

Lekcja 15

Temat: Prąd elektryczny w różnych środowiskach.

Pod wpływem pola elektrycznego (przyłożonego napięcia) w materiałach, w których istnieją ruchliwe nośniki ładunku dochodzi do zjawiska przewodzenia prądu elektrycznego.

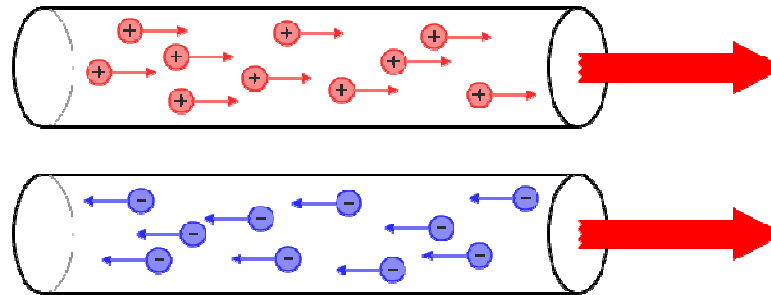
Materiały, które dobrze przewodzą prąd elektryczny to przewodniki. Oporność właściwa dobrych przewodników jest rzędu $10^{-8} - 10^{-6} \Omega \cdot m$.

Dielektryk (izolator elektryczny) to materiał, w którym bardzo słabo przewodzony jest prąd elektryczny. Może to być rezultatem niskiej koncentracji ładunków swobodnych, niskiej ich ruchliwości, lub obu tych czynników równocześnie. Oporność właściwa dielektryków jest większa od $10^6 \Omega \cdot m$.

Półprzewodniki mają oporność właściwą pośrednią między metalami a izolatorami. Ich przewodnictwo zwykle mocno rośnie ze wzrostem temperatury.

Specyficzną formą przewodnictwa jest nadprzewodnictwo – występujący w niektórych materiałach efekt prowadzący do tego, że w odpowiednio niskiej temperaturze ma on zerową rezystancję. W nadprzewodnikach zachodzą również inne zjawiska, na przykład efekt Meissnera. Większość materiałów wykazuje nadprzewodnictwo dopiero w bardzo niskiej temperaturze.

Prąd elektryczny jest w istocie ruchem cząstek obdarzonych ładunkiem, zwanych nośnikami ładunku. Umownie przyjęło się określać kierunek przepływu prądu poprzez opisanie ruchu ładunków dodatnich, niezależnie od tego jaki jest rzeczywisty znak i kierunek ruchu nośników w danym materiale.



Umowny kierunek przepływu prądu.

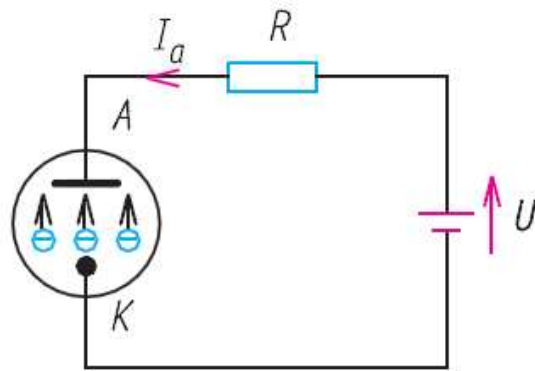
W metalach (zarówno stałych, jak i w stanie ciekłym) nośnikami ładunku są elektrony. Elektrony znajdujące się w paśmie przewodnictwa mogą swobodnie się przemieszczać w objętości metalu. Dlatego wszystkie metale są dobrymi przewodnikami.

W elektrolitach, zarówno ciekłych, jak i stałych nośnikami ładunku są ruchliwe jony – ujemne aniony i dodatnie kationy. W niektórych elektrolitach występują ruchliwe jony obu znaków, w innych tylko jednego.

W gazach nośnikami prądu są jony, zarówno dodatnie jak i ujemne.

W próżni i rozrzedzonych gazach można wytworzyć wolne elektrony, których ruch jest prądem elektrycznym.

Prąd elektryczny w próżni



Rys. 3.7. Obwód składający się z lampy elektro-
nowej, ogniwa i rezystora

Obecnie omówimy budowę i działanie lampy dwuelektrodowej, czyli elementu prostowniczego – diody (**rys. 3.7**). Lampa ta ma dwie elektrody umieszczone w bańce szklanej, w której istnieje próżnia. Jedną elektrodą, zwaną anodą A , jest dołączona do bieguna dodatniego ogniwa, a druga elektroda, zwaną katodą K , jest dołączona do bieguna ujemnego ogniwa. Różnica potencjałów występująca między elektrodami wywołuje w próżni pole elektryczne. Pole to jest konieczne do powstania prądu, ale nie stanowi warunku wystarczającego. Prąd elektryczny nie może powstać, gdyż w próżni nie występują elektrony swobodne.

Wobec tego do przestrzeni międzyelektrodowej należy wprowadzić cząstki obdarzone ładunkiem. Można to osiągnąć, wykorzystując zjawisko emisji elektronów, tj. zjawisko fizyczne umożliwiające otrzymywanie elektronów swobodnych z powierzchni ciał stałych.

Elektron swobodny poruszający się z pewną prędkością (mający pewną energię kinetyczną) może opuścić katodę. W tej chwili jednak katoda, której zabrakło elektronów, staje się dodatnia i zaczyna przyciągać elektron. Na elektron oddziałuje też pole elektryczne wywołane różnicą potencjałów między katodą i anodą, powodując przyciąganie elektronu przez anodę. Blisko katody dominuje siła przyciągania katody, dalej – anody. Jeżeli elektron zdoła dotrzeć do miejsca, gdzie dominuje oddziaływanie anody, to nie zawróci do katody, lecz dotrze do anody i popłynie prąd elektryczny. Elektron musi mieć dostatecznie dużą prędkość, aby zdołał pokonać hamujące działanie katody i wejść w obszar przyciągania anody (jest tu analogia do wymaganej prędkości podczas lotu z Ziemi na Księżyc). Zamiast mówić o prędkości początkowej elektronu, możemy mówić o jego energii, gdyż oddalenie się od katody wymaga wykonania pewnej pracy,

zwanej **pracą wyjścia**. Pracę wyjścia W_0 można wyrazić wzorem:

$$W_0 = eU_0 \quad (3.24)$$

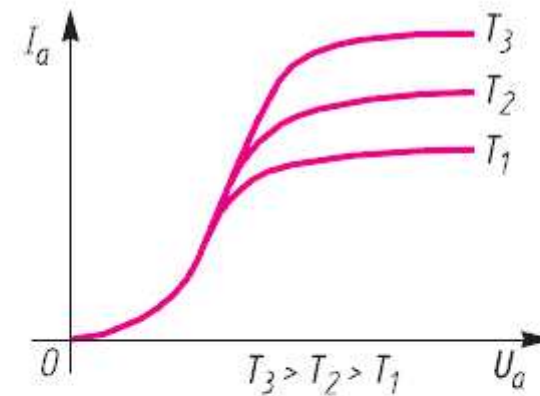
w którym e oznacza ładunek elektronu, a U_0 jest nazywane **barierą potencjału**.

Jednym ze sposobów ułatwienia emitowania elektronów z katody jest jej podgrzanie. Wyzwalanie elektronu z metalu dzięki energii cieplnej nosi nazwę zjawiska **emisji termoelektronowej**. Źródło elektronów swobodnych w lampie elektronowej, którym jest katoda, nazywamy **emiterem**. Katody (wolframowe) są nagrzewane do temperatury $1900 \div 2200^\circ\text{C}$. Emisja elektronów z katody może następować również w inny sposób niż kosztem energii cieplnej.

Na przykład **emisja fotoelektronowa (fotoemisja)** następuje w wyniku działania promieniowania świetlnego na katodę (wykonaną z metalu o małej pracy wyjścia).

Elektrony emitowane z katody tworzą wokół niej chmurę elektronową o ujemnym ładunku przestrzennym. Dzięki działaniu w przestrzeni międzyelektrodowej pola elektrycznego część elektronów z tej chmury kieruje się do anody. W ten sposób powstaje prąd zwany prądem anodowym i oznaczany przez I_a . Należy zwrócić uwagę na fakt, że zwiększanie napięcia anodowego nie powoduje nieograniczonego zwiększania prądu anodowego; prąd anodowy jest zwiększany tylko do wartości zwanej prądem nasycenia. Charakterystyka prądowo-napięciowa diody jest nieliniowa, a jej przebieg zależy dodatkowo od temperatury katody (rys. 3.8).

Jeżeli dołączamy katodę do zacisku (+) źródła, a anodę do zacisku (-), to kierunek pola elektrycznego w lampie zmienia się, w związku z czym elektrony zaczną przesuwać się do katody. Wobec tego prąd



Rys. 3.8. Charakterystyki prądowo-napięciowe diody dla różnych wartości temperatury katody

w lampie nie płynie. Lampa przewodzi prąd tylko w jednym kierunku. Należy ona do grupy elementów zwanych **zaworami elektrycznymi**. Charakterystyka rozpatrywanej lampy próżniowej jest niesymetryczna. ▲

Przewodniki drugiego rodzaju są cieczami. Posiadają jony dodatnie (kationy) oraz jony ujemne (aniony), będące nośnikami ładunku elektrycznego. Ich uporządkowany ruch wywołany oddziaływaniem zewnętrznego pola elektrycznego to prąd elektryczny.

Prąd elektryczny w półprzewodnikach jest uporządkowanym ruchem elektronów lub dziur pod wpływem oddziaływania zewnętrznego pola elektrycznego.

Prąd elektryczny może przepływać przez gaz, jeżeli znajdują się w nim nośniki ładunku elektrycznego – elektrony lub jony dodatnie, na które będzie działać zewnętrzne pole elektryczne. W normalnych warunkach gazy są dielektrykami. Nośniki ładunku elektrycznego pojawiają się w gazie na skutek jonizacji. Jest to proces oderwania od elektrycznie obojętnego atomu lub cząsteczki gazu jednego lub wielu elektronów.

Do zaistnienia jonizacji potrzebna jest energia dostarczona z zewnątrz; może to być energia cieplna (wtedy mówimy o jonizacji termicznej). Pole elektryczne może dostarczyć atomom gazu dużej energii kinetycznej i wówczas zachodzi zjawisko jonizacji zderzeniowej.

Fotojonizacja zachodzi w gazie, jeśli dostarczona zostanie do niego energia świetlna. Zjonizowany gaz przewodzi prąd elektryczny, co obserwujemy jako wyładowanie elektryczne. Wyładowanie elektryczne może być niesamoistne lub samoistne.

To pierwsze, po usunięciu zewnętrznego czynnika jonizującego zanika, drugie zaś nadal się utrzymuje. Wyładowania samoistne mogą być:

- jarzeniowe – gdy zjonizowany gaz świeci (wykorzystuje się je w reklamach świetlnych),
- iskrowe – wywołane polem elektrycznym; towarzyszy mu przeskoczenie iskry między elektrodami,
- ulotne – gdy gaz świeci jedynie w otoczeniu elektrody,
- łukowe – wykorzystywane w celach oświetleniowych, występują tu efekty świetlne i ciepłe.

Próżnia jest również dielektrykiem, ale w określonych warunkach przewodzi prąd elektryczny. Przykładem wykorzystania tego zjawiska jest lampa elektronowa – dioda, która posiada dwie elektrody: katodę, emitującą swobodne elektrony, oraz anodę przyciągającą je.

Warunkiem koniecznym do przepływu prądu jest pole elektryczne wywołane różnicą potencjałów pomiędzy anodą i katodą. Elektrony swobodne wyzwalamy z katody kosztem energii cieplnej w wyniku termoemisji lub poprzez oddziaływanie na nią promieniowania świetlnego, dzięki fotoemisji.