

Félvezetők

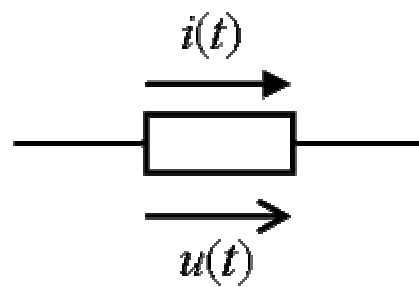
Az áramköri elemek: bevezetés

- Az áramkör komponensek összessége, amelyek elvezetései csomópontokban kapcsolódnak (mint egy hálózat).
- Alapvetően 7 fajta komponens (áramköri elem) építi fel az összes áramkört:
 - feszültség- és áramforrás
 - ellenállás,
 - kapacitás (kondenzátor)
 - induktivitás (tekercs)
 - dióda és tranzisztor
- Ezekből az építőelemekből nagy bonyolultságú áramköröket (vagy hálózatokat) tudunk építeni: számítógép, kommunikációs vevő, audio-video szórakoztató rendszerek, hadászati fegyverek, orvosi diagnosztikai rendszerek, stb...

Elektromos alkatrész vs. áramköri elemek

- Az elektromos alkatrész egy “megfogható” fizikai objektum a laborban, vagy a gyárban.
- A fizikai áramkörök ilyen elektromos alkatrészek vezetéskecs összekapcsolásból áll.
- Ezeknek az elektromos alkatrészeknek az idealizált modelljei az áramkörelméletben a komponensek:
 - az ellenállás ($u=Ri$)
 - az induktivitás ($u=Ldi/dt$)
 - a kapacitás ($i=Cdu/dt$)
 - stb...

Komponensek osztályozása



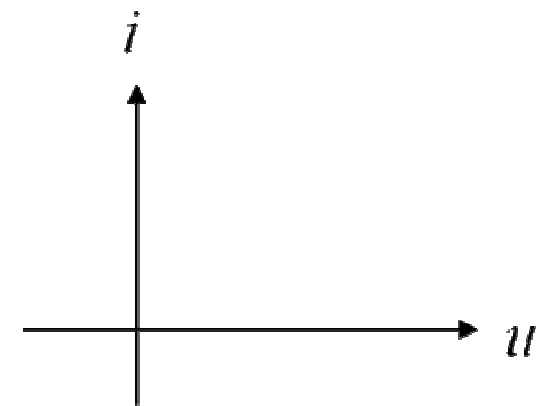
Implicit karakterisztika: $\Phi\{u(t), i(t)\} = 0$



Explicit karakterisztika:

$$u(t) = \Phi_u\{i(t)\}$$

$$i(t) = \Phi_i\{u(t)\}$$



A teljesítmény: $p(t) = u(t) \cdot i(t)$ $\longrightarrow$ $\begin{cases} p(t) > 0 \longrightarrow \text{fogyasztó} \\ p(t) < 0 \longrightarrow \text{termelő} \end{cases}$

Munkafüggvény: $w(t) = \int_{-\infty}^t p(\tau) d\tau$

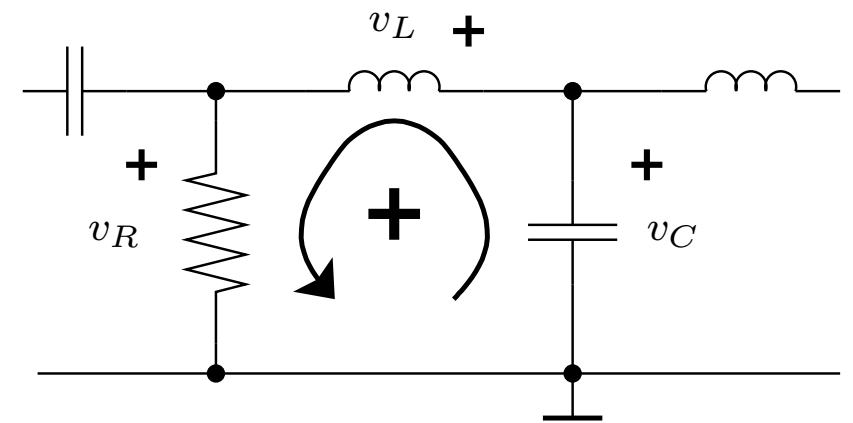
A munka t_1 és t_2 között: $W(t_1, t_2) = \int_{t_1}^{t_2} p(t) dt = w(t_2) - w(t_1)$

A Kirchhoff törvények

- Az áramkörelmélet alapvető feltevése, hogy teljesül a feszültségekre a Kirchhoff feszültségtörvény (Kirchhoff's voltage law, KVL):

$$u_1 + u_2 + \dots + u_m = \sum_{k=1}^m u_k = 0$$

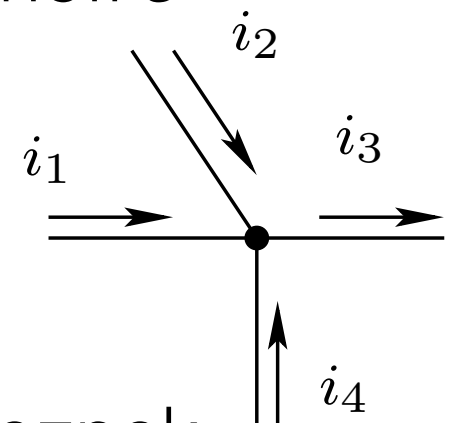
ahol a feszültségek egy hurokban vannak,



- és az áramok teljesítik a Kirchhoff áramtörvényt (Kirchhoff's current law, KCL):

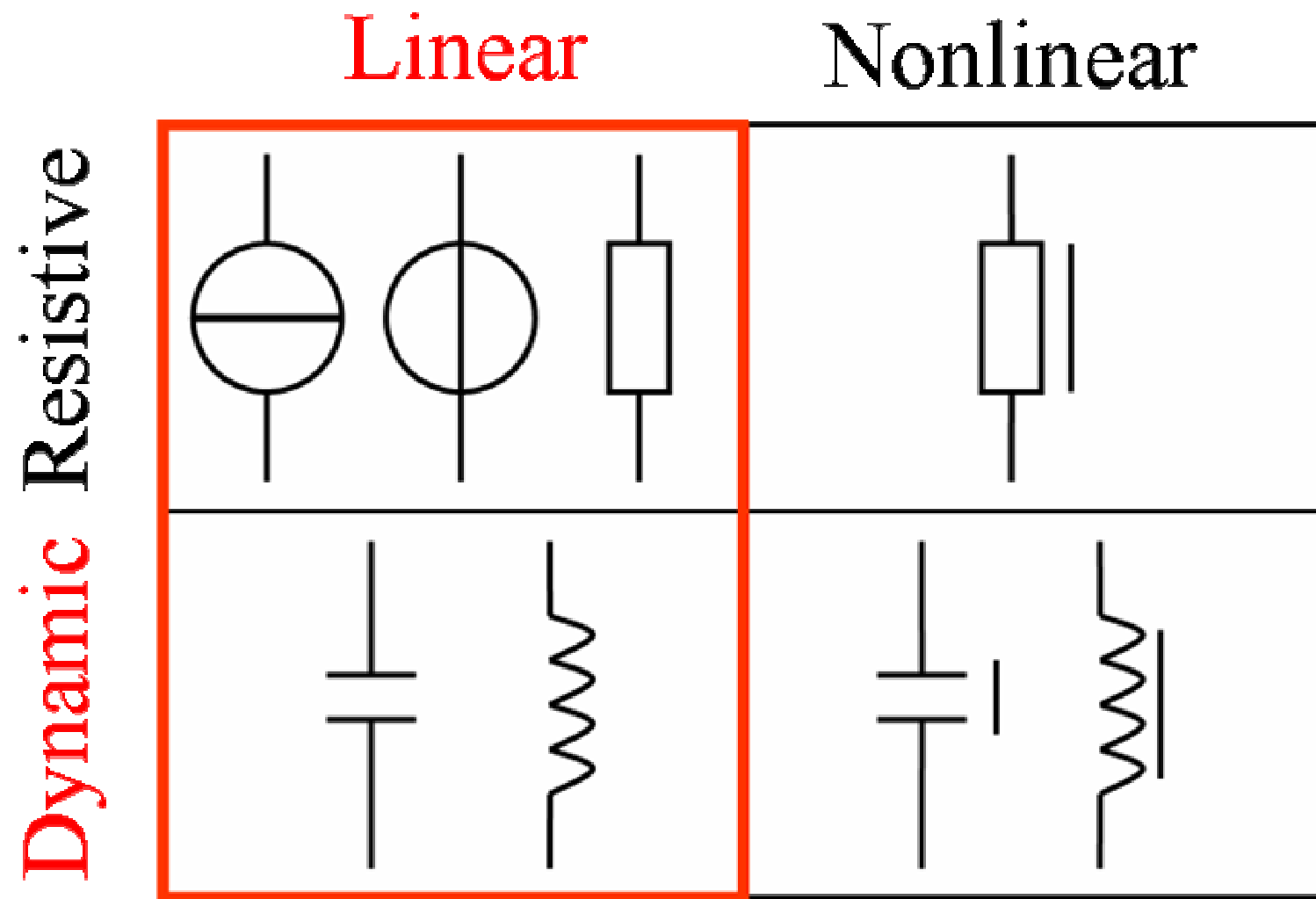
$$i_1 + i_2 + \dots + i_n = \sum_{k=1}^n i_k = 0$$

ahol az áramok egy csomópontból indulnak vagy érkeznek.

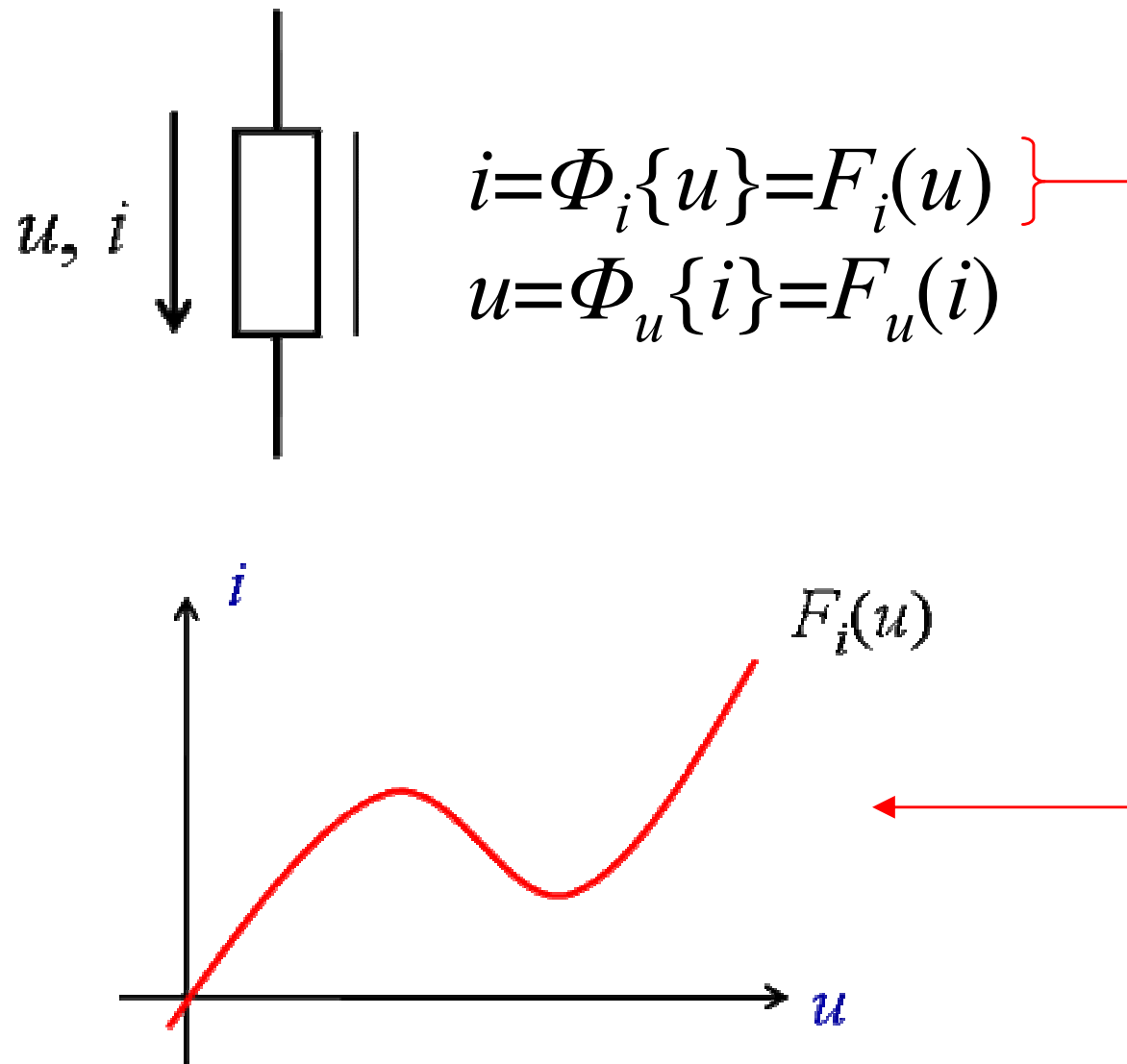


Lineáris dinamikus áramkörök (vagy hálózat)

- Alapvető lineáris áramköri elemek:
- Ellenállás, R , $[\Omega]$ (Ohm)
- Indukció (tekercs), L , $[H]$ (Henry)
- Kapacitás (kondi), C , $[F]$ (Farad)



Nemlineáris komponensek



	Linear	Nonlinear
Resistive		
Dynamic		

Kérdés:

Hogyan implementálható?

Válasz:

Félvezető eszközökkel

Félvezetők

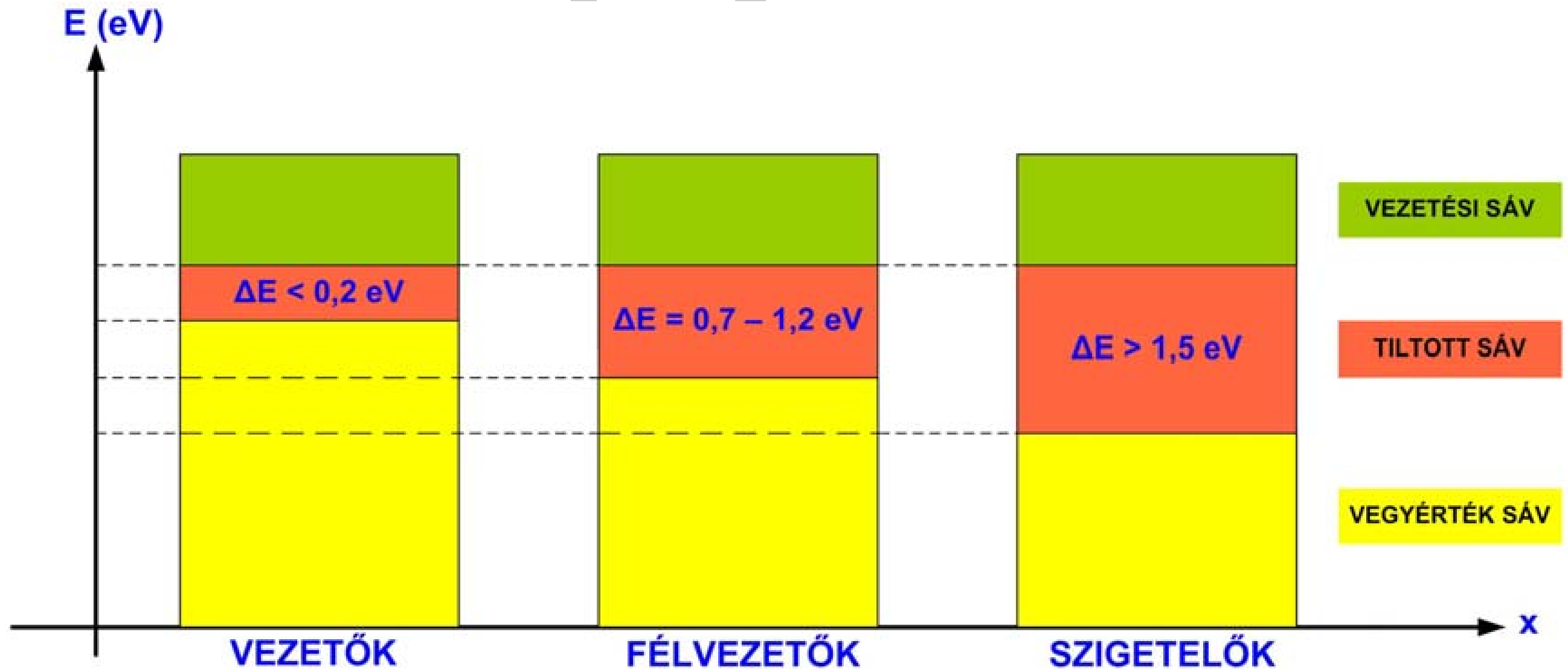
- Kristályos, szilárd anyag
- fajlagos elektromos vezetése szobahőmérsékleten:
 $10^{-9} - 10^3 \text{ 1/}\Omega\text{cm}$ (vezetők, szigetelők)
- vezetést elektronok közvetítik
- elemi félvezetők: szilícium, gertmánium
- vegyület-félvezetők: gallium-arzenid (GaAs)

- Szilárd anyagban az egyedi atomok diszkrét energiaértékei energiasávokat (megengedett energiaszinteket) alkotnak.
- Ezek között tiltott sávok (tiltott energiaértékek) helyezkednek el.
- Legkülső elektronpálya energiaszintje a legnagyobb, ez a vegyértéksáv.
- Vegyértéksávban vegyértékelektronok helyezkednek el.

- Az atomot adott nagyságú energiával gerjesztve a vegyértékelektronok nagyobb energiaszintre kerülnek, a vezetési sávba.
- Vezetési sávban az elektronok a vezetési elektronok, amelyek szabad töltéshordozók. Szabad elektronok.
- Mozgásuk során növelik az anyag vezetőképességét.
- A vegyérték- és a vezetési sáv közötti tiltott sáv határozza meg az anyag vezetőképességét.

- Elektronok gerjesztésével viszont üres nívó marad a vegyértéksávban.
- Ezt betöltheti másik elektron, viszont akkor ott marad egy üres hely.
- Az “üres hely” (lyuk) úgy viselkedik, mint egy pozitív töltésű szabad részecske.
- Hozzájárul az elektromos vezetéshez.

Szilárd testek energiasávjai

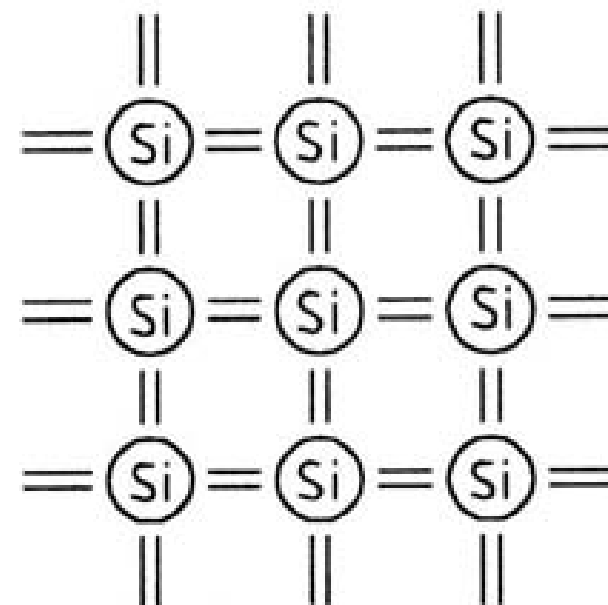
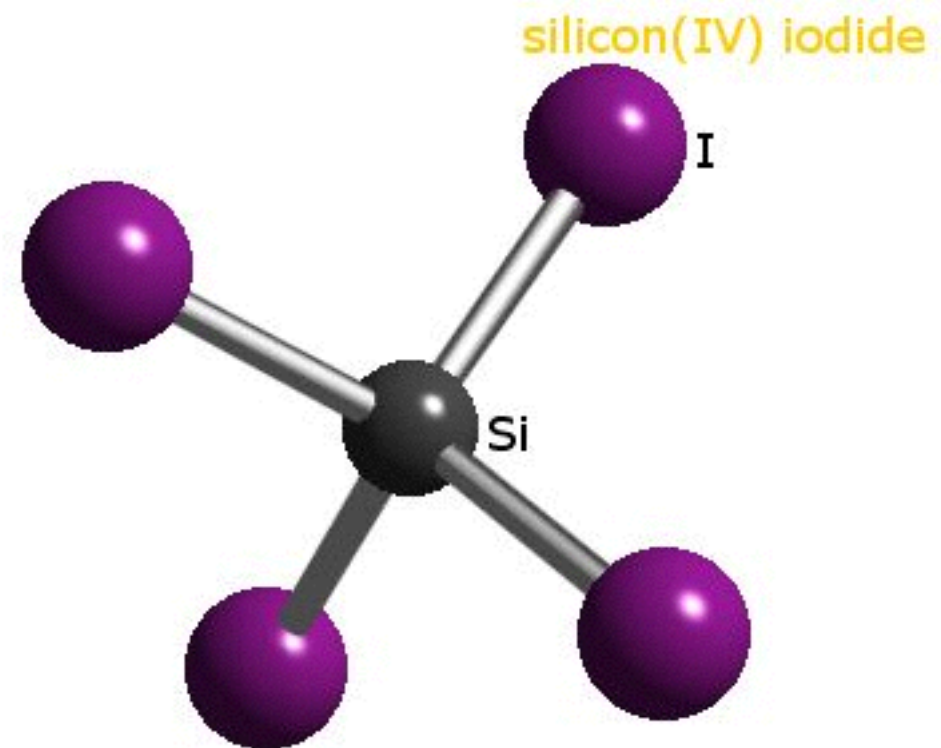


Tiszta (intrinsic) félvezetők

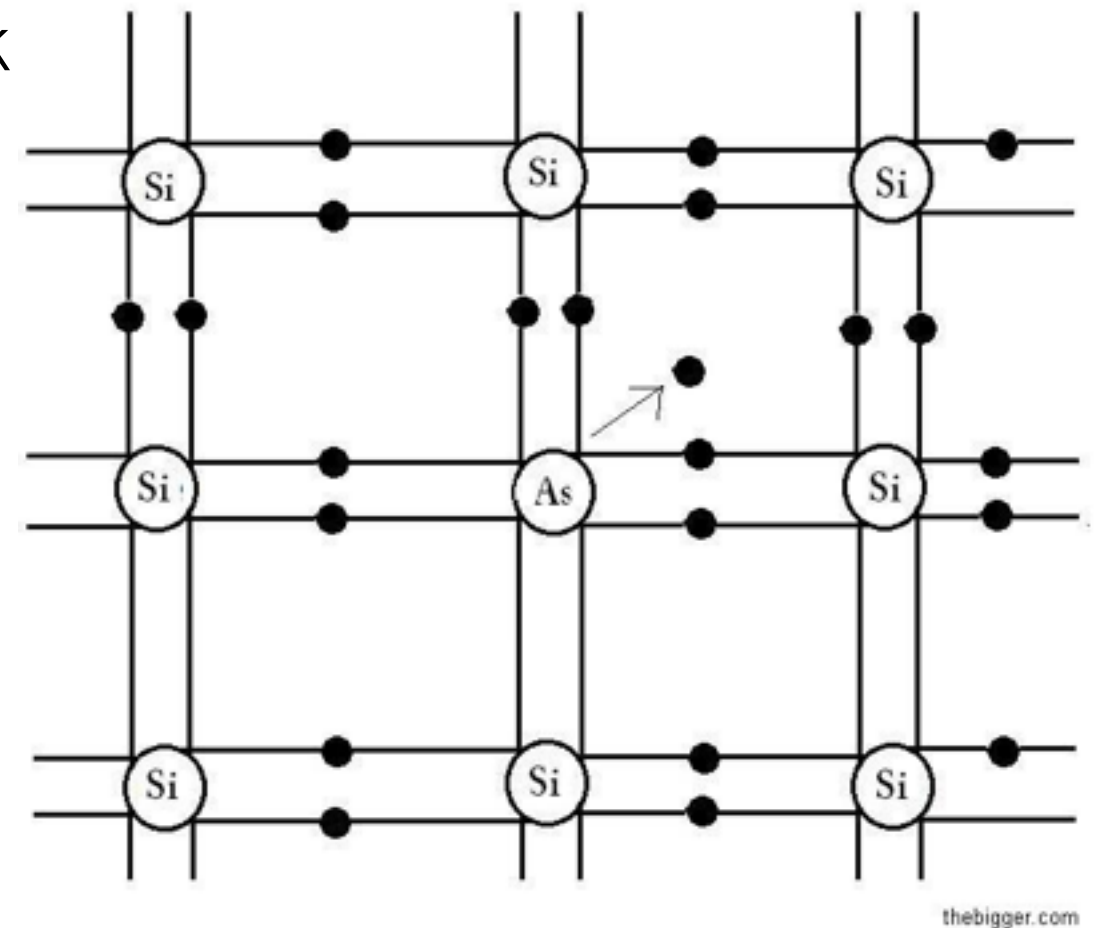
- elektron-lyuk pár keletkezéséhez az energiát a kristály hőenergiája fedezi.
- Ezt a rendezetlen mozgást az elektronok és lyukak egymásra találásakor bekövetkező rekombináció ellensúlyozza.
- Emiatt szobahőmérsékleten a félvezető vezetési sávja nem teljesen üres, vegyértéksávja nincs teljesen betöltve.
- Növelve a hőmérsékletet, egyre jobban vezet, mert egyre több szabad töltéshordozó alakul ki.

Szennyezet (adalékolt) félvezetők

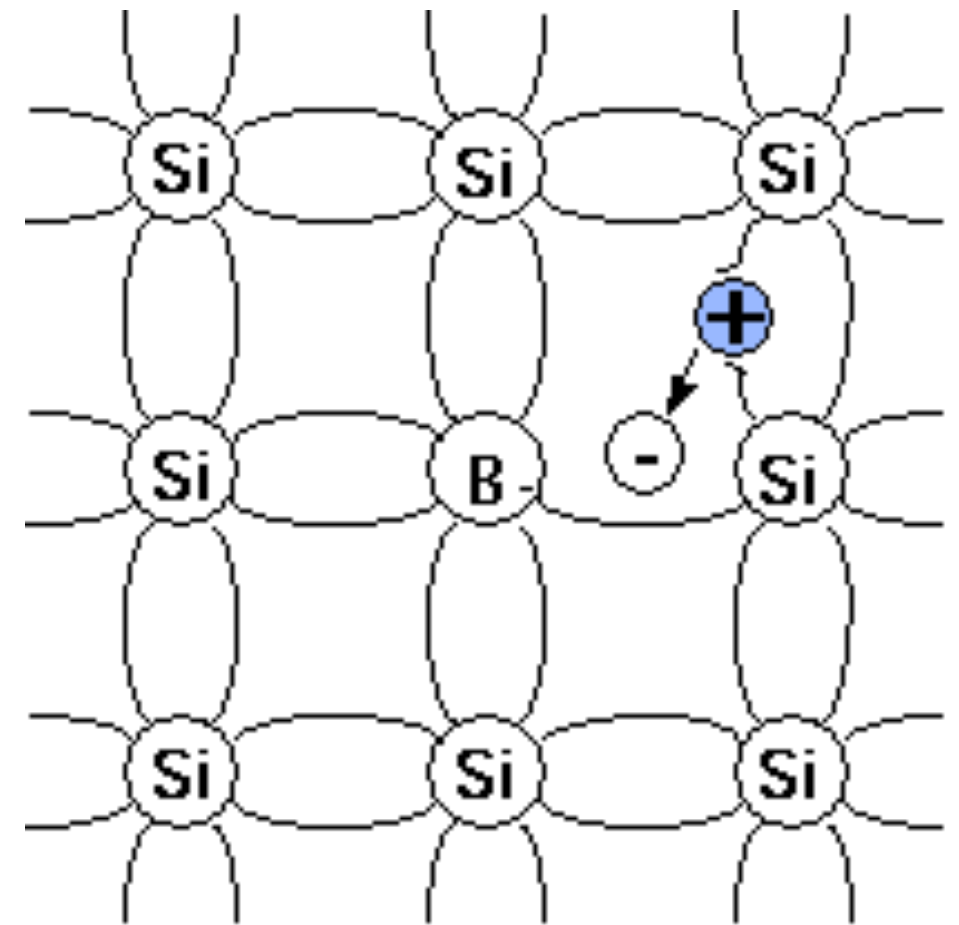
- Szilícium kristály gyémántszerkezetű
- 4 vegyértékű atomok tetraéderezes kötéssel kapcsolódnak



- helyettesítsük az egyik Si atomot egy ötvegyértékű atommal (pl.: arzén, antimon, foszfor)
- 4 vegyértékelektron kapcsolódik a szomszédos Si atomokhoz, de az ötödik gyengén kapcsolódik a szennyező anyag törzséhez.
- Innen könnyen leszakad, szabaddá válik.
- A tiltott sávban megjelenő donornívón helyezkedik el (néhány század eV távolságban a vezetési sávtól).
- A donorszennyezőt tartalmazó félvezető az n-típusú félvezető, mert az elektromos vezetést csaknem teljesen negatív töltéshordozók hozzák létre.



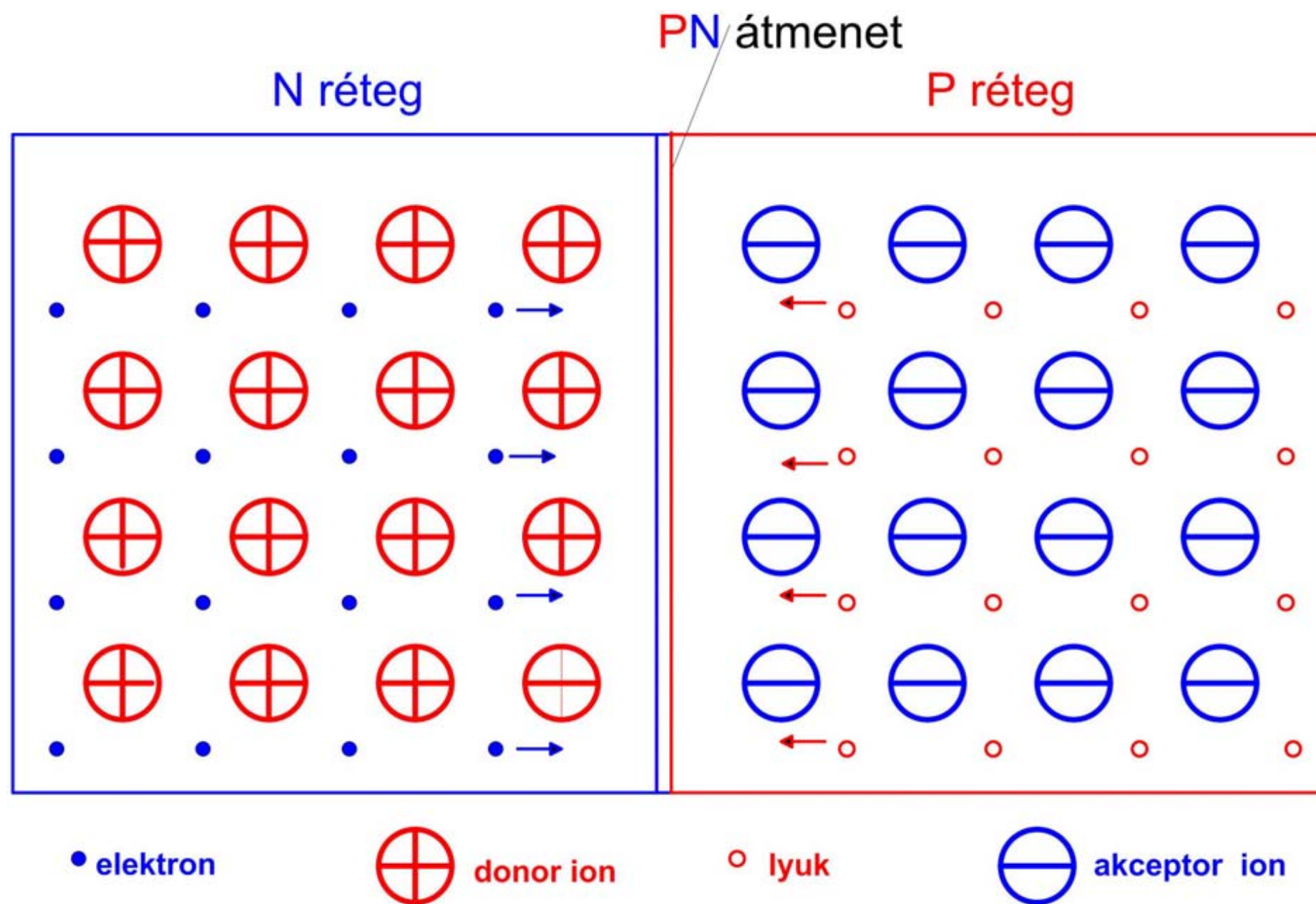
- helyettesítsük az egyik Si atomot egy háromvegyértékű atommal (pl.: bór, gallium, indium)
- a tetraéderes kötés kialakításához hiányzik egy elektron
- lyuk vándorol a kristályban
- az ilyen típusú szennyező az akceptor, a félvezető pedig a p-típusú
- elektron helyet lyuk, vezetést túlnyomó részt pozitív töltéshordozók hozzák létre

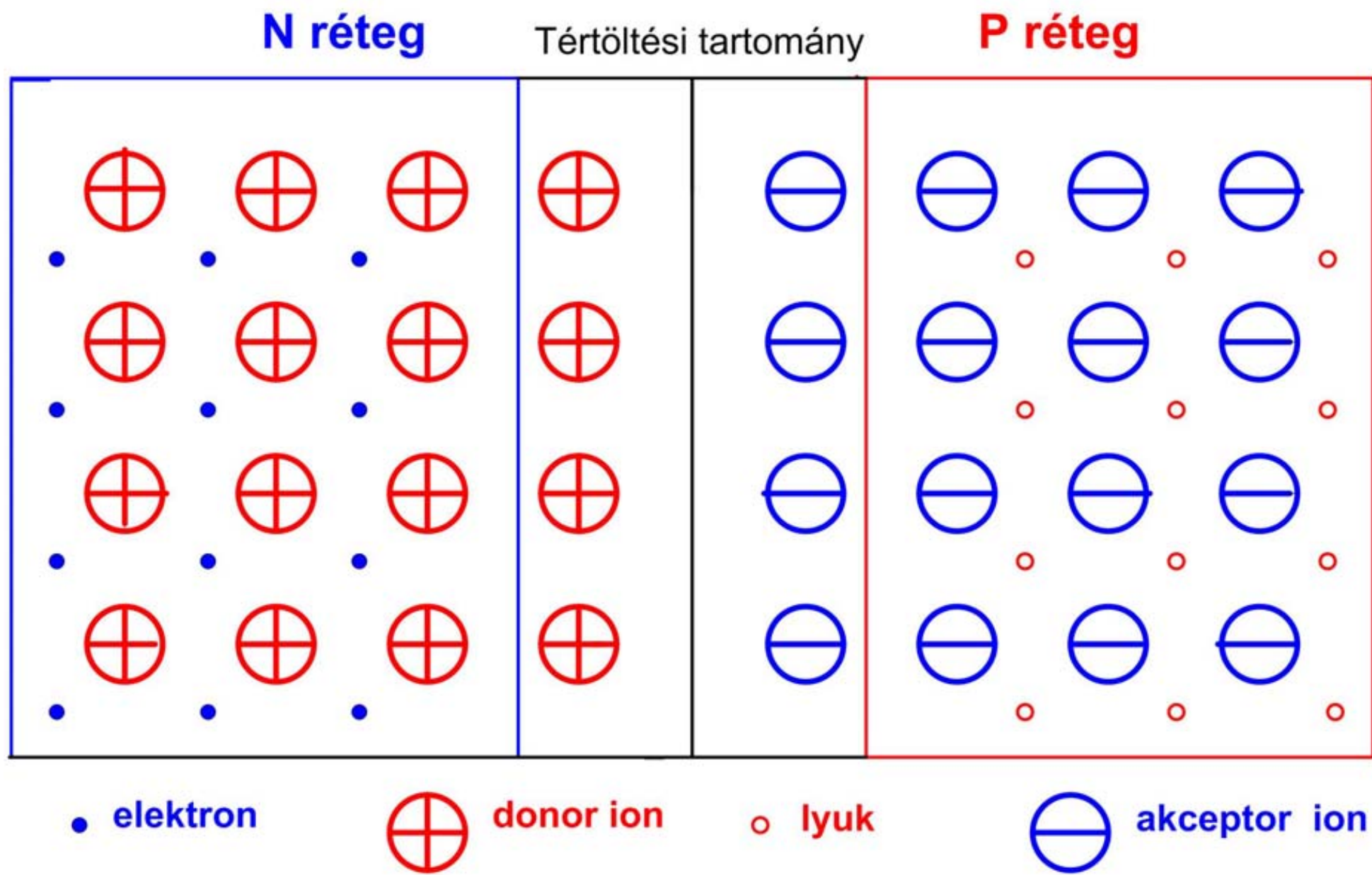


- a félvezető kristály donor illetve akceptor atomokkal történő szennyezése az adalékolás.
- adalékolással az intrinsic koncentrációt több nagyságrenddel meghaladó töltéshordozó-koncentrációt biztosíthatunk félvezetőkben.
- n-vezetőkben az elektronok, p-vezetőkben a lyukak vezetik túlnyomó részben az áramot, ezek a többségi töltéshordozók
- Az áram egy jóval kisebb részét az n-vezetőben lyukak, p-vezetőben elektronok szállítják, ezek a kisebbségi töltéshordozók.

p-n átmenet

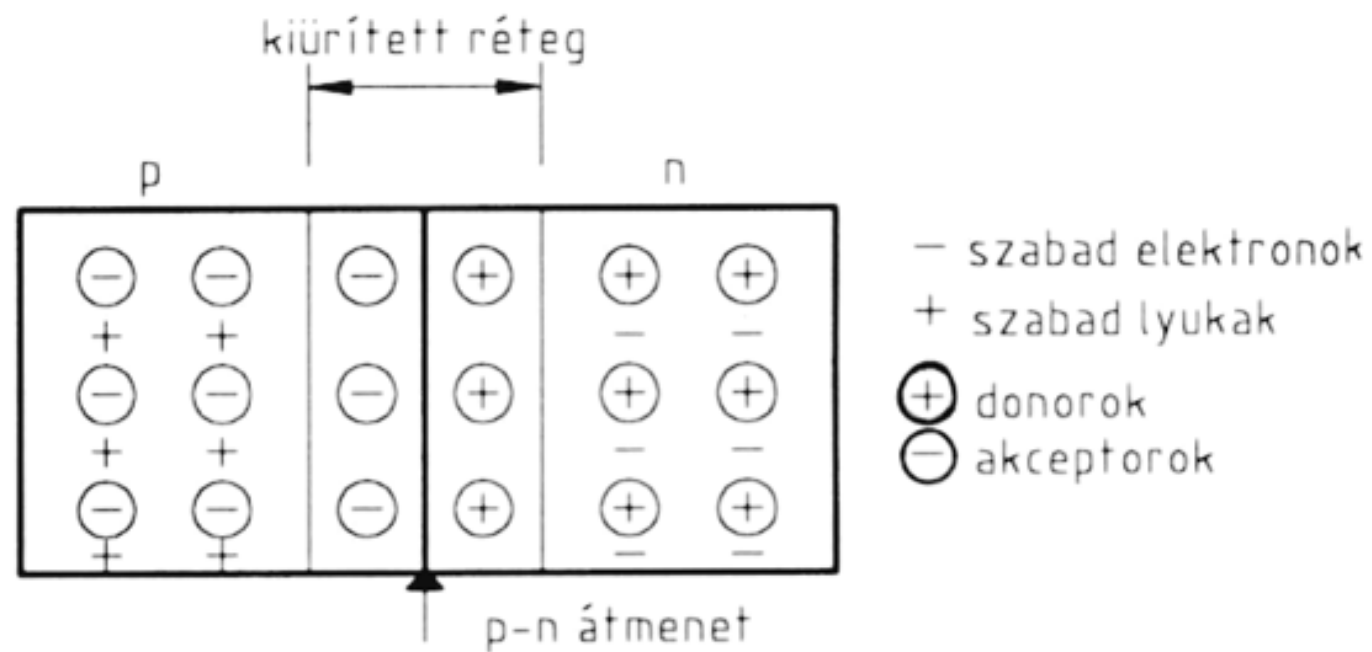
- adalékoljuk a félvezető kristály egyik felét n-típusúra, a másik felét p-típusúra
- a kettő közötti határfelület a p-n átmenet
- szabad töltéshordozók véletlenszerű termikus mozgást végezve átjutnak a p- és n-típusú tartományt elválasztó határfelületen
- n-típusúban mivel nagyobb az elektronkoncentráció, ezért több elektron érkezik p-típusú tartományba
- fordítva u.e igaz lyukakkal
- az átdiffundáló töltések nem maradnak szabadok, hanem rekombinálódnak
- kiürített réteg jön létre a határon, szabad töltéshordozóban szegény terület



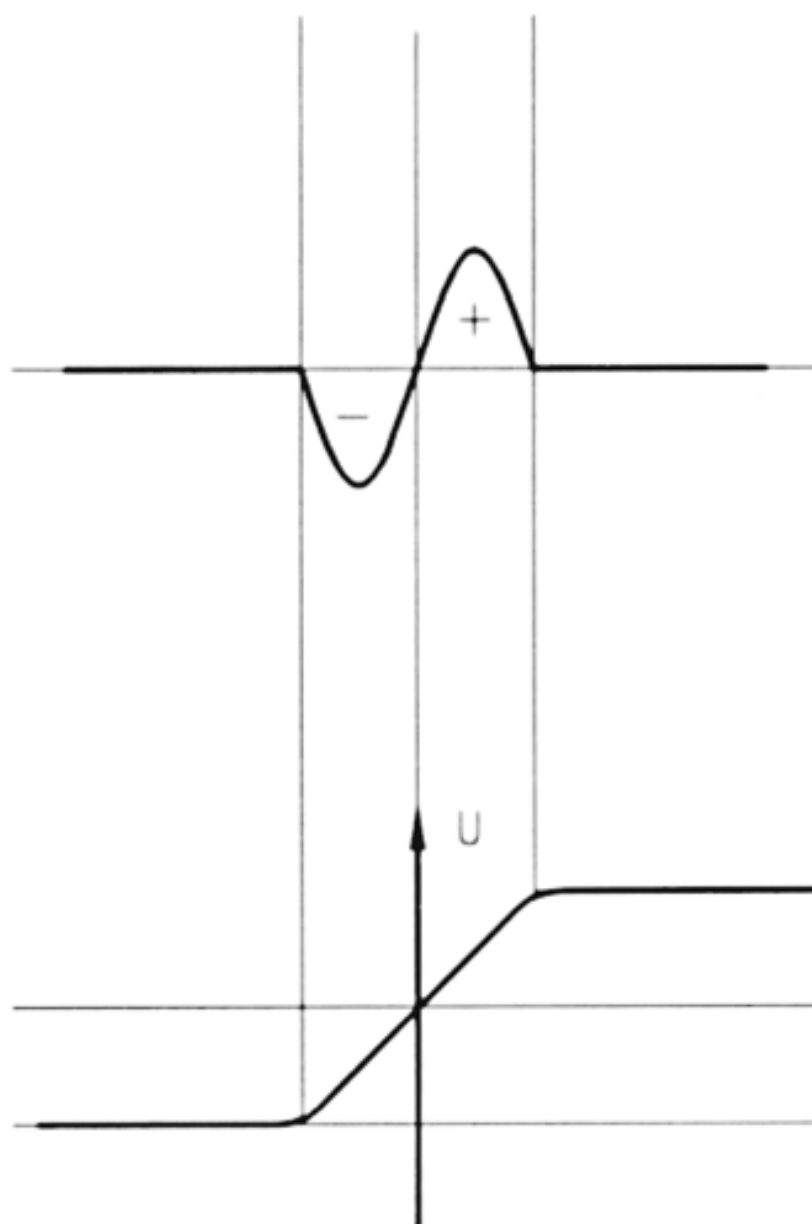


- p-típusú rész a beérkező elektronok és távozó lyukak miatt negatívvá teszik az n-típusú rész meg pozitív többlettöltés jön létre
- a töltések elektromos teret hoznak létre
- az elektromos tér iránya pozitívtól a negatív tértöltésű irányba mutat (n-rétegtől p-réteg felé)
- ezért n-típusú tartomány potenciálja pozitívabb
- p-n átmeneten kialakult feszültség a küszöbfeszültség, ami megakadályozza a szabad töltéshordozók további áramlását.
- Értéke az anyagtól függ, szilíciumban pl.: 0,7 V

a) p-n átmenet



b) Töltéssűrűség



c) Elektrosztatikus potenciál