

# FÉLVEZETŐ ALAPÚ ESZKÖZÖK GYÁRTÁSTECHNOLÓGIÁJA



## 5 FÉLVEZETŐ ALAPÚ ESZKÖZÖK GYÁRTÁSTECHNOLÓGIÁJA

### 5-03 MINTÁZAT- ÉS SZERKEZET-KIALAKÍTÁS FÉLVEZETŐ SZELETEN

ELEKTRONIKAI TECHNOLÓGIA ÉS ANYAGISMERET  
VIETAB00



BUDAPEST UNIVERSITY OF TECHNOLOGY AND ECONOMICS  
DEPARTMENT OF ELECTRONICS TECHNOLOGY

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

---

---

---

---

---

---

---

---

## LITOGRAFIA CÉLJA

- Litográfia jelentése: kőrajz
- Síkbeli alakzatok létrehozása a félvezető szelet felületén
  - Többszöri alkalmazásával több rétegben építhetünkA bonyolult elektronikus félvezető eszközökben a litográfias lépések száma megközelíti a 100-at!
- Az IC-k esetében használt litográfia a NYHL-éhez alapelveiben hasonló, néhány különbséggel, amelyek a felbontást és precizitást növelik.



Nyomdászati célú nyomókö

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Mintázat- és szerkezetkialakítás 2/26

---

---

---

---

---

---

---

---

## LITOGRAFIA ÁLTALÁNOS FOLYAMATA

- Mintázandó anyag felvitele

A mintázandó anyag lehet funkcionális (pl. fém, szigetelő, félvezető), vagy maszk (pl.  $\text{SiO}_2$ )  
Lehetséges, hogy a szubsztrát anyagát mintázzuk. (pl. MEMS eszközök, tömbi mikromechanika).
- Reziszt (maratásálló réteg) felvitele
- Reziszt „megvilágítása” (pl. fénnel, elektronsugárral...) „árnyékoló” maszkon keresztül
- Előhívás (reziszt leoldása a mintázatnak megfelelően)
- Mintázandó anyag marása

Lehet nedves vagy száraz maratással.
- Maradék reziszt leoldása

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Mintázat- és szerkezetkialakítás 3/26

---

---

---

---

---

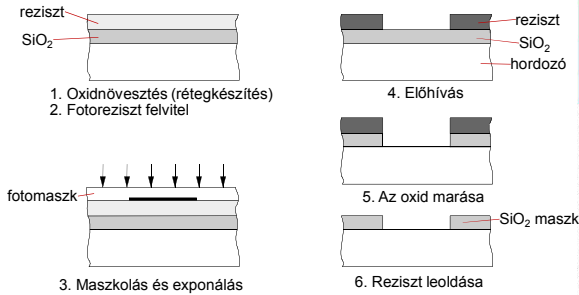
---

---

---

# FÉLVEZETŐ ALAPÚ ESZKÖZÖK GYÁRTÁSTECHNOLÓGIÁJA

## PÉLDA: OXIDMASZK KÉSZÍTÉSE ADALÉKOLÁSHOZ

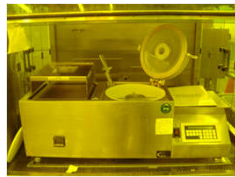


Mintázat- és szerkezetkialakítás

4/26

## 1. FOTOREZISZT FELVITELE

- Centrifugálás: ún. **spin-coating**  
A folyadék halmazállapotú rezisztet felcseppentjük a tisztított szubsztrátra, és azt a középpontján áthaladó tengely körül forgatjuk. (Fordulatszám: 1200-4800 1/min)  
Az eredmény: egyenletes, 0,5-2,5 µm vastagságú bevonat. Finomabb rajzolathoz vékonyabb reziszt szükséges.
- Előfűtés: Az oldószerek eltávoznak.



reziszt „spinner”



Mintázat- és szerkezetkialakítás

5/26

## 1. A REZISZTEK TÍPUSAI

### Pozitív működésű reziszt:

Oldhatóvá válik, ahol az expozíciós sugárzás érte.

### Pozitív reziszt:

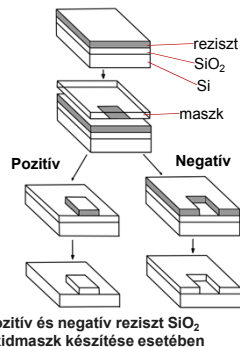
Azért pozitív, mert a maszk és a réteg mintázata megegyezik.

### Negatív működésű reziszt:

Oldhatatlanná válik, ahol az expozíciós sugárzás érte.

### Negatív reziszt:

A maszk és a réteg mintázata egymás komplementere.



Mintázat- és szerkezetkialakítás

6/26

# FÉLVEZETŐ ALAPÚ ESZKÖZÖK GYÁRTÁSTECHNOLÓGIÁJA

## 2. EXPONÁLÁS

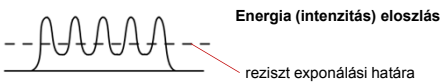
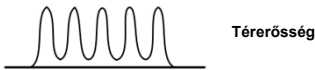
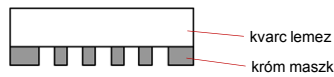
- Tipikusan UV fénnel világítjuk meg a rezisztet.

Fényforrások: higanygőzlámpa UV vonala (kb. 400 nm), excimer lézerek (KrF: 248 nm, ArF: 193 nm)

- Az optikai elemek speciális anyagúak, amelyek nem nyelnek el az adott hullámhosszon. (pl. kalcium-fluorid)
- A lencserendszer és a szelet között immerziós folyadékkal növelhető a felbontás



## 2. RAJZOLAT KIALAKÍTÁSA – HAGYOMÁNYOS MASZKOK



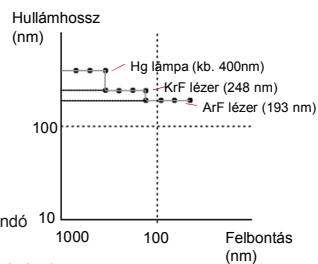
## 2. EXPONÁLÁS: FÉNYFORRÁSOK ÉS FELBONTÁS

- Az elérhető felbontást a fény diffrakciója korlátozza.
- A felbontás elvi korlátja:

$$d = k_1 \frac{\lambda}{NA}$$

$\lambda$ : hullámhossz,  
NA: numerikus apertúra,  
 $k_1$ : elrendezéstől függő állandó

- Javítani lehet:
  - a hullámhossz csökkentésével
  - az NA növelésével (folyadék alatt)
  - $k_1$  növelésével (fázismaszkok, egyéb trükkök)

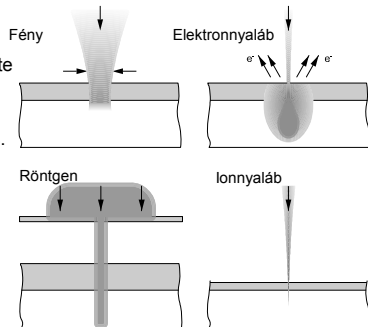


# FÉLVEZETŐ ALAPÚ ESZKÖZÖK GYÁRTÁSTECHNOLÓGIÁJA

## 2. MASZK KÉSZÍTÉSE LITOGRÁFIÁVAL

A maszkkészítés menete ugyanúgy litográfia, de (általában) speciális sugárral történik az írás.

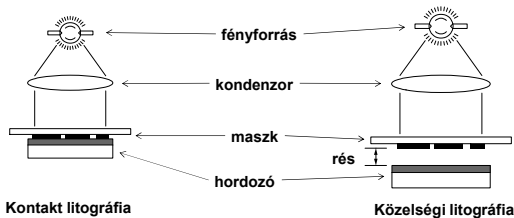
- fénnel (VIS->EUV, egyre alacsonyabb hullámhosszakkal),
- **elektronsugárral**,
- röntgensugárral,
- ionsugárral.



## 2. MASZK KÉSZÍTÉSE LITOGRÁFIÁVAL

- fénnel,
  - előny: hagyományos lencsékkel, tükrökkel fókuszálható
  - hátrány: diffrakció a 100 nm alatti mérettartományban
- elektronsugárral,
  - előny: nagyon jó felbontás érhető el,
  - hátrány: elektromágneses optika szükséges, vákuumot igényel, kizárólag egyedi gyártásra alkalmas
- röntgensugárral,
  - előny: nagyon jó felbontás érhető el,
  - hátrány: csak reflektív optika építhető, körülményes a nyalábfomálás
- ionsugárral,
  - előny: nagyon jó felbontás érhető el,
  - hátrány: elektromágneses optika szükséges, vákuumot igényel, kizárólag egyedi gyártásra alkalmas, roncsolást okoz a felületen.

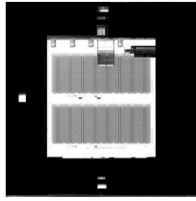
## 2. EXPONÁLÁS – VETÍTÉS TÍPUSAI: AZ 1:1 ARÁNYÚ LITOGRÁFIA



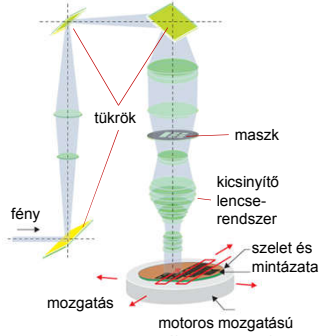
- Rés alkalmazásának előnye: nem sérül a maszk
- Hátránya: a fény szóródással behatol nem kívánt területekre is

# FÉLVEZETŐ ALAPÚ ESZKÖZÖK GYÁRTÁSTECHNOLÓGIÁJA

## 2. EXPONÁLÁS – VETÍTÉS TÍPUSAI: MINTÁZAT VETÍTÉSE LÉPTETÉSSSEL („STEP-AND-REPEAT”)



- Maszk: elektronsugárral mintázott króm bevonat kvarcüvegen



BMEETT

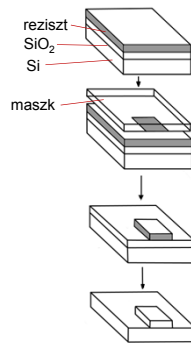
Mintázat- és szerkezetkialakítás

13/26

## 3. ELŐHÍVÁS

Általában pozitív működésű rezisztet alkalmaznak, vagyis oldhatóvá válik, ahol megvilágítás érte.

Az előhívó folyadék felvitele forgatva történik.



BMEETT

Mintázat- és szerkezetkialakítás

14/26

## 4. A MINTÁZANDÓ ANYAG MARÁSA A MARATÁS TÍPUSAI

A marás lehet iránykarakterisztika alapján:

- izotróp: a hordozó minden irányában (közel) azonos a marási sebesség
- anizotróp: egy kitüntetett irányban nagyságrendekkel lassabb a marás, mint más irányokban.

Marószer anyaga alapján:

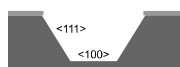
- nedves maratás – általában izotróp, de Si-hoz léteznek anizotróp nedves marószerek
- száraz maratás – általában anizotróp

**Szilícium (Si)** maratószerai:

Izotróp maratáshoz:  
 $\text{HF} + \text{HNO}_3 + \text{CH}_3\text{COOH}$   
(fluorsav + salétomsav + ecetsav)



Anizotróp maratáshoz  
KOH (kálium-hidroxid)



BMEETT

Mintázat- és szerkezetkialakítás

15/26

# FÉLVEZETŐ ALAPÚ ESZKÖZÖK GYÁRTÁSTECHNOLÓGIÁJA

## 4. A MINTÁZANDÓ ANYAG MARÁSA SZÁRAZ MARÁS: PLAZMA MARATÁS

### Plazma maratás:

gerjesztéssel **plazmát** állítanak elő, amelyben ionok vannak. Ezek a megfelelő potenciálon lévő hordozó felé **gyorsulnak**, elérik a felszínét, így fejtik ki maró hatásukat.

A készülék felépítése igen hasonló az ionos porlasztóhoz (később, a vékonyrétegeknél).

A három plazmaképződésen alapuló folyamat között a gázok nyomása a különbség:

- plazmamaratás: 0,1-5 Torr (néhány 100 Pa)
- reaktív ionmaratás:  $10^{-3}$ - $10^{-1}$  Torr (nagyságrendileg Pa)
- porlasztás:  $10^{-4}$  Torr (mPa)



Mintázat- és szerkezetkialakítás

16/26

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

---

---

---

---

---

---

---

---

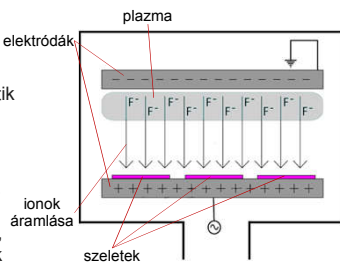
## 4. A MINTÁZANDÓ ANYAG MARÁSA RIE: REAKTÍV IONMARATÁS

### Reaktív ionmaratás:

A plazmamarás speciális formája, az ionok **kémiai reakció** segítségével kifejtik maró hatásukat.

A maratást kiváltó anyag leggyakrabban kis rendszámú, negatív ionok. (pl. F, Cl). Ezeket vegyületeik (pl.:  $\text{CF}_4$ ,  $\text{CCl}_4$ ,  $\text{SiCl}_4$ ) felbontásával állítják elő.

(A porlasztásnál más:  $\text{Ar}^+$ )



Mintázat- és szerkezetkialakítás

17/26

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

---

---

---

---

---

---

---

---

## ALKALMAZÁS: adalékolás maszkolása $\text{SiO}_2$ réteggel

1.  $\text{SiO}_2$  növesztése
  - Száraz, vagy nedves oxidnövesztés
2. Összefüggő  $\text{SiO}_2$  réteg mintázása fotolitográfiával
  - Reziszt felvitele, exponálás, előhívás, oxid lokális maratása, reziszt eltávolítása (előző dia)
  - Eredmény: oxidmaszk
3. Adalékolás
  - Implantáció vagy diffúzió. Az oxidmaszkban az adalékok diffúziója nagyságrendekkel kisebb, mint a hordozóban.



Mintázat- és szerkezetkialakítás

18/26

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

---

---

---

---

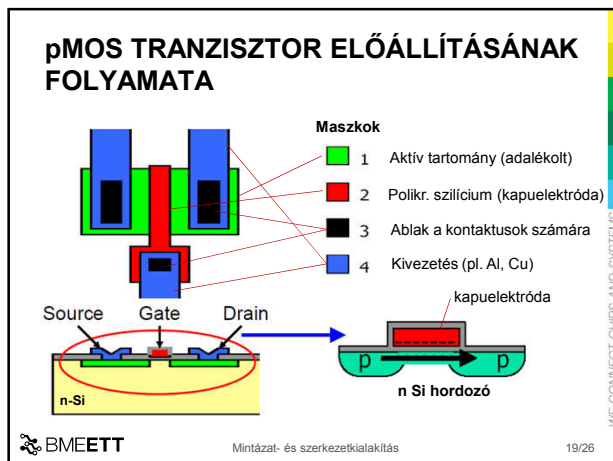
---

---

---

---

# FÉLVEZETŐ ALAPÚ ESZKÖZÖK GYÁRTÁSTECHNOLÓGIÁJA




---

---

---

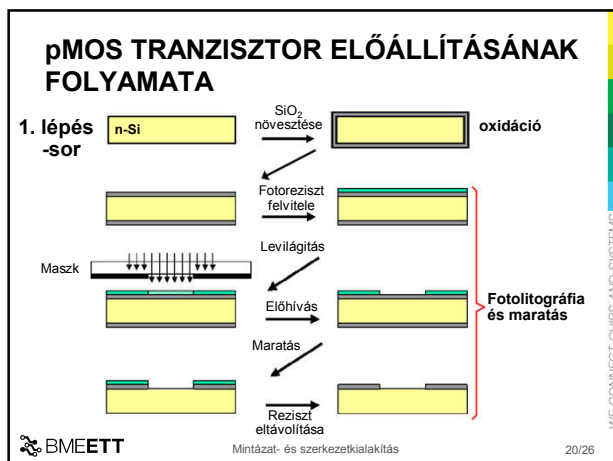
---

---

---

---

---




---

---

---

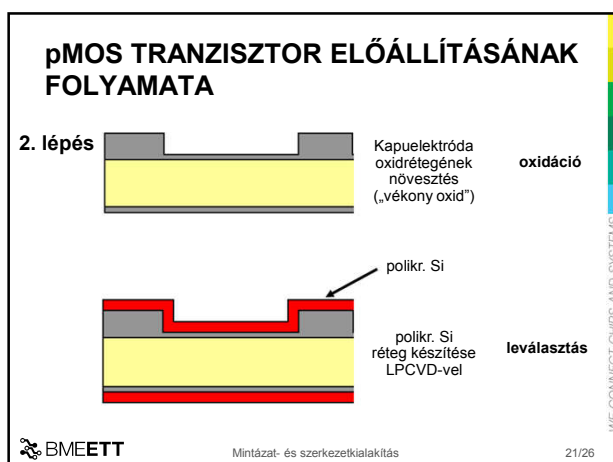
---

---

---

---

---




---

---

---

---

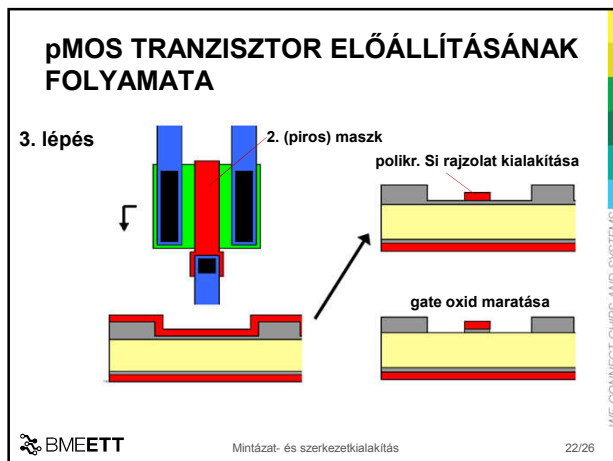
---

---

---

---

# FÉLVEZETŐ ALAPÚ ESZKÖZÖK GYÁRTÁSTECHNOLÓGIÁJA



---

---

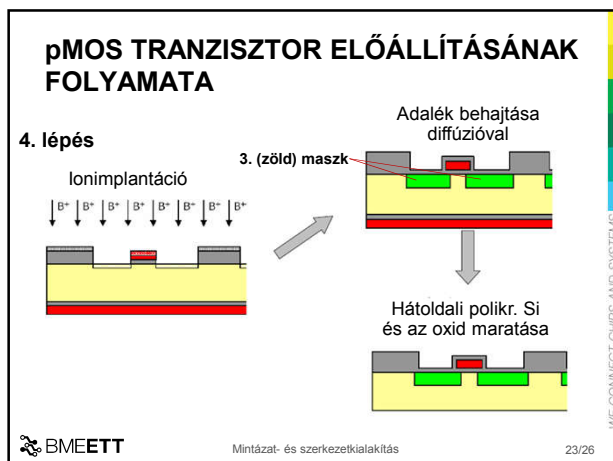
---

---

---

---

---



---

---

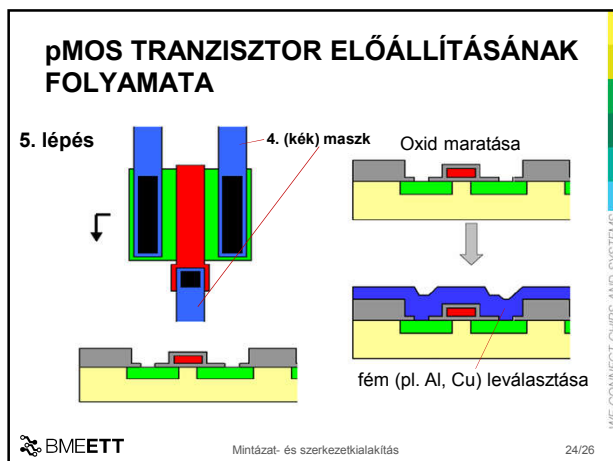
---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---



# FÉLVEZETŐ ALAPÚ ESZKÖZÖK GYÁRTÁSTECHNOLÓGIÁJA

**pMOS TRANZISZTOR ELŐÁLLÍTÁSÁNAK FOLYAMATA**

**6. lépés**

Fém maratása

Hőkezelés

Tesztelés

BMEETT

Mintázat- és szerkezetkialakítás

25/26

---

---

---

---

---

---

---

---

**TARTALOMJEGYZÉK**

- A szelet előkészítése a litográfiához
- A litográfia lépései
- Litográfia alkalmazásai a félvezető technológiában:
  - oxid mintázása,
  - adalékolás,
  - fém átvezetések kialakítása.

**Ezen lépések ciklikus ismétlésével legyártható a modern integrált áramkör.**

BMEETT

Mintázat- és szerkezetkialakítás

26/26

---

---

---

---

---

---

---

---