

A passzív alkatrészek megvalósítása az integrált áramkörökben

Mikroelektronika, integrált áramkörök

Mikroelektronika – félvezetőkön létrehozott integrált áramkörökkel (IC-kel) megvalósított elektronika.

Integrált áramkörök - egy tokban egy egész áramkör: J. Kilby, Texas Instruments, 1959, első IC (germánium), 2000-ben fizikai Nobel-díj.

IC-k fajtái:

Hibrid - kis méretű alkatrészek szigetelő lapkára szerelve (miniatűr nyomtatott áramkör).

Monolitikus - minden alkatrészt a félvezető lapkán (csip) alakítanak ki
mono - egy, lithos- kő (görög): egykristály - az IC-k nagy részét egyetlen kristályszemcsén hozzák létre

Mikroelektronika – csúcstechnológia, a technológiai fejlődés húzóága.

Magyarországon Vishey (Budapest, Gyöngyös) - tokozás.

A passzív alkatrészek megvalósítása a hibrid integrált áramkörökben

Hibrid integrált áramkörök

A legtöbb hibrid integrált áramkör szigetelő alapanyagon előállított vezetőpálya- és ellenállás-hálózat, amelybe hagyományos szerelési technikával ültetik be az aktív félvezető elemeket és a morzsa-kondenzátorokat.

A hordozó megfelelő mechanikai, elektromos és hőtechnikai tulajdonságú anyag, pl. zománcozott kerámia, bórszilikát üveg, zafír- vagy Al_2O_3 - alapú kerámia.

Csipméret tipikusan 5 cm^2 .

Két fő csoport: vékonyréteg- és vastagréteg-áramkörök.

Vékonyréteg-áramkörök

Az áramkörök néhány száz nm vastagságú rétegekből épülnek fel. A fémrétegeket vákuumpárolgatással vagy porlasztással viszik fel. Gyakran kétréteges fémezés a tapadás javítása végett.

Vastagréteg-áramkörök

Cermet vagy polimer alapú pasztát szitanyomtatással visznek fel, majd hőkezelik.

A vastag- és vékonyrétegek összehasonlítása

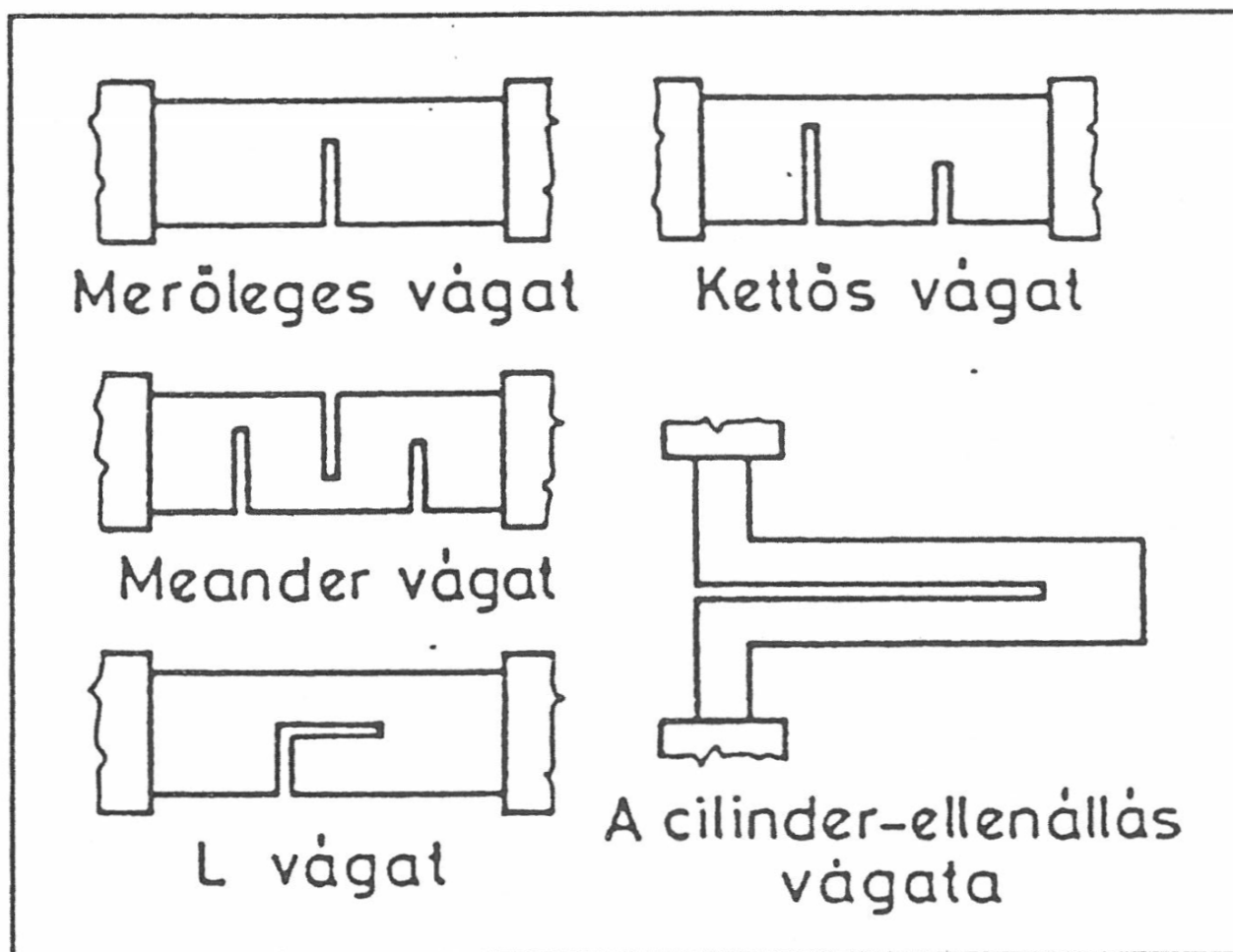
Jellemző	Vastagréteg	Vékonyréteg
Alapanyagok	összetett kolloid rendszerek, ún. paszták	nagy tisztaságú fémek, ötvözetek és vegyületek
Rétegfelvételi technológia	szitanyomtatás és beégetés	vákuumtechnológiák (párologtatás, katódporlasztás)
Rétegvastagság	néhányszor 10 μm	néhányszor 10...100 nm
Rétegszerkezet	mátrixszerkezet: kötőanyagba ágyazott szemcsék	polikristályos, nem összefüggő fizikai vékonyrétegek

Az alkatrészek megvalósítása

Ellenállások

Fémrétegből vagy pasztából kialakított csíkokkal vagy csipellenállások alkalmazásával.

A vastagréteg ellenállások pontos értékét lézeres trimmeléssel állítják be.



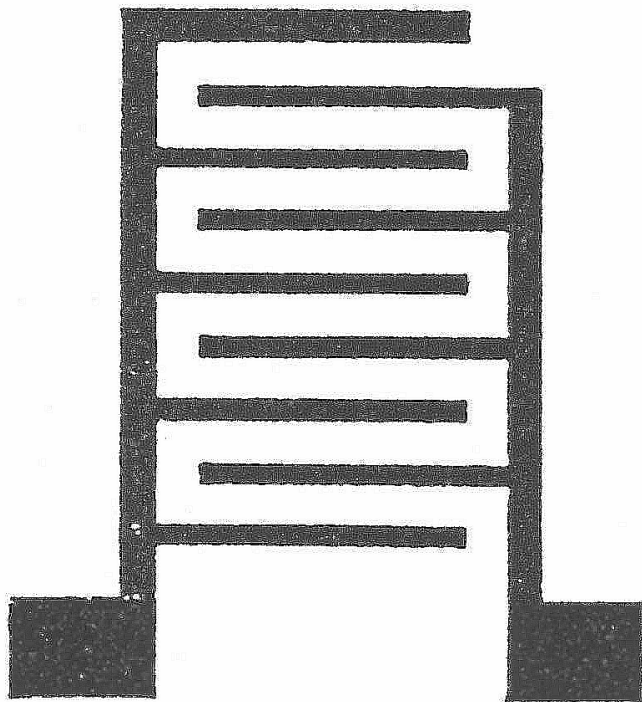
Vastagréteg ellenállások trimmelési vágatformái

A vastag- és vékonyréteg-ellenállások fő jellemzői

Jellemző	Vastagréteg-ellenállások		Vékonyréteg-ellenállások
	cermet	polimer	
Négyzetes ellenállás, R_{\square}	10 Ω ...10 M Ω	10 Ω ...10 M Ω	100 Ω ...1,5 k Ω
Hőmérsékleti tényező TK , ppm/°C	± 50 ...100	± 100 ...500	0... ± 100
TK együttfutás, ppm/°C	+5	+50	+1...3
Hosszú idejű stabilitás, $\Delta R/R$, % (1000 h, 150 °C)	0,2...0,5	5	0,05...0,1
Beállítható értéktűrés, $\Delta R/R$, %	0,5...1	5...10	0,1
Maximális disszipáció P_{\max} , mW/mm ²	70...120	10...40	20...40

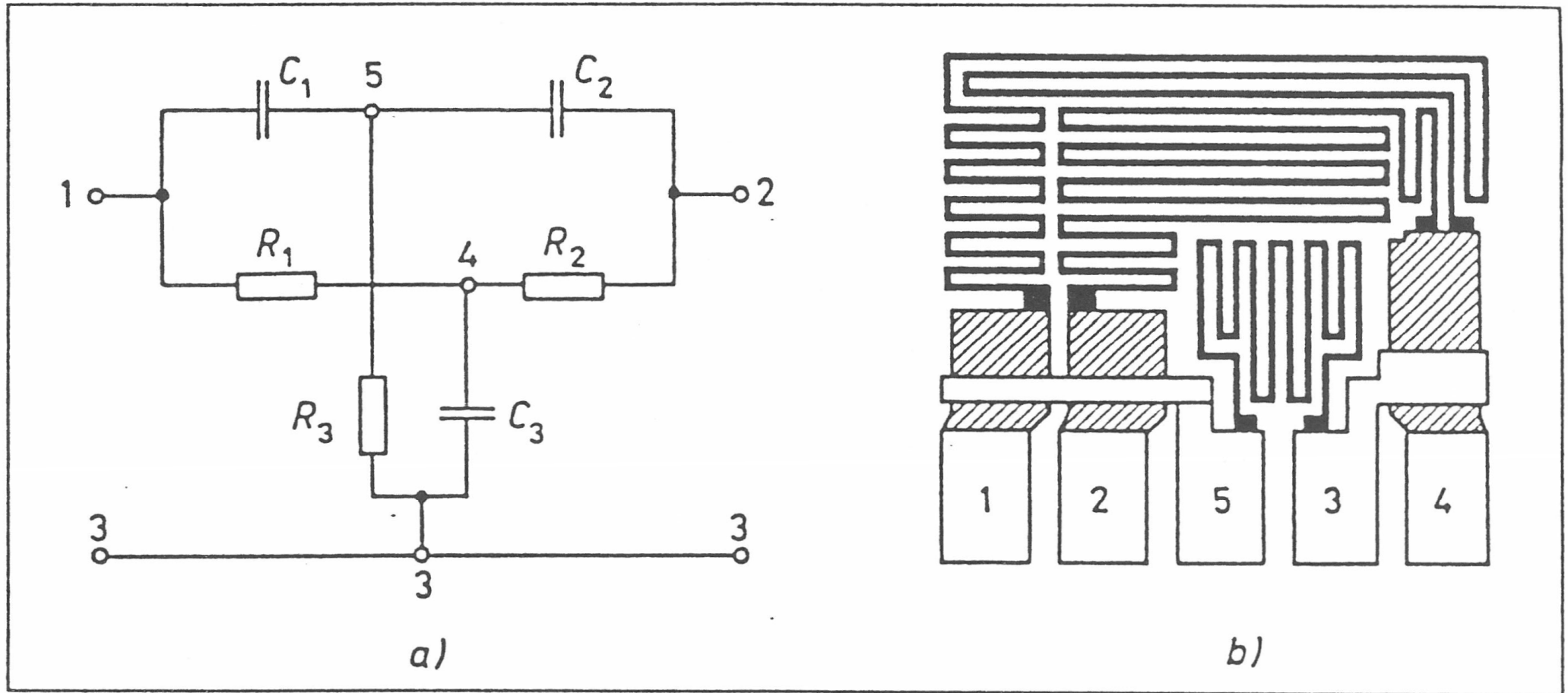
Kondenzátorok

Vékonyréteg áramkörökben szigetelővel elválasztott fémrétegekkel vagy interdigitális szerkezettel. Vastagréteg áramkörökben csipkondenzátorokkal.



Interdigitális
vékonyréteg
kondenzátor

Példa vékonyréteg integrált áramkör kialakítására



Vékonyréteg integrált áramkör

a) az RC -hálózat kapcsolási rajza; b) az előbbi kapcsolás megvalósítása

A passzív alkatrészek megvalósítása a monolitikus integrált áramkörökben

Monolitikus integrált áramkörök

Folyamatos, rohamos fejlesztés

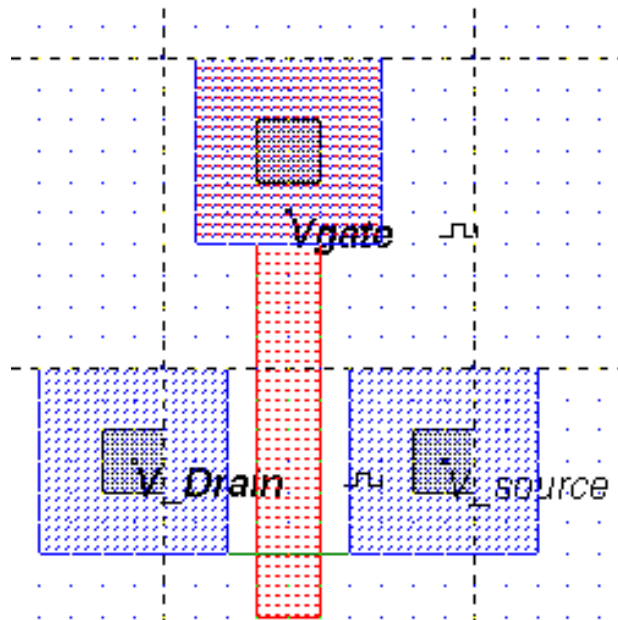
Ma:

- több milliárd tranzisztor egyetlen csipen,
- csíkszélesség 22 nm (gyártás).

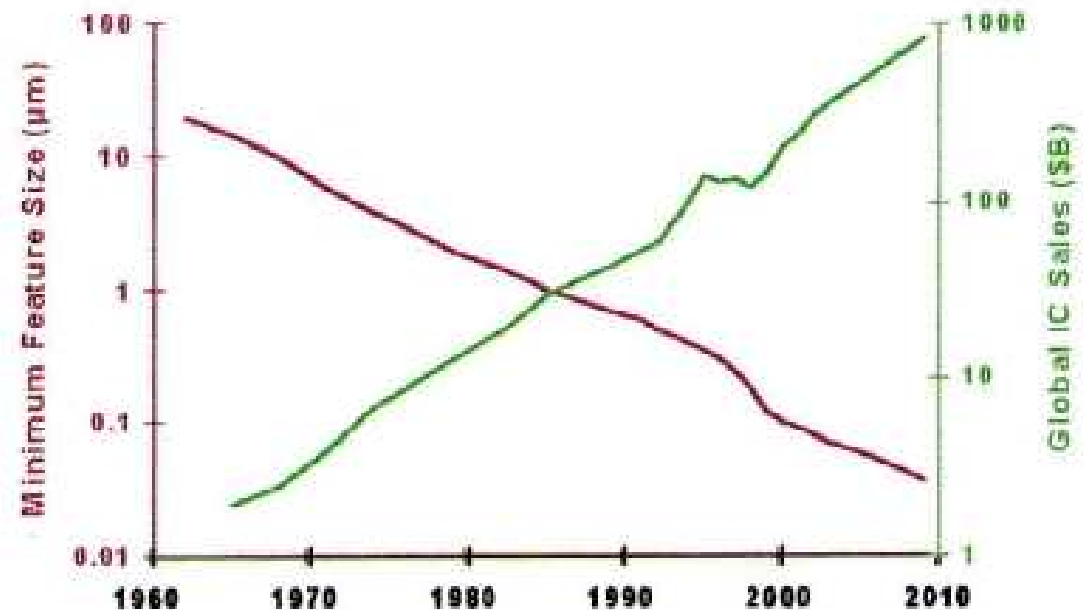
Tranzisztorméret:

$$(8 \text{ csíkszélesség})^2$$

$$(8 \times 22)^2 \text{ nm}^2 = 30976 \text{ nm}^2 = 0,031 \mu\text{m}^2.$$

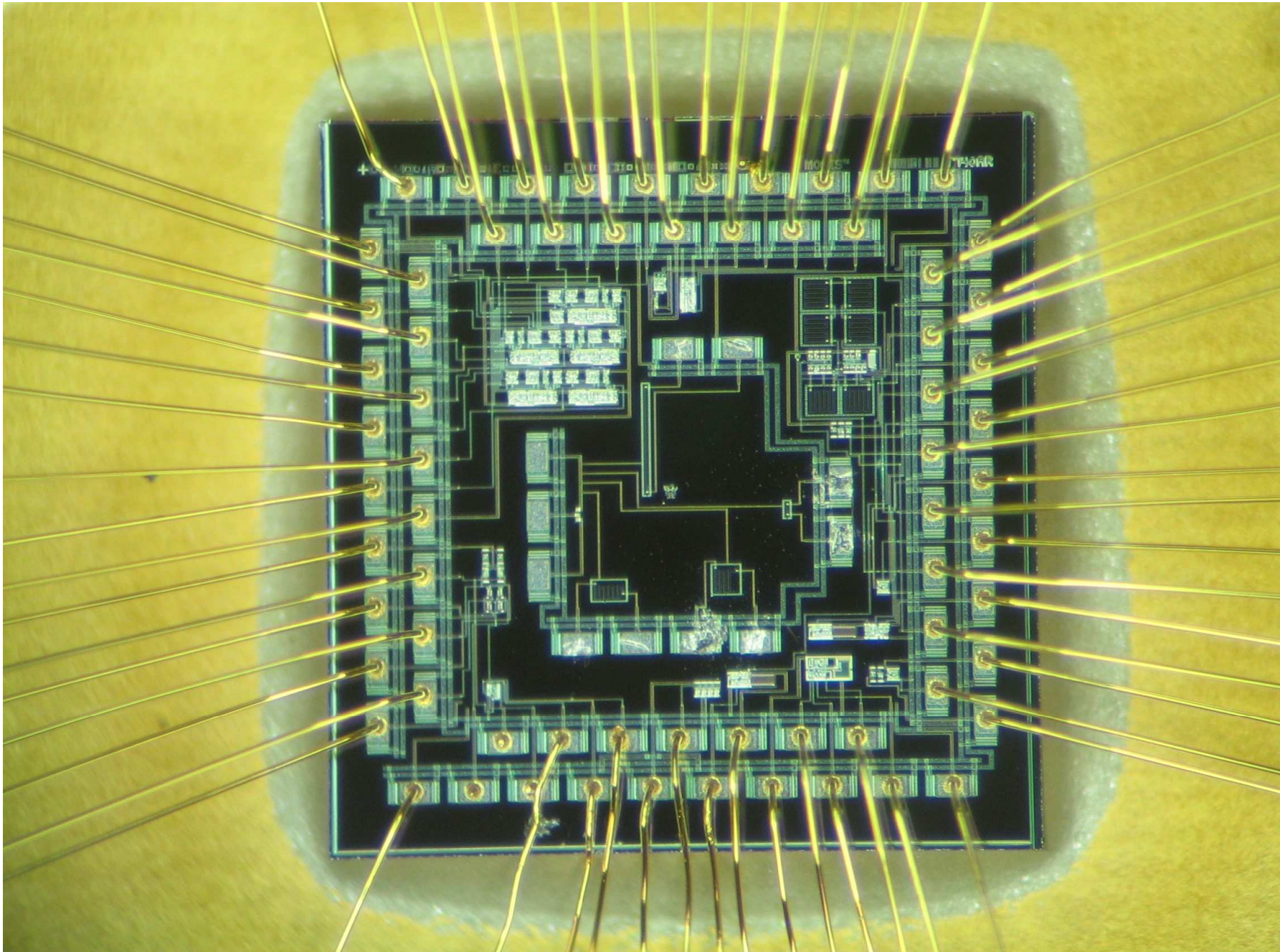


Moore szabály:

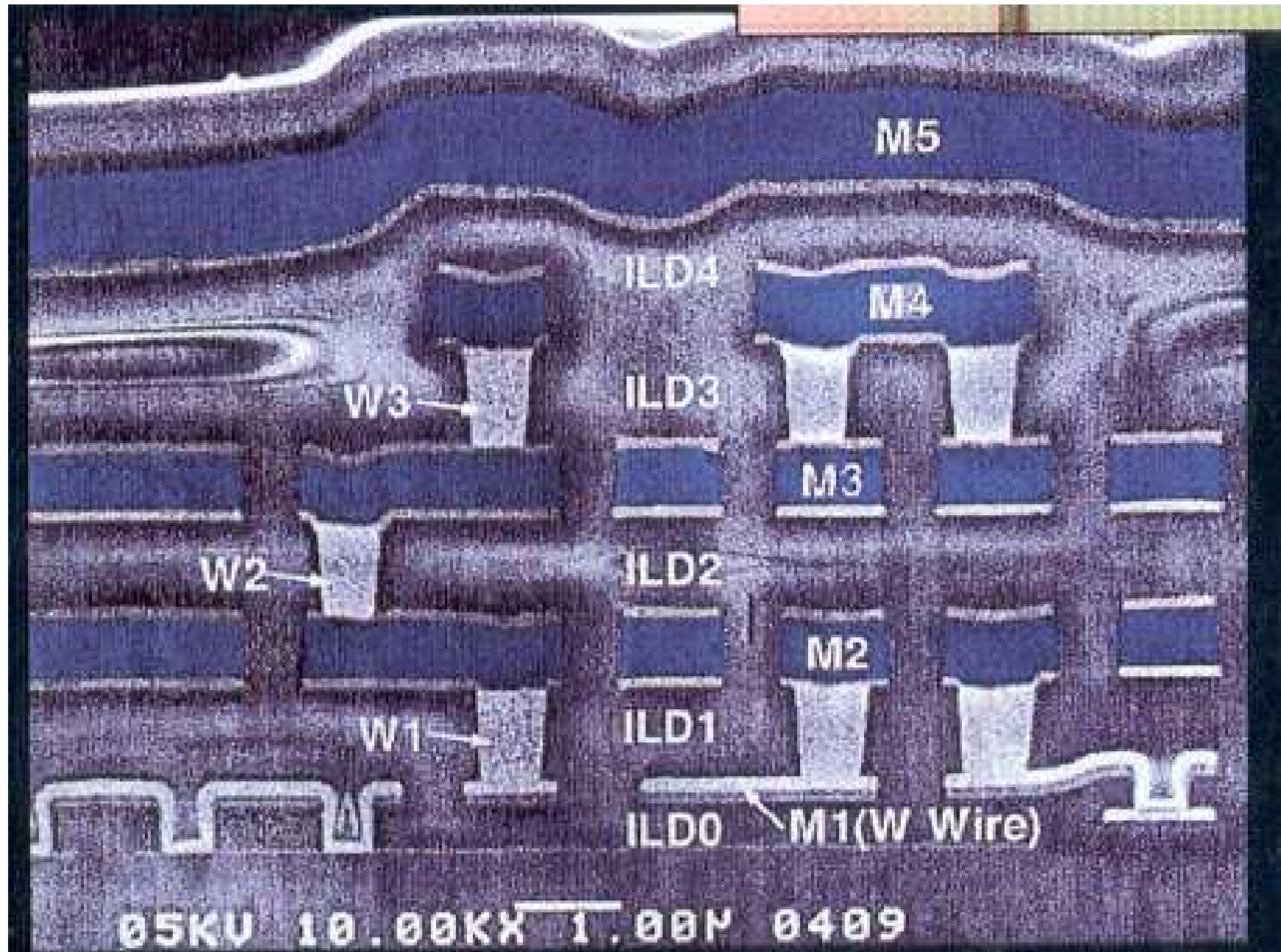


G. Moore (Fairchild/Intel) 1960-as években fogalmazta meg de még most is működik !): a jellemző méretek 1,5-2 évente feleződnek.

Példa monolitikus integrált áramkörre (topológia)



Példa monolitikus integrált áramkörre (keresztmetszet)



Az alkatrészek megvalósítása

MOS technológia

Nem használnak "hagyományos" ellenállást vagy kondenzátort.

Ellenállás helyett passzív kétpólusnak kapcsolt MOS tranzisztor: a gate-et összekötik a source-szal.

Kondenzátor: MOS kondenzátor vagy p-n dióda.

Induktivitás: nincs. Ha nagyon szükséges, külső tekercset használnak.

Bipoláris technológia

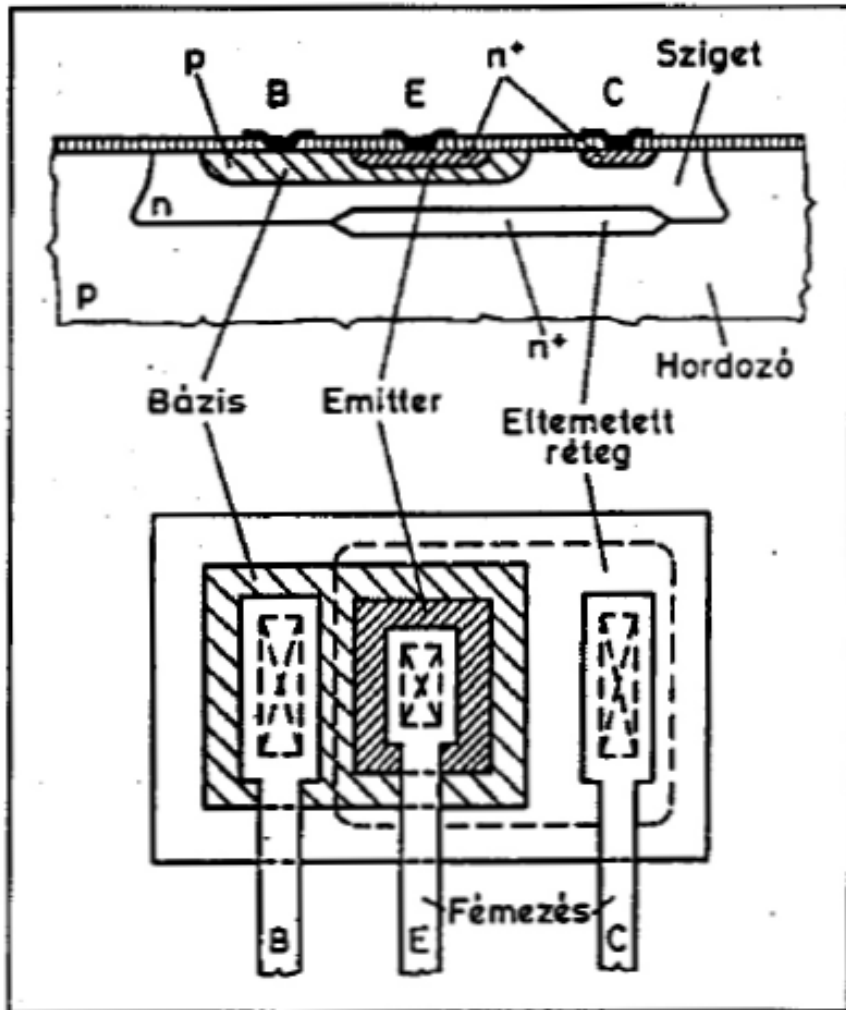
Elemválaszték: ellenállás,
kondenzátor,
dióda,
bipoláris tranzisztor.

A passzív elemek értékkészlete korlátozott, minőségük kismértékben rosszabb, mint a diszkrét alkatrészeké. Induktivitás a mikrohullámú IC-k kivételével gyakorlatilag megvalósíthatatlan, használatukat kapcsolás-technikai megoldásokkal célszerű elkerülni.

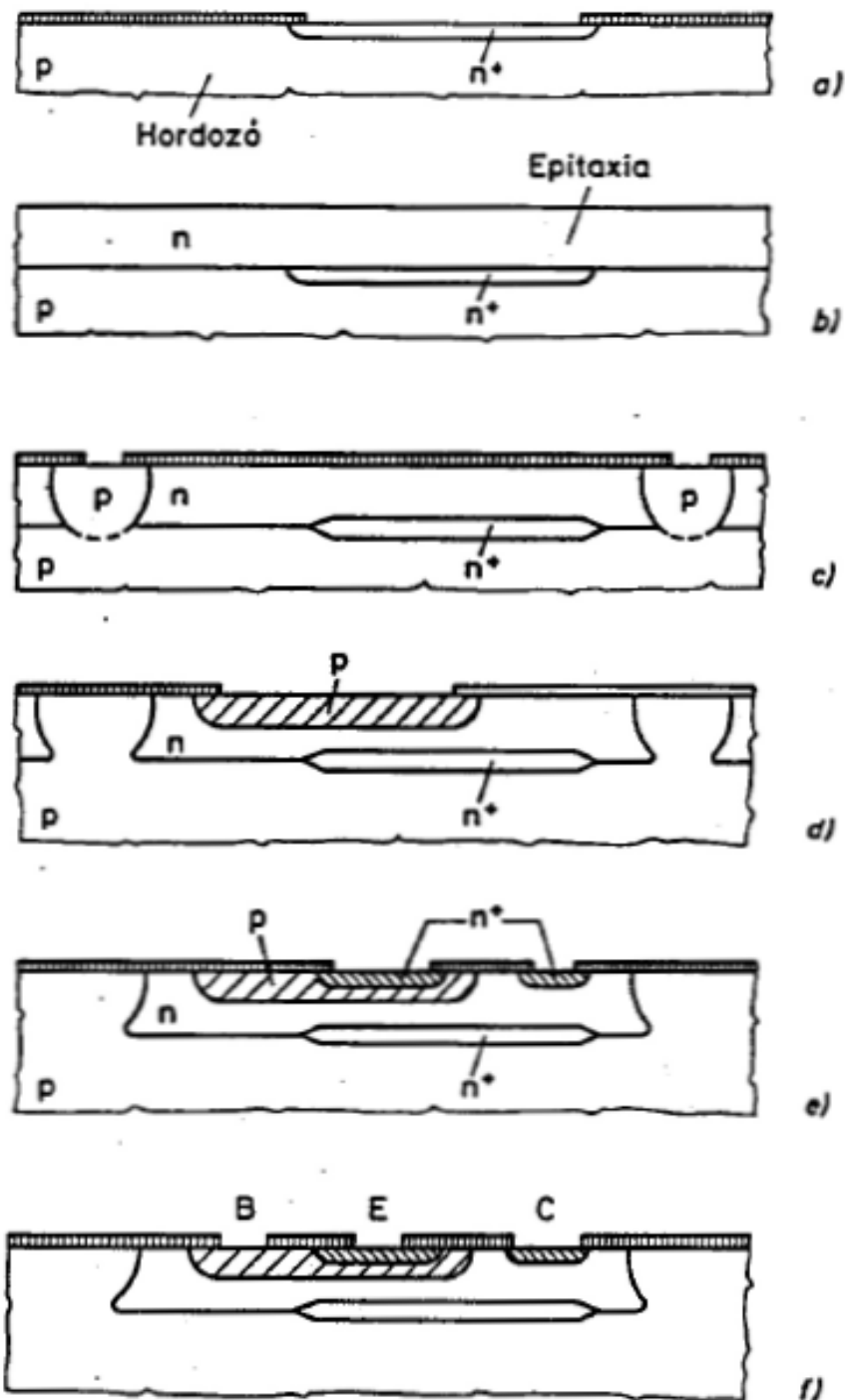
A bipoláris IC-k előállítási technológiája a legfontosabb aktív elem, az npn tranzisztor megvalósítására van optimalizálva. Az összes többi alkatrészt az npn tranzisztorhoz szükséges technológiai lépésekkel valósítják meg.

A bipoláris tranzisztor

Felépítése



A hordozóban négy különböző adalékolású réteget hoznak létre: emitter, bázis, kollektor és eltemetett réteg. Az aktív rétegek közül az adalékolás az emitter rétegben a legnagyobb, a kollektor rétegben a legkisebb.



A főbb technológia lépések

Kiindulási anyag (hordozó):
homogén p-adalékolású Si szelet.

- Eltemetett réteg létrehozása.
- n-típusú epitaxiás réteg növesztése.
- Szigetelésdiffúzió.
- Bázisdiffúzió.
- Emitterdiffúzió.
- Ablaknyitás a felületet fedő oxidétegben.
- Fémezés és összekötetés-mintázat kialakítása.

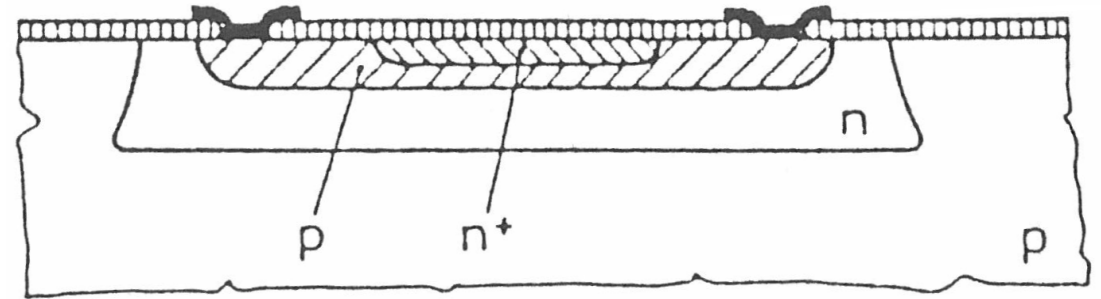
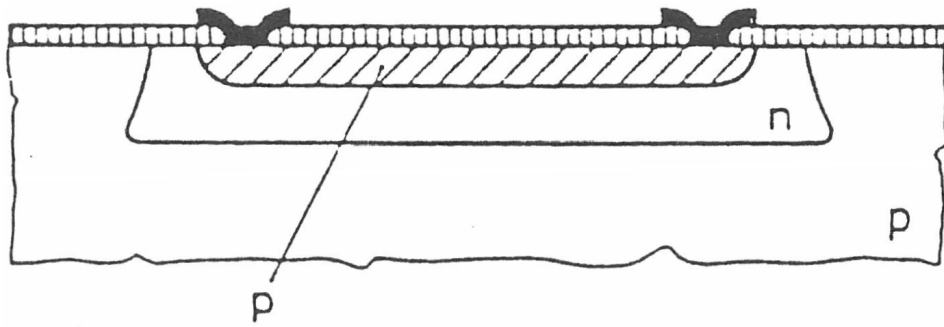
Ellenállás megvalósítása

Az aktív rétegekből kialakított csíkokkal.

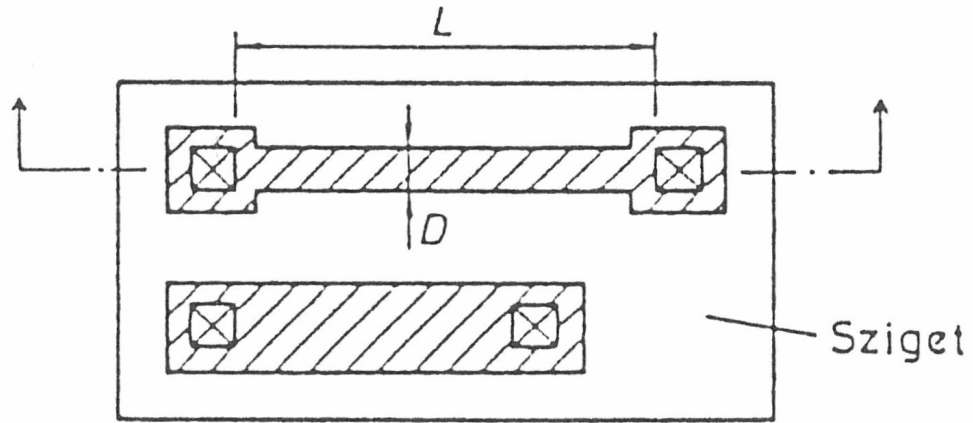
Az ellenállásrétegek összehasonlítása

Ellenállásréteg	Négyzetes ellenállás	Megvalósítható ellenállás	Hőmérsékleti tényező $1/^\circ\text{C}$
Emitter-réteg	$2\Omega \dots 10\Omega$	$1\Omega \dots 100\Omega$	+0,0006
Bázis-réteg	$100\Omega \dots 200\Omega$	$100\Omega \dots 20\text{k}\Omega$	+0,0017
Kollektor-réteg	1000Ω	$2\text{k}\Omega \dots 200\text{k}\Omega$	+0,003
Befűzött réteg	$1000\Omega \dots 5000\Omega$	több száz $\text{k}\Omega \dots \text{M}\Omega$	+0,0025

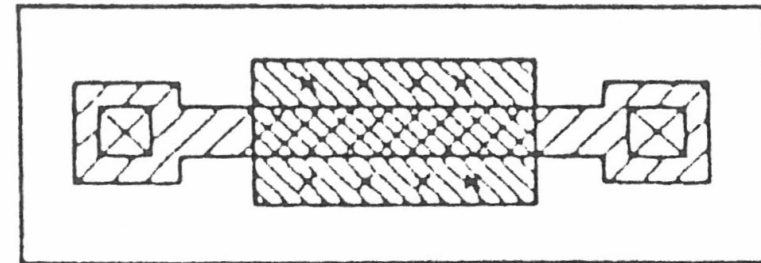
Bázisrétegből kialakított ellenállások



a)



Egyszerű



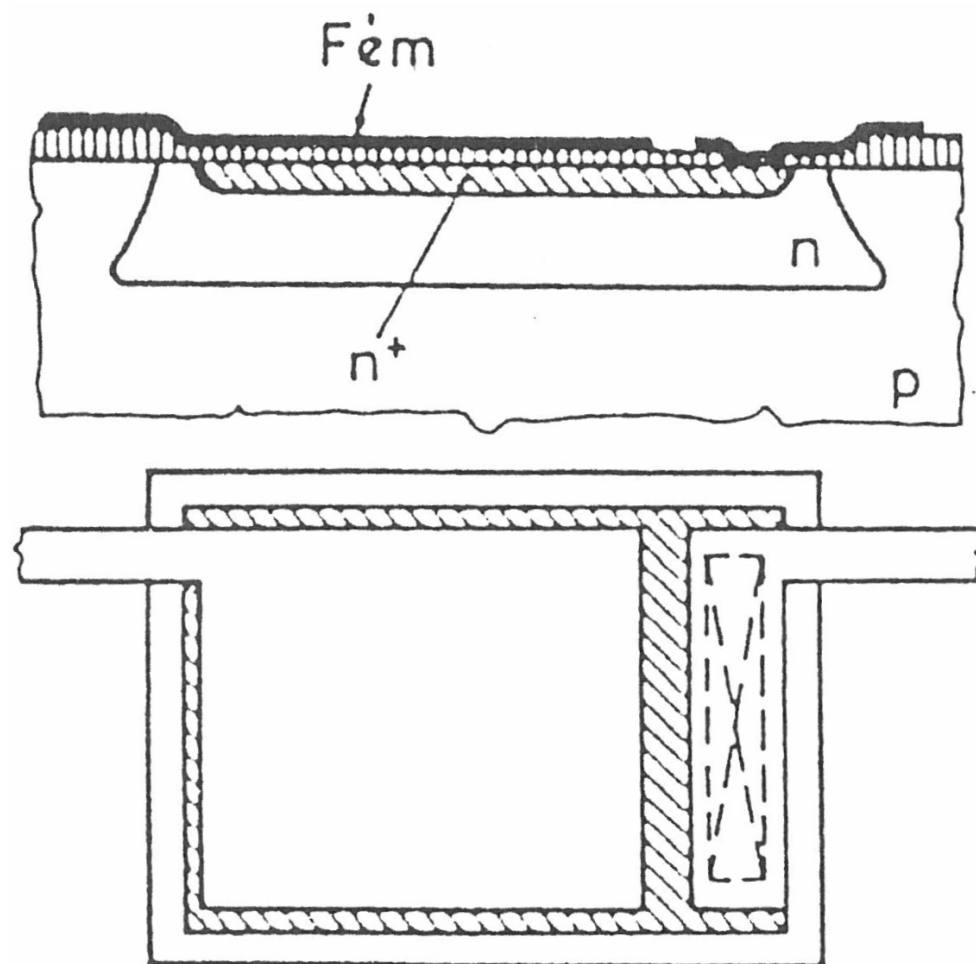
b)

Befűzött (megnyomott)

Kondenzátor megvalósítása

1., pn dióda: E-B ($C \approx 1000 \text{ pF/mm}^2$, $U_b \approx 6 \text{ V}$) vagy C-B ($C \approx 100 \text{ pF/mm}^2$, $U_b \approx 50 \text{ V}$) átmenettel.

2., Vékonyréteg kapacitás: egyik elektróda fém, a másik az emitter diffúzió ($300\text{-}500 \text{ pF/mm}^2$), SiO_2 vastagsága kb. $0,1 \text{ }\mu\text{m}$.



Ellenőrző kérdések

- 1., Mit értünk mikroelektronika alatt?
- 2., Melyik az integrált áramkörök két nagy csoportja?
- 3., Mi a lényegi különbség a vékonyréteg- és a vastagréteg-áramkörök között?
- 4., Hogy állítják elő a vastagréteg áramköröket?
- 5., Mi a vastagréteg áramkörökben a vezetékhalózat anyaga?
- 6., Mi a vékonyréteg áramkörökben a vezetékhalózat anyaga?
- 7., Hogy valósítják meg az ellenállásokat a hibrid integrált áramkörökben?
- 8., Vékony- vagy vastagréteg áramkörökben érhető-e el nagyobb négyzetes ellenállás?
- 9., A vékony- vagy a vastagréteg áramkörök stabilabbak-e?
- 10., Hogy valósítják meg a kondenzátorokat a hibrid integrált áramkörökben?
- 11., Hogy valósítják meg a passzív elemeket a MOS integrált áramkörökben?
- 12., Milyen adalékolású félvezető rétegeket használnak a bipoláris technológiában?
- 13., Melyik réteggel érhetők el a legkisebb ellenállásértékek?
- 14., Mit jelent a befűzött réteg?
- 15., Mi az előnye a befűzött réteg alkalmazásának?
- 16., Hogy valósítják meg a kondenzátorokat a monolitikus integrált áramkörökben?