

Ćwiczenie 20

Superkondensatory jako metoda magazynowania energii

Patrycja Trybułowska
Zespół 7

18/11/2022

1 Cel ćwiczenia

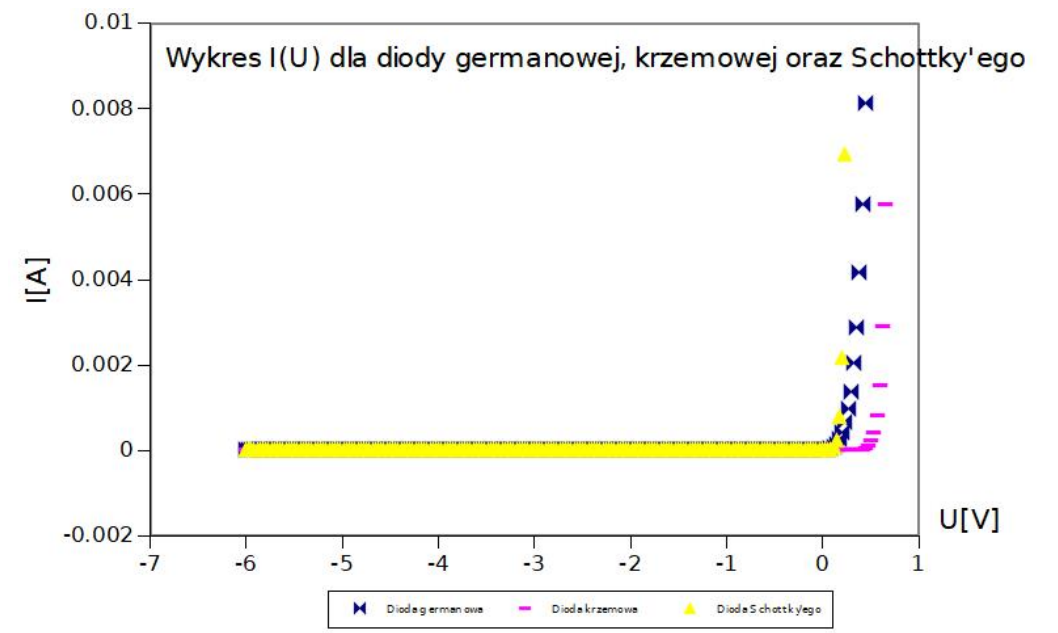
Celem ćwiczenia było zarejestrowanie charakterystyk prądowo-napięciowych złącz p-n dla różnych diod i porównanie ich.

2 Wykonanie

Wykorzystując komputer z odpowiednim oprogramowaniem oraz charakterograf zebrałam charakterystyki prądowo-napięciowe diód. W kolejnej części przeprowadzanego ćwiczenia użyłam także lasera półprzewodnikowego.

Badałam charakterystyki dla diód: krzemowej, germanowej, Schottky'ego (złącze p-n, zbudowane z metalu i półprzewodnika), fotodiody (złącze p-n, w którym występuje zjawisko generacji optycznej nośników prądu), Zenera (dioda półprzewodnikowa, złącze p-n z dużą ilością domieszek), tunelowej (złącze p-n wykonane z półprzewodnika zdegenerowanego). Podczas odczytu wartości z wykresów jako niepewność pomiaru przyjąłm połowe podziałki.

2.1 Wykres badanych diod w kierunku przewodzenia



Rysunek 1: Wykres zależności $I=f(U)$ dla badanych diód

Po przekroczeniu maksymalnego napięcia wstecznego, który jest inny dla każdej z badanych diod, możliwy do zaobserwowania jest gwałtowny wzrost prądu. Jest to moment w którym potencjał anody względem katody przekracza napięcie przewodzenia diody, a zatem dioda zaczyna przewodzić prąd. Zaobserwowane różnice wynikają m.in. z różnych wysokości barier. Gwałtowny wzrost prądu zauważamy dopiero po przyłożeniu odpowiedniego napięcia zewnętrznego przebijającego barierę, której wysokość uzależniona jest od domieszkowania.

2.2 Wyznaczenie napięcia progowego

Zauważamy, że w momencie zaniku bariery zaporowej prąd znacząco rośnie.

W celu wyznaczenia napięcia progowego dla odcinka, w którym prąd układa się w zależność liniową dopasowałam prostą metodą najmniejszych kwadratów i odczytałam punkt przecięcia z osią $0U$ otrzymując napięcia progowe:

- dla diody krzemowej: $\phi_{Si} = 0.42(10)[V]$
- dla diody germanowej: $\phi_{Ge} = 0.17(5)[V]$
- dla diody Schottky'ego: $\phi_{Schottky} = 0.13(5)[V]$

2.3 Wyznaczenie koncentracji domieszek

Dla diody krzemowej i germanowej wyznaczyłam koncentrację domieszek korzystając ze wzoru:

$$e\phi = E_g - kT \ln \frac{N_c N_v}{N_a N_d} \quad (1)$$

$$N_a N_d = \frac{N_c N_v}{\exp\left(\frac{E_g - e\phi}{kT}\right)} \quad (2)$$

gdzie:

- $N_c = N_v = 10^{19} \frac{1}{\text{cm}^3}$ - efektywne gęstości stanów
- $E_g = 1.1\text{eV}$ (dla krzemu) i $E_g = 0.7\text{eV}$ (dla germanu) - wartości przerw energetycznych
- $e = 1.602 \cdot 10^{-19}\text{C}$ - ładunek elementarny
- $k = 1.38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{J}}{\text{K}}$ - stała Boltzmanna
- $T = 23^\circ\text{C} = 293.15\text{K}$ - temperatura pokojowa

Zatem:

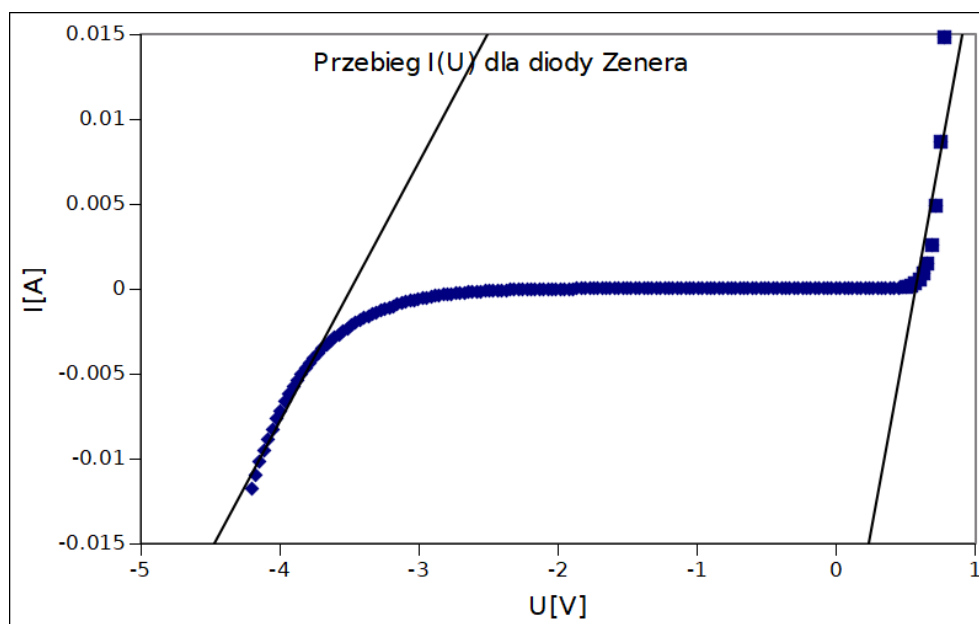
- dla krzemu: $N_a N_d \approx 7.69 \cdot 10^{26} \frac{1}{\text{cm}^3}$
- dla germanu: $N_a N_d \approx 2.01 \cdot 10^{29} \frac{1}{\text{cm}^3}$

2.4 Dioda Zenera

Po dopasowaniu prostych do przebiegu funkcji byłam w stanie odczytać z jednej z nich wysokość bariery potencjału, a z drugiej napięcie Zenera (przecięcie dopasowanej prostej z osią napięcia) otrzymując:

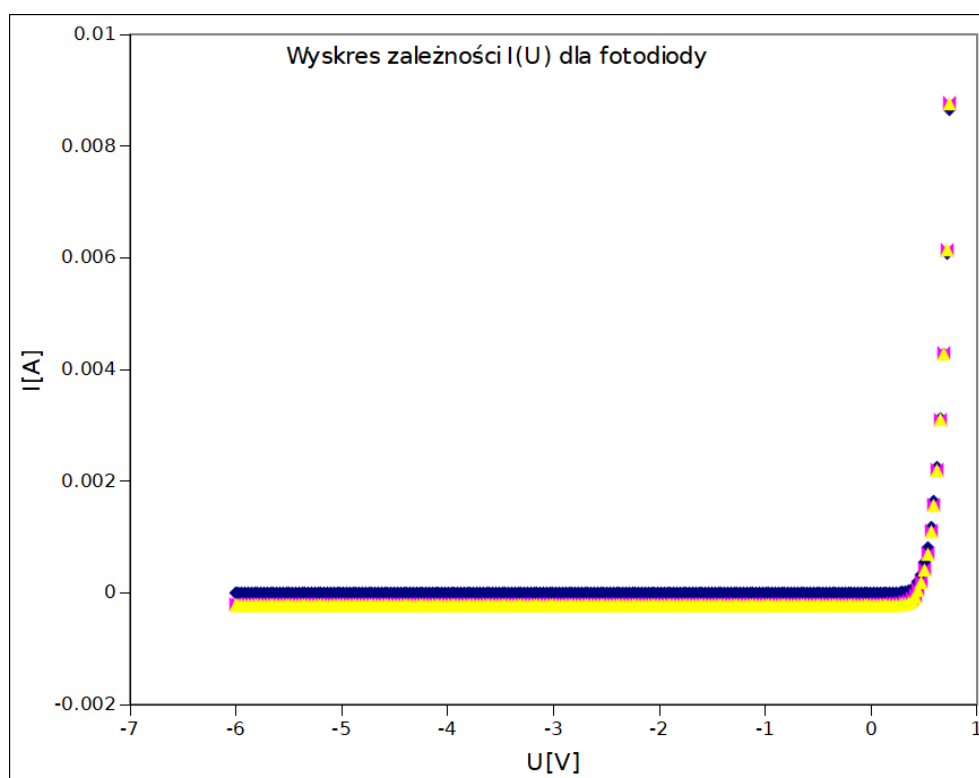
$$\phi_{Zener} = 0.27(10)[\text{V}]$$

$$U_{Zenera} = -3.07(10)[\text{V}]$$



Rysunek 2: Wykres zależności $I=f(U)$ dla diody Zenera

3 Fotodioda

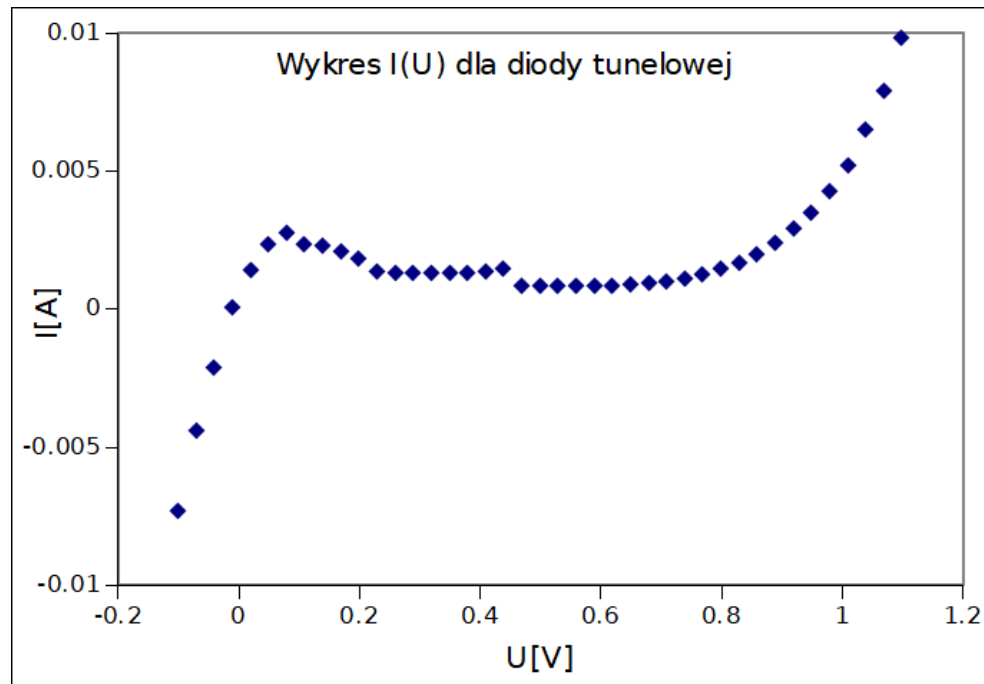


Rysunek 3: Wykres zależności $I=f(U)$ dla fotodiody nieoświetlonej, oświetlonej światłem czerwonym, oświetlonej światłem niebieskim

Oświecając fotodiode zauważyłam, że następuje generacja nośników na złączu, które poruszają się pod wpływem pola elektrycznego tworząc fotoprąd, a tym samym zwiększa się prąd unoszenia.

Wykres pokazuje, że wartość bezwzględna prądu płynącego w kierunku zaporowym jest większa dla fotodiody oświetlonej

4 Wyznaczenie napięcia szczytowego i napięcia doliny dla diody tunelowej



Rysunek 4: Wykres zależności $I=f(U)$ dla diody tunelowej

Z wykresu odczytałam szukane wartości które wynoszą:

$$U_{\text{szczytu}} = 0.11(2)[V]$$

$$U_{\text{doliny}} = 0.47(5)[V]$$

5 Czy diodę podłączamy szeregowo czy równolegle z opornikiem? I w jakim celu?

W układach pomiarowych, aby zmniejszyć natężenie prądu płynącego przez diodę, łączy się ją szeregowo z opornikiem. Jednym z głównych celów tego jest przedłużanie żywotności diody. Zabezpiecza to także ją przed spalaniem.

6 Wnioski

Na podstawie analizy wykresu 1 zauważamy, że najmniejsze napięcie narastania występuje dla diody Schottky'ego, natomiast największe dla diody tunelowej. Zauważamy także, że dioda Schottky'ego ma prawie dwukrotnie mniejszy spadek napięcia w kierunku przewodzenia niż dioda krzemowa. Przebieg diody krzemowej oraz diody germanowej ma podobny kształt, natomiast najniższą wartość bariery potencjału przyjmuje dioda Schottky'ego

Na rysunku 4, który przedstawia przebieg funkcji diody tunelowej zauważamy zjawisko Zenera. Obserwujemy także zjawisko tunelowania, które sprawia że przy wzroście napięcia przewodzenia, natężenie prądu diody wzrasta bardzo gwałtownie.

Charakterystyka fotodiody pozwala stwierdzić, że wraz ze wzrostem długości fali świetlnej oświecającej fotodiodę zwiększa się prąd unoszenia. Spowodowane jest to generacją nośników porszających się pow wpływem pola elektrycznego tworząc fotoprąd.