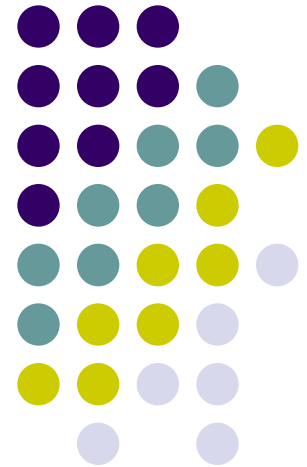
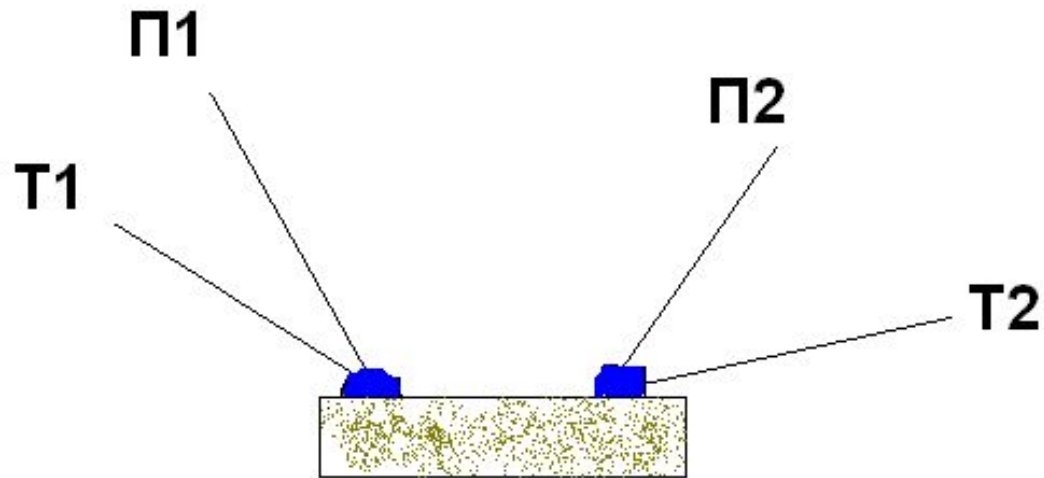


# ЛЕКЦИЯ 5

Электрические методы  
измерений.  
Классический эффект Холла



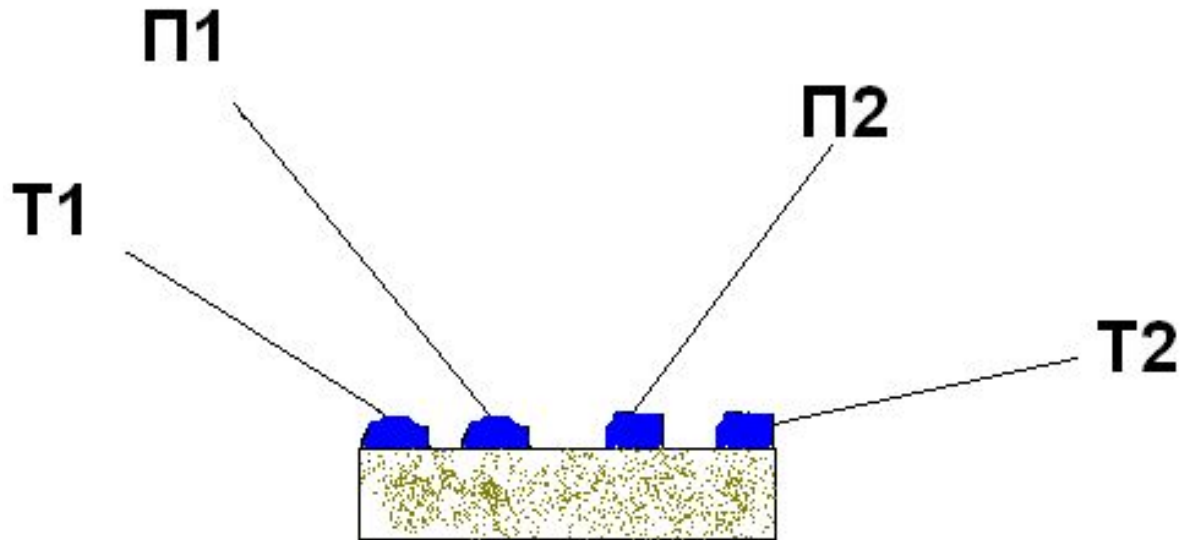
# Двухконтактная схема измерений



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

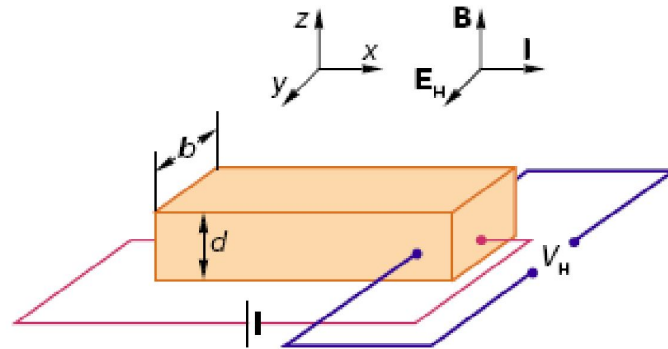


Схема измерения эффекта Холла

# 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

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

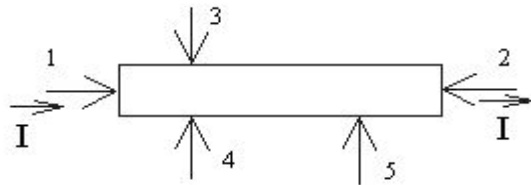
$\mu_p^2, \mu_n^2$  **подвижности** дырок и электронов

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

# Классический эффект Холла



## ИЗМЕРЕНИЯ ЭФФЕКТА ХОЛЛА И ПРОВОДИМОСТИ В ОБРАЗЦАХ ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ФОРМЫ



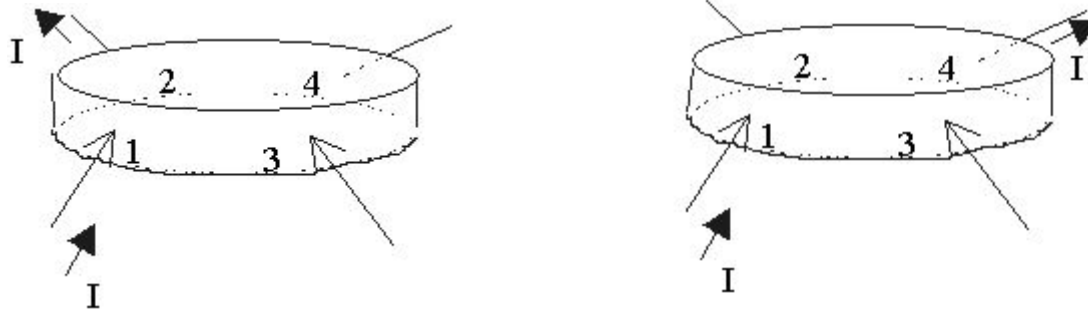
*Размещение зондов на образце прямоугольной формы для измерений проводимости и эдс Холла*



# 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:  
 $\rho = (\pi \cdot d / \ln 2) (R_{12,34} + R_{23,14}) \cdot f / 2$

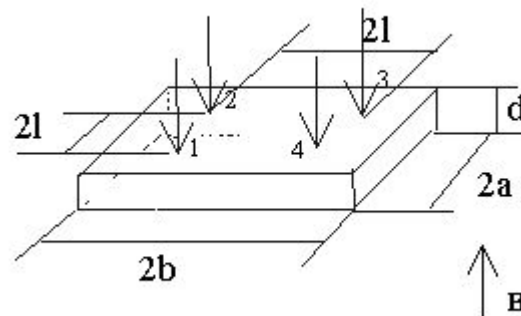
Значения  $f$  приведены в таблице, из которой видно, что  $f$  изменяется незначительно, в то время как отношение  $R_{12,34} / R_{23,14}$  меняется на несколько порядков.

$f$	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*