

Materiały magnetycznie miękkie niemetaliczne

Magnetodielektryki:

- są wytwarzane z proszków ferromagnetyków metalicznych i materiału elektroizolacyjnego,
- czyste Fe, stopy Fe-Ni, Fe karbonylkowe, stop Fe-Si-Al,
- materiał izolacyjny - najczęściej żywica termoutwardzalna.

Wytwarzanie magnetodielektryków:

- utlenianie powierzchniowe lub powlekanie lakierem ziarenek sproszkowanego ferromagnetyka,
- mieszanie proszku z żywicą,
- formowanie przez prasowanie elementów rdzeni,
- utwardzanie.

Magnetodielektryki charakteryzują się dużą rezystywnością, małą stratnością i małą przenikalnością magnetyczną.

Stosuje się je na rdzenie cewek pracujących w obwodach wielkiej częstotliwości (od 20 kHz do 10 MHz).

Ferryty magnetycznie miękkie:

- materiały o własnościach ferrimagnetyków,
- mieszanina co najmniej dwóch różnych tlenków,
- zawsze jednym z nich jest Fe_2O_3 zwany ferrytem,
- własności właściwe dla ceramiki,
- twarde, kruche, $\rho = 10^2 \dots 10^6 \Omega\text{m}$.

Podział ferrytów:

- ferryty proste,
- ferryty złożone.

Ferryty proste:

- Fe_2O_3 + tlenek jednego metalu dwuwartościowego, np.:
Mg, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Cd.

Przykładowe ferryty proste:



Ferryty złożone:

- mieszaniny dwóch lub więcej ferrytów prostych,
- najczęściej stosowane są ferryty niklowo-cynkowe:



gdzie:

i, j, k - określają ilościowe proporcje składników.

Własności ferrytów magnetycznie miękkich:

- $B_n = 0,2 \dots 0,6 \text{ T}$,
- $\mu_{rm} = 6000$,
- $H_c \cong 1 \text{ A} \cdot \text{m}^{-1}$,

Zastosowanie ferrytów magnetycznie miękkich na rdzenie:

- małych transformatorów,
- dławików,
- filtrów wielkiej częstotliwości,
- przełączników elektronicznych.

Materiały magnetycznie twarde

Powinny charakteryzować się możliwie dużymi wartościami:

- pozostałości magnetycznej B_r ,
- natężenia powściągającego H_c ,
- iloczynu $(B \cdot H)_{\max}$,
- współczynnika kształtu krzywej odmagnesowania k_o .

Materiały magnetycznie twarde:

- są stosowane na magnesy trwałe,
- namagnesowane zachowują trwale ten stan,
- nie tworzą same zamkniętych obwodów magnetycznych,
- na końcach magnesu są bieguny N i S,
- mają szeregowo szczeliny powietrzne między biegunami,
- indukcja magnetyczna takiego układu jest mniejsza od B_r ,
- punkt pracy powinien być możliwie bliski P_{opt} .

Materiały magnetycznie twarde są stosowane m.in. w:

- silnikach elektrycznych i prądnicach,
- urządzeniach mikrofalowych,
- przyrządach pomiarowych,
- urządzeniach telekomunikacyjnych.

Materiały magnetycznie twarde metaliczne

Stal węglowa zahartowana (1 % węgla)

Własności:

- tania, o mało stabilnych własnościach magnetycznych,
- $H_c = 4,8 \text{ kA}\cdot\text{m}^{-1}$,
- $B_r = 0,86 \text{ T}$,
- $(B\cdot H)_{\max} = 2 \text{ kJ}\cdot\text{m}^{-3}$.

Zastosowanie:

- na magnesy trwałe o małych wymaganiach,
- szczególnie na magnesy o dużych wymiarach,
- na magnesy małych maszyn synchronicznych.

Stal wolframowa (o zawartości kilka procent wolframu)

Ma lepsze (o 10...20 %) własności magnetyczne i ich stabilność od stali węglowej, ale jest znacznie droższa.

Stal wolframową stosuje się w produkcji maszyn elektrycznych, induktorów i przyrządów indukcyjnych.

Stopy żelaza z aluminium, niklem i kobaltem

Mają lepsze, stabilne własności magnetyczne.

Własności jednego z najlepszych stopów (Fe-Al-Ni-Co):

- $H_c = 62 \text{ kA} \cdot \text{m}^{-1}$,
- $B_r = 1,4 \text{ T}$,
- $(B \cdot H)_{\max} = 64 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-3}$,
- jest twardy i kruchy.

Te stopy są stosowane na magnesy trwałe w:

- przyrządach pomiarowych,
- przekąźnikach,
- maszynach elektrycznych,
- głośnikach.

Materiały magnetycznie twarde niemetaliczne

Ferryty magnetycznie twarde:

- materiały tlenkowe,
- najczęściej stosowany ferryt barowy: $\text{BaO} \cdot 6\text{Fe}_2\text{O}_3$,
- dobre, stabilne własności magnetyczne:
 - $H_c = 160 \text{ kA} \cdot \text{m}^{-1}$,
 - $B_r = 0,4 \text{ T}$,
 - $(B \cdot H)_{\text{max}} = 30 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-3}$,
 - $\rho \cong 10^7 \Omega\text{m}$,
 - gęstość $4,2 \dots 5 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$.

Stosuje się je na magnesy trwałe w:

- głośnikach,
- mikrosilnikach,
- sprzęgłach magnetycznych,
- w technice impulsowej i wielkiej częstotliwości.

Anizotropowe magnesy ferrytowe są wytwarzane poprzez prasowanie w polu magnetycznym bardzo drobno zmielonych tlenków i spiekanie.

MATERIAŁY PÓŁPRZEWODNIKOWE

Materiały półprzewodzące

(rezystywność ρ : od $10 \mu\Omega\text{m}$ do $10 \text{M}\Omega\text{m}$)

Rezystywność ρ materiałów półprzewodnikowych zależy od:

- temperatury,
- natężenia pola elektrycznego,
- intensywności promieniowania,
- zanieczyszczeń.

Materiały półprzewodnikowe:

- szerokość pasma zabronionego nie przekracza 5 eV,
- dla krzemu (Si): 1,12 eV, dla germanu (Ge): 0,66 eV.

Podział materiałów półprzewodnikowych:

- elementarne - z atomów jednego pierwiastka do produkcji elementów indywidualnych (diod, tranzystorów) lub układów scalonych,
- złożone - z atomów dwóch, trzech różnych pierwiastków lub ich tlenków, do produkcji przyrządów absorbujących światło lub ciepło, lub emitujących światło, a także do produkcji termistorów, warystorów, hallotronów itp.

Wycinek układu okresowego pierwiastków

G r u p y

		II	III	IV	V	VI
O k r e s y	2	Be	B	C		
	3	Mg	Al	Si	P	S
	4	Zn	Ga	Ge	As	Se
	5	Cd	In	Sn	Sb	Te
	6	Hg	Tl	Pb	Bi	Po

Półprzewodniki elementarne i złożone

IV	IV - IV	III - V	II - VI
Si	SiC	AlP	ZnS
Ge		AlAs	ZnSe
		AlSb	ZnTe
		GaP	CdS
		GaAs	CdSe
		GaSb	CdTe
		InP	
		InAs	
		InSb	

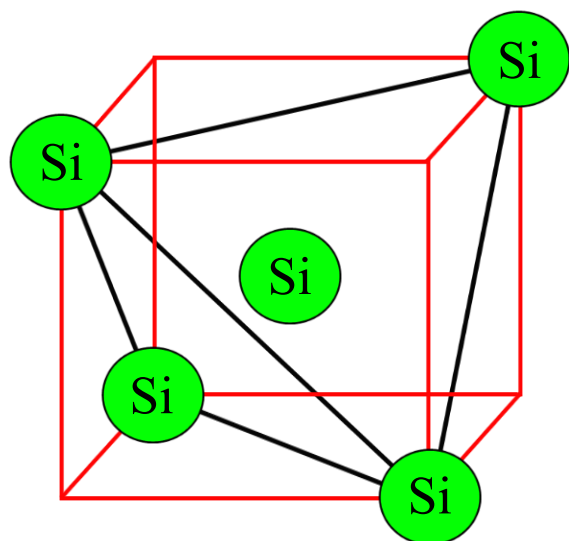
Własności materiałów półprzewodnikowych

Materiał półprzewodnikowy	Szerokość pasma zabronionego [eV] T = 300 K	Ruchliwość elektronów [cm ² /Vs]	Przenikalność elektryczna względna ϵ_r	Przewodność cieplna [W m ⁻¹ K ⁻¹]
Krzem Si	1,12	1500	11,7	1,45
German Ge	0,66	3900	16,0	0,55
Arsenek galu GaAs	1,43	8600	13,1	0,44
Antymonek galu GaSb	0,67	4000	15,0	0,33
Arsenek indu InAs	0,33	33000	-	0,27
Fosforek indu InP	1,29	6000	1,1	0,68
Antymonek indu InSb	0,16	70000	-	0,17

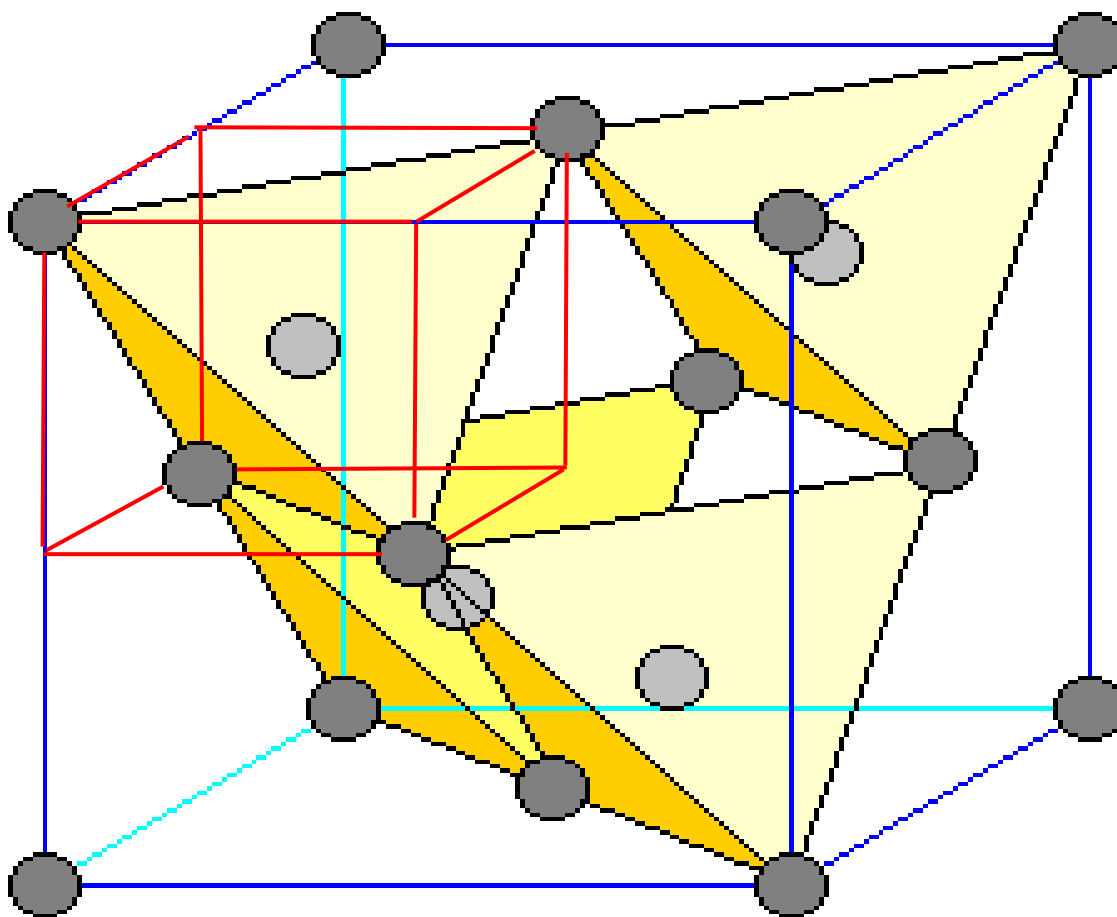
$$\frac{\text{cm}}{\text{s}} / \frac{\text{V}}{\text{cm}}$$

Budowa półprzewodników elementarnych:

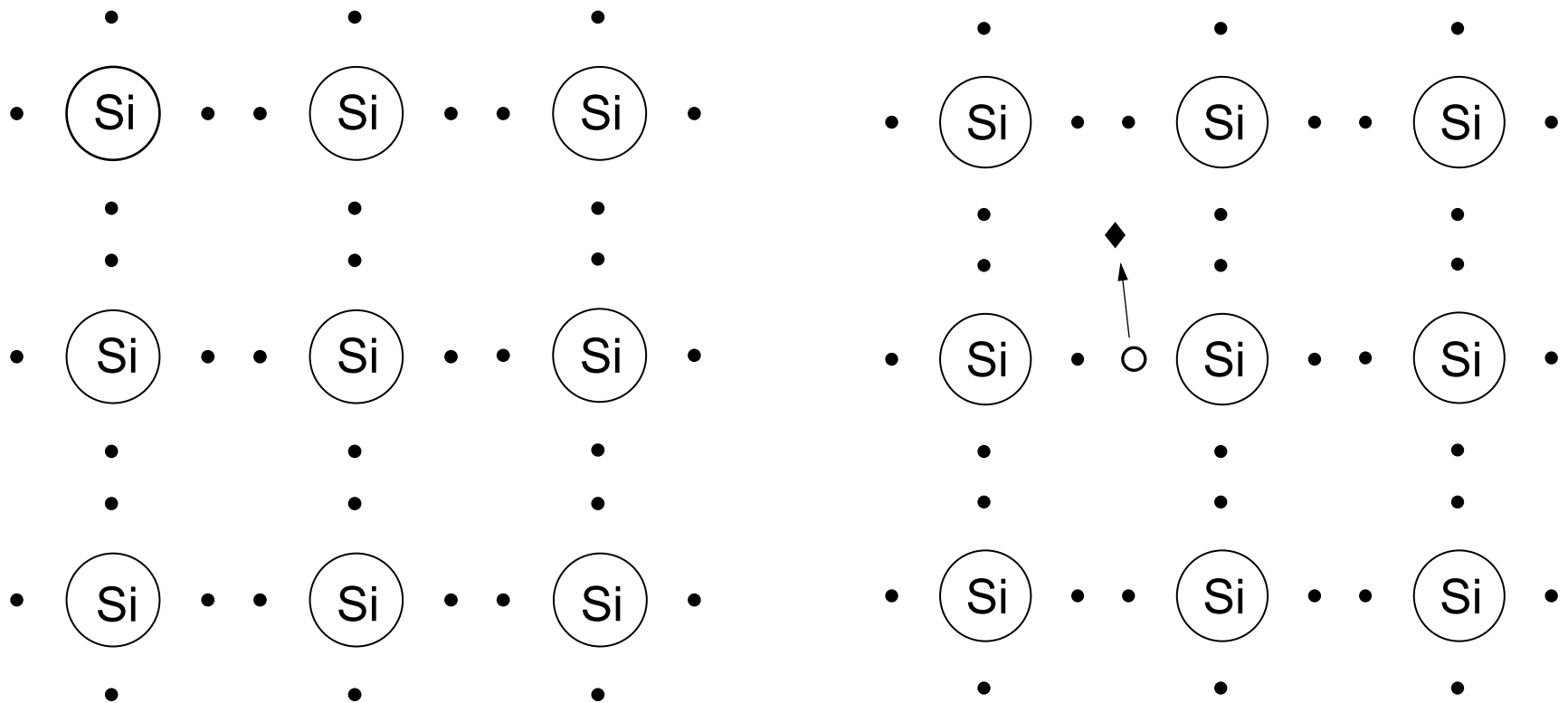
- najczęściej stosuje się krzem monokrystaliczny,
- IV grupa układu okresowego (C, **Si**, **Ge**, Sn),
- podstawowy rodzaj wiązań - wiązanie kowalencyjne,
- struktura diamentu A4.



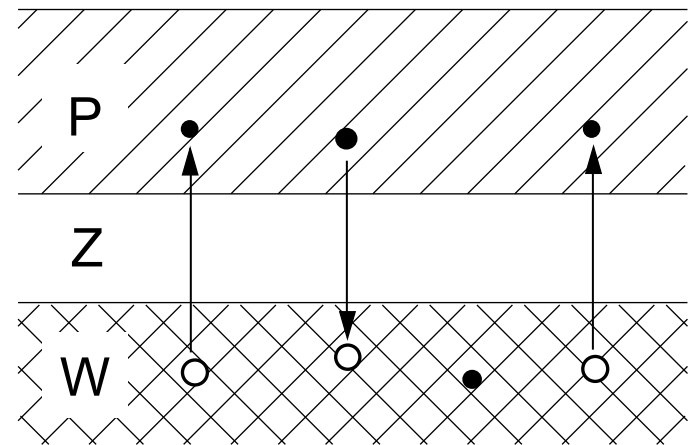
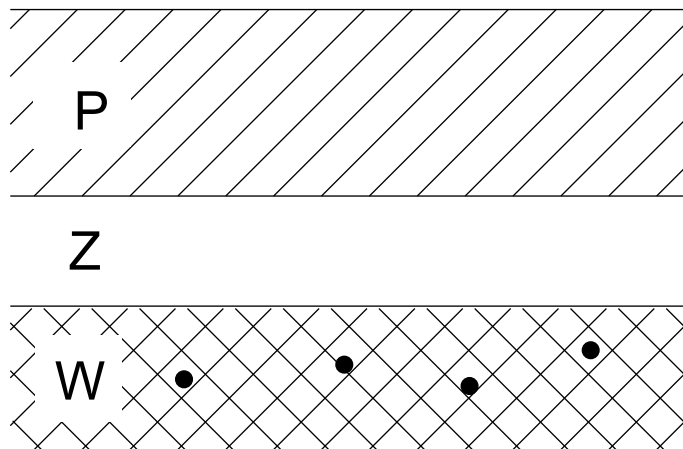
Układ przestrzenny
wybranego atomu
centralnego i czterech
najbliższych atomów
sąsiednich w sieci
krystalicznej Si



Komórka elementarna struktury
krystalicznej diamentu



Obraz płaski wiązań kowalencyjnych w kryształe krzemu: w stanie idealnym (po lewej) oraz w stanie z elektronem \blacklozenge wyrwanym z wiązania (po prawej). Dziura \circ pozostała po wyrwaniu elektronu.



Model pasmowy półprzewodnika w stanie niewzbudzonym (po lewej) oraz w stanie wzbudzonym (po prawej); P, Z, W - pasma: walencyjne, zabronione i przewodnictwa; \bullet - przykładowe elektrony, \circ - dziury 138

Przewodnictwo półprzewodników samoistnych:

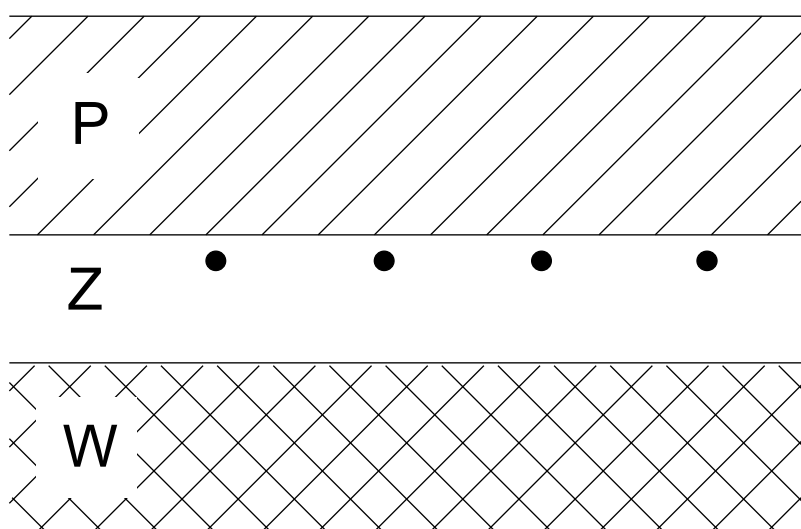
- półprzewodniki samoistne - chemicznie czyste,
- około 10^{23} atomów w 1 cm^3 półprzewodnika,
- około 10^{13} swobodnych elektronów wyrwanych z wiązań (20°C),
- zerwanie wiązania przy jednym atomie na 10^{10} atomów,
- powstawanie i rekombinacja par elektron-dziura,
- w stanie wzbudzenia - przejście elektronów swobodnych do pasma przewodnictwa, w paśmie walencyjnym pozostaje dodatnia dziura,
- pole elektryczne w półprzewodniku powoduje:
 - przepływ elektronów w paśmie przewodnictwa w kierunku potencjału wyższego (prąd elektronowy),
 - przepływ dziur w paśmie walencyjnym w kierunku potencjału niższego (prąd dziurowy),
- ruch dziur jest ruchem umownym wywołanym przechodzeniem do nich elektronów z sąsiednich wiązań kowalencyjnych,
- intensywność tych zjawisk jest niewielka - półprzewodniki samoistne mają ograniczone zastosowanie.

Przewodnictwo półprzewodników domieszkowych:

- półprzewodniki domieszkowe - stosowane powszechnie do wytwarzania elementów i przyrządów półprzewodnikowych,
- domieszkowanie - dla zwiększenia liczby elektronów albo dziur.

Domieszka donorowa:

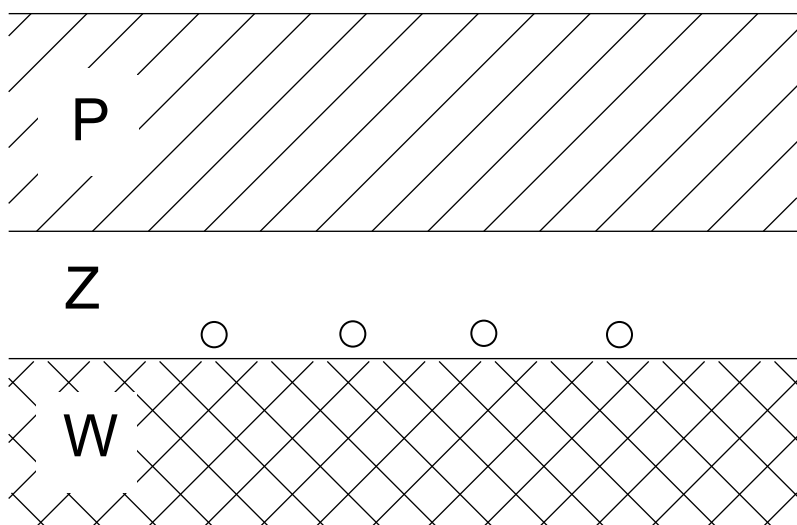
- pierwiastek o 5 elektronach walencyjnych (P, As, Sb, Bi),
- otrzymuje się półprzewodnik typu n ,
- atomy domieszki zastępują atomy macierzyste zwykle w 1 na 10^6 węzłów sieci krystalograficznej,
- wiążą się z sąsiednimi atomami 4 elektronami walencyjnymi,
- poziom energetyczny piątego elektronu - pod pasmem przewodnictwa pierwiastka podstawowego,
- przejście do pasma przewodnictwa elektronu swobodnego wymaga energii nie większej niż 0,05 eV.



Model pasmowy półprzewodnika w stanie niewzbudzonym domieszkowanego donorowo;
 W, Z, P - pasma odpowiednio: walencyjne, zabronione i przewodnictwa;
 ● - elektrony donora

Domieszka akceptorowa:

- pierwiastek o 3 elektronach walencyjnych (B, Al, Ga, In),
- otrzymuje się półprzewodnik typu p ,
- atomy domieszki zastępują atomy macierzyste zwykle w 1 na 10^6 węzłów sieci krystalograficznej,
- wiążą się z sąsiednimi atomami 3 elektronami walencyjnymi,
- brakuje elektronu do uwspólnienia z jednym z bliskich atomów,
- poziom energetyczny dziur znajduje się nad pasmem walencyjnym pierwiastka podstawowego,
- przeniesienie dziury do pasma walencyjnego wymaga energii w zakresie od 0,01 do 0,16 eV.



Model pasmowy półprzewodnika w stanie nie wzbudzonym domieszkowanego akceptorowo:

W, Z, P - pasma odpowiednio: walencyjne, zabronione i przewodnictwa;

○ - dziury akceptora.

Przewodnictwo elektronowe i dziurowe:

- liczba elektronów swobodnych z domieszki jest rzędu 10^{17} na cm^3
- liczba elektronów i dziur z półprzewodnika samoistnego jest rzędu 10^{13} na cm^3 ,
- większościami nośnikami ładunku elektrycznego w półprzewodnikach typu ***n*** są elektrony,
- półprzewodniki typu ***n*** charakteryzują się elektronowym charakterem przewodnictwa elektrycznego,
- większościami nośnikami ładunku elektrycznego w półprzewodnikach typu ***p*** są dziury,
- półprzewodniki typu ***p*** charakteryzują się dziurowym charakterem przewodnictwa elektrycznego.

Elementy i urządzenia objętościowe (termistory, warystory, czujniki Halla) wykonane są z półprzewodników samoistnych lub jednorodnie domieszkowanych.

Aktywne elementy półprzewodnikowe (diody, tranzystory, tyrystory) zbudowane są z półprzewodników, w których wcześniej wytworzono dwie sąsiadujące ze sobą warstwy, jedną typu ***n*** i jedną typu ***p***.