

Контактная разность потенциалов

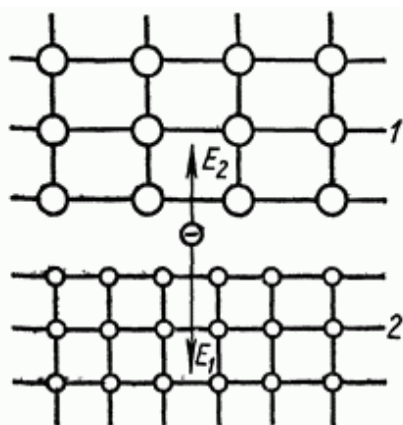
Если поверхность одного металла (металла **1**) привести соприкосновение (контакт) с поверхностью другого металла (металла **2**), то происходит переход электронов из одного металла в другой, вследствие чего один из них заряжается положительно, другой — отрицательно. Возникающая при этом разность потенциалов между соприкасающимися телами называется *контактной разностью потенциалов*.

Причины возникновения

1. Различия в работах выхода электрона из металлов. В этом случае силы, действующие на электроны в пограничной области, не уравновешены и поэтому вызывают переход электронов из одного металла в другой;
2. Различие плотностей электронного газа в металлах, вследствие чего возникает диффузный переход электронов из металла с большей плотностью в металл с меньшей.

Вклад различия работы выхода

На электроны, оказавшиеся в пограничной области, со стороны металла **1** действуют меньшие силы, чем со стороны металла **2**, имеющего более плотную ионную решетку; работа выхода электрона из металла **1** будет меньше, чем из металла **2**. Положим, что металлы посылают одинаковое число электронов $n_1 = n_2$; из этих электронов большая часть втягивается в металл **2**. Таким образом, первый заряжается положительно, второй — отрицательно. Это вызовет появление в пограничной области внешнего электрического поля, которое будет препятствовать такому переходу электронов. Со временем наступает равновесие.



Поскольку поля E_1 и E_2 противоположны по направлению, модуль суммарного поля E будет равен

$$E = E_1 - E_2$$

Если это выражение умножить на dx и проинтегрировать, то получим

$$(\varphi_1 - \varphi_2)_A = -(A_1 - A_2)/e \quad (1)$$

где A_1 и A_2 — работы выхода электрона из металлов **1** и **2** соответственно, а e — заряд электрона (знак 'минус' учитывает направление векторов).

Рис. 1. Граница поверхности двух разных металлов

Вклад различия плотностей электронного газа

Пусть теперь у металлов равны работы выхода, но $n_1 \neq n_2$. Для простоты положим, что в любой точке \mathbf{E}_1 и \mathbf{E}_2 уравнивают друг друга. В следствие диффузии электронов на границе возникнет электрическое поле и, следовательно, разность потенциалов. При этом в состоянии равновесия работа по переходу электрона против установившейся разницы потенциалов будет $A = e(\varphi_1 - \varphi_2)$. Более того, из распределения Гиббса для энергии имеем:

$$n_2 = n_1 \exp\left(\frac{-\Delta A}{kT}\right)$$

Тогда

$$(\varphi_1 - \varphi_2)_n \equiv \frac{\Delta A}{e} = \frac{kT}{e} \ln \frac{n_1}{n_2} \quad (2)$$

Если действуют оба вклада, то разность потенциалов:

$$\varphi_1 - \varphi_2 = -\frac{A_1 - A_2}{e} + \frac{kT}{e} \ln \frac{n_1}{n_2} \quad (3)$$

Эффект Пельтье

Если теперь через пограничную область пропустить электрический ток, то электроны, проходя через эту область, будут в зависимости от направления тока либо ускоряться, либо тормозиться от контактного поля. В первом случае в пограничном слое наблюдается выделение тепла (электроны, получившие кинетическую энергию, будут при столкновениях передавать энергию атомам металла); во втором случае — поглощение тепла (электроны, потерявшие скорость, будут при столкновениях с атомами получать от них энергию, т. е. охлаждать металл). Выделение или поглощение тепла при прохождении тока через пограничную область, обусловленное работой контактного электрического поля называется эффектом Пельтье.

При прохождении тока изменение теплоты составит (с учетом того, что $(\varphi_B)_A - (\varphi_C)_A = 0$):

$$\Delta Q = (\varphi_B - \varphi_C)It = (\varphi_1 - \varphi_2)_n It = \left(\frac{kT}{e} \ln \frac{n_1}{n_2}\right) It \quad (4)$$

Здесь мы не учли вклад разности работы выхода, поскольку мы имеем дело

Практическое применение эффекта Пельтье

Эффект Пельтье используется там, где необходимо охлаждение, но затруднено использование холодильных установок со фреоном. Основанные на нем элементы имеют малый КПД, поэтому они не годятся для получения больших разниц температур. Элементы Пельтье используются в автомобильных холодильниках (поскольку в них использование полноценных компрессоров затруднительно), а также в системах охлаждения плат. При этом КПД таких установок составляет 5 – 8%.