

И. М. ГУРЕВИЧ

ОБ ОБРАЗОВАНИИ МЕТАСТАБИЛЬНЫХ АТОМОВ В ЧИСТЫХ ОПТИЧЕСКИ ВОЗБУЖДЕННЫХ ПАРАХ РТУТИ

(Представлено академиком С. И. Вавиловым 30 III 1947)

Исследование Земанским ⁽¹⁾ оптически возбужденных паров ртути показало, что при возрастании давления ртутного пара в поглощающем сосуде от 0,01 мм Hg приблизительно до 0,3 мм Hg имеет место быстрое увеличение продолжительности жизни излучения. Дальнейшее увеличение давления с 0,3 до 1 мм Hg несколько уменьшает продолжительность жизни.

Для интерпретации этих результатов привлекались различные гипотезы ⁽²⁾, одной из которых была гипотеза об образовании метастабилей при соударениях между атомами ртути, но, как указывал Земанский ⁽³⁾, получение однозначного ответа было невозможно без дальнейших экспериментов.

В настоящей работе описываются эксперименты, проведенные по замыслу автора, результаты которых могут служить доказательством справедливости упомянутой гипотезы метастабилей.

Если осветить линией 2537 Å кварцевую трубку, подобную вакуумному фотоэлементу, с электродами, удаленными на несколько миллиметров от входного окошка, и отростком с каплей жидкой ртути, то с повышением t° отростка фотоэффект от резонансной линии должен резко спадать вследствие ее селективного поглощения парами ртути ⁽⁴⁾. Катод такого фотоэлемента, благодаря свойству метастабилей производить вырывание электронов из поверхности металла ⁽⁵⁾, сможет одновременно служить индикатором образующихся метастабильных атомов ртути. Отсюда следует, что характер изменения электронного тока в фотоэлементе при изменении плотности паров ртути должен определяться не только освещенностью катода линией 2537 Å, но и наличием метастабильных атомов ртути в его объеме.

Подобного рода измерения были проведены автором, причем параллельно с измерениями электронного тока контролировалась также освещенность катода для всей исследованной области давлений ртутного пара по яркости люминесцирующих экранов, укрепленных в плоскости катода.

Учитывая высокие требования к вакуумным условиям, предъявляемые экспериментом, нами были приняты все обычные в настоящее время предосторожности для получения хорошего вакуума в установке, в частности, в высоковакуумной части отсутствовали какие-либо шлифы или краны со смазкой, а сама экспериментальная кварцевая трубка была припаяна к вакуумной молибденовой установке с помощью переходного стекла.

Чтобы получить надежный контроль вакуума в трубке, непосредственно к ней был приварен ионизационный манометр из молибденового стекла. Нам удалось во время экспериментов с вымораживанием паров ртути (см. ниже) добиться в отключенной от насосов трубке вакуума в $2 \cdot 10^{-7}$ мм Hg при калящейся нити ионизационного манометра.

Измерение электронного тока производилось с помощью струнного электрометра Вульфа с нитью 4μ по методу скорости зарядки; нить электрометра присоединялась к катоду экспериментальной трубки по обычной схеме, снабженной необходимой электростатической защитой.

На анод подавалось напряжение 4 V. Постоянная утечки схемы составляла 2500—5000 1/сек. Чувствительность электрометра равнялась 16—18 делений/вольт, емкость схемы 20 ± 1 см. Величина измеряемых токов в различных экспериментах изменялась от $6 \cdot 10^{-16}$ до $5 \cdot 10^{-13}$ А.

Экспериментальная трубка вместе с ионизационным манометром помещалась в термостате. Отросток со ртутью, находившийся в нижней его части, имел температуру на 50—60° С меньшую, чем остальные части экспериментальной трубки.

Термостатическая схема фиксировала температуру отростка с точностью 1—2° С, измерявшуюся платино-платинородиевой термопарой. Экспериментальная трубка освещалась капиллярной ртутно-кварцевой лампой, исследование которой (6) показало, что она испускает узкую, малообращенную резонансную линию 2537 Å.

Измерение яркости виллемитовых экранов, укрепленных на катоде нашей трубки, производилось фотометром ГОИ, вмонтированным в стенку термостата. Точность производившихся таким образом измерений была порядка 10%.

Перед началом измерений было проведено тщательное обезгаживание экспериментальной трубки при температуре 500° С, которое длилось много часов в течение 5 недель, а также обезгаживание электродов, после чего были получены достаточно постоянные вакуумные условия. Они характеризуются тем, что на протяжении нескольких месяцев чувствительность катода к метастабильным атомам оставалась постоянной, изменяясь не больше чем на 10—15%, так что была получена, по определению Сонкина (5), „нормальная“ поверхность.

Контактная разность потенциалов между анодом и катодом была найдена по разности работ выхода фотоэлектронов, определенных по методу фильтров. Были сняты вольтамперные характеристики экспериментальной трубки-фотоэлемента, показавшие хорошее насыщение при 3—4 V. Для учета фактора упругого рассеяния электронов в парах ртути была опытным путем получена зависимость фототока от давления паров Hg с помощью ртутной лампы СВД с выведенной серединой линии 2537 Å.

В заключение подготовительных экспериментов была произведена проверка линейности схемы. При вымороженных парах ртути и хорошем вакууме в трубке ($6 \cdot 10^{-7}$ мм) была отмечена пропорциональность фотоэлектрического тока интенсивности линии 2537 Å.

Далее были проведены опыты с вымораживанием паров ртути, результаты которых представлены в виде кривой (рис. 1). Как видно из рис. 1, яркость люминесцирующих экранов, характеризующая пропускание линии 2537 Å слезом ртутных паров в 4,6 мм, резко возросла при погружении отростка со ртутью в дьюар с жидким воздухом*,

* Отросток с жидкой ртутью был вынесен вниз за пределы термостата, в котором поддерживалась температура 60—100° С.

так что $V_{20^\circ\text{C}}/V_{\text{ж. в.}} = 50\%$. Электронный ток при этом, напротив, несколько снижался.

Отсюда следует, что, удалив пары ртути, мы тем самым удалили какой-то источник, генерировавший электроны в трубке. Таким источником могут быть, например, метастабильные атомы ртути, образованные в результате межатомных соударений, происходящих в слое ртутных паров, возбужденных резонансной линией $\lambda = 2537 \text{ \AA}$. Возникнув в объеме, такие метастабильные атомы диффундируют к поверхности катода и вызывают электронную эмиссию с катода, добавочную к той, которая обусловлена непосредственным действием излучения на катод.

Опыты, проведенные по определению температурного хода яркости и тока, убедительно подтверждают наличие такого дополнительного

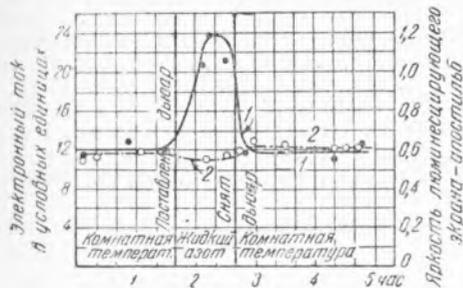


Рис. 1. Действие вымораживания паров ртути на поглощение $\lambda = 2537 \text{ \AA}$ и электронный ток в трубке. 1 — яркость, 2 — электронный ток

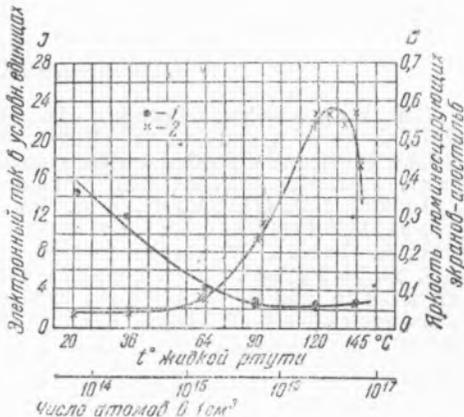


Рис. 2. Температурный ход яркости и тока. 1 — яркость, 2 — электронный ток

источника, генерирующего электроны в нашей экспериментальной трубке.

Как видно из кривой (рис. 2), с ростом концентрации ртутных атомов сначала медленно, а затем быстро повышается измеренный электронный ток, и этот рост идет настолько стремительно, что в максимуме, наступающем примерно при 120°C , величина электронного тока в 15—20 раз превышает его значение при комнатной температуре.

Между тем, измеренная яркость, т. е., по существу, энергетическая освещенность катода, постепенно снижаясь, падает в 5—6 раз. Таким образом, «дополнительный» ток в этих условиях представляет собой основную величину, измеряемую электрометром, в которой доля фототока не превышает 1—2%.

Дальнейший рост давления приводит, однако, уже не к росту, но спадению величины тока. Налицо максимум, вызванный, повидимому, двумя противоположно действующими факторами, причем заслуживает внимания тот факт, что минимумы кривых Земанского⁽¹⁾ расположены примерно в той же области концентраций паров Hg.

Дальнейшие эксперименты показали, что эта, максимальная, величина тока характеризуется квадратичной зависимостью от интенсивности облучающего света.

Измерения Руза и Джидингса и Хаутерманса⁽⁷⁾ в парах ртути обнаружили такую же зависимость электронного тока от интенсивности.

Однако интерпретация этими авторами полученных ими результатов, предполагающая фотоионизацию паров ртути, представляется сомнительной по причинам, связанным с методикой их экспериментов.

Вместе с тем, данные, полученные нами и Земанским, как, впрочем, и факты, обнаруженные Рузом и Джидингсом и Хаутермансом, хорошо согласуются с высказанным выше предположением об образовании метастабилей в результате соударений атомов ртути (например двух 6^3P_1 атомов) и не требуют привлечения гипотезы фотоионизации.

В заключение приношу глубокую благодарность проф. В. А. Фабриканту за руководство работой и постоянное внимание к ней.

Всесоюзный
электротехнический институт
Москва

Поступило
15 III 1947

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ M. Zemansky, *Phys. Rev.*, **29**, 513 (1927). ² M. Zemansky, *ibid.*, **34**, 213 (1929); C. Kenty, *ibid.*, **42**, 823 (1932). ³ А. Митчелл и М. Земанский, Резонансное излучение и возбужденные атомы, 1937, стр. 200. ⁴ R. Wood and M. Kimura, *Phil. Mag.*, **32**, 329 (1916); Pringsheim and Salmarsch, *Proc. Roy. Soc.*, **2**, 90 (1936). ⁵ M. Oliphant, *Proc. Roy. Soc.*, A, **124**, 223, K 129; H. Webb, *Phys. Rev.*, **24**, 113 (1924); I. Couliette, *ibid.*, **32**, 636 (1928); S. Sonkin, *ibid.*, **43**, 788 (1933); A. Cobas, W. Lamb, *ibid.*, **65**, 327 (1944); И. Гуревич и Б. Яворский, *ДАН*, **53**, № 9 (1946). ⁶ И. Гуревич и Д. Шкловер, *ЖТФ*, XVII, в. 1 (1947). ⁷ G. Rouse und G. Giddings, *Proc. Nat. Acad. Am.*, **11**, 514 (1925); **12**, 447 (1926); F. Houtermans, *Z. Phys.*, **1**, 619 (1927).