

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ТУР

17 января 2007 года

Сначала, пожалуйста, прочитайте следующее:

1. Экспериментальный тур состоит из одной задачи. Продолжительность тура 3 часа.
2. Пользуйтесь только той ручкой, которая Вам предоставлена.
3. Вам предоставлены чистые листы бумаги и *Листы для записи (Writing sheets)*. Чистые листы бумаги предназначены для черновых записей, их Вы можете использовать по Вашему усмотрению, они не проверяются. На *Writing sheets* следует записывать решения задач, которые будут оценены при проверке работы. В решениях как можно меньше используйте словесные описания. В основном Вы должны использовать уравнения, цифры, буквенные обозначения, рисунки и графики.
4. Используйте только лицевую сторону *Writing sheets*. При записи не выходите за пределы отмеченной рамки.
5. На каждом использованном *Writing sheets*, в отведенных для этого графах, необходимо указать Вашу страну (*Country*), Ваш код (*Student Code*), текущий номер каждого листа (*Page Number*) и полное количество листов, использованных при решении всех задач (*Total Number of Pages*). Если Вы не хотите чтобы какие-нибудь использованные *Writing sheets* были включены в ответ, тогда перечеркните их большим крестом на весь лист и не включайте их в Ваш подсчёт полного количества листов.
6. Когда Вы закончите тур, разложите все листы в следующем порядке:
 - Пронумерованные по порядку *Writing sheets*;
 - Черновые листы;
 - Неиспользованные листы;
 - Отпечатанные условия задачи

Положите все листы бумаги в конверт и оставьте на столе. Вам не разрешается выносить *любые* листы бумаги из аудитории.

Определение ширины запрещенной зоны полупроводника

Приборы и материалы: Цифровой мультиметр, цифровой термометр, терморезистор, стакан с горячей дистиллированной водой (горячая вода подается по требованию участника), скотч, салфетки, миллиметровая бумага.

Известно, что электропроводность полупроводников σ , быстро растет с температурой, изменяясь по закону

$$\sigma = \sigma_0 \exp \left\{ -\frac{\Delta W}{2kT} \right\} \quad (1)$$

здесь ΔW - ширина запрещенной зоны, $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К – постоянная Больцмана, T – абсолютная температура. В данной экспериментальной работе Вам необходимо определить ширину запрещенной зоны полупроводникового терморезистора, используя зависимость приведенную выше.

Задание экспериментального тура (15 баллов):

Исследуйте зависимость сопротивления терморезистора от температуры в диапазоне от 30°C до 80°C . Определите ширину запрещенной зоны ΔW , параметр σ_0 и оцените погрешности.

Внимание: Будьте внимательны при работе с горячей водой!

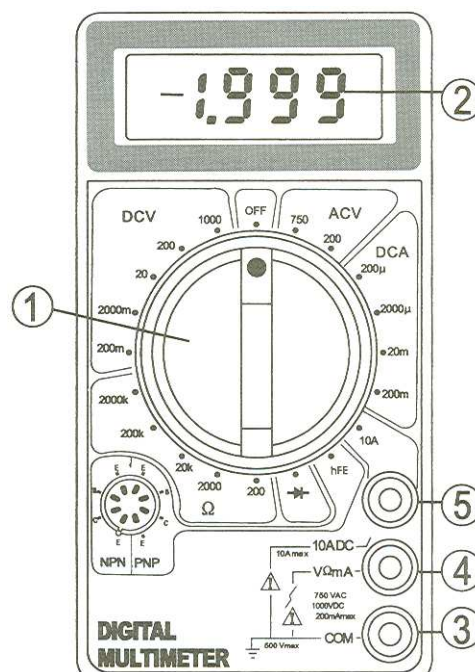
Приложение

ИНСТРУКЦИЯ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ЦИФРОВОГО МУЛЬТИМЕТРА

Цифровой мультиметр (**Digital Multimeter**) – прибор для измерения ряда электрических величин, таких как постоянный ток, постоянные и переменные напряжения, сопротивление и т.д. В приборе каждая величина имеет несколько диапазонов изменения. Выбор диапазона позволяет изменять точность измеряемых величин.

ОПИСАНИЕ ПЕРЕДНЕЙ ПАНЕЛИ МУЛЬТИМЕТРА (см.Рис)

- РУЧКА ВЫБОРА ИЗМЕРЯЕМОЙ ВЕЛИЧИНЫ И ДИАПАЗОНА ИЗМЕРЕНИЙ.** Вращение ручки переключателя выбирает измеряемую величину и диапазон измерения, а также служит для включения прибора. В целях экономии батареек ручка должна быть в положении ("OFF"), когда измерения не проводятся.
- ДИСПЛЕЙ** для изображения результатов измерения.
- Гнездо "COM" (ОБЩЕЕ).** В данное гнездо вставляется черный (отрицательный) шнур щупа.
- Гнездо "VΩmA".** В данное гнездо вставляется красный (положительный) шнур щупа при измерении напряжения, постоянного тока (если измерение производится с диапазоном отличным от 10 А) и сопротивления.
- Гнездо "10А".** В данное гнездо вставляется красный (положительный) шнур щупа при измерении постоянного с диапазоном 10 А.



ИЗМЕРЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

ИЗМЕРЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ

- Черный шнур щупа соединяется с гнездом "COM", а красный шнур - с "VΩmA".

- b) Ручку 1 переключают в положение DCV, если измеряется напряжение постоянного тока или в положение ACV, если измеряется напряжение переменного тока.
- c) Выбирается диапазон измерения. Если значение измеряемой величины превышает верхний предел диапазона, тогда на дисплее высветится цифра 1 _ _ _ . В таком случае следует переключить ручку 1 в следующий диапазон.
- d) Значение измеренной величины изображается на дисплее. Знак значения указывает полярность измеренной величины для постоянного напряжения.

ИЗМЕРЕНИЕ ПОСТОЯННОГО ТОКА

- a) Черный шнур щупа соединяется с гнездом "COM", а красный шнур с – "VΩmA", если значение измеряемого тока меньше чем 200 мА, с гнездом "10 A", если значение измеряемого тока больше чем 200 мА, но меньше чем 10 А.
- b) Ручку 1 переключают в поле DCA.
- c) Выбирается диапазон измерения. Если значение измеряемой величины превышает верхний предел диапазона, тогда на дисплее высветится цифра 1 _ _ _ . В таком случае следует переключить ручку 1 в следующий диапазон.
- d) Значение измеренной величины изображается на дисплее.

ИЗМЕРЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ

- a) Черный шнур щупа соединяется с гнездом "COM", а красный шнур с – "VΩmA".
- b) Ручку 1 переключают в положение "Ω".
- c) Выбирается диапазон измерения. Если значение измеряемой величины превышает верхний предел диапазона, тогда на дисплее высветится цифра 1 _ _ _ . В таком случае следует переключить ручку 1 в следующий диапазон.
- d) Значение измеренной величины изображается на дисплее.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЛИНЕЙНОЙ ЗАВИСИМОСТИ МЕТОДОМ НАИМЕНЬШИХ КВАДРАТОВ

Пусть в результате измерения величин x и y получены соответственно значения: x_1, x_2, \dots, x_n и y_1, y_2, \dots, y_n с погрешностями $\Delta x_1, \Delta x_2, \dots, \Delta x_n$ и $\Delta y_1, \Delta y_2, \dots, \Delta y_n$. Пусть зависимость y от x с некоторой погрешностью можно считать линейной. Тогда коэффициенты этой линейной зависимости $y = a \cdot x + b$, определяются методом наименьших квадратов следующим образом:

$$a = \frac{\sum_i^n x_i \sum_i^n y_i - n \sum_i^n x_i y_i}{\left(\sum_i^n x_i \right)^2 - n \sum_i^n x_i^2} \quad b = \frac{\sum_i^n x_i \sum_i^n x_i y_i - \sum_i^n y_i \sum_i^n x_i^2}{\left(\sum_i^n x_i \right)^2 - n \sum_i^n x_i^2}$$

Соответственно погрешности

$$\Delta a = \sqrt{\frac{n\sigma^2}{n\sum_i x_i^2 - \left(\sum_i x_i\right)^2}} \quad \Delta b = \sqrt{\frac{\sigma^2 \sum_i x_i^2}{n\sum_i x_i^2 - \left(\sum_i x_i\right)^2}}$$

Здесь $\sigma = \sqrt{\sigma_y^2 + a^2 \sigma_x^2}$, где $\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_i \Delta x_i^2}{n}}$ и $\sigma_y = \sqrt{\frac{\sum_i \Delta y_i^2}{n}}$