

группа — приём дискретных сообщений — включает бинарное обнаружение (приём двочных сигналов с пассивной паузой в импульсных и цифровых РТС, обнаружение сигнала в радиолокации), распознавание двух сигналов, обнаружение и распознавание неск. сигналов. Применяются оптимальные фильтры, как согласованные с сигналом, так и нечувствительные к его фазе, корреляторы, фазовые обнаружители, устройства синхронизации и др. Третья группа задач связана с оценкой разл. параметров принимаемых сигналов в предположении, что на интервале наблюдения соответствующий параметр не изменяется. Это осн. задача Р. у. РТС измерит. типа — радиолокационных, радионавигационных, радиотелеметрических, в них широко применяются сложные сигналы (шумоподобные, с линейной частотной модуляцией и др.).

В устройствах управления и отображения используются электронные исполнительные элементы (*варикапы, pin-диоды, полевые транзисторы*), управляемые, в зависимости от функционального и информац. назначения Р. у., в аналоговой форме, с помощью непрограммируемых и программируемых цифровых устройств, *микропроцессоров* и перепрограммируемых постоянных устройств памяти, причём существует тенденция к вытеснению аналоговых устройств цифровыми (см. также *Памяти устройства*). Индикация одномерных величин (частоты настройки, уровня сигнала и т. п.) производится на цифровых, звуковых или линейных светодиодных индикаторах, двумерная индикация осуществляется на осциллографических, мозаичных светодиодных индикаторах, дисплеях на жидких кристаллах и др.

Осн. направления развития Р. у.: широкое внедрение цифровых методов оптимальной обработки сигналов и цифровых устройств управления и отображения; более эффективное использование СВЧ-диапазона, освоение миллиметрового и субмиллиметрового диапазонов; комплексная микроинтеграция с повышением степени интеграции, внедрением СВЧ- и сверхкоротных ИС.

Лит.: Радиоприёмные устройства, под ред. Л. Г. Барулина, М., 1984; Головин О. В., Профессиональные радиоприёмные устройства декаметрового диапазона, М., 1985; Кононович Л. М., Современный радиовещательный приемник, М., 1986; Твердотельные устройства СВЧ в технике связи, М., 1988; Радиоприёмные устройства, под ред. А. П. Жуковского, М., 1989; Розанов Б. А., Розанов С. В., Приемники миллиметровых волн, М., 1989.

Н. Н. Фокин.

РАДИОСПЕКТРОСКОПИЯ — раздел физики, в котором изучаются спектры поглощения разл. веществ в диапазоне радиоволн (на частотах эл.-магн. поля от 10^3 до $6 \cdot 10^{11}$ Гц). В более широком смысле к Р. относят также исследования резонансной дисперсии, релаксации, нелинейных явлений, индуциров. испускания и др. явлений резонансного взаимодействия эл.-магн. и акустич. полей указанного диапазона с квантовыми системами.

Резонансное поглощение в диапазоне радиоволн обусловлено индуциров. переходами между уровнями энергии \mathcal{E}_i атомов, молекул, атомных ядер и пр., удовлетворяющими условию

$$\Delta \mathcal{E} = \mathcal{E}_i - \mathcal{E}_j = h\nu, \quad (1)$$

где ν — частота радиоволны. Такие интервалы энергии возникают, напр., при взаимодействии магн. моментов электронов и ядер с внеш. магн. полем [см. *Земана эффект*, *Электронный парамагнитный резонанс* (ЭПР), *Ядерный магнитный резонанс* (ЯМР)]; электрич. квадрупольных моментов ядер с градиентом внутрискристаллич. поля [см. *Ядерный квадрупольный резонанс* (ЯКР)]; при взаимодействии магн. моментов электронов и ядер (сверхтонкое расщепление уровней энергии); во вращательных спектрах молекул в газах (см. *Микроволновая спектроскопия*); при туннелировании атомов, ионов и молекулярных фрагментов в кристаллах и стёклах; при коллективном взаимодействии электронов в магнитоупорядоченных веществах (см.

Ферромагнитный резонанс, *Антиферромагнитный резонанс*); при движении электронов проводимости в магн. поле (см. *Циклотронный резонанс*) и пр. Интервалы $\Delta \mathcal{E}$ между уровнями энергии, изучаемые в Р., обычно соответствуют диапазону СВЧ (10^8 — $3 \cdot 10^{11}$ Гц), а в случае ЯМР и ЯКР — диапазону ВЧ (10^3 — $3 \cdot 10^8$ Гц). Столь малые интервалы, как правило, не удаётся разрешить в оптич. и ИК-спектрах, их можно зарегистрировать только методами Р.

По сравнению с оптич. спектроскопией и инфракрасной спектроскопией Р. имеет ряд особенностей. В Р. практически отсутствует аппаратное уширение спектральных линий, поскольку в качестве источника радиоволн используют когерентные генераторы, а частоту можно измерить с высокой точностью. Отсутствует и типичное для оптич. диапазона радиационное уширение, т. е. вероятность спонтанного испускания, пропорциональная ν^3 , в диапазоне радиоволн пренебрежимо мала. Из-за малой энергии $h\nu$ на единицу мощности приходится большое число квантов, что практически устраняет квантовомеханич. неопределённость фазы радиочастотного поля, к-рое можно описывать классически. Всё это позволяет получать информацию о веществе из точных измерений формы резонансных линий, к-рая определяется в Р. взаимодействием микрочастиц друг с другом, с тепловыми колебаниями матрицы и др. полями, а также их движением (в частности, *Доплера эффектом* в газах). Ширина линий в Р. меняется в очень широких пределах: от ~ 1 Гц для ЯМР в жидкостях до $\sim 10^{10}$ Гц для ЭПР в концентриров. парамагнетиках, ферромагн. резонанса, *параэлектрического резонанса* ионов в твёрдых телах.

С др. стороны, из-за малой величины $\Delta \mathcal{E}$ уменьшается чувствительность методов Р. Интенсивность регистрируемых спектров определяется преобладанием поглощения эл.-магн. энергии над её индуциров. испусканием, т. е. разностью населённости $N_j - N_i$ уровней энергии, между к-рыми происходят переходы. В условиях теплового равновесия при темп-ре T эти населённости подчиняются *Больцмана распределению*, откуда для невырожденных уровней

$$\Delta N = N_j - N_i = (N_i + N_j) \text{th}(\Delta \mathcal{E}/2kT). \quad (2)$$

В оптич. спектроскопии, как правило, $\Delta \mathcal{E} \gg kT$ (заселён практически только ниж. уровень); в Р., напротив, вплоть до $T \sim 1$ К выполняется неравенство $\Delta \mathcal{E} \ll kT$, поэтому величина ΔN мала и обратно пропорциональна темп-ре.

Для получения спектров последующее вещество помещают в объёмный резонатор, волновод или ВЧ-контур и в зависимости от типа резонансных переходов (магн. или электрич.) подвергают действию соответствующей компоненты эл.-магн. поля. Магн. дипольные переходы характерны для всех видов *магнитного резонанса* (ЭПР, ЯМР, ЯКР и т. д.), электрич. переходы — для микроволновых спектров газов, параэлектрич. резонанса и др. Эксперим. методы регистрации спектров в Р. можно разделить на стационарные, импульсные и косвенные.

В стационарных методах образец непрерывно облучают достаточно слабым (не вызывающим когерентных эффектов) эл.-магн. полем, частоту к-рого медленно изменяют. При выполнении условия (1) часть энергии поля поглощается веществом, что регистрируют по соответствующему уменьшению амплитуды эл.-магн. колебаний. Зависимость коэф. поглощения от частоты ν и представляет собой стационарный спектр поглощения. Вместо изменения частоты в Р. часто применяют эквивалентное изменение внеш. магн. или электрич. поля, влияющего на условие резонанса (1).

Мощность P эл.-магн. поля, поглощаемая веществом на частоте ν , равна

$$P = h\nu \Delta N g(\nu) |W_{ij}|^2, \quad (3)$$