

12.2. ОПТИЧЕСКИЕ КОНСТАНТЫ

В предыдущей главе для описания свойств диэлектриков в переменных электрических полях была введена комплексная диэлектрическая проницаемость

$$\epsilon^* = \epsilon' - i\epsilon''.$$

Аналогично, для описания оптических свойств твердых тел вводятся комплексный показатель преломления

$$n^* = n - ik. \quad (12.1)$$

Комплексные величины ϵ^* и n^* характеризуют взаимодействия электромагнитной волны с веществом, в котором световая энергия частично поглощается.

Из уравнений Максвелла следует, что распространяющаяся в веществе с показателем преломления n^* в направлении x электромагнитная волна описывается выражением

$$E_x = E_0 \exp \left[i\omega \left(t - \frac{n^* x}{c} \right) \right]. \quad (12.2)$$

где E_x — компонента вектора напряженности электрического поля в направлении x . С учетом (12.1) перепишем (12.2) в виде

$$E_x = E_0 \exp \left(-\frac{\omega \kappa x}{c} \right) \exp \left[i\omega \left(t - \frac{nx}{c} \right) \right]. \quad (12.3)$$

Выражение (12.3) описывает волну с частотой ω , распространяющуюся со скоростью $\frac{c}{n}$ и затухающую по закону $\exp(-\omega \kappa x/c)$. Коэффициент κ представляет собой мнимую часть комплексного коэффициента преломления и характеризует поглощение в веществе. Этот коэффициент называют *коэффициентом экстинкции*. Из (12.3) видно также, что n есть не что иное, как обычный *показатель преломления* света в кристалле. На практике обычно измеряют интенсивность света I , которая пропорциональна квадрату напряженности электрического (или магнитного) поля в электромагнитной волне. Из (12.3) следует, что интенсивность световой волны, распространяющейся в кристалле, уменьшается с глубиной проникновения x по закону

$$I(x) \sim \exp \left(-\frac{2\omega \kappa x}{c} \right) = \exp(-\alpha x), \quad (12.4)$$

где

$$\alpha = \frac{2\omega \kappa}{c} = \frac{4\pi \kappa}{\lambda}. \quad (12.5)$$

В (12.5) λ — длина волны в вакууме. Величину α называют *коэффициентом поглощения*. Экспоненциальный характер ос-

лабления света в твердом теле позволяет интерпретировать коэффициент α как вероятность поглощения фотона в образце единичной толщины. В соответствии с этим величину α^{-1} можно рассматривать как *среднюю длину свободного пробега фотона* в веществе. Ясно, что коэффициент поглощения α имеет размерность обратной длины. Его выражают обычно в м^{-1} .

Часть световой энергии, падающей на твердое тело, отражается от поверхности кристалла. Коэффициент R , представляющий собой долю отраженного от твердого тела света и определяемый соотношением

$$R = \frac{I_R}{I_0}, \quad (12.6)$$

называют *коэффициентом отражения*. Здесь I_R и I_0 — интенсивности отраженной и падающей световых волн соответственно. Коэффициент отражения является величиной безразмерной. Часто его выражают в процентах.

Обозначим I_T интенсивность света, прошедшего через образец. Коэффициент T , характеризующий долю прошедшего света и определяемый выражением

$$T = \frac{I_T}{I_0}, \quad (12.7)$$

называют *коэффициентом пропускания*. Как и коэффициент отражения, он является безразмерной величиной.

Все оптические коэффициенты являются функциями длины волны падающего излучения. Зависимость коэффициента поглощения от длины волны падающего света $\alpha(\lambda)$ или от энергии $\alpha(h\nu)$ называют *спектром поглощения* вещества. Зависимость $R(\lambda)$ или $R(h\nu)$ называют *спектром отражения*.

12.3. ПОГЛОЩЕНИЕ СВЕТА КРИСТАЛЛАМИ

При поглощении света твердыми телами энергия фотонов превращается в другие виды энергии. Она может идти на изменение энергетического состояния свободных или связанных с атомами электронов, а также на изменение колебательной энергии атомов. Поглощение обусловлено, в основном, действием следующих механизмов:

1) межзонных электронных переходов из валентной зоны в зону проводимости. Связанное с этим механизмом поглощение получило название *собственного*, или *фундаментального*;

2) переходов, связанных с участием экситонных состояний (*экситонное поглощение*);

3) переходов электронов или дырок внутри соответствующих разрешенных зон, т. е. переходов, связанных с наличием свободных носителей заряда. Данное поглощение называют *поглощением свободными носителями заряда*;