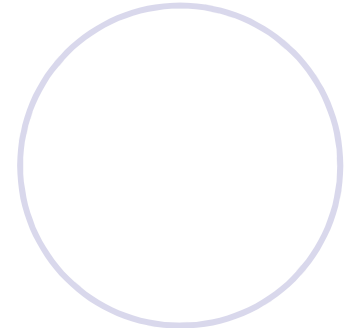
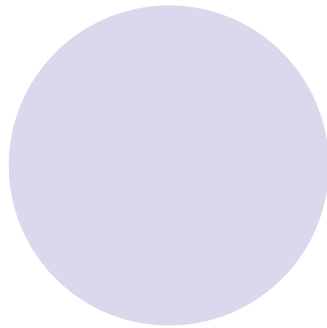
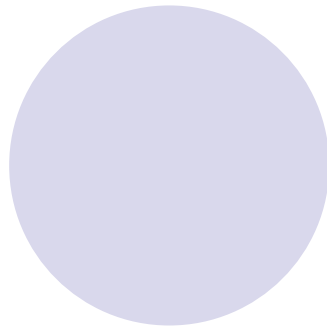
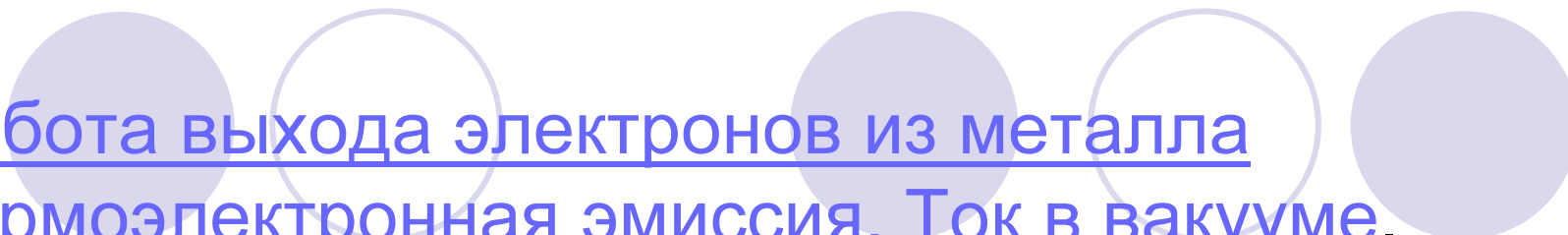


ОБЩАЯ ФИЗИКА

ТОК В ВАКУУМЕ КОНТАКТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ ЛЕКЦИЯ №12

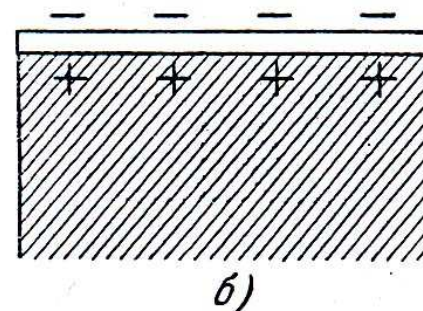
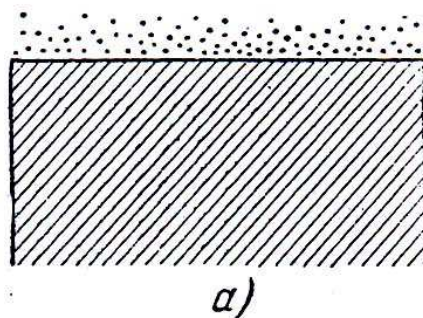


- 
- Работа выхода электронов из металла
 - Термоэлектронная эмиссия. Ток в вакууме.
 - Понятие о других эмиссионных явлениях
 - Контактные явления
 - Явление Пельтье
 - Внутренняя контактная разность потенциалов
 - Термоэлектрические явления и их применение
 - Внешняя контактная разность потенциалов
 - Законы Вольта
 - Эффект Томсона
 - Контакт двух полупроводников
 - Микроэлектроника. Научно-техническая революция

Работа выхода электронов из металла

При выходе электрона из металла в металле возникает избыточный положительный заряд. Между металлом и электроном возникает сила притяжения. Эта сила стремится вернуть электрон в металл. Поэтому вылетевшие электроны частично возвращаются и образуют вокруг металла электронное облако. На электроны в металле со стороны электронного облака будут действовать силы отталкивания.

$$\Delta\varphi = \frac{A}{e}.$$



Термоэлектронная эмиссия. Ток в вакууме

Термоэлектронная эмиссия наблюдается в вакуумном диоде.

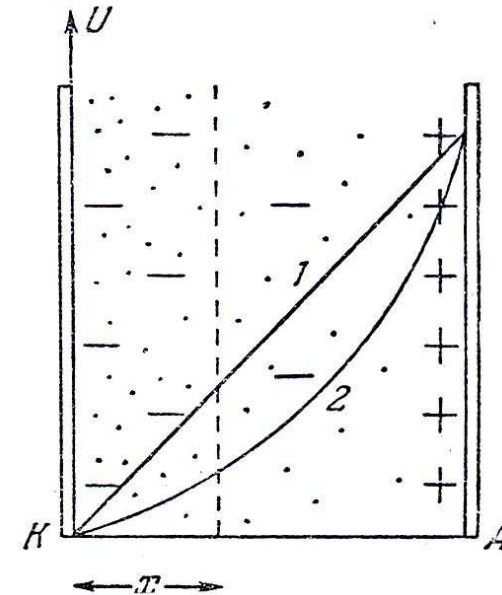
$$\nabla^2 \varphi = -\frac{\rho}{\varepsilon_0} \quad \frac{d^2 \varphi}{dx^2} = -\frac{\rho}{\varepsilon_0} = \frac{ne}{\varepsilon_0} = \frac{j}{v\varepsilon_0}$$

$$\frac{mv^2}{2} = e\varphi \quad \frac{d^2 \varphi}{dx^2} = \frac{j}{\varepsilon_0} \sqrt{\frac{m}{2e\varphi}} = \frac{a^2}{\sqrt{\varphi}}$$

$$a^2 = \frac{j}{\varepsilon_0} \sqrt{\frac{m}{2e}} \quad \frac{d\varphi}{dx} \cdot \frac{d^2 \varphi}{dx^2} \cdot dx = \frac{a^2}{\sqrt{\varphi}} \cdot \frac{d\varphi}{dx} \cdot dx$$

$$\left(\frac{d\varphi}{dx}\right)^2 = 4a^2 \varphi^{1/2} \quad \frac{d\varphi}{\varphi^{1/4}} = 2adx \quad \frac{4}{3} \varphi^{3/4} = 2ax$$

$$\varphi^{3/4} = \frac{3}{2} l \sqrt{\frac{j}{\varepsilon_0}} \sqrt{\frac{m}{2e}} \quad j = C \varphi^{3/2}, \quad C = \frac{4\varepsilon_0}{9l^2} \sqrt{\frac{2e}{m}}$$



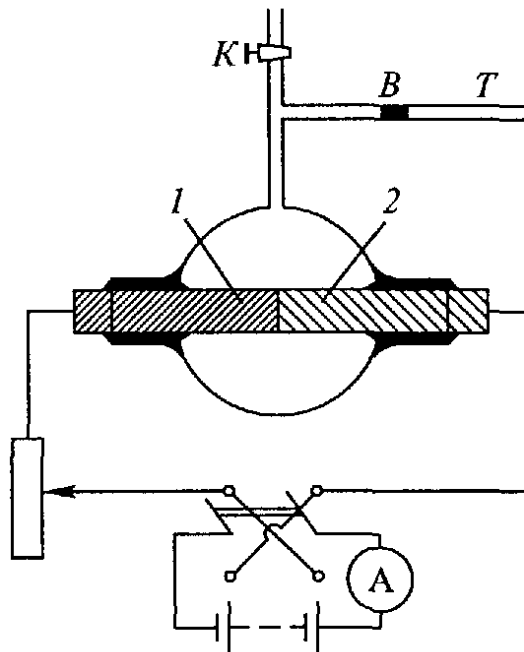
Понятие о других эмиссионных явлениях



1. Автоэлектронная эмиссия – вырывание электронов из металла электрическим полем. Явление часто называют холодной эмиссией.
2. Явление вырывания электронов из вещества под действием света называется внешним фотоэффектом или фотоэлектронной эмиссией.
3. Вырывание электронов из металлов при бомбардировке электронами и ионами, ускоренными в электрическом поле, называется вторичной электронной эмиссией.

Опыт Пельтье

- 1 и 2-два метал. проводника, *T*- трубка, *B*- капля воды



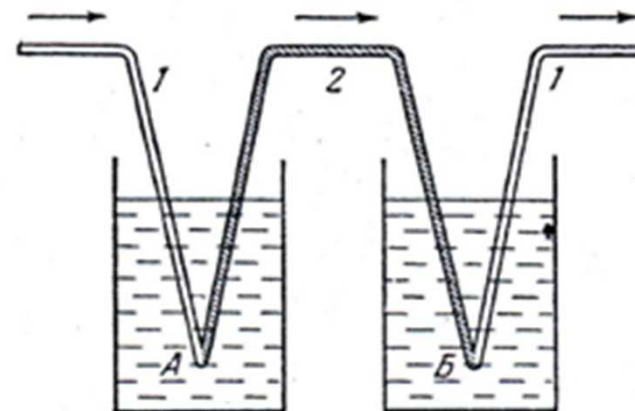
Явление Пельтье

Явление двух различных проводников при прохождении электрического тока через контакт. Если в спаяе *A* ток проходит от металла 1, то в спаяе *B* от 2 к 1. Поэтому, если спай *A* нагревается, то спай *B*, охлаждается.

$$Q_1 = I^2rt + Q$$

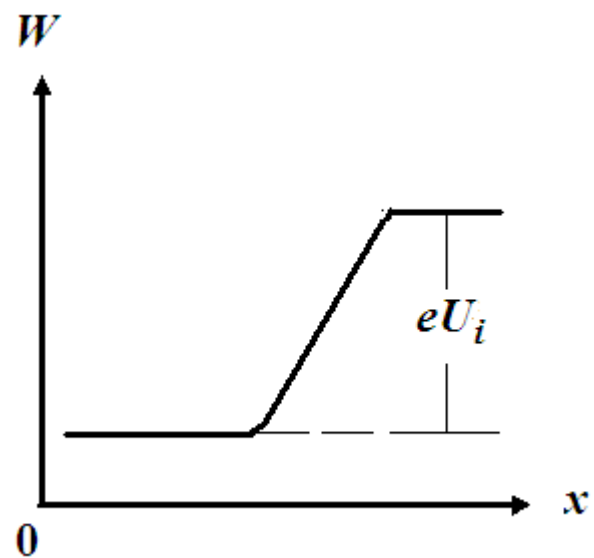
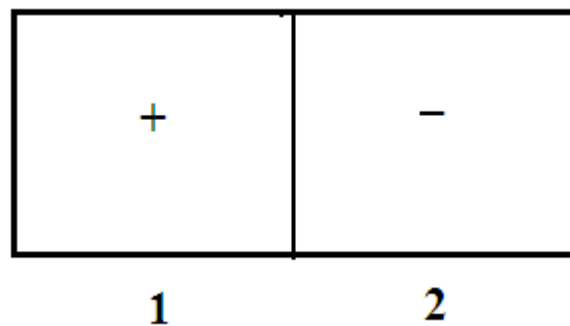
$$Q_2 = I^2rt - Q$$

$$Q = \Pi q = \Pi It$$



Наличие тепла Пельтье показывает, что кинетическая энергия электронов при переходе из одного проводника в другой изменяется. При увеличении энергии спай нагревается, а при уменьшении спай охлаждается.

Контакт двух металлов



Внутренняя контактная разность потенциалов

Приведем в контакт два разнородных металла. Пусть вследствие теплового движения электроны будут переходить из металла 1 в металл 2 и обратно. Тогда диффузионный поток из металла 1 будет больше обратного потока. Металл 1 будет заряжаться положительно, металл 2 отрицательно.

В результате между металлами появится разность потенциалов.

Эта разность потенциалов между двумя контактирующими металлами и называется внутренней контактной разностью потенциалов между металлами.

$$n_2 = n_1 e^{-\frac{eU_i}{kT}} \quad \ln \frac{n_1}{n_2} = \frac{eU_i}{kT} \quad U_i = \frac{kT}{e} \ln \frac{n_1}{n_2}.$$

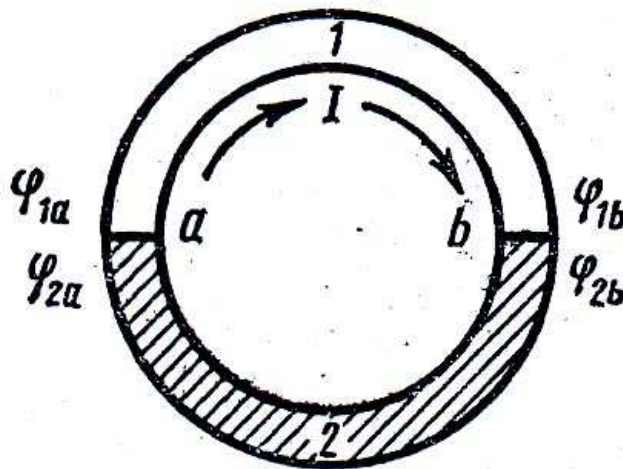
$$\frac{E_{F1} - E_{F2}}{e} = \frac{h^2}{2me} \left(\frac{3}{8\pi} \right)^{2/3} (n_1^{2/3} - n_2^{2/3})$$

Термоэдс

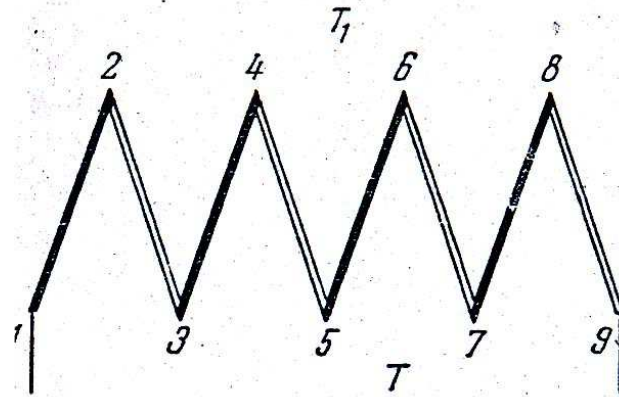
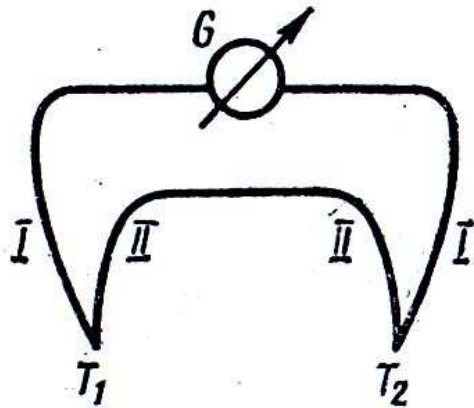
Если температуры спаев различны, то это явление используется в термопарах

$$\varepsilon = \frac{k}{e} (T_1 - T_2) \ln \frac{n_1}{n_2} = \alpha (T_1 - T_2),$$

где $\alpha = \frac{k}{e} \ln \frac{n_1}{n_2}$ — удельная термоэдс



Применение термоэлектрических явлений. Термопара. Термостолбики



Для повышения чувствительности применяют последовательное соединение термопар (термостолбики или термобатарей).

Внешняя контактная разность потенциалов

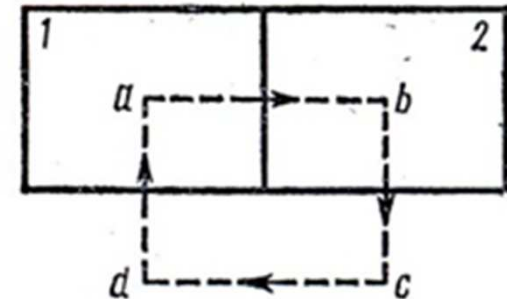
Внешней контактной разностью потенциалов называют разность потенциалов между двумя точками, находящимися в непосредственной близости от поверхности первого и второго контактирующих металлов (вне их). Внешняя контактная разность потенциалов обусловлена разностью работ выхода электрона из металлов.

$$-e(\varphi_a - \varphi_b) - A_2 - e(\varphi_c - \varphi_d) + A_1 = 0$$

$$\varphi_d - \varphi_c = \Delta\varphi \quad \varphi_a - \varphi_b = kT \ln \frac{n_1}{n_2}$$

$$\Delta\varphi = \frac{A_2 - A_1}{e} + kT \ln \frac{n_1}{n_2}$$

$$kT \ln \frac{n_1}{n_2} \ll \frac{A_2 - A_1}{e}$$

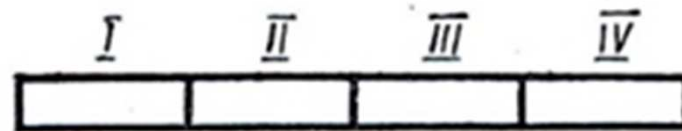


$$\Delta\varphi = \frac{A_2 - A_1}{e}$$

Законы Вольта

1. При соединении двух проводников, изготовленных из различных металлов, между ними возникает контактная разность потенциалов, которая зависит только от их химического состава и температуры.
2. Разность потенциалов между концами цепи, состоящей из последовательно соединенных металлических проводников, находящихся при одинаковой температуре, не зависит от химического состава промежуточных проводников. Она равна контактной разности потенциалов, возникающей при непосредственном соединении крайних проводников.

$$\varphi_1 - \varphi_4 = \varphi_1 - \varphi_2 + \varphi_2 - \varphi_3 + \varphi_3 - \varphi_4 +$$



$$+kT \ln \frac{n_1}{n_2} + kT \ln \frac{n_2}{n_3} + kT \ln \frac{n_3}{n_4} + kT \ln \frac{n_4}{n_1} = \varphi_1 - \varphi_4 + kT \ln \frac{n_1}{n_4}$$

Эффект Томсона

Томсон установил, что даже в однородном проводнике, если проводник нагрет неравномерно (существует градиент температуры), то при прохождении тока происходит выделение или поглощение тепла, которое либо добавляется к джоулевому теплу, либо вычитается из него. Это явление, получившее название явления Томсона.

$$dQ = \sigma I \frac{dT}{dx} dx dt$$

где σ - коэффициент Томсона

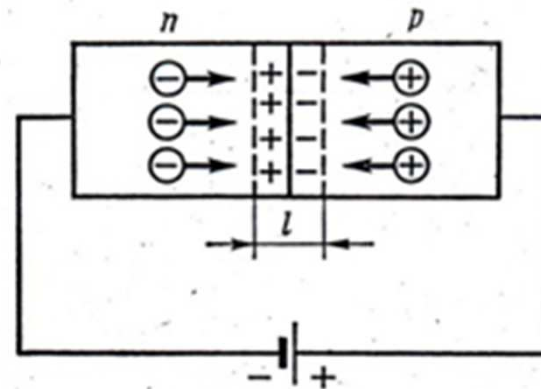
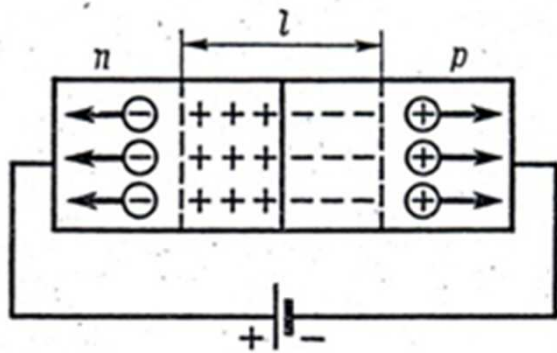
$Q = \sigma I t \Delta T = \sigma q \Delta T$ – интегральная форма закона Томсона и дает полное количество тепла Томсона, выделенного в рассматриваемом отрезке проводника.

Связь между термоэдс и явлениями Томсона и Пельтье

$$\alpha = \frac{d\varepsilon}{dT} = \frac{d\Pi}{dT} + (\sigma_2 - \sigma_1).$$

Контакт двух полупроводников

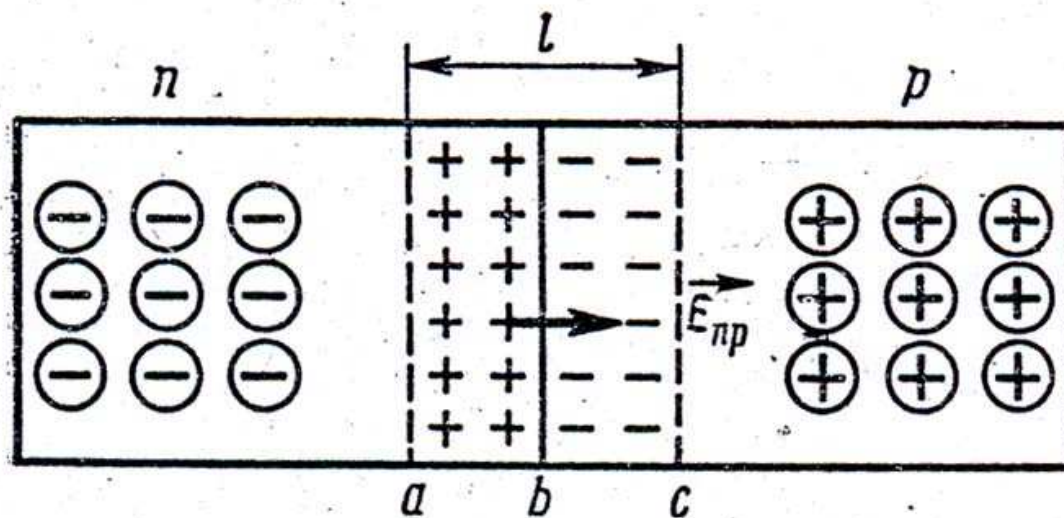
Электронно-дырочный p - n переход - это контакт полупроводников p -типа и n -типа.



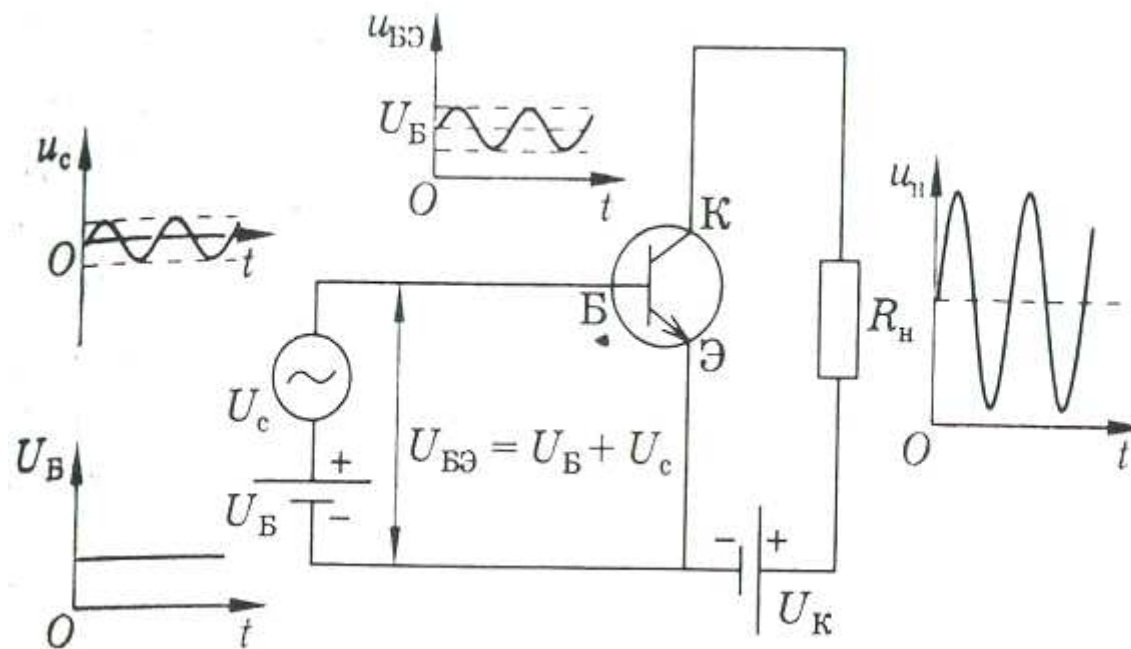
p - n переход обладает односторонней проводимостью.

Транзисторы вытеснили электронные лампы, так как меньше по размерам и работают при более низких напряжениях.

Транзистор



Принцип электронного усиления



Микроэлектроника. Научно-техническая революция

Микроэлектроника – важнейшее научно – техническое достижение современности. Основа научно-технической революции. Основа микроэлектроники - интегральная микросхема.

- Качественно новый этап развития электронной вычислительной техники, систем связи, автоматики наступил в результате нового раздела электроники – микроэлектроники, которая занимается разработкой интегральных микросхем и принципов их применения.
- **Эра микроэлектроники начата работами американского инженера Дж. Килби (лауреат Нобелевской премии по физике), создавшего в 1958 г. первую интегральную микросхему.** Интегральная микросхема – совокупность большого числа взаимосвязанных компонентов – миниатюрных транзисторов, диодов, резисторов, конденсаторов, соединительных проводов, изготовленных в едином технологическом процессе на одном кристалле. Интегральные микросхемы, насчитывающие более 100 элементов, наз. микросхемами с малой степенью интеграции.
- До 1000 – со средней степенью интеграции.
- До десятка тысяч элементов – с большой степенью интеграции.
- При изготовлении интегральной схемы на пластинку из полупроводникового материала наносятся последовательно слои примесей, диэлектриков, напыляются новые слои металлов. Для каждого нового слоя используется своя технология нанесения и свой рисунок расположения деталей. В результате на одном кристалле одновременно создается несколько тысяч транзисторов, конденсаторов, резисторов и диодов, соединенных проводниками в определенную схему.
- Пример: микросхема часов «Электроника» размещена на кремниевом кристалле толщиной 0,5 мм и размерами 4·3,6 мм. В этой микросхеме содержится 3000 транзисторов.
- **1962 г. - массовый выпуск микросхем.**
- 1971 г. – фирма «Интел» создала интегральную схему для выполнения арифметических и логических операций - микропроцессор. Это повлекло грандиозный прорыв микроэлектроники в вычислительную технику.
- Пример: Микропроцессор современной ЭВМ размещен на кристалле кремния размерами 6·6 мм, содержит несколько сотен тысяч транзисторов.
- Электронные лампы вытеснены, потребление электроэнергии уменьшилось в десятки тысяч раз.
- **Элементы нанотехнологии и наноэлектроники. «Нанотехнология» может изменить лицо цивилизации.**
- Перспективы – создание совершенно новых квантовых устройств. Реализация заветной мечты – одноэлектронные устройства. Пока лучшие электронные устройства затрачивают сотни и тысячи электронов на одну операцию. Преимущества – быстроедействие порядка терагерц $\sim 10^{12}$ операций в секунду), энергосберегаемость.