

ЕКСПЕРИМЕНТАЛНА ЗАДАЧА

Теоретична част

Според зонната теория електроните, изграждащи твърдите тела, имат различна енергия, което формира енергетични зони – валентна зона, забранена зона и зона на проводимост. Характерно за забранената зона е, че в нея няма разположени енергетични нива. В зависимост от ширината на забранената зона, телата се делят на метали, полупроводници и диелектрици. Това е най-важният параметър за полупроводниците. Един начин за неговото определяне е използването на температурната зависимост на пада на напрежение върху PN преход. Такъв преход се осъществява при контакт на две области с различен тип проводимост P и N. Характерно за PN прехода е неговата еднопосочна проводимост. Когато се включи в права посока преходът има пренебрежимо съпротивление, а в обратна посока то е много голямо.

В права посока токът през прехода се определя от:

$$I = I_0 \left(e^{\frac{eU}{\eta kT}} - 1 \right), \quad (1)$$

където e е заряд на електрона, $k = 8.617 \times 10^{-5} \text{ eV/K}$ - константа на Болцман, η - фактор на идеалност, чиято стойност е между 1 и 2, U - пад на напрежението върху прехода, T – температура на прехода в градуси по Келвин, I_0 – обратен ток на насищане.

Обратният ток се дава от:

$$I_0 = A e^{-\frac{E_g}{\eta kT}}, \quad (2)$$

където A е константа, чиято зависимост от температурата може да се пренебрегне, а E_g е ширината на забранената зона на полупроводника, която се измерва в eV (електронволти).

Ширината на забранената зона също е температурно зависима:

$$E_g(T) = E_{g0} + \alpha T, \quad (3)$$

където E_{g0} е ширината на забранената зона при 0K, а α е константа.

За температурния диапазон, в който ще работите $\alpha = -2.7 \times 10^{-4} \text{ eV/K}$.

В настоящата експериментална задача като полупроводников елемент се използва силициев транзистор, като се работи само с единия му PN преход.

Уреди и материали

- o Силициев транзистор с две съпротивления от 1 MΩ и 15 kΩ1 бр.
- o Бехерова чаша с гореща вода1 бр.
- o Цифров термометър1 бр.
- o Мултицет1 бр.
- o Батерия 9 V1 бр.

- o Съединителен кабел за батерия.....1 бр.
- o Предпазни очила1 бр.
- o Съд за изхвърляне на вода1 бр.
- o Милиметрова хартия.1 л.
- o Попивателна гъба1 бр.

Указания

- o Винаги включвайте транзистора през съпротивление към батерията.
- o Права посока на свързване на транзистора е когато положителният полюс на батерията е съединен с червения кабел , идващ от транзистора.
- o Изключвайте мултицета и батерията, когато не ги използвате продължително време.
- o Работете винаги с предпазни очила.
- o 1eV е енергията, която получава един електрон, преминал през потенциална разлика от 1V , $1\text{eV} = 1.6 \times 10^{-19}\text{ J}$.

Задачи

1. Определяне на температурна зависимост на пада на напрежение върху PN преход при две различни стойности на тока.
 - 1.1. Преценете как трябва да се включи преходът през съпротивление в права посока, така че да се получат две различни стойности на тока във веригата $9\text{ }\mu\text{A}$ и $600\text{ }\mu\text{A}$. Начертайте двете схеми на свързване като обозначите и мястото на измерителния прибор. [2 т.]
 - 1.2. Изследвайте експериментално зависимостта $U(T)$ при двете стойности на тока от т. 1.1, представете данните таблично и оценете грешките на единичното измерване. Отбележете режима на работа и обхвата на мултицета, който използвате. Опишете какви мерки трябва да се вземат за коректно отчитане на температурата. [4 т.]
 - 1.3. Представете графично получените експериментални данни за $U(T)$. [2 т.]
2. Определяне на ширината на забранената зона на силициев полупроводник.
 - 2.1. Получете израз за температурната зависимост на пада на напрежение върху прехода на транзистора. В настоящата задача можете да пренебрегнете 1-цата в ур. 1. Задължително се обосновайте защо. [3 т.]
 - 2.2. Преценете с каква функционална зависимост могат да се опишат получените от вас експериментални данни за $U(T)$. Определете параметрите на тази зависимост. Оценете грешките в получените от вас параметри на тази зависимост. [4 т.]
 - 2.3. От определените параметри на зависимостта, получена в т. 2.2. при ток $9\text{ }\mu\text{A}$, определете ширината на забранената зона при 0K . Оценете абсолютната и относителна грешки във вашия резултат. [2 т.]
3. Използвайки резултатите, получени в предните две точки, определете фактора на идеалност на PN прехода. Оценете абсолютната и относителна грешки на резултата. [3 т.]