

молекул, содержащих группы $>CH_2$, $-CH_3$, $=CH_2$, $-NH_2$ и т. п., могут быть двух типов — внутренние Д. к., при к-рых изменяются углы внутри группы (напр., углы $H-C-H$ в группе CH_3), и внешние Д. к., при к-рых изменяются углы, определяющие поворот всей группы в целом. Д. к. не всегда могут быть однозначно выделены по формам колебаний: в нек-рые из них значит. вклад вносят деформации валентных связей и торсионные колебания (вращение вокруг хим. связей). Частоты Д. к. обычно ниже и, как правило, менее характерны, чем частоты валентных колебаний (см. *Характеристические частоты, Спектральный анализ*).

Лит. см. прл ст. *Молекула*.

ДЕФОРМАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ — изменение энергии электрона в зоне проводимости или дырки в валентной зоне при деформировании полупроводника. Деформация изменяет ширину запрещённой зоны полупроводника и тем самым положение дна зоны проводимости и «потолка» валентной зоны (см. *Зонная теория*). Энергия электрона \mathcal{E} изменяется при деформации кристалла на величину $\Delta\mathcal{E} = \mathcal{E} - \mathcal{E}_0 = \sum_{ik} D_{ik} u_{ik}$,

где \mathcal{E}_0 — энергия при отсутствии деформации, D_{ik} — тензор Д. п., u_{ik} — тензор деформации. Для упрощённого описания деформ. эффектов в полупроводниках иногда вводят величину $d\mathcal{E}_g/dp$, к-рая характеризует изменение ширины запрещённой зоны \mathcal{E}_g полупроводника при всестороннем сжатии (p — давление). Напр., для кристалла германия $d\mathcal{E}_g/dp = 5 \cdot 10^{-6}$ эВ/атм, а для кремния $+1,5 \cdot 10^{-6}$ эВ/атм. Д. п. позволяет описать взаимодействие носителей заряда с акустик. ДВ-фонами в полупроводниках всех типов. В непьезоэлектрич. полупроводниках (напр., в Ge) взаимодействие через Д. п. определяет существование таких эффектов, как электронное поглощение УЗ (см. *Акустоэлектронное взаимодействие*), *акустоэлектрический эффект* и др. В пьезоэлектрич. полупроводниках пьезоэлектрич. взаимодействие на относительно низких частотах (~ 50 МГц) сильнее, чем взаимодействие через Д. п., однако на частотах в неск. ГГц они выравниваются. Д. п. определяет также *тензорезистивный эффект*, на основе к-рого работают датчики давления, полупроводниковые тензометры, микрофоны и др. устройства.

Лит.: Бир Г. Л., Пикус Г. Е., *Симметрия и деформационные эффекты в полупроводниках*, М., 1972. Э. И. Рашба.

ДЕФОРМАЦИЯ механическая (от лат. *deformatio* — искажение) — изменение взаимного расположения множества частиц материальной среды, к-рое приводит к искажению формы и размеров тела и вызывает изменение сил взаимодействия между частицами, т. е. появление напряжений (см. *Напряжение механическое*). Д. тела возникает в результате приложения механич. сил, теплового расширения, воздействия электрич. и магн. полей и др. Д. наз. у п р у г о й, если она возникает и исчезает одновременно с нагрузкой и не сопровождается рассеянием энергии. П л а с т и ч е с к а я Д. сохраняется при снятии напряжений и сопровождается рассеянием энергии; величина её зависит не только от значений приложенных сил, но и от предшествующей истории их изменения. Для в я з к о у п р у г о й Д. типична явная зависимость от процесса нагружения во времени, причём при снятии нагрузки Д. самопроизвольно стремится к нулю.

В кристаллах упругая Д. проявляется в изменении расстояний между узлами и перекосе кристаллич. решётки без изменения порядка расположения атомов; первонач. конфигурация восстанавливается при снятии нагрузки (см. *Упругость*). Одними из механизмов пластич. Д. в кристалле являются движение и размножение *дислокаций*. При малых напряжениях перемещение дислокаций обратимо. При напряжениях выше предела упругости движение дислокаций вызывает необратимую перестройку кристаллич. структуры, т. е. Д. становится пластической (см. *Пластичность кри-*

сталлов). В поликристаллич. теле (напр., в техн. металле), как правило, одна часть зёрен деформируется упруго, другая — пластически. При этом в макромасштабе необратимая Д. может оказаться ничтожно малой (и тело считается упругим), но её наличие проявляется в т. н. *гистерезисе упругом* (в частности, свободные колебания затухают вследствие рассеяния энергии, затрачиваемой на пластич. Д. множества зёрен). Для возникновения движения и размножения дислокаций требуется определ. время. С этим связана динамика чувствительности материала: чем быстрее возрастает нагрузка, тем меньшая пластич. Д. возникает при определ. величине напряжения. Если напряжения, превышающие предел упругости, действуют кратковременно, то движение и размножение дислокаций не успевают развиться и пластич. Д. не возникает (см. *Запаздывание текучести*). Д. ползучести связана с движением дислокаций, диффузией внедрённых атомов, перестройкой межзёрнных связей.

В полимерах Д. определяется изменением конфигурации длинных полимерных цепей и поперечных связей между ними. Наличие дальних взаимодействий обуславливает протяжённость во времени развития Д. Для полимеров типична вязкоупругая Д. (см. *Вязкоупругость*).

В механике сплошной среды рассматриваются Д. бесконечно малой окрестности точки, по к-рым воспроизводятся Д. тел произвольных форм и размеров. Волокном наз. линия, состоящая из частиц вещества. Относительным удлинением ϵ волокна наз. отношение изменения его длины $l-l_0$ к первонач. длине l_0 , т. е. $\epsilon = (l-l_0)/l_0$. С д в и г о м наз. изменение угла между элементарными (бесконечно малыми) волокнами, исходящими из одной точки среды и взаимно перпендикулярными до Д. В точке (её окрестности) Д. определена, если известны относит. удлинения бесчисленного множества элементарных (бесконечно малых) волокон, содержащих эту точку, и изменения углов между ними. Д. наз. малой при $\epsilon \ll 1$ (практически — до величин порядка 5–7%).

Относит. удлинения элементарных волокон, содержащих рассматриваемую точку M и направленных до Д. параллельно осям прямоуго. системы координат $Ox_1x_2x_3$, при малой Д. обозначаются $\epsilon_{11}, \epsilon_{22}, \epsilon_{33}$, а сдвиги между ними — $2\epsilon_{12}, 2\epsilon_{23}, 2\epsilon_{31}$, причём $\epsilon_{12} = \epsilon_{21}, \epsilon_{23} = \epsilon_{32}, \epsilon_{31} = \epsilon_{13}$. Если MA и MB (рис.) — координатные материальные отрезки до деформации и MA_1 и MB_1 — их положения после деформации, то $\epsilon_{11} = (MA_1 - MA)/MA$, $\epsilon_{22} = (MB_1 - MB)/MB$, $\epsilon_{12} = (\theta_1 + \theta_2)/2$. Шесть величин ϵ_{ij} образуют тензор малой Д., к-рый полностью определяет Д. окрестности точки M . Напр., относит. удлинение волокна, направление к-рого θ образует углы $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ с осями $Ox_1x_2x_3$, равно

$$\epsilon_V = \epsilon_{11}l_1^2 + \epsilon_{22}l_2^2 + \epsilon_{33}l_3^2 + 2(\epsilon_{12}l_1l_2 + \epsilon_{23}l_2l_3 + \epsilon_{31}l_3l_1), \quad (1)$$

где $l_1 = \cos \alpha_1, l_2 = \cos \alpha_2, l_3 = \cos \alpha_3$. Относит. изменение объёма окрестности точки ($dV - dV_0/dV_0$) равно $\theta = \epsilon_{11} + \epsilon_{22} + \epsilon_{33}$. Величина $\epsilon = \theta/3$ наз. средней (гидростатич.) Д. окрестности точки. Тензор Д. можно представить в виде суммы шарового тензора и девиатора. Шаровой тензор Д. определяется величинами

$$\epsilon_{11} = \epsilon_{22} = \epsilon_{33} = \epsilon, \quad \epsilon_{12} = \epsilon_{23} = \epsilon_{31} = 0$$

и характеризует объёмную Д. (расширения — сжатия), которую отнесет к упругой. Величины $\epsilon_{11} = \epsilon_{11} - \epsilon, \epsilon_{22} = \epsilon_{22} - \epsilon, \epsilon_{33} = \epsilon_{33} - \epsilon, \epsilon_{12} = \epsilon_{12}, \epsilon_{23} = \epsilon_{23}, \epsilon_{31} = \epsilon_{31}$ определяют девиатор Д., который характеризует Д. изме-