

для случая измерений линейчатых спектров излучения

$$\frac{M\sqrt{\Delta f}}{s_{\text{эф}}} = Q_{\text{лин}}(\lambda) = (L_s \delta \lambda)_{\text{лин}} R_{\text{диф}} \frac{G'}{\Phi_{\text{пл}}} \quad (4)$$

Левая часть равенства (3) соответствует определению энергетического фактора Q как отношения сигнал/шум при единичной полосе частот Δf и единичном выделяемом спектральном интервале $\delta \lambda$. Наряду с Q пользуются также фактором качества K , значения которого не зависят от выбора спектральной шкалы. Он получается из Q заменой $\delta \lambda$ на $R = \lambda/s_{\text{эф}} \approx C = \lambda/\delta \lambda$:

$$K = R^2 M \sqrt{\Delta f} = \lambda^2 Q(\lambda) = \sigma^2(Q)(\sigma),$$

$$K_{\text{лин}} = R M \sqrt{\Delta f} = \lambda Q_{\text{лин}}(\lambda) = \sigma Q_{\text{лин}}(\sigma).$$

Величины Q , K характеризуют качество прибора. Чем больше Q и K , тем больше могут быть возможности измерений по разрешающей способности R , отношению сигнал/шум M и быстродействию (т. е. чем больше Δf , тем меньше постоянная времени фильтра τ , меньше инерционность и больше может быть скорость измерений). Правые части в соотношениях (3) и (4) показывают, от каких конструктивных параметров зависит качество прибора. Здесь видно, что вклад оптич. части прибора определяется только двумя величинами (если она согласована с источником и приёмником по геом. фактору) — коэф. потерь q и дифракц. пределом $R_{\text{диф}} = mNL$ (m — порядок спектра; N , L — частота штрихов и ширина решётки), а вклады источника и приёмника — яркостью, плотностью шума и величиной G' , согласованной с параметрами монохроматора: $G' = hH/L$, где h , H — высоты щели и эшелетта.

Системы равного качества (в смысле Q , K) могут быть реализованы в трёх основных конструктивных направлениях:

1. Максимум R — построение приборов высокой разрешающей способности (до 10^6) с большими решётками, работающими медленно ($\Delta f \approx 10^{-2}$ Гц, постоянная времени τ — до десятков секунд) при небольших значениях M .

2. Максимум Δf — построение приборов скоростной С. с устройствами быстрого сканирования и регистрации (до $\Delta f \approx 10^7$ Гц, $\tau \approx 10^{-6}$ с) при снижении R до 30—100.

3. Максимум M (до 10^6 при соответствующем диапазоне линейности) — построение приборов для прецизионных измерений контуров спектров при умеренных R и Δf (см. *Спектрофотометрия*).

С помощью критериев Q или K оцениваются в С. возможности и др. типов систем. При этом могут изменяться показатели степени у Δf или R (напр., R^3 в *Фурье-спектрометрах*) либо Δf может оказаться нерегулируемой константой, тогда параметр Δf переходит в правую часть соотношений (3) и (4) и т. д. Вводятся также дополнит. параметры, характеризующие спектральную или пространственную многоканальность, квантовый выход, характер шумов, протяжённость регистрируемых диапазонов, полное время измерений и т. п.

Оптимальные режимы, редукция. Общим свойством спектрометрич. систем является альтернативное соотношение между систематическими и случайными погрешностями (шумами). Напр., в монохроматорах при уменьшении ширины щелей $s_{\text{эф}}$ систематич. погрешности δ_s убывают пропорц. $s_{\text{эф}}^2$, но одновременно с такой же скоростью падает поток (сигнал) и возрастает относит. уровень шумов — случайная погрешность $\epsilon_{\text{ш}} = 1/M$. При увеличении $s_{\text{эф}}$, напротив, растут систематич. δ_s , но убывают случайные погрешности $\epsilon_{\text{ш}}$.

В благоприятных ситуациях (гладкие спектры, «мощный» прибор в смысле Q) может существовать диапазон значений $s_{\text{эф}}$, где обе погрешности пренебрежимо малы, но нередко такой диапазон отсутствует и возникает задача

поиска оптим. значения $s_{\text{эф}}$ по подходящему критерию. Выбор критерия зависит от того, будет ли применяться редукция и данные (методы решения обратных задач С. — нахождение истинного контура спектра по наблюдаемому).

Редукция прежде всего требует хорошего знания поля АФ прибора. Напр., если измерения описываются свёрткой типа (2): $J = f * a$, то для фурье-образов имеет место равенство $\tilde{J} = \tilde{f} \tilde{a}$, и если a известна точно, а J не содержит шумов, то редукция эффективно осуществляется делением фурье-образов: $\tilde{f} = \tilde{J} / \tilde{a}$. Наложение шумов или неполнота знания a резко ограничивают возможность редукции.

Если результаты измерений предполагается использовать непосредственно (без редукции), то подходящим критерием оптимума является общее требование минимума погрешностей, что формально сводится к отысканию таких значений регулируемых параметров (ширин оптической и электрической АФ), при к-рых сумма систематических (целевой и инерционной) и случайной погрешностей минимальна. Характер взаимосвязей в оптим. режиме можно выразить следующим образом:

$$(\text{точность})^4 \times (\text{скорость}) \approx \text{const} \cdot (b^4 \cdot Q^2).$$

Здесь точностью названа величина, обратная суммарной погрешности, а скоростью — величина $v = b/\theta$, где θ — время регистрации полосы шириной b . Существовало, что точность и скорость находятся в альтернативном соотношении, показатель степени точности (4) определяет, насколько она критична, а показатели степени у параметров b и Q , от к-рых зависит константа справа, показывают, что структурность измеряемого спектра влияет на точность и производительность измерений сильнее, чем «мощность» спектрометра.

Лит.: Толмачев Ю. А., Новые спектральные приборы, Л., 1976; Мишинков М. М., Теоретические основы оптико-электронных приборов, 2 изд., Л., 1983; Мибери Дж., Обнаружение и спектрометрия слабых источников света, пер. с англ., М., 1979; Никитин В. А., Теоретические основы методологии прецизионной спектрофотометрии, Л., 1991.

В. А. Никитин.

СПЕКТРОПОЛЯРИМЕТР — спектральный прибор для измерения угла вращения плоскости поляризации оптически активным веществом для излучений с разл. длинами волн (см. *Поляриметрия*).

СПЕКТРОРАДИОМЕТР — спектральный прибор для измерения фотометрич. характеристик (потока, светимости, силы света, яркости и др.) источников оптического излучения. По общей схеме и конструкции С. подобны спектрофотометрам, но имеют спец. осветители, позволяющие сравнивать исследуемый поток с потоком от референтного источника (операция фотометрирования), встроенного в прибор или расположенного вне его. Для измерений спектров удалённых излучателей С. снабжаются собой осветителями-телескопами или пристраиваются к большим стационарным оптическим телескопам.

СПЕКТРОРЕФРАКТОМЕТР — спектральный прибор для измерения зависимости показателя преломления образцов материалов от длины волны излучения (см. *Рефрактометр*).

СПЕКТРОСКОП — простейший спектральный прибор для визуального наблюдения спектров. Обычно строится по схеме призмного спектрографа, в фокальной плоскости к-рого помещается матовое стекло.

СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИЙ СИМВОЛ — величина Z , характеризующая зарядовое состояние атома или иона; $Z = Z_n - N + 1$, где Z_n — заряд атомного ядра (в единицах элементарного электр. заряда), N — число электронов в атомной системе. Т. о., для нейтральных атомов $Z = 1$, для однократных положительных ионов $Z = 2$, для многозарядных ионов $Z \gg 1$.