

ности; с генерацией и эволюцией точечных дефектов — вакансий и внедрённых атомов — связано изменение свойств металлов и сплавов при облучении (см. *Радиационные дефекты*). Многие электрич., магн., упругие и др. свойства металлов и сплавов существенно зависят от их реальной микроструктуры.

В М. изучаются *аморфные металлы* и сплавы, тонкие металл. плёнки, квазиодномерные кристаллы (см. *Квазиодномерные соединения*), модулиров. структуры и др. термодинамич. неравновесные системы.

Лит.: Успехи физики металлов. Сб. ст., пер. с англ., т. 1—5, 9—10а, М., 1956—65; Физическое металловедение, под ред. Р. Кана, пер. с англ., в. 1—3, М., 1967—68; Шульце Г., Металлофизика, пер. с нем., М., 1971; Пирсон У., Кристаллохимия и физика металлов и сплавов, пер. с англ., ч. 1—2, М., 1977; Уманский Я. С., Скаков Ю. А., Физика металлов, М., 1978; Барретт Ч. С., Массальский Т. Б., Структура металлов, пер. с англ., ч. 1—2, М., 1984; Физическое материаловедение в СССР. История, современное состояние, перспективы развития, К., 1986. В. А. Финкель.

МЕТАЛЛЫ — традиционно определяются как конденсированное состояние вещества (твёрдое тело, жидкость), построенного из атомов М. в хим. понимании, т. е. легко отдающих электроны в процессе хим. реакции. Характерные признаки М.: высокие электро- и теплопроводность, причём электропроводность повышается с понижением темп-ры T , а также пластичность.

Металлическое состояние. Основанием для выделения М. в отд. класс веществ служит деление всех веществ по электрич. свойствам на проводники и изоляторы (полупроводники и полуметаллы занимают промежуточное положение). М. — проводники. Однако нек-рые элементы в зависимости от кристаллич. структуры могут быть проводниками (М.), изоляторами (*диэлектриками*), *полупроводниками* или *полуметаллами*. Примеры: Sn (белое олово — М., серое — полупроводник); С (графит — полуметалл, алмаз — диэлектрик, см. *Полиморфизм*). В результате можно говорить о металл. состоянии вещества, понимая под этим такое состояние, при к-ром в теле есть достаточно большое кол-во коллективизиров. подвижных электронов (электронов проводимости или свободных электронов), причём их подвижность не есть результат термич. возбуждения; если тело в данном состоянии существует вплоть до $T = 0$ К, то и при $T = 0$ К в нём есть электроны проводимости. Наличие электронов проводимости — обязат. признак структуры М. Представление о М. как о веществе, состоящем из положит. ионов и свободных электронов, достаточно точно отражает строение реальных М. Электроны компенсируют силы отталкивания, действующие между положительно заряженными ионами, и тем самым связывают их в твёрдое тело или жидкость. Электроны проводимости определяют не только электрич., магн., оптич. и др. типично электронные свойства, но и их теплопроводность, а при низких темп-рах — теплоёмкость. Значительная роль электронов в сжимаемости М. и др. механич. характеристиках, их наличие делает М. пластичным.

Фазовые переходы в М. сопровождаются изменением свойств электронной системы. Иногда причиной перехода служит изменение электронного спектра, а изменение кристаллич. структуры носит вторичный характер [напр., переход из нормального состояния М. в сверхпроводящее или из парамагнитного в ферромагн. антиферромагнитное (ФМ, АФМ, табл. 1)]. В твёрдом состоянии М. — кристаллы (в паровом состоянии — одноатомные газы). Темп-ры плавления $T_{пл}$ всех М. выше 300 К (кроме Hg с $T_{пл} = 38,9$ °С), так что в обычных условиях М. — твёрдые тела. При плавлении М. сохраняет металлич. свойства (см. *Жидкие металлы*). Искусственно созданы аморфные твёрдые М. (см. *Аморфные металлы*, *Металлические стёкла*).

В металл. состоянии могут находиться сильно легиров. полупроводники (электроны проводимости в них существуют при $T = 0$ К), а также вещества, состоящие из неметаллич. атомов, напр. полимерный кри-

сталл (SN)_x. Металлич. свойствами обладают нек-рые хим. соединения, напр. кристаллы окислов типа MoO₂, WO₂, халькогенидов (NbSe₂, TaS₂) и более сложных соединений (AuTe₂, Вг и др., кристаллы, содержащие органич. комплексы, см. *Органические проводники*), а также многокомпонентные материалы со структурой типа перовскита (напр., YBa₂Cu₃O₇) или со слоистой структурой (напр., Bi₂Sr₂CaCu₂O₈), являющиеся высокотемпературными сверхпроводниками (напр., темп-ра сверхпроводящего перехода Y₂BaCu₃O₇, $T_{кр} \approx 100$ К). К М. относят *интерметаллические соединения* типа Cu₅Zn₈ (β-латунь), AgZn и др., к-рые от обычных М. отличаются лишь более сложной кристаллич. структурой.

Большинство М. кристаллизуется в структуры, отвечающие плотной упаковке атомов с гранецентриров. кубической (ГЦК) и гексагональной (гекс) решётками (обе имеют макс. координационное число — 12). Др. решётки М. тоже достаточно просты: объёмноцентрированная кубическая (ОЦК) у щелочных М., тетрагональная (тетр) с 1—2 атомами в элементарной ячейке. Лишь небольшое число М. имеют более сложное строение (слож.), напр. Mn, в элементарной ячейке к-рого 58 атомов (табл. 1).

За исключением Au, Ag, Pt, Cu, встречающихся в самородном состоянии, остальные М. в природе существуют в составе хим. соединений — окислов, сульфидов и др., образующих руды. Относит. распространённость нек-рых М. в земной коре приведена в табл. 2.

Табл. 2.

Металл	Количество, %	Металл	Количество, %	Металл	Количество, %
Al	8,8	Cu	0,6	W	0,2
Fe	5,1	Ni	0,09	Sb	0,015
Mg	2,1	Zn	0,02	Ag	0,01
Ti	0,008	Co	3·10 ⁻⁴	Os	5·10 ⁻⁶
Mn	0,02	Pb	2·10 ⁻⁴	Pd	1·10 ⁻⁶
Cr	0,003	Nb	1·10 ⁻⁴	Au	5·10 ⁻⁷
Zr	0,0016	Mo	4·10 ⁻⁵	Pt	5·10 ⁻⁷
V	0,001	Ta	1·10 ⁻⁵	Ir	1·10 ⁻⁷

Промышл. использование М. прямо не связано с их распространённостью в земной коре, а зависит от развития способов извлечения М. из руд, очистки, потребностей техники и т. п. Широкое применение самого распространённого на Земле М. — Al началось лишь в 20 в. По-видимому, первый М., использованный человеком, — Cu.

Обычно анизотропия свойств М., напр. анизотропия электропроводности σ , выражена слабо. Однако в ряде случаев особенности структуры, напр. слоистое строение графита, графита, интеркалированного примесями (см. *Интеркалированные соединения*), дихалькогенидов, приводят к различию σ вдоль и поперёк слоёв на неск. порядков. В комплексных соединениях, обладающих металл. свойствами, таких, как K₂Pt(CN)₄Bu₃ × 27H₂O, или в соединениях, молекулы к-рых содержат комплекс тетрацианохиноидметана (TCNQ), проводимость осуществляется по цепочкам металл. атомов. Вдоль этих цепочек она на много порядков выше, чем проводимость в поперечном направлении (см. *Квазиодномерные соединения*). Двумерные М. создаются искусственно, напр. в тонких плёнках (см. *Квазидвумерные соединения*).

Число электронов проводимости в 1 см³ (или их число на элементарную ячейку кристалла либо на 1 атом) n — важнейшая характеристика металл. состояния. Как правило, из всех атомарных электронов «освобождаются» (коллективизируются) только валентные. Это даёт возможность по хим. свойствам атомов, из к-рых состоит кристалл, и по его геом. структуре определить n как Z/v_0 , где Z — число валентных электронов в элементарной ячейке объёма v_0 (табл. 3).