

550.165

HÍRADÁS- TECHNIKA



A HÍRADÁS-
TECHNIKAI
TUDOMÁNYOS
EGYESÜLET
LAPJA

10

HÍRADÁS- TECHNIKA

1968. október XIX. évfolyam, 10. szám

A HÍRADÁSTECHNIKAI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET LAPJA

TARTALOM

SIMONFAI LÁSZLÓ: Integrált áramkörök és a felhasználó ipar	289
Diplomaterv-pályázat	292
MADAS ISTVÁN: A katasztrofális meghibásodás figyelembevétele a mikroelektronikus tervezésben	293
MAYER GÉZA: Integrált áramkörök számítógépekben	296
MAYER GÉZA: Integrált áramkörök előállításánál alkalmazott technológiák	299
BÓKA ANDRÁS-NÉ: Összefüggések négyszögletes hiszterézis hurkú ferritek kémiai összetétele és dinamikus tulajdonságai között	302
PILLER GYÖRGY: A keretrács előállításával kapcsolatos problémák	305
DR. TARNAY KÁLMÁN-SZÉKELY VLADIMIR: Az „egyenlő területek” szabálya	311
DR. TARNAY KÁLMÁN: MOS tranzisztorok vezérlőelektródaárama	312
DR. SZILÁGYI MIKLÓS-TIHANYI JENŐ: A MOS tranzisztorok struktúra analízise	313
VÉRTESY MIKLÓS-KORMÁNY TERÉZ: Epitaxiális rétegek illeszkedési hibáinak megfigyelése diffúzió után	315
A II. Országos Elektronikus Műszer- és Méréstechnikai Konferencia	318
Tartalmi összefoglalások	318
Обобщения	318
Zusammenfassungen	319
Résumés	319
Summaries	320

Szerkesztőség: BOGLÁR GYULA szerkesztő, SZÖLLŐSI GYÖRGYNÉ szerkesztőségi titkár, BALOGH PÁL, SÁRKÓZY GÉZA kandidátus és MAY PÉTER tudományos szerkesztők, FLESCH ISTVÁN, RUPPENTHAL PÉTER, VÁSÁRHELYI PÁL szerkesztőségi munkatársak. – A szerkesztőség címe: Budapest, V., Szabadság tér 5–6 III. em. 320. Telefon: 183-772 – A Híradástechnikai Tudományos Egyesület címe: Budapest, V., Szabadság tér 17. Telefon: 113-027

Szerkesztő bizottság tagjai: ALMÁSSY GYÖRGY kandidátus, BARTA ISTVÁN akadémikus, BATTISTIG GYÖRGY, BÍRÓ FERENC, BUDAI LAJOS, CZEGLÉDY GYÖRGY, ERDÉLYI JÁNOS kandidátus, GERGELY ÖDÖN, GIBER JÁNOS kandidátus, KATONA JÁNOS, a műszaki tudományok doktora, KÓMŰVES FRIGYES kandidátus, LAJKÓ SÁNDOR, MAGÓ KÁLMÁN, MAKÓ ZOLTÁN, NÁDAS TIBOR, POGÁNY KÁROLY, VALKÓ I. PÉTER, a műszaki tudományok doktora, VIG ISTVÁN

INDEX: 25.375

HÍRADÁSTECHNIKA

Kiadja a Lapkiadó Vállalat Budapest, VII., Lenin körút 9–11. Telefon: 221-285. Felelős kiadó: SALA SÁNDOR igazgató. Terjeszti a Magyar Posta. Előfizethető a Posta Központi Hírlapirodnál (Budapest, V., József nádor tér 1. Telefon: 180-850) vagy bármely postahivatalnál. Előfizetési díj: félévre 36 Ft, egész évre 72 Ft. Egyes szám ára: 6 Ft. Megjelenik havonta. Csekk számlaszám: egyéni 61,254, közületi 61,066 vagy átutalás MNB 8. sz. folyószámlájára. A folyóirat külföldre előfizethető: „KULTÚRA” P. O. B 149 Budapest 62.

68,1181 Egyetemi Nyomda, Budapest. Felelős vezető: JANKA GYULA igazgató

SIMONFAI LÁSZLÓ

Méréstechnikai Központi Kutató Laboratórium



Integrált áramkörök és a felhasználó ipar

ETO 621.3.049.7-111:621.382.334

Az integrált áramköröket ma már széleskörűen alkalmazzák a műszeripar, a híradástechnika és a szabályozástechnika minden területén. Ennek elsősorban gazdasági oka van, de egyéb szempontok sem hanyagolhatók el. Megállapítható, hogy az integrált áramkör megbízhatósága ugyanakkora, mint a diszkrét elemé. Mivel azonban egyetlen integrált áramkör nagyszámú diszkrét elemet helyettesít, így az egész berendezés megbízhatósága ugrásszerűen nő. A kisebb méretek következtében a nyomtatott lemezek felülete hatodrésztére, a berendezések térfogata harmadára csökken [1].

1966-ban a Control Engineering c. folyóirat szerkesztősége körkérdést intézett olvasóihoz, hogy milyen mértékben alkalmaznak jelenleg integrált áramköröket, illetve milyen terveik vannak ezek jövőbeni felhasználása tekintetében. A megkérdezettek 50%-a, ill. 45%-a alkalmaz digitális, ill. lineáris integrált áramköröket gyártásban, vagy tervezés alatt levő berendezéseiben [1].

Általános irányzatok

A felhasználó iparnak talán legnagyobb hatású trendje az integrált áramkörök gyors alkalmazásba vétele [2]. Integrált áramkörökkel egyre több feladat oldható meg, és az árak gyorsan csökkennek. Így két út látszik követhetőnek.

Az első útra lépő cégek nagy sorozatban gyártható, szabványos készülékeket gyártanak (pl. digitális voltmérők, frekvenciamérők stb.). Az integrált áramkörök nagymértékű felhasználása következtében ezek a berendezések olcsóbbak, kisebbek, megbízhatóbbak lesznek. Mivel az integrált áramkörök ára a berendezés árának nagy részét teszi ki, az iparág e szektorában a nagy vállalatok szerepe lesz elsődleges. A bonyolult, csoportos integrált áramkörök (LSI) megjelenése (kb. 1970) ezt a tendenciát csak erősíteni fogja, mert a komplex áramköröket csak nagy darabszám esetén érdemes a megrendelő kívánásai szerint kialakítani. A nagy félvezetőgyártó cégek máris átszervezték eladó hálózatukat, és föl-készültek arra, hogy a szabványosítható elektronikus

berendezések piacán komplex integrált áramköröket tartalmazó készülékekkel a régebbi gyártókat kiszorítsák. A nagy készülékgyártó cégek viszont berendezkednek az integrált áramkörök gyártására, hogy speciális igényeiket saját készítésű áramkörökkel elégítsék ki. Ebbe a csoportba tartozik pl. a Hewlett—Packard cég, amely eddig 4 speciális digitális áramkört fejlesztett ki [3], a Tektronix és a Beckman Instrument.

A másik út a speciális célú berendezéseket gyártó cégek számára lesz kedvező. Integrált áramköröket ezekben a berendezésekben is kiterjedten fognak alkalmazni. A gyártmányokat a feladatok újszerű megoldása, rendszertехnikai újítások fogják jellemezni és versenyképessé tenni. Következik tehát, hogy a második útra a kicsi, mozgékony, jó szellemi tőkájú vállalatok lépnek.

Az alkalmazási irányzatokról általánosságban a következőket lehet megállapítani:

a) A gazdaságosságtól függően lehetőleg maximális mértékben alkalmaznak integrált digitális áramköröket. Ezt elősegíti a hagyományos elemekből készült műszerek erkölcsi avulása és az integrált áramkörös berendezések — árban is realizálható — újdonságereje.

b) Az integrált áramkörök alkalmazása általában nemcsak egyszerű helyettesítést jelent, hanem a készüléket mind áramkörileg, mind rendszertехnikailag újratervezik.

c) Különös figyelmet fordítanak az analóg feladatok digitális megoldására, a digitális technika nagyarányú előretörése figyelhető meg.

Digitális integrált áramkörök ipari alkalmazása

Az utóbbi évek során kialakított digitális áramköri rendszerek közötti választás az alábbi szempontok alapján történhet:

Ha a tervezés fő szempontja az elérhető minimális ár, akkor RTL rendszert célszerű alkalmazni. A rendszer meglehetősen gyors (átlagos $t_p=12$ ns), hátránya azonban a kis zajtartalom (kb. 300 mV).

Mint hogy az EIVRT ezt a rendszert fogja gyártani, megfontolandó, hogy a rendszer hátrányos sajátosságai hogyan küszöbölhetők ki rendszertechnikai megoldásokkal.

Ha a 300 mV-os zajtartalék az adott alkalmazás szempontjából nem elegendő, de az olcsó ár továbbra is szempont, akkor DTL rendszer alkalmazandó (zajtartalék kb. 1 V, $t_p=25$ ns).

Amennyiben a tervezés fő szempontja a maximális sebesség, akkor TTL rendszert kell alkalmazni (zajtartalék kb. 1 V, $t_p=6-12$ ns).

Az újabban piacra került családok (Fairchild CCSL, Signetics DCL) lehetővé teszik, hogy a tervező az ár, a sebesség és a disszipáció szempontjait egyidejűleg figyelembe vegye, így valamennyi szempontból optimális konstrukciót dolgozzon ki.

Végül, ha a tervezés fő szempontja a nagy zajtartalék és az olcsó ár, akkor a választás a legutóbbi időben piacra került, nagy zajtartalékú rendszerekre esik. Ezek a rendszerek általában +12 V-os tápfeszültséggel működnek, zajtartalékuk 3-6 V.

Az 1. ábra a Motorola cég által gyártott és MHTL-nek (Motorola High Threshold Logic) nevezett rendszer alapáramkörét mutatja. A kapcsolás lényegében DTL jellegű, de az egyik szinteltoló diódát ellen-

állás, a bázisellenállást konstans áramú generátor helyettesíti. A tápfeszültség megnövelése megnöveli az áramgenerátor tranzisztor áramát, valamint a bázissal soros ellenálláson eső feszültséget. A tápfeszültség változtatásával tehát változtatni lehet az áramkör diszkriminációs szintjét, azaz a zajtartalékot.

Az AEG-Telefunken cég DTLZ néven Zener-diódás DTL rendszert fejlesztett ki. Mint az 1b ábrán látható, a szinteltoló diódát Zener-dióda helyettesíti. Konvencionális DTL rendszerekben a diódák által létrehozott szinteltolás — és így a zajtartalék is — kb. 1 V. A Zener-diódán ezzel szemben 6 V esik, a zajérzékenység ennek megfelelő mértékben megnő. Hátrányos, hogy a sebesség lecsökken, a disszipáció nagyobb lesz. Mindamellett ez a rendszer ipari alkalmazásra tökéletesen megfelel.

Az 1. táblázat a nagy zajtartalékú integrált áramkörök fő adatait foglalja össze [5], [6], [7].

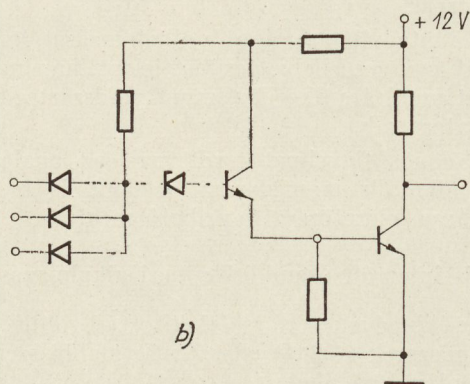
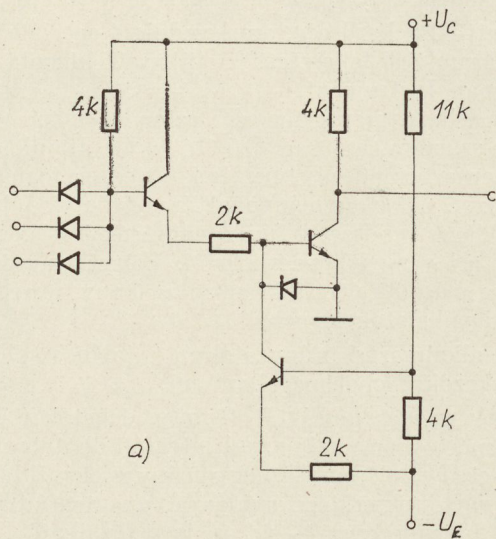
1. táblázat

Gyártó cég	Motorola	Amelco	Telefunken
Típusjelzés	MHTL*	HNIL**	DTLZ***
Tápfeszültség	+15 V	+12 V	+12 V
Késleltetési idő (maximális frekvencia)	(45MHz)	60 ns	0,5 μ s
Zajtartalék	6 V	3,3 V	4 V
Kimeneti terhelhetőség (fan-out)	10	5	10
Hőmérsékleti tart.	-30...+70 °C	0...+70 °C	-20...+100 °C 0...+75 °C
Tokozás	14 kiv. DIP	16 kiv. DIP epoxy	14 kiv. DIP

* MHTL=Motorola High Threshold Logic (Motorola nagy küszöbfeszültségű logikája)

** HNIL=High Noise Immunity Logic (Nagy zajérzékenységű logika)

*** DTLZ=Dioden - Transistor Logik mit Zener-effekt (Dióda-Transzistorlogika Zener-hatással)



H901-SL1

1. ábra. Nagy zajtartalékú logikai rendszerek alapelemei: a) Motorola MHTL NAND kapu, b) Telefunken DTLZ NAND kapu

A már említett közvéleménykutatás — egyebek között — az alábbi digitális alkalmazásokat említi:

- motorok sebességszabályozása,
- szerszámgépek numerikus vezérlése,
- digitál-analóg átalakítás,
- digitális óra (másodperc, perc, óra kijelzéssel),
- távmérés,
- nyomásmérés,
- felügyeleti szabályozás,
- szervomotorhajtás.

Lineáris integrált áramkörök ipari alkalmazása

A lineáris integrált áramkörök kifejlesztését eredetileg a digitális rendszereknek az analóg külvilággal való összekapcsolása tette szükségessé. Ennek megfelelően az analóg-digitál és digitál-analóg átalakítókhoz szükséges áramköröket alakították ki először. A technológiai korlátok és lehetőségek a fejlődést szükségszerűen a differenciálerősítő jellegű felépítés felé irányították. A 2. ábra igen nagy erősítésű ($A_u=1000$), kisdriftű (tipikusan $1 \mu V/C^\circ$) erősítőt mutat be, amely előnyösen alkalmazható pl. erőmérőcellákhoz való csatlakoztatásra.

Gazdaságosság

A hasonló specifikációjú diszkrét elemes áramkörhöz viszonyítva, a „flat pack” tokozású digitális áramkörök ára kb. 50–70%, az epoxy „dual-in-line” tokozásúaké pedig 50% alatt van [1]. Az ipari alkalmazásra szánt lineáris integrált áramkörök ára a hasonló diszkrét elemes áramkörök árának 20–60%-a, a közfogyasztású áramkörök esetében ez 100–150% [9].

Az integrált áramkörök ára lényeges, de nem egyedüli és döntő tényező abból a szempontból, hogy egy adott elektronikus berendezésben alkalmazzuk-e őket, vagy sem.

Az elektronikus berendezések ára [10] több részből tevődik össze:

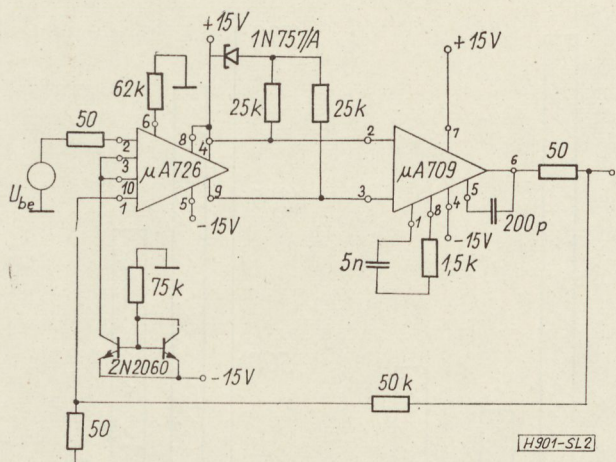
a) Tervezési költség, beleértve a kutatási és fejlesztési költségeket, valamint a prototípus tervezésének, a rajzok elkészítésének költségeit.

b) Gyártási költségek, beleértve a felszerszámozásnak, az alkatrészek beszerzésének, bevizsgálásának és szerelésének költségeit.

c) Folyamatos költségek, amelyekhez a teljesítményfelvétel, a rutinszerű karbantartás, a tartalékalkatrészek, a meghibásodás esetén fellépő állásidő költségei tartoznak.

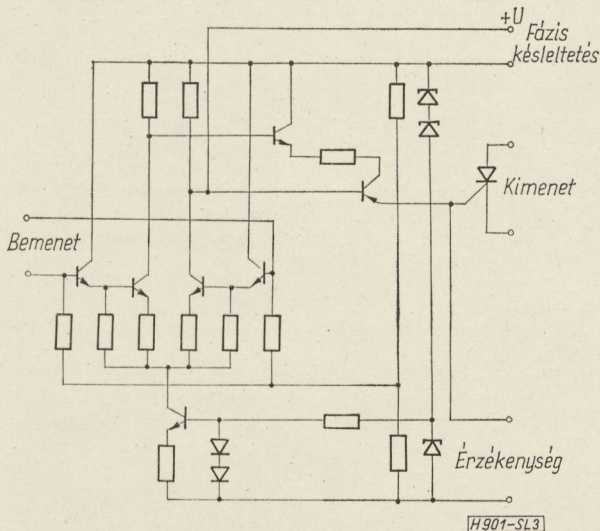
Elektronikus készülék integrált áramkörös kivitelének költségkihatásairól csak akkor kaphatunk reális képet, ha valamennyi költségösszetevőt figyelembe vesszük.

Kereskedelmi számítógép egy periférikus berendezését elkészítették diszkrét alkatrészekből és integrált áramkörökből. A 4. ábra a felhasznált alkatrészek számát, míg az 5. ábra az alkatrészáron kívül figyelembe veendő egyéb költség tényezőket és a teljes költséget hasonlítja össze. Az ábrákról leolvasható, hogy az integrált áramkörös megoldás alkatrészárban csak kevésbé előnyösebb, de a szerelési és bevizsgálási költségek, valamint az összköltség is jelentősen kisebb. Érdemes megjegyezni, hogy ezek az adatok 1964-ből származnak, és az alkatrészek árai azóta több mint 50%-kal csökkentek. Az egyedi példa alapján is levonható az az általános következtetés, hogy egy berendezés integrált áramkörös kivitelének



2. ábra. Kisdriftű, precíziós mérőerősítő Fairchild áramkörökből

Az integrált áramkörök teljesítményerősítésre is felhasználhatók. A Motorola cég MC 1554 jelű erősítőjének kimeneti teljesítménye 3 W. A Westinghouse cég WC 185 jelű áramköre (3. ábra) kisteljesítményű

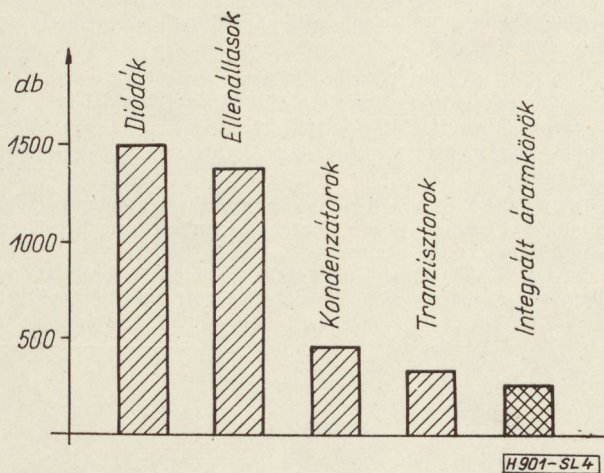


3. ábra. Tirisztort tartalmazó teljesítményáramkör

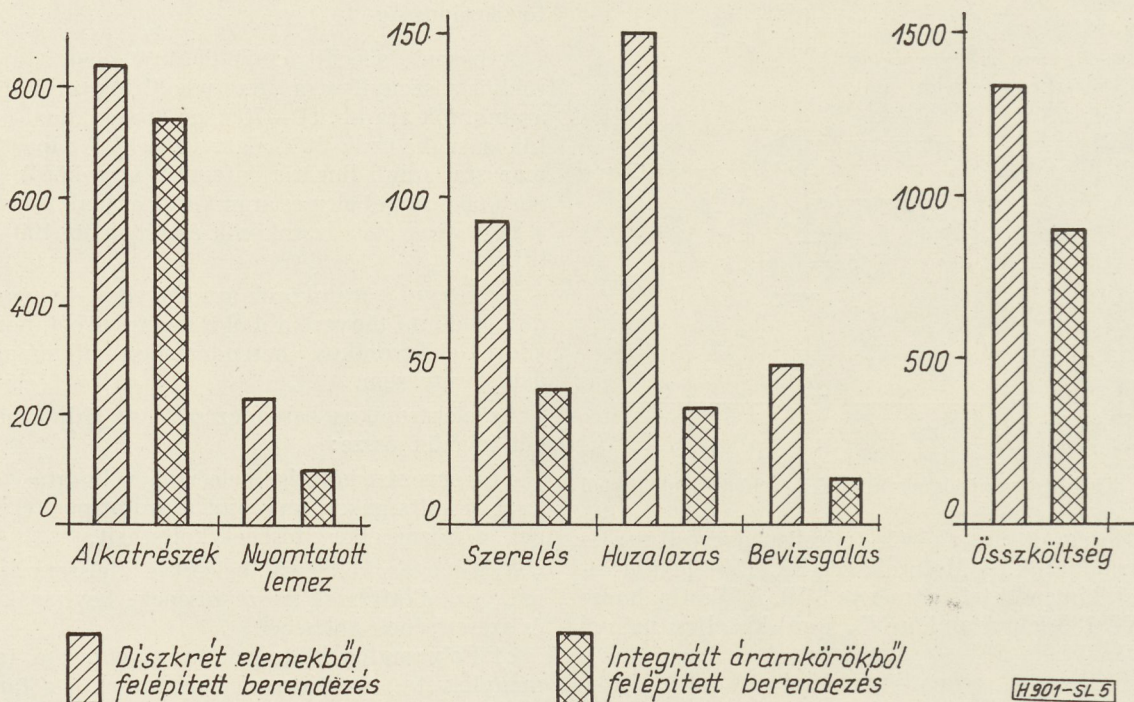
integrált tirisztort tartalmaz [8], amely azután külső, nagyteljesítményű tirisztort vezérelhet. Az áramkör bemenetén Darlington-kapcsolású differenciálerősítő pár helyezkedik el. A pnp tranzisztor a kimenethez szükséges szinttelolást hozza létre, míg a Zenerdiódák a differenciálerősítő tápfeszültségének kellő stabilitását biztosítják. Az áramkör az ipari szabályozás bármely területén alkalmazható, önmagában kb. 250 mA áramot szolgáltat.

A már említett közvéleménykutatás többek között az alábbi analóg alkalmazásokat említi:

- a műveleti erősítő miniatűr szabályozók számára,
- szervó előerősítő,
- hidak nullerősítője,
- érzékelő erősítő,
- rádiófrekvenciás detektor,
- középfrekvenciás erősítő és határoló,
- feszültségkomparátor.



4. ábra. Az alkatrészek számának összehasonlítása



5. ábra. Az alkatrészek árának, az egyes munkafázisok költségeinek, valamint az összköltségnek az összehasonlítása

elkészítése akkor is gazdaságos lehet, ha alkatrész-költségben egyáltalán nem, vagy csak minimális mértékben mutatkozik megtakarítás. A döntés természetesen minden esetben egyedi gondos mérlegelést kíván.

IRODALOM

1. Bailey, S. I.: IC Applications that pay off. Control Engineering, 1966. nov.
2. Brown, M. W.: How the North American instrument field will look in the seventies. Instrument Review, 1968. jan.
3. Barney, W.: Hewlett-Packard's do-it-yourself IC's. Electronics, 1967. jun. 26.
4. Zschimmer, G.: Digitale Einbauminstrumente mit Driftkompensation. Int. Elektronische Rundschau, 1967. szept.
5. Motorola cég hirdetése. Electronics, 1967. szept. 4. p. 51.
6. Amelco cég hirdetése. Electronics, 1967. jun. 26. p. 137.
7. Telefunken DTLZ adatlap
8. Integrating a silicon controlled rectifier. Electronics, 1967. aug. 21.
9. Design ingenuity is the key to success. Electronics, 1967. aug. 7.
10. Padwick, G. C.—Matthewman, R.: The economics of integrated circuits. Proceedings of the First Microelectronics Lecture Course, Oxford, 1965. p. 158.

DIPLOMATERV-PÁLYÁZAT

A Híradástechnikai Tudományos Egyesület pályázatot hirdet a Budapesti Műszaki Egyetem Villamosmérnöki Kar Híradástechnikai Szakán 1968-ban végző nappali hallgatók részére az alábbi feltételekkel:

1. A PÁLYÁZATON azok a hallgatók vehetnek részt, akik államvizsgájukat legkésőbb 1968. október 31-ig jeles vagy jó eredménnyel leteszik.
2. A PÁLYÁZATON való részvétel feltétele az egyesületi tagság.

A PÁLYÁZAT célja a legjobb diplomatervet kidolgozó és jó tanulmányi eredményt elért fiatal szakemberek megbecsülése és munkájuk külön jutalmazása. A PÁLYÁZATON való részvételi szándékot a hallgató az államvizsga alkalmával a vizsgáztató bizottságnak jelenti be.

Az illetékes tanszék a diplomaterveket a Híradástechnikai Tudományos Egyesületnek 1968. november 15-ig megküldi. Az elbírálás határideje: 1968. december 15.

A bírálóbizottság tagjai: elnökét és két tagját a HTE, további két tagját a BME Villamosmérnöki Kara jelöli ki.

PÁLYADÍJAK:	I. díj	1500 Ft.
	II. díj	1000 Ft.
	III. díj	800 Ft.

A jutalmakat az Egyesület ünnepélyes ülésén nyújtják át a nyerteseknek.

A nyertesek az Egyesületben diplomatervükről előadást tarthatnak és a témától és a kidolgozástól függően hosszabb vagy rövidebb tanulmányban számolhatnak be munkájukról lapunkban.

A katasztrofális meghibásodás figyelembevétele a mikroelektronikus tervezésben

ETO 519.2:621.38-181.4.004.63

A hagyományos technológiával készült félvezető áramkörök és rendszerek általános tervezési módszere a legkedvezőtlenebb esetre történő méretezés. Ennek segítségével elérjük, hogy a kiválasztott technológiával eleve megszabott kezdeti toleranciák és a használat következtében fellépő, zömben termikus hatások okozta degradáció miatt egy előírt időn belül (élettartam) ne legyen meghibásodás. Ez a méretezési módszer a katasztrofális meghibásodásokkal nem számol.

A mikroelektronika a kontaktusok számát nagymértékben csökkentette. A katasztrofális hibákat nagyobb részben a kontaktusok megszűnése okozza. Úgy tűnik tehát, hogy a katasztrofális meghibásodásokra a tervezésben továbbra nem kell tekintettel lennünk. Ez a megfontolás azonban két okból is helytelen.

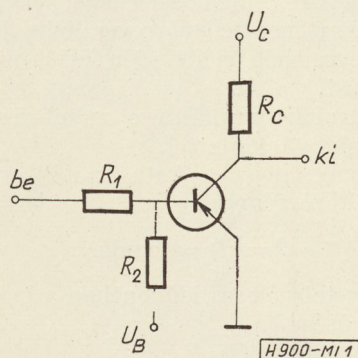
Egyrészt, a mikroelektronikában nagy gondot okoznak a termikus jelenségek. Az Arrhenius-törvény értelmében az élettartam a hőmérséklet növekedésével exponenciálisan csökken. Az üzemi hőmérséklet növekedése nemcsak a degradációt fokozza, hanem a katasztrofális meghibásodások mértékét jelző λ tényezőt is növeli. Döntő jelentőségűek ebből a szempontból az esetenként kialakuló, ún. forró pontok, melyek elkerülésére hűtőberendezéseket alkalmazhatunk. A hűtés tökéletesítése azonban az alapvető problémát nem oldja meg, a gyökeres megoldást kisteljesítményű integrált áramkörök kifejlesztésében kell keresnünk. Ez a problémakör az áramköri tervezést befolyásolja.

Másrészt, a berendezések egyre bonyolultabbak, így a kontaktusok jelentőségét nem hanyagolhatjuk el. A kontaktusok számának csökkenését az áramkörön belül ugyanis ellensúlyozza ezek növekedése áramkörön kívül. Ezenkívül, a követelmények a megbízhatóság növelését igénylik. Ez a témakör a rendszertervezést befolyásolja.

A termikus hatások tehát közvetve, a kontaktusok számának növekedése pedig közvetlenül indokolja azt a célkitűzést, hogy integrált logikai áramkörök tervezésében a katasztrofális meghibásodásokat is tekintetbe vegyük. Tanulmányunkban ezeket a kérdéseket taglaljuk. Az első rész az áramköri tervezéssel kapcsolatos termikus jelenségekkel, a második rész pedig a rendszertervezésre vonatkozó kontaktusproblémákkal foglalkozik. Utalni fogunk azokra a tervezési módszerekre, amelyekkel célkitűzéseink közvetlenül megvalósíthatók.

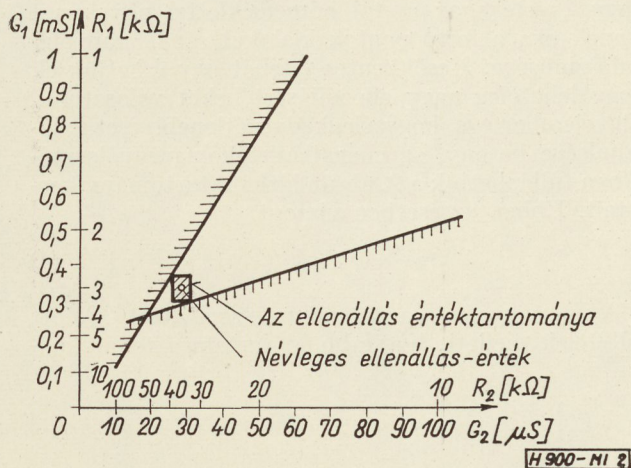
1. Áramköri vonatkozások

Megmutatjuk, hogy a termikus hatások mi módon vehetők figyelembe egy inverter bemenő körének tervezésében (1. ábra).



1. ábra. Tranzisztoros inverter

Leginkább elterjedt a legkedvezőtlenebb esetre történő tervezés. A módszer közismert, ezért az ismétlés elkerülése céljából csupán végeredményt közlünk R_1 és R_2 megválasztására, egy konkrét esetben (2. ábra). R_1 és R_2 értékeit a két egyenes által közrefogott tartományban választhatjuk meg. A toleranciák figyelembevételével pont helyett téglalapot kell a tartományban elhelyeznünk. Megjegyezzük,



2. ábra. Az inverter bemenő körű ellenállásainak szabad tartománya a legkedvezőtlenebb esetben

zük, hogy a tengelyek vezetési léptékben lineárisak, annak érdekében, hogy egyeneseket kapjunk hiperbolaágak helyett [1].

Az ellenállásértékek megválasztásánál a következő tényezőket kell figyelembe venni: 1. kis üzemi hőmérséklet nagy ellenállásértékek választását követeli, mert ez esetben a teljesítményszint kisebb lesz; 2. nagy ellenállásértékek választása viszont növeli a kialakítandó ellenállás-csíkok méreteit, az időállandót, másrészt szorosabbak a toleranciakövetelmények.

A probléma nagyobb jelentősége miatt továbbiakban a kis teljesítményszintű áramkörök tervezésével foglalkozunk. A költségtényező figyelembevételével kialakított technológia a toleranciakorlátokat megszabja. A félvezető alapú technológia lazább, a szigeteléalapú technológia szűkebb tűréshatárok megvalósítását teszi lehetővé.

A legkedvezőtlenebb esetre történő méretezés lehetővé teszi, hogy a technológia megszabta gyártási toleranciák és a hőmérsékletnövekedés vagy öregedés következtében fellépő reverzibilis, illetve irreverzibilis degradáció előírt időn belül ne okozzon meghibásodást.

A katasztrofális romlásra e méretezési módszer egyáltalán nincs tekintettel.

Feltételezzük, hogy a katasztrofális meghibásodásra vonatkozó tényező

$$\lambda = \lambda(t) = \text{állandó.} \quad (1)$$

Ekkor egy tetszőleges időpontban a helyes működés valószínűsége

$$P = P_0 e^{-\lambda t}. \quad (2)$$

A legkedvezőtlenebb esetre történő méretezés tehát biztosítja, hogy az üzembe helyezés pillanatában az összes áramkör hibátlan legyen, vagyis

$$P_0 = 1 \quad (3)$$

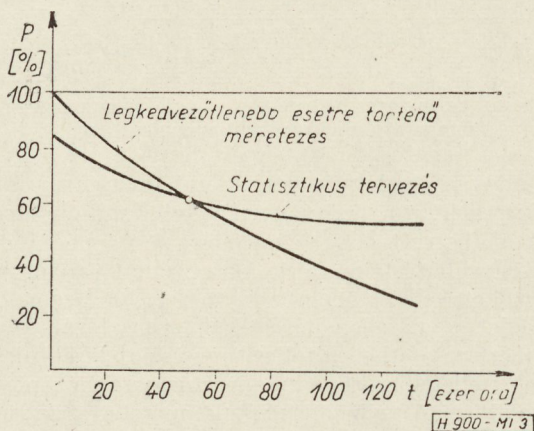
megvalósítását teszi lehetővé. Ezenkívül az élettartamon belül meghibásodást kizárólag katasztrofális mechanizmus okozhat. A λ meghibásodási tényezőre e módszer nem nyújt információt.

Tömeges megbízhatósági vizsgálatok bizonyítják, hogy λ értéke az üzemi hőmérséklettel növekszik. Ennek oka a forró pontok kialakulásának nagyobb valószínűsége. λ csökkentését tehát úgy érhetjük el, hogy lehetőleg nagy ellenállásértékeket választunk. Figyelembe véve, hogy a legkedvezőtlenebb eset valószínűsége kicsiny, az ellenállásértékek megválasztásában túlléphetjük a 2. ábrán látható tartomány korlátait. Ebben az esetben viszont

$$P_0 < 1 \quad (4)$$

lesz.

A viszonyokat a 3. ábra szemlélteti. Adott feltételek mellett, hosszabb időtartamra tehát ked-

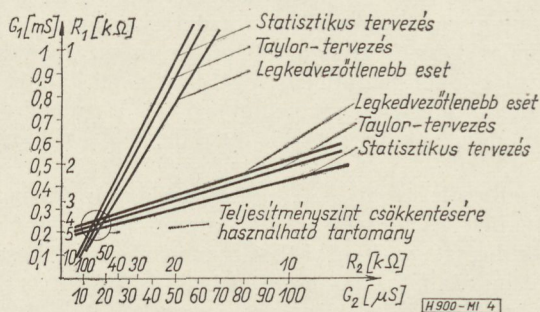


3. ábra. A helyes működés valószínűségének diagramja

vezőbb lehet várhatóan kisebb λ tényezővel rendelkező áramkör, annak ellenére, hogy tervezéskor feladtuk a $P_0=1$ értéket biztosító legkedvezőtlenebb esetre történő méretezést.

Több tanulmány mutatott be olyan módszereket, amelyek segítségével a $P_0=1$ feltétel tetszés szerinti pontossággal megközelíthető. Jól kezelhető módszert mutatott be Taylor [2]. Ennél tárgyilagosabb becslést nyújt a statisztikus módszerekkel dolgozó tervezés [3], [4].

A 4. ábra mutatja az R_1 és R_2 megválasztására megengedhető tartományt a legkedvezőtlenebb eset-



4. ábra. A szabad tartomány növelése különféle tervezési módszerekkel

nek megfelelő, Taylor- és a statisztikus tervezés szerint előírt élettartamra [5].

A statisztikus tervezésnél általában feltételezhető, hogy

$$\lambda = \lambda(t) = \text{állandó} \quad (5)$$

$$P = P_0 e^{-\lambda t} \text{ és} \quad (6)$$

$$T_m = T_k + WR\theta, \quad (7)$$

ahol T_m az üzemi hőmérséklet, T_k a környezeti hőmérséklet, W a teljesítményszint és R_θ a termikus ellenállás.

Feltételezhető az is, hogy az ellenállásértékek eloszlása normális eloszlásból két oldali selejtezéssel nyert ún. csonkított eloszlást mutat, vagyis egy sávban egyenletesnek tekinthető.

A tervezésnél szükség van R_θ , W , és T_2 , valamint az ellenállások hőmérsékleti együtthatóinak ismeretére. Ismernünk kell ezenkívül a λ tényező üzemi hőmérsékletfüggésére vonatkozó

$$\lambda = \lambda(T_m) \quad (8)$$

függvényt.

2. Rendszertervezési vonatkozások

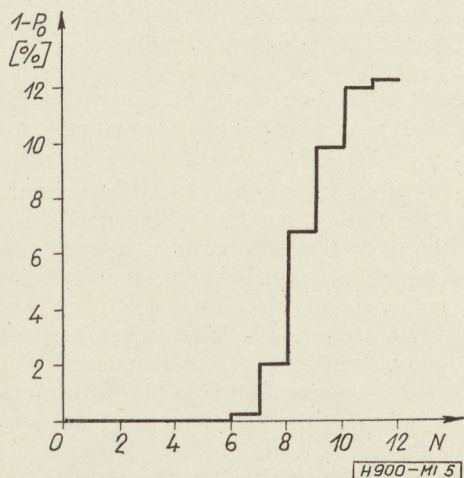
A rendszertervezési problémák a terhelhetőséggel függnek össze.

Az egy fokozatra maximálisan csatlakoztatható terhelő fokozatok N számát (fan out) általában ugyancsak a legkedvezőtlenebb esetek megfelelően veszik a terhelésnél figyelembe. Ebben az esetben igaz, hogy rendszervonatkozásban $P_0=1$.

Tapasztalati tény, hogy a legkedvezőtlenebb esetre kiadódó N terhelhetőséget egy-két fokozattal túllépve, kezdeti meghibásodás ugyan fellép, de még elviselhetően alacsony szinten. A helyes működés P_0

kezdeti valószínűségét a terhelő fokozatok számának függvényében tünteti fel az 5. ábra, egy adott esetben [5].

Másrészt viszont az egy berendezésen belül szükséges összes áramkörök száma hatványozottan csökken a terhelhetőség növekedésével.



5. ábra. A kezdeti meghibásodás a terhelés függvényében

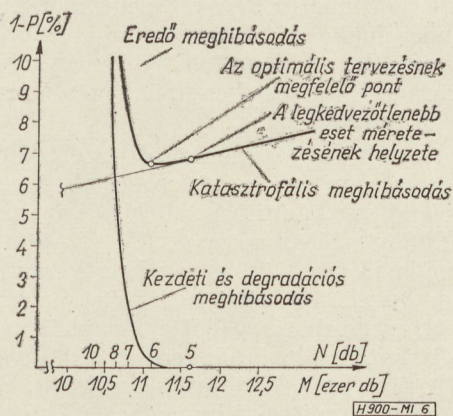
A rendszer eredő katasztrofális hibalehetőségét döntően a kontaktusok összes száma szabja meg. A rendszer helyes működésének valószínűsége

$$P_R = P^M, \quad (9)$$

ahol P az egyes áramkörök helyes működésének valószínűsége és M az alkalmazott áramkörök száma.

Ily módon, a legkedvezőtlenebb esetnek megfelelő N terhelhetőséget túllépve, a katasztrofális meghibásodás lehetőségét csökkenthetjük, némi kezdeti meghibásodás árán.

A viszonyokat a 6. ábra szemléleteti, amely egyrészt a rendszer katasztrofális meghibásodásának,



6. ábra. A meghibásodások és a bonyolultság összefüggése

másrészt a kezdeti toleranciák és a degradáció okozta meghibásodásoknak a valószínűségét tünteti fel a berendezésben alkalmazott áramkörök M számának (bonyolultság) függvényében.

Feltüntetjük a kétfajta meghibásodás lehetőségének összegét is.

A legkedvezőtlenebb esetnek megfelelő méretezés a kezdeti és degradációs hibák lehetőségét egy adott élettartamon belül kizárja. A katasztrofális meghibásodás a tervezés következtében adódik ki. A 6. ábra feltünteti a legkedvezőtlenebb esetnek megfelelő helyzetet.

Látható, hogy a legmegbízhatóbb tervek adatai nem esnek egybe a legkedvezőtlenebb eset következtében kiadódó adatokkal.

A Taylor-módszerrel jobban megközelíthetjük ezt az optimumot. Statisztikus módszerrel lehetőség van az optimális terv pontos kiválasztására.

Az optimális tervezést jellemző adatként megemlítjük, hogy ha a berendezésben alkalmazott áramkörök száma 10^4 nagyságrendű, akkor a terhelést eggyel nagyobbra választhatjuk, mint ami a legkedvezőtlenebb esetre történő tervezésnél egyébként kiadódik.

A T_m üzemi hőmérséklet:

$$T_m = T_k + WM \cdot R_\theta \quad \text{és} \quad (10)$$

$$P_R = P^M \quad (11)$$

Az ellenállásokra vonatkozóan itt is csonkított eloszlást tételezhetünk fel. A (10) és (11) egyenletben szereplő adatokon kívül a statisztikus tervhez szükség van az N terhelhetőség statisztikus hatásainak ismeretére (5. ábra). Tudnunk kell a rendszerre vonatkozó λ_R tényező függését a bonyolultságtól.

3. Összefoglalás

Integrált logikai áramkörök és belőlük felépített rendszerek tervezésében a legkedvezőtlenebb esetre történő méretezés nem fogadható el általános érvényűnek, mivel

1. a termikus hatások sokkal nagyobb szerephez jutnak,
2. a rendszerek egyre nagyobb bonyolultsága a kontaktusok számát legalábbis a korábbi szinten tartja, noha a kontaktusok száma az áramkörön belül nagymértékben csökken.

Ezek a körülmények a katasztrofális meghibásodás csökkentésére és ezzel együtt a megbízhatóság növelésére vonatkozó célok megvalósítását akadályozzák.

Figyelembevételükre viszont a legkedvezőtlenebb esetre történő méretezés nem nyújt lehetőséget.

Statisztikus módszerek jobb eredményre vezetnek. A számítások azonban bonyolultabbak és több adat ismeretét igénylik. A nehézségeket némileg csökkenti, hogy mód van számítógépprogramok felhasználására az események Monte-Carlo eljárással történő utánzásával.

IRODALOM

1. Jávör R.: Logikai áramkörök toleranciaszámítása. Diplomatervezés a Budapesti Műszaki Egyetem Vezetékes Híradástechnikai Tanszékén. 1967.
2. Taylor, N. E.: Designing for reliability. Proc. IRE 1957. No. 6. pp. 811–817.
3. Suran, J. J.: Effect of circuit resigo of system raliability. IRE Trans. on RQC, 1961. No. 1. pp. 12–18.
4. Becker, P. W. – Warr, R. E.: Reliability vs component, tolerances in mikroelectronic circuits. Proc. of IEEE 1963. No. 9. pp. 1202–1214.
5. Klötner, W. G.: Statistische Verfahren zur Analyse von Schaltungen, NTZ, 1965. Heft 12. pp. 639–693.

Integrált áramkörök számítógépekben

ETO 621.3.049.7-111:621.382.334:681.3

Az elektronikus számítógépek kb. 20 éve segítik az ember munkáját és ezalatt az idő alatt óriási fejlődésen mentek keresztül. A fejlesztés üteme napjainkban gyorsul, az integrált áramkörök alapvető változást okoznak a számítógép rendszertechnikájában, tervezésében, gyártásában, specifikációjában és alkalmazásában.

Az első elektroncsöves számítógépet 1946-ban, a pennsylvaniai egyetemen építették, melyet az „első generációs” gépek első példányának tekinthetünk. Ebben a munkában a magyar származású Neumann János is részt vett, aki meghatározta a legkorszerűbb számológépeknél még ma is érvényes alapelveket és elképzeléseket. Az első generációs számítógépek kivétel nélkül elektroncsöves felépítésűek voltak, az 1950-es évek elejéig mágnesdob memóriával rendelkeztek, majd később megjelentek a ferritmémóriák is. A közepes hozzáférési idő 10–1000 μ s volt, átlagosan 1000–5000 műveletet tudtak másodpercenként elvégezni. Általában tudományos és katonai célú számítások elvégzésére használták fel őket.

Az 1958–59-ben megjelent második generációs számítógépek tranzisztorokból épültek fel, az új áramkörök térfogata és áramfogyasztása tetemesen csökkent. A tranzisztorok eleinte germánium félvezető alapanyagból készültek, amit szilícium alapanyagú tranzisztorok váltottak fel.

A megépített számítógépek száma ugrásszerűen emelkedett, az adatfeldolgozási munkákat 1960-tól komoly felhasználási területnek és ezáltal kedvező piacnak tekintik. Kialakították az adatfeldolgozásnál ma is alkalmazott perifériális egységeket, amelyek az adatoknak különböző adathordozókról (lyukkártya, lyukszalag stb.) a számítógépbe való bevitelét; az eredmények kiírását (szalaglyukasztó, nyomtatók) biztosítják és lehetővé teszik a kétoldalú kezelőszemély-számítógépkapcsolat folyamatos fenn tartását. 1962-től a számítógépeket ipari folyamatok ellenőrzésére is használják, amely lényegesen kiszélesítette az alkalmazási területet.

Integrált áramkörös — harmadik generációjú — számítógépek

1966-ban megjelentek az első, bipoláris integrált áramköröket tartalmazó számítógépek — amelyeket a gyártó cégek „harmadik generációs” gépeknek neveznek. Általános jellemzőjük a fokozódó modulrendszerű felépítés és az egyre szélesebb körű felhasználási terület, ahol a közepes és kispénzű vásárlók kielégítése elsőrendű szempont. Kialakultak a számítógépcsaldók, ahol az általános célú nagyméretű, igen gyors, komplex számítógéptől (Sigma 7) az olcsó, speciális célú számítógépig (PDP-8I) és a hozzájuk csatlakoztatható nagyszámú perifériáig minden megtalálható. 1968-ban az USA-ban készülő

integrált áramkörök 20%-át számítógépekbe építik be, az integrált áramkörök átlagosan 5–80 elemet tartalmaznak.

A számítógépekben használt integrált digitális áramkörök tervezésének főbb irányvonalai a következők:

1. az áramkör csoportok statisztikai analízis segítségével történő vizsgálata elterjed;
2. az áramkör tervezés során a fő szempont nem az alkatelemek abszolút értéke, hanem azok egymáshoz való aránya;
3. a gyártástechnológia lehetőséget biztosít arra, hogy a geometriai méretek változtatásával az integrált alkatelem specifikációja is változzon és így speciális célokra optimális elemeket lehet gyártani;
4. a hangsúly az áramkör tulajdonságain és árán van és nem a felhasznált alkatelemek számán.

A tervezés alapkritériuma, hogy adott áramköri specifikáció mellett biztosítva legyen a megfelelő kinyerés is, amit számítógépes tervezéssel könnyít meg.

Az analóg integrált áramkörök legelső alkalmazása a memóriákhoz tartozó kiolvasó egységekben történt, ahova rendszerint differenciálerősítőt építettek be.

Jelenleg a periférikus berendezésekben található analóg egységeknek analóg integrált áramkörökkel való kiváltására történnek további erőfeszítések.

Az integrált áramkörökből felépülő számítógépek megbízhatósága jobb, mint a diszkrét elemekből felépített gépeké. A megnövekedett megbízhatóság alapvetően két tényezőnek köszönhető:

- egyetlen integrált áramkör nagyobb megbízhatóságú, mint a diszkrét elemekből felépített azonos funkciójú elem,
- az egyetlen tokban található nagyszámú alkatelem következtében csökken a külső összeköttetések száma.

A gyártott integrált áramkörök megbízhatóságának mérésére nagy összegeket fordítanak. A számítógépek működése során tapasztalt hibák analízise azt mutatta, hogy a hibáknak csak 20–25%-át adják a rosszul működő áramkörök és a helytelen vagy bizonytalan összekötés, ezért nem lehet az integrált áramkörök megbízhatóságából a komplett számítógép megbízhatóságára számszerű értéket megadni.

Az elkövetkező évek kilátásai és problémái. Csoportos integrált áramkörök (Large Scale Integration, LSI) alkalmazása.

Számítógépeknél a specifikációs tulajdonságok, az ár és a megbízhatóság növelésére fordított erőfeszítések megkönnyítik a csoportos integrált körök széles körű alkalmazását.

A legtöbb általános célú számítógép ma is a Neumann-elv alapján épül fel: egyetlen központi egység, amely egyetlen instruksorozatot hajt végre

sorosán, memóriaegység és a bemeneti és kimeneti perifériák. A Neumann-elv változatlanul hagyása mellett a modern számítógépekben megnövekedett a párhuzamos adatfeldolgozás jelentősége:

- az aritmetikai egységben az összeadó és szorzóművek párhuzamos adatfeldolgozási kapacitása nőtt,
- a gép utasításrendszere bővült, kialakították a speciális mikroprogramokat,
- megnövekedett azoknak az egységeknek a szerepe, amelyek a mikroprogramokat végrehajtják, az aritmetikai egységektől a logikai vezérlő egységekig.

Az előbb felsoroltakat úgy is fogalmazhatjuk, hogy a nagyobb teljesítmény elérése csak nagyobb hardware beépítésével lehetséges, melyet csoportos integrált áramkörökből előnyösen lehet kialakítani.

A rendszertechnika alapvetően módosul

A csoportos integrált áramkör technológia az áramkörök egységesítését biztosítja, amely a számítógép rendszertechnikájának alapvető változtatását vonja maga után. Ez érinti a tárolóelemek elhelyezését, a vezérlőegység felépítését, a központi egység bonyolultságának fokát, a perifériális egységek választékát és működésük önállóságát, és az egész rendszerben a hardware és a software viszonyát.

Kisméretű számítógépekben a hagyományos rendszertechnikai felépítés mellett csekély a lehetőség annak, hogy a léptetőregiszterek, számlálók, összeadóók csoportos integrált áramkörökből történő felépítése lényegesen javítsa a számítógép tulajdonságait, vagy csökkentse azok árát.

A nagykapacitású gépekben alkalmazott párhuzamos egységeket ésszerű csoportos integrált körökből felépíteni, de ez nemcsak egyszerű helyettesítést jelent.

Memóriák

Rendszertechnikai szempontból különbséget kell tennünk a hagyományos tárolók és az úgynevezett funkcionális tárolóelemek között, mint amilyen pl. a kiolvasó memória és a tartalom című asszociatív memória. Az asszociatív memória tartalmát nem az eddigi értelemben használt címezéssel kell lehívni, hanem egy névvel. Felépítése tárolóelemekből és nagyszámú egyéb logikai elemekből történik. Az asszociatív memória igen jó példa annak az illusztrálására, hogy hogyan helyettesíthető a software hardware-rel. A memóriák kialakítása során kevés eltérő típusú áramkört használnak fel, melyeket nagyon megbízhatóan lehet elkészíteni a megfelelő elrendezésben és számban csoportos integrált áramköri technológiával. Az így kialakított memóriák hozzáférésideje 50 ns nagyságrendjébe esik, teljesítmény igényük alacsony.

Központi egység

Legtöbb rendszerben a vezérlőegység és az aritmetika bonyolultsága a legnagyobb. Ezeket az egységeket, különösen a regisztereket modulszerűen lehet kialakítani, ügyelve a megfelelő szóhosszra. Az aritmetikai és vezérlőegység teljesen új rendszertechnikai megvalósítása a csoportos integrált áramkörökből felépíthető „programozható logikai elren-

dezés”, melynek lényege a következő: egyetlen szilícium lapocskán nagyszámú, teljesen azonos felépítésű, egymással speciálisan összekötött egységeket gyártanak. A gyártás után számológéppel ellenőrzetik az egyes sejteket és a vizsgálat eredményét a tervező részére kinyomtatják. A tervező ezután a felhasználható sejteket a speciálisan kialakított összeköttetések segítségével adott funkciók elvégzésére beprogramozza. Lehetőség nyílik arra, hogy két, teljesen azonos felépítésű csoportos integrált áramkört különböző funkciók ellátására programozzanak be. „A programozható logikai elrendezést” tartalmazó számítógépek felépítését, az aritmetikai egység nagyságát, a funkcionális tárolóelemek kapacitását egymáshoz való arányaiban átprogramozással változtatni lehet, ami a felhasználó részére azt jelenti, hogy olyan számítógép van a birtokában, amely igen sok feladat megoldására optimálisan alkalmas, gazdaságos. Ez a lehetőség a számítógép rendszertechnikájának tervezőjétől komoly, a hagyományos szemlélettől eltérő munkát igényel, mert tulajdonképpen a rendszer „szabadságfokának” száma növekedett meg.

A logikai elrendezés beállítása úgy történik, hogy a logikai fokozat megtervezése után lyukszalagról beadják az egyes cellák összeköttetését megszabó programot. A beprogramozás a szokásos koincidencia technikával történik. Pillanatnyilag az a hátránya, hogy az egyes cellákat lépésről lépésre lehet programozni, ami az előzetes programozási munkát bonyolítja, a cellák beprogramozása viszonylag hosszú időt vesz igénybe. Az 1970-es évek elejére várható, hogy ezek a problémák megoldódnak.

A második generációs számítógépek mikroprogram könyvtára hasonló célt valósít meg, mint a „programozható logikai elrendezés”, melynek legfontosabb előnye a csoportos integrált áramkörökből való igen gazdaságos megvalósíthatóság.

Perifériális egységek

A perifériális egységekkel kapcsolatban a csoportos integrált áramkörökkel olyan irányzat valósulhat meg, hogy a komplett rendszer bemeneti-kimeneti egységei ugyanannyi, vagy több digitális áramkört tartalmazzanak, mint az előzőekben tárgyalt központi vezérlőegység. Ennek az irányzatnak a megvalósulását gyorsítja az a tényező, hogy a mai modern komplett számítógépek árának kb. 70%-át a perifériális egységek teszik ki. A radikális árcsökkentési munka során több, diszkrét elemekből felépített analóg egységet fognak helyettesíteni integrált digitális áramkörrel. A mágnesszalagos memóriák olvasó fejének pozicionálását digitális integrált áramkörökből felépülő vezérlőegységekkel sikerült megvalósítani. A számítógépek és a perifériális egységek összeköttetési problémái azzal a rendszertechnikai változással fognak egyszerűsödni, hogy a perifériális egységek a számítógépektől sokkal függetlenebb, önállóbb, saját helyi vezérlőegységgel és az információ kismértékű átalakítását végző aritmetikai egységekkel is fognak rendelkezni.

Az elkövetkezendő esztendőkből előtérbe kerülnek a kezelőszemély-számítógép közötti kétoldalú információcserét megvalósító egységek. A számító-

gépek megfelelő rendszertechnikai felépítésével, és a katódsugárcsöves kijelzőnél közvetlenebb kapcsolatot biztosító perifériális egységekkel megvalósítható lesz az, hogy a számítógépet gyakorlatilag programozó személy beiktatása nélkül használják.

Software kiváltása hardware-rel

Nagykapacitású számítógépekben a következő funkciókat lehet software helyett hardware-al helyettesíteni:

- bizonyos utasítások (szorzás, osztás, léptetés, logikai, rendszerező),
- megszakítások, interrupt (bizonyos külső vagy belső körülmények együttes hatására ugrás utasítás),
- dinamikus tárolási rendszer (olyan hierarchikus felépítésű tárolóegységek komplexuma, melyek szükség esetén egymás funkcióját részben helyettesíthetik),
- tárolásvédelem (a nemkívánatos címzések ki-küszöbölése).

Csoportos integrált áramkörök segítségével ezeket a feladatokat kis és nagy számítógépekben hardware-rel valósíthatják meg. A csoportos integrált áramköröknek köszönhető nagyobb megbízhatóság miatt a hardware meghibásodásának jelzése és a meghibásodások hatására foganatosított védelmi intézkedések rendszere meg fog változni.

Teljesítmény

A számítógépekben a csoportos integrált áramköröket a késleltetési idő csökkentésére szorosan egymás mellé szerelik. A teljesítménysűrűség az 1970-es évek elejére várhatóan 60–200 mW/cm³-re növekszik, ami a mainál sokkal erőteljesebb, intenzívebb hűtést fog maga után vonni. A számológép összteljesítménye és így az elvezetendő összes hőmennyiség azonban lényegesen csökken, de igen kis helyre összpontosul.

Összefoglalóan megállapíthatjuk, hogy a csoportos integrált áramkörök várhatóan a következő hatással lesznek az elkövetkezendő esztendőkből a számítógépek felépítésére:

1. A memória és logikai egységek ára egyre csökken, ami azt eredményezi, hogy:
 - növekszik a párhuzamos működésű egységek száma,
 - hardware beépítése software helyett,
 - összetettebb vezérlőegység alkalmazása,
 - különböző hierarchiájú memóriák felhasználás (scratchpad, asszociatív),
 - az ember- számítógép csatlakoztatás megjavítása.
2. A megbízhatóbb működéshez több logikai egységet alkalmaznak:
 - majoritás-elv és redundáns kódok,
 - osztott logika a perifériális és vezérlőegység között, a hibák felismerésére és javítására,
 - elemek duplikálása.

A bipoláris eszközök komoly versenytársai az MOS integrált áramköröknek; 1970–71-ben az integrált áramkör piac több mint 25%-át MOS eszközök fogják adni [4]. Mai felhasználásuk a viszonylag kisebb sebességű (>100 ns), alacsony teljesítményigényű rendszerekben jelentős.

Általános tendenciák

A számítógépet előállító cégek összetételében és számában is változást hoz az integrált áramkörök széles körű alkalmazása. A mai nagy számítógépgyártó cégek (IBM, Univac, Burroughs) képesek lesznek arra, hogy flexibilis, óriásméretű számítógépeket is készítsenek és a számítógép családjaikat kiegészítsék egészen kisméretű, kikapacitású, integrált áramkörökből felépülő gépekkel. A számítógépgyártásban a nagy cégek mellett újak is fognak jelentkezni, elsősorban azok, amelyek megfelelő színvonalú, saját integrált áramkört gyártó bázissal rendelkeznek (Texas, Fairchild, Motorola). A számítógép-piacon egy új cég akkor lesz versenyképes, ha megfelelő tőkeerővel rendelkezik ahhoz, hogy az első év 10–20 számítógépének alkalmazásakor előforduló hibákat képes elhárítani, és a konstrukciót megfelelően kijavítani anélkül, hogy ezt a versenytársak és a vevők észrevennék. Elképzelhető, hogy a csoportos integrált áramkörök elterjedésével, az integrált elemek számának növekedésével az előbbi „piactörvény” megváltozik, mert ezek alkalmazásával elkerülhetők lesznek azok a nemkívánatos működéskombinációk, melyek a mai modern új számítógépek első példányaiban szinte kivétel nélkül előfordulnak (még az IBM 360-as rendszernél is).

Az elkövetkezendő 4–6 évben az amerikai légierő 10 000–20 000 új számítógépet kíván üzembe helyezni [5].

Az ilyen mértékű katonai rendelés elősegíti az egyre több csoportos integrált áramkört tartalmazó gyors, igen megbízható, kis teljesítményszükségletű, könnyen gyártható és vizsgálható, speciális perifériákkal ellátott számítógépek kifejlesztését, melyek rövid időn belül polgári kivitelben is megjelennek. A Texas 1968-ban szállítja az amerikai légierő részére az első csoportos integrált áramkört tartalmazó számítógépeit [5]. A fejlesztés végső célja lehet az egyetlen Si lapocska kialakított, 2–5000 áramkört tartalmazó digitális számítógép elkészítése. Ehhez könnyen csatlakoztatható lesz egy MOS integrált áramkörökből felépülő nagy teljesítményű memória, ami teljesen helyettesítheti a ma használatos ferritgyűrűs vagy mágnesszalagos memóriákat.

A számítógépeket gyártó cégek számának növekedése és a katonai rendelések fokozódása intenzívebb piaci versenyt fog eredményezni, amely mindenképpen a számítógépek árának csökkenéséhez vezet. A mai modern PDP-8I számítógéppel azonos specifikációjú, csoportos integrált áramköröket tartalmazó számítógépek ára 1972-ben várhatóan néhány ezer dollárra csökken.

A bipoláris és MOS csoportos integrált áramkörök elterjedése mellett várható, hogy egészen új fizikai elveken alapuló eszközöket fejlesztenek ki, melyek nemcsak egyszerűen helyettesítik az integrált áramköröket, hanem gyökeresen megváltoztatják a számítógépeknél alkalmazott eddigi rendszertechnikai elveket is. Az opto-elektronikus és térfogati hatáson alapuló (bulk effect) eszközök kutatása nagy erővel folyik, az első eredmények igen biztatóak. A bulk effect eszközök alkalmazásával lehetőség nyílna a biológiai rendszerek strukturális-funkcionális szer-

vezettségéhez hasonló számítógép építésére [6], amely új szemléletet és gyakorlatot jelentene az információelmélet minden ágában.

A számítógépek további felhasználásában két út kínálkozik:

1. Egyre nagyobb méretű és komplexebb gépek építése, az emberi képességeket egyre inkább meghaladó feladatok megoldására.

2. Egyre kisebb méretű olcsóbb számítógépek építése, melyek bevonulnak a mindennapi életbe, a háztartásokba és a közlekedési eszközökbe. A robbanómotoros gépkocsik karburátorában levő nagyszámú szabályozó szelep helyett egyetlen szelepet és egy kis számítógépet alkalmazhatnak. A jövő közlekedés eszközeiben az irányítás szerepét számítógépek veszik át az emberektől. A háztartásokban alkalmazott számítógépek sok fáradságos mun-

kától megkímélik a háziasszonyt. Az aktatáská nagyságú hordozható számítógépek az üzletemberek, közepes és felsőszintű irányító szakemberek nélkülözhetetlen segédeszközévé válhatnak, hasonlóképpen, mint ma a telefon.

I R O D A L O M

- 1, SDS Interface 11., 1967. SDS Inc.
2. R. A. HENLE. L. O. HILL: Integrated Computer Circuits — Past, Present, and Future. Proc. of. the IEEE 1966. dec. p. 1849—1860.
3. D. E. BREWER, G. V. PODVAZA.: Suitcase-size memory for longer space trips. Electronics 1967. nov. 13. p. 138—146.
4. Western firms banking on IC's, Electronics 1967. aug. 7. p. 155—160.
5. Airborne Computer set to take off, Electronics 1967. febr. 20. p. 203—208.
6. K. B. KARANDEIEV: Measurement and telemetry of living organism. IMEKO 1967. Varsó.

Integrált áramkörök előállításánál alkalmazott technológiák

ETO 621.3.049.7—111 : 621.382.334.002.2

Integrált áramkörök előállítására többféle technológia ismert. Célunk, hogy a főbb eljárások közötti alapvető különbségeket ismertessük. Az összehasonlítást táblázatos formában adjuk meg, ahol az áramkörökben használt alkatrészeket, mechanikai vázat, az alkatrészek egymástól elszigetelését, illetve az egymással való összekötés módozatát láthatjuk. A táblázatban a jobb összehasonlíthatóság érdekében feltüntetettük a nyomtatott áramkört is (1. táblázat).

Jelenleg a legtöbb áramkört félvezető alapúra készítik, különleges áramkörökhöz és kisebb sorozatú gyártásban használják a szigetelő alapú, illetve a hibrid technológiát. Ezek az áramkörök igen gyakran lineáris körök. A MOS technológia már a jövő csoportos integrált áramköreinek a technológiája.

A táblázathoz az ott szereplő számok alapján az alábbi kiegészítéseket tesszük.

1. A jelenlegi integrált áramkört technológiákkal

1. táblázat

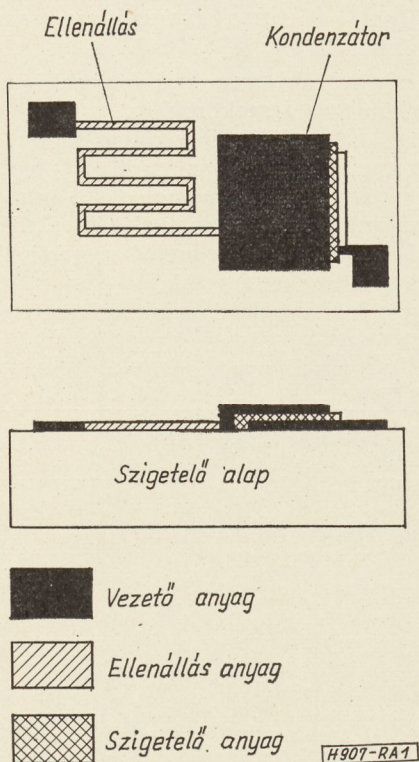
	Nyomtatott áramkör	Integrált áramkörök			
		Szigetelő alapú	Félvezető alapú	Hibrid	MOS
Mechanikai váz	Szigetelő alaplemez	Szigetelő alaplemez	Félvezető	Félvezető	Félvezető
Passzív alkatrészek	Egyedi alkatrészek	Az alaplemezre felvitt réteg vagy rétegek	A félvezetőben kialakítva	A SiO ₂ -öt, mint szigetelő alapot felhasználva, szigetelő alapú technológiával	A félvezetőben kialakítva
Aktív alkatrészek	Egyedi alkatrészek	Egyedi félvezető alkatrészek	Tranzisztor a félvezető alapon kialakítva	Tranzisztor a félvezető alapon kialakítva	MOS tranzisztor a félvezető alapon kialakítva
Szigetelés	Alaplemez	Alaplemez	Szembekapcsolt pn átmenetek. Az összekötéseknél SiO ₂	Szembekapcsolt pn átmenetek. Az összekötéseknél SiO ₂	Szembekapcsolt pn átmenetek. Az összekötéseknél SiO ₂
Összekötések	Réz fólia	Az alaplemezre felvitt vezetőréteg	A SiO ₂ -re felvitt vezetőréteg	A SiO ₂ -re felvitt vezetőréteg	A SiO ₂ -re felvitt vezetőréteg

nem lehet, vagy csak igen kis értékű induktivitást lehet előállítani. A megvalósított áramkörök ezért általában nem tartalmaznak induktivitást, vagy ha ez mégis elkerülhetetlen, akkor mint egyedi alkatrész építik be a teljes rendszerbe. Az ellenállások nagysága a felülettől függ, mivel a rétegvastagság az alkalmazott technológia jellemzője, így megadására a négyzetes ellenállás értéket (Ω/\square) használják.

2. A szigetelő alapú integrált áramköröket kétféle technológiával készítik, a vékony és vastag réteg eljárással. A két módszer között az anyag felviteli módjában van a különbség, így a felvitt rétegek vastagsága különböző.

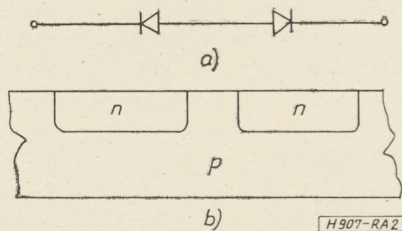
A vékony réteg technológiánál a felvitel valamilyen vákuum eljárással történik, a rétegvastagság így a μm -es tartományba esik. A vastag réteg technológiánál a felvitel nyomdai módszerrel, olcsóbb technológia alkalmazásával történik, a kapott réteg vastagsága a $100 \mu\text{m}$ -es tartományba esik.

Mindkét eljárásnál a felvitt anyagokat három csoportra lehet osztani, ellenállás anyag az ellenállás készítéséhez, vezető anyag az összekötésekhez és a kondenzátorok fegyverzeteihez, szigetelő anyag a kondenzátorok dielektrikumához (1. ábra).



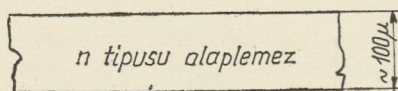
1. ábra. Vékonyréteg áramkör

3. Szembekapcsolt pn átmenetek segítségével alakíthatók ki a félvezető kristályban az egymástól elszigetelt részek (2a és b ábra). A 2b ábrán látható struktúra kialakítására két módszert használnak. A régebbi és technológiailag nehezebben tartható eljárás a keresztbe diffúzió (3. ábra). A korszerű és ma általánosan használt eljárás az epitaxiális növesztés és az ezt követő diffúzió után alakulnak ki az elszigetelt részek (4. ábra). A szembekapcsolt pn átmenetek szigetelési tulajdonsága szigorúbb köve-

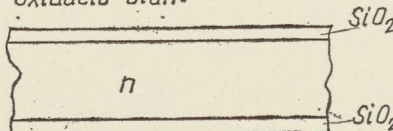


2. ábra. a) Két szembekapcsolt dióda, b) Félvezetőben kialakított elszigetelt területek

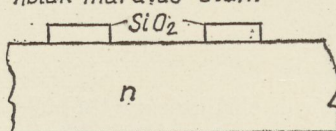
Kiindulási lemez:



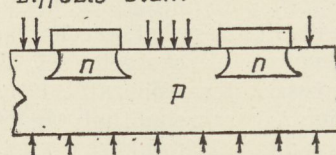
Oxidáció után:



Ablak maratás után:



Diffúzió után:

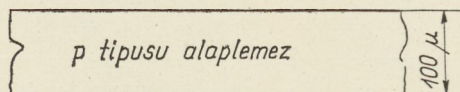


P típus szennyező diffúziója

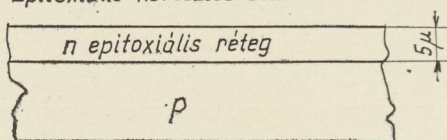
H907-RA 3

3. ábra. Szigetelés kialakítása keresztbe diffúzióval

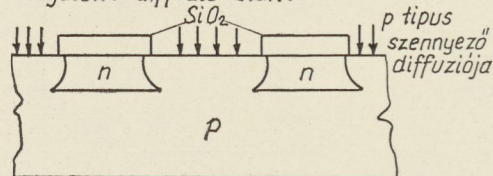
Kiindulási lemez:



Epitaxiális növesztés után:



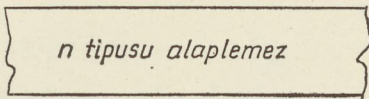
Szigetelés diffúzió után:



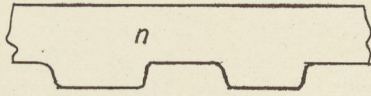
H907-RA 4

4. ábra. Szigetelés kialakítása epitaxiális réteggel és diffúzióval

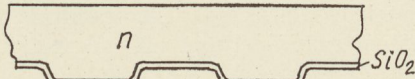
Kiindulási lemez: ..



Maratás után:



Oxidálás után:



Polikristály növesztése után:



Csiszolás után:

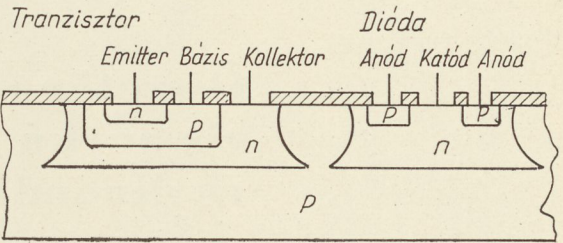


H907-RA 5

5. ábra. SiO_2 szigetelés kialakítása

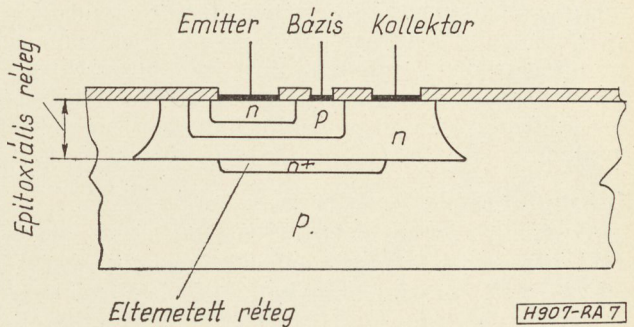
telmények esetén nem megfelelő, aránylag nagy a kapacitása, tíz pF körüli, míg az ezzel párhuzamosan kapcsolódó ellenállás néhány M Ω . Különleges áramkörök esetében, amikor a szigetelés fenti jellemzői nem megfelelőek, a SiO_2 -öt használják szigetelőnek. Passzív alkatrészeket hibrid eljárással készítenek, ekkor a félvezető felületén létrehozott SiO_2 -öt mint szigetelő alapot használják. Aktív alkatrészek esetén az 5. ábrán bemutatott technológiát használják, ez az eljárás azonban igen költséges.

4. Tranzisztorok előállítására az oxidmaszkos többszörös diffúziós eljárást alkalmazzák. A 6. ábrán bemutatunk egy elszigetelt területen kialakított tranzisztort. A 7. ábrán látható az ún. *eltemetett réteg*, amely a tranzisztor kollektorellenállását és a kapcsolási időket csökkenti. Ezt az epitaxiális növesztés előtti diffúzióval alakítják ki. Az epitaxiális növesztésnél az anyag gőz- vagy gázfázisból rakódik le az



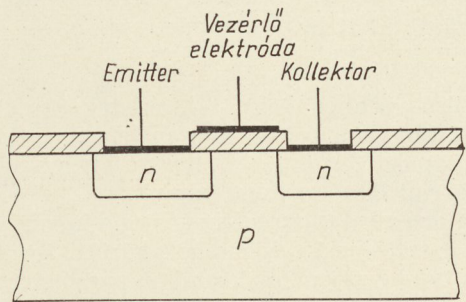
H907-RA 6

6. ábra. Félvezetőben kialakított diódák és tranzisztor



H907-RA 7

7. ábra. Eltemetett réteg



H907-RA 8

8. ábra. MOS tranzisztor

alaplemezre, azzal azonos kristályszerkezetben, a növesztett réteg szennyezése általában eltérő az alap szennyezésétől.

5. A MOS technológia aktív eszköze igen egyszerű felépítésű (8. ábra), ezért az ilyen technológiával készülő áramkör előállításához lényegesen kevesebb egymást követő technológiai lépést kell alkalmazni, mint az egyéb technológiáknál.

Ribényi András

Összefüggések négyszögletes hiszterézis hurkú ferritek kémiai összetétele és dinamikus tulajdonságai között*

ETO 621.318.13.681.327.6

A négyszögletes hiszterézis hurkú ferritek alkalmazása a digitális technikában az elmúlt másfél évtized alatt nagy fejlődést mutat. Az értékes áramkörü tulajdonságaik miatt elsősorban a különféle rendszerű adatfeldolgozó gépekben alkalmazzák. Elektronikus számítógépekben, automata hírközlőrendszerekben, telefonközpontokban, ipari automatikai vezérlőberendezésekben, valamint a haditechnikában használatosak.

1. Kitérített feladat ismertetése

Az elmúlt években a HAGY megbízása alapján a TKI mágneses laboratóriumában kidolgozásra kerültek $p=0,55$ zavarási aránynak megfelelő memória gyűrűk.

Az 1967. évi HAGY-TKI szerződés céljából tűzte ki a $p=0,61$ zavarási aránynál a jel/zaj > 3 ferritanyag és az ebből készült formatestek előállításának kidolgozását adott beíró áramnál.

2. Kísérletek leírása

Az előző években végzett kísérletek alapján (1) vizsgálat tárgyává tettük hogyan lehet a mágneses tulajdonságokat befolyásolni, hogy a kívánt paraméterekkel rendelkező anyagot kapjuk.

Összefüggéseket állapítottunk meg a kémiai összetétel és a statikus tulajdonságok között, továbbá a statikus tulajdonságok és dinamikus paraméterek között. Az elméleti és kísérleti tapasztalatok alapján már jobban meg tudjuk érteni és tervezni a négyszögletes hiszterézis hurkú ferritek számos tulajdonságát. Természetesen még sok felvetődött probléma tisztázása a következő évek feladata.

2.1 Kémiai összetétel kidolgozása

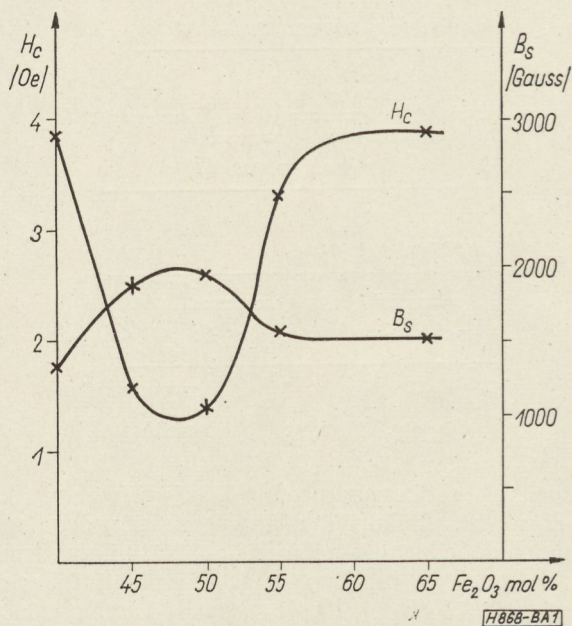
Ismeretes a koercitív erő és a beíró áram közötti összefüggés, mely szerint kisebb koercitív erőhöz alacsonyabb beíró áram tartozik.

Tekintettel arra, hogy a kidolgozásra kerülő anyagok meghatározott, alacsony beíró árammal kell rendelkeznie kísérleteinket aránylag alacsony koercitív erővel rendelkező összetétel intervallumra korlátoztuk.

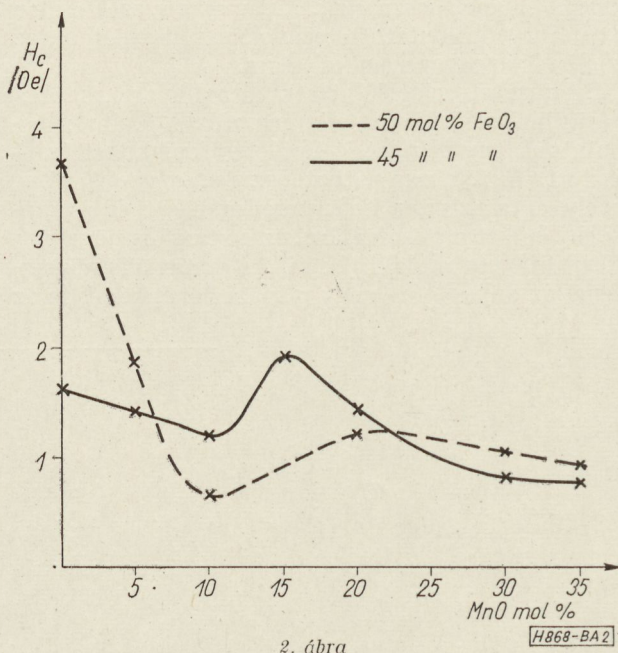
Kísérleti eredményeink azt mutatták, hogy MnO, MgO és Fe₂O₃ tartalmú ferriteknel a legalacsonyabb koercitív erő és a legmagasabb telítési indukció értékét 45–50 mol % Fe₂O₃-tartalomnál (1. ábra) és 30 mol %-nál magasabb MnO tartalomnál kaptuk (2. ábra).

Ennek megfelelően kiindulási összetételre 45 mol % Fe₂O₃, 35 mol % MnO, 20 mol % MgO-ot választottunk.

Ismeretes, hogy dV_z értéke (1) annál kisebb, minél nagyobb az anyag négyszögessége. Több szerző foglalkozik Li és Ni tartalmú négyszögletes hiszterézis hurkú ferritek előállításával. Úgy találták, hogy Li vagy Ni helyettesítésével nagyobb négyszögesség érhető el (2).

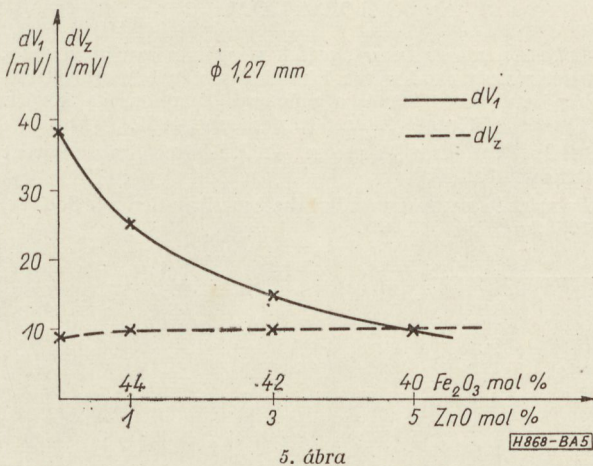
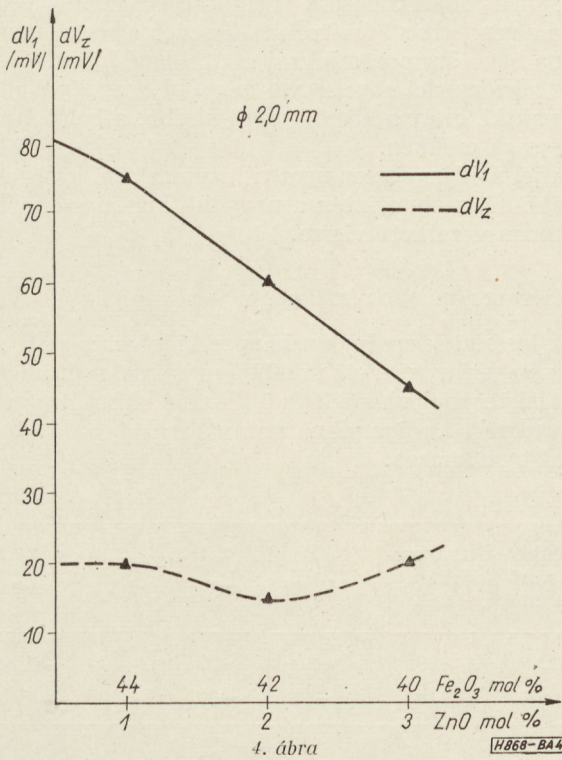
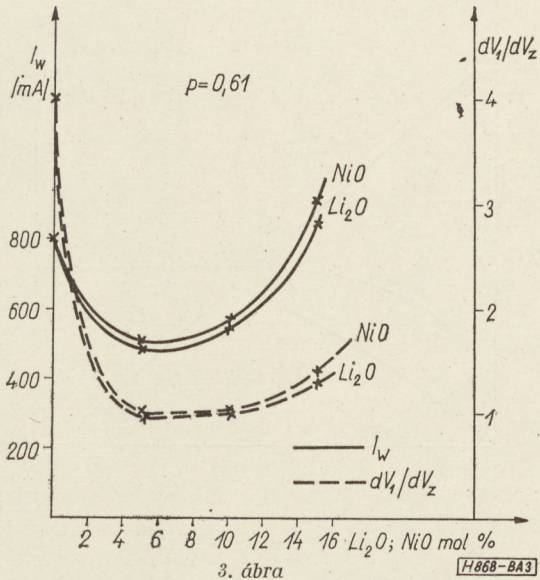


1. ábra



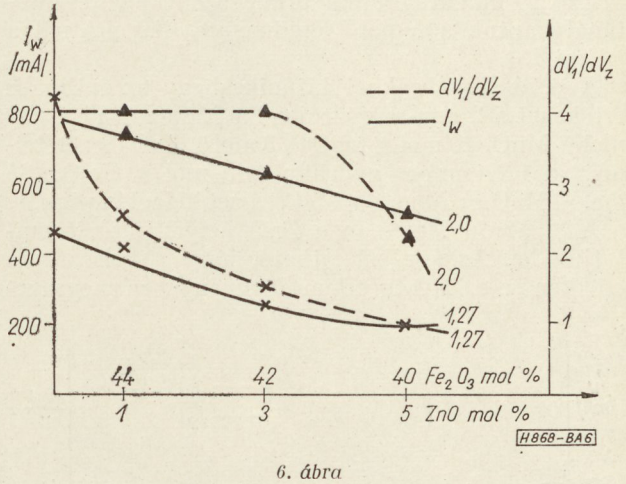
2. ábra

* A cikk 1968. februárban érkezett a szerkesztőséghez.



A 3. grafikonon az általunk vizsgált 45 mol % Fe_2O_3 , 35 mol % MnO (20-X) mol % MgO , X mol % Li_2O , vagy NiO függvényében a beíró áram nagyságát és a jel/zaj arányt tüntettük fel. 15 mol % NiO -tartalomnál a beíró áram 900 mA a dV_1/dV_z 1,4. 5 mol % NiO -tartalomnál a beíró áram 490 mA a dV_1/dV_z 1. Li_2O , illetve NiO beépítése nélkül a dV_1/dV_z 4, a beíró áram 800 mA.

A kísérleti anyagokat a szokásos ferrit technológiával állítottuk elő. A szilárd fázisban lejátszódó reak-

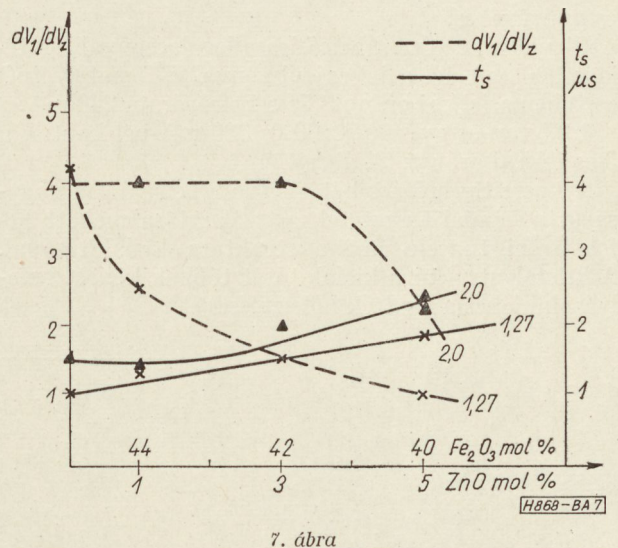


ció lefolyását levegő atmoszférában végeztük. A magas hőmérsékleten kialakult kristálystruktúrárt hirtelen lehűtéssel befagyasztottuk.

Az általunk használt technológiával az azonos mennyiségű Li_2O , vagy NiO helyettesítésével közel azonos eredményt kaptunk.

2.2 Zn ferritek

Ismeretes (3), hogy a koercitív erő csökkentése ZnO adagolásával érhető el. A beíró áram, ill. koercitív erő csökkentése érdekében a továbbiakban a Mg , vagy Fe_2O_3 mennyiségének egy részét helyettesítettük ZnO -dal.



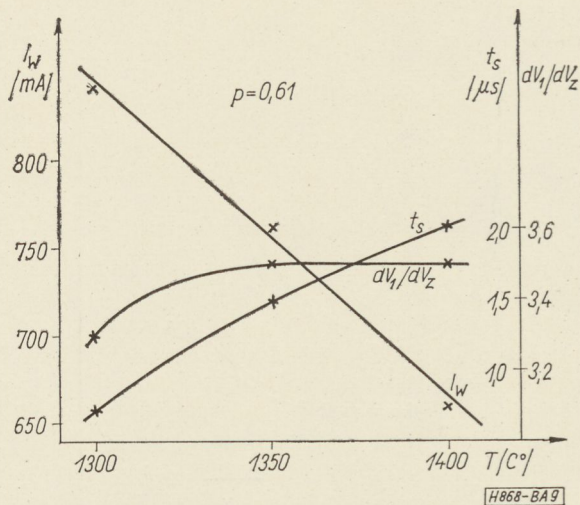
A 4. ábrán az Fe_2O_3 és ZnO-tartalom függvényében a dV_1 és dV_z értékeit ábrázoltuk 2 mm-es külső átmérőjű, az 5. ábrán az 1,27 mm külső átmérőjű gyűrűknél. Látható, hogy a ZnO-tartalom növelésével a dV_1 értéke mindkét geometriánál csökken, a dV_z lényegesen nem változik.

A görbéből látható, hogy a 2 mm átmérőjű gyűrűknél 3 mol % ZnO-nál dV_1/dV_z 4-nél a beíró áram 630 mA-ra csökken. A ZnO további növelésével a beíró áram csökkenését értük el, de ugyanakkor a dV_1/dV_z arány leromlott 2,25-re.

Az 1,27 mm átmérőjű gyűrűnél a ZnO mentes mintánál kaptuk a legjobb eredményt, 460 mA nál a jel/zaj 4.

A 6. és 7. ábrákból kitűnik, hogy az optimális értékeket a 2 mm-es gyűrűknél a 42 mol % Fe_2O_3 35 mol % MnO, 20 mol % MgO és 3 mol % ZnO összetétel-nél, az 1,27 mm-es gyűrűknél 45 mol % Fe_2O_3 , 35 mol % MnO és 20 mol % MgO összetétel-nél kapjuk.

A 8. ábrán MgO-ban a ZnO helyettesítését mutatjuk be. Az ábrából látható, hogy a beíró áram csökkenése a ZnO-tartalom függvényében megegye-



9. ábra

Ennek illusztrálására bemutatjuk a 9. ábrát, ahol a zsigorítás hőmérséklet-függvényében ábrázoltuk a beíró áramot, a jel/zaj és átbillenési időt.

A hőmérséklet növelésével nagyobb kristályok alakulnak ki, ezért a koercitív erő kisebb, a beíró áram nagysága csökken.

A jel/zaj lényegesen nem változik az átbillenési idő értéke nő, mely szintén a nagyobb kristályok kialakulására vezethető vissza.

3. Elért eredmények értékelése

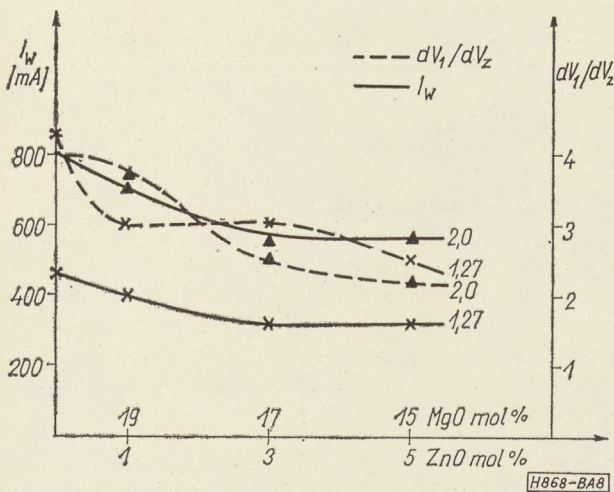
A kísérletek eredményeképpen kidolgoztuk 0,61-es zavarási arány mellett működő memória gyűrűk előállítás technológiáját 2 és 1,27 mm külső átmérőjű gyűrűknél. A dinamikus paramétereiket az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat

Külső átmérő mm	Átkapcsolási áram mA	dV_1/dV_z	dV_1 mV	dV_z mV	t_s msec.
1,27	400	> 3	> 27	< 9	< 1,3
2,00	640	> 3	> 60	< 20	< 1,9

IRODALOM

- Bóka Andrásné: Összefüggések vizsgálata a négyszögletes hiszterézis-hurkó ferritek kémiai összetétele kristálystruktúrájának alakítása és a mágneses tulajdonsága között. Távközlési Kutató Intézet Közleménye, 1965.
- Philip K. Baltzer, Princeton, N. J. United States Patent Office 3,034,897.
- Palmer, Johnson: Journal of the American Ceramic Society, 1958 aug.



8. ábra

zik azzal az esettel (6. ábra), amikor az Fe_2O_3 -at helyettesítettük a ZnO-dal, a 2 mm-es és az 1,27 mm-es gyűrűnél is.

Figyelembe véve a beíró áram legalacsonyabb értékeit 560 mA-nél a jel/zaj viszony 2,5-1 mol % ZnO esetében a jel/zaj arány 3,75 a beíró áram 240 mA.

1,27 mm-es gyűrűnél 400 és 320 mA-nél kaptuk a 3-as jel/zaj arányt (8. ábra).

A koercitív erő értékét, illetve a beíró áram nagyságát a kémiai összetétel megválasztása mellett befolyásolni tudjuk még a struktúra kialakításával. A kristálystruktúra kialakítását többek között befolyásolni lehet a ferritek hőkezelésével.

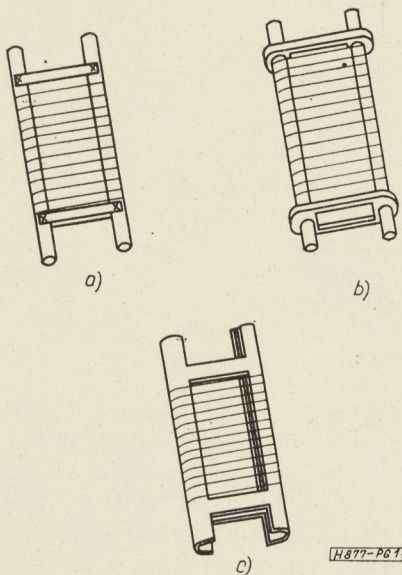
A keretrács előállításával kapcsolatos problémák

ETO: 621.3.032.24.001.6

A keretrács kifejlesztésének szükségességét az elektroncsővel, mint a modern elektronikus és készülékgyártó ipar egyik lényeges alkatrészével szemben támasztott egyre fokozódó követelmények hozták létre. Alapkísérleteit az 1940-es években a Bell laboratóriumban végezték el. A keretrácsos csövek tömeggyártása az 1950-es években kezdődött el világszerte. Mint technikai érdekességet említem meg, hogy a keretrács ősenek tekinthető üveggeretre tekercselt huzalból készült rácsot Langumir már 1916-ban szabadalmaztatott.

A keretrács alkalmazásának előnye a szélessávú erősítőknél a sáv szélesség-erősítés szorzat növelésében, nagyfrekvenciás erősítőknél a határfrekvencia felemelésében és az egy fokozatban elérhető nagymértékű erősítés növekedésében, végerősítő csöveknél pedig szintén az erősítés növelésében és az igen jó rácsfedés megvalósításával, a nagyon alacsony segédáram-anódáram viszony elérésében mutatkozott meg.

Jelentős javulást hozott ezenkívül a keretrácsok alkalmazása az elektroncsövek mikrofonijának javításában is. Ezen előnyök elérése érdekében a keretrácsnál szakítottak a hagyományos rácsok labilis felépítésével. A kedvező erősítési tulajdonságok érdekében alkalmazott 6–10 μm átmérőjű wolfram menethuzalt egy igen erős molibdén keretre tekercselik fel, mely megadja a keretrács mechanikai pontosságát és merevségét. A keretráccsal így pl. lehetővé vált a 25 $\mu\text{-os}$ katód-rács távolság megvalósítása is, mellyel a PC86, PC88 csöveket 800 MHz-es frekvenciáig lehet használni.



1. ábra. Az elektroncsőben használatos keretrácsok kiviteli formái; a) Gerincekből és keresztartókból összehegesztett kivitel; b) Gerincekből és sajtolt alkatrészekből összehegesztett kivitel; c) Lemezből hajlított kivitel

A fentiek alapján mondhatjuk, hogy a keretrács alkalmazása az elektroncső fejlesztésében az elmúlt évek legjelentősebb lépésének számít.

A keretrács néhány kiviteli formáját az 1. ábrán láthatjuk. Az „a” ábrán a gerincekből és keresztartóból összehegesztett kivitel van ábrázolva, a „b” ábrán egy sajtolt alkatrészekből és gerincekből összeállított kivitel, a „c” ábrán pedig egy lemezből hajlított kivitel látható. Ma kedvező tömeggyárthatósága miatt az „a” ábrának megfelelő kivitel terjedt el általánosan.

A keretrács nagy hőmérsékleten nagy igénybevételnek van kitéve, ezért a keret anyaga molibdén, a huzal pedig wolfram, mely fémek egyben eleget tesznek a vákuumtechnikai követelményeknek is. A keret előállítása kezdetben egyedileg történt sablonban való hegesztéssel. Ma a kerethegesztést félautomatán végezzük, mely rácskeretlétérát állít elő. A gerincek behelyezésén és a kész rácskeretlétérát kivételén kívül az összes műveleteket a gép automatikusan végzi.

Ezután a tekercselés művelete következik. Tekercselésnél két megoldás terjedt el. Az egyiknél a fonaltartó orsó a rács körül forog, míg az előtoló mozgást rendszerint a keret végzi, a másik megoldás szerint a keret forog és ebben az esetben rendszerint a huzalorsó végzi az előtoló mozgást.

Az első megoldás egyszerűbb keretmegfogási lehetőséget ad. A másik megoldás kedvezőbb a huzal fékezése, ill. a tekercselés dinamikus kompenzálása szempontjából.

A tekercselés kezdetben szintén egyedileg történt. Ma a tekercselést is félautomatán végezzük, mely a keretrácslétérát behelyezésén és a megtekercselt keretrácslétérát kivételén kívül mindent automatikusan véggez.

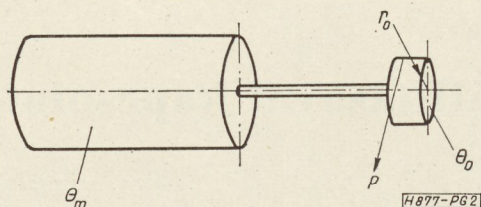
A huzallekötés történhet kézzel üvegszuspenzióval vagy az egész rácskeretlétérát hosszában ezüstszuspenzióval bekenő gumihengerrel. A menetörögítő anyag ráizzítása után a rácskeretlétérát darabolásra kerül. Ezután következik a menetvégek leszedése és a rácsok ellenőrzése mérethelyességre és huzalfeszességre, mint befejező művelet.

Ezek után rátérek a keretrácsok néhány olyan előállítási és méretezési problémájának ismertetésére, mely a keretrács sajátos felépítéséből fakad, és amelynek az elemzése és megoldása vezetett oda, hogy ma már nagy tömegben – a fent leírt félautomatikus megoldással – viszonylag olcsón és nagy megbízhatóságú kivitelben készülhetnek keretrácsaink.

A huzaltartó orsó átmérőjének meghatározása

Tekercseléskor a 2. ábra szerinti elrendezés esetén a huzalban az alábbi nagyságú húzóerő ébred:

$$P = \frac{1}{r_0} \alpha (\Theta_m + \Theta_0), \quad (1)$$



2. ábra. A fékezőmotor forgórésze és a húzaltartó orsó

ahol

P a húzóerő,
 r_0 az orsó sugara,
 $\Theta_m; \Theta_0$ a fékező motor és az orsó tehetetlenségi nyomatéka,
 $\ddot{\alpha}$ a szöggyorsulás.

Fenti egyenlethől Θ_0 -t részletesebben felírva:

$$\Theta_0 = \frac{1}{2} G_0 r_0^2; \quad G_0 = \frac{\pi b f_s}{g} r_0^2,$$

ahol

G_0 az orsó tömege,
 b az orsó szélessége,
 f_s az orsó fajsúlya,
 g a nehézségi gyorsulás.

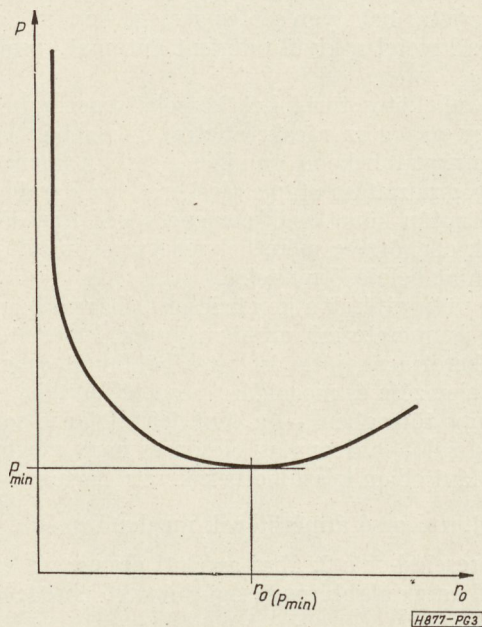
Tehát

$$\Theta_0 = \left(\frac{\pi}{2} b \frac{f_s}{g} \right) r_0^4 = C_0 r_0^4.$$

Visszahelyettesítve az (1) egyenletbe:

$$P = \ddot{\alpha} \left(\frac{\Theta_m}{r_0} + C_0 r_0^3 \right). \quad (2)$$

Ezen egyenletnek megfelelő diagramot és az elrendezési rajzot a 2. és 3. ábra mutatja.



3. ábra. A húzóerő változása adott fékezőmotor esetén, állandó szöggyorsulásnál, a húzaltartó orsó sugarának függvényében

Szélsőérték számítással meghatároztuk a függvény minimumát, mely a következő:

$$r_0(P_{\min}) = \sqrt[4]{\frac{\Theta_m}{3C_0}}. \quad (3)$$

Tehát az orsó átmérőjét célszerű ezen értékre választani annak érdekében, hogy adott körülmények között minimális rángatóerő vegye igénybe huzalunkat. Az MS 321 típusú Gamma fékezőmotor adatait és az $1,3 \text{ g/cm}^3$ orsó fajsúlyt behelyettesítve, a minimális rángatóerőhöz tartozó orsósugár a következő:

$$r_0(P_{\min}) = 0,865 \text{ cm},$$

mellyel a rángatóerő értéke:

$$P = 4,25 \cdot 10^{-3} \cdot \ddot{\alpha} \text{ (kg)}.$$

Az általunk alkalmazott orsósugár nagyon jól megközelíti ezt az értéket.

A tekereselőrendszer rezonanciapontjának meghatározása

A huzal rugalmassága, a fékmotor és az orsó tehetetlensége egy gerjesztett rezgőrendszert alkot, melynek rezonanciafrekvenciája elég távol kell eszen a tekerceslés frekvenciájától. Fenti jelenséget az alábbi differenciálegyenlet írja le:

$$\sigma = \frac{\Theta \ddot{\alpha}}{r_0 A} = \varepsilon E; \quad \varepsilon = \frac{r_0 \alpha_1}{a}; \quad \alpha = \alpha_1 + \alpha_2$$

$$\Theta \ddot{\alpha}_1 + r_0^2 \frac{AE}{a} \alpha_1 = -\Theta \ddot{\alpha}_2. \quad (4)$$

Ha ehhez még hozzávesszük a súrlódásból adódó csillapítást, akkor a tényleges jelenséget leíró differenciál egyenlethez jutottunk:

$$\Theta \ddot{\alpha}_1 + k \dot{\alpha}_1 + r_0^2 \frac{AE}{a} \alpha_1 = -\Theta \ddot{\alpha}_2 + k \dot{\alpha}_2, \quad (5)$$

ahol

- σ a huzalban ébredő feszültség,
- ε a huzal megnyúlása,
- E a huzal rugalmassági modulusa,
- Θ a fékezőmotor és az orsó tehetetlenségi nyomatékának összege,
- A a tekerceslőhuzal keresztmetszete,
- a az orsó középvonalától a keret középvonaláig terjedő távolság,
- α_1 az orsó szögelfordulása, melyet a huzal tekerceslés közben létrejövő megnyúlása idéz elő,
- α_2 az orsó szögelfordulása, melyet a keret szögelfordulása idéz elő (nyújthatatlan huzal esetén),
- α az orsó teljes szögelfordulása,
- r_0 az orsó sugara,
- k a csillapítási tényező,

Az (5) egyenletnek megfelelő diagramot különböző csillapítási tényezők esetén a 4. ábra mutatja.

Az (5) egyenletből a rendszer saját körfrekvenciája:

$$\nu = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{r_0^2 AE}{\Theta_a}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{AE}{a} \frac{r_0^2}{\Theta_m + C_0 r_0}} \quad [Hz]. \quad (6)$$

C_0 jelentését a (2) egyenletben már megadtuk.

A (6) képletből látható, hogy a -val fordítottan arányos a rezonanciafrekvencia, tehát a nagy rezonanciafrekvencia érdekében rövid keret-orsó távolság használata célszerű. A tekercselőorsó átmérőjének függvényében a rezonanciafrekvenciának maximuma van, melynek értéke:

$$r_0 = \sqrt[4]{\frac{\Theta_m}{C_0}} \quad (7)$$

-nél van.

Az EF 184 és PCL 200-as típusok esetében megvizsgálva a rezonanciafrekvenciát

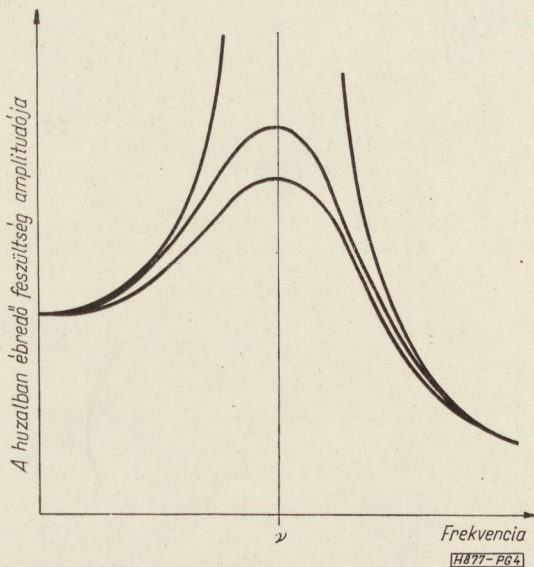
$$\begin{aligned} r_0 &= 7,5 \text{ mm}; a = 50 \text{ mm} \text{ esetén kapjuk.} \\ \text{EF 184} &= 36 \text{ Hz (huzal } \varnothing = 9\mu) \\ \text{PCL 200} &= 40 \text{ Hz (huzal } \varnothing = 11\mu) \end{aligned}$$

Tájékoztatásul: $1000 \text{ ford/p} = 16,7 \text{ Hz}$.

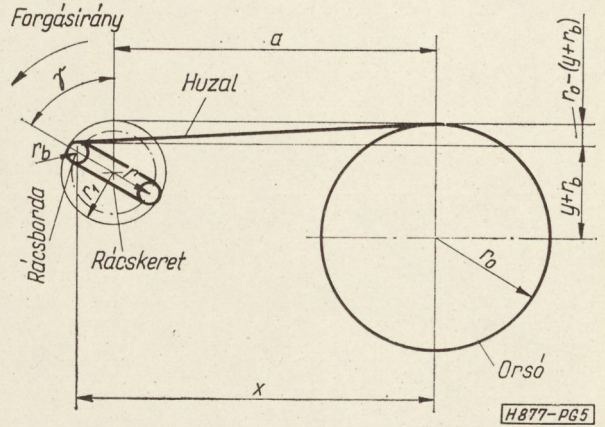
Fentiekből látható, hogy a fordulatszámmal a rezonancia jelensége miatt nem célszerű 1000 ford./p fölé menni.

A huzaltekereselés közben fellépő feszültségek meghatározása

A huzalban ébredő feszültségek számításához először a huzal út, sebesség és gyorsulás diagramjait határozzuk meg. A számítást az 5. ábra szerint azzal az elhanyagolással végezzük, hogy a huzal mindig az orsó nulla szögétől a borda nulla szögéhez érkezik. Ez azt jelenti, hogy az orsón, ill. a gerincen levő köríveket egyenesekkel helyettesíthetjük, ami, tekintve, hogy néhány fokos szögekről van szó, csak csekély elhanyagolást jelent és a kifejezéseket nagymértékben leegyszerűsíti.



4. ábra. A fékezőmotor, huzaltartó orsó és a huzal rugalmassága által alkotott gerjesztett rezgőrendszer rezonancia-görbéi különböző csillapítások esetén



5. ábra. A számítás alapjául szolgáló rácskeret-huzaltartó orsó tekercselési elrendezése

Az út kifejezése:

$$s = \sqrt{a^2 + 2r^2 + 2ar \sin \gamma - 2r^2 \cos \gamma} + r_0 \gamma - a \quad (8)$$

A sebesség kifejezése:

$$\begin{aligned} \dot{s} &= (a^2 + 2r^2 + 2ar \sin \gamma - 2r^2 \cos \gamma)^{-\frac{1}{2}} \cdot \\ &\cdot (ar \cos \gamma + r^2 \sin \gamma) + r_0 \end{aligned} \quad (9)$$

A gyorsulás kifejezése:

$$\begin{aligned} \ddot{s} &= -(a^2 + 2r^2 + 2ar \sin \gamma - 2r^2 \cos \gamma)^{-\frac{3}{2}} \cdot \\ &\cdot (ar \cos \gamma + r^2 \sin \gamma)^2 + \\ &+ (a^2 + 2r^2 + 2ar \sin \gamma - 2r^2 \cos \gamma)^{-\frac{1}{2}} \cdot \\ &\cdot (-ar \sin \gamma + r^2 \cos \gamma) \end{aligned} \quad (10)$$

A kifejezésekben levő jelöléseket az 5. ábra tartalmazza. A kifejezéseknek megfelelő diagramok pedig a 6a, 6b és 6c ábrákon láthatók.

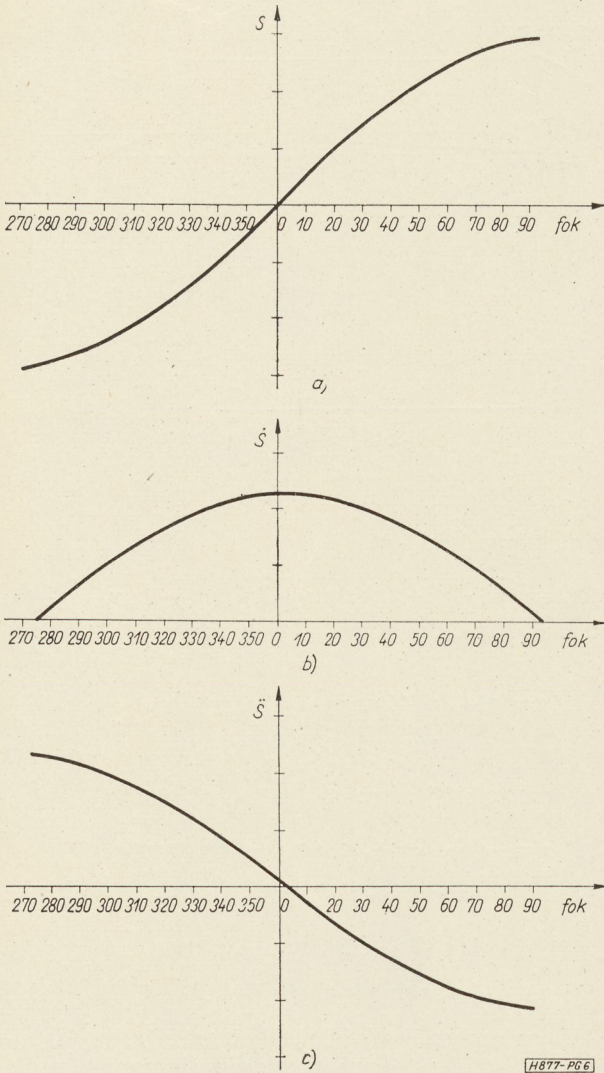
A kifejezések csak a rácskeret által meghatározott $360^\circ - (90^\circ - \delta)$ és $0^\circ + (90^\circ + \delta)$ szögek közt érvényesek, ahol $\text{tg } \delta = r/a$.

Az $s/r_0 = \alpha_2$ és $\gamma = \omega t$ helyettesítésekkel a (10) képlet, ill. a 6c ábra segítségével számíthatjuk a maximális rángatóerőt. A maximális rángatóerő nagysága pl. az EF 184-es típusnál $800/p$ fordulatszámnál a következő:

$$P_{\max} = 16,8 \text{ g} \quad P_{\text{száktó}} = 23 \text{ g}$$

Tehát láthatjuk, hogy ez az érték a wolfram tekercselőhuzal szakítószilárdsága közelében van és ha a fordulatszámot növelni akarjuk, akkor a rángatóerő csökkentését valamilyen úton meg kell oldani. Erre több megoldást is kidolgoztak. A legegyszerűbb egy rugós kiegyenlítő közbeiktatása. Mechanikus elven működő vezérlési megoldás is született. A legtökéletesebb azonban az elektronikus elven működő rángatóerő-csökkentés.

Egy magyar szabadalom szerint pl. úgy lehet csökkenteni a huzal igénybevételét, hogy a tekercselőgép tengelyére felerősített resolver segítségével sinusjel állítunk elő, mellyel a fékezőmotort a rándással ellenütemben vezérelve nagymértékű terhelés-egyenlítést tudunk létrehozni; ugyanis mikor a keret



6a ábra. A huzal út-, keretelfordulásiszög diagramja
 6b ábra. A huzal sebesség-, keretelfordulásiszög diagramja
 6c ábra. A huzal gyorsulás-, keretelfordulásiszög diagramja

forgása következtében a gyorsulás és így a feszítőerő is maximális, akkor a motor fékezőnyomatékát lecsökkentjük (szükség esetén nulláig) és ekkor a huzalt kizárólag az orsó tehetetlenségéből származó erő terheli, míg a kis gyorsulású helyeken a motor fékezőnyomatéka megnövekedve megakadályozza a huzal meglazulását.

A tekereselés hatására bekövetkező gerincbehajlás, huzalfeszültség

A rácsgerincet végigtekereselve, minden menet okoz a feszítőerejének megfelelően egy bizonyos bordabejjelést. A keretrács behajlott alakját és a gerincet, ill. kereszttartóra ható reakcióerőket és nyomatékokat a 7. ábrán láthatjuk. Az egyes gerincbehajlások egymásra szuperponálódnak oly módon, hogy a később lerakott menetek azzal, hogy a gerincet jobban behajlítják, az előzőekben lerakott menetekben a rugalmassági modulusnak megfelelő mértékben csökkentik a feszítőerőt. Ez a komplex hatás határozza meg a kész rács huzalaiban ébredő erőt.

Ha a fenti gondolatmenet alapján a jelenséget matematikailag akarjuk megfogalmazni, akkor a huzalokban ébredő feszültség az alábbi képlettel fejezhető ki:

$$\sigma_2 = \sigma_1 - \sum_{n=x_1}^1 y_n(x) \frac{2E}{l'} \tag{11}$$

ahol

- σ_1 a tekereselés pillanatában ébredő huzalfeszültség,
- σ_2 a kész rácsban levő huzalfeszültség,
- x_1 az a pont, amelyben a huzalfeszültséget vizsgáljuk,
- l az utolsó tekereselt menet helye,
- l' a huzal hossza (gerinctávolság),
- E a huzal rugalmassági modulusa,
- $y_n(x)$ a gerinc rugalmas szálának egyenlete, az „n” helyen levő menet okozta terhelés hatására.

Az egyenlet szerint tehát a kész rácsban a huzalok feszültségét megkapom, ha a tekereselésnél fellépő feszültségből kivonom azt a feszültségcsökkenést, amit a vizsgált menet után tekereselt huzalok hatására bekövetkező utólagos gerincbehajlás okoz.

Az $y_n(x)$ gerincbehajlás kiszámításához az alábbi feltételezéseket tettük:

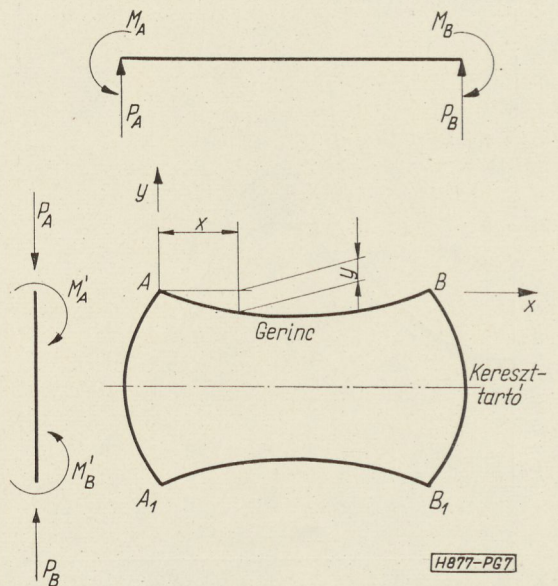
1. A keret sarokpontjai helyben maradnak,
2. A sarokpontokban a szög 90° marad, tehát a hegesztés végtelen merev,
3. A kereszttartóra ugyanakkora, de ellentétes értelmű nyomaték hat, mint a bordára.

Ezen feltételezésekkel a gerinc alakja:

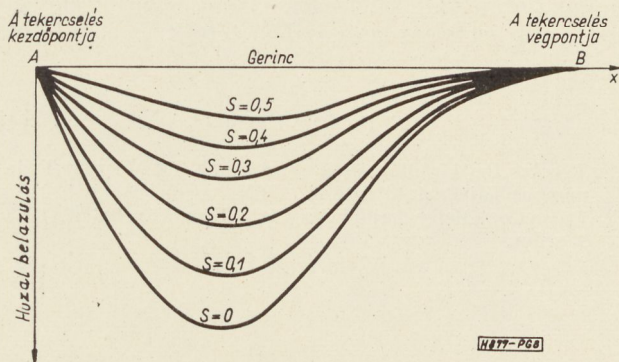
$$E_M I \frac{d^2 y_n(x)}{dx^2} = -M_A + P_A x - P(x - x_1) \tag{12}$$

differenciál egyenlettel számítható.

A huzalrugalmasságot iterációs közelítéssel veszük figyelembe.



7. ábra. A megtekereselt keretrács keretének a huzalterhelés következtében deformálódott alakja és a gerincet, ill. a kereszttartóra ható reakcióerők



8. ábra. A gerincgörbülés következtében létrejövő huzalhúzóerő-csökkenések a gerinc hossza mentén a különböző merevségű keresztartóval rendelkező keretrácsokban

A fentiek alapján kiszámított huzalbelazulás görbéket a 8. ábrán ábrázoltuk az S -et paraméterként alkalmazva. Az $S=0,5$ görbe a mereven befogott gerincire vonatkozik, az $S=0$ görbe pedig a szabadon feltámasztott gerincire. A közbenső görbék a közbenső befogások következtében létrejövő huzalmeglazulásokat tartalmazzák. A valóságos keretrácsok az $S=0,1$ görbe körül helyezkednek el és a legújabbban kidolgozott csövekben egyre inkább az $S=0$ görbe felé tolódnak el. Ebből látható tehát, hogy a huzalmeglazulás szempontjából a gerinc mechanikai szilárdsága a döntő. Megfelelő huzalmeglazulást kompenzáló programvezérléssel elérhető az az optimális eset, amikor a keretrács minden huzalában azonos feszültség ébred.

A gerinc izzítás közbeni behajlása

A kész rács izzítása tekerceselés utáni művelet, ennek ellenére kénytelenek vagyunk figyelmet szentelni rá, mert a magas hőmérsékleten bekövetkező hőtágulási és szilárdságromlási jelenségek befolyásolják a rács véglegesen beálló feszültségi viszonyait.

Mint már az előzőekben említettük, a molibdénből készült keresztartónak nagyobb a hőtágulási együtthatója, mint a wolframából készült huzalé. Ennek következtében a menetrögzítő izzításnál 700–900 °C-ra felmelegítve jelentős megnyúláskülönbség adódik. Ha meg akarjuk határozni ebből a huzalokban előálló feszültséget, akkor a feszültségek szuperponálhatóságának elvéből kiindulva az alábbi egyszerűsítő feltéves alapján végezhetjük el a számítást.

Feltételezzük, hogy a menetek egy folytonosan megoszló rugalmas alátámasztást adnak a gerincnek, melyet a két végén a két keresztartó a hőmérséklet emelkedésével egyre jobban terhel. Ez a terhelés mindenhol hozzáadódik a huzalokban meglevő feszültségekhez.

Ebben az esetben a gerinc deformációja az

$$EI \frac{d^4y}{dx^4} = hy \tag{13}$$

differenciál egyenletből kiindulva az alábbi egyenletből számítható:

$$y = \frac{2P_d \lambda}{h} \frac{\text{ch}\lambda x \cos \lambda x' + \text{ch}\lambda x' \cos \lambda x}{\text{sh}\lambda l + \sin \lambda l} - \frac{4M_0 \lambda^2}{h}$$

$$\frac{1}{\text{sh} \lambda l + \sin \lambda l} (\text{sh}\lambda x \cos \lambda x' - \text{ch}\lambda x \sin \lambda x' + \text{sh}\lambda x' \cos \lambda x - \text{ch}\lambda x' \sin \lambda x), \tag{14}$$

ahol

h a rugalmas ágyazás együtthatója,

$$\lambda = \sqrt[4]{h/4EI},$$

P_d a hődilatáció következtében létrejövő terhelőerő,

M_0 a hődilatáció következtében létrejövő nyomaték,

l a borda hossza,

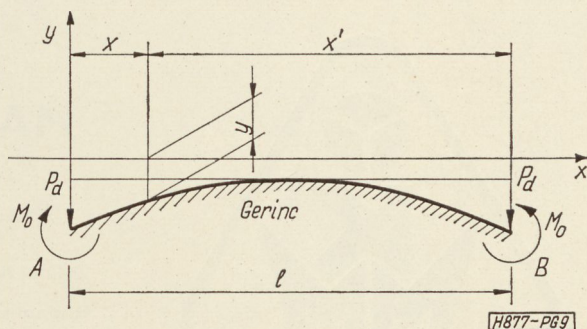
x, x' a vizsgált pont A-tól, illetve B-től való távolsága.

A (14) egyenlet szerinti gerincbehajlást a 9. ábra mutatja.

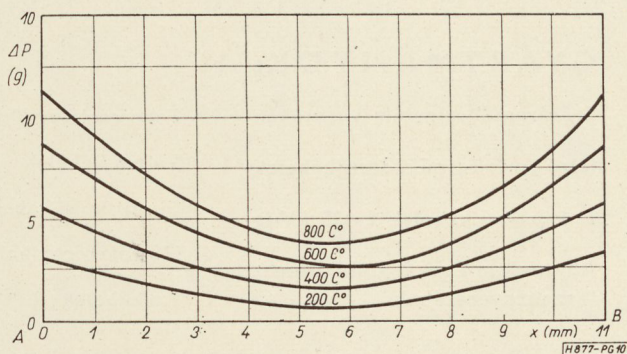
Ezzel a számítási eljárással kiszámítva az egykeretrácsra a hőmérsékletnövekedés következtében létrejövő húzóerő-növekedést, a 10. ábrán látható diagramokat kapjuk.

Ez a huzalhúzóerő-növekedés két jelenséghez vezet:

1. A nagy hőmérsékleten bekövetkező terhelésnövekedés a gerinc képlékeny deformációjához vezethet, ami lehűlés után a huzalok meglazulását vonja maga után.
2. Tekintettel, hogy a tekerceselésből és a hőkiterjedés különbségből származó feszültségmaximum összeesik, ez a nagyfokú igénybevétel a huzalok szakadásához vezethet.



9. ábra. A melegítés hatására létrejövő bordabehajlás és a fellépő reakcióerők és nyomatékok



10. ábra. Az EF 184-es típus keretrács huzalaira ható erőnövekedés különböző hőfokokra való felmelegítés esetén

A huzalokban ébredő feszültségnövekedéshez hozzájárulhat még az is, ha a rácsokat gyorsan kivéve a kályhából, a huzalok kisebb hőtehetlenségük következtében hamarabb hűlnek le, minek következtében további feszültségnövekedés jön létre. A gerinc melegbehajlásának nagyságát sikerül a fűzérben való izzítással némileg csökkenteni.

A fenti fokozott igénybevételeket kielégítő huzal- és gerincanyagok kidolgozása csak hosszas kutató-

munka után vált lehetségessé, ami egyúttal elősegítette a gyártás gazdaságosabbá tételét és a gyártott csövek megbízhatóságát.

I R O D A L O M

1. *Kerekes B.*: A rádiócsövek gyártása. KGM Műszaki Tudományos Tájékoztató Intézet, 1965.
2. *Piller Gy.*: Meleg hajlítóvizsgálat, Híradástechnika, 1968. 2. szám.



MAGYAR KÁBEL MŰVEK

IGAZGATÓSÁG ÉS KÖZPONTI GYÁR

Budapest, XI., Budafoki út 60 • Telefon: 466-770, 266-670

ZOMÁNCBUZALGYÁR

Budapest, XI., Hunyadi J. út 1.

Telefon: 268-930

SZEGEDI KÁBELGYÁR

Szeged, Huszár utca 1.

Telefon: 15-330

GYÁRTMÁNYOK:

Erősáramú szigetelt vezetékek

Jelző-, mérő-, működtetőkábelek

Erősáramú kábelek 1—35 kV-ig

Alumínium és acél-alumínium szabadvezetékek

Tekercselőhuzalok

Switch-kábelek

Gumitömlő-kábelek

Híradástechnikai vezetékek

Távkábelek

Hírközlő kábelek

Hajókábelek

Zománchuzalok

Zárt-acélkötelek

Hullámosított lemezkábeldobok

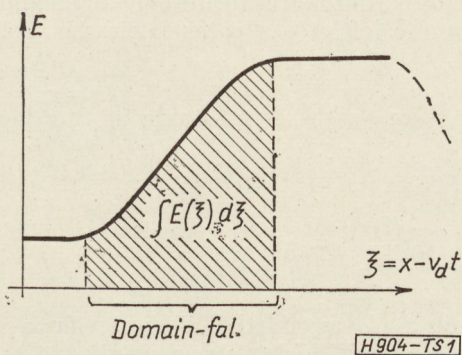
Az „egyenlő területek” szabálya

Gunn diódákban a nagy térerősségű domain dinamikus egyensúlyát a töltéshordozók diffúziójával magyarázzák, és ebből származtatják az egyensúlyi állapotot meghatározó *egyenlő területek szabályát* [1]. Jelen közlemény kimutatja, hogy az egyenlő területek szabálya egy elektromos erőterrel együtt haladó perturbáció (pl. domain fal) stacionárius, töltésváltozás mentes mozgásának általános feltétele [2]. Töltésváltozás mentes mozgás esetén a perturbáción keletkező térerősségváltozás állandó, és így — a mintára kapcsolt állandó feszültség esetén — a perturbáción (domainfal) létrejövő feszültség az áthaladás alatt nem változik.

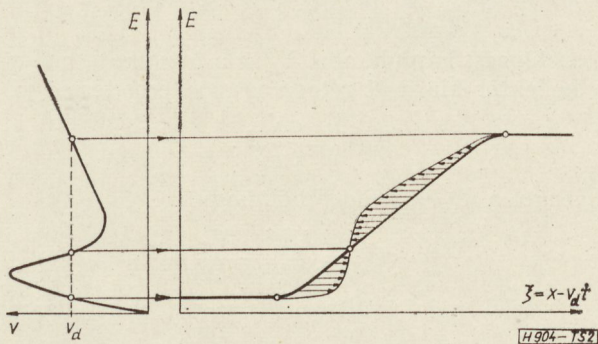
Az 1. ábrán látható a katódoldali domainfal térerősségeloszlása $\xi = x - v_d t$ függvényében. A domainfalon létrejövő feszültségkülönbség

$$U_d = \int E(\xi) d\xi.$$

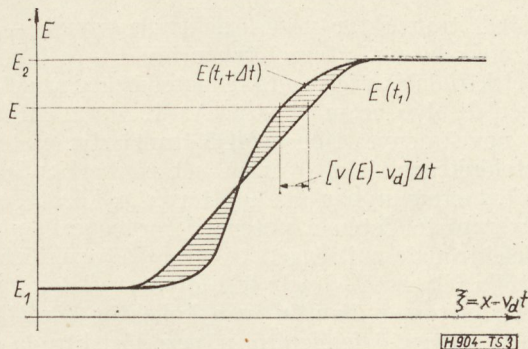
Ez éppen a vonalkázott terület az 1. ábrán. A 2. ábrán láthatjuk a $v(E) - v_d$ relatív sebességvektoro-



1. ábra



2. ábra



3. ábra

kat. A 3. ábra a térerősségeloszlást két egymás utáni időpillanatban mutatja. E térerősségnél a két görbe közötti eltolódás

$$\Delta \xi = [v(E) - v_d] \Delta t.$$

Ha az U_d feszültség nem változhat a Δt idő alatt, a két görbe alatti területeknek egyenlőeknek kell maradniuk, vagyis

$$\int_{E_1}^{E_2} \Delta \xi dE = \int_{E_1}^{E_2} [v(E) - v_d] \Delta t dE = 0.$$

Ebből a domainfal stacionárius haladásának feltétele

$$\int_{E_1}^{E_2} [v(E) - v_d] dE = 0,$$

ez éppen az egyenlő területek szabálya. Stacionárius állapotban a domainfal minden egyes pontja azonos sebességgel halad a belső szabályozó mechanizmusok (diffúzió, elektronok relaxációja a sávok között) hatására. Az egyenlő területek szabálya így meghatározza a domainfal v_d haladási sebességét, az E_1 és E_2 térerősségeket, valamint a domainfalban levő neutralizálatlan töltésmennyiséget. A belső szabályozó mechanizmustól — az egyenlő területek szabálya által meghatározott határfeltételek között — a belső töltéseloszlás és a domainfalon létrejövő feszültség függ.

IRODALOM

1. Butcher, P. N, Phys Letters, vol. 19. 1965. dec. 15.
2. Tarnay K.—Székely V., Proc. IEEE. s. a.

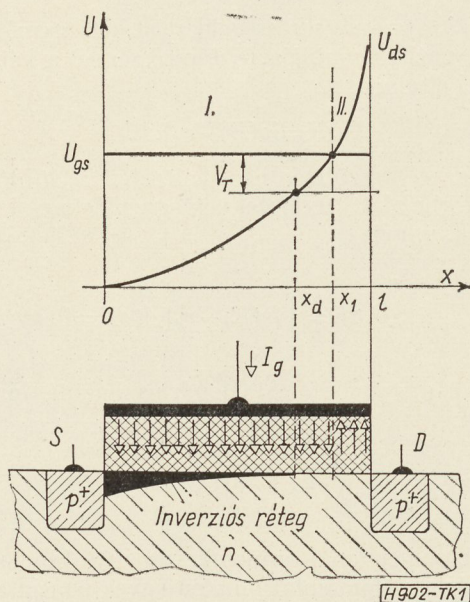
Dr. Tarnay Kálmán—Székely Vladimír
BME Elektroncsövek és Félvezetők Tanszék

MOS tranzisztorok vezérlőelektróda árama

Az MOS tranzisztor vezérlőelektródaáramát — az elektródák közötti átvezetések kivül — a fém vezérlőelektróda és a félvezető felülete közötti szigetelőrétegen átfolyó áram okozza. Az 1. ábrán látható, hogy növekményes típusú MOS tranzisztor esetén a szigetelőrétegen átfolyó áram két részre bontható:

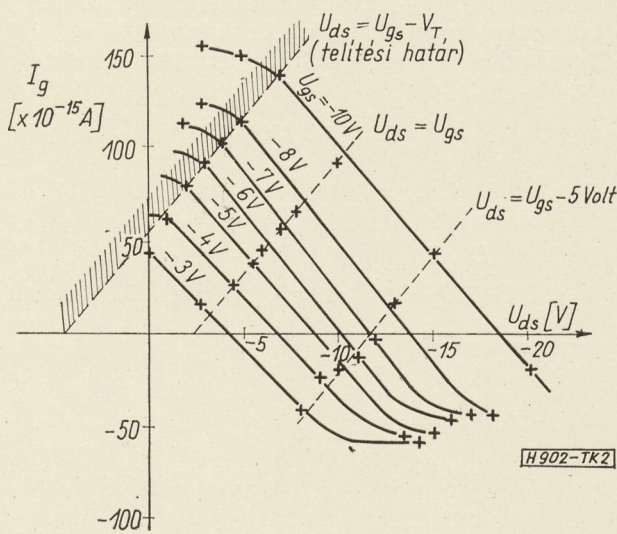
az I. tartományban (az emitter és x_1 között, ahol a félvezető felületén a potenciál megegyezik a vezérlőelektródafeszültséggel) az áram a vezérlőelektródától a félvezető felülete felé folyik;

a II. tartományban (x_1 és a kollektor között) az áram a félvezető felületétől a vezérlőelektróda felé folyik.



1. ábra

$$I_g = I_{g1} + I_{g2} = \frac{1}{3R_{ox}} \left[2U_{gs} + V_T - \frac{U_{ds}^{3/2}}{V_0^{1/2}} \left(1 + \frac{U_{gs} - V_T}{U_{ds}} \right) \left(1 - \frac{U_{gs} - V_T}{U_{ds}} \right)^{1/2} \right] \approx \frac{1}{3R_{ox}} \left[2U_{gs} + V_T - \frac{U_{ds}^{3/2}}{V_0^{1/2}} \right] \quad (6)$$



2. ábra

A szigetelőrétegen átfolyó áram

$$I_g = \int_0^l \frac{U_{gs} - U(x)}{R_{ox}} \cdot \frac{dx}{l} \quad (1)$$

Az integrálás két részben végezhető el. Az I. tartomány egy részében az emittertől x_d -ig (ahol a vezérlőelektróda és a félvezető közötti feszültségkülönbség nagyobb az inverziós réteg előidézéséhez szükséges V_T küszöbfeszültségnél) a félvezető felületén a potenciál

$$U(x) = (U_{gs} - V_T) \left[1 - \sqrt{1 - \frac{x}{x_d}} \right], \quad (2)$$

így

$$I_{g1} = \int_0^{x_d} \frac{U_{gs} - U(x)}{R_{ox}} \cdot \frac{dx}{l} = \frac{2U_{gs} + V_T}{3R_{ox}} \cdot \frac{x_d}{l} \quad (3)$$

A kollektor környezetében a szigetelőrétegre jutó feszültség nem elegendő inverziós réteg előidézéséhez, a töltéshordozók itt kiürített zónán haladnak át, és a félvezető felületén a potenciáeloszlás jó közelítéssel

$$U(x) = U_{gs} - V_T + [U_{ds} - (U_{gs} - V_T)] \left(\frac{x - x_d}{l - x_d} \right)^2 \quad (4)$$

Ezzel

$$I_{g2} = \int_{x_d}^l \frac{U_{gs} - U(x)}{R_{ox}} \cdot \frac{dx}{l} = \frac{2V_T - U_{ds} + U_{gs}}{3R_{ox}} \cdot \frac{l - x_d}{l} \quad (5)$$

x_d értékét a (4) egyenletről kifejezve ($x=l$ esetén $U(l) = U_{ds}$) a vezérlőelektróda áramára az

összefüggést kapjuk, ahol V_0 az a feszültség, melynél a kollektor kiürített rétege az emittérig terjed ki

$$V_0 = \frac{qN}{2\epsilon} l^2 \quad (7)$$

Látható a (6) összefüggésből, hogy

$$U_{gs} = \frac{U_{ds}^{3/2}}{2V_0^{1/2}} - \frac{V_T}{2} \quad (8)$$

vezérlőelektródafeszültségnél a vezérlőelektródaáram eltűnik.

A 2. ábrán kísérleti úton meghatározott vezérlőelektródaáram karakterisztika látható.

A közlemény a Méréstechnikai Központi Kutató Laboratórium V 001 „MOS tranzisztorok alkalmazásának kutatása” téma keretében végzett kutatás eredményein alapul. Szerző ezúton is köszönetet mond dr. Striker Györgynek, az MKKL igazgatójának a kutatómunka során nyújtott támogatásáért.

Dr. Tarnay Kálmán
MKKL

MOS tranzisztorok struktúra analízise

Félvezető eszközök technológiai kutatásánál és gyártásánál az elektromosan mérhető adatok elemzése segítségével meg lehet állapítani a tervezett és a reális szerkezet közötti eltéréseket, fel lehet táni azok okát, majd az eredményekre támaszkodva korrigálni tudjuk a technológiát.

Az alábbiakban ismertetésre kerülő vizsgálati eljárással MOS tranzisztorok alapanyagának N_D adalékkoncentrációját, a vezérlőelektród alatti W_0 oxidvastagságot és a felületi töltéshordozók μ mozgékonyosságát lehet meghatározni. A módszert egy konkrét MOS tranzisztor szerkezet vizsgálatával kapcsolatban ismertetjük.

A vizsgált p-csatornás struktúra mikrofényképe a fő méretekkel az 1. ábrán látható.

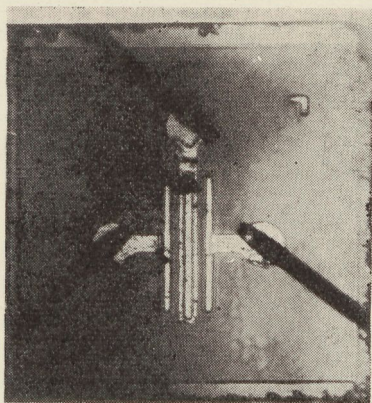
1. Az N_D meghatározása

Az anód p-n átmenet kapacitása két tagból áll: a feszültségfüggő p-n átmenet kapacitásból és a C_p parazita fémzés kapacitásból. A kapacitás-feszültség görbét mutatja a 2a ábra. A nagyfeszültségre extrapolált kapacitást tekintjük első közelítésben a parazita kapacitásnak, ez a 2a ábra alapján kb. 2,2 pF. Levonva ezt az értéket a $C-V$ görbe értékeiből és felrajzolva az $1/(C-C_p)^2 = f(V)$ görbét — ha helyesen becsültük meg a C_p értékét — egyenest kell kapnunk. Ha a becslés nem volt jó, a görbe eltér az egyenestől. Az eltérés alapján korrigálva másodszeri közelítéssel már kielégítő lesz az eredmény (2b ábra). A 2b ábra $1/(C-C_p)^2$ egyenesének m iránytangenséből kapjuk az alapanyag koncentrációt a meredek p-n átmenet kapacitására vonatkozó összefüggés felhasználásával (2):

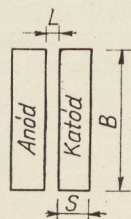
$$N_D = \frac{2}{A^2 \cdot \epsilon_{Si} \cdot q} \cdot \frac{1}{m} \quad (1)$$

A képletben szereplő A az anód p-n átmenet területe $\epsilon_{Si} = 10^{-12}$ F/cm a szilícium dielektromos állandója, $q = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Coul, az elemi töltés.

A vizsgált struktúrájánál az (1) alapján kapott érték $N_D = 3,3 \cdot 10^{15}/\text{cm}^3$.



1. ábra

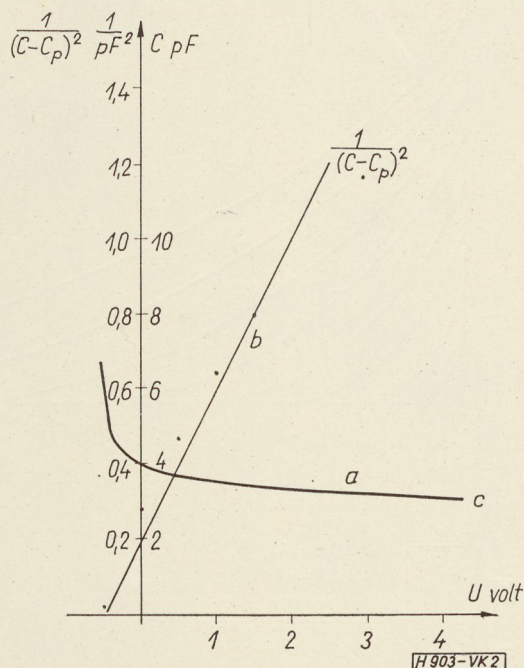


$$L = 9,5 \mu\text{m}$$

$$B = 3,80 \mu\text{m}$$

$$A = B \cdot S = 1,05 \cdot 10^4 \mu\text{m}^2$$

H903-VK1



2. ábra

2. A vezérlő elektród alatti oxid W_0 vastagsága

A nyitóirányban előfeszített MOS tranzisztor vezetési csatornájában a mozgó töltéshordozók Q_I koncentrációját egységnyi felületre a (2) képlettel adhatjuk meg:

$$Q_I = \frac{\epsilon_0}{W_0} (U_g - U_{t0}) \quad (2)$$

ahol $\epsilon_0 = 3,4 \cdot 10^{-13}$ F/cm a SiO_2 dielektromos állandója, U_g a vezérlő feszültség, U_{t0} a nyitófeszültség.

Ha az inverziós réteget a hordozóhoz képest záróirányban előfeszítjük, a csatorna töltése csökken. Az összefüggést a (3) kifejezés írja le (2):

$$Q_I = \frac{\epsilon_0}{W_0} (U_g - U_{t0}) / \sqrt{2 \cdot \epsilon_{Si} \cdot q \cdot N_D} \sqrt{U_h} \quad (3)$$

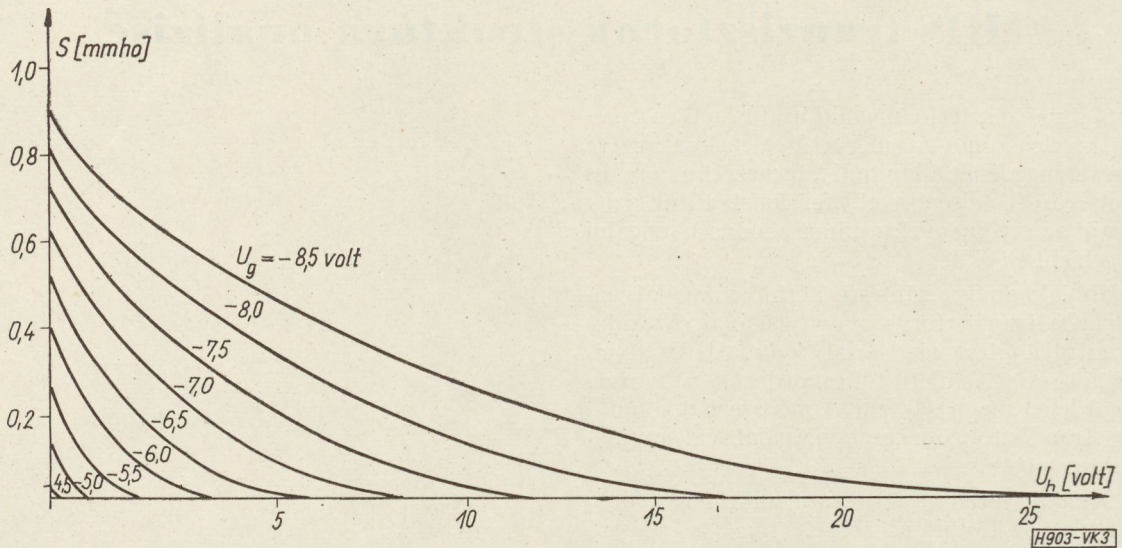
A képletben U_h a csatorna-hordozó közötti előfeszültség. Ha ez az előfeszültség nagyobb, mint egy U_p érték, megszűnik a csatorna vezetés. A $\sqrt{U_p}$ a (3) egyenlőség alapján a (4) egyenlettel adható meg:

$$\sqrt{U_p} = \frac{\epsilon_0}{W_0} (U_g - U_{t0}) / \sqrt{2 \cdot \epsilon_{Si} \cdot q \cdot N_D} \quad (4)$$

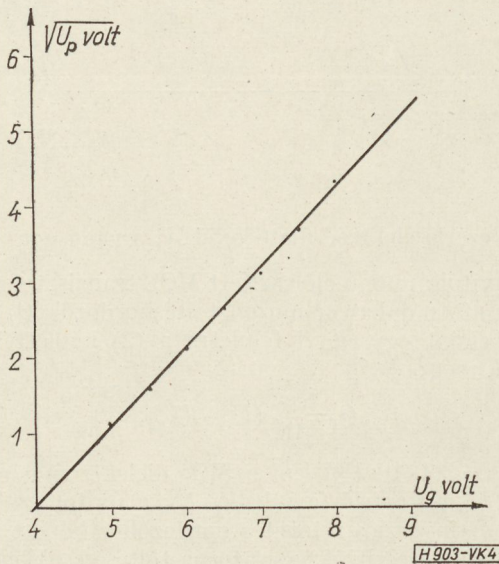
A $d\sqrt{U_p}/dU_g = n$ iránytangens ismeretében a W_0 az (5) képletből számolható:

$$W_0 = \frac{\epsilon_0}{n} \sqrt{\frac{1}{2 \cdot \epsilon_{Si} \cdot q \cdot N_D}} \quad (5)$$

Az n meghatározásához a 3. ábrán látható csatorna vezetés U_h görbeseregét használhatjuk fel. A 3. ábrából megrajzolhatjuk a 4. ábra szerinti $\sqrt{U_p} = f(U_g)$ függvényt, amelynek az iránytangenséből az (5) kifejezés felhasználásával $W_0 = 0,11 \mu\text{m}$ értéket kapunk.

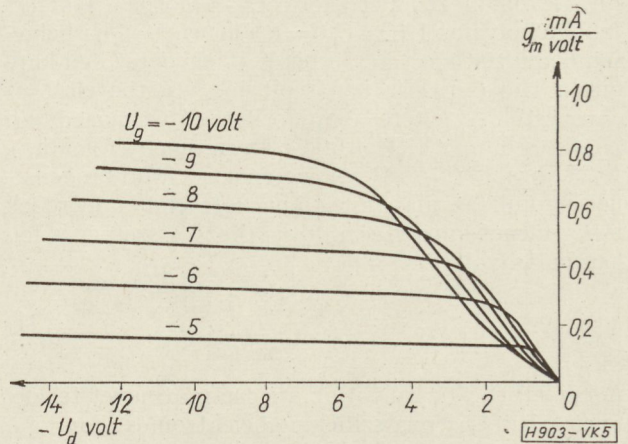


3. ábra



4. ábra

A vizsgált kísérleti struktúra meredekség görbeseregét az 5. ábra mutatja. A (6) képlet alapján számolva $\mu_p(U_d=0)=205 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ a (7) felhasználásával $\mu_p(U_d=-10 \text{ V})=135 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ értéket kapunk $U_g = -10 \text{ V}$ -nál. Láthatóan erősen változik a vezérlő feszültséggel.



5. ábra

3. A felületi töltéshordozók mozgékonyasága

A mozgékonyaság meghatározására két lehetőség kínálkozik. Az egyik lehetséges megoldás a 3. ábrán az $U_h=0$ hordozó feszültségekhez tartozó vezetőképesség értékek felhasználása.

A csatorna S vezetőképessége ugyanis a (6) képlet szerint írható [3]

$$S = Q_I \cdot \frac{B}{L} \cdot \mu_p = \mu_p \cdot \frac{\epsilon_0}{W_0} (U_g - U_{t0}) \frac{B}{L}, \quad (6)$$

ahol B a csatorna szélessége és L a hossza. A többi adat ismeretében S -t mérve a μ_p -t kiszámíthatjuk.

A másik módszer a MOS tranzisztor meredekségképletét használja fel. A MOS tranzisztor meredeksége a telítési tartományban a (7) kifejezéssel közelelhető [3]

$$g_{ms} = \frac{B}{L} (U_g - U_{t0}) \mu_p \frac{\epsilon_0}{W_0}. \quad (7)$$

Az eljárás tetszőleges geometriai szerkezetű MOS tranzisztoroknál felhasználható. A példaképpen vizsgált struktúra p-csatornás, feldúsulásos módú, természetesen n-csatornás és elzáródásos változatra is használható a módszer, csupán arra kell figyelni, hogy utóbbi esetben az inverziós tartomány kiterjedhet az egész kristályra is, így a figyelembe veendő területek megnövekednek.
1968. március 15.

Dr. Szilágyi Miklós – Tihanyi Jenő
HIKI Félvezető Laboratórium

IRODALOM

1. R. P. Nanavati: An introduction to semiconductor electronics. McGraw Hill. New York. (1963)
2. H. K. I. Ihanola: Design theory of a surface field effect transistor. U. S. Gov. Res. Rep. No. 19661-1. aug. 17. (1961)
3. C. T. Sah: IEEE. Trans. E. D.-11. p. 320. (1964)

Epitaxiális rétegek illeszkedési hibáinak megfigyelése diffúzió után

Epitaxiális rétegek egyik legáltalánosabban előforduló hibatípusa az illeszkedési hiba (rétegződési hiba, stacking fault). Illeszkedési hibákat okozhat a hordozó felületén levő károsodott réteg, a határfelületen levő kristályhibák, a rétegben adszorbeált idegen szennyezések, zárványok (pl. oxid, fém), a hordozó és a réteg közötti rácsparaméter-különbség, a vakancia kondenzáció, a túl nagy növekedési sebesség, a túldoppolás vagy a hőgradiens miatt fellépő belső feszültség [1, 2].

Az epitaxiális rétegekben történő diffúzió esetén a rétegben levő illeszkedési hibák anomális diffúziót idézhetnek elő. Ez a diffúziós front egyenletlenségét okozhatja, de emellett a gyorsan diffundáló fémek (Cu, Au, Na stb.) számára az illeszkedési hibák precipitátum gócként jelentkezhetnek. Az illeszkedési hiba és a fémszennyező kölcsönhatásba lépésével zárvány alakulhat ki, ami mikroplazma letöréshez vezethet [3].

Az illeszkedési hibák kimutatása, vizsgálata különböző módszerekkel történhet. A legegyszerűbb és igen megbízható módszer a kémiai maratás [4, 5, 6]. A különböző szelektív maróoldatok előhívják az epitaxiális réteg hibáit (diszlokációk, tripiramisok, illeszkedési hibák stb.). A maratásos módszer nagy hátránya, hogy roncsolásos és így tönkreteszi a lapkát.

Az elektronmikroszkópos vizsgálat [7, 8] szintén roncsolásos módszer. Ehhez megfelelő módon le kell vékonyítani a lapkát ($\sim 5000 \text{ \AA}$), amihez különleges berendezés, jet-polírozó szükséges [9]. A röntgendiffrakciós módszer [10, 11] előnye a roncsolásmentesség, azonban ez az eljárás is elég bonyolult és drága. Illeszkedési hibák vizsgálatára felhasználható még az ún. scanning elektronmikroszkóp is [12].

A legegyszerűbb roncsolásmentes módszer a fáziskontraszt vagy az interferencia-kontraszt mikroszkópos vizsgálat [13, 14, 15, 16]. Az eljárás lényege, hogy a kontraszt növelésével láthatóvá tehető a felületen levő világos vagy sötét látóterű megvilágítással nem, vagy csak alig észlelhető hibák.

Dionne [15] szerint interferencia-kontrasztal több illeszkedési hiba mutatható ki, mint kémiai maratással, vagy az említett röntgendiffrakciós módszerek alkalmazásával. A szerző szerint az epitaxiális réteg leválasztása egy igen gyenge maratással (200–500 \AA mélységű) fejeződik be, és ez teszi lehetővé a mikroszkópos megfigyelést. Az egymással, ill. ponthibákkal kölcsönhatásba lépett és megszűnt illeszkedési hibák nem mutathatók ki röntgendiffrakciós eljárással és kémiai maratással, nyomvonaluk viszont interferencia kontraszt segítségével kimutatható.

Nielsen és Rich [2] szerint az illeszkedési hiba méretéből következtetni lehet a hiba keletkezésének mélységére. Dionne-nal ellentétben, szerintük az illesz-

kedési hibák maratással mindig kimutathatók, míg kontraszt-növelő mikroszkópos eljárások segítségével csak kedvező esetben. Fáziskontraszt mikroszkóppal végzett vizsgálataink ez utóbbi állítást támasztják alá.

Kísérleti eredmények

Vizsgálatainkat As és P-vel doppolt 10^{-2} – $10^{-3} \text{ \Omega cm}$ fajlagos ellenállású szilícium egykristály hordozóra SiHCl_3 redukciójával előállított 0,3–3 \Omega cm fajlagos ellenállású epitaxiális rétegeken végeztük. A rétegekbe gőzfázisból bört diffundáltattunk. A rétegeket fáziskontraszt mikroszkóppal vizsgáltuk diffúzió előtt és után 200–1200-szoros nagyításban.

A fáziskontraszt eljárással az illeszkedési hibákat nem lehetett minden esetben kimutatni. Az ilyen rétegeket viszont Dash vagy Sirtl (4, 5) szerint maratva az illeszkedési hibák előtűntek (lásd: 1. és 2. ábra).

Az epitaxiális rétegben különböző felületi koncentrációjú (10^{19} – $5 \cdot 10^{20} \text{ atom/cm}^3$) 5–20 μm mély diffúziós rétegeket állítottunk elő. Ha a felületi koncentráció $4 \cdot 10^{20} \text{ atom/cm}^3$ közelében, vagy annál nagyobb volt, a diffúzió előtti fáziskontraszt felvételeken nem látható (1. ábra) és csak kémiai maratással kimutatható illeszkedési hibák a diffúzió után a precipitálódás jelensége miatt, fáziskontraszt mikroszkóppal kimutathatóvá váltak, amint ezt a 3. és 4. ábrák szemléltetik.

A felületen, a diffúzió előtt az esetek többségében fáziskontraszt eljárással kimutatott illeszkedési hibákon (5. ábra) a diffúzió után az említett precipitálódás jelensége minden olyan esetben megfigyelhető volt, amikor a diffúziós felületi koncentrációja elérte, vagy meghaladta a $2 \cdot 10^{20} \text{ atom/cm}^3$ értéket (6. ábra).

A diffúzió felületi koncentrációjának meghatározását négytűs mérés és ferdeciszolaton végzett behatolási mélység mérés alapján Irwin [17] szerint határoztuk meg.

Az eredmények értékelése

Vizsgálataink alapján megállapítható, hogy vannak olyan illeszkedési hibák, melyek fáziskontraszt mikroszkóppal nem mutathatók ki. Ezek olyan mélyen fekszenek a felület alatt, hogy az epitaxiális leválasztás utáni gyenge maratással nem válnak láthatóvá.

A hőkezelés miatt az epitaxiális rétegben s nem a felületen végződő illeszkedési hibákat ún. rész- vagy parciális diszlokációk határolják. A részdiszlokációk a rétegben előforduló különböző hibákkal (szennyezőatomok, vakanciák stb.) és egymással is kölcsönhatásba léphetnek. Szennyező atomok esetén a

kölcsönhatás mértéke függ a szennyezőatomok koncentrációjától. Ilyen esetben a részdiszlokáció körül szennyezőatomokból álló ún. Cottrell-felhő alakul ki.

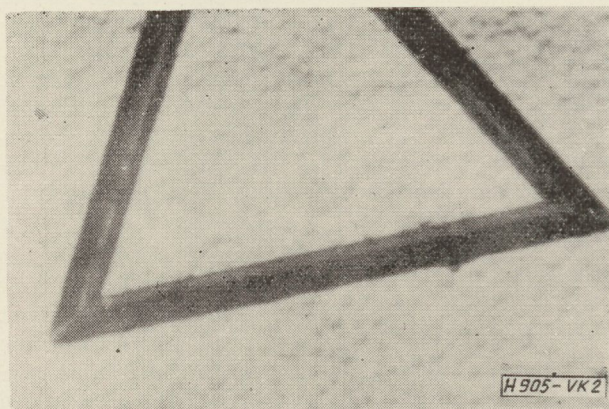
A Cottrell-felhő makroszkopikusan is megfigyelhető, ha a diffúzió felületi koncentrációja eléri a $2 \cdot 10^{20}$ atom/cm³ értéket. Ez azt jelenti, hogy a diffúzió irányára merőleges síkban a szennyezőatomok

egymástól való átlagos távolsága 20 \AA körüli értékre csökken. Ez a távolság nagyságrendileg megegyezik az egyes diszlokációk néhányszor 10 \AA nagyságú feszültségterével [18], így a diszlokációk könnyen befoghatják a szennyezőatomokat. A befogott szennyezőatomok fáziskontraszt mikroszkóppal is megfigyelhetők.

Fáziskontraszt mikroszkópos felvételek epitaxiális rétegekről (800x)

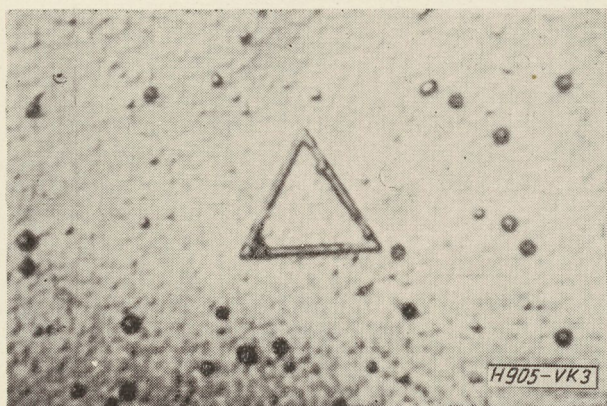


1. ábra

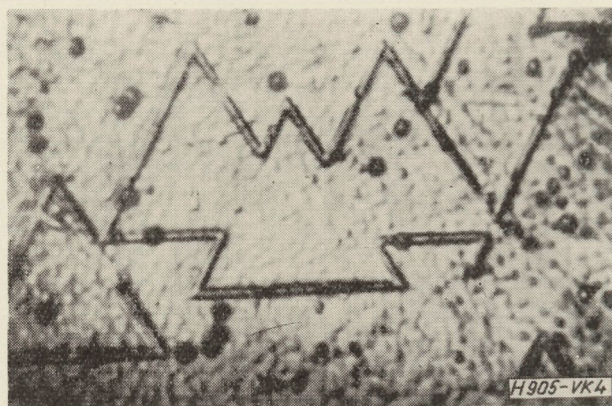


2. ábra

A felületen nem látható illeszkedési hibák (1. ábra) 2 perces kémiai maratás után (Sirtl-féle maró) láthatóvá váltak (2. ábra)

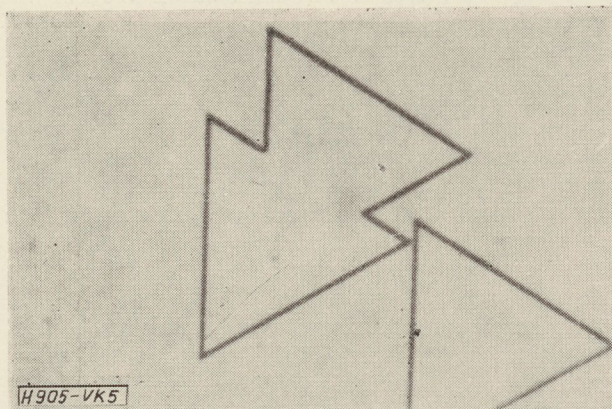


3. ábra

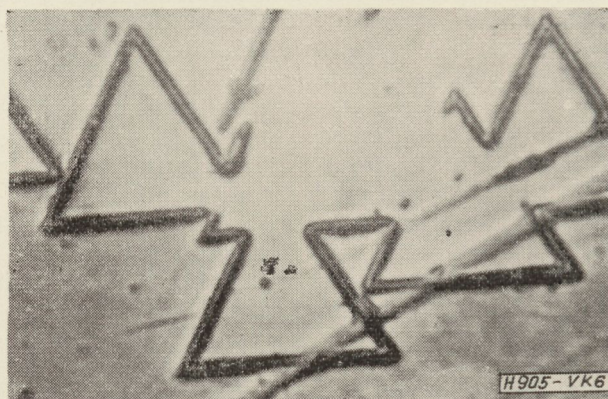


4. ábra

A diffúzió előtt a felületen nem látható illeszkedési hibák nagy felületi koncentrációjú diffúzió után ($N_S = 410^{20}$ atom/cm³) kimutathatók



5. ábra



6. ábra

Illeszkedési hibák diffúzió előtt (5. ábra) és nagy felületi koncentrációjú ($N_S = 2 \cdot 10^{20}$ atom/cm³) diffúzió után (6. ábra)

Ha a felületi koncentráció tovább nő, azaz az atomok közötti átlagos távolság tovább csökken, 15 Å-nél kisebb érték esetén a felület alatti, fáziskontraszt mikroszkóppal nem megfigyelhető illeszkedési hibák is annyi szennyezőatomot foghatnak be, hogy a hatást a felületen fáziskontraszt mikroszkóppal is észlelni lehet.

Nagy felületi koncentrációjú diffúzió esetén az epitaxiális rétegben előforduló illeszkedési hibák miatt a diffúzió folyamatát nem lehet a jól ismert egydimenziós közelítéssel leírni, hiszen a kitüntetett irányra (x -tengely a diffúzió iránya) merőleges síkokban sem lesz egyenletes a szennyezőatom-eloszlás. Az x -irányú gradiens mellett, ami a megvalósítani kívánt diffúzió hajtóereje, y és z -irányú gradiens is fellép. Emiatt jelentősen megváltozik, inhomogén lesz a szennyezőatom-eloszlás az x -irányban is, ami lerontja a belőle készített eszközök elektromos tulajdonságait.

Ezek a kísérleti tapasztalatok is indokolják, hogy bórnak szilíciumban való diffúziója esetén a felületi koncentráció értékét célszerű $2 \cdot 10^{20}$ atom/cm³ alatti-nak megválasztani.

A témával kapcsolatos értékes tanácsaikért köszönetünket fejezzük ki Nagy László és dr. Hahn Emil tudományos osztályvezetőknek.

I R O D A L O M

1. M. R. Notis, G. P. Conrad, J. Appl. Phys. 35, 695 (1964).
2. S. Nielsen, G. J. Rich, Microelectronics and Reliability, 3, 171, (1964).
3. H. Kressel, RCA Rev., 1967. jun.
4. W. C. Dash — J. Appl. Phys — 27 1193 (1956).
5. E. Sirtl, A. Adler — Z. Metallk. — 52 529 (1961).
6. T. L. Chu, J. R. Gavalier — J. Electrochem. Soc. — 110 388 (1963).
7. H. J. Queisser, R. H. Finch, J. Washburn — J. Appl. Phys — 33 1536 (1962).
8. G. R. Booker, R. Stickler — J. Appl. Phys — 33 3281 (1962).
9. R. Stickler, Acta Physica Austriaca, 19 1. 5 (1964).
10. G. H. Schwuttke, J. Appl. Phys. — 33 1538 (1962).
11. J. B. Newkirk, Trans. AIME — 215 483 (1959).
12. S. Kimoto, M. Sato, H. Hashimoto — VI. Int. Congr. Electron Microscopy, Kyoto, 1966.
13. G. Nomarski, Z. R. Weill — Rev. Met. — 52 121 (1955).
14. R. H. Dudley, J. Appl. Phys — 35 1360 (1964).
15. G. Dionne, J. Appl. Phys — 38 3417 (1967).
16. Pintér J. Hahn E. Kósza G.: Finommechanika, 6, 129 (1967).
17. J. C. Irwin, Bell Syst. Techn. J. 41 387 (1962).
18. Kovács I., Zsoldos L.: Diszlokációk és képlékeny alakváltozás, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1965.

Korszerű vobulátoros méréstechnika



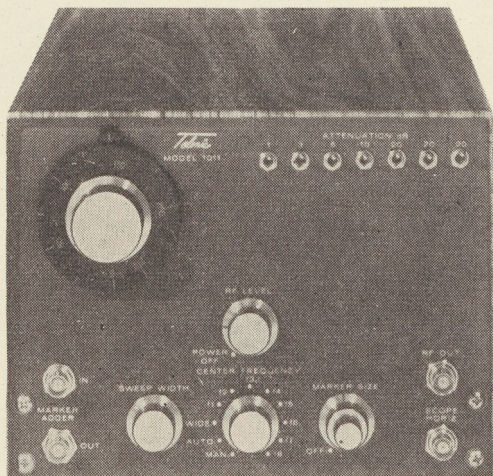
SZÉLESSÁVÚ VOBULÁTOR

URH részére

különösen alkalmas

AUTOTRACK-kal*

racionális tuner-hangolásra

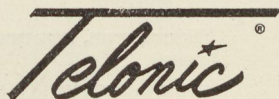


Műszaki adatok:

Típusjelzés	1011	1006
Frekvenciatartomány	5...250 MHz	450...910 MHz
Változtatható frekvencialöket	5-245 MHz	5-460 MHz
Kimenőfeszültség	0,5 Volt/eff.	50 Ω-ra szabályozott
Amplitúdómenet	+0,5 dB az egész tartományban	
Szintbeállítás	Megválasztás szerint: 5 × 10 dB, 11 × 3 dB, 10 × 10 dB 0-50 dB kent., 60-60 vagy 75 Ω	
Jelrendszer	Lebegési jelek és impulzusjelek csatorna meghatározására és KF ellenőrzésre	
Kivitel	Teljesen tranzisztorszított modulfelépítésben	

* A vizsgálandó TV-tuner működtetése által a középfrekvencia automatikusan hangolódik

Kívánatra részletes tájékoztatót és árajánlatot küldünk. Készülékeinket minden kötelezettség nélkül szívesen bemutatjuk.



INDUSTRIES GMBH
 Frankfurt am Main, Holzhauserstrasse 16
 Telefon: 0611-551086, Telex: 04-14275

II. ORSZÁGOS ELEKTRONIKUS MŰSZER- ÉS MÉRÉSTECHNIKAI KONFERENCIA

A Méréstechnikai és Automatizálási Tudományos Egyesület a Híradástechnikai Tudományos Egyesület közreműködésével 1969. április 15–18. között rendezte meg Budapesten a Technika Házában a II. Országos Elektronikus Műszer- és Méréstechnikai Konferenciát, mely az elektronikus műszerek és berendezések kutatásával, fejlesztésével és gyártásával, valamint ezek mérés-technikai alkalmazásával foglalkozó szakemberek hazai találkozója.

A konferencia másodízben kerül megrendezésre. Célja az időközben elért eredmények ismertetése és az új fejlődési irányok kitűzése.

A konferencia kiemelt témakörei a következők:

- elektronikus készülékek és berendezések gyártásának mérés-technikája;
- a színes tv műszerezési kérdései;

- vékonyréteg és integrált áramkörök alkalmazása;
- elektronikus áramkörök és készülékek számítógépes tervezése.

A konferencia a felsoroltakon kívül foglalkozik híradástechnikai és általános elektronikus műszerekkel és berendezésekkel, orvosi és nukleáris műszerekkel, valamint általában elektronikus mérés-technikai kérdésekkel.

A kiemelt témákban a konferencián kerekasztal-megbeszéléseket is rendeznek.

Előadás tartására 1968. október 31-ig lehet jelentkezni. A jelentkezéskor az előadás címét és 10 soros tartalmi kivonatát mellékelni kell, valamint meg kell adni a munkahelyet és a munkaköri beosztást. A jelentkezéseket a *MATE Titkárságára*, Budapest, V., Szabadság tér 17. kell beküldeni.

Tartalmi összefoglalások

ETO 621.3.049.7-111:621.382.334

Simonfai L.:

Integrált áramkörök és a felhasználó ipar

HÍRADÁSTECHNIKA XIX. (1968) 10. sz.

A cikk az integrált áramkörök felhasználásának általános irányzatait tárgyalja. Megvizsgálja a digitális áramköri rendszerek közötti választás szempontjait, majd néhány speciálisan ipari célra kifejlesztett, nagy zajtartalmú digitális elemet ismertet. Bemutat néhány lineáris áramkört, egy nagy érzékenységu műveleti erősítőt, valamint egy integrált tirisztort tartalmazó teljesítményegységet. Befejezésül az integrált áramkörök gazdaságossági kérdéseivel foglalkozik.

ETO 519.2:621.38-181.4.004.63

Madas I.:

A katasztrofális meghibásodás figyelembevétele a mikroelektronikus tervezésben

HÍRADÁSTECHNIKA XIX. (1968) 10. sz.

A tanulmány néhány olyan szempontot ismertet, amelyek a legkedvezőtlenebb esetben megfelelő méretezési módszer statisztikus módszerrel való helyettesítését indokolják az integrált logikai áramkörök és a belőlük felépített berendezések tervezésében. A termikus jelenségeknek és a rendszerek egyre nagyobb bonyolultságának a λ meghibásodási tényezőre gyakorolt kedvezőtlen hatása szükségessé teszi a katasztrofális meghibásodás figyelembevétele a méretezésben. A dolgozat utal azokra a módszerekre, amelyek ezt a figyelembevétele lehetővé teszik.

ETO 621.3.049.7-111:621.382.334:681.3

Mayer G.:

Integrált áramkörök számítógépekben

HÍRADÁSTECHNIKA XIX. (1968) 10. sz.

Az integrált áramköröket tartalmazó számítógépekben megváltozott a rendszertechnika és a strukturális felépítés. Az 1970-es években elterjedő csoportos integrált áramkörök (Large-Scale Integration) beépítésével a számítógépek felhasználási területe kibővül, az árak csökkennek, software helyett lehetőség szerint hardware-t terveznek. A mai diszkrét elemekből felépített analóg egységeket integrált digitális blokkok váltják fel; a bipoláris elemek mellett a számítógépek memóriáiban jelentős szerepet fognak betölteni az MOS integrált körök is.

ETO 621.3.049.7-111:621.382.334.002.2

Ribényi A.:

Integrált áramkörök előállításánál alkalmazott technológiák

HÍRADÁSTECHNIKA XIX. (1968) 10. sz.

A cikk fogalmi és technológiai meghatározásokat, összehasonlításokat tartalmaz.

Обобщения

ДК 621.3.049.7-111:621.382.334

Л. Шимонфай:

Интегрированные цепи и промышленность употребления

HÍRADÁSTECHNIKA (ХИРАДАШТЕХНИКА, Будапешт) XIX. (1968) № 10.

Излагаются общие тенденции употребления интегрированных цепей. Испытываются точки зрения выбора между цифровыми системами цепей, затем описываются некоторые цифровые элементы разработанные для специальных промышленных целей, имеющие большой запас шума. Показываются некоторые линейные цепи, усилитель высокой чувствительности для операций, а также блок мощности, содержащий интегрированный тиристор. Наконец трактуются вопросы экономии интегрированных цепей.

ДК 519.2:621.38-181.4.004.63

И. Мадаш:

Учет катастрофических повреждений при проектировании микроэлектроники

HÍRADÁSTECHNIKA (ХИРАДАШТЕХНИКА, Будапешт) XIX. (1968) № 10.

Даны некоторые точки зрения обосновывающие замещение метода соответствующего самому невыгодному случаю статистическим методом при проектировании интегрированных логических цепей и оборудования построенных из них. Невыгодное влияние на среднюю частоту отказов термических эффектов и все большей сложности систем требуют учета катастрофических повреждений при проектировании. Даны методы, обеспечивающие учет вышеупомянутых.

ДК 621.3.049.7-111:621.382.334:681.3

Г. Майер:

Интегрирование цепи в вычислительных машинах

HÍRADÁSTECHNIKA (ХИРАДАШТЕХНИКА, Будапешт) XIX. (1968) № 10.

В вычислительных машинах содержащих интегрированные цепи изменилась техника системы, а также структура. Интегрирование цепи в группах (Large-Scale Integration) применение которых ожидается в годах после 1970, расширяют область использования вычислительных машин, уменьшают цены; (вместо оборудования «hardware») проектируется по возможности математическое обеспечение («software») настоящие аналогические блоки построенные из дискретных элементов сменяются цифровыми интегрированными блоками; в запоминающих блоках вычислительных машин интегрированные цепи МОП будут играть значительную роль рядом с биполярными элементами.

ДК 621.3.049.7-111:621.382.334.002.2

А. Рибени:

Технологии, примененные при изготовлении интегрированных цепей

HÍRADÁSTECHNIKA (ХИРАДАШТЕХНИКА, Будапешт) XIX. (1968) № 10.

Статья содержит определения понятий и технологий.

ETO 621.318.13:681.327.6

Bóka A.-né:

Összefüggések négyzögletes hiszterézis hurkú ferritek kémiai összetétele és dinamikus tulajdonságai között

HÍRADÁSTECHNIKA XIX. (1968) 10. sz.

A cikk ismerteti a Távközlési Kutató Intézet mágneses laboratóriumában a négyzögletes hiszterézis hurkú ferritekkel kapcsolatban végzett kutatásokat. Összefüggéseket mutat be a különböző dinamikus tulajdonságok, a kimenőjel, zavarjel, jel/zaj, átbillenési idő stb. és a kémiai összetétel között. Végül tájékoztatást ad a digitális technikában alkalmazható 2 és 1,27 mm külső átmérővel rendelkező memóriagyűrűk mágneses paramétereiről.

ETO 621.3.032.24.001.6

Piller Gy.:

Keretrács előállításával kapcsolatos problémák

HÍRADÁSTECHNIKA XIX. (1968) 10. sz.

A keretrácsfejlesztés történetének ismertetése után a szerző a keretrácsos csövek előnyös tulajdonságaival foglalkozik. A keretrács alkalmazásával növelni lehetett a szélessávú erősítők erősítés-sávészélességzorzatát, a nagyfrekvenciás csövek határfrekvenciáját és erősítését, valamint a teljesítményerősítők erősítését és anódrámségédrácsáram viszonyát. A keretrácsokat az EIVRT-ben félautomata gépsorokon gyártják. A rácsok méretezése és a gépek konstrukciója során felmerült elméleti problémák tisztázása lehetővé tette, hogy a vállalat nagy tömegben, olcsón és megbízható kivitelben gyártsa a keretrácsos csöveket.

Zusammenfassungen

DK 621.3.049.7-111:621.382.334

L. Simonfai:

Integrierte Stromkreise und die Gebrauchsindustrie

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XIX. (1968) № 10.

In dem Artikel werden die allgemeinen Tendenzen der Anwendung der integrierten Stromkreise erörtert. Die Gesichtspunkte der Wahl unter digitalen Stromkreissystemen werden untersucht, ferner einige für spezielle Industriezwecke entwickelten Digitalelemente mit hoher Geräuschreserve werden auseinander gesetzt. Es werden einige lineare Stromkreise, ein Operationsverstärker mit hoher Empfindlichkeit und eine Speiseeinheit, die einen integrierten Thyristor enthält, beschrieben. Zuletzt werden die Wirtschaftlichkeitsfragen der integrierten Stromkreise behandelt.

DK 519.2:621.38-181.4.004.63

I. Madas:

Beachtung der katastrophalen Ausfälle bei dem Entwurf von mikroelektronischen Schaltungen

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XIX. (1968) № 10.

In dem Artikel werden einige solche Gesichtspunkte erörtert, welche bei dem Entwurf der integrierten logischen Stromkreise und bei den daraus aufgebauten Einrichtungen, den Ersatz der Entwurfsmethode für den ungünstigen Fall (worst case design) durch die statistische Methode rechtfertigen. Der ungünstige Einfluss der thermischen Erscheinungen und der immer mehr wachsende Kompliziertheit der Systeme auf die Fehlerrate λ machen die Beachtung der katastrophalen Ausfälle bei dem Entwurf notwendig. Der Aufsatz weist auf jene Methode hin, die diese Beachtung ermöglichen.

DK 621.3.049.7-111:621.382.334:681.3

G. Mayer:

Integrierte Stromkreise in Rechenmaschinen

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XIX. (1968) № 10.

In den Rechenmaschinen, welche integrierten Stromkreise enthalten, verändert sich die Systemtechnik und der strukturelle Aufbau. Durch den in den 1970 Jahren sich verbreitenden Einbau der „Large-Scale Integration“ erweitert sich Verwendungsgebiet der Rechenmaschinen, die Preise werden sich ermindern, statt „software“ werden nach Möglichkeit „hardware“ geplant. Die von den heutigen diskreten Elementen aufgebauten analogen Einheiten werden durch digitale Blöcke abgelöst. Neben den bipolaren Elementen werden die MOS integrierten Stromkreise in den Memorien eine wichtige Rolle spielen.

DK 621.3.049.7-111:621.382.334.002.2

A. Ribényi:

Angewandte Technologie zur Herstellung der integrierten Stromkreise

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XIX. (1968) № 10.

Der Artikel enthält technologische Bestimmungen und Vergleichen.

DK 621.318.13:681.327.6

А-не Бока:

Соотношение между химическим составом и динамическими параметрами ферритов с прямоугольной петлей гистерезиса

HÍRADÁSTECHNIKA (ХИРАДАШТЕХНИКА, Будапешт) XIX. (1968) № 10.

Излагаются исследования проведенные в Исследовательском Институте Дальней Связи по ферритам с прямоугольной петлей гистерезиса между различными динамическими свойствами, выходным сигналом, сигналом помех, времени переключения и т. д. и химическим составом. Наконец дана информация по магнитным параметрам запоминающих колец с внешним диаметром 2 и 1,27 мм примененных в цифровой технике.

DK 621.3.032.24.001.6

Д. Пиллер:

Проблемы производства рамочных сеток

HÍRADÁSTECHNIKA (ХИРАДАШТЕХНИКА, Будапешт) XIX. 1968. № 10.

После ознакомления с историей разработки рамочных сеток автор разбирает преимущества электронных ламп с рамочной сеткой. В результате применения рамочной сетки удалось повысить произведение усиления и ширины полосы пропускания широкополосных усилителей, предельную частоту и усиление высокочастотных ламп, т. к. усиление и отношение между анодным током и током экранной сетки мощных усилительных ламп. Рамочные сетки изготавливаются на заводе Тунсграм на полупавтоматических машинных линиях. Уточнение теоретических проблем, возникших в связи с расчетом сеток и конструкцией лампы, позволило наладить массовое производство дешевых и надежных приемно-усилительных ламп с рамочной сеткой.

Summaries

UDC 621.3.049.7-111:621.382.334

L. Simonfai:

Integrated Circuits and Utilizing Industry

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XIX. (1968) № 10.

The general trends of the use of integrated circuits is presented in the paper. The points of view of the choice among the digital circuit systems is examined. Some digital low-noise elements developed for special industrial purposes are described. Certain linear circuits, an operational amplifier with high sensitivity, and a power unit containing an integrated thyristor are presented. Finally the questions of economy of the integrated circuits are dealt with.

UDC 519.2:621.38-181.4.004.63

I. Madas:

Taking into Consideration the Catastrophic Failures at the Design of Microelectronic Circuits

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XIX. (1968) № 10.

A number of aspects are presented in the paper which justify the substitution of the worst case design by statistic methods in the design of integrated logical circuits and in the design of equipments built of them. The unfavourable influence of the thermal phenomenon and the ever increasing complexity of the systems on the failure rate λ necessitate the consideration of the catastrophic failures in the design. The paper refers to the methods, which enable this consideration.

UDC 621.3.049.7-111:621.382.334:681.3

G. Mayer:

Integrated Circuits in Computers

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XIX. (1968) № 10.

In the computers containing integrated circuits the system technique and the structural construction have changed. With the introduction of Large-Scale Integration which comes into general use in the years after 1970 the field of application of computers is extending, the prices diminish, instead of software, as far as possible hardware will be designed. The analogue units built up of the present discrete elements are replaced by integrated digital blocks; near the bipolar elements the MOS integrated circuits will gain important place in the memories of the computers.

UDC 621.3.049.7-111:621.382.334.002.2

A. Ribényi:

Technology Used in the Production of Integrated Circuits

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XIX. (1968) № 10.

The paper presents technological definitions and comparisons.

DK 621.318.13:681.327.6

Frau A. Bóka:

Zusammenhänge zwischen der chemischen Zusammensetzung und dynamischen Eigenschaften der Ferriten mit viereckiger Hysteresisschleife

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XIX. (1968) № 10.

In dem Artikel werden die Forschungen des Magnetischen Laboratoriums des Forschungsinstituts für Fernmeldetechnik bezüglich der Ferriten mit quadratischer Hysteresis-Schleifen erörtert. Es werden die Zusammenhänge zwischen den verschiedenen dynamischen Eigenschaften, Ausgangssignalen, Störsignalen, Geräuschabstand, Umkipzeit usw. und chemischer Komposition erklärt. Zuletzt wird eine Information über die magnetischen Parameter der Memorienringe von 2 und 1,27 mm Aussendurchmesser, die in der Digitaltechnik anwendbar sind, gegeben.

DK 621.3.032.24.001.6

Gy. Piller:

Probleme der Spanngitterherstellung

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XIX. (1968) № 10.

Nach kurzer Schilderung der Spanngitterentwicklung setzt sich der Verfasser mit den vorteilhaften Eigenschaften der Spanngitterröhren auseinander. Das Spanngitter gestattete die Erhöhung des Produkts aus Verstärkung und Bandbreite von Breitbandverstärkeröhren, die Steigerung der Grenzfrequenz und der Verstärkung von HF-Verstärkeröhren, sowie die Hebung der Verstärkung und des Verhältnisses Anodenstrom/Schirmgitterstrom von Endröhren. Die Spanngitter werden im Röhrenwerk der Vereinigten Glühlampen- und Elektrizitäts-AG durch halbautomatische Maschinenstrassen erzeugt. Die Klärung der bei der Bemessung der Gitter und der Konstruktion der Maschinen aufgetauchten theoretischen Probleme erlaubte dem Unternehmen, billige und zuverlässige Spanngitterröhren in grossen Mengen herzustellen.

CDU 621.3.047-111:621.382.334

L. Simonfai:

Les circuits intégrés et l'industrie utilisant

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XIX. (1968) № 10.

Les tendances générales de l'utilisation des circuits intégrés sont exposées. Les points de vue de la sélection parmi les systèmes numériques sont examinés et ensuite quelques éléments numériques développés spécifiquement pour buts industriels ayant une réserve de bruit haute sont décrits. Quelques circuits linéaires, un amplificateur d'opération de haute sensibilité, ainsi qu'un bloc de puissance comprimant un thyristor intégré sont présentés. Enfin les questions économiques des circuits intégrés sont examinées.

CDU 519.2:621.38-181.4.004.63

I. Madas:

Considération des pannes catastrophiques dans le projet des circuits microélectroniques

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XIX. (1968) № 10.

Quelques points de vue sont donnés justifiant le remplacement de la méthode de calcul pour le cas le plus défavorable (worst case) par la méthode statistique dans le projet des circuits logiques et les appareillages comprenant ceux-ci. L'influence défavorable des effets thermiques et de la complexité de plus en plus croissante des systèmes imposent la considération des défaillances catastrophiques dans le projet. Les méthodes permettant cette considération sont indiquées.

CDU 621.3.049.7-111:621.382.334:681.3

G. Mayer:

Circuits intégrés pour calculateurs

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XIX. (1968) № 10.

Dans les calculateurs comprenant des circuits intégrés la technique du système et le montage structurel sont changés. Les circuits intégrés en groupes (Large Scale Integration) dont l'application extensive est probable après 1970 élargira le domaine d'utilisation des calculateurs, les prix seront en baisse, on appliquera „hardware" en place de „software." Les dispositifs analogues d'à présent comprenant des éléments discrets seront remplacés par des blocs intégrés numériques; dans les mémoires des calculateurs les circuits intégrés MOS joueront un rôle considérable à côté des éléments bipolaires.

UDC 621.318.13:681.327.6

Mrs. A. Bóka:

Relations between the chemical composition and dynamic properties of ferrites with rectangular hysteresis loops

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XIX. (1968) № 10.

In the paper researches made in the Laboratory of the Research Institute for Telecommunication concerning ferrites with rectangular hysteresis loops are presented. Relations are shown between the different dynamic properties, the output signal, noise signal, signal/noise, triggering time etc., and the chemical composition. Finally a review is given concerning the magnetic parameters of the memory rings of 2 and 1,27 mm external diameter applicable in the digital engineering.

UDC 621.3.032.24.001.6

Gy. Piller:

Problems of Frame Grid Manufacture

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XIX. (1968) № 10.

Subsequent to a short survey of frame grid development the author discusses the favourable properties of frame grid electron tubes. Frame grids permitted the increase of the product gain x bandwidth in broadband amplifier tubes, the boosting of the cut-off frequency and the gain of RF-valves and the elevation of the gain and the quotient anode current/screen grid current in power amplifier tubes. Frame grids are manufactured at the United Incandescent Lamp and Electrical Co., Ltd., by semi-automatic machinery. Elucidation of the theoretical problems in connection with the design of frame grids and the construction of the machines put the enterprise in a position to produce cheap and reliable frame grid electron tubes in considerable quantities.

Résumés

CDU 621.3.049.7-111:621.382.334.002.2

A. Ribényi:

Technologies utilisées pour la réalisation des circuits intégrés

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XIX. (1968) № 10.

L'article comprend des définitions des notions technologiques et des comparaisons.

CDU 621.318.13:327.6

Mme A. Bóka:

Corrélations entre la composition chimique et paramètres dynamiques des ferrites à boucle d'hystérésis rectangulaire

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XIX. (1968) № 10.

Les recherches dans le laboratoire pour matières magnétiques de l'Institut de Recherche de Télécommunication au sujet des ferrites ayant des boucles d'hystérésis rectangulaires sont exposées. Corrélations sont présentées entre les propriétés dynamiques, les signaux de sortie, les signaux de bruit, le temps de commutation etc. et la composition chimique. Enfin des informations sont données sur les paramètres magnétiques des anneaux de mémoire ayant des diamètres 2 et 1,27 mm, appliqués dans la technique numérique.

CDU 621.3.032.24.001.6

Gy. Piller:

Les problèmes concernant la production des grilles cadres

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XIX. (1968) № 10.

Après un compte-rendu de l'histoire du développement de la grille cadre, l'auteur met en évidence les propriétés avantageuses des tubes à grille cadre. En utilisant les tubes à grille cadre dans les amplificateurs à bandes larges, on peut aggrandir le produit gain bande, on peut élever la fréquence de coupure, le rapport du courant d'anode et de la grille écran et le facteur d'amplification des tubes à puissance. Les grilles cadres sont fabriquées à Tungram sur une ligne technologique semi-automatisée. L'éclaircissement des problèmes théorétiques apparus au cours du projet des grilles et de la construction des machines, permet à l'entreprise la fabrication des tubes à grille cadre en grandes quantités, à prix bas et avec une grande fiabilité.





TRANSZFORMÁTOR KTSZ

Budapest, VII., Nefelejts utca 39.

Telefon: 428-969, 228-401

Nagyfeszültségű készülékek:

anyagvizsgáló röntgenberendezések
elektrosztatikai készülékek

Feszültség gyors szabályozók:

váltakozó áramú stabilizátorok
generátor gyors szabályozók

Feszültség szabályozók:

kézi, motoros és automatikus működésű mozgótekerceses vagy
toroidrendszerű szabályozóberendezések

Transzformátorok:

egy- és háromfázisú sorozat, különleges transzformátorok,
valamint híradástechnikai transzformátorok



BUDALAKK Festék- és Műgyantagyár

Budapest, IV., Dunasor 11. Telefon: 292-885



Korszerű, tartós, dekoratív felületkikészítésre!

Beégetőzománcaink

AMOX zománc, FORTAMIN zománc

EXOL domborzománc

MELAKON lakk és zománc

POLAKROL E lakk és zománc



Több komponensű,

hidegen keményedő zománcaink

REZISZTÁN lakk és zománc

REZISZTÁN kalapácsolak

REAKTÍV korróziógátló alapozó

MŰSZAKI TANÁCSADÓ- ÉS VEVŐSZOLGÁLAT, Bp., V., Balassi B. u. 7.

Telefon: 110-657, 314-579

10 99