

<https://doi.org/10.3176/phys.math.1967.3.15>

В. ТИИТ

ДВОЙНОЙ ДВУХЛУЧЕВОЙ ВАКУУМНЫЙ МОНОХРОМАТОР ДВМ-3 ДЛЯ ОБЛАСТИ СПЕКТРА 100—220 нм

*V. TIIT. KANEKIIRELINE TOPELT VAAKUUMMONOKROMAATOR TVM-3 SPEKTRAAL-
PIIRKONNALE 100—220 nm*

*V. TIIT. TWO-BEAM DOUBLE VACUUM MONOCHROMATOR TVM-3 FOR THE WAVELENGTH
IN THE RANGE OF 100—220 nm*

При некоторых спектроскопических исследованиях, например при определении спектральных характеристик селективных приемников излучения, требуется высокая степень чистоты монохроматического света. Естественным решением этой задачи является применение двойной монохроматизации, а это из-за значительных световых потерь представляет собой для интервала длин волн 100—220 нм нелегкую задачу. Ограничиваясь применением зеркальной оптики, следует в первую очередь рассмотреть возможность использования в качестве оптических элементов только двух вогнутых дифракционных решеток.

В известной нам литературе рассматривается совместное применение готовых ординарных монохроматоров [1, 2] для создания двойного монохроматора, в основном с целью учета поглощения света в приборе. Поэтому, с точки зрения создания двойного монохроматора, значительно больший интерес представляет работа П. Хартмана [3], где подробно описана конструкция такого прибора. У нас, однако, нет информации об испытаниях этого монохроматора.

Хорошие эксплуатационные качества вакуумного монохроматора ДВМ-1 [4], изготовленного по оптической схеме Джонсона—Онака [5, 6] в нашей лаборатории, побудили нас предпринять попытку использовать эту же схему при создании двойного вакуумного монохроматора для области спектра 100—220 нм.

Конструкция монохроматора. Как известно, в схеме Джонсона—Онака предусматривается применение вогнутых дифракционных решеток, а сканирование спектра осуществляется вращением решетки вокруг оси, несколько смещенной от центра решетки (рис. 1, 14 и 23).

Условие согласованности, при котором световой луч любой длины волны проходит обе половины монохроматора, накладывает следующие требования к конструкции монохроматора:

$$\frac{\cos \alpha_1 \cdot \sin \gamma_1}{N_1} = \pm \frac{\cos \alpha_2 \cdot \sin \gamma_2}{N_2}, \quad (1)$$

где $\alpha_{1(2)}$ — угол между падающим и дифрагированным лучами, $\gamma_{1(2)}$ — угол поворота решетки, а $N_{1(2)}$ — число ее штрихов на единицу длины. Индексы 1 и 2 относятся соответственно к первой и второй половине монохроматора.

Мы выбрали $\alpha_1 = \alpha_2 = 30^\circ$. У применяемых нами решеток $N_1 = N_2 = 1200$ шт/мм. Поэтому требование (1) принимает простейший вид

$$\gamma_1 = \pm \gamma_2. \quad (2)$$

Расчет угловой дисперсии двойного монохроматора при одинаковых решетках приводит к следующему выражению:

$$\frac{d\varphi}{d\lambda} = \frac{N_2}{\cos \varphi} (m_1 + m_2), \quad (3)$$

где m_1 (2) — порядок спектра и φ — угол дифракции для второй решетки. Наш монохроматор работает в режиме вычитания дисперсии в первом порядке спектра, значит $m_1 = -m_2$ и, следовательно, обладает нулевой дисперсией. В данном случае

$$\gamma_1 = -\gamma_2, \quad (4)$$

т. е. решетки вращаются в противоположных направлениях. Такое движение с необходимой точностью удается реализовать относительно просто.

Применяемые решетки (точнее, копии решеток) имеют радиус кривизны $R = 0,5$ м, поэтому вся конструкция прибора получается довольно компактной.

Конструкция монохроматора выполнена следующим образом (см. рис. 1). Решетки 15 и 25 вместе с узлами крепления 13 и 22 находятся в камерах 8 и 21, изготовленных из стальной трубы диаметром 270 мм.

В приборе используются стандартные щели УФ-2 — 3, 19 и 28, клинья которых переставлены так, что ножи могут раскрываться до 1,5 мм. Щели находятся в алюминиевых трубах 7, 18 и 26 (внешний диаметр 120 мм). Их регулирование осуществляется вращением барабанов (находящихся вне вакуума), от которых в вакуум с помощью сильфонов передается продольное движение толкающего стержня.

Решетки соединены между собой алюминиевым стержнем 17, связанным с узлами крепления решеток при помощи безлюфтовых шарниров 16 и 24. У шарнира 24 предусмотрена возможность регулировать длину соединительного стержня 17. В некоторых пределах может быть изменено также положение самого шарнира по отношению к центру решетки и оси вращения. Решетки поворачиваются при помощи клина, присоединенного к микрометрическому винту 9. Винт микрометра вращается мотором 12 через пару зубчаток 11. Контактное кольцо 10 дает импульсы в счетчик оборотов, что позволяет установить приблизительное значение длины волны выходящего света.

За выходной щелью 28 расположен так наз. гребешковый экран 30, покрытый со стороны щели салицилатом натрия. Его свечение, собираемое линзой от экрана и специального отражающего кожуха, направляется на опорный фотоумножитель 29. Защищенный стальным кожухом опорный фотоумножитель находится в сосуде Дьюара, где он охлаждается твердой углекислотой. Свет, проходящий гребешковый экран, используется для проведения исследований.

Камеры источника света и выходной щели могут быть с помощью затворов 4 и 27 вакуумноплотно отделены от основного объема монохроматора. Затворы, как и в работе [3], снабжены прозрачными окнами, что чрезвычайно облегчает юстировку прибора.

Монохроматор ДВМ-3 обслуживается форвакуумным насосом РВН-20, снабженным охлаждающей водной рубашкой и для уменьшения шума закрытым в хорошо изолированный отсек под рамой монохроматора. Система кранов позволяет вести как отдельную, так и одновременную откачку всех частей монохроматора. Степень вакуума в отсеке лампы, в основном объеме, в камере выходной щели и у насоса контролируется четырьмя манометрами.

Управление монохроматором сосредоточено на пульте в левой части прибора.

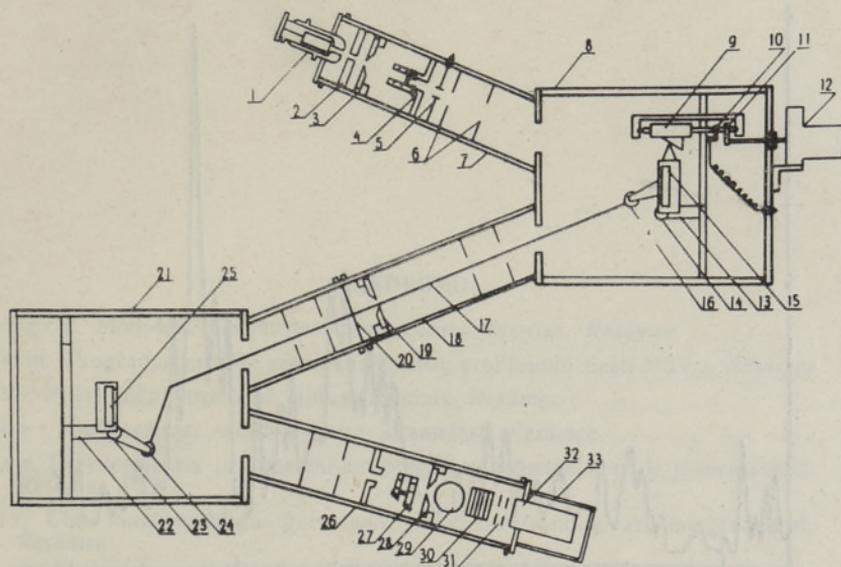


Рис. 1. Схематический разрез конструкции двойного вакуумного монохроматора ДВМ-3:

1 — проточная водородная лампа; 2 — анод; 3 — входная щель; 4 — вакуумный затвор (показан в закрытом положении); 5 — пластинки, отклоняющие заряженные частицы; 6 — диафрагмы; 7 — трубка входной щели; 8 — камера первой решетки; 9 — микрометр поворота решеток; 10 — контактное кольцо; 11 — зубчатка; 12 — мотор поворота решеток вместе с редуктором и коробкой передач; 13 — узел крепления первой решетки; 14 — ось вращения первой решетки; 15 — первая решетка; 16 — первый шарнир; 17 — стержень; 18 — трубка средней щели; 19 — средняя щель; 20 — место соединения первой и второй половины монохроматора; 21 — камера второй решетки; 22 — узел крепления второй решетки; 23 — ось вращения второй решетки; 24 — второй шарнир; 25 — вторая решетка; 26 — трубка выходной щели; 27 — вакуумный затвор (показан в открытом положении); 28 — выходная щель; 29 — первый (опорный) фотоумножитель; 30 — гребешковый экран; 31 — сегменты для фильтров; 32 — второй (исследуемый) светоприемник; 33 — защитный кожух.

Юстировка монохроматора. Конструкция двойного монохроматора ДВМ-3 позволяет легко отделить вторую половину от первой, после чего нетрудно по обычной методике юстировать первую половину прибора. Для юстировки второй половины фланец камеры первой решетки вместе с мотором и редуктором вставляется на место фланца второй камеры, а первая решетка крепится в положении нулевого порядка спектра. Это позволяет удобно, почти без дополнительных узлов провести юстировку второй половины монохроматора, после чего оба фланца ставятся на свои места и узлы решеток соединяются стержнем. Окончательного согласования движения решеток можно достичь постепенным приближением, изменяя длину соединительного стержня и перемещая шарнир у второй решетки. Этим устраняются неточности, возникшие при монтаже монохроматора. О необходимости тех или иных перемещений можно судить по характеру спектра.

На рис. 2 приведен участок спектра водородной лампы, снятый на монохроматоре ДВМ-3 со щелями по 0,1 мм.

Заключение. Результаты испытаний монохроматора ДВМ-3 показали, что оптическая схема Джонсона—Онака может быть с успехом применена для создания двойного вакуумного монохроматора. Шарнирная передача позволяет вполне удовлетворительно синхронизировать движение дифракционных решеток. Опыт также показал, что возможная вибрация решеток от колебаний вакуумного насоса, моторов меха-

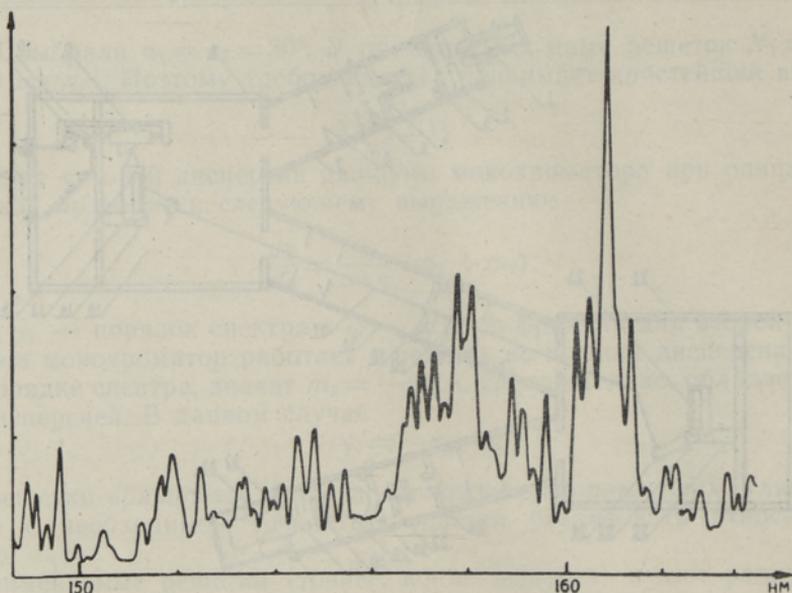


Рис. 2. Участок спектра водородной лампы, снятый со щелями по 0,1 мм.

низма развертки спектра и электронных потенциометров (последние для компактности упираются на основание монохроматора) не вносит ощутимых искажений в регистрируемый спектр. Применение копий дифракционных решеток, покрытых слоем алюминия и фтористого магния и обладающих концентрацией света в области 135 нм, позволяет получить на выходе достаточно света для приведения в действие компенсационной системы регистрации [4] при щелях по 0,1 мм и разрядном токе лампы не более 100 ма.

В заключение считаю долгом выразить благодарность ст. инженеру А. Рыым за помощь при конструировании и инженеру Т. Пранс за качественное изготовление многих узлов монохроматора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Christensen R. L., Ames I., JOSA, 51, 224 (1961).
2. Hamner D. C., Arakawa E. T., Birkhoff R. D., Appl. Opt., 3, 79 (1964).
3. Hartman P. L., Rev. Sci. Instrum., 33, No. 10, 1982 (1962).
4. Тийт В. М., ЖПС, 7 (1967).
5. Johnson P. D., Rev. Sci. Instrum., 28, 833 (1957).
6. Онака Р., Sci. of Light, 7, No. 2, 23 (1958).

Институт физики и астрономии
Академии наук Эстонской ССР

Поступила в редакцию
28/VI 1967