2229879

*numer albumu*

*Michał Gebel*

*imię i nazwisko*

229908

*numer albumu*

*Antoni Karwowski*

*imię i nazwisko*

kierunek Informatyka Stosowana czwartek

*dzień tygodnia*

semestr III 14:00-15:30

*godziny zajęć*

rok akademicki 2020/21 4

*numer zespołu*

# Laboratorium elektroniki

**Ćwiczenie E-02**

**Diody**

**22.10.2020r. 28.10.2020r.**

data wykonania pomiarówdata oddania raportu

ocena \_\_\_\_\_

**1. Cel ćwiczenia**

Puentą zadania jest pomiar i zbadanie charakterystyk prądowo-napięciowych konkretnych rodzajów diod półprzewodnikowych oraz ulepszenie techniki pomiarowej. W ćwiczeniu zajmujemy się diodą krzemową oraz diodą Zenera.

**2. Wstęp teoretyczny i przebieg pomiarów**

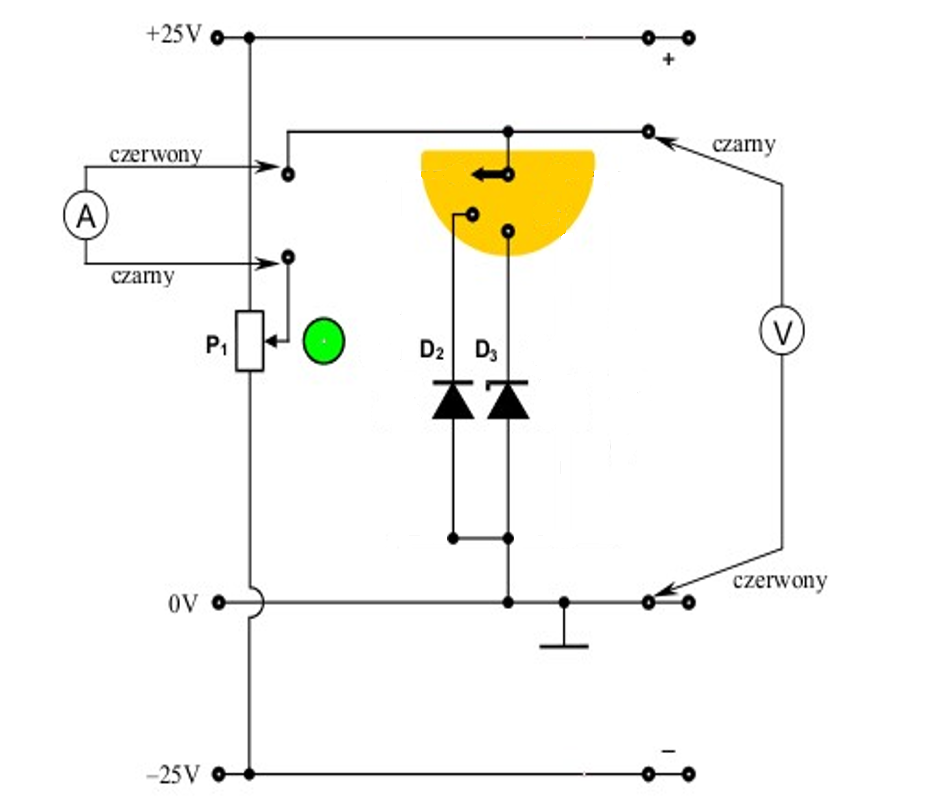
Charakterystyka prądowo-napięciowa każdej diody wykazuje częściowe podobieństwo do teoretycznej charakterystyki idealnego złącza p-n lub m-s danej zależnością:

(1)

gdzie I – natężenie prądu płynącego przez złącze, – natężenie wstecznego prądu nasycenia, U – napięcie na złączu, T – temperatura złącza wyrażona w Kelvinach, k – stała Boltzmanna, e – ładunek elektronu, m – bezwymiarowy parametr przyjmujący wartości z przedziału <1, 2>.

Pomiary zostały wykonane metodą „punkt po punkcie”, która polega na zmianie żądanego napięcia i na odczycie - po każdej zmianie – wartości przyłożonego napięcia U oraz natężenia I płynącego przez diodę prądu.

Schemat układu wyglądał nastęująco:



**Rysunek 1.** Panel czołowy modułu doświadczalnego do pomiaru charakterystyk prądowo-napięciowych czterech diod (D2 – dioda krzemowa; D3 – dioda Zenera).

Na schemacie podano wartości napięć zasilających układ oraz sposób podłączenia multimetrów z zaznaczeniem kolorów przewodów pomiarowych.

**3. Aparatura pomiarowa i systematyka pomiarów**

Korzystano z zasilacza Siglent SPD3303D, nr inw. I3/RPO/010T8/58/2, multimetrów oraz UNI-T UT804, nr inw. I3/RPO/010/T8/66/1. do mierzenia natężenia, Metex M-3800, nr inw. I3/203/2017-11/8 do mierzenia napięcia.

Wartości na zasilaczu oraz zakresy na multimetrach zostały ustawione zgodnie z instrukcją, układ został podłączony zgodnie z powyższym schematem. Pomiary zostały wykonany przez dr. inż. Piotra Górskiego oraz dr. inż. Macieja Dłużniewskiego

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Multimetr** | **Zakres** | **Wzór** |
| Metex M-3800 |  |  |
| Metex M-3800 |  |  |
| UNI-T UT804 |  |  |

**Tabela 1.** Wzory na wyliczanie błędów dla multimetrów

**4. Wyniki pomiarów**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Lp.** | **Kierunek zaporowy** | | | | **Kierunek przewodzenia** | | | |
| **U** |  | **I** |  | **U** |  | **I** |  |
| **[V]** | **[V]** | **[μA]** | **[μA]** | **[V]** | **[V]** | **[mA]** | **[mA]** |
| **1** | -0,097 |  | -0,01 |  | 0,778 |  | 73,7 |  |
| **2** | -0,133 |  | -0,01 |  | 0,765 |  | 53,2 |  |
| **3** | -0,176 |  | -0,02 |  | 0,756 |  | 41,4 |  |
| **4** | -0,209 |  | -0,02 |  | 0,754 |  | 39,0 |  |
| **5** | -0,277 |  | -0,03 |  | 0,746 |  | 32,1 |  |
| **6** | -0,342 |  | -0,03 |  | 0,740 |  | 28,1 |  |
| **7** | -0,380 |  | -0,03 |  | 0,734 |  | 24,0 |  |
| **8** | -0,405 |  | -0,04 |  | 0,727 |  | 20,0 |  |
| **9** | -0,740 |  | -0,07 |  | 0,724 |  | 18,5 |  |
| **10** | -1,175 |  | -0,11 |  | 0,716 |  | 15,3 |  |
| **11** | -1,664 |  | -0,16 |  | 0,709 |  | 13,0 |  |
| **12** | -2,181 |  | -0,21 |  | 0,693 |  | 8,8 |  |
| **13** | -2,640 |  | -0,26 |  | 0,679 |  | 6,2 |  |
| **14** | -3,203 |  | -0,32 |  | 0,654 |  | 3,4 |  |
| **15** | -3,801 |  | -0,38 |  | 0,608 |  | 1,2 |  |
| **16** | -4,489 |  | -0,45 |  | 0,594 |  | 0,9 |  |
| **17** | -5,327 |  | -0,53 |  | 0,569 |  | 0,5 |  |
| **18** | -6,039 |  | -0,60 |  | 0,555 |  | 0,3 |  |
| **19** | -7,140 |  | -0,71 |  | 0,514 |  | 0,1 |  |
| **20** | -8,148 |  | -0,81 |  | 0,433 |  | 0,0 |  |

**Tabela 2.** Pomiary dla diody krzemowej D2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Lp.** | **Kierunek zaporowy** | | | | **Kierunek przewodzenia** | | | |
| **U** |  | **I** |  | **U** |  | **I** |  |
| **[V]** | **[V]** | **[mA]** | **[mA]** | **[V]** | **[V]** | **[mA]** | **[mA]** |
| **1** | -0,095 |  | 0,0 |  | 0,828 |  | 72,9 |  |
| **2** | -0,266 |  | 0,0 |  | 0,810 |  | 43,5 |  |
| **3** | -0,518 |  | 0,0 |  | 0,807 |  | 39,6 |  |
| **4** | -1,357 |  | 0,0 |  | 0,801 |  | 33,4 |  |
| **5** | -2,227 |  | -0,1 |  | 0,796 |  | 28,8 |  |
| **6** | -2,469 |  | -0,3 |  | 0,788 |  | 22,4 |  |
| **7** | -2,696 |  | -0,6 |  | 0,777 |  | 15,8 |  |
| **8** | -2,866 |  | -1,1 |  | 0,767 |  | 11,6 |  |
| **9** | -3,214 |  | -2,8 |  | 0,753 |  | 7,1 |  |
| **10** | -3,380 |  | -4,4 |  | 0,751 |  | 6,3 |  |
| **11** | -3,538 |  | -6,7 |  | 0,744 |  | 5,1 |  |
| **12** | -3,744 |  | -11,6 |  | 0,736 |  | 3,8 |  |
| **13** | -3,812 |  | -13,9 |  | 0,710 |  | 1,5 |  |
| **14** | -3,860 |  | -15,8 |  | 0,671 |  | 0,3 |  |
| **15** | -3,989 |  | -22,5 |  | 0,661 |  | 0,3 |  |
| **16** | -4,041 |  | -26,9 |  | 0,657 |  | 0,2 |  |
| **17** | -4,127 |  | -34,3 |  | 0,633 |  | 0,1 |  |
| **18** | -4,178 |  | -40,5 |  | 0,549 |  | 0,0 |  |
| **19** | -4,237 |  | -50,7 |  | 0,421 |  | 0,0 |  |
| **20** | -4,299 |  | -62,9 |  | 0,148 |  | 0,0 |  |
| **21** | -4,312 |  | -66,4 |  |  |  |  |  |
| **22** | -4,308 |  | -66,6 |  |  |  |  |  |

**Tabela 3.** Pomiary dla diody krzemowej D3

**5. Wykresy i obliczenia**

Na podstawie danych pomiarowych sporządzono poniższe wykresy przedstawiające charakterystykę prądowo-napięciową diody :

**Wykres 1.** – przedstawia zależność U(I) dla kierunku zaporowego diody

**Wykres 2**. – przedstawia zależność U(I) dla kierunku przewodzenia diody

Aby wyznaczyć linowość rezystancji korzystamy z zależności:

(2)

gdzie I – natężenie prądu płynącego przez opornik, a i b to współczynniki funkcji liniowej.

Dla diody sporządzono wykres w układzie półalgorytmicznym zależności (2)

i za pomocą metody najmniejszych kwadratów wyznaczono wartość współczynnika kierunkowego a = oraz parametru b = , oraz odpowiadający mu bezwymiarowy parametr m =

**Wykres 3.** – zależność (1) dla kierunku przewodzenia diody

Niepewność standardową temperatury T złącza wyznaczono z zależności:

(3)

I wynosi ona

Korzystając ze wzoru na niepewność pomiarową dla współczynnika m, wyznaczono jego wartość:

(4)

Przyjmując współczynnik k = 1,75, rozszerzona niepewność pomiarowa dla współczynnika m wynosi

Następnie przejdźmy do charakterystyki prądowo-napięciowej diody

**Wykres 4.** - przedstawia zależność U(I) dla kierunku zaporowego diody

Na wykresie widać miejsce przecięcia z osią napięć (U). Jest to punkt, w którym w diodzie występuje napięcie Zenera. Wynosi ono

**!WSTAWKA SUPLEMENTOWA!**

Tak jak wspomniano w suplemencie **musimy** umieścić zbiorcze wyniki pomiarów multimetrów dla danego opornika.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Typ: amperomierz | | Metex M-3800 | |
| **Lp.** | **Zakres** | **R** | **R** |
| **1** | 20M |  | 2000 |
| **2** | 2M |  |  |
| **3** | 200k |  |  |
| **4** | 20k |  |  |
| **5** | 2k |  |  |
| **6** | 200 |  |  |

**Tabela 4.** – zbiorcze wyniki pomiaru oporu rezystancji na oporniku poprzez multimetr Metex M-3800

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Typ: amperomierz | | Protek 506 | |
| **Lp.** | **Zakres** | **R** | **R** |
| **1** | 400 | 153,2 | 1 |
| **2** | 4k | 152 | 3 |
| **3** | 40k | 140 | 20 |
| **4** | 400k | 0 | 200 |
| **5** | 4M | 0 | 000 |
| **6** | 40M | 0 | 20000 |

**Tabela 5.** – zbiorcze wyniki pomiaru oporu rezystancji na oporniku poprzez multimetr Protek 506

Następnie zebrano zbiorcze dane pomiaru dla tego rezystora ukazujące jego charakterystykę prądowo-napięciową

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Multimetry:** | | | **U - Metex 4650 oraz I - Metex 3800** | |
| **Lp.** | **U[V]** |  | **I[mA]** |  |
| **1** |  |  |  |  |
| **2** |  |  |  |  |
| **3** |  |  |  |  |
| **4** |  |  |  |  |
| **5** |  |  |  |  |
| **6** |  |  |  |  |
| **7** |  |  |  |  |
| **8** |  |  |  |  |
| **9** |  |  |  |  |
| **10** |  |  |  |  |
| **11** |  |  |  |  |
| **12** |  |  |  |  |
| **13** |  |  |  |  |
| **14** |  |  |  |  |
| **15** |  |  |  |  |
| **16** |  |  |  |  |
| **17** |  |  |  |  |
| **18** |  |  |  |  |
| **19** |  |  |  |  |
| **20** |  |  |  |  |
| **21** |  |  |  |  |
| **22** |  |  |  |  |
| **23** |  |  |  |  |
| **24** |  |  |  |  |
| **25** |  |  |  |  |
| **26** |  |  |  |  |
| **27** |  |  |  |  |
| **28** |  |  |  |  |
| **29** |  |  |  |  |
| **30** |  |  |  |  |
| **31** |  |  |  |  |
| **32** |  |  |  |  |
| **33** |  |  |  |  |
| **34** |  |  |  |  |
| **35** |  |  |  |  |
| **36** |  |  |  |  |
| **37** |  |  |  |  |
| **38** |  |  |  |  |
| **39** |  |  |  |  |
| **40** |  |  |  |  |
| **41** |  |  |  |  |
| **42** |  |  |  |  |
| **43** |  |  |  |  |
| **44** |  |  |  |  |
| **45** |  |  |  |  |
| **46** |  |  |  |  |
| **47** |  |  |  |  |
| **48** |  |  |  |  |
| **49** |  |  |  |  |
| **50** |  |  |  |  |
| **51** |  |  |  |  |
| **52** |  |  |  |  |
| **53** |  |  |  |  |
| **54** |  |  |  |  |
| **55** |  |  |  |  |
| **56** |  |  |  |  |
| **57** |  |  |  |  |
| **58** |  |  |  |  |
| **59** |  |  |  |  |
| **60** |  |  |  |  |
| **61** |  |  |  |  |
| **62** |  |  |  |  |
| **63** |  |  |  |  |
| **64** |  |  |  |  |
| **65** |  |  |  |  |
| **66** |  |  |  |  |
| **67** |  |  |  |  |
| **68** |  |  |  |  |
| **69** |  |  |  |  |
| **70** |  |  |  |  |

**Tabela 6.** – zbiorcze dane pomiaru dla danego rezystora

Na wykresie otrzymaliśmy zależność:

(5)

**Wykres 5.** – charakterystyka prądowo-napięciowa rezystora

Poprzez wykorzystanie regresji liniowej wyznaczono wartość rezystancji opornika

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Rodzaj regresji** |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

**Tabela 7.** – obliczone wartości rezystancji danego rezystora

**6. Wyniki obliczeń**

Dzięki pomiarom przeprowadzonym dla diody wyznaczono wartość oporu

Współczynnik m wraz z uwzględnieniem niepewności pomiarowych ma wartość

Wyznaczono również niepewność **u(m)** oraz rozszerzoną niepewność pomiarową **U(m)**

**u(m) =**

**U(m) =**

**7. Wnioski**

Pomiary zostały wykonane prawidłowo, ponieważ w licznych dokumentacjach diod wyniki pokrywają się. Uzyskane wykresy również pokrywają się z tymi ukazanymi w literaturze. Współczynnik m zawiera się w oczekiwanym przedziale liczb <1,2>.

**8. Bibliografia**

[1] F. Przezdziecki, A. Opolski, Elektrotechnika i elektronika, PWN, Warszawa, 1986.

[2] A. Rusek, Podstawy elektroniki, część pierwsza, WSiP, Warszawa, 1979.

[3] K. Bracławski, A. Siennicki, Elementy półprzewodnikowe, WSiP, Warszawa, 1986.