

*В. ГРЕБЕНЬКОВ, Эрна КЫЙВ, Ю. ПЫЛЛУСААР, В. ТИЙТ,
Н. ШУПЕНЕВА*

СПЕКТРАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ВОДОРОДНЫХ ЛАМП ДЛЯ ОБЛАСТИ 110—250 нм

Введение

Источники вакуумного ультрафиолетового излучения находят применение как для энергетической градуировки спектральных приборов, так и при различных других исследованиях в физике, физико-химии, биологии и технике. Такие источники должны иметь хорошо известное спектральное распределение излучения. Часто для этих целей используется излучение разряда в водороде.

В связи с этим в настоящей работе рассматривается и сравнивается спектральное распределение излучения некоторых типов источников в области вакуумного ультрафиолета в спектральном диапазоне 110—250 нм.

В зависимости от характера спектра и конструкции газоразрядные лампы можно разделить на две основные группы — лампы с полым катодом и лампы с термокатодом [1, 2].

Из ламп первой группы были исследованы конструкции трех источников.

Первая конструкция (I) представляет собой кварцевую капиллярную лампу цилиндрической формы. Полый алюминиевый катод выполнен в виде цилиндра диаметром 35 мм и длиной 100 мм. Для увеличения интенсивности разряд сжимается в капилляре диаметром 5—6 мм и длиной 60—70 мм. Катод и капилляр имеют кварцевую водяную рубашку.

Вторая конструкция (II) содержит те же элементы, что и первая (охлаждаемую водой кварцевую рубашку и капилляр), но имеет еще и сменный алюминиевый катод диаметром 20 мм и длиной 90 мм, уплотняемый через резиновое кольцо. В этом состоит большое преимущество (II), так как при смене катода лампа не требует отсоединения от монохроматора.

Третья конструкция (III) представляет собой стеклянную огпаянную лампу с полым алюминиевым катодом и окном из фтористого лития. Анод выполнен в виде стержня. Между катодом и анодом находится капилляр диаметром 1,5 мм и длиной 10 мм. Лампа имеет небольшие размеры и предназначена для контроля и калибровки спектральной аппаратуры.

К огпаянным лампам второй группы относятся макетные образцы дуговых ламп низкого давления с потребляемой электрической мощностью 50 вт (IV) и 200 вт (V). Оба источника имеют аналогичную

конструкцию и содержат термокатод, заключенный в металлический экран. На одном торце экрана находится диафрагма для прохождения разряда. За диафрагмой расположен кольцевой анод с центральным отверстием для вывода излучения. К торцу лампы с помощью кремний-органического клея крепится окно из фтористого лития. Наполнение — водородное или дейтериевое (в дальнейшем эти наполнения обозначены после номера лампы соответственно буквой Н или D). Отпаянные лампы имеют воздушное охлаждение. Все лампы просты в обращении.

Электрические характеристики и давление рабочего газа рассматриваемых ламп приведены в таблице.

| Тип лампы | Параметры | | | | | |
|-----------|--------------------------------------|-----------------------|-------------------|---------------------------|----------------------|---------------|
| | Максимальное напряжение зажигания, в | Напряжение горения, в | Разрядный ток, ма | Давление газа, мм рт. ст. | Напряжение накала, в | Ток накала, а |
| I | 700 | 600 | 500 | 0,5—2,0 | — | — |
| II | 700 | 500 | 100—500 | 0,3—1,5 | — | — |
| III | 800 | 500—600 | 1—2 | 1—2 | — | — |
| IV | 300 | 90—100 | 500 | 7 | 5 | 2,2 |
| V | 300 | 60—80 | 1000—2500 | 7 | 5 | 5 |

Измерения были проведены на вакуумном монохроматоре ДВМ-1 [3] и на двойном вакуумном монохроматоре ДВМ-3 [4].

Пропускание монохроматоров не учитывалось. Спектры записаны с помощью экрана, покрытого салцилатом натрия, фотоумножителем ФЭУ-35 на потенциометр ЭПП-09.

Результаты и их обсуждение

На рис. 1—4 приведены спектры ламп II, III, VH и VD в интервале от 110 до 165 нм, записанные на двойном вакуумном монохроматоре ДВМ-3. Все спектры приведены к одному масштабу, а именно интен-

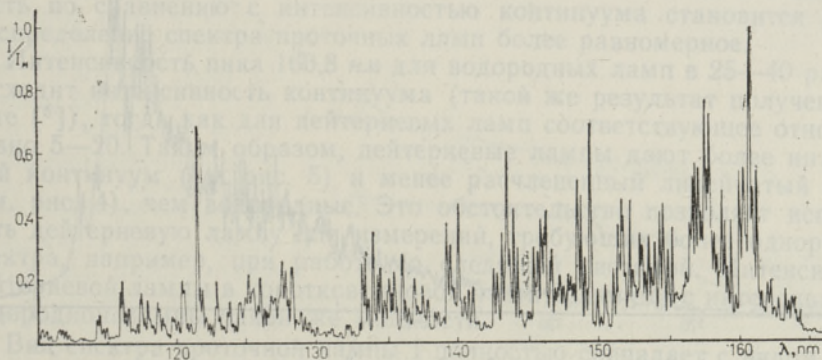


Рис. 1. Спектр проточной водородной лампы с полым катодом.

сивность самого высокого пика (для водородных ламп 160,8 нм, для дейтериевой — 160,5 нм) принята за единицу. На рис. 2—4 пунктирной линией показана прозрачность фтористолитиевого окна, причем и здесь для удобства сравнения пропускание при самой интенсивной линии

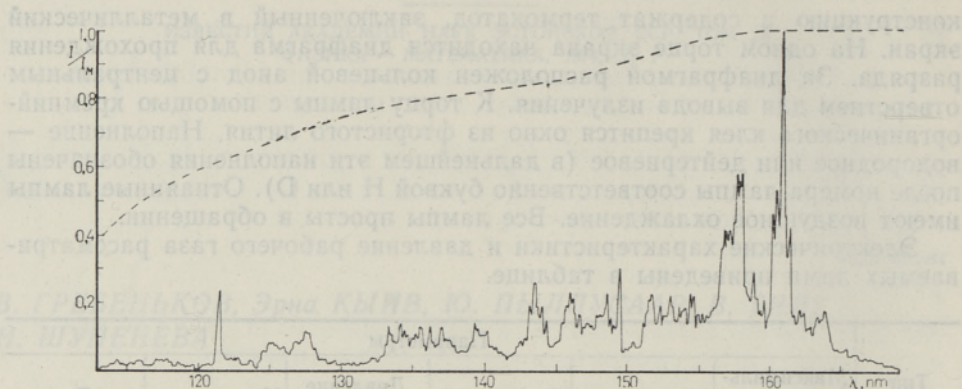


Рис. 2. Спектр отпаянной водородной лампы с полым катодом.

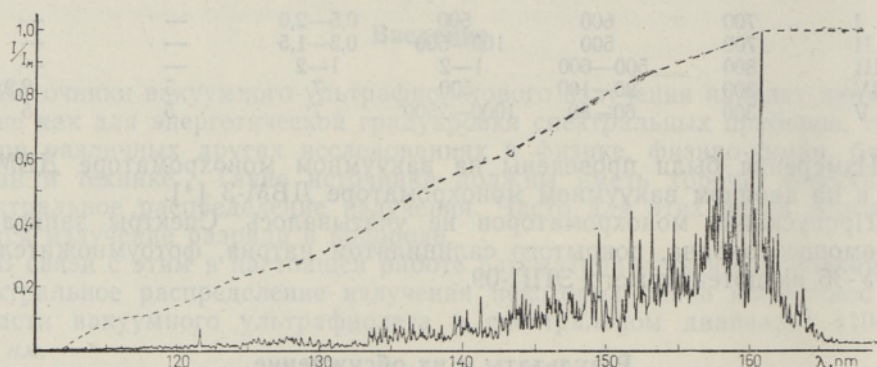


Рис. 3. Спектр отпаянной водородной лампы с термокатодом.

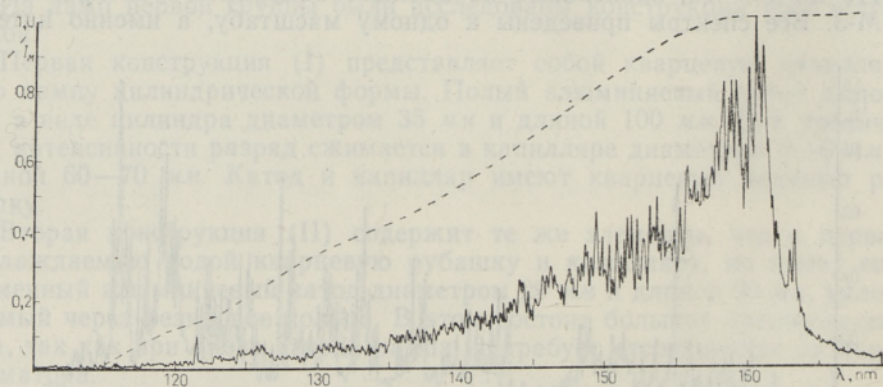


Рис. 4. Спектр отпаянной дейтериевой лампы с термокатодом.

принято за единицу. Все спектры записаны при суммарной спектральной ширине щелей $\Delta\lambda = 0,1 \text{ нм}$, за исключением лампы III, где $\Delta\lambda = 0,3 \text{ нм}$.

Сравнение спектров ламп II и III (рис. 1 и 2) с учетом пропускания окна и различия в спектральной ширине щелей позволяет сделать вывод, что их спектры имеют одинаковый вид. В интервале от 110 нм до

165 нм они состоят из множества молекулярных линий, крылья которых при таком разрешении сливаются и образуют сплошной фон.

С другой стороны, сравнение спектров ламп с полым и термокатодом показывает их явное различие (рис. 1 и 3). В спектре лампы VH с термокатодом возбуждение уровней происходит иначе, что приводит к изменению относительной интенсивности линий и, соответственно, к сглаживанию спектра и преобразованию его вида. Излучение коротковолновой части спектра этой лампы, по-видимому, относительно слабее, чем в лампах с полым катодом.

В спектре лампы с термокатодом VD (рис. 4) линии сливаются еще сильнее, при этом многолинейчатый спектр дейтерия по сравнению с водородным имеет меньше характерных пиков.

На рис. 5 приведены спектральные распределения интенсивности излучения некоторых типов ламп в промежутке 110—250 нм, построенные в коротковолновой части по отдельным пикам, причем за единицу принята интенсивность пика 160,8 нм (160,5 нм для дейтерия). От 165 нм в сторону длинных волн простирается континуум, интенсивность которого до 200 нм слегка падает, затем снова растет и около 250 нм примерно в 1,5—2 раза превышает значение при 170 нм. Для отпаянных ламп характерно резкое падение интенсивности в коротковолновой

стороне, вызванное поглощением фтористолитиевого окна. Спектр этих ламп простирается до границы пропускания фтористого лития, но при длинах волн короче 115 нм его интенсив-

ность по сравнению с интенсивностью континуума становится малой. Распределение спектра проточных ламп более равномерное.

Интенсивность пика 160,8 нм для водородных ламп в 25—40 раз превосходит интенсивность континуума (такой же результат получен в работе [5]), тогда как для дейтериевых ламп соответствующее отношение равно 5—20. Таким образом, дейтериевые лампы дают более интенсивный континуум (см. рис. 5) и менее расчлененный линейчатый спектр (см. рис. 4), чем водородные. Это обстоятельство позволяет использовать дейтериевую лампу для измерений, требующих более однородного спектра, например, при работе со следящей системой. Интенсивность дейтериевой лампы в коротковолновой части сравнима с интенсивностью водородной лампы такой же мощности.

Вид спектра проточной лампы I полностью совпадает с видом спектров ламп с полым катодом II и III.

Лампы типа IV и V имеют одинаковое спектральное распределение и линейчатый спектр, отличаясь только интенсивностью.

Одновременно с исследованием изменения спектрального распределения интенсивности были рассмотрены также сроки службы и причины старения ламп. Причиной снижения интенсивности проточных ламп служит довольно быстрое сгорание (распыление) катода. Проточная лампа II снабжена поэтому сменным катодом, который рекомендуется чи-

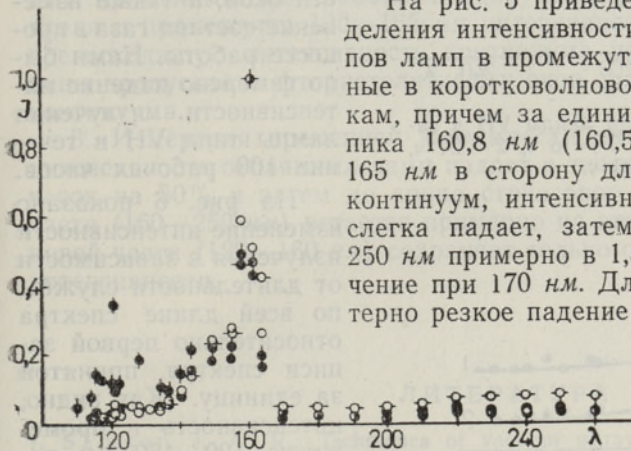


Рис. 5. Распределение спектральной интенсивности излучения ламп различных типов: о — VH, □ — VD, ● — III, ■ — II.

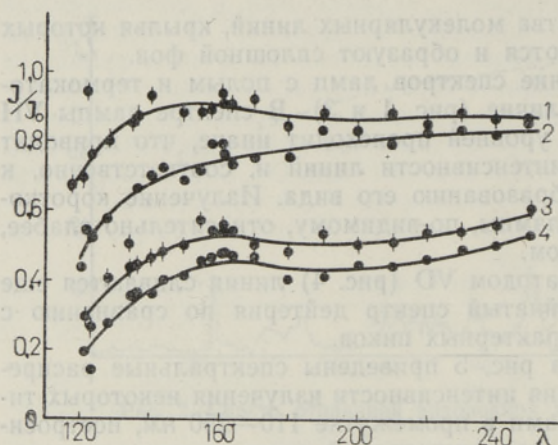


Рис. 6. Интенсивность излучения лампы VN в зависимости от времени работы: 1—16 ч, 2—24 ч, 3—54 ч, 4—96 ч.

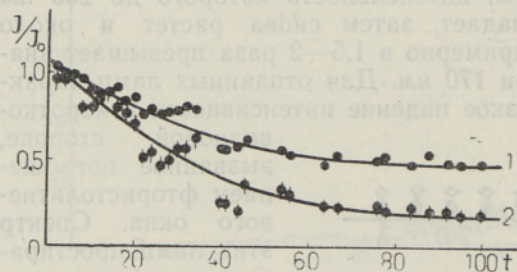


Рис. 7. Изменение относительной интенсивности в зависимости от времени работы лампы: 1 — линия 160,8 нм, 2 — линия L_{α} .

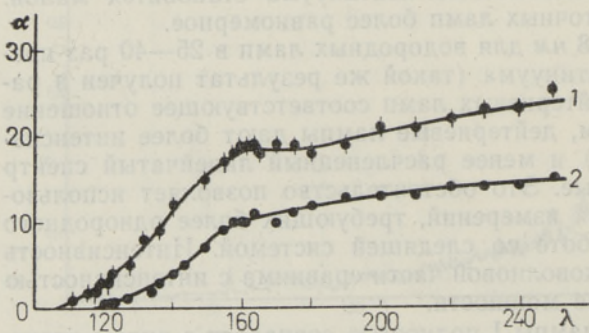


Рис. 8. Прозрачность фтористолитиевого окна: 1 — новой лампы, 2 — после 100 ч работы.

нового участка меняется также, как и при 160,8 нм.

Было измерено также изменение прозрачности окна через 100 ч работы лампы. Измерения показали (рис. 8), что в промежутке 250—150 нм прозрачность окна снижается примерно на 40%, а в промежутке

стить после 40—50 рабочих часов при работе с токами не выше 100—150 ма. Возможно, что такой короткий срок жизни обусловлен небольшими размерами катода и степенью его химической чистоты.

Причиной старения отпаянных ламп является снижение прозрачности окон, а также изменение состава газа в процессе работы. Нами было измерено падение интенсивности излучения лампы типа VN в течение 100 рабочих часов.

На рис. 6 показано изменение интенсивности излучения в зависимости от длительности службы по всей длине спектра относительно первой записи спектра, принятой за единицу. Как видно, интенсивность в промежутке 120—160 нм падает быстрее, чем в более длинноволновой части.

Было измерено изменение во времени интенсивности двух характерных пиков — 160,8 нм и L_{α} (рис. 7). Линия 160,8 нм (1) после 65 рабочих часов сохраняет около 50% первоначальной интенсивности и остается примерно на этом уровне до конца сточасового цикла, тогда как интенсивность линии L_{α} (2) уменьшается до 50% уже после 30 рабочих часов, а в конце сточасового цикла сохраняет всего 20% интенсивности. Интенсивность длинновол-

150—120 нм происходит более быстрое падение прозрачности в коротковолновую сторону, так что кривая прозрачности повторяет ход кривых рис. 6.

Выводы

1. Записаны линейчатые спектры водорода, полученные при помощи полого и термокатода, и дейтериевый спектр, полученный при помощи термокатода, в промежутке 110—165 нм при спектральной ширине щелей $\Delta\lambda = 0,1$ нм.

2. Измерения спектрального распределения излучения ламп показали, что отпаянные водородные и дейтериевые лампы типов III, IV и V применимы для работы в вакуумной ультрафиолетовой области, давая в промежутке 130—165 нм интенсивность излучения в 5—40 раз превосходящую интенсивность континуума при 250 нм, а вблизи границы пропускания фтористолитиевых окон сравнимую с интенсивностью континуума.

3. Измерения временной зависимости интенсивности показали, что интенсивность отпаянных ламп падает в течение первых 30—60 рабочих часов на 50% и затем до конца сточасового цикла в длинноволновой части (160—250 нм) остается примерно на этом уровне, а в коротковолновой части (120—160 нм) сохраняет только около 20% первоначальной интенсивности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Samson J. A. R., Techniques of vacuum ultraviolet spectroscopy, New York—London—Sydney, 1967.
2. Зайдель А. Н., Шрейдер Е. Я., Спектроскопия вакуумного ультрафиолета, М., 1967.
3. Тийт В. М., ЖПС, 7, 278 (1967).
4. Тийт В., Изв. АН ЭССР, Физ. Матем., 16, 393 (1967).
5. Левиков С. И., Шишацкая Л. П., Опт. и спектр., 11, 689 (1961).

Институт физики
Академии наук Эстонской ССР

Поступила в редакцию
22/VI 1973

V. GREBENKOV, Erna KOIV, J. POLLUSAAR, V. TIIT, N. SUPENJOVA

VESINIKLAMPIDE SPEKTRAALSED OMADUSED PIIRKONNAS 110—250 NM

Artiklis esitatakse mitme gaaslahendusel töötava vesinik- ja deuteriumlampi tüübi spektraalsete omaduste uurimise tulemused vaakuumultraviolettpiirkonnas 110—250 nm. On toodud üleskirjutused termokatoodega kaarlahenduskiirusallika ja õneskatoodega huumlahenduskiirusallika intensiivsuse spektraalsest jaotusest piirkonnas 110—165 nm ja erinevate kiirusallikate intensiivsuse spektraalsete jaotuste võrdlus. Käsitletakse ka LiF aknaga vesiniklampi intensiivsuse ja akna läbipaistvuse koefitsiendi muutust olenevalt lampi töötamisaja pikkusest.

Nende kiirusallikate kasutamise kohta võib märkida järgmist.

Õneskatoodega läbivoolulampe võib kasutada spektraalaparaatides ja nende gradeerimiseks. Need lambid on mugavad käsitseda ja töökindlad. Nende puuduseks on see, et nad vajavad läbivoolavat gaasi.

Aknaga lampid on sellest puudusest vabad, kuid akna läbipaistvus muutub lampi töötamisaja jooksul. Sellele vaatamata saab väikest õneskatoodega lampi kasutada vaakumspektraalaparaatide gradeerimiseks. Võimsamad lambid (50 ja 200 W) on kasutatavad spektrite uurimiseks, fotokeemiliste reaktsioonide uurimisel, bioloogias ja spektraalaparaatide energeetiliseks gradeerimiseks.

V. GREBENKOV, Erna KÕIV, J. PÕLLUSAAR, V. TIIT, N. SHUPENYOVA

THE SPECTRAL PROPERTIES OF HYDROGEN TUBES
IN THE REGION OF 110—250 NM

The authors present the results of the research of spectral properties of various types of hydrogen and deuterium discharge tubes in the vacuum ultraviolet region of 110—250 nm. Spectra produced by hot filament arc discharge tubes and by hollow cathode glow discharge tubes between 110 and 165 nm are given. A comparison of the spectral intensity distribution of the different types of tubes is made. The dependence of the spectral intensity and the change of transparence of the LiF window are studied.

It is possible to make some recommendations concerning the use of the described light sources.

The hollow tubes working with hydrogen flow can be used for graduating spectral apparatuses and as light sources of vacuum spectral devices. These lamps are convenient to manipulate, stable in work, but they have a drawback — the need of flowing gas.

The tubes with a window are free from that drawback, but the transparence of the windows changes during the work. In spite of that, the small hollow cathode tube may be used for the graduation of vacuum spectral apparatuses. The most powerful tubes (50 and 200 W) may be used in spectral research, in biology, for studying physico-chemical reactions and for energetical graduation of devices.

