_0 изменялась упругость паров ртути p и, следовательно, потенциал горения разряда V . Однако последний совсем не равен той энергии V , которую имеет распыляющий ион при ударе о катод. Точное определение энергии распыляющего иона мы вынуждены отнесты пока на будущее, хотя нами были проделаны для этой цели некоторые зондовые измерения с вольфрамовой нитью. Пока же будем характеризовать наш разряд его потенциалом горения V , имея одновременно в виду, что в двух крайних случаях: 1) обычного разряда при низком давлении (рис. 1), где длина свободного пробега электрона λ порядка междуэлектродного расстояния d , и 2) низковольтного разряда при повышенном давлении (рис. 3), где $\lambda \ll d$, энергия ионов бывает порядка величины потенциала горения V — в первом случае и потенциала возбуждения атомов ртути (4,9 eV) или, вследствие соударений с атомами газа, еще меньше — во втором случае.

Результаты наших измерений семейства вольт-амперных характеристик системы: оксидный катод — источник, вольфрамовая нить — коллектор электронов, представлены графически на рис. 1, 2 и 3 для следующих случаев: 1) рис. 1: $V=13,5$ В, $T_0=30^\circ$ С; 2) рис. 2: $V=6,9$ В, $T_0=98^\circ$ С и 3) рис. 3: $V=5,6$ В, $T_0=145^\circ$ С. На всех этих рисунках: кривая 1 — начальная, 2 — после 1 часа чистого испарения при выключенном разряде, 3 — после очистки вольфрамовой нити, 4 — после 1 часа разряда.

Рассмотрение рис. 1—3 ясно показывает, что во всех этих случаях

смещение характеристик 3—4 значительно превышает смещение характеристик 1—2 (пунктиром), т. е. во всех случаях существует заметное распыление оксидного термокатода.

Ввиду особого интереса, который имеет факт существования распыления при разряде с $V=5,6$ В (рис. 3) (низковольтная дуга), укажем еще, что: 1) в этом случае термодипа показывает даже маленькое понижение температуры катодa при включении разряда и 2) специаль-

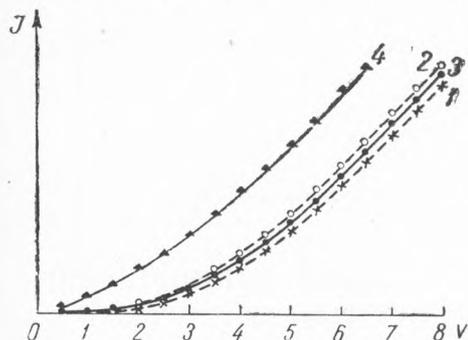


Рис. 2

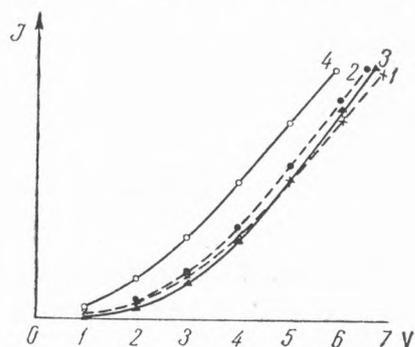


Рис. 3

ные контрольные опыты показали, что смещение характеристик 3—4 из рис. 3 могло быть получено за счет чистого испарения лишь в том случае, если бы температура катодa поднялась при включении разряда от фактической 630°C до примерно 780°C , что, конечно, совершенно исключается.

Таким образом, резюмируя изложенное выше, мы констатируем факт существования распыления оксидного катодa в ртутном разряде, даже весьма низковольтном; это явление в реальной работе соответствующих газоразрядных приборов может быть незаметным в течение долгого времени вследствие его полного маскирования происходящей одновременно регенерацией катодa. Вообще же факт очень малой величины порога распыления V_0 оксидного катодa может быть легко понят, если вспомнить, что непосредственно связанная с порогом распыления скрытая теплота испарения активной пленки с поверхности оксидного катодa L является здесь весьма малой $\approx 3,4$ eV, т. е., например, вдвое меньшей, чем эта же величина $L \approx 7,5$ eV для испарения тория с поверхности торированного вольфрама, для которого $V_0 < 13$ В. Более того, нельзя считать исключенным, что при высоких температурах термокатодов газоразрядных приборов понятие о пороге распыления может вообще потерять свой смысл, подобно случаю красной границы фотоэффекта металлов при высокой температуре в известной теории Фаулера и Дюбриджа.

Киевский государственный
университет

Поступило
25 XII 1946

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ A. Hull, Gen. El. Rev., **32**, 216 (1929); Н. Моргулис и А. Патиоха, ЖТФ, **7**, 1175 (1937); H. Rothe und W. Kleen, Telefunken Ztg., No. 71, 49 (1935); L. Koller, Physics, **7**, 225 (1936). ² Н. Моргулис и Я. Любарский, Физ. зап., **9**, 233 (1941).