

$T \sim 300$  К), промежуточными между уд. электропроводностью металлов и хороших диэлектриков. В отличие от металлов, концентрация подвижных носителей заряда в П. м. значительно ниже концентрации атомов, а электропроводность  $\sigma$  возрастает с ростом  $T$ . Для П. м. характерна высокая чувствительность эл.-физ. свойств к внеш. воздействию (нагрев, облучение, деформация и т. д.), а также к содержанию примесей и структурных дефектов. Характеристики важнейших П. м. приведены в табл. 1.

По структуре П. м. делятся на кристаллические, аморфные, жидкие. Ряд органич. веществ также проявляет полупроводниковые свойства и составляет обширную группу органических полупроводников. Наиб. значения имеют неорганич. кристаллич. П. м., к-рые по хим. составу разделяются на элементарные, двойные, тройные и четверные хим. соединения, растворы и сплавы. Полупроводниковые соединения классифицируют по номерам групп периодич. табл. элементов, к к-рым принадлежат входящие в их состав элементы.

Основные группы кристаллических полупроводниковых материалов (см. табл. 1):

1. Элементарные П. м.: Ge, Si, C (алмаз), В,  $\alpha$ -Sn, Te, Se и др. Важнейшими представителями этой группы являются Ge и Si — осн. материалы полупроводниковой электроники. Обладая 4 валентными электронами, атомы Ge и Si образуют кристаллич. решётку типа алмаза, где каждый атом имеет 4 ближайших соседа, с каждым из к-рых связан ковалентной связью (координация соседей — тетраэдрическая). Они образуют между собой непрерывный ряд твёрдых растворов, также являющихся важными П. м.

2. Соединения типа  $A^{III}B^V$ . Имеют в осн. кристаллич. структуру типа сфалерита. Связь атомов в кристаллич. решётке носит преим. ковалентный характер с нек-рой долей (5—15%) ионной составляющей (см. Химическая связь). Важнейшие представители этой группы: GaAs, InP, InAs, InSb, GaP. Ми. П. м.  $A^{III}B^V$

образуют между собой непрерывный ряд твёрдых растворов тройных и более сложных ( $Ga_xAl_{1-x}As$ ,  $GaAs_xP_{1-x}$ ,  $Ga_xIn_{1-x}P$ ,  $Ga_xIn_{1-x}As_yP_{1-y}$  и т. д.), к-рые также являются важными П. м. (см. Гетеропереход, Гетероструктура).

3. Соединения элементов VI группы (O, S, Se, Te) с элементами I—V групп, а также с переходными и редкоземельными металлами. Среди этих П. м. наиб. интерес представляют соединения типа  $A^{IV}B^{VI}$ . Они имеют кристаллич. структуру типа сфалерита или вюрцита, реже — типа NaCl. Связь между атомами носит ковалентно-ионный характер (доля ионной составляющей порядка 45—60%). Для П. м. типа  $A^{IV}B^{VI}$  характерны явление полиморфизма и наличие полтипов кубической и гексагональной модификаций. Важнейшие представители: CdTe, CdS, ZnTe, ZnSe, ZnO, ZnS. Ми. П. м. типа  $A^{IV}B^{VI}$  образуют между собой непрерывный ряд твёрдых растворов; важнейшие из них:  $Cd_xHg_{1-x}Te$ ,  $Cd_xHg_{1-x}Se$ ,  $CdTe_xSe_{1-x}$ . Физ. свойства в значит. мере определяются концентрацией собственных точечных дефектов структуры, проявляющих электр. активность (центры рассеяния и рекомбинации).

Соединения типа  $A^{IV}B^{VI}$  имеют кристаллич. структуру типа NaCl или орторомбическую. Связь между атомами — ковалентно-ионная. Типичные представители: PbS, PbTe, SnTe. Они образуют между собой непрерывный ряд твёрдых растворов, среди них наиб. важны  $Pb_xSn_{1-x}Te$ ,  $Pb_xSn_{1-x}Se$ . Собств. точечные дефекты структуры в  $A^{IV}B^{VI}$  имеют низкую энергию ионизации и проявляют электр. активность.

Соединения типа  $A^{II}B^{VI}$  имеют кристаллич. структуру типа сфалерита с  $1/3$  незаполненных катионных узлов. По своим свойствам занимают промежуточное положение между  $A^{III}B^V$  и  $A^{IV}B^{VI}$ . Для них характерны низкие решёточная теплопроводность и подвижность носителей заряда. Типичные представители:  $Ga_2Te_3$ ,  $Ga_2Se_3$ ,  $In_2Te_3$ .

Табл. 1. — Характеристики важнейших полупроводниковых материалов (\* означает усреднение по кристаллографическим направлениям)

Полупроводниковый материал	Тип кристаллич. решётки	Период кристаллич. решётки, Å (300 К)	$T_{пл}$ , °С	Плотность, г/см <sup>3</sup> (300 К)	Коэф. линейного расширения $\times 10^6$ , К <sup>-1</sup>	Коэф. теплопроводности, Вт $\times$ см <sup>-1</sup> $\times$ град <sup>-1</sup>	Диэлектрич. проницаемость, $\epsilon_0^*$	Темп-ра Дебая, $\theta_D$
Si	кубическая (алмаза)	5,43072	1417	2,32830	2,4(300 К)	1,3	11,7	689(300 К) 539(80 К)
Ge	—	5,65754	937	5,32600	5,75(300 К)	0,63	16	406(300 К) 353(80 К)
$A^{III}B^V$								
InSb	кубическая (сфалерита)	6,4795	525	5,775	5,04(300 К)	0,17	17	202(300 К)
InAs	—	6,05838	943	5,667	5,19(300 К)	0,27	14,5	249(300 К)
InP	—	5,86875	1062	4,787	4,75(300 К)	0,67	14	321(300 К)
GaSb	—	6,09686	706	5,61220	6,7(298—873 К)	0,34	15	265(300 К)
GaAs	—	5,6535	1238	5,3161	6,0(300 К)	0,46	12,5	344(300 К)
GaP	—	5,4495	1470	4,1297	5,3(300 К)	0,75	10,2	446(300 К)
$A^{IV}B^{VI}$								
ZnS	кубическая (сфалерита) гексагональная (вюрцита)	5,4093 $a=3,820$ $c=6,260$	1830	4,09	6,14(300 К)	0,026	8,16*	310(300 К) 315(80 К)
ZnSe	кубическая (сфалерита) гексагональная (вюрцита)	5,6687 $a=4,003$ $c=7,090$	1427	5,264	9,44(300—1000 К)	0,19	8,5*	400(80 К)
ZnTe	кубическая (сфалерита) гексагональная (вюрцита)	$kI=6,1033$ $kII-a=4,310$ $c=7,090$	1239	5,633	9,02(300 К)	0,18	9,8*	250(80 К)
CdS	кубическая (сфалерита) гексагональная (вюрцита)	5,820 $a=4,1368$ $c=6,7136$	1740	4,825	6,5(300—1100 К)	0,2	9,3*	250—300(300 К)
CdSe	кубическая (сфалерита) гексагональная (вюрцита)	0,6050 $a=4,304$ $c=7,018$	1347	5,81	—	0,043	9,5*	230(80 К)
CdTe	кубическая (сфалерита)	6,482	1092	5,85	4,9(300 К)	0,075	10,5*	200(80 К)
HgTe	кубическая (сфалерита)	6,463	670	8,076	4,0(300 К)	0,016	48*	—