

Электрические явления в контактах проводников

Содержание

- Внутренняя контактная разность потенциалов
 - Термоэдс
 - Эффект Пельтье
 - Эффект Томпсона
-

Внутренняя контактная разность потенциалов. Термоэдс

Контактная разность потенциалов вызвана отличием энергий Ферми у контактирующих различных проводников. При создании контакта уровни Ферми становятся одинаковыми, и возникает контактная разность потенциалов, равная

$$U = \frac{F_2 - F_1}{e}$$

, где F — энергия Ферми, e — заряд электрона.

На контакте тем самым существует электрическое поле, локализованное в тонком приконтактном слое. Если составить замкнутую цепь из двух металлов, то U возникает на обоих контактах. Электрическое поле будет направлено одинаковым образом в обоих контактах — от большего F к меньшему. Это значит, что если совершить обход по замкнутому контуру, то в одном контакте обход будет происходить по полю, а в другом — против поля. Циркуляция вектора \mathbf{E} тем самым будет равна нулю.

Если температура одного из контактов изменится на dT , то, поскольку энергия Ферми зависит от температуры, U также изменится. Но если изменилась внутренняя контактная разность потенциалов, то изменилось электрическое поле в одном из контактов, и поэтому циркуляция вектора \mathbf{E} будет отлична от нуля, то есть появляется ЭДС в замкнутой цепи.

Данная ЭДС называется **термо-эдс**.

Если оба контакта термоэлемента находятся при одной и той же температуре, то и контактная, и объёмная термоэдс исчезают.

Эффект Пельтье

Эффект Пельтье́ — процесс выделения или поглощения тепла при прохождении электрического тока через контакт двух разнородных проводников. Величина выделяемого тепла и его знак зависят от вида контактирующих веществ, силы тока и времени прохождения тока, то есть количество выделяемого тепла пропорционально количеству прошедшего через контакт заряда:

$$dQ_{12} = P_{12} I dt = - dQ_{21}$$

Причина возникновения явления Пельтье заключается в следующем. На контакте двух веществ имеется контактная разность потенциалов, которая создаёт внутреннее контактное поле. Если через контакт идёт ток, то это поле будет либо способствовать прохождению тока, либо препятствовать. Если ток идёт против контактного поля, то внешний источник должен затратить дополнительную энергию, которая выделяется в контакте, что приведёт к его нагреву. Если же ток идёт по направлению контактного поля, то он может поддерживаться этим полем, которое и совершает работу по перемещению зарядов. Необходимая для этого энергия отбирается у вещества, что приводит к охлаждению его в месте контакта

Эффект Томпсона

Эффект Томсона — одно из термоэлектрических явлений, заключающееся в том, что если в проводнике с током существует перепад температур, то дополнительно к теплоте, выделяемой в соответствии с законом Джоуля — Ленца, в объёме проводника будет выделяться или поглощаться дополнительная теплота Томсона.

Количество теплоты Томсона пропорционально силе тока времени и перепаду температур, зависит от направления тока.

Эффект открыт В. Томсоном в 1856.

Объяснение эффекта в первом приближении заключается в следующем. В условиях, когда вдоль проводника, по которому протекает ток, существует градиент температуры, причём направление тока соответствует движению электронов от горячего конца к холодному, при переходе из более горячего сечения в более холодное, электроны передают избыточную энергию окружающим атомам (выделяется теплота), а при обратном направлении тока, проходя из более холодного участка в более горячий, пополняют свою энергию за счёт окружающих атомов (теплота поглощается).

В полупроводниках важным является то, что концентрация носителей в них сильно зависит от температуры. Если полупроводник нагрет неравномерно, то концентрация носителей заряда в нем будет больше там, где выше температура, поэтому градиент температуры приводит к градиенту концентрации, вследствие чего возникает диффузионный поток носителей заряда. Это приводит к нарушению электронейтральности. Разделение зарядов порождает электрическое поле, препятствующее разделению. Таким образом, если в полупроводнике имеется градиент температуры, то в нем имеется объёмное электрическое поле E' .

Эффект Томпсона(продолжение)

Предположим теперь, что через такой образец пропускается электрический ток под действием внешнего электрического поля E . Если ток идет против внутреннего поля E' , то внешнее поле должно совершать дополнительную работу при перемещении зарядов относительно поля E' , что приведет к выделению тепла, дополнительного к ленц-джоулевым потерям. Если ток (или внешнее поле E) направлен по E' , то E' само совершает работу по перемещению зарядов для создания тока. В этом случае внешний источник тратит энергию для поддержания тока меньшую, чем в том случае, когда внутреннего поля E' нет. Работа поля E' может совершаться только за счет тепловой энергии самого проводника, поэтому он охлаждается. Явление выделения или поглощения тепла в проводнике, обусловленное градиентом температуры, при прохождении тока носит название эффекта Томсона. Таким образом, вещество нагревается, когда поля E и E' противоположно направлены, и охлаждается, когда их направления совпадают.

В общем случае, количество тепла, выделяемое в объёме dV , определяется соотношением:

$$dQ^T = -\tau(\nabla T \cdot \mathbf{j})dt dV_i$$

, где τ — коэффициент Томпсона.
