

Электрический ток в полупроводниках.

Собственная и примесная
проводимости.

Полупроводники.

- **Полупроводники** - вещества, способные проводить ток при определенных условиях
- В таблице Менделеева – 12 химических элементов + много соединений.



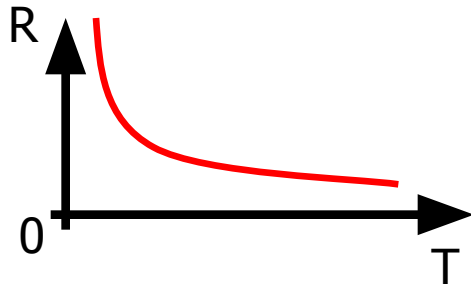
Германий



Кремний

Проводимость полупроводника зависит от:

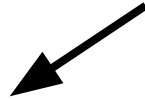
1. **Температуры** (при низкой t° ведет себя как диэлектрик, а при высокой t° - как проводник)



2. (кремний, германий, селен, индий, мышьяк...)
3. **Освещения**
4. **Механической нагрузки**
5. **Наличия электромагнитных полей**
6. **Рентгеновского или радиоактивного излучения**



ВИДЫ ПРОВОДИМОСТИ ПОЛУПРОВОДНИКОВ:



Собственная проводимость-

проводимость чистых
полупроводников

1. электронная
2. дырочная



примесная проводимость-

проводимость
полупроводников
при наличии примесей

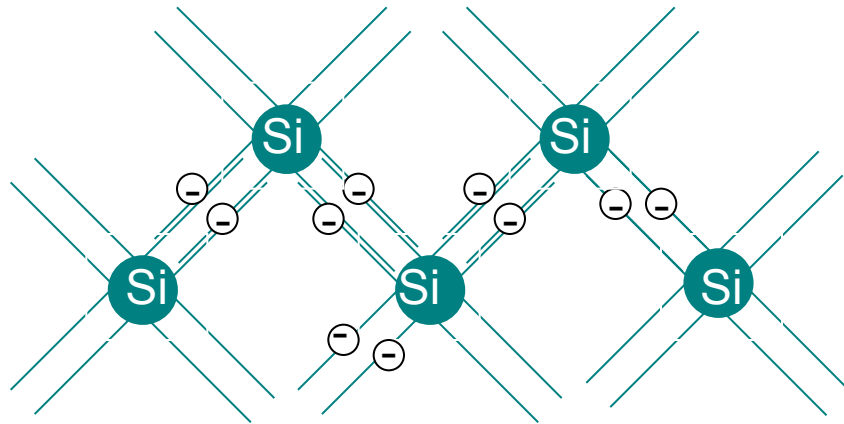
1. донорная
2. акцепторная



Структура полупроводников (на примере Si -№14)

- Это монокристалл в форме тетраэдра (на внешней оболочке 4 электрона)
- Все атомы в кристаллической решетке находятся на равном расстоянии от соседних атомов
- Электронные оболочки перекрывают друг друга
- Валентные электроны становятся общими
- Между атомами устанавливается прочная ковалентная связь.

Кремний- 4-х валентный элемент

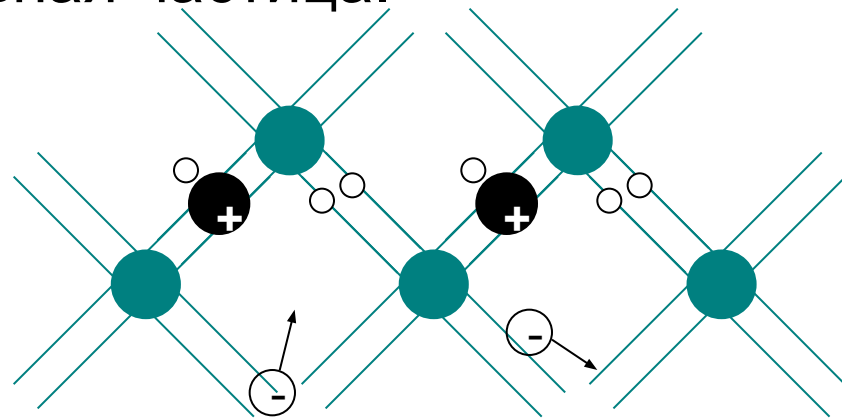


При низких t° свободных зарядов нет, поэтому вещество является диэлектриком,

- при повышении t° происходит разрыв некоторых связей (т. к. амплитуда колебания атомов увеличивается) => появляются свободные электроны и «дырки».



«Дырка» — это место, образующееся в электронной связи после выхода электрона, которое имеет положительный заряд и ведет себя как положительная частица.



Число «дырок» всегда равно числу электронов!

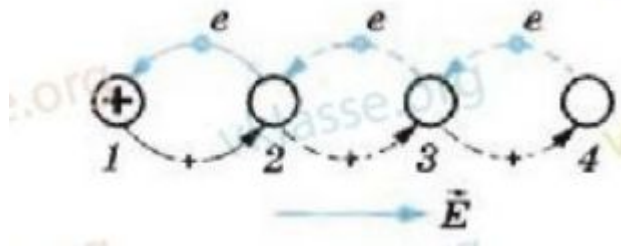
- **Процесс разрыва связей и заполнения дырок происходит непрерывно!**

Дырочная проводимость- электрический ток, связанный с непрерывным перемещением дырок.

Электронная проводимость — электрический ток, представляющий собой упорядоченное движение электронов.



- Если нет внешнего электрического поля, то электроны и «дырки» движутся хаотично;
- Если создать внешнее электрическое поле, то электроны и «дырки» придут в упорядоченное движение:
- Электроны движутся против \vec{E} ,
- «дырки» движутся по направлению \vec{E}

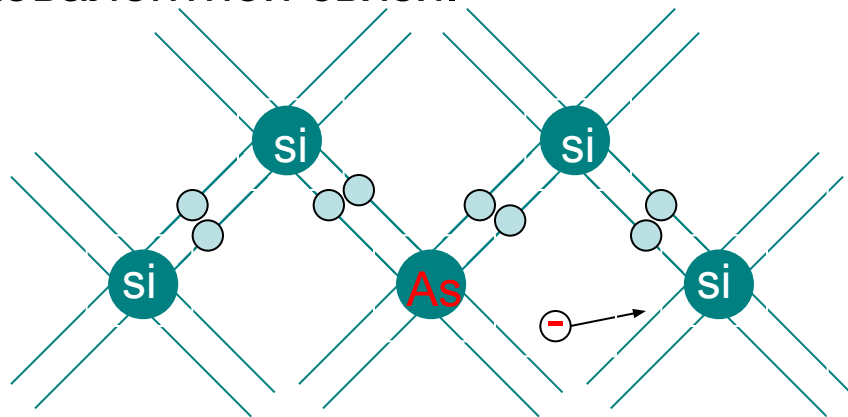


Электрический ток в полупроводнике –
это упорядоченное движение
электронов и «дырок»

Донорная примесь (отдающая)- примесь имеющая на внешней электронной оболочке больше электронов, чем у данного полупроводника (***n*-типа**)

Полупроводники *n*-типа (от negativ – отрицательный) – полупроводники, имеющие донорные примеси, обладающие большим числом электронов (по сравнению с числом дырок).

Например – мышьяк(As): 5 \bar{e} на внешней оболочке и 1 \bar{e} не занят в ковалентной связи.



В полупроводнике ***n*-типа** электроны являются ***основными*** носителями зарядов, а «дырки» - ***неосновными*** $N_e > N_{дыр}$.

При создании внешнего электрического поля ток представлен основными носителями – электронами.
Они движутся против поля.

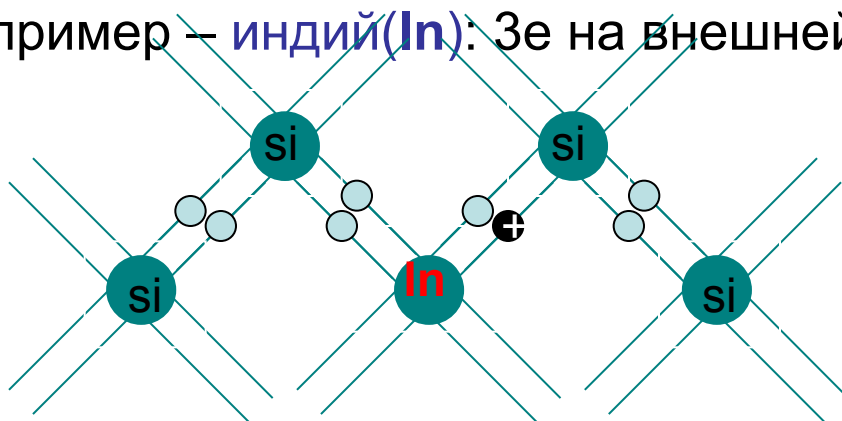


Акцепторные примеси (принимаящие) –

примеси, которые имеют на внешней электронной оболочке меньше электронов, чем у данного полупроводника (*p*-типа)

Полупроводник *p*-типа (от positiv – положительный) – полупроводник, у которого дырочная проводимость преобладает над электронной.

Например – индий(In): 3e на внешней оболочке и 1e не хватает.



Основными носителями в полупроводнике *p*-типа являются «дырки», а **неосновными** – электроны.

$$N_{\text{дыр.}} > N_e$$

Примеси

```
graph TD; A[Примеси] --> B[Донорные]; A --> C[Акцепторные]; B --> D[Примесь с большей валентностью]; C --> E[Примесь с меньшей валентностью];
```

Донорные

Акцепторные

Примесь с большей
валентностью

Примесь с меньшей
валентностью



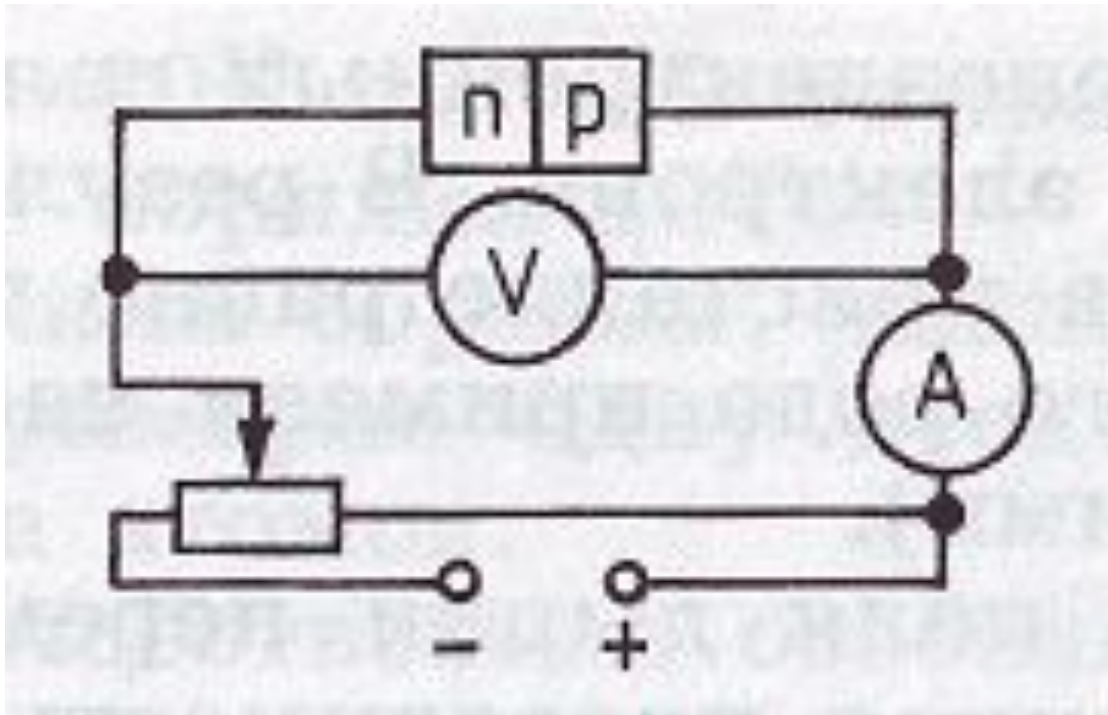
Для четырёхвалентного кремния донорной примесью n -типа является пятивалентный мышьяк.



Трёхвалентный индий будет являться для кремния акцепторной примесью *p*-типа.

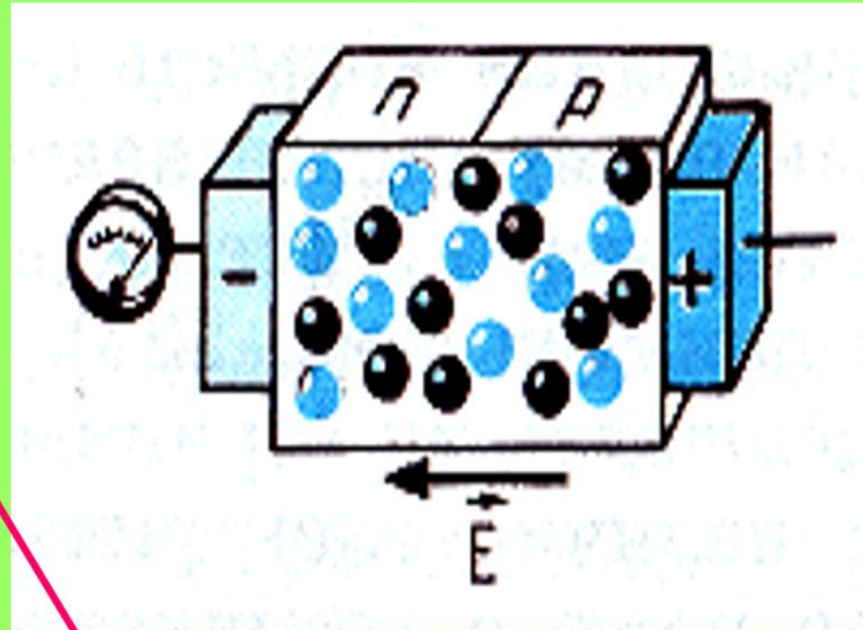
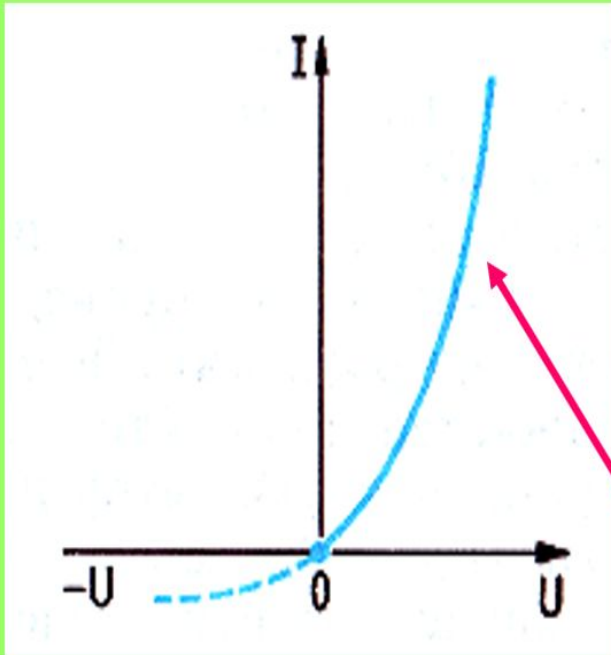
p - n - переход -

контакт двух полупроводников p – типа и n – типа, находит практическое применение.



P - N - переход -

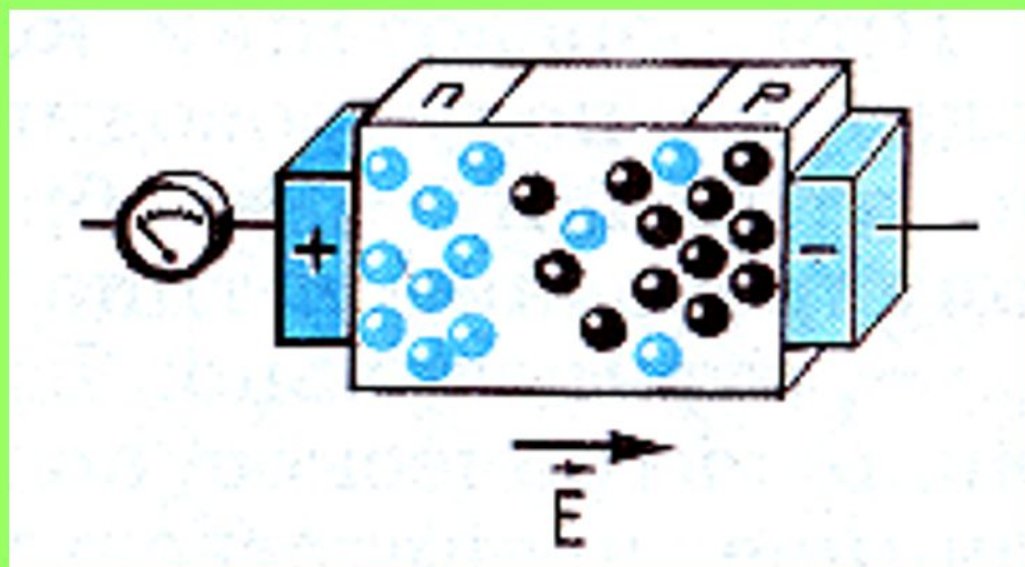
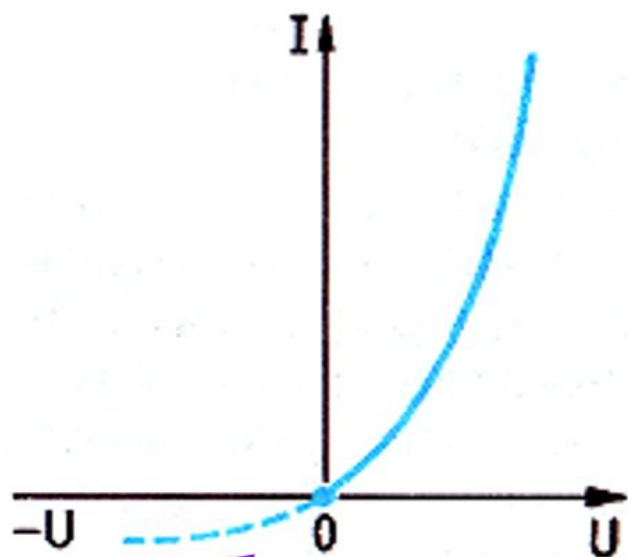
контакт двух полупроводников p – типа и n – типа, находит практическое применение.



Прямой переход

P - N - переход -

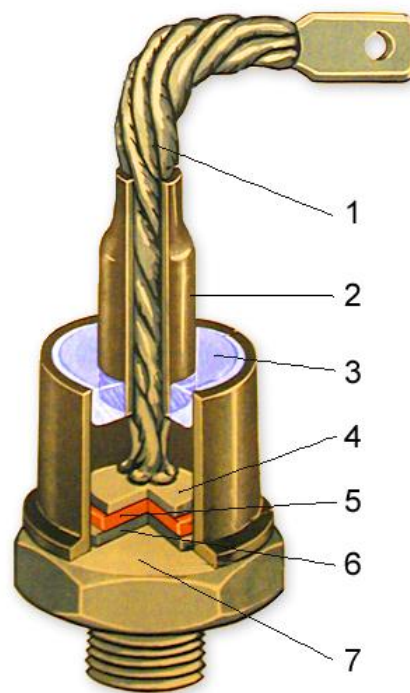
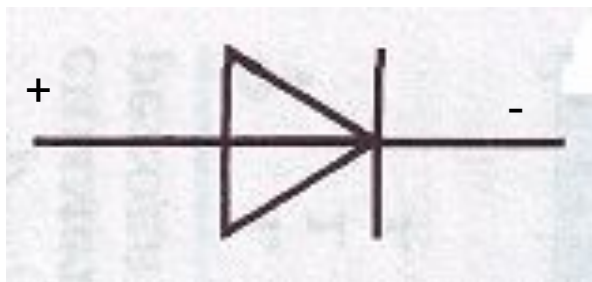
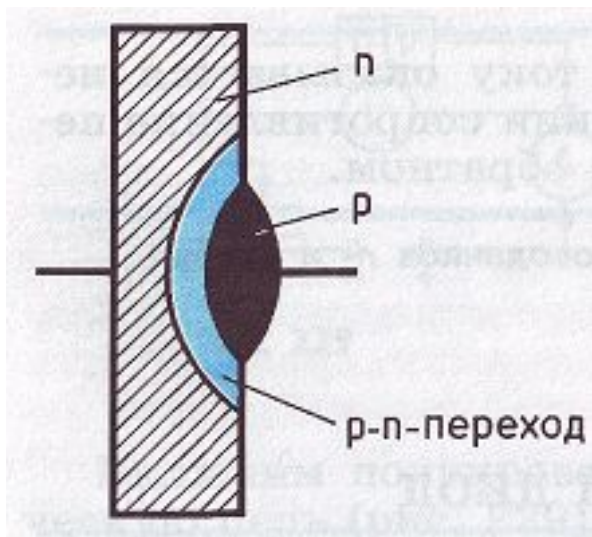
контакт двух полупроводников **p – типа** и **n – типа**,
находит практическое применение.



Обратный переход

Полупроводниковый диод-

устройство, содержащее электронно – дырочный переход и способное пропускать ток только в одном направлении (германий, кремний, селен).



БК2-200

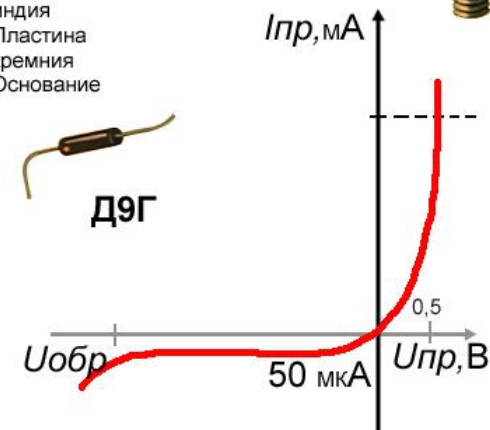
ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ДИОДЫ

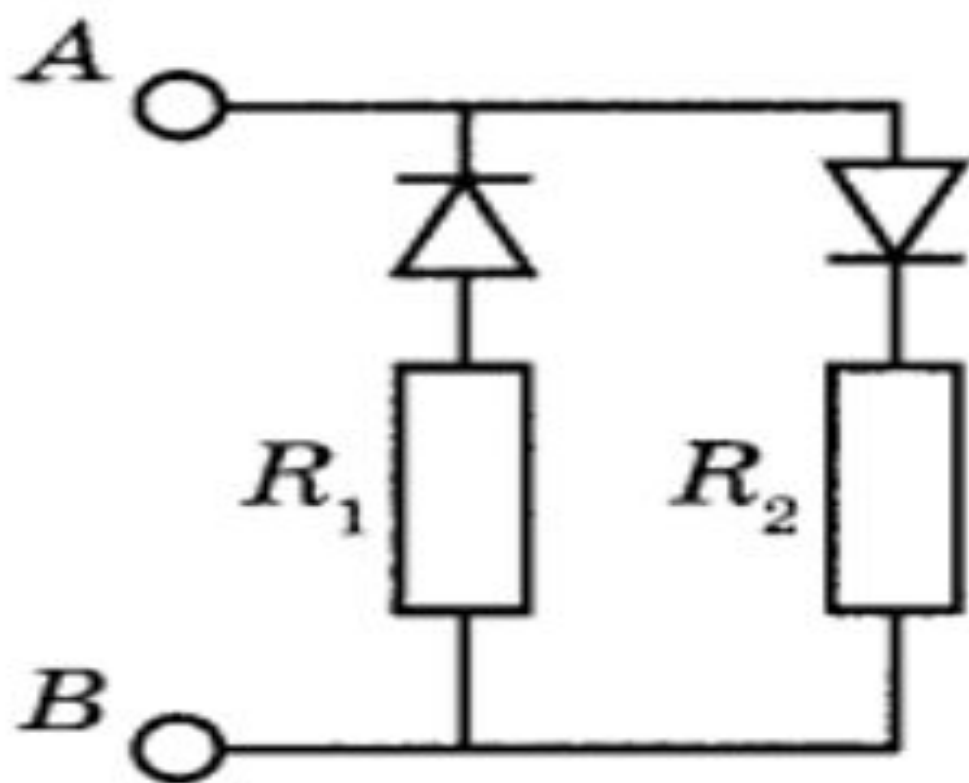
1. Гибкий вывод
2. Корпус
3. Стеклоый изолятор
4. Контактная пластина
5. Пластина индия
6. Пластина кремния
7. Основание

Д229В



Д9Г





Применение диода

Полупроводниковые диоды применяют для «выпрямления» переменного электрического тока.



Решение задач

1. Проводимость чистых полупроводников осуществляется перемещением
 - а) только свободных электронов
 - б) только дырок (вакантных мест электронов)
 - в) свободных электронов и дырок
 - г) положительных и отрицательных ионов

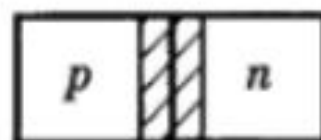
2. Примеси, увеличивающие число дырок в полупроводнике, называются
 - а) донорными
 - б) акцепторными
 - в) собственными
 - г) валентными

3. В полупроводнике *n*-типа проводимость осуществляется в основном за счет
 - а) свободных электронов
 - б) дырок
 - в) отрицательных ионов
 - г) положительных ионов

3. В полупроводнике n -типа проводимость осуществляется в основном за счет

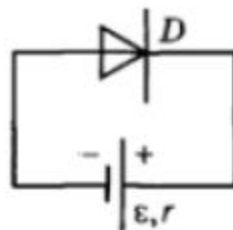
- а) свободных электронов
- б) дырок
- в) отрицательных ионов
- г) положительных ионов

4. На рисунке изображен контакт двух полупроводников p - и n -типа. Где образуется отрицательный заряд в результате диффузии?

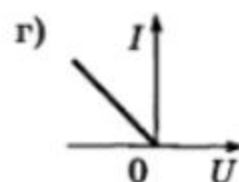
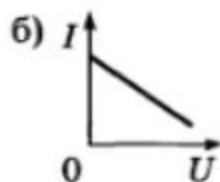
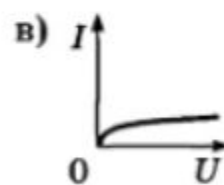
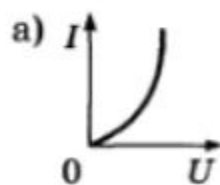


- а) в полупроводнике n -типа
- б) в полупроводнике pn -типа
- в) в полупроводнике p -типа
- г) в месте контакта

5. На рисунке изображен идеальный полупроводниковый диод D , подключенный к источнику тока, ЭДС ε и сопротивление r которого равны соответственно 1,5 В и 0,5 Ом. Сила тока в цепи равна



- а) 1 А
 б) 4 А
 в) 2 А
 г) 0 А
6. Какой из графиков зависимости силы тока от напряжения (см. рисунок) соответствует вольт-амперной характеристике полупроводникового диода (p - n -перехода), включенного в прямом направлении?



ОТВЕТЫ:

1-в

2-б

3-а

4-в

5-г

6-а