

[100] или [111], относятся к числу «непрямозонных». В прямозонных П. м. электроны проводимости имеют высокую подвижность и малую эфф. массу, в непрямозонных наоборот (табл. 2). Величина коэф. поглощения света вблизи края фундаментального поглощения

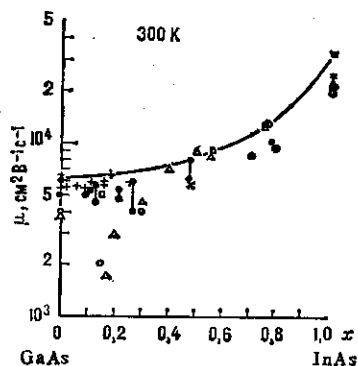
Табл. 3. — Коэффициент излучательной рекомбинации K_n

Полупроводниковый материал	Тип зонной структуры	$K_n, \text{см}^3 \cdot \text{с}^{-1}$
Si	Непрямозонный	$1,79 \cdot 10^{-10}$
Ge	—»—	$5,25 \cdot 10^{-14}$
GaP	—»—	$5,37 \cdot 10^{-14}$
GaAs	Прямозонный	$7,21 \cdot 10^{-10}$
GaSb	—»—	$2,39 \cdot 10^{-10}$
InAs	—»—	$8,5 \cdot 10^{-11}$
InSb	—»—	$4,58 \cdot 10^{-11}$

в прямозонных П. м. $10^4 - 10^5 \text{ см}^{-1}$, в непрямозонных П. м. — $10^2 - 10^3 \text{ см}^{-1}$. Прямозонные П. м. обнаруживают более высокий коэф. излучат. рекомбинации (табл. 3) (см. *Рекомбинация носителей заряда*).

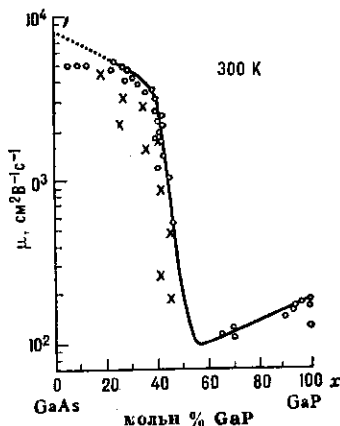
Свойства полупроводниковых твёрдых растворов зависят от их состава и природы составляющих компонентов. Период кристаллич. решётки обычно линейно зависит от концентрации растворённого компонента (правило Вегарда). Концентрац. зависимости подвижности носителей μ , времени их жизни τ , интенсивности излучат. рекомбинации K_n и оптич. поглощения в твёрдых растворах прямозонных П. м. описываются плавными кривыми между значениями, характерными для составляющих их компонентов (рис. 2).

Рис. 2. Зависимость подвижности μ носителей в растворах прямозонных полупроводников $\text{Ga}_{1-x}\text{In}_x\text{As}$ от концентрации компонентов (x).



В твёрдых растворах, образованных прямозонным и непрямозонным П. м., в области составов, где происходит изменение зонной структуры, наблюдаются резкие изменения свойств (рис. 3).

Рис. 3. Зависимость подвижности μ носителей в твёрдых растворах между прямозонным и непрямозонным полупроводниками $\text{GaAs}_x\text{P}_{1-x}$ от концентрации компонентов.



Зависимость свойств П. м. от природы и концентрации примесей и дефектов используют для целенаправленного изменения характеристик П. м. путём легирования (см. *Легирование полупроводников*).

Получение чистых полупроводниковых материалов

Очистка от посторонних примесей в случае Ge и Si осуществляется путём синтеза их летучих соединений (хлоридов, гидридов) с последующей глубокой очисткой методами ректификации, сорбции, частичного гидролиза и термич. обработки. Хлориды подвергают затем высокотемпературному восстановлению водородом, также прошедшим предварит. глубокую очистку, с осаждением восстановленных продуктов на прутках из Ge или Si. Из очищенных гидридов Ge и Si выделяют путём термич. разложения. В результате достигается суммарное содержание остаточных электрически активных примесей $\sim 10^{-7} - 10^{-8}\%$.

Получение особо чистых полупроводниковых соединений осуществляют, применяя для их синтеза очищенные компоненты. Суммарное содержание остаточных примесей в исходных материалах $\sim 10^{-4} - 10^{-5}\%$. Синтез разлагающихся соединений проводят либо в запаянных кварцевых ампулах при контролируемом давлении паров летучего компонента в рабочем объеме, либо под слоем т. н. жидкого флюса (напр., особо чистый обезвоженный борный ангидрид). Синтез соединений, имеющих большое давление паров летучего компонента над расплавом, осуществляют в камерах высокого давления. Часто синтез совмещают с последующей доп. очисткой соединения путём направленной или зонной кристаллизации расплава. Направленную кристаллизацию осуществляют перемещением контейнера с расплавом в область (зону) с градиентом темп-ры. При зонной плавке расплавленная зона перемещается вдоль кристалла.

Выращивание полупроводниковых монокристаллов

Наиб. распространённым способом является вытягивание из расплава по методу Чохральского (см. *Кристаллизация, Монокристаллов выращивание*). Этим методом получают монокристаллы Ge, Si, соединений $\text{A}^{\text{III}}\text{B}^{\text{V}}$, $\text{A}^{\text{IV}}\text{B}^{\text{VI}}$, $\text{A}^{\text{IV}}\text{B}^{\text{VI}}$ и т. д. Вытягивание монокристаллов неразлагающихся П. м. проводят в атмосфере водорода, инертных газов или в условиях глубокого вакуума. При выращивании монокристаллов разлагающихся соединений (InAs, GaAs, InP, GaP, CdTe, PbTe и др.) расплав герметизируют слоем жидкого борного ангидрида (флюс). Монокристаллы вытягивают, погружая затравку в расплав через флюс и поддерживая в рабочем объеме над расплавом определенное давление инертного газа. Часто вытягивание осуществляют в камерах высокого давления; при этом совмещают процесс выращивания монокристалла с предварит. синтезом соединения под слоем флюса (GaAs, InP, GaP и др.).

Для выращивания монокристаллов П. м. также используют методы направленной и зонной кристаллизации в горизонтальном и вертикальном варианте (индукционный или резистивный нагрев). В случае разлагающихся соединений для получения монокристаллов стехиометрич. состава процесс проводят в запаянных кварцевых ампулах, поддерживая равновесное давление паров летучего компонента над расплавом; часто для этих целей требуются камеры высокого давления, в к-рых поддерживается противодействие инертного газа. При получении монокристаллов необходимой кристаллографич. ориентации используют ориентированные монокристаллич. затравки.

Для выращивания монокристаллов, обладающих благоприятным сочетанием величины плотности и поверхностного натяжения, можно использовать метод бесконтактной зонной плавки. Отсутствие контакта расплава со стенками контейнера позволяет получать наиб. чистые монокристаллы. Обычно процесс выращивания