

Badanie charakterystyki diody

Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest poznanie charakterystyk prądowo napięciowych różnych diod półprzewodnikowych.

Wstęp

Diody jest jednym z podstawowych elementów elektronicznych, charakteryzuje się tym że pozwala na przepływ prądu tylko w jednym kierunku. Dzięki tej własności znalazła bardzo liczne zastosowania.

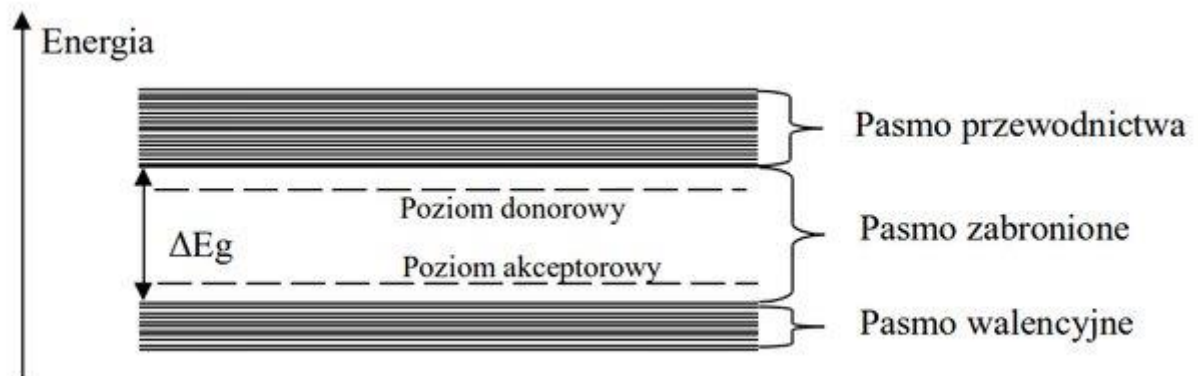
Żeby zrozumieć działanie diody trzeba poznać własności elektryczne materiału z którego jest zrobiona, tj. półprzewodnika.

Półprzewodniki są to materiały, w których przewodnictwo elektryczne bardzo silnie zależy od temperatury.

Jak wiemy z teorii zaproponowanej przez Nielsa Bohra dla pojedynczego atomu, elektrony krążą wokół jądra na ściśle określonych orbitach. W przypadku kiedy atomy zbliżają się do siebie, co ma miejsce w ciałach stałych, poszczególne orbity rozszczepiają a się tworząc pasma energetyczne. Pasma wytworzone z pasm elektronów walencyjnych nazywamy pasmem walencyjnym lub podstawowym, zaś kolejne, w skali energii wyżej położone pasmo, nazywamy pasmem przewodnictwa. W półprzewodnikach i izolatorach pasma energetyczne oddzielone są przerwą energetyczną, zabronioną dla elektronu, tzn. nie może istnieć elektron posiadający energię w obszarze przerwy. Żeby elektron mógł brać udział w przewodzeniu prądu musi przejść z pasma walencyjnego do pasma przewodnictwa. W metalach takie przejście elektronu nie wymaga dostarczenia mu dodatkowej energii, dzięki czemu metale są dobrymi przewodnikami. W półprzewodniku żeby elektrony mogły przejść z pasma walencyjnego do pasma przewodnictwa trzeba im dostarczyć pewnej energii, niekiedy znacznie większej niż energia termiczna, tj energia drgań cieplnych. Wielkość przerwy energetycznej jest podstawowym parametrem charakteryzującym półprzewodnik. Dla podstawowych półprzewodników jest ona rzędu 0,5-2,4 [eV] (german 0,6 eV, krzem-1,1 eV, GaAs 1,4eV).

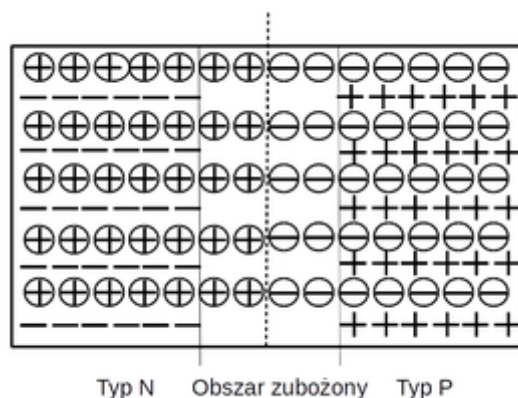
Jeżeli w procesie technologicznym do czterwartościowego półprzewodnika (np Ge Si) dodamy pięciwartościowa domieszkę (np fosfor lub arsen) to nadmiarowy elektron tworzy poziom domieszki i łatwo może zostać uwolniony do pasma przewodnictwa. Mówimy wówczas o przewodnictwie elektronowym a półprzewodnik nazywamy półprzewodnikiem typu N (donorowy). Podobnie dodanie pierwiastka trójwartościowego (bor, gal), spowoduje brak wysyczonego wiązania w krzemie lub germanie (dziurę). Powstaje pasmo domieszkowe, na które elektrony z pasma walencyjnego łatwo mogą się przemieścić. Taki półprzewodnik może także przewodzić prąd- elektrony mogą się przemieszczać zajmując wolne poziomy w paśmie walencyjnym - mówimy wówczas o przewodnictwie dziurowym a półprzewodnik nazywamy półprzewodnikiem typu P.

Rys.1. schematycznie ilustruje model pasmowy półprzewodnika.



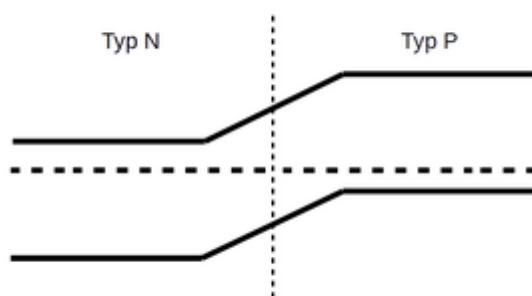
Rys.1. Model pasmowy półprzewodnika

Jeśli połączymy ze sobą oba typy półprzewodnika, wówczas elektrony z typu N przemieszczą się do obszaru typu P, pozostawiając nieskompensowany ładunek dodatni w obszarze N i powodując nadmiar ładunku ujemnego w obszarze P. Ilustruje to Rys.2. gdzie krzyżyk symbolizuje dodatnią swobodną dziurę, krseka swobodny ujemny elektron a kółko oznacza że elektron lub dziura są związane z atomem domieszki.



Rys.2. Złącze p-n

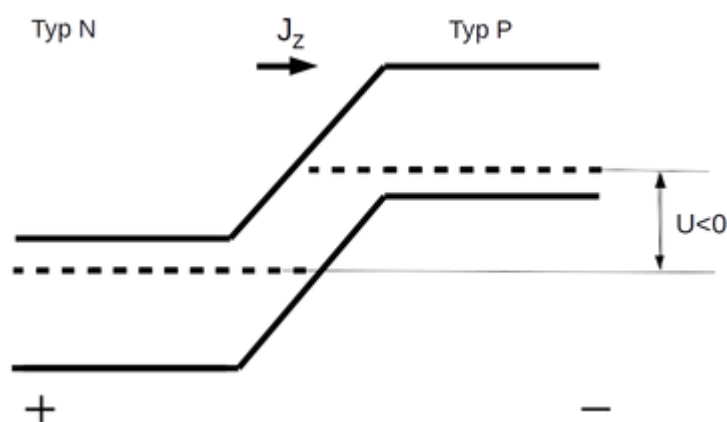
Powstaje warstwa ładunku przestrzennego, która uniemożliwia dalsze przemieszczanie się elektronów. Ta warstwa ładunkowa powoduje wytworzenie różnicy potencjałów pomiędzy oboma typami półprzewodnika. Można to zilustrować na rysunku 3:



Rys.3. Układ pasm energetycznych złącza niespolaryzowanego

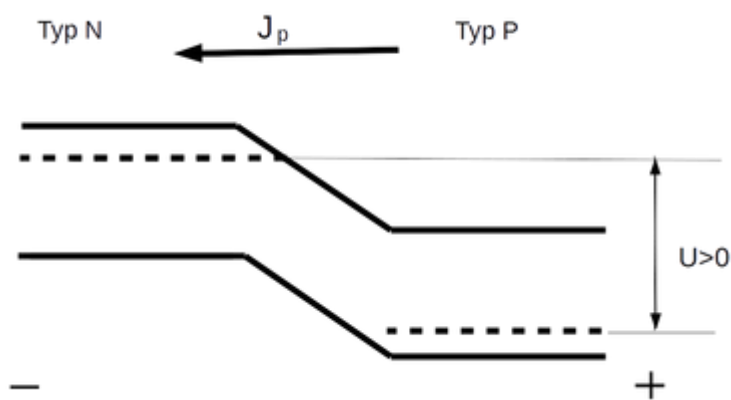
W takim niespolaryzowanym złączu może płynąć dyfuzyjny prąd elektronowy z obszaru N do P, ale elektrony muszą pokonać barierę potencjału, zatem jest to prąd bardzo mały. Z obszaru P do N może płynąć prąd zwany prądem unoszenia (elektrony przyspieszane są polem elektrycznym) ale z kolei w obszarze P elektronów jest bardzo mało więc również ten prąd jest bardzo mały. Podobne rozważania można przeprowadzić dla dziur, zatem wszystkie prądy, przy braku polaryzacji są bardzo małe a w sumie dają prąd zerowy.

Przyłożenie ujemnego napięcia do obszaru P powoduje zwiększenie wysokości bariery co ilustruje rys.4.



Rys.4. Układ poziomów energetycznych przy ujemnej polaryzacji złącza

Ujemna polaryzacja odpycha elektrony od granicy złącza powoduje zmniejszenie elektronowego prądu dyfuzyjnego. Jednocześnie zwiększa się nieco prąd unoszenia z obszaru typu P ale wciąż jest bardzo mały. Mówimy że złącze jest spolaryzowane w kierunku zaporowym.



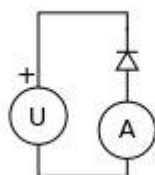
Rys.5. Układ poziomów energetycznych przy dodatniej polaryzacji złącza

Dodatnia polaryzacja złącza likwiduje barierę i elektrony mogą swobodnie przepływać do obszaru typu P. Prąd w układzie rośnie wraz ze zwiększaniem napięcia. Taką polaryzację złącza nazywamy kierunkiem przewodzenia.

Opis układu pomiarowego

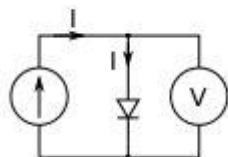
Układ pomiarowy zawiera zasilacz prądowy, zasilacz napięciowy (źródła prądowe i napięciowe), mierniki napięcia i prądu, oraz zestaw sterowanych przełączników (przełączników) umożliwiających podłączenie źródła prądowego i woltomierza albo źródła napięciowego i amperomierza do diody. Dodatkowo zamontowano matrycę przełączników pozwalającą na dołączenie jednej spośród czterech diod do wybranego miernika. Ze względu na nieliniowość charakterystyki diody (oraz zależności temperaturowe) zastosowano różne układy do pomiaru charakterystyk w kierunkach przewodzenia i zaporowym.

Przy pomiarze charakterystyki wstecznej diody prąd płynący w obwodzie jest mały i posiada silną zależność temperaturową, więc lepiej jest sterować napięciem i wykonywać pomiary prądu - w ten sposób układ pomiarowy jest stabilniejszy. Stosujemy układ przedstawiony na rysunku 5.



Rys.5.

Przy pomiarach charakterystyk w kierunku przewodzenia mamy do czynienia z sytuacją odwrotną - napięcie na diodzie zmienia się w niewielkim zakresie, natomiast prąd rośnie w sposób wykładniczy w zależności od napięcia, dlatego aby zachować stabilność układu pomiarowego sterujemy prądem płynącym przez diodę i dokonujemy pomiaru napięcia. Stosujemy układ przedstawiony na rys.6.



Rys.6.

W obwodzie używanym w ćwiczeniu zamontowano cztery diody:

- Diodę Schottky'ego - czyli złącze metalu z półprzewodnikiem. Charakteryzuje się ona niskim napięciem przewodzenia, ale posiada dość duży prąd wsteczny.
- LED - czyli diodę świecącą. Ze względu na użycie półprzewodnika o dużej przerwie energetycznej LED ma wysokie napięcie przewodzenia.
- Diodę Zenera - czyli diodę w której występuje zjawisko przebicia wstecznego (nagły wzrost prądu w kierunku zaporowym) przy niskim napięciu.
- Diodę germanową (stosowaną w układach w cz.)

Wykonanie ćwiczenia

Po uruchomieniu ćwiczenia przyciskiem 'Połącz' należy wybrać tryb pomiaru - można mierzyć charakterystyki diod w kierunku przewodzenia albo w kierunku zaporowym.

Po wybraniu trybu pomiaru wybieramy mierzoną diodę, oraz wprowadzamy początkowe i końcowe napięcie oraz krok w przypadku pomiaru charakterystyk w kierunku zaporowym, albo początkowy i końcowy prąd oraz krok w przypadku pomiaru charakterystyk w kierunku przewodzenia.

Po naciśnięciu przycisku Start rozpoczyna się cykl pomiarowy. Komputer sterujący podłącza źródło napięciowe albo prądowe do wybranej diody, oraz amperomierz albo woltomierz w zależności od trybu pomiaru. Po ustawieniu zadanych nastaw wykonywany jest pomiar, nastawy są aktualizowane dla następnego punktu pomiarowego, po czym procedura rozpoczyna się od początku. Pomiar Wyniki pomiarów są na bieżąco przesyłane na komputer użytkownika i prezentowane w postaci wykresu charakterystyki napięciowo-prądowej diody.

Opracowanie wyników

Wykonujemy wykresy zależności prądu od napięcia dla wszystkich badanych diod. Porównujemy uzyskane wyniki.