

Dr. Kovács Magda – Dr. Ember György

TECHNOLÓGIA



LSI OKTATÓKÖZPONT

Dr. Kovács Magda – **Dr. Ember György**

TECHNOLÓGIA

Nyitott rendszerű képzés
– távoktatás – oktatási segédlete
Felsőoktatási tankönyv



Gábor Dénes Főiskola
Budapest, 2002

*Minden jog fenntartva. Jelen könyvet vagy annak részeit
a Kiadó engedélye nélkül
bármilyen formában, vagy eszközzel reprodukálni tilos.*

Készült az Oktatási Minisztérium támogatásával

A könyv megrendelhető vagy megvásárolható:

LSI INFORMATIKAI OKTATÓKÖZPONT

1037 Budapest, Bécsi út 324.

Telefon/fax: 436-6500

ISBN 963 577 269 6

Kiadó: LSI Informatikai Oktatóközpont

Felelős vezető: Dr. Kovács Magda

Témafelelős: Flier István

LIGATURA KFT – NASZÁLY PRINT KFT

LEKTORÁLTÁK

Dr. Bíró Gábor
Dr. Dobos Borbála
Dr. Házman István
Dr. Horváth Mátyás
Márkus Orsolya
Dr. Nyerges Gyula
Dr. Szász Gábor

SZERKESZTŐK

Holop Lászlóné
Nagy László

TECHNIKAI SZERKESZTŐK

Dr. Hullám István
Mérey Imréné

RENDSZEREZÉSBEN, SZERVEZÉSBEN KÖZREMŰKÖDŐK

Diós Krisztina
Flier István
Halász Edina
Holop Lászlóné
Hullám Gábor
Márkus Orsolya
Nagy László
Nemcsics Mária
Rapos Gyuláné
Szoboczky István
Tóth István
Vraskó Józsefné

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönet illeti Házman Istvánt és Bíró Gábort, akik a lektorálás igen nehéz munkájában segítettek. Köszönöm, hogy munkámban ötleteikkel támogattak.

Külön köszönöm Nyerges Gyulának, hogy az egyes fejezeteket alkotói módon lektorálta.

Nagyon köszönöm Holop Lászlónénak, Nagy Lászlónak és Márkus Orsolyának, hogy gondosan, igyekezettel írták, szerkesztették és nézték át a kéziratot.

Továbbá köszönetet mondok Tóth Istvánnak, Mérey Imrénének, Dobos Borbálának, Flier Istvánnak, Jedlovsky Pálnak, akik lelkiismeretes és önzetlen munkával segítettek a szakanyag rendszerezésében, lektorálásában és a teljes feladat elvégzésének szervezésében.

Köszönet illeti Holop Lászlónét, Nagy Lászlót és Mérey Imrénét, akik nagy igyekezettel készítették, szépítették a jobb megértést segítő rajzokat.

Utoljára pedig köszönöm Hullám Gábornak és Hullám Dénesnek azt a nagy igyekezetet, amivel segítettek az összeállításban, másolatok készítésében.

TARTALOMJEGYZÉK

ELŐSZÓ	13
I. BEVEZETÉS	15
II. A MODERN ELEKTRONIKAI ESZKÖZÖK ELŐÁLLÍTÁSÁNAK TECHNOLÓGIÁJA	19
1. Félvezetők.....	19
1.1. A szilícium egykristály előállítása	20
1.2. Szerkezeti félvezetők.....	21
1.3. N-típusú félvezetők	22
1.4. P-típusú félvezetők	23
2. Félvezető eszközök.....	24
2.1. Dióda	25
2.2. Bipoláris tranzisztor.....	25
2.3. Ellenállás	25
2.4. Integrált áramkör.....	25
2.5. ELLENŐRZŐ KÉRDÉSEK.....	27
3. A napjainkban használatos fő szilícium alapú monolitikus IC technológiai irányzatok	28
3.1. Bipoláris.....	28
3.2. MOS - unipoláris	28
3.2.1. Kiürítéses üzemmódú MOS tranzisztor	29
3.2.2. Növekményes üzemmódú MOS-tranzisztor	29
3.3. ELLENŐRZŐ KÉRDÉSEK.....	32
4. A félvezető lapkák megmunkálása, gyártása	33
4.1. Oxidáció	33
4.2. Fotolitográfiai műveletek.....	33
4.3. Adalékolás	33
4.4. Rétegleválasztás.....	34
4.5. Minősítés	35
4.6. Szerelés és tokozás	35
4.7. Konstrukció	35
5. Néhány példa a technológiai lépéssorokra	36
5.1. MOS technológia	36
5.2. CMOS (komplementer MOS)	38
6. Merre tart a mikroelektronika fejlődése?.....	40
6.1 Tendenciák	40
6.2. A komplementer MOS (CMOS) struktúra dominanciája	41
6.3. ELLENŐRZŐ KÉRDÉSEK.....	43

III. ELEKTRONIKAI KÉSZÜLÉKEK KONSTRUKCIÓJA ÉS TECHNOLÓGIÁJA	45
1. Konstrukció	46
2. Technológia.....	46
3. A teljes készülékgyártási folyamat.....	48
4. ELLENŐRZŐ KÉRDÉSEK.....	51
5. Az információelektronikai készülékek felépítése	52
6. A nyomtatott huzalozású lemezek fajtái és gyártásuk	53
6.1. Raszterosztás és rajzolatfinomság	54
6.2. Többrétegű NYÁK.....	56
6.3. A fontosabb technológiai lépések.....	58
6.3.1. Fúrás	58
6.3.2. Ábrafelvitel	58
6.3.3. Furatfémezés.....	58
6.3.4. Ónozás	59
6.3.4. Maratás.....	59
6.3.5. Kikészítés	59
6.3.6. Ellenőrzés.....	60
6.3.7. Költséganalízis.....	60
6.3.8. Gyakorlati megjegyzések.....	61
7. ELLENŐRZŐ KÉRDÉSEK	63
7. A nyomtatott huzalozású lemezek szerelése	64
7.1. Alkatrészbeültetés.....	64
7.2. A beültetett NYÁK-lemezek forrasztása	68
7.3. A teljes szerelési folyamat áttekintése.....	72
IV. ALAPFOGALMAK, RÖVIDÍTÉSEK MAGYARÁZATA „ABC”-sorrendben	75
V. FÜGGELÉK	113
A tantárgyhoz tartozó video-anyag szövege	113
A XX. századi elektronika óriás törpéi az integrált áramkörök.	113
IRODALOMJEGYZÉK	118

A jegyzetben használt jelek magyarázata:

Fontos kérdésekre hívja fel a figyelmet.



Ellenőrző kérdések.



Súlyponti rész, figyelmesen kell olvasni.



Aprólékos, figyelmes áttanulmányozást, önálló munkát igénylő ismeretanyag, fontos összefüggéseket tartalmazó logikai vázlat.



Magyarázat, ötlet.



Kiegészítő ismeretek.

ELŐSZÓ

Elektronikáról évszázadunk kezdete óta, mikroelektronikáról pedig az 1960-as évek elejétől beszélhetünk. Azt, hogy ma a mikroszámítógépek társunkká válhattak a munkában, tanulásban, szórakozásban elsősorban a mikroelektronikai eredményeknek köszönhetjük. A mikroáramkörök építéseinél nemcsak felhasználjuk a fizika, kémia, matematika, rendszertechnika stb. tudományok legújabb felfedezéseit, de az egyre növekvő igények visszahatnak a tudományágak fejlődésére is. Ugyanakkor az eredmény, vagyis a számítógépek a tudományos munka „termelő eszközei”-vé is váltak.

Mikroelektronikáról azóta beszélhetünk, amióta nem egyenként állítják elő az alkatrészeket és utólagosan forrasztják össze azokat, hanem a hozzájuk tartozó vezetőpályákkal néhánytól néhány száz mm^2 nagyságú szilícium egykristályból kivágott lapkában egyetlen technológiai folyamattal készülnek el.

Az utóbbi 30 évben a technológiai fejlődés igen látványos eredményeket produkált. Az integrált áramkörök előállításának az ára ez alatt az idő alatt az általános inflációs tendenciák közepette, kb. tíz nagyságrenddel csökkent. Ugyanakkor a műszaki paraméterek: megbízhatóság, teljesítményfelvétel, méret 5-10 nagyságrenddel javultak. Ezzel a technikai fejlődéssel és áreséssel nyílt meg a lehetőség arra, hogy a mikroszámítógépek - amelyek ma már okosabbak, mint a 30-40 évvel ezelőtti, milliós értéket képviselő számítógépóriások - bejussanak a legtöbb munkahelyre, iskolába, otthonba. Ily módon a mikroszámítógépek megkezdték áldásos tevékenységü-

ket, vagyis megszabadítanak bennünket a nehéz fizikai és monoton szellemi munkától. Így az ember szabaddá válik olyan formán, hogy munkaidejének nagy részét alkotó munkára tudja fordítani.

A modern információfeldolgozó rendszerek, számítógépes feladatvégrehajtó berendezések kidolgozása, kutatása, fejlesztése, használatbavétele olyan hosszú időtartamú műszaki-gazdasági forradalom, melynek során megváltozik a gondolkodás is.



A fejlődés a mikroszámítógépek illetve alkalmazásuk területén gazdag irodalmat hozott létre könyvekben, folyóiratokban és egyéb ismertetőkből egyaránt. A mikroelektronikára, mikroszámítógépekre vonatkozó irodalmi anyagok jelentős része angol nyelven áll rendelkezésre. Ennek okáért szintén követelmény lesz az angol nyelv megtanulása, legalább olvasási, megértési szinten, mivel elsődlegesen angolul jelennek meg a legújabb ismeretanyagok minden médián.

Egy-egy fejezet végén ELLENŐRZŐ kérdéseket találunk. Az ellenőrző kérdések megválaszolásával mód nyílik arra, hogy önmagunkat kikérdezzük és ha azokra tudjuk a választ, meggyőződhetünk arról, hogy megértettük a tananyagot.



A IV. fejezet a tananyaghoz tartozó értelmező szótár. A magyarázó szövegek keretében még egyszer átismételhetjük azt a tudásanyagot, amit a gyakorlatban a tudományokból hasznosíthatunk, „ABC”-ben rendezve. Tovább segít a mikroelektronikában használatos rövidítések közötti eligazodásban.

BEVEZETÉS

A félvezető technológia és az elektronikai rendszertechnika fejlődése

A korszerű számítógépek lényegét alkotó félvezető eszközök - integrált áramkörök - fejlődésének története alig fél évszázadra nyúlik vissza a technika történetében. Ez a fejlődéstörténet azonban a 20. századi tudományok és a mérnöki teljesítmény egyik klasszikus sikertörténete.

Ebben a sikerben szinte egyenlő mértékben osztoznak a fizikusok, matematikusok, vegyészek, kutatómérnökök, technológusok, továbbá más tudományágak területén dolgozó kutató-fejlesztő tudósok és szakemberek is.

A félvezető eszközök konstrukciójának, gyártási technológiájának és alkalmazásának fejlődése a II. világháborút követő időszakban minden korábbi lehetőséget felülmúlt és a fejlett ipari országokat példátlan anyagi és szellemi tőkekoncentrációval az ipari társadalomból - nem minden társadalmi feszültség nélkül - az ezredfordulóra az információs társadalomba vezeti át. Ez a fejlődés elképzelhetetlen a korszerű elektronika és ennek egyik csúcsterméke, a számítógép nélkül.

De hol kezdődött mindez?

A tranzisztorhatás 1948-ban történő - később Nobel-díjjal elismert - felfedezését követően csak egy évtized kellett ahhoz, hogy az egyszerű germánium tús tranzisztorral megkezdődött rövid germánium korszak átadja helyét a szilícium-egykristályból készített eszközöknek. 1959-ben jutottunk el az integrált áramkör felfedezéséig, aminek van akkora jelentősége az emberi társadalom történetében, mint a tűz megszelídítése vagy a kerék felfedezése.

A félvezető eszközök atomfizikai, kristályfizikai stb. elvekre alapuló konstrukciójának és az előállítási technológiájának példátlanul gyors és interaktív fejlődése lehetővé tette az áramköri elemek összeintegrálását, vagyis az integrált áramkörök (IC-k) elkészítését és az integráltsági fok fokozatos növelését. Ezzel az egy piciny szilícium egykristálydarabban, a "chip"-ben elhelyezett alkatrészeknek - tranzisztoroknak, diódáknak és ellenállásoknak - száma nagyságrendekkel növelhetővé vált. Ez a fejlődés vezetett oda, hogy a többek között nagykapacitású, gyors és fajlagosan egyre olcsóbb tárolók - memóriáramkörök - kerültek a felhasználók, a számítógép konstruktőrök kezébe. Az alkalmazási lehetőségek bővítésére irányuló kutatások, oktatási célok eredményeként egy

amerikai diák diplomatervében 1969-ben megszületett az első mikroprocesszor (μP). Azóta gyorsabban írják a műszaki és információs társadalom történetét. Ma már tudjuk, hogy az elektronikus társadalomba vezető utat kikövező tranzisztort követően a mikroprocesszor a legizgalmasabb műszaki újdonság. Az első, alig több mint negyedszázada elkészült mikroprocesszortól hosszú, de sikerekben gazdag út vezetett el a ma ismert rendszerekig.

Az első mikroprocesszor előállítására akkor nyílt lehetőség, amikor egy szilíciumlapkán belül legalább húszezer kapuáramkört lehetett egyetlen monolitikus áramkörre integrálni.

A mikroszámítógépek teljesítőképességének és működési sebességének növelését a mikroelektronikai gyártástechnológia fejlődésének lehetőségei ill. korlátai alapvetően meghatározzák.

Mi is az a híres, nevezetes, világformáló mikroprocesszor?

A mikro jelző a kis fizikai méretre (kis fogyasztásra, nagy megbízhatóságra, alacsony árra) utal, ami a félvezető technológiák és a rendszertechnika fejlődésének eredménye. A processzor a digitális számítógép központi egysége. A központi egység irányít az alap- és a felhasználók által készített programok szerint. A mikroprocesszor olyan nagyintegráltságú félvezető eszköz, amely egy digitális számítógép központi egységének a feladatait végzi el: dekódolja az utasításokat, vezérli a műveletek elvégzéséhez szükséges belső adatforgalmat és a csatlakozó perifériális berendezések tevékenységét. A mikroprocesszor minden logikai egyenlettel leírható kombinációs és szekvenciális feladatkör elvégzésére alkalmas. Hogy milyen feladatot lásson el, azt a hozzá csatlakoztatott tárolókba beírt programok határozzák meg. A tárolókba írt programokat a mikroprocesszor hívja le és a rendel-

kezésre álló, vele összeépített eszközök közreműködésével végrehajtja.

A különböző célokra készített mikroprocesszorok elsősorban egyes elemeknek egymáshoz való kapcsolódásában és azoknak a chipben való elhelyezkedésében térnek el egymástól. Az információ mozgatása a mikroprocesszor és környezete között buszrendszeren (sín) keresztül történik.

A mikroprocesszor önmagában nem használható eszköz. A gyakorlatban működő digitális rendszerek megvalósításához a mikroprocesszort ki kell egészíteni a típustól függően különböző funkcionális egységekkel. Az önálló működésre alkalmas rendszereket mikroszámítógépeknek nevezzük.

A mikroprocesszor alkalmazási területét behatárolják a szóhosszúság, az utasításkészlet, a ciklusidő, a címezhető memóriakapacitás, a megszakításrendszer, a buszrendszer, a funkcionális egységek, az ár stb. adatok.

Az 1993-ban kibocsátott Pentium, az Intel cég mikroprocesszora, egyetlen szilíciumlapkán elhelyezve mintegy 3 millió tranzisztorból épül fel.

A jelenlegi félvezető technológiai szint 1 milliárd alkatrész elhelyezését teszi lehetővé egy chipben, mivel a mikroelektronikai technikákkal jóval $1\mu\text{m}$ alatti alakzatok alakíthatók ki a szilíciumlapkák felületén.



fejezet

A MODERN ELEKTRONIKAI ESZKÖZÖK ELŐÁLLÍTÁSÁ- NAK TECHNOLÓGIÁI

1. Félvezetők

A félvezetők olyan anyagok (elem, vegyület), amelyeknek vezetőképessége tiszta állapotban a fémeké és a szigetelőanyagoké között van és benne a szabad töltéshordozók koncentrációja a hőfok emelkedésével nő.



Olyan anyagokat, amelyekben a töltéshordozók ionok, általában nem tekintünk félvezető anyagoknak.



Félvezető anyagok:

- kémiai elemek: Si (szilícium), Ge (germánium), Se (szelén);
- kémiai vegyületek: szulfidok, oxidok, telluridok, stb.;
- intermetallikus ötvözetek: galliumarzenid, indium-antimonid, stb.

Jelenleg a félvezető eszközök készítése szempontjából legnagyobb jelentősége a szilíciumnak van, de használnak germániumot és intermetallikus ötvözeteket (GaAs stb.) is.

A félvezető eszközök hordozóit egy félvezető egykristályrúd hossz tengelyére merőleges szeleteléssel előállított vékony félvezető egykristálylapon állítják elő.

Az egykristályrúd egész tömegében azonos orientációjú elemi cellákból álló kristály. A nagy tisztaságú egykristályrudat bonyolult munkafolyamatokkal (pl. olvadékból való húzással) állítják elő.

1.1. A szilícium egykristály előállítása

A szilícium egykristály a monolit eszközök és integrált áramkörök legfontosabb alapanyaga. Az egykristály rudakat és a szeleteket a természetben előforduló anyagok feldolgozása útján nyerik. A rudak lehetőleg kristályhiba mentesek és nagy tisztaságúak.

Kvarchomokból ívkemencében 2000°C hőmérsékleten szénnel redukálva állítható elő a nyers szilícium. Következő lépés a polikristályos szilíciumrúd előállítása triklórszilánból. (A triklórszilán a szilícium sósavgázzal történő reagáltatásával jön létre.) A polikristályos szilíciumból tégelyes vagy zónás tisztítással készítenek Si egykristály rudat. A kristályosodási folyamatot megfelelő orientációjú beoltókristállyal indítják meg.

A szilícium olvadáspontja $1415\text{ }^{\circ}\text{C}$. A zónás tisztítási eljárás során a felfüggesztett Si-rudat nagyfrekvenciásan hevítik fel zónákra osztva úgy, hogy a szennyeződés mindig alacsonyabb régióba kerüljön.

Az előírt tisztaságú egykristályrúdból $\sim 1\text{ mm}$ vastag szeleteket - lapkákat - vágnak a félvezető eszközök előállításához. A lapka egy megfelelően polírozott felületű egykristályos hordozó, amelyre epitaxiás réteget növesztenek. Az epitaxiás rétegnövesztés a kristályos anyag leválasztását jelenti kristályos hordozóra, a hordozó kristályrácsa által meghatározott orientációval. Háromféle epitaxiás eljárást ismerünk attól függően, hogy milyen közegben megy végbe az eljárás. Legszélesebb körben a gőz- és a gázfázisú epitaxiás eljárás terjedt el.

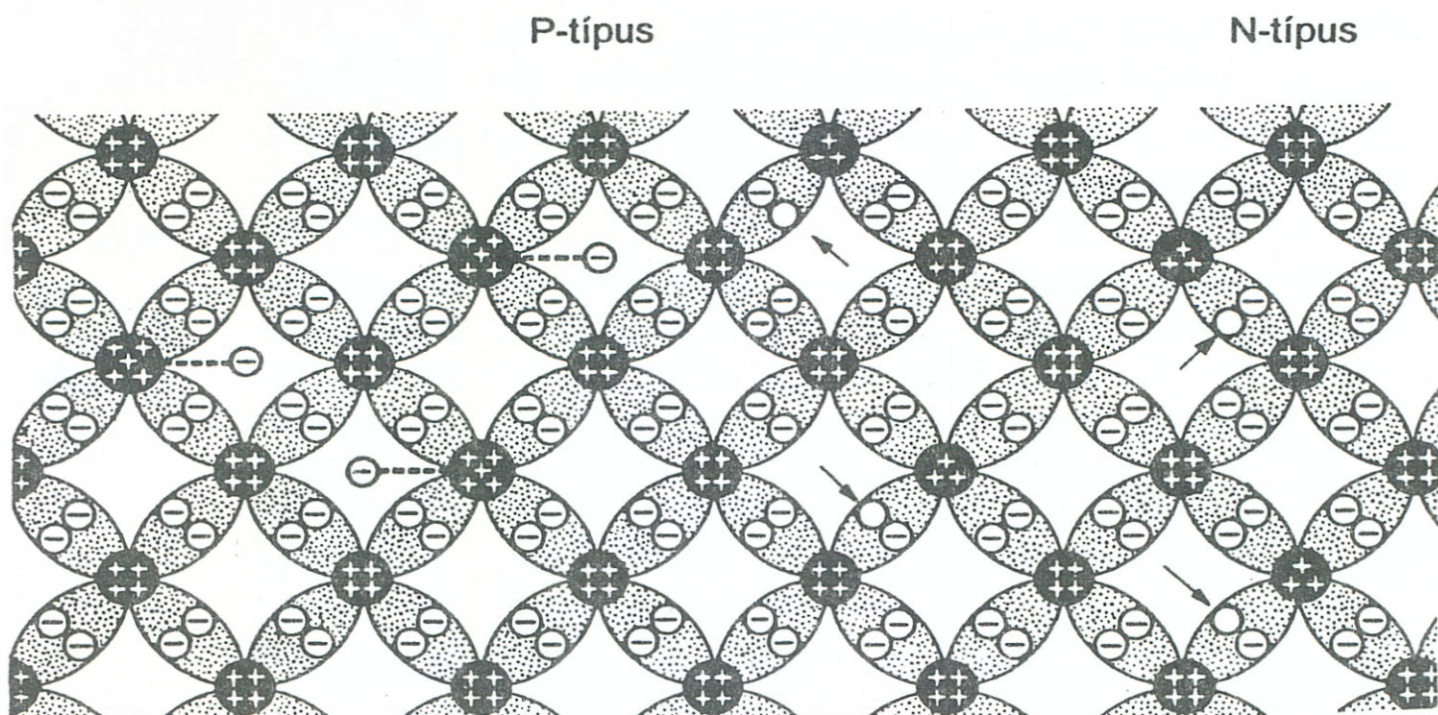
Az epitaxiás réteg adalékolásához szükséges vegyületeket gáz- vagy gőz állapotban viszik be. Az epitaxiás réteg adalékolása jól szabályozható.



1.2. Szerkezeti félvezetők

A szilárdtestek vezetőképessége a szabad töltéshordozók számától függ. Szabad töltéshordozó az, amely a kristályon belül szabadon el tud mozdulni, vagyis olyan energiasávban helyezkedik el, amely nincs teljesen betöltve. A félvezetők esetében teljesen betöltött sáv a vegyértéksáv, amelytől kis energiatávolságra (tiltott sáv) helyezkedik el a teljesen üres vezetési sáv. Szerkezeti (intrinsic) félvezető esetén hő hatására jutnak szabad töltéshordozók (elektronok) a vegyértéksávból a vezetési sávba. Felhasználás szempontjából döntő jelentőségű, hogy adalékanyagoknak a félvezető kristályba való bejuttatásával megváltoztatható az energiasávok struktúrája.





II. 1. ábra. N- és P-típusú félvezető kristály.

A félvezető vezetőképessége a kétféle (elektron és lyuk) töltéshordozó által létrehozott vezetőképességek összege a töltéshordozók sűrűségével és mozgékonyásával egyenesen arányos. Az adalékolás nélküli (szennyezetlen) félvezető anyagra a szerkezeti vezetőképesség jellemző.

1.3. N-típusú félvezetők



Azt a félvezetőt, amelyben a vezetést a túlnyomó többségben lévő mozgékony elektronok okozzák, N-típusú félvezetőnek nevezik (II. 1. ábra). Az N-típusú félvezető olyan félvezető anyag, amelyben az elektronvezetés túlsúlyban van a lyukvezetéssel szemben. Ha a vezetési elektronok koncentrációja igen nagy ($10^{19}/\text{cm}^3$ fölött), akkor N típusú félvezetőről szokás beszélni.

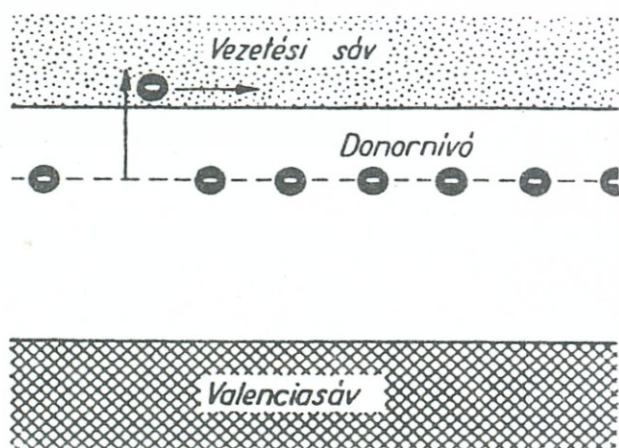
Az N a negatív töltéshordozókat jelenti. Az N-típusú félvezető előállítása úgy történik, hogy a szilíciumatomok közé, amelyeknek 4 valenciaelektronjuk van, 5 valencia-

elektronnal rendelkező antimont, foszfort vagy más anyagot építenek be, így a kötés létrejötte után marad egy felesleges lazán kötött elektron, amely külső energia hatására könnyen leszakad, és így a germánium- vagy a szilíciumkristály vezetővé válik.

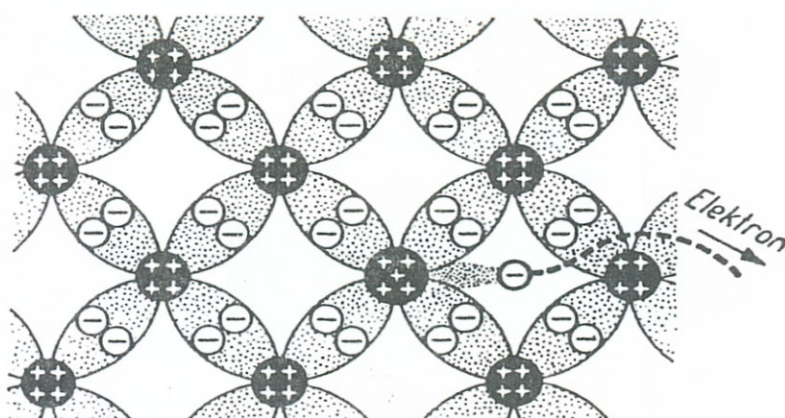
A vezetés számára ilyen módon elektronokat adó idegen atomokat donoroknak nevezzük (II. 2., II. 3. ábra).



Donorszennyezés



II. 2. ábra.



II. 3. ábra.

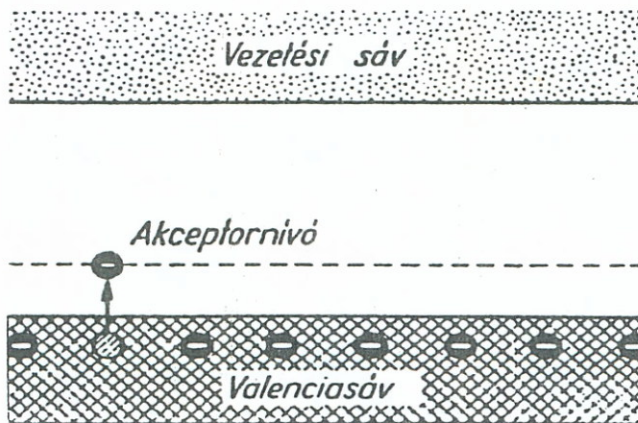
1.4. P-típusú félvezetők

Azt a félvezetőt, amelyben a vezetést a túlnyomó többségben ($10^{19}/\text{cm}^3$ fölött) lévő mozgékony pozitív töltésű lyukak okozzák, P-típusú félvezetőnek nevezzük. A P a pozitív töltéshordozókat jelenti. A P-típusú félvezető előállítása úgy történik, hogy a szilíciumatomok közé, amelyeknek 4 valenciaelektronjuk van, 3 valenciaelektronnal rendelkező bört, indiumot, alumíniumot vagy galliumot építenek be, így a kötés létrejötte után az egyik kötés csonkakötés lesz, ahova a szomszédos kötésből az elektron átugorhat, aminek eredményeképpen a hiányhely mozgást végez. Valóságban elektronmozgásról van



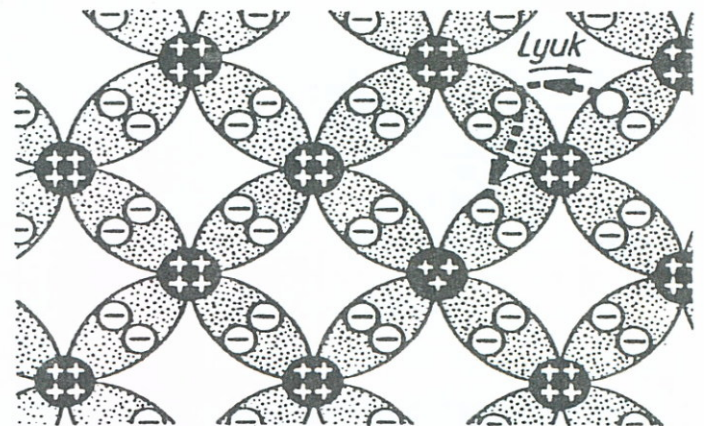
szó, de a jelenség úgy írható le, mintha a pozitív töltésű lyukak mozognának (ll. 1. ábra).

! A vezetést lehetővé tevő, a kötésekből elektronokat magukba vevő atomokat akceptoroknak nevezzük (ll. 4., ll. 5. ábra).



ll. 4. ábra.

Akceptorszennyezés



ll. 5. ábra.



Megjegyzés:

A félvezetők elméletét a Kristályfizika tárgykörben részletesen ismertetjük.

2. Félvezető eszközök

A félvezető eszközök félvezető anyagban (egykristályban) kerülnek kialakításra. Működtetésük elektron, illetve lyukvezetéssel megy végbe. A szerkezet kialakítása adalékanyag-bejuttatással (diffúzió, ionimplantáció stb.) történik.

Az integrált áramköröket alkotó félvezető eszközök a dióda, a tranzisztor és az ellenállás, de természetesen minden eleme félvezető anyagból készül, még a belső

összeköttetés is, hiszen benne van a szilícium morzsában, a chipben.

A félvezető eszközök elsődlegesen diódák és tranzisztorok, működési elvüket illetően a bipoláris vagy a MOS eszközök két nagy csoportjára oszthatók fel.

2.1. Dióda

A dióda olyan kételektródájú elektronikus eszköz, amely üzemszerűen gyakorlatilag csak egy irányban vezet áramot. A működési tartományban vezetőirányban igen kicsi az ellenállása, míg záróirányban az ellenállása nagyon nagy. A félvezető diódák általában Si-félvezető egykristályos alapanyagból készülnek.

2.2. Bipoláris tranzisztor

A tranzisztor olyan háromelektródájú félvezető eszköz, amelyet erősítőnek vagy kapcsolónak használnak. Egy tranzisztor két szomszédos PN-átmenetből áll.

2.3. Ellenállás

Az ellenállás olyan elektromos alkatrész, melynek jellemző villamos tulajdonsága a meghatározott értékű rezisztencia.

Az ellenállás az áramkörben folyó áram értékét a feszültséggel arányosan korlátozza.

2.4. Integrált áramkör

Az integrált áramkörök (IC) elemeit - tranzisztorokat, diódákat, kondenzátorokat, ellenállásokat stb. - egyetlen Si-kristálylapkán - hozzák létre, a lapka egy-egy meghatározott helyén, a többi elemtől elektromosan elszigetelten, de el nem különíthetően. A kész integrált áramkör



alkatrészeire történő szétbontása csak az alkatrészek tönkretételével lehetséges.

2.4.1. Szilícium alapú monolitikus IC-technológia fő irányzatai

- Bipoláris,
- MOS.



Monolitikusnak nevezzük azokat az integrált áramköröket, amelyeknek valamennyi elemét - tranzisztorokat, diódákat, kondenzátorokat, ellenállásokat - egyetlen Si-kristálylapkában hozzák létre.

Az egy lapkán realizált áramkör komplexitását általában a lapkán lévő tranzisztorok számával jellemzik. Ennek alapján szokás különbséget tenni:

- SSI (Small-Scale Integration) - kis bonyolultságú integráltság,
- MSI (Medium-Scale Integration) - közepes bonyolultságú integráltság
- LSI (Large-Scale Integration) - nagy bonyolultságú integráltság és
- VLSI (Very Large-Scale Integration) - igen nagy bonyolultságú integráltság között.

2.4.2. Szigetelő alapú technológiák

A vékonyréteg és a vastagréteg technológiák elsősorban passzív alkatrészkombinációk realizálására alkalmasak.

2.4.3. Hibrid IC-technológiák

A hibrid integrált áramkörök aktív elemei szilícium-tranzisztorok, diódák vagy monolitikus IC-k, passzív elemei általában vastag- vagy vékonyréteg technológiával készülnek.

Megjegyzés:

Az elektronikai eszközök részletes ismertetését a *Bevezetés az elektronikába* c. könyv tartalmazza.

**2.5. ELLENŐRZŐ KÉRDÉSEK**

1. Hogyan állítják elő a szilícium egykristályrudat?
2. Mitől függ a szilárdtestek vezetőképessége?
3. Mi az intrinsic félvezető?
4. Minek a hatására jutnak a töltéshordozók a vegyértéksávból a vezetési sávba?
5. Mit nevezünk N-típusú félvezetőnek?
6. Mit nevezetünk P-típusú félvezetőnek?

3. A napjainkban használatos fő szilícium alapú monolitikus IC technológiai irányzatok

3.1. Bipoláris



A bipoláris (kétpólusú) technológiát reprezentáló félvezető eszközök működésében mindkét fajta töltéshordozó szerepet játszik. Az áramot meghatározó töltéshordozók az egyes elemek PN-átmenetein haladva kisebbségiek, illetve többségiek, attól függően, hogy a PN-átmenet melyik oldalán voltak.

A bipoláris tranzisztor olyan teljesítményerősítésre alkalmas félvezető eszköz, amely általában három különböző adalékolású - kivezetőkkel ellátott - félvezető rétegből áll: emitter, bázis, kollektor. Két PN-átmenetet tartalmaz, NPN- vagy PNP-struktúrájú. A két PN-átmenet között szoros kölcsönhatás van, az egyik átmenet feszültségének, illetve áramának változtatásával a másik átmenet árama, illetve feszültsége változtatható.

A bipoláris tranzisztor kétfajta töltéshordozóval működő rétegtranzisztor, szemben a tervezérelt tranzisztorral, amely unipoláris tranzisztor.

3.2. MOS - unipoláris



Az unipoláris - MOS - technológiát a tervezérlésű tranzisztor reprezentálja.

MOS tervezérlésű tranzisztor (MOSFET - Metal-Oxide-Semiconductor Field Effect Transistor - Fémoxid-félvezető tervezérlésű tranzisztor).

Kétféle csatornatípusú MOS tranzisztor van, az N-típusú elektronokkal, a P-típusú pedig lyukakkal működik. A töltéshordozók csatornabeli viselkedésének megfelelő-

en ismét két típust lehet megkülönböztetni, a kiürítéses (depletion MOSFET) és a növekményes üzemmódú (enhancement MOSFET) MOS tranzisztort.

3.2.1. Kiürítéses üzemmódú MOS tranzisztor

(II. 6. ábra)

A kiürítéses MOS-tranzisztor akkor zárható le, ha a vezérlőelektróda feszültsége ellentétes polaritású a kollektorfeszültséggel és abszolút értékben nagyobb, mint a lezáródási feszültség. A vezérlőelektródára adott feszültségtől függően változik az eszköz áram-feszültség karakterisztikája. Kialakítása olyan, hogy a kollektor és az emitter között azokkal azonos adalékolású vezetősatorna van, amiből az következik, hogy külső vezérlőfeszültség nélkül az eszközön áram folyik keresztül. Az áramfolyást úgy lehet megszüntetni, hogy a kollektorfeszültséggel ellentétes feszültséggel a csatornában olyan nagy kiürített réteget alakítanak ki, hogy az áramvezető csatorna elzáródjon. Ez a feszültség az elzáródási (pinch off) feszültség. Az eszköz lezárt állapota csak két tápfeszültséggel biztosítható.

3.2.2. Növekményes üzemmódú MOS-tranzisztor

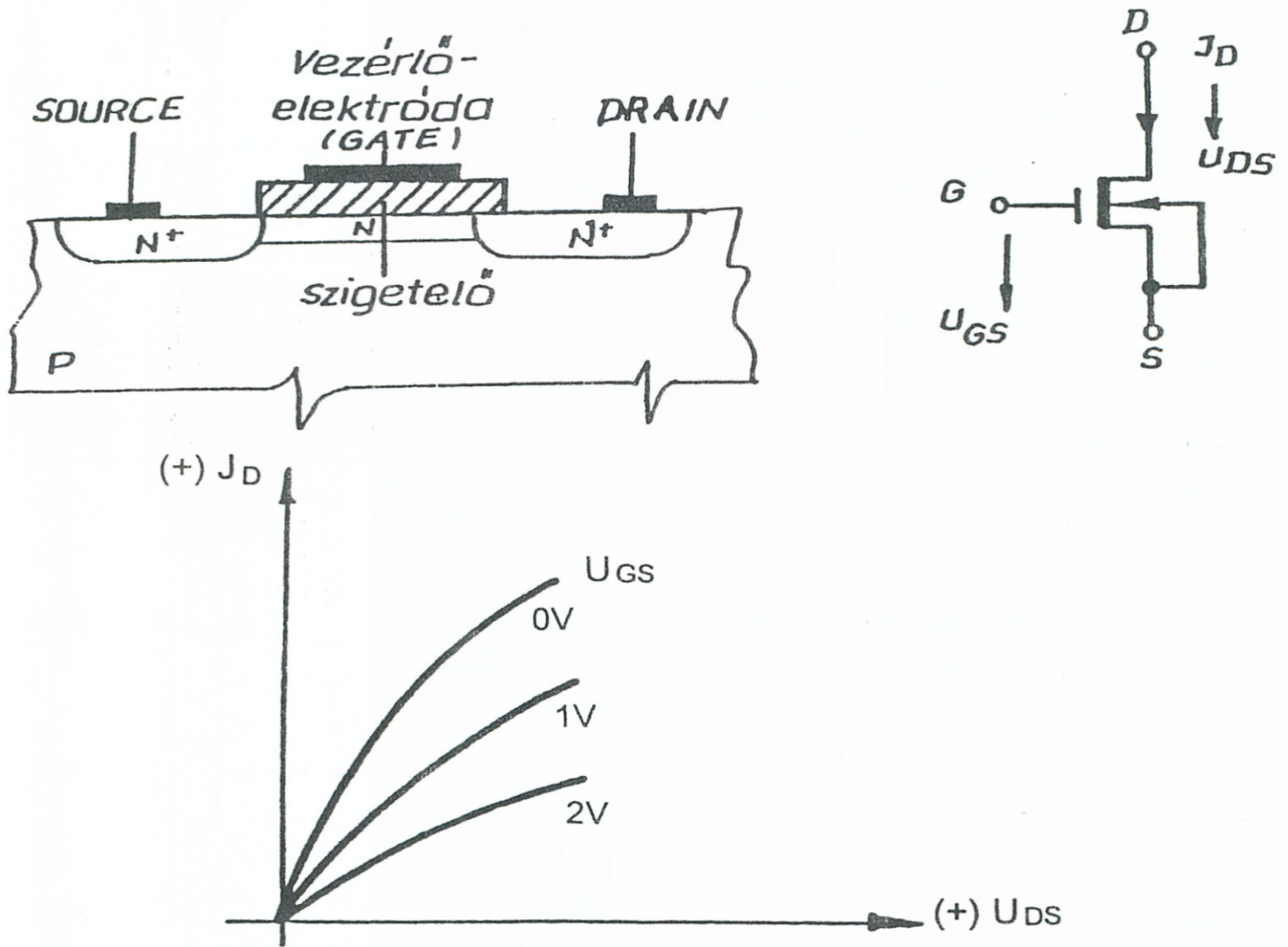
(II. 7. ábra)

Az emitter- és a kollektorelektródákkal ellentétes adalékolású a félvezető lapka, így közöttük csak olyan nagyságú áram folyhat, amekkorát az alaplapban a kisebbségi töltéshordozók lehetővé tesznek. Az áram nő, ha az alapban növekszik a kisebbségi töltéshordozók száma.

A vezérlőelektródára kapcsolt megfelelő polaritású feszültséggel össze lehet gyűjteni a kisebbségi töltéshordozókat, vagyis egy keskeny csatorna feldúsul kisebbségi töltéshordozókkal, ami áramnövekedést idéz elő a csatornának megfelelő keresztmetszeten. Ha a vezérlő-

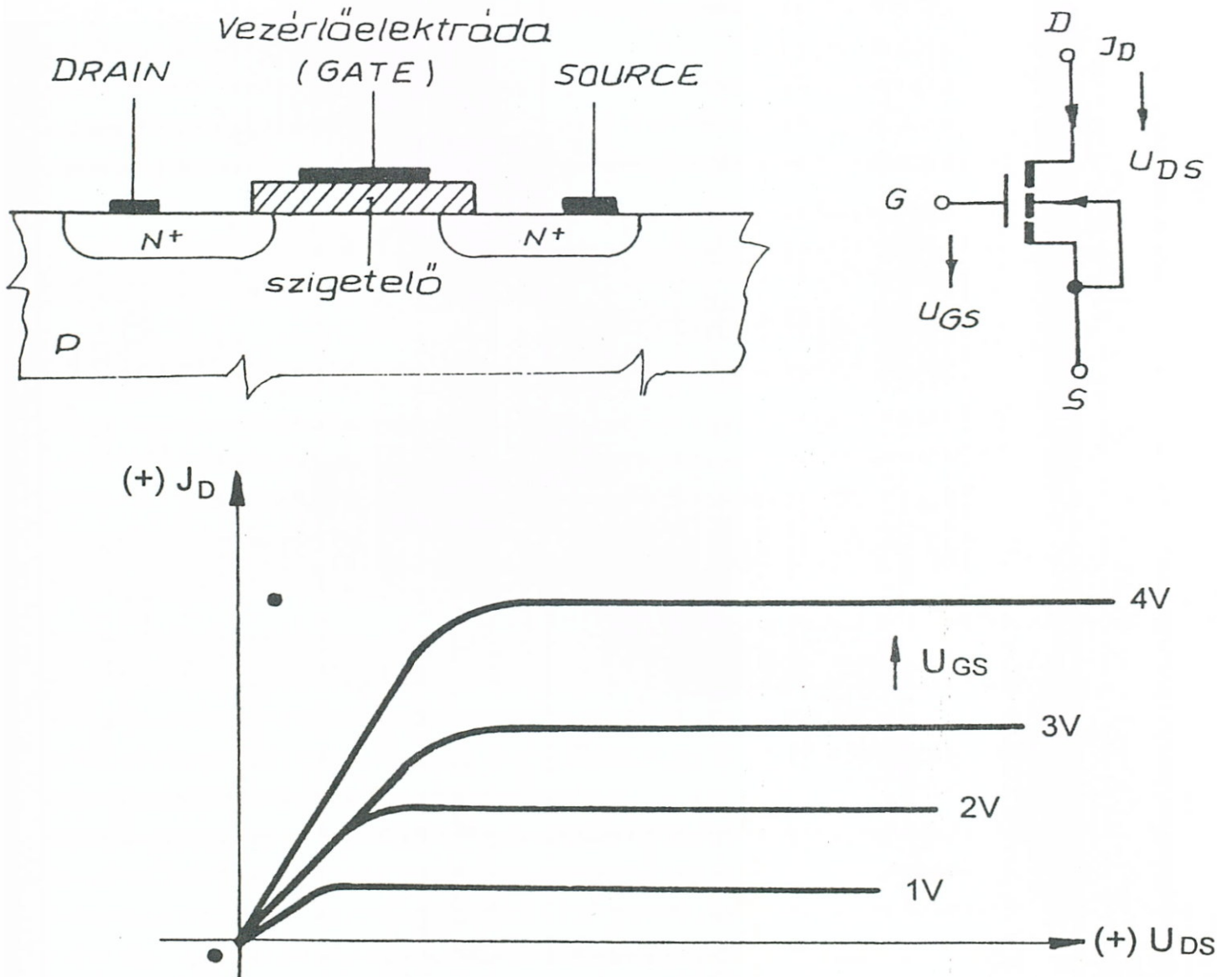
elektródán elegendően nagy a feszültség, nyitóirányú a működés.

A feldúsuláson kívül szükséges, hogy a csatornában jelen lévő töltéshordozók a csatorna adalékolási tulajdonosságát megváltoztassák.



G (Gate) = vezérlőelektroda
 D (Drain) = kollektor, anód, nyelő
 S (Source) = emitter, katód, forrás

II. 6. ábra. Kiürítéses MOS-tranzisztor és karakterisztikája.



II. 7. ábra. Növekményes MOS-tranzisztor és karakterisztikája.



3.3. ELLENŐRZŐ KÉRDÉSEK

1. Milyen félvezetők vannak?
2. Mi a monolitikus félvezető eszköz?
3. Mi a bonyolultsági fok?
4. Milyen technológiák kombinációja a hibrid integrált áramkör?
5. Milyen technológiai irányzatok vannak a monolitikus IC előállításában?
6. Milyen a bipoláris struktúra?
7. Milyen a MOS eszközök felépítése?
8. Mi a különbség a kiürítéses és a növekményes üzemmódú MOS tranzisztor között?

4. A félvezető lapkák megmunkálása, gyártása

A gyakran százas nagyságrendű egymás utáni művelet célja az egyes áramköröket alkotó egyedi alkatrészek elemeinek kialakítása az egykristálylapkában, illetve a lapka felületén, valamint az egyes alkatrészek közti összeköttetés, "mikrohuzalozás" és kontaktuscsatlakozási pontok kialakítása - ezzel magának az áramkörchipnek az elkészítése.

4.1. Oxidáció

A gyártás során több alkalommal különböző vastagságú és tulajdonságú védő- és maszkoló szilíciumdioxid-rétegnek oxidáló közegben magas hőmérsékleten, 500-1200 C⁰-on való kialakítása.

4.2. Fotolitográfiai műveletek

A gyártás során több alkalommal végrehajtott művelet az áramkör felületi, topográfiai kialakítására, az egyes alkatelemeknek az áramköri konstrukcióban meghatározott geometriai méretek alapján készített, az áramkör egyes rétegeinek mérethű rajzolatát hordozó maszk segítségével a felületre felvitt fényérzékeny lakkrétegre való leképezésére, majd a geometriai alakzatoknak a lapka felületén kialakított szigetelőrétegben (szilíciumdioxid) vagy fémrétegben, kémiai vagy fizikai úton maratással való kialakítására. A létrehozható legkisebb alakzat, a vonalszélesség alsó határa ma már a szubmikronos tartományba esik.

4.3. Adalékolás

Az aktív alkatrészek alkatelemeinek létrehozása az egykristálylapka fotolitográfiai megmunkálás útján sza-

baddá tett felülete alatt az egykristályréteg vezetéstípusának és vezetőképességének tudatos megváltoztatásával. Az adalékanyagot korábban magas hőmérsékleten (800-1200 C⁰) végzett diffúzióval, újabban ionimplantációval juttatják az egykristályba. A bór adalékolásával P-típusú, foszfor, arzén vagy antimon adalékolásával N vezetési típusú réteg, illetve tartomány hozható létre a szilícium egykristály fotolitográfiai úton kijelölt részén, ahonnan nedves vagy száraz kémiai maratással előzetesen eltávolítják a szilíciumdioxid védőréteget. A réteg koncentráció-elosztása és a kialakuló PN-átmenet helye a diffúziós vagy ionimplantációs művelet paramétereinek beállításától függ.

4.4. Rétegleválasztás

A művelettel tetszés szerint szigetelő- vagy vezetőréteg alakítható ki. A szigetelőréteget általában a többrétegű mikrohuzalozás térbeli elválasztására, a fémrétegeket a kontaktushelyek kialakítására, illetve az áramkör belső huzalozásának létrehozására használják. A rétegeket kémiai gőzfázisú rétegleválasztással, vagy fizikai módszerrel, porlasztás vagy vákuumgőzölés útján hordják fel. A megmunkálás, a geometriai rajzolat kialakítása, fotolitográfiai úton történik.

Manapság az egyes műveleteket több, esetleg több tucat szeleten egyidejűleg hajtják végre, egyes esetekben ténylegesen párhuzamosan, más esetekben egymást követően, de azonos műveleti ciklusban.

Az előbbieken röviden felvázolt főbb mikroelektronikai gyártástechnikai műveleteknek az adott áramköri konstrukció és specifikus technológia szerinti sorrendben és beállításban történő, sokszor többszörösen ismétlődő végrehajtásának eredményeként, 100-150 technológiai lépés után a megmunkált szilíciumlapka saját méretétől és az adott félvezető eszköz méretétől függően több száz, esetleg több ezer kész chip-et hordoz.

4.5. Minősítés

Az így elkészített lapka kerül válogatómérésre, darabolásra és szerelésre. Célszerű megjegyezni, hogy lapkamegmunkálási műveleteket minél hamarabb, minél gyorsabb egymásutánban kell végrehajtani. A kész lapkákat viszont sokszor már ebben a formában értékesítik és a szerelési műveleteket is elkülönítve, sokszor más földrészen található üzemben végzik el és szerelik készre a terméket.

4.6. Szerelés és tokozás

A félvezető eszközök szerelése, tokozása, minősítő mérése és csomagolása külön szakterület. A kész chip nem építhető be közvetlenül készülékbe, hanem valamely nyomtatott áramköri lapba, "kártyába", ültethető tokformába kell szerelni. A szerelési műveletek a válogatómérést, a szilíciumlapka chipekre darabolását, a chipnek az állványra forrasztását vagy ragasztását, az egyes kontaktuspontoknak az állvány átvezetéseihez való mikrohuzaლოსát, végül az állvány lezárását, tokozását, illetve műanyag tokozás esetén a fröccsöntési műveletet jelentik. Ezt követően végzik el a kész félvezető eszközökön a végső minősítő méréseket és szerelik ki a készterméket a kereskedelmi forgalomba hozatalra alkalmas csomagolásba.

4.7. Konstrukció

Külön fejezetét képezi az integrált áramkörök gyártásának a konstrukció és a tervezés, valamint az áramkör egyes rétegeinek geometriáját megtestesítő rajzolsorozatnak és az ebből előállított, az áramkör egyes rétegeinek valós geometriai méreteit a szilíciumlapkára leképező mestermaszk-, illetve munkamaszk-sorozatnak az előállítása. A maszkorozat elkészítése ugyanolyan tisztasági körülményeket igényel, mint a lapkamegmunkálás, ha ugyan nem jobbat.

A gyártástechnika szinte minden szintjén az előállítási eljárások szerves és nagyon lényeges részét képezik a technológiaközi ellenőrzési műveletek, amelyek lényegükben magas színvonalú minőségbiztosítási rendszert alkotnak. Ebbe a körbe az egyes gyártástechnikai lépések során kialakított vertikális és horizontális struktúra ellenőrzése tartozik - beleértve a fizikai méretek és villamos paraméterek mérését is.

5. Néhány példa a technológiai lépéssorokra

5.1. MOS technológia



A MOS-eszközök, integrált áramkörök előállítása sokféle, bizonyos technológiai lépésekben és a lépések számában lényegesen különböző eljárásokkal folyik.

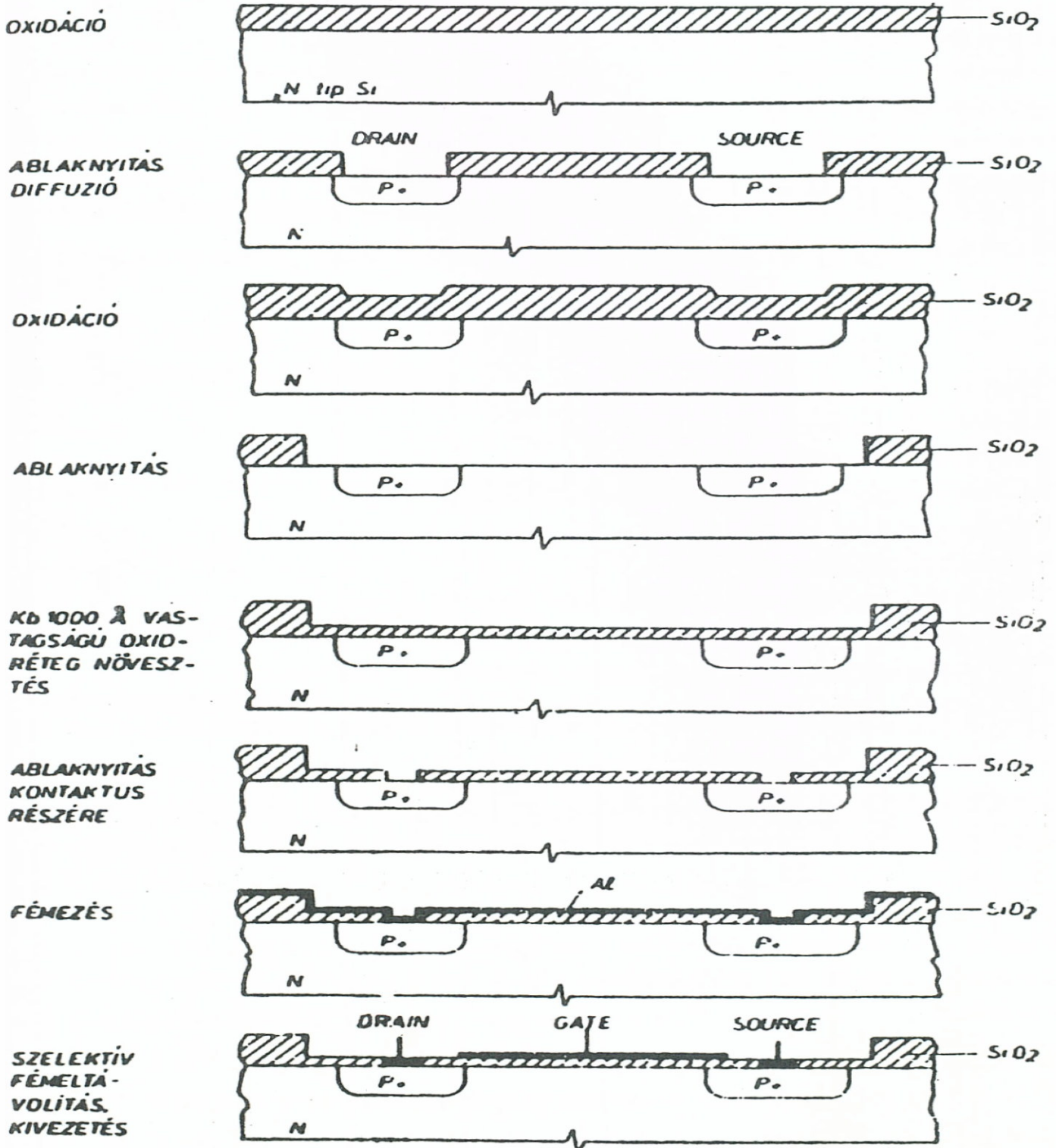
Példaként ismertetünk egy, az alapvető technológiai lépéseket tartalmazó eljárást.

A növekményes MOS-eszközök egyetlen maszkolt adalékanyag-beviteli lépéssel, diffúzióval előállíthatók. Gyártásuk lényegesen egyszerűbb, mint a bipoláris áramköröké. Az egyszerű felépítés a nagy sűrűségű integrálásnál igen előnyös.

A P-csatornás MOS-eszközöket általában a következő alapvető technológiai lépéssorozatokkal állítják elő: (II. 8. ábra):

- az áramkörök megtervezése és fizikai elrendezése:
- a sematikus terv megrajzolása nagy méretben, utána kicsinyítés,
- meghatározott ohm/cm fajlagos ellenállású egykristály felületén SiO_2 réteg előállítása,
- az SiO_2 rétegben fotogravírozással ablaknyitás a source és a drain számára,
- P tartományok előállítása bórdiffúzióval,
- SiO_2 réteg előállítása,
- a P-csatornát körülvevő oxidrétegben ablaknyitás,

- SiO_2 rétegnövesztés,
- ablaknyitás a kontaktusok számára,
- fémgőzölés,
- felesleges fémfelületek eltávolítása.



II. 8. ábra. Az előállítás folyamata metszetekben.

Ionimplantációs technológiával kiürítéses MOS-eszköz készíthető előnyösen. Ez olyan integrált áramköri technológia, amelyben az aktív elemek a MOS-tranzisztorok, az ellenállások állandó feszültséggel lezárt MOS-tranzisztorok (más módszerrel az ellenállások előállításához az ohmértéktől függően két vagy három maszkolt adalékanyag-bevitel lépés szükséges), kondenzátorokat, diódákat nem tartalmaz. A kialakítandó rendszereknél általában célszerű alkalmazkodni az egyszerű felépítésű MOS-tranzisztorhoz, hogy a technológia nyújtotta előnyök kihasználhatók legyenek.

A félvezetők előnyös MOS tulajdonságai a bipolárisokkal szemben:

- A felületegységekre elhelyezhető elemek száma nagyobb.
- Egyszerű az alapterminológia.
- Kb. egy nagyságrenddel nagyobb az elemsűrűség.
- Tizedére csökkentek az egy áramköri funkcióra jutó költségek.
- Számottevően lecsökkentek a szerelési költségek.
- Csökken a rendszer teljesítményfelvétele.
- Nincs maradékfeszültség bekapcsolt állapotban.
- Csökken a tokok mérete.
- Nincs hőmegfutás, nagyobb a termelékenység (pl. nincs szükség szigetelési diffúzióra).

A jelenlegi MOS-IC-k működési sebessége megközelíti a bipolárisokét.

5.2. CMOS (komplementer MOS)

A CMOS integrált áramköri technológiával készülő áramkörökben a tranzisztorok komplementer párban működnek úgy, hogy az egyik tranzisztor nyitó-, míg a másik záróirányba van kapcsolva.

Az N-csatornás eszközön áram folyhat keresztül, ha a vezérlőelektróda feszültsége a küszöbfeszültségnél nagyobb feszültséggel pozitívabb, mint az N-csatornás forrás (source), a P-csatornás eszközön keresztül viszont

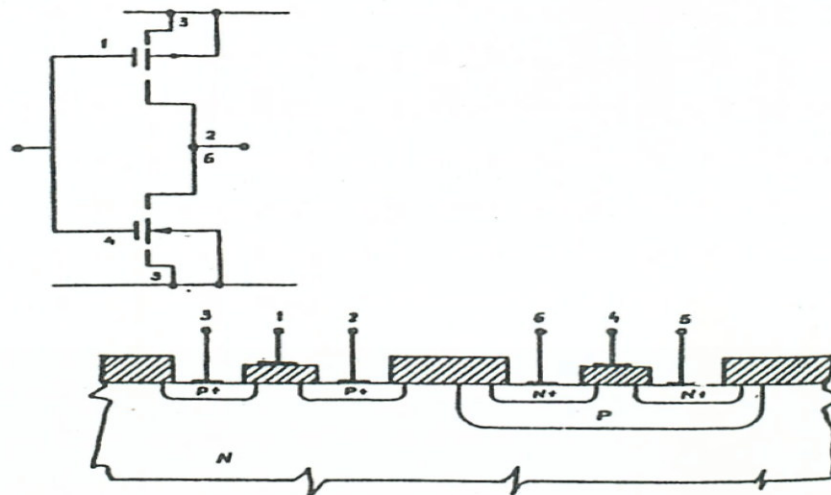
akkor folyhat áram, ha a vezérlőelektróda feszültsége a küszöbfeszültségnél nagyobb feszültséggel negatívabb, mint a P-csatornás forrás (source) elektródája.

A két vezérlőelektróda összeköthető, ha a vezérlőfeszültség változása megközelíti a teljes tápfeszültség értékét, és így az elrendezés teljesen szimmetrikus a tápfeszültségekre vonatkoztatva.

Elektromos szempontból a CMOS a legelőnyösebb felépítésű MOS-áramkör. Jelentőségét növeli, hogy a bipoláris áramkörökhöz képest lényegesen kisebb disszipációjú rendszer.

Tulajdonságai:

- előállításához három maszkolt adalékanyag-beviteli technológiai lépés szükséges (a bipolárisnál négy),
- területigénye lényegesen kisebb, mint a bipoláris áramköröké,
- kis teljesítmény-disszipáció,
- viszonylag nagy frekvencia,
- zajérzékletlenség
- nem érzékeny a feszültségingadozásra,
- nagy terhelhetőség („fan out”).



II. 9. ábra: Komplementer tranzisztros MOS-inverter

6. Merre tart a mikroelektronika fejlődése?

6.1 Tendenciák



A gyártástechnika alapjainak rövid áttekintése után anélkül, hogy az alapttechnikák gyorsan szaporodó és változatos mutációinak bármelyikét részletesen tárgyalnánk, érdemes egy pillantást vetni a fejlődés trendjére.

Gordon Moore - a jelenlegi (planáris) technológiák egyik atyja és az Intel egyik alapítója - híressé vált előadásában 1975-ben nem kevesebbet állított, mint azt, hogy a chippek bonyolultsága évente mintegy megduplázódik. Ez, megállapítása szerint részben az egyre nagyobb chippek és a félvezető eszközök egyre zsugorodó geometriai méreteinek köszönhető. Bár feltételezte, hogy egy idő után a növekedés az évenkénti duplázódás helyett kétévenkéntire mérséklődik, az élet - az IC-k fejlődése - erre rácsáfolt. A fejlődést mutató trendek még mindig évenkénti kettőzödést követnek igen jó közelítéssel. Ma ugyanazok a tényezők - a chipméret növelése és a geometriai méretek imponáló csökkenése - hatnak, mint 1975-ben. A méretek csökkenése miatt egyre növekszik a funkcionális egységek teljesítménye, amit a chipenkénti bit-számmal vagy az 1 cm²-en elhelyezett tranzisztorok számával mérnek. Ez maga után vonja a bemenetek/kimenetek számának, a chippek méretének, az alapanyag, a szilícium egykristály-szelet átmérőjének, a fémezési/huzalozási szintek és a maszkolási lépések számának, azaz a fotolitográfiai műveletek számának meg-növelését is. A felhasználók - a felvevő piac - részéről jelentős nyomás nehezedik a fejlesztőkre, hogy növeljék az áramkörök sebességét, hosszú távú megbízhatóságát, csökkentsék a teljesítményfelvételt, amely utóbbi a tápfeszültség csökkentésével is párosul.

A legtöbb korszerű gyárban 0,5-0,6 mikrométeres geometriai alakzatfelbontással jellemzett gyártástechnológiát alkalmaznak a csúcstechnikát jelentő IC-típusok gyártására, azonban a nagyobb vállalatok már a 0,35 mikrométeres technológiát alkalmazzák. Számos cég az ezredfordulóra 0,25 mikron felbontású technikát vezetett be.

6.2. A komplementer MOS (CMOS) struktúra dominanciája

A leggyakoribb gyártástechnológiai eljárás napjainkban a szilícium-alapú CMOS-technológia és nem valószínű, hogy ez belátható időn belül változni fog.

A gazdaságosság, az egyre magasabb szintű működés, valamint az IC-gyártók részéről következetesen magasan tartott kutatási/fejlesztési beruházások a CMOS-t a technológiai főáramlat pozíciójában tartják.

A CMOS technikával gyártott IC-k értékben várhatóan a teljes volumen 80%-át reprezentálják az elkövetkező években.

A jelen helyzet és közeljövő trendjeinek megértéséhez ezért célszerű a CMOS eszközök szerkezetét a fejlődés szempontjából tanulmányozni. Természetesen számos módosuláson megy keresztül a CMOS ismertett konstrukciója, ami a méretek csökkentésére és a működési paraméterek javítására szolgál.

A kérdés bonyolult voltára jellemző, hogy a 0,25 mikrométeres alakzatfelbontással jellemzett gyártástechnológiai műveletsor több mint 350 egyedi lépésből épül fel, amelynek során kialakul a kívánt struktúra. A gyártásközi ellenőrzés (hibahelysűrűség meghatározás, töltéshordozó-élettartam-mérés, rétegellenállás, alakzاتمéret-ellenőrzés és hasonló mérések) alapvető szerepet játszik a gyártás magas műszaki szintjének fenntartásában.

A gyártástechnológia megválasztása tekintetében az első szempont az alapanyag - a szilícium egykristály-

lemez méretének és típusának megválasztása. Jelenleg a legtöbb helyen 150 mm átmérőjű szilícium-szeleteket használnak, bár az újabb üzemekben 200 mm átmérőjű szilíciumra dolgoznak.

Valamivel részletesebben kell beszélni a tranzisztor "lelkét" jelentő dielektrikum-rétegről, ami a vezérlőelektróda alatt helyezkedik el. Vastagsága és stabilitása alapvető szerepet játszik az eszközök működési sebességében és üzemi stabilitásában, megbízhatóságában. A legjelentősebb trend ebben a tekintetben az, hogy az eszköz geometriai alakzatainak zsugorodásával egyre vékonyabb dielektrikum-rétegre van szükség. A vezérlőelektróda alatti réteg vastagsága a 100 angström tartományába esik.

Bár a struktúra kialakítása tekintetében az adalékolás, a vezérlőelektróda alatti dielektrikum elkészítése és a csatlakozó fotolitográfiai/tisztítási műveletek a legfontosabbak, a legnagyobb selejtforrás a "mikrohuzalozás" kialakítása, ami ma már többféle vezető- és dielektrikum-réteg felviteléből és maratással való megmunkálásából áll.

Ez a gyártástechnika nemcsak újszerű anyagokat használ a gyártási műveletek során, hanem a korszerű, a számítógéppel segített gyártás is az eszköztárba tartozik. A technológiai sorban, a gyártó gépeket többnyire korszerű és népszerű szoftver-rendszerekkel, például Windows alatti programmal irányítják.

A mikroelektronikai technológia fejlődése töretlen. Fejlesztési szinten, már elkészítették a több mint 1 milliárd tranzisztort és egyéb elemeket tartalmazó félvezető memóriát. Ezeket hamarosan követik a mikroprocesszorok, multimédia chipek és egyéb funkcionális egységek. Az első gigabyteos memóriák, amelyek mérete 20x37 mm, a legkisebb vonalszélesség 0,16 mikrométer, fémezése háromszintű, 1,5 V tápfeszültségről működnek. Ezek az adatok a kutatási stádiumra jellemzőek, nem telik bele sok idő, amikor ezek az IC-k tömeggyártásba kerülnek.

6.3. ELLENŐRZŐ KÉRDÉSEK



1. A félvezető lapkák megmunkálása során milyen jelentősége van az oxidációnak?
2. Mi a fotolitográfia?
3. Mi a jelentősége az adalékolás pontosságának?
4. Milyen rétegleválasztást ismerünk?
5. Milyen a minősítés, a szerelés és a tokozás menete?
6. Hogyan készül az integrált áramkörök geometriai konstrukciója?
7. Milyen technológiaközi ellenőrzéseket végeznek az IC előállítása során?
8. Milyen struktúrája van a MOS áramköröknek (technológiai lépéssor)?
9. Milyen struktúrája van a CMOS áramköröknek (technológiai lépéssor)?
10. Merre tart a mikroelektronika fejlődése?
11. Hogyan érvényesül a CMOS struktúra dominanciája?



fejezet

ELEKTRONIKAI KÉSZÜLÉKEK KONSTRUKCIÓJA ÉS TECHNOLÓGIÁJA

Készítette: Dr. Ember György

Az utolsó 40 év során az elektronika szédületes fejlődése révén kialakultak azok az elektronikai alkatrészek, kapcsolástechnikai megoldások, amelyek a korszerű készülékek felépítését lehetővé tették, és amelyekből a mai elektronikai készülékek felépültek. Ilyenek pl.: a félvezetők (ezen belül az LSI-VLSI IC-k, mikroprocesszorok), információ tárolók (floppy, HD, CD), optoelektronikai alkatrészek (száloptika, LED, LCD) stb., hogy csak a legfontosabbakat említsük, amelyeket minden modern készülék-

ben megtalálunk. Az elektronikus készülékek kidolgozása és sorozatgyártásra való előkészítése két fontos tevékenységi körre, konstrukcióra és technológiára bontható, amelyeket együttvéve gyártás-előkészítésnek nevezünk.

1. Konstrukció

Ebben a fázisban a következő fontosabb fejlesztési és tervezési tevékenységek valósulnak meg:



- A készülék által ellátandó feladatokat megvalósító működési elvek kiválasztása és az azokat realizáló áramkörök funkcionális bontásban (pl. tápegység, I/O egység, RAM tároló stb.) történő megtervezése.
- A kapcsolás alkatrészeinek kiválasztása és az azok kivezetéseinek az elvi kapcsolás szerinti összekötését realizáló összekötő hálózat megtervezése.
- A készülék mechanikai védelmét biztosító ház és a kezelést lehetővé tevő külső szervek, – kapcsolók, csatlakozók, nyomógombok, kijelzők stb. – elhelyezésének megtervezése, esztétikai és formatervezései, valamint a biztonságtechnikai követelmények érvényesítése.

2. Technológia

Ebben a fázisban kerülnek kiválasztásra azok a gyártási eljárások és gyártóeszközök, valamint célműszerek, célgépek és célszerszámok, amelyek biztosítják, hogy a gyártás során, illetve annak eredményeként a következő szempontok messzemenően érvényesüljenek.



Termékazonosság. Minden gyártott áramkör, illetve áramköri egység villamosan és mechanikailag tökéletesen azonos és egymással csereszabatos legyen.

Hibamentesség, nagy megbízhatóság. Ezek olyan termelési eljárásokkal érhetőek el, amelyek a termelést végző személy szubjektív hibáit, ill. a termék minőségét befolyásoló hatását a lehető legjobban kiküszöbölik. Ebben kiemelkedő fontosságúak a megfelelő célgépek, ill. automatizált termelőeszközök. A leggyakoribb szubjektív hibák tévesztésből, illetve figyelmetlenségből erednek. Tipikus hibák pl. elkötés, szakadás v. zárlat előidézése, hideg forrasztás, rossz alkatrész beültetés stb.

Gazdaságosság. Miután a termék önköltségét alapvetően a beépített alkatrészek és anyagok, valamint a termelési költségek együttesen határozzák meg a termelő eszközök termelékenysége, anyag- és energiafogyasztása, karbantartási költsége, amortizációja nagymértékben befolyásolják azt. Általában korszerű termelési módszer esetén az emberi élő munka költsége ezekhez képest kicsi. A gazdaságosságot viszont nagyon le tudják rontani a *Hibamentességi* pontban ismertetett hibák, miután a hibakeresés általában időigényes és magasan kvalifikált munkát igényel, így annak költsége nagy.

Ellenőrzés. A korszerű elektrotechnikai eljárások közös jellemzője a termelési folyamat mind több pontján végrehajtott minőségellenőrzés. Így ma már megkülönböztethetünk:

- alkatrész illetve idegenárú ellenőrzést,
- gyártásközi illetve részegység ellenőrzést,
- végtermék ellenőrzést,
- gyártóeszköz ellenőrzést,
- gyártási módszer ellenőrzést,

amelyek minden korszerű készülékgyártó vállalatnál megvannak. A részletes hibaanalízisnek és a hibák következményeinek költségelemzése alapján a hibák okozta költségek minimalizálása érdekében a hibás alkatrészt, ill. a hiba okát a termelési folyamat minél korábbi fázisában kell kideríteni. Ezt mutatja az alábbi táblázat, amely széles körű tapasztalatgyűjtésen alapszik.



Hiba kiderülési fázisa	Hibaelhárítás költsége
Beépítés előtt	1 * Alk. ár
Egységbe ill. kártyába építve	10 * Alk. ár
Készülékbe építve	100 * Alk. ár
Telepített készülékben	1000 * Alk. ár
Üzemelő készülékben	A kiesés ill. selejt okozta kár mértéke

III. 1. táblázat

Ezek után könnyen belátható, hogy a korszerű készülégyártó vállalatoknál az ellenőrzéseket kiemelt fontosságú termelő tevékenységnek tekintik, amelyek költségei a teljes önköltség 60-70%-át is elérhetik.

3. A teljes készülégyártási folyamat

A könnyebb áttekinthetőség kedvéért a teljes gyártás-előkészítési, gyártási, valamint ellenőrzési tevékenységeket egy egységes folyamatábrán láthatjuk az 1. ábrán.

Az ábrán a gyártás során végrehajtandó ellenőrzési tevékenységeket vastag kerettel jelöltük. Ki kell ezek közül a marginális (típus) vizsgálatok nevű tevékenységet emelni, amely magyarázatra szorul.

Az ellenőrzések során az adott alkatrész, egység vagy készülék műszaki tulajdonságait főleg villamos paramétereit üzemi feltételek mellett vizsgáljuk, vagyis olyan körülmények között, amelyek a rendeltetésszerű használat, ill. üzemeltetés során fellépnek és ellenőrizzük tulajdonságait, vagyis azt, hogy ezek a paraméterek az adott fázishatáron belül vannak-e.



A **vizsgálat** ettől alapvetően eltér, itt ugyanis arra vagyunk kíváncsiak, hogy milyen mértékben megnövelt igénybevételt képes a vizsgálandó objektum – amelyet elterjedten DUT-nak (Device Under Test) szokás nevezni – még működőképesen elviselni. Ezek az igénybevételek lehetnek:



- Növelt tápfeszültség.
- Igen magas, ill. alacsony környezeti hőmérséklet.
- Megnövelt teljesítmény.
- Mechanikai (ütés, rázás, légnyomás) igénybevételek.
- Agresszív kémiai ill. biológiai környezet.

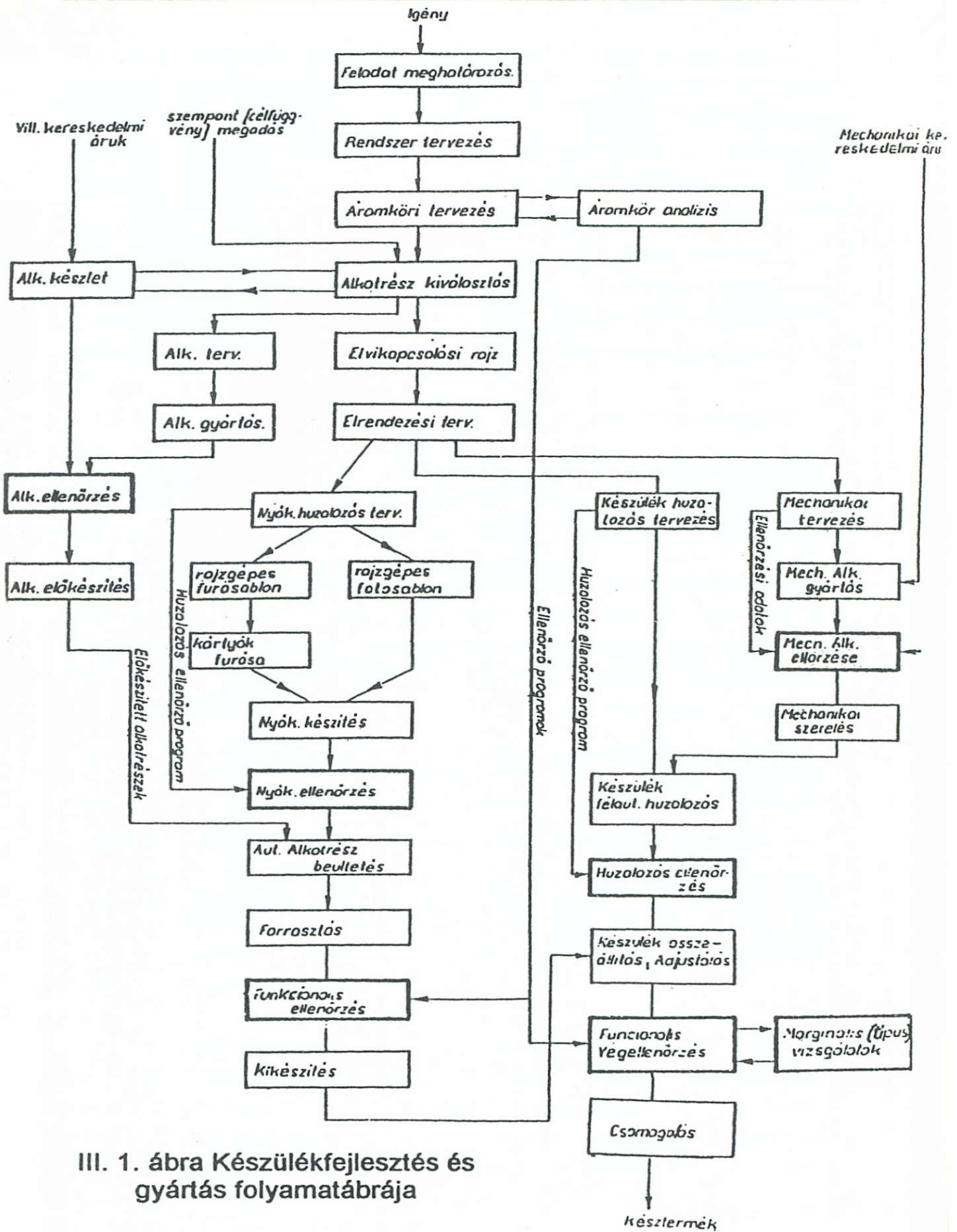
Az ilyen vizsgálatok arról tájékoztatnak, hogy a DUT mekkora tartalékkal rendelkezik az esetleges szélsőséges igénybevételek elviselésére.

A **marginális (emelt szintű) vizsgálatok** során a vizsgált termék ill. objektum általában sérül, esetleg megbízhatósága csökken, ezért az ilyen vizsgálatok mindig **min-tavételesek**, vagyis véletlenszerűen kiválasztott néhány darabon végezzük el.

Ezeket a darabokat eldobjuk, vagy esetleg csökkentett áron értékesítjük.

Az **ellenőrzések** során arra törekszünk, hogy minden alkatrész ill. egység ellenőrzése megtörténjen – **darabel-lenőrzés** – az 1. táblázat szerint fellépő költségek minimalizálása érdekében.





III. 1. ábra Készülékfejlesztés és gyártás folyamatábrája

4. ELLENŐRZŐ KÉRDÉSEK az 1., 2., 3. fejezetekhez



1. Milyen fejlesztési és tervezési tevékenységek valósulnak meg a konstrukciós fázisban?
2. Hogyan kell kiválasztani a gyártási eljárásokat és a gyártóeszközöket?
3. Mit értünk csereszabátosság alatt?
4. Hogyan biztosítható a hibamentesség?
5. Milyen tényezők ronthatják a gazdaságosságot?
6. Milyen minőségellenőrzési pontok szükségesek az elektronikai eszközök gyártási folyamatában?
7. Milyen főbb lépéseket ismerünk a készülékgyártási folyamatban?

5. Az információelektronikai készülékek felépítése



Az elektronika kezdeti „hőskorában” a készülékek felépítésénél a klasszikus elektronikai – villanyszerelési – eljárásokat alkalmazták, amely többnyire azt jelentette, hogy egy fém alaplemezre közvetlenül vagy elszigetelve felerősítették az alkatrészeket (rendszerint csavarokkal), majd a rögzített alkatrészek kivezetéseit szigetelt rézvezetékekkel az adott kapcsolás szerint összekötötték. A kötéseknél a villanyszerelésnél megszokott csavarkötésekről, annak bizonytalan átmeneti ellenállása miatt gyorsan letértek és a jóval megbízhatóbb lágyforrasztás terjedt el.

A félvezetők, főleg az IC-k megjelenésével az alkatrészek feszültség és teljesítményszintje és ezzel együtt méreteik is drasztikusan lecsökkentek, így a külön mechanikai rögzítés elmaradhatott, ugyanis a kis tömegű alkatrészek rögzítését az alkatrészlábak stabil pontokhoz való kiforrasztása megfelelően ellátta.

Megoldásra várt azonban az összekötő villamos hálózat jól gyártható kialakítása. Kezdetben ugyanis ezt bandázsolt és méretre hajlított, szigetelt huzalkötegekkel „kábel-korbácsokkal” oldották meg. Ezek huzalvégeit kézzel csupaszították, majd a korbácsot helyére rögzítve, annak végeit kézi pákával a kivezetési pontokhoz forrasztották. Ezt a technikát váltotta ki a nyomtatott huzalozással megvalósított összekötő hálózat bevezetése, amelyet magyar szakmai szóhasználatnál – helytelenül – nyomtatott áramköri, röviden „NYÁK”-technikának nevezünk, lefordítva az angol PCB (printed circuit board) elnevezést. Azért helytelen a NYÁK kifejezés, mert az áramkör ténylegesen nem nyomtatott, legfeljebb előállításánál felhasználnak néhány nyomdatechnikában ismert eljárást is. Széles körű elterjedtsége miatt azonban mi is a „NYÁK” kifejezést fogjuk használni.

A NYÁK technikus megvalósítás lényege, hogy szigetelő alapon szilárdan rögzítve alakítjuk ki azt a villamos hálózatot, amely az alkatrészek kivezetéseit rögzítő furatokat – „szemeket” – illetve forrasztás felületeket – „tappancs vagy pad” – az előírt módon összeköti. Így a NYÁK lemez egymagában ellátja az alkatrészek rögzítését és kivezetéseik összekötését.

A két alapfeladat ellátása mellett további előnyökkel is rendelkezik, ezek

- A huzalozás rögzítettsége miatt minden darab hálózata azonos, így az induktív és kapacitív kölcsönhatások is azonosak és tervezhetők.
- Az alkatrészlábak tömegforrasztási eljárásokkal köthetők, így az egyedi kézforgasztások hibaforrásai kiküszöbölődnek.
- A gyártás jól automatizálható ill. célgépesíthető. Az emberi szubjektív káros hatásai megszűnnek.
- A NYÁK-on felépített áramkörök és készülékek azonosak és csereszabatosak.
- Jól áttekinthetők és szervizelhetők.
- Gazdaságosan tömeggyárthatók.

Ezek az előnyök teszik a NYÁK technikát a készülékgyártásban kulcspontrivá, ezért a következőkben ezzel és a hozzá kapcsolódó gyártási eljárásokkal a következőkben részletesen fogunk foglalkozni.

6. A nyomtatott huzalozású lemezek fajtái és gyártásuk

Az 1960 táján megjelent alap gondolat mind a mai napig változatlanul megmaradt, csak finomodott és kiegészült a fejlődés során. A kiindulás egy szigetelő műanyag lemezből történik, amelyre egy nagy tisztaságú finoman hengerelt rézfólia van jól tapadóan felragasztva. Ez az ún. **folirozott lemez**, amely általában 1,6 mm vastag papírbakelit vagy üvegszállal erősített poliészter, esetleg



más műanyag (pl. poliamid), amelyen a rézfólia legtöbbször 15 μm körüli vastagságú, előfordul azonban 35 μm -es is. Maga a gyártás úgy történik, hogy a lemezt az alkatrész-lábak pontjaiban átfúrják, majd rézfóliára az összekötő huzalozással megegyező védőréteget visznek fel. Ezután a lemezt a rezet jól maró folyadékba mártják, amely a nem védett rézfelületet lemarja, és így az összekötő hálózat marad meg. Ez az eljárás, amely a nem kívánt rész eltávolításán alapszik, az ún. „szubtraktív” gyártási eljárás, a NYÁK lemezek bármely fajtájánál a gyártás alapját képezi.

A továbbiakban a gyakorlatban meghonosodott fontosabb NYÁK típusokat tekintjük át, tulajdonságaikkal és technológiájukkal együtt. Előbb azonban a raszterosztás és rajzolatfinomság fogalmakat kell megismernünk.

6.1. Raszterosztás és rajzolatfinomság

Az elektronikai ipar fejlődésének kezdeti fázisában az egyes alkatrészek méretei és kivezetéseik geometriai adatai (pl. lábátmérőjük, lábtávolságuk stb.) rendkívül változóak voltak, ami a készülékek gyártásánál és javításánál nagy zavarokat okozott. Ezért a nagyobb alkatrészgyártó cégek megállapodtak az alkatrészek tokjainak és kivezetéseinek méreteiben.

Miután az 1950-es évek végén az angolszász országokban volt az elektronika a legfejlettebb, az akkor ott uralkodó INCH bázisú méretrendszer fogadták el, amely mára annyira elterjedt, hogy nem lehet megváltoztatni. Tekintve, hogy 1 inch 25,4 mm, ez egységként túl nagy, ezért ennek tizedét 2,54 mm-t szokás a készülékgyártásban egy raszterként tekinteni.

$$1 \text{ raszter} = 2,54 \text{ mm}$$

Pl. a széles körben használt DIL tokozású IC-k (Dual In Line Package) két egymástól 3 ill. 5R (7,62 ill. 12,7 mm)

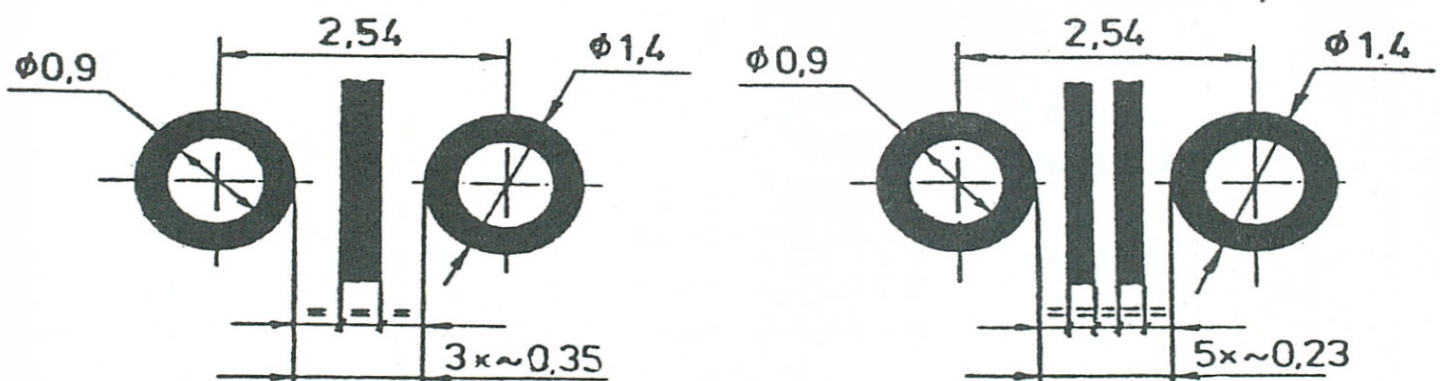
távolságban lévő sorban helyezkednek el egymás mellett 1R távolságban. Ennek megfelelően a NYÁK lemezek alkatrész-lábfuratai is 1, esetleg $1/2$ raszterenként vannak.

Szólnunk kell még a furatok és az azokat körülvevő szemek (a rézfólia megmaradó gyűrűje) méreteiről. A DIL tokok és a kisteljesítményű kétlábú alkatrészek lábátmérői egyaránt 0,8-0,9 mm átmérőjű furatokat igényelnek, így a furat körüli rézgyűrű a minimális forrasztási felület biztosítása érdekében nem csökkenthető 1,4 mm-es külső átmérő alá (szemméret).

Ezek az adatok az elérhető rajzolatfinomságot alapvetően meghatározzák aszerint, hogy a szemek között hány vezetéket viszünk át.

- Normál rajzolat: nincs átvezetés
- Finom rajzolat: egy vezeték megy át
- Igen finom rajzolat: két vezeték megy át

A finom és igen finom rajzolatú kártyákon kialakított vezetékek méreteit a 2. ábrán láthatjuk.



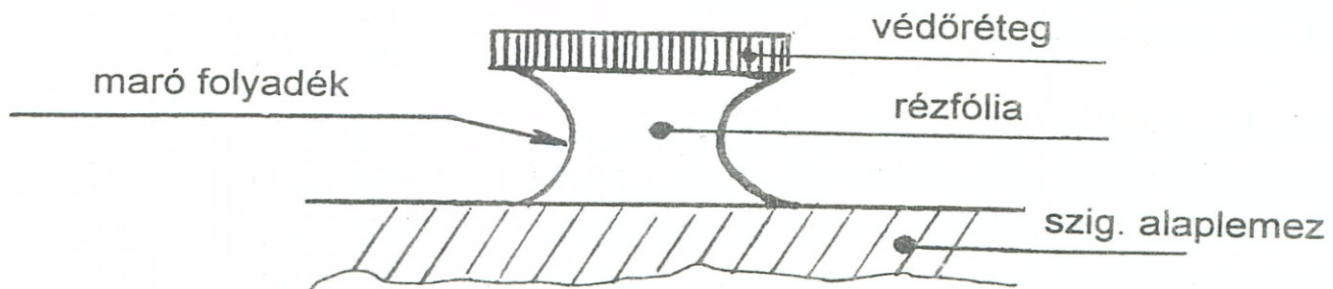
III. 2/a. Finom rajzolat

III. 2/b. Igen finom rajzolat

III. 2. ábra



A készülék bonyolultságával az összekötő áramkör is sűrűbbé válik, így érhető, hogy a lehető legfinomabb rajzolat, vagy a legvékonyabb rézfólia elérésére törekedtek. A vezetékszélesség azonban az ún. alámaródási jelenség miatt nem csökkenthető 0,2 mm alá, ugyanis a kémiai maratás során a védőréteg alatt a rézfólia oldalirányból is maródik, ami veszélyesen lecsökkenti a vezeték szélességét és esetenként szakadást is okozhat. (3. ábra)



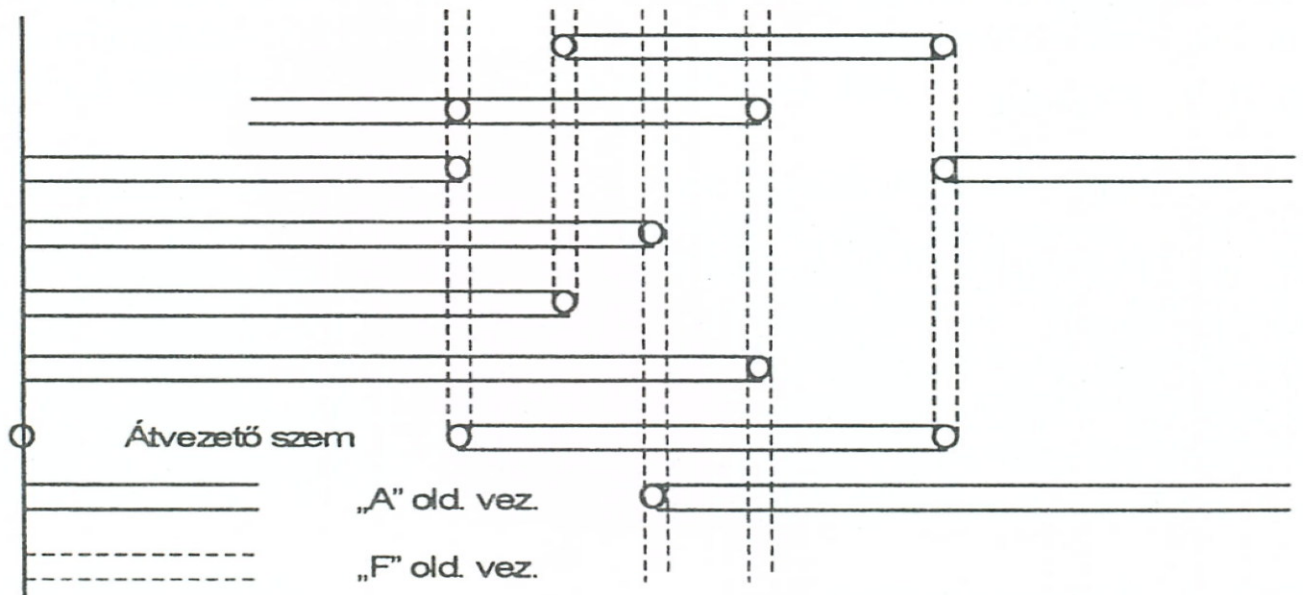
III. 3. ábra Az alámaródási jelenség

6.2. Többrétegű NYÁK



A bonyolultság növelésének másik lényeges akadálya, hogy egy síkban keresztezésmentesen legfeljebb 4 pont köthető össze. Ezért a bonyolultabb huzalozásoknál szigetelt vezetékkel történő átkötéseket kellett kézzel beépíteni. A megoldást a rétegek számának növelése jelentette, így alakult ki a két- ill. többrétegű (multilayer) nyomtatott huzalozású lemezek technológiája és széles körű alkalmazása napjainkra.

Már két réteg alkalmazásakor is tetszőleges bonyolultságú áramkör valósítható meg ha következetesen alkalmazzuk azt a szabályt, hogy a két oldalon egymásra merőlegesen vezetjük a vezetékeket, azaz az egyik oldalon csak x irányú, a másik oldalon csak y irányú vezetékek vannak. A vezetékek keresztezését a másik oldalról való áttéréssel kerüljük el. (4. ábra). Ügyes tervezéssel a rétegek közötti átvezető szemek az alkatrészlábak furatai is lehetnek, így számuk csökkenthető.



III. 4. ábra. Kétrétegű furatfémezett huzalozás

A módszer ma is általánosan használt, hátránya, hogy viszonylag nagy a helyigénye és a furatfémzési technológia vezetését igényli.

Értelemszerűen a rétegek számának növelésével alakult ki a többrétegű NYÁK technika, amelyben ma már megszokott a 8-10 réteg alkalmazása is. Gazdaságossági okokból hazánkban többnyire a 2 rétegű és a 4 rétegű NYÁK-ot alkalmazzák, az utóbbinál a belső két réteg rendszerint a föld és a tápfeszültség vezetésére szolgál, és a külső rétegeken alakítják ki a jelvezetékeket.

Előállítására 0,2-0,4 mm vastagságú poliészter folirozott alaplemezek felhasználásával történik, amelyeken egyenként alakítjuk ki a huzalozásokat, majd nagy pontossággal egymáshoz illesztve ragasztó anyaggal egymáshoz préseljük megfelelő hőmérsékleten. Ezután a kívánt pontokban átfúrjuk és a furatokat átfémezzük, amiről még beszélünk. Az átfémézhetőség érdekében a két külső rétegen a huzalozást csak ezután alakítjuk ki.

6.3. A fontosabb technológiai lépések

6.3.1. Fúrás

Az egy- és kétrétegű lemezek gyártása a fúrással kezdődik, amelyet 20-30000/perc fordulatszámú precíziós fúróval végzünk, rendszerint 4-5 db-os pakettekbe fogott lemezeken. A fúrógépek többnyire többfejesek és NC vezérlésűek. Helyezési pontosságuk min. 30-50 μm . Ritkábban használatosak projektoros kézhelyezésű vagy másolófúrók. Igen lényeges a furat felületének simasága az átfémezhetőség érdekében.

6.3.2. Ábrafelvitel



Mindenképpen egy mérethelyes mesterfilmből indulunk ki, amely adott oldal pontos rajzolatát tartalmazza.

Az egyszerűbb és igénytelenebb eljárásnál egy szitára visszük fel ezt az ábrát, amely a megmaradó területeknél a szita lyukait nyitva hagyja. Ez tulajdonképpen egy film, ami a szitát megvilágítás és előhívás után az eltávolítandó rézfólia helyeken lezárja. A kész szitát a fúrt lemezre helyezzük és a szitán egy védőfestéket nyomunk át gumikés (raker) segítségével. Így a rézlemezen a megvalósítandó huzalozás ábrája jelenik meg.

Az igényesebb eljárásnál nem szitanyomtatást használunk, hanem a lemezre egy fényérzékeny fóliát hengerlünk, amelyet a mesterfilmen át megvilágítva és előhívva kapjuk meg a kívánt ábrát. Ez az eljárás élesebb kontúrt biztosít, ami különösen finomrajzolat esetén fontos.

6.3.3. Furatfémezés

A kifúrt lemezek belső falának rézfóliával való ellátását értjük ezalatt. Ez úgy történik, hogy a fúrt és tisztított lemezt – amelynek mindkét oldalán rézfólia van – egy olyan kémiai fürdőbe helyezzük, amelyben a furatok falára egy



néhány μm -es fémréteg válik ki, amely villamosan vezető kapcsolatban van a két oldali fóliával. Ezután a lemezt réz galvánfürdőbe helyezzük, amely a furatok felületére és a meglévő fóliákra is egy rézréteget visz fel.

6.3.4. Ónozás

Furatfémezett két- és többrétegű NYÁK-ok esetében a megmaradó rézfelületet ónbevonattal látjuk el, aminek kettős célja van. Egyrészt az ezután következő szelektív maratás során csak a szabadon maradt rézfelületeket távolítjuk el, másrészt az ónozott felületek, így a furatok belső falai is jól forraszthatóvá válnak.

6.3.4. Maratás

A szitanyomtatással ábrafelvitt egyoldalas, ill. ónábrával ellátott lemezeken a tényleges ábrakialakítás a nem védett tiszta rézfelületek kémiai maratással történő eltávolításával jön létre. Ez az ún. szelektív maratás, amely korábban savas, mostanában inkább lúgos bázisú maratófürdőben történik.

6.3.5. Kikészítés

A kész NYÁK lemezt méretrevágás után forrasztásgátló lakkal vonják be, amely a lemezt a nem forrasztandó helyeken bevonja, és így csak a forrasztási pontokat hagyja szabadon. Ezt a réteget rendszerint szitanyomtatják, vagy fotoérzékeny fóliaként viszik fel. A kikészítési tevékenység utolsó lépéseként az alkatrészek körvonalait és pozíciószámait, valamint a fontosabb mérőpontok jelöléseit és a dugaszolható átkötések funkcióit magyarázó vonalas ábrát visznek fel a védőlakkra, ugyancsak szitanyomtatással. Ez az ábra az alkatrészek beültetésekor, beüzemeltetésükor és szerviz ill. javítás esetén nagy segítséget nyújt, így általánosan megkövetelt.

6.3.6. Ellenőrzés



Az elkészült NYÁK akkor tekinthető késznek ill. felhasználhatónak, ha az alapfunkcióját teljesíti, nevezetesen

- az egymással összekötendő alkatrészszemek, ill. kivezetések halmazán (ekvipotenciális ponthalmaz) belül minden pont a többivel kishomikusan össze van kötve. **Szakadásvizsgálat.**
- az ekvipotenciális ponthalmazok mindegyike között az ellenállás értéke szigetelés szintű. **Zárlatvizsgálat.**

Ezt a szakadás-zárlatvizsgálatot a NYÁK gyártás utolsó fázisaként feltétlenül el kell végezni, miután pl. egy zárlat a kész készülékben a meghibásodások sorozatát válthatja ki, ami a kész készülék selejtezését eredményezheti.

Az ellenőrzést kezdetben a kész NYÁK vizuális ellenőrzésével próbálták megoldani, ez azonban nem vált be, így a villamos ellenállásmérés elvén ellenőrzik a tényleges funkciót. Az egyes szemekre való csatlakozást tűággal vagy repülő szondákkal végzik, amelyek kapcsolását a vezérlő számítógép - amely a mérőprogram alapján működik - végzi. A mérőprogram előállítása emberi erővel hosszadalmas és drága, ezért ma ezt rendszerint a NYÁK tervezését végző NYÁK-tervező program automatikusan generálja.

6.3.7. Költséganalízis



Ha kiértékeljük a NYÁK-gyártás költségeit, úgy találjuk, hogy abban

- 30% az előállítás költsége
- 40% a környezetvédelem költsége (galván és kémiai technológiák semlegesítési költségei)
- 30% az ellenőrzés költségei

Végül tájékoztatásként közöljük az egyik hazai NYÁK gyártó cég árlistáját, amely jó áttekintést ad az egyes típusok és tevékenységek árairól. (2. táblázat)



6.3.8. Gyakorlati megjegyzések

Egyoldalas NYÁK lemezt csak egyszerű kisbonyolultságú furatszerelt esetben alkalmazunk, ugyanis csak ilyen esetben biztosítható az alkatrészláb körül olyan nagy forrasztási felület, amelynél nem válik le a fólia. Felület-szerelt NYÁK esetében ez a probléma – mint látni fogjuk – automatikusan megoldódik.

Noha még létezik kézi mesterrajz készítés, ezt azonban teljesen kiváltotta a számítógépes tervezés, amely automatikusan biztosítja a fúró-, rajzoló- és ellenőrző programok gépi generálásához szükséges adatbázist, amelyet floppy-n szoktunk a gyártónak adni.



ÁRAK TÁJÉKOZTATÓK



AUTER Elektronika Kft.
1163 Budapest, Csátray u. 26-32.

Tel/fax: (36-1) 483-3689, 483-7365
Modem: (1)483-5716

E-mail: auter@mail.maty.hu
Home page: <http://www.auter.hu>

NYOMTATOTT ÁRAMKÖR

Alapárak: (Ft/dm²)

Réteg	Normál rajzolat	Finom rajzolat	Réteg	Normál rajzolat	Finom rajzolat
1	280,-	310,-	6	2.100,-	2.500,-
2	380,-	440,-	8	2.800,-	3.100,-
4	1.500,-	1.800,-	10	3.700,-	4.000,-

Elszámolt méret: kontúrméret + oldalanként 10-10 mm

1 dm²-nél kisebb esetén: + 10%

Kiegészítő árak:

Fúróprogram készítés:	4,- Ft/furat,	Forrasztásgátló maszk	
de minimum:	600,- Ft	(fotoreziszt):	72,- Ft/dm ²
Alapárban szereplő furatszám:	300 db	Pozícióábra szitálás:	25,- Ft/dm ²
Többlet furatok fúrása:	0,25 Ft/furat	Csatlakozó aranyozás:	36,- Ft/cm ²
Szitakészítés: 1 dm ² -ig:	400,- Ft/db,	Tűzi ónozás:	25,- Ft/dm ²
1 dm ² felett:	400,- Ft, +	Kontúrmaró program:	600,- Ft, +
(az 1 dm ² feletti részre):	160,- Ft/dm ²	Kontúrmarás:	30,- Ft/dm
Forrasztásgátló maszk			
(szitázott):	25,- Ft/dm ²		

Kontúrkivágás költsége nem haladja meg az alapár 10 %-át

Sürgősségi felárak:

1 és 2 réteg:	10-12 munkanap	Több réteg:	20-25 munkanap
normál határidő:		normál határidő:	
5 munkanap esetén	+ 50%	2 hét esetén	+ 50%
3 munkanap esetén	+ 200%	1 hét esetén	+ 100%

Mennyiségi felárak:

1-3 db:	+ 120 %	11-20 db:	+ 80 %	51-100 db:	+ 50 %
4-10 db:	+ 100 %	21-50 db:	+ 60 %	101-150 db:	+ 20 %

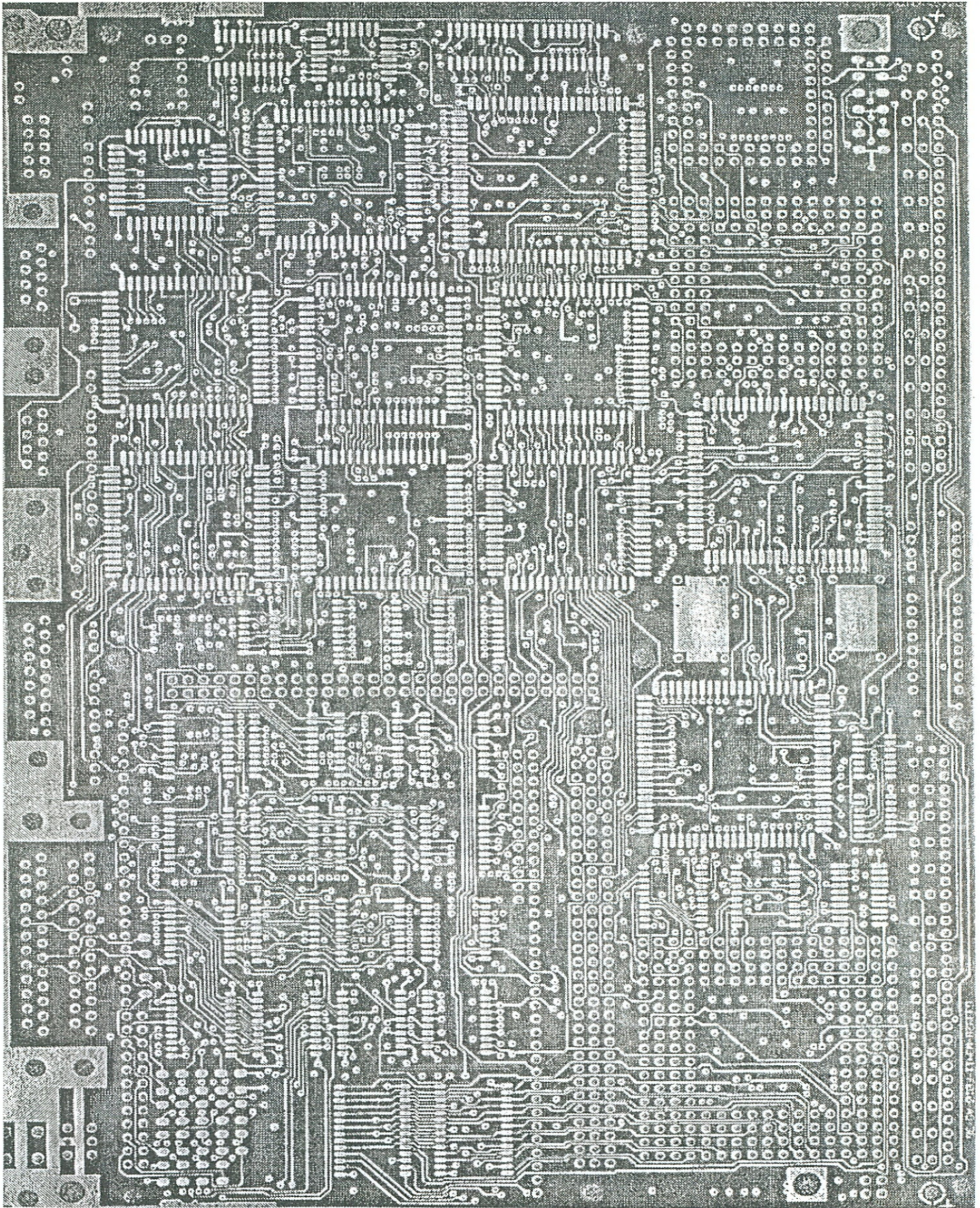
Fotoplotterezés:

Rajzolatlan kívül elszámolt méret:		Fotokontakt készítés:	2,60 Ft/cm ² /film
oldalanként	15-15 mm	Fúrószalag készítés:	0,50 Ft/furat,
Fotoplotterezés ára:	5,30 Ft/cm ² /film	de minimum:	600,- Ft

Áraink a 25 % ÁFA-t nem tartalmazzák!

Érvényes: 1998. február 1-jétől

III. 2. táblázat NYÁK gyártás hazai árlistája



III. 5. ábra Kész szerelésen 10 rétegű igen finomrajzolatú kártya (Siemens)

Végül illusztrációként az 5. ábrán bemutatottuk egy korszerű 10 réteges multilayer NYÁK szerelés előtti méret-helyes fényképét. Ez a német Siemens cég által gyártott kártya egyaránt tartalmaz furatszerelt és felületszerelt alkatrészeket. Hasonló bonyolultságú és sűrűségű nyomtatott huzalozású kártyák tervezése és gyártása a hazai elektronikai iparban mindennapos tevékenység.



7. ELLENŐRZŐ KÉRDÉSEK az. 5., 6. fejezetekhez

1. Mi a csavarkötés? Mi a rácsavart kötés?
2. Milyen a nyomtatott huzalozás?
3. Milyen az automatizált tömegforrasztás?
4. Sorolja fel a nyomtatott huzalozású lemezek fajtáit.
5. Hogyan állítják elő a finomrajzolatú NYÁK-okat?
6. Mit értünk rajzolatfinomság alatt?
7. Mire kell ügyelni a többrétegű kártyák alkalmazásánál?
8. Milyen fontosabb technológiai lépéseket ismer a NYÁK kialakításához?

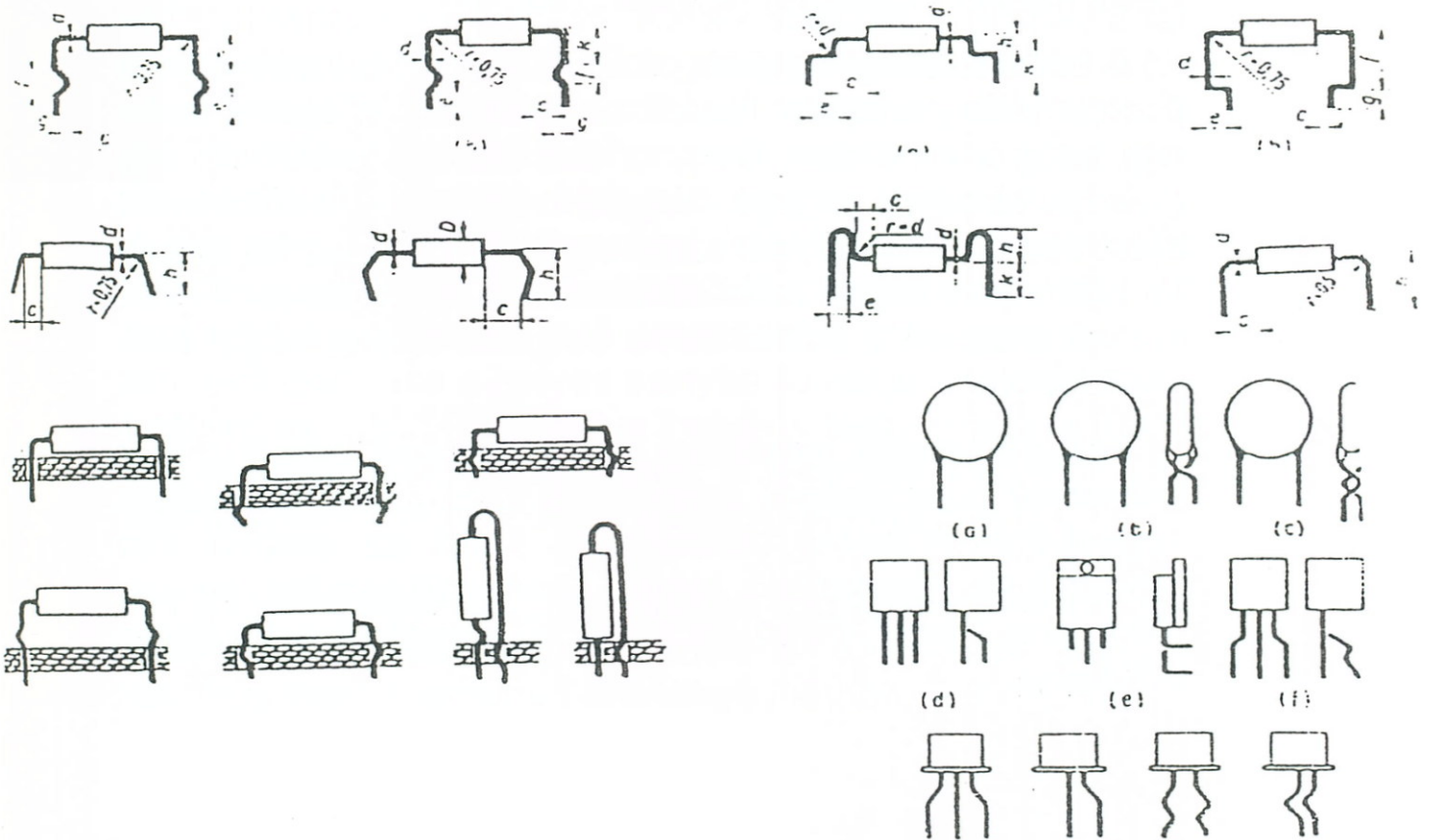
7. A nyomtatott huzalozású lemezek szerelése



Ez a tevékenység két fő tevékenységi körre bontható az **alkatrészbeültetésre**, ami alatt az egyes alkatrészek előírt helyekre történő helyezését és ottani rögzítését értjük, és az egyes alkatrész-kivezetések villamos kötését biztosító **forrasztásra**. Ezeket külön-külön tárgyaljuk, figyelembe véve mind a klasszikus **furatszerelhető**, mind az utóbbi évtizedben robbanásszerűen terjedő **felület-szerelhető** alkatrészek eseteit. Az utóbbiakat SMD /Surface Mounted Device/ rövidítéssel jelöljük és az ezzel történő szereléstechnikát SMT-nek /Surface Mounted Technology/ nevezzük. Megjegyezzük, hogy az utóbbi években a két technika összefolyt, és így a ma gyártott NYÁK-ok többnyire vegyesen tartalmaznak furat- és felületszerelt alkatrészeket. Ez azzal is magyarázható, hogy az újabb IC-k már csak SMD-ként kaphatók és amennyiben DIP kivitelük is van, az SMD ára mintegy 10-20%-kal olcsóbb.

7.1. Alkatrészbeültetés

Ennek első lépése furatszerelt alkatrészek esetében az alkatrészelőkészítés, amely alatt a diszkrét elemek (ellenállások, kondenzátorok, diódák, tranzisztorok) lábainak méretre vágását és a kívánt alakra való hajlítását értjük. Ennek az a célja, hogy egyrészt az alkatrészbeültetést meggyorsítsa, másrészt a hajlított lábak rugóhatása az alkatrészt a későbbi beforrasztásig - amely rendszerint tömegforrasztás - a helyén tartsa.



III. 6. ábra Diszkrét alkatrészek lábhajlítási változatai

DIP tokozású IC-k esetében legfeljebb a kivezető lábak egyengetésére lehet szükség, egyébként a sok láb surlódása a furatok falához kielégítő biztonságú helyzet-tartást ad.

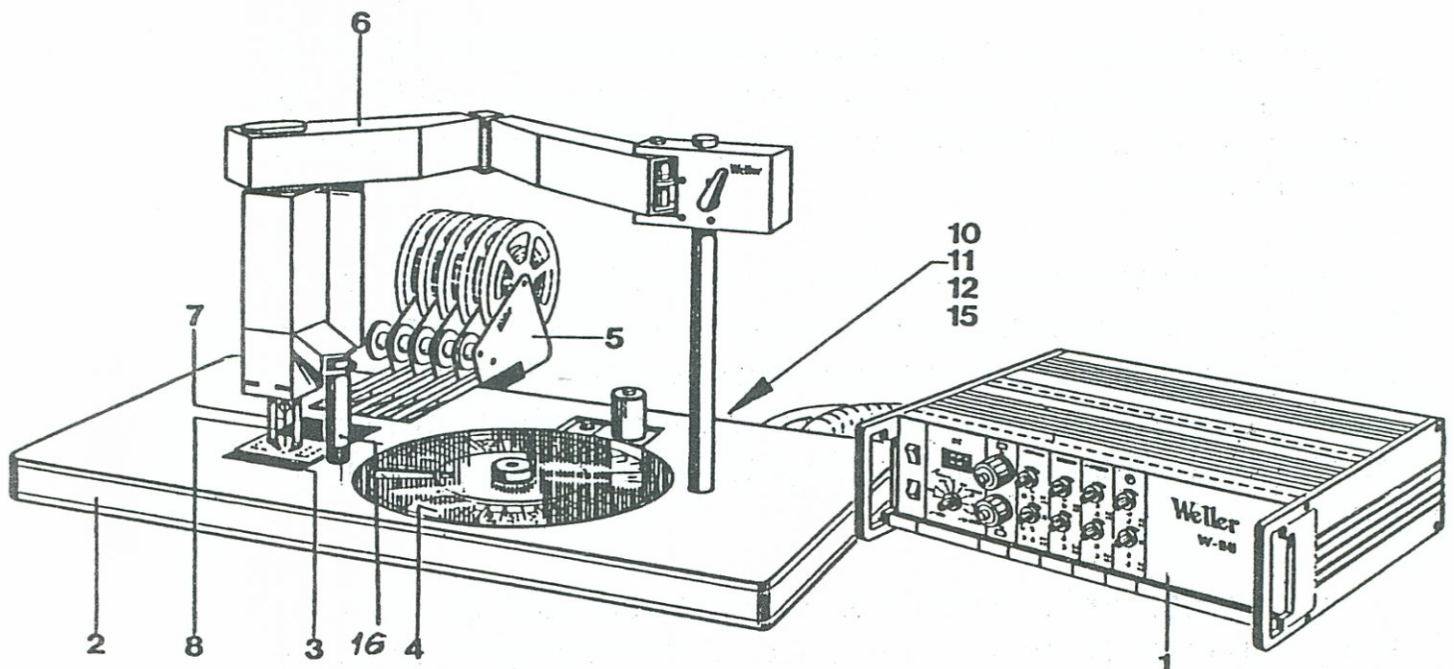
SMD alkatrészek esetében a helyzetben tartást az alkatrészek helyére adagolt ragasztóval oldjuk meg, amelyet az alkatrész felhelyezése után hő-, esetleg UV sugárzással szilárdítunk. A ragasztóanyag felvitele pontosan pozicionált adagolóval, esetleg szitanyomtatással történhet.

Kisméretű SMD alkatrészek esetében (SO és SOT tokok, valamint R és C) elegendő a forrasztópaszta szitanyomtatással történő felvitele a NYÁK-on kialakított alkatrésztappancsokra, mert a paszta tapadása az

alkatrész kivitelezéshez a tömegforrasztásig - óvatos kezelés mellett - kielégítő helyzettartást ad.

A beültetés legnagyobb problémája a tévesztésmentes pozicionálás, amelyet általában optikai kijelöléssel oldanak meg oly módon, hogy a szerelendő NYÁK-on egy lézerrel kivetített mozgó fénypont jelöli ki a beültetendő alkatrész körvonalát, és ezzel egyidejűleg csak az aktuális alkatrészt tároló rekeszt teszi hozzáférhetővé. Furatszerelt esetben a beültetést a dolgozó kézzel végzi a kijelölt helyre.

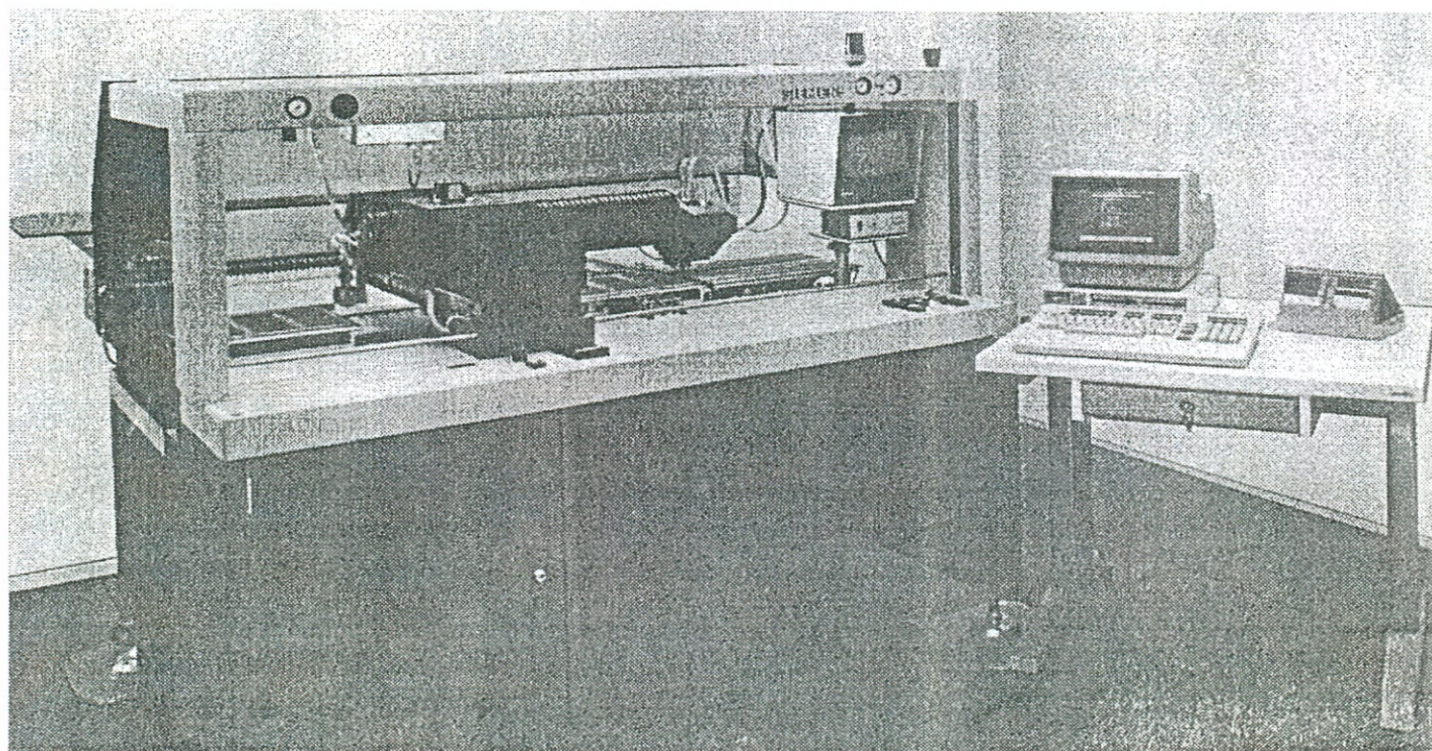
Felületszerelés esetében a kis méretek kb. 0,1 mm helyezési pontosságot igényelnek, ami csak különleges segédberendezéssel biztosítható, mert az emberi kéz biztonságát meghaladó igény. Ilyen célkészülék az ún. „Pick and Place” (fogd és helyezz), amelyet a 7. ábrán láthatunk.



III. 7. ábra SMT beültető (Pick and Place) a Weller Cégtől

A beültetendő NYÁK a szabályozhatóan előmelegíthető (3) lapra van erősítve. Az alkatrészek a (4) forgó tár rekeszeiben vannak. A (16) fogantyúval mozgatható a (6) mozgókar X-Y irányban, amelynek lelógó csonkja egy (7) vákumcsipeszt és a (8) forrasztást végző forró inert gáz kifúvására alkalmas fúvókát tartalmazza. A szerelést végző személy a vákumcsipeszsel felveszi a tárból az előírt alkatrészt és a helyére viszi az X-Y mozgással. A (6) kart rögzíti és a csipeszen lévő alkatrészt a (16) fogantyú végén lévő gombbal a helyes irányba forgatja, majd a csonk függőleges mozgásával a helyére teszi, majd a forró gázzal beforrasztja és elengedi. A készülék kiegészíthető ragasztó és forrasztópaszta adagoló előtéttekkel is.

Természetesen léteznek teljesen automatizált Pick and Place-k, ezek azonban a kéziéknél 10-20-szor drágábbak. Egy ilyen Siemens berendezés látható a 8. ábrán.



III. 8. ábra A Siemens MS-90 típusú automata beültetője

7.2. A beültetett NYÁk-lemezek forrasztása

! Az elektronikában az alkatrészek beferrasztására többnyire az ún. 60/40-es ón-ólomötvözetet szokás alkalmazni, aminek okai:

- A dermedési és olvadási hőmérséklet azonos, mert eutektikus ötvözet.
- Az olvadási hőmérséklete alacsonyabb, bármely más ón-ólom ötvözetnél (kb. 190 °C).
- Szakítószilárdsága ennél az összetételnél a legmagasabb.
- Nem lép fel a tiszta ónnál ismert ónpestis, azaz alacsony hőmérsékleten nem porlik el.

A forrasztóanyag mellett a jó minőségű forrasztáshoz ún. *folyasztószert* is kell alkalmaznunk, amelynek fő feladata a forrasztandó réz vagy egyéb (pl. ónozott réz) felületek légmentes lezárása a forrasztási folyamat alatt, ugyanis a forrasztási hőmérsékleten a réz is és az ón is gyorsan oxidálódik és az oxidos fémréteghez a forrasztóanyag nem tapad jól, ami a kötés minőségét nagyon lerontja. Folyasztószerként természetes gyantát (Resin) szoktak oldott vagy apróra porított formában használni. Újabban elterjedőben van ennek szintetikus változata is (pl. Xersin márkánévvel), amelynek nagy előnye, hogy a forrasztáskor gyakorlatilag nem keletkezik füst, ami nagymennyiségű forrasztást végző helyiségekben külön elszívó és légtisztító berendezéseket igényel.

A forrasztás klasszikus hőközlő eszköze a kézi forrasztópáka, amely ma már szinte kizárólag hőfokszabályozott kivitelben használatos. A kezdetben használatos rézhegyű pákákat kiszorította a különleges bevonattal ellátott, ill. különleges ötvözetből készült pákahegyek használata, amelyek anyagát a forrasztóon nem oldja, így

nem keletkeznek a hegyén üregek és lyukak, mint a tiszta réz pákahegyeken.

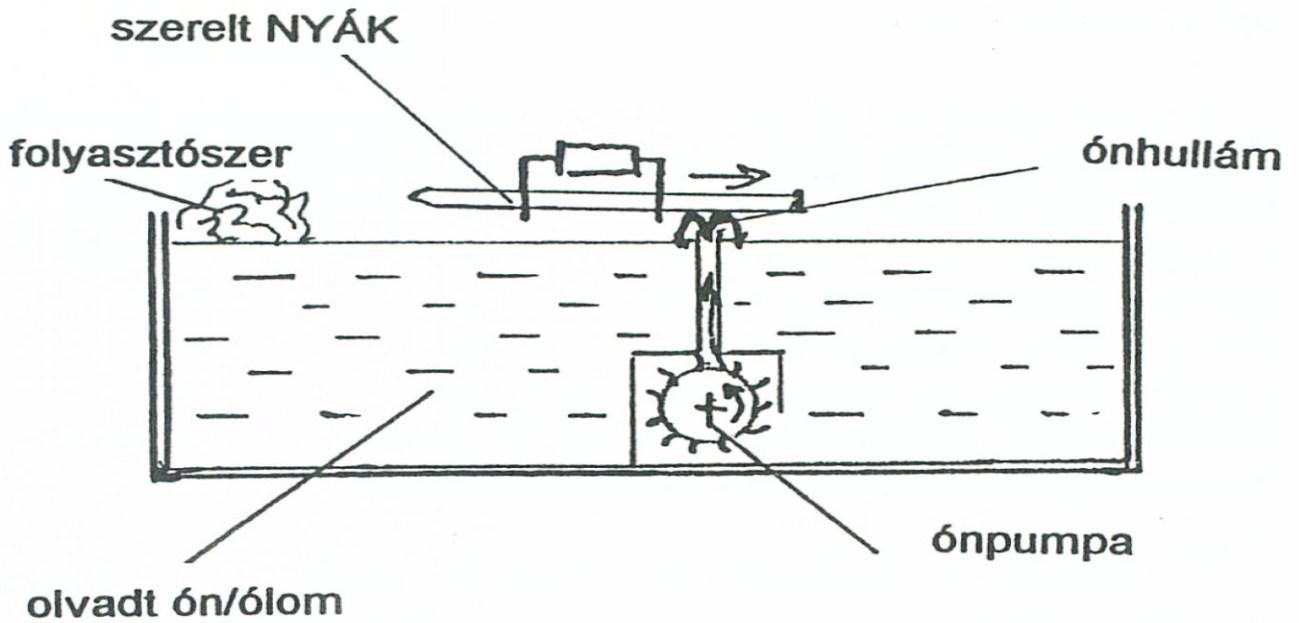
A kézi pákával történő forrasztást ma csak végszükség esetén, pl. javításkor, módosításkor használjuk, a minőséget erősen befolyásoló szubjektív tényezők miatt. Ezek: a forrasztás időtartama, a felhasznált ón és fluxus mennyisége, hőmérséklete stb. Ezek szórásai a forrasztási pontok megbízhatóságának olyan eltéréseit eredményezik, hogy az egész készülék üzembiztonsága, várható hibamentes üzemideje - amit a felhasználók elsőrendű fontosságúnak tartanak - tervezhetetlenné válik.

A korszerű készülékgyártásnál kizárólag **tömegforrasztást** alkalmaznak, amely biztosítja a forrasztott kötések teljes azonosságát.

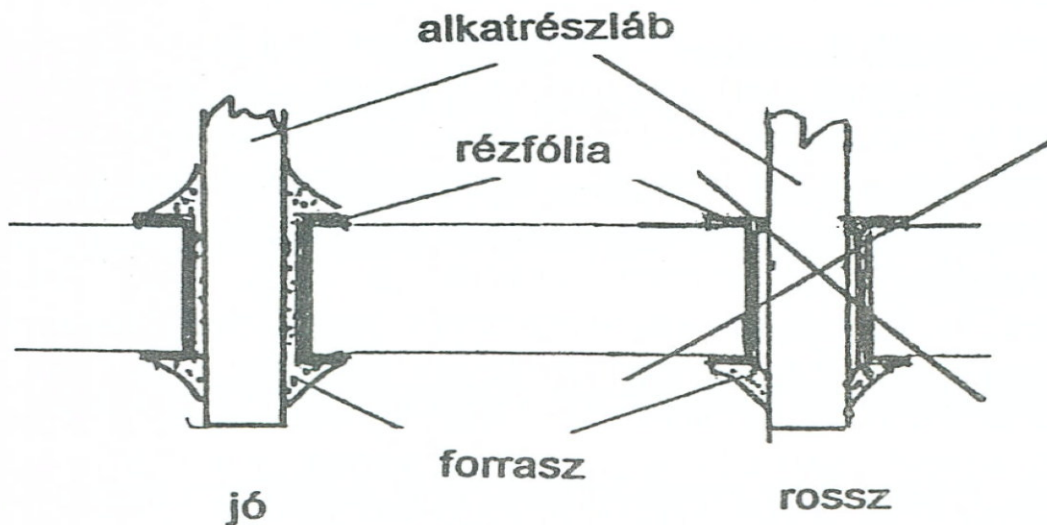
- Furatszerelt NYÁK esetén legtöbbször „hullámforrasztás”.
- SMD alkatrészeket tartalmazó NYÁK esetében „újraömllesztés”, esetleg „hullámforrasztás”-t.
- Vegyes esetben, amikor a NYÁK furatszerelt és SMD alkatrészeket egyaránt tartalmaz, mindkettőt használják.

7.2.1. Hullámforrasztás (Wave soldering)

Lényege, hogy egy megömlesztett ón/ólom forraszfürdő felületéből néhány mm-re kiálló egyenes vonalalakú forraszanyag hullámot hozunk létre, amelyen a NYÁK forrasztandó felületét áthúzzuk. Nagy előnye, hogy a hullám teteje - amely a forrasztást végzi - mindig tiszta és oxidmentes, mert a fürdőben lévő szivattyú mindig a fürdő aljából szív és így revementes forraszanyag jut a hullám-ba.



III. 9. ábra Hullámforrasztás elve



III. 10. ábra Jó és rossz forrasztás

A folyasztószert régebben oldott állapotban szórófejekkel vitték fel a forrasztandó oldalra, újabban azonban az ónfürdő tetejére habosítva szokás felvinni és a lemezt azon keresztül húzzuk át az ónhullámhoz.

A 10. ábrán a furatfémezett furatszerelt alkatrészek legveszélyesebb forrasztási hibájára hívjuk fel a figyel-

met. Jó forrasztás esetén a forrasz kapilláris hatás révén felfut a furatba és teljesen kitölti a láb és a furatfal közti rést, sőt a nem forrasztott alkatrészoldalra is felfut. Ez azonban csak akkor lép fel, ha a fal és a láb közötti rés kisebb, mint 0,1-0,15 mm. Ha tehát a lábátmérőhöz képest a furat túl nagy átmérőjű, a kapilláris hatás elmarad és a kötés csak a szem külső részén jön létre, és így nem jön létre a „szegecsszerű” kötés, aminek gyakran fólialeválás és szakadás, sőt erősebb mechanikai igénybevétel esetén (pl. ütés, rázás) alkatrészkieésés is lehet a következménye. Értelemszerűen ugyanez a jelenség lép fel akkor is, ha egyoldalas furatfémezeten NYÁK-ba forrasztunk furatszerelt alkatrészt. Ezért ebben - amint azt a III. 5.1. pontban említettük - az alkatrészlábak furatai körül nagy forrasztási rézfelületeket kell biztosítanunk.

7.2.2. Újraömllesztéses forrasztás (Reflow soldering)

Már a 6.1. pontban említettük, hogy SMD esetében szitanyomással viszünk fel a lábkivezetések forrasztási helyeire forrasztópasztát, ami az alkatrész ideiglenes rögzítését biztosítja. A fő feladata azonban a forrasztott kötés létrehozása, amelyet hőközléssel érünk el. A paszta porított ón/ólom ötvözetet tartalmaz a jó kenhetőséget biztosító adalékanyag és az oldott folyasztószer mellett.

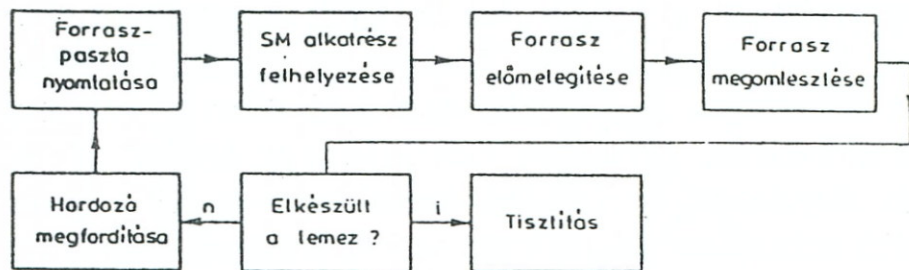
A hőközlés általában infrahősugárzókkal fűtött **többszónás alagútkemencében** történik, amelyen lassan mozgó láncrostélyra helyezve halad át az alkatrészekkel beültetett NYÁK. A 3-4. zóna hőmérsékletének, valamint a láncrostély haladási sebességének megválasztásával a forrasztások minősége a kívánt szintre beállítható. Figyelembe kell venni, hogy a hőhatás nemcsak a forrasztási pontokat, hanem az alkatrészeket is éri, így azokat úgy kell megválasztani, hogy ezt károsodás nélkül képesek legyenek elviselni.

Az alagútkemence helyett néha találkozunk hőlégfúvós újraömlésztési módszerrel is, ami jóval olcsóbb berendezéssel megoldható, azonban a légsugár dinamikus hatására az alkatrészek elmozdulnak, így csak akkor használható, ha ragasztással rögzítve vannak.

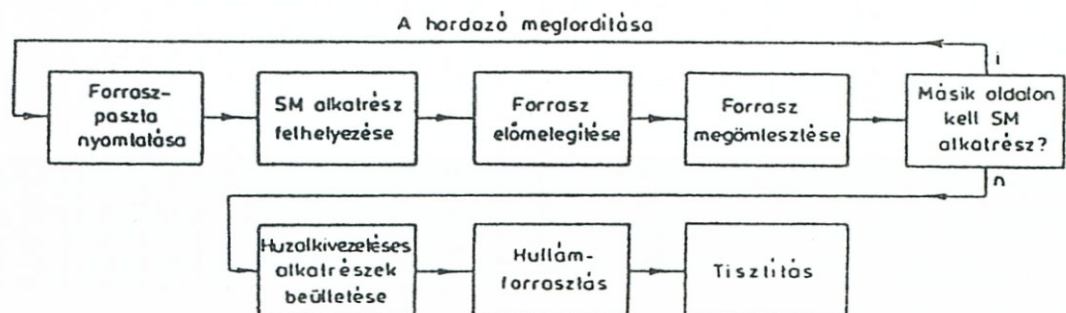
Az elvértve alkalmazott gőzfázisú forrasztás - amely a kicsapódáskor keletkező kondenzációs hővel melegít, - az alkalmazott Fluorinert alapanyag drágasága (kb. 50 USD/lit.) és környezeti veszélyessége miatt csak különösen indokolt esetben használt.

7.3. A teljes szerelési folyamat áttekintése

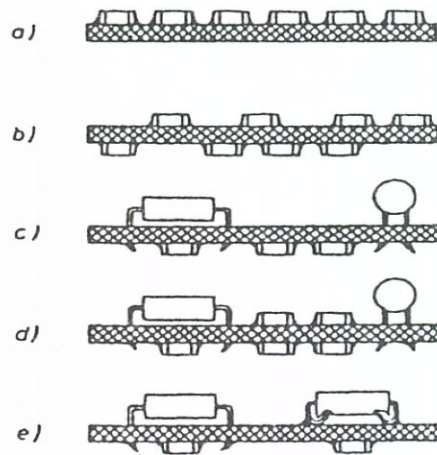
A furat- és felületszerelt alkatrészek ma már legtöbbször a célnak megfelelően vegyesen fordulnak elő. Ezek gyártásánál az előzőekben ismertetett módszereket kombináljuk, amelyeket a következő ábrákon tekinthetünk át.



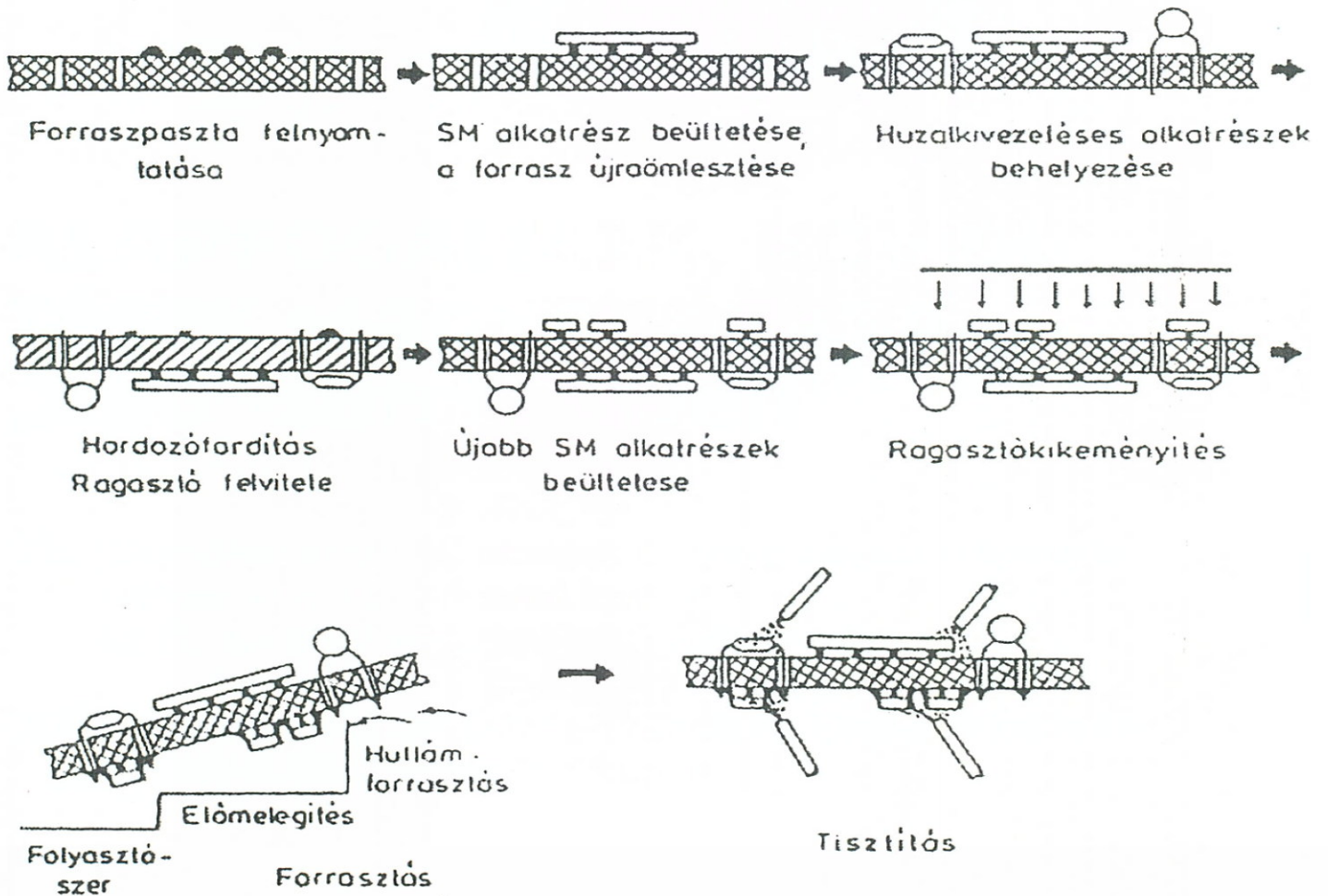
III. 10. ábra Kistömegű SMD-k szerelési ábrája



III. 11. ábra Vegyes szerelés folyamata



III. 12. ábra Szerelési változatok



III. 13. ábra Vegyes szerelés egy változata

IV.

fejezet

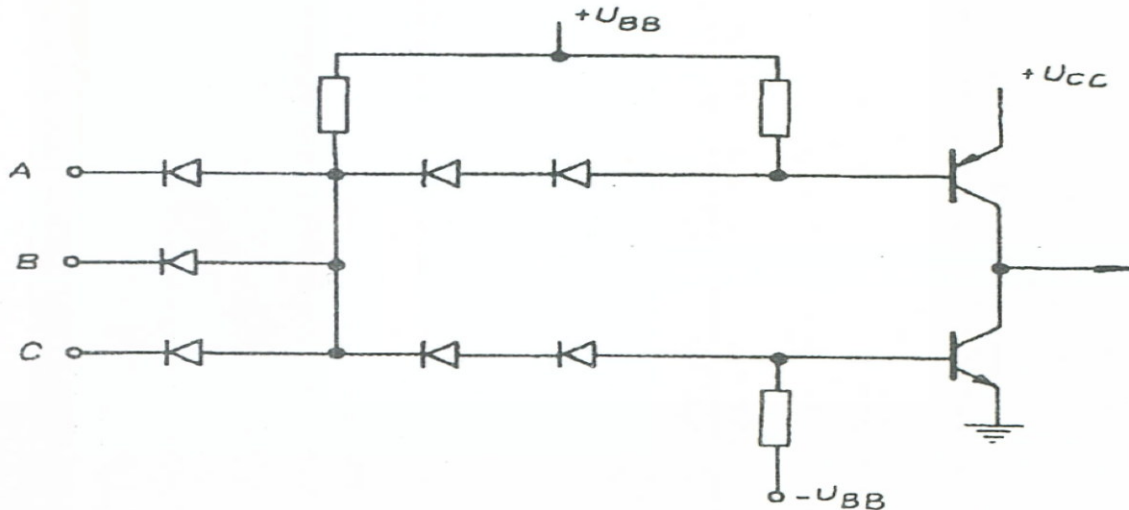
ALAPFOGALMAK, RÖVIDÍTÉSEK MAGYARÁZATA „ABC”-sorrendben

C^3L (Complementary Constant Current Logic) = komplementer konstans áramú logika.
Az I^2L továbbfejlesztett változata.



$CDTL$ (Complementer Diode-Transistor Logic) = komplementer dióda-tranzisztor logika

Közepes sebességű, kis fogyasztású IC megvalósítási alternatíva. A rendszer komplementer tranzisztorpárt tartalmaz:



CERMET (CERAmic METAl) = kerámiafém (CERAMIC METAL)

A CERMET (ceramic + metal angol szavak összetétele) fémek és kerámiai anyagok kompozíciójaként előállított tűzálló anyagok gyűjtőneve. Elektronikai alkatrészek gyártásában igen nagy rezisztenciaértékű ellenállás; nagymértékben kopásálló potenciometerpálya anyagaként is használatos. Fajlagos felületi ellenállása: 1 kOhm - 1 MOhm.

Megjegyzés.

A vékonyréteg-ellenállások alapanyaga.

CIS (Conductor-Insulator-Semiconductor) = vezető-szigetelő-félvezető eszköz.

CMOS (Complementary Metal-Oxide - Semiconductor) = komplementer MOS

Integrált áramköri technológia, amelyben a tranzisztorok komplementer párban működnek úgy, hogy az egyik tranzisztor nyitó-, míg a másik záróirányban van, illetve

fordítva. A CMOS áramkörök alapvető jellemzője, hogy teljesítményfelvételük kicsi, emellett zavarérzéketlenek és széles hőmérsékleti tartományban működőképeseek. Kiterjedten használják hordozható készülékekben (pl. digitális karóra, zsebszámológépek).

CMOS integrált áramkörök kézbevételekor ügyelni kell arra, hogy azok statikus elektromosság hatására tönkremehetnek.

COPLAMOS (COPLAMOS).

N-csatornás, Si gate technológiához adaptált izoplanáris MOS-eljárás.

COSMAC mikroprocesszor

(COSMAC MICROPROCESSOR, COMPLEMENTER MOS MICROPROCESSOR)

COSMOS LSI technológiával készülő 8 bites mikroprocesszor (RCA fejlesztés).

COSMOS (COmplementary Symmetric Metal-Oxide-Semiconductor) = szimmetrikus felépítésű komplementer MOS.

Az RCA cég által kifejlesztett CMOS áramköri technológia. A COSMOS chip "P" és "N" csatornás tranzisztorokból áll.

Az N-csatornás eszközön áram folyhat keresztül, ha a vezérlőelektróda feszültsége a küszöbfeszültségnél nagyobb feszültséggel pozitívabb, mint az N-csatornás forrás (source), a P-csatornás eszközön keresztül viszont akkor folyhat áram, ha a vezérlőelektróda feszültsége a küszöbfeszültségnél nagyobb feszültséggel negatívabb, mint a P-csatornás forrás (source) elektródája.

A két vezérlőelektróda összeköthető, ha a vezérlőfeszültség változása megközelíti a teljes tápfeszültség értékét, és így az elrendezés teljesen szimmetrikus a tápfeszültségekre vonatkoztatva.

több kisebb egység (pl. alközpont) között együttműködés céljából térben, illetve időben meghatározott információátviteli lehetőség, továbbá az ezt a lehetőséget létrehozó (pl. elektromágneses, optikai vagy akusztikai) kapcsolat.

2. Félvezetőkben a P és N-réteg találkozási felülete, amely döntő szerepet játszik a félvezető eszközök hatásmechanizmusában.

csatlakozó = kapcsolóhüvely, dugaszhüvely (JACK[1], CONNECTOR[2])

1. Olyan alkatrészek gyűjtőneve, melyek készülékek, készülékrészek, vezetékek, kábelek között villamos kapcsolat létesítésére szolgálnak.
2. A folyamatábra vonalmegszakítását és folytatását ábrázoló jelkép.

csatlakozódugó = kapcsolódugó (JACK PLUG)

Érintkezőkkel felszerelt csatlakozó (pl. hálózati csatlakozó).

csatlakozófoglalat = aljzat (JACK SOCKET)

Foglalat, melybe a csatlakozódugót dugják.

csatlakozósávval ellátott nyomtatott áramkör-kártya = nyomtatott csatlakozó

(EDGE-BOARD CONNECTOR, EDGE CARD)

Olyan nyomtatottáramkör-kártya (NYÁK), amelynek valamelyik szélén csatlakozósáv van: A NYÁK a csatlakozósávval dugaszolható a készüléken levő anyacsatlakozóba. A csatlakozósáv egyszerű, gazdaságos társ és I/O bővítési lehetőséget biztosít.

csatlakoztató felület = kontaktálási felület (PAD)

Egy diszkrét eszköz vagy áramkörlapka (chip) felületén kialakított, viszonylag nagy fémezett terület kivezetés létesítéséhez, mely a fémezett összekötő hálózat ré-

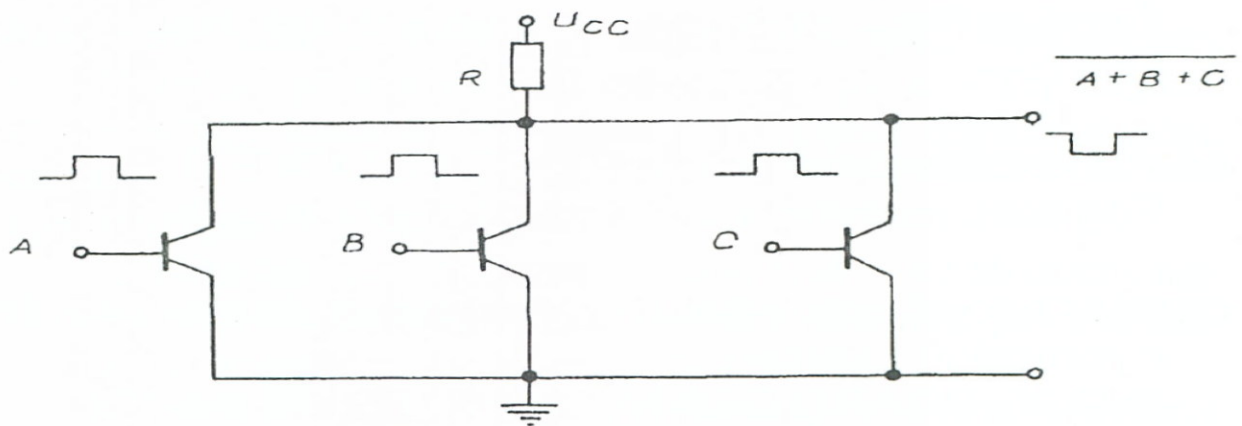
sze. A kivezetés csatlakoztatása forrasztással, termo-kompressziós, ultrahangos stb. eljárással történik.

cserélhető lemezes tár = cserélhető lemezes diszk, EDS (EXCHANGEABLE DISK STORE, REMOVABLE DISK)
Olyan mágneslemez tároló, amelynél a mágneslemez vagy lemezköteg a meghajtóegységből üzemszerűen eltávolítható, lehetővé téve azt, hogy egy másik lemez vagy lemezköteg kerüljön a meghajtóba. Így a kihasználható tárolókapacitás nagymértékben megnő.

DCTL (Direct-Coupled Transistor Logic) = közvetlen csatolású tranzisztoros logika.

A DCTL logikai rendszer tranzisztorai között a csatolás közvetlen.

Jellemző alapáramkör:



DCTL rendszerű NEM-VAGY kapuáramkör. Tulajdonságai:

- egyszerű - kevés elemet tartalmaz (ellenállás, tranzisztor),
- működtetéséhez egyetlen feszültségforrás szükséges,
- alacsony a kapcsolási sebesség,
- olcsó,
- közepes elektromos tulajdonságokkal rendelkezik.

diffundált kollektoros szigetelés = CDI (COLLECTOR DIFFUSION ISOLATED)

Félvezető technológia, melynél a hagyományos, integrált áramkörökhöz képest az az eltérés, hogy a P-hordozón az eltemetett réteg kialakítása után P-típusú epitaxiális réteget növesztenek, ez a bázis. A bázisrétegben két N^+ diffúziós zónát alakítanak ki, az egyiknek a mélysége az eltemetett rétegig ér le, ez a kollektorkivezetés, a másik ennél kisebb mélységű, ez az emitter. Az eljárás előnye, hogy csak három maszkolt adalékbeviteli lépést alkalmaz (eltemetett réteg, kollektorkivezetés, emitter) szemben a hagyományos integrált áramköröknél alkalmazott négyel.

Hátránya az eljárásnak, hogy homogén a bázisréteg, ezáltal romlik az előállított tranzisztor határfrekvenciája, ezt a geometrikai méretek csökkentésével és az áramkör kialakításával igyekeznek kompenzálni. Több továbbfejlesztett változatát is gyártják, ezek közül a legismertebb az izoplanár I, az izoplanár II. és a V-ATE.

diffúziós technológia (DIFFUSION TECHNOLOGY)

Termikus technológiai eljárás, amellyel a szilícium felületén vagy annak oxidmaszkolással kijelölt részén a félvezető alapanyag fajlagos ellenállása és/vagy vezetési típusa a bediffundáltatott adalékanyagok típusától, illetve azok mennyiségétől függően a kívánt mértékben, és mennyiségben megváltoztatható.

dióda (DIODE)

Olyan kételektródájú elektronikus eszköz, amely üzemszerűen gyakorlatilag csak egy irányban vezet áramot. A működési tartományban vezetőirányban igen kicsi az ellenállása, míg záróirányban az ellenállása nagyon nagy.

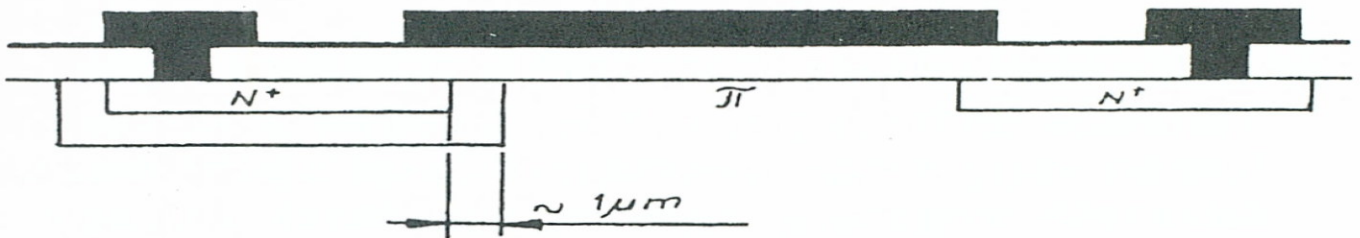
Mint eszköz, megvalósítható elektroncsöves vagy félvezető diódaaként. A félvezető diódák általában Si (korábban Ge) félvezető egykristályos alapanyagból készülnek. A dióda elektródáit anódnak és katódnak nevezik.

diszkrét áramkör (DISCRETE CIRCUIT)

Hagyományos elemekből (ellenállásokból, kondenzátorokból, diódákból, tranzisztorokból stb.) készült áramkör, amelynek egyes alkatrészeit külön-külön gyártották, és a kész alkatrészeket összeszerelték. A diszkrét elemekből készült áramkör elemeire (alkatrészeire) bontható, azok tönkretétele nélkül az integrált áramkörökkel ellentétben.

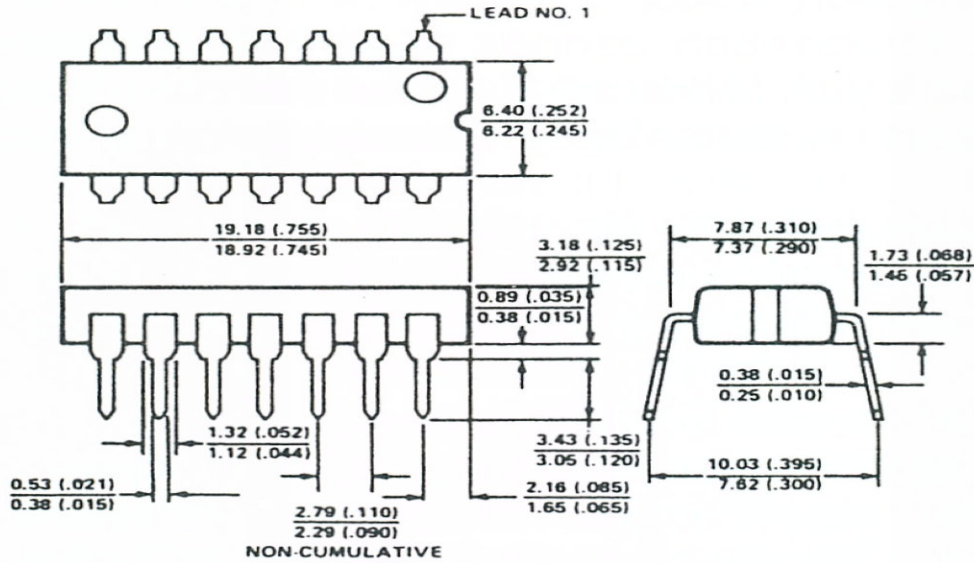
DMOS (Double Diffused MOS) = kétszeresen diffundált MOS.

Olyan MOS félvezető technológiai eljárás, amely a fotolitográfiai technika felbontóképességétől függetlenül a drain-source távolságot. Az aktív vezérlőelektróda (gate) hosszúságát két egymást követő, ellentétes típusú diffúzió előrehaladásának különbsége határozza meg. A DMOS-technológiával $1 \mu\text{m}$ méretű csatornahossz valósítható meg.

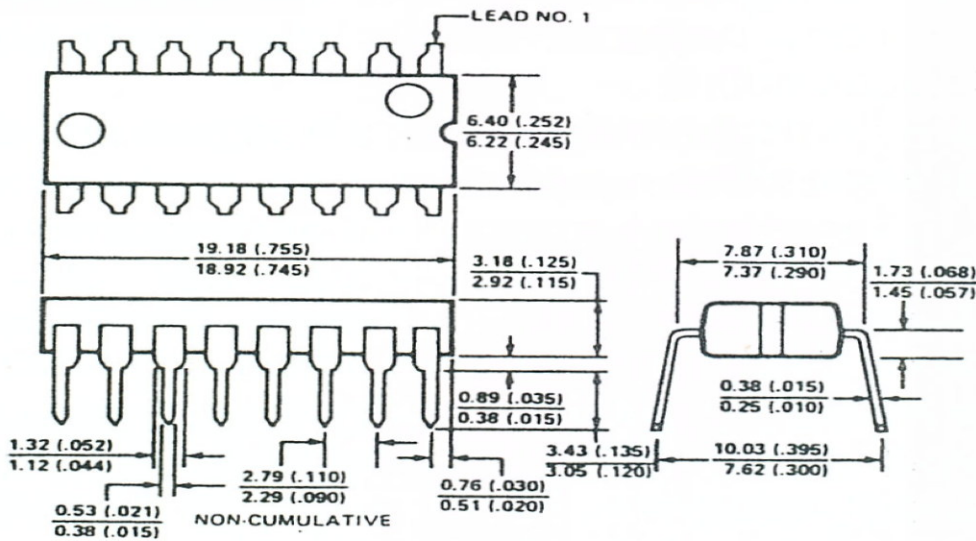


dual-in-line IC tok = DIP (DUAL-IN-LINE IC PACKAGE)

Szabványosított, két oldalán kivezetésekkel ellátott (műanyag, kerámia, fémüveg) tok, többnyire integrált áramkörök tokozására. A kivezetők szabványos osztástávolsága 2.5 mm vagy $2,54 \text{ mm}$, ami a szabványos raszter osztástávolságával egyezik ($= t / 10$ hüvelyk).



14 kivezetéses tok méretrajza



16 kivezetéses tok méretrajza

egyedi huzalozás (DISCRETIONARY WIRING)

Csoportos integrálásnál egy szeleten vagy chipen nagy számú azonos funkciókat ellátó áramkört hoznak létre, melyek közül csak a hibátlan cellákat kötik össze a nagy komplexitású áramkörök kialakítása érdekében; egyedi huzalozással. Egyedi huzalozás esetén minden szelet saját bekötési tervet igényel. A bekötési terveket számítógépekkel készítik.

Hasonló módszerekkel készül a buboréktár (lapkák) bekötési terve is.

egykristályrúd (SLAB)

Egész tömegében azonos orientációjú elemi cellákból álló kristály. A félvezető eszközök hordozóit egykristály szerkezetű rúdból alakítják ki szeleteléssel.

egykristályszelet (SLAB WAFER)

Az egykristályrúd hossz tengelyére merőleges szeleteléssel előállított vékony félvezető egykristálylap.

egyoldalas (SINGLE-SIDED)

1. Nyomtatott áramkörtárcsák-típus, amelyen csak egy huzalozási réteg van, ezért ezzel a típussal csak keresztződésmentes struktúrák valósíthatók meg. Az alkatrészeket vagy a nem huzalozott oldalán szerelik a kártyának - ez esetben lábnyílások is vannak -, vagy pedig a huzalozott oldalon szerelik rá huzalozás nélkül.
2. Mágneslemez, melynek csak egyik oldalán van mágneses réteg.

ékes kötés (WEDGE BOND)

Termokompressziós eljárás, mellyel félvezető lapkák kivezetései készülnek. Az ékes kötés úgy készül, hogy az aranyzálat a kontaktusterület fölé vezetik, és ékkel rányomják a kb. 300 C°-ra felmelegített lapka egy kontaktálási szigetére. Ennek során az ék alakúra köszörült végű huzalvezető (kapilláris) csőben vezetett aranyzálat végső darabját (amelyet az elszakítás után a kontaktálási felületre rátesznek) a huzalvezető csővel e felülethez nyomják. Ily módon keskeny, téglalap alakú kötés jön létre. Még a nyomás megszűnte előtt az aranyzálat meghúzzák úgy, hogy az közvetlenül a kötéshely után elszakad.

elektromosan átírható PROM = EAPROM

(ELECTRICALLY ALTERABLE PROGRAMMABLE ROM)

Elektromosan változtatható, programozható fix ROM. Beírására viszonylag ritkán kerül sor, üzemszerűen csak olvasható tárként használják.

elektromosan átírható ROM = EAROM (ELECTRICALLY ALTERABLE ROM)

Fém-oxid-félvezető tranzisztorokból felépített PROM tár, amelynek tárolócellájában alumínium-oxid a töltéstároló közeg. A tárolócella viszonylag kis feszültséggel feltölthető, és töltését mindaddig megtartja, amíg azt villamos jelekkel át nem írják. A tárolt adatok szelektíven változtathatóak, vagyis úgy, hogy átírás előtt nem kell az összes, tárolt adatot törölni.

Az EAROM MNOS technológiával készül. Adatbeírás-kor a mátrix beírási pontjában lévő tranzisztor gate-elektrodája alatti oxidnitrid határfelületbe, alagút hatására töltés kerül. A csapdába került töltés a tártranzisztor kapcsolófeszültségét megváltoztatja.

Beírás - 24 V fesz.imp.-al 100 mA-ig.

Törlés + 30 V fesz.imp.-al 100 mA-ig.

elektronoptika (ELECTRON OPTICS)

A technikának és a tudománynak az az ága, amely az elektronsugárnak elektromos és/vagy mágneses terekkel való eltérítésével és/vagy fókuszálásával foglalkozik.

elektronsugár (ELECTRON BEAM, ELECTRON JET)

Elektronok (általában közös elektronforrásból származó) árama, amelyben a szomszédos pályákon haladó elektronok iránya és sebessége közel azonos.

Az elektronsugár elektromos vagy mágneses mezővel eltéríthető.

Megjegyzés:

A hazai szóhasználatban az elektronsugár kifejezést többnyire csak kör keresztmetszetű elektronnyalábra alkalmazzák.

Az elektronsugarat általában fókuszálják.

elektronsugaras expozíció (ELECTRON RAY EXPOSITION)

A félvezető eszközök előállításánál a geometriai minták átvitelére használt fotolitográfiai módszer korszerű-

sített változata, a vezérelt elektronsugaras minta-rajzolás.

A megvilágítást fókuszált és vezérelt elektronsugár végzi, amelyet általában számítógép irányít.

elektronsugaras litográfia (ELECTRON-BEAM LITHOGRAPHY)

Olyan litográfiai eljárás, melynek során, egy kereső elektronmikroszkóp vákuumkamrájában helyezik el a sugárérzékeny filmet és egy számítógépvezérelt elektronsugárral exponálnak.

Korszerű, komplex, de viszonylag drága litográfiai eljárás, elektronsugaras expozíció.

elektronsugaras rögzítés = EBR (ELECTRON-BEAM RECORDING)

Olyan eljárás, melynek során az energiaérzékeny filmet egy számítógépvezérelt elektronsugárral pásztázzák végig "mikrofilm" előállítására céljából.

Az elektronsugaras fotoreziszt expozíció félvezető szeleten lévő fotoreziszt réteg exponálása vezérelt elektronsugárral, amely egymás után fut végig minden egyes félvezető elem vagy integrált áramkör exponálható felületén. Elektronsugaras expozícióval finomabb felbontást lehet elérni, mert a rövidebb hullámhossz által csökken a diffrakció okozta élettelen rajzolás. Elektronsugaras rögzítési technikát használnak közvetlen hozzáférésű eszközök előállítására is.

Ez a lehetőség igen leegyszerűsíti az integrált áramkörök előállítását, nem kell fotomaszkokat alkalmazni és növeli a felbontóképességet, ezzel finomabb rajzolat kialakítását teszi lehetővé, mely az alkatrészsűrűség növelésében döntő.

elektronsugaras tár (BEAM STORE)

Olyan tárolóeszköz, amelyben a tárolócellához elektronsugárral lehet hozzáférni, illetőleg beírási, kiolvasási műveleteket végezni (pl. katódsugárcső tároló).

elektrooptikai fénymodulátor = EOLM

(ELECTRO-OPTICAL LIGHT MODULATOR)

Észköz, amely a fény modulálására elektrooptikai anyagokat használ. Az elektrooptikai anyag olyan átlátszó dielektrikum, mely elektromos térbe helyezve az optikai kettőstörés jelenségét mutatja. Optikai modulátorokban jelenleg leghasználatosabb elektrooptikai anyagok: KDP, kálium-dihidrogénfoszfát, KH_2PO_4 .

elemsűrűség (PACKING DENSITY)

Az integrált áramkörök bonyolultságát jellemző egyik számadat, a térfogat- vagy felületegységre vonatkoztatott elemszám.

elfajulás (DEGENERACY)

1. Negatív visszacsatolással létrehozott állapot.
2. A félvezető anyagnak adalékanyag beépülése által előidézett állapota, melynél a töltéshordozók koncentrációja olyan nagy, hogy a Fermi szint kitolódik a tiltott sávból, és pedig igen nagy elektrontöbblet esetén a vezetési sávba (P-típusú elfajulás).

ellenállás (RESISTOR)

1. Olyan elektromos alkatrész, melynek jellemzői vilamos tulajdonsága a meghatározott értékű rezisztencia.
2. Az ellenállás az áramkörben folyó áram értékét a feszültséggel arányosan korlátozza.

ellenfázisú kimeneti ellenállás (impedancia)

(DIFFERENTIAL MODE OUTPUT RESISTANCE /IMPEDANCE/)

A differenciál kimenetű áramkör két kimeneti pontja közötti impedancia, ha a kimeneti egyenfeszültség értéke zérus.

elrendezés = felületi elrendezés (LAYOUT, ARRAY, GEOMETRY)

1. Általános terve vagy tervezése pl. egy blokkvázlat, folyamatábra, diagram, mezőformátum vagy eljárásvázlat stb.
2. Integrált áramköri eszközök tervezésénél a szükséges geometriai elrendezés.

elzáródás (PINCH-OFF)

A p-n átmenetes tervezérelt tranzisztor csatornáját a kiterjedő kiürített réteg megszakítja, emiatt a nyelő és a forrás közötti elzáródási feszültség fölött e feszültség további növelése a nyelő áramát gyakorlatilag tovább nem növeli.

emitter = source, forrás (EMITTER)

1. A tranzisztor egyik elektródja. Az emitterből indulnak ki az áramvezetésben részt vevő mozgó töltéshordozók a kollektor felé.
Az emitter rövidítése: E.
2. A tervezérelt tranzisztor azon tartománya, amelyből a töltéshordozók a vezető csatornán keresztül a nyelőbe (drain) jutnak; egyben a tranzisztor megfelelő kivezetését is jelenti.

energiasáv (ENERGY BAND)

Az energiasáv a szilárd anyag atomjainak elektronjai által felvehető energiaértékek folytonosnak tekintett, megadott alsó és felső határ közé eső tartománya.

Megjegyzés:

Az egyes energiaértékek oly módon jönnek létre, hogy a különálló atomok egykristállyá való egyesülés után a lehetséges kvantált energiaértékek - az egymással történő kölcsönhatás következtében - a Pauli-féle kizárási elvnek megfelelően a kristályt alkotó atomok számával megegyező számú különálló értéké hasadnak szét.

epitaxiás diffúziós szigetelés (EPITAXIAL DIFFUSION ISOLATION)

"PN" átmenettel történő szigetelés. P-típusú alapanyagra növesztett N-típusú réteget P⁺ diffúzióval kollektor szigetekké bontanak, oxidációs és fotolitografikus műveletekkel. Az eljárásnál a Si alaplap tetőleges vastagságú lehet, és az egyenletes adalékanyag-eloszlás biztosítható az epitaxiás rétegben.

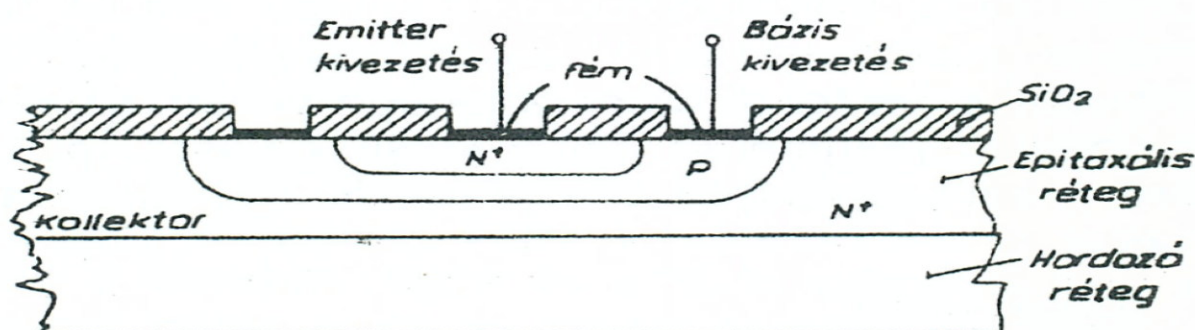
Az alapanyag 5-25 ohmos, az epitaxiás réteg 0,1-0,6 ohmos fajlagos ellenállású.

epitaxiás rétegnövesztés (EPITAXIAL LAYER GROWTH)

Az epitaxiás rétegnövesztés az a technológiai művelet, amelyben a kristály szerkezetéhez hasonló egykristály réteget növesztenek. Az epitaxiás réteg adalékanyagának típusa és mennyisége, ezért fajlagos ellenállása is eltérhet a hordozó tulajdonságaitól.

A növesztés általában gázfázisból történik. Az epitaxiás réteg vastagságát - ami 5-30 μm - több tényező határozza meg, jelentős szerepe a folyamat hőmérsékletének, a folyamat időtartamának és a gázelegy szilíciumtartalmának van.

epitaxiás planáris tranzisztor (EPITAXIAL PLANAR TRANSISTOR)



Epitaxiás tranzisztor többnyire a kollektor soros ellenállásának csökkentése céljából, epitaxiás réteggel ellátott tranzisztor.

EPROM (Erasable Programmable ROM, Electrically Programmable ROM) = elektromosan törölhető PROM, EEPROM, törölhető-programozható ROM)
(ELECTRICALLY ERASABLE PROGRAMMABLE READ ONLY MEMORY, ERASABLE PROGRAMMABLE READ ONLY MEMORY, ELECTRICALLY PROGRAMMABLE READ ONLY MEMORY)

Olyan törölhető és újra beírható tár, amelynél a törlést elektromos úton (tehát pl. nem ultraibolya megvilágítással) hozzák létre.

A törölt információ helyére új adat írható be. Az elektromos törlésnél a tárat nem kell a foglalatból eltávolítani.

érintésérzékeny képernyős terminál (TOUCH SCREEN TERMINAL)

Egy olyan terminálképernyő, amely érintést érzékel. Az érintett pozíció mint egy kódolt jel rögzítésre kerül a számítógépben, vagyis ily módon érintéssel adatot lehet bevinni a számítógépbe, illetve egyszerű menükiválasztás valósítható meg.

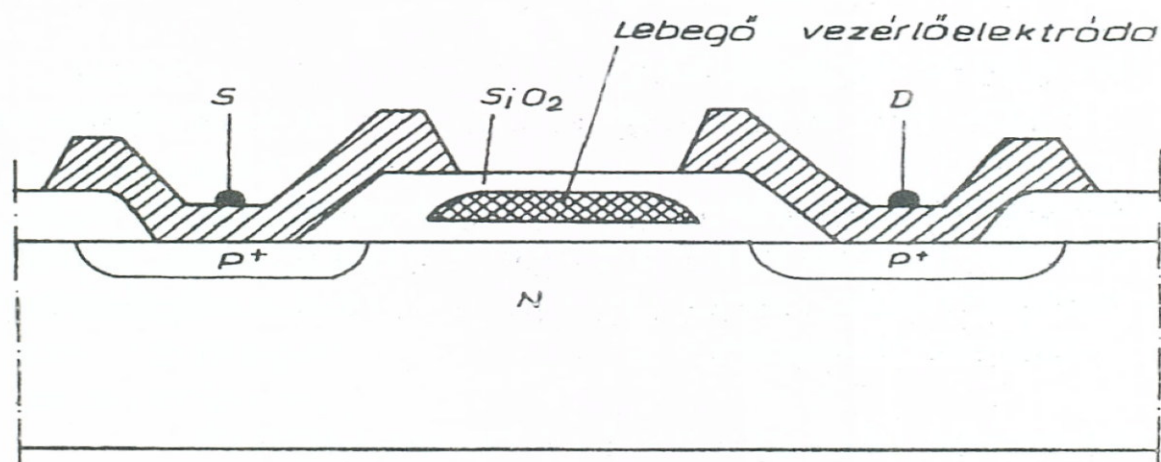
FAMOS (Floating Avalanche MOS) = Lebegő vezérlőelektródás MOS, lebegő vezérlőelektródájú lavinaeffektussal működő MOS.

Olyan MOS tranzisztorokból felépített PROM tároló, melyek vezérlőelektródjait lavinaletöréssel keltett elektronokkal töltik fel. A töltés a lebegő vezérlőelektródon mindaddig megmarad, amíg külső hatásra (pl. ultraibolya besugárzással) elvezetéséről nem gondoskodnak.

Megjegyzés:

A MOS vezérlőelektródája a szigetelő szilícium-oxid rétegben van kialakítva, amit a behatoló forró elektronok negatív feszültségre töltenek fel. A szigetelt

lebegő vezérlőelektróda a töltését megtartja. Ha a lebegő elektróda egy P-csatornás MOS-tranzisztor vezérlőelektródája, ekkor a töltésnélküli állapotban a tranzisztor source-drain (SD) köre szakadt. Ha a lebegő vezérlőelektróda töltött állapotban van, akkor csatorna képződik, ami összeköti az S-D elektródákat.



A feltöltéshez szükséges forró elektronokat a katód-szubsztrát P-N átmenet letörésekor létrejövő lavinafolyamattal lehet előállítani:

A tárolt töltés 10 év alatt csökken 70%-ára.

A törlés ultraibolya vagy röntgensugárzással végezhető.

feldarabolás (SLICING)

Monolitikus félvezető eszközök gyártásakor egy szilícium vagy germánium lemezen több száz vagy ezer eszköz készül, melyeket elkészülésük után egymástól szét kell választani. Ezért a válogató mérés után (ezt még a lemezen végzik és a hibás elemeket még a lemezen jelölik meg) az egyes áramköröket elválasztó keretet gyémántékkal bekarcolják és a lemezt gumihenger segítségével feldarabolják.

felszerelési idő (INSTALLATION)

A számítógép időalapjából a számítógép felállítására, felszerelésére, kipróbálására, tesztelésére és átvételére fordított idő.

félvezető eszközök (SEMICONDUCTOR DEVICES)

Elektronikus elemek, amelyeknél félvezető anyagban, egykristályban megy végbe az elektronvezetés, illetve lyukvezetés. A szerkezet kialakítása adalékanyag bejuttatással (diffúzió, ionimplantáció stb.) történik.

félvezető lézer (SEMICONDUCTOR LASER)

Koherens sugárzást kibocsátó fényemittáló eszköz.

félvezetős fénykijelző = LED kijelző

(LIGHT EMITTING SEMICONDUCTOR DISPLAY)

Információ látható megjelenítését szolgáló fényemittáló félvezető eszköz.

félvezető tár (SOLID STATE MEMORY)

Félvezető áramkörökként megvalósított, bistabil multi-vibrátorokból felépített közvetlen hozzáférésű tár. Hozzáférési ideje igen kicsi, (10....100 nsec) nem destruktív tár. Korábban kizárólagosan csak regiszterek megvalósításához, a 70-es évek elejétől operatív tárként használják.

fémezés (félvezető technikában) = fémbevonás, fémbevonat (METALLIZATION)

1. Általában fémbevonat előállítása. Ennek során szigetelő vagy rosszul vezető testek felületére vékony, fém- vagy jól vezető fémtartalmú réteget visznek fel, pl. elektromos kontaktálás, árnyékolás, reflektáló felület kialakítása, fémfegyverzet készítése céljából. A réteg előállítható vákuumpárologtatással, porlasztással, fémszórással, galvanizálással, vezető lakkok felvitelével stb.
2. Nyomtatott áramkör előállítására szolgáló, ritkán használt pozitív eljárás, amellyel a nyomtatott mintázatot vagy annak csak egy részét kémiai vagy

galván úton viszik fel a szigetelő hordozóra. Általában a negatív - maratásos - eljárást használják, ahol a fémmel borított hordozóról a felesleges fémet vegyi úton távolítják el.

Megjegyzés:

A félvezető eszközökre a fémréteg felvitele általában vékonyréteg-technológiával (vákuumpárologatás) történik, kivezető kontaktusok összeköttetések készítése céljából.

A félvezető eszközök diffúziós eljárásokkal történő kialakítása után, a SiO_2 rétegen az ohmos kontaktusok számára nyitnak ablakot, A kontaktusfém általában alumínium. A fém-összeköttetések a kivezetések helyeit fotómaszkkal fotolitográfiai úton alakítják ki úgy, hogy a felesleges alumíniumot eltávolítják. A szilíciumon az ohmos kontaktus az alumínium beötvözése során jön létre, ami semleges gázközegben történik. A SiO_2 és az alumínium jól tapad egymáshoz.

fémezett falú furat (PLATED THROUGH HOLE)

Olyan furat, melynek belső felülete fémezett. Olyan nyomtatott áramkörtechnológia esetén szükséges, amelynél két vagy több vezetősík összeköttetését kell megvalósítani.

A furatokat előre megtervezett pontokon a lemezközi összeköttetések és az alkatrészek, IC-k kivezetéseinek befogadására készítik nagy fordulatszámú és nagy pontosságú (nagy sorozatok esetén) NC vezérelt fúróberendezésekkel.

fém-félvezető dióda (HOT-CARRIER DIODE)

Dióda, amelyben igen kicsi a tárolt töltés, mert a fém-ben nagyon nagy az elektronok mozgékonyága, kapcsolási idejük ezért igen kicsi.

Felhasználási területek:

- kis zajú mikrohullámú keverők,
- mintavételes oszcilloszkóp,
- gyors bemeneti kapcsoló.

fémtek (CAN)

Olyan sok kivezetésű, fémsapkás (tranzisztorokhoz hasonló) általában kerek IC-tok, amelynek a kivezetései a tok szigetelővel lezárt oldalán egy kör mentén vannak elhelyezve.

fényceruza (LIGHT GUN, LIGHT PEN, ELECTRONIC PEN)

1. Katódsugárcsőves megjelenítőkhöz használt ceruza alakú eszköz, mellyel a képernyő egy tetszőleges pontja kijelölhető.

Csúcsában fényérzékelő van, mely a képernyőt letapogató elektronsugár hatására jelet továbbít a számítógépbe. E jel időzítésének kiértékelésével meghatározható az a pont, amelyre a fényceruza a képernyőn mutat. Segítségével a képernyőn ábrázolt menüből gyors kiválasztás valósítható meg, rajzoláskor pontok, egyenesek stb. adhatók meg.

2. A vonalkódot az ábrázolt karaktereknek megfelelő digitális jelsorozattá alakító és annak a számítógépbe olvasását lehetővé tevő készülék. Többnyire kézi kivitelű (ún. pálcás megoldású).

fénycsatolású félvezető eszköz (OPTICALLY COUPLED ISOLATOR, PHOTON COUPLED PAIRS)

Olyan eszköz, amelynél a bemeneti és a kimeneti jel is villamos jel, a csatolás optikai úton jön létre, így a bemenetet és kimenetet galvanikusan szét lehet választani. A fényt emittáló elemet (GaAs dióda) és a detektort (szilícium fotodióda vagy fototranzisztor) úgy kell megválasztani, hogy a sugárzási és érzékelési tartomány maximuma kb. ugyanannál a hullámhossznál jelentkezzen. A fotoncsatolt párral szemben a követelmények:

- a bemenet elektromosan szigetelve legyen a kimenettől,
- a jelátvitel egyirányú legyen.

Az átvitel hatásfoka: $\eta = \frac{I_{\lambda}}{I_s}$

A fotocsatolt pár jellemezhető:

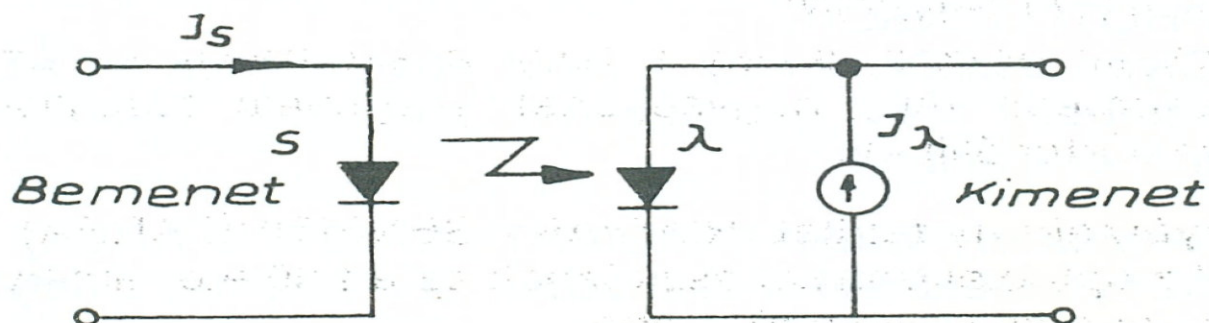
- karakterisztikával,
- az átviteli hatásokkal,
- a működési sebességgel.

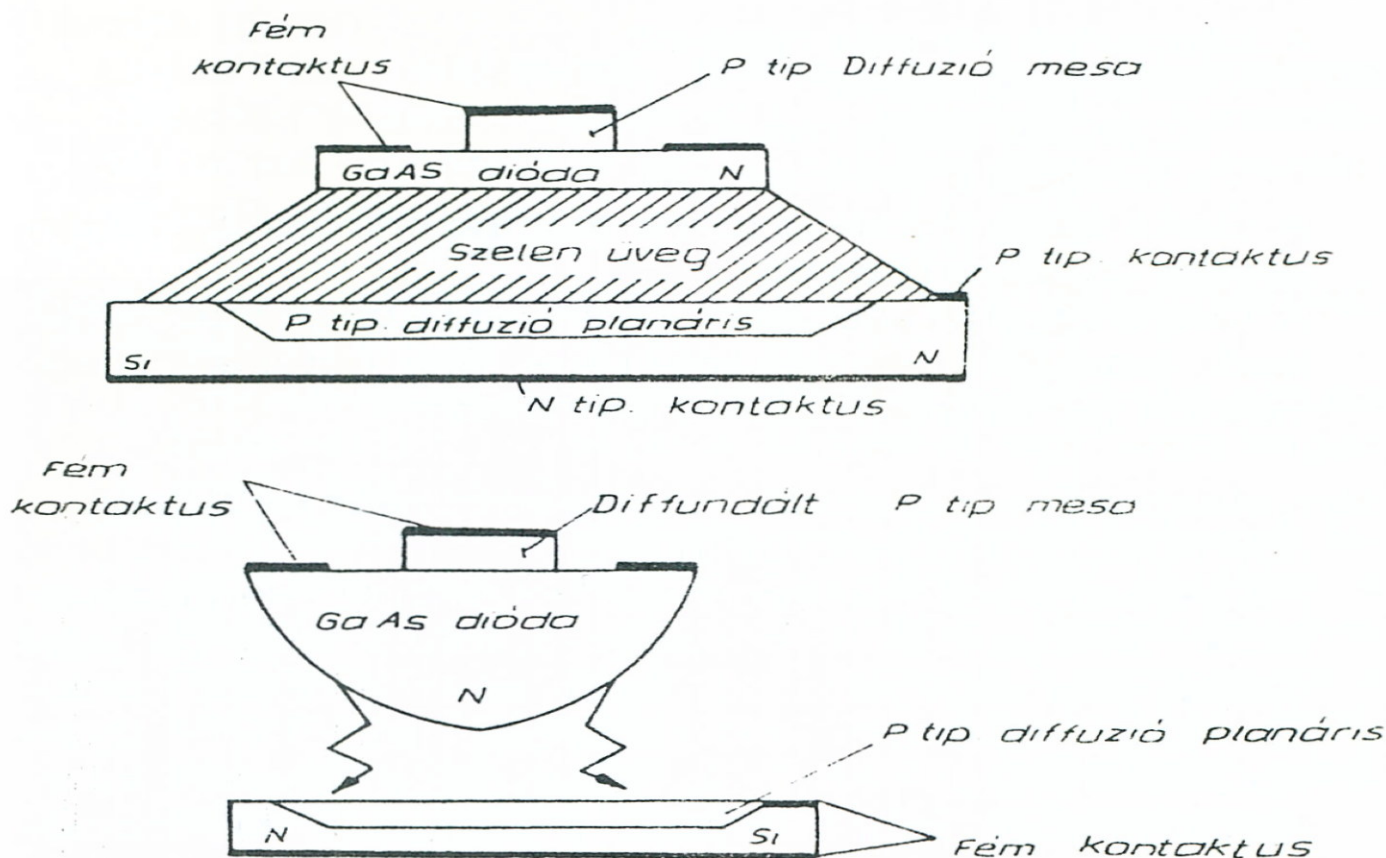
A GaAs elektrolumineszcens diódaszerkezet általában kétféle kivitelben készül.

A fényérzékeny ellenállás olyan fényelektromos érzékelő, amelynek vezetőképessége fény hatására megváltozik (pl. kadmiumszulfid ellenállás).

fényelektromos eszközök = optoelektronikai eszközök
(OPTOELECTRONIC DEVICES)

Fényelektromos elektronikus eszközök, rendszerek azok, amelyek az információt hordozó villamos jelet optikai jellé vagy jelzéssé, illetve az információt hordozó jelet villamos jellé alakítják át. Van olyan optoelektronikus eszköz is, amelynél a kimeneti információhordozó azonos típusú a bemeneti információhordozóval, de a jelfeldolgozásnál a másik hordozó is szerepel. Ilyen elem, pl. az optoelektronikus csatoló pár, ahol a bemeneti és kimeneti jel is villamos jel, a csatolás optikai úton jön létre, és így a bemenetet és a kimenetet galvanikusan szét lehet választani.





fényemittáló félvezető dióda

fényemittáló félvezető eszköz = világító félvezető eszköz (LIGHT EMITTING SEMICONDUCTOR DEVICE)
Infravörös, látható vagy ultraibolya spektrális tartományba eső elektromágneses sugárzást kibocsátó optoelektronikai félvezető eszköz.

fényérzékelő (PHOTOVOLTAIC SENSOR, PHOTODIODE)

Olyan eszköz, amely a fényt abszorbeálja és az abszorbeált fény nagyságának megfelelő feszültségkimenetet állít elő.

fényérzékeny felület (RADIANT SENSITIVE AREA)

Az optoelektronikai eszköznek az a felülete, amelyben a sugárzás elnyelődik. Lehet:

a) lapos elrendezés, melynek jellemzői:

- kis méret,
- jó csatolási tényezőt biztosít,

- nagyobb sáv szélesség,
- könnyen egyeztethető az IC-gyártástechnológiával.

b) vagy kúpos, illetve félgörbe alakú elrendezés, melynek jellemzői:

- jobb kvantumhatásfok,
- légcsatolás miatt rosszabb csatolási tényező, jobb a szigetelés.

fénynyomtatás (PHOTOSENSITIVE PRINTING)

Olyan nyomtatási módszer, amely a nyomtatandó kép fényérzékeny felületre történő optikai leképzésen alapul.

fényoptikai tár (PHOTO-OPTIC MEMORY)

Olyan tárolóegység, amely optikai tárolóközeget használ. Ilyen pl. a lézertároló.

fényszedő (PHOTOCOMPOSER, PHOTOTYPESETTING)

Optikai technika, amikor fényérzékeny közegen állítja elő a megfelelő írásképet. Az a gép, amely ezt a funkciót ellátja, a fényzedő. A fényzedés számítógép-vezérléssel történik.

fényvezető (OPTICAL FIBER)

1. Dielektrikum (jelenleg főképp tiszta kvarcüveg, vagy GeO_2 , LiNbO_3 üveg) anyagú, vékony körkeresztmetszetű szál, mely az optikai hullámhossztartományban kis veszteségű hullámvezetőként működik.

A fényvezető szál három fontos minőségi jellemzője: a csillapítás (dB/km); a modulusdiszperzió (ns/km) és a numerikus apertúra. Ezek a jellemzők korlátozzák a kihasználható frekvenciatartományt (jelenleg néhány száz MHz), illetve a bitsebességet (jelenleg néhány száz Mb/s).

2. Korszerű telefon-hálózatokban a központok közötti összeköttetéseket egyre inkább fényvezető kábelekkel oldják meg.

FETRON (FETRON)

Olyan félvezető eszköz, amely az elektroncső direkt helyettesítésére szolgál. A FETRON egy vagy több JFET-ből, egy Ta védőbiztosítóból és vastagréteg RC-tagokból tevődik össze. A hordozót a csőfejhez forrasztják, a kontaktusokat aranyszálakkal készítik, majd hermetikusan lezárják.

Az elektroncső kicserélhető FETRON-ra a rendszer módosítása nélkül. Kiválasztásuk függ:

- az üzemi feszültségtől, - a teljesítményszintektől,
- a frekvenciatartománytól,
- az áramkörben betöltött funkciótól (oszillátor, erősítő).

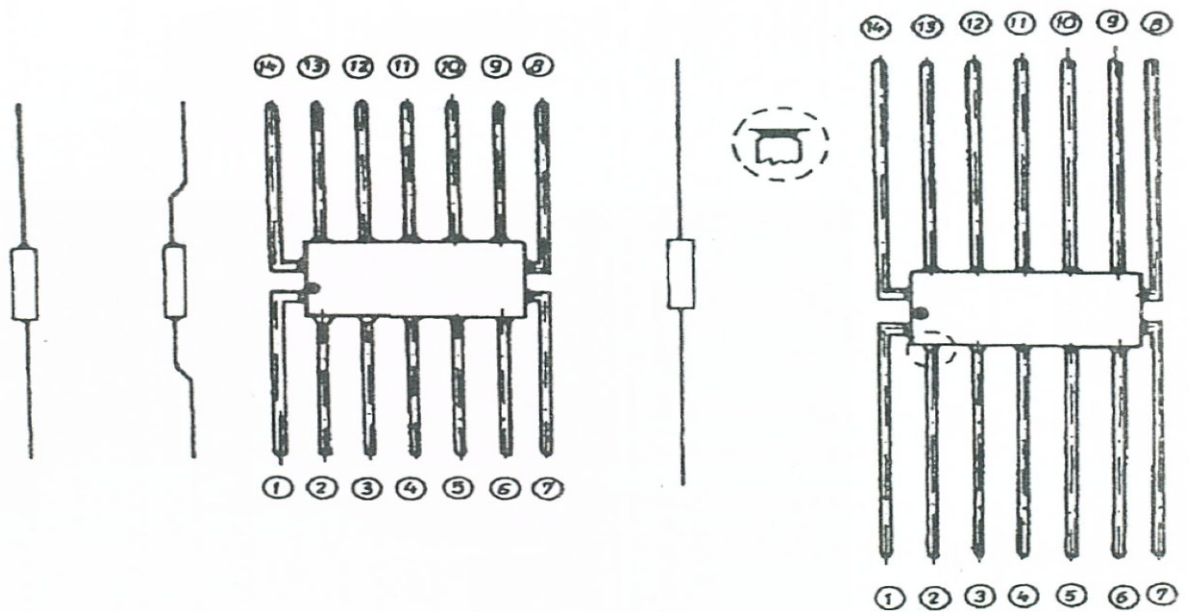
Előnyei az elektroncsőhöz viszonyítva:

- nagy megbízhatóság,
- nagyobb teljesítőképesség,
- kis fogyasztás,
- kis torzítás,
- nagyobb erősítés,
- kis karbantartási költség,
- alacsony zajszint,
- stb.

flat pack = lapos tok (szerelési oldalon forrasztandó)
(FLAT PACK)

Olyan sok kivezetésű IC-tok, amelynek a kivezetései a tok síkjában vannak, általában a tok síkjának irányában két vagy négy oldalon helyezkednek el.

A kivezetéseket forrasztással vagy ponthegeztéssel lehet a nyomtatott áramköri lemezre szerelni.

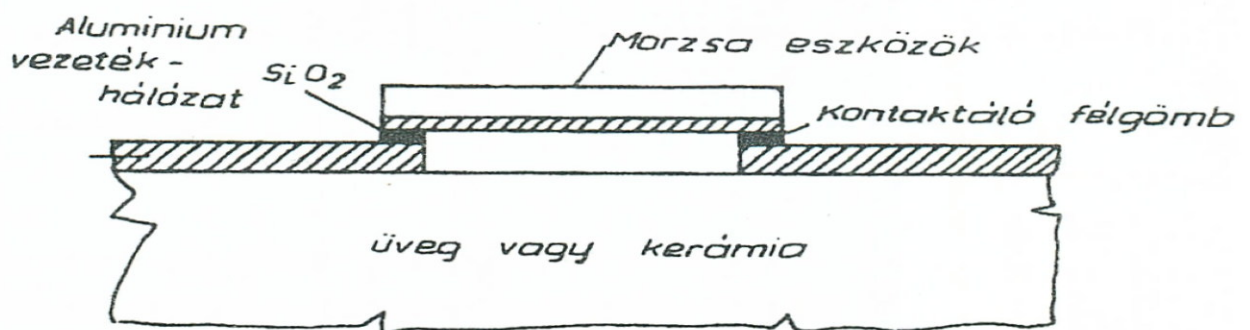


(F110)

flip chip technológia (FLIP-CHIP TECHNOLOGY)

A félvezető eszközök aktív oldalon történő szerelési technológiája. A lapkát kivezetéseivel lefelé fordítva szigetelő anyagon kialakított vezetőhálózathoz kontaktálják. A "flip chip" kivezetése 50-150 μm átmérőjű 2,5-1,2 μm magasságú fémből készített félgömb. A félvezető lapka felülete szilícium-oxiddal és szilícium-nitriddel passzívált, ezáltal tokozottnak tekinthető. A kontaktáló dombok és vezetőhálózat közötti összeköttetést forrasztással, termokompresszióval vagy ultrahanggal hozzák létre.

A "flip chip" technológiát főleg hibrid áramkörök szerelésére használják.



Flip-chip szerelés

Jellemzői:

- rövidek a kötési pályák,
- alacsonyabb hőmérsékleten jöhet létre a követség, ezért a vékonyrétegáramkör passzív elemei nem károsodnak,
- elmaradnak a huzalkötések - nő a megbízhatóság,
- kis felületi helyfoglalás,
- a kész kötés vizuális vizsgálata lehetetlen, mert a chip eltakarja a kötési felületeket,
- speciális bekötő berendezést igényel,
- nagy a hődisszipáció a félvezető eszközön,
- korlátozott az alkalmazhatóság,
- költséges.

folyadékkristályos kijelző = LCD (LIQUID CRYSTAL DISPLAY)

A folyadékkristályos kijelző átlátszó elektródák között elhelyezkedő folyadékkristályból áll. A folyadékkristály olyan, rendes körülmények között átlátszó anizotrop folyadék, mely az elektródák között létesített elektromos tér hatására átlátszatlanává válik, mivel a fényviszszaverő képessége megváltozik. A LED-es megjelenítőktől eltérően nem bocsátanak ki magukból fényt, így csak külső megvilágítás mellett olvashatók le. Áramfogyasztásuk lényegesen alacsonyabb, mint a LED-es megjelenítőké, ezért digitális órákban, műszerekben stb. kiterjedten alkalmazzák ezeket.

forrasztás nélküli huzalkötések (SOLDERLESS WRAPPED CONNECTIONS)

Hidegkötéses technológia - főleg az elektronikai iparban terjedt el. Előnyei:

- nagy megbízhatóság, mely egy nagyságrenddel nagyobb, mint a lágyforrasztott kötéseké,
- egyenletes minőség, nem függ szubjektív tényezőktől,
- kiváló fémkontaktus,

- a kötési művelet gyors,
- a magas hőmérsékletre érzékeny alkatrészek meghibásodása elkerülhető, vezetékrögzítés közben nem lép fel hő okozta károsodás,
- a miniatürizálás lehetőségét, biztosítja, kis helyigényű,
- módot ad a huzalozás gépesítésére, automatizálására,
- ellenálló a vibrációval és korrózióval szemben,
- könnyen eltávolítható,
- elkerülhető a forrasztással járó kényelmetlenség és bizonytalanság.

Ezek az előnyök végső soron gazdasági előnyt is jelentének.

A legismertebb hidegkötési eljárások:

- rácsavart (felcsévélt) huzalkötés,
- sajtolt huzalkötés,
- szorítókötés.

forró váz (HOT CHASSIS)

Egy terminál-vázrendszer, amelyben a tápenergiaellátó vezeték egyik pólusa a vázra van kötve.

fotodióda (PHOTODIODE)

PN-átmenetet tartalmazó fényérzékeny félvezető eszköz. Záró irányú feszültséggel működtetik. Megvilágítás nélkül csak igen kis, ún. "sötétáram" folyik rajta át, megvilágítás hatására az áram nagyságrendekkel megnő.

Megjegyzés:

A lavina-fotodióda a lavinaátütés tartományában működő fotodióda. A lavina-fotodióda alkalmazása fényvezetőszálas optikai átvitelnél kis jelszinten, nagy sáv szélességnél, főképp az 1 MHz feletti tartományban előnyösebb, mint a PIN-diódáé.

fotoelektromos detektálás (PHOTOELECTRIC DETECTION)

Egy számítógéppel olvasható jel előállítása fotoelektromos detektorral, például az optikai karakterfelismeréshez.

fotoelektromos detektor (PHOTOELECTRIC DETECTOR)

Eszköz, amely a fény jelenlétét detektálja, jelzi. A jel nagysága függhet a fény intenzitásától.

fotoelektromosság (PHOTOELECTRICITY)

Az a jelenség, amikor a fotokatódra beeső fény hatására a fotokatód elektromos áramot bocsát ki. A kilépő áram erőssége függ a beeső fény intenzitásától.

fotoemisszió (PHOTOEMISSION)

Megvilágítás hatására fellépő elektronemisszió (külső fényelektromos jelenség).

Meghatározott anyagok felületükről elektronokat emitálnak, ha a becsapódó elektromágneses sugárzás intenzitása a sugárzás frekvenciájának megfelelő, meghatározott küszöbszintet túllépi. A fénysugárzás eshet a látható fény tartományába, lehet infravörös vagy ultraibolya.

Fotoemittáló anyagok, pl. a szelén, a cézium-oxid. A fotocellák katódján fotoemittáló réteg van.

fotolitográfia (PHOTOLITHOGRAPHY)

Eljárás egy maszkkal definiált ábra előállítására egy hordozón. A félvezető technikában:

Az oxidált felületű félvezető egykristályszeletre felvitt fotoreziszt lakk (általában ultraibolya) fény hatására polimerizálódik, így fotomaszk segítségével a kívánt ábra alakítható ki a felületen.

Az előhívott lakkréteget hőkezeléssel kell ellenállóvá tenni a marószerral szemben. Az oxidréteg az alkalmazott fotomaszknak megfelelően szelektivitással lemaratható a felületről (ablaknyitás). Maratás után a lakkréteg is lemosható és létrejön az SiO_2 maszk az Si-lapka felületén a szelektív diffúzió, szelektív ionimp-

lantáció és a kontaktálás céljainak megfelelően. Fotolitográfiai eljárást alkalmaznak a vékonyréteg- és a nyomtatott áramkör előállításánál is, a teljes felületre felvitt (általában) fémréteg szelektív eltávolítására, ebben az esetben általában fémmaszkot vagy filmmaszkot használnak.

A vékonyréteg technológiában:

A fotoreziszt felületéről maszkon át megvilágítva az előírt ábrának megfelelően (pozitív reziszt esetén a megvilágított részből, negatív reziszt esetén a meg nem világított részből) leoldható a fotoreziszt. A le nem oldott fotoreziszt védi a réteget a további műveletek (marás, párologtatás, diffúzió) behatolásától.

- A fotomaszk (maszk) üveglemezen vagy átlátszó filmen elkészített, a tényleges eszközméretekre le kicsinyített átlátszó és átlátszatlan területekből álló ábra, amelyen át a félvezető szeletre vagy vékonyréteg-áramkör hordozójára felvitt fotoreziszt réteget exponálják.
- A fotomaszk-beállító és -megvilágító szerkezet, melyben először a maszkot és a félvezető szeletet vagy hordozót mikroszkóp alatt fedésbe hozzák, utána ultraibolya fényforrással (rendszerint higanygőzlámpával) a fotoreziszt réteget a maszkon át megvilágítják.

fotonyomás = fénynyomat (PHOTOGRAVURE)

Nyomtatási eljárás, amelynél a nyomtatandó képről fényképezési úton készítik el a nyomóklisé(ke)t.

fotoreziszt (PHOTORESIST)

Fényérzékeny lakk, amelyet a félvezető szelet vagy hordozó felületén a maszkábrának megfelelő szelektív védőréteg előállítására használnak. A felületre felvitt fotoreziszt réteget maszkon át ultraibolya fényforrással megvilágítják. Az ezt követő "előhívás" "pozitív reziszt" esetén a megvilágított felületrészeket oldja ki a

fotorezisztet, "negatív reziszt" esetén pedig a nem megvilágított felületrészeken.

A nem kioldott fotoreziszt ellenáll savas marásnak, így az alatta levő területeken meggátolja pl. az SiO_2 réteg eltávolítását.

fotoreziszt lakk (PHOTORESIST LACOUER)

Fényérzékeny lakk; a félvezető eszközök, vékonyréteg- és nyomtatott áramkör előállításához használják a fotolitográfiai eljárásban. Nagy felbontóképességűek és jól tapadnak. A felhasználási területnek megfelelően különböző minőségűek. A negatív típusú lakk ultraibolya fény megvilágítás hatására polimerizálódik, a meg nem világított részokről kioldható, a pozitív lakk a megvilágított helyekről oldható ki.

fototranzisztor (PHOTOTRANSISTOR)

Belső áramerősítési tulajdonságokkal rendelkező tranzisztorszerkezetű fényérzékeny félvezető eszköz, amelyben az elnyelt sugárzás vezérlő hatású: A fényjeleknek elektromos jelekké való átalakítására használják, működése a fotodióda működésén alapul.

fotovezetés (PHOTOCONDUCTIVITY)

Némely megvilágítás nélküli állapotban rossz vezetőként vagy szigetelőként viselkedő kristályos anyagnak az a tulajdonsága, hogy fénnel (vagy általában elektromágneses hullámmal) megvilágítva, vezetőképessége reverzibilisen megnő (belső fényelektromos jelenség, fényelektromos vezetés).

FROM (Fusible Read-Only Memory, Fusible link Read Only Memory) = Kiégetéssel programozott ROM.

Olyan fémes összeköttetéssel készült tárelem, amelyből a felhasználó igényeinek megfelelően - egyszerű eljárással, kiolvasztással - (kiégetéssel) a kívánt információt tároló fixtár alakítható ki.

fröccsöntési technika (TRANSFER MOLDING)

Az integrált áramkörök műanyagtokozási eljárása. A fröccsöntést alacsony hőmérsékleten lágyuló, magasabb hőmérsékleten keményedő műanyaggal, speciális szerszám felhasználásával végzik.

furatokba csatlakozás (SNAP-IN)

Szerelőlapra rögzítés módszere, melynél rugalmas huzalból készült kivezetések a megfelelő furatokba illeszkedve tartják az alkatrészeket.

GaAs dióda (GaAs DIODE, GALLIUM ARSENIUM-DIODE)

A galliumarzenid (GaAs) széles tiltott sávú (1,4 eV) félvezető vegyület; számos mikrohullámú és optoelektronikai félvezető eszköz alapanyaga. Lumineszcens dióda: nagy sugárzási teljesítményű félvezető dióda, amelynél a kibocsátott fény hullámhossza befolyásolható az alapanyag összetételével. Kétféle látható színtartományban sugároz: vörös és sárga.

Előnyös tulajdonságai:

- hosszú élettartam,
- a megbízhatósági adatai igen jók, - viszonylag alacsony ár,
- nagy a mechanikus stabilitásuk és rázásállóságuk,
- viszonylag széles választék kialakítására van lehetőség, - megfelelő méret (pl. 15 mm-es szám-magasság),
- közös anód,
- multiplex üzem lehetősége, - szabályozható fényerő,
- kompatibilis a TTL-áramkörökkel,
- egyszerű a szerelése (DIL tokozás esetén dugaszolható),
- széles választék.

GaAsP dióda (GaAsP DIODE, GALLIUM-ARSENIUM-PHOSPHID DIODE)

L.: GaAs dióda

GaP dióda (GaP DIODE, GALLIUM-PHOSPHID DIODE)

A látható színek tartományában két színt bocsát ki, a vöröset és a zöldet.

gate array chip (GATE ARRAY CHIP)

Egy lapkán nagyszámú szabályos elrendezésű alapkapt hoznak létre, amely "félkész" integrált áramkörként tekinthető. Az alapkapt megfelelő összekötésével a gate array chipen tetszőleges funkcionális egység alakítható ki. A szükséges összeköttetéseket egy maszk szerinti fémezéssel valósítják meg.

A gate array chipok kisebb sorozatnagyság esetén a berendezésorientált áramkörökhöz képest gazdaságosabb megoldást képviselnek.

germánium (GERMANIUM)

A germánium négyvegyértékű, alacsony olvadáspontú félvezető anyag; korábban a félvezető eszközök egyetlen alapanyaga volt.

golyós kötés (BALL BOND)

(Gömbös kötés) olyan termokompressziós kötés, melynél a kötetést létesítő (arany)huzal végét megolvasztják és az így képződött kis golyót kötik a kontaktózi fémezésre. Így megnő a kötés keresztmetszete, és a huzal merőlegesen áll a felületre.

Megjegyzés:

Félvezető eszközök csatlakozóinak kivezetésére használják. A kb. 25 μm átmérőjű aranyhuzalt kapillárison vezetik át, a végét hidrogénlánggal gömbbé olvasztják. A kb. 300 °C-ra felmelegített állványra szerelt félvezető eszköz, integrált áramkör adott területére nyomják a gömböt, ahol alumíniumarany kötés jön létre. Az aranyszálat ezután az átvezető homloklfelület fölé vezetik a kapillárisal és ékes kötetést létesítenek.

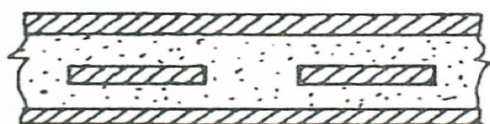
Hall-elem = Hall-generátor (HALLOTRON)

A Hall-jelenség alapján működő félvezető eszköz.

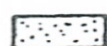
A Hall-jelenség: mágnestérben elhelyezett, villamos áram által átfolyt vezető vagy félvezető anyagú testben - ha a mágnestérnek van az áram folyásának irányára merőleges összetevője - az áramsűrűség a test keresztmetszetében megváltozik és feszültség-gradiens lép fel, melynek értéke a test valamely pontján $g = R [J \times H]$, ahol J az áramsűrűség vektora, H a térerősség vektora, R skalármennyiség a Hall-állandó, ennek értéke félvezető anyagnál lényegesen nagyobb, mint a fémeknél.

Megjegyzés:

A Hall-mozgékonyosság az anyag Hall-állandójának és fajlagos vezetőképességének szorzata.

hármassáv (TRIPLATE)

vezető anyag



szigetelő anyag

L.: mikroszalag-vezető

hátlap (BLACKPLANE)

Készülék dobozának vagy szekrényének a homloklappal ellentétes lapja. Elsősorban a tápfeszültség (hálózat) csatlakozója szokott a hátlapon lenni.

hátoldali rögzítés (FACE UP)

A lapkáknak az a rögzítési technikája, amelynél az eszközt hátoldalon rögzítik az állvány felületére. Az így készült eszközök kivezetéseit általában termokompressziós eljárással szerelik.

hibrid integrált áramkör (HYBRID INTEGRATED CIRCUIT)

Olyan integrált áramkör, amelynek elemei két vagy több különböző technológiai eljárással készülnek.

A hibrid integrált áramkörök aktív elemei főleg monolitikus technológiával készült diódák, tranzisztorok, integrált áramkörök stb. passzív elemei, általában vastag- vagy vékonyréteg-technológiával készülnek szigetelő alapon.

Megjegyzés:

A hibrid elem adott technológiával készült elemek közé utólag beépített, más technológiával készített elem. Hibrid integrált áramköröknél vékony- vagy vastagréteg-technikával készített vezető vagy ellenálláshálózatba beültetett egyéb (félvezető, kondenzátor, ellenállás stb.) elem.

H-MOS (High-performance MOS) = kiváló teljesítményű MOS. A H-MOS nagy elemsűrűségű Si-gate MOS.

Előnyös tulajdonságai:

- nagyobb sebesség,
- kisebb fogyasztás,
- alacsonyabb ár.

holografikus tár (HOLOGRAPHIC MEMORY, HOLOGRAPHIC MEMORY)

A tárban nagyfelbontású, fényérzékeny lemez tároló közegen az információt hologramok formájában rögzítik. A kiolvasás kis teljesítményű lézersugárral történik, ami a kívánt helyzetbe eltérítve áthalad a hologramon. A fénysugár jellemzői a tárolt bitmintának megfelelően megváltoznak, ebből bináris jelek sorozataként rekonstruálható a tárolt információ.

A holografikus tár még nem került kereskedelmi forgalomba.

hologram = holográfia (HOLOGRAM)

Egy filmfelületre felvett osztott kép, ami egy optikai interferenciát hoz létre a szétválasztott elektronsugár eredményeként.

A kép előállítható, fókuszálható szabad térben vagy képernyőn.

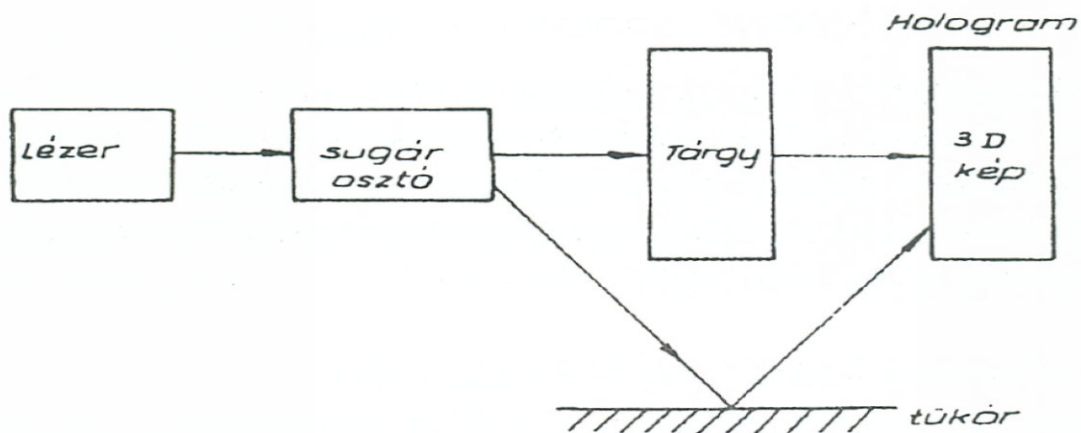
A hologramok különlegesen nagy sűrűségű adattárolásra alkalmasak. A képet lencse nélkül lézersugárral állítják elő.

A kép készítéséhez a lézersugarat két részre osztják, a lézersugár egyik felével a filmet, a másikkal az optikai ernyőt világítják meg.

A két részsugár optikai interferenciát hoz létre az általuk megvilágított filmen. Az ernyőn egy valóságos és képzeletbeli kép jön létre, amely optikai lencse nélkül látható.

Háromdimenziós kép előállítása lézersugárral.

Egy hologram előállításának blokkdiagramja.:



A lézersugarat két részre bontják. Egy része a fényérzékeny lapra vetül (a tükörből). A másik része a tárgyra és ugyanarra a fényérzékeny lapra vetül. A két sugár között interferencia lép fel az exponálólapon, amelynek hatására létrejön a hologram.

hordozó (SUBSTRATE)

1. Félvezető szeletnek az a darabja, amelyre félvezető eszközt vagy monolitikus integrált áramkört képeznek ki.
2. Szigetelő; általában kerámia- vagy üvegidom, melynek felületén passzív alkatrészt, illetve áramkört alakítanak ki.

hőnyomtatás (THERMAL PRINTING)

Olyan nyomtatási módszer, amelynél hőre érzékeny papírtekercsre nyomtatnak. A hőérzékeny papír 100-150°C feletti hő hatására megsötétedik.

hőnyomtató (THERMAL PRINTER)

Nem mechanikus elven működő nyomtató, amely különleges; hőre érzékeny papírt használ.

A mátrix megjelenítésű hőnyomtató a karaktereknek megfelelő mintázatot pontmátrix formában nyomtatja ki. A kinyomtatás hőérzékeny papírra betűként történik úgy, hogy a pontmátrixot alkotó huzalvégek közül azokat fűtik fel, amelyek a kívánt karaktert formázzák. Ahol a fűtött huzalvégek a hőérzékeny papírral érintkeznek, ott látható pontok keletkeznek.

A szegmensi megjelenítésű hőnyomtatónál a nyomtatási elemek (pl. a hétszegmenses kijelző szegmensei) megfelelő alakú és méretű ellenállások, melyek melegítő áramát - a kinyomtatandó írásjelnek megfelelően - vezérli a számítógép.

hullámforrasztás (WAVE SOLDERING)

Gépi forrasztó eljárás, amit a nyomtatott huzalozású kártyáknál alkalmaznak, ahol az összes forrasztási hely a kártyának ugyanazon az oldalán van. A hullámforrasztással egy munkamenetben a teljes felület összes csatlakoztatási pontját beforraszthatják.

A forrasztás úgy történik, hogy a hullámforrasztó berendezésben, a forrasztandó kártyát valamilyen módon előállított stabil forrasztóanyag-hullámon húzzák végig.

A hullám magasságát, hőmérsékletét automatikusan szabályozzák. A forrasztási sebesség változtatható. A hullámforrasztást megelőzően habhullám alakjában folyasztószer használatos.

huzalozott logika, vezérlés (HARDWIRED LOGIC)

Huzalozott vezérlésnél a vezérlőjeleket szekvenciális és kombinációs logikai áramkörökkel állítják elő, szemben a mikroprogramozott vezérlésekkel, ahol a vezérlőjeleket egy tárból (általában csak olvasható tár, ROM) olvassák ki. A huzalozott vezérlés jelentős hátránya, hogy a vezérlés bármilyen módosítása a vezérlés részleges vagy teljes áttervezését igényli. Ezzel szemben a mikroprogramozott vezérlésnél csupán a megfelelően módosított új tartalmat kell beírni a vezérlőtárba.

A huzalozott vezérlés előnye viszont a nagyobb sebesség, mivel a vezérlőjelek előállításához nincs szükség előzetesen egy tár kiolvasására.

Jelenleg igen egyszerű processzoroknál (pl. 18080) vagy igen gyors számítógépeknél (pl. vektorprocesszorok) használják.

hűtőborda (HEAT SINK)

A hűtendő táron kialakított, a környezetnek való hőleadást elősegítő, felületnövelő elem.

Az adott eszköz disszipációs teljesítményéből keletkező hőteljesítmény egy részét sugárzással és hővezetéssel átadja a környezetnek.



V.

fejezet

FÜGGELÉK

A tantárgyhoz tartozó video- anyag szövege



**A XX. századi elektronika óriás törpéi az integrált
áramkörök.**

Mikroszkopikus szerkezetük ellenére az elektronika területén jelentkező csaknem minden feladat ellátásra alkalmasak.

Az elektronika aktív elemei közül elsőként az elektroncső, majd a tranzisztor, ezt követően a hibrid, majd a monolitikus integrált áramkörök jöttek létre. A fejlődés folyamán a monolitikus áramköröknek két változata alakult ki: Az egyik az ún. bipoláris, a másik a MOS-rendszerű áramkör. Egy bipoláris áramkörben ugyanabban a szilícium kristályban hozzák létre a tranzisztorokat, kondenzátorokat és ellenállásokat. Megfigyelhető, hogy a P típusú kristályban N típusú anyag veszi körbe az egyes elemeket. A PN átmenet képezi a szigetelést az elemek között.

A tranzisztor a planáris technikánál megismerttel azonos szerkezetű azzal az eltéréssel, hogy itt a kollektorréteg is a bázissal és az emitterrel azonos felületen található.

A kondenzátornál az erősen adalékolt, jól vezető N^+ réteg az egyik fegyverzet, szilíciumdioxid a dielektrikum és a fémezés a másik fegyverzet.

Az ellenállások értékét a szigetelő N rétegben létrehozott P-réteg réteggellenállása és geometriai méretei határozzák meg.

A MOS áramkörök lényegében MOS-FET tranzisztorokból épülnek fel. Lehetnek P és N csatornás típusúak, attól függően, hogy csak lyukak vagy csak elektronok vesznek részt a vezetésben.

Vizsgáljuk meg leegyszerűsítve, milyen műveletekkel készül az áramkör. Első lépésként P típusú szilícium kristályra N-típusú epitaxiális réteget növesztenek. A felületet ezután oxidálják. Az oxidréteget fényérzékeny lakkal vonják be. Erre helyezik a kialakítandó ábrát hordozó maszkot és a lakkréteget megvilágítják.

Az ábrát előhívják, majd a diffúziót gátló szilíciumdioxid réteget a fedetlen helyekről lemaratják. A lakkréteget eltávolítják. A diffúzióval egy időben a felületen újabb szilíciumdioxid réteg is kialakul.

Az integrált áramkörök különböző típusainak gyártása egyaránt a tervezéssel kezdődik. A kapcsolási rajz elemeit a gyártástechnológiát is jól ismerő, nagy gyakorlattal rendelkező tervezők rajzolják át raszteres papírra. Ez szolgál alapul a nagypontosságú számítógépes rajzoló-program elkészítéséhez.

A számítógép rajzolja ki a különböző rétegek ábráit és az összeállítási rajzot is. Ezeken ellenőrzik a tervezőprogram helyességét.

A program alapján készített lyukszalag vezérli azt a számítógépet, amely geometriai alakzatok összefényképezésével elkészíti egy áramkör egy rétegének tízszeres nagyítású képét.

Az ábragenerátoron a felvétel fényérzékeny lakkal bevont krómrétegre készül, mert ezzel érhető el az itt megkövetelt pontosság, méretállandóság. A lakk előhívására és a krómréteg kimaradására programozható automata berendezés szolgál.

A tízszeres méretű áramköri ábrát az ugyancsak számítógéppel vezérelt léptető kamerába helyezik. A gép az ábrát lekicsinyíti és több százszor egymás mellé és alá nagypontossággal lefényképezi. Ez azért szükséges, mert a mintegy 50 mm átmérőjű szilícium szeleten egyidejűleg ennyi áramkör készülhet.

Így készül el minden réteg ún. mestermaszkja, ami jelentős szellemi munkát testesít meg, ezért nagy értéket képvisel. A mestermaszk sérülését elkerülendő, a gyártásban az erről készült másolatokat használják. A kész maszk méreteit és illeszthetőségét ellenőrzik.

A szilíciumszeletet a legtöbb áramkörgyártó készen vásárolja. Az egykristály gyártására külön iparág jött létre.

A szelet megmunkálásának első, és a későbbiekben többször ismétlődő művelete a vegyszeres és vizes mosás. A mosáskor különleges tisztaságú vegyszereket és vizet használnak.

Mint azt a makettnál láttuk, a P típusú szilícium kristályra N típusú, azonos kristályszerkezetű réteget növesztenek. Ebben alakulnak majd ki az áramkör elemei. A szeleteket grafittárcsára helyezik. A grafittárcsát nagy frekvenciás térrel felhevítik és a szeletekre szilícium-tetrakloridot tartalmazó hidrogéngázt áramoltatnak. Az izzó felületen a szilícium lecsapódik és kikristályosodik.

Az alapvető műveletek közé tartozik az oxidáció és a diffúzió. Ezek a folyamatok kvarckályhákban, magas hőmérsékleten játszódnak le. A szeleteknek viszonylag lassan és egyenletesen kell felmelegedni, ezért meghatározott sebességgel tolják be a kvarccsónakot. A folyamatok 900-1250 C^o fok között mennek végbe, pontosan szabályozott hőmérsékleten.

Oxidációnál oxigént vagy vízgőzt, az N-réteg létrehozásánál foszfor vagy arzén tartalmú gázokat áramoltatnak át a kemencén. P-típusú réteg készítésénél bór-üvegtárcsák közé helyezik a szeleteket. Felizzításkor ebből diffundál át a bór a szilíciumba.

A szeleteken az ábrák kialakítására különleges fotolitográfiai gépsor szolgál. Az első műveletben fényérzékeny lakkréteggel vonják be a szeleteket. A centrifugálás egyenletes rétegvastagságot eredményez. A bevonást szárítás követi. A szeleten lévő ábrára pontosan illeszteni kell a következő réteghez tartozó maszkot. Az illesztés után ultraibolya fénnel világítják meg a maszkon keresztül a lakkot. Megvilágítás után a lakk-képet előhívják, azaz a megvilágított részeket kioldják. Az egész műveletsor emberi kéz érintése nélkül, különlegesen tiszta atmoszférában megy végbe.

Ahol a felületet nem védi lakk, onnan marószerezrel az előző réteg eltávolítható. Ezzel nyitunk ablakot például a diffúzióknak. A rétegek maratását különféle savkeverékekkel, különleges munkavédelmi feltételek mellett hajtják végre.

Az összes említett műveletet dipoláris áramköröknél 8-10-szer, MOS-áramköröknél 6-8 alkalommal kell megismételni.

Korszerű eljárás az ún. ionimplantáció. Ezzel az eljárással nagy pontossággal juttathatunk idegen anyagokat a szilícium-kristályba. A szeleteket a célkamrába helyezik, ahová nagyfeszültségű térrel felgyorsított ionnyalábot irányítanak. Ionimplantációval olyan vékony rétegeket is elő lehet állítani, amire a diffúziós módszerek már nem alkalmasak.

A befejező műveletek közé tartozik a fémezés. A szeleteket bolygómozgást végző keretekbe helyezik. A művelet lépéseit egy kis számítógép memóriájába táplálják. Ez vezérli a folyamatot.

A nagy vákum elérése után tégelyben lévő alumíniumot elektronsugárral felizzítanak, és az így elpárologtatott fém csapódik a felületekre. Ezt a műveletet fotolitográfiai lépések és maratás követi.

A kész áramköröket még a szeleten mérőautomata minősíti, és a hibásakat festékekkel megjelöli. A szeleteket gyémánttárcsás vágógépen bevágják. A bevágott lemezt tördelik, majd a jó és rossz darabokat szétválogatják.

A kész áramkört állványra forrasztják. Forrasztóanyagként az arany bevonatból és a szilíciumból kialakuló ötvözet szolgál. Az áramkört nitrogénnel hűtik. A lapka kivezetéseit ultrahangos kötéssel 25 mikronos alumíniumhuzallal kötik az állvány átvezetéseihez.

A gyártás befejező művelete a tokozás. Használják fémüveg, műanyag és kerámiatokokat. Minden kész integrált áramkört mérő automatával minősítenek. A gyártástechnológia fejlődésével az integrált áramkörökben megvalósított elemek száma egyre növekszik. És ezzel arányosan nő az egy áramkörrel elvégezhető feladatok bonyolultsága is. Termelésük tömegessé vált, és ezzel részévé váltak mindennapi életünknek is.

IRODALOMJEGYZÉK

1. Burton, D., P. - Dexter, A. : Microprocessor System Handbook. Analog Devices Inc., USA, 1983.
2. Coffron, J., W. : Microprocessors Maintenance and Repair. ISBN 0-13-694273-3.
3. Darcy, L. - Boston, L. : Dictionary of Computer Terms. Simon and Schuster Inc., Cleveland, USA, 1988.
4. Evans, C. : The Mighty Micro. London, Kogan Page ISBN 0-575-027088
5. Hajdú István - Ripka Gábor: Hibrid integrált áramkörök. MK. Budapest, 1979.
6. Hilbrun, L. - Julish, P. M. : Microcomputers, Microprocessors Electronics Book Series. McGraw-Hill Co., London, 1991.
7. Hornby, A., A. : Oxford Advanced Learner's Dictionary. Oxford University Press, 1989. ISBN 0-19-431136-8.
8. Kovács Magda : Mikroelektronika - mikroszámítógép értelmező szótár. Budapest, 1993.
9. Kovács Magda : Egyszerűen a mikroszámítógépekről. Budapest, 1993.
10. Kovács Magda: Első lépés a mikroszámítógépek világába. Budapest, 1998.
11. Klingmann, E., E. : Microprocessor Systems Design. ISBN 0-13-581413-8.
12. Markó Imre: PC-k konfigurálása és installálása. A HARDWARE. Budapest, 1998.
13. Meadows, A., I. - Gordon, M. - Singleton, A.: Dictionary of New Information Technology. Kogan Page, London, 1989.
14. Mojzes Imre: Mikroelektronika és elektronikai technológia. Műszaki Könyvkiadó ISBN 963 1605485

15. Oleksy, J., E. : Microprocessors and Digital Computer Technique. ISBN 0-13-581116-3.
16. Osborne, A. : An Introduction to Microcomputers. Sybex, USA, 1994.
17. Simonyi Károly : A fizika kultúrtörténete. Gondolat Kiadó, Budapest, 1978.
18. Simonyi Károly: Elektronfizika. Tankönyvkiadó, Budapest, 1965.
19. Sippl, C., I. : Microcomputer Dictionary. Howard W. Sams Co. Inc., Indiana, USA, 1992.
20. Sloan, M., E. : Introduction to Mini and Microcomputers. ISBN 0-201-07290-4
21. Willis, J. - Miller, M. : Computer for Everybody. ISBN 0-918398-49-5.
22. Whitlock, Q. - Dean, Ch. : A Handbook of Computer Based Training. Kogan Page, London, ISBN 0-85038-557-1.
23. PentiumTM Processor User's Manual Volume 3; Architecture and Programming Manual. Intel, USA, 1993.

Nagykanizsa Vezető: *Németh Zoltán*
8800 Nagykanizsa, Ady Endre u. 74/a
Tel.: 06-93-312-383; 06-93-313-010/730; 06-30-9370-605;
Fax: 06-93-310-107; E-mail: nemethz.gdf@chello.hu

Nyíregyháza Vezető: *Méhész János*
4400 Nyíregyháza, Vasvári Pál u. 1.
Tel.: 06-42-406-844; 06-42-406-850; 06-20-3559-390;
Fax: 06-42-406-848; E-mail: Janos.Mehesz@chello.hu
Honlap: www.freeweb.hu/gdf-nyhz

Pápa Vezető: *Gerics Erzsébet*
8500 Pápa, Budai Nagy Antal u. 1.
Tel.: 06-89-311-297, 06-20-9583-058;
Tel/Fax: 06-89-311-297; E-mail: gerics@gege-comp.hu

Pécs Nyílt nap helye:
Zipernowsky Károly
Műszaki Szakközép isk. 48-as tér 2.
Vezető: *Kedves Vera*
7624 Pécs, Tiborc u. 38/c
Tel.: 06-72-213-412; Fax: 06-72-310-259;
E-mail: gdfpecs@axelero.hu

Pilisvörösvár Vezető: *Fűrész Tiborné*
2085 Pilisvörösvár, Szabadság u. 21.
Tel./Fax: 06-1-230-4376; E-mail: fureszt@axelero.hu
Honlap: www.extra.hu/gdfpilisvorosvar

Salgótarján Vezető: *dr. Agócs József*
3100 Salgótarján, Kossuth u. 8.
Tel.: 06-32-416-833; Fax: 06-32-317-420;
E-mail: jozsef.agocs@ncsszi.hu

Sátoraljaújhely **Szervezése Mátészalkán**
Vezető: *Tóth Józsefné*
4700 Mátészalka, Seregély u. 17/A.
Tel.: 06-47-326-583; 06-20-9743-125;
Tel./Fax: 06-44-417-889; E-mail: zbeata@freemail.hu

Siófok **Szervezése Székesfehérváron**
Vezető: *Róth Péter*
8000 Székesfehérvár, Mátyás király krt. 5.
Tel./Fax: 06-22-348-542; E-mail: roker@mail.alba.hu

Sopron Vezető: *dr. Molnár László*
9400 Sopron, Bajcsi-Zsilinszky u. 4.
Tel.: 06-99-518-182; 06-30-4112-941;
Fax: 06-99-518-259; E-mail: molnarl@fmk.nyme.hu

Szeged Vezető: *Malincsa János*
6720 Szeged, Kígyó u. 4.
Tel./Fax: 06-62-423-258,
E-mail: malincsa@mailbox.hu, gdfszeged@tvnetwork.hu
Honlap: www.gdfszeged.hu

Szekszárd Vezető: *Doszkocs László*
7100 Szekszárd, Rákóczi u. 70.
Tel.: 06-74-413-435; Fax: 06-74-419-541;
E-mail: gdf@kvantum.hu
Honlap: <http://gdf.kvantum.hu/>

Székesfehérvár Vezető: *Róth Péter*
8000 Székesfehérvár, Mátyás király krt. 5.
Tel./Fax: 06-22-348-542; E-mail: roker@mail.alba.hu

Szolnok Vezető: *Nyáry László*
5000 Solnok, Arany J. u. 4.
Tel.: 06-56-375-122; Fax: 06-56-511-262;
E-mail: titszol@externet.hu

Szombathely Nyílt nap helye:
POTE Szhelyi Képzési Kp. Jókai Mór u. 14.
Vezető: *Suri Judit*
9700 Szombathely, Kisfaludy u. 51.
Tel.: 06-94-501-894; Fax: 06-94-501-899;
E-mail: gdf_akt@flagnet.hu Honlap: www.flagnet.hu

Tatabánya Vezető: *Gimesi Lászlóné*
2800 Tatabánya, Vértanúk tere 13.
Tel./Fax: 06-34-510-460; Tel.: 06-34-510-461;
E-mail: gnkft@axelero.hu Honlap: www.gnkft.hu

Vác Vezető: *dr. Molnár Lajos*
2601 Vác, Konstantin tér 6.
Tel.: 06-27-317-077; Fax: 06-27-315-093;
E-mail: boronkay@vac.hu

Veszprém Vezető: *Nagyné László Mária*
8201 Veszprém, Egyetem u. 10.
Tel.: 06-88-422-022/4191; Fax: 06-88-429-671;
E-mail: laszlo@almos.vein.hu

Zalaegerszeg Vezető: *Dr. Sárváryné Kiss Katalin*
8900 Zalaegerszeg, Rákóczi u. 4-8.
Tel.: 06-92-311-229; Fax: 06-92-510-590;
E-mail: zeggdf@szam.hu

Határon túli központok:

Románia **Erdélyi központok szervezése Kolozsváron (Cluj-Napoca)** Vezető: *Dr. Selinger Sándor*
3400 Románia Kolozsvár (Cluj-Napoca),
str.: I. Budai Deleanu 64. Levélcím: OFP 5. CP 737
Tel./Fax: 00-40/2-64-431-841; E-mail: gdf@gdf.ro
Honlap: www.gdf.ro

Csíkszereda (Miercurea Ciuc)
Sepsiszentgyörgy (Sfântu-Gheorghe)
Székelyudvarhely (Odorheiu-Secuiesc)
Marosvásárhely (Târgu-Mureş)
Nagyvárad (Oradea)
Szatmárnémeti (Satu-Mare)

Jugoszlávia Szabadka Vezető: *Bóni László*
24000 Subotica Mosa Pijade 74. Jugoszlavija
Tel.: 00-381-24-546-067; 00-381-24-546-463;
Fax: 00-381-24-546-021; E-mail: imc@magnetron.co.yu

Szlovákia

Kassa (Košice) Vezető: *Samuelis László*
04001 Košice, Moyzesova 58., Slovenská Republika,
Tel.: 00-421-55-622-8126, Fax: 00-421-55-622-1043;
E-mail: samuelis@tuke.sk, jsamueli@kosice.upjs.sk
Honlap: www.teledom.sk

Diószeg Sládkovičovo Vezető: *Ladislav Spalek*
92521 Sládkovičovo, Fučíkova ul. 269. Slovenská Republika
Tel.: 00-421-31-788-1733; 00-421-31-788-1712;
Fax: 00-421-31-788-1710;
E-mail: ladislav.spalek@ivosr.sk, takacsatti@hotmail.com



GÁBOR DÉNES FŐISKOLA

MŰKÖDÉSI HELYEI

Budapest Informatikai Rendszerek Intézete:

Vezető: *Dr. Kovács Magda*
1037 Budapest, Bécsi út 324.
Információ

Tel.: 06-1-436-65-19; Fax: 06-1-436-65-28
Honlap: www.gdf.hu

Informatikai Alkalmazások Intézete:

Vezető: *Dr. Zárda Sarolta*
1115 Budapest, Etele út 68.
1139 Budapest, Frangepán u. 56.
Tanulmányi Osztály

Tel.: 06-1-203-02-83; 06-1-203-03-04/8900
E-mail: tanoszt@gdf.hu Honlap: www.gdf.hu

Baja Vezető: *Búcsú Lajos*

6500 Baja, Oltványi u. 14.

Tel./Fax: 06-79-426-427; E-mail: oktatas@fit.hu
Honlap: www.fit.hu

Balatonboglár Vezető: *Lakos István*

8630 Balatonboglár, Szabadság u. 41.

Tel.: 06-85-351-633; Tel./Fax: 06-85-351-316
E-mail: lakist@mathiasz.sulinet.hu
Honlap: www.extra.hu/balatonboglár

Békéscsaba Vezető: *Kovács Zoltánné*

5600 Békéscsaba, Andrássy u. 73/1.

Tel.: 06-66-448-385; 06-30-3552-039;
Fax: 06-66-448-385; E-mail: gdf-bkk@nap-szam.hu
Honlap: www.gdf-bkk-03.nap-szam.hu

Cegléd Vezető: *Sági Ferenc*

2700 Cegléd, Kossuth F.u. 32.

Tel.: 06-20-9575-958; 06-53-312-568;
Tel./Fax: 06-53-311-695; E-mail: sagif@infotars.hu
Honlap: www.extra.hu/gdf-cegled

Debrecen Vezető: *Kovács Jánosné*

4029 Debrecen, Maróthy Gy. u. 5-7.

Tel.: 06-52-418-660; Fax: 06-52-425-761;
E-mail: gdf@cts.hu

Dunaújváros Szervezése Székesfehérváron

Vezető: *Róth Péter*

8000 Székesfehérvár, Mátyás király krt. 5.

Tel./Fax: 06-22-348-542; E-mail: roker@mail.alba.hu

Eger Vezető: *Csathó Csaba*

3300 Eger, Széchenyi u. 58.

Tel.: 06-36-411-811; 06-30-9581-822;
Fax: 06-36-421-822; E-mail: sprinter@mail.agria.hu
Honlap: www.sprinter.agria.hu

Esztergom Vezető: *Fűrész Tiborné*

2500 Esztergom, Bánomi út 8.

Tel./Fax: 06-1-230-43-76; E-mail: fureszt@axelero.hu
Honlap: www.egominfo.hu/GDF

Érd Vezető: *Budai Csaba*

2030 Érd, Széchenyi tér 1.

Tel.: 06-20-9344-770; Fax: 06-1-283-76-84;
E-mail: budacsa@mail.datanet.hu

Gyöngyös Vezető: *Gerják István*

3200 Gyöngyös Körösi Csoma S. u. 9.

Tel./Fax: 06-37-303-683;
E-mail: gerjak@mail.datanet.hu, trivium@tvnetwork.hu

Győr Vezető: *Domonkos Gyuláné*

9023 Győr, Szabolcska M. u. 1/b.

Tel.: 06-96-526-900/113; Fax: 06-96-523-367
E-mail: gyulane.domonkos@gyor.szuv.hu

Hódmezővásárhely Vezető: *Gál József*

6800 Hódmezővásárhely, Szántó K. J. u. 64.

Tel.: 06-62-535-536; 06-30-3135-873;
Fax: 06-62-535-530; E-mail: imsuli@delfin.hu
Honlap: www.gdf.vasarhely.hu

Isaszeg Vezető: *Keresztúri Juszti*

2117 Isaszeg, Madách u. 1/a

Tel.: 06-28-496-206; 06-28-494-559;
Tel./Fax: 06-28-496-205 E-mail: gdfisa@mail.sziszi.hu

Kaposvár Vezető: *dr. Paál Jenő*

7400 Kaposvár, Guba S. u. 36-40.

Tel.: 06-82-314-155/147; Fax: 06-82-320-757;
E-mail: posane@atk.kaposvar.pate.hu

Kecskemét Vezető: *Pósfayné Bakota Éva*

6000 Kecskemét, Hunyadi János tér 2.

Tel.: 06-76-411-494; 06-20-9762-100; 06-20-9935-735;
Fax: 06-76-411-041; E-mail: gdfkecsk@axelero.hu

Keszthely Vezető: *dr. Vargáné Dugonics Rita*

8360 Keszthely, Deák F. u. 57.

Tel.: 06-83-312-330/262; 06-83-312-330/290;
Fax: 06-83-314-334; E-mail: vdr@georgikon.hu

Mátészalka Vezető: *Tóth Józsefné*

4700 Mátészalka, Seregély u. 17/A.

Tel.: 06-44-417-889; 06-20-9743-125;
Tel./Fax: 06-44-417-889;
E-mail: fic@okito.hu, tothne@okito.hu
Honlap: www.okito.hu

Miskolc Vezető: *Dr. Czap László*

3535 Miskolc, Árpád u. 2.

Tel./Fax: 06-46-414-429;
E-mail: czap@mazsola.iit.uni-miskolc.hu
Honlap: www.gdfm.hq.hu