

Значения α для некоторых металлов и сплавов по отношению к Pb

Материал	α , мкВ/К	Материал	α , мкВ/К
Sb	+43	Hg	-4,4
Fe	+15	Pt	-4,4
Mo	+7,6	Na	-6,5
Cd	+4,6	Pd	-8,9
W	+3,6	K	+13,8
Cu	+3,2	Ni	-20,8
Zn	+3,1	Bi	-68,0
Au	+2,9	Хромель	+24
Ag	+2,7	Нихром	+18
Pb	0,0	Платинородий	+2
Sn	-0,2	Алюмель	-17,3
Mg	-0,0	Константан	-38
Al	-0,4	Копель	-38

Примечание. Знак «+» указывает, что ток течёт от Pb к данному металлу через более нагретый спай, а знак «-» — через холодный спай.

и из одного материала, если его разные участки подвергались разл. технол. операциям. Она не меняется при последоват. включениях в цепь любого кол-ва др. материалов, если появляются при этом дополнит. места контактов поддерживают при одной и той же темп-ре.

Если вдоль проводника существует градиент темп-ры, то электроны на горячем конце приобретают более высокие энергии и скорости. В полупроводниках, кроме того, концентрация электронов растёт с темп-рой. В результате возникает поток электронов от горячего конца к холодному, на холодном конце накапливается отрицат. заряд, а на горячем остаётся нескомпенсир. положит. заряд. Накопление заряда продолжается до тех пор, пока возникшая разность потенциалов не вызовет равный обратный поток электронов. Алгебраич. сумма таких разностей потенциалов в цепи создаёт одну из составляющих T , к-рую наз. объёмной. Другие составляющие T , связаны с температурной зависимостью контактной разности потенциалов и с эффектом увлечения электронов фононами. T , к. число фононов, движущихся от горячего конца к холодному, больше, чем число электронов, движущихся навстречу, то в результате увлечения ими электронов на холодном конце накапливается отрицат. заряд. Эта составляющая T , называемая T , увлечения, при низких темп-рах может быть в десятки и сотни раз больше других. В магнетиках играет роль также увлечение электронов магнотонами.

T металлов очень мала, сравнительно больше T в полуметаллах и их сплавах, а также в нек-рых переходных металлах и их сплавах (напр., в сплавах Pd—Ag T достигает 86 мкВ/К). T в этих случаях велика из-за того, что ср. энергия электронов в потоке сильно отличается от энергии Ферми. Иногда быстрые электроны обладают меньшим коэф. диффузии, чем медленные, и T меняет знак. Величина и знак T зависит также от формы ферми-поверхности, разл. участки к-рой могут давать в T вклады противоположного знака. Знак T металлов иногда меняется на противоположный при низких темп-рах. В полупроводниках n -типа на холодном контакте скапливаются дырки, а на горячем остаётся нескомпенсир. отрицат. заряд (если аномальный механизм рассеяния носителей заряда или эффект увлечения не приводит к перемене знака T). В термозементах, состоящих из полупроводников p - и n -типов, T складываются. В полупроводнике со смешанной проводимостью к холодному контакту диффундируют и электроны и дырки и их заряды взаимно компенсируются. Если концентрации и подвижности электронов и дырок равны, то T равна нулю.

Лит. см. при ст. Зеебека эффект.

Л. С. Стильбанс.

ТЕРМОЭДС ОСЦИЛЛЯЦИИ — осцилляции коэф. термоэдс как ф-ции магн. поля (I/H) в вырожденных полупроводниках при низких темп-рах в квантовых магн. полях.

В магн. полях движение носителей заряда в плоскости, перпендикулярной H , квантуется и спектр носителей распадается на ряд подзон Ландау, разделённых энергетич. интервалом $\hbar\omega_c$, где $\omega_c = eH/mc$ — циклотронная частота (для изотропного параболич. закона дисперсии носителей), m — эффективная масса, e — заряд носителей. Плотность состояний (суммированная по всем подзонам) как ф-ция энергии ϵ носителей носит резко немонотонный характер, осциллируя при изменении поля H с периодом $\hbar\omega_c$ и обращаясь в бесконечность у дна каждой подзоны (на уровне Ландау). При изменении магн. поля уровни Ландау перемещаются относительно уровня Ферми ϵ_F , к-рый последовательно пересекает разл. уровни Ландау, вызывая осцилляции величин, зависящих от плотности состояний вблизи уровня Ферми, в т. ч. термоэдс. Для наблюдения T о. необходимо, чтобы тепловое размытие уровня Ферми и размытие энергетич. спектра за счёт столкновений было меньше расстояния между уровнями Ландау: $\hbar\omega_c > kT$, $\hbar\omega_c > \hbar\tau^{-1}$ (τ — время релаксации энергии), а хим. потенциал (уровень Ферми) был достаточно велик: $\epsilon_F \geq 3\hbar\omega_c/2$.

Если H направлено вдоль оси z , электр. поле E и градиент темп-ры ∇T — вдоль оси x , то в сильном магн. поле компонента тензора термоэдс $\alpha_{xx}(H)$ определяется ф-лой

$$\alpha_{xx} = s/en,$$

где s — плотность энтропии носителей заряда, к-рая в квантовом магн. поле зависит от H ; n — концентрация носителей заряда. В вырожденных полупроводниках энтропия s непосредственно связана с осциллирующей плотностью состояний вблизи уровня Ферми ϵ_F .

T о. используется в физ. исследованиях для измерения эфф. массы носителей заряда, параметров сложной зонной структуры и g -факторов. Преимущество T о. перед Шубникова—де Хааза эффектом состоит в том, что коэф. термоэдс значительно слабее, чем электросопротивление, зависит от качества образца (неоднородностей вещества, микротрещин и т. п.).

Лит.: Ансельм А. И., Введение в теорию полупроводников, 2 изд., М., 1978; Зеегер К., Физика полупроводников, пер. с англ., М., 1977; Аскеров Б. М., Электронные явления переноса в полупроводниках, М., 1985.

Ю. И. Равич.

ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ — совокупность явлений, связанных с потоками носителей заряда, вызванных градиентом темп-ры ∇T и переносом тепла электр. током I . К T я. относят возникновение в замкнутой электр. цепи, составленной из разных проводников, термоэдс в условиях, когда места контактов поддерживаются при разных темп-рах (Зеебека эффект). В небольшом интервале темп-р термоэдс U можно считать пропорциональной разности темп-р с коэф. пропорциональности α (коэф. термоэдс, уд. термоэдс): $U = \alpha(T_1 - T_2)$. Коэф. α определяется материалами проводников, но зависит также от темп-ры.

Другое T я. — выделение (или поглощение) тепла (в зависимости от направления тока) в местах контактов разнородных проводников. Кол-во тепла Q пропорционально кол-ву электричества It , прошедшему через контакт: $Q = \pi It$, где I — сила тока, t — время, π — коэф. Пельтье (см. Пельтье эффект).

Как T я. рассматривается также выделение (или поглощение) тепла в объёме проводника при протекании тока I (в дополнение к теплоте Джоуля), если вдоль проводника существует перепад темп-р: $Q = \tau(T_1 - T_2)It$, где T_1 , T_2 — темп-ры на концах проводника, τ — коэф. Томсона. Томсон вывел термодинамич. соотношения между π , α , τ : $\pi = \alpha T$, $\tau = T \partial \alpha / \partial T$ (см. Томсона эффект).

Классификация T я. может быть осуществлена на основе феноменологич. теории переноса явлений. В однородной среде имеют место соотношения

$$j_i = \sum_{k=1}^3 \sigma_{ik} E_k - \sum_{m=1}^3 \sum_{k=1}^3 \sigma_{im} \alpha_{mk} \frac{\partial T}{\partial x_k}$$