

М. М. СУЩИНСКИЙ

## САМОРЕГИСТРИРУЮЩИЙ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ СПЕКТРОГРАФ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СПЕКТРОВ КОМБИНАЦИОННОГО РАССЕЯНИЯ СВЕТА

(Представлено академиком Г. С. Ландсбергом 9 XI 1949)

При решении важной задачи измерения интенсивностей линий комбинационного рассеяния света фотоэлектрический метод может представить в ряде отношений большие преимущества перед фотографическим. Описанные в настоящее время в литературе установки этого типа (<sup>1-3</sup>) обладают рядом недостатков; даже в наиболее разработанной из них установке Ренка (<sup>3</sup>) не учтены специфические особенности фотоэлектрического метода.

В настоящей работе дается краткое описание спектрографа с фотоэлектрической записью интенсивностей линий комбинационного рассеяния света.

При конструировании нашего прибора мы исходили из необходимости получить возможно большую величину светового потока, падающего на фотокатод фотоумножителя. Для выполнения этого требования необходим входной коллиматор с большим относительным отверстием. В примененном нами монохроматоре входной коллиматор при диаметре 50 мм имел фокусное расстояние 120 мм. Выходной коллиматор имел фокусное расстояние 300 мм. Диспергирующая система представляла обычную комбинацию из двух призм с преломляющим углом 60° и призмы Аббе. Линейная дисперсия монохроматора составляла около 20 Å на 1 мм в области линий 4358 Å. Для того чтобы можно было использовать большую высоту выходной щели, последняя была изогнута в соответствии с формой изображения спектральных линий в фокальной плоскости выходного коллиматора.

На рис. 1 представлена общая схема установки. Свет от двух ртутных ламп ПРК-2 падал на сосуд с рассеивающим веществом *C*, помещенный в осветитель с эллиптическими отражающими стенками. Необходимый для исследования объем вещества составлял около 10 мл. Сосуд с исследуемым веществом находился внутри стеклянного цилиндрического холодильника, имевшего две концентрические полости; по наружной полости *B* циркулировала охлаждающая сосуд вода, внутренняя полость содержала светофильтр *F*. Рассеянный исследуемым веществом свет с помощью конденсорной линзы *K* собирался на входной щели *l* монохроматора. Для получения стандарта интенсивностей использовался свет ртутных ламп (линия 4358 Å), рассеянный диффузными экранчиками *E* — *E*. Свет от экранчиков направлялся с помощью призм полного внутреннего отражения *П* — *П* на кубик *D* из стекла, дающего значительное тиндалевское рассеяние. Рассеянный стеклом свет можно было с помощью отражательной призмы *A*, укрепленной во вращающейся втулке, и конденсора *K* направить в нужный момент на входную щель; призма *A* при этом закрывала свет, идущий от исследуемого вещества. Непосредственно за выходной щелью *l'* находится фотоумножитель *P*.

Фотоумножитель в сочетании с усилительным устройством  $U$  дает ток, который регистрировался с помощью зеркального гальванометра  $\Gamma$  и записывался на барабане камеры. Гальванометр при периоде 3 сек. имел чувствительность  $10^{-7}$  а/мм/м. Параллельно с зеркальным гальванометром был включен микроамперметр  $G$ , который позволял непрерывно следить за ходом съемки. Время записи одного спектра составляло около 8 мин.

В данной работе был использован фотоумножитель системы Л. А. Кубецкого с сурьмяно-цезиевым фотокатодом. При напряжении 1000 в фотоумножитель имел интегральную чувствительность 100 а/лм и тем-

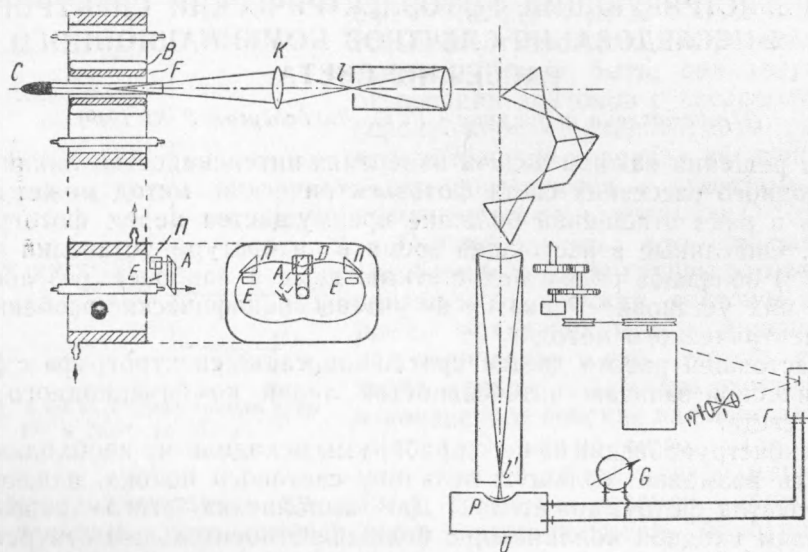


Рис. 1. Схема фотоэлектрического спектрографа

новой ток  $8 \cdot 10^{-8}$  а. Наиболее выгодное соотношение интегральной чувствительности и темнового тока имело место при напряжении 750 в, при котором интегральная чувствительность составляла 3 а/лм и темновой ток  $8 \cdot 10^{-10}$  а. Последующая работа производилась при указанном режиме без охлаждения фотоумножителя.

Поскольку питание ртутных ламп осуществлялось от сети переменного тока, то и фототок фотоумножителя был модулирован с частотой, равной удвоенной частоте сети, т. е. 100 гц. Этот фототок создавал на входе усилителя переменное напряжение той же частоты. Усиленное напряжение подавалось на синхронный детектор, собранный по схеме, предоставленной в наше распоряжение В. В. Виткевичем. Общая схема усилителя и синхронного детектора представлена на рис. 2.

На синхронный детектор одновременно с исследуемым напряжением подавались прямоугольные отрицательные импульсы с частотой 100 гц, получаемые от мультивибратора  $M$ , синхронизованного с сетью. Регулирование фазы импульсов производилось с помощью фазового вращателя  $\Phi$ . Гальванометр  $\Gamma$ , включенный в диагональ лампового балансного мостика, был зашунтирован емкостью, создававшей необходимую постоянную времени схемы (около 3 сек.).

Применение синхронного детектора позволяет в нужной степени уменьшить полосу пропускаемых частот и соответственно уменьшить флуктуации показаний гальванометра на выходе (ширина полосы частот при применении синхронного детектора имеет порядок величины  $1/T$ , где  $T$  есть постоянная времени схемы). Преимуществом синхронного

детектора по сравнению с другими методами ограничения полосы частот, помимо его простоты, является то, что при его применении устраняется влияние нестабильности частоты сети, ибо сам детектор управляется от сети. Предварительное ограничение полосы частот в резонансном усилителе необходимо для работы синхронного детектора; однако требования в этом отношении не являются жесткими. Так например, при частоте 100 гц достаточно было ограничить ширину полосы частот в резонансном усилителе до 5—6 гц. При этих условиях обеспечивается нормальная работа синхронного детектора и в то же время при такой ширине полосы частот вариации частоты сети

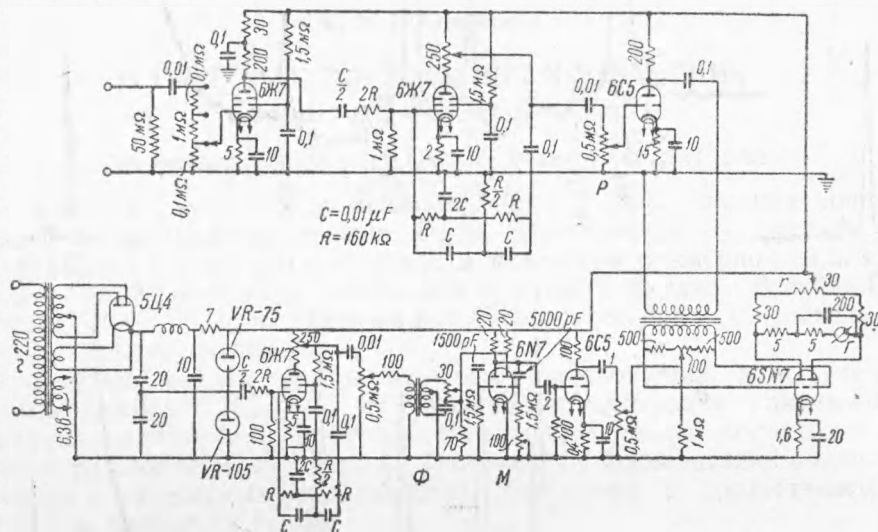


Рис. 2. Схема усилителя и синхронного детектора. Все величины сопротивлений (за исключением обозначенных на рисунке МΩ) указаны в кΩ, емкостей (за исключением обозначенных рF) — в μF

не влияют практически на коэффициент усиления резонансного усилителя.

Съемка спектров комбинационного рассеяния происходила в следующей последовательности. Вначале на входную щель монохроматора направлялся прямой свет ртутных ламп, для чего призма А (рис. 1) устанавливалась вертикально; монохроматор устанавливался на область спектра вблизи линии 4358 Å и производилась съемка до момента записи линии 4358 Å. После этого призма А возвращалась в прежнее положение и на входную щель поступал свет, рассеянный в исследуемом веществе; монохроматор устанавливался на нужную область спектра и начиналась съемка спектра комбинационного рассеяния. Вблизи от линии 4358 Å снова производился поворот призмы А и вновь записывалась линия 4358 Å, которая при этом по шкале частот занимала правильное положение относительно комбинационных линий.

Запись линии 4358 Å до и после записи спектра комбинационного рассеяния давала стандарт интенсивностей, пользуясь которым можно было выразить интенсивности всех линий комбинационного рассеяния любого вещества в единой шкале. Кроме того, этим путем контролировалась стабильность работы установки.

На рис. 3 представлены спектры комбинационного рассеяния циклогексана и бензола, полученные вышеописанным образом. При съемке данных спектров ширина входной щели была 0,02 мм, ширина выходной щели 0,10 мм, что составляет, соответственно, 5 и 10 см<sup>-1</sup> на

спектре. Линии, полученные от возбуждения ртутными линиями 4348 и 4339 Å, обозначены, соответственно, одним и двумя штрихами. Следы линий группы СН, возбужденных фиолетовыми линиями 4078 и 4047 Å, обозначены индексами  $\Phi'$  и  $\Phi''$ .

Достижимое с данным аппаратом разрешение, как можно судить по приведенным снимкам, составляет 12—15  $\text{см}^{-1}$ . Интенсивность наиболее слабых линий комбинационного рассеяния, обнаруживаемых

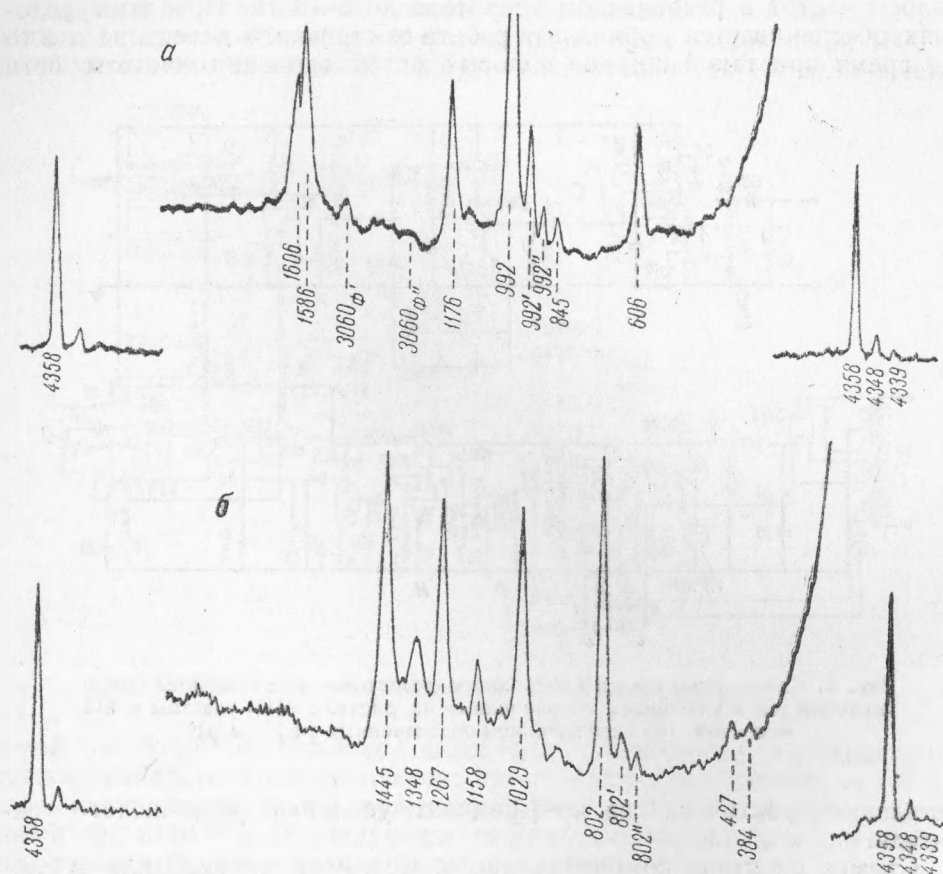


Рис. 3. Спектры комбинационного рассеяния: а — бензол, б — циклогексан

с помощью данного фотометра, можно считать равной около 2% от интенсивности линии  $802 \text{ см}^{-1}$  циклогексана, принятой за 250 (4). Специальные измерения показали, что фототок фотоумножителя, соответствующий этому предельному значению интенсивности, равен  $1,2 \cdot 10^{-11}$  а. Световой поток, соответствующий предельной величине интенсивности, подсчитанный нами с помощью данных С. М. Файнштейна (5), оказался равным  $2,4 \cdot 10^{-12}$  лм.

В заключение приношу глубокую благодарность акад. Г. С. Ландсбергу за руководство работой и постоянное внимание и К. В. Владимирскому, В. В. Виткевичу, Е. Я. Пумперу и Н. О. Чечику за ценную консультацию по ряду вопросов.

Поступило  
2 XI 1949

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> А. Л. Ошерович, Е. Н. Павлова, С. Ф. Родионов и Л. М. Фишкова, ЖТФ, 19, 184 (1949). <sup>2</sup> Jen-Yuan-Chien and P. Bender, Journ. Chem. Phys., 15, 376 (1947). <sup>3</sup> D. H. Rank and R. V. Wiegand, Journ. Opt. Soc. Am., 36, 325 (1946). <sup>4</sup> П. А. Бажулин, Изв. АН СССР, сер. физ., 5, 168 (1941). <sup>5</sup> С. М. Файнштейн, ДАН, 56, 149 (1947); ЖТФ, 18, 39 (1948).