

Отчет по лабораторной работе №1
Измерение ширины запрещенной зоны

Выполнили студенты 430 группы
Виноградов И.Д., Шиков А.П.

Нижний Новгород, 2019

Введение

Ждем Илюшину выборку по теории

1. Методика измерений

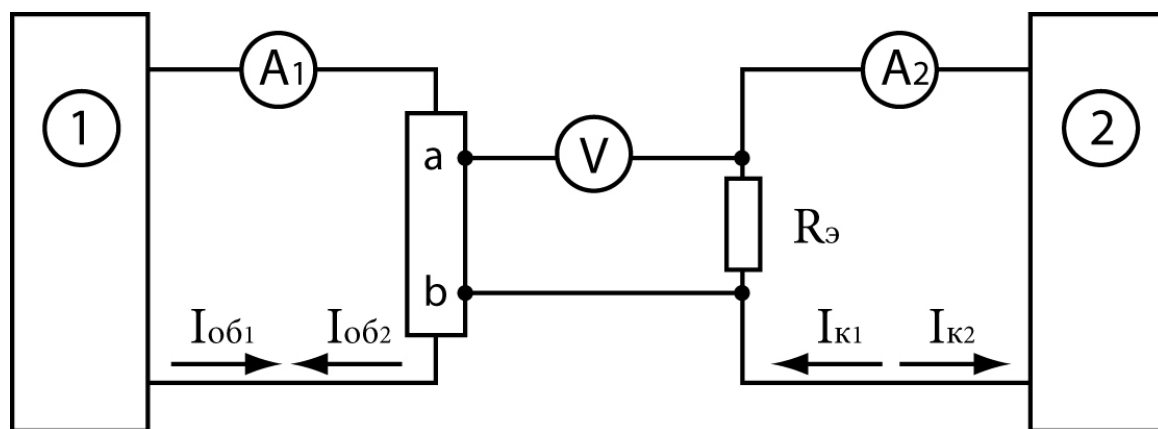


Рис. 1: Электрическая схема для измерений удельной электропроводности методом компенсации

Регулируемый источник тока (1) задаёт ток образца $I_{об}$, измеряемый амперметром $A1$. Регулируемый источник тока (2) задаёт ток компенсации I_k через эталонный резистор $R_э$, величина этого тока измеряется амперметром 2. Напряжение U_{ab} между зондовыми электродами а и б сравнивается с напряжением компенсации U_k на эталонном резисторе $R_э$ при помощи индикатора компенсации V .

При проведении измерений нужно установить ток образца, затем, изменяя ток компенсации, добиться нулевых показаний индикатора компенсации V . В этом случае напряжение U_k на эталонном резисторе $R_э$ будет равно напряжению U_{ab} :

$$U_{ab} = U_k = I_k R_э \quad (1)$$

В реальной ситуации между зондовыми электродами будут паразитные потенциалы, связанные, во-первых, с влиянием переходного сопротивления на контактах «образец – подводящие провода», во-вторых, появлением термоЭДС на контактах полупроводника с металлом при нагреве образца. Для того чтобы устранить влияние этих потенциалов, измерение тока компенсации производится дважды. Получив первый отсчёт I_{k1} , изменяем направление тока через образец и через эталонный резистор, опять добиваемся равенства напряжений U_k и U_{ab} , снимаем второй отсчёт I_{k2} . Обратите внимание, что полярность разности потенциалов между электродами а и б, вызванная протеканием тока через образец, как и напряжение на $R_э$, сменились на противоположные, а паразитные потенциалы, зависящие от свойств контактов, и термоЭДС, зависящая от температуры образца, остались прежние. Таким образом, среднеарифметическое значение

$$I_k = \frac{I_{k1} + I_{k2}}{2}$$

будет содержать информацию только о полезной составляющей напряжения U_{ab} .

Величину падения напряжения U_k легко подсчитать:

$$U_k = I_k R_{\text{э}}$$

Величину сопротивления участка образца расположенного между зондовыми электродами а и б ($R_{\text{об}}$) можно определить из равенства:

$$R_{\text{об}} = \frac{U_k}{I_{\text{об}}} = \frac{I_k R_{\text{э}}}{I_{\text{об}}}$$

Зная размеры образца: а - ширина (см), d - толщина (см), l - расстояние между электродами а и б (см), можно рассчитать удельное сопротивление образца:

$$\rho = \frac{da}{l} R_{\text{об}} (\text{Ом см})$$

или обратную величину - удельную электропроводность:

$$\sigma = 1/\rho (\text{Ом}^{-1}\text{см}^{-1})$$

2. Схема экспериментальной установки

Внешний вид установки можно увидеть на рис. 2, а её схему – на рис. 3.

Блок питания (1) содержит в себе два регулируемых стабилизатора тока (для образца и эталонного резистора) и регулируемый источник питания нагревателя образца, напряжение на выходе которого контролируется вольтметром V_n . На верхней крышке измерительного блока (2) находится трубчатый керамический нагреватель, в котором размещён исследуемый образец и термопара для измерения температуры. Нагреватель с образцом и термопарой закрыты защитным цилиндром. В корпусе измерительного блока (2) располагается эталонный резистор $R_{\text{э}}$, переключатели направления тока образца и компенсации К1 и К2, индикатор компенсации V с переключателем чувствительности «Точно». Измерение токов образца и компенсации производится миллиамперметрами А1 и А2 для измерения ЭДС термопары используется милливольтметр V_t , показания которого пересчитываются в температуру по градуировочному графику (рис. 4).

Эксперимент

Оборудование

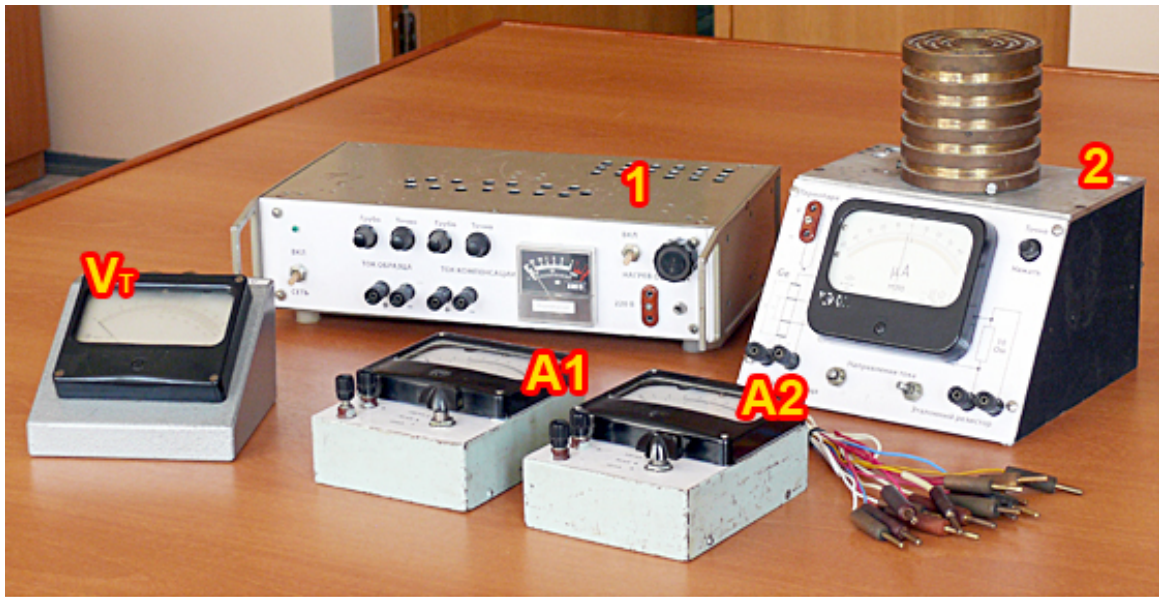


Рис. 2: Внешний вид установки

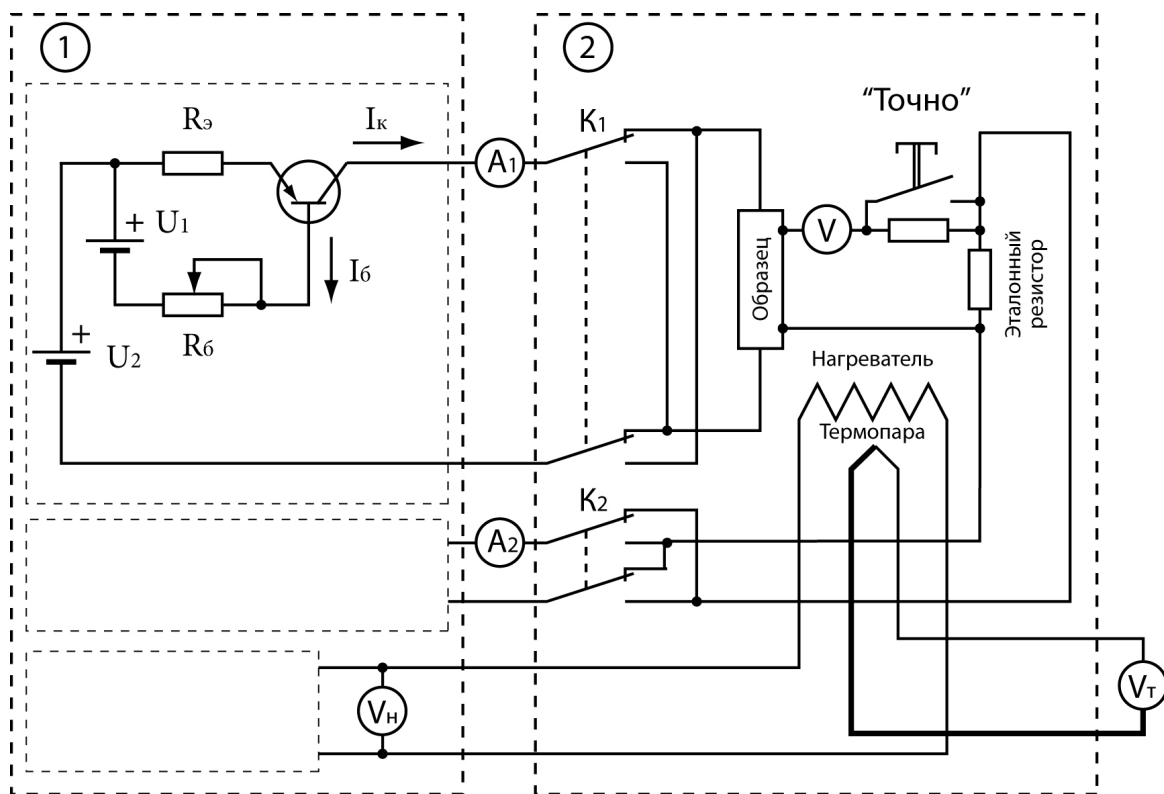


Рис. 3: Схема установки

1. $R_3 = 10 \text{ Ом}$.
2. Образец $l = 7 \text{ см}$, $d = 1.4 \text{ см}$, $a = 4 \text{ см}$ $x = 20 \text{ см}$.

Произвели измерение электропроводности образца при комнатной температуре. Уста-



Рис. 4: График соответствия ЭДС термопары и температуры спая

новив ток образца 5-10 мА добились нулевого отклонения индикатора. Аналогичное сделали, сменив направление тока.

Такие же измерения провели при различных температурах. Сняли температурную зависимость тока компенсации (для двух направлений тока при каждом значении температуры I_{k1}, I_{k2}).

Далее взяли среднее значение тока:

$$I_k = \frac{I_{k1} + I_{k2}}{2}$$

Рассчитали проводимость для каждой снятой точки по формуле:

$$\sigma = \frac{l}{ad} \frac{I_{об}}{I_k R_э}$$

Обработка результатов измерений

Построили график полученной зависимости $\ln \sigma \left(\frac{10^3}{T} \right)$ (T – абсолютная температура в градусах К).

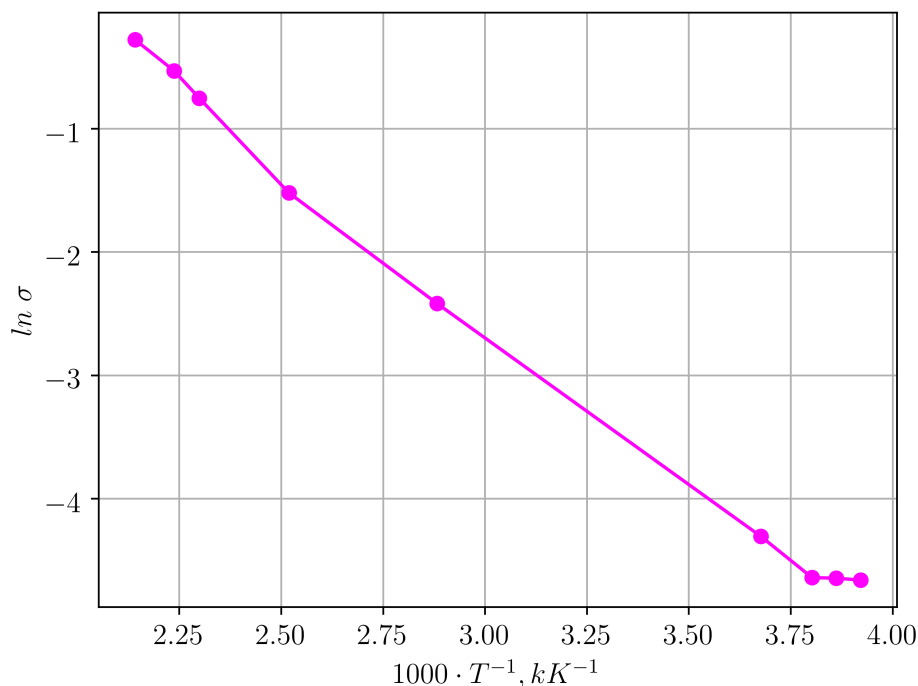


Рис. 5

Прологарифмировали выражение (??) и нашли связь между угловым коэффициентом наклона кривой $\ln \sigma(\frac{10^3}{T})$ и величиной W_g :

$$\ln(\sigma) = \underbrace{\ln(\sigma_C)}_{const} - W_g/2k_B T$$

$$W_g = -1000 \cdot \tan(\theta) \cdot 2k_B$$

где $\tan(\theta)$ - тангенс угла наклона графика $\ln \sigma(\frac{1}{T})$, $k_B \approx 8.62 \cdot 10^{-5}$ эВ/К - постоянная Больцмана.

Определили угловой коэффициент наклона кривой в области высоких температур и рассчитали значение W_g :

$$\tan(\theta) \approx -3.34$$

$$W_g \approx 0.58 \text{ эВ}$$

В области истощения примесей определить зависимость $\sigma = f(T)$, считая, что $\sigma \approx T^n$. Ее можно найти, взяв на кривой две точки и воспользовавшись соотношением $\sigma_I/\sigma_2 = (T_I/T_2)^n$.

????

Определили (экстраполяцией по графику) величину σ_c , соответствующую электропроводности вещества при $T \rightarrow \infty$.

$$\sigma_c = e^7$$

выше бред ???????????