

силе Лоренца ($qE_x = qvB$), разделение зарядов прекратится. Т. к. эдс Холла $V_x = E_x d = vBd$, то при толщине пластины a

$$V_x = IBR/a, \quad (1)$$

где $R = 1/\rho$ или $R = 1/n$ — коэф. Холла (ρ , n — концентрации положит. и отрицат. носителей заряда соответственно).

Для увеличения магниточувствительности X . д.

$$\gamma = V_x / IB = R/a \quad (2)$$

необходимо увеличивать R , т. е. уменьшать концентрацию осн. носителей заряда. Однако в полупроводнике, близком к собственному, коэф. $R \sim \mu_p^2 p - \mu_n^2 n$ резко уменьшается при $n \rightarrow p$.

При питании X . д. от источника напряжения V эдс Холла $V_x = VB\mu d/l$, где μ — подвижность осн. носителей заряда. Коэф. использования X . д. $\eta = P_{\text{н}}/P_{\text{вх}} \sim (\mu B)^2$, где $P_{\text{вх}}$ — мощность, потребляемая входной цепью, $P_{\text{н}}$ — мощность, выделяемая во внеш. нагрузку; поэтому для создания X . д. необходимо использовать полупроводники с высокой подвижностью носителей заряда. К таким материалам относятся германий, арсенид галлия, антимонид индия.

X . д. широко применяют в устройствах измерителей магн. индукции и в аналоговых вычислит. машинах в качестве умножит. элементов. Разработан ряд интегральных схем со встроенным X . д. Схемы могут быть либо аналоговым выходом (выходной сигнал пропорц. B), либо цифровым (при определённом B выходное напряжение скачком изменяется от минимального до максимального). На их основе созданы датчики перемещения, измерители частоты вращения, электронные компасы, бесконтактные переключатели, бесколлекторные электродвигатели пост. тока и т. д.

Лит.: Викулин И. М., Стафеев В. И., Физика полупроводниковых приборов, 2 изд., М., 1990; Хомерики О. К., Полупроводниковые преобразователи магнитного поля, М., 1986.

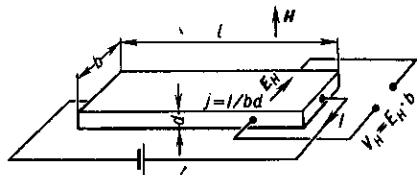
И. М. Викулин.

ХОЛЛА ЭФФЕКТ — возникновение в твёрдом проводнике с током плотностью j , помещённом в магн. поле H , электрич. поля в направлении, перпендикулярном j и H . Напряжённость электрич. поля (поля Холла)

$$E_H = RHj \sin \alpha. \quad (1)$$

Здесь α — угол между векторами H и j ($\alpha < 180^\circ$). Если $H \perp j$, то поле Холла E_H максимально: $E_H = RHj$. Коэф. R , наз. постоянной Холла (коэф. Холла), является основной количеств. характеристикой X . э. Знак R положителен, если j , H , E_H образуют правовинтовую систему координат.

X . э. открыт Э. Г. Холлом (Е. Н. Hall) в 1879 в тонких пластинках Аш. Для наблюдения X . э. прямоугол. пластины из исследуемых веществ длиной l , значительно большей ширины b и толщины d , вдоль k -рых течёт ток $I = jbd$, помещают в магн. поле H , перпендикулярное плоскости пластинки (рис.). На середине боковых граней перпендику-



лярно току расположены электроды, между k -рыми измеряется эдс Холла

$$V_H = E_H b = RHl/d. \quad (2)$$

X . э. объясняется взаимодействием носителей заряда (электронов проводимости и дырок) с магн. полем. В магн. поле на электроны действует Лоренца сила $F = e [Hv]$ ($v = j/ne$ — ср. скорость направленного движения носителей

в электрич. поле, n — концентрация носителей, e — их заряд), под действием k -рой частицы отклоняются в направлении, перпендикулярном j и H . В результате на боковой грани пластины происходит накопление зарядов и возникает поле Холла. В свою очередь поле Холла действует на заряды и уравнивает силу Лоренца. При равновесии $eE_H = eHv$, откуда

$$R = 1/ne. \quad (3)$$

Знак R совпадает со знаком носителей заряда. Для металлов, у k -рых $n \sim 10^{22} \text{ см}^{-3}$, $R \sim 10^{-3} \text{ см}^3/\text{Кл}$, у полупроводников $R \sim 10 \div 10^5 \text{ см}^3/\text{Кл}$.

Коэф. Холла может быть выражен через подвижность носителей заряда $\mu = v_{\text{др}}/E$ (дрейфовая скорость носителей $v_{\text{др}} = -eE\tau/m$, где m — эффективная масса, τ — время между двумя последоват. соударениями с рассеивающими центрами) и уд. электропроводность $\sigma = j/E = env_{\text{др}}/E$:

$$R = \mu/\sigma.$$

Сказанное справедливо для изотропных проводников, в частности для поликристаллов. Для анизотропных кристаллов $R = r/en$, где коэф. r — величина, близкая к 1, зависящая от направления H относительно кристаллографич. осей. В области сильных магн. полей $r = 1$. Критерий сильного поля $\omega_c \tau > 1$, где ω_c — циклотронная частота носителей.

В полупроводниках в электропроводности участвуют одновременно электроны проводимости и дырки. При этом постоянная Холла выражается через парциальные проводимости электронов σ_n и дырок σ_d и их концентрации n_n и n_d . В случае слабых полей

$$R = \frac{1}{e} \frac{\sigma_n^2/n_n - \sigma_d^2/n_d}{(\sigma_n + \sigma_d)^2}. \quad (4a)$$

Для сильных полей

$$R = \frac{1}{e} \frac{1}{n_n - n_d}. \quad (4b)$$

При $n_n = n_d$ для всех значений магнитного поля $R = 1/(en)(\sigma_n - \sigma_d)/(\sigma_n + \sigma_d)$, а знак R соответствует знаку осн. носителей.

Для металлов величина R зависит от зонной структуры, т. е. формы ферми-поверхности. Для замкнутых поверхностей Ферми и в сильных магн. полях постоянная Холла изотропна, а выражения для R совпадают с (3) и (4). Для открытых поверхностей Ферми R — тензор. Однако если направление H относительно кристаллографич. осей выбрано так, что не возникает открытых сечений поверхности Ферми, то выражения для R такие аналогичны (3) и (4).

X . э. — один из наиболее эфф. методов изучения энергетич. спектра носителей заряда в металлах и полупроводниках. Зная R , можно определить знак носителей заряда и оценить их концентрацию, что позволяет сделать заключение о кол-ве примесей в полупроводниках. Линейная зависимость R от H используется для измерения напряжённости магн. поля (см. Магнитометры), а также для усиления пост. токов, в аналоговых вычислит. машинах, в измерит. технике и др. (Холла датчик).

При изучении X . э. в двумерном электронном газе кремниевое полевого транзистора, помещённого в квантующее магн. поле, К. фон Клитцинг (K. von Klitzing) в 1980 обнаружил, что холловское сопротивление ($R_H = V_H/I$), k -рое в условиях обычного X . э., как следует из ф-л (2) и (3), обратно пропорционально n , при изменении n то остаётся постоянным, то резко изменяется, переходя с одного уровня на другой. Вместо монотонного убывания в зависимости $R_H(n)$ наблюдались «ступеньки». При этом высота ступенек определяется такими фундам. константами, как постоянная Пלאңка и заряд электрона, и не зависит от свойств вещества. Это явление получило назв. квантового Холла эффекта.

Ю. П. Гайдуков.

При описании X . э. в магнетиках следует вместо поля H рассматривать магн. индукцию $B = H + 4\pi M$, где M — намагниченность. Поле Холла в поликристаллич. ферромагнетиках может быть записано в виде