

**ВВЕДЕНИЕ В ХИМИЮ И  
ТЕХНОЛОГИЮ  
ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ  
МАТЕРИАЛОВ**

# Полупроводниковые вещества

- 1) В группу элементарных полупроводников входят 12 химических элементов, которые образуют компактную группу, расположенную в середине таблицы Д.И. Менделеева: В, С, Si, Р, S, Ge, As, Se, Sn, Sb, Те, I.
- 2) Вторая группа полупроводниковых веществ очень обширна и включает как неорганические, так и органические соединения. Среди них прежде всего следует отметить двойные соединения элементов третьей и пятой групп периодической системы элементов таких, как, например GaAs, InAs, GaP, GaSb, InSb, AlSb и др. Эти соединения, которые часто обозначают символом АІІВV

# Основные свойства полупроводников

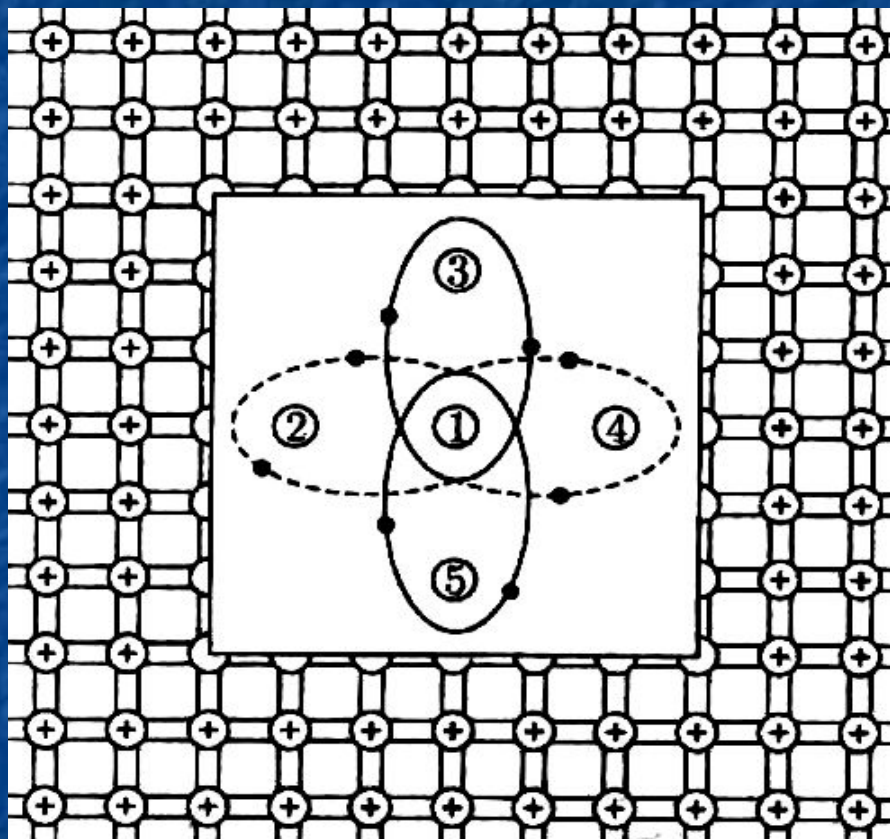


Рис. 1. Схематическое изображение кристаллической решетки кремния (Si). Черточки, связывающие друг с другом атомы Si, изображают электронные связи

# Основные свойства полупроводников

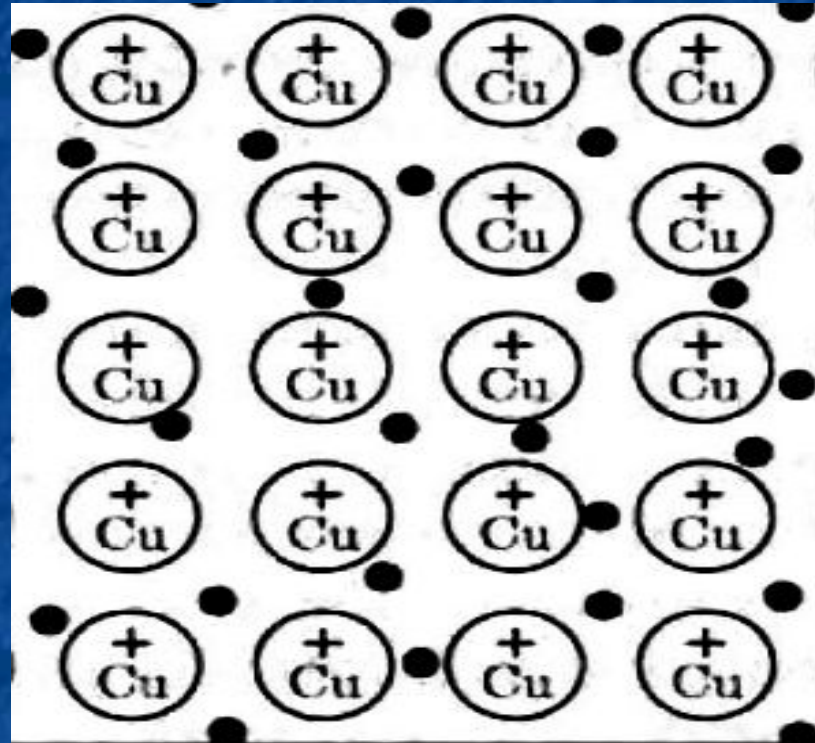


Рис. 2. Схематическое изображение кристаллической решетки меди. Правильная решетка ионов меди погружена в «газ» из свободных электронов, не связанных жесткими связями с отдельными ионами

# Основные свойства полупроводников

Величина  $E_g$  является одной из самых основных характеристик полупроводника.

Таблица 3.1

Полупроводник	Ge	Si	Sn	GaAs	InSb	CdS	SiC
Ширина запрещенной зоны $E_g$ , эВ	0.75	1.12	0.08	1.35	0.18	2.4	1.5

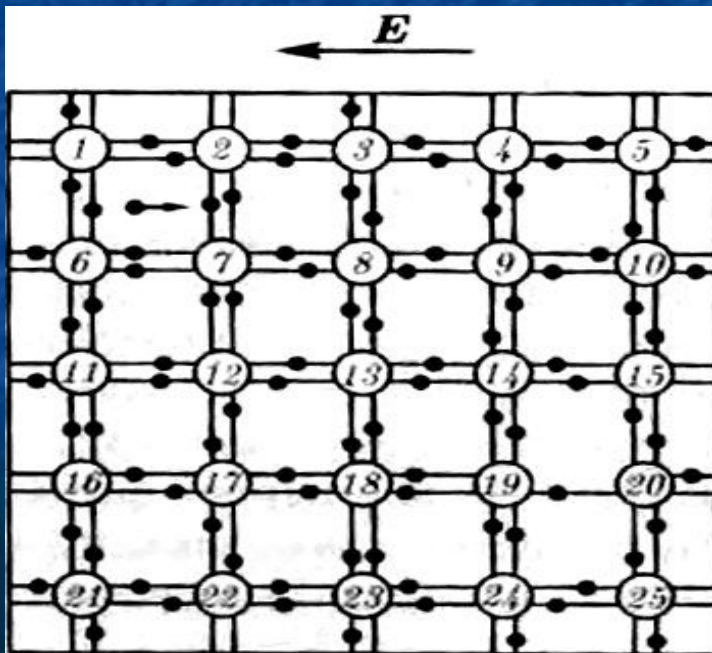


Рис. 3. Схематическое изображение кристаллической решетки из которой выбит электрон. Фотон выбил электрон с траектории, связывавшей атомы 19 и 20. Возникла пустая связь, дырка, и свободный электрон (он находится между атомами 1, 2, 6 и 7). В электрическом поле  $E$  электрон движется направо, а дырка – налево.

# Собственная и примесная проводимость в полупроводниках

Свободные носители (электроны и дырки) электрического заряда, которые образуются при процессах регенерации (освещения или нагрева) чистого полупроводника, называются собственными носителями, а проводимость, обусловленная ими, - **собственной проводимостью**.

Примесь, атомы которой легко отдают электроны, называют **донорной**. Полупроводник, в который введена донорная примесь, называют **электронным или полупроводником n-типа**.

**Акцепторная примесь** создает в кристалле полупроводника свободные носители тока — **дырки**. Полупроводник, в который введена акцепторная примесь, называют **дырочным или полупроводником p-типа**.

# Примесная проводимость в полупроводниках

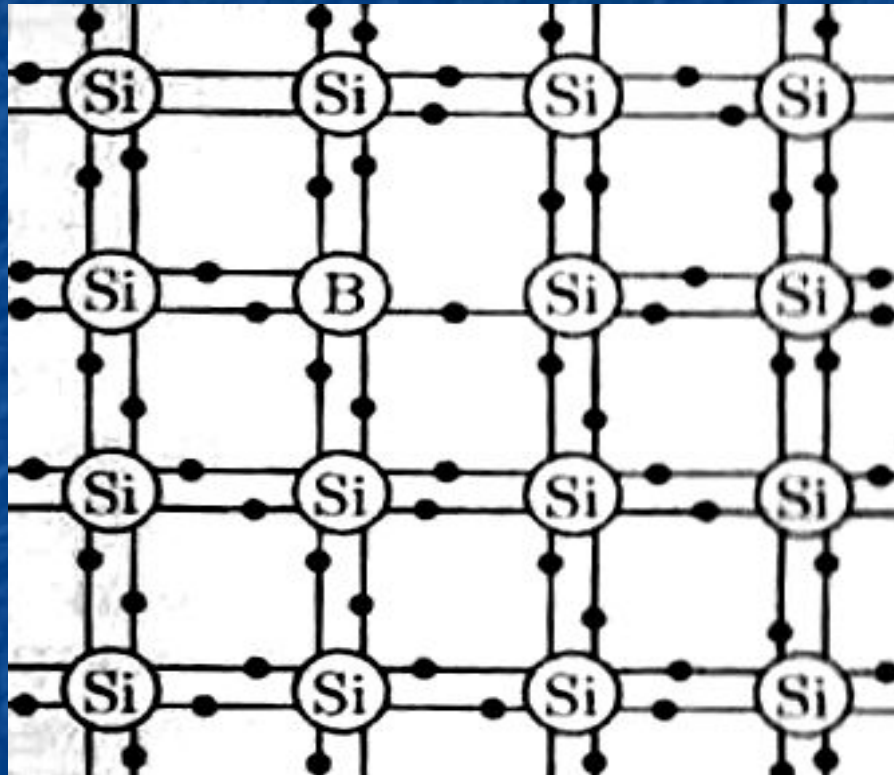


Рис. 4. Атом акцептора (бор) в решетке кремния

# Электронно-дырочный переход

Электронно-дырочный переход, или как его называют *p – n-переход* образуется на границе между полупроводниками с дырочной (p-типа) и электронной (n - типа) проводимостью. Он является основным элементом во многих полупроводниковых приборах, и поэтому прежде, чем рассматривать принцип действия этих приборов, рассмотрим свойства самого p – n–перехода.

Поток основных носителей заряда через p - n -переход представляет собой *диффузионный ток*.

Поток неосновных носителей через p – n-переход создает *дрейфовый ток*.

- *Зависимость тока через p – n -переход от приложенного к нему напряжения называется его вольтамперной характеристикой.*
- *Вольтамперная характеристика p – n -перехода нелинейна, следовательно, он обладает свойством односторонней проводимости*



# Полупроводниковые диоды и транзисторы

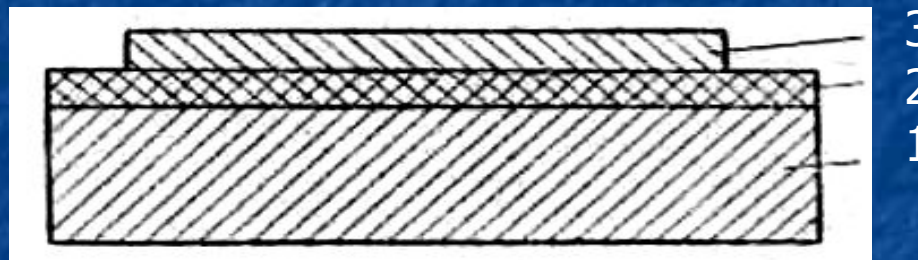


Рис. 5. Схема полупроводникового диода на основе оксида меди (I).

Комбинация двух близко расположенных друг к другу  $p - n$ - переходов в одном кристалле полупроводника представляет собой плоскостной **полупроводниковый триод** (английское название **транзистор**). Полупроводниковый триод может осуществлять усиление и генерирование электрических сигналов и выполняет ряд других функций. Различают два типа плоскостных полупроводниковых триодов  $p - n - p$ - типа и  $n - p - n$ - типа, которые различаются последовательностью чередования в монокристалле полупроводников областей с различным типом проводимости.

# Этапы развития современных технологий полупроводников

1. **Метровые технологии**
2. **Миллиметровые технологии** (вакуумная лампа, транзисторы и др.)
3. **Твердотельные микротехнологии** (кристаллы кремния явились основой интегральных микросхем, методом **фотолитографии** научились размещать миллион твердотельных транзисторов в интегральной схеме площадью 1 см кв.
4. **Электронная литографии**
5. **Нанотехнологии** - начало практической нанотехнологии было ознаменовано изобретением в 1982 г. сканирующего туннельного микроскопа.

# Нанолитография

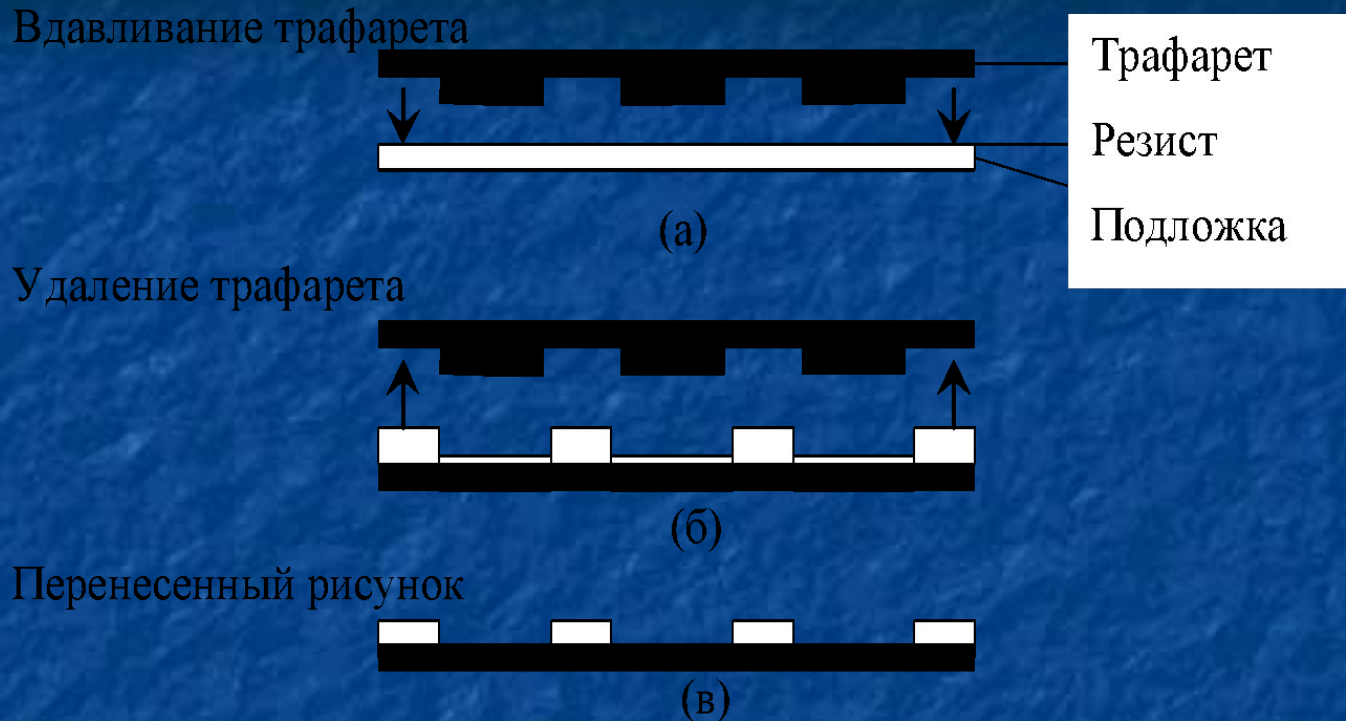


Рис. 6. Схематическое изображение этапов процесса литографической нанопечати: а) – трафарет из твердого материала, изготовленный методом электронно-лучевой литографии, вдавливается в более мягкий резист для получения отпечатка; б) – после этого трафарет убирается; в) – оставшийся на дне канавок сильно деформированный мягкий материал удаляется химическим травлением.

# Современные полупроводники

Успехи в создании твердотельной электроники в конце XX века утвердили соединения **АІІІВV** как основной класс полупроводников для оптоэлектроники и быстродействующих СВЧ–приборов.

В этих соединениях элементами третьей группы обычно являются Ga, Al или In, а элементами пятой группы - As, P или Sb.

Соединения арсенид галлия **GaAs**, фосфид индия **InP** являются основой полупроводниковых приборов типа интегральных схем и лазеров на гетероструктурах, которые доминируют в современных информационных технологиях.

Действительно, полупроводниковые лазеры на подложках InP с длинами волн 1300 и 1500 нм, которые соответствует диапазонам прозрачности оптоволокон, обеспечивают 70 % всех телекоммуникаций Интернета.

Другое применение полупроводниковых лазеров с более короткими длинами волн – оптическая запись.