

550/65

# HÍRADÁS- TECHNIKA



A HÍRADÁS-  
TECHNIKAI  
TUDOMÁNYOS  
EGYESÜLET  
LAPJA

7



# HÍRADÁS- TECHNIKA

1968. július, XIX. évfolyam, 7. szám

A HÍRADÁSTECHNIKAI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET LAPJA

## TARTALOM

DR. VÁRADI IMRE: A Híradástechnikai Ipari Kutató Intézet alapításának 15. évfordulója alkalmából rendezett kiállítás megnyitása .....	193
KOMPORDAY AURÉL: Az Intézet munkájának összefoglaló ismertetése .....	195
EGRI JÁNOS—KIRSCHNER MIKLÓS: Fél-léptető-tároló integrált félvezető áramkör .....	198
DR. KATONA JÁNOS: Vékonyréteg áramkörök hazai kutatási és fejlesztési eredményei .....	203
TIHANYI JENŐ—ERLAKY GYÖRGY: A MOS tranzisztorok fizikai alapjai: a fém-oxid-félvezető rendszer .....	209
HERMAN ÁKOS—DR. KOVÁCS FERENC: Hazai nagyteljesítményű szilícium kapcsolótranzisztor konstrukciója és elektromos adatai .....	212
WALDHAUSER ILONA: A $\sigma$ -fázis alakulása a W-Re rendszerben .....	215
Szemle .....	208, 211, 221
Tartalmi összefoglalások .....	222
Обобщения .....	222
Zusammenfassungen .....	223
Summaries .....	223
Résumés .....	224

A HIKI 15 éves jubileuma alkalmából összeállított célszámunkból terjedelemlhiány miatt kimaradt:  
DR. TOMASCHEK ZOLTÁN: Intermetallikus szilicidek getterhatása című cikke, melyet lapunk 8. számában fogunk közölni.

Szerkesztőség: BOGLÁR GYULA szerkesztő, SZÖLLŐSI GYÖRGYNÉ szerkesztőségi titkár, BALOGH PÁL, SÁRKÖZY GÉZA kandidátus és MAY PÉTER tudományos szerkesztők, FLESCH ISTVÁN, RUPPENTHAL PÉTER, VÁSÁRHELYI PÁL szerkesztőségi munkatársak. — A szerkesztőség [címe: Budapest, V., Október 6. utca 7. IV. 421. 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, KÖMÜVES 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 Hírlapirodánál (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.

68.726 Egyetemi Nyomda, Budapest





# HÍRADÁS- TECHNIKA

A HÍRADÁSTECHNIKAI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET LAPJA

## A Híradástechnikai Ipari Kutató Intézet alapításának 15. évfordulója alkalmából rendezett kiállítás megnyitása\*

*Dr. Váradi Imre, a Magyar Híradástechnikai Egyesülés elnöke a kiállítást a következő szavakkal nyitotta meg:*

„Pártunk vezető szerveinek számos határozata foglalkozott az elektronikai, híradástechnikai ipar kiemelt szerepével országunk gazdasági életében. Nem utolsósorban az MSZMP IX. Kongresszusának határozatai is. Ez természetesen, hiszen a világ legfejlettebb ipari országainak technikai fejlődésében az energia és komplex vegyipar kérdései mellett éppen az elektronika fejlődése játszik döntő szerepet azokban a forradalmi átalakulásokban, melyek mind az automatizálás, mind a hírközlés, ügyvitelgepesítés és az iparban mind nagyobb szerepet játszó mérés-technika területén lejátszódnak. Ha a kapitalista rendszerben a gazdasági verseny fontos eszköze az elektronika és az belőle kifejlesztett új technika eszközei, akkor a szocialista rendszerben elmondhatjuk, hogy a mi körülményeink között még sokkal nagyobb jelentőséget kell tulajdonítanunk a technika ezen forradalmi vívmányainak, és azok a szocializmus teljes felépítésének nélkülözhetetlen elemeit képezik, mert azokkal az ipar termelékenységét, a közlekedés irányítását, a hírközlést a kulturális feladatok elvégzését a korábban szinte elképzelhetetlen szintre lehet emelni. Ennél még sokkal fontosabb az, hogy az elektronika, a híradástechnika az államigazgatás és a tervgazdálkodás hatalmas célkitűzéseinek optimális megvalósításának mindinkább alapvető eszközévé válnak. Eképpen az elektronikai iparban végbemenő műszaki-tudományos forradalmi változások a szocializmus fejlődésének hatalmas emelőjévé válnak. Hazánk adottságai, ipari hagyományaink és a rendelkezésre álló fejlett szakember-gárda szükségessé teszi, hogy hazánk a szocialista országok összességében fontos szerepet töltsön be ezen a területen.

Az elektronikai ipar technikai fejlettségének alapja egyrészt a korszerű és megbízható alkatrész választék, amely meghatározza a készülékek és berendezések szerkesztésének és funkcionális tulajdonságainak lehetőségét. Másrészt a korszerű alkatrészek mindinkább új anyagok felhasználásától függenek, illetőleg az anyagok mind finomabb eddigi rejtett tulajdonságainak feltárásán és ezeknek új, különlegesen finom, érzékeny, a fizika és kémia legújabb eredményeit alkalmazó technológiával való felhasználásán és kézbentartásán alapulnak.

Nyilvánvaló, hogy ilyen körülmények között fokozottabb jelentősége van az ipari kutatásnak és műszaki fejlesztésnek mint ahogy azt Pártunk IX. Kongresszusa megállapította: *A tudomány és a termelés kapcsolata a termelőerők fejlesztésének mind fontosabb tényezője. Ezért nagyobb összhangot kell teremtenünk gazdaságpolitikai céljaink, a tudományos kutatás programja, valamint a kutatások anyagi szükségleteinek megalapozása között.*

A híradástechnikai alapanyag és alkatrész bázis megteremtése és fejlesztése igen alapos kutató és fejlesztő munkát igényel. Ezt tartotta szem előtt pártunk és kormányunk, amikor már több mint 15 év előtt az akkori Népgazdasági Tanács határozatával létrehozta a Híradástechnikai Ipari Kutató Intézetet. Sajnos volt olyan korszak amikor a szavak és tettek nem mindig voltak összhangban, amiért is a Híradástechnikai Ipari Kutató Intézet fejlődése kezdetben igen nagy nehézségekbe ütközött, nem utolsósorban megfelelő anyagi eszközök hiányában, de leküzdendő objektív nehézség volt az is, hogy ki kellett az Intézetben nevelni a megnövekedett feladatokkal lépést tartó gárdát. Az Intézet még a szűkös körülmények között is hathatósan tudta szolgálni híradástechnikai iparunkat. Döntő változás történt azonban mintegy öt év előtt amikor a Fóti úti laboratóriumok építkezésének első, kapavágása megtörtént. A Fóti úti építkezés megindításával kormányunk erőteljesebb segítséget nyújtott célkitűzéseinknek. Az Intézet fejlődése ezzel meggyorsult és így már a közelmúltban is hathatósabban működhetett közre az iparág fejlesztési munkáiban.

Az erő kifejtés felső határát nemcsak anyagiak, hanem elsősorban az emberi tényezők határozzák meg. Ezért meglevő erőinket leggazdaságosabban kell felhasználnunk a műszaki fejlesztés érdekében. A tudományos munkáknál ez különösen érvényesül. Szocialista elveknek felel meg az a mód, ahogyan a Híradástechnikai Ipari Kutató Intézet együttműködést valósít meg más intézményekkel, pl. MTA Műszaki Fizikai Kutató Intézettel — továbbá más kutató és fejlesztő helyekkel.

Gazdasági irányítási rendszerünk reformja megköveteli, hogy a kutatás maga a legszorosabb kapcsolatban álljon az üzemekkel és a mindennapi élet gyakorlatával, hogy a kutatás eredményei valóban a leggyorsabban kerülhessenek felhasználásra üzeminkben. Bár az Intézet már évek óta eredményes erőfeszítéseket tett ebben az irányban és anyagi eszközeinek döntő részét üzemekkel kötött szerződésekből merítette, azonban még mindig lehet és kell javí-

\* A kiállításról lapunk f. évi 4. számában részletes riportban számoltunk be.



tani ezen a területen: szervezettebbé kell tenni a kapcsolatot, elmélyíteni a gyári szakemberek bekapcsolását az új termékek, új technológiák bevezetésének előkészületeibe. Komplex brigádokat is mozgósítani kell a fenti célok érdekében, mind több esetben el kell érni azt, hogy a kutatók mindaddig rajta tartásuk kezüket témáik ipari bevezetésén, amíg abból eredményes üzemi gyártás nem alakul ki.

Az Intézetben megvalósult kísérleti gyártások, cél- gép-, célműszer-konstruktív tevékenység ellátása már eddig is eredményeket ért el az üzemi bevezetés előfeltételeinek megjavítása terén, de itt még rengeteget lehet tenni a realizálás fokozására. Szocialista rendszerünk nagy előnye, hogy a nép érdekében a legmagasabb szervezethez fokát valósíthatja meg a tudomány minden eszközének felhasználásával az egyes tevékenységekben. Élnünk kell a lehetőséggel, hogy minél több területen élvonalba kerüljünk.

A gazdaságirányítás új módszerei mindinkább szükségessé teszik, a gazdaságossági szemlélet előretörését. Ebben az Intézetben már megindult az úttörő munka — ha még csak aránylag kis területen is —, de úgy látom, hogy az Intézet ezen a téren is helyes útra lépett.

Örömmel állapítom meg, hogy az Intézet múltban elért eredményei, nevezetesen; a félvezető kutatás úttörő munkájának elvégzése, a fényporoknak és

fénycsöveknek magas minőségi és technológiai színvonalra való emelése, a passzív alkatrészek korszerűsítése és választékának bővítése, a legkorszerűbb adócsövek alaptípusainak kidolgozása, a megbízhatóság kérdéseinek felvetése és kimunkálása, a tranzisztorizálás és mérés-technika terén kifejtett sokoldalú munkássága elismerésre méltó. Az Intézet elért eredményei mellett rátért az alapanyag és alkatrész-technika legkorszerűbb területeire is, mint pl. mikroelektronika, színes tv-képcsövek fénypor problémái és az új fényforrások. A megbízhatóság fogalmának átfogóbb kezelése mellett nemzetközi területen is biztosított a szocialista országokon belül az aktív és passzív alkatrészek területén. Meg kell emlékezni arról, hogy az Intézet igen hasznos munkát végzett felsőbb szervek számára az új területekről készült tanulmányaival a KGST hazai szakmai titkárságának megszervezésével és több más rábízott területen is.

Midőn megnyitom az Intézet 15 éves fennállása alkalmával rendezett kiállítást, mely mintegy keresztmetszetet ad az itt végzett munkáról kívánom, hogy az Intézet munkássága az elkövetkező években új tapasztalatokkal gazdagodva még több és nagyobb sikereket mutathasson fel pártunk célkitűzéseinek megfelelően, a híradástechnikai iparág sikeresebb fejlődése és népünk boldogulása érdekében.”



## 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 mozgótekerces  
vagy toroidrendszerű szabályozó berendezések

### Transzformátorok :

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



## Az Intézet munkájának összefoglaló ismertetése

Korunkban az elektronika a társadalmi és gazdasági élet csaknem minden területére behatolt és forradalmi változásokat hozott létre. Az MSZMP IX. Kongresszusa is megállapította, hogy a népgazdaság fejlődésével egyidejűleg a híradástechnikai ipar jelentősége is egyre fokozódik.

Az elektronika területeinek minőségi és mennyiségi fejlődésében döntő szerepe van az új, korszerű alkatrészeknek. Ezek az új alkatrészek, amelyek az anyagoknak új, eddig ismeretlen tulajdonságaira épülnek, gyökerében változtatták meg a technikát. Helyes volt tehát Pártunknak és Kormányunknak az a 15 év előtti elhatározása, hogy az alapanyag- és alkatrészkutatásra új, külön intézetet hoz létre.

A századforduló előtt és közvetlenül utána már magas színvonalú fejlesztés folyt Magyarországon, amelyet ha nem is tekinthetünk a mai értelemben vett kutatási tevékenységnek, igen értékes eredményekkel járt, pl. Juszt és Hanemann első wolfram-szálas izzólámpája. Már a céltudatos kutatás elve valósult meg az Egyesült Izzóban Helfgott Ármin és Hevesi Gyula még ma is alapvető jelentőségű munkáiban. Pfeifer Ignác professzor 1922-ben megbízást kapott önálló kutató laboratórium szervezésére és így váltak ő és kiváló munkatársai: Bródy Imre, Selényi Pál, Tarján Imre, Thury Pál és Winter Ernő, az első magyar ipari kutató intézmény élvonalbeli kutatói, a HIKI elődeivé. Valóban, ma is a Bródy Imréről elnevezett laboratórium, mely az Egyesült Izzó egykori laboratóriumából alakult át, képezi az Intézet történelmi magvát.

Az Intézet 15 éves történetében hosszú éveken keresztül jelentős szerepet játszott a wolfram-technológiával kapcsolatos kutatás, amely egyrészt függetlenítette iparunkat a kapitalista környezettől, másrészt a technológia fontos elméleti kérdését tisztázta. Később ezt a területet más intézményeknek engedték át, melyek továbbra is együttműködnek velünk. A fénypor- és fénycső-kutatásban elért eredményeink hazai iparunkat ezen a téren minőség és korszerűség tekintetében az élvonalba állították. E kutatásokon belül fontos elvi eredmények születtek a gázkiszülések fizikája és az itt alkalmazott katódok viselkedésének feltárásával. E kutatások elmélyítésével a legkorszerűbb fényforrások műszaki fejlesztési munkáiba is be tudunk kapcsolódni. A hazai gyártású tv-képcsövek ernyőjének határfokát, a HIKI kutatásainak eredményeként, jelentős mértékben növelték és jelenleg már a színes tv-képcsövek fényporainak kidolgozásán dolgozhatunk. Az Intézet keretében kezdődött meg a hazai félvezető-kutatás, mely a Szovjetunió kezdeti segítségét is igénybe véve, az Egyesült Izzóval együttműködve, megvalósította a hazai félvezetőgyártást.

A tús germánium diódák 1955-ben történt kidolgozása óta, minden anyagi és elhelyezési nehézséget legyőzve, a HIKI fokozatosan közelítette meg a világpiacon található félvezető típusokat. Az ötvözéses technológia után a drift, majd a mesa-tranzisztor család kutatása következett, amikor is sikerült a frekvenciahatárokat lényegesen növelni. E munkák folyamán sajátos gyártási módszereket fejlesztettünk ki és leküzdöttük a kapitalista embargó következményeit speciális célberendezések hazai kifejlesztésével. Sikereket értünk el a planáris szerkezetű szilícium tranzisztorok kidolgozásában, melynek gyártása az Egyesült Izzóban is idén valósul meg. Eredményeket ért el az Intézet a félvezetők alkalmazási lehetőségeinek feltárásával, áramkörü konstrukciós alapelvek kidolgozásával és alapvető munkát végzett mérés-technikai elvek és berendezések megalkotásában.

Az adócsőkutatás terén az intézet működése következtében a régi, elavult típusok új gyártmányokkal cserélődtek fel és az adócsőgyártásunk számos új gyártmánnyal növekedett. Említésre méltóak ezen belül az új fémkerámia-kötés technológiája, a nagy teljesítményű katódok és a szekunder emissziót gátló rácsbevonatok technológiája, továbbá a fémkerámiás konstrukció felhasználásával épült 900 MHz-es csővek kidolgozása.

Az adócsőkutatás igényes és bonyolult kerámia-problémák megoldását tette szükségessé. Ezt csak úgy lehetett megoldani, hogy magas színvonalú, önálló, vákuumtechnikai kerámiákkal foglalkozó részleget létesítettünk. A kerámiarészleg nemcsak az adócsövekhez szükséges kerámia-kérdések megoldásával, hanem az Intézet és az iparág más, különleges igényekkel járó kerámia-feladatainak megoldását és kissorozatú előállítását is végzi.

Az alkatrészkutatást, annak idején, Intézetünk minden előző tapasztalat nélkül kezdte meg. Ennek ellenére szűkös körülmények között komoly eredményeket ért el. Hozzájárult a berendezésekhez szükséges passzív elemek gyártmányválasztékának jelentős növeléséhez és minőségének javításához. Meghonosította a legmodernebb technológiákat mint pl. a vákuum párologtatásos módszereket. A készülékgyártás egyik komoly problémáját, a potencióméterek zajosságából és gyors kopásából eredő zajokat küszöbölte ki, a potencióméter-pálya gyártás olyan technológiájával, amely nemcsak első helyet biztosított a hazai potencióméter gyártásunknak a szocialista országokon belül, de amelynek színvonalát a legfejlettebb nyugati államok megfelelő gyártmányainak szintje sem haladja meg. Az intézet új eredményei között szerepelnek az igen eredeti megoldású, cseppformájú és gyártásban nagyon gazdaságos miniatűr ellenállások, továbbá a kerámiaalapra épített



új, nagy terhelhetőségű kis méretű potencióméterek, amelyeknél új rétegfelviteli technológiát alkalmazunk.

Felhasználom ezt az alkalmat, hogy köszönetet mondjak a VIDEOTON gyár vezetőségének, hogy eddig minden esetben maximális gyorsasággal állt rendelkezésre üzemi bevezetésnél. Az itt említett két alkatrész is egyrészt gyártásban van, másrészt most kerül gyártásbevezetésre. A passzívalkatrész-kutatás ismertetésénél nem hagyhatom el annak említését, hogy az Intézet alapozta meg Magyarországon az elektrolit kondenzátorok kutatását, jóllehet azt később felsőbb hatóságok más intézményeknek adták át. Eredeti, részben szabadalommal védett eredményeinket ma is hasznosítják.

A passzív- és az aktív-alkatrészek korszerű technológiái között nagy szerepet játszanak a vákuumpárologtatásos technológiák. Intézetünk idejében felismerte ezek jelentőségét és eredményesen alkalmazta az ilyen technológiákat.

A passzívalkatrész-kutatásban a gőzölt fémréteg ellenállások, a gőzölt alumínium fegyverzetű, alumíniumoxid dielektrikumú (GAK), a fémezett poliészterfóliás kondenzátorok előállításánál nagymértékben vákuumpárologtatásos eljárásokat alkalmazunk, szigetelő alapú vékonyréteg hibrid integrált áramkörök technológiája pedig döntő mértékben vákuumpárologtatási módszereket használ fel.

Mint bevezetőben mondtam, az elektronika behatolása folyamatban van állami, társadalmi, gazdasági életünk minden szektorába. Ezzel kapcsolatban nagymértékben megnöttek az elektronikai elemekkel szemben támasztott megbízhatósági követelmények. Az Intézet ezt igen korán felismerte és kezdeményezően lépett fel a szocialista táboron belül. Vizsgáló laboratóriumot állított fel, először a passzív, később a félvezető elemek megbízhatósági vizsgálatára is és Magyarországon, a szocialista táboron belül első ízben alakította ki azt a matematikai és módszertani apparátust, mely ezen vizsgálatához és kiértékeléséhez szükséges. Ezen belül regresszív egyenletek kidolgozásával nagymértékben hozzájárulunk gyártmányaink megbízhatóságának növeléséhez, mert vizsgálati eredményeink nyomán meg tudtuk adni azon felhasználási határokat, melyeken belül az egyes alkatrészek megbízhatóan működnek. Vizsgálataink a gyári technológiák műveleteinek folyamatos finomítására ösztökélték vállalatainkat, ami a minőség és megbízhatóság további javulását eredményezte. Intézetünk ez irányú kiadványai hazai gyáraink konstruktöreinek igen hasznos segédeszközei. Erőfeszítéseink elismeréseképpen a KGST országunkat és ezen belül Intézetünket, mint főintézetet bízta meg az elektronikai alkatrészek megbízhatóságára vonatkozó nemzetközi munkák irányításával és összefogásával.

A modern elektronika fejlődésének új szakasza az integrált áramkörök alkalmazásán nyugszik. Intézetünk, felismerve ezt a fejlődési irányt, idejében megfelelő tanulmányokat készített e terület perspektívájáról, a végzendő munkák felméréséről és hozzákezdett az integrált áramkörök laboratóriumi technológiájának kidolgozásához; a félvezető alapú

integrált áramkörök és a szigetelő alapú vékonyréteg, hibrid áramkörök első alaptípusait már el is készítette.

Meg kell jegyezmem, hogy a vastagréteg-technika kutatása is megkezdődött. Intézetünk valóban a korszerű elektronikai alkatrész-technológiai kutatás hazai bázisának tekinthető.

Az elektronikus alkatrészek előállításának előfeltétele a megfelelő alapanyag. Az alapanyagok tisztasági követelményei, finom-szerkezeti sajátosságai szabják meg az alkatrészek működési lehetőségeit. Ebből kiindulva az intézet néhány év előtt felállította anyagvizsgáló osztályát, amely nemcsak anyagminősítési eljárások kidolgozásával, finom-struktúrák feltárásával, hanem egyúttal az itt szerzett tapasztalatok technológiai kihatásaival is foglalkozik. Bebizonyosodott, hogy elektronikai iparunk alapvető kérdéseit ennek a laboratóriumnak létesítése nélkül megoldani nem lehetett volna. Ugyancsak ki kell térni az Intézet műszer- és mérés-technikai tevékenységére, amely a különböző laboratóriumokban elhelyezett csoportokon kívül, központi szervvel is rendelkezik és szintén nagymértékben hozzájárul Intézetünk munkájának sikeréhez. Természetesen felhasználjuk a rokon intézetek mérés- és műszertechnika terén rendelkezésre álló eredményeit. Több mérési módszerünk, amelyek mind a kutatási, mind a fejlesztési munkát elősegítették, nemzetközi elismerést nyert (pl. potencióméter mozgózajmérésére szolgáló módszer és berendezés, vagy tranzisztor zajmérésére szolgáló módszerek stb.).

Nagy fontosságot tulajdonít az Intézet vezetősége a jól felszerelt és megfelelő konstruktőr gárdával ellátott mechanikai műhelynek. E műhely teszi lehetővé, hogy laboratóriumaink kutató munkájukhoz megfelelő eszközökhöz jussanak és itt készültek el azok az alapvető szerszámok és célgépek is, amelyek a kifejlesztett laboratóriumi technológia alapján a későbbi tömeggyártás számára a gyári konstruktőrök kezében alpmintaként szolgáltak. Ebben a részlegben nemcsak intézeti munkához szükséges célgépeket, hanem a kooperáló vállalatok különleges igényeit kielégítő célgépeket is szerkesztünk és építünk.

A konstrukciós iroda és a műhely tevékenységében jelentős százalékot képvisel az MTA Műszaki Fizikai Intézete részére végzett — az alap kutatás céljait szolgáló — berendezések szerkesztése és megépítése. Ez a kapcsolat értékes tapasztalatokat nyújt az ipari kutatás rokon jellegű feladatainak megoldásához is.

Nem volt új felismerés, hogy a teljes technológia kidolgozásának több szakaszban kell történnie. Az Intézet anyagi eszközei és főleg helyi viszonyai hosszú időn át nehézzé tették a laboratóriumi technológia nagyüzemi bevezetéséig terjedő szakasz, a kísérleti gyártás — létrehozását. A nagyüzemi technológia előkészítéséhez csak nagyobb tapasztalati anyag birtokában juthatunk, tehát a laboratóriumi reprodukcióban előre nem látható körülmények figyelembevételével nagyobb szériás kísérleti gyártás szükséges. (Ezt valósítja meg a HIKI kísérleti üzeme.) Így jöhet csak létre jó üzemi technológia, amelyet természetesen még mindig feszíteni lehet a nagyüzemi tapasztalat alapján.



Nem törekszünk arra, hogy minden kutatási eredményünket saját kísérleti gyártásunkban vigyük el az ipari bevezetésig. Nem kezdeményezzük tehát a saját kísérleti gyártást olyan eredményeink esetében, amelyek kidolgozása során az ipari-gyári bevezetésre alkalmas szintre tudtunk eljutni. Akár az egyik bevezetési változatnál arra törekszünk, hogy a bevezetés színvonalánál is biztosítsuk a kutató intézeti színvonalat. A kísérleti üzemnek azonban más szerepe is van. Ellátja a felhasználókat különleges, de kis példányszámban szükséges érzékeny technológiájú alkatrészekkel. (Pl. giga-ohmos nagyságrendű ellenállás, gőzölt alumínium kondenzátor stb.)

Amikor megemlékezünk az intézet 15 éves múltjáról, nem szabad szó nélkül elhaladnunk amellett a számos segítség mellett, amelyet az Intézet iparágunknak nyújtott. Így a kezdeti években itt dolgoztak az iparág alapanyag bázisa kérdéseinek feltárásán, melyből megemlíjtük a híradástechnikai kerámiák gyártására, üveggyártás problémáira és klimatizációs módszerek meghonosítására vonatkozókat. Az Intézet látta el annak idején a Tárcaközi Híradástechnikai Tanács titkárságának, később pedig a KGST — Rádiótechnikai és Elektronikai Ipari Állandó Kormánybizottsága titkárságának szerepét. Az új szervezésben e részlegét a KGM Nemzetközi Együttműködési Főosztálya vette át tőlünk.

Az Intézet szervezete látja el ma is a híradástechnikai szabványosítási központ teendőit, ami nemzetközi kapcsolataink szempontjából is igen fontos.

Sajnos közbejött másoldalú intézkedések következtében annakidején nem tarthatta meg és fejleszthette tovább az intézet néhány értékes kezdeményezését. Így ma is hiányzik a vákuum előállítására, mérésére és különleges vákuumtechnikai eljárásokra irányuló kutatások laboratóriuma. Hasonlóképpen károsan befolyásolta iparunk fejlődését az üvegkutatási osztály megszüntetése. Ezzel szemben Intézetünk több kezdeményezését az iparnak adta át továbbfejlesztés céljából mint pl. a telefon-osztály és a mikrohullámú osztály.

Az Intézet bel- és külföldi szabadalmainak száma több százra tehető, ami szintén az intézeti munkában megnyilvánuló eredetiséget mutatja.

Fontos állomást jelent az Intézet történetében a Fóti úti központi telep létesítése. Az ott elhelyezhető kutatások, már megfelelő környezetben és körülmények között folytatódhatnak. Mindent meg kell tennünk, hogy helyzetünkhöz és lehetőségeinkhez mérve, a legjobb körülmények megteremtésével biztosítsuk a gyors fejlődést. Ennek egyik tényezője a HIKI koncentrált Fóti úti telepe, mely természetesen csak akkor válik teljes értékűvé, ha az eredeti elképzelésben tervezett épületek teljes mértékben fel fogják épülni.

Tervbe vett beruházásaink fedezetének biztosításánál igyekszünk saját erőforrásainkat felhasználni.

Kérnünk kell azonban főhatóságaink erkölcsi támogatását, megkezdett és jóváhagyott beruházási programunk folyamatos megvalósításához, az idevonatkozó általános tiltó rendelkezés HIKI esetében való feloldásához.

Meg vagyunk győződve, hogy Pártunk és Államunk a helyzet ismeretében tevékenységünket legmesszebbmenően támogatni fogja a jövőben is.

Az új gazdasági mechanizmus keretein belül különösen fontos továbbfejleszteni az Intézetnek a már régebben megkezdett törekvését, hogy megfelelő műszaki-gazdasági számítások igénybevételével, legfontosabb termékeink előállításának költségeit csökkentjük. Az itt alkalmazott módszerek kifejlesztése intézetünk kutató műszaki, közgazdász, valamint a gyárak megfelelő szakembereinek együttműködésétől várható. Példaképpen megemlítendő a fénycső-, fénypor-gyártással elért gazdasági eredmény, ahol néhány önköltségsökkentés a gazdasági analízis által feladott műszaki probléma megoldásából ered.

Az Intézet perspektívájából különösen kiemelkedő szerepet fognak játszani a jövőben az integrált áramkörök, az alkatrészek nagy megbízhatóságának és élettartamának növelése, az új fényforrások és a gazdaságossági követelmények növelése. Mind inkább fel kell tárnunk az alapanyagbázis kérdéseit, biztosítani a hazai ipar zökkenésmentes működését megfelelő minősítési eljárások üzembevitelével. A szocialista országoknak a színes televízió hasznosítására irányuló erőfeszítéseiben hazánknak is részt kell vennie és ezen belül Intézetünk hasznos munkát végez a fénypor-kérdések megoldásában.

A számítógépek széles körű felhasználásának a gépített adatközlés technikájának gyorsütemű hazai fejlesztése országos — nemzetközi vonatkozásban is fontos — célprogram, melynek alátámasztását szolgálják integrált áramkörtel kérdésekre vonatkozó kutatási munkáink.

Az Intézetnek kezdetben sok nehézséggel kellett megbirkóznia. 15 éves múltjában sokszor voltak nehéz periódusok, de elmondhatjuk, hogy mindennek ellenére az intézetben olyan kutató, szakmunkás és segítőgárda alakult ki, mely mind ütőképesebbé válik és talán nem fölösleges, ha megemlítem, hogy az Intézet 15 éves munkássága, sok kezdeményező tevékenysége mellett, a felhasznált anyagi eszközök arányában, csak elenyésző kis százalékban nem vezetett ipari eredményre, de az elveszett néhány százalék is bőven megtérült a szerzett tapasztalatok útján.

A további cikkekben közölt értekezések, a helyszűke miatt, még csak szerény keresztmetszetet sem képesek adni az Intézet tevékenységéről, azonban a Híradástechnikai Tudományos Egyesületben elhangzott előadások és a megrendezett kiállítás együttesen átfogó képet adnak az Intézet működéséről és azokról az iparunk, népünk javára szolgáló célokról is, mely jövőbeni tevékenységünket jellemezni fogják.



## Fél-léptető-tároló integrált félvezető áramkör

ETO 621.382.334:681.325.65

Az elektronikában gyakori feladat az információk, a kapott adatok hosszabb-rövidebb idejű tárolása. Ezt a feladatot az ún. tároló áramkörök végzik, amelyeknek egyik típusa a léptető-tároló. Ez megfelelő számú, 1 bit információ tárolására alkalmas egység sorba kapcsolásával alakítható ki, amelybe az információ beírása úgy történik, hogy az információ az óragenerátor léptető jelének hatására az elemi tároló egységeken át a megfelelő egységig végighalad. A beírás az elemi tároló egységbe két ütemben történik, és így a tároló egység két részből: a késleltető és a tároló áramkörből áll. Ez a két áramkör egy inverterelem kivételével azonos. Mindkettőben flip-flop áramkörrel történik az információ tárolása, míg a léptetéshez a szomszédos flip-flop áramkörök között csatoló áramkörre van szükség. Az áramkörnek, az ún. inverteres félléptető-tárolónak a kapcsolási rajza az 1. ábrán látható. Az ilyen, csak tranzisztorokból és azonos nagyságrendű ellenállásokból álló integrált áramköröket előnyös monolit félvezető alapon megvalósítani.

A kiválasztott típus a Fairchild cég DCTL családjának S-tagja, illetve ennek javított változata a RT  $\mu$ L 905 típusjelzésű inverteres egység volt.

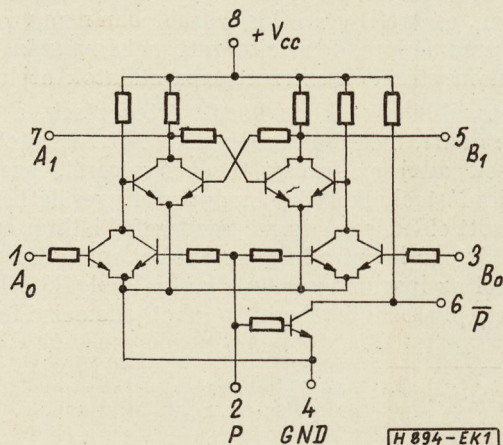
A kutatás az Egyesült Izzó megbízása alapján technológiai tervtanulmány készítésével érdemben 1966-ban kezdődött, a kísérleti munka 1967-ben indult meg.

Tanulmányunkban a tervezett áramkör technológiai megvalósításának szakaszait lehetőségeink figyelembevételével határoztuk meg. Az elmúlt években a vezető nyugati vállalatok (Texas Instruments, Motorola, Fairchild) kialakították viszonylag egységes technológiájukat és olyan gyártósorokat állítottak üzembe, amelyekkel jó kihozattal széles választékú monolitáramkörök gyárthatók. Ezek a technológiák a már klasszikusnak mondható epitaxiális szigetelési

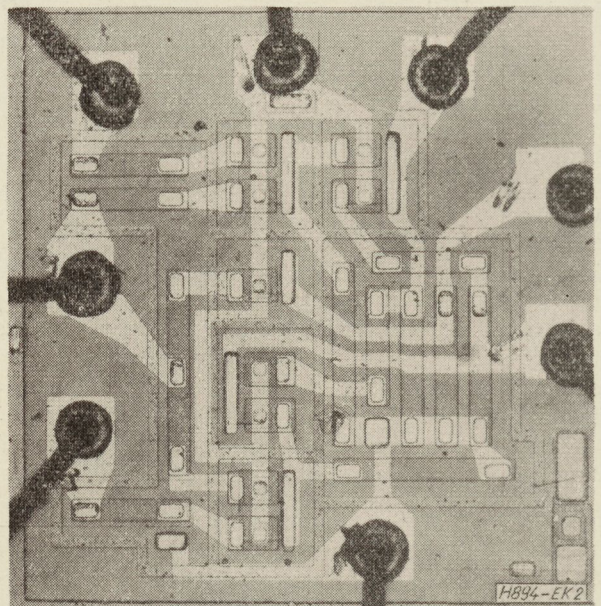
technikát alkalmazzák rejtett kollektorréteg felhasználásával. A Félvezető Laboratóriumban a munkák megindulásakor e technológiának nem voltak meg a műszaki előfeltételei, ezért először az ún. kereszt-diffúziós eljárással kezdtünk kísérleteket. A fejlettebb eljárás megvalósítását 1968-ra terveztük, miután epitaxiális kristálynövesztési módszereket már kifejlesztettük.

A műszaki problémák érzékeltetésére a 2. ábrán bemutatjuk a Fairchild gyártmányú RT  $\mu$ L 905 típusú áramkör mikroszkópos fényképfelvételét.

Ebben az áramkörben egy  $1,6 \times 1,6$  mm-es szilíciumlemezen 9 tranzisztor, 12 ellenállás, továbbá 8 kivezetési pont van. Ilyen nagy alkatrész-sűrűség ilyen kis méretekben csak fototechnikai eljárással érhető el. Laboratóriumunk korábban a planáris szilíciumtranzisztor technológiájának fejlesztése során szerzett ugyan ismereteket e területen, de a fotomaszk készítés technológiáját lényegesen tovább kellett finomítanunk. Elsősorban a rajzok készítésének pontosságát kellett növelni, részben a jóval kisebb méretek, részben a maszkkészlet növekedése miatt (planáris tranzisztorokhoz legfeljebb 4, az áramkörökhöz 5–6 maszkra van szükség). A rajzokat 100–200-szoros nagyításon kell elkészíteni, hogy a két lépésben végzett kicsinyítés után az egyes maszkok között ne legyen 1–2  $\mu$ m-nél nagyobb eltérés. A rajz elkészítéséhez legalkalmasabbnak a kétrétegű átlátszó műanyag lemezek bizonyultak, amelyek felső színes, viszonylag puha rétegébe a szükséges ábra rajzgéppel bekarcolható, a fölösleges helyeken pedig a színes réteg egyszerű módon lefejthető. Kidolgoztuk a rajz-

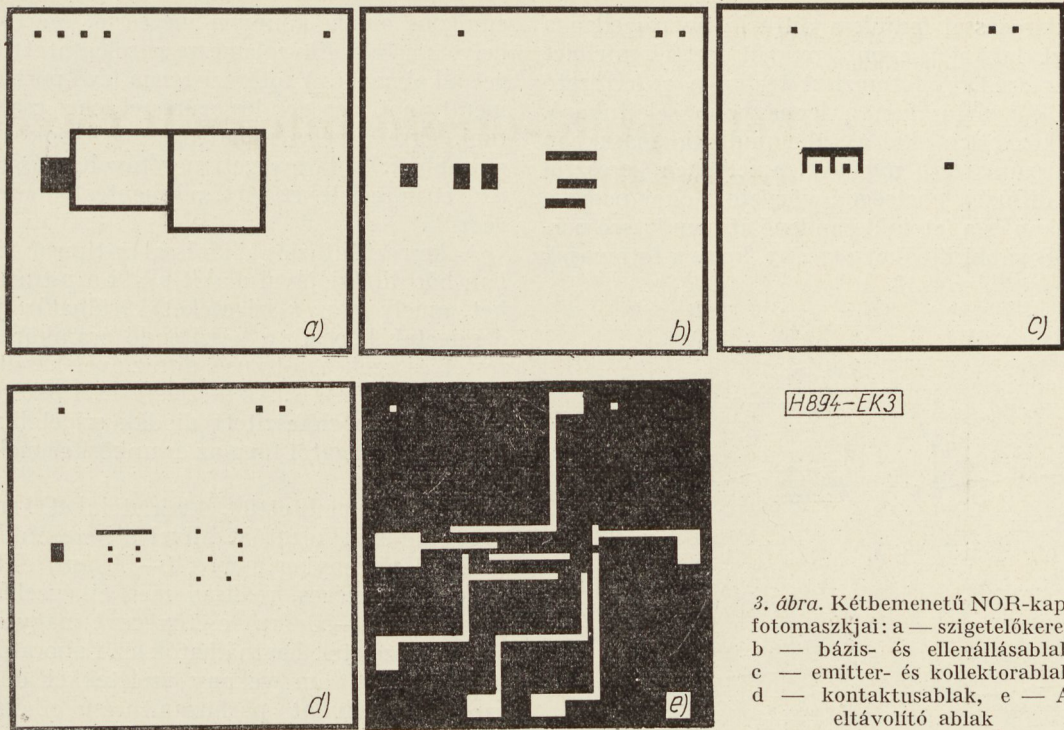


1. ábra. Fél-léptető-tároló kapcsolási rajza



2. ábra





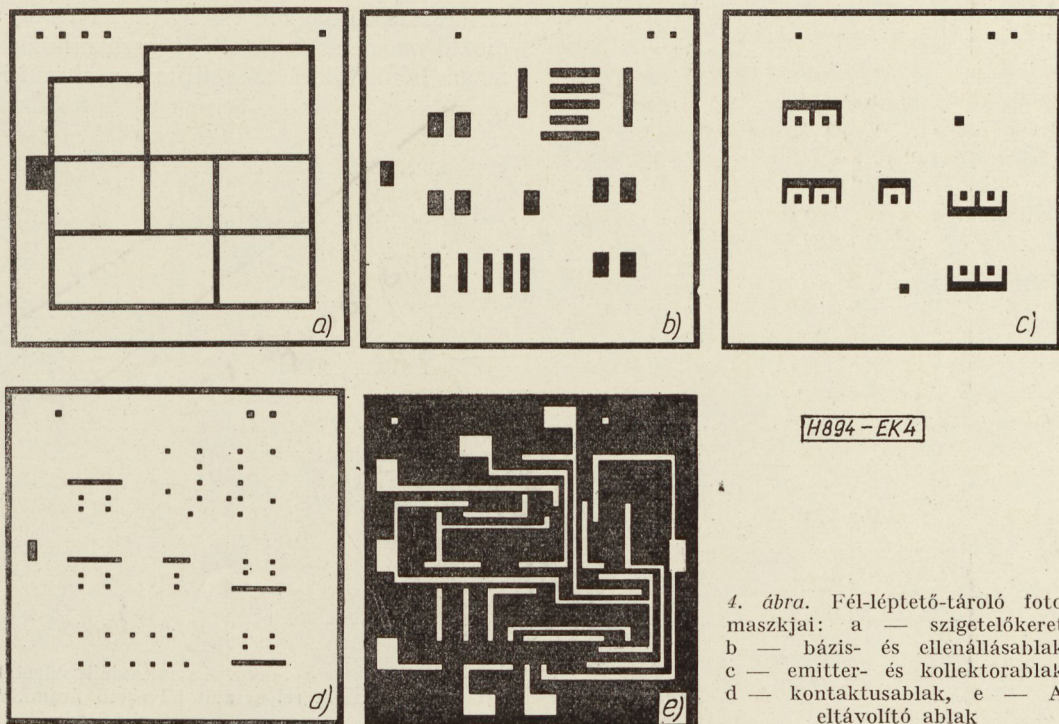
3. ábra. Kétfemenetű NOR-kapu fotomaszkjai: a — szigetelőkeret, b — bázis- és ellenállásablak, c — emitter- és kollektorablak, d — kontaktusablak, e — Al eltávolító ablak

anyag hazai változatát is, üveglapra felöntött PVC-lakkos megoldásban, amely helyettesítheti az importált Rubyliht fóliát.

A 3. és 4. ábrán az egymás utáni technológiai lépésekhez tartozó fotomaszkokat láthatjuk. A rajzokat kezdetben helyzetfúró géppel készítettük, majd a NIM Ipargazdasági és Üzemszervezési Intézet programozható rajzgépével sikerült a munkát nagymértékben automatizálni és ezáltal lényegesen meggyorsítani. A rajzok 200-szoros nagyításban készültek  $\pm 60 \mu\text{m}$  pontossággal.

A rajzok kicsinyítéséhez szükséges eszközöket is tökéletesíteni kellett. Az első kicsinyítés jobb és pontosabb készítésére rázkódásmentes ágazatra szerelt fényképező berendezést építettünk, amellyel 25-szörös kicsinyítés érhető el. Új berendezést építettünk a második kicsinyítés és lépegetés együttes elvégzésére is. Az ezekkel az eszközökkel készült fotomaszkok jól illeszthetők egymásra és két egymást követő maszk  $5 \mu\text{m}$  vonaltávolságra tartható (emitterperem és emitterkontaktus között).

Az integrált félvezető áramkörök technológiájában



4. ábra. Fél-léptető-tároló fotomaszkjai: a — szigetelőkeret, b — bázis- és ellenállásablak, c — emitter- és kollektorablak, d — kontaktusablak, e — Al eltávolító ablak



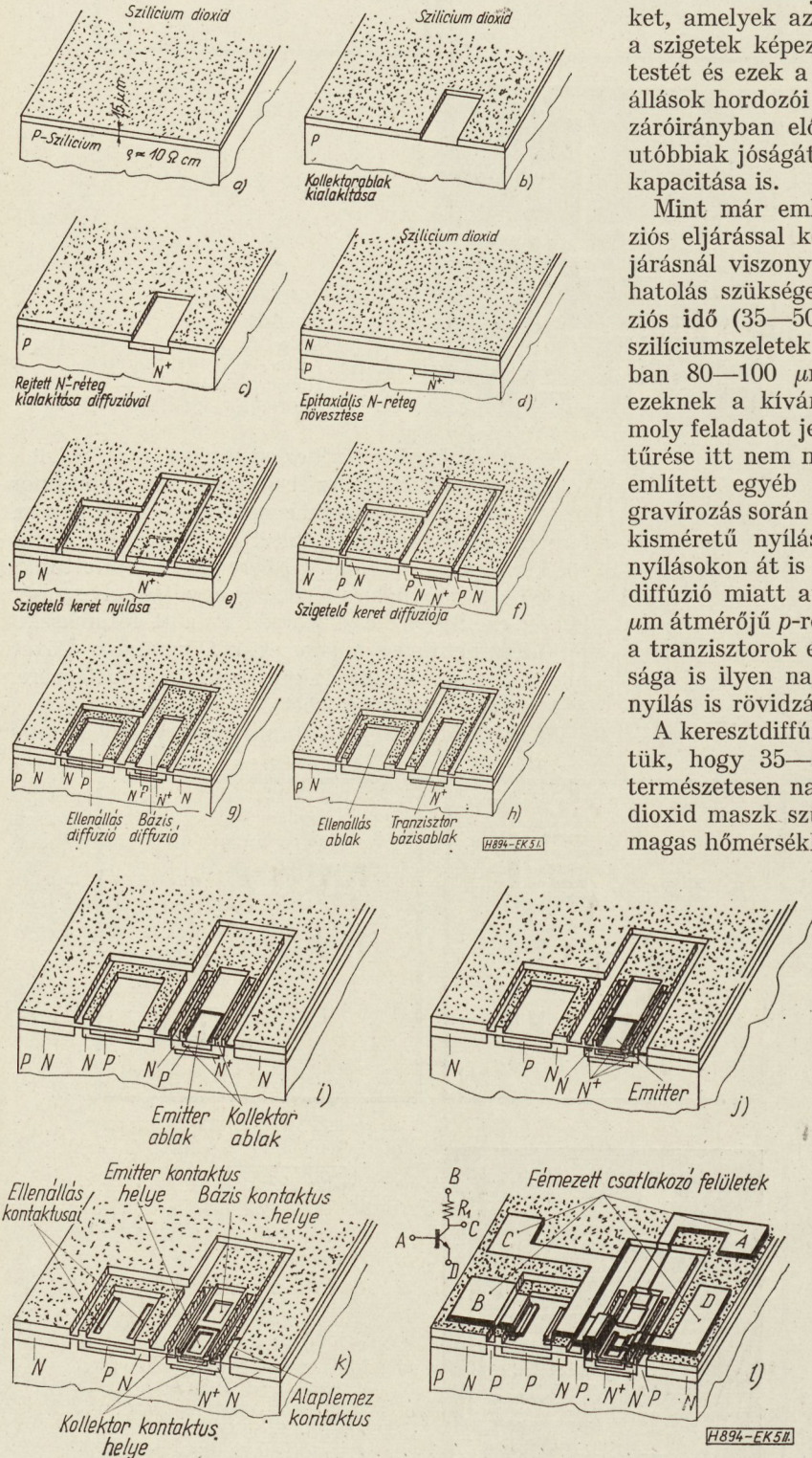
fotomaszkírozással fedjük a diffúzió hatása ellen a fotoreziszt lakkal bevont oxidált szilíciumfelület védendő részeit. A fotoreziszt technika a félvezető áramkörök gyártásában a legnagyobb selejtközelítő. A selejt közvetlen okai a szilíciumdioxid maszkban előálló tiszta szerű nyílások, amelyeken keresztül parazita diffúzió lehetséges, közvetett okai pedig a fotomaszkon és a fotolakkban levő át nem látszó por-szemek. További hibákat okoz az, hogy a fotomaszk

emulziós oldala könnyen megsérül, ezért fotolemez helyett célszerű üveglemezre párolgatott krómréteget alkalmazni. A fotorezisztben levő port és konglomerátumot igen gondos szűréssel lehet csak eltávolítani. Erre a célra műanyag szűrőlapok a legalkalmasabbak. A környezeti por távoltartására a fotoreziszt műveleteket zárt, pormentes dobozokban végezzük.

A keresztirányú diffúziós eljárással  $n$ -típusú alapanyagban bór diffúziójával alakítjuk ki a  $p$ -típusú kereteket, amelyek az  $n$ -szigeteket körülhatárolják. Ezek a szigeteket képezik a készítő áramkör kollektor-testét és ezek a  $p$ -típusú diffúzióval készített ellenállások hordozói is. Az  $n$ -szigeteket a  $p$ -keretek mint záróirányban előfeszített diódák szigetelik el és ez utóbbiak jóságától függ az áramköri elemek parazita kapacitása is.

Mint már említettük, kísérleteinket keresztirányú diffúziós eljárással kezdtük. Mivel a keresztirányú diffúziós eljárásnál viszonylag mély ( $40-50 \mu\text{m}$ ) diffúziós behatolás szükséges, realisan még elképzelhető diffúziós idő ( $35-50$  óra) esetén csak nagyon vékony szilíciumszeletek használhatók fel. Laboratóriumunkban  $80-100 \mu\text{m}$  vékony szeletekkel dolgoztunk; ezeknek a kívánt párhuzamtávú elkészítése komoly feladatot jelentett. Bár a diffúziós paraméterek túrése itt nem nagyon szoros, ezt a diffúziót a már említett egyéb tényezők teszik kényessé. A fotogramírozás során a maszkírozó szilíciumdioxid rétegbe kisméretű nyílások (pin-hole) maradnak, és a kis nyílásokon át is végbemegy a bór diffúziója. A mély diffúzió miatt a legkisebb nyílás körül is  $100-120 \mu\text{m}$  átmérőjű  $p$ -réteg keletkezik, és mivel a szigeteken a tranzistorok és ellenállások egymástól való távolsága is ilyen nagyságrendű, ezért már egyetlen tűnyílás is rövidzárt okoz.

A keresztirányú diffúziót magas hőfokon ( $1200^\circ\text{C}$ ) végeztük, hogy  $35-50$  óra alatt befejezhesük. Ehhez természetesen nagyon vastag (közel  $1 \mu\text{m}$ ) szilíciumdioxid maszk szükséges. A hosszú diffúziós idő és a magas hőmérséklet elősegíti az amorf szilíciumdioxid



5. ábra. Az epitaxiális szigetelő módszerrel készült félvezető áramkör technológiai lépései



maszk átkristályosodását krisztobalittá, ezeken a helyeken újabb nemkívánatos diffúzió jöhet létre. Ezt az átkristályosodást csökkenteni tudjuk, ha a szelet előkészítését és a műveleteket nagyon tiszta körülmények között végezzük.

A keresztirányú diffúzió után az előállított *n*-szigeteken egymást követő diffúziós és fotogravírozási műveletek alkalmazásával ki kell alakítani a tranzisztorokat és az ellenállásokat, végül fémgőzöléssel és fotogravírozással ohmos kontaktusokat és összekötő vezetőköt kell készíteni. Ez a műveletsorozat mintegy 30 lépcsőből áll, amelyek a 80–100  $\mu\text{m}$  vastag szeletre állandó törésveszélyt jelentenek. Gyakorlatilag bebizonyosodott, hogy ilyen vékony szeleteket a hosszú technológiai műveleteken törés nélkül végigvinni szinte lehetetlen. Ezért a keresztirányú diffúziós technológiát az első félévben feladtuk, és erőnket az epitaxiális szigetelés gyorsabb megvalósítására fordítottuk, egyelőre rejtett réteg készítése nélkül.

Kutatóink sikeres módszert dolgoztak ki *n/p* epitaxiális szeletek előállítására. A *p*-típusú szilícium-szeletek felületére általában 25–30  $\mu\text{m}$  vastag, 0,3–0,5 ohmcm fajlagos ellenállású, *n*-típusú réteget növesztettünk. Kidolgoztuk az epitaxiális réteg minősítő méréseit, a felületi hibák, valamint a *p*–*n* átmenet jóságának vizsgálatát. 1967 utolsó évnegyedében már kellő mennyiségű epitaxiális anyag áll rendelkezésünkre, így az 1968. évre tervezett fejlesztési munkát egy negyedévvel előbbre hozhattuk.

Az 5. ábrán bemutatjuk az epitaxiális szigetelési módszerrel készült félvezető áramkör technológiai lépéseit.

Az epitaxiális szigetelési módszerben az *n*-szigetet úgy készítjük, hogy a sziget határai mentén bórdiffúzióval *p*-típusú kereteket létesítünk, amelyek a *p*-típusú hordozó rétegeig érnek.

Ennek a szigetelési módszernek sok előnye van. A szeletek bármilyen vastagok lehetnek, így mechanikai szilárdságuk nagy, kisebb a törés veszélye. Laboratóriumunkban 240–280  $\mu\text{m}$  vastag szeletekkel dolgozunk. Nagy előny, hogy a szigetelő diffúziós ideje rövid, legfeljebb 17 óra, és így krisztobalitt is kevésbé képződik. Diffúzánsként bórtrioxidot használunk box-módszeres elődiffúzióval és ezt követő behajtással; ellenőrzésként a behatolási mélységet és a diódák zárókarakterisztikáját mértük. A felületi hibákat, pl. parazita diffúziós helyeket kémiai előhívással mutatjuk ki.

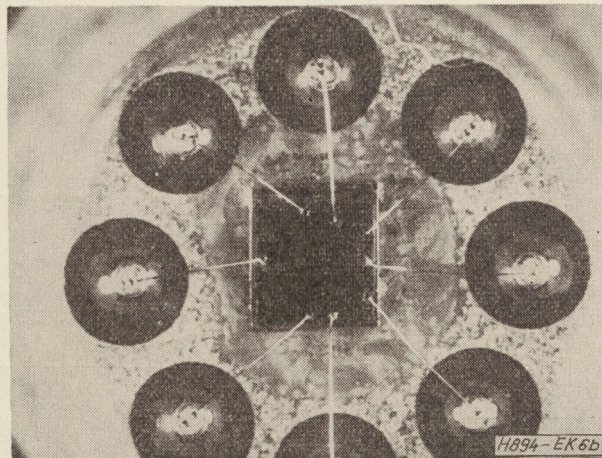
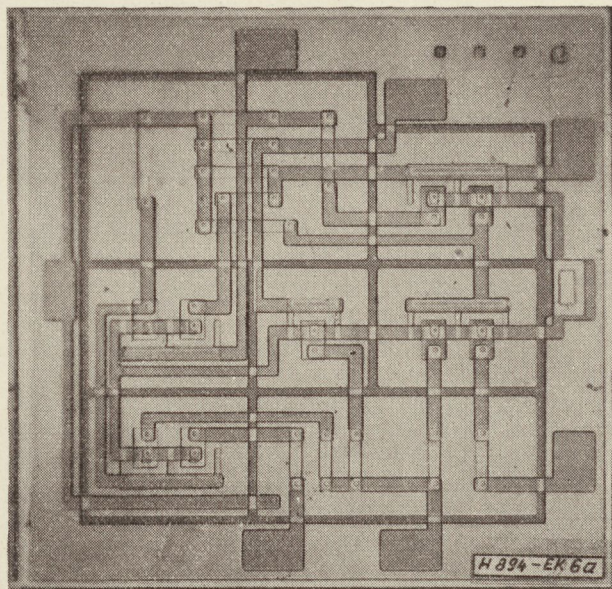
Az elkészült *n*-szigeteken további fotoreziszt és diffúziós műveletekkel készítjük a tranzisztorok bázisrétegét és az ellenállásokat. Ez a legkritikusabb diffúziós művelet, mert ez határozza meg az ellenállások értékét megszabó rétegenállást és a tranzisztorok alapvető jellemzőit befolyásoló behatolási mélységet. E kettő kapcsolatát még bonyolítja az is, hogy az ellenállások hőfokfüggését is előírt határokon belül kell tartani. Bár az áramkörök működéséhez elegendő, ha az ellenállások  $\pm 20\%$  tűrésűek, de mivel ez a tűrés a diffúzió kívül a fotoreziszt művelettől is függ, törekedni kell az előírt  $R_S = 160 \text{ ohm}/\square \pm 10\%$  betartására. Ezt sikerült elérnünk, és laboratóriumunkban a box-módszerrel jól reprodukálható, bór-diffúziós eljárást dolgoztunk ki. Kísérleteket foly-

tattunk gáz- és folyadékdifúzió alkalmazására is.

A bázisdifúzió után a szilíciumdioxid rétegben az emittorrétegeket és a kollektor kontaktusfelületeit a fotogravírozással szabaddá tett területen foszfordifúzióval állítjuk elő, foszforpentoxid forrás alkalmazásával. A diffúziós folyamat nem kritikus, de a szilíciumdioxid-védőréteg jósága, lyukmentessége alapvető követelmény.

Az áramkörök készítésének befejező művelete az ohmos kontaktusok és összeköttetések kialakítása. Általánossá vált a fémek — különösen alumínium — vákuumgőzölése és fotogravírozása. Az alumíniummal jó ohmos kontaktus készíthető, és a szilíciumdioxid rétegen is jól tapad. Mivel az áramkörökön az alumínium összekötő réteg fedi a legnagyobb felületrészt — a bázis- és az emitterfelület összegéhez viszonyítva —, ezért ez a művelet különösen kényes, mert a fém felgőzölésekor a szilíciumdioxid réteg apró lyukain keresztül rövidzár keletkezik.

Az itt vázolt technológiával az elmúlt évben sikerült a célul kitűzött félvezető áramkör első funkcionális mintáit elkészítenünk, és a működő áramkörök mérése igazolta a konstrukció helyességét. Az áramkör fényképe a 6. ábrán látható.



6. ábra. Fél-léptető-tároló áramkör mikroszkopikus fénykép-felvétele



Az áramkör konstrukciós és technológiai problémáihoz hasonlóan a mérés technikában is az eddigiektől eltérő feladatokat kellett megoldanunk. Ezek a nehézségek mind a mérési elvek kidolgozásában, mind a mérések megvalósításában jelentkeztek.

A mérések megvalósításában az egyik legnagyobb nehézséget az áramkörök szeleten történő mérése jelentette. Ehhez nagy pontosságú, sokszondás mérőmanipulátort kellett kidolgoznunk, amellyel az  $1,6 \times 1,6$  mm-es lemezen mind a 8 kontaktusfelülethez csatlakozni lehet anélkül, hogy a párolgatott alumíniumréteg megsérülne.

A mérési elvek kidolgozásakor az jelentett nehézséget, hogy az áramkör komplex és megbonthatatlan, tehát az elemeket egyidejűleg nem vizsgálhatjuk csak a teljes áramkört. Olyan mérési módszereket kellett kidolgozni, amelyekkel az áramkör elemeinek helyes vagy helytelen működése kimutatható.

A mérési elvek és az áramkörök elektromos tulajdonságainak tanulmányozására nyomtatott áramköri panelon diszkrét elemekből felépítettük a félléptető-tároló áramkört. A Fairchild cég a DCTL integrált félvezető áramköri ismertetésekben megadta a tranzisztorok ekvivalens típusait: ezek a 2N 708, illetve a Siemens BSY 63. A modelláramkörön végzett statikus és dinamikus mérések jobb értékeket mutattak, mint a tényleges integrált áramkörök mérései. Az áramkör terhelhetősége, a logikai „0” és „1” szint közti távolság nagyobb, a terjedési idő kisebb volt, mint az integrált változatra megadott értékek. Ennek oka lehet: egyrészt a parazita effektusok eltérőek, azaz a gondosan szerelt modelláramkörben a kis értékű szerelési kapacitás szerepelt parazita elemként, míg az integrált félvezető áramkörben az egyes tartományokat egymástól elszigetelő, aránylag nagy felületű, záróirányban előfeszített  $p-n$  átmenet jelenti a parazita elemet, másrészt a megadott ekvivalens tranzisztortípusok csak közel azonosak az integrált áramkör tranzisztoráival.

A modelláramkör igen nagy jelentőségű a mérésre kerülő áramkörök hibáinak analizálásánál is. A feltételezett hibajelenség a modelláramkörön viszonylag könnyen előidézhető, ellenőrizhető, és így az áramkör roncsolásmentesen vizsgálható meg.

A konstrukció és a technológiai folyamatok ellenőrzését és a hibaanalízist kétbemenetű NOR-kapuvál végezzük el. Ez a kapuáramkör a félléptető-tároló alapáramköre, mivel az 1. ábrán látható módon négy ilyen NOR-kapuvál az inverter nélküli félléptető-tároló egység megvalósítható. Ezen egység elemei, a tranzisztorok és ellenállások, megegyeznek a félléptető-tároló egység elemeivel. A kapuáramkör technológiai megvalósításának kettős jelentősége volt: az előállított vizsgálandó áramkörök száma lényegesen nagyobb, mivel a félléptető-tároló 21 elemével szemben ez csak 5 elemből áll, így a technológiai kihozatal nagyobb. Azonkívül a teljes áram-

körön az áramkör komplexitása miatt igen nehéz vagy egyáltalában nem lehetséges a struktúravizsgálathoz szükséges elektromos mérések elvégzése, ezzel szemben a kapuáramkör kialakítása úgy történt, hogy mind a tranzisztorok, mind az ellenállások külön-külön is mérhetők.

Mind a modelláramkörön, mind a félléptető-tároló elemen, mind a kapuelemen elvégzett mérések két csoportra oszthatók. Az áramkörök üzemszerű működésének ellenőrzésére vonatkozó mérések, valamint a konstrukció és a technológia ellenőrzésére és a felmerülő hibák analizálására vonatkozó mérések.

Az áramkörök üzemszerű működését ellenőrző méréseket az MTA Automatizálási Kutató Intézetben készült automatikus mérőberendezéssel végeztük mind a szeleteken levő áramkörökön válogatás céljából, mind a tokozott áramkörökön. Ezek a mérések egyrészt az áramkörök kimenetén megjelenő feszültség szinteket vizsgálják a kimenetek terhelése és a bemenetek különféle vezérlése esetén, másrészt meghatározzák, hogy az áramkörök bemenetei mennyire terhelik a vezérlő fokozatot.

A mérések másik csoportját, mégpedig a konstrukció és a technológia ellenőrzésére és a felmerülő hibák analizálására vonatkozó méréseket nem lehet az előzőekhez hasonlóan előírni és automatikusan elvégezni, mivel minden elemen más és más mérés válhat szükségessé. A leggyakrabban alkalmazott mérések egyike a bemeneti karakterisztika felvétele. Ez az áramkör bemenetére kapcsolt feszültség és a befolyó áram összefüggésének meghatározása. Az áramkör működése szempontjából a bemeneti karakterisztika könyökpontja igen lényeges, mivel a tranzisztor aktív tartományának kezdetét, a kikapcsolt állapotból a bekapcsolt állapotba való átmenet helyét határozza meg.

A bemeneti karakterisztika aktív tartományának érintője elég nagy bázisáram esetén a bázishoz kapcsolódó soros ellenállás értékére ad felvilágosítást.

Az elkészített félléptető-tároló áramkör statikus és dinamikus adatainak vizsgálata most folyik. A kapott eredmények kielégítőek. Ugyanakkor a technológiai kísérletek is továbbfolytatódnak, hogy olyan változtatásokat dolgozzunk ki, amelyek e típus korszerű változatának előállításához szükségesek. Ezt a célt még ebben az évben szeretnők elérni.

Befejezésül szeretnénk kihangsúlyozni, hogy laboratóriumunk elsősorban alapvető technológiai eljárások kidolgozását és nem típusválaszték fejlesztését tekinti fő feladatának. Ebből a szempontból nézve az RT  $\mu$ L 905-ös integrált áramkör megvalósítása együtt jár mindazoknak a műszaki feladatoknak a megoldásával, amelyek a legkorszerűbb áramkörcsaládok technológiájában előfordulnak. E technológia hazai kidolgozása lehetőséget fog nyújtani a többi logikai áramkörcsalád gyors kialakítására is.



## Vékonyréteg áramkörök hazai kutatási és fejlesztési eredményei

ETO 621.3.049.7-416:621.382.334

A szigetelő alapú vékonyréteg integrált áramkörök konstrukciója és előállítási technológiája külföldön többféle irányban fejlődött. Az elektronikai felhasználás területén főképpen kétféle terjedt el.

Az egyik megoldás: az áramkör passzív elemeinek fémes rétegeit, a kapcsolást, a kontaktus-helyeket vákuumpárolgatás útján állítják elő különböző anyagokból. A hordozó anyaga többnyire üveglemez. Ennél a kivetelnél az ellenállások anyagául általában nikkel-króm réteget alkalmaznak. A kondenzátor dielektrikuma legtöbbször  $\text{SiO}_2$ . Az összeköttetések, a kondenzátorok fegyverzetei és a kontaktus-helyek megfelelően választott vékony fémrétegek.

A másik konstrukció alapját többnyire katódporlasztás útján előállított tantál fémréteg képezi. Az áramkör alakját kémiai maratással, kontaktmaszkok segítségével oldják ki e rétegből. A kondenzátorok dielektrikumát a tantálréteg anódos oxidációjával állítják elő. Az ellenállások értékét ugyancsak anódos oxidációval állítják be.

A két megoldás közül Intézetünk Alkatrész Laboratóriuma az előbbit választotta, aminek indokai a következők:

A hazai igények felmérése azt mutatta, hogy ezzel a megoldással a szükségletek döntő része kielégíthető az áramköri követelmények oldaláról nézve, figyelembe véve a gazdasági szempontokat is.

Korábbi kutatási tapasztalatainkat szem előtt tartva, kidolgozása viszonylag rövid idő alatt megvalósítható.

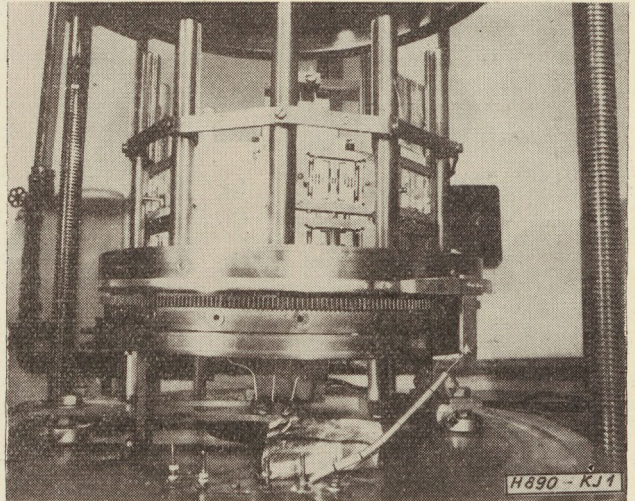
A beruházási lehetőségek és költségek szempontjából is ez a megoldás látszott a kedvezőbbnek.

E megoldás a hazai bérviszonyok és foglalkoztatási igényeknek is a legjobban látszott megfelelni.

A szigetelő alapú vékonyréteg integrált áramkörök kutatása 1966—1967-ben Alkatrész Laboratóriumunk egyik fő témája volt. Három kutató részlegünk közel 30 munkatársa foglalkozott e feladattal, Wollitzer György és Kollár Sándor tudományos osztályvezetők és Szilágyi Ferenc tudományos munkatárs kutatási csoportvezető közvetlen irányításával. A kutatásban részt vettek: Mihályi Antal tudományos főmunkatárs, Strausz Tamás, Kolonits Pálné, Nyulászi Mihály tudományos munkatársak, dr. Ligeti Róbertné tudományos segédmunkatárs, Soós István, Somfai Katalin tudományos gyakornokok.

### A technológia egyes kérdései

A kiválasztott rendszert jellemezhetjük azzal, hogy üvegbázisra  $\text{Ni—Cr—Au—Al—SiO}_2\text{—Al}$  párolgatásával alakítjuk ki az áramkörhöz szükséges ellenállás-kondenzátor elemeket, a kontaktusokat és a kapcsolást.



1. ábra. A vákuum párolgató berendezés recipiense a karusszel

A rendszer kiválasztása után az áramkörök előállítási technológiájának rendszerét is ki kellett választani. Itt figyelembe veendő szempont volt a berendezések viszonylag kisebb költsége mellett elérhető kedvező termelékenység, könnyű és gyors átállási lehetőség különböző áramkörtípusokra. Ezt úgy kíséreltük meg elérni, hogy egy párolgató ciklus alatt lehetőség szerint egyszerre nagyszámú üveglemezre lehessen réteget felvinni.

Fémek gőzölése esetén, ahol a párolgatás fémhuzalról történhet, ellenállás-fűtéssel; egy forgó karusszel alkalmazása látszott célszerűnek (1. ábra).

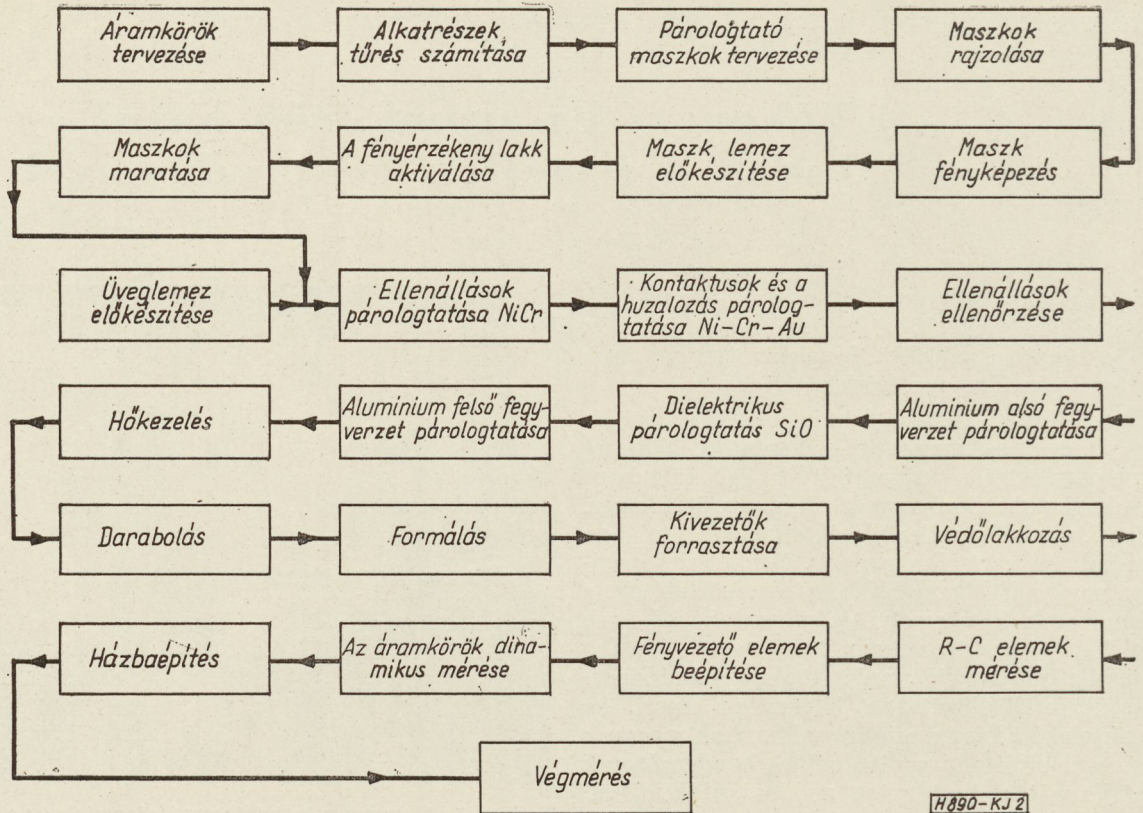
A gőzforrás függőleges helyzetű izzított fémszál, a párolgató üveglemez pedig fémmaszkkal letakarva és maszktartóba helyezve a karusszel hengerpalástján vannak rögzítve.

A kondenzátorok dielektrikumának párolgatásánál más elrendezést kellett alkalmazni. A  $\text{SiO}_2$  anyag por alakú és itt célszerűnek látszott pontszerű, vagy azt megközelítő gőzforrást alkalmazni, vagyis a párolgató lemezeket gömbfelületen (gömbszeleten) elhelyezni. Ezt a recipiens kupolarészén lehetett megvalósítani. Az egyenes réteget, mivel gőzforrásunk nem pontszerű, hanem véges felületű, a kupolán elhelyezett gömb rész forgatásával lehetett elérni.

Az előállítási technológia e műveleteinek blokk-sémáját a 2. ábra szerinti sorrendben alakítottuk ki.

Első lépésként foglalkoznunk kellett az áramköri tervezéssel. Ez új feladatnak tekinthető az eddig szokásos alkatrész technológiai módszerek mellett. Az esetek túlnyomó részében az áramköri igények úgy jelentkeztek, hogy az áramkörök dinamikus para-





H 890-KJ 2

2. ábra. A szigetelő alapú integrált vékonyréteg áramkörök műveleteinek bloksémája

métereit álltak rendelkezésre. Néhány esetben tájékoztató áramköri kapcsolások is. Ezek azonban legnagyobb részben átdolgozásra szorultak, mivel azokat hagyományos alkatrészekkel tervezték és nem volt a legmegfelelőbb a vékonyréteg áramkörök konstrukciója és technológiája szempontjából. Pl. az alkalmazott ellenállások és kapacitások értékei túlnyúltak azon az értéktartományon, amit vékonyréteg ellenállásokkal, vagy kondenzátorokkal célszerű megvalósítani.

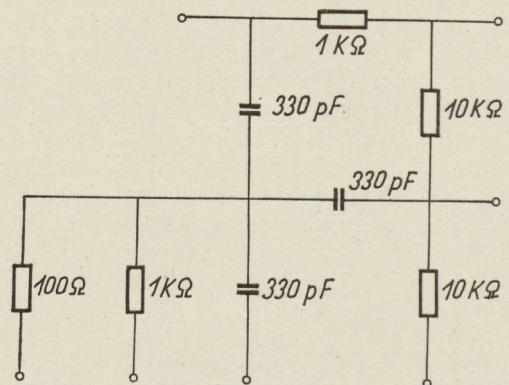
E feladattal laboratóriumunkon belül egy áramköri csoport foglalkozik, amely a tervezésnél együttműködik a technológiai csoporttal. Mivel már az első időben igen sokféle áramköri igény jelentkezett, intézetünk több más laboratóriumát is bekapcsoltuk e munkába.

A következő feladatnak tekintettük az áramkör analízisét és az áramköri elemek tolerancia számítását. E munkába bevontuk a Műszaki Egyetem Vezetékes Híradástechnika Tanszékének áramkör-elméleti csoportját dr. Géher Károly docens vezetésével. E feladat során először összefüggéseket kell megállapítani az áramkör dinamikus paramétereiről és az áramköri elemek sztatikus paramétereiről. Az első számítást az elemek paramétereinek átlagos értékével végeztük el és megvizsgáltuk, hogy az átlagos (névértékszerű) adatok figyelembevételével az áramkör dinamikus paramétereiről elérhetőek-e. Amennyiben nem, úgy szükséges volt az elemek paramétereinek változtatása.

A következő lépés az elemek tűréshatárainak számítása. Elsőként a legrosszabb eset (worst case)-ben

történő méretezést végeztük el. A legrosszabb eset felleptének valószínűsége nagyon kicsi és a megépített áramkör valószínűségben fellépő viszonyaitól erősen eltér, célszerűnek látszott ezért olyan vizsgálatoknak az elvégzése is, amelyek nem a legrosszabb esetnek, hanem a gyártási technológia szémszögéből nézve a valószínűbb eloszlásnak felelnek meg. Ezt a lépést követte a vékonyréteg áramköri konstrukció tervezése, elsőként a párolgató maszkok tervezése.

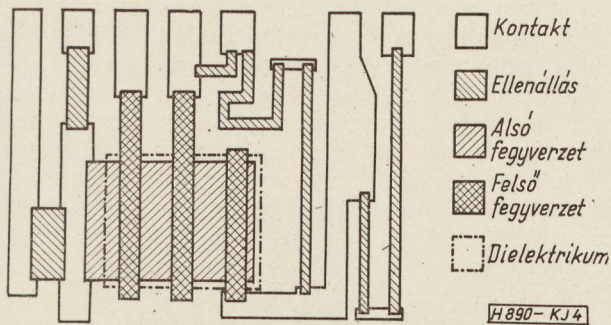
Többféle maszkállítási módszer ismeretes. Ezek közül a legelterjedtebb a fotolitográfiával előállított fémmaszk. Ez esetben az előállítandó mintát 10–20-szoros nagyításban lerajzoltuk, majd a kívánt méretre megfelelő pontossággal lekcicsinyítve lefényképeztük. Ezután egy fémlemeze felvitt fényérzékeny



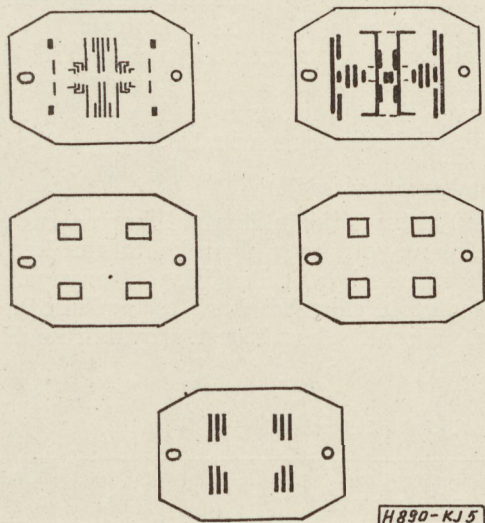
H 890-KJ 3

3. ábra. Egy fázis-diszkriminátor passzív elemeinek kapcsolási rajza

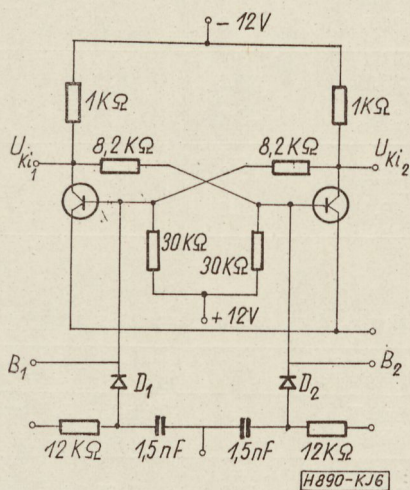




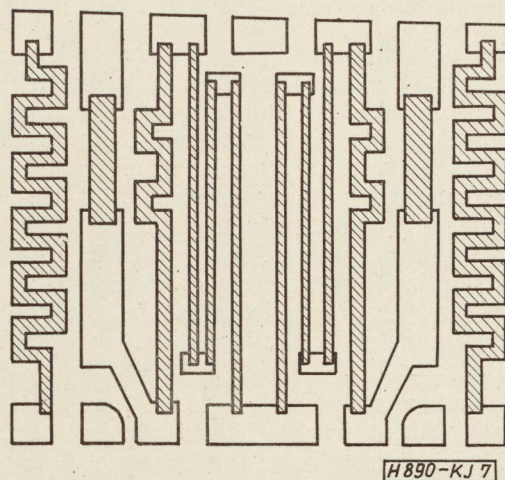
4. ábra. A 3. ábra szerinti kapcsolás vékonyréteg áramköri kivitelének elrendezési rajza



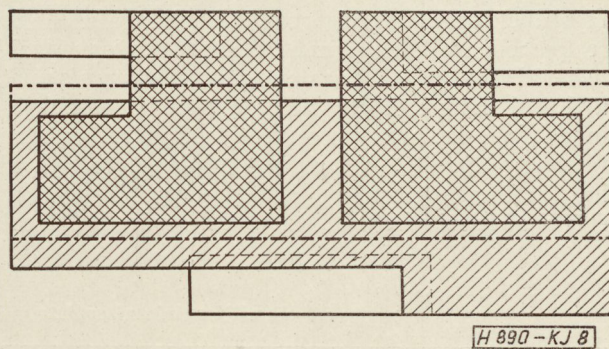
5. ábra. A 3. ábra szerinti kapcsolás ötféle maszkrajza



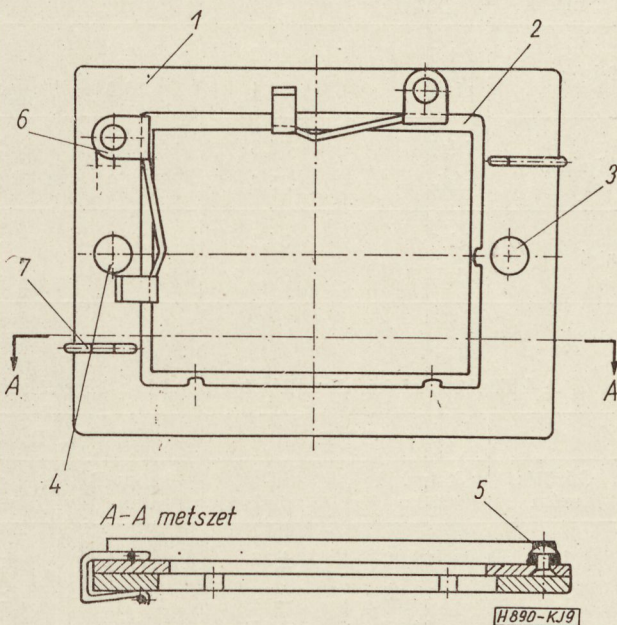
6. ábra. Egy multivibrátor kapcsolási rajza, ami hibrid kivitelben elkészült



7. ábra. A 6. ábra szerinti kapcsolás ellenállásainak maszkrajza



8. ábra. A 6. ábra szerinti kapcsolás kondenzátorainak maszkrajza



9. ábra. A maszktartó rajza

lakra (fotoreziszt) leképeztük, a pozitív részt kémiai úton kimarattuk. Egy áramkörhöz a legtöbb esetben 5 maszkot kellett készíteni (ellenállás, maszk, kontaktusok és huzalozási maszk, alsó kondenzátor fegyverzet, maszk, dielektrikum maszk, felső kondenzátor fegyverzet maszk) (3–8. ábra). A maszk méret-

arányán és pontosságon kívül fontos szerepe van a helyzet rajzolat kiképzésében a maszktartónak. Itt kb. 20–30 μm max pozicionálási pontosságot kellett elérni (9. ábra). Olyan maszktartót alkalmaztunk, ahol 2 felfogócsappal rögzítettük a maszkokat.



**Az ellenállások vizsgálata**

A technológia sorrendjében haladva a következő lépés az ellenállások párologtatása. E területen hosszú kísérletsorozatok lefolytatása után érkeztünk el a technológia kidolgozásához. A Ni—Cr arány helyes megválasztása volt az első feladat, ami az ellenállás alapvető paramétereit meghatározta. 40—50% nikeltartalom a szubsztrátumon kialakított rétegen adta stabilitás és hőmérséklet-együttható szempontjából az optimális paramétereket. Befolyásoló tényezőként szerepelt a párologtatás alatti vákuum, a gőzforrás hőmérséklete és ezektől függően a réteg kiépülés sebessége.

A következőkben az ellenállások kezdő értékszórásának csökkentésével foglalkoztunk. Az értékszórás két alapvető tényezőre vezethető vissza. Az egyik a réteg vastagságának szórása, a másik — és ez látszott a nehezebben megoldhatónak — a geometriai alak szórásából bekövetkező egyenlőtlenység. A réteg vastagságbeli szórása elsősorban a szubsztrátumnak a recipiensben való elhelyezésétől függött a legnagyobb mértékben. A gőzölő huzal szélein a hőelvezetés miatt a huzal hőmérséklete alacsonyabb, kevesebb az innen elpárolgó anyagmennyiség, sőt emiatt az összetétel is változott. A karusszel alján és tetején elhelyezett maszkartókon emiatt nagyobb ellenállásérték adódott (1. táblázat). Célszerűnek látszott

éppen ezért a gőzölő huzal lényeges meghosszabbítása a karusszel hengeres részén túl, mindkét irányban. Befolyásoló tényező a gőzölési sebesség szórásából adódó ellenállásérték, ami egyes gőzölések közötti szórást okozhat ugyanazon pozícióban, mert a gőzölési sebesség a réteg összetételét is befolyásolhatja.

Az ellenállásérték szórásának további forrása a geometriai alak szórásából, elsősorban maszknyílások okozta különbségek és a maszkok tökéletlen felfekvéséből származó diffúz vonalak okozta különbségek. A maszknyílások alakszórásának hatása és a tökéletlen felfekvés okozta szórás különösen az utóbbinak hatása, természetesen annál nagyobb, minél vékonyabb vonalszélességet alkalmazunk, minél kisebb méretekre törekszünk. A különböző formák egymáshoz képesti értékszórását azonos gőzölés átlagából számítva a 2. táblázat mutatja.

Az értékszórás és a méretek további csökkentése még hátralevő feladat, hiszen vannak áramkörök, ahol egyes ellenállások szórásánál a  $\pm 5\%$ ,  $\pm 2\%$  és  $\pm 1\%$  szórás betartása kívánatos.

**A kontaktusok vizsgálata**

A kontaktusok kialakításával kapcsolatos kísérletek célja az volt, hogy olyan kontaktusréteget alakítsunk ki, amelynek ellenállása elhanyagolható a ráparologtatott ellenállásokhoz és kondenzátor-fegyverzetek ellenállásához képest. További követelmé-

1. táblázat

Az ellenállásszórás vizsgálata a karusszelben történt elhelyezés alapján

Gőzölési szám		1	2	3	4	5	6	Átlag érték
maszk	pozíció	kohm						
felső	felső	46,2	42,4	47,8	46,3	45,1	45,5	44,5
	alsó	36,1	35,0	38,4	36,5	47,0	36,6	37,7
középső	felső	34,8	34,1	37,6	35,1	34,2	35,1	35,1
	alsó	35,4	34,0	37,2	35,4	34,8	35,1	35,3
alsó	felső	34,2	33,7	37,8	36,2	35,0	35,6	35,4
	alsó	38,6	36,5	42,1	40,1	41,0	39,9	39,7

2. táblázat

A különböző alakú ellenállások egymáshoz képesti szórásának adatai a 6. ábra szerinti kapcsolás alapulvételével

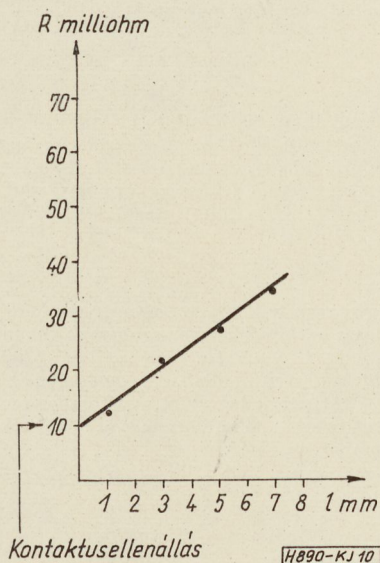
Gőzölés szám	R <sub>1</sub> , R <sub>8</sub>		R <sub>2</sub> , R <sub>7</sub>		R <sub>3</sub> , R <sub>6</sub>		R <sub>4</sub> , R <sub>5</sub>	
	kohm R átlag	% szórás	kohm R átlag	% szórás	kohm R átlag	% szórás	kohm R átlag	% szórás
1	10,92	±16	7,08	±13	0,56	±10	28,28	±18
2	10,43	±18	6,42	±16	0,51	±13	24,45	±24
3	11,07	±10	6,93	±10	0,58	±8	27,89	±12
4	11,76	±11	7,29	±9	0,60	±9	29,29	±12
5	10,66	±15	6,75	±11	0,56	±12	27,50	±20
6	11,30	±17	7,14	±12	0,62	±10	28,46	±26
7	10,92	±15	6,02	±14	0,49	±8	29,74	±24

Az egyes átlagértékek 40 áramkör átlagai.



nyek: a kontaktus és az áramkör egyéb elemeinek fémrétegei között kis átmeneti ellenállás alakuljon ki és ez az üzemeltetés során se változzék; a kontaktus nagy ellenállóképességgel rendelkezék különböző klimatikus és villamos igénybevételekkel szemben. Követelmény még a könnyű és biztos forraszthatóság és az egyszerű előállítási lehetőség.

A kontaktusok átmeneti ellenállását és azok megbízhatóságát modelleken vizsgáltuk. Különböző kontaktus modelleket készítettünk, részint ellenállásokkal, részint kondenzátorokkal kombinálva. Egy ilyen egyszerű modell a következő volt: üveghordozóra először kontaktusréteget párologtattunk, ezután egy fémréteget (pl. ellenállásréteget, vagy kondenzátorfegyverzetet). A további modelleken a második fémréteget fokozatosan hosszabb mérettel készítettük. A modell ellenállását a második fémréteg hosszának függvényében felrajzoltuk. Az ellenállásfüggvényt nulla fémréteg hosszra extrapoláltuk. Közéltően így következtettünk a kontaktus átmeneti ellenállás értékére (10. ábra).



10. ábra. A kontaktus átmeneti ellenállásának vizsgálata modellkísérletek alapján

E modellkísérleteket különböző kontaktus és fémanyagokkal folytattuk le és többféle villamos és klimatikus igénybevételnek vetettük alá. E kísérlet-sorozatok eredményeképpen azt lehetett megállapítani, hogy az összes követelményeknek legjobban az arany-réteg felelt meg.

Hátrányos tulajdonsága, hogy a tapadása az üveghordozóhoz nem kielégítő. Ezért szükségessé vált az arany párologtatása előtt egy, az üveghez jól tapadó fémréteg (Ni—Cr) gőzölése. E kontaktusréteg átmeneti ellenállása 5—10 Milliohm értékű és azt különböző igénybevételek után is elég stabilan tartotta.

#### A kondenzátorok vizsgálata

A technológia következő lépése a kondenzátorok kialakítása. E feladat sok kísérletsorozat lefolytatását igényelte. A korábbi évek kutatási eredményeit alapul véve, a múlt év során az Al—SiO—Al rendszerű kondenzátorokra kidolgozott álló gőzölés

módszert igyekeztünk megfelelő nagyobb termelékenységű eljárásra átalakítani és ehhez a technológia egyes lépéseit módosítani.

A nagyobb termelékenységű módszer alap gondolata, hasonlóan az ellenállások párologtatásánál alkalmazottnak az volt, hogy egyszerre több helyen elhelyezett üveglemezen alakítsuk ki a rétegeket. A fémek gőzölésénél a gőzforrást a recipiens közepén függőlegesen elhelyezett fémszál képezte és egy forgó hengerfelület palástján helyeztük el a maszktartókban levő üveglemezeket. Ezt a módszert por alakú dielektrikum párologtatásánál nem lehetett megvalósítani. A legalkalmasabbnak az olyan elrendezés mutatkozott, ahol a recipiens kupolaszerű részében elhelyezett forgatható szerelvényen foglaltak helyet a maszktartóban elhelyezett üveglemezek, megközelítően egy gömbszelet felületén és ennek középpontjában wolfram-csónakban a SiO por.

A lefolytatott kísérletek a párologtatás optimális paramétereinek meghatározása volt. E kísérletek eredményeiről munkatársaink rövidesen megjelenő publikációja fog részletesen beszámolni.

Az így előállított kondenzátorok üzemi feszültsége a rétegvastagságtól függően 3—12 V. Bár a dielektrikum üzemi és átütési térerőssége között célszerű egy arányt meghatározni, igen vékony rétegek esetén ezt az arányszámot meg kell változtatni. Ilyen esetekben a dielektromos réteg már annyi hibahelyet tartalmazhat, hogy az, a kondenzátor önregeneráló képességét is figyelembe véve, nem javítható kielégítő mértékben. Ez a gyakorlatban úgy jelentkezik, hogy megnő a zárlatos és nem javítható darabok száma.

A rétegvastagság növelésének is vannak korlátai, 12 000 Å rétegvastagság felett megnő a réteg leválásának a veszélye.

A 3. táblázat a rétegvastagság, a fajlagos kapacitás és az átütési feszültség közötti összefüggést mutatja. A vizsgálatok alapján az 5000 Å alatti rétegvastagságokat (kb. 8 nF/cm<sup>2</sup> fajlagos kapacitás) alacsony átütési térerő miatt nem lehet a gyakorlati alkalmazás szempontjából figyelembe venni.

3. táblázat

SiO dielektrikumú, párologtatott kondenzátorok fajlagos kapacitásának, átütési feszültségének változása, a dielektromos réteg vastagságának függvényében

Rétegvastagság Å	Fajlagos kapacitás nF/cm <sup>2</sup>	Átütési feszültség V
3285	149	20—25
4180		30—40
5525	,8	45—50
6101	6,7	50—60
7790	5,0	60—85

#### Megbízhatósági kérdések

A szigetelő alapú integrált vékonyréteg áramkörök megbízhatóságáról egyelőre csak irodalmi adatok állnak rendelkezésre. Ezek az adatok igen kedvezőek. Különböző szerzők 10—50·10<sup>6</sup> darab-óra vizsgálati adat alapján egy átlagos hibrid áramkörre kb. 8 pasz-



szív 2 aktív elem esetén (szilícium tranzisztor v. dióda) a meghibásodási ráta becsült felső határértékét  $1-5 \cdot 10^{-7}$ /órát adják meg. Ez megközelítően közel egy nagyságrenddel kedvezőbb adat, mint a hagyományos alkatrészekből készült áramköré. A javulást azzal indokolják, hogy kevesebb a közvetlen kézi munkával kialakított kontaktusok száma.

Előnyt jelent az integrált áramkörök alkalmazása a meghibásodások gyors kiküszöbölésénél is. Ha egy integrált áramkör esetében valamelyik alkatrész vagy összeköttetés meghibásodik, az egész áramkör cserélendő. Az áramkör hibás működése könnyebben behatárolható, mint egy diszkrét alkatrész meghibásodásának megkeresése.

## SZEMLE

Összeállította: VÁSÁRHELYI PÁL

A csehszlovák Külkereskedelmi Minisztérium a Vasúti Kutató Intézet számára H 6010 típusú *Marconidata* adatátviteli rendszert rendelt Angliából, a telefonvonalak adatátvitel részére történő felhasználásával kapcsolatos vizsgálatok lefolytatása céljából. A beszerzésre kerülő adatátviteli rendszer közepes: 50 jel/s sebességű. Segítségével megoldható a lyukszalagra rögzített adatok telefonvonalon keresztül történő továbbítása és közvetlen kapcsolat létesítése nagyobb távolságra kihelyezett periféria és egy elektronikus számítógép között. A hibás jelátvitel valószínűsége kisebb mint  $10^{-6}$ .

\*

Az NDK híradástechnikai ipara 1967-ben több újdonságot mutatott be. Ilyenek pl. a crossbar rendszerű telefonközpontok, melyek között egy 25 előfizetőt kiszolgáló olcsó berendezést, 50 összeköttetést biztosító helyi központot és 600 vonalas központot fejlesztettek ki. E központok gyártásával a rochlitzi VEB Stern Radio, ill. az arnstadi VEB Fernmeldewerk foglalkozik. A bautzi VEB Fernmeldewerk egy teljesen tranzisztorizált 60/120 csatornás vívőfrekvenciás központot hozott létre. A berlini VEB Studiotechnik pedig új tranzisztorizált televízió-kamerát fejlesztett ki.

\*

Az NDK-ban a vívőfrekvenciás berendezések gyártásában 23 üzem vesz részt, melyek különböző iparágakhoz tartoznak. A gyártás megszervezésére kooperációs vállalatot alakítottak Lipsében.

\*

Az NDK-ban a táskarádiók és zsebrádiók termelésének fokozására a Stern rádiógyár is megkezdte ilyenek gyártását. Hi-Fi és sztereo berendezések gyártásával a REMA foglalkozik.

\*

A VEB Fernsahgerätewerk Strassfurt 1967-es terve 10 300 hordozható, hálózati és telepes televízió vevőkészülék volt, s 1968-ban már 20 000 darabra kívánják a gyártást feljuttatni. A készülékek 28 cm-es robbanásvédelemmel képesővel készülnek.

\*

A VVB Bauelemente gyár (NDK) 5000 főt foglalkoztat. Fejlesztési témái között a szilícium planár tranzisztorok, valamint a vékonyréteg hibrid áramkörök szerepelnek. A gyár 1967-es terve 10 millió db tranzisztor és 36 millió db dióda volt. A félvezetők gyártására állították át két rádiócső üzemegységüket is. A vállalat saját gépgyárat létesített. A termelés kb. 25%-át exportálják.

Írógéphez hasonló kisméretű tízbillentyűs elektronikus számítógépet készítettek a Szovjetunióban. Az EDVM nevű gép a négy alapműveleten kívül szögfüggvényeket is számít. A négyzetgyökvonásokat 2—3 másodperc alatt megoldja. Tizenhatjegyű számokkal is dolgozik. Egyszerűen kezelhető, használatához nincs szükség speciális képzettségre. A gép a hálózatba kapcsolható. (APN, március 6.)

\*

Jelenleg Angliában több mint 11 millió telefonkészülék van. Az igény évente 20%-kal növekszik. Az angol posta az elkövetkezendő 5 évben 2 milliárd fontsterlinget fordít a telefonhálózat fejlesztésére. Az összeg egyharmadát felújításra, egynegyedét bővítésre, a többi részét korszerűsítésre fordítják.

\*

A telefonigény szerte a világon olyan nagy és olyan gyorsan növekszik, hogy a régi Strowger-rendszerű állomásokat még legalább 20 évig üzemeltetni fogják, bár Anglia esetében (hiszen már hírközlési műholdat is használt) ez az elmaradottság máris kezd tűrhetetlenné válni. A Crossbar-rendszerű telefonállomásokat ezért a lehető legnagyobb mértékben fejleszteni és alkalmazni kívánják.

A telefonkészülékek száma Angliában (az évek március 31-ével zárulnak):

1958	7,36 millió
1967	11,39 millió
1971	16,80 millió

(The Economist, jan. 13.)

\*

Lisszabon és Fokváros között fektetik le a leghosszabb tenger alatti telefonkábel. A 11 000 km hosszú kábelt, valamint az erősítő berendezéseket az angol ITT-Standard Telephone and Cables LTD cég gyártja.

Az Atlanti-óceánt jelenleg hat koncentrikus kábel szeli át, a Csendes-óceánt pedig kettő.

Az angol cég az új kábellel együtt már 46 000 km óceánkábel lefektetésével és több mint 1300 erősítő berendezés elkészítésével és felszerelésével dicsekedhet.

(Zycie Gospodarcze, jan. 28.)

\*

A CIE Continentale Edison, a Compagnie Générale d'Electricité (CGE) egyik leányvállalata és a Société Cocelam, közös leányvállalata a Société Lebon és a Société Lyonnaise des Eaux et de l'Éclairage rádió és televízió-vevőkészülék gyárak hivatalosan bejelentették fúziójukat. A fúzió legkésőbb 1968 végéig lebonyolódik olyan formában, hogy a Continentale Edison átveszi a Cocelam vállalatot. A fúzió 1968. január 1-i hatályal lép életbe.

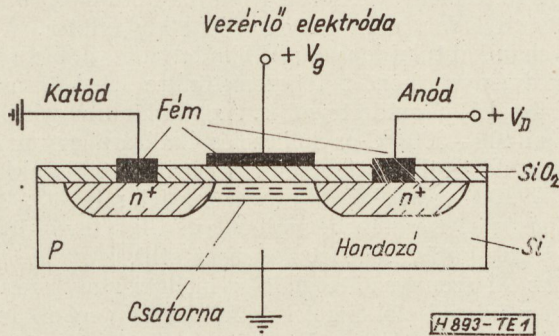


## A MOS tranzisztorok fizikai alapjai: a fém-oxid-félvezető rendszer

ETO 621.315.592.4:621.382.3

A MOS (fém-oxid-szilícium) tervezérelt tranzisztor elve és szerkezete rendkívül egyszerű; a MOS tranzisztor lényegében kis adalékkoncentrációjú Si hordozón kialakított párhuzamos  $p-n$  átmenet-szigetkekből és a szigetek közti zónát borító, elszigetelt fém térelektrodából áll. A térelektrodára megfelelő feszültséget kapcsolva, a felületen inverziós réteg keletkezik, amely a  $p-n$  átmenet-szigetek között vezető összeköttetést létesít. Az inverziós réteg gyakorlatilag úgy viselkedik, mintha a hordozóval ellentétes, a szigetekkel megegyező vezetési típusú félvezető volna jelen. A csatornában folyó áram a katód-anód szigetek közti feszültségtől és a vezérlőfeszültségtől függ.

Az 1. ábrán látható MOS tranzisztor alapanyaga  $p$  típusú, az anód-katód szigetek és az inverziós csatorna vezetése  $n$  típusú. A csatornavezetés alapján ezt a szerkezetet  $n$  csatornás MOS tranzisztornak nevezük. Értelemszerűen  $p$  csatornás MOS tranzisztor a neve a fordított változatnak, amelyben a vezetési csatornában a lyukak vezetik az áramot.



1. ábra

A 2. ábrán  $p$  csatornás MOS tranzisztor sematikus karakterisztika seregét láthatjuk. Ha  $V_D$  anód-feszültség nagyobb, mint a  $V_g$  vezérlőfeszültség, a telítési tartományban az áram első közelítésben független az anód-feszültségtől. Az  $I_{DS}$  telítési áram az alábbi kifejezéssel közelíthető:

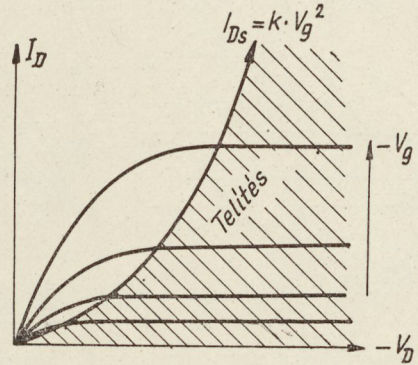
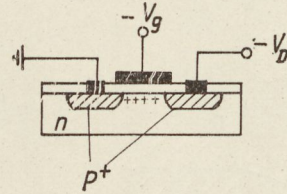
$$I_{DS} \approx \frac{B}{2L} \cdot \mu_p \cdot \frac{\epsilon_0}{W_0} \cdot V_g^2$$

(1) alapján a meredekség:

$$g_m = \frac{B}{L} \cdot \mu_p \cdot \frac{\epsilon_0}{W_0} \cdot V_g$$

ahol:

- $I_D$  az anódáram,
- $V_g$  a vezérlőfeszültség,
- $B$  a vezetési csatorna szélessége,
- $L$  a csatorna hosszúsága,
- $\epsilon_0$  az oxid dielektromos állandója,
- $\mu_p$  a felületi lyuk mozgékonyasága,
- $W_0$  az oxidréteg vastagsága.



2. ábra

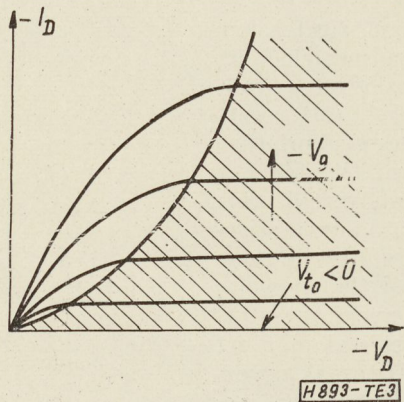
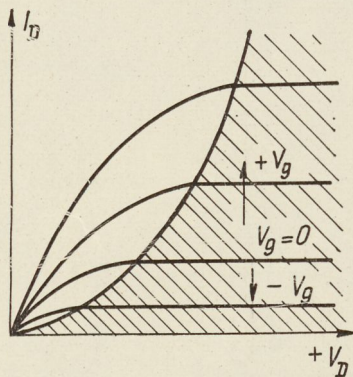
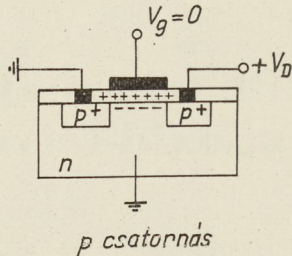
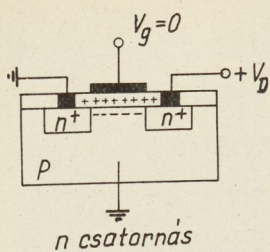
Az (1) és (2) elméleti kifejezések a tapasztalat szerint jól közelítik a MOS tranzisztorok megfelelő paramétereit, nem veszik azonban figyelembe a valóságos fém-oxid-szilícium rendszerek fizikai és technológiai tulajdonságait. A MOS tranzisztor működésének fizikai alapja az, hogy megfelelően előfeszített MOS kondenzátorban a félvezető felületen inverziós réteg keletkezik. Az inverziós rétegben levő mozgó töltés koncentrációja adott adalékkoncentráció esetén a felületre merőleges térerősségtől függ.

A felületi térerősség két összetevőből áll: az egyiket a fém térelektroda és a hordozó közé kapcsolt feszültség, a másikat az oxidrétegben vagy az oxid-szilícium határfelületen levő töltés hozza létre. A felületi töltés előjele általában pozitív, így a félvezető felületén elektron-feldúsulás következik be. Ez azt jelenti, hogy  $p$  csatornás MOS tranzisztorok anódárama csak a  $V_{to} \neq 0$  nyitófeszültségnél nagyobb vezérlőfeszültség esetén indul meg, az  $n$  csatornás változatban pedig  $V_g = 0$  állapotban is folyik anódáram, amelyet csak  $V_g < 0$  vezérlőfeszültséggel lehet megszüntetni (3. ábra).

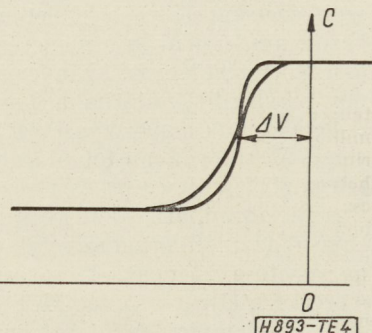
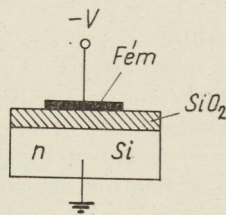
A MOS tranzisztorok előállításakor arra kell törekedni, hogy az oxidba és az oxid-szilícium határfelületre beépült töltés koncentrációja kicsi legyen, és a töltés ne változtassa helyét az előfeszítés hatására. Ellenkező esetben a tranzisztor nyitófeszültsége alkalmatlanul nagy és instabil volna.

Intézetünkben 1967-ben indultak meg a MOS tranzisztorok kísérletei. A munkát a megfelelő mérés-technika kidolgozása és az elmélet tanulmányozása





3. ábra



4. ábra

után a fém-oxid-szilícium rendszer fizikai és technológiai tulajdonságainak vizsgálatával kezdtük meg. Az elért eredmények alapján ez évben meghatározzuk MOS tranzistoraink struktúráját.

A következőkben szeretnénk röviden beszámolni az eddig végzett munkáról és az elért főbb eredményekről.

Az oxidréteg töltésviszonyainak vizsgálatára a legalkalmasabb a MOS kapacitás feszültségfüggésének mérése. Egy ilyen MOS C—V görbét mutat a 4. ábra. A nagyfrekvenciás MOS C—V görbe ugrászerű változásához tartozó feszültségből a felületi töltés nagyságára, a görbe alakjából a határfelületi gyors állapotokra, az időbeli változásokból pedig a töltések vándorlására, instabilitására lehet következtetni.

Már a legelső vizsgálatok megmutatták, hogy a planáris tranzistorok technológiájában alkalmazott oxidok minősége nem kielégítő. A rendkívül sok határfelületi töltés ( $N \approx 5 \cdot 10^{12}$  et/cm<sup>2</sup>) mellett mozgó töltést is tartalmaznak és a minták reprodukálhatósága sem volt kielégítő.

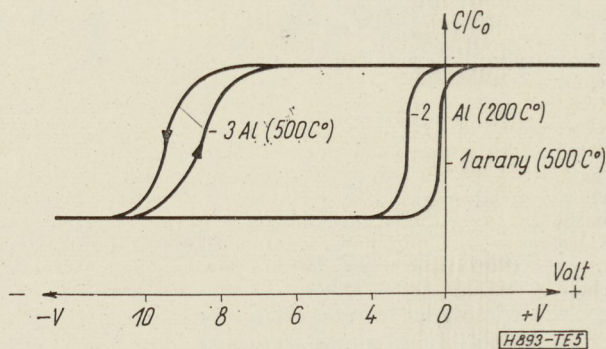
A módszerek és a tisztasági feltételek tökéletesítésével sikerült elérni, hogy ma már egy nagyságrenddel kisebb töltéskonzentrációjú oxidréteget tudunk előállítani, főleg hőkezelés segítségével.

A hőkezelés pontos mechanizmusának tisztázására további kísérleteket folytatunk. Feltételezésünk szerint a sztöchiometriai egyensúlyi érték feletti Si okozza a pozitív töltést, amelynek koncentrációja a hőkezelés hatására lecsökken.

A mozgó pozitív töltések közül bizonyítottan káros hatásúak a Na<sup>+</sup> ionok, amelyek kiküszöbölése a technológia tisztaságának növelésével nagy részben sikerült.

A töltésmentes oxidréteg fémezése legalább olyan nehéz feladat, mint az oxidréteg kialakítása. A jó mechanikai tulajdonságú Al fém felvitelével bizonyos körülmények között teljesen tönkre lehet tenni a kezdetben jó oxidréteget is. Az alumínium gőzölése utáni 400—500 °C-os hőkezelés hatására egy nagyságrenddel több lett a felületi pozitív töltés akkor, ha 99,99% minőségű Al-ot vittünk fel, mint 99,999% minőségű Al esetében, amiből az Al-ban levő idegen anyagok hatására lehet következtetni.

Az Al szennyezettségi foka mellett nagy szerepe van a kémiai előkészítési és hőkezelési technikának is. Ezt bizonyítják az 5. ábra görbéi. Az 1. görbe a fent ismertetett technológiai folyamattal készült oxidrétegen arany fémezéssel kialakított MOS rendszerhez tartozik. A 2. görbe ugyanezen az oxidon 99,999% tisztaságú alumíniummal 200 °C-on gőzölés utáni, a 3. az ezt követő 500 °C-os 20 perces vákuumhőkezelés utáni értékeket mutatja. Az arany fémezésű MOS rendszer kapacitásgörbéjét a hőkezelés változatlanul hagyja.



5. ábra



Az eredmények azt mutatják, hogy az Al fém olyan változásokat okoz a SiO<sub>2</sub> rétegben, amelyek azután megnövelik annak pozitív töltését. A hőkezelés okozta bizonytalanságok függhetnek az oxidálás előtti és az oxidálás utáni kémiai kezelésektől is.

A kísérleti munka során felmerült problémák megoldására, így az Al-SiO<sub>2</sub>-Si rendszer jobb megértése érdekében is tovább folytatjuk a kutatást. Az eddig elért eredmények lehetővé teszik, hogy bonyolultabb

MOS tranzisztor-struktúrákat is kialakítsunk. Technológiai lehetőségeink kihasználásával elő tudunk állítani MOS tranzisztorokat, amint azt a nemrég elkészült kísérleti példányok is igazolják.

A jövőben is folytatni fogjuk a MOS rendszerek alapvető strukturális fizikai kutatásait, továbbá konkrét technológiai fejlesztést is végzünk. Így remélhető, hogy sikerrel oldjuk meg a MOS tranzisztor és MOS integrált áramkör technológia kidolgozása során felmerülő feladatokat.

## SZEMLE

A dél-afrikai Fokvárost Lisszabonnal mintegy 10 000 km-es tenger alatti telefonkábel fogja összekötni. A mintegy 70 millió dolláros munkát az angol STC cég végzi el. A terv szerint a vonalon 643 teljesen tranzisztorizált szakasz erősítő helyeznek el és 51 kiegyenlítő kerül beépítésre. A kábel 360 csatorna átvitelére lesz alkalmas. A munka elvégzésének határideje 18 hónap.

Ez a kábel-összeköttetés tartalmazza majd azoknak a speciális félvezetőknek első példányait, melyeket hosszú tenger alatti kábelvezetékek céljaira fejlesztettek ki 5 éves kutatói munkával az STC kutatói. Az ilyen diódák és tranzisztorok minőségi és megbízhatósági követelményei ugyanis, mint ismeretes, lényegesen szigorúbbak bármely más felhasználási terület követelményeinél.

Egyelőre csak 17 afrikai államban van rendszeres televízióadás. A műsor gerincét valamennyinél a nevelési és oktatási céllal készített programok alkotják. Gazdasági okok folytán 41 afrikai államban még nem indult televízióadás.

Több amerikai cég, például a Sonotone és Euphonic CO olyan lemezjátszókat hozott forgalomba, melyek hangszedője nyomásérzékelny félvezető elemet tartalmaz.

A japán NHK rádió- és televíziószervezet kutatói rendkívül érzékeny televíziókamerát fejlesztettek ki. Ez a kamera még 0,1 lux megvilágítás esetén is jó, zajmentes képet ad.

1967-ben rádió-telefon szolgálatot létesítettek Kairo és Kenya, Tanzania, Uganda, valamint Mauritania között. Ez utóbbi Párizs érintésével üzemel.

1961 és 1965 között a világon a telefonvonalak száma 36%-kal nőtt. A Közel- és Közép-Kelet országaiiban a helyzet alakulása a következő volt: Szaúd-Arábia 6%, Szíria 42%, Libanon 58%, EAK 64%, Kuwait 85%, Irán 96%. A vonalak tényleges számát tekintve érdekesek a következő adatok: Törökország 351 000, EAK 330 000, Irán 208 000, Libanon 105 000 és a Közel- és Közép-Kelet többi országaiiban összesen 350 000. Irakban 43 000 újabb vonal kiépítését, Jordániában 17 200 vonal kiépítését tervezik. Szaúd-Arábiában az állami telefonhálózat kiépítése kapcsán 40 000 vonal létesítését kívánják megoldani. Az EAK-ban a fejlesztésre irányuló tervek során Kairóban és Alixandriában az automatikus központokat bővítik és ezzel 234 000 új előfizető bekapcsolását kívánják lehetővé tenni.

Az Egyesült Nemzetek Segélyszervezete 2 millió dolláros segílyt nyújtott a Malgas Köztársaságnak távközlési rend-

szere felújítására és kibővítésére. A segíly keretén belül 3170 km új vonalat létesítenek és 300 km-nyi vonalat újítanak fel. A terv megvalósításához a francia kormány is 2 millió dolláros segílyt nyújt.

A Világbank 13 millió dolláros hitelt nyújt Kenya, Tanzania és Uganda számára az általuk létesítendő telefon- és táviróhálózat kiépítésére. A teljes hálózat a három államban összesen mintegy 25 millió lakost szolgálja ki. A hálózat kifejlesztését 1966 és 1970 között tervezik, összesen 30 000 telefonállomás bekapcsolásával. Ezenkívül 1800 kézi kapcsolású központra kapcsolódó vonalat is üzembe helyeznek. Az összeköttetések létesítéséhez kábeleket, légvezetéseket, 12 csatornás rádió-összeköttetést és 160 csatornás mikrohullámú összeköttetést, valamint két troposzferikus rádió összeköttetést használnak fel. Automata központokat a következő városok kapnak: Nairobi, Kampala, Dar-es-salam, Mombassa, Arusha és Moshi. A teljes rendszer létesítésének költsége előreláthatólag meghaladja a 26 millió dollárt.

A hajók rádió-telefon összeköttetésének biztosítására Mombassában 100 km hatókörű, hajóra szerelt állomást helyeztek üzembe. Hasonló állomást terveznek Dar-es-salam részére is.

Tanzania fővárosában Dar-es-salam-ban nemrégiben 240 kW-os nagyadót állítottak üzembe, kínai segílyvel.

A 100 lakásra jutó telefonállomások száma Afrikában a legalacsonyabb a világon. Még Marokkóban is alig haladja meg az 1%-ot, de igen sok államban csak 100-ad százalékokban fejezhető ki. Etiópiában pl. 0,03%. Telephálózata a legtöbb államban nincs. Marokkóban összesen 255 telex állomás van. A kiépített összeköttetések között kábeles, tengeri és mikrohullámú összeköttetések mellett azonban már létezik műholdas összeköttetés is. Ilyen műholdas összeköttetésre különösen az American Communication Satelit Co fejt ki propagandát, mely 240 csatornás műholdas nagy távolságú telefonátvitelre tesz ajánlatokat. Több afrikai államban, pl. Lagosban, Szenegálban, Elefántcsont parton stb. már van, illetve épül földi állomás ilyen összeköttetés céljaira. Az ilyen összeköttetés jó üzletnek ígérkezik az amerikaiak számára, akik egy csatorna árát évi 300 000 dollárban szabták meg.

1968 folyamán Kelet-Afrika nagy területét körül kívánják venni egy ÚRH és troposzferikus terjedésű sokcsatornás rádió magában foglaló hírközlési rendszerrel. A meglévő rendszer felhasználásával mintegy 300 km hosszú telefonhálózatot kívánják kiépíteni, mely a Kenya, Uganda és Tanzania közötti fő telefontrunk szerepét látja el. A hálózatot képező rádiórendszerek egyidejűleg 96 telefonbeszélgetés átvitelére alkalmasak, egy telefoncsatorna pedig 24 táviróáramkörrel helyettesíthető.



## Hazai nagy teljesítményű szilícium kapcsolótranzisztor konstrukciója és elektromos adatai

ETO 621.318.57:621.382.3.026:669.782

A nagy teljesítményű szilícium kapcsolótranzisztorok megjelenésével a félvezetők ismét egy sor új alkalmazási területet hódítottak meg, s az eredményes fejlődést mi sem tükrözi jobban, mint hogy napjainkban egyre több cég jelentkezik a piacon korszerű, nagy teljesítményű szilíciumtranzisztorokkal. Ezen új, most kibontakozó tranzisztorcsalád felhasználását tekintve két fő irányban fejlődik, egyrészt a nagy teljesítményű kapcsolóüzem céljára — itt említhető meg a televíziós készülékek eltérítő áramköre —, másrészt a nagyfrekvenciás teljesítményerősítőkhöz egyre jobb elektromos paraméterek biztosítására. A két fejlődési irány, noha a tranzisztoradatok tekintetében eltérő tulajdonságokat kíván, egy sor azonos konstrukciós problémát vet fel.

A nagy teljesítményű tranzisztorok kérdése természetesen nem szűkíthető le csak a szilícium-eszközök tárgyalására; kétségtelen, hogy igen sok vonatkozásban előnyösen alkalmazhatók germánium-tranzisztorok is, mégis az elkövetkező időszakban feltehetően számolnunk kell a szilícium alapanyagú tranzisztorok döntő előretörésével, éppen kedvező tulajdonságaik miatt. A szilíciumnak, mint a teljesítménytranzisztorok alapanyagának egyik leglényegesebb előnye a germánium alapanyaggal szemben igen magas megengedhető átmeneti réteghőmérséklete. A germániumnál szokásos 70—100 °C maximális réteghőmérséklettel ellentétben, szilíciumnál 150—200 °C engedhető meg, de a kis záróáramok miatt még ennél magasabb hőmérsékleten sem megy tönkre a tranzisztor, azaz kevésbé érzékeny pl. hőmegfűtésre, így a nagy teljesítményű kapcsolásokban előnyösebb.

A szilícium alapanyag másik lényeges előnye a germániummal szemben az elérhető magasabb zárófeszültségek. Mint ismeretes, a világpiacon ma már sok, többszáz voltos zárófeszültséggel rendelkező tranzisztortípus kapható, s feltehetően az egyes technológiai lépések tökéletesítésével és néhány mellékjelenség (mint pl. felületi effektusok) kiküszöbölésével ez az érték még tovább fog nőni.

Végül a szilíciumanyagon létrehozható oxidréteg is mind technológiai, mind megbízhatósági szempontból jelentős előnyöket mutat. Technológiai szempontból itt elsősorban a legkorszerűbb diffúziós eljárások során alkalmazott maszkolási, fedési tulajdonságait kell említenünk, amelynek segítségével tetszőleges geometriai elrendezésű, konstrukciós szempontból legkedvezőbb alakú tranzisztorok készíthetők. Ez a kérdés különösen teljesítmény tranzisztoroknál játszik igen fontos szerepet, amelyeknél a különböző típusú félvezető rétegek, valamint kontaktus-elektrodák geometriai méretei, alakja, elrendezése döntő fontosságú a nagyáramú működés szempontjából.

A szilíciumon képződő oxidréteg az eszköz megbízhatóságában, a felületek stabilizálásában is fontos szerepet játszik. A passzívált felületű planár tranzisztorok élettartam adatai igen kedvezőek, ami ismét a szilíciumra, mint alapanyagra irányítja a figyelmet.

### A fejlesztőmunka célkitűzése

A Híradástechnikai Ipari Kutató Intézet 1966 elején kezdett hozzá a szilícium anyagú, nagy teljesítményű kapcsolótranzisztor kifejlesztéséhez. Ebben az időszakban még igen kevés  $I_{C_{max}}=5-10$  A csúcsárammal és a száz voltot meghaladó zárófeszültséggel rendelkező tranzisztortípus szerepelt a világpiacon. Az 1966-os évben végzett felmérés szerint mindössze néhány amerikai típus volt a hirdetésekben megismerhető, így a DELCO cég DTS 423-as típusa, a Bendix cég egy tranzisztorja, az RCA-tól korábban a 2N2016, majd 1966-tól a 2N3585, a Solitron cég MHT 7805 és MHT 7606 típusai mellett találkoztunk a Toshiba cég 2SC 102-es típusával és Európában a Valvo BLY17-ével és a Siemens BUY-12-13 típusával. Ez utóbbi típus szerepelt a KGST ajánlásai között és a TV gyárak igényeiben is. 1966-ban az Egyesült Izzó megbízása alapján indult meg a kutatás. A cél a Siemens BUY 12-13 típusú egyenértékű tranzisztor konstrukciójának kidolgozása volt. Tekintettel arra, hogy a munka megkezdésekor a Siemens gyár még nem volt szállítóképes az akkor már három éve a katalógusában szereplő típusból, így annak megismeréséhez kizárólag az általuk megadott katalóguslapra, illetve a cég lapjában megjelent kiterjedelmű közleményre támaszkodhattunk és a konstrukciót önálló munkával fejlesztettük ki.

A világpiacon szereplő nagyáramú szilícium kapcsolótranzisztorok között epitaxiás típus nem szerepelt, s a kapcsoló tulajdonságok miatt szükséges alacsony soros kollektorellenállás kialakítására általában ma is diffundáltatott kollektorokat készítenek. A fejlesztő munka első periódusában általunk elérhető típusok javarészt mesa konstrukciójúak voltak, illetve a planár konstrukciójú BLY-17 katalógus adatai és általunk mért példányai arra mutattak, hogy az elérhető kollektor-bázis visszaram-karakterisztika nem jobb a mesa típusok esetén elérhetőnél.

### A konstrukciós szempontok

A konstrukció kialakítását saját technológiai tapasztalatunkra, irodalmi adatokra és bizonyos KGST információkra támaszkodva végeztük el.

A nagyáramú és egyben nagyfeszültségű kapcsolótranzisztor konstrukciós szempontból igen komoly



problémákat vet fel, nevezetesen a nagyfelületű, nagy zárófeszültséggel rendelkező átmenetek kérdését. A tranzisztor csúcsárama bizonyos felület-minimumot követel meg, s ez a céltípusra jellemző  $I_{C_{max}}=10$  A-es érték alapján meglehetősen nagy ahhoz, hogy ekkora felület mellett jó zárótulajdonságú átmeneteket lehessen készíteni. Ha a letörési feszültség romlását statisztikusan fellépő hibahelyeknek tulajdonítjuk, a nagy felület miatt igen nagy lesz a valószínűsége annak, hogy egy-egy tranzisztorpéldány letörési feszültségre nézve hibás lesz, ami a gyártásban a kihozatal erős lecsökkenését eredményezi. A hibahelyek elsősorban akkor okoznak problémát, ha a kollektorbázis p—n átmenetre kerülnek, s emiatt az ilyen nagy felületű eszközök planáris technológiával igen rossz kihozattalal készíthetők. Példaként említhetnénk, hogy ha egy adott technológiai színvonal mellett egy 20 mm<sup>2</sup> területű dióda 35% kihozattalal gyártható mesa kivitelben, akkor ugyanennél planáris kivitelben kb. 2%-os kihozatal várható.

Ezen megfontolások alapján a kutatómunka első szakaszában n—p—n szerkezetű mesa konstrukció megvalósítását tűztük ki célul, amely mind a határfrekvencia, mind a kollektorletörés szempontjából kedvező. A tranzisztor kollektorrétegének szerkezeti adatait egyrészt az előírt kollektorbázis letörési feszültség értéke, valamint a nagy kollektoráramnál jelentkező telítési feszültség határozzák meg. Mint ismeretes, a nagy zárófeszültség nagy fajlagos ellenállással rendelkező kollektortartományt tesz szükségessé, ami viszont kedvezőtlenül megnöveli a kollektor tömb vezetési ellenállását, s ezzel természetesen a nagyobb kollektoráramoknál jelentkező kollektorbázis telítési feszültséget. Ennek elkerülésére a kollektorréteget két tartományból kell kiképezni mégpedig egy nagy fajlagos ellenállású szakaszból, amelyben a záróirányban előfeszített bázis-kollektor kiürülési tartomány helyezkedik el, valamint egy kis fajlagos ellenállású szakaszból, amely a kollektoráram vezetését kis soros ellenálláson keresztül biztosítja; az így kapott szerkezet a modern nagyfeszültségű eszközöknél általánosan használt n—n<sup>+</sup> kollektorszerkezet. Ez a struktúra egyúttal megkönnyíti a kollektor kontaktálását is. Megvalósítására a következő módszerek jöhetnek számításba:

- a nagy fajlagos ellenállású n-típusú anyagban az n<sup>+</sup> tartomány létrehozása diffúzióval,
- alacsony ellenállású n<sup>+</sup> alapanyagon nagy ellenállású vékonyréteg növesztése epitaxiális technológiával,
- nagy fajlagos ellenállású, n alapanyagon vastag n<sup>+</sup> réteg növesztése epitaxiális technológiával.

A szükséges szerkezetet biztosító diffúziós hőkezelés időtartama 1250 °C-on 40—60 óra. A kívánt minimum 40 μm vastag nagy fajlagos ellenállású réteg előállítását epitaxiával, viszonylag nagy felületeken, hibamentesen, mai ismereteink szerint nem megoldott feladat, ezért a legutolsónak említett epitaxiális technológiát választottuk az n—n<sup>+</sup> struktúra kialakítására. A szükséges eljárást Intézetünk kutatói dolgozták ki.

A konstrukció további kérdése az emitter kialakítása. A nagyáramú áramerősítési tényező csak akkor kielégítő, ha a tranzisztor emitterhatásfoka megfelelő. Nagyáramú alkalmazásnál a töltéshordozó injekció szempontjából csak az emitter pereme aktív és megfelelő emitterhatásfok csak úgy érhető el, ha biztosítva van az emitter megfelelő hosszúságú kerülete ( $L_E$ ). A megengedhető maximális áram értéke

$$I_E = i_0 L_E,$$

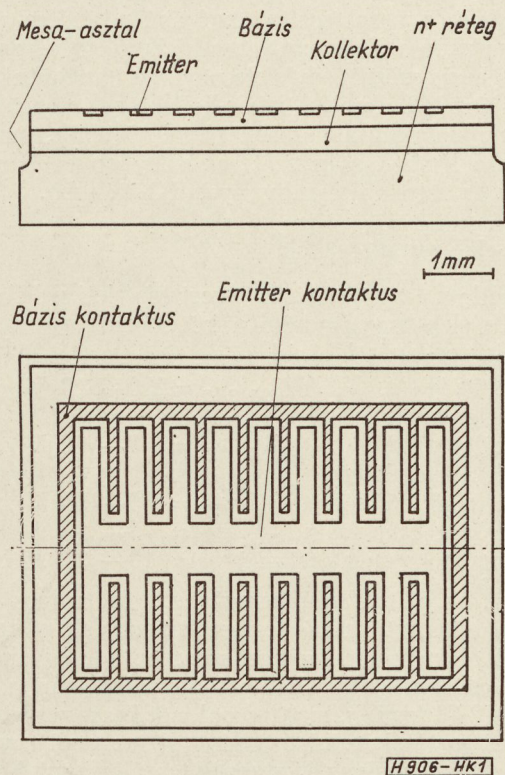
ahol  $i_0$  a hosszegységenként megengedhető maximális áram nagysága, ami diffundáltatott emitter esetén 160 mA/mm, míg ötvözött emitter esetén 50%-kal nagyobb.

Az irodalom szerint a nagy teljesítményű tranzisztorok emitter elrendezése szempontjából a fésű struktúra a legelőnyösebb. A fésű ujjainak számát és az egyes ujjak méretét egyrészt az elérendő emitter kerület hossza, másrészt az a követelmény szabja meg, hogy az ujjak mentén jelentkező feszültségesés legyen mindenképpen kisebb 30 mV-nál.

A fejlesztés során úgy döntöttünk, hogy az emittertartományt diffúziós technikával alakítjuk ki, ami a további tranzisztortípusok kifejlesztése szempontjából is perspektivikusabb.

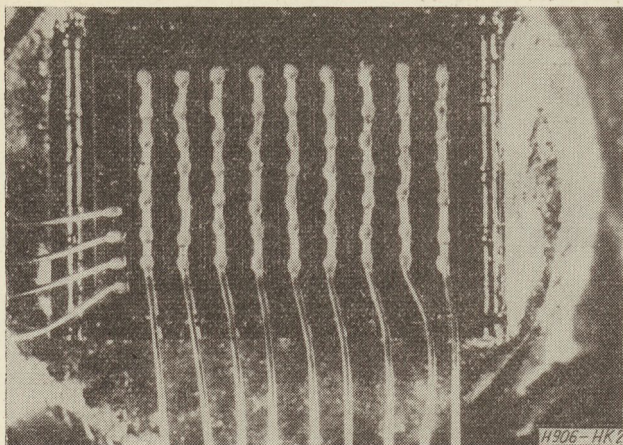
#### A tranzisztorszerkezet főbb konstrukciós adatai

A kifejlesztett nagyáramú, nagyfeszültségű szilícium kapcsoló tranzisztor n—p—n—n<sup>+</sup> szerkezetű diffundáltatott bázisú és emitterű, inverz epitaxiális réteggel ellátott kollektorú mesa-tranzisztor, amelynek emitter-bázis átmenete planáris kivitelű, tehát oxidréteggel védett (1. ábra). A kiindulásul használt



1. ábra. A hazai nagy teljesítményű szilícium kapcsolótranszisztor metszete és felülnézeti rajza





2. ábra. A nagy teljesítményű tranzisztor képe szerelés után

kb. 200 $\mu$ m vastag 7—8 ohmcm fajlagos ellenállású n-típusú kristályra történik a kis fajlagos ellenállású réteg epitaxiás növesztése kb. 150  $\mu$ m vastagságban, majd a nagy ellenállású réteget kb. 40—50  $\mu$ m vastagságúra csiszoljuk le.

A megfelelő mérettel rendelkező nagy ellenállású n-rétegben a 14—16  $\mu$ m behatolási mélységgel rendelkező bázist bórdiffúzió útján, a 8—10  $\mu$ m behatolási mélységgel rendelkező emittert foszfordiffúzió útján állítjuk elő. A bázisdiffúzió a szelet teljes felületén végbemegy, míg az emitterdiffúziót a planártechnikában ismert fotomaszk eljárással az oxidon mart kettős fésű alakú ablakon keresztül végezzük. Az így módon kialakított fésűs geometriájú emitter-tartomány felülete 0,1 cm<sup>2</sup>, kerülete 61 mm, meglehetősen nagy érték a kívánt csúcsáram biztosítására.

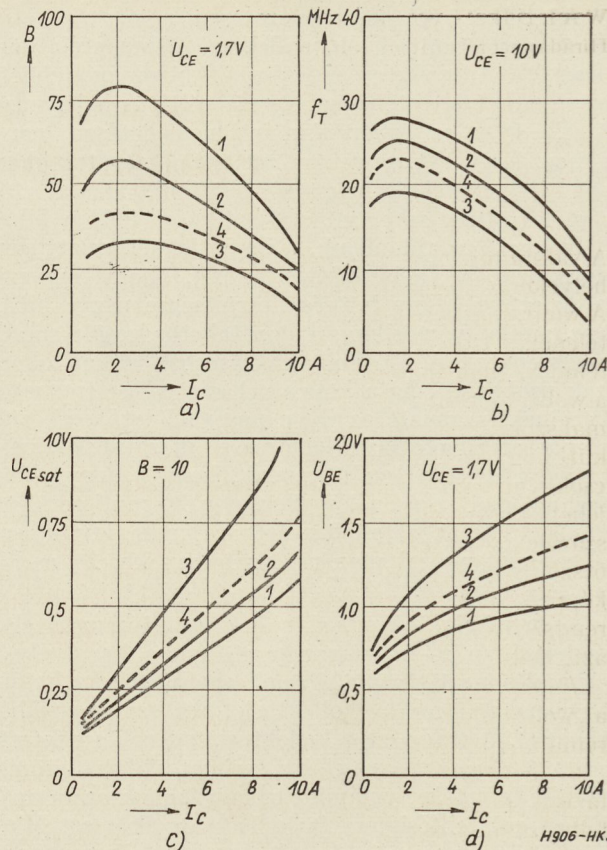
A fémezés maszk segítségével történő fedése, majd marása után a fésűs emitteren kialakuló fémkontaktust a bázis szintén fésűs elrendezésű fémkontaktusa veszi körül (2. ábra). A bázis-kollektor átmenet felületének kialakítása mesa-marással történik, majd a befejező lépések a kivezetések ultrahangos kontaktálása és a tokozás szabványos TO-3 tokba.

**Elért elektromos adatok**

A fejlesztő munka során nyert kísérleti példányok átlagos elektromos adatai a következők voltak:

- kollektor-bázis letörési feszültség  $U_{BR(CBO)} = 250-320$  V
- emitter-bázis letörési feszültség  $U_{BR(EEO)} = 8-12$  V
- emitter-kollektor letörési feszültség  $U_{BR(CEO)} = 80-150$  V
- kollektor csúcsáram  $I_{Cmax} = 8-15$  A
- tranzitfrekvencia  $f_T = 10-25$  MHz

Mint az a 3. ábrán bemutatott elektromos adatokból is látható, a kifejlesztett típus az eltérő konstrukció ellenére elektromos szempontból egyenértékű a céltípusként választott Siemens gyártmányú BUY-12-13 tranzisztor típusával, sőt bizonyos vonatkozásaiban kedvezőbb is, mint pl. az emittervisszáram értékében és az érintkezési feszültség értékében, amely a hazai példányokon kisebb arányban jelentkezett, mint a céltípus esetében.



3. ábra. Nagy teljesítményű kapcsoló tranzisztorok karakterisztikái: a) az áramerősítési tényező, b) a határfrekvencia, c) a telítési feszültség, d) a nyitófeszültség a kollektoráram függvényében, hazai kis (1), közepes (2) és nagy (3) áramerősítési tényezővel rendelkező tranzisztorokra, valamint a céltípusként szereplő tranzisztorra (4) vonatkozóan

A hazai típus fejlesztése során alkalmazott technológiai műveletek igen nagy körütekintést igényeltek, elsősorban a kihozatali arány növelése érdekében.

A kidolgozott technológiával, meghatározott konstrukciómódosítás végrehajtásával a céltípus katalógusadatainál lényegesen jobb értékeket is el lehet érni. Így pl. a bázisvastagság megfelelő csökkentésével — anélkül, hogy érintkezés lépne fel — néhány példánynál még  $I_C = 20$  A kollektoráramnál is  $\beta = 20$  körüli áramerősítési tényezőket kaptunk, s természetesen a határfrekvencia értéke is megnövekedett.

**Összefoglalás**

Sikerült egy önállóan kidolgozott konstrukció alapján az eredeti diffundáltatott kollektorú és ötvözött emitterű típusal elektromosan egyenértékű, de felépítésében attól és a világpiacon kapható összes többi típusoktól is eltérő technológiával készülő tranzisztor kialakítanunk és laboratóriumi mintapéldányait előállítanunk. Az elméleti és kísérleti munka olyan felismerések birtokába juttatott minket, amelyek lehetővé tehetik a céltípusnál kedvezőbb elektromos paraméterekkel rendelkező tranzisztortípus kidolgozását is.

Ezúton mondunk köszönetet dr. Szép Ivánnak a feladat irányításáért, Almássy István, Kürthy Zoltánné, Süli Mihály és Zoltai Gyula munkatársainknak a témában való közreműködésért.



## A $\sigma$ -fázis kialakulása a W-Re rendszerben\*

ETO 669.275'849.017.3

A vákuumtechnikában nagy hőmérsékleteknek kitett helyeken a leggyakrabban használt fém a wolfram. A wolfram mechanikai tulajdonságai rendkívül előnyteleneznek, igen nehezen alakítható, ridegtörékeny fém. Az alakíthatóság növelésére az utóbbi években a wolframot egyes esetekben néhány százalék réniummal szokták ötvözni, ezzel a képlékenység javul anélkül, hogy a szilárdság és a hőfokállóság lényegében csökkenne. A réniუმ mennyiségét azonban nem lehet korlátlanul fokozni, mert nagyobb réniუმ százalékoknál az ötvözet keménysége ugrásszerűen ötszörösére nő meg, rideggé válik, és többé semmiképpen sem alakítható. Ezért szükséges a W-Re rendszer alapos vizsgálata, tehát meg kell állapítani azt, hogy

1. milyen határokig terjed a réniუმ oldhatósága a wolframban, illetőleg a wolfram oldhatósága a réniუმban;

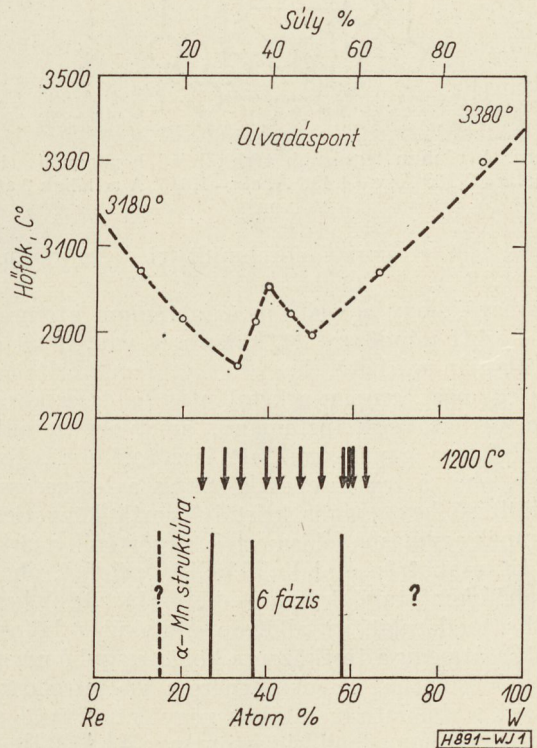
2. melyek azok a rendkívül rideg intermetallikus fázisok, amelyek megakadályozzák az ötvözetek ipari felhasználhatóságát.

Tekintettel arra, hogy az iparban ritkán fordulnak elő extrém nagy tisztaságú anyagok, nyilvánvaló, hogy a kis szennyezők hatását is figyelembe kell venni. Itt elsősorban a wolframgyártásnál használt szemcsefinomító fémoxidok és a hőkezeléseknél szennyezőként előforduló gázok: oxigén, nitrogén, szénmonoxid, esetleges elemi szén és hidrogén, valamint a wolfram emissziójának növelésére beadagolt 1–2% ThO<sub>2</sub> jöhetnek szóba. További lépésként megállapítandó, hogy

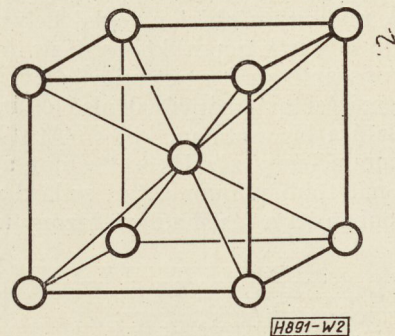
3. milyen szennyező tényezők befolyásolják az oldhatóságot és az intermetallikus fázisok kialakulását a W-Re rendszerben.

Nyilvánvaló, hogy elsősorban a tiszta W-Re rendszerrel kell foglalkoznunk, utána pedig a többalkotós rendszereknek a wolfram-, illetve réniუმdús részeivel. A W-Re rendszer részleteiben sajnos még ismeretlen. Hansen kézikönyvében [1] szerepel ugyan egy egyensúlyi diagram (1. ábra), azonban az ott szereplő solidus görbe Hansen szerint fizikailag lehetetlen és valószínűleg a solidus-liquidus görbék közti területre esik. A diagram megbízhatónak tekinthető részei: a tiszta fémekre vonatkozó adatok, továbbá a rendszerben előforduló két intermetallikus fázisnak a homogenitási tartománya. Utóbbiakat 1200 C°-ról, illetve 2000 C°-ról hirtelen lehűtött próbákon vizsgálták, először Greenfield és Beck (1956) [2], később Wilson (1963) [3].

A tiszta wolfram térközepes köbös rendszerben kristályosodik (2. ábra), az elemi cella élhossza 3,165 Å, a cellában 2 atommal, a legközelebbi szomszédok száma 8, azaz ún. 8-as koordinációban van-



1. ábra. A W-Re rendszer egyensúlyi diagramja M. Hansen szerint



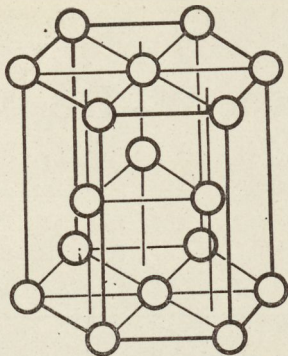
2. ábra. A wolfram térközepes köbös elemi cellája.  $a=3,165_0$  Å. A cellában két atom van

nak. Ebből kiszámítva az egyes wolfram atomok Goldschmidt-féle atomrádiusát 12-es koordinációra, — ahol kb. 3%-kal nagyobb a helyszükséglet, mint a 8-as koordinációkban — 1,41 Å értéket kapunk.

A tiszta réniუმ a legszorosabb térkitöltésű hexagonális rendszerben kristályosodik, tehát az elemi cella hexagonális prizma (3. ábra), a bázislap élhossza  $a=2,760$  Å, magassága  $c=4,458$  Å, a magasság és a bázislap élének az aránya  $c/a=1,615$ . Ebben az elemi cellában is 2 atom van, azonban a legközelebbi szomszédok száma 12, vagyis a koordinációs

\* A cikk 1968. márciusban érkezett.



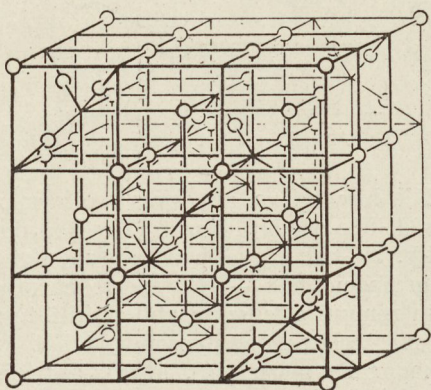


H897-WJ3

3. ábra. A rénius legszűrűbb térkitöltésű hexagonális elemi cellája.  $a = 2,760 \text{ \AA}$ ;  $c = 4,458 \text{ \AA}$ ,  $c/a = 1,615$ . A cellában 2 atom van

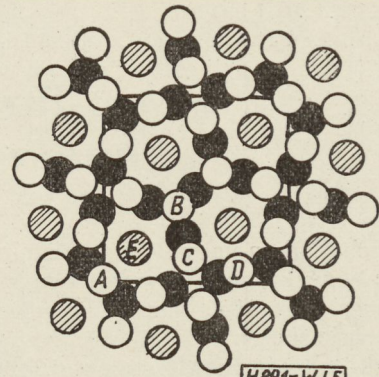
szám 12. A rénius Goldschmidt-féle atomrádiusza tehát  $1,38 \text{ \AA}$ .

Látható, hogy a wolfram és a rénius atomrádiusza között mindössze 2% különbség van, tehát ennek alapján várható, hogy a két fém korlátlanul oldja egymást, csupán a kétalkotós rendszer közepe táján várható egy tartomány, amelyben mindkét kristályforma egymás mellett lesz található. Ilyen esetek, ahol a testközepes köbös és a legszorosabb térkitöltésű hexagonális kristályformák közvetlenül átmennek egymásba jól ismertek, ez történik a cirkon és a titán allotróp átalakulásánál is, például, ahol a szobahőfokon stabil legszorosabb térkitöltésű hexagonális módosulat az allotróp átalakulás hőfokán spontán átmeny a testközepes köbös nagyhőmérsékletű módosulathoz. Ennek ellenére a W-Re rendszerben két stabil intermetallikus vegyület is található [2], az egyik homogenitási tartománya 42 At% Re-től 63 At% Re tartalomig terjed, ez a  $D_{4h}^4-P4_2/mnm$  szimmetriájú tetragonális úgynevezett szigma-fázis, amely Wilson [3] vizsgálatai alapján még  $2000 \text{ }^\circ\text{C}$ -on is stabil. A rénius oldalon foglal helyet egy  $\alpha$ -mangán típusú testközepes köbös fázis (4. ábra),  $9,588 \text{ \AA}$  rácsparaméterrel, az elemi cellában 58 atommal; homogenitási tartományának alsó határa 75 At% Re, felső határa bizonytalan, kb. 85 At% Re körül van. A rénius néhány százalék wolframot, a wolfram pedig 20%-nál több réniusot tud szilárd oldatban tartani, azonban itt a fázishatárok bizonytalanok.



H897-WJ4

4. ábra.  $\alpha$ -Mn típusú WRe fázis köbös elemi cellája.  $a = 9,588 \text{ \AA}$ . A cellában 58 atom van



H897-WJ5

5. ábra. A  $\sigma$ -WRe tetragonális cellájának vetülete a bázislapra. A fehér körök a bázislap síkjában fekvő, a fekete körök a cella félmagasságában fekvő atomokat jelzik; a sraffozott körök pedig az  $1/4$  és  $3/4$  magasságban elhelyezkedő összekötő atomok helyét mutatja. A különböző kristallográfiai pozíciókat A, B, C, D és E mutatják. A cellában 30 atom van. 50 At % Re tartalmú intermetallikus vegyületnél  $a = 5,015 \text{ \AA}$ ;  $c = 9,6274 \text{ \AA}$ ;  $c/a = 0,521$

Vákuumtechnikai szempontból jelenleg a wolframdús ötvözetek fontosak, ezért a W-Re rendszer rénius oldallal nem kívánok foglalkozni, hanem elsősorban a wolfram — rénius szilárd oldat határán túl eső első intermetallikus fázis, a  $\sigma$ -fázis szerkezetével.

A  $\sigma$ -fázis keménységének és ridegségének okát kristályszerkezetében kell keresnünk. Elemi cellája tetragonális, a bázislap éle kb.  $9,6 \text{ \AA}$  hosszú, az elemi cella magassága kb.  $5 \text{ \AA}$ . A cellában 30 atom van, a kristallográfiai pozíciók egy csavartengely mentén ismétlődnek. Általában ezt a szerkezetet úgy jellemzik, hogy két egymással párhuzamos hexagonális hálózat van egymáshoz képest  $90^\circ$ -kal elfordítva, a köztük levő távolság a cella félmagassága. A hálózat nagy hexagonális hézagai fölött és alatt elhelyezkedő atomok kötik egymáshoz a két hálózatot. Az 5. ábra a cella vetületét mutatja a bázislapra, a fehér körök a bázislapban fekvő, a fekete körök a cella félmagasságában fekvő atomokat jelzik, a sraffozott körök pedig az  $1/4$  és  $3/4$  magasságban elhelyezkedő összekötő atomok helyét mutatja. Látható az ábrából az öt különféle nem equivalentis kristallográfiai pozíció is A, B, C, D és E jelzéssel. Az egyes kristallográfiai pozíciók koordinátáit, az atomok koordinációs számát és a pozíció helyszükségletét az 1. és 2. táblázatok mutatják D. P. Shoemaker és G. Bergman [4], valamint Kasper és Waterstraat [5, 6] szerint.

1. táblázat

Atompozíciók a  $\sigma$ -fázisban

2 A atom 2(a)-ban	$0, 0, 0;$ $1/2, 1/2, 1/2$	—
4 B atom 4(f)-ben	$x_B, x_B, 0; \dots$	$x_B = 2/5$
8 C atom 8(i <sub>c</sub> )-ben	$x_C, y_C, 0; \dots$	$x_C = 7/15$ $y_C = 2/15$
8 D atom 8(i <sub>D</sub> )-ben	$x_D, y_D, 0; \dots$	$x_D = 11/15$ $y_D = 1/15$
8 E atom 8(j)-ben	$x_E, x_E, z_E \dots$	$x_E = 11/60$ $z_E = 1/4$



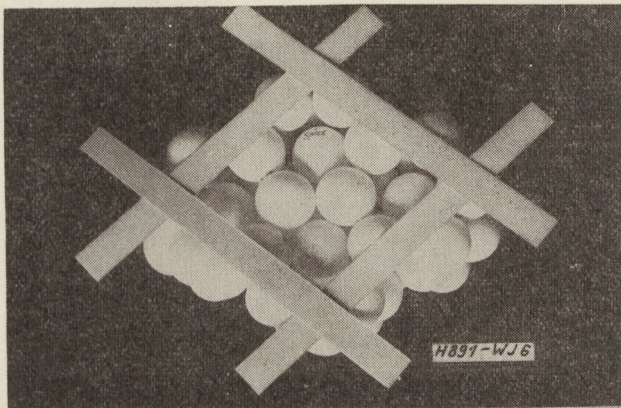
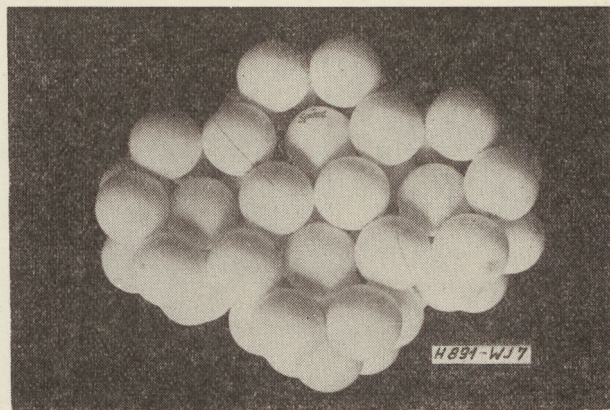
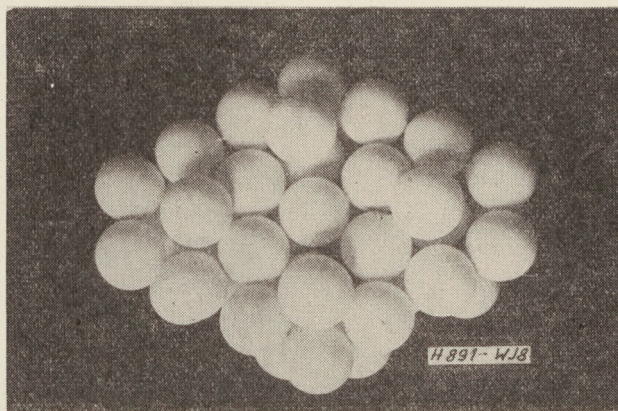
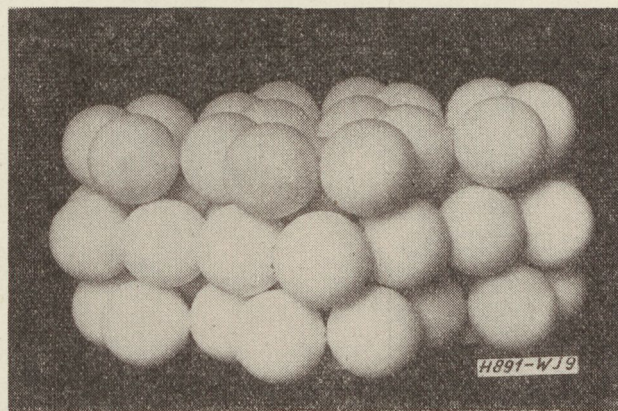
## 2. táblázat

Atompozíciók koordinációs száma és térfogata

Pozi- ció	Koordinációs szám	Térfogat	Valószínű betöltés
A	12	kicsi	Re
B	15	nagy	W
C	14	közepes	Re, W
D	12	kicsi	Re
E	14	közepes	Re, W

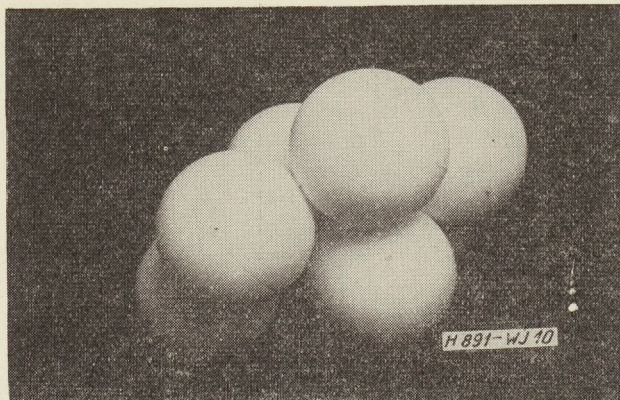
Ez az ábrázolás szemléletes ugyan, mégsem világos, miért ennyire rideg ez a fázis. A vetület alapján látjuk, hogy a csúszás a hexagonális síkok mentén nem lehetséges, mert a hálózatokat  $1/4$  és  $3/4$  magasságban összekötő atomok úgy szerepelnek, mint egy reszelő fogazata és így nem engedik a csúszást a síkok mentén. Ha ez a sík teljesen be lenne töltve, mint pl. a fémréniumnál a bázislap síkja, akkor a síkok úgy csúsznának el egymás felett, mintha csapágy golyókból állnának, tehát rendkívül kis energiaszükséglet kellene hozzá. Nem érzékelhető azonban, hogy nem léteznek olyan más síkok, vagy akár egyetlen sík is, amelynek mentén az atomok el tudnának csúszni egymás felett.

Ha jobban megvizsgáljuk az elemi cella vetületét az alapsíkra, akkor látjuk, hogy az  $1/4$  és  $3/4$  magasságban levő összekötő atomok nincsenek a hálózat geometriai középpontjában, hanem a lapátló mentén kissé el vannak csúszva. Továbbá az is látható, hogy maguk a hexagonális hálózatok sem teljesen szabályosak. Ebben a rendkívül bonyolult és szabálytalanak tűnő elrendezésben meg akarjuk keresni azt az építő elemet, amelyből a cella felépült, mert csak ebből lehet a tulajdonságokra következtetni. Ezért pingpong-labdákból felépítettük az elemi cellát; természetesen ilyen módon le kellett mondani a wolfram és a rénius atomok között fennálló különbségekből eredő eltolódásokról. Ezt a modellt a 6. ábra mutatja, amelyben az elemi cellát a kartoncsíkok jelölik, a 7. ábra a modellt mutatja a kartoncsíkok nélkül, a 8. ábra pedig a modellt a legfelső réteg nélkül, valamennyit felülnézetben, a 9. ábra pedig a modellt oldalnézetben. Jobban megvizsgálva az így

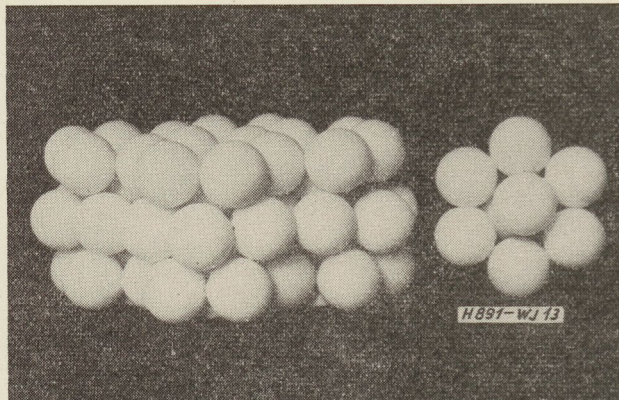
6. ábra. A  $\sigma$ -fázis elemi cellájának modellje, felülnézetben7. ábra. A  $\sigma$ -fázis modellje felülnézetben8. ábra. A  $\sigma$ -fázis modellje, miután a legfelső hexagonális réteget eltávolítottuk. Felülnézet9. ábra. A  $\sigma$ -fázis modellje, oldalnézetben

adódó cellát látjuk, hogy valóban szabályos elrendezés csak a bázislapra merőleges síkokban található. Az is látható, hogy az egész cella egyetlen, nem túl bonyolult építőelemből tevődik össze, ezt az elemet mutatja különféle nézetekben a 10., 11. és 12. ábra. Az elem egy hat atomból álló gyűrű, amely csak kissé tér el a hexagonális szimmetriától, tengelye mentén pedig két atom helyezkedik el; ez az építőelem tárcsához, diszkoszhoz, kocsikerékhez hasonlít. Az elemi cellában ezek a tárcsák mindig egyetlen atomon állnak, magasságuk az elemi cella magasságával egyenlő. Elhelyezkedésüket az elemi cellában a 13. és 14. ábra mutatja. Látjuk, hogy a cella minden

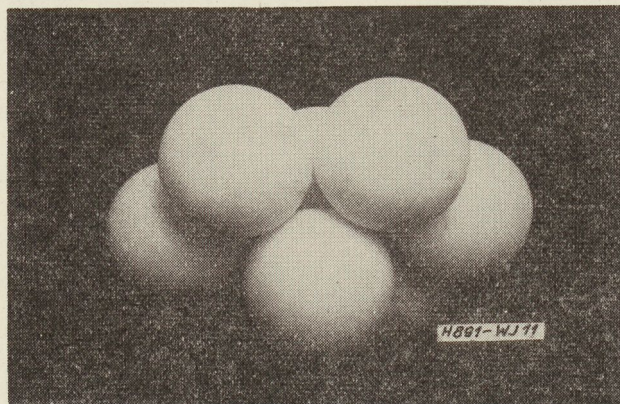




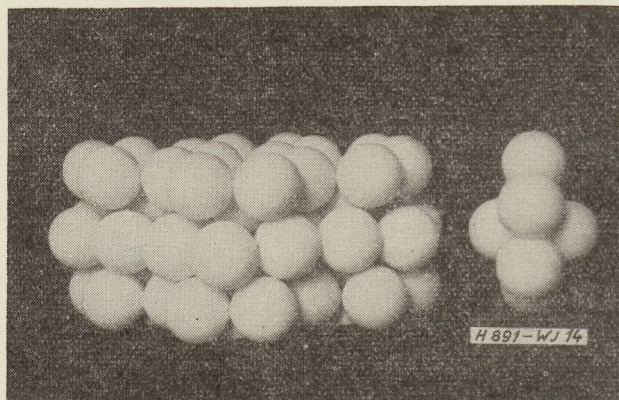
10. ábra. Az egyszerű tárcsaszervi építőelem, amelyből a  $\sigma$ -fázis felépíthető



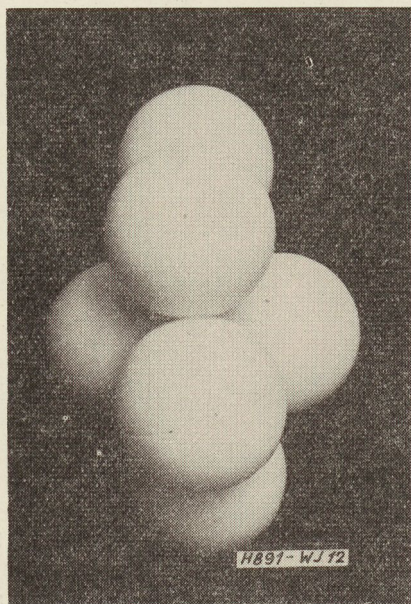
13. ábra. Az építőelem elhelyezkedése az elemi cellában. Előlnézet



11. ábra. A  $\sigma$ -fázis építőeleme más nézetben



14. ábra. Az építőelem elhelyezkedése az elemi cellában. Oldalnézet



12. ábra. A  $\sigma$ -fázis építőeleme oldalnézetben

sarkán áll egy tárcsa, lapja a bázislap egyik átlójával, tengelye pedig a bázislap másik átlójával párhuzamos. E mellé a tárcsa mellé csatlakozik jobbról és balról két-két tárcsa úgy, hogy minden sarokban áll egy-egy öt tárcsából álló komplexum. A csavar-szimmetriának megfelelően a cella középpontjában is áll egy ilyen tárcsakomplexum, a csúcson álló

tárcsakomplexumra merőlegesen. A centrumban álló tárcsakomplexum a függőleges élek mentén csatlakozik a csúcson álló tárcsakomplexumhoz, tehát az  $1/4$  és a  $3/4$  magasságban álló atomok közösek.

Ilyen elemekre bontva a cellát látjuk, hogy semmilyen irányban sincsen olyan sík, amelynek mentén az atomok egymás fölött el tudnának csúszni, hanem mindenütt „reszelőfogak” akadályozzák az elmozdulást.

Vizsgáljunk meg részletesen egyetlen tárcsát és a benne levő atomok környezetét. Látjuk, hogy azok az atomok, amelyeken a tárcsa áll, kitüntetett helyzeteket foglalnak el (11. ábra). A legközelebbi atomszomszédok száma 12, tehát 12-es koordinációs számuk van, a rendelkezésükre álló hely az egész cellában a legkisebb. Ezek a vetületben (lásd 5. ábra) az *A* és *D*-vel jelölt atomok. Ezeket a kitüntetett helyzeteket a réniumatomok foglalják el. A másik kitüntetett helyzet a tárcsa tengelyében levő két pozíció, koordinációs számuk 15 (*B* atomok), illetve 14 (*C* atomok). A 15-ös koordinációs helyeket egészen bizonyosan, a 14-es koordinációs helyeket a legnagyobb valószínűséggel wolfram atomok foglalják el [3]. A rendelkezésre álló hely a *B* és *C* pozíciókban nagy, illetve közepes. A függőleges élek mentén álló két-két atom koordinációs száma 14, közepesen nagy rendelkezésre álló hellyel, ezeket a pozíciókat statisztikai rendezetlenségben a wolfram és a réniium atomok vegyesen foglalják el.



Ha az elemi cella 30 atomját és a fenti wolfram-rénium eloszlást az egyes pozíciók között vesszük alapul, akkor látjuk, hogy legalább 10 rénium atomra és legalább 12 wolfram atomra van szükség a  $\sigma$ -fázis kialakulásához. Ebből 10/30-ad azaz 33 At% rénium az alsó, és 18/30, azaz 60 At% rénium a felső elméleti fázishatár. A kísérletileg megállapított 42 At% Re és 63 At% Re fázishatárok ettől az értéktől nem térnek el túlságosan. Súlyszázalékban kifejezve ez 42,3% rénium és 63,3% réniumnak adódik, tehát a különbség elhanyagolható.

Részletesen vizsgálva az egyes atomok egymástól való távolságát, — alapul véve a Wilson [3] által 2000 C°-ról hirtelen lehűtött 50 At% Re tartalmú ötvözetben mért elemi cella méreteket —, akkor látjuk, hogy ezek a távolságok tág határok között változhatnak. A legnagyobb távolság 2,82 Å, a tárcsa tengelyében levő két B pozíciójú atom között van, ami pontosan megfelel a wolfram atomok kétszeres Goldschmidt-féle atomrádiuszának. A legkisebb távolság az E pozíciójú atomok egymástól való távolsága, amely a cella-magasságnak fele, tehát pontosan 2,51 Å, ami jóval kisebb, mint a Goldschmidt-féle atomrádiuszok összege. Ez igen szoros kötésekre utal.

Nézzük meg, hogy a  $\sigma$ -fázisban mekkora az atomok átlagos térfoglalása a tiszta fémekéhez viszonyítva. Vagyis az elemi cella térfogatát el kell osztani a benne levő atomok számával. Újra az 50 At% Re tartalmú  $\sigma$ -fázisú ötvözetet alapul véve (Wilson adatai) látjuk, hogy míg a tiszta wolframban 15,85 Å<sup>3</sup> és a tiszta réniumban 14,70 Å<sup>3</sup> esik egy atomra, addig az 50%-os  $\sigma$ -W-Re-fázisban 15,49 Å<sup>3</sup> az atomok átlagos helyfoglalása. A wolfram térkitöltése sokkal lazább, mint a legsűrűbb térkitöltésű hexagonális réniumé, a  $\sigma$ -fázis térkitöltése az utóbbihoz közeledik.

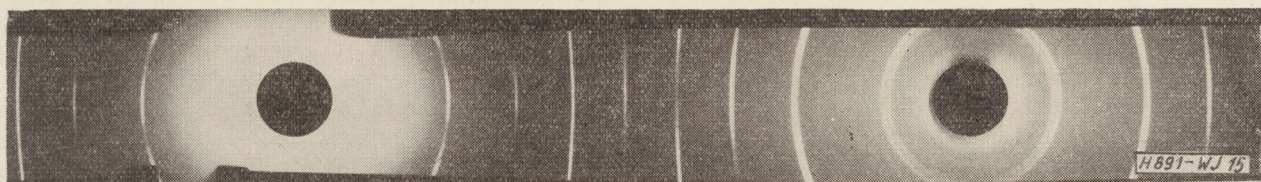
Ha magyarázatot akarunk találni ezekre a helyenként található rendkívül kis atomtávolságokra és a szoros térkitöltésre, akkor a fémek elektronszerkezetében kell keresnünk az okot. Mind a wolframnak,

mind a réniumnak a P-héjban két valenciaelektronja van, míg az alatta levő O-héjuk telítetlen: a wolframnak 4d, a réniumnak 5d elektronja van. Az atomtávolságokból nyilvánvaló, hogy nemcsak a valenciaelektronok közösek a  $\sigma$ -fázisban, mint a fémes kötésnél, hanem a d-elektronok is és így hibrid elektronívóknak kell keletkezniük [4, 9]. Ezért a  $\sigma$ -fázis elektronvegyületként is szokták felfogni. Ugyanilyen elektronvegyületként fogható fel a rendszerben a 75 és 85 At% közt fellépő  $\alpha$ -mangán típusú fázis is.

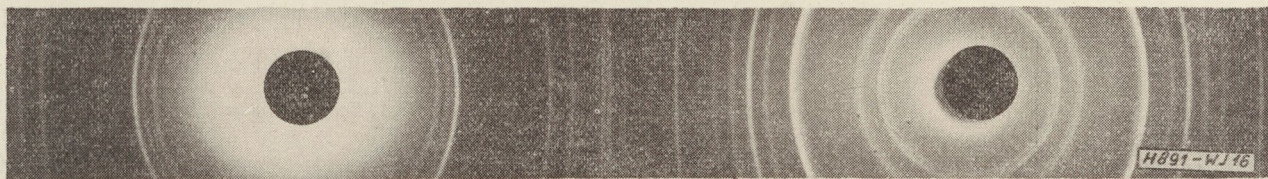
Az elektronvegyület elméletet alátámasztja az a tény is, hogy míg a tiszta wolfram és a tiszta rénium nem szupravezető, addig mind a  $\sigma$ -WRe fázis, mind az  $\alpha$ -Mn típusú WRe fázis szupravezetőnek, átmeneti hőfokok kb. 5 K° illetve 9 K° táján van [7].

Visszatérve a W-Re egyensúlyi diagramra, még meg kell vizsgálnunk, milyen nagy a wolfram réniumoldóképessége és milyen Re % mellett kezd a  $\sigma$ -fázis szórványosan megjelenni. Ennek a vegyes, szilárd oldatot és  $\sigma$ -fázist tartalmazó, kétfázisú tartománynak a szélessége rendkívül fontos, mivel már igen kismennyiségű  $\sigma$ -fázisú zárvány is súlyosan befolyásolja, lerontja a képlékenységet.

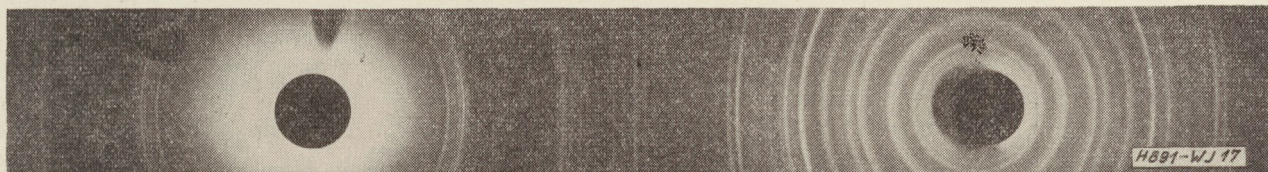
Az általunk vizsgált 5 és 20% réniumtartalmú próbák általában a szilárd oldat diffraktogramját mutatják, azonban volt egynéhány próba a 20% rénium tartalmúak között, amelyek a tiszta  $\sigma$ -fázis röntgendiffraktogramját mutatták, sőt volt olyan is, ahol a diffraktogramon a W(Re) szilárd oldat mellett megjelent a Re(W) szilárd oldat is, gyenge intenzitással (15., 16. és 17. ábra). Tekintettel arra, hogy próbáink általában 2% ThO<sub>2</sub>-t is tartalmaztak, azonkívül a hőkezelésnél előforduló kis gázszennyezőkre is tekintettel kell lenni, így ezekből a tényekből csak kvalitatív következtetéseket lehet levonni. A szilárd oldatot mutató diffraktogramokból megállapítottuk a Vegard-görbe néhány pontját és így valószínű, hogy az egyenestől lefelé tér el. A 20%-os W(Re) szilárd oldatnál az elemi cella élhossza 3,165 Å-ról



15. ábra. A wolframdús szilárd oldat diffraktogramja

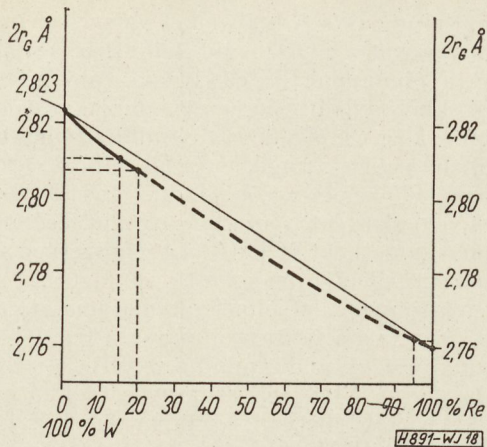


16. ábra. A wolframdús szilárd oldat mellett a réniumdús szilárd oldat egyazon diffraktogramon



17. ábra. A  $\sigma$ -WRe diffraktogramja

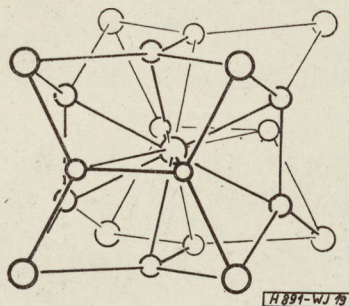




18. ábra. A Goldschmidt-féle atomátmérő változása az összetétel függvényében, a W-Re rendszerben (Vegard-görbe)

3,147 Å-re csökkent egyfázisú ötvözetnél (18. ábra). Ugyanígy a kétfázisú ötvözetekből megállapítottuk, hogy egy kb. 5 At% wolframnak megfelelő elemi cellanövekedés van a rénius oldalon — a hexagonális bázislap élhossza 2,760 Å-ről megnövekedett 2,767 Å-re, a magasság pedig 4,458 Å-ről 4,465 Å-re, — míg ugyanezen a diffraktogramon a W(Re) szilárd oldat elemi cellájának az élhossza csupán 3,150 Å-re csökkent, ami 15 At% oldott réniusnak felel meg. A két fázis becsült intenzitásaránya is ennek a százalékos aránynak felelt meg.

A  $\sigma$ -fázis megjelenését ilyen kis, vagyis 20 At% névleges rénius tartalomnál csak szennyezők hatásával tudjuk magyarázni. Sajnos, a W-Re rendszerben a szennyezők hatását eddig még egyáltalán nem vizsgálták, mivel szélesebb körű ipari felhasználásra csak kis, kb. 5% rénius tartalmú ötvözetek kerültek. Következtetéseket csak a számos ismert  $\sigma$ -fázisú intermetallikus vegyületekre vonatkozó kutatások eredményei alapján lehet levonni. Ezek közül a legismertebb a  $\sigma$ -FeCr, amelynek szerkezete alapján állapították meg a  $\sigma$ -WRe szerkezetét is. Itt már kimutatták néhány szennyező hatását. Így pl. ismeretes, hogy a Cr, mint karbidképző és boridképző elem a vasdús  $\sigma$ -fázisú vegyületekből karbid, illetve borid alakjában kiválik [8]. Tehát joggal várható, hogy a  $\sigma$ -WRe-ből karbon, illetve bór hatására wolframkarbid, illetve wolframborid válik ki. A bór jelenlétével a vákuumtechnikában jelenleg nem számolhatunk, de a karbonéval igen, azonban a  $\sigma$ -fázisú huzalainkon eddig wolframkarbid jelenlétét nem tudtuk kimutat-



19. ábra.  $\beta$ -W típus elemi cellája:  $a \sim 5 \text{ \AA}$

ni. A  $\sigma$ -FeCr-nál ismeretes, hogy a szilícium helyettesítheti a vasat a  $\sigma$ -fázisban és hogy ezért a  $\sigma$ -fázis határát a króm oldal felé tolja el; ugyanígy ismeretes, hogy az alumínium jelenléte megakadályozza a  $\sigma$ -fázis kialakulását, azaz inhibitorként működik [8]. Tekintettel arra, hogy bebizonyították, hogy a  $\sigma$ -fázis elektronvegyület, kb. 6,5 valenciaelektronnal atomonként, ha a  $d$ -nívók elektronjait is beleszámítjuk, akkor ahhoz, hogy a  $\sigma$ -fázis kialakulását megakadályozzuk, a  $d$ -nívókat kell valamilyen szennyező elektronjaival telíteni.

Meg kell még említenünk, hogy hidridekből vákuumpárologtatott rétegeknél találtak 12 At% Re-től 45 At% Re föléig fekvő ötvözeteknél egy  $\beta$ -wolfram típusú intermetallikus fázist (19. ábra), amely szintén szupravezető, kb. 9°K átmeneti hőfokkal [7], azonban itt már nyilvánvalóan többalkotós rendszerrel van szó és a hidrogénon kívül még más gázszennyezők jelenlétét sem lehet kizárni.

A rénius tartalmú wolfram ötvözetek vákuumtechnikai felhasználására itt csak két jellemző példát akarok felhozni.

Az 5% rénius tartalmú wolfram forgó-anódok a diagnosztikai röntgensöveknél rendkívül jól váltak be, képlekenységük üzemi hőmérsékletükön olyan jó, hogy a becsapódó elektronok által okozott sérülések az anódon öngyógyulóak, tehát a wolframréteg kitöredezését és így az anód meghibásodását ezzel az ötvözzel teljesen kiküszöbölték.

Kísérleteznek mechanikai igénybevételnek kitett adócsöveknél olyan katódokkal is, amelyek 20% Re és kb. 2% ThO<sub>2</sub> tartalmú wolframból készülnek. Itt a mechanikai szilárdság és ütésállóság jó, azonban az emisszió még nem éri el a szokványos karbonizált tóriumos wolframkatódok emisszióját.

Összefoglalva látjuk előkísérleteink alapján, hogy a szennyezőknek és a hőkezelésnek rendkívül nagy befolyása van a W-Re rendszerben található fázisok alakulására, ezért még hosszú út áll előttünk, mielőtt a rénius-wolfram ötvözetek széles körű ipari felhasználására kerülhetne sor.

Először a tiszta W-Re rendszer eddig bizonytalan, a nagy hőmérsékletű tartományokban fekvő részeit kell tisztázni, azután a wolfram és a rénius szilárdoldatok határait kell pontosan megállapítani, végül meg kell határozni a különféle szennyezők befolyását a fázishatárookra, illetve az intermetallikus vegyületek kialakulására.

I R O D A L O M

1. M. Hansen: Constitution of Binary Alloys. McGraw-Hill, New York (1959) 1153 old.
2. P. Greenfield és P. A. Beck: Transactions AIME 206, (1956) 265. old.
3. C. G. Wilson: Acta Cryst. 16 (1963), 724 old.
4. G. Bergman és D. P. Shoemaker: Acta Cryst. 7 (1954), 857. old.
5. J. S. Kasper és R. M. Waterstraat: Acta Cryst. 9 (1956) 289. old
6. J. S. Kasper: Theory of Alloy Phases, ASM, 1956.
7. J. I. Federer és R. M. Steele: Nature 205 (1965) 588. old.
8. B. Aronsson és J. Åselius: Acta Chem. Scand. 12 (1958) 1476. old.
9. J. H. Wernick: Intermet. compounds, New York (1957) 197 old.
10. E. J. Rapperport: Niobium, Tantalum, Molybdenum and Tungsten. Elsevier, Amsterdam, 1961. 144. old.



## SZEMLE

A Continentale Edison évenként kb. 80 000 tv-vevőkészüléket állít elő „Continentale Edison” és „Sonora” márkák alatt. A Cocelam évenként kb. 120 000 tv-vevőkészüléket gyárt; „Ribet-Desjardins” és „Grammont”, valamint „Sonneclair” márkával.

Az új vállalat évi 200 000 tv-készüléket gyárt és a harmadik helyre kerül a francia tv-vevőkészülék iparban a Philips és a Thomson-Brandt mögött, amelynek készülékgyártása jelenleg egyenként 300 000 db. (Basler Nachrichten, február 7.)

\*

Az első brazil zenegép-, tv- és rádiókészülékgyár francia licenc alapján fog lemezejátszó sasszikat készíteni. 1967. december 20-án írta alá a műszaki segítségéről szóló szerződést Sao Paolóban a francia Thomson-Brandt és a brazil Stevenson cég. A szerződés értelmében Thomson márkájú, elemmel vagy hálózatról működtethető lemezejátszó sasszikat gyártanak Braziliában és exportálhatnak Latin-Amerika minden országába.

Az első szakaszban a francia cég teljes sasszikat szállít. Később Stevenson alkatrészeket (motorokat, pick-up karokat, sebességbéaállítókat, automata kikapcsolókat stb.) importál majd a francia Thomson-Brandt cégtől. A többi alkatrészt Braziliában gyártják, s ugyancsak ott történik az összeszerelés és a végső ellenőrzés.

A Thomson-Brandt már eddig is több ezer sasszit bocsátott a brazil Stevenson társaság rendelkezésére. (Breves Nouvelles de France, január 13.)

\*

A Szovjetunióban kidolgoztak egy víz alatt használható tv-berendezést, amely a „Krab-2” nevet kapta. Ezzel vizsgálják a különféle vízepítészeti objektumok, zsilipek, kikötők, víz alatti olaj- és gázvezetékek, hajótestek víz alatti részeit. A készülék merülési mélysége 30 méter. A zavaros vízben végzendő munkára a tv-kamerát világító berendezéssel szerelték fel. (APN, Szovjet Sajtóiroda, 1968. febr. 2.)

\*

A Dnyepropetrovszki rádiógyár a „Szport-2” rádiókészüléket továbbfejlesztve, megkezdte az „Ábránd” típusú, lemezejátszóval kombinált rádiókészülék sorozatgyártását. A Szov-

jetunióban ez az első kisméretű, hordozható, tranzisztoros, automatikus akkumulátortöltésű, lemezejátszóval kombinált rádió. A készülék hosszú-, közép- és két rövidhullámú sávban működik. Ezenkívül normál és mikrobarázdás lemezek lejátszására alkalmas, percenként 78, 45 és 33 fordulatszámmal. A lemezejátszó „minirádió”-t 6 db 9 V-os elem, vagy akkumulátor táplálja, vagy külső hálózatról üzemeltethető. A lemezejátszó minirádió súlya kb. 3 kg. (Izvesztija, február 9.)

\*

Mindeddig úgy látszott, hogy a mágneses hangszalagok szinte felülmúlhatatlan tökéletességet értek el. Ez az alkalmazott mágneses anyagok természetéből következett. Legfeljebb abban reméltek további tökéletesítést, hogy változtatták a mágneses réteg alapjául szolgáló műanyagot, a szalag vastagságát, szilárdságát stb., ami a használó számára lényeges volt ugyan, mert növelte a szalag élettartamát, vagy megbízhatóságát, a teljesítmény növelése azonban már nem volt várható. A helyzet valószínűleg változni fog a vasoxidoknak krómboxiddal való helyettesítése révén. Ezt az anyagot a DuPont Nemours cégnek sikerült előállítania. Számos előnye van a vasoxiddal szemben, a cég szerint mágnessége 50%-kal nagyobb a vasoxid mágnességénél, a koereivitása egészen 700 oerstedig fokozható. A krómoxidot eddig azért nem használták fel, mert nem tudták üzemszerűen gyártani. Előállításához ugyanis kivételes fizikai körülményekre: magas hőmérsékletre és nagy nyomásra van szükség. A DuPont szerint 3000 atmoszférán és több mint 373 °C-on gyártható. A „Crolyn” néven forgalomba hozott mágneses szalag egy centiméterre kétszer annyi információt lehet felvenni, mint a hagyományos szalagéra. A Crolyn elsősorban adatfeldolgozó gépek szalagleolvasói számára lehet előnyös, mert az információk leolvasása mindig lassúbb, mint amilyen gyorsan a számítógép fel tudja azokat dolgozni. Az új szalag előnyeit csak akkor lehet majd teljes mértékben kihasználni, ha a leolvasó és felvevő készülékek mágneses fejét és mechanikáját is az új gyártmány követelményeihez illesztik. A magnósok egyelőre rövid időn belül nem számíthatnak arra, hogy újfajta szalagot használhatnak. A Crolynt egyelőre csak azok a hivatásos szakemberek kapják, akik a készülék lehetőségeinek felső határát kutatják, pl. a televízió, kiváltképpen a színes televízió mágneses rögzítését stb. (Le Monde, január 25.)

HIRDESSZEN A

# HÍRADÁSTECHNIKA

CÍMŰ FOLYÓIRATBAN

A hirdetések az alábbi címre küldendők:

LAPKIADÓ VÁLLALAT, BUDAPEST, VII., LENIN KÖRÚT 9-11

Telefon: 221-285



ETO 621.382.334:681.325.65

Egri J. — Kirschner M.:

**Fél-léptető-tároló integrált félvezető áramkör**

HÍRADÁSTECHNIKA XIX. (1968) 7. sz.

Hazánkban az első integrált félvezető áramkör az RTL rendszerű digitális áramkör. Első lépésben NOR-kapu, flip-flop és fél-léptető-tároló elemek megvalósítását tűztük ki célul monolit integrált formában. A HIKI Félvezető Laboratóriuma végezte a fél-léptető-tároló laboratóriumi technológiájának kidolgozását. Cikkünkben a kutatómunka lényeges lépéseit és eddigi eredményeinket ismertetjük.

ETO 621.3.049.7-416:621.382.334

Dr. Katona J.:

**Vékonyréteg áramkörök hazai kutatási és fejlesztési eredményei**

HÍRADÁSTECHNIKA XIX. (1968) 7. sz.

A referátum rövid összefoglaló képet ad az integrált vékonyréteg áramkörök konstrukciójának és előállítási technológiájának kidolgozásával összefüggő kísérletekről és vizsgálatokról. Áttekintést nyújt a laboratóriumi és nagyobb termelési szintű üzemi technológia kifejlesztésével kapcsolatos vizsgálatokról és kísérleti munkáról. Tájékoztató a vákuumpárolgatásnál alkalmazott maszktechnika alkalmazásánál felmerülő problémákról és azok megoldására irányuló törekvésekről. Foglalkozik a nikkell-króm-réteg ellenállások legfontosabb fizikai és villamos tulajdonságaival. Kísérleti adatokat közöl a párolgatott kontaktus fémrétegek átmeneti ellenállásának vizsgálatáról. Tájékoztató a vákuumpárolgatás útján előállított  $\text{SiO}_2$  dielektrikumú kondenzátorok tulajdonságairól.

ETO 621.315.592.4:621.382.3

Tihanyi J. — Erlaky Gy.:

**A MOS tranzisztorok fizikai alapjai: a fém-oxid-félvezető rendszer**

HÍRADÁSTECHNIKA XIX. (1968) 7. sz.

A MOS tranzisztorok elve és szerkezete egyszerű, az elmélet jól tükrözi a reális eszközök tulajdonságainak jellegét. A MOS tranzisztorok kutatásában a fő feladatot a megfelelő tulajdonságú oxidréteg, valamint a fém-oxid-félvezető rendszer technológiai és fizikai problémái jelentik. A HIKI Félvezető laboratóriumban az oxidkialakítás, a fémezés és többi fő technológiai folyamat terén elért eredmények reményt nyújtanak arra, hogy 1968-ban laboratóriumi MOS tranzisztorpéldányok készüljenek el.

ETO 621.318.57:621.382.3.026:669.782

Herman Á. — dr. Kovács F.:

**Hazai nagyteljesítményű szilícium kapcsolótranzisztor konstrukciója és elektromos adatai**

HÍRADÁSTECHNIKA XIX. (1968) 7. sz.

A cikk a Híradástechnikai Ipari Kutató Intézetben kifejlesztett nagyáramú, nagyfeszültségű szilícium kapcsoló tranzisztor szerkezetét, főbb technológiai lépéseit és fontosabb elektromos adatait ismerteti. A konstrukció kialakításának szempontjait az előírt letörési feszültség, az csúcsáram, valamint a letörési feszültség értéke határozták meg. Az n-p-n-n<sup>+</sup>-szerkezetű, diffundáltatott bázisú és emitterű, inverz epitaxiális réteggel ellátott kollektorral rendelkező mesa-tranzisztor (amelynek emitter-bázis átmenete planáris kivitelű) igen kedvező elektromos paramétereket mutat, ami egyben azt is jelenti, hogy a fejlesztés során nyert ismeretek birtokában lehetőség nyílik a cél típusnál kedvezőbb elektromos adatokkal rendelkező önálló tranziszortípus kidolgozására is.

ETO 669.275:849.017.3

Waldhauser I.:

**A  $\sigma$ -fázis alakulása a W-Re rendszerben**

HÍRADÁSTECHNIKA XIX. (1968) 7. sz.

Szerző a W-Re rendszerben előforduló fázisok kristályszerkezetét vizsgálta. Megállapítja, hogy a W-dús ötvözetek megmunkálási nehézségeit a 42 At% Re-tartalom fölött stabil tetragonális  $\sigma$ -WRe okozza, amelyben az atomelrendeződés nem teszi lehetővé a kristály-síkok elcsúszását egymáshoz képest. A Fe-Cr rendszerben fellépő  $\sigma$ -fázis analógiájára várható, hogy már kis szennyezők hatására eltolódnak a fázishatárok a W-Re rendszerben is. Ennek oka, hogy a  $\sigma$ -fázis — éppen úgy, mint a rendszer többi intermetallikus fázisa — elektronvegyület és így hibrid elektronívok vannak, ezeknek kialakulását pedig már kis szennyezők is erősen befolyásolhatják.

DK 621.382.334:681.325.65

Й. Эгри — М. Киршнер:

**Интегрированная полупроводниковая цепь для полушага и накопления**

HÍRADÁSTECHNIKA (ХИРАДАШТЕХНИКА, Будапешт) XIX. (1968) № 7

Цифровая цепь типа RTL является первой интегрированной цепи в Венгрии. В первую очередь осуществлены в интегрированной форме элементы гате NOR флип-фlop и полушага и накопления. Лабораторная технология цепи полушага и накопления разработалась в Лаборатории для полупроводников в Промышленном Исследовательском Институте Связи. В статье изложены существенные шаги и результаты исследовательской работы.

DK 621.3.049.7—416:621.382.334

Д-р Й. Катона:

**Венгерские результаты исследования и разработки цепей тонкого слоя**

HÍRADÁSTECHNIKA (ХИРАДАШТЕХНИКА, Будапешт) XIX. (1968) № 7

Статья даёт краткое обозрение по экспериментам и испытаниям и разработки конструкции и технологии изготовления интегрированных цепей тонкого слоя. Излагаются испытания и экспериментальные работы связанные с разработкой лабораторной и заводской технологии высокой производительности. Дана информация по проблемам применения масковой техники при вакуумной испарении и по стремлениям решения этих проблем. Трактуются важнейшие физические и электрические свойства сопротивлений Ni-Cr. Даны экспериментальные результаты по испытанием переходного сопротивления испаренных металлических контактов, а также по параметрам конденсаторов с диэлектриком  $\text{SiO}_2$  изготовленных вакуумным испарением.

DK 621.315.592.4:621.382.3

Й. Тихани — Д. Эрлаки:

**Физические основы МОП-транзисторов: система металл-оксид-полупроводник**

HÍRADÁSTECHNIKA (ХИРАДАШТЕХНИКА, Будапешт) XIX. (1968) № 7

Принцип и конструкция МОП-транзисторов просты, теория хорошо отражает характер свойств истинных приборов. В исследовании МОП-транзисторов основными задачами являются физические и технологические проблемы оксидного слоя и системы металл-оксид-полупроводник, имеющие подходящие свойства. Результаты полученные в Лаборатории для полупроводников Промышленного Исследовательского Института Связи дают надежду изготовления лабораторных образцов МОП-транзисторов в г. 1968.

DK 621.318.57:621.382.3.026:669.782

А. Херман — Д-р Ф. Ковач:

**Конструкция и электрические данные венгерского кремниевого транзистора высокой мощности**

HÍRADÁSTECHNIKA (ХИРАДАШТЕХНИКА, Будапешт) XIX. (1968) № 7

Статья излагает конструкцию, основные технологические процессы и важнейшие электрические данные кремниевых транзисторов для высоких напряжений и токов, разработанных в Промышленном Исследовательском Институте Связи. Точки зрения образования конструкции определяются специфицированными величинами предельного напряжения и пикового тока. Меза-транзистор конструкции p-n-n<sup>+</sup>, с диффузионным базой и эмиттером и обратным эпитаксиальным слоем (имеющий планарный переход база — эмиттер) показывает очень выгодные электрические параметры. Это даёт возможность разработки типа транзистора имеющего более выгодные электрические данные чем образец, принимая во внимание опыты полученные в течение экспериментов.

DK 669.275:849.017.3

И. Вальдхаузер:

**Формирование фазы  $\sigma$  в системе W-Re**

HÍRADÁSTECHNIKA (ХИРАДАШТЕХНИКА, Будапешт) XIX. (1968) № 7

Автор испытывал структуру кристаллов в системе W-Re. Устанавливается, что трудности обработки сплавов богатых в W производятся от тетрагональной фазы  $\sigma$ -WRe стабильной над 42 At. % Re, в котором расположение атомов не допускает скопление плоскостей кристаллов по сравнению друг с другом. По аналогии фазы  $\sigma$  в системе Fe-Cr можно предположить, что пределы фаз могут перемещаться тоже в системе W-Re под влиянием уже малых примесей. Причиной этого является, что фаза  $\sigma$  — как другие фазы системы между металлами представляет собой электронное соединение и таким образом имеются гибридные уровни электронов, формирование которых сильно является уже малыми примесями.



## Zusammenfassungen

DK 621.382.334:681.325.65

J. Egri—M. Kirschner:

**Halb-Schrittregister integrierte Halbleiterstromkreise**

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XIX. (1968) Nr. 7.

Der erste integrierte Halbleiterstromkreis ist in Ungarn der Digitalstromkreis vom RTL-System. Der erste Schritt unseres Ziels war die Ausführung eines NOR-Tores, Flip-Flops und Halb-Schrittregisterelemente. Das Halbleiterlaboratorium des Forschungsinstituts für die Nachrichtentechnische Industrie hatte die Laboratoriumstechnologie für den Halb-Schrittregisterstromkreis ausgearbeitet. In unserem Artikel werden die wesentlichen Schritte und die bis heute erlangten Ergebnisse der Forschungsarbeit erörtert.

DK 621.3.049.7-416:621.382.334

Dr. J. Katona:

**Forschungs- und Entwicklungsergebnisse der Dünnschichtstromkreise in Ungarn**

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XIX. (1968) Nr. 7.

Der Artikel gibt einen kurzen zusammenfassenden Überblick über die Experimente und Prüfungen bezüglich der Ausarbeitung der Konstruktion der integrierten Dünnschichtstromkreise und deren Herstellungstechnologie. Er gibt eine Zusammenfassung von den Forschungen und Versuchen die mit der Entwicklung der Laboratoriums- und Betriebstechnologie höherer Produktivität in Zusammenhang sind. Er informiert uns über die Probleme, welche während der Anwendung der Maskentechnik beim Vakuumbedampfen auftreten und über die Lösung derselben Probleme. Er behandelt die wichtigsten physikalischen und elektrischen Eigenschaften der Nickel-Chrom-Schicht-Widerstände. Versuchsangaben bezüglich der Prüfungen der Durchgangswiderstände der bedampften Kontaktmetallschichten werden erörtert. Zuletzt werden die Eigenschaften der durch Vakuumbedampfen hergestellten Kondensatoren mit SiO Dielektrikum beschrieben.

DK 621.315.592.4:621.382.3

J. Tihanyi—Gy. Erlaky:

**Physikalische Grundlagen der MOS Transistoren: das Metall-Oxyd-Halbleitersystem**

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XIX. (1968) Nr. 7.

Das Prinzip und die Struktur der MOS-Transistoren ist einfach. Die Theorie widerspiegelt wohl den Charakter der wirklichen Geräte. Die wichtigsten Aufgaben der Forschungen der MOS-Transistoren sind die technologischen und physikalischen Probleme der Oxidschichten mit entsprechenden Eigenschaften und des Metall-Oxyd-Halbleitersystems. Die Ergebnisse, die in dem Halbleiterlaboratorium des Forschungsinstituts für die Nachrichtentechnische Industrie bezüglich der Oxydausformung und die anderen wichtigeren technologischen Verfahren erlangt wurden, geben eine Hoffnung, das im Jahre 1968, in dem Laboratorium MOS Transistor-muster hergestellt werden.

DK 621.318.57:621.382.3.026:669.782

Á. Herman—Dr. F. Kovács:

**Konstruktion und elektrische Angaben des ungarischen Hochleistungsilizium-Schalttransistors**

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XIX. (1968) Nr. 7.

In dem Artikel werden die wichtigsten technologischen Stufen und elektrischen Angaben der Siliziumschalttransistoren für Hochstrom und Hochspannung, welche in dem Forschungsinstitut für die Nachrichtentechnische Industrie entwickelt wurden, erörtert. Die Gesichtspunkte der Entwicklung der Konstruktion werden durch die Werte der vorgeschriebenen Durchschlagsspannung und des Spitzenstromes bestimmt. Der Mesa-Transistor von n-p-n<sup>+</sup> Struktur mit diffundierter Basis und Emittor und mit einem Kollektor von invers epitaxialer Schicht (dessen Emittorbasisübergang planar ist) zeigt sehr günstige elektrische Parameter. Dies bedeutet gleichzeitig, dass im Besitz der während der Entwicklung erlangten Kenntnisse eine Möglichkeit zur Ausarbeitung eines neuen Transistor-typs mit günstigeren elektrischen Angaben, als das Muster gegeben wird.

DK 669.275'849.017.3

I. Waldhauser:

**Ausgestaltung der  $\sigma$ -Phase im W-Re System**

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XIX. (1968) Nr. 7.

Die Phasen des W-Re Systems vom kristallographischem Standpunkt untersuchend wird festgestellt, dass die Schwierigkeiten bei der Verformung der Wolfram-reichen Legierungen der über 42 At% Restabilen  $\sigma$ -WRe Phase zuzuschreiben sind, in welcher die Atomanordnung die Bildung keiner Gleitebene ermöglicht. In Analogie zu der gründlich untersuchten  $\sigma$ -Phase des Fe-Cr Systems ist zu erwarten, dass kleine Verunreinigungen die Phasengrenzen auch im W-Re System verschieben können. Da die  $\sigma$ -Phase, — ebenso wie alle anderen intermetallischen Phasen des Systems, — eine Elektronenverbindung ist, sie hat hybride Elektronenniveaus, deren Ausbildung wahrscheinlich schon durch kleine Verunreinigungen stark beeinflusst werden kann.

## Summaries

UDC 621.382.334:681.325.65

J. Egri—M. Kirschner:

**Half-Shift-Register and Memory Integrated Semiconductor Circuit**

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XIX. (1968) No 7

The RTL digital circuit is the first integrated semiconductor circuit developed in our country. For the first step we decided the realization of a NOR-gate, flip-flop and half shift-register elements in a monolithic integrated form. The Laboratory for Semiconductors of the Industrial Research Institute for Telecommunication worked out the laboratory technology of half-shift-register and memory. The paper presents the main steps of the research work and the results obtained up to now.

UDC 621.3.049.7-416:621.382.334

Dr. J. Katona:

**Results of Research and Development of Thin Film Circuits in Hungary**

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XIX. (1968) No 7

The paper gives a short summary of the experiments and tests concerning the construction of thin film circuits and their technology of production. It gives a survey over the investigations and experimental works in connection with the development of the laboratory technology and factory technology of higher productivity. It gives information on the problems of the application of mask techniques used in vacuum evaporation and on the trends of their solution. It deals with the most important physical and electrical properties of the nickel-chrome-film resistance. It gives experimental data of the transit resistance of evaporated contact metal layer. Finally it presents the properties of the SiO dielectric capacitors produced by evaporation in vacuum.

UDC 621.315.592.4:621.382.3

J. Tihanyi—Gy. Erlaky:

**Physical Bases of the MOS Transistors: the Metal Oxide-Semiconductor System**

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XIX. (1968) No 7

The principle and the structure of the MOS transistors is simple. The theory reflects very clearly the characteristics of the properties of the real devices. The main task in the research of the MOS transistors are the technological and physical problems of the oxide layers with adequate properties and the metal-oxide-semiconductor system. The results obtained in the Semiconductor Laboratory of the Industrial Research Institute for Telecommunication in the field of oxide forming, metallizing and in the other technological processes justify the hopes, that laboratory samples of MOS transistors will be developed in 1968 in the above mentioned laboratory.

UDC 621.318.57:621.382.3.026.669.782

A. Herman—Dr. F. Kovács:

**Construction and Electrical Data of High-Power-Silicon Switching Transistors made in Hungary**

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XIX. (1968) No 7

The paper presents the construction, main technological steps and important data of the silicon switching transistors for heavy current and high voltage, developed in the Industrial Research Institute for Telecommunication. The viewpoints of the development of the construction are determined by the specified breakdown voltage and peak current. The mesa transistor of n-p-n<sup>+</sup> structure with diffused base and emitter, having a collector with an inverse epitaxial layer (the emitter-base junction of which is of planar construction) shows very favourable electrical parameters, meaning at the same time, that in the possession of the knowledge gained in the course of the development an opportunity presents itself to work out a transistor type with more favourable data, than those of the sample.

UDC 669.275'849.017.3

I. Waldhauser:

**Development of  $\sigma$ -phase in the W-Re system**

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XIX. (1968) No 7

By a crystallographic analysis of the phases occurring in the W-Re system it is shown, that the difficulties in working the tungsten rich alloys is due to the tetragonal  $\sigma$ -WRe phase, stable above 42 At% Re, as here the atomic arrangement inhibits the development of any slip planes. Similar to the well investigated Fe-Cr system it is to be expected, that even small amounts of impurities displace the phase boundaries. This is due to the fact, that the  $\sigma$ -phase—as all the intermetallic compounds of the W-Re system—is an electron-compound, which has hybrid electronic levels, and so a great influence of impurities on the development of these levels can be expected.



## Résumés

CDU 621.382.334:681.325.65

J. Egri—M. Kirschner:

**Circuit semiconducteur intégré à demi-pas et mémoire**

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XIX. (1968) N° 7

Le premier circuit semiconducteur intégré est le circuit numérique du système RTL. Pour la première fois on a pris pour but la réalisation des éléments de porte NOR, de bascule et de demi-pas et mémoire dans une forme monolithique intégrée. Le laboratoire pour semiconducteurs de l'Institut de recherche industrielle de télécommunication a achevé le développement de la technologie de laboratoire de l'élément à demi-pas et mémoire. Les pas essentiels du travail de recherche et les résultats obtenus sont exposés.

CDU 621.3.049.7-416:621.382.334

Dr. J. Katona:

**Résultats de recherche et développement hongrois des circuits à couche mince**

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XIX. (1968) N° 7

Un bref résumé est donné sur les expériences et essais pour développer la construction et technologie de fabrication des circuits intégrés à couche mince. Une revue des travaux d'essai et d'expérience pour développer la technologie de laboratoire et d'usine ayant une productivité plus élevée est présentée. Il y a des informations concernant les problèmes et les efforts pour leurs solutions lors de l'utilisation de la technique de masque pour évaporation en vide. Les propriétés physiques et électriques les plus importantes des résistances à couche Ni-Cr sont exposées. Résultats expérimentaux sont donnés sur les essais de la résistance de transit des couches métalliques de contact évaporées. Il y a des informations concernant les propriétés des condensateurs à diélectrique SiO réalisés par évaporation en vide.

CDU 621.315.592.4:621.382.3

J. Tihanyi—G. Erlaky:

**Principes fondamentaux des transistors MOS: système métal-oxyde-semiconducteur**

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XIX. (1968) N° 7

Le principe et la construction des transistors MOS est simple, la théorie reflète bien les caractéristiques des dispositifs réels. Les tâches principales de la recherche des transistors MOS signifient les problèmes d'une couche d'oxyde ayant des propriétés conven-

ables, ainsi que les problèmes technologiques et physiques du système métal-oxyde-semiconducteur. Les résultats obtenus dans le laboratoire pur semiconducteurs de l'Institut de recherche industrielle de télécommunication dans les domaines de la formation de l'oxyde, de la métallisation et des autres processus technologiques principaux promet la réalisation des échantillons des transistors MOS dans la laboratoire en 1968.

CDU 621.318.57:621.382.3.026:669.782

Á. Herman—Dr. F. Kovács:

**Construction et données électriques des transistors hongrois de grande puissance à silicium pour commutation**

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XIX. (1968) N° 7

La construction, les phases principales technologiques et les données électriques importantes des transistors de grand courant et haute tension à silicium pour commutation développés dans l'Institut de recherche industrielle de télécommunication sont exposées. Les points de vue de la formation de la construction sont déterminées par la tension de rupture et le courant de crête. Le mesa-transistor n-p-n-n+ à base et émetteur diffusés et à collecteur ayant une couche épitaxiale inversée (dont la jonction émetteur-base est du type planaire) indique des paramètres électriques très favorables. Ce signifie, en même temps, qu'une possibilité de réaliser un type de transistor ayant des données électriques plus favorables comme l'échantillon se présente en utilisant les connaissances obtenus pendant le développement.

CDU 669.275\*849.017.3

I. Waldhauser:

**Développement de la phase  $\sigma$  dans le système W-Re**

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XIX. (1968) N° 7

Les phases du système W-Re sont examinées du point de vue cristallographique et il est démontré, que les difficultés rencontrées à la déformation plastique des alliages riches en tungstène sont causées par une phase intermétallique, la phase  $\sigma$ -WRe stable au-dessus 42 At% Re, en qui l'arrangement des atomes ne permet pas le développement des plaines de glissement. Analogue à la phase  $\sigma$  du système Fe-Cr bien examinée il est probable, que même des petites impuretés déplacent fortement les limites des phases dans le système W-Re aussi, vue que la phase  $\sigma$ -WRe, — comme toutes les phases intermétalliques du système, — est un composé d'électrons, muni des niveaux d'électrons hybrides, le développement desquels est très sensible aux impuretés.

**MAGYAR KÁBEL MŰVEK**

IGAZGATÓSÁG ÉS KÖZPONTI GYÁR

Budapest, XI., Budafoki út 60 • Telefon: 466-770, 266-67

ZOMÁNCHUZALGYÁR | SZEGEDI KÁBELGYÁR

Budapest, XI., Hunyadi J. út 1. | Szeged, Huszár utca 1.

Telefon: 268-930

Telefon: 15-330

**GYÁRTMÁNYOK:**

Erősáramú szigetelt vezetékek

Jelző-, mérő-, működtetőkábelek

Erősáramú kábelek 1—35 kV-ig

Alumínium és acél-alumínium  
szabadvezetékek

Tekercselőhuzalok

Switch-kábelek

Gumitömítő-kábelek

Híradástechnikai vezetékek

Távkábelek

Távbeszélő kábelek

Hajókábelek

Szigetelt zománchuzalok

Mikroszeparátor lemezek

Zárt-acélkötélek

Hullámosított lemezkábeldobok



A vállalati gazdálkodás eredményessége, a termelékenység emelése  
és az önköltség csökkentése szempontjából alapvető fontosságú  
az anyagmozgatás és csomagolás fejlesztése

A különböző ágazatok sokrétű igényeinek megfelelő

## **legfrissebb szakmai információkat**

szolgáltatja e téren a MTESZ Központi Anyagmozgatási Bizottsága  
és az Anyagmozgatási és Csomagolási Intézet közös gondozásában megjelenő  
műszaki-gazdasági folyóirat, az

# ***Anyagmozgatás — Csomagolás***

**Nélkülözhetetlen minden érdekelt gazdálkodó szerv számára!**

Megjelenik kéthavonta, 48 oldal terjedelemben

Előfizetési ára:	fél évre	30,— Ft
	egy évre	60,— Ft
	egy példány ára	10,— Ft

Előfizethető a Posta Központi Hírlap Iroda 61066 közületi csekkszámlán vagy átutalható  
az MNB 8. egyszámlájára





## HÍRADÁSTECHNIKAI, MŰSZERIPARI

*belföldi és import*

**ALKATRÉSZEK!**

*csatlakozók* • ELEKTROMODUL •

*fokozatkapcsolók* • ELEKTROMODUL •

*billenőkapcsolók* • ELEKTROMODUL •

*mikrokapcsolók* • ELEKTROMODUL •

*klf. ferritek* • ELEKTROMODUL •

**ELEKTROMOS ÉS ELEKTROMECHANIKAI  
ALKATRÉSZEK!**

# ELEKTROMODUL

Budapest, XIII., Visegrádi utca 47a-b

Telefon: 495-340; 495-940

Telex: 3648