



Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem  
Elektronikus Eszközök Tanszéke

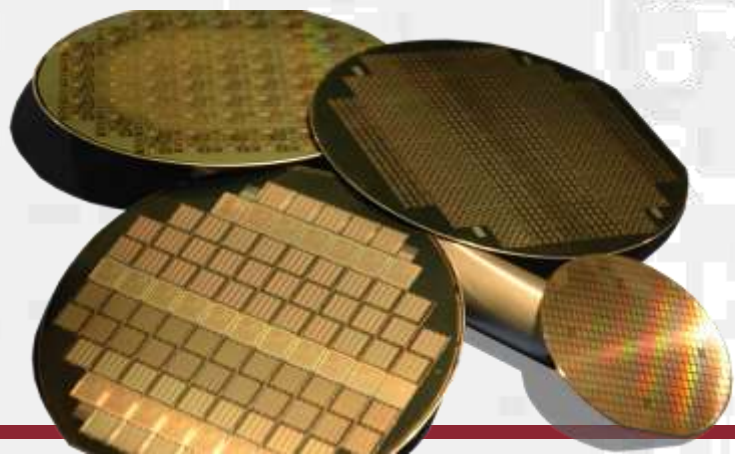
# 1. zárthelyi megoldásai



**2013. október 18.**

<http://www.eet.bme.hu/~poppe/miel/hu/97-NZH-1-megold.ppt>

<http://www.eet.bme.hu>





# Kis kérdések

- ▶ A Moore törvény a mikroelektronika eddig tapasztalt exponenciális fejlődését fogalmazta meg, pl. az egy IC lapkára integrált alkatrészek (tranzisztorok) száma kb. 14-18 havonta megduplázódik
  
- ▶ MFS – minimal feature size, legkisebb alakzat mérete, szokás még minimális csíkszélességnek is nevezni. Ma a legfejlettebb technológiák esetében ez 45-22-14 nm (14 nm idén őszi bejelentés)





# Kis kérdések

- ▶ Egy n-típusú szilícium hordozó ( $n_i = 10^{10}/\text{cm}^3$  @  $T=300$  K) akceptor adalékkoncentrációja  $N_d = 10^{18}/\text{cm}^3$ . Mekkora ebben az anyagban a lyukak egyensúlyi koncentrációja szobahőmérsékleten ( $T=300$  K)?
  - Kisebbségi hordozókoncentráció a tömeghatás törvénye alapján:
$$p_n = n_i^2/n_n \cong n_i^2/N_d = 10^{20}/10^{18} = \underline{10^2/\text{cm}^3}$$
  - A többségi hordozók az elektronok,  $n_n \cong N_d$ , koncentrációjuk tehát gyakorlatilag nem függ a hőmérséklettől.





- ▶ Egy Si dióda telítési árama  $I_0=10^{-13}\text{A}$ . Ismert fix hőmérsékleten mekkora a nyitófeszültsége, ha a nyitó árama 100 mA ? [Segítség:  $\ln(10)\approx 2.3$ ]

$$I = I_0 \cdot [\exp(U/U_T) - 1] \quad \rightarrow \quad U = U_T \cdot \ln(I/I_0 + 1) \approx U_T \cdot \ln(I/I_0)$$

$$U = 26 \text{ mV} \cdot \ln(10^{-1}/10^{-13}) = 26 \text{ mV} \cdot 12 \cdot \ln(10) = \underline{\underline{717.6 \text{ mV}}} \approx 718 \text{ mV}$$

- ▶ Mi az intrinsic Fermi-szint?

Az intrinsic félvezető anyag sáv közepének megfelelő energia szint. Igaz rá, hogy  $f(W_i) = 0.5$ .

- ▶ Mit jelent a  $t_{rr}$  és nagyságrendileg mekkora az értéke egy gyors dióda esetén?

Záróirányú feléledési idő (reverse recovery time) – az idő, ami alatt kiürül a diffúziós töltés és feltöltődik a tértöltés kapacitás. Kb. 2-3 ns.

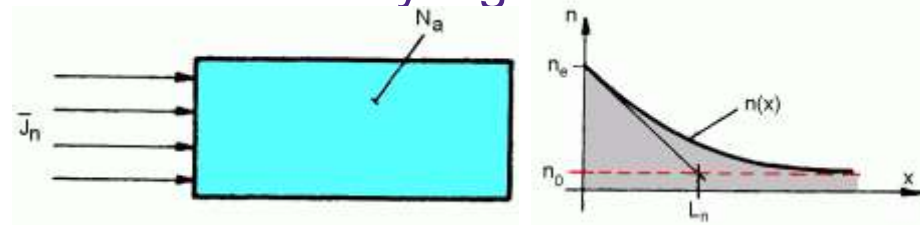




- ▶ Mi a diffúziós hossz? Egy mondattal írja le a szemléletes fizikai jelentését és adja meg képlettel is!
  - Kisebbségi töltéshordozók átlagos behatolási mélysége

$$L_n = \sqrt{D_n \tau_n}$$

**diffúziós hossz**



- ▶ Hogyan és milyen irányban mozognak a levegő részecskéi egy tisztatérben?

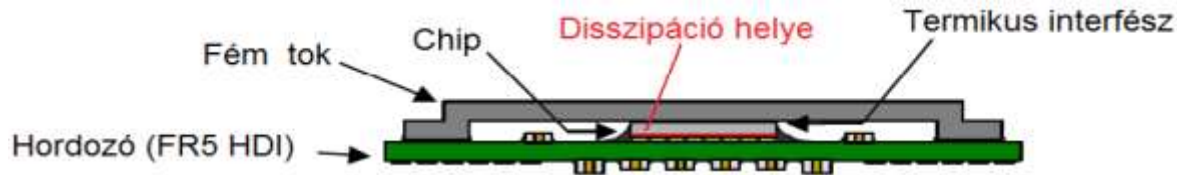
- A szűrt levegő az álmennyezet felől az álpadló irányában áramlik, így a padlóról nem kerülhet szennyeződés a félvezető szeletekre



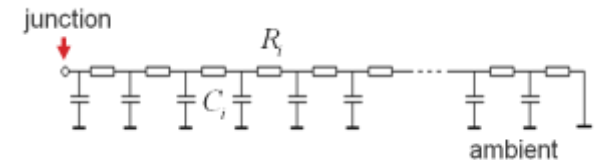


# Kis kérdések

- ▶ Rajzolja fel egy modern tokozott processzor a keresztmetszeti képét és jelölje be rajta a fő egy dimenziós hővezetési utat!
- Chip aktív felületéről egy termikus határfelületi rétegen keresztül a leadframe felé, illetve flip-chip esetben a hűtőborda felé



"junction" –  $R_{thjc}$  –  $R_{thca}$  – "termikus föld"





# Számítási feladat

- Egy szilícium dóda diffúziós potenciáljának értéke  $U_D = 0,7V$ . Tértöltés kapacitásának értéke  $3,3 pF$  zárófeszültség esetében. Mekkora lesz a tértöltés kapacitás értéke, ha  $5V$ -tal megnöveljük a zárófeszültséget?

$$C_{T1} = \frac{const}{\sqrt{U_D - U_{R1}}} \quad C_{T2} = \frac{const}{\sqrt{U_D - U_{R2}}}$$

$$\frac{C_{T2}}{C_{T1}} = \frac{\sqrt{U_D - U_{R1}}}{\sqrt{U_D - U_{R2}}} \quad 2p$$

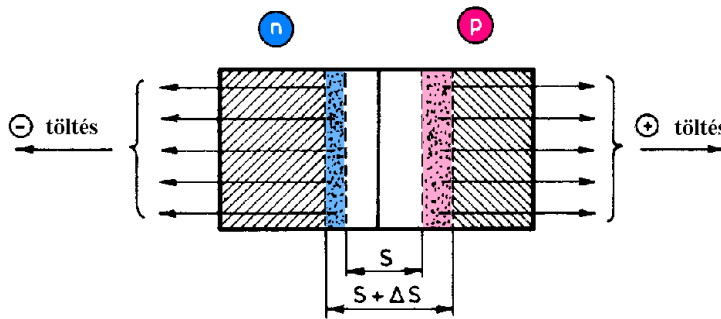
$$C_{T2} = C_{T1} \cdot \frac{\sqrt{U_D - U_{R1}}}{\sqrt{U_D - U_{R2}}} = 3 \cdot \frac{\sqrt{0,7 - (-3.3)}}{\sqrt{0,7 - (-3.3 - 5)}} = 3 \cdot \frac{\sqrt{4}}{\sqrt{9}} = 3 \cdot \frac{2}{3} = 2 pF$$



# Tétel szerűen kifejtendő kérdés

- ▶ Mutassa be és részletesen ismertesse a valóságos dióda kapacitásait (*melyek ezek, milyen tartományban jellemzők, mekkora nagyságrendileg az értékük, értékük mitől függ, hol játszanak szerepet a dióda működésében, stb...*)

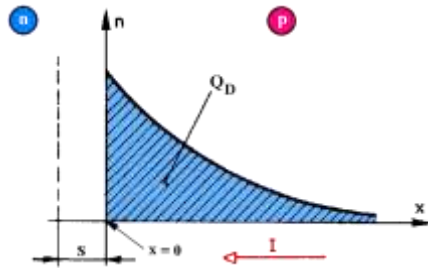
- Záró tartományban – tértöltés kapacitás



$$C_T = A \sqrt{\frac{q \epsilon N_a}{2}} \frac{1}{\sqrt{U_D - U}}$$

$$C_T = \frac{const}{\sqrt{U_D - U}}$$

- Nyitó tartományban – a diffúziós kapacitás kezd dominálni



$$C_D = \frac{dQ_D}{dU} = \frac{dQ_D}{dI} \frac{dI}{dU}$$

$$C_D = \tau_{n(p)} \frac{1}{r_d} = \tau_{n(p)} \frac{I}{U_T} = const \cdot I$$

$$C_D = const \cdot I$$





# Tétel szerűen kifejtendő kérdés

- ▶ Mutassa be és részletesen ismertesse a valóságos dióda kapacitásait (*melyek ezek, milyen tartományban jellemzők, mekkora nagyságrendileg az értékük, értékük mitől függ, hol játszanak szerepet a dióda működésében, stb...*)

**Nagyságrendek:**

$C_T$  1-10 pF

$C_D$  nF-ok

(egy kisteljesítményű diódára)

**Hasznosítás:**

$C_T$  rezgőkör hangolás,  
erősítés mikrohullámon

$C_D$  --

