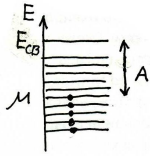


Раздел VII Физика твердого тела

Глава IV. Контактные и термоэлектрические явления

1. Термоэлектронная эмиссия. Работа выхода.

Работа выхода – минимальная работа, которую нужно затратить, чтобы вытащить электроны из вещества в вакуум.



Для металлов при низких температурах работы

выхода \$A\$ равна разности энергий свободного электрона и электрона находящегося в квантовом состоянии близком к химическому потенциалу.

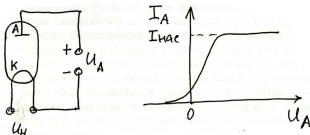
$$A = E_{cv} - \mu \sim 1 - 10 \text{ эВ}$$

С ростом температуры часть электронов за счет тепловой энергии преодолевают работу выхода и вылетают из вещества. Это явление называется термоэлектронная эмиссия. Плотность тока термоэмиссии:

$$j = CT^2 e^{-\frac{A}{kT}}$$

$$C = 120 \frac{A}{\text{см}^2 \text{К}^2}$$

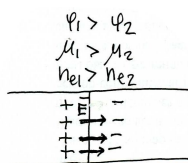
Явление используется в электронных лампах, в которых катод представляет нить из тугоплавкого металла, нагреваемую током.



Вольтамперная характеристика вакуумного диода (зависимость

анодного тока \$I_A\$ от анодного напряжения \$U_A\$). Ток насыщения \$I_{нас}\$ определяется током термоэмиссии катода.

2. Термоэлектрические явления при контакте металлов.



Если привести в контакт два различных металла, то вначале начнется перетекание электронов проводимости из металла, где

концентрация электронов проводимости больше туда, где она меньше. В области контакта появится структура типа заряженного конденсатора.

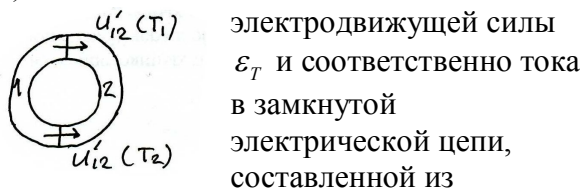
Поле этого конденсатора будет препятствовать дальнейшему перетеканию электронов. Разность потенциалов, которая возникает в области контакта, называется внутренней контактной разностью потенциалов U'_{12} :

$$U'_{12} = \varphi_1 - \varphi_2 = \frac{1}{e}(\mu_1 - \mu_2)$$

Формулу легко понять, если вспомнить, что в металлах химический потенциал отсчитываемый от дна зоны проводимости – это максимальная кинетическая энергия электронов проводимости.

Так как химпотенциалы зависят от температуры, то и внутренняя контактная разность потенциалов, так же зависит от температуры $U'_{12}(T)$. С этой зависимостью связаны явления Зеебека и Пельтье.

А) Явление Зеебека – возникновение

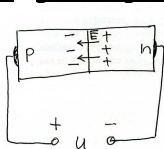


различных металлов, если места их контактов (спайи) находятся при разных температурах. Величина термо-э.д.с.:

$$\varepsilon_T = \alpha(T_1 - T_2)$$

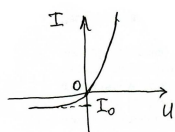
Б) Явление Пельтье, обратное явлению Зеебека, заключается в том, что при протекании тока через цепь составленную из разных металлов в одних спаях происходит выделение, а в других – поглощение тепла.

3. p-n переход



При контакте полупроводников различных типов вначале происходит перетекание электронов из

полупроводника n-типа и дырок из p-типа через контакт. В области контакта появляется структура типа заряженного конденсатора. Поле этого конденсатора препятствует



дальнейшему перетеканию электронов и дырок.

Если на такой p-n переход подать внешнее

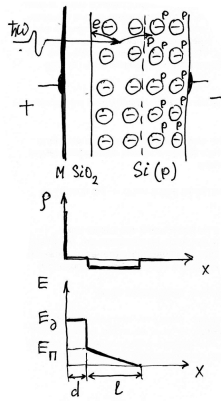
напряжение то он будет хорошо проводить ток в прямом направлении p(+), n(-) и

плохо в обратном. Это –
полупроводниковый диод.

$$I = I_0 (e^{\frac{eU}{kT}} - 1)$$

4. МОП - структуры (Металл-Оксид-Полупроводник)

Основным элементом
светочувствительных матриц являются



МОП – конденсаторы.
В отличие от обычных
конденсаторов в МОП –
конденсаторах одна из
обкладок –
полупроводник, чаще
всего Si с акцепторной
добавкой (p-тип)
 $n_a \sim 10^{13} - 10^{15} \text{ см}^{-3}$.
Диэлектриком является
пленка оксида кремния
 SiO_2 .

МОП конденсатор – нелинейная емкость,
так как толщина заряженного слоя в
полупроводнике зависит от приложенного
напряжения (+ на М, - на П).

$$\epsilon_\delta = 3,9(\text{SiO}_2); \quad \epsilon_\pi = 12(\text{Si})$$

$$E_\delta = \frac{Q/S}{\epsilon_\delta \epsilon_0}; \quad E_\pi = \frac{Q/S}{\epsilon_\pi \epsilon_0}$$

Q – заряд конденсатора
S – площадь пластин

$$U = \int_0^{d+l} E(x) dx = E_\delta d + \frac{1}{2} E_\pi l = \frac{Q}{S \epsilon_0} \left(\frac{d}{\epsilon_\delta} + \frac{l}{2 \epsilon_\pi} \right)$$

$$l = \frac{Q}{e n_a S} \text{ - толщина заряженного слоя в п/п}$$

$$C = \frac{Q}{U} = \frac{S \epsilon_0}{\left(\frac{d}{\epsilon_\delta} + \frac{Q}{2 \epsilon_\pi e n_a S} \right)} = C(Q) \text{ -}$$

нелинейная емкость

Принцип использования МОП –
конденсатора в качестве
светочувствительного элемента
следующий. Световой поток проходит
сквозь пленки металла и оксида и
поглощается в полупроводнике за счет
внутреннего фотоэффекта. При этом
появляется пара свободный электрон –
дырка. Под влиянием электрического поля
электрон прижимается к границе с
диэлектриком, а дырка уходит вглубь
полупроводника.

Чем больше световая доза, тем больше электронов накопится на границе полупроводника и диэлектрика. Эти электроны несут информация о световом потоке, их называют информационными. Считывание такой информации осуществляется радиотехническими средствами.

Вопросы:

1. Что такое работа выхода?
2. Явление термоэлектронной эмиссии
3. Что такое внутренняя контактная разность потенциалов?
4. Явление Зеебека
5. Явление Пельтье
6. p-n переход
7. Что такое МОП – структура?
8. Принцип использования МОП – конденсаторов в светочувствительных матрицах.