

перпендикулярном освещении, и её спектр измеряется с помощью второго монохроматора и соответствующего приёмника («измерительный» канал). Часть выделенного первым монохроматором возбуждающего излучения направляется светоделителем в «опорный» канал со своим приёмником. В блоке регистрации осуществляется фотометрирование — измеряется отношение сигналов в измерит. и опорном каналах. Применяются два осн. режима работы: измерение спектра люминесценции для данной длины волны возбуждающего излучения (сканирование осуществляется вторым монохроматором, а настройка первого фиксирована) и измерение спектра возбуждения для данной длины волны люминесценции (сканирование осуществляется первым монохроматором, а настройка второго фиксирована). В автоматич. серийных С. обычно имеется встроенная ЭВМ, корректирующая результаты измерений с целью учёта зависимостей яркости источника, пропускания монохроматоров и чувствительности приёмников от длины волны для получения данных о *квантовом выходе* люминесценции.

В. А. Никитин.

СПЕКТРОФЛУОРОМЕТР — спектрометр, предназначенный для измерений и регистрации времени затухания люминесценции при разл. длинах волн оптич. излучения.

СПЕКТРОФОТОМЕТР — спектральный прибор для измерений фотометрич. параметров и характеристик веществ, сред и тел путём определения отношения двух потоков оптич. излучения — потока, падающего на образец, и потока, взаимодействовавшего с образцом (отражённого или прошедшего через него). См. *Спектрофотометрия*.

В. А. Никитин.

СПЕКТРОФОТОМЕТРИЯ — совокупность методов фотометрирования потоков оптич. излучения от источников излучения или после его взаимодействия с образцами в зависимости от длины волны; объединяет разделы *спектрометрии*, *фотометрии* и *метрологии*. С. источников излучения наз. *спектро радиометрия* и *ей*; она занимается измерениями энергетич. характеристик излучения и излучателей (потока силы света, светимости, яркости, освещённости и т. п.). В узком смысле под С. понимают теорию и методологию измерений фотометрич. характеристик образца, безразмерных коэф., определяемых отношением потоков: $X = \Phi/\Phi_0$ (где Φ_0 — поток, падающий на образец, Φ — поток, наблюдаемый после взаимодействия с образцом); в зависимости от направлений освещения и наблюдения величина X — коэф. пропускания, отражения или рассеяния. Специфич. случай С. — метод *нарушенного полного внутреннего отражения*.

Значения коэф. X зависят не только от свойств измеряемого образца — оптич. постоянных (*преломления показателя* n и главного показателя поглощения k), однородности, формы и состояния поверхности, но и от длины волны λ и условий измерения [направлений освещения и наблюдения φ , положения освещаемого участка на образце (x), поляризации, темп-ры]. Поэтому один и тот же образец может иметь разные значения X в разных условиях измерений.

В прецизионной С. твёрдых материалов и покрытий для правильной интерпретации результатов измерений в некогерентном излучении вводится представление о *многомерной аппаратной функции* измерений (АФИ) $A(\lambda, \varphi, x)$. Ширина АФИ по координатам λ, φ, x соответствует спектральному ($\delta\lambda$), угловому ($\delta\varphi$) и пространственному (δx) интервалам, выделяемым в данной схеме измерений. Каждое измеренное значение X и его погрешность ΔX рассматриваются как результат операции свёртки многомерных ф-ций $X(\lambda, \varphi, x) * A(\lambda, \varphi, x)$ в данных конкретных условиях, описываемых комбинацией параметров $\lambda, \varphi, x, \delta\lambda, \delta\varphi, \delta x$ (при известных поляризации и темп-ре) с соответствующими допусками по каждому из параметров. Функциональные зависимости X от параметров λ, φ, x измеряются так: один из параметров сканируется, а

два других фиксированы. Так получаются ф-ции распределения — спектры $X(\lambda)$, индикатрисы $X(\varphi)$, топограммы $X(x)$. Эти распределения тем ближе к истинному, чем меньше ширины АФИ $\delta\lambda, \delta\varphi, \delta x$, использованные при измерениях; уменьшение же ширины АФИ лимитируется энергетически, т. к. потоки излучения Φ и Φ_0 пропорц. *геометрическому фактору* $G \approx \delta\lambda(\delta\varphi)^2(\delta x)^2$. Это приводит к альтернативному соотношению между случайными погрешностями из-за шумов и систематич. погрешностями из-за конечности ширины АФИ.

Теоретически для идеально однородного материала с топограммой $X(x) = \text{const}$ и при хорошо известных зависимостях его оптич. характеристик от длины волны $n(\lambda)$ и $k(\lambda)$ можно рассчитать $X(\lambda)$ и $X(\varphi)$ по *Френеля формулам* для поглощающих сред, но их применение ограничено несовершенством формы и структуры реальных образцов. Эксперим. топограммы хорошо отполированных пластинок (зеркал) свидетельствуют об остаточных неоднородностях $\sim 10^{-3} - 10^{-2}$, причём их распределения заметно зависят от времени. Этот предел «идеальности» поверхности эталонов и стандартных образцов из оптич. материалов в конечном счёте ограничивает и точность спектрофотометрич. исследований твёрдых тел в целом.

В С. жидкостей модельное описание процесса измерений значительно упрощается, т. к. обычно применяются унифициров. схемы измерений: во всех серийных спектрофотометрах почти параллельный пучок падает по нормали на типовую кювету с исследуемой жидкостью.

Вещества в газовой фазе в С. не исследуются.

Осн. прибор, используемый в С., — спектрофотометр (см. *Спектральные приборы*). Об измерениях в когерентном лазерном излучении см. в ст. *Фотометрия импульсная*.

Лит. см. при ст. *Спектрометрия*, *Спектральные приборы*.

В. А. Никитин.

СПЕКТРЫ КРИСТАЛЛОВ — спектры поглощения, люминесценции, рассеяния, фотопроводимости кристаллов в широком диапазоне длин волн. Наиб. информативны С. к. в оптич. диапазоне. По С. к. изучают частотные зависимости характеристик поглощения, рассеяния и люминесценции кристаллов (см. *Спектроскопия кристаллов*), а также поляризац. зависимости (см. *Поляриметрия*).

С. к. обусловлены *квантовыми переходами* между уровнями энергии, принадлежащими как осн. веществу кристалла, так и его примесям. Эти переходы могут быть связаны с изменением только энергетич. состояния электронов (*электронные спектры*) или только энергий колебат. состояний атомов кристаллалл. структуры (*фононные спектры*), а также с их одноврем. изменением. Электронные С. к. обусловлены электронными переходами между уровнями энергии атомов осн. вещества и примесей. Электронные уровни осн. вещества образуют энергетич. зоны (см. *Зонная теория*). Верхняя заполненная зона наз. валентной, а нижняя пустая — зоной проводимости. Межзонные электронные переходы образуют интенсивные полосы поглощения с коэф. поглощения до 10^6 см^{-1} — т. н. основное или *фундаментальное* поглощение. ДВ-край полосы фундам. поглощения соответствует ширине запрещённой зоны. Частотная зависимость края фундам. поглощения определяется структурой зоны (т. е. плотностью энергетич. состояний вблизи дна зоны проводимости и потолка валентной зоны), а также тем, являются ли переходы между зонами прямыми — без участия фононов или происходят с участием фононов. Исследование края фундам. поглощения несёт, таким образом, информацию о структуре зон.

ДВ-край фундам. поглощения \mathcal{E}_g может лежать в УФ-области, напр. у алмаза ($\mathcal{E}_g = 5,4 \text{ эВ}$), щёлочногалогидных кристаллов (у NaCl $\mathcal{E}_g = 8,6 \text{ эВ}$). В более