

хим. состава, но с одинаковым соотношением числа атомов имеют геометрически подобные К. с., что наз. и з о с т р у к т у р н о с т ь ю (напр., MgO и TiN — структурный тип NaCl). Из симметрии К. с. можно предсказать возможные в данном кристалле физ. свойства. Качественные характеристики разных свойств, например упругих, оптических, электрических и т. п., можно увязать с конкретным расположением атомов в К. с., а иногда и прямо рассчитать из К. с. (см. *Кристаллы*).

Лит.: Structure reports. Publ. for the Intern. Union of Crystallography, Utrecht, 1951—87—; Molecular structures and dimensions. Bibliography, ed. by O. Kennard and D. Watson, v. 1—15, Utrecht, 1971—84; Современная кристаллография, т. 2, М., 1979; Нейтроны и твердое тело, т. 2, М., 1981; Вайнштейн Б. К., Структурная классификация состояний вещества, в кн.: Кристаллография и кристаллохимия, М., 1986; Уэллс А., Структурная неорганическая химия, пер. с англ., т. 1, М., 1987. Б. К. Вайнштейн.

КРИСТАЛЛОАКУСТИКА — раздел физ. акустики, в к-ром изучаются законы распространения акустич. волн в кристаллах и взаимодействии волн с разл. видами возбуждений в кристаллах (электронами, спинами, дефектами решетки и др.). В К. обычно используются волны УЗ- и гиперзвукового диапазонов. В кристалле скорость распространения *упругих волн*, их поляризация и поглощение зависят от направления распространения относительно кристаллографич. осей. Вследствие этого направление потока звуковой энергии в кристалле в общем случае не совпадает с нормалью к волновому фронту, т. е. перемещает фазы волны и её энергии происходит вдоль разл. направлений. Для многих кристаллов характерно существование выделенных направлений, вдоль к-рых преим. распространяется энергия звуковых колебаний. В анизотропной среде усложняются картина отражения и преломления звука, характер нелинейного взаимодействия УЗ-волн и др.

Описанные эффекты характерны и для *поверхностных акустических волн*, упругая анизотропия к-рых сказывается на их структуре: в зависимости от среза кристалла и от направления распространения поверхностной волны в плоскости этого среза изменяются характер движения частиц среды в волне вблизи границы кристалла (форма траекторий, их ориентация относительно поверхности кристалла) и глубина проникновения волны в глубь кристалла.

Особенностью распространения упругих волн в кристаллах является их взаимодействие с разл. подсистемами (макроскопическими электрич. и магн. полями, электронами, спинами и др.) кристаллов. Так, в кристаллах, обладающих пьезоэффектом, распространение акустич. волны сопровождается образованием переменного электрич. поля, движущегося вместе с волной деформации; в полупроводниках и металлах волна деформации вызывает движение и перераспределение свободных носителей (см. *Акустоэлектронное взаимодействие*); в магн. кристаллах упругая волна сопровождается волной переменного магн. поля, обусловленного магнитострикцией, и т. д. Для всех типов кристаллов характерно взаимодействие УЗ-волн с дефектами кристаллич. структуры, в первую очередь с *дислокациями*. Взаимодействие механич. деформаций с разл. подсистемами в значит. степени определяет поглощение УЗ, механизмы акустич. нелинейности, анизотропию скорости звука и даже обуславливают возникновение в кристаллах новых типов волн, как объёмных (связанные *магнитоупругие волны* в магн. кристаллах), так и *поверхностных*.

Распространение упругих волн в анизотропной среде. Эффекты упругой анизотропии в К. обычно описываются применительно к распространению в кристалле плоских волн. Фазовая скорость упругих волн определяется тензором модулей упругости C_{ijkl} , устанавливающим в линейном приближении связь между упругими напряжениями σ_{ij} и вызвавшими их деформациями u_{im} :

$$\sigma_{ij} = C_{ijlm} u_{lm} \quad (1)$$

Тензор C_{ijlm} симметричен относительно перестановки пар индексов ij и lm , а также относительно перестановки индексов внутри каждой пары. В общем случае он имеет 21 независимую компоненту, однако вследствие симметрии кристалла число независимых и неравных нулю компонент может быть меньше.

Направление распространения плоской волны задаётся волновой нормалью — единичным вектором n , параллельным волновому вектору k и нормальным волновому фронту. Компоненты вектора смещений u связаны между собой вытекающими из ур-ний движения упругой анизотропной среды ур-ниями Грина — Кристоффеля:

$$\rho c^2 u_i - \Gamma_{ij} u_j = 0, \quad (2)$$

где $\Gamma_{ij} = C_{ijlm} n_l n_m$ — упругий тензор Грина — Кристоффеля, $c(n)$ — фазовая скорость акустич. волны, распространяющейся в направлении n , ρ — плотность кристалла. Фазовая скорость определяется из условия

$$\det |\rho c^2 \delta_{ij} - \Gamma_{ij}| = 0 \quad (3)$$

(δ_{ij} — символ Кронекера), а ур-ния (2) задают направление колебат. движения частиц среды в волне, т. е. *направления движения волн*. В общем случае волны поляризацию акустич. волны. В общем случае вдоль произвольного направления в кристалле могут распространяться 3 упругие волны с разл. фазовыми скоростями и со взаимно ортогональными векторами поляризации. В отличие от изотропной среды разделение акустич. волн на продольные и поперечные в кристаллах, в общем случае, невозможно, поскольку направления колебаний, как правило, не совпадают с направлением распространения и не ортогональны ему. Тем не менее принята следующая классификация упругих волн в кристаллах. Волна, вектор колебат. смещения к-рой составляет наим. угол с направлением распространения, наз. *к в а з и п р о д о л ь н о й Q L*. Две другие волны, направления колебаний в к-рых почти перпендикулярны направлению распространения, наз. *к в а з и п о п е р е ч н ы м и Q T*; последние часто классифицируют дополнительно по величине их фазовой скорости, выделяя быстрые *FT* и медленные *ST* квазипоперечные волны.

Особые направления в кристаллах. В кристаллах имеются особые направления — продольные и поперечные нормали и оси. *Продольной нормалью* наз. направление, вдоль к-рого распространяется чистопродольная волна, а две другие волны обязательно поперечны. *Поперечная нормаль* представляет собой направление, вдоль к-рого распространяется лишь одна чистая волна — поперечная *T*, поляризация двух других — *QL* и *QT* — геометрически ничем не выделена. Др. типом особых направлений являются *а к у с т и ч. о с и* — направления, для к-рых скорости обеих квазипоперечных волн совпадают. Вдоль акустич. оси в кристалле распространяется множество квазипоперечных волн, имеющих одну и ту же фазовую скорость, но различающихся векторами поляризации; их ориентация произвольна в плоскости, перпендикулярной вектору поляризации квазипродольной волны. Помимо линейно поляризованных волн вдоль акустич. осей могут распространяться также волны с более сложной поляризацией — циркулярно или эллиптически поляризованные волны, их вектор смещения в каждой точке пространства вращается в плоскости колебаний, описывая круг или эллипс. Наконец, если вдоль акустич. оси распространяются чистопродольная волна и множество чистопоперечных волн, то такое направление наз. *п р о д о л ь н о й а к у с т и ч. о с ь ю*.

Все направления, связанные с элементами симметрии кристалла, являются особыми. Продольными нормальными являются оси симметрии и направления, перпендикулярные плоскостям симметрии. Для осей 3-го, 4-го и 6-го порядков скорости обеих поперечных волн совпадают, так что эти направления представляют собой продольные акустич. оси. Все направления, лежащие