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: B, C, Si, P, S, Ge, As, Se, Sn, Sb, Te, 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 AIIIBV

Основные свойства полупроводников

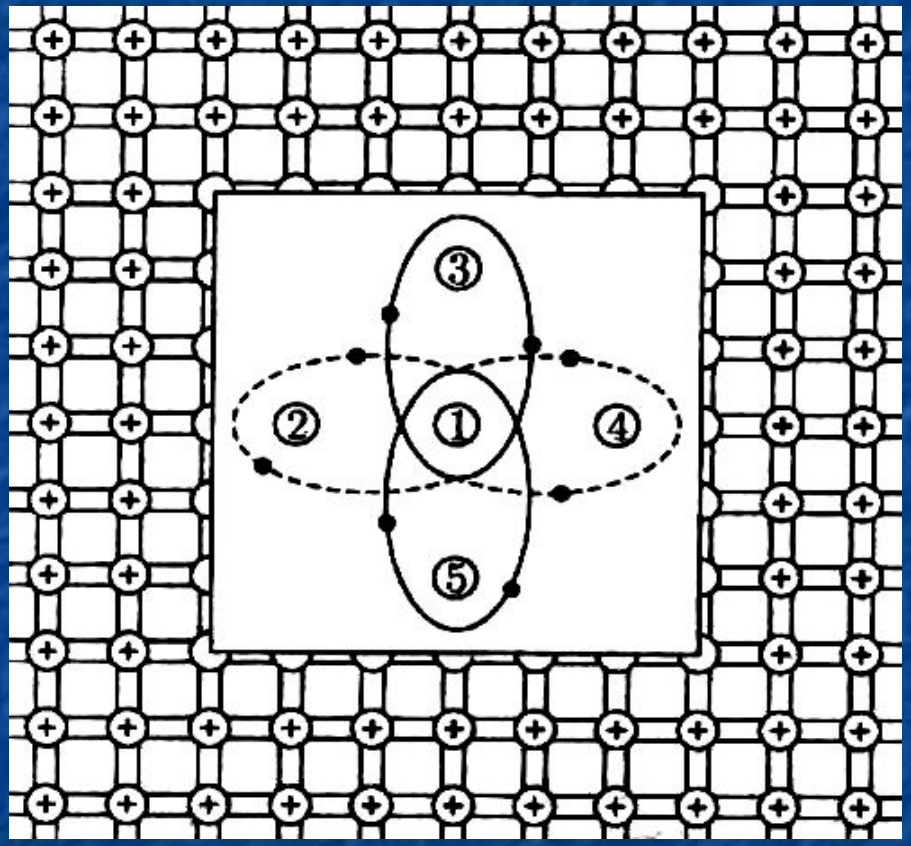

Рис. 1. Схематическое изображение кристаллической решетки кремния (Si). Черточки, связывающие друг с другом атомы Si, изображают электронные связи

Основные свойства полупроводников

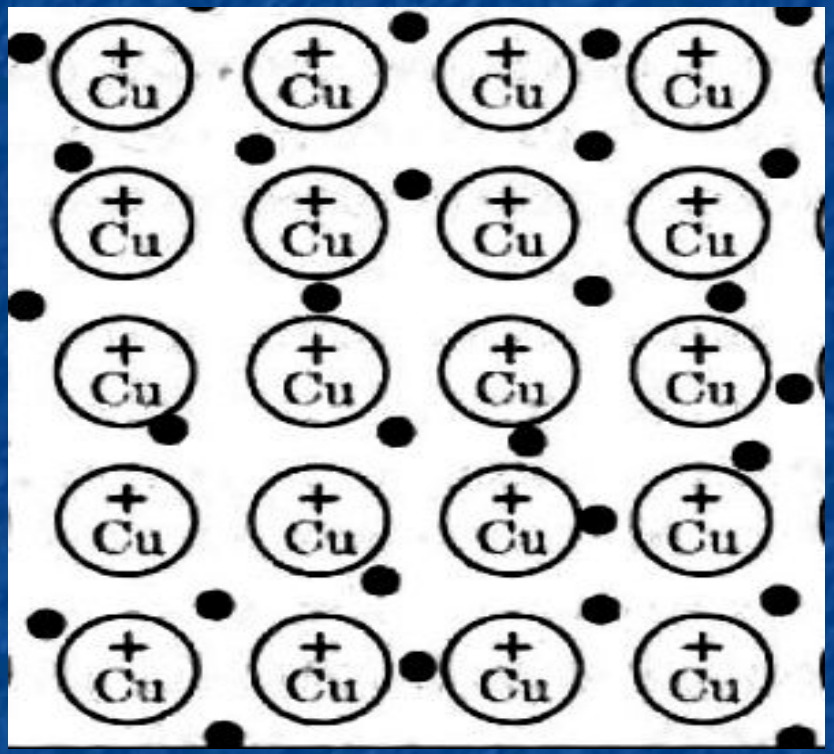

Рис. 2. Схематическое изображение кристаллической решетки меди. Правильная решетка ионов меди погружена в «газ» из свободных электронов, не связанных жесткими связями с отдельными ионами

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

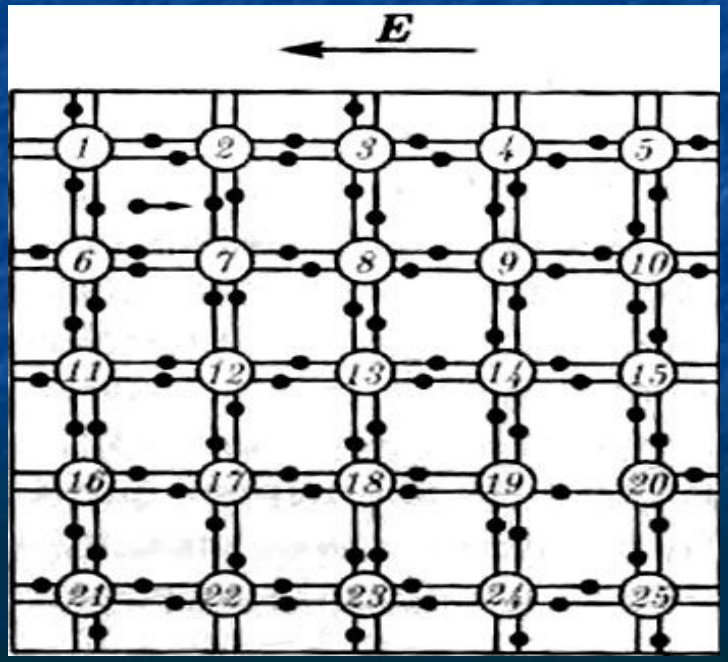

Рис. 3. Схематическое изображение кристаллической решетки из которой выбит электрон. Фотон выбил электрон с траектории, связывавшей атомы 19 и 20. Возникла пустая связь, дырка, и свободный электрон (он находится между атомами 1, 2, 6 и 7). В электрическом поле **E** электрон движется направо, а дырка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

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

Примесная проводимость в полупроводниках

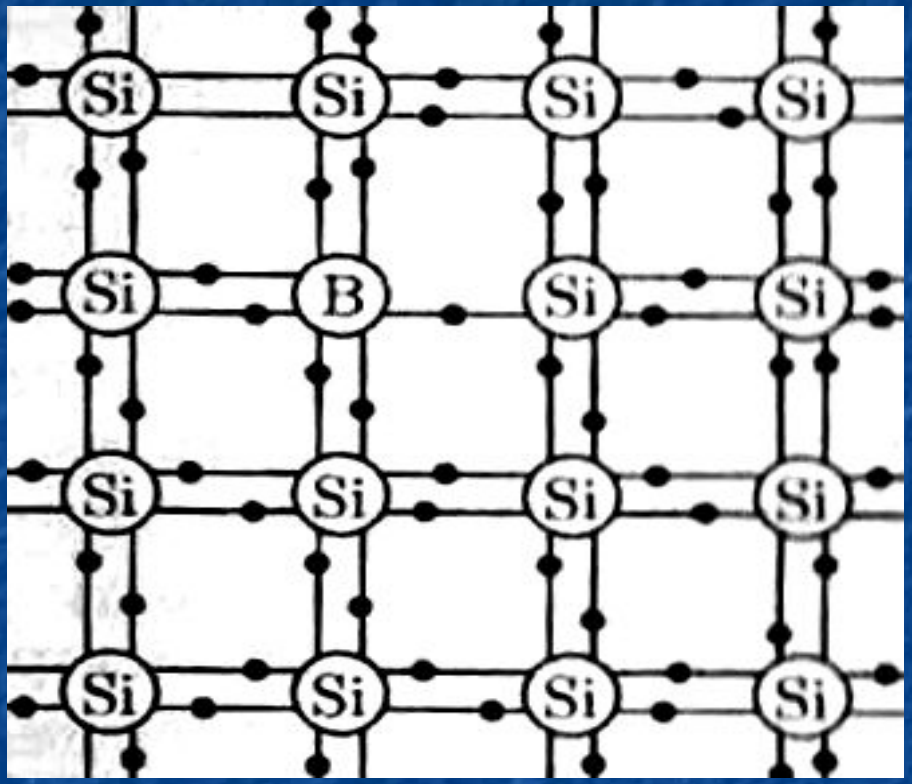

Рис. 4. Атом акцептора (бор) в решетке кремния

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

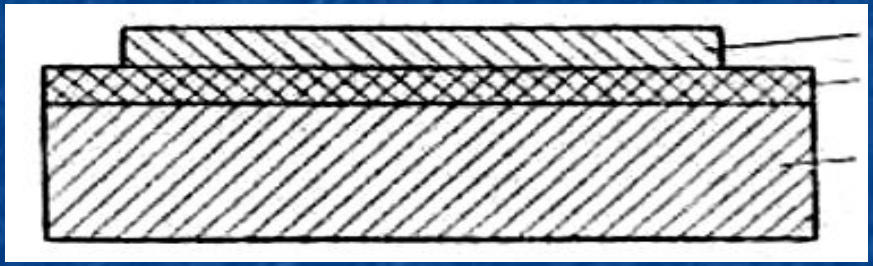

Рис. 5. Схема полупроводникового диода на основе оксида меди (I).

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

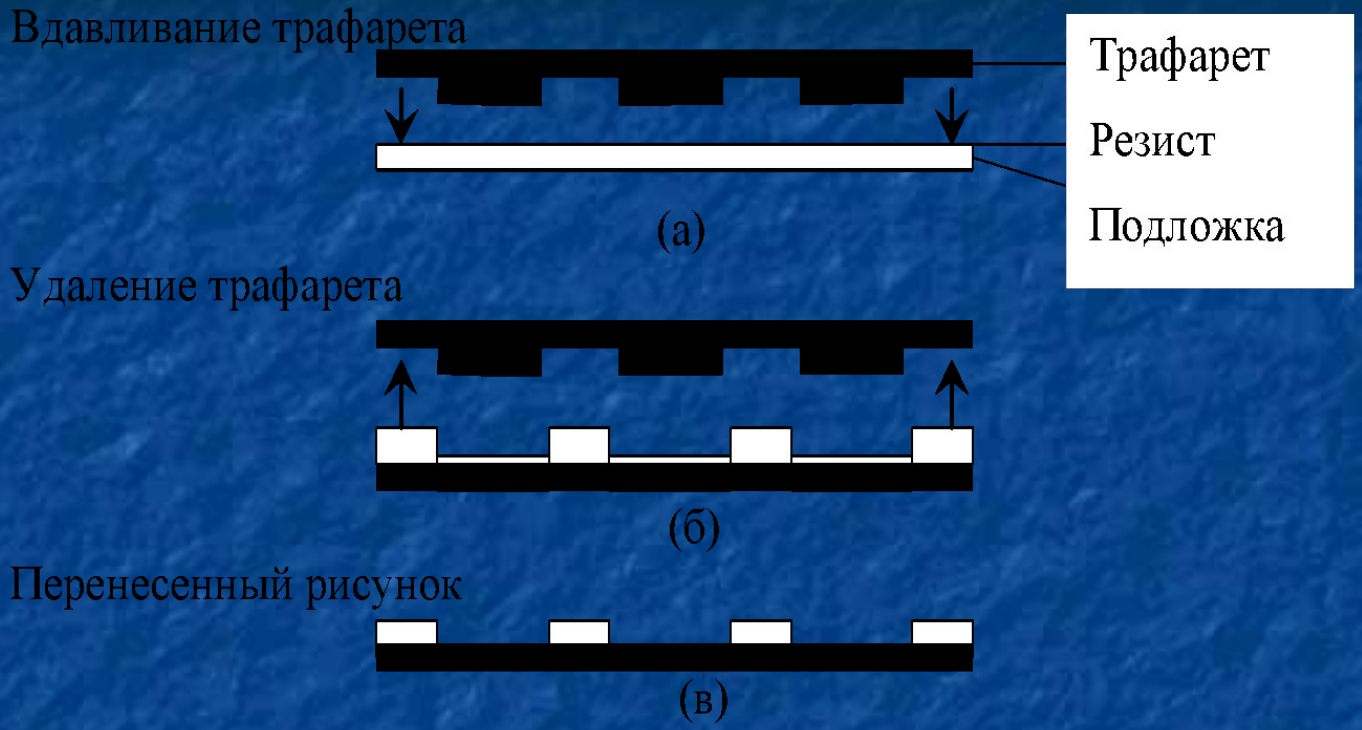

Рис. 6. Схематическое изображение этапов процесса литографической нанопечати: а) – трафарет из твердого материала, изготовленный методом электронно-лучевой литографии, вдавливается в более мягкий резист для получения отпечатка; б) – после этого трафарет убирается; в) – оставшийся на дне канавок сильно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

Современные полупроводники

Успехи в создании твердотельной электроники в конце XX века утвердили соединения **AIIIBV** 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 оптоволокна, обеспечивают 70 % всех телекоммуникаций Интернета.

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