



ПОЛУМЕТАЛЛЫ

ПОЛУМЕТАЛЛЫ, вещества, занимающие по своим электрич. свойствам промежуточное положение между металлами и полупроводниками. Характерной особенностью П. является слабое перекрывание валентной зоны и зоны проводимости (см. *Зонная теория*), что приводит, с одной стороны, к тому, что П. остаются проводниками электрич. тока вплоть до абсолютного нуля темп-ры, а с другой – к малой (по сравнению с металлами) концентрации носителей заряда (порядка 10^{18} - 10^{20} см⁻³), которая заметно возрастает с повышением темп-ры. Для носителей заряда в П. характерны большая подвижность и малая эффективная масса. П. являются элементы V группы короткой формы периодич. системы элементов (As, Sb, Bi), графит и некоторые химич. соединения (GeTe и др.).

В отличие от типичных *металлов*, кристаллич. структура П. не относится к числу плотнейших атомных упаковок и обладает анизотропией, что обусловлено неравноценностью химич. связи (по энергии, а иногда и по типу) в разных кристаллографич. направлениях. Это приводит к тому, что рельеф дна зоны проводимости и потолка валентной зоны, определяемый характером кристаллич. структуры, сложен и в некоторых кристаллографич. направлениях возможно перекрывание указанных зон. Следовательно, валентные электроны, осуществляющие химич. связь, делокализуются вдоль определённых направлений в кристалле и становятся электронами проводимости. В то же время вдоль др. кристаллографич. направлений энергетич. зазор между дном зоны проводимости и потолком валентной зоны сохраняется, и с ростом темп-ры возможен активационный переход электронов между зонами и рост электрич. проводимости с темп-рой, т. е. типичное для полупроводников поведение. Напр., в графите электроны делокализованы в атомных слоях, перпендикулярных оси с элементарной ячейки (гексагональной призмы). Вдоль этой оси атомные слои связаны слабыми ван-дер-ваальсовыми силами и в этом

направлении сохраняется значит. межзонный зазор.

Высокая подвижность носителей заряда в П. частично компенсируется их малой концентрацией, и в результате электр. проводимость П. мало отличается от проводимости металлов ($2 \cdot 10^2 - 3 \cdot 10^4 \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$ при темп-ре 300 К и $10^5 - 10^7 \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$ при низких темп-рах). Для П. характерна сильная зависимость удельного сопротивления от величины магнитного поля. Напр., в Вi при темп-ре 4,2 К оно возрастает в 10^4 раз в магнитном поле напряжённостью 10^6 А/м , а при темп-ре 300 К в том же поле в 2 раза, тогда как в Си изменение сопротивления при тех же условиях составляет 10^{-4} (см. [Гальваномагнитные явления](#), [Магнитосопротивление](#)). При низких темп-рах магнитосопротивление обнаруживает осциллирующую зависимость от напряжённости магнитного поля ([Шубникова – де Хааза эффект](#)).

Все П. являются диамагнетиками. Осн. вклад в величину магнитной восприимчивости вносят электроны валентной зоны. Малая эффективная масса носителей заряда обуславливает большое значение магнитной восприимчивости, которая для П. достигает макс. значения среди всех известных диамагнетиков (за исключением сверхпроводников). Макс. диамагнитной восприимчивостью среди П. обладает графит (особенно искусств. квазидвумерные графиты с увеличенным межслоевым расстоянием). При низких темп-рах в П. наблюдается осциллирующая зависимость магнитной восприимчивости от напряжённости магнитного поля ([де Хааза – ван Альвена эффект](#)).

Малая энергия Ферми, большая подвижность носителей заряда и заметное различие подвижностей электронов и дырок обуславливают высокие значения термоэдс П. и её сильную зависимость от магнитного поля (см. [Термогальваномагнитные явления](#)).

Под действием разл. внешних факторов (всестороннее сжатие, одноосные деформации, сильные магнитные поля, изменение темп-ры, внесение примесей и т. д.) электронный спектр П. может претерпевать значит. изменения. Это позволяет наблюдать в П. большое число эффектов, имеющих принципиальное значение в физике твёрдого тела. Напр., в П. V группы периодич. системы и в их сплавах под давлением, при одноосных деформациях, легировании донорными или акцепторными

примесями обнаружены фазовые переходы, связанные с изменением топологии и формы поверхности Ферми (т. н. топологические переходы), частным случаем которых является [переход металл – диэлектрик](#).

Многие П. (напр., соединения As и Sb с металлами) – перспективные [полупроводниковые материалы](#), интенсивно изучаемые в нач. 21 в. Сильная зависимость электрич. сопротивления П. от напряжённости магнитного поля широко используется для изготовления датчиков напряжённости магнитного поля. Высокий диамагнетизм П. (в частности, графита и Bi) позволяет использовать их для создания магнитных подвесов, а высокая термоэлектрич. и термомагнитная добротности – для создания термоэлектрич. преобразователей или твердотельных холодильных устройств. П. применяют также в металлургии в качестве присадок.

Литература

Лит.: Брандт Н. Б., *Мощалков В. В.* Полуметаллы. М., 1979; Brandt N. B., Chudinov S. M., Ponomarev Y. G. Semimetals. Amst., 1988. [Vol.] 1: Graphite and its compounds; Абрикосов А. А. Основы теории металлов. 2-е изд. М., 2010.