

Домашнее задание 6 (10 баллов)

Измерение концентрации носителей заряда и их подвижности по методу Холла (рис. 1, схема слева).

Для положительного магнитного поля $B+$ проводят сначала измерения для прямого тока ($+I$). Например, I_{CA} для получения холловской разности потенциалов U_{BD+} . Не меняя полярности магнита ($B+$) проводят измерения для противоположного направления тока между теми же контактами $-I_{AC}$ для определения положительного U_{DB+} . То же повторяется для токов I_{DB} (устанавливается U_{AC+}) и $-I_{BD}$ (измеряется U_{CA+}).

Затем меняют полярность магнитного поля (вытаскивают постоянный магнит из установки и вводят его с другой стороны). Аналогично устанавливают значения разностей потенциалов U_{BD-} , U_{DB-} , U_{AC-} и U_{CA-} . **На рис. 2 значения напряжений, полученные методом Холла с магнитным полем обведены красным квадратом.**

$$\begin{aligned} U_1 &= U_{BD-} - U_{BD+} & U_2 &= U_{DB+} - U_{DB-} \\ U_3 &= U_{AC+} - U_{AC-} & U_4 &= U_{CA-} - U_{CA+} \end{aligned}$$

Если сумма ЭДС $U_1 + U_2 + U_3 + U_4$ положительна, то измеряемый образец p -типа, если отрицательна – n -типа. При расчетах не следует забывать производить действие над единицами и помнить, что концентрация носителей заряда выражается в см^{-3} :

$$N = \frac{8IB}{ed(U_1 + U_2 + U_3 + U_4)}$$

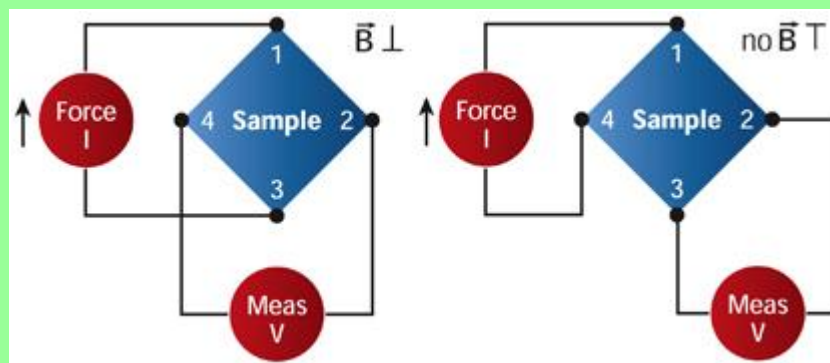


Рисунок 1 – Схемы измерения по Холлу (с магнитным полем, слева) и по Ван дер Пау (без магнитного поля, справа)

При этом напряжение Холла будет:

$$U_H = \frac{U_1 + U_2 + U_3 + U_4}{8}$$

Определение удельного сопротивления по методу Ван дер Пау

выполняют по 8 значениям напряжения на контактах в обход по периметру попарно между двумя контактами пропуская ток, а между двумя другими измеряя напряжение (рис. 1 справа). При этом получают значения напряжений между контактами U_{AB} , U_{BA} , U_{BC} , U_{CB} , U_{CD} , U_{DC} , U_{DA} , U_{AD} . **На рис. 2 они обведены синим цветом.** Значение удельного сопротивления рассчитывают последовательно применяя формулы:

$$R_a = \frac{\pi d f (U_{AB} - U_{-AB} + U_{BC} - U_{-BC})}{4I \times \ln(2)}$$

$$R_b = \frac{\pi d f (U_{CD} - U_{DC} + U_{DA} - U_{AD})}{4I \times \ln(2)}$$

$$\rho = \frac{R_a + R_b}{2}$$

В этих уравнениях f – это та же поправочная функция, зависящая от соотношения сопротивлений.

Теперь вы можете рассчитать ρ , N и μ заданного образца.

Задание

1. Проведите измерения вольт-амперных характеристик контактов к тестируемому образцу. Убедитесь, что все контакты омические (рис. 3).
2. По рисунку 2 определите входные параметры холловских измерений своего материала. Возьмите оттуда значения тока I , магнитной индукции B , толщины образца D (в зеленом прямоугольнике) и главное! – правильно подставьте значения напряжений в соответствующих окнах программы в формулы теоретической части описания к этой работе.

HALL EFFECT MEASUREMENT SYSTEM

INPUT VALUE

DATE: 10-09-2014 USER NAME: EcopiaEcopia1

SAMPLE NAME: GaAs COM PORT: COM3 TEMP: 300 [K]

I = 1.00 mA DELAY = 0.100 [S]

D = 7.100 [um] B = 0.560 [T]

Measurement Number = 1000 [Times]

MEASUREMENT DATA

AB [mV]	BC [mV]	AC [mV]	MAC [mV]	-MAC [mV]
-0.247	-0.230	0.010	-0.126	0.013
0.148	0.127	-0.108	0.040	-0.103
CD [mV]	DA [mV]	BD [mV]	MBD [mV]	-MBD [mV]
-0.250	-0.244	-0.133	0.014	-0.128
0.148	0.140	0.034	-0.102	0.038

RESULT

Bulk concentration = -6.986E+18 [$1/\text{cm}^3$]

Mobility = 1.448E+3 [cm^2/Vs]

Resistivity = 6.169E-4 [$\Omega \text{ cm}$]

A-C Cross Hall Coefficient = -8.932E-1 [cm^3/C]

Magneto-Resistance = 7.331E-2 [Ω]

Sheet Concentration = -4.960E+15 [$1/\text{cm}^2$]

Conductivity = 1.621E+3 [$1/\Omega \text{ cm}$]

Average Hall Coefficient = -8.935E-1 [cm^3/C]

B-D Cross Hall Coefficient = -8.938E-1 [cm^3/C]

Ratio of Vertical / Horizontal = 9.345E-1

OPERATING DESCRIPTION: The calculation is completed.

PROGRESS [%]:

GoTo I/V CURVE

COM.TEST MEASURE STOP CLEAR CALCUL LOAD SAVE PRINT CLOSE HELP

HMS3000 V3.51.5 EN 12:38

Рисунок 2 – Окно программы для расчетов задачи

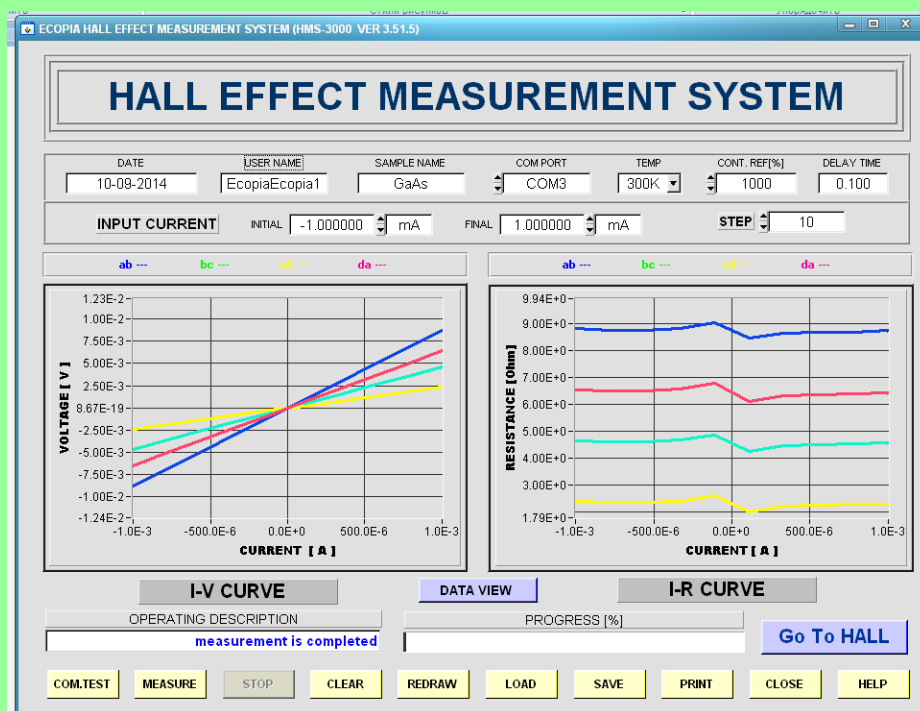


Рисунок 3 – ВАХ контактов к пленке GaAs



Для каждого студента предлагается провести собственный расчет его индивидуального задания. Рис. 2 делает Жанель.

В результате расчетов вы должны получить значения концентрации носителей (bulk concentration), их подвижности (mobility) и удельного сопротивления образца (resistivity) как в окне вашей программы (эти параметры на рис. 2 обведены оранжевым прямоугольником). Точность совпадения – до третьего знака после запятой. Правильно также должен быть определен тип проводимости образца.

Внимание! Если у вас не получаются такие значения, как в окне вашей программы, не присылайте мне решение на проверку! Можно прислать с вопросом – вот ход моего решения, что я делаю не так?

Руслан (ZnO)

ECOPIA HALL EFFECT MEASUREMENT SYSTEM (HMS-3000 VER 3.51.5)

HALL EFFECT MEASUREMENT SYSTEM

INPUT VALUE

DATE05-19-2014USER NAMEEcopia

SAMPLE NAMEZnOCOM PORTCOM3TEMP77 [K]

I = 200.00 uA DELAY = 0.100 [S]

D = 1.000 [um] B = 0.560 [T]

Measurement Number = 1000 [Times]

MEASUREMENT DATA

AB [mV]	BC [mV]	AC [mV]	MAC [mV]	-MAC [mV]
-4.339	-35.146	30.694	27.517	23.669
4.519	35.534	-30.442	-31.624	-29.494
CD [mV]	DA [mV]	BD [mV]	MBD [mV]	-MBD [mV]
-4.533	-34.803	30.384	29.218	30.995
4.286	36.113	-31.199	-29.918	-32.237

RESULT

Bulk concentration = 5.552E+17 [/ cm³]

Sheet Concentration = 5.552E+13 [/ cm²]

Mobility = 3.295E+2 [cm² / Vs]

Conductivity = 2.931E+1 [1/Ω cm]

Resistivity = 3.412E-2 [Ω cm]

Average Hall Coefficient = 1.124E+1 [cm³ / C]

A-C Cross Hall Coefficient = 1.334E+1 [cm³ / C]

B-D Cross Hall Coefficient = 9.142E+0 [cm³ / C]

Magneto-Resistance = 1.027E+1 [Ω]

Ratio of Vertical / Horizontal = 1.249E-1

Жан (CuO)

ECOPIA HALL EFFECT MEASUREMENT SYSTEM (HMS-3000 VER 3.51.5)

HALL EFFECT MEASUREMENT SYSTEM

INPUT VALUE

DATE05-27-2014USER NAME-Ecopia1

SAMPLE NAMECuOCOM PORTCOM3TEMP77 [K]

I = 100.00 nA DELAY = 0.100 [S]

D = 1.000 [um] B = 0.560 [T]

Measurement Number = 1000 [Times]

MEASUREMENT DATA

AB [mV]	BC [mV]	AC [mV]	MAC [mV]	-MAC [mV]
-750.799	-268.812	-468.297	-467.053	-474.970
742.648	278.164	447.922	471.829	472.515
CD [mV]	DA [mV]	BD [mV]	MBD [mV]	-MBD [mV]
-730.534	-238.657	-454.698	-458.603	-455.757
745.611	313.462	477.643	485.839	488.352

RESULT

Bulk concentration = 3.129E+14 [/ cm³]

Sheet Concentration = 3.129E+10 [/ cm²]

Mobility = 9.381E+0 [cm² / Vs]

Conductivity = 4.703E-4 [1/Ω cm]

Resistivity = 2.126E+3 [Ω cm]

Average Hall Coefficient = 1.995E+4 [cm³ / C]

A-C Cross Hall Coefficient = 3.841E+4 [cm³ / C]

B-D Cross Hall Coefficient = 1.487E+3 [cm³ / C]

Magneto-Resistance = 1.004E+5 [Ω]

Ratio of Vertical / Horizontal = 3.701E-1

Ердос (Si)

ECOPIA HALL EFFECT MEASUREMENT SYSTEM (HMS-3000 VER 3.51.5)

HALL EFFECT MEASUREMENT SYSTEM

INPUT VALUE

DATE: 03-12-2014 USER NAME: porous

SAMPLE NAME: Si COM PORT: COM3 TEMP: 77 [K]

I = 0.50 nA DELAY = 0.100 [S]

D = 0.500 [um] B = 0.560 [T]

Measurement Number = 1000 [Times]

MEASUREMENT DATA

AB [mV]	BC [mV]	AC [mV]	MAC [mV]	-MAC [mV]
662.277	-0.051	-190.577	-80.540	-34.605
-105.146	-0.047	-1088.180	-190.986	9.994
CD [mV]	DA [mV]	BD [mV]	MBD [mV]	-MBD [mV]
1250.380	208.238	2461.790	1073.790	1097.470
806.381	149.998	269.678	491.266	413.241

RESULT

Bulk concentration = 1.089E+11 [$/\text{cm}^3$]

Sheet Concentration = 5.446E+6 [$/\text{cm}^2$]

Mobility = 1.209E+3 [cm^2 / Vs]

Conductivity = 2.110E-5 [$1/\Omega \text{ cm}$]

Resistivity = 4.739E+4 [$\Omega \text{ cm}$]

Average Hall Coefficient = 5.731E+7 [cm^3 / C]

A-C Cross Hall Coefficient = 6.922E+7 [cm^3 / C]

B-D Cross Hall Coefficient = 4.540E+7 [cm^3 / C]

Magneto-Resistance = 1.345E+9 [Ω]

Ratio of Vertical / Horizontal = -1.047E+5

Алишер (Cu₂O)

ECOPIA HALL EFFECT MEASUREMENT SYSTEM (HMS-3000 VER 3.51.5)

HALL EFFECT MEASUREMENT SYSTEM

INPUT VALUE

DATE: 04-06-2016 USER NAME: Ecopia

SAMPLE NAME: Cu2O 7min COM PORT: COM3 TEMP: 300 [K]

I = 0.10 uA DELAY = 0.100 [S]

D = 0.148 [um] B = 0.560 [T]

Measurement Number = 100 [Times]

MEASUREMENT DATA

AB [mV]	BC [mV]	AC [mV]	MAC [mV]	-MAC [mV]
-278.829	-102.737	28.215	16.607	-23.541
156.014	110.079	-293.015	-9.994	-21.703
CD [mV]	DA [mV]	BD [mV]	MBD [mV]	-MBD [mV]
-96.898	-41.263	22.706	19.923	18.916
101.120	326.979	-6.919	-7.565	-9.629

RESULT

Bulk concentration = 6.406E+14 [$/\text{cm}^3$]

Sheet Concentration = 9.481E+9 [$/\text{cm}^2$]

Mobility = 9.884E+1 [cm^2 / Vs]

Conductivity = 1.014E-2 [$1/\Omega \text{ cm}$]

Resistivity = 9.858E+1 [$\Omega \text{ cm}$]

Average Hall Coefficient = 9.744E+3 [cm^3 / C]

A-C Cross Hall Coefficient = 1.879E+4 [cm^3 / C]

B-D Cross Hall Coefficient = 6.985E+2 [cm^3 / C]

Magneto-Resistance = 7.845E+5 [Ω]

Ratio of Vertical / Horizontal = 7.749E-1

OPERATING DESCRIPTION

PROGRESS [%]

The calculation is completed.

GoTo I/V CURVE

COM.TEST

MEASURE

STOP

CLEAR

CALCUL

LOAD

SAVE

PRINT

CLOSE

HELP

Шолпан (CdTe – теллурид кадмия)

HALL EFFECT MEASUREMENT SYSTEM					
INPUT VALUE			MEASUREMENT DATA		
DATE 06-18-2015	USER NAME Ecopia		AB [mV] -0.059	BC [mV] -0.055	AC [mV] -0.050
SAMPLE NAME CdTe 13-1	COM PORT COM3	TEMP [K] 300	-0.057	-0.054	-0.050
I = 1.00 nA	DELAY = 0.010 [S]		CD [mV] -0.075	DA [mV] -0.068	BD [mV] -0.065
D = 1.000 [um]	B = 0.560 [T]		-0.073	-0.067	-0.065
Measurement Number = 1000 [Times]					
RESULT					
Bulk concentration = -4.510E+16 [$/\text{cm}^3$]		Sheet Concentration = -4.510E+12 [$/\text{cm}^2$]			
Mobility = 4.420E+2 [cm^2 / Vs]		Conductivity = 3.193E+0 [$1/\Omega \text{ cm}$]			
Resistivity = 3.131E-1 [$\Omega \text{ cm}$]		Average Hall Coefficient = -1.384E+2 [cm^3 / C]			
A-C Cross Hall Coefficient = 2.076E+2 [cm^3 / C]		B-D Cross Hall Coefficient = -4.845E+2 [cm^3 / C]			
Magneto-Resistance = 4.807E+3 [Ω]		Ratio of Vertical / Horizontal = 2.355E-1			
OPERATING DESCRIPTION		PROGRESS [%]		GoTo IV CURVE	
The calculation is completed.					

Азамат (GaAs:Sn,Te)

HALL EFFECT MEASUREMENT SYSTEM					
INPUT VALUE			MEASUREMENT DATA		
DATE 06-18-2015	USER NAME Ecopia		AB [mV] -0.070	BC [mV] -0.069	AC [mV] -0.062
SAMPLE NAME GaAs:(Sn,Te)	COM PORT COM3	TEMP [K] 300	-0.061	-0.060	-0.065
I = 20.00 uA	DELAY = 0.100 [S]		CD [mV] -0.072	DA [mV] -0.072	BD [mV] -0.069
D = 7.100 [um]	B = 0.560 [T]		-0.066	-0.063	-0.066
Measurement Number = 1000 [Times]					
RESULT					
Bulk concentration = -4.552E+18 [$/\text{cm}^3$]		Sheet Concentration = -3.232E+15 [$/\text{cm}^2$]			
Mobility = 2.029E+3 [cm^2 / Vs]		Conductivity = 1.480E+3 [$1/\Omega \text{ cm}$]			
Resistivity = 6.757E-4 [$\Omega \text{ cm}$]		Average Hall Coefficient = -1.371E+0 [cm^3 / C]			
A-C Cross Hall Coefficient = -1.413E+0 [cm^3 / C]		B-D Cross Hall Coefficient = -1.329E+0 [cm^3 / C]			
Magneto-Resistance = 1.081E-1 [Ω]		Ratio of Vertical / Horizontal = 8.944E-1			
OPERATING DESCRIPTION		PROGRESS [%]		GoTo IV CURVE	
The calculation is completed.					