

mgr M. Ćwiok

**Kacper Kulczycki**

# Badanie diod półprzewodnikowych

**Warszawa 2001**

## Wstęp

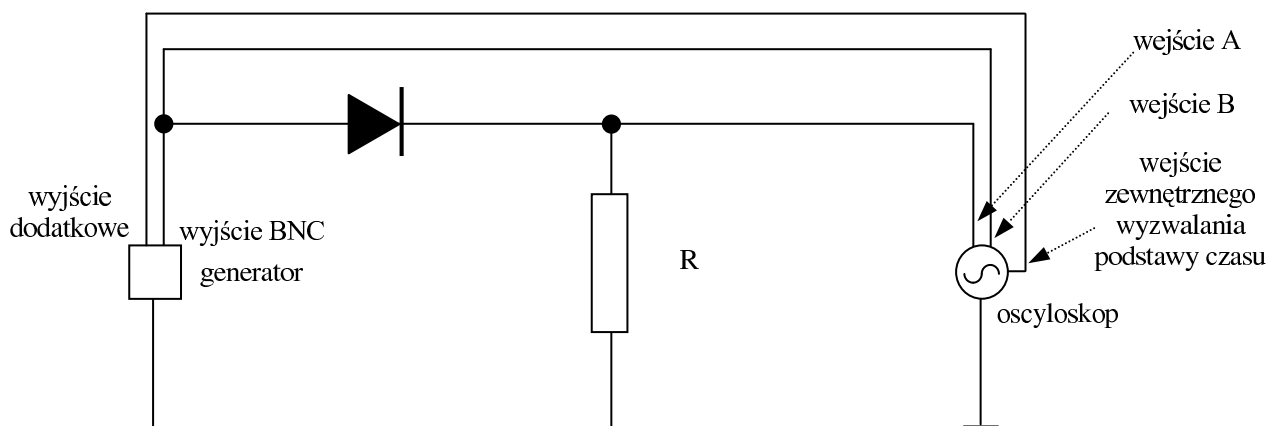
Celem ćwiczenia jest znalezienie charakterystyk prądowych diod

- prostowniczej krzemowej,
- detekcyjnej germanowej,
- Zenera.

Wyznaczenie napięć przewodzenia, czasu trwania impulsów wstecznych i napięcia przebicia diody Zenera.

## Teoria

Do pomiarów własności diod półprzewodnikowych wykorzystuje się układ pokazany na rys.1.



rys.1

Napięcie na diodzie opisuje zmodyfikowane równanie Shockley'a:

$$U_D = \frac{MkT}{e} (\ln I_D - \ln I_G) \quad \text{wz.1}$$

Czyli natężenie prądu na diodzie:

$$I_D = I_G \exp\left(\frac{U_D e}{MkT}\right) \quad \text{wz.2}$$

Natomiast w układzie pomiarowym:

$$I_D = \frac{U_{wy}}{R} \quad \text{wz.3}$$

oraz

$$U_D = U_{we} - U_{wy} \quad \text{wz.4}$$

Gdzie:

M – współczynnik korelacyjny,

k – stała Boltzmana,

T – temperatura ( K ),

e – ładunek elektronu,

$I_G$  – prąd generacji,  
 $R$  – opór układu,  
 $U_{wy}$  – napięcie wyjściowe układu,  
 $U_{we}$  - napięcie wejściowe układu.

### Pomiar

Jako źródła napięcia używałem generatora, do zmierzenia  $R$  użyłem omomierza, a pomiarów napięcia wejściowego  $U_{we}$  i wyjściowego  $U_{wy}$  dokonałem przy użyciu oscyloskopu. Układy montowałem na uniwersalnej płytce montażowej z gotowymi gniazdami BNC.

Do dyspozycji miałem opornik o oporze  $R = 1,004 \text{ k}\Omega$ , oraz diody germanową, krzemową, oraz diodę Zenera. Teoretycznie dla miernika którym się posługiwałem dokładność pomiaru oporów, wynosi 0,2% wartości wskazywanej. Jest to jednak nie najlepsze oszacowanie w przypadku  $R$ , dla którego można odczytać opór z dokładnością 0,001  $\text{k}\Omega$ , czyli dostajemy 0,01% tej wartości.

Impedancja generatora była dana i wynosiła 0,0500  $\text{k}\Omega$ , a jej błąd oszacowałem na 5% tej wartości, czyli 0,0025  $\text{k}\Omega$ .

### Wyniki i ich dyskusja

$$R = 1,0540 \pm 0,0027 \text{ k}\Omega$$

Dla diody germanowej:

$U_D$	$I_D$	$\Delta U_D$	$\Delta I_D$
-2,377	-0,000003112	0,020	0,000000076
-1,757	-0,000002960	0,020	0,000000076
-0,837	-0,000002808	0,020	0,000000076
-0,157	-0,000002657	0,020	0,000000076
-0,117	-0,000002505	0,020	0,000000076
-0,098	-0,000002353	0,020	0,000000076
-0,058	-0,000002049	0,020	0,000000076
-0,038	-0,000001746	0,020	0,000000076
-0,020	0,000000455	0,020	0,000000076
0,055	0,000004326	0,020	0,000000077
0,280	0,0002467	0,022	0,0000095
0,292	0,0009184	0,022	0,0000098
0,300	0,001480	0,022	0,000010
0,400	0,001784	0,022	0,000011
0,190	0,002116	0,022	0,000011

Wartości w tabeli zostały podane w [V] dla  $U_D$  i  $\Delta U_D$  oraz w [A] dla  $I_D$  i  $\Delta I_D$ .

Brak impulsu wstecznego.

Dla diody krzemowej:

$U_D$	$I_D$	$\Delta U_D$	$\Delta I_D$
-2,439	-0,0000009108	0,020	0,0000000023
-0,939	-0,0000007590	0,020	0,0000000019
0,141	-0,0000006072	0,020	0,0000000016
0,220	-0,0000004554	0,020	0,0000000012
0,240	-0,00000022770	0,020	0,00000000059
0,300	0,00000015180	0,020	0,00000000040
0,319	0,0000010626	0,020	0,0000000027
0,334	0,000005237	0,020	0,000000013
0,760	0,0004744	0,020	0,0000023
0,540	0,0010247	0,020	0,0000032
0,490	0,0016034	0,020	0,0000045
0,570	0,0017742	0,020	0,0000049

Wartości w tabeli zostały podane w [V] dla  $U_D$  i  $\Delta U_D$  oraz w [A] dla  $I_D$  i  $\Delta I_D$ .

Oraz  $\tau_\pi = 65,50 \pm 0,04 \mu s$ , i nie zależy od kierunku przewodzenia.

Dla diody Zenera:

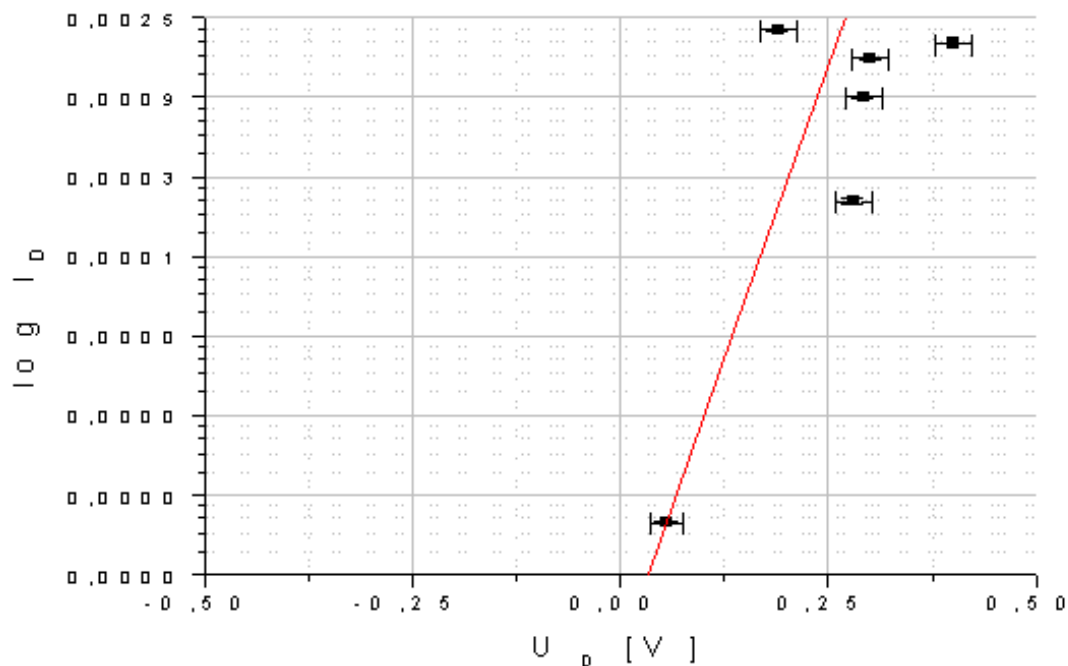
$U_D$	$I_D$	$\Delta U_D$	$\Delta I_D$
-1,884	-0,0005085	0,022	0,0000077
-1,752	-0,0003871	0,022	0,0000077
-1,724	-0,0002808	0,022	0,0000076
-1,500	-0,0001139	0,022	0,0000076
-1,296	-0,0000228	0,022	0,0000076
-1,004	-0,0000152	0,022	0,0000076
0,096	0,0000228	0,022	0,0000076
0,268	0,0000304	0,022	0,0000076
0,572	0,0000455	0,022	0,0000076
0,600	0,0000759	0,022	0,0000076
0,660	0,0003416	0,022	0,0000076
0,570	0,0006357	0,022	0,0000078
0,680	0,0012524	0,022	0,0000082
0,680	0,0016698	0,022	0,0000087

Wartości w tabeli zostały podane w [V] dla  $U_D$  i  $\Delta U_D$  oraz w [A] dla  $I_D$  i  $\Delta I_D$ .

Brak impulsu wstecznego.

Można teraz przedstawić dane na wykresach, aproksymując szukane wielkości :

- Dla diody germanowej:



Aproksymacja prostej  $y = Bx + A$

$$A = -13,994 \pm 0,015$$

$$B = 29,60 \pm 0,36$$

Czyli:

$$I_G = \exp(A)$$

$$I_G = 8,37e-7 \pm 0,13e-7 \text{ A}$$

oraz:

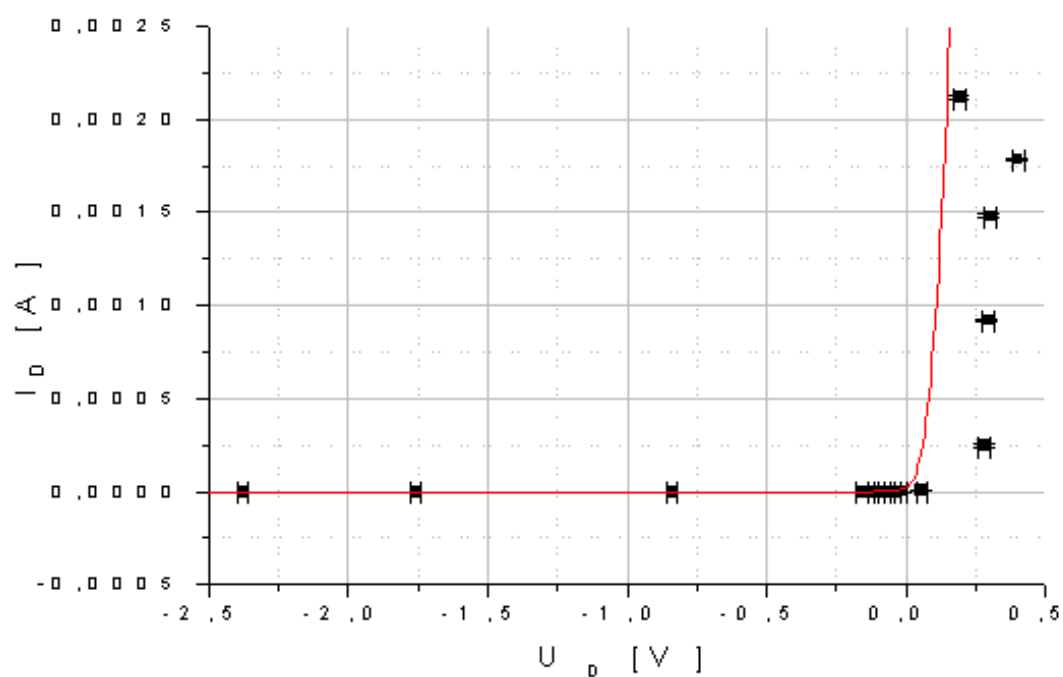
$$M = e/(BkT)$$

zakładając  $T \approx 300 \text{ K}$ :

$$M = 1,307 \pm 0,016$$

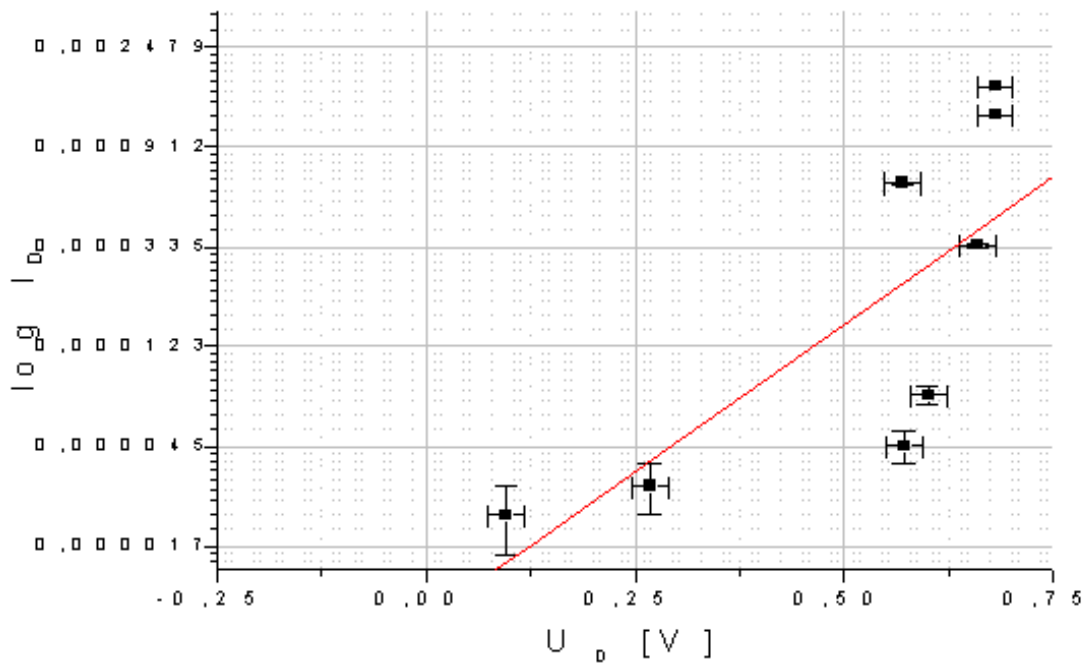
odpowiadają zadanej zależności.

Można teraz przedstawić dane w skali naturalnej





- Dla diody Zenera:



Aproksymacja prostej  $y = Bx + A$

$$A = -11,7 \pm 1,1$$

$$B = 5,9 \pm 2,0$$

Czyli:

$$I_G = \exp(A)$$

$$I_G = 8,3e-6 \pm 9.1e-6 \text{ A}$$

oraz:

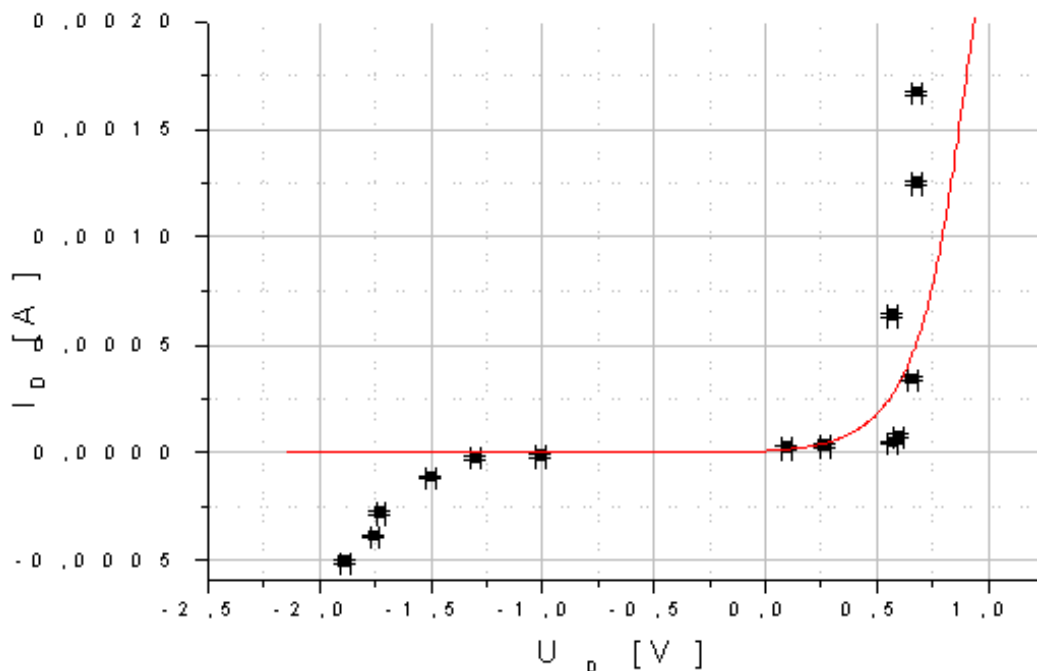
$$M = e/(BkT)$$

zakładając  $T \approx 300 \text{ K}$ :

$$M = 6.6 \pm 2,2$$

odpowiadają zadanej zależności.

Można teraz przedstawić dane w skali naturalnej



Widać również że  $U_Z \approx -1,37 \text{ V}$ ,  $U_P \approx 0,46 \text{ V}$ .

### **Wnioski**

Błąd w pierwszej części wziął się z błędnego wzoru wz.3 (bez sprawdzania przepisałem go ze skryptu).

Tym razem model całkiem dobrze opisuje rzeczywiste wyniki.