

Работа 376

Измерение температурной зависимости сопротивления полупроводникового резистора

Решаемые задачи

- Регистрация зависимости сопротивления от температуры для полупроводникового резистора.
- Определение энергии активации в полупроводнике.

Зависимости сопротивления от температуры в проводниках и полупроводниках принципиально различаются. В металлах сопротивление увеличивается с ростом температуры, т.к. за счет роста амплитуды тепловых колебаний ионов в кристаллической решетке растет число столкновений электронов проводимости с ионами. В полупроводниках наоборот, с ростом температуры сопротивление убывает, т.к. все больше и больше электронов переходят из валентной зоны в зону проводимости.

В этой работе изучается зависимость сопротивления R резистора изготовленного из полупроводника от температуры. Для полупроводников зависимость сопротивления от температуры T имеет вид:

$$R \sim e^{\frac{\Delta E}{2kT}} \quad (1)$$

где ΔE – ширина запрещенной зоны (энергия активации) в полупроводнике, $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К – постоянная Больцмана.

Оборудование

Резистор из полупроводника	1 шт.	58682
Электрическая печь 230 В	1 шт.	55581
NiCr–Ni температурный сенсор 1,5 мм	1 шт.	529676
Модуль Sensor CASSY 2	1 шт.	524013
NiCr–Ni адаптер S	1 шт.	5240673
Источник тока в кожухе	1 шт.	524031
Безопасная соединительная коробка с заземлением	1 шт.	502061
Пара кабелей 50 см, красный/синий	1 шт.	50145

Порядок выполнения работы

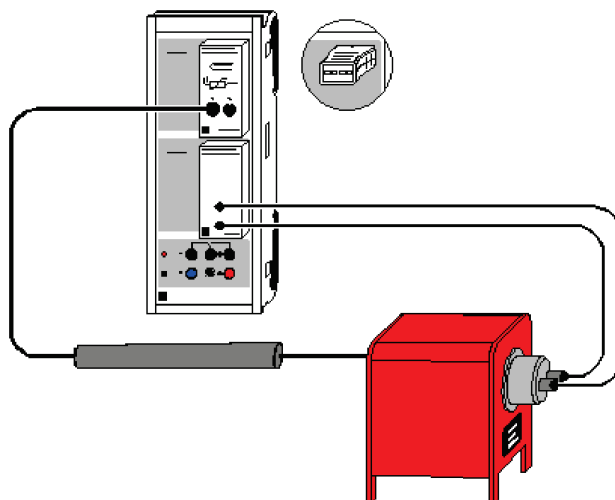


Рис. 1. Экспериментальная установка для определения температурной зависимости сопротивления.

Экспериментальная установка показана на рис. 1. С помощью NiCr–Ni термопары, подключенной через соответствующий адаптер к каналу «А» цифрового модуля Sensor CASSY 2 измеряется температура внутри электрической печи. Для этого щуп термопары нужно разместить в печи так, чтобы он находился как можно ближе к исследуемому резистору. Источник тока, подключенный к каналу «В» используется для регистрации сопротивления резистора.

- Подключите электрическую печь к безопасной соединительной коробке, коробку подключите в электрическую сеть 220 В. Печь должна быть отключена (красный индикатор внутри клавиши включения не светится). Зеленый индикатор в соединительной коробке светится всегда, когда на нее подается напряжение.
- Установите изучаемый резистор внутрь электрической печи, подключите его выводы к гнездам источника тока, установленного в разъем канала В модуля Sensor CASSY 2.
- Подключите термопару через адаптер к блоку Sensor CASSY 2 и осторожно поместите щуп термопары через отверстие внутрь электрической печи.
- Подключите цифровой модуль Sensor CASSY 2 с помощью USB кабеля к компьютеру, с установленной на него программой CASSY Lab.
- Через адаптер 12 В подайте питание на Sensor CASSY 2.
- Запустите на компьютере программу CASSY Lab. После запуска программы на экране появится окно «CASSYs», на котором будет схематично показан подключенный к компьютеру модуль Sensor CASSY 2. Закройте это окно, нажав на кнопку «Close» в его нижней части.
- Загрузите в программу настройки для проведения эксперимента. Для этого нажмите клавишу «F3» (или выберите пункт меню «File/Open»), в появившемся диалоговом

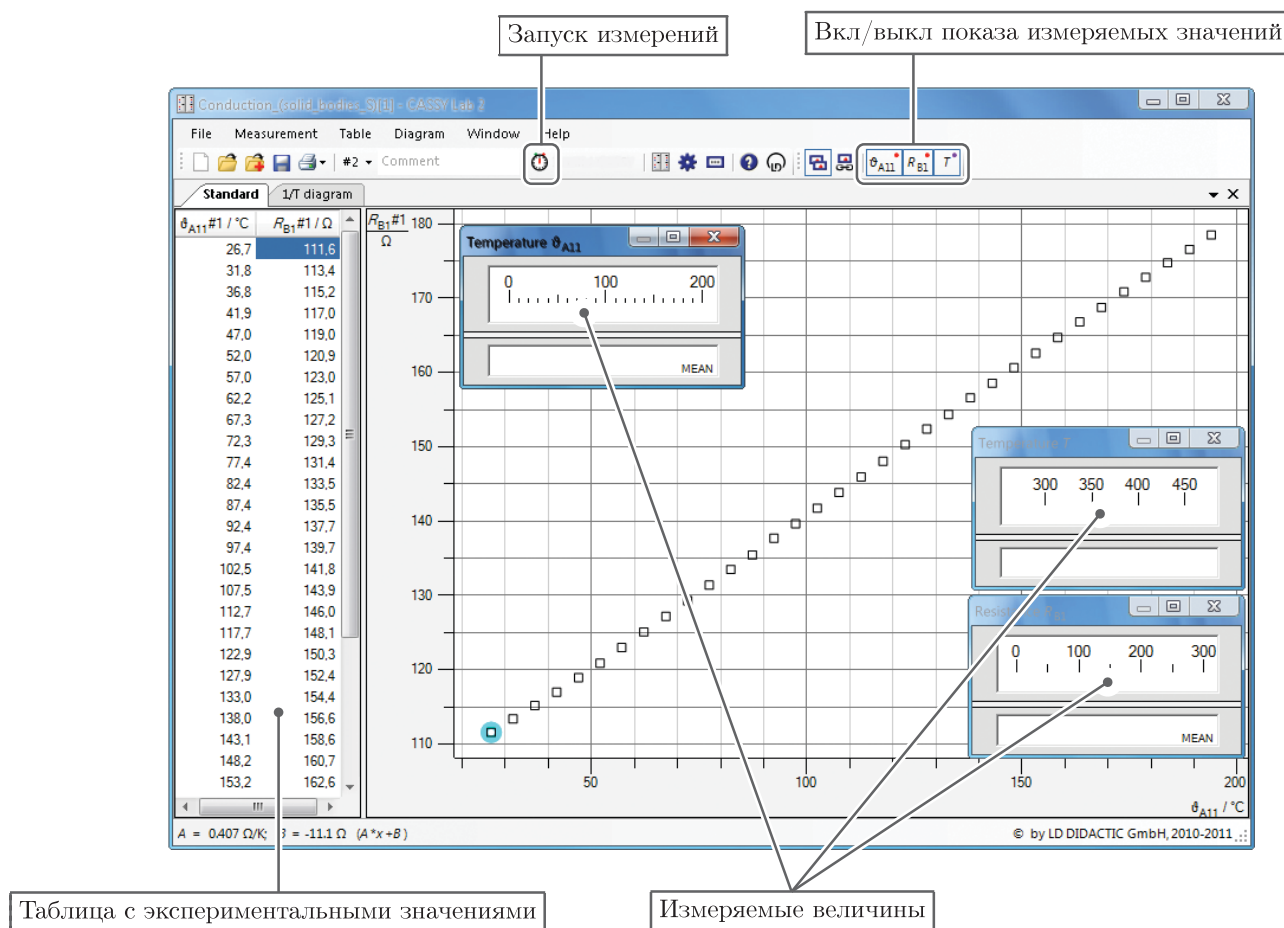


Рис.2. Окно программы CASSY Lab.

окне перейдите в папку «D:\Эксперименты», выберите в ней файл «P7222.labx» и нажмите кнопку «Открыть». После загрузки снова появится окно «CASSYs», на котором будет схематично показан подключенный к компьютеру модуль Sensor CASSY 2, при этом используемые в работе входы модуля будут выделены цветом. Закройте это окно, нажав на кнопку «Close» в его нижней части.

Проведение измерений

Регистрация зависимости температуры от сопротивления в этой работе происходит автоматически, под управление программы CASSY Lab. Значения температуры T и сопротивления R_{B1} отображаются на экране, каждое в своем окне. При стандартных настройках эксперимента запись значений температуры и сопротивления в таблицу происходит с шагом в 5°C , по полученным данным на экране строится график зависимости сопротивления от температуры (рис. 2).

- Запустите измерения с помощью клавиши «F9» (или выбрать пункт меню «Measurement/ Start/Stop measurement») компьютера.
- Включите электрическую печь с помощью клавиши на безопасной соединительной коробке (клавиша должна подсвечиваться красным цветом).
- Остановите измерения клавишей «F9» компьютера когда температура достигнет 470 K (около 200°C).

- Отключите питание электрической печи (красный индикатор внутри клавиши должен погаснуть).
- Сохраните полученные результаты измерений. Для этого нужно нажать клавишу «F2» (или выбрать пункт меню «File / Save» в программе CASSY Lab), в появившемся диалоговом окне выбрать имя и место для сохранения файла с результатами. Можно также выбрать формат сохраняемого файла — «.labx» (результаты и настройки эксперимента можно будет прочитать программой CASSY Lab) или «.txt» (данные сохраняются в текстовый файл).

Обработка результатов

Постройте график зависимости сопротивления R от температуры T . Поскольку зависимость нелинейная, рекомендуется построить график зависимости $\ln R$ от $1/T$ и провести аппроксимацию полученной зависимости прямой линией. Из аппроксимации определите энергию активации полупроводника ΔE .

Вопросы для подготовки

1. Зонная теория твердых тел. Расщепление энергетических уровней и образование зон.
2. Энергетические зоны полупроводника. Энергия Ферми. Энергия активации носителей тока в полупроводниках.
3. Собственная и примесная проводимость. Доноры и акцепторы.
4. Температурная зависимость проводимости полупроводника