

Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"
Факультет Електроніки
Кафедра мікроелектроніки

ЗВІТ

Про виконання лабораторної роботи №1
з дисципліни: «Твердотільна електроніки-1»

ДОСЛІДЖЕННЯ ВИПРЯМЛЯЮЧИХ
НАПІВПРОВІДНИКОВИХ ДІОДІВ

Виконавець:

Студент 3-го курсу

(підпис)

А. С. Мнацаканов

Превірів:

(підпис)

Л. М. Королевич

1. МЕТА РОБОТИ

Теоретичне вивчення і практичне дослідження випрямляючих діодів; визначення фізичних та основних технічних параметрів германійових та кремнієвих діодів із їх вольт-амперних характеристик.

2. ЗАВДАННЯ

1. Вивчити структуру параметрів (паспортних даних) досліджуваного підкласу діодів. Ознайомитися із вимірювальним стендом та використовуваними приладами.

2. Зібрати схему для дослідження вольт-амперної характеристики випрямляючих діодів.

3. Виміряти вольт-амперні характеристики германієвого та кремнієвого діодів при кімнатній температурі. Результати вимірювань записати в таблиці.

4. *Провести температурні дослідження ВАХ германієвого та кремнієвого діодів при температурі $+70^{\circ}\text{C}$ (для прямої та зворотної полярності напруги).

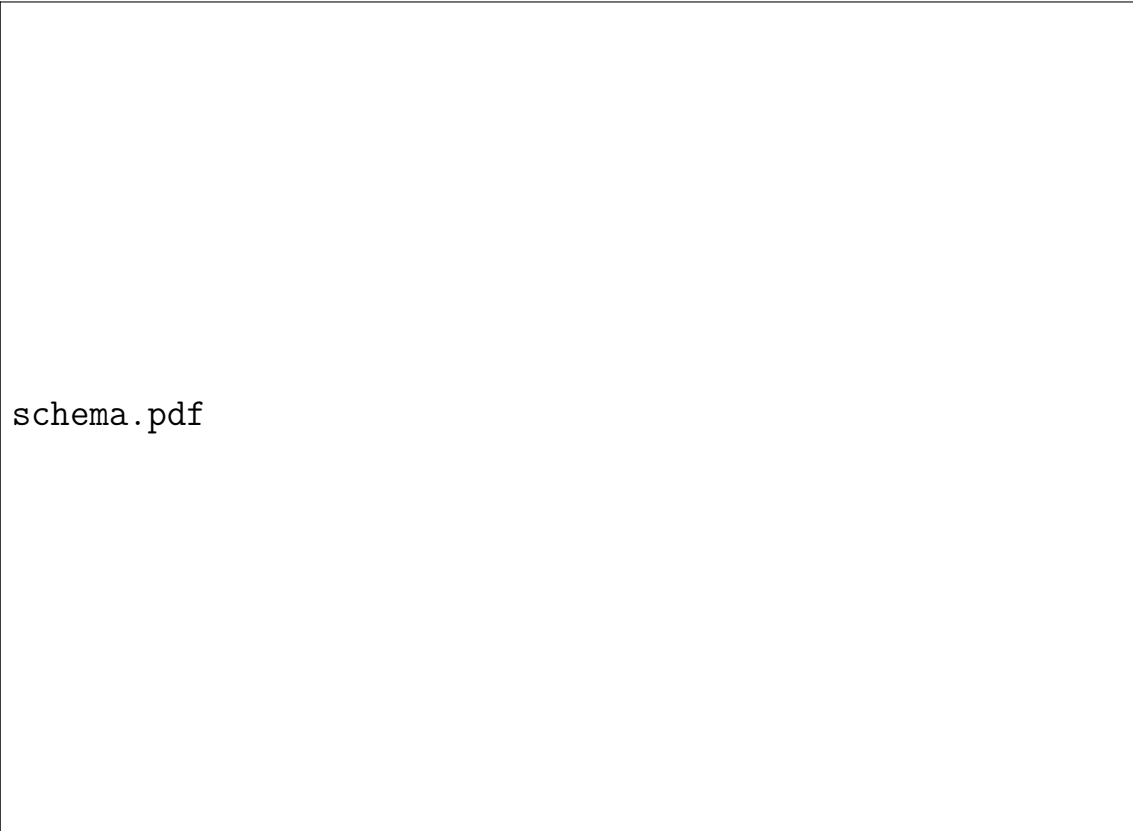
5. Побудувати графіки вольт-амперних характеристик діодів.

6. Графічно визначити дифузійний потенціал ϕ_0 , опір бази r_b та струм виродження $I_{\text{вир}}$ для кожного з діодів. Оцінити тепловий струм германієвого діода.

7. За побудованими графіками характеристик визначити основні параметри діодів.

8. **Побудувати графіки залежностей статичного та динамічного опорів діодів від прикладеної напруги (або вирахувати статичний та диференціальний опори посередині прямої та зворотної гілок ВАХ кожного діода і співставити їх між собою).

9. Провести аналіз результатів досліджень, і зробити висновки з виконаної роботи.



schema.pdf

Рис. 1: Схема для вимірювання ВАХ діода. При знятті зворотної гілки ВАХ змінюється полярність джерела живлення та номінал резистора R (величина резистора для прямої гілки $R_1 = 5 \text{ кОм}$; для зворотної $R_2 = 100 \text{ кОм}$, або 1 МОм).

3.РЕЗУЛЬТАТИ ВИМІРЮВАНЬ

Табл. 1: ВАХ діода D1 за прямого зміщення

$U_{summ}, \text{ мВ}$	$U_R, \text{ мВ}$	$\Delta U_{summ} = U_R, \text{ мВ}$	$R, \text{ Ом}$	$\Delta U_d, \text{ мВ}$	$\Delta I_d, \text{ мА}$	$U_d, \text{ мВ}$	$I_d, \text{ мА}$

Табл. 2: ВАХ діода D2 за прямого зміщення

$U_{summ}, \text{ мВ}$	$U_R, \text{ мВ}$	$\Delta U_{summ} = U_R, \text{ мВ}$	$R, \text{ Ом}$	$\Delta U_d, \text{ мВ}$	$\Delta I_d, \text{ мА}$	$U_d, \text{ мВ}$	$I_d, \text{ мА}$

Табл. 3: ВАХ діода D1 за зворотного зміщення

$U_{summ}, \text{ мВ}$	$U_R, \text{ мВ}$	$\Delta U_{summ} = U_R, \text{ мВ}$	$R, \text{ Ом}$	$\Delta U_d, \text{ мкВ}$	$\Delta I_d, \text{ мкА}$	$U_d, \text{ мВ}$	$I_d, \text{ мкА}$

Табл. 4: ВАХ діода D2 за зворотного зміщення

U_{summ} , мВ	U_R , мВ	ΔU_{summ} , мВ	ΔU_R , мВ	ΔU_d , мкВ	ΔI_d , нА	U_d , мВ	I_d , мкА

Всі значення та їх похибки обчислювались за наступними формулами:

Напруга на діоді:

$$U_D = U - U_R \quad (1)$$

Струм на діоді:

$$I_D = \frac{U_R}{R} \quad (2)$$

Похибки значень струму і напруги знаходили з формулами:

$$\Delta U_D = \sqrt{\Delta U^2 + \Delta U_R^2} \quad (3)$$

$$\Delta I_D = \frac{1}{R^2} \cdot \sqrt{(R\Delta U_R)^2 + (U_R\Delta R)^2} \quad (4)$$

Поточкові графіки ВАХ діодів з похибками вимірювань були побудовані за допомогою програми яку я написав в gnuplot:

```
set terminal png size 1024,768
set xzeroaxis
set yzeroaxis

set datafile separator ";"
set output 'd1.png';
set ylabel 'I _d, мА' textcolor lt 8
set xlabel 'U _d, мВ' textcolor lt 8
plot "Data for lab 1.csv" using 7:8:5:6
    title"ВАХ діода D1 за прямого зміщення" with xerrorbars

set output 'd2.png';
set ylabel 'I _d, мА' textcolor lt 8
set xlabel 'U _d, мВ' textcolor lt 8
plot "Data for lab 1.csv" using 15:16:13:14
    title"ВАХ діода D2 за прямого зміщення" with xerrorbars

set output 'd1r.png';
set ylabel 'I _d, мА' textcolor lt 8
```

```
set xlabel 'U _d, мВ' textcolor lt 8
plot "Data for lab 1.csv" using 24:25:22:23
  title"BAX діода D1 за зворотного зміщення" with xerrorbars
```

```
set output 'd2r.png';
set ylabel 'I _d, мА' textcolor lt 8
set xlabel 'U _d, мВ' textcolor lt 8
plot "Data for lab 1.csv" using 33:34:31:32
  title"BAX діода D2 за зворотного зміщення" with xerrorbars
```


3.1. ГРАФІКИ

d1.pdf

Рис. 2: ВАХ діода D1 за прямого зміщення.

d1r.pdf

Рис. 3: ВАХ діода D1 за зворотного зміщення.

d2.pdf

Рис. 4: ВАХ діода D2 за прямого зміщення.

d2r.pdf

Рис. 5: ВАХ діода D2 за зворотного зміщення.

d1+d2.pdf

Рис. 6: Порівняння ВАХ діода D1(зліва) та D2 за прямого зміщення.

3.2.

З Рис. ?? ВАХ для Германієвого діода можна визначити його опір бази r_b : для цього треба з точки А (це та точка після якої, якщо провести уявну пряму то після точки А вони повинні співпадати) опустити перпендикуляр на осі U та I, потім визначаємо значення в точці їх перетину $I_{пр} \approx 6$ мА і $U_{пр} \approx 0,3$ В (прямий струм та пряма напруга відповідно). Потім визначимо дифузійний потенціал який знаходиться в точці перетину дотичної проведеної до точки А і вісі напруг. Зробивши це отримаємо $\varphi_0 \approx 0,175$ В (якщо згадати уявну пряму про яку я казав раніше, то φ_0 це точка перетину її та вісі X).

$$r_b \approx \frac{U_{пр} - \varphi_0}{I_{пр}} = \frac{0,3 - 0,175}{0,006} = 20,83 \text{ Ом} \quad (5)$$

Тепер можемо знайти $I_{вир}$ (струм виродження):

$$I_{вир} = \frac{\varphi_T}{r_b} = \frac{0,0258}{20,83} = 0,00123 \text{ А}, \quad (6)$$

де $\varphi_T = 0,0258$ В – температурний потенціал

Зробивши аналогічні операції для кремнієвого діода отримаємо:

$$I_{пр} = 0,008 \text{ А} \quad (7)$$

$$U_{пр} = 0,7 \text{ В} \quad (8)$$

$$\varphi_0 = 0,65 \text{ В} \quad (9)$$

$$r_b = 6,249 \text{ Ом} \quad (10)$$

$$I_{вир} = 0,00414 \text{ А} \quad (11)$$

4. АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ВИСНОВКИ З ВИКОНАНОЇ РОБОТИ

В результаті виконання даної лабораторної роботи було досліджено випрямляючі діоди та побудовно графіки ВАХ германієвого та кремнієвого діодів. З когного ВАХ одразу ж стає зрозуміло де який діод. На Рис. ?? чітко видно що це германієвий, оскільки спад напруги в прямому напрямі на германієвих діодах не перевищує 0,5 В, а от з Рис. ?? можемо впевнитись що це кремнієвий діод, оскільки прямий спад напруги у кремнієвих діодах більший, ніж у германієвих, і досягає 1,5 В. Оцінюючи попередньо отримані результати можна стверджувати, що кремнієві діоди мають деякі вагомні переваги над германієвими, а саме: більша допустима зворотна напруга, більший робочий температурний інтервал та менший зворотний струм. На відміну від германієвих діодів зворотна гілка кремнієвих діодів не має відрізка насичення, що свідчить про більший внесок у зворотний струм складових струму термогенерації й струму витікання. У цілому зворотний струм у кремнієвих діодах значно менший, ніж в германієвих діодах, оскільки питомий опір (ширина забороненої зони) кремнію набагато більший, ніж германію (із цієї ж причини прямий спад напруги у кремнієвих діодах більший, ніж у германієвих, і досягає 1,5 В), також хочу зазначити, що в моєму випадку за значенням випрямного струму мої два випрямні діоди можна визначити як діоди малої потужності (оскільки $I_{np} \leq 300$ мА).