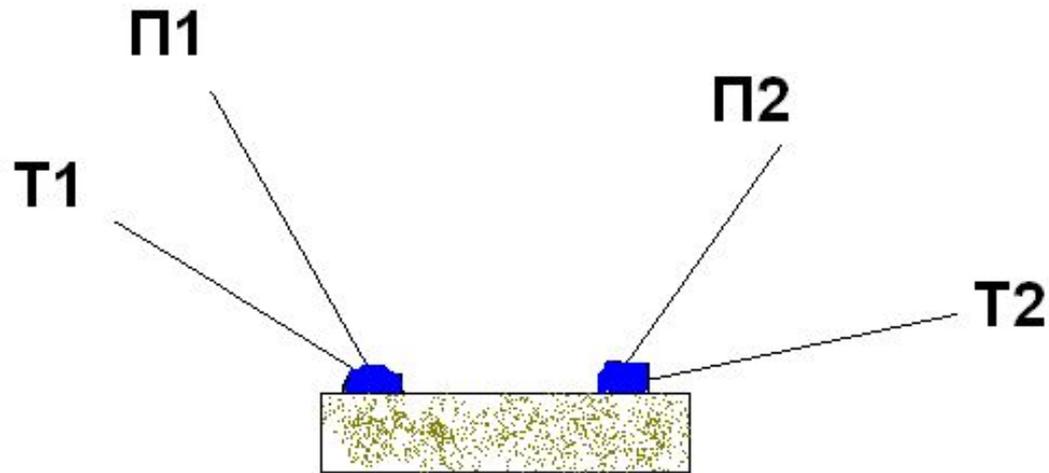


ЛЕКЦИЯ 5

Электрические методы
измерений.
Классический эффект Холла



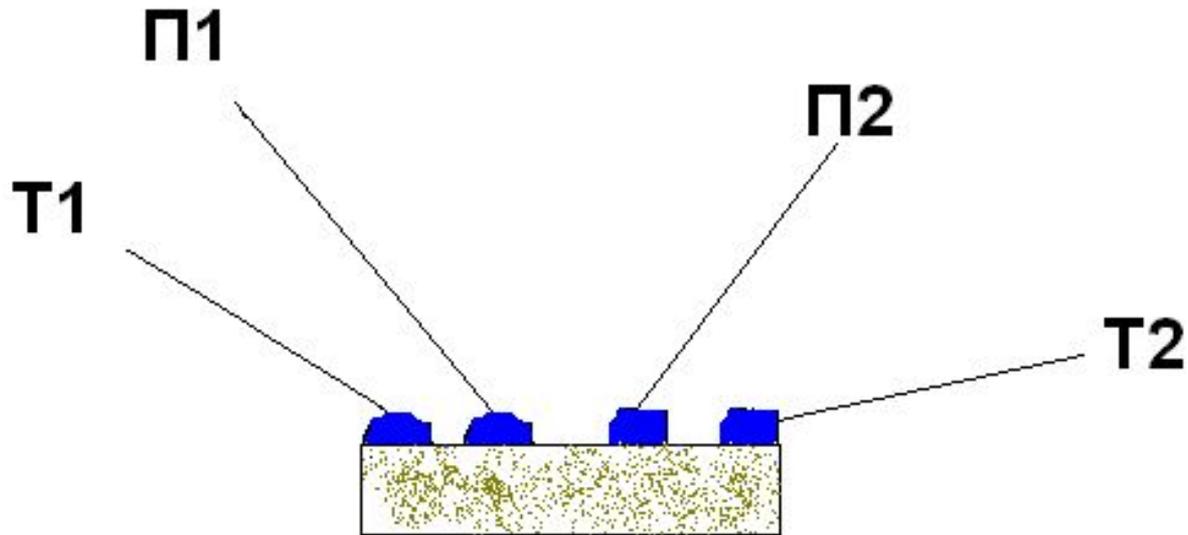
Двухконтактная схема измерений



T1 и T2 – токовые контакты

П1 и П2 – потенциальные контакты

Четырехконтактная схема измерений ВАХ



T1 и T2 – токовые контакты

П1 и П2 – потенциальные контакты

Классический эффект Холла

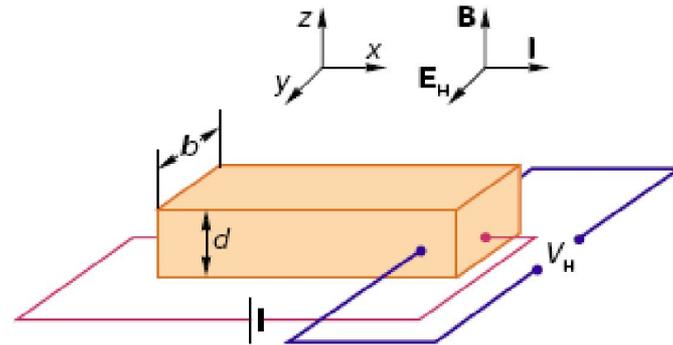


Схема измерения эффекта Холла

Классический эффект Холла



по образцу, имеющему форму прямоугольной пластины, под действием электрического поля протекает ток с плотностью

$$\mathbf{J} = -en\mathbf{v} = \sigma\mathbf{E}$$

Если образец однородный, то эквипотенциальные поверхности расположены перпендикулярно направлению электрического поля \mathbf{E} , а следовательно, и вектору плотности тока \mathbf{J} . Поэтому разность потенциалов между точками А и Б, лежащими в плоскости, перпендикулярной \mathbf{J} , будет равна нулю.

Теперь поместим полупроводник в магнитное поле, перпендикулярное вектору тока, как показано на рисунке. В этом случае на носитель заряда, движущийся с дрейфовой скоростью V , будет действовать **сила Лоренца**

$$\mathbf{F} = \pm e[\mathbf{V}\mathbf{B}]$$

направленная перпендикулярно V и B . Здесь плюс соответствует дырке, а минус – электрону.

Классический эффект Холла



Явление возникновения в полупроводнике с текущим по нему током поперечного электрического поля под действием магнитного поля называют эффектом Холла. Напряженность поля E_H будет расти до тех пор, пока сила, обусловленная этим полем, не скомпенсирует силу Лоренца:

$$-e E_H = evB.$$

Если ширина образцов b , то холловская разность потенциалов

$$U_H = E_H b = -vBb.$$

Учитывая, что $J = -env$

$$U_H = -1/en JBb = R JBb.$$

Величину R принято называть коэффициентом Холла, который в случае электронов равен $R = -1/en$.

Классический эффект Холла



В случае наличия двух типов зарядов константа Холла рассчитывается как

$$R = \frac{p\mu_p^2 - n\mu_n^2}{e(n\mu_n + p\mu_p)^2}$$

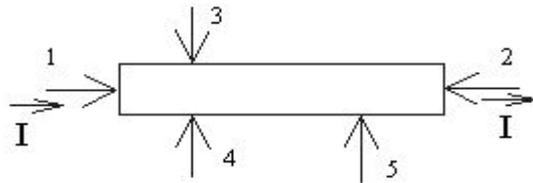
μ_p^2, μ_n^2 **подвижности** дырок и электронов

n, p - **концентрации** дырок и электронов

Классический эффект Холла



ИЗМЕРЕНИЯ ЭФФЕКТА ХОЛЛА И ПРОВОДИМОСТИ В ОБРАЗЦАХ ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ФОРМЫ

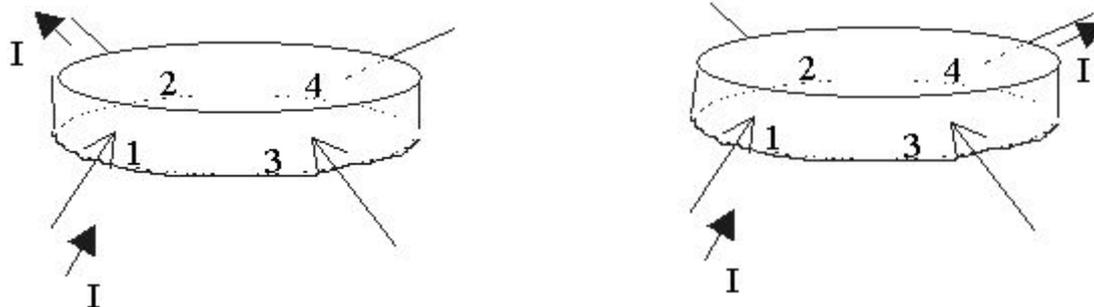


Размещение зондов на образце прямоугольной формы для измерений проводимости и эдс Холла

Классический эффект Холла



ИЗМЕРЕНИЯ В ОБРАЗЦАХ ПРОИЗВОЛЬНОЙ ФОРМЫ (МЕТОД ВАН-ДЕР-ПАУ)



Размещение зондов на образце произвольной формы при измерениях методом Ван-дер-Пау проводимости (*левый рисунок*) и эдс Холла (*правый рисунок*).

Классический эффект Холла



ИЗМЕРЕНИЯ В ОБРАЗЦАХ ПРОИЗВОЛЬНОЙ ФОРМЫ (МЕТОД ВАН-ДЕР-ПАУ)

Удельное сопротивление образца определяется соотношением:

$$\exp(-\pi \cdot d \cdot R_{12,34} / \rho) + \exp(-\pi \cdot d \cdot R_{23,14} / \rho) = 1$$

Поскольку уравнение является трансцендентным, то Ван-дер-Пау предложил ввести коэффициент f , зависящий от отношения

$R_{12,34} / R_{23,14}$ (см. табл.). Это позволило ему выразить в явном виде:
 $\rho = (\pi \cdot d / \ln 2) (R_{12,34} + R_{23,14}) \cdot f / 2$

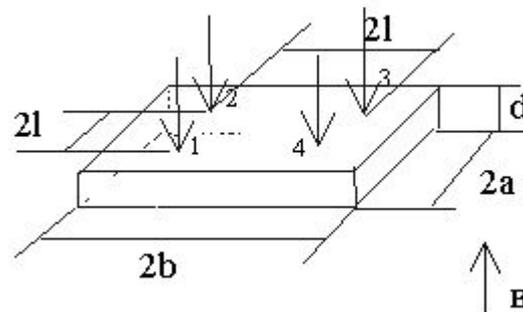
Значения f приведены в таблице, из которой видно, что f изменяется незначительно, в то время как отношение $R_{12,34} / R_{23,14}$ меняется на несколько порядков.

f	1,00	0,95	0,81	0,69	0,59	0,46	0,40	0,34	0,29	0,25
$R_{12,34} / R_{23,14}$	1	2	5	10	20	50	100	200	500	1000

Классический эффект Холла



МОДИФИЦИРОВАННЫЙ МЕТОД ВАН-ДЕР-ПАУ
(для планарного размещения зондов)



Размещение зондов в планарном варианте метода Ван-дер-Пау