

измерений, напр. коэф. отражения при двух углах  $\phi$ . Однако, если проводить измерения в широкой области частот  $\omega$ , то можно измерять  $R$  только при одном угле падения; затем с помощью Крамерса — Кронига соотношений по спектру  $R_{s,p}(\omega)$  находят фазу отражённой волны  $\delta_s(\omega)$  или  $\delta_p(\omega)$ , а далее по ф-лам Френеля для амплитудных коэф. отражения  $r_s(\omega)$  или  $r_p(\omega)$  определяют  $n(\omega)$  и  $\kappa(\omega)$ .

Рассмотренный выше подход, базирующийся на ур-ниях Максвелла, позволяет описывать особенности О. с. на феноменологич. уровне. Не вскрывая механизма взаимосвязи оптич. свойств вещества с его атомным строением, он устанавливает соотношение между макрохарактеристиками — оптич. постоянными среды  $n$ ,  $\kappa$  и её электрич. параметрами — диэлектрич. проницаемостью  $\epsilon$  и электропроводностью  $\sigma$ :

$$n^2 - \kappa^2 = \epsilon; \quad n\kappa = 2\pi\sigma/\omega.$$

Взаимосвязь макро- и микропараметров среды была обоснована микроскопич. электронной теорией Х. А. Лоренца (1880), рассматривающей электрон (атом) как осциллятор, а среду как набор частиц-осцилляторов. Падающая световая волна вызывает колебания в частицах, в результате чего они излучают волны, когерентные с падающей. Вторичная волна одного атома действует на др. атомы и вызывает их дополнит. излучение; интерференция всех этих волн с падающей объясняет все явления отражения и преломления. Если расстояние между частицами  $\ll \lambda$  (что справедливо для оптич. диапазона) и если плотность частиц одинакова во всём объёме среды, то расчёт по молекулярной теории приводит в тем же выводам, что и феноменологич. теория. Именно в «среде» вторичные волны «гасят» падающую и создают преломлённую; вне «среды» интерференция вторичных волн приводит к образованию отражённой волны с амплитудой, описываемой ф-лами Френеля. Если расстояние между частицами сравнимо с  $\lambda$  (в рентг. области), то феноменологич. теория неправомерна, необходим другой подход (см. Дифракция рентгеновских лучей). Тепловое движение частиц нарушает постоянство их плотности и приводит к новому явлению — молекулярному рассеянию света.

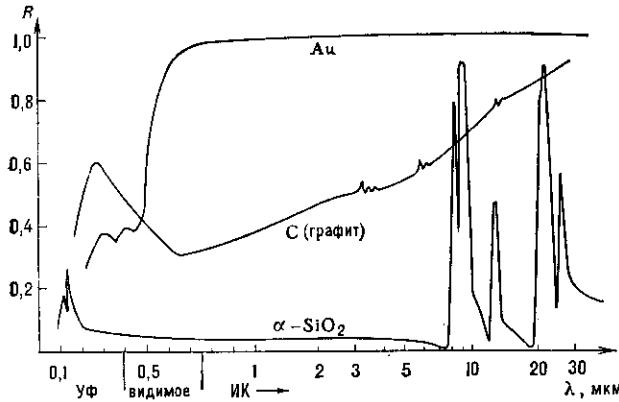


Рис. 3. Спектры коэффициентов отражения диэлектрика ( $\alpha$ -кварц), металла (Au) и монокристаллического графита.

В поглощающих средах (хорошо проводящих металлах) падающая волна поглощается практически полностью в тонком ( $\sim 10$  нм) слое; энергия её превращается в энергию движения электронной плазмы. Движущиеся электроны излучают, в результате чего формируется отражённая волна, уносящая до 99% энергии (подробнее см. Металлооптика).

Спектры отражения в УФ-, видимой и ИК-областях типичного представителя металлов (Au) и диэлектриков ( $\alpha$ -кварц) представлены на рис. 3. Хорошо виден общий резонансный характер О. с. в УФ-области у  $\alpha$ -кварца и золота, тогда как в ИК-области обнаружива-

ются качества, различия: у  $\alpha$ -кварца по-прежнему ярко выражена резонансная структура полос в спектре О. с., а у золота — неселективное отражение, характерное для свободных носителей электрич. заряда. В промежуточной — видимой области в спектре О. с. золота с ростом  $\lambda$  происходит быстрое нарастание коэф. отражения. Спектр О. с. полуметалла (графит) в УФ-области имеет те же общие черты, а в ИК-области носит промежуточный характер, приближаясь с ростом  $\lambda$  к спектру металлов. Резонансные колебания кристаллич. решётки графита выражены в спектре О. с. в виде весьма слабых полос на фоне интенсивного неселективного отражения, обусловленного свободными носителями.

При рассмотренном выше О. с. предполагалось наличие идеально гладкой плоской отражающей границы. Реальная поверхность имеет микронеровности конечной высоты, трещины, амортизаторы, воду и т. п. Для точного измерения параметров отражённого света, на к-рые влияют тончайшие поверхностные слои, необходимы исключительно щадительная хим. очистка поверхности и устранение дефектов и нарушений структуры, вызванных обработкой. Наличие микрорельефа приводит к нерегулярному рассеянию света по разным направлениям, причём для высококачеств. полировки потери на рассеяние могут составлять  $\sim 2 \cdot 10^{-6}$  от мощности падающего света. Если высота микронеровностей  $h \geq 0,2\lambda$ , то отражение диффузное; при  $h \leq 0,003\lambda$  отражение зеркальное. Коэф. зеркального О. с. от поверхности при нормальном падении в хорошем приближении описывается ф-лой  $R = R_0 \exp(-4\pi h/\lambda)^2$ , где  $R_0$  — отражение идеально гладкой поверхности. Металлич. зеркало, у к-рого потери на диффузное отражение составляют не более 0,1%, должно иметь  $h \leq 0,003\lambda$  в видимом диапазоне. При наклонном падении и при переходе в ИК-область требования к качеству полировки снижаются.

Диффузное О. с. представляет собой рассеивание света во всевозможных направлениях телом, к-рое имеет шероховатую поверхность либо обладает внутр. неоднородной структурой, ведущей к рассеянию света в его объёме. О. с. от шероховатой поверхности, представляющей собой созо-купность различным образом ориентированных площадок с размерами  $\geq \lambda$ , сводится к отражению света этими площадками в соответствии с ф-лами Френеля; угл. распределение яркости и поляризации диффузно отражённого света целиком определяется характером стохастич. распределения площа-док по ориентациям.

Если О. с. обусловлено рассеянием на неоднородностях внутр. структуры самого тела (порочки, эмульсии, облака и т. п.), то явление носит объёмный характер и его закономерности определяются эффектами многократного рассеяния света, проникшего в тело. В этом случае даже слабое поглощение внутри тела приводит к резкому ослаблению многократно рассеянного света и уменьшению отражат. способности. Для очень тонких или сильно поглощающих сред существенно только однократное рассеяние, вследствие чего отражат. способность пропорц.  $\beta/\gamma$  ( $\beta$  и  $\gamma$  — объёмные коэф. рассеяния и поглощения). Т. к.  $\beta$  и  $\gamma$  зависят от степени дисперсности рассеивающего вещества, то и отражат. способность зависит от дисперсности: увеличивается по мере измельчения рассеивающих частиц. Поляризация отражённого света также зависит от величины  $\beta/\gamma$ . Угл. распределение отражённого света определяется видом матрицы рассеяния и меняется с изменением  $\beta/\gamma$  и оптич. толщины слоя.

Для поверхностей, равномерно рассеивающих свет, часто пользуются (напр., при светотехн. расчётах) Ламберта законом, согласно к-рому яркость диффузно отражющего тела пропорц. его освещённости и не зависит от направления, в к-ром она рассматривается. Однако закон этот выполняется очень приближённо, лишь для тел с высокой отражат. способностью и под углами наблюдения  $< 60^\circ$ .