

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

# ПРИБОРЫ И ТЕХНИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

(ОТДЕЛЬНЫЙ ОТТИСК)

5

---

МОСКВА • 1970

А. Ф. КРУПНОВ, Л. И. ГЕРШТЕЙН

Блок-схема радиоспектроскопа приведена на рис. 1. Ее можно подразделить на

две части: собственно спектроскоп, позволяющий наблюдать линии поглощения, и система точного измерения частот наблюдаемых линий. Собственно спектроскоп содержит источник излучения — л.о.в. 3, поглощающую ячейку 5, детектор 6 и индикатор 7. Перестройка л.о.в. по частоте осуществляется изменением величины напряжения электронного стабилизатора 2, питающего л.о.в. Необходимая для просмотра спектра поглощения частотная модуляция л.о.в. осуществляется изменением с частотой сети (50гц) величины напряжения питания при помощи регулируемого источника 1. С выхода л.о.в. излучаемая мощность при помощи ответвителя 4 делится между двумя каналами: большая

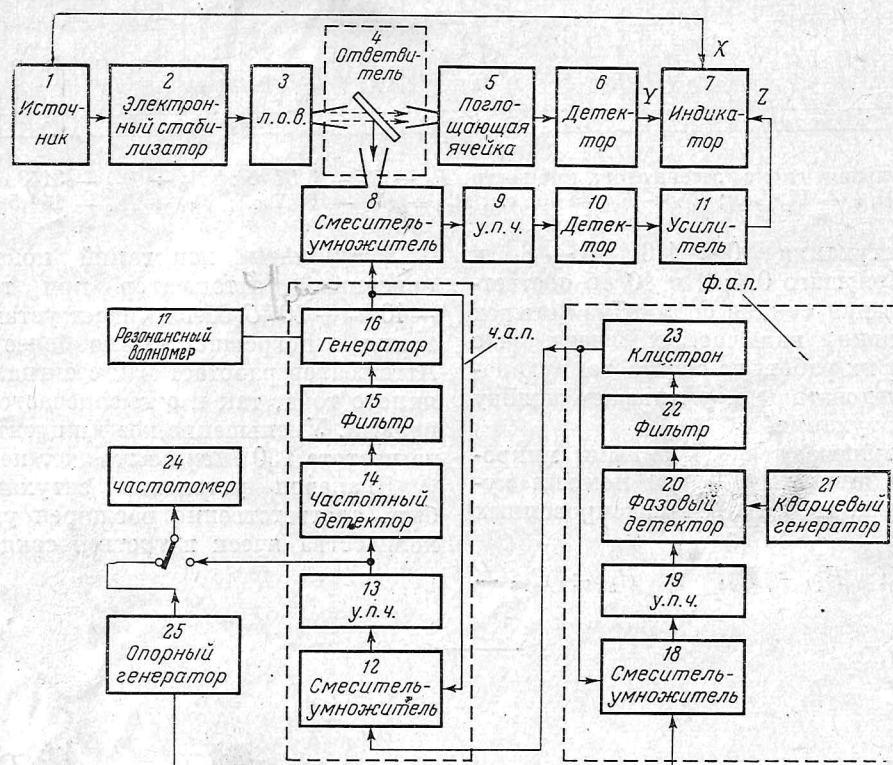


Рис. 1. Блок-схема радиоспектроскопа



часть направляется в поглощающую ячейку с исследуемым газом 5, меньшая — в систему точного измерения частоты. Пропедающая поглощающую ячейку мощность попадает на детектор 6 (Д407), после детектирования усиливается и поступает на вход У осциллоскопа 7. Развертка осуществляется с частотой 50 гц, и на экране осциллоскопа наблюдается участок спектра с имеющимися в нем линиями поглощения.

Ввиду того, что в исследуемом диапазоне линии поглощения газов очень сильны, размеры поглощающей ячейки невелики (длина  $10 \div 20$  см). Давление в ячейке обычно составляет  $\sim 10^{-1} \div 10^{-2}$  тор. Наряду с откачиваемой ячейкой применяется и отпаянная, изготовленная из тонкого кварца.

(рис. 2). Для предотвращения искажения линий штатк-эффектом необходимо принимать меры против скопления на кварцевых стенках ячейки электростатических зарядов. При работе отпаянная ячейка помещается в тракт с.в.ч. между двумя рупорами. Частота л.о.в. точно измеряется сравнением с известной частотой гармоники 4-мм генератора 16; биения между колебаниями л.о.в. и мощностью гармоники используются для получения яркостной метки частоты на экране того же осциллоскопа 7, на котором наблюдается спектральная линия. Для получения метки ответвляемая мощность л.о.в. поступает на смеситель-умножитель 8, на который поступает также мощность 4-мм генератора 16, связанного по частоте системой автоподстройки с опорным генератором 25. Когда частота биений между колебаниями л.о.в. и соответствующей гармоникой 4-мм генератора совпадает с частотой настройки усилителя промежуточной частоты 9, на выходе усилителя возникает сигнал, который, пройдя детектор 10 и усилитель 11, подается на вход Z осциллоскопа 7 и дает яркостную метку. Совмещая яркостную метку с вершиной измеряемой линии изменением частоты опорного генератора 25, измеряя электронно-счетным частотомером ЧЗ-9 24 значение частоты генератора 25 в момент совмещения и определив коэффициент умножения системы, можно точно определить значения частот спектральных линий.

Остановимся на системе умножения частоты, в том числе на важном вопросе определения коэффициентов умножения. Частота опорного генератора плавно перестраивается

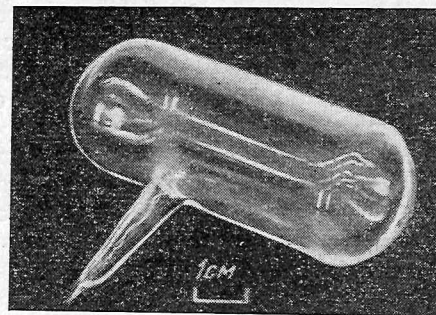


Рис. 2. Отпаянная кварцевая ячейка

в диапазоне  $205 \div 240$  Мгц; приняты меры для параметрической стабилизации частоты. Этот диапазон выбран для того, чтобы не усложнять схему введением лампового умножителя частоты, перестройка которого затруднительна. Частота генератора 25 непосредственно умножается до диапазона 3 см на смеситель-умножитель 18. При помощи первого кольца фазовой автоподстройки (ф.а.п.) частота 3-см генератора 23 связывается с частотой опорного. В состав ф.а.п. входят смеситель-умножитель 18, усилитель промежуточной частоты (у.п.ч.) 19, фазовый детектор 20, вспомогательный кварцевый генератор 21 и фильтр 22. Второе кольцо связывает системой частотной автоподстройки (ч.а.п.) частоту 4-мм генератора 16 с частотой гармоники 3-см генератора. В ее состав входят смеситель-умножитель 12, у.п.ч. 13, частотный детектор 14 и фильтр 15. Для грубого определения частоты 4-мм генератора имеется резонансный волномер 17. При работе обоих колец автоподстройки частота метки (т. е. частота измеряемой линии) связана с частотой опорного генератора соотношением

$$f_m = [(f_1 k \pm f_2) l - f_3] m \pm f_4, \quad (1)$$

где  $f_m$  — частота метки;  $f_1$  — частота опорного генератора 25, измеренная частотомером 24;  $k$  — номер гармоники генератора 25, используемой для автоподстройки 3-см клистрона 23;  $f_2$  — значение частоты вспомогательного генератора 21, равное 54,26 Мгц;  $f_3$  — значение частоты на выходе у.п.ч. 13, которая также измеряется при совмещении метки с линией частотомером 24, ее значение близко к 10 Мгц;  $l$  — номер гармоники 3-см генератора 23, используемой для автоподстройки 4-мм генератора 16 (у нас  $l = 7$ );

100... МГц ? k-68 120 = 6

$$f_m = [f_1 (n+0,5) l \pm f_3] m \pm f_4$$

2 100

$$f_4 = 33,97 \text{ мм} 33,98 \times 2 \approx 68 \text{ МГц}$$

$m$  — номер гармоники 4-мм генератора 16, используемый в смесителе 8 для получения метки (у нас  $m = 4 \div 8$ , определяется по паспорту л.о.в.);  $f_4$  — значение частоты у.п.ч. 9, равное 63 МГц, знак перед  $f_4$  определяется использованием либо более, либо менее высокочастотной метки, соответственно зеркальным каналам приема биений. Значение  $k$  и знак перед  $f_2$  определяются по показаниям волномера  $f_{\text{вм}}$  17, измеряющего частоту 4-мм генератора в момент совмещения метки с измеряемой линией. При этом

$$f_{\text{вм}} = (f_1 k \pm f_2) l - f_3. \quad (2)$$

Поскольку значения  $f_2$ ,  $l$  и  $f_3$  известны,  $f_1$  измеряется счетчиком, а  $k$  может принимать лишь целочисленные значения (у нас в пределах  $48 \div 52$ ), можно подобрать единственное значение  $k$  и знак перед  $f_2$ , удовлетворяющие (2).

Практически после того, как на экране осциллографа получена нужная линия, регулируют частоту 4-мм клистрона при выключенной автоподстройке с тем, чтобы получить метки частоты вблизи линии, после чего последовательно вводят системы автоподстройки — вначале автоподстройку 4-мм клистрона по 3-см клистрону, затем 3-см клистрона по опорному генератору. При работающих системах автоподстройки, что контролируется индикаторами, совмещают метку частоты с вершиной линии и производят указанные выше измерения. Ввиду различия времен прохождения сигналов линии и метки измерения следует проводить как при возрастании, так и при убывании частоты л.о.в., и брать среднее значение измеренных частот. О точности измерений можно судить по результатам [3], где частоты 29 измеренных в этом диапазоне линий формальдегида  $\text{H}_2\text{CO}$  удалось описать соответствующей формулой так, что дисперсия отклонения экспериментальных данных от расчетных составила  $2 \cdot 10^{-6}$ .

Все части радиоспектроскопа собраны в двух стойках. В левой стойке расположены индикаторы и система измерения частоты, в правой — собственно спектроскоп (л.о.в. в постоянном магните), система умножения и сравнения частоты. В конструкции с.в.ч. тракта применены в основном стандартные детали (рупоры, волноводы, детекторы). Детектор Д407 применен в приемнике спектроскопа 6, смесителе-умножителе системы меток 12, а также в смесителе-умножителе системы а.п.ч. 4-мм клистрона по 3-см клистрону 23. Результаты [4], где наблюдались биения 13-й гармоники 4-мм клистрона с 3-й гармоникой 1-мм л.о.в. ( $\lambda \approx 0,3 \text{ мм}$ ), позволяют надеяться на то, что диапазон настоящего радиоспектроскопа может быть расширен в более высокочастотную область применением в нем более высокочастотных л.о.в. [5].

Авторы благодарят Е. Н. Карякина за помощь в создании установки.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. А. Ф. Крупнов, В. А. Скворцов, Л. А. Синегубко, Изв. вузов, Радиофизика, 1968, 11, 8, 1186.
2. М. Б. Голант, Р. Л. Виленская, Е. А. Зюлина, З. Ф. Каплун, А. А. Негирев, В. А. Париков, Т. Б. Реброва, В. С. Савельев, ПТЭ, 1965, № 4, 136.
3. А. Ф. Крупнов, Л. И. Герштейн, В. Г. Шустров, В. В. Поляков, Оптика и спектроскопия, 1970, 28, 480.
4. А. Ф. Крупнов, Л. И. Герштейн, ПТЭ, 1970, № 1, 159.
5. М. Б. Голант, З. Т. Алексеенко, З. С. Короткова, Л. А. Лункина, А. А. Негирев, О. П. Петрова, Т. Б. Реброва, В. С. Савельев, ПТЭ, 1969, № 3, 231.

Научно-исследовательский радиофизический институт при Горьковском госуниверситете. Получено 21.1.1970