

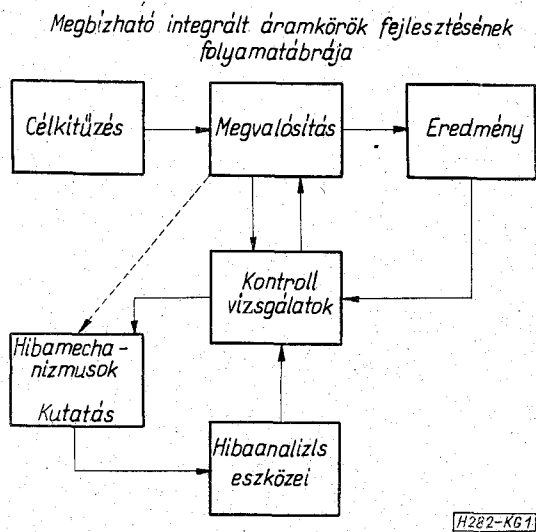
A hibaanalízis beépítése a megbízható integrált áramkörök fejlesztési folyamatába

ETO: 021.049.7.019.3 - 111

Hazánkban az integrált áramkörök tömeggyártása az első TTL áramkör kifejlesztése után, 1971-ben indult meg. A kezdeti fejlesztés az RTL áramkör-család előállítását célozta, de az ipar igénye időközben a TTL integrált áramkörök felé tolódott el. Ez természetesen nem véletlen, hanem ennek az áramkör-családnak a jó rendszertechnikai alkalmazhatóságát bizonyítja. Az első hazai TTL áramkör kifejlesztése idején már elterjedt a felhasználók között a TEXAS SN 74...N áramkör-család előnyös elektromos és megbízhatósági tulajdonságai miatt.

A fejlesztés folyamatábrájának ismertetése

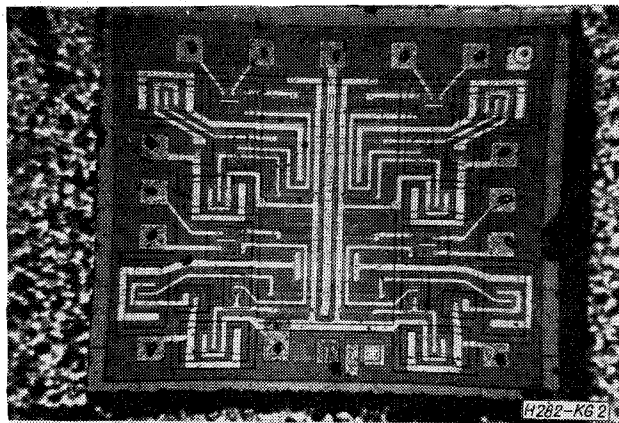
Az 1. ábra szerinti módszert követve láttak a munkához a TUNGSRAM fejlesztői.



1. ábra. Megbízható integrált áramkörök fejlesztésének folyamatábrája

A célkitűzés — mint az előzőekből is kitűnik — az volt, hogy elektromos paramétereiben és megbízhatósági jellemzőiben ekvivalens áramköröket fejlesszünk ki az SN 74...N sorral.

A megvalósítás során, mind statikus, mind dinamikus paraméterek vonatkozásában a céltípussal azonos áramkört sikerült fejleszteniük kidolgozniuk (2. ábra). A 0...70 °C hőfoktartományban az elektromos paraméterek driftje megegyezik a céltípussal. Ez természetesen nehéz és sokirányú fejlesztő munkát igényelt. Az ebben az időszakban végzett kísérletek eredményei megmutatták, hogy egyes hiba-

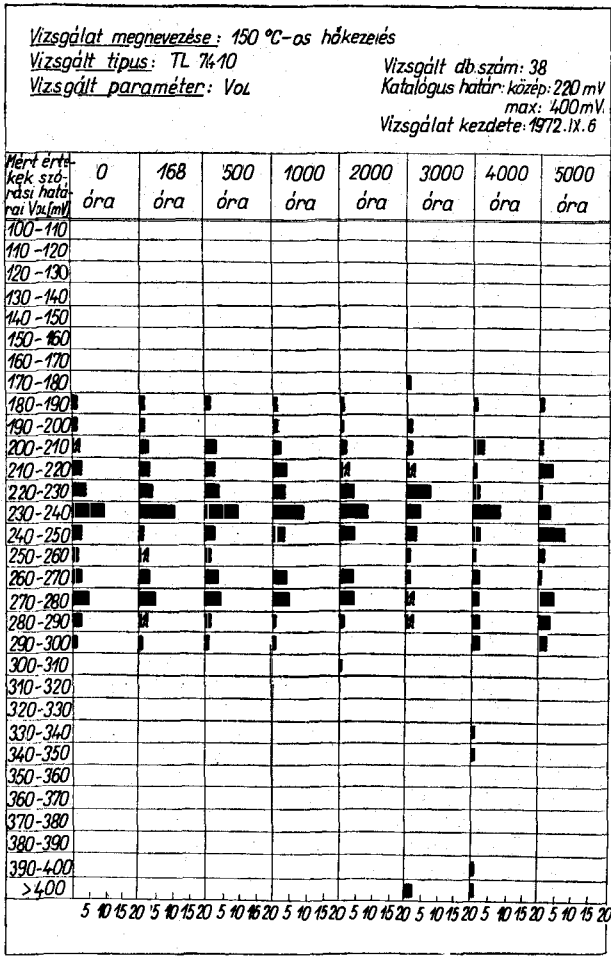


2. ábra. A TL 7400 elem fényképe

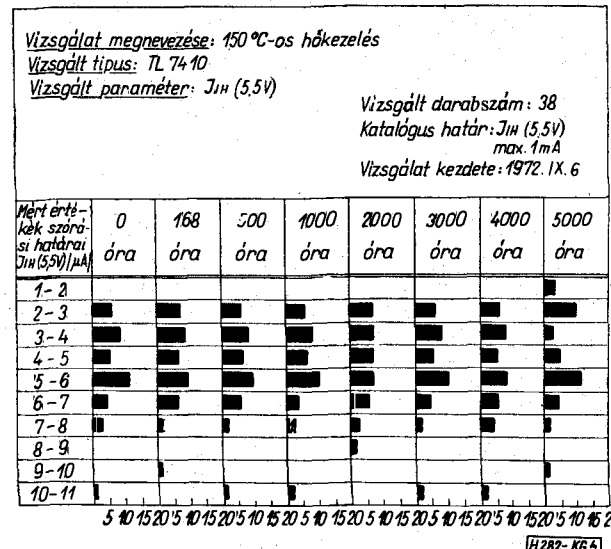
mechanizmusok hatását adott korlátok alá kell szorítani a megvalósítás során. A későbbi fejlesztési időszak feladata ezeknek a hibamechanizmusoknak a további kutatása. Az 1. ábra szaggatott nyila erre utal. Evvel részletesebben majd a hibaanalízis részénél foglalkozunk.

Az eredmény az elektromos paraméterek mellett a megbízhatóságot is biztosította. A technológia és a megbízhatósági munka jó összhangjának, ill. a megfelelő visszacsatolásnak volt köszönhető az elemek felületének jó passziválása, amely a stabilitás szempontjából döntő volt. Hasonló munka eredménye volt az ún. kevert fémzési technológia kidolgozása is. A már gyártásba kerülő típusok megbízhatósági vizsgálati rendszere, másnéven „B” vizsgálati rendszere folyamatos ellenőrzéssel biztosítja a gyártmányaink minőségét. Ez a „B” vizsgálati rendszer, amely a TL 74...(SN 74...N) műanyag tokozott TUNGSRAM integrált áramkörökre vonatkozik, felépítésében és szigorúsági fokában megegyezik a megfelelő IEC ajánlásokkal, ill. a hasonló vizsgálati rendszerekkel. Egyes általunk ismert vizsgálati rendszereknél még szigorúbb is. A vizsgálatok szerepét, szigorúságát, ill. hibamechanizmusokat gyorsító hatását már más dolgozatban kifejtettük, ezért itt erre nem térünk ki [1, 2]. A célkitűzés eredményes megvalósítását bizonyítja, hogy a 150 °C — 5000 órás hőntartásos vizsgálat során kiváló paraméterstabilitást mérhettünk a gyártott integrált áramköreinken. A 3. ábra a TL 7410 típusú áramkör V_{OL} , míg a 4. ábra az I_{IH} (5,5 V) paraméterének 5000 órás vizsgálat alatti stabilitását bizonyítja. Az V_{OL} stabilitása a kötések minőségét, az I_{IH} az elem felületének jó passziválását igazolja.

A megbízható eszköz gyártása a technológia függvénye. A technológiának szigorú betartása és ellen-



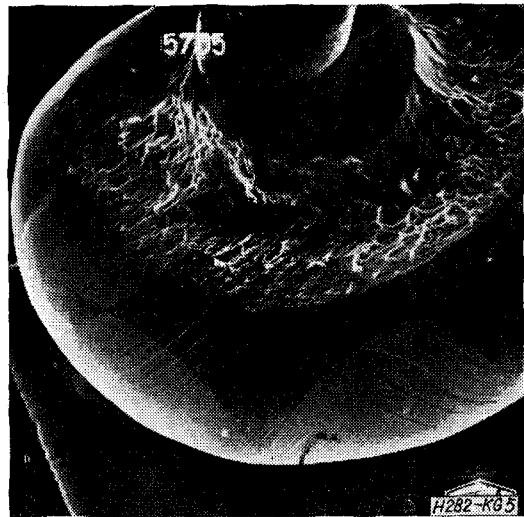
3. ábra. TL 7410 típusú áramkörök 150 °C hőntartásos vizsgálata során 5000 óráig felvett V_{OL} paraméter eloszlása



4. ábra. TL 7410 típusú áramkörök 150 °C hőntartásos vizsgálata során 5000 óráig felvett $I_{IH}(5,5V)$ paraméter eloszlása

őrzése a biztosítéka a megfelelő minőségű integrált áramkörök gyártásának.

A fejlesztés időszakában számos kísérletet végeztünk speciális fémtokba szerelt példányokon, amelyek mikroszkópos megfigyelést is lehetővé tettek.

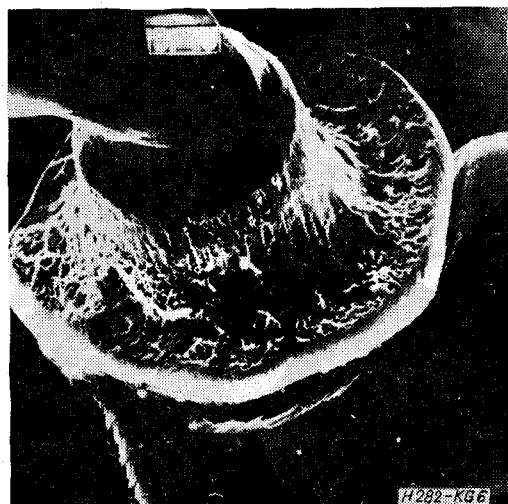


5. ábra. Megfelelően kialakított termokompressziós gömbkötés. A nyomás hatására keletkezett csúszási síkok a gömb oldalán megfigyelhetők (PEM 1000X)

A megbízhatósági munkához és a hibaanalízishez igyekeztünk felhasználni, illetve bevonni a legmodernebb eszközöket.

A planártechnológia jelenlegi színvonala a térfogati meghibásodásokat az előző technológiákhoz képest minimálisra csökkentette. Tapasztalataink alapján állíthatjuk, hogy a közelmúlt, ill. napjaink problémája — főleg az integrált áramköröknél — úgy merül fel, mint a *megbízhatóság = a kötés-megbízhatósággal*.

A szerelésben ma még sok a kézi művelet és az olyan ellenőrzési mód, mely erősen függ a munkát végző személyektől. Ezt úgy is lehetne összefoglalóan nevezni, hogy itt a legnagyobb a „humán faktor” szerepe a technológia folyamatában. A félig automatizált műveletek, pl. a felforrasztás és a termokompresszió, valamint az ellenőrzésre, ill. a selejtes példányok kiszűrésére alkalmazott mikroszkópos átnézés a munkát végző személy begyakorlottságától, pillanatnyi lelki- és idegállapotától függően ingadozó minőséget eredményezhet (5. és 6. ábra).



6. ábra. Túlnyomott és a kötési terület szélére termokomprimált kötés (PEM 1000X)

Következésképpen a gyártástechnológiának a szerelés a legkritikusabb fázisa és ezért jelenleg ez determinálja a gyártott félvezető eszköz megbízhatóságát. A szerelés színvonalára jellemző az, hogy milyen ingadozást mutat a különböző szerelési selejtek %-a a gyártás egymásutáni időszakában. Jól beállított szerelés esetén a különböző időszakokból származó, különböző selejtfajták %-a közel azonos. Eddigi tapasztalati adataink alapján levonhatjuk azt a következtetést, hogy a szerelés egyenletes minősége a biztosító a nagyobb megbízhatóságú félvezető eszköz gyártásának. Tágabb értelemben „megbízhatatlannak” minősül az olyan félvezető eszköz, amely elektromos paramétereit tekintve megfelelő ugyan, de „rejtett” szerelési-tokozási hibákat tartalmaz.

Összehasonlító kísérleteket végeztünk és ennek eredménye alapján arra a következtetésre jutottunk, hogy a gyártott tételek meghibásodási aránya kb. egy nagyságrenddel javítható, ha kiselejtezzük a hibásan szerelt és tokozott eszközöket, még akkor is, ha azok „nulla órán” elektromosan megfelelőek. Ez természetesen elég költséges és nem mindig alkalmazható eljárás.

A megbízható eszközök előállítása, fejlesztése szempontjából nélkülözhetetlen a meghibásodott példányok analízise.

Egyes degradációs folyamatok hatásmechanizmusának a feltárása az alapja ezek kiküszöbölésének, ill. a technológia továbbfejlesztésének.

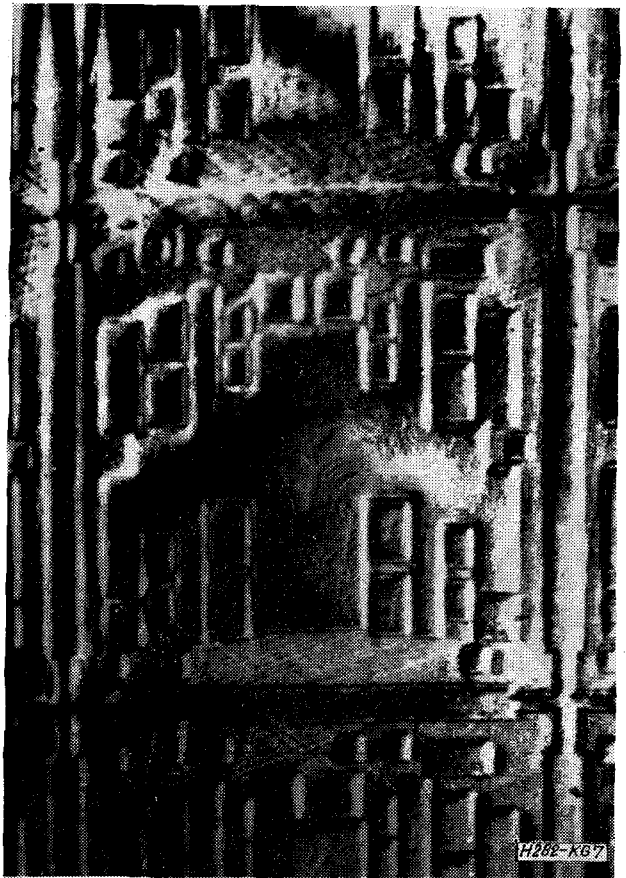
Hibaanalízis-módszerek

A fejlesztés, gyártás, a kontrollvizsgálatok, ill. a hibamechanizmusok kutatása céljából igénybevettük a röntgendifrakciós topográfia, a nagyfelbontású röntgensugaras átvilágítás, a Pásztázó (Scanning) Elektron Mikroszkóp (PEM) és az elektronsugaras mikroanalizátor nyújtotta lehetőségeket.

Röntgendifrakciós topográfia (röntgentopográfia)

A módszert [3] a HIKI, majd az EIVRT Kutató Anyagvizsgáló Laboratóriumában alkalmaztuk a félvezető kristályokban levő rácshibák szerkezetének, keletkezési okainak és hatásuknak tanulmányozása céljából. Az alkalmazott különleges reflexiós technika néhány mikrométeres vastagságú felületi réteg roncsolásmentes vizsgálatát teszi lehetővé. A röntgentopográfias vizsgálatok során a reflektált sugárnyaláb intenzitása — a kristályról visszaverődve — a helyi rácsstorzulások függvényében változik. A leképezés a röntgensugár diffraktált (karakterisztikus) komponenseivel történik. A felbontóképesség határa kb. 2 μm . A 7. ábra egy integrált áramkörü szeletről készült röntgentopográfias képet mutat. Láthatók a sziget diffúziós helyeken megjelenő, a rácsparaméter-változásból származó diszlokációk. A felvételeen megfigyelhetők a sziget diffúziós helyek melletti — nem diffundáltatott — tartományban a sarkokról és élekről kiinduló diszlokációs hurkok.

A röntgentopográfias módszert a diffúziós technológiai lépések változtatásai esetén, ill. új technológiai eljárások bevezetése idején vesszük igénybe. Hiba-

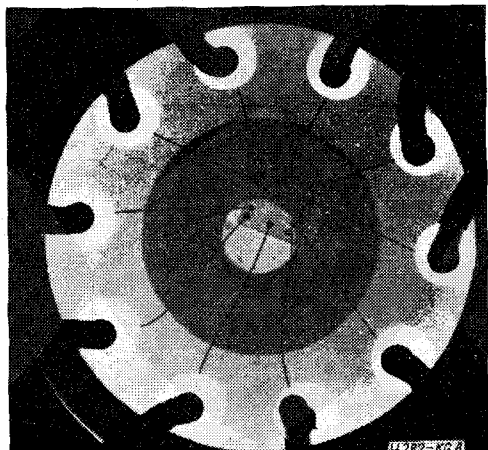


7. ábra. Röntgentopográfias felvétel Integrált áramkörü szeletről a szigetdiffúzió után

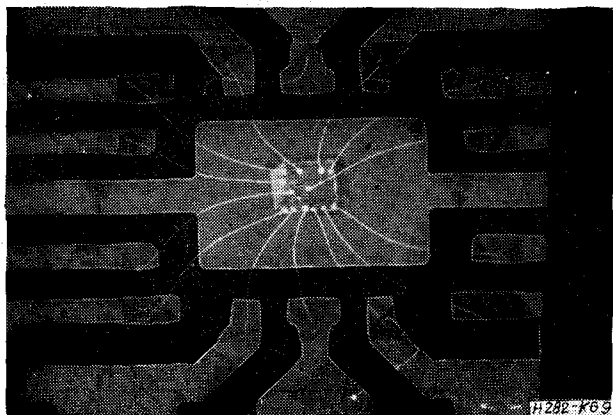
analízis eszközeként a nulla órás paramétereknek a beállított középértékektől való eltérése esetén alkalmazzuk.

Nagy felbontású röntgensugaras átvilágítás (röntgen-átvilágítás)

A félvezető eszközök roncsolásmentes vizsgálatához használjuk a röntgensugaras eljárás átvilágítási módszerét [4, 5]. Ez biztosítja a szerelési technológia ellenőrzését — felforrasztás, termokompresszió, tokozás —, emellett a roncsolásmentes hibaanalízis esz-



8. ábra. Egy fémtokozott integrált áramkör röntgenátvilágítási felvétele

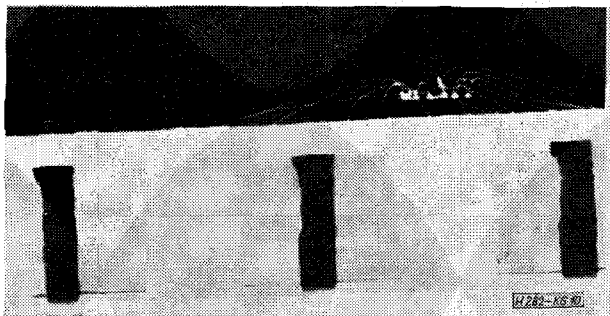


9. ábra. Az egyik termokompressziós kötés felvált a fröccsajtoláskor és az egyik kivezetőn a kettős letűzés után lángvágóval levágott aranyzál nem volt letépvé

közékként is használható. A Toshiba-cégnél a műanyag tokozású integrált áramkörök szerelését átvilágítással ellenőrzik [6]. A vizsgálat módját a MIL-STD-453 szabvány rögzíti.

A röntgenátvilágítás technikáját a TUNGSRAM Kutató Anyagvizsgáló Laboratóriumában a fém és műanyagtokozott eszközökre alkalmaztuk. A 8. ábrán egy fémtokozott integrált áramkör röntgenátvilágításos képét láthatjuk. A felforrasztás a termokompressziós gömbök átmérője és a bekötő aranyhuzalok feszítettsége egyenletes. A műanyagtokozás kísérleti beállításának időszakában a nulla órás selejtes példányok analizésénél készült a 9. ábrán látható röntgenátvilágításos felvétel.

Kezdetben az elemtartó lapka nem volt lesüllyesztve a lábak szintje alá, ez azt jelentette, hogy viszony-



10. ábra. A bekötő szálak hurkossága változó. A műanyag láthatóan nem nyomta meg a szálakat. A kép bal oldalán maradék aranyzál látható

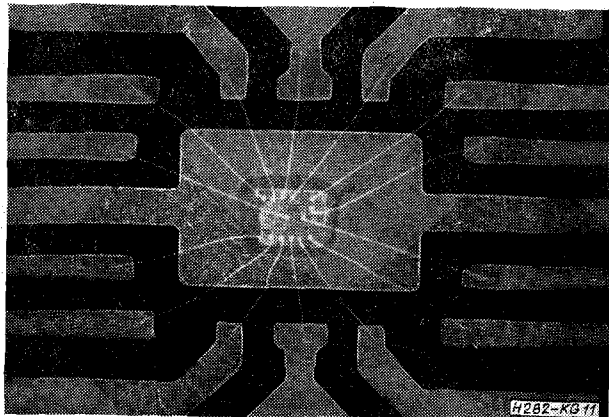
lag magas hurokkal kellett vezetni a bekötő aranyzálakat az elemtől a kivezető lábáig. A 10. ábrán egy, ebből az időszakból származó integrált áramkör oldalnézeti képe látható.

A fejlesztés időszakában azonban már megoldottuk az elemtartó lap lesüllyesztését, és az elem felületét lakkceppel védjük. Ez utóbbi módszer biztosítja a jobb mechanikai szilárdságot a lezárás során és a műanyagtokozott áramkörök jó nedvességálló képességét.

A lesüllyesztett lapkával történő szerelés bevezetése után — az ellenőrzés egyértelműségének biztosítása érdekében — a röntgenátvilágítás stereoteknikáját is alkalmaztuk.

A röntgenátvilágítással sikerült gyártmányainkon egy egyenletes minőségű szerelési, tokozási technológiát beállítani. Az előzőekben részleteztük a „humán faktor” szerepét. A röntgenfelvételeknek a szerelést végző dolgozókkal történő közös kiértékelése és megmagyarázása a vártnál is kedvezőbb befolyást gyakorolt a szerelés minőségére! Célunk ezzel a humán faktor csökkentése volt és eredménnyel is járt. A 11. ábrán a már ellenőrzött, beállított technológiával készült integrált áramkör látható. A felvétel tanúsítja, hogy eredményes volt a technológia ellenőrzése és beállítása a röntgenátvilágítással.

A fentiekben a röntgenátvilágításos módszernek a nulla órás selejtek roncsolásmentes hibaanalízisében betöltött igen fontos szerepét domborítottuk ki.

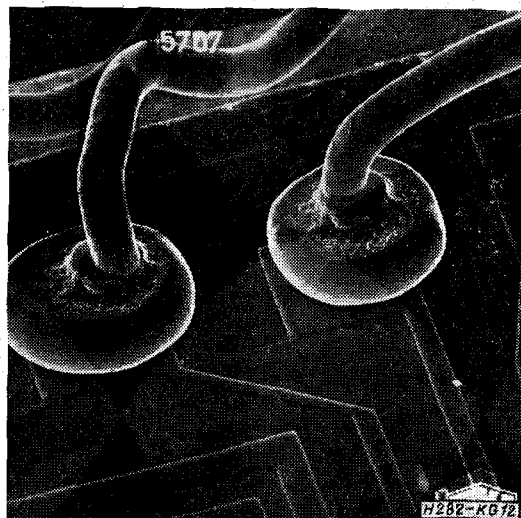


11. ábra. Beállított technológiával készült jó integrált áramkör röntgenátvilágításos képe

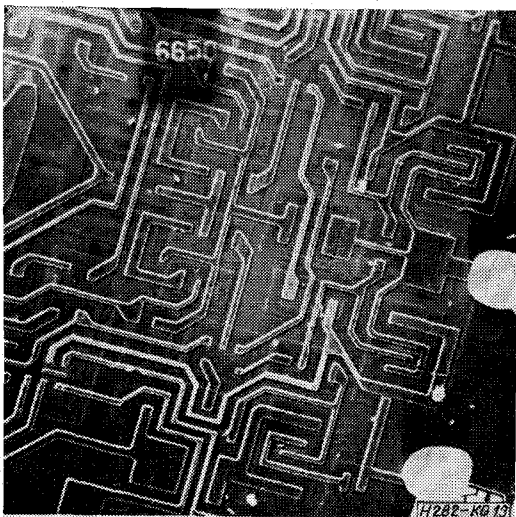
A módszer alkalmazását Stefániay Vilmos dolgozta ki az EIVRT Kutatóban. A felvételek egy részét is ő készítette, a másik részét Dr. Pataki Györgyné.

Páztázó Elektron.ikroszkóp (PEM)

A páztázó, vagy másnéven scanning elektronsugárral működő eszközöket a félvezető iparban világ-



12. ábra. Egy integrált áramkör termokompresszió utáni részlete. A jó térhatás megfigyelhető (PEM 300X)



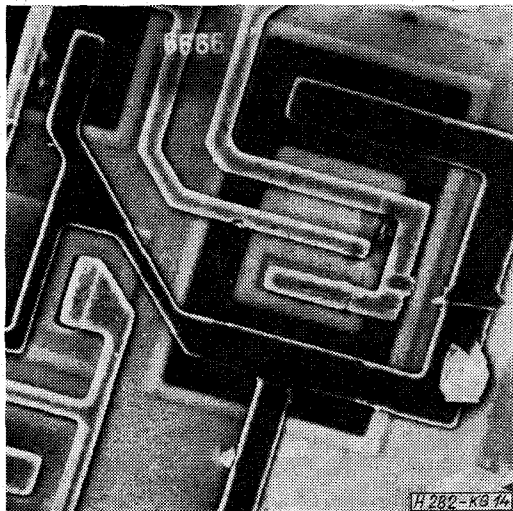
13. ábra. TL 7472 elem potenciál nélkül (PEM 100X)

szerte használják [7]. A minta felületén pásztázó fókuszált sugárral hármas szerepet játszik:

1. mint „fény” a felületi szerkezetet láthatóvá teszi,
2. mint „vezeték” töltéshordozókat továbbít,
3. mint „gerjesztő-energia” mikrotérfogatok röntgenspektrális analizisére nyújt lehetőséget.

A vizsgált felületről reflektált szekunder elektronokkal alkotott domborzati kép jó (kb. 200 Å) felbontással, különlegesen nagy mélységélességgel és látszólagos térhatással ábrázolja a minta felületének domborzatát 12. ábra. A nagyítás széles határok között (20–30 000X) folyamatosan állítható.

Az integrált áramkörre feszültséget adva a minta felületének eltérő potenciálú részletei megváltoztatják a kilépő szekunder elektronok pályáit, ezzel módosítják azok detektálási hatásfokát, vagyis feszültség-kontrasztot idéznek elő. 13., 14. ábra egy TL 7472 elem feszültség nélküli, illetve feszültség alatti képét mutatja. A 14. ábrán jól látható — a fémzéses karcolásán kívül — a bázisterületen a fotoreziszt hibája



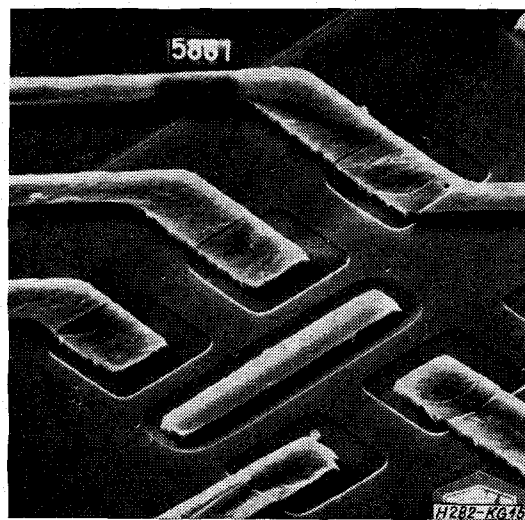
14. ábra. TL 7472 elem egy tranzisztora potenciál alatt. A sötét rész a pozitív potenciálú. A bázis területén látható folt a hibát mutatja (PEM 500X)

miatti folt. A kontraszt előjele és mértéke a mintatér és a detektor elrendezésének függvénye, a felvételen a pozitív részlet a környezetéhez viszonyítva sötétebb.

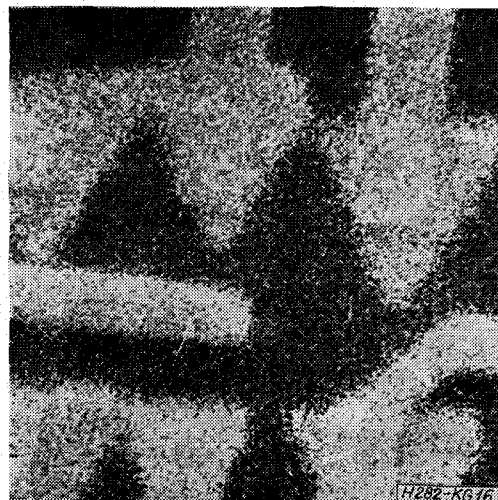
A PEM feszültségkontrasztos üzemmódu használata, valamint az ún. vezetési módban történő alkalmazása terjedelménél fogva egy külön közlemény tárgya képezi, ezért erre nem térünk ki. Az itt bemutatott felvételeket a Fémipari Kutató Intézet JEOL—JSM—U3 típusú berendezésével Stefániay Vilmos készítette az EIVRT és az FKI közötti szerződéses munkák során. A dolgozatban közölt PEM felvételek nagyítása 10×10 cm-es képméretre vonatkozik.

Elektronsugaras mikroanalizátor (ESM)

Mikroanalizátort — mikroszondát — kapunk akkor, ha a mozgatott elektronnaláb egy adott elem karakterisztikus röntgensugárzását gerjeszti, azt detektáljuk, majd ennek intenzitásával arányos jellel moduláljuk a kijelző katódsugar-cső elektronsugarát [8].



15. ábra. TL 7472 túlszinterelt fémzésű hat emitteres tranzisztora (PEM 1000X)



16. ábra. Az alumínium eloszlása. A szomszédos emitterablakok között a zárlat látható (1200X)

Vizsgáltuk a túlszinterelt alumínium és nikkelt kevert fémzéssel készült TL 7472 egy hat emitteres tranzistorát 15. ábra. A mikroszondás 16. ábra az elemeloszlást mutatja a fenti áramkör részleten. A túlszinterelés miatt az alumínium „háromszögesedés” a szomszédos emittereknél zárlatot okozott.

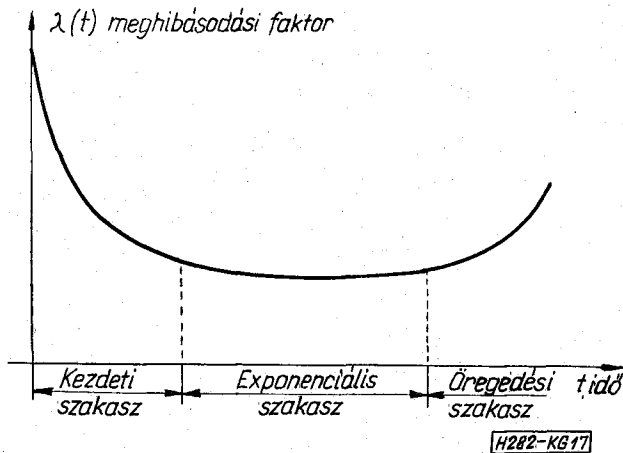
A PEM és az ESM együttes használata lehetőséget biztosít a dolgozat elején említett olyan hibamechanizmusok kutatásához, amelyek a további fejlesztés célkitűzései. Ilyen pl. az Au-Al rendszer ún. pestisédése, valamint a fémző rendszerek kialakítása, szinterelése. Jelenleg ilyen irányú kutatásokat végzünk.

Az itt bemutatott felvételeket a Fémipari Kutató Intézet JEOL—JXA—5 mikroszondájával Stefániay Vilmos készítette az EIVRT és az FKI közötti szerződéses munkák során.

A technológia „tökéletlenségei” és a teknőgörbe kapcsolata

A fejlesztés kezdeti időszakában, amíg megfelelő eszközóraszámú és hőmérsékletű vizsgálati eredmény nem áll rendelkezésre, a monolit, szilícium alapú planár integrált áramköröknél az ún. teknőgörbe — 17. ábra — helyett, csak az exponenciális eloszlású meghibásodási szakaszt tekintettük az integrált áramkörre jellemzőnek, azaz „örökifjúnak” tételeztük fel az áramkört.

Ez a feltevés azonban nem bizonyult helyesnek. A félvezető eszközök működése folyamán ugyan nincs olyan hatás, amelynek következtében elhasználódna valamely alkatrész, azonban a technológia meglévő tökéletlenségei [9] egyes elemhibák, fémzési és kötési eljárások során előidézik az eszköz hajlamát az öregedésre.



17. ábra. Teknőgörbe

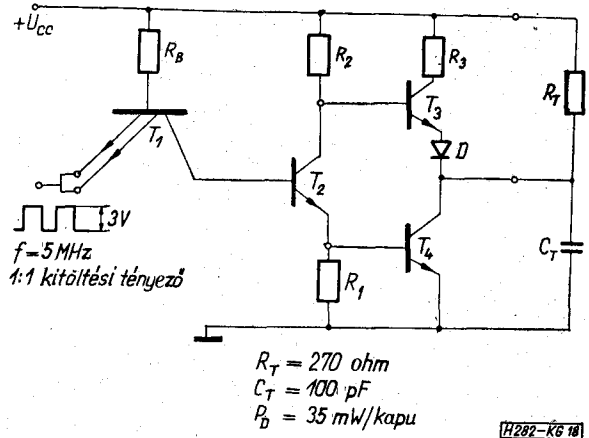
A technológia tökéletlenségének tudható be, hogy kellően magas hőfokon és időtartam esetén az öregedő szakasz megfigyelhető az integrált áramköröknél is.

Fokozott igénybevételű elektromos tartósterhelés vizsgálata

A TUNGSRAM Ágazati Félvezetőfejlesztésen a „B” vizsgálatától eltérő, az üzemi körülményeket jelentő-

sen túllépő vizsgálatokat is végeztünk gyártmányainkon az öregedő szakasz kimutatására. Az elektromos tartósterhelés vizsgálat a „B” vizsgálat szerint: $f=100$ kHz; $T=70$ °C; $V_{cc}=5$ V; $N=10$ (ohmos) és $t=168, 500, 1000$ óra feltételek mellett történik. A gyártmányaink a fenti beállításban 5000 óráig nem hibásodtak meg.

A gyorsításoknál a felhasználók szempontjából egyedüli alkalmazási mód, a dinamikus üzem mellett



18. ábra. Elektromos tartósterheléses égetőkapcsolás

döntöttünk. Az áramkörök rendszertechnikai felhasználása során a kimeneti terhelés soha nem tisztán ohmos, hanem kapacitív terhelést is tartalmaz. Kiindulásunk tehát a következő volt: dinamikus üzem, RC terhelés, max. tépfeszültség.

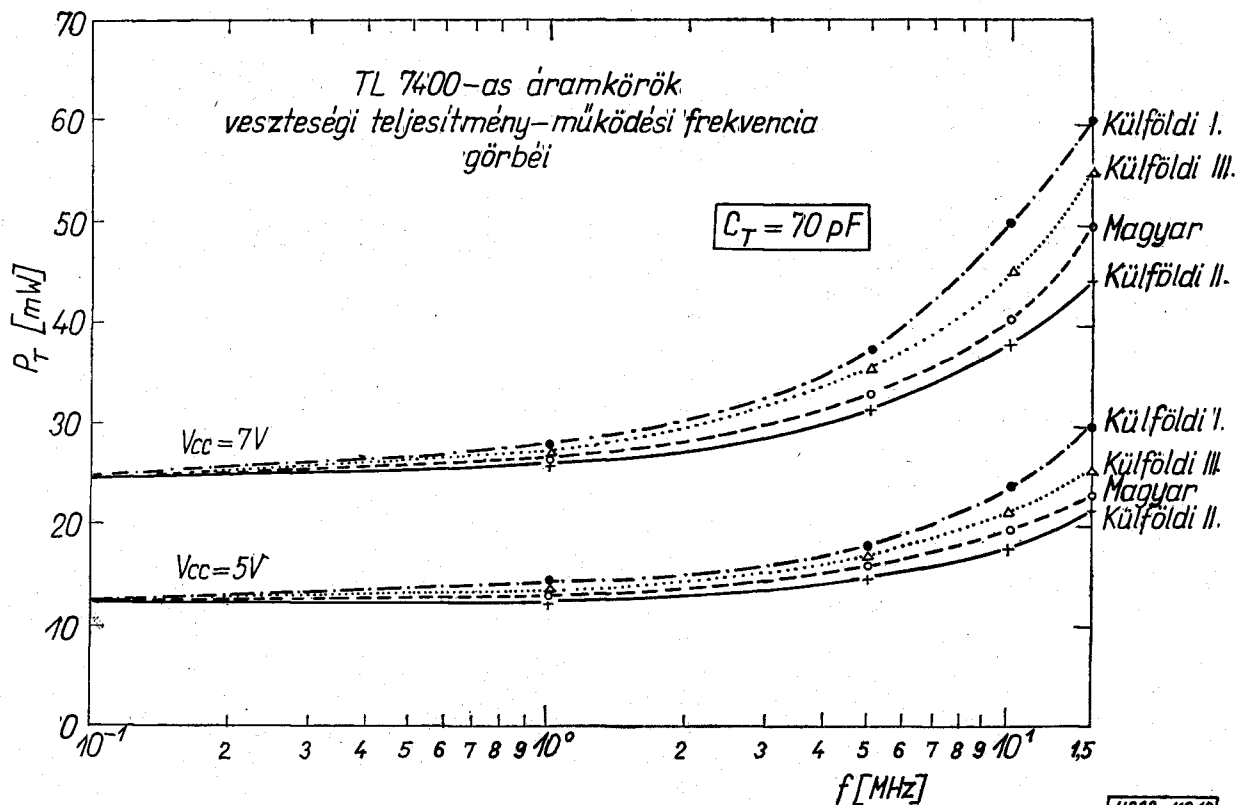
A célunk az volt, hogy a 10 mW/kapu átlagteljesítményt meghaladva vizsgáljuk áramköreinket. Az égetőkapcsolás a 18. ábrán látható: $V_{cc}=7$ V és $T=85$ °C beállítás mellett. A mérés és számítás útján kapott P—f karakterisztikát a 19. ábra szemlélteti, amely a beállítás alapjául szolgált [2]. (A külföldi I: 1LB 553, külföldi II: SN 5400N, külföldi III: SN 7400N). A megvalósított égetőkapcsolásban vizsgáltuk a TL 7400 és SN 7400 N áramköröket. Egyidejűleg 5 db FLH 101 típusú áramkört is fel tettünk az égetőkeretre. A TL 7400 és az SN 7400N áramkörök 5000 óráig nem hibásodtak meg. Az FLH 101 áramkörök 1000 óránál paraméterdegradációt mutattak. A saját „B” vizsgálati rendszerünknel a paraméterhatárt 25 °C-on a vizsgálat során, ill. után túllépő példányok sejtnek minősülnek. A fenti 5 példány V_{OL} értéke 1000 óra után 400 mV-nál nagyobb volt.

A fentiekben részletezett égetőkapcsolásban kapott átszámítás nélküli meghibásodási ráta a TUNGSRAM integrált áramkörökre:

$$\hat{\lambda}_{60\%CL} = 6,7 \cdot 10^{-6} / \text{óra}$$

Fokozott igénybevételű hőmérséklet-tárolásos vizsgálat

A fejlesztési kísérletek, ill. a redukciós görbe meghatározása céljából végeztünk 150 °C, 175 °C és 200 °C-on is hosszú időtartamú vizsgálatokat. A számszerű eredmények az 1. táblázatban és az ebből szerkesztett görbék a 20. ábrán láthatók. Az alacsonyabb hőfokon (150 °C) közel szabályos a teknő-



19. ábra. A TL 7400-as áramkörök veszteségi teljesítmény-működési frekvenciagörbéi

görbe, míg a magasabb hőfokokon meredekebb az öregedő szakasz felszálló ága a görbéknel.

Az előző eredményeinknél az 1. és 2. irodalomban a λ faktort Poisson eloszlás szerint számítottuk ki és 125 °C, 150 °C, 175 °C adatok alapján. A fejlesztés kezdeti időszakából származtak a 125 °C-os adataink, amelyeket nem tekintettünk kellően fokozott igénybevételnek és ezért a későbbiekben a

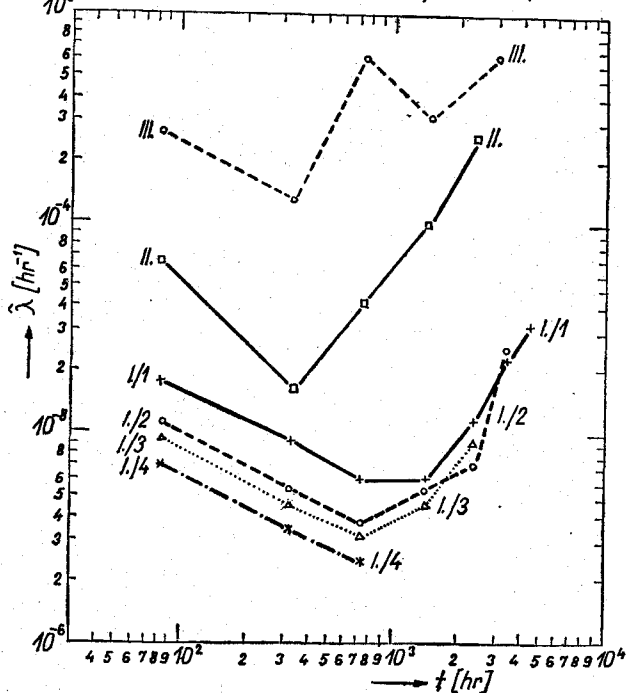
magasabb hőfokon végeztünk újabb vizsgálatokat. A legújabb adatok a 150 °C, 175 °C és 200 °C-ra vonatkoznak és khi-négyszet eloszlás alapján számítottuk a λ faktort, 60% egyoldalás konfidencia szintre.

1. táblázat

Hőfok °C	I. 150 °C				II. 175 °C	III. 200 °C
	1.	2.	3.	4.		
N darabszám db	318	528	627	841	345	110
t vizsgál. idő (óra)	5000	4000	3000	1000	1000	1000
Hiba ok						
$V_{OL} > 0,4 \text{ V}$	2	4	4	1	8	23
$V_{ON} < 2,4 \text{ V}$	—	—	—	—	1	—
$I_{IH} (2,4 \text{ V}) > 40 \mu\text{A}$	—	—	—	—	1	1
$I_{OFF} > 270 \mu\text{A}$	1	1	—	—	—	—
Szakadás	11	15	5	1	3	17
Zárlat	—	—	—	—	—	—
Összes hiba (db)	14	20	9	2	13	41

Megjegyzés: A 175 °C-os és a 200 °C-os hőntartást kisebb darabszámon, 3000 óráig végeztük, aminek az eredménye az ábrán látható is.

Hőmérséklet-tárolásos vizsgálat eredményei TTL áramköröknél /I.: 150 °C, II.: 175 °C, III.: 200 °C/



20. ábra. Hőmérséklet-tárolásos vizsgálat eredményei TTL áramköröknél

A 20. ábra alapján is látható, hogy a fejlesztés során melyik területen kell előbbre lépni. Az örege-
dést mutató integrált áramkörök V_{OL} paraméterde-
gradációt mutattak túlnyomórészt, amely az Au-Al
kötés pestisedése miatt következett be.

Az Au-Al kötésnél öt intermetallikus ötvözet ($AuAl_2$,
 $AuAl$, Au_3Al , Au_5Al_2 és Au_4Al) képződését figyelték meg [10,
11] A Si, ill. a SiO_2 jelenléte befolyásolja a különböző fázisok
kialakulását. Az egyes fázisokat színük alapján bíbor ($AuAl_2$),
szürke ($AuAl$) stb. pestises állományként lehet megkülönböz-
tetni. A magas hőmérséklet hatására az egyes intermetallikus
fázisok egymásba átalakulva térfogatváltozást és ellenállás-
változást idéznek elő a kötésnél. A nagy térfogatnövekedéssel
kialakuló $AuAl$ fázis (67,9% térfogatváltozás) [10] — amely
aztán $AuAl_2$ -be megy át — létrehozhat olyan üregeket, ame-
lyek a kötésterület alatt összeérve a kötés felválását idézik
elő. A különböző pestises fázisok az Au-Al kötésnél mindig
kialakulnak, de hogy melyik fázis hol helyezkedik el, és ezek
milyen stabilok, azaz mennyire hajlamosak más fázisba való
átalakulásra — ez fogja meghatározni a kötés megbízható-
ságát.

Jelenlegi megbízhatósági eredményeink

A felhasználóknak, a rendszertervezők számára
igen fontos adat az alkatrész meghibásodási aránya,
a λ faktor értéke. A 150 °C, 175 °C és a 200 °C-os
vizsgálatok lehetőségét adtak az ún. redukción görbe
megszerkesztéséhez 21. ábra. A szokásos hőfokra,
55 °C-ra 60% egyoldalas konfidencia határra adódó
érték:

$$\lambda_{55^\circ C} \cong 5 \cdot 10^{-9} / \text{óra}$$

Ez a meghibásodási arány bizonyítja, hogy eredmé-
nyes volt az a munka, amelyet az 1. ábra szemléltet
és amelyet az áramkörfejlesztőkkel közösen végez-
tünk a megbízható integrált áramkör kifejlesztése
során.

Összefoglalás

A technológia és a megbízhatósági vizsgálatok kö-
zött megfelelő *viSSZACsATOLÁS*, a szoros együttműködés
egyik alapfeltétele volt a megbízható integrált áram-
kör család kifejlesztésének.

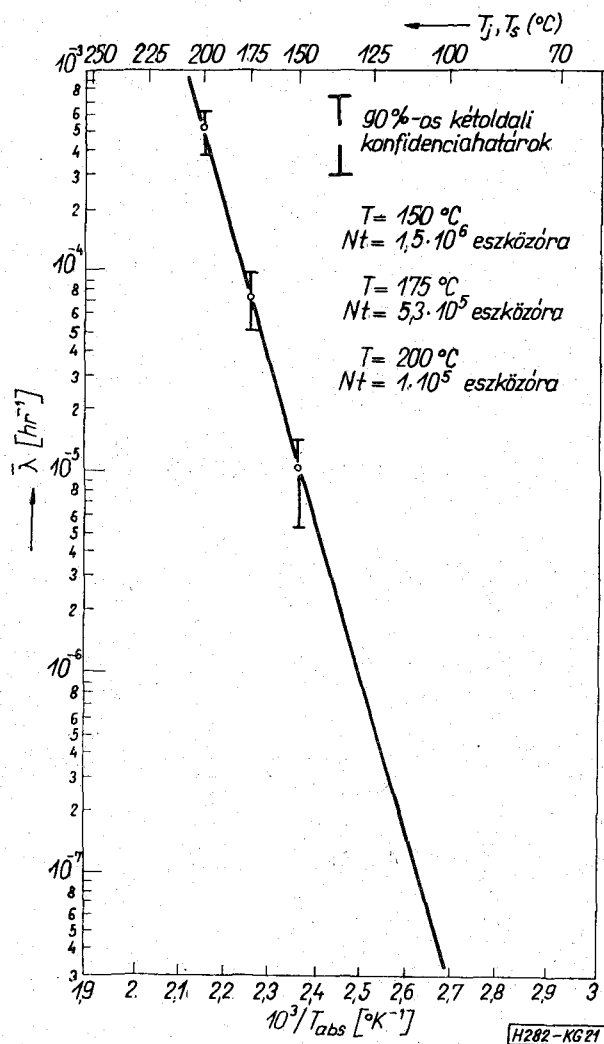
A hibaanalízis megfelelő alkalmazása és értékelése
döntő szerepet játszott a fejlesztési munkában.

A fejlesztési célkitűzések a hibamechanizmusokkal
kapcsolatos további kutatásokat olyan területekre
összpontosította, ahol a hibaanalízis biztosítja a
technológia továbbfejlesztését.

I R O D A L O M

- [1] Kalmár G.—Kömlyös E.: TUNGSRAM műanyagtokozott TTL integrált áramkörök megbízhatósága. Híradástechnika (1973) 14, 10. sz. 312 old.
- [2] Kalmár G.—Balogh T.: Műanyagtokozott TTL integrált áramkörök megbízhatóság-vizsgálati rendszere. (Előadás) 3. Megbízhatóság az elektronikában Szimpózium. Bpest, 1973. nov. 13—16. I. kötet 153—169. old.
- [3] Szántó I.: Szilárd testek rácshibáinak láthatóvá tétele röntgentopográfiai módszerekkel. Műszaki Tudomány (1969) 41; 3 241—309. old.
- [4] Stefaniay V.—Kalmár G.: Félvezető eszközök röntgensugaras átvilágításáról. Munkajelentés (1971) júl. 13.
- [5] Kalmár G.—Dr. Patai Gy-né: A röntgensugaras ellenőrzés jelentősége a megbízható félvezető előállításában (Előadás) 3. Megbízhatóság az elektronikában Szimpózium Bpest, 1973. nov. 13—16. I. kötet, 171—179. old.
- [6] Yamada S.: Reliability of Semiconductor Devices. Toshiba Rev. (1970) 47.
- [7] Barna P.—Csanády A-né: A pásztázó elektronmikroszkóp és felhasználási területei a fémiparban. Kohászat (1972) 105. 11. szám 489. old.
- [8] Kalmár G.—Pálincás F.—Stefaniay V.: Félvezetők vizsgálata pásztázó elektronsugaras eszközökkel. (Előadás) A szilárdtestkutatás korszerű berendezései. Konferencia, Bpest, 1973. szept. 25—28.
- [9] Kalmár G.: Monolit integrált áramkörök néhány jellegzetes meghibásodási módja, különös tekintettel a metallizációs problémákra. Híradástechnika (1973) 14. 11. szám 345. old.
- [10] M. Kashiwabara—S. Hattori: Formation of Al-Au Intermetallic Compounds and Resistance Increase for Ultrasonic Al Wire Bonding. Review of the Electrical Communication Laboratory (1969) Vol. 17 No 9. 1001—1013. old.
- [11] E-Philofsky: Intermetallic Formation in Gold-Aluminium Systems. Solid-State Electronics (1970) Vol. 13, 1391—1399. old.

A TL 74... áramkör család redukción görbéje a hőmérséklet-tárolásos vizsgálatok alapján



21. ábra. A TL 74... áramkör család redukción görbéje a hő-
mérséklet-tárolásos vizsgálatok alapján