

Zasady przewodzenia prądu przez półprzewodniki

Przewodniki, półprzewodniki i izolatory

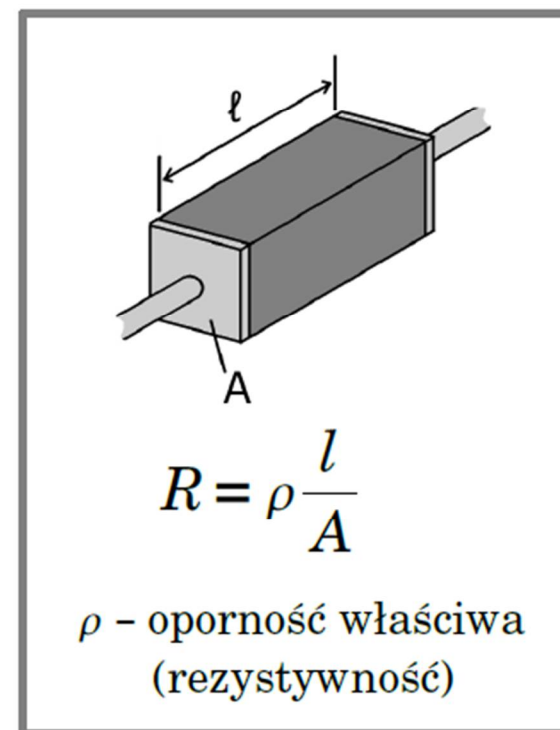
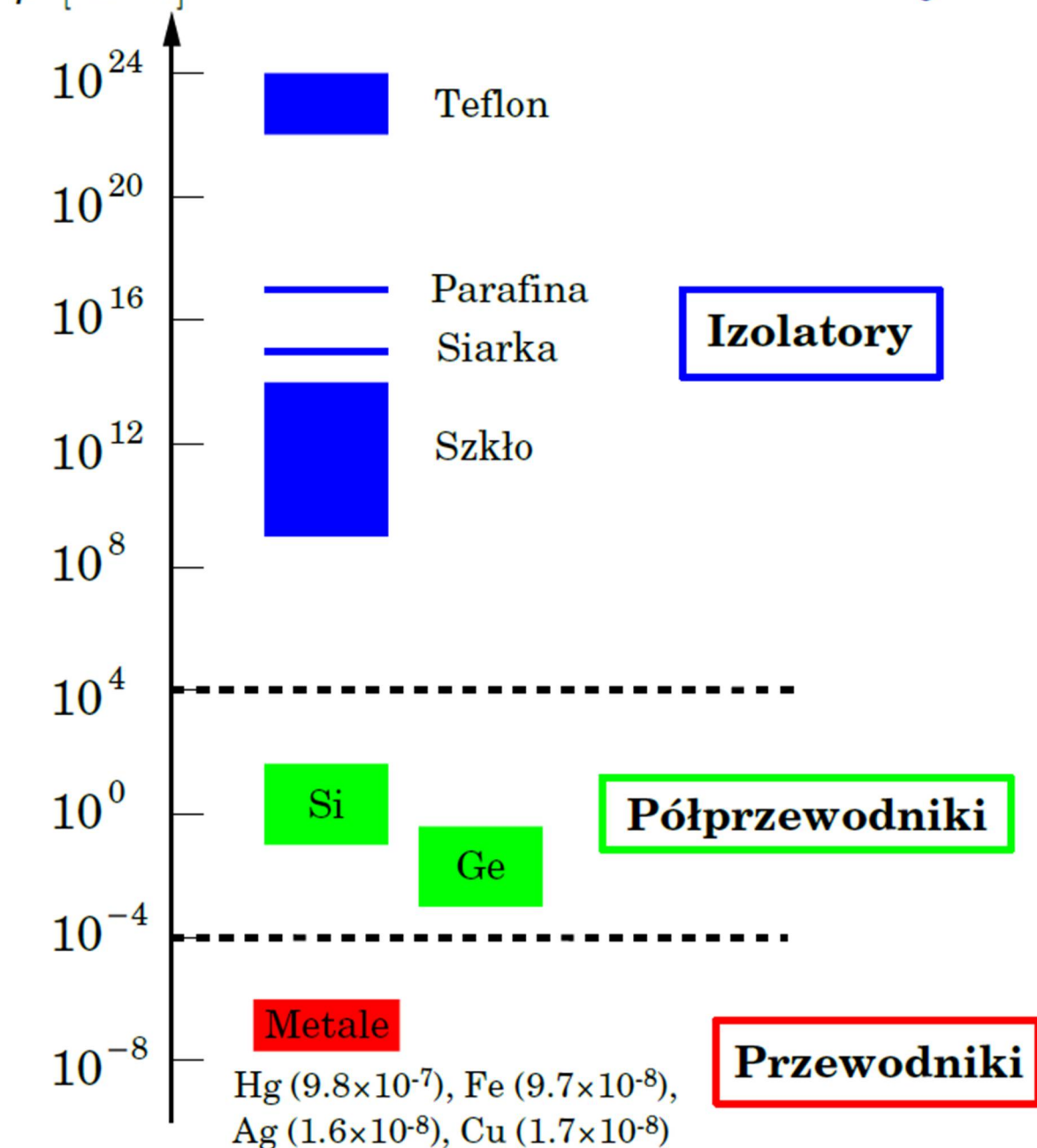
W przewodnikach ładunki elektryczne mogą się swobodnie poruszać wewnątrz przewodnika.

Rzeczywistymi nośnikami ładunku elektrycznego w metalach są elektrony swobodne. Kiedy oddzielne atomy łączą się tworząc metal, najbardziej zewnętrzne elektrony atomów przestają być związane z poszczególnymi atomami i mogą się swobodnie poruszać w całej objętości metalu. W metalach mogą swobodnie poruszać się tylko ładunki ujemne. Ładunki dodatnie są nieruchome.

W izolatorach (dielektrykach) ładunki są unieruchomione.

Istnieje pewna grupa materiałów zwanych półprzewodnikami, które pod względem przewodnictwa zajmują miejsce pośrednie pomiędzy przewodnikami a izolatorami. Najbardziej znane to krzem i german.

Przewodnictwo elektryczne ciał stałych

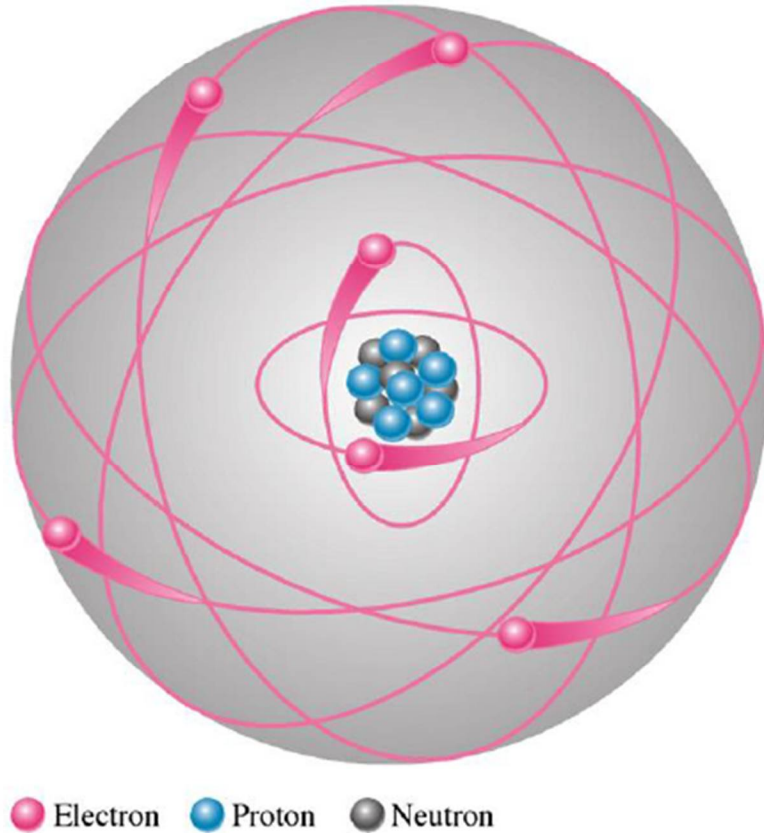


Rezystywność półprzewodników:

- silnie zależy od zanieczyszczeń
- maleje z temperaturą

Rezystywność metali
rośnie z temperaturą

Model atomu Bohra



Niels Bohr - 1915

- elektrony krążą wokół jądra
- jądro jest zbudowane z:
 - i) dodatnich protonów
 - ii) neutralnych neutronów

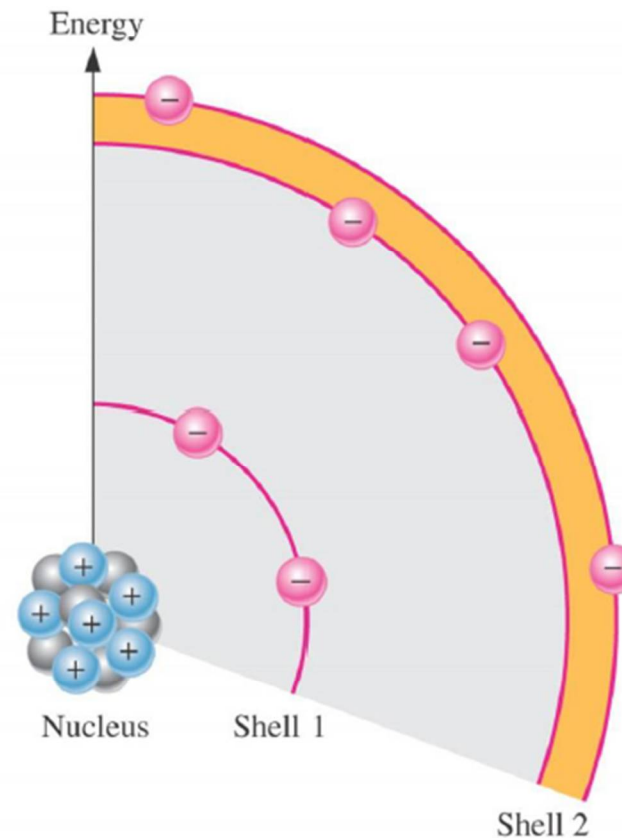
Liczba atomowa = liczbie protonów w jądrze

Kolejność atomów w tablicy układu okresowego wynika z liczby atomowej

Budowa atomu

Powłoki i orbity

- Orbity grupują się w powłoki (ang. shells)
- Różnice energii pomiędzy poziomami w obrębie powłoki są $\ll$ od różnic energii pomiędzy powłokami
- Energia elektronu rośnie ze wzrostem odległości od jądra



Przewodniki

- Atom może być przedstawiony jako powłoka walencyjna i rdzeń
- Rdzeń składa się z wewnętrznych powłok i jądra

Atom węgla:

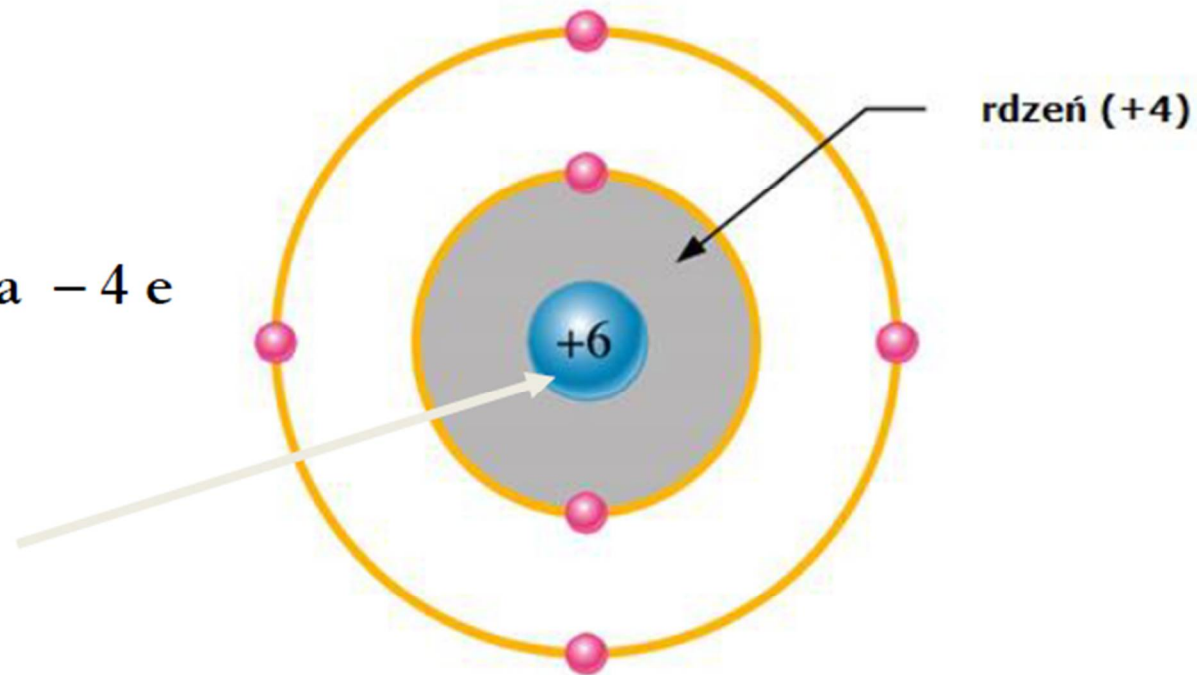
-powłoka walencyjna – 4 e

-wewnętrzna – 2 e

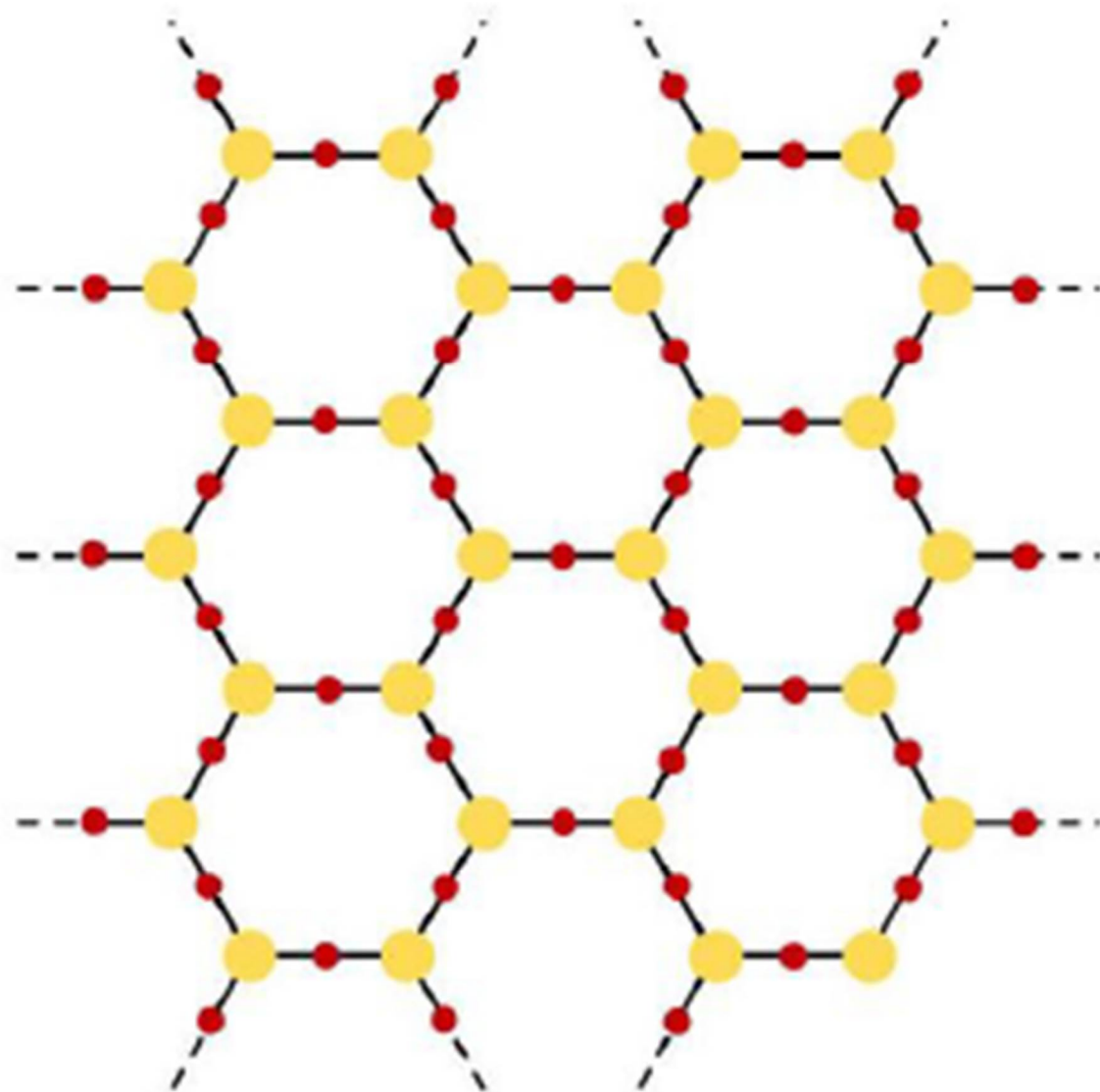
Jądro:

-6 protonów

-6 neutronów

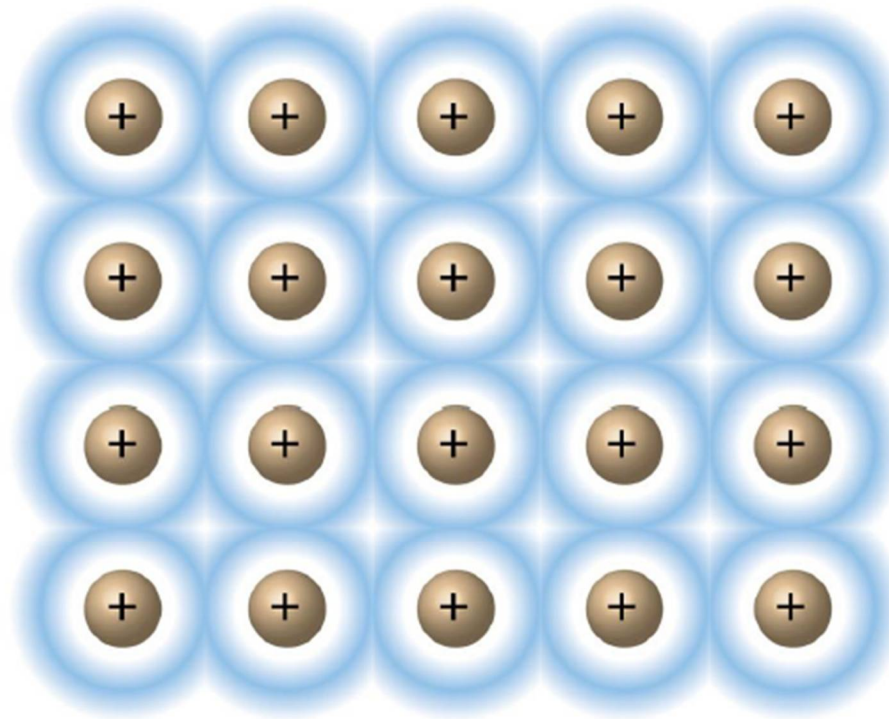


Kryształy



Przewodniki

- **material przewodzący prąd elektryczny**
- **najlepsze przewodniki są jednoatomowe (Cu, Ag, Au, Al)**
- **jeden elektron walencyjny słabo związany z atomem – swobodny elektron**



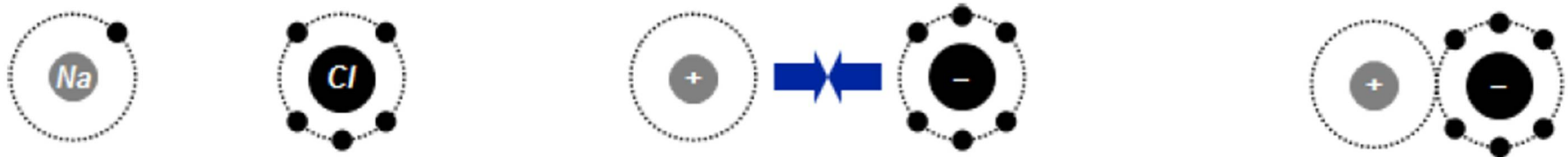
Półprzewodniki i izolatory

Półprzewodnik

- materiał, który przewodzi prąd elektryczny lepiej niż izolator i gorzej niż przewodnik
- powszechnie używane półprzewodniki: krzem(Si), german Ge)
- te półprzewodniki posiadają 4 elektrony walencyjne

Izolator

- materiał nie przewodzący prądu elektrycznego
- elektrony walencyjne są mocno związane z atomem, brak swobodnych elektronów, np. NaCl

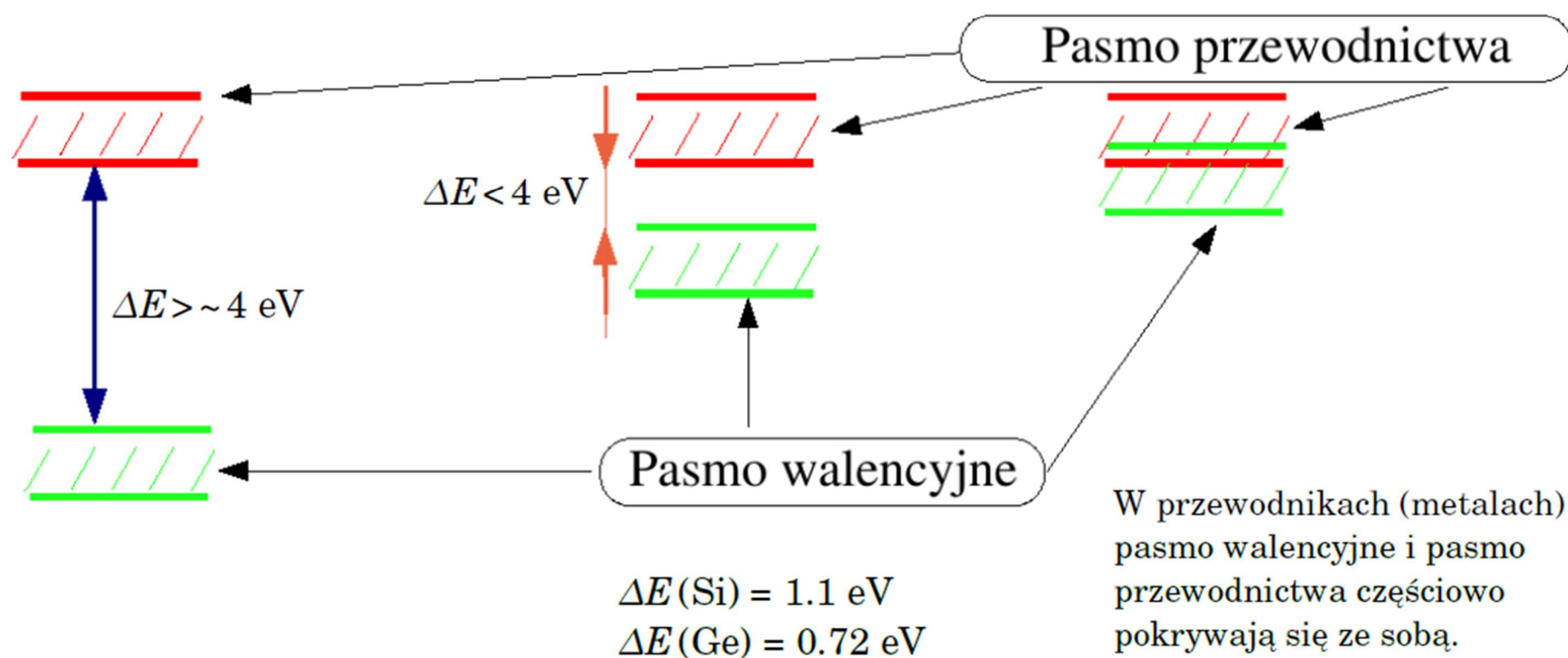


Rodzaje materiałów krystalicznych

IZOLATORY

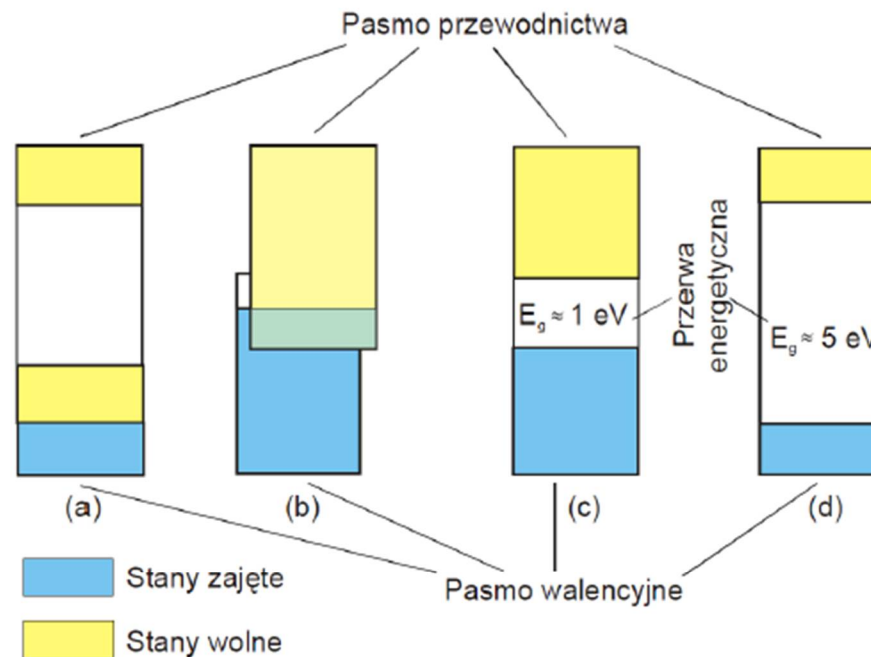
PÓŁPRZEWODNIKI

PRZEWODNIKI



W przewodnikach (metalach) pasmo walencyjne i pasmo przewodnictwa częściowo pokrywają się ze sobą. Istnieje koncentracja swobodnych elektronów w paśmie przewodnictwa, które są nośnikami prądu.

- Zbliżenie atomów w kryształach prowadzi do rozszczepienia poziomów energetycznych. Istotnemu rozszczepieniu ulegają stany elektronów walencyjnych.
- Rozszczepione poziomy grupują się w pasma
- Najwyższe pasmo obsadzone elektronami w niemetalach nazywa się pasmem walencyjnym.
- Sąsiednie wyższe pasmo nazywa się pasmem przewodnictwa.
- Obszar energii zawartej pomiędzy pasmami, niedozwolony dla elektronów nazywa się przerwą wzbronioną.



a) i b) - metale, c) półprzewodnik (przerwa wzbr. 1eV-umownie), d) izolator

Porównanie atomu półprzewodnika i przewodnika

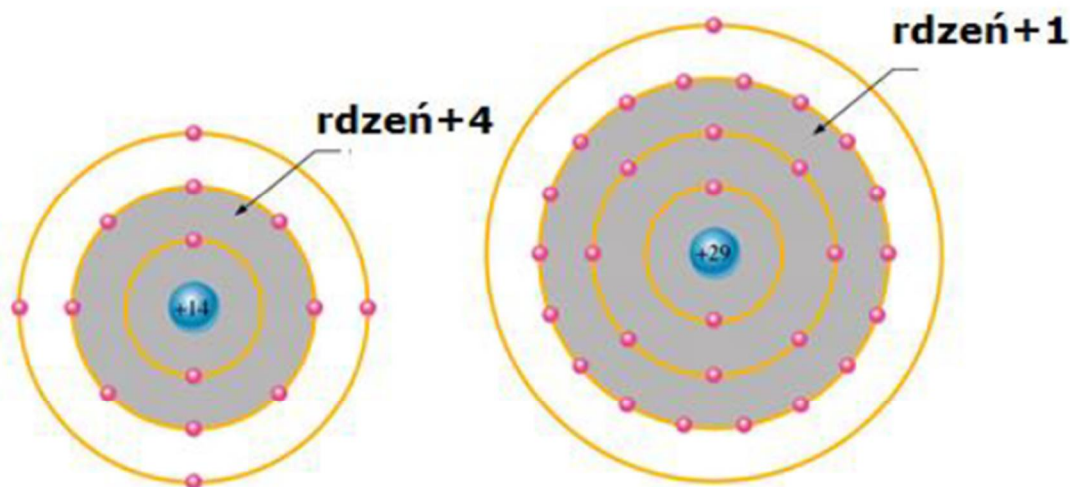
Atom Si:

- 4 elektrony walencyjne
- półprzewodnik
- Konfiguracja elektronowa: 2:8:4

Atom Cu:

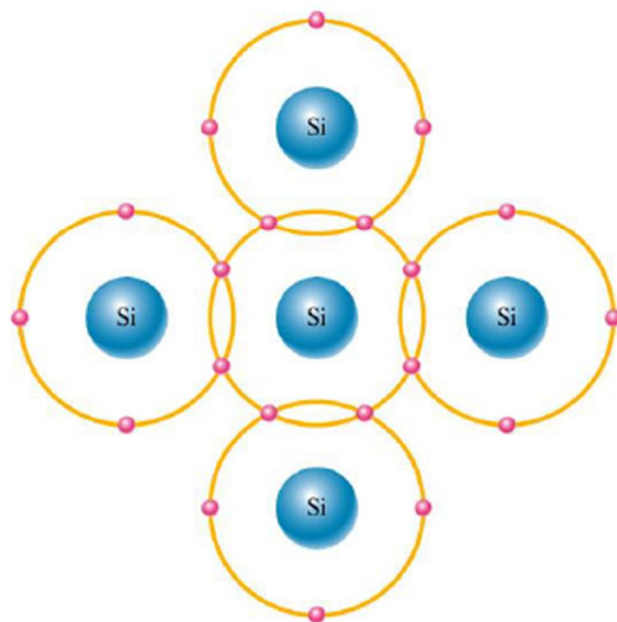
- Tylko 1 elektron walencyjny
- Dobry przewodnik
- Konfiguracja elektronowa: 2:8:18:1

14 protonów
14 jąder
10 elektronów na
powłokach
wewnętrznych

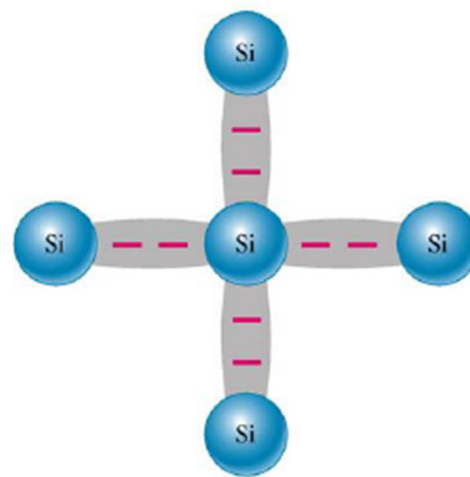


29 protonów
29 jąder
28 elektronów na
powłokach
wewnętrznych

Kryształ krzemu – wiązanie kowalencyjne

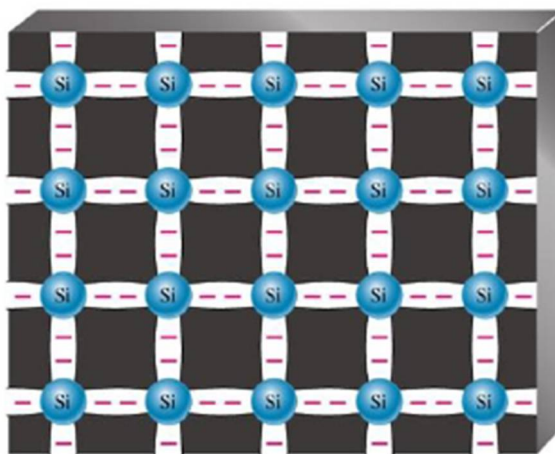


(a) The center atom shares an electron with each of the four surrounding atoms, creating a covalent

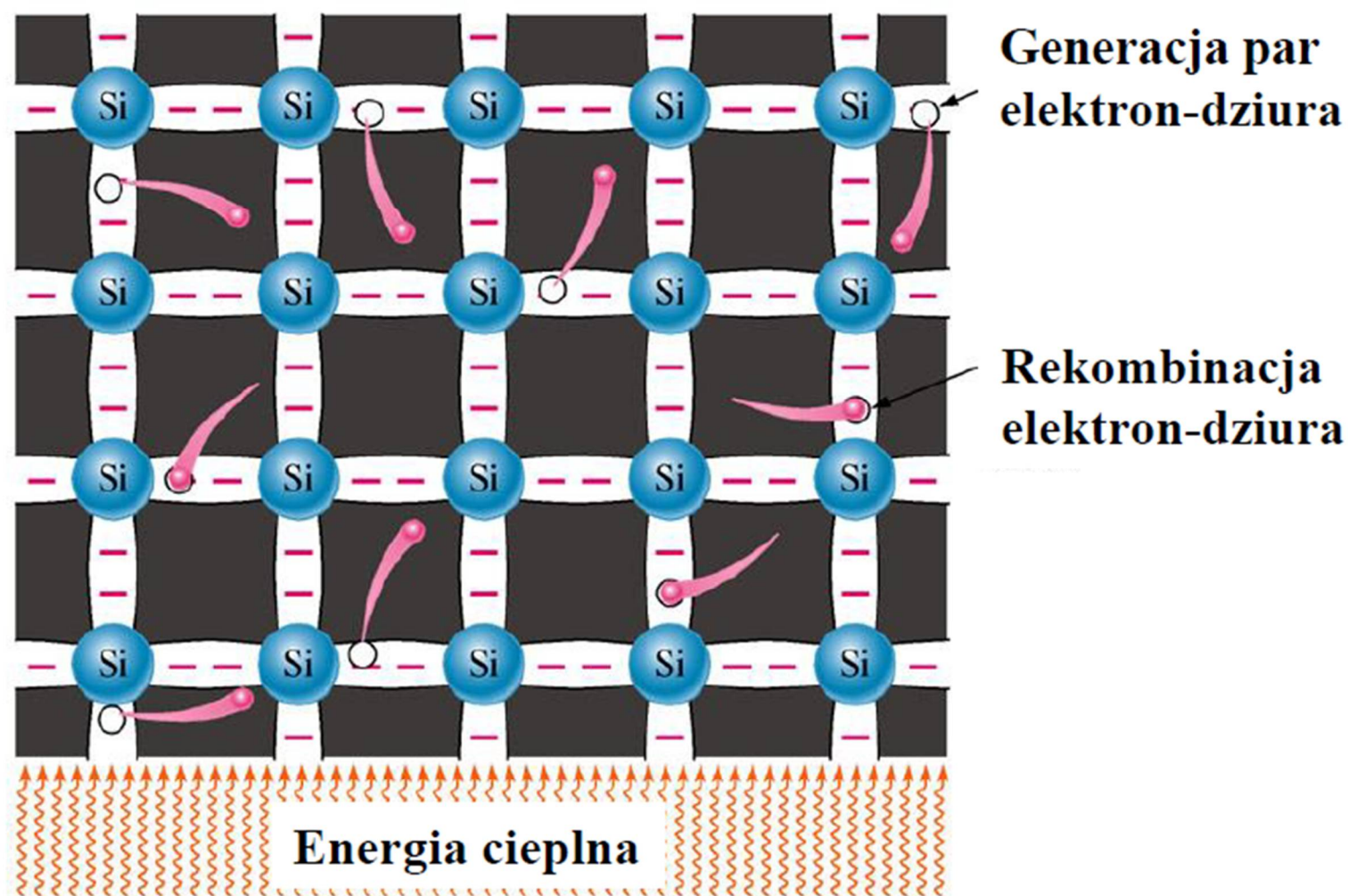


(b) Bonding diagram. The red negative signs represent the shared valence electrons.

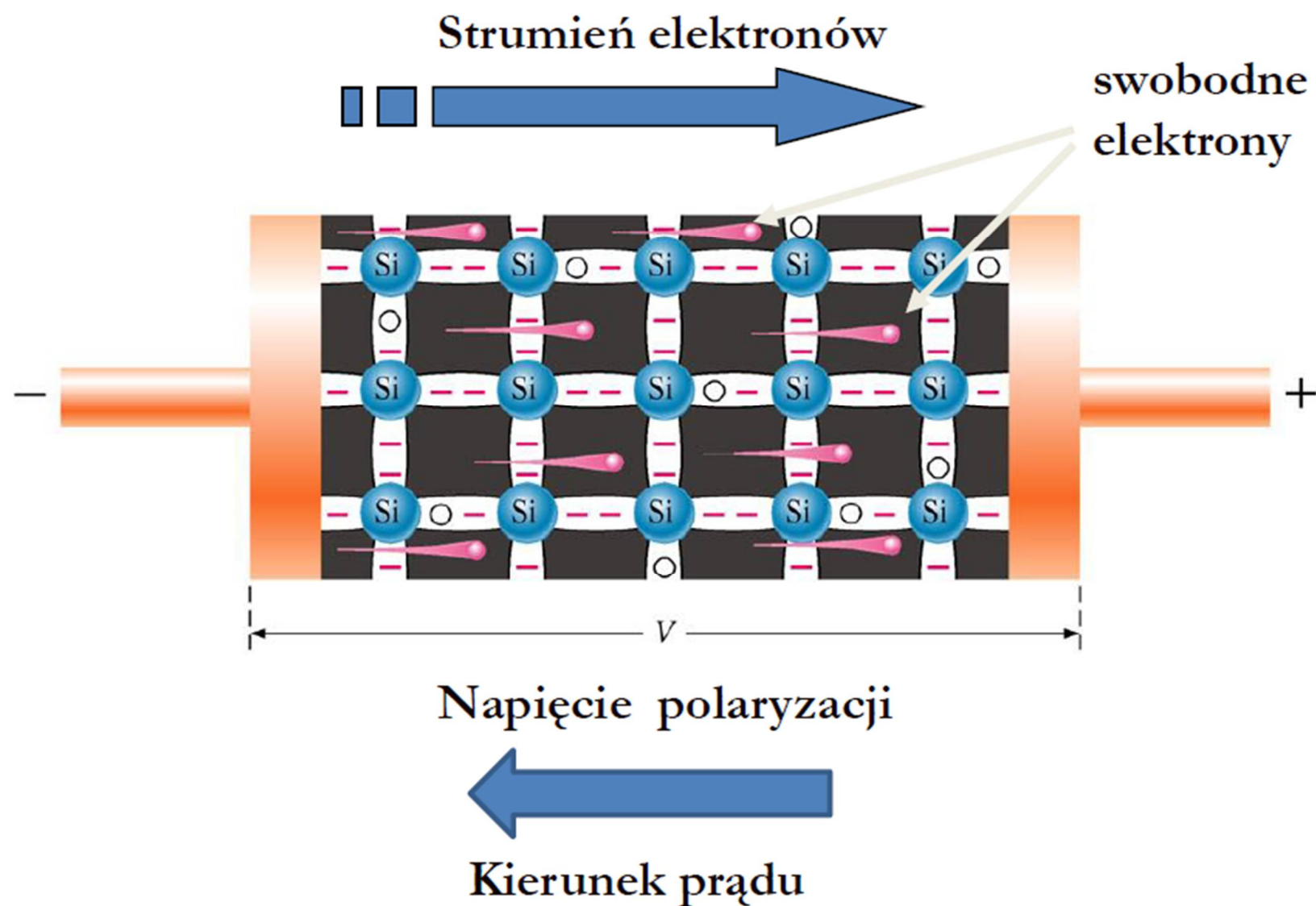
Centralny atom dzieli się elektronami z swoimi sąsiadami



Kryształ krzemu w temperaturze pokojowej



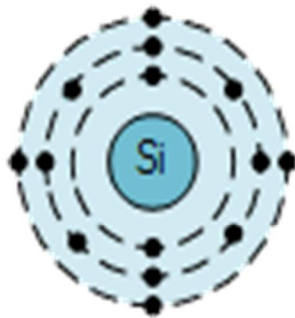
Przepływ prądu w półprzewodniku



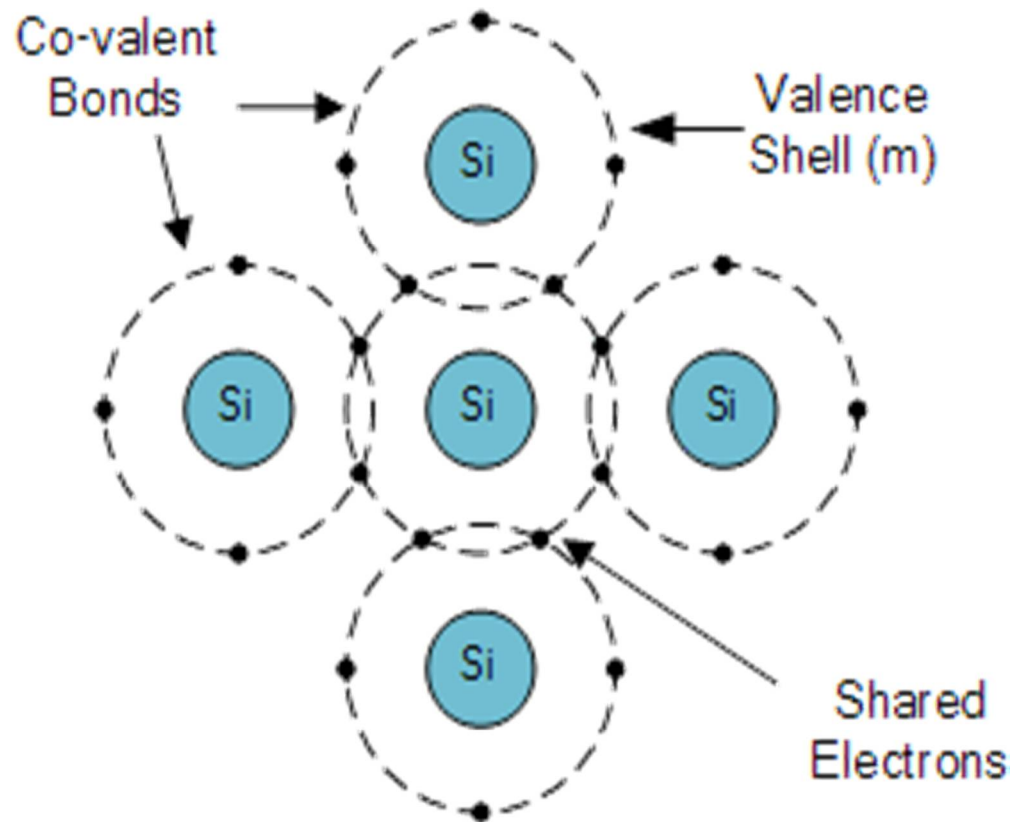
Domieszkowanie

Domieszkowanie to wprowadzenie do kryształu półprzewodnika dodatkowego pierwiastka.

A Silicon Atom,
Atomic number = "14"



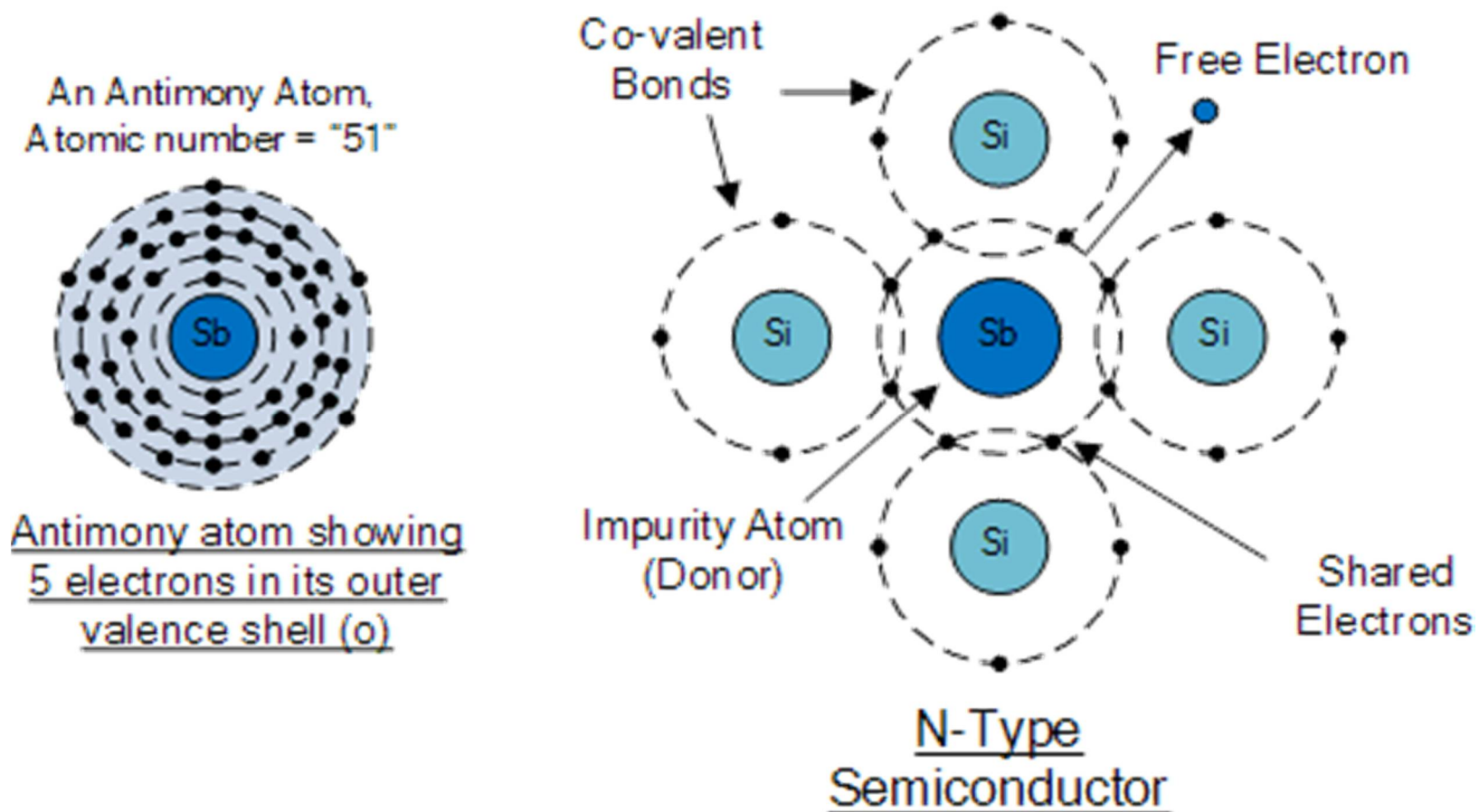
Silicon atom showing
4 electrons in its outer
valence shell (m)



Silicon Crystal Lattice

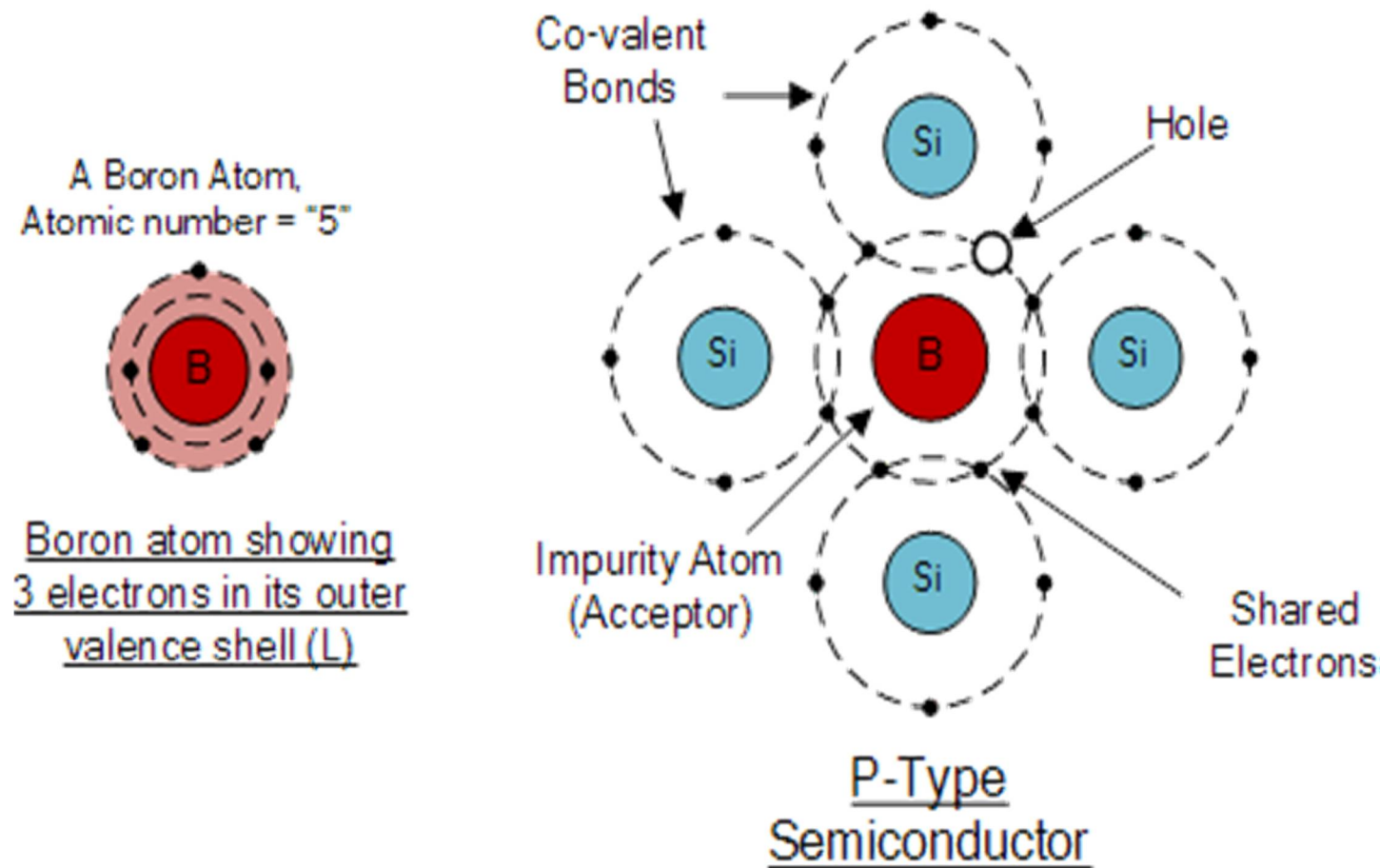
Domieszkowanie

Domieszkowanie kryształu półprzewodnika pierwiastkiem o liczbie elektronów na zewnętrznej powłoce równej 5 tworzy półprzewodnik o typie przewodnictwa „n”. Dodany pierwiastek nazywa się **donorem**.

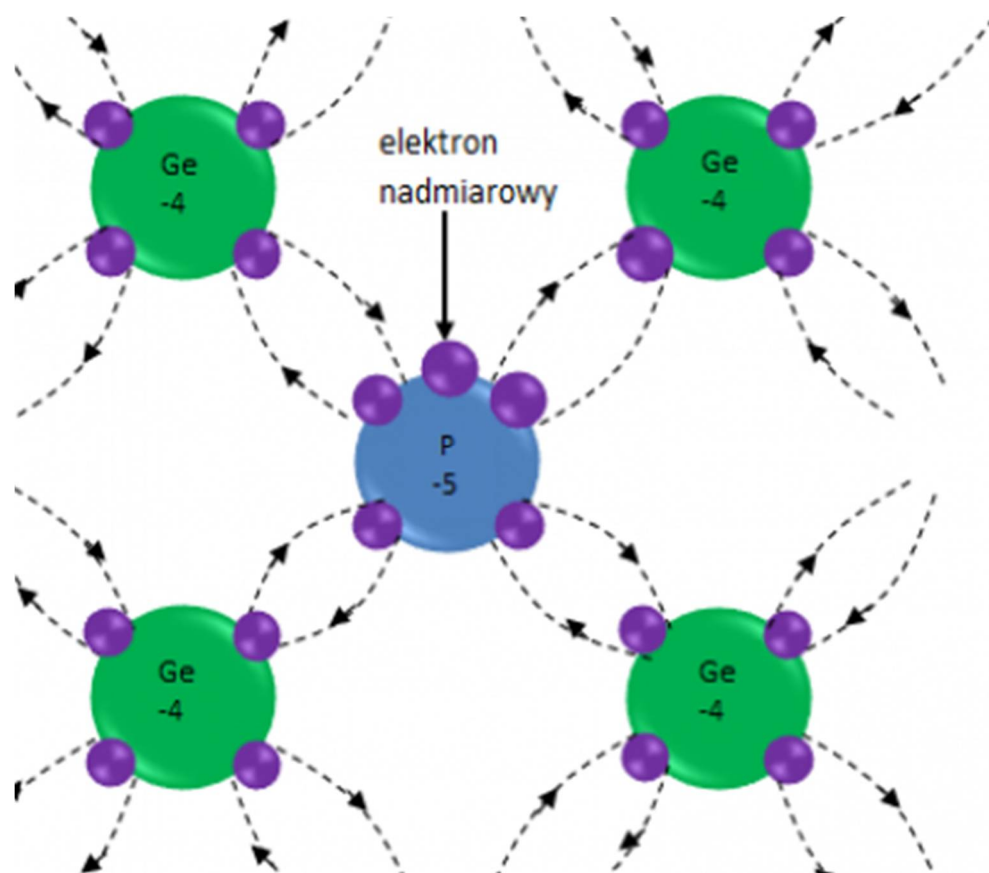


Domieszkowanie

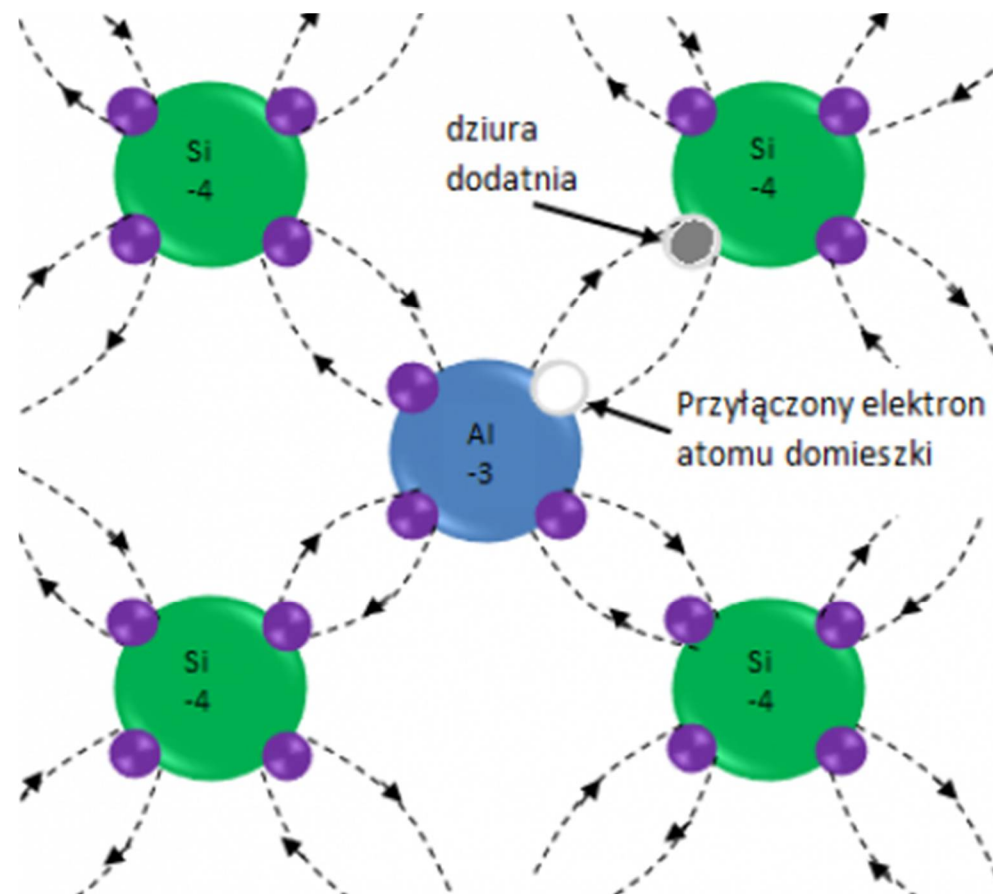
Domieszkowanie kryształu półprzewodnika pierwiastkiem o liczbie elektronów na zewnętrznej powłoce równej 3 tworzy półprzewodnik o typie przewodnictwa „p”. Dodany pierwiastek nazywa się **akceptorem**.



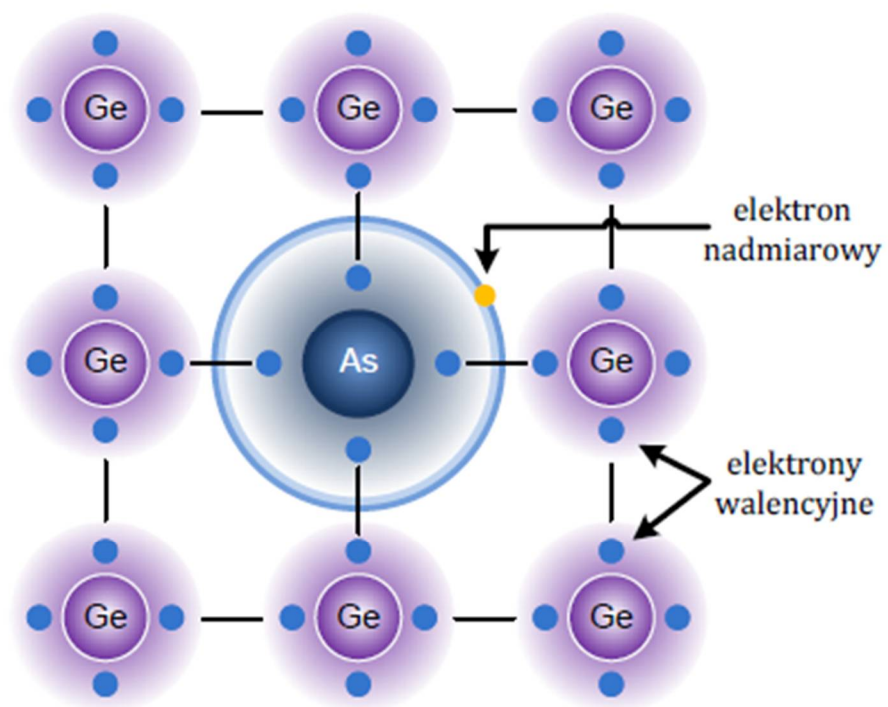
Półprzewodnik typu „n”.



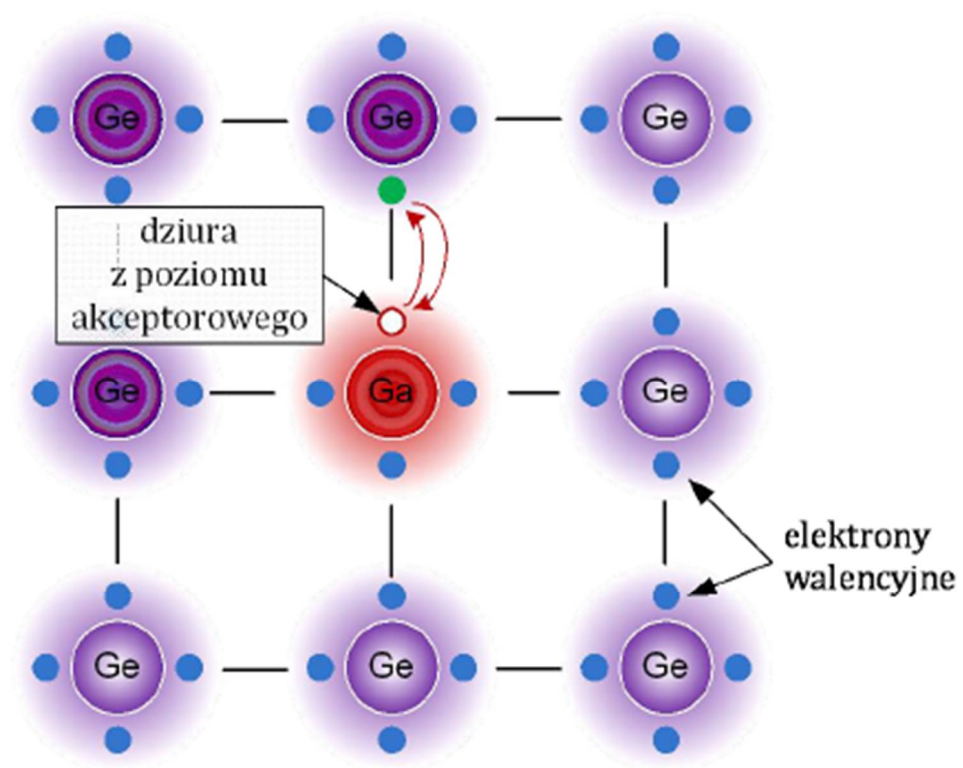
Półprzewodnik typu „p”.



Półprzewodniki domieszkowane



Typu n



Typu p

Wpływ temperatury na przewodność materiału

Metale

Z punktu widzenia wewnętrznej budowy metali zjawisko oporu elektrycznego polega na tym, że dodatnie jony metalu, tworzące jego sieć krystaliczną, stawiają opór poruszającym się elektronom, które zderzając się z nimi tracą część swojej energii kinetycznej. Liczba zderzeń będzie tym większa, im większe są wychylenia jonów z położenia równowagi, spowodowane ich ruchem cieplnym. Stąd wniosek, że opór elektryczny przewodników metalowych wzrasta ze wzrostem temperatury.

Półprzewodniki

W miarę wzrostu temperatury półprzewodnika zwiększa się energia ruchu cieplnego elektronów, dzięki czemu niektóre z nich mogą uzyskać energię wystarczającą do przejścia do pasma przewodnictwa. Tym samym, ze wzrostem temperatury zwiększa się łączna liczba elektronów swobodnych i maleje opór elektryczny półprzewodnika. Zjawisko ma więc odwrotny charakter niż w przypadku metali, które w tych samych warunkach wykazują wzrost oporu.