



ХИМИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВ

Авторы: В. П. Зломанов

ХИМИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВ, раздел физич. химии, посвящённый изучению взаимосвязи между химич. составом, пространственной структурой и свойствами [полупроводников](#), а также разработке методов синтеза новых [полупроводниковых материалов](#) с заданными функциональными свойствами. Х. п. связана с физикой и [химией твёрдого тела](#), [кристаллохимией](#), [физико-химической механикой](#), является основой технологии полупроводниковых и композиционных материалов. Как самостоят. наука сформировалась в сер. 20 в. в связи развитием [полупроводниковой электроники](#).

Для ПП характерна сильная зависимость электропроводности от внешних воздействий (температура, излучения, электрич. и магнитных полей, гидростатич. давления и пр.). Эта зависимость, в свою очередь, обусловлена важнейшими характеристиками ПП: природой частиц, образующих вещество (химич. состав); особенностями химич. взаимодействия частиц; порядком размещения частиц в пространстве.

По химич. составу ПП подразделяют на простые и сложные. Среди простых веществ полупроводниковыми свойствами обладают 13 химич. элементов, важнейшие из которых – [германий](#) и [кремний](#). К сложным ПП относят двух-, трёх- и многокомпонентные неорганич. соединения. Сложные ПП классифицируют по номерам групп короткой формы периодич. системы, к которым принадлежат входящие в их состав элементы. Хорошо изучены соединения $A^{III}B^V$ (GaN, GaAs, InSb и др.), халькогениды $A^{II}B^{VI}$ (ZnS, CdTe и др.) и $A^{IV}B^{VI}$ (PbS, SnTe), оксиды переходных металлов. Важнейший бинарный ПП – [кремния карбид](#). Электронными и кристаллохимич. аналогами бинарных соединений $A^{III}B^V$ являются тройные ПП типа $A^{II}B^{IV}$. Существуют также сложные органич. ПП (некоторые ароматич. соединения, ряд полимеров и др.), в которых имеются сопряжённые химич. связи, т. е. общие электроны в одномерной зоне проводимости.

На свойства ПП существенно влияют разл. дефекты структуры – вакансии, междоузельные атомы, атомы одного компонента на месте другого, дислокации, дефекты упаковки и т. д. Для изменения свойств проводят [легирование полупроводников](#). Методы управления составом, а следовательно, и свойствами ПП включают контроль не только [нестехиометрии](#) и содержания примесей, но и обусловленных ими типа и концентрации дефектов. Синтез и обработка ПП проводятся в «чистых» специализир. помещениях с использованием глубокого вакуума, высоких давлений и разнообразных тепловых, барических, радиационных и пр. методов воздействия. Состав ПП с высокой точностью контролируют на основе данных [диаграмм состав – свойство](#) соответствующих систем.

Теоретич. основы физич. химии твёрдых фаз с дефектами, имеющие большое значение для разработки методов синтеза ПП, заложены в работах Я. И. Френкеля (1926, СССР), В. Шоттки и К. Вагнера (1930, оба – Германия), Ф. Крёгера (1956, Нидерланды), которые установили зависимость реакционной способности твёрдых фаз от типа и концентрации дефектов.

Важнейшая характеристика ПП – распределение электронной плотности между частицами. Тип химич. связи (ковалентный, ионный, металлический) определяет энергию кристаллич. решётки, ширину запрещённой зоны, физич. и химич. свойства ПП. Квантовая химия позволяет объяснить и предсказать осн. характеристики ПП – ширину запрещённой зоны, эффективные массы носителей и т. д.

По структуре – упорядоченному размещению в пространстве образующих вещество частиц – ПП подразделяют на кристаллич. и некристаллические (*аморфные и стеклообразные* полупроводники, *жидкие полупроводники*). Типичные представители некристаллич. ПП – стеклообразные халькогениды (напр., As_2Se_3 , As_2Te_3), оксидные материалы типа $V_2O_5 - P_2O_5 - RO_x$ (R – металл I–IV групп), характеризующиеся широким диапазоном значений электропроводности, низкими темп-рами размягчения, устойчивостью к кислотам и щелочам. Др. важный некристаллич. ПП – аморфный гидрированный кремний $\alpha-Si:H$. Управление структурой – важнейшая задача Х. п., осуществляемая с помощью регулирования состава, темп-ры, давления, а также кинетики процессов синтеза.

В 21 в. возникло новое направление Х. п. – разработка методов синтеза и использования полупроводниковых *наноструктур*. Полупроводниковые наночастицы используют для создания лазеров, возобновляемых источников энергии, биосенсоров, фотоприёмников и др. *полупроводниковых приборов*. Наночастицы ПП получают диспергированием компактных материалов (термич. испарение, осаждение из атомных или молекулярных пучков и т. д.) или химич. сборкой (осаждением из растворов с задержкой роста зародышей на стадии наноразмеров, используя метод капсулирования, поверхностно активные вещества и т. д.). Новую область в Х. п. открывает послойный синтез (GaN , $GaAs$ и т. д.) из атомных пучков с прецизионно регулируемым составом, а также выращивание эпитаксиальных слоёв широкозонных ПП (SiC , GaN , AlN , ZnO) с помощью гетерогенных химич. реакций.

Литература

Лит.: Крёгер Ф. Химия несовершенных кристаллов. М., 1969; Хенней Н. Химия твердого тела. М., 1971; Вест А. Химия твердого тела. М., 1988. Ч. 1–2; Фистуль В. И. Физика и химия твердого тела. М., 1995. Т. 1–2; Кнотько А. В., Пресняков И. А., Третьяков Ю. Д. Химия твердого тела. М., 2006.