

кристаллизов. области. В сплавных переходах на этой поверхности разность изменяется скачком (резкий  $p-n$ -переход).

При вытягивании из расплава формирование перехода происходит в процессе роста полупроводникового слитка путём дозированного изменения состава легирующих примесей в расплаве. Д и ф ф у з и о н н ы е п е р е х о д ы получают диффузией легирующих примесей из источников в газообразной, жидкой и твёрдой фазах. Имплантированные переходы образуются при ионной имплантации легирующих примесей.

Эпитаксиальные переходы получают методом эпитаксиального выращивания или наращивания, в т. ч. методом молекулярно-лучевой эпитаксии, позволяющим пространственно наиболее тонко (с разрешающей способностью до 1 нм) регулировать закон изменения  $N_D(x) - N_A(x)$ . Часто применяются комбинации способов: после впаивания, имплантации или эпитаксиального выращивания производится диффузионная доводка структуры.

При получении  $p-n$ -П. регулируется не только легирование  $p$ - и  $n$ -областей, но и структура всего переходного слоя; в частности, получается необходимый градиент  $a = d(N_D - N_A)/dx$  в точке металлургия. перехода  $x = x_0$ . В большинстве случаев применяются асимметричные  $p^+ - n$ - или  $n^+ - p$ -П., в к-рых легирование одной из областей (+) намного сильнее другой.

Применения.  $p-n$ -П. обладает нелинейной ВАХ с большим коэф. выпрямления, на чём основано действие выпрямительных (полупроводниковых) диодов. За счёт изменения толщины обеднённого слоя с изменением напряжения  $U$  он имеет управляемую нелинейную ёмкость (см. *Варикап*). Включённый в прямом направлении, он инжектирует носители из одной своей области в другую. Инжектиров. носители могут управлять током др.  $p-n$ -П., рекомбинировать с излучением света, превращая  $p-n$ -П. в электролюминесцентный источник излучения (см. *Светоизлучающий диод*), инерционно задерживаться в области инжекции при быстрых переключениях напряжения на  $p-n$ -П. Ток  $p-n$ -П. управляется светом или др. ионизирующими излучениями (см. *Полупроводниковый детектор*).

Свойства  $p-n$ -П. обуславливают их применение в разл. приборах: выпрямительные, детекторные, смесительные диоды (см. *Диоды твердотельные*); биполярные и униполярные транзисторы; туннельные диоды; лавинно-пролётные диоды (СВЧ-генераторы); фотодиоды, лавинные фотодиоды, *фототранзисторы*; *тиристоры*, фототиристоры; фотоэлементы, солнечные батареи; светодиоды, инжекц. лазеры; детекторы частиц и др.  $p-n$ -П. вытесняются *Шоттки барьерами*, изотипными гетеропереходами, планарно-легированными барьерами.

Лит.: Смит Р., Полупроводники, пер. с англ., 2 изд., М., 1982; Зи С. М., Физика полупроводниковых приборов, кн. 1—2, пер. с англ., М., 1984; Бонч-Бруевич В. Л., Калашников С. Г., Физика полупроводников, М., 1977. З. С. Грибников.

**ПОБОЧНЫЕ СЕРИИ** — спектральные серии в спектрах атомов щелочных металлов. Различают 1-ю П. с. (д и ф ф у з и о н у с е р и ю) и 2-ю П. с. (р е з к у ю с е р и ю). Наблюдаются в испускании (в поглощении лишь при высоких темп-рах) при переходах между верхними уровнями  $S$  (резкая серия) или  $D$  (диффузная серия) и самым нижним  $P$ -уровнем. Линии П. с. лежат в ИК- и видимой областях оптич. спектра.

Лит. см. при ст. *Атомные спектры*. М. А. Ельшиевич.  
**ПОВЕРКА** средств измерений и установление их пригодности к применению. П. производится органами метрологич. служб при помощи эталонов и образцовых средств измерений. Обязательной гос. П. подлежат средства измерений, применяемых для учёта материальных ценностей, гос. испытаний, регистрации

национал. и междунар. рекордов в спорте, а также для П. исходных образцовых средств измерений. Ведомств. П. подлежат все остальные средства измерений.

Описание методов и техн. приёмов П. конкретных средств измерений содержится в соответствующих гос. стандартах или методич. указаниях. Нередко методы П. и соответствующие компарирующие приборы указываются в поверочных схемах, устанавливающих порядок и точность передачи размеров единиц от образцовых эталонов, а от них — рабочим средствам измерений.

Лит.: Бурдун Г. Д., Марков Б. Н., Основы метрологии, 3 изд., М., 1985; Тюрин Н. И., Введение в метрологию, 3 изд., М., 1985. К. П. Широков.

**ПОВЕРХНОСТНАЯ ДИФФУЗИЯ** — процесс, связанный (как и в случае объёмной диффузии) с перемещением частиц, как правило, за счёт случайных тепловых блужданий (обычно атомов или молекул), происходящих на поверхности конденсиров. тела в пределах первого поверхностного слоя атомов (молекул) или поверх него. Наиб. полно изучена П. д. атомов одного вида по поверхности твёрдого тела, состоящего из атомов др. вида. Энергетич. барьеры на поверхности, к-рые преодолеваются диффундирующими частицами, существенно ниже энергетич. барьеров в объёме твёрдого тела. Поэтому энергия активации для П. д. (иногда говорят «для миграции частиц»)  $Q_p$  составляет лишь часть  $Q_0$  — энергии активации для диффузии в объёме для той же пары диффундирующий атом — матрица. В зависимости от кристаллографич. природы подложки, степени покрытия поверхности адсорбатом (адсорбатом), темп-ры, характера взаимодействия частиц адсорбата и подложки и частиц адсорбата между собой реализуются разл. механизмы П. д. Напр., при малых степенях покрытия атомы могут перемещаться по поверхности подинючке, практически не взаимодействуя между собой. При больших степенях покрытия атомы могут образовывать «по дороге» двумерные ассоциации, растущие и разрушающиеся. Атомы на сильно смачиваемой подложке (т. е. сильно притягиваемые подложкой) при больших степенях покрытия «примерзают» в первом слое, а движение осуществляется по этому, собственному, слою атомов с закреплением на краю распространяющегося слоя адсорбата. Возможно также движение двумерных связанных групп (двумерное броуновское движение) или даже перемещение нек-рых областей слоя как целого при погружении в него из верхнего (избыточного) слоя новых частиц (солитонный механизм). Возможны и иные промежуточные и комбинационные механизмы П. д. Каждый из них характеризуется вполне определённой  $Q_p$ , так что для одной и той же пары веществ могут быть получены сильно различающиеся энергии активации (и, соответственно, коэф. диффузии). Спектр  $Q_p$  и реализующихся механизмов П. д. богаче, чем для объёмной диффузии. Обычно П. д. рассматривают как процесс, определяющий изменение поверхностной концентрации адсорбата от неравновесной к равновесной при наличии соответствующих градиентов концентрации. В более общем случае имеют в виду вообще перемещение частиц при тепловом движении. Так, в случае перемещения по поверхности твёрдого тела собств. частиц (поверхностной самодиффузии) на первый взгляд не имеет смысла говорить о концентрации, но вполне можно рассматривать концентрацию собств. частиц в разл. положениях на поверхности: одиночные, у края ступени, в ступени и т. д. И если ситуация отличается от равновесной, перемещение частиц приведёт к заметным изменениям шероховатости или даже формы поверхности.

П. д. и самодиффузия исследуются экспериментально разл. методами, регистрирующими результаты перемещения частиц (меченые атомы, измерение *работы выхода*). Однако наиб. число данных по П. д., в т. ч. весьма определённых и детализированных, получено методами полевой эмиссионной микроскопии (электронной и