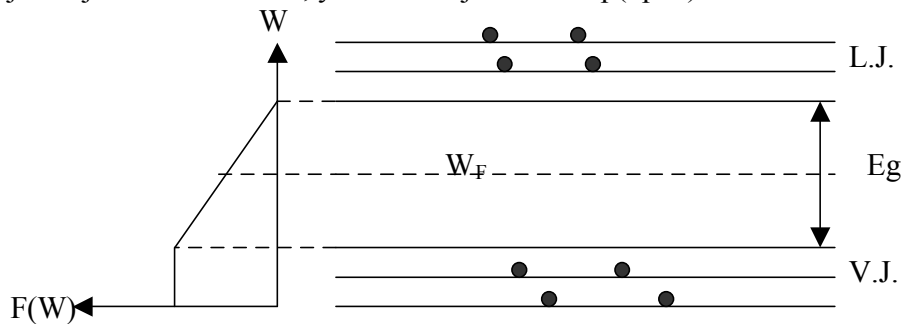


PUSLAIDININKIAI IR DIELEKTRIKAI ELEKTRINIAME LAUKE (Medžiagų laidumo teorija)

Puslaidininkiai pagal savąjį pavadinimą užima tarpinę vietą tarp metalų ir dielektrikų dėl savo laidumo reikšmės. Beje, jeigu metalų laidumas didėjant temperatūrai mažėja, tai puslaidininkių ir dielektrikų jis didėja. Jeigu dielektrikų draustinės juostos plotis siekia $2 - 5 \text{ eV}$, tai puslaidininkių $E_g \approx 1 \text{ eV}$.

Kalbant apie puslaidininkių laidumą, yra skiriamos dvi jo rūšys: n ir p , kurios savo ruožtu skirstomos į savąjį ir priemaišinį laidumus. Aiškinant puslaidininkių laidumą naudojantis juostiniu modeliu, yra vaizduojama tai taip (1 pav):



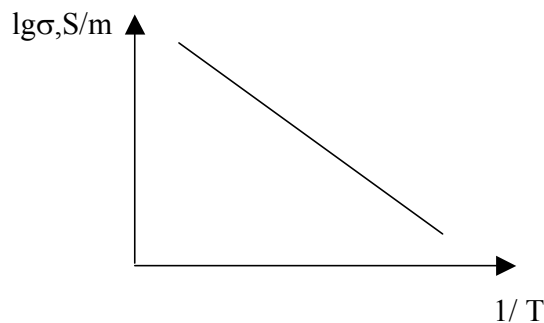
1 pav.

Čia $F(W) = \frac{1}{e^{(E_g - W_F)/kT} + 1} = \frac{1}{e^{E_g/2kT} + 1}$ (1) elektronų būsenų pasiskirstymo funkcija,

kurią užrašė Fermis, remdamasis Paulio draudimo principu, W_F - Fermio lygmuo, E_g - draustinės juostos plotis. Šio modelio remuose laikoma, kad valentinė juosta (V.J.) užpildyta elektronais, kurie gali pereiti į laidumo juostą (L.J.). Savasis laidumas reiškiasi, kai elektronai iš V.J. pereina į L.J. Laisvasis nuo elektronų vietos V.J. yra vad.

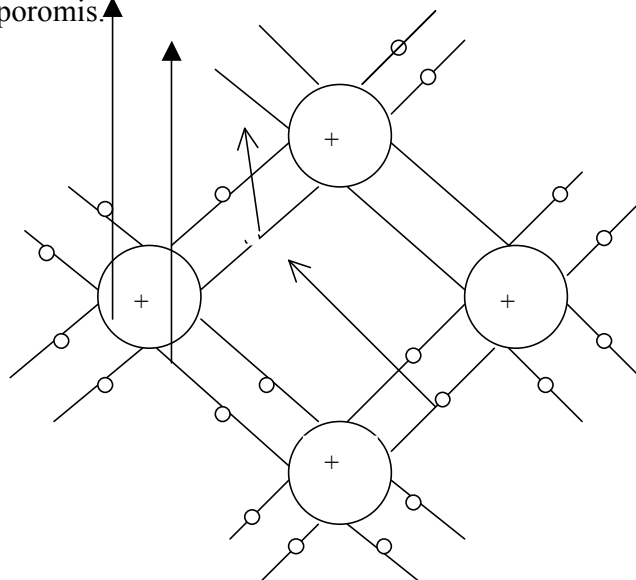
elektroninėmis skylutėmis. Kadangi tokiuose puslaidininkiuose $E_g - W_F = \frac{E_g}{2}$, tai

remiantis (1) formule savasis puslaidininkių laidumas išreiškiamas taip: $\sigma = \sigma_0 e^{-\frac{E_g}{2kT}}$. Šio laidumo temperatūrinė priklausomybė parodyta 2 pav.



Klasikiniai puslaidininkiai yra elementų periodinės lentelės IV grupės elementai (Ge, Si, Sn, Pb, Ti, Zr ir kt.). Kristalinėse gardelėse tarp atomų dominuoja kovalentiniai ryšiai.

Kiekvienas atomas, būdamas keturių kaimynų apsuptyje (kaip tai parodyta 3pav.) rišamas elektronų poromis.

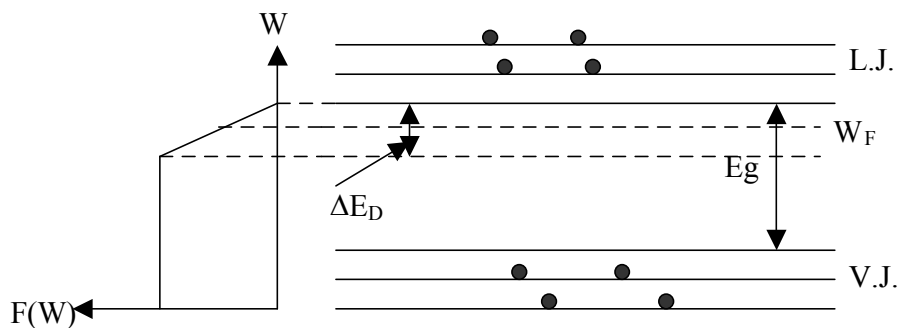


3 pav.

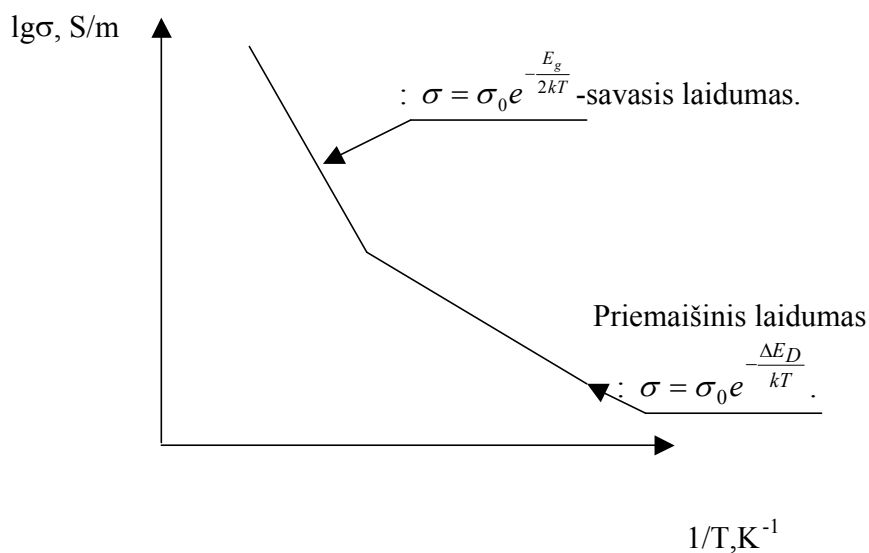
Pasišalinęs ir ryšio elektronas kuria toje vietoje perteklinį + krūvį – susidaro skylutė, kuri irgi pradeda judėti, o susidūrus su elektronu rekombinuoja. Vėl atsiranda naujasis laisvasis elektronas, kai jis įgauna papildomos energijos (ar tai kT , ar gardelės virpesių) išsilaisvinimui. Juostiniame modelyje rekombinacija reikštų elektronų perėjimą iš LJ į laisvąjį VJ lygmenį. Kiek skylių, tiek ir elektronų tankis didėjant temperatūrai eksperimentiškai didėja. Kai nėra elektrinio lauko n ir p krūviai juda chaotiškai, esant laukui jų judėjimas tampa kryptingu.

Priemaišinis laidumas.

Implantavus į Ge gardelę penkiavalentį P atomą, atsiranda laisvasis e^- ir puslaidininkis tampa n tipo. Priemaišiniai atomai E_g juostoje sudaro donorinius lygmenis (žiūr. 4 pav). Tokio priemaišinio puslaidininkio laidumo temperatūrinė priklausomybė parodyta 5 pav.

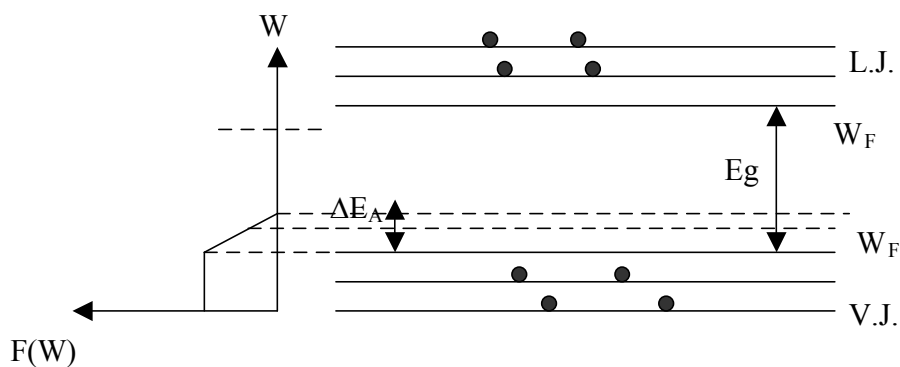


4 pav.



5 pav.

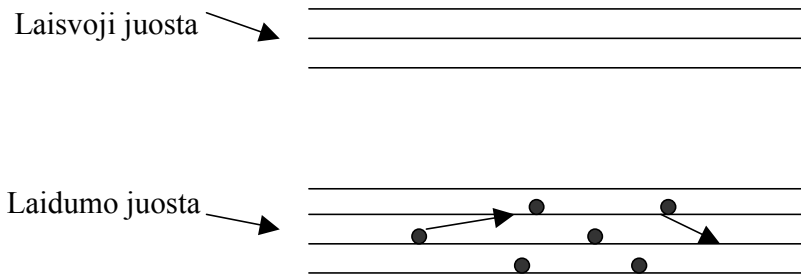
Jeigu į Si gardelę įvesime Boro (B) atomus. Tai trivalenčio B trijų elektronų B nepakanka sudaryti kovalentinių ryšių su keturiais Si kaimynais, t.y. vienas ryšių liks nesotintas ir sudarys vietą elektrono pagavimui. Pereinant elektronui į šią energinę vietą, liks laisva elektroninė skylutė, kuri judės tarp gardelės atomų. Toks laidumas yra p , o priemaišiniai B atomai sudaro akceptorinius lygmenis. Tokio priemaišinio puslaidininkio juostinis modelis parodytas 6 pav.



6 pav.

Tokio priemaišinio puslaidininkio laidumo temperatūrinė priklausomybė yra analogiška, kaip pavaizduota 5 pav. tik priemaišinėje laidumo srityje laidumo eksponentinėje priklausomybėje vietoj energijos ΔE_D išrašomas ΔE_A dydis.

Dielektrikų laidumas yra aiškinamas analogiškai, kaip ir puslaidininkių, tačiau jų $E_{\rho_{diel}} \gg E_{g_{pusl}}$. Metalų atveju, jų laidumas aiškinamą elektronų pasikeitimą lygmeninis valentinėje zonoje (kaip tai parodyta 7 pav.).

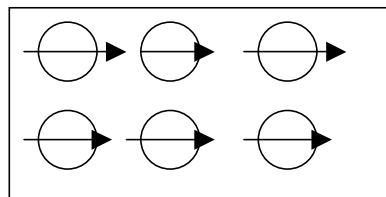


7 pav.

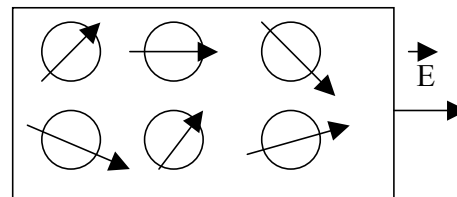
Didėjant T metalų savitoji varža $\gamma \cong T$.

Puslaidininkiai ir dielektrikai elektriniame lauke.

Patalpinus medžiagas į elektrinį lauką, jose krūvininkai pradeda judėti kryptingai. Dielektrikai, paprastai yra joninio ryšio kristalinės medžiagos. Jonų elektroninės orbitos yra uždaros ir jų elektrinis n , p laidumas gali sąlygoti priemaišos, kurias dalinai sutrikdo šių orbitų uždaramą. Joniniai kristalai gali būti nepoliniai arba poliniai. Poliniai vadinami tada, kai kristalinė gardelė neturi simetrijos centro. Patalpinus tokius kristalus į elektrinį lauką molekulės, kurios vaizduojamos lygtai dipoliai, pvz., Na^+Cl^- stengiasi išdėstyti lauko kryptimi. Tai atrodo taip kaip parodyta 8 a,b pav.



8 a pav. Nepoliniai dielektrikai



8 b pav. Poliniai dielektrikai

Toks molekulių išsidėstymas \vec{E} krypties atžvilgiu vad. **poliarizacija**. Elektriniame lauke nepoliniuose dielektrikuose poliarizacijos vektoriaus kryptis ir E kryptis sutampa, tuo tarpu nepoliniuose dielektrikuose net nesant elektrinio lauko jie jau yra poliarizuoti.

$$\vec{P} = \frac{\sum P_i}{\Delta V} \quad \vec{P} - \text{vad. poliarizacijos vektoriumi } \vec{P}_i \text{ dipolinis momentas } v - \text{tūri dielektriko}$$

$$\vec{P} = \chi \epsilon_0 \vec{E}, \quad \chi - \text{dielektrinis jautris}$$

$$\epsilon' = 1 + \chi$$

Elektrinės indukcijos vektorius

$$\vec{D} = \epsilon_0 \vec{E} + \vec{P} = \epsilon_0 \vec{E} + \vec{P} + \chi \epsilon_0 \vec{E} + \vec{P} = \epsilon_0 (1 + \chi) \vec{E}$$

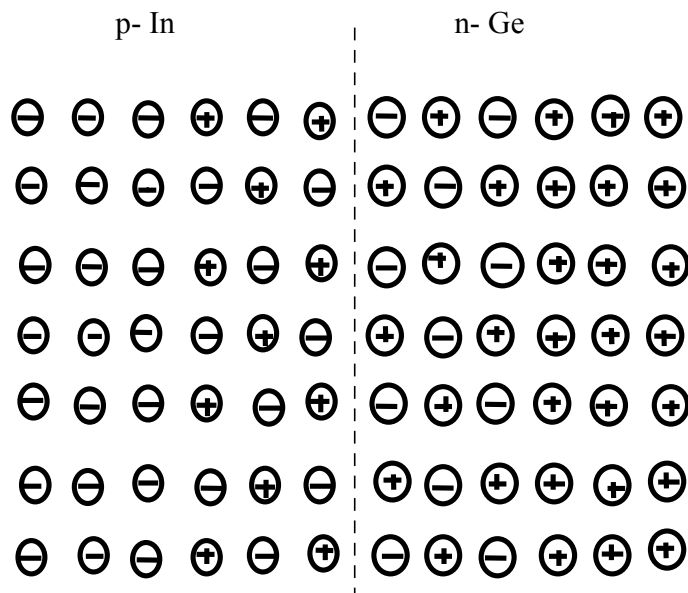
$$\text{Arba } \vec{D} = \epsilon \epsilon_0 \vec{E} = \epsilon_0 \vec{E}$$

Nepolinių dielektrikų $\epsilon' \approx 10$, polinių, tokių kaip feroelektrikai $\epsilon' \approx 10^2 - 10^4$.

p ir n sandūra

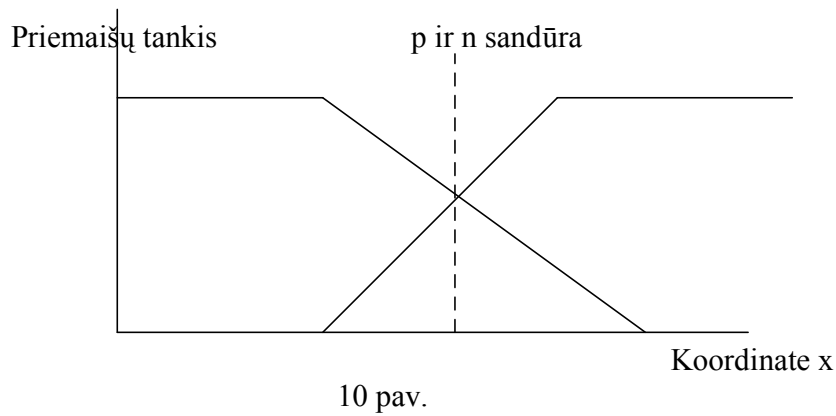
Visos minėtosios medžiagos (metalai, puslaidininkiai, dielektrikai) vienaip arba kitaip plačiai naudojami visose mūsų gyvenimo srityse. Radiotechnikoje, elektronikoje plačiai naudojama p ir n puslaidininkių sandūra. p ir n sandūra gaminama paprasčiausiu atveju taip:

imamas n-Ge monokristalas ir inertinių dujų atmosferoje arba vakuume į jį implantuojamas In atomas. In atomas difunduoja į Ge. Tokiame gylyje iki, kurio difunduoja In, Ge tampa skyliniu (p-Ge). Riboje turime p-n sandūrą (žiūr. 9 pav.).

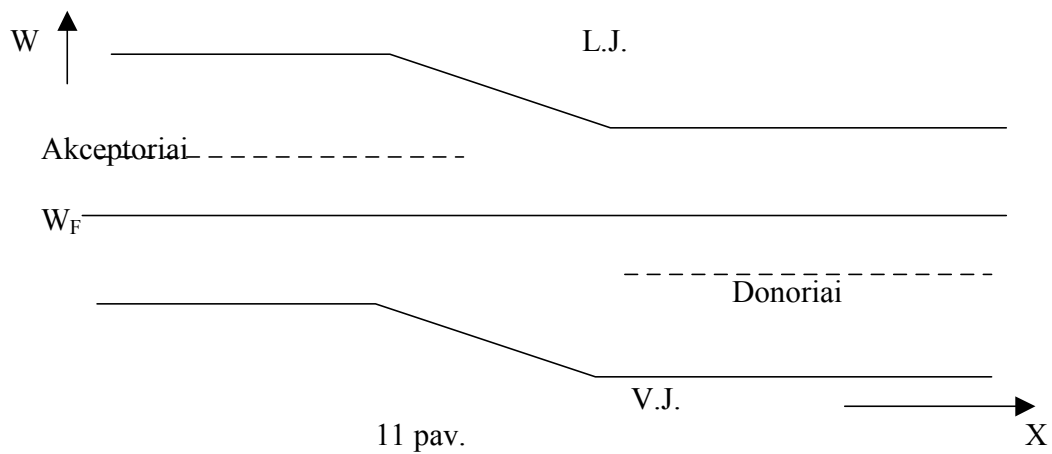


9 pav. Struktūrinis p ir n sandūros atvaizdavimas

Į atomai sudaro akceptorinius lygmenis. Akceptorinių ir donorinių priemaišų pasiskirstymas p ir n sandūrų aplinkoje parodyta 10 pav.



P ir n sandūros juostinis modelis parodytas 11 pav.



Paprasčiausia $p-n$ sandūra yra naudojama konstruojant puslaidininkinių diodus (detektorius). Detektorius elektrinėse schemose žymimas taip:



Diodai naudojami kintamajai elektros srovei lyginti.