

А.В. РАВКОВ, Р.Н. КОЗЕЛ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ШИРИНЫ ЗАПРЕЩЕННОЙ ЗОНЫ ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО
МАТЕРИАЛА С ПОМОЩЬЮ ДИОДА

УДК 53(07)

Предлагается метод определения ширины запрещенной зоны полупроводникового материала, используя вольтемперную характеристику полупроводникового диода.

Интерес к полупроводникам вызван специфическими свойствами, которые делают их весьма перспективными для различных областей науки и техники. В связи с этим все большее значение

приобретают вопросы развития теории, расчета и проектирования электронных систем на основе полупроводниковых материалов.

В настоящей статье предлагается лабораторная работа по изучению физических параметров полупроводниковых материалов. Целью работы является закрепление теоретических знаний по соответствующему курсу, ознакомление с методами исследования и измерение параметров полупроводниковых материалов и приборов. Предлагаемая методика может быть использована при выполнении физического практикума и в средней школе.

Кратко остановимся на теории вопроса выпрямления электронно-дырочного перехода (рис.1.).

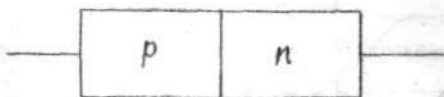


Рис.1. Схематическое изображение р-п-перехода.

Левая часть кристалла содержит акцепторные примеси и имеет дырочную проводимость, правая - донорные примеси и имеет электронную проводимость. В отсутствии приложенного напряжения поток электронов из электронной области в дырочную уравновешивается встречным потоком дырок. Таким образом, результирующий ток равен нулю. На рис.2 показан вид вольт-амперной характеристики р-п-перехода.

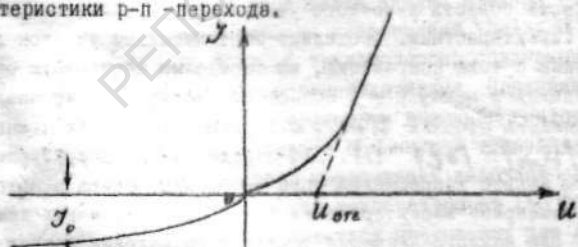


Рис.2. Вольт-амперная характеристика идеализированного диода.

Зависимость результирующего тока J от напряжения U , приложенного к переходу, выражается формулой [4].

$$J = J_0 \left(e^{\frac{qU}{kT}} - 1 \right),$$

(1)

где q - заряд электрона, k - постоянная Больцмана, T - абсолютная температура, J_0 - ток насыщения.

Из формулы (1) видно, что при положительном смещении на p - n -переходе $e^{\frac{qU}{kT}} \gg 1$ и ток возрастает по экспоненциальному закону. При отрицательном смещении $e^{\frac{qU}{kT}} \rightarrow 0$ и полный ток через p - n -переход стремится к постоянной величине J_0 . При некотором значении приложенного напряжения в прямом направлении потенциальный барьер между p - n областями практически исчезает (рис. 3).

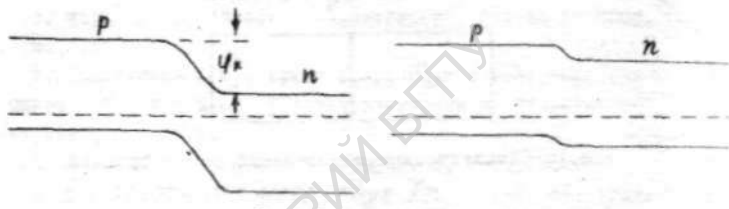


Рис. 3

- а) зонная диаграмма p - n -перехода без внешнего смещения; б) зонная диаграмма p - n -перехода, включенного в прямом направлении.

В этом случае падение напряжения на p - n -переходе полностью определяется омическим сопротивлением кристалла. Это есть область линейного участка на прямой ветви вольтамперной характеристики. Продолжив этот линейный участок до пересечения с осью напряжений, мы определим контактную разность потенциалов между p - n областями, которая носит название напряжения отсечки $U_{\text{отс}}$. В первом приближении можно считать $|U_{\text{отс}}| \approx |eE|$ [1]. Для определения температурной зависимости ширины запрещенной зоны необходимо снять прямую ветвь вольтамперной характеристики диода при различных температурах. Для каждого значения температуры находим напряжение отсечки. Экстраполяция зависимости $U_{\text{отс}} = f(T)$ к $T=0$ даст значение eE полупроводникового материала, из которого изготовлен данный диод.

Если в кабинете физики отсутствует необходимое для проведения температурных измерений оборудование, можно поступить следующим образом: сначала снимается вольтамперная характеристика при 0°C (диод помещают в тающий лед). Затем производится та же операция при комнатной температуре и, наконец, при температурах 50°C - 70°C . В последнем случае можно просто опустить диод в сосуд с водой и нагревать на плитке, накал которой регулируется ЛАТРОм. При снятии вольтамперной характеристики желательно пользоваться ламповым вольтметром. Можно использовать диоды серии Д7А, Д7Б, Д7Ж.

Л и т е р а т у р а

1. Шокли В. Теория электронных полупроводников. ИЛ, 1953.