

# Unipoláris eszközök

## A Schottky dióda

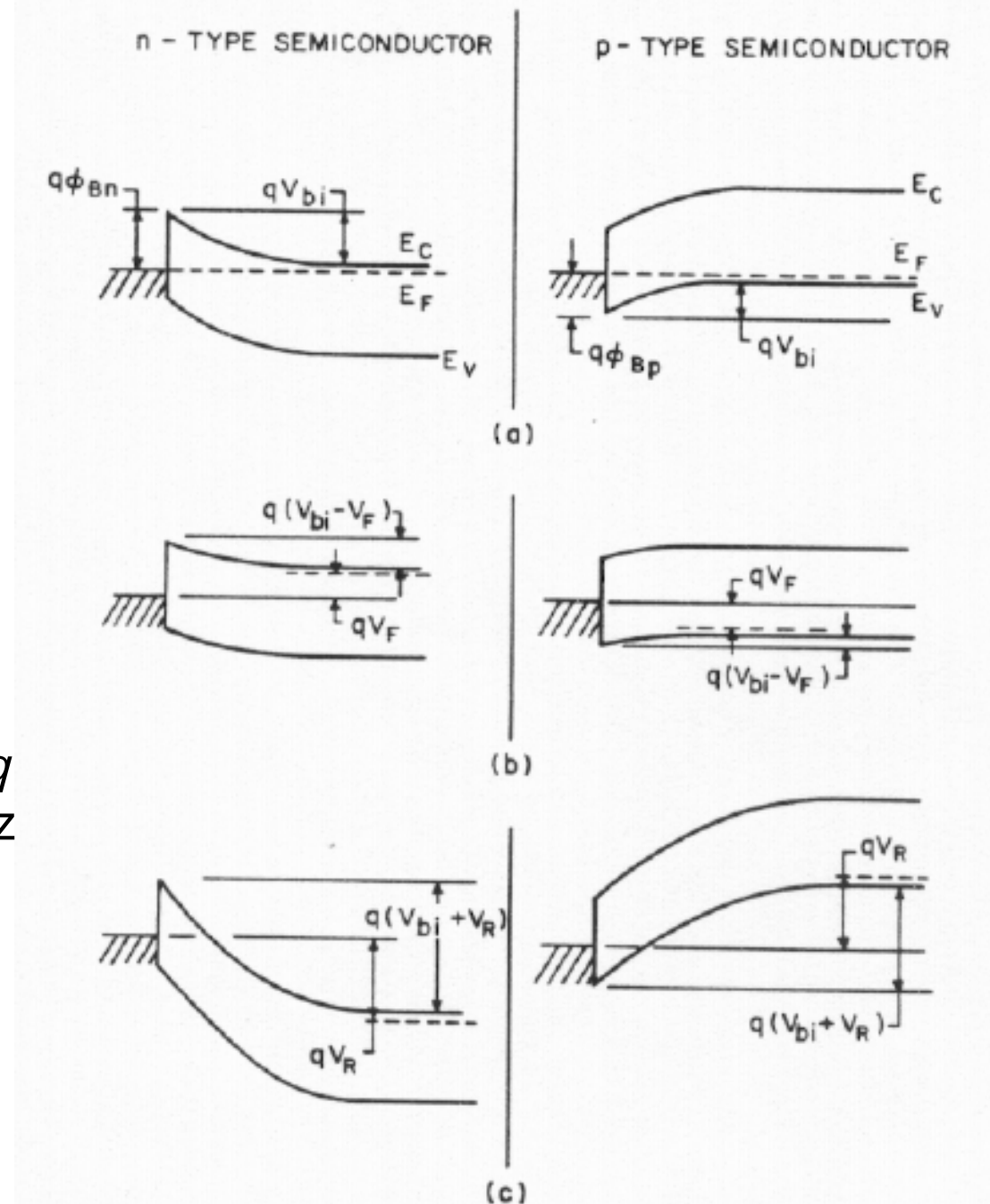
Egyenirányító fém-félvezető átmenet. Az egyenirányítás a félvezető felületén létrejövő potenciálgát következménye.

Az átmeneten átfolyó áram:

$$I = I_0 \left( \exp \frac{qU}{nkT} - 1 \right)$$

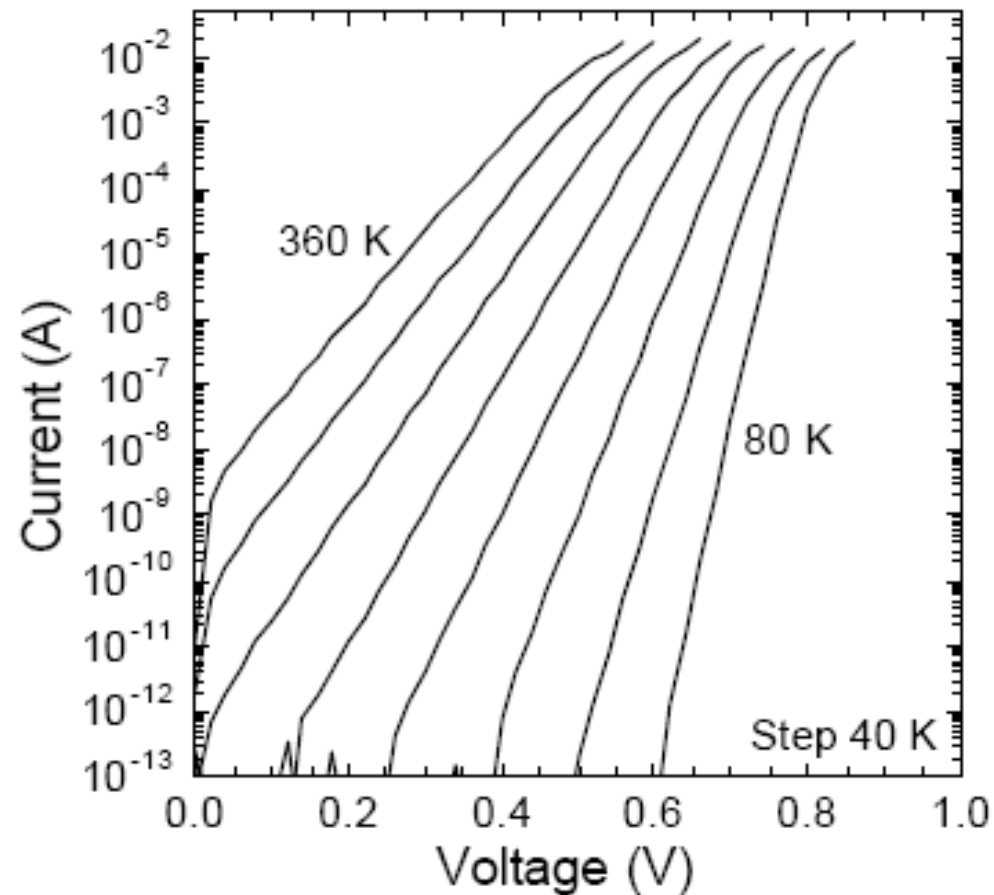
ahol  $I$  az áram,  $I_0$  a telítési áram,  $q$  az elemi töltés,  $U$  a feszültség,  $n$  az idealitási tényező,  $k$  a Boltzmann állandó és  $T$  a(z abszolút) hőmérséklet.

Az idealitási tényező értéke ideális esetben 1, a valóságban nagyobb. Jó minőségű diódáknál 1,0-1,1.



A Schottky átmenet sávdigramja egyensúlyban (a) és nyitó (b) és záró (c) feszültség esetén.

# Az áram-feszültség karakterisztika hőmérséklet függése

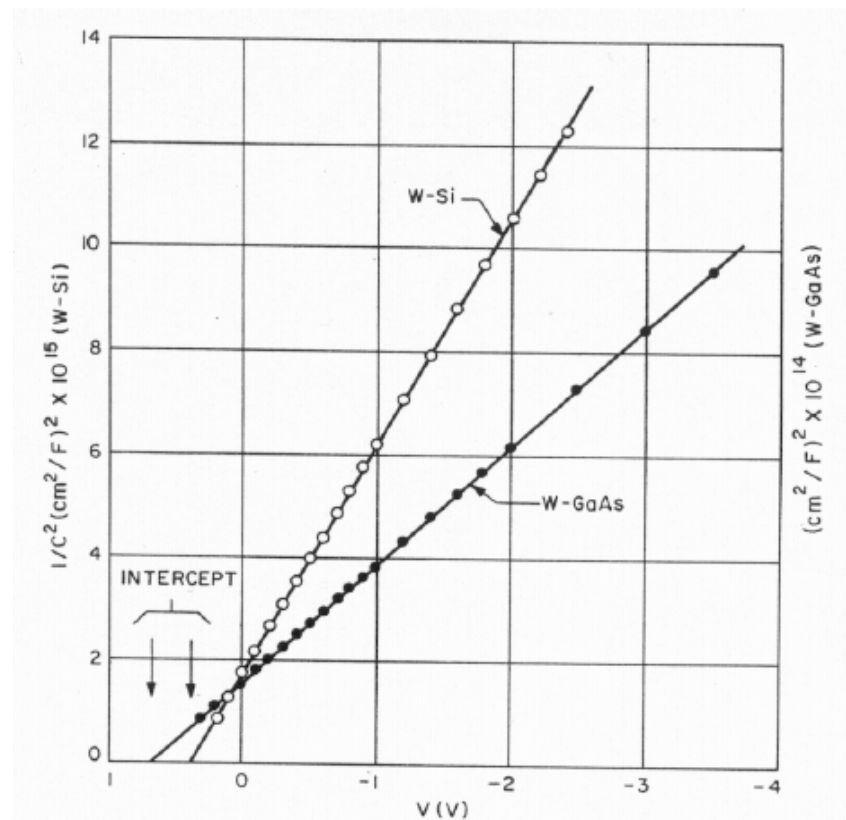


Az MTA MFA-ban előállított Au/n-GaAs Schottky dióda nyitó irányú áram-feszültség karakterisztikája a hőmérséklet függvényében

# A kapacitás-feszültség karakterisztika

$$C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_s}{w} A = \sqrt{\frac{\varepsilon_0 \varepsilon_s q N_{AD}}{2(U_{bi} - U)}} A$$

ahol  $C$  a kapacitás,  $\varepsilon_0$  a vákuum permeabilitása,  $\varepsilon_s$  a félvezető relatív permeabilitása,  $w$  a kiürülési mélység,  $N_{AD}$  az akceptor vagy donor koncentráció p- ill. n-típus esetén,  $U_{bi}$  a beépült potenciál és  $A$  a dióda felülete.

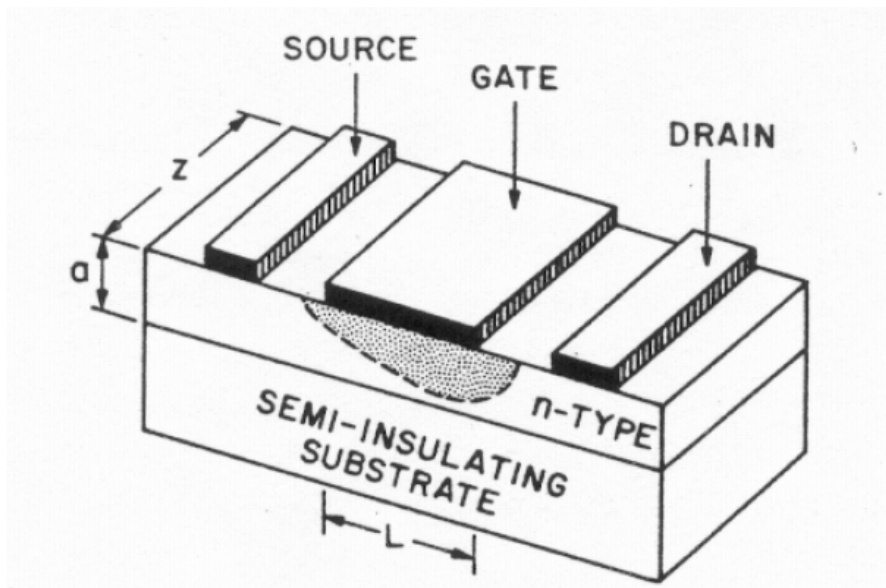


*Alkalmazás:*  
egyenirányítás,  
detektálás,  
keverés  
feszültségfüggő kapacitás  
(varicap, varactor)

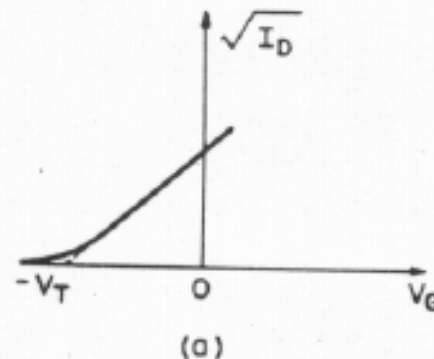
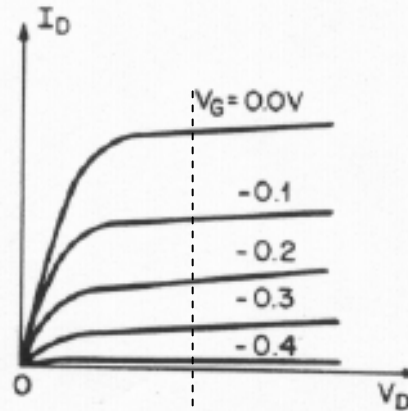
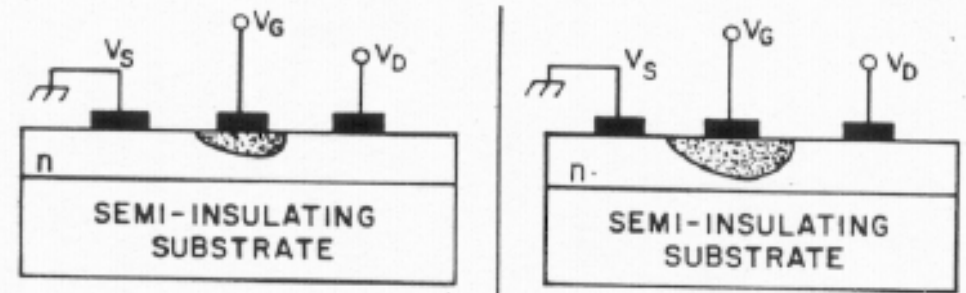
A kapacitás reciprokának négyzete lineárisan függ a feszültségtől (W-Si és W-GaAs diódák).

# A MESFET

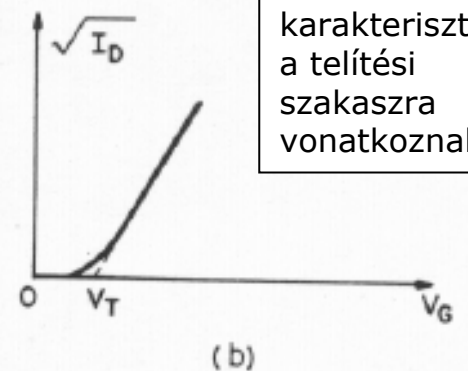
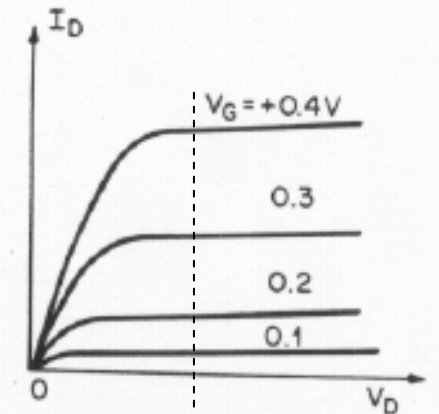
Félszigetelő hordozón (pl. kompenzált GaAs-en vagy InP-on) létrehozott vékony adalékolt réteg, melynek a vezető-képességét egy Schottky átmenet kiürített rétegével vezéreljük.



A MESFET szerkezete



(a)



(b)

Az átmenő karakterisztikák a telítési szakaszra vonatkoznak.

Kiürítéses (a) és növekményes (b) MESFET keresztmetszete és kimeneti és átmenő (transzfer) karakterisztikái

## A MOS kondenzátor

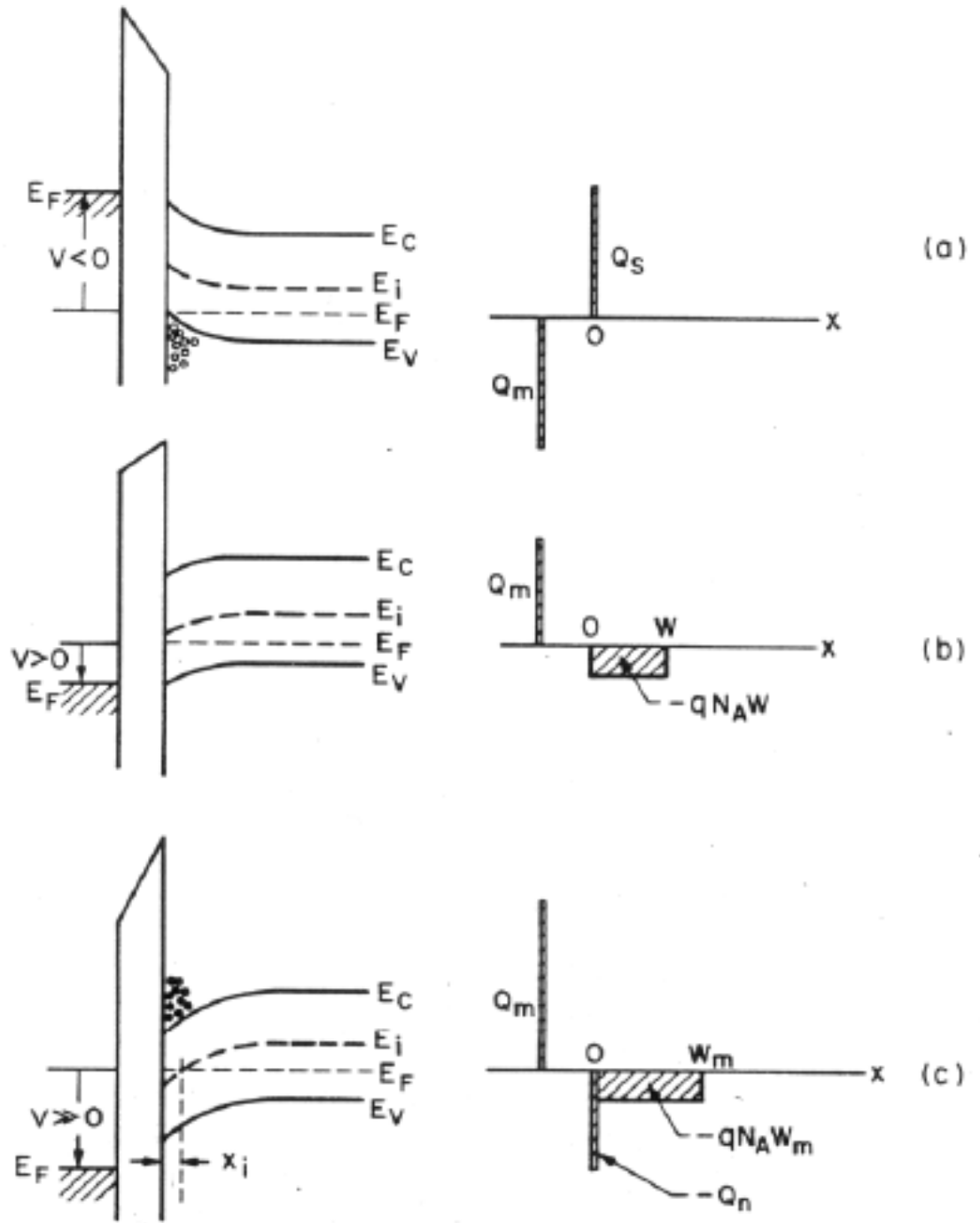
Fém-oxid-félvezető szerkezet  
( $\text{SiO}_2$  Si hordozón)

A sávelhajlás és a félvezető felületénél felhalmozódó töltés mennyisége és jellege a rákapcsolt feszültségtől függ:

- akkumuláció (a többségi töltéshordozók feldúsulása)
- kiürülés (a többségi töltéshordozók távozása)
- inverzió (a kisebbségi töltéshordozók feldúsulása)

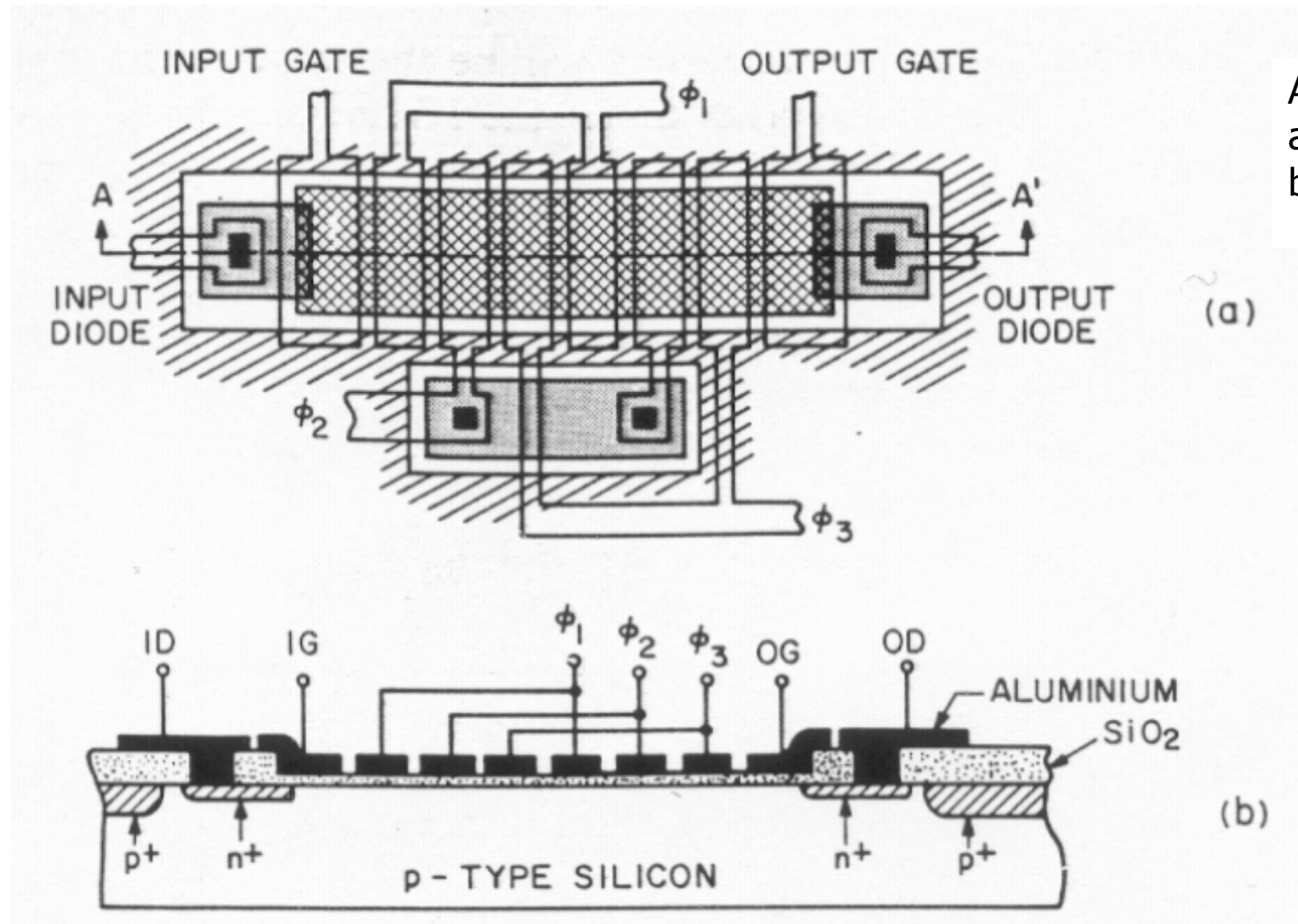
A sávelhajlás és a töltésviszonyok fém- $\text{SiO}_2$ -p-Si szerkezetben:

- nyitó feszültség - akkumuláció
- záró feszültség - kiürülés
- nagy záró feszültség - inverzió



# A CCD

Töltés csatolású eszköz (charge-coupled device)



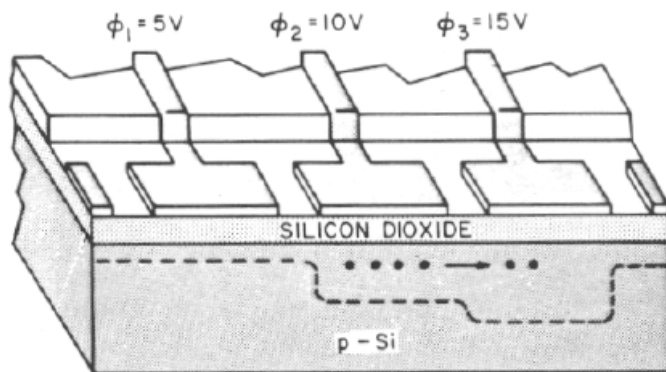
A CCD felépítése:  
a. topológia  
b. keresztmetszet

# Működés

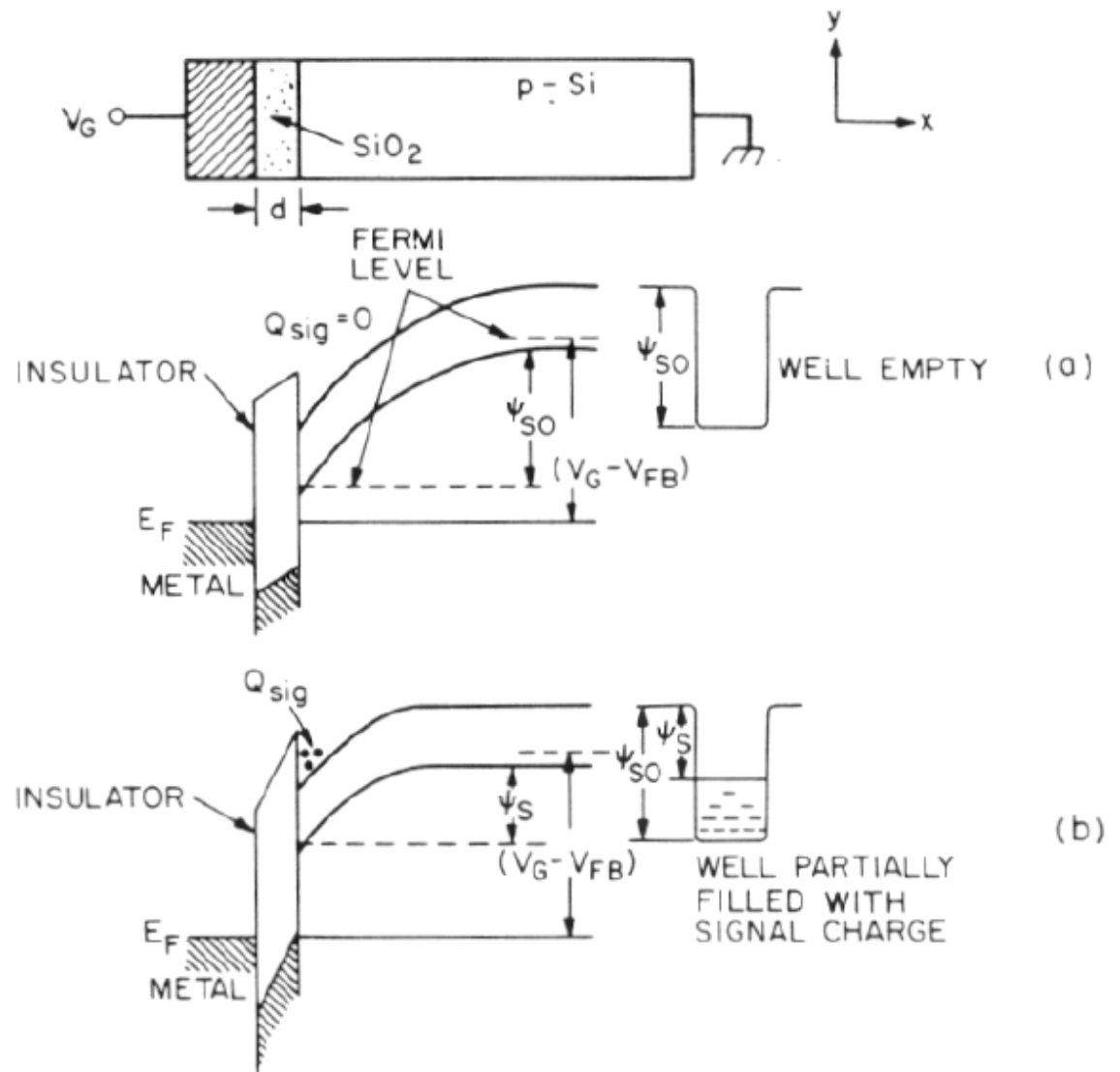
Gyors feszültség-impulzusokkal mély potenciálgödröt hoznak létre a fém fegyverzetek alatt. A hasznos jelet hordozó töltéscsomag itt tárolódik.

Az inverziós réteg kialakulása előtt ki kell olvasni.

Kiolvasás különböző szintű feszültségimpulzusokkal történő továbbléptetéssel: a töltéscsomag a mélyebb potenciálgödörbe lép át.



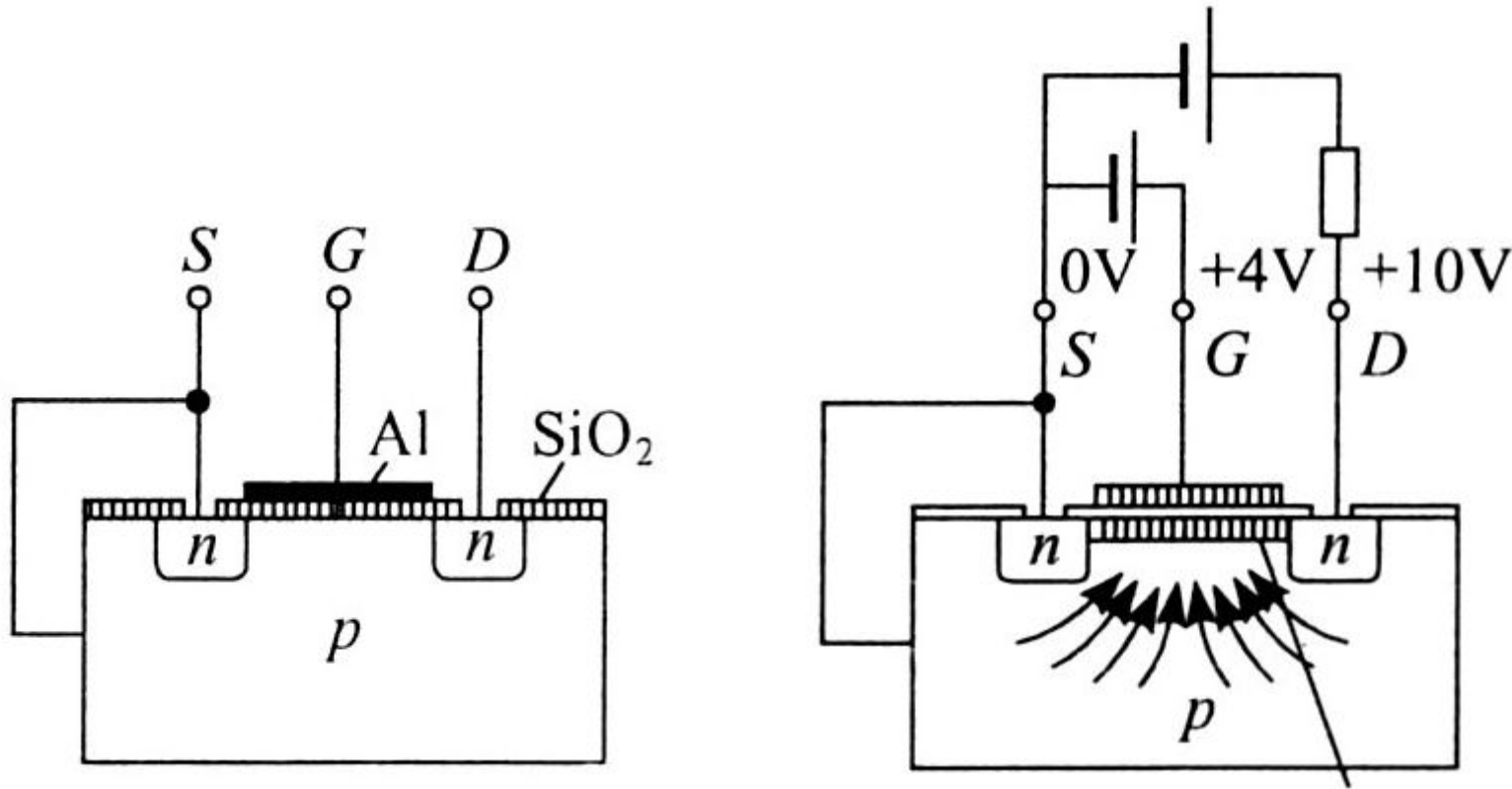
Kiolvasás



A MOS kondenzátor keresztmetszete és az üres (a) és a (jellel) részlegesen töltött (b) potenciálgödör

# A MOSFET

Két, a hordozóval ellentétes típusú zseb között a vezérlő elektródára (gate) kapcsolt feszültséggel létrehozható vezető csatorna (inverziós réteg).



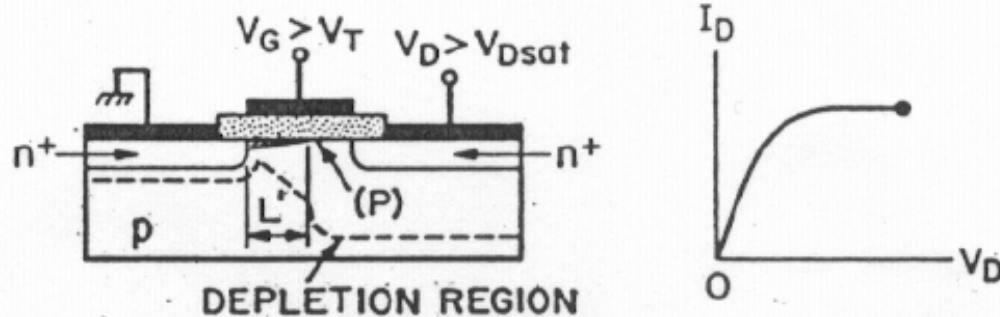
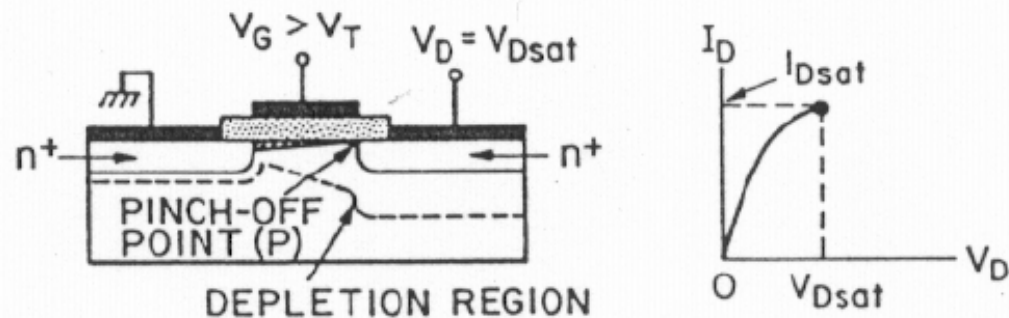
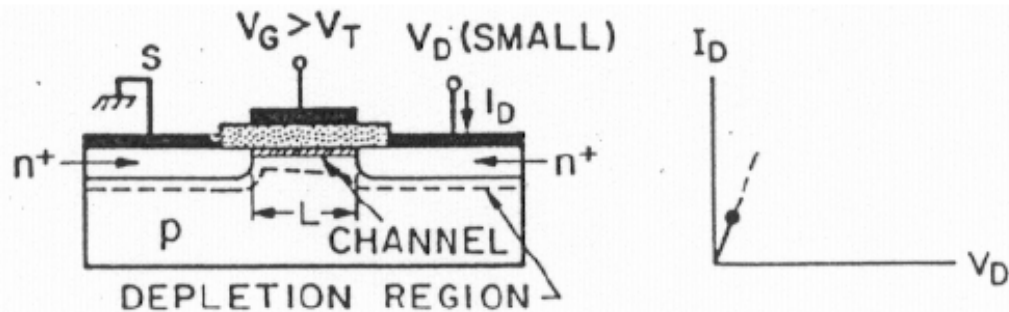
n-csatornás MOSFET szerkezete és a vezető csatorna kialakulása

Lehet n- és p-csatornás.

Jó minőségű MOSFET-et csak szilíciumon lehet készíteni: a termikus SiO<sub>2</sub> nagyon jól passziválja a Si felületét - kicsi a csapdasűrűség.



# Kimeneti karakterisztika



Az inverziós réteg kialakulásához szükséges zárófeszültséget küszöbfeszültségnek ( $V_T$ ) nevezzük. Ha a gate-feszültség kisebb a küszöbfeszültségnél ( $V_G < V_T$ ), nem folyik áram a tranzisztoron keresztül (lineáris szakasz).

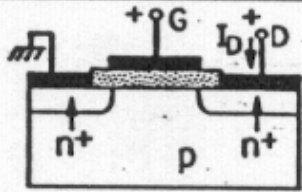
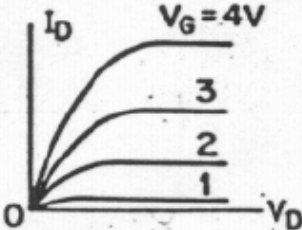
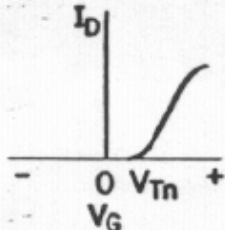
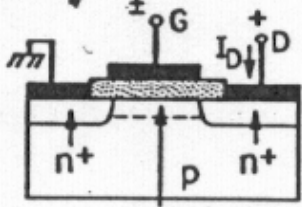
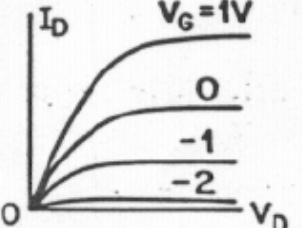
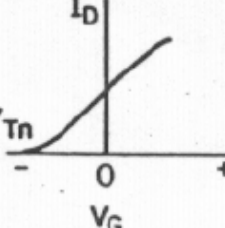
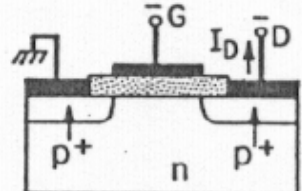
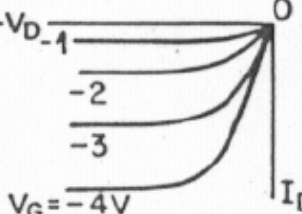
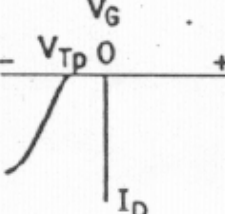
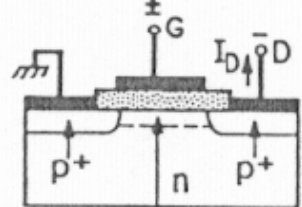
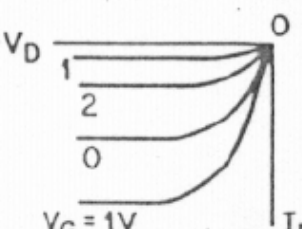
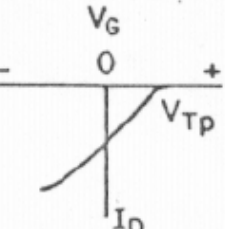
Ha  $V_G > V_T$ , a drain feszültséggel ( $V_D$ ) lineárisan nő eleinte az áram.

$V_D$  növelésével viszont nő a drain-hordozó közötti p-n átmenetben a kiürülési mélység,  $V_D$  egy része ezen az átmeneten esik, emiatt csökken a kimeneti karakterisztika meredeksége (trióda szakasz).

Ha  $V_G - V_D$  eléri a küszöbfeszültség értékét, megszűnik az inverziós réteg a drain mellett, az áram nem függ tovább  $V_D$ -től (telítési szakasz).

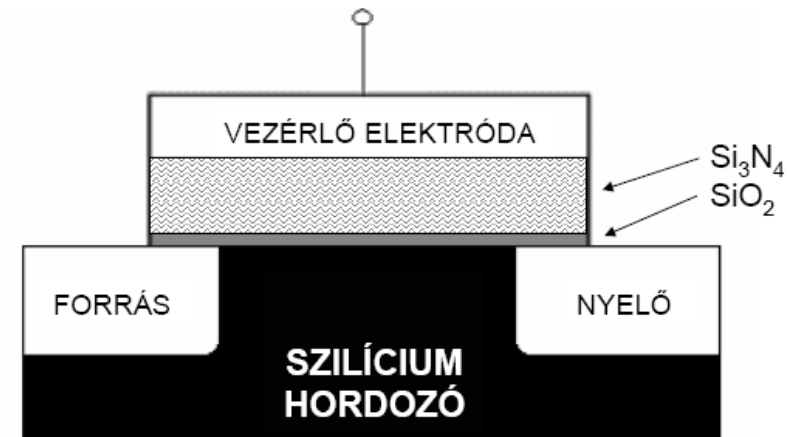
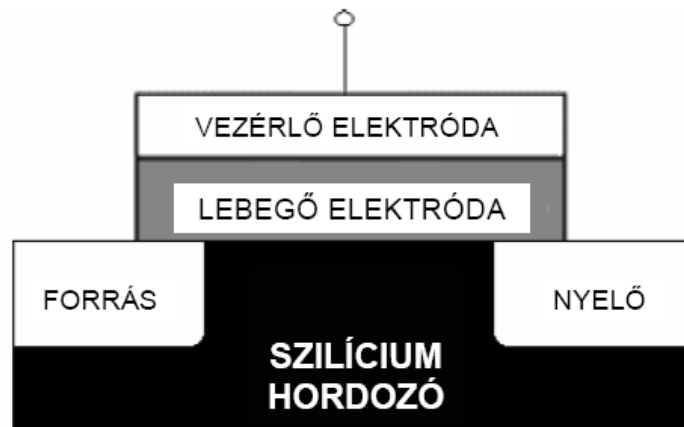
# MOSFET típusok

Lehet n- és p-csatornás, növekményes és kiürítéses.

TYPE	CROSS SECTION	OUTPUT CHARACTERISTICS	TRANSFER CHARACTERISTICS
n-CHANNEL ENHANCEMENT (NORMALLY OFF)			
n-CHANNEL DEPLETION (NORMALLY ON)	 n-CHANNEL		
p-CHANNEL ENHANCEMENT (NORMALLY OFF)			
p-CHANNEL DEPLETION (NORMALLY ON)	 p-CHANNEL		

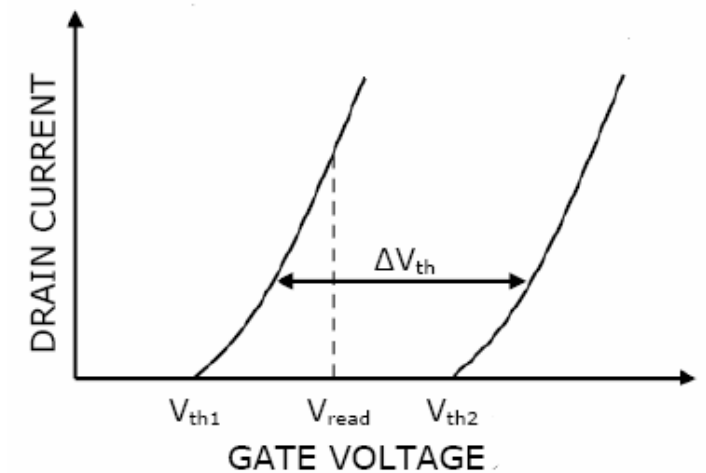
# Memóriatranzisztorok

## Lebegőelektródás és MNOS memóriatranzisztor

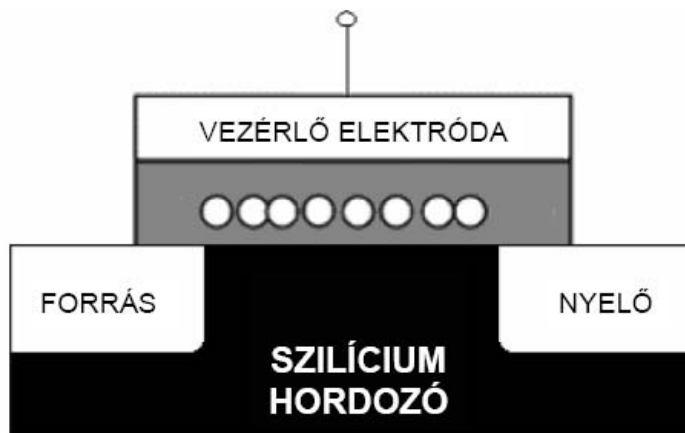


MNOS: fém-nitrid-oxid-félvezető szerkezet

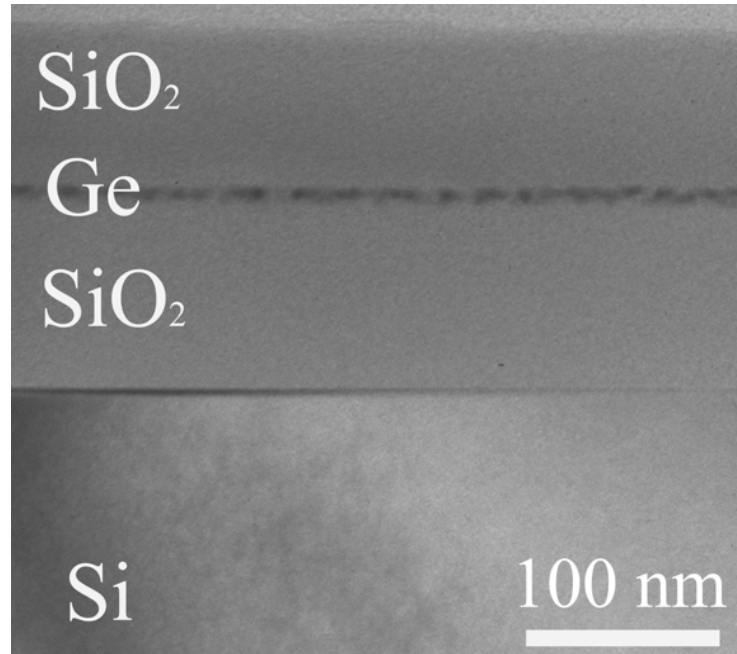
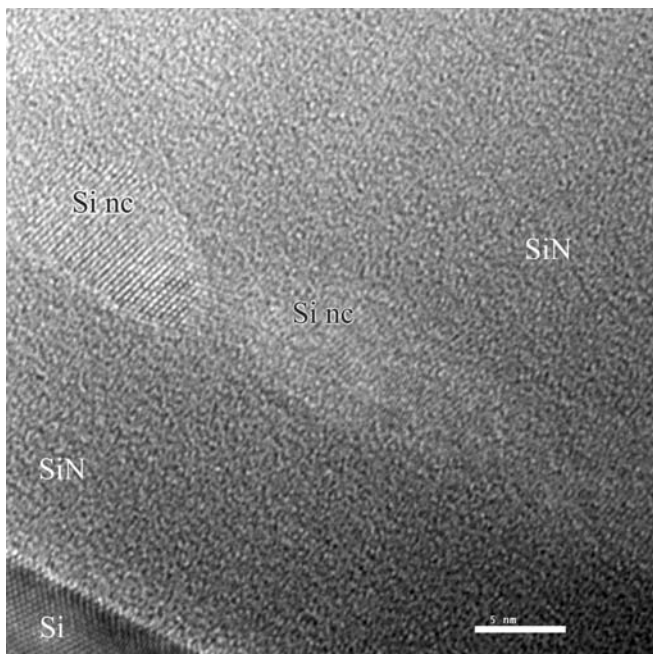
Memória hatás: a lebegő elektródára vagy a szilícium-nitrid rétegben lévő csapdákból feszültségimpulzusokkal bevitt és ott tárolt töltés megváltoztatja a potenciálviszonyokat, és így a tranzisztor nyitófeszültségét. (A transzfer karakterisztika önmagával párhuzamosan eltolódik.) A töltésbevitel mechanizmusa az alagutazás.



# Nanokristályos memóriatranzisztor



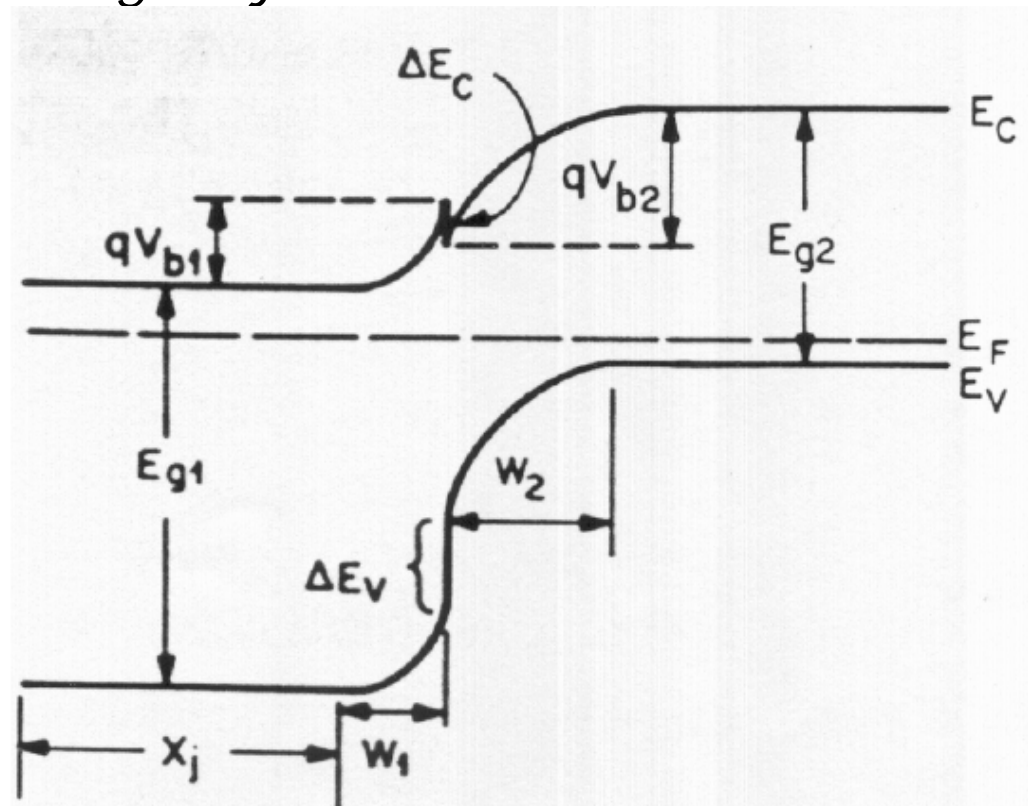
Lebegő elektróda helyett nanokristályok: jobb megbízhatóság.



Az MTA MFA-ban készített Si és Ge nanokristályokat tartalmazó memóriaszerkezetek keresztmetszeti transzmissziós elektronmikroszkópos képei

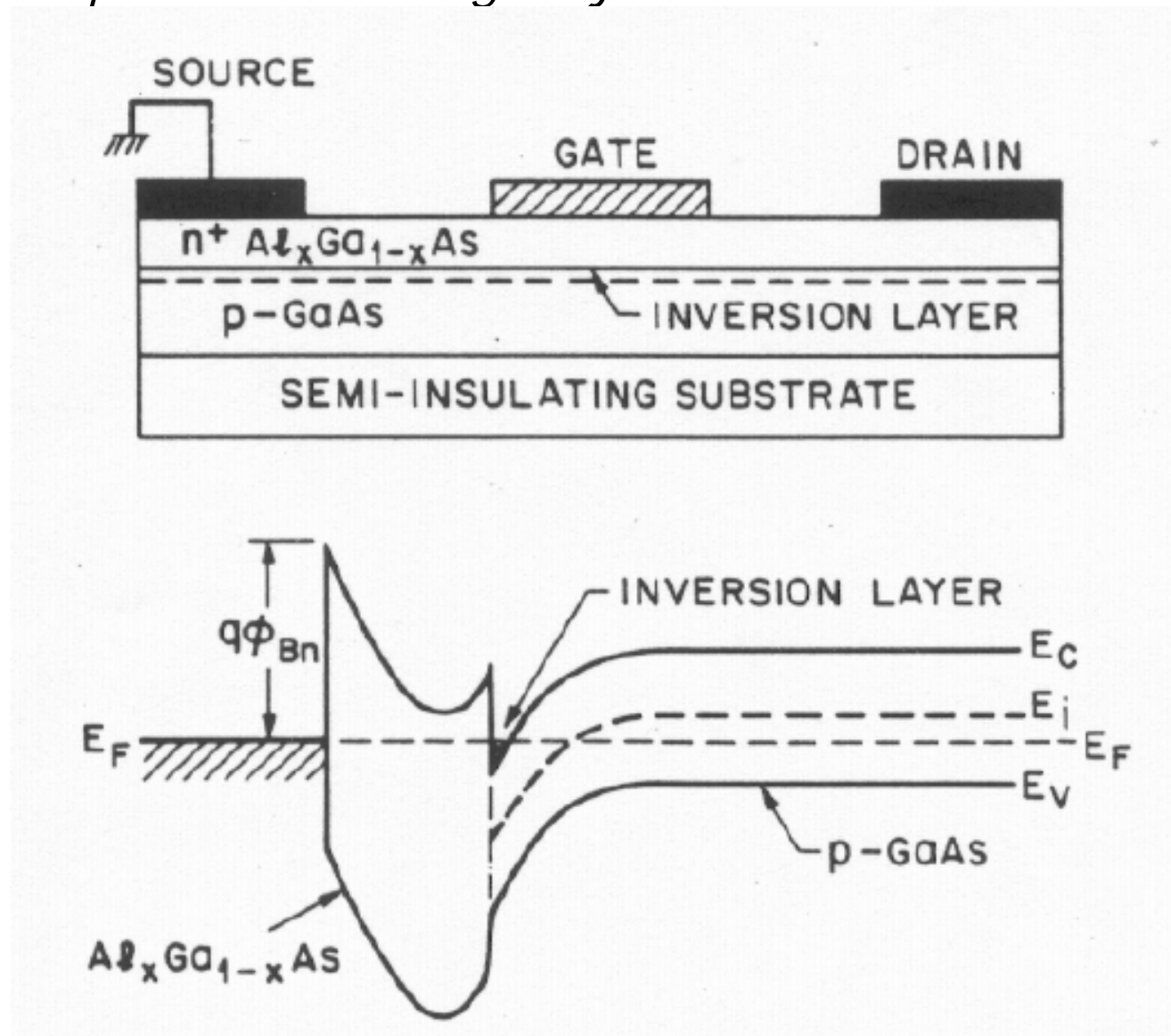
# Heteroátmenetes tranzisztorok

*A heteroátmenet sávdigramja:*



A vezetési sáv szakadásánál potenciálgödör alakul ki. Ez a vezetési csatorna a heteroátmenetes FET-ekben.

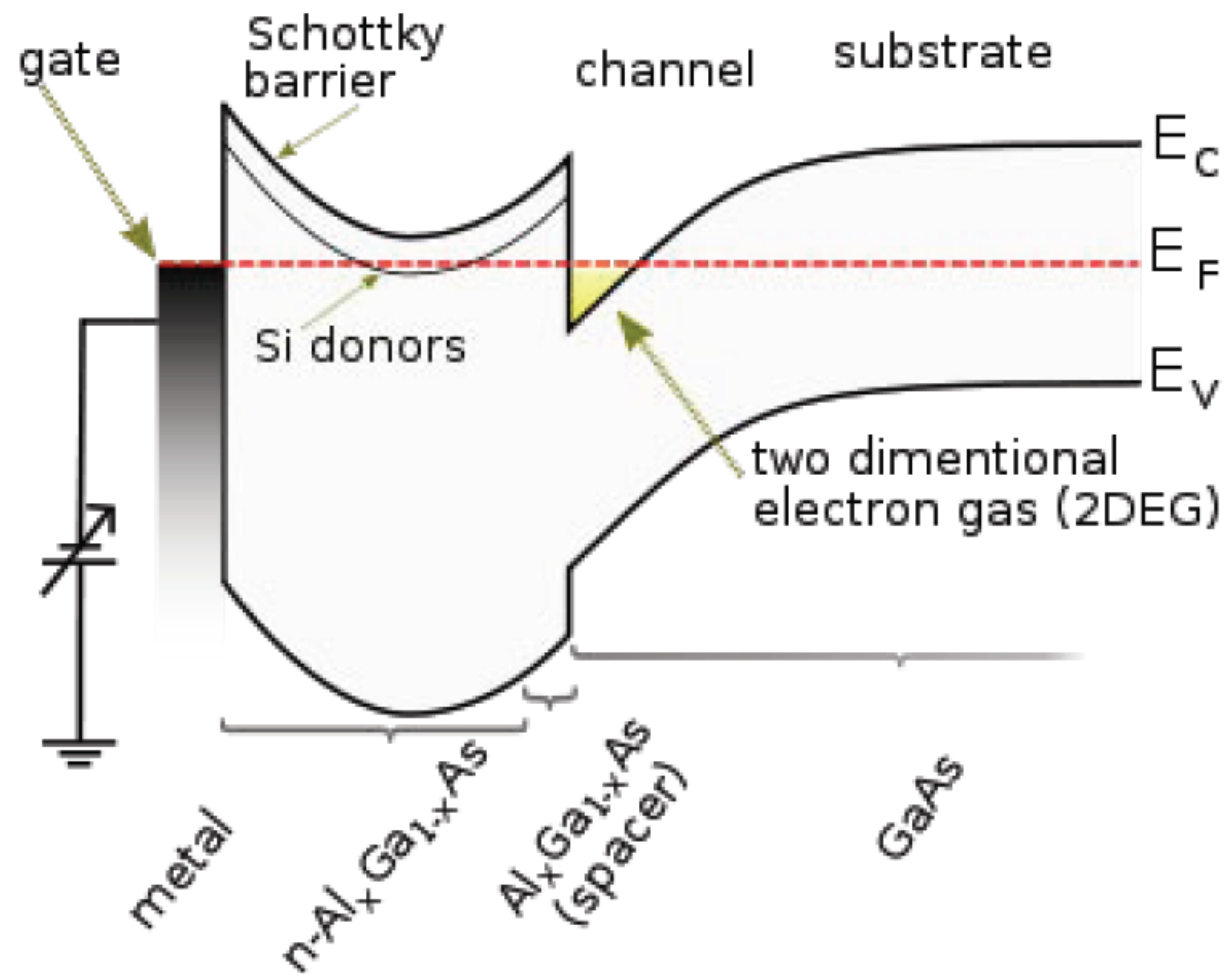
*A tranzisztor felépítése és sávdigramja:*



Az AlGaAs és a GaAs határfelületén kialakul egy elektronokban feldúsult inverziós réteg (kétdimenziós elektrongáz).

## Nagy elektron mozgékonyágú tranzisztor (HEMT)

High electron mobility transistor - a csatorna az intrinsic rétegben van - nagy mozgékonyág. Gyors, mikrohullámon alkalmazzák.



## **Ellenőrző kérdések:**

Mi a Schottky dióda?

Mi a vezető csatorna MESFET esetében?

Mi a vezető csatorna MOSFET esetében?

Mi az inverziós réteg?

Hol helyezkedik el a töltéscsomag a CCD-ben?

Milyen adalékolású hordozón készítenek a MESFET-et?

Miért csak szilíciumon lehet jóminőségű MOSFET-et gyártani?

Hol tárolódik a memóriaeffektust okozó töltés az MNOS tranzisztorban?

Mit jelent, hogy kiürítéses a tranzisztor?

Mi a CCD?

Mi a különbség a MESFET és a MOSFET között?

Miért és hol használnak nanokristályokat a lebegő elektróda helyett?