



50.165

XIV. ÉVFOLYAM KÜLÖN SZÁM
BUDAPEST, 1963. NOVEMBER HÓ

A HÍRADÁSTECHNIKAI IPARI KUTATÓ
INTÉZET 10 ÉVES FENNÁLLÁSA ALKALMA-
BÓL RENDEZETT TUDOMÁNYOS
ÜLÉSSZAK ELŐADÁSAI

HÍRADÁSTECHNIKA

A HÍRADÁSTECHNIKAI
TUDOMÁNYOS
EGYESÜLET LAPJA

HÍRADÁSTECHNIKA

A HÍRADÁSTECHNIKAI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET LAPJA

TARTALOM

DR. KÖMÜVES FRIGYES: A Híradástechnikai Ipari Kutató Intézet 10 éve	1
KOMPORDAY AURÉL: A Híradástechnikai Ipari Kutató Intézet feladatai	2
DR. SZIGETI GYÖRGY: Alaputatási feladatok a vákuumtechnikai és félvezetőipar területén	4
DR. SZÉP IVÁN: A tranzisztor gyártási technológiájának fejlődése és további perspektívái	8
DR. VALKÓ IVÁN PÉTER: A mérés-technikai kutatás szerepe félvezető eszközök fejlesztésében	16
DR. AMBRÓZY ANDRÁS — KAUKER JÁNOS: Tranzisztorzajmérés 25 MHz-es keverőkapcsolásban	19
DR. SZABÓ JÁNOS: Fénycsövek hatásfokemelésével kapcsolatos külföldi és hazai eredmények	23
DR. KATONA JÁNOS — GYALOG PÁL: Újabb eredmények a híradástechnikai kondenzátorok kutatása területén ..	29
DR. FISCHER FERENC: Elektroncsövek élettartamvizsgálata	38
Összefoglalás az ülészakon elhangzott további előadásokról	42

Szerkesztőség: BALOGH PÁL felelős szerkesztő, BOGLÁR GYULA szerkesztő, SZÖLLŐSI GYÖRGYNÉ szerkesztőségi titkár, CSERTEG ISTVÁN, FEJŐS ÁRPÁD, FLESCH ISTVÁN, GÖDÖR ÉVA, RUPPENTHAL PÉTER, SZILÁRD ZOLTÁN, TURI KOVÁCS ATTILA, 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: 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, MAGÓ KÁLMÁN, MAKÓ ZOLTÁN, NÁDAS TIBOR, NOVÁK ISTVÁN, POGÁNY KÁROLY, VALKÓ I. PÉTER, a műszaki tudományok doktora, VIG ISTVÁN.

**Felhívjuk olvasóink figyelmét arra,
hogy lapunk, a Híradástechnika
1964. év januárjától havonként jelenik meg
számonként 32 oldal terjedelemmel**

HÍRADÁSTECHNIKA — Kiadja a Műszaki Könyvkiadó, Budapest V., Bajcsy-Zsilinszky út 22. Telefon: 113—450. Felelős kiadó: SOLT SÁNDOR. A lap megjelent 1350 példányban. Terjeszti a Magyar Posta. Előfizethető a Posta Központi Hirlapirodánál (Budapest V., József nádor tér 1. Telefon: 180—850) vagy bármely postahivatalnál. Előfizetési díj: félévre 15 Ft, egész évre 30 Ft. Egyes szám ára: 5 Ft. Megjelenik havonta. Csekkszámlaszám: Egyéni 61,254, közületi 61,065 vagy átutalás MNB 8. sz. folyószámlájára. A folyóirat külföldre előfizethető: „KULTÚRA” P. O. B. 149 Budapest 62.

A Híradástechnikai Ipari Kutató Intézet 10 éve

1952-ben felsőbb kormányhatóságok vizsgálták a híradástechnikai ipar helyzetét és megállapították, hogy az akkori alapanyag- és alkatrészellátás elmaradt a szükségletek mögött. Felismerték, hogy a termékek minősége és korszerűsége elsősorban a kulcskérdés megoldásától függ. Így hozták létre 10 év előtt az iparágnak ezekkel a kérdésekkel foglalkozó kutatási bázisát. Az Intézet működését igen szűkös keretek között kezdte meg. Szétszórva, ideiglenes jellegű helyeken folyt a kutatás és ezeknek a körülményeknek a felszámolása még ma sem történt meg végérvényesen. Az Intézet munkája, amely a 40 évvel ezelőtt alapított Egyesült Izzó Kutatólaboratóriuma továbbfejlesztéséből jött létre, ennek ellenére az elmúlt 10 év alatt számos eredménnyel gazdagította iparunkat. Felhasználta az első magyar ipari kutató-intézmény megszervezőinek, Pfeifer Ignác professzornak és kiváló munkatársainak: Bródy Imrének, Selényi Pálnak, Tarján Imrének, Tury Pálnak, Winter Ernőnek, Millner Tivadarnak értékes hagyományait, tapasztalatait.

Az Intézet rövid történetében fontos szerepet játszott a wolframtechnológiával kapcsolatos kutatás, mely egyrészt függetlenítette iparunkat a kapitalista környezettől, másrészt a technológia számos fontos elvi kérdését tisztázta. A fénycső- és fényporkutatásban elért eredményeink hazai iparunkat minőség és korszerűség tekintetében az élvonalba állította. Az Intézet keretében kezdődött meg a hazai félvezető kutatás, mely a Szovjetunió segítségét is igénybe véve, az Egyesült Izzó dolgozóival vállvetve megvalósította a hazai félvezetőgyártás alapjait. Az Intézet elektronikus laboratóriuma a félvezetők alkalmazási lehetőségeinek feltárásában, áramköri konstrukciós alapelvek kidolgozásában, mérés-technikai elvek és berendezések megalkotásában végzett alapvető munkát. Az adócsőkutatás terén az Intézet működése következtében a régi, elavult típusok új gyártmányokkal cserélődtek fel és egy sor elvi technológiai eredménnyel gazdagította adócsőgyártásunkat. Alkatrész kutatását az Intézet minden előzmény, tapasztalat hiányában kezdte meg. Ennek ellenére szűkös körülmények között komoly eredményeket ért el: hozzájárult a berendezésekhez szükséges passzív elemek gyártmány-választékának jelentős növeléséhez és minőségének javításához, nemzetközileg is jelentős rendszerét dolgozta ki az alkatrészek megbízhatósági és élettartam vizsgálatainak, mely nagyban hozzájárul gyártmányaink minőségének megszilárdításához.

Átmenetileg fontos munkát végzett az Intézet több megszűnt részlege a vákuum előállítása és mérése, a szintetikus műkristályok előállítása, telefonközpontok és alközpontok tervezése és az országos távválasztás területén.

Az Intézet KGST-Titkársága intézi az iparágnak a sokoldalú nemzetközi együttműködéssel kapcsolatos ügyeit, Szabványosítási Központja pedig az iparág számára több mint 500 szabványt dolgozott ki. Az intézeti munka eredetiségére jellemző adat az a Magyarországon és nyugati országokban bejelentett 120, illetve 320 szabadalom is, melyet az Intézetben dolgoztak ki.

Az Intézetnek a múltban elért eredményei azonban eltörpülnek azok előtt a feladatok előtt, melyeket eljövendő fejlődése során meg kell oldania. Pártunk és kormányunk az iparág előtt hatalmas perspektívát nyitott meg, ugyanakkor a korszerű alapanyagok és alkatrészek kifejlesztése egész fejlődésünknek kulcskérdése. Az Intézet számára most már lehetővé vált egy impozáns, egységes kutatótelep megépítése, ahol megvalósíthatjuk a tudományos munka koncentrációját és specializációját, és a kutatás a legszorosabb együttműködésben folyhat a Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Fizikai Kutató Intézetével, mely a tudományos alapkérdések kutatásával segíti az iparági intézet munkáját.

Fennállásának 10 éves évfordulójára az Intézet képet kívánt nyújtani a szaknyilvánosság számára munkájának sokrétűségéről és sajátosságairól, ezért tudományos ülésszak keretében ismerteti munkájának egyes részleteit. Az elhangzott mintegy 30 előadásból a „Híradástechnika” ezen külön számában csupán néhány jellegzetes előadást tudunk bemutatni. Célunk — akárcsak a tudományos ülésszak megrendezésével —, hogy a nyilvánosság munkánkat megismerje és a társadalmi bírálat segítő eszközével támogatást nyújtson további munkánkhoz. Az itt közölt cikkeken kívül a tudományos ülésszak más előadásai napvilágot fognak még látni részben a „Tungsram Mitteilungen”-ban, részben a „HIKI Közlemények”, részben a „Híradástechnika” későbbi számaiban is. Kérjük igen tisztelt kartársainkat, hogy a megjelent cikkekkal kapcsolatos értékes észrevételeikkel, hozzászólásaikkal, tanácsaikkal járuljanak hozzá az Intézet munkájának eredményesebbé tételéhez.

*Dr. Kőműves Frigyes
a műszaki tudományok kandidátusa*

A Híradástechnikai Ipari Kutató Intézet feladatai

Egy olyan államban, melynek felépítése, társadalmi és gazdasági élete a leghaladóbb tudományon, a marxizmus-leninizmuson alapszik, a tudományos tevékenység, a tudományos intézmények fontos állami funkciót töltenek be. Ezért államunk, kormányunk nagy gondot fordít ezeknek az intézményeknek a kialakítására, fenntartására és munkájuk ellenőrzésére. Nem nélkülözhetik az ilyen intézmények azonban a társadalmi bírálat eszközét sem, hogy munkájukat javíthassák, színvonalukat emeljék és minél hasznosabbá váljanak társadalmunk egésze számára. Egy tudományos ülésszak alkalmas arra, hogy mintegy keresztmetszetét szolgáltatssa az Intézet munkájának. A szakavatott résztvevők képet alkothatnak az elért haladásról, a munkák tudományos színvonaláról és hozzászólásaikkal, bírálatukkal, kiegészítésekkel és tanácsaikkal értékes támogatást nyújthatnak az Intézetnek.

10 éves működésében a Híradástechnikai Ipari Kutató Intézet támaszkodhatott a híradástechnikai ipar nagymúltú előzményeire, haladó hagyományaira és többek között az Egyesült Izzóban 40 év előtt megindult kutatói munkásságra is.

Az Intézetnek alakulásakor kormányunk azt a feladatot adta, hogy az elektronikus ipar alapanyag- és alkatrészkérdéseinek kutatási bázisát alkossa meg. Ez elsődleges fontosságú feladat, mert hiszen az alapanyagok és az alkatrészek korszerűsége, minősége és gazdaságossága határozza meg elsődlegesen a belőlük készült berendezések és készülékek korszerűségét, minőségét és gazdaságosságát.

Az Intézet fejlődésének első 10 éves szakaszában a szocializmus építésének sokrétű feladatai között nem kapta meg azt a támogatást, ami a feladat nagyságának, sokrétűségének és az iparág jelentőségének kijárt volna. Úgy vélem, hogy az Intézet ilyen körülmények között is kihasználta szerény lehetőségeit és igyekezett az erőkhöz mértén számos feladatot sikeresen megoldani. Eredményeit iparunk felhasználta. A jövőre nézve azonban nagyobb erőfeszítéseket kell tennünk, az Intézetnek is meg kell sokszorozni a munkáját, hogy az iparág előtt álló igen fontos feladatokat alátámassza.

A tudományos kutatás a szocializmus körülményei között igen fontos állami és társadalmi tevékenység, döntő termelőerővé vált, mint ez Hruscsov elvtársnak a XXII. kongresszuson elhangzott szavaiból is kitűnik: „A tudomány alkalmazása a társadalmi termelőerők hatalmas növekedésének döntő tényezőjévé válik. A párt ezután is különös gondot fordít a tudomány fejlesztésére és eredményeinek a népgazdaságban való hasznosítására.”

Ez az elv természetesen hazánkra is érvényes. Pártunk és kormányunk állandóan napirenden tartja a termelőerők fejlesztése keretében a tudomá-

nyos kutatás kérdését és állandóan újabb és újabb intézkedéseket tesz az ipari kutatóintézetek rendszerének és működésének javítására, fejlesztésére.

Múlt év júniusában pártunk Központi Bizottsága foglalkozott gépiparunk kérdéseivel és ezen belül kiemelkedő jelentőséget tulajdonított a híradástechnikai iparágban. Követelményként állította fel ennek az iparágban gyorsabb fejlesztését és kimondta, hogy olyan termékeket kell főképpen tovább fejleszteni, melyeknek termelése nagy műszaki felkészültséget és a tapasztalatokat kíván. Kimondotta e határozat, hogy „erősíteni és a jelenleginél több anyagi támogatásban kell részesíteni a meglevő központi és üzemi kutató és gyártmányfejlesztő intézményeket és részlegeket. Gondoskodni kell arról, hogy a gépipari termelés fejlesztésével összhangban szélesítsék az ipar tudományos és műszaki kutatási bázisát. A gépipari kutató és fejlesztő intézetek vezetői, a kutatók és fejlesztők elé olyan időszzerű és magas követelményeket állítsanak, amelyeknek megvalósításával a legfontosabb (elsősorban a kiemelt) ágazatokban és gyártmányokban elérjük az élenjáró szinteket és a világpiacon is versenyképesek leszünk.”

A Híradástechnikai Ipari Kutató Intézet (HIKI) dolgozói elé ilyenképpen igen gyakorlati feladatok tárulnak, melyeknek megoldására minden erőt mozgósítani kell. Kormányunk viszont eleget tesz Pártunk VIII. kongresszusán hozott határozatok 22. pontjának, mely szerint: „a központi és az üzemi ipari kutató- és gyártmányfejlesztő intézetek kapjanak az eddiginél több anyagi támogatást. A kutatóknak és fejlesztőknek az a fő feladatuk, hogy elősegítsék a legfontosabb ágazatokban a termelésnek és a gyártmányoknak az élenjáró országok színvonalára való felemelését.”

A HIKI ennek megfelelően már az utóbbi időben gyorsabb fejlődésnek indulhatott, anyagi eszközeit a Kohó- és Gépipari Minisztérium nagyobb mértékben szaporította, növekedhetett az Intézet műszerekkel és anyagokkal való ellátottsága és létszámban is megszorodott. Az Intézet elhelyezésében fennálló igen szűkös korlátok azonban nem tették lehetővé, hogy alapvető fordulat álljon be az iparág alapanyag- és alkatrész kutatási bázisának a szükséghez mértén való kiszélesítéséhez, ezért a Kohó- és Gépipari Minisztérium új kutatótelep létesítését határozta el és a Főti úton történő építkezés számára megfelelő beruházási keretet nyitott meg. A mintegy 110 millió forintot jelentő beruházás, melyet még lényegesen kiegészít a műszaki fejlesztési alaphoz beszerzendő műszerek nagy száma, hozzá fog járulni, hogy a kutatási bázis jelentősen kiszélesedhessen.

A Kölcsönös Gazdasági Segítség Tanácsához tartozó országok vezetőinek tanácskozásai pedig lehető-

séget nyújtanak a szocialista tábor országai közötti munkamegosztás további kiépítésére, így a műszaki fejlesztés együttes meggyorsítása a kutatási intézmények fokozott együttműködésével valósul meg. Ebben az együttműködésben a HIKI-re is további feladatok várnak, melyek közül néhányban a közös munka meg is indult.

A KGST-ben folyó munka természetesen nemcsak előnyöket, hanem kötelezettségeket is ró a résztvevőkre. Műszaki fejlesztésünkben és ezen belül kutatási munkában igen komolyan kell vennünk azokat a nemzetközi kötelezettségeket, melyeket a közös munkán belül vállalunk. Itt nem lehet részleges teljesítéssel megelégednünk. Ez megint arra kell, hogy ösztönözze az Intézet munkáját, hogy nemzetközi területen is kiváló eredménnyel végezze tevékenységét.

Tudjuk azt, hogy erőfeszítésünk felső határát nemcsak és nem is annyira az anyagiakban kell keresnünk, mint az emberi tényezőkben is. Nem állunk olyan jól, hogy bőséggel rendelkezni szakemberekkel és nem is várható, hogy ilyen igényeinket egykönnyen kielégíthetnénk. Ezért meglevő erőinket a leggazdaságosabb módon kell felhasználnunk a műszaki fejlesztés érdekében. Különösen áll ez a tudományos munkára, amely mind összetettebbé, bonyolultabbá válik. A célt a kutatómunka koncentrációjával lehet leginkább elérni a leggazdaságosabb módon.

Az előbb említett beruházás már ennek a gondolatnak a jegyében születik: szakembereket és kiszolgáló berendezéseket, műszereket és szolgáltató egységet lehet így összevonni egy területen és kihasználásukat tökéletesebbé tenni. Ebből a megfontolásból született az az intézkedés is, hogy a Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Fizikai Kutató Intézete és a Híradástechnikai Ipari Kutató Intézet közös telephelyen szocialista együttműködést valósítson meg és így az alapkutatás és az ipari alkalmazott kutatás a lehető legnagyobb közelségbe kerüljön. A koncentráció elvét a Szovjetunió és a baráti szocialista országok is megvalósítják. Azonos körülmények szülték ezt az intézkedést, mely körülmények nálunk is fennállnak s így mint nemzetközi tapasztalatot jogosan átvehetjük, támaszkodva Hruscsov elvtársunk a Szovjetunió Kommunista Pártja Központi Bizottságának múlt év novemberi plénumán kifejtett gondolataira.

Rá kell mutatnom azonban arra, hogy nemcsak az alap- és az ipari kutatásnak kell a legtökéletesebb kölcsönhatásba lépnie, hanem meg kell követelni, hogy a kutatás maga a legszorosabb kapcsolatba kerüljön és álljon az üzemekkel, a mindennapi élet gyakorlatával, hogy a kutatás eredményei

valóban a leggyorsabban kerülhessenek felhasználásra üzeinkben. Ezen a területen még igen sokat kell javítani. Sokkal szorosabbá kell tenni a kapcsolatot a gyári műszaki fejlesztési szervezet és a kutatóintézet dolgozói között. Le kell rövidíteni azt az utat, amely a laboratóriumból a nagyüzemi gyártásig vezet. Szervezettebbé kell tenni ezt a kapcsolatot, lehetőséget kell adni arra, hogy a gyári szakemberek még a kutatás fázisában bekapcsolódhassanak az új termékek, új technológiák bevezetésének előkészületeibe, komplex-brigádok szervezésével folyamatossá kell tenni az átmenetet laboratóriumból az üzembe, kötelezni kell a kutatókat arra, hogy kezüket rajta tartsák alkotásaikon mind addig a pillanatig, míg azokból üzemi valóság, folyamatos gyártás nem lett. A kutatóintézet szervezetét oly módon kell fejleszteni, hogy hidat verhessen e szorosabb kapcsolat számára a laboratóriumi eredmények üzemelési irányában kifejtett kísérleti gyártás, konstrukciós tevékenység ellátása terén, lehetőséget kell adni, hogy az üzemi bevezetés előfeltételei — kutatók és üzemi szakemberek együttes, szervezett munkájával — már igen korán kivitelezésre kerüljenek. Ki kell egészíteni a laboratóriumi kutatómunkát az alapvető eszközök, szerszámok, a technológiai folyamatok alapfeltételeinek konstruktív kidolgozásával és meg kell teremteni azt a légkört, hogy az üzemi tapasztalatok a legközvetlenebb úton visszahathassanak a kutatási eredmények tökéletesítésére. E téren még nagy hiányosságok vannak kutatóintézeteinkben általában, és a HIKI munkatársainak is figyelmébe ajánlom, hogy ebben az irányban nagy erőfeszítést tegyenek. Ugyanakkor kérem üzeink vezető szakembereit is, hogy könnyítsék meg a komplexebb együttműködés útját. Szocialista rendszerünk felmérhetetlen előnye, hogy a nép érdekében a legmagasabb szervezetség fokát valósíthatja meg az egyes tevékenységekben: ezzel a lehetőséggel a legnagyobb mértékben élünk kell, hogy utolérhessük és elhagyhassuk a legfejlettebb kapitalista országok műszaki színvonalát.

Nem utolsó sorban meg kell említenem, hogy mindinkább szükségessé válik a gazdaságossági szemléletnek az ipari kutatás területén való érvényesítése. Komoly tudományos színvonalú elemző munkával meg kell alapozni a témák kiválasztásának, a kutatómunka eredményességének kérdéseit. Ezen a téren még csak kezdeti lépések történtek és kívánatos, hogy itt is gyorsan behozzuk a mulasztásokat.

Kívánom, hogy az Intézet munkássága az elkövetkezendő években új tapasztalatokkal gazdagodva több és nagyobb sikereket mutathasson fel a híradástechnikai iparág gyorsabb fejlődése, népünk boldogulása, Pártunk célkitűzéseinek megvalósítása érdekében.

Alap kutatási feladatok a vákuumtechnikai és félvezetőipar területén

ETO 621.38.001.6

Magyarországon a híradástechnika, ezen belül különösen a vákuumtechnika területén a kutatás a múltban igen jelentős eredményeket mutatott fel, feladatunk ezt az erkölcsi tőkét megtartani és tovább növelni, hogy ne veszítsük el azt a helyzeti előnyünket amit elődeink számunkra megszereztek.

A mi területünkön a kutatás alaptudománya a szilárd testek fizikája. Azt kell megismernünk, hogy milyen összefüggések vannak egy szilárd test észlelt és mért tulajdonságai és annak szerkezete között, hogyan lehet ezeket a tulajdonságokat befolyásolni és hasznosítani.

A hazai vákuumtechnikai kutatás már a múltban a tapasztalatnak, az iparnak a szilárd talajára támaszkodott. A kutatásnak a célja is, a kutatás bázisa is az iparból eredt. A kutatás célja az ipari termelés fejlesztése volt és viszont az ipar tapasztalatait igyekeztek felhasználni kutatóink ismereteik gyarapítására. Feleletet adtak olyan kérdésekre, hogy mit és hogyan kell gyártani, milyen irányban kell fejlődni az egyes termékeknek. Azonban sok esetben nyitva maradt az a kérdés, hogy ez miért van így, mi az összefüggés az egyes iparilag fontos jelenségek között.

Tury Pál előadásából láttuk, hogy a nagykristályos dróttal kapcsolatos munkáknál a kiindulási pont az volt hogy olyan anyagot kell adni a wolframhoz, amely a wolframban belső feszültséget idéz elő és ilyen módon előmozdítja a kristályképződést és biztosítja azt, hogy nagykristályos szerkezetű és az eddiginél alaktartóbb, szilárd huzalokat lehet előállítani.

Azt is hallottuk az előadásból, hogy ez az alapfeltevés később nem volt mindenben igazolható. Bár az elért eredményre más okok is vezettek, mégis a termék, amit kitartó munkával, megfigyeléseknek sorozatával, szellemes kísérletekkel megvalósítottak, kitűnően bevált és a magyar ipart az élvonalba helyezte.

Azonban azt hiszem, mindnyájan érzékeljük azt, hogy szükség van olyan kutatásra is, amely arra a kérdésre felel, hogy miért? és melynek célja összefüggést találni az egyes jelenségek között. A mi szakterületünkön az ilyen jellegű alap kutatás a MTA pár éve létesült Műszaki Fizikai Kutató Intézetére fog hárulni. Nagyon helytelen volna azonban, ha elvesznénk abban, hogy mindenütt csak a miértet keresnénk, tehát azt, hogy valamely tetszés szerint kiragadott jelenség miért játszódik le, de nem néznénk azt, hogy mik legyenek azok a jelenségek, amikkel foglalkoznunk kell, mi legyen az a terület,

melyre kutatásainkat koncentrálni kell. Úgy kell megválasztani a kutatás témáját, hogy ne szakadjunk el a valóságtól, és vigyázni kell a kutatóknak arra, hogy mikor ma már a tudomány termelőerővé vált, az tudomány és termelőerő maradjon továbbra is.

Világos tehát, hogy a szakterületünkön folyó alap kutatásoknak célja az, hogy a vákuumtechnikai termékek vagy félvezető eszközök gyártása, vizsgálata és kutatása során észlelt jelenségek között összefüggéseket keressünk és igyekezzünk az egyes felismerések alkalmazására rámutatni. Így hát elsősorban továbbfolytatjuk a wolfram területén a fémfizikai kutatásokat. Meg kell találnunk azokat a faktorokat, amelyek most már tudományos pontossággal bizonyíthatóan előidézik az előbb említett és empirikus úton megtalált kedvező effektust, ezek pontos ismerete talán lehetővé teszi majd azt is, hogy az immár 60 éves wolframszálas izzólámpát tovább tökéletesítsük.

Fokozni kell egyrészt a nagykristályos technológia által mutatott úton a wolframhuzalok alaktartóságát, javítani a huzalok megmunkálhatóságát és csökkenteni kell egyben az izzószálak törekenységét is. De ugyanakkor vizsgálni kell a wolframnak egyéb tulajdonságait is, például azt, hogy mi okozza egyes esetekben a lámpa korai kiégését, a kezdeti ívképződést, hogyan lehet ezt kikerülni?

Ezzel a témával kapcsolatban áttérődik a kutatás a wolfram elektronemissziójának a vizsgálatára abban az irányban, hogy hogyan lehet, ezt csökkenteni, illetőleg mi ennek a szerepe a kezdeti ívképződéseknél.

Tehát van bőven kutatni való még a wolfram területén és nem hiszem azt, hogy az egyszerű izzólámpák, amelyek még ma is a világítás nagy részét szolgáltatják (a magánlakásokban majdnem 100%-ban izzólámpát alkalmaznak), a jövőben ne lennének olyan jelentős ipari produktumok, ahol ne volna érdemes további kutatást végezni.

Ezen a területen a technológiai kutatást teljes egészében az Egyesült Izzó osztálya vette át, ugyanakkor azonban az alap kutatási feladatok a Műszaki Fizikai Kutató Intézetre hárulnak.

A wolframmal kapcsolatos fémfizikai kutatás azonban nemcsak az izzólámpaipart fogja fejleszteni. Ez is, mint minden kutatás, más iparágakra is, más területekre is nagyon erősen kihat és nagyon sok helyen lehet alkalmazni majd azokat az eredményeket amelyeket itt sikerül elérni. Így pl. a wolframolvadópontjának kb. 80%-át kitevő 2400–2500 °K hőmérsékleten megismert tulajdonságai esetleg más

fémek magas hőmérsékleten észlelt tulajdonságaira is adnak magyarázatot és lehet, hogy amit a wolframnál találunk, azt esetleg alkalmazni lehet az alumíniumnál is. De fordítva is. Olyan jelenségek segítségével, amiket más fémeknél, pl. ónnál (jelenleg ezzel az anyaggal folynak kísérletek) a kristálynövekedésben észlelünk, magyarázatot adhatunk az adalékanyagoknak a wolfram kristályainak növekedésekor mutatózó vándorlására is.

Második jelentős terület, ahol kutatásokat végzünk az iparág fejlődésének biztosítása érdekében, az elektronfizika területe. Itt elsősorban azokkal a jelenségekkel foglalkozunk, melyek elektronoknak és ionoknak fémek felületéből való kilépésével kapcsolatosak.

Azt mondhatná valaki, hogy ezekkel a dolgokkal már több mint fél évszázad óta foglalkozunk, itt már mindent ismerünk, az elektroncső olyan fejlettségi fokot ért el, hogy tovább alig fejleszthető és különben is szükségtelen ezzel foglalkozni, mert a tranzisztora csöveket rövidesen mindenünnen ki fogja szorítani. Én azt hiszem, azoknak akik ezt mondják, nincs igazuk, mert nagyon sok területen tranzisztort ma nem alkalmazhatnak és valószínűleg a jövőben sem fognak alkalmazni, így az elektroncsövekre még jó ideig szükség lesz. Az elektroncsövek fejlődése is jó példa az ipari, az alkalmazott- és alap kutatás kölcsönhatására. A kutatás eredményei az ipari termékek szisztematikus megfigyeléséből indultak ki, viszont az ipar fejlődése elválaszthatatlan a kutatási eredmények alkalmazásától.

Az elektronfizika területén alap kutatást két fő témára koncentrálnak: egyrészt az elektronemisszió kutatására, másrészt annak megállapítására, hogy mik azok a módszerek, mik azok a lehetőségek, amivel a vákuumot tovább tudjuk javítani. Ez utóbbi kutatás az elektroncsöveknél alapvetően fontos, de érdekes módon fontos az elektroncsővel konkurrens termék, a félvezetők kutatásánál is. Félvezető eszközöket csak akkor lehet reprodukálhatóan gyártani, ha azok felületét jól ismerjük, és a felületnek az ismeretét csak úgy tudjuk megszerezni, ha azt a közeget is, amellyel a felület érintkezik, kézben tudjuk tartani. Egész tiszta, biztosan reprodukálható felület megvalósításához igen jó vákuumra van szükségünk. Az eddigi kísérletek azt mutatják, hogy a ma igen jónak tekinthető kb. 10^{-10} Torr vákuum még mindig nem elég ahhoz, hogy egy szilárd test felülete ebben állandó tisztasággal, konstans minőségben megmaradjon. Kísérletek mutatják, hogy ilyen vákuumban, pl. wolfram felületen percek alatt adszorbeált gázréteg képződik ki és ugyanez történik a félvezetők felületén is. Tehát ha tiszta félvezető felületeket akarunk vizsgálni, akkor szükségünk van arra, hogy ennél az értéknél jobb vákuummal rendelkezünk. Természetesen a vákuum javításának gyakorlati jelentősége a rádiócsöveknél és elektroncsöveknél is igen nagy. A vizsgálatok azt mutatják, hogy pl. a csövek zajának egy részét éppen a vákuumnak a hibái okozzák, tehát ha arra van szükség, hogy a csövek zajnivóját csökkentjük, akkor ehhez az egyik feltétel az, hogy tartós jó vákuumot tudjunk előállítani. Ha megbízható csöveket akarunk gyártani,

szükséges az, hogy a katód működés közben azonosan tiszta, aktív felületű maradjon, vagyis a gáztérből ne vegyen fel szennyezést. Figyelembe kell vennünk, hogy a rádiócsöveknél a szokásos 10^{-8} Torr körüli vákuum a csőben levő alkatrészekről felszabaduló és az egyes alkatrészek által elnyelt gázmennyiség állandó dinamikai egyensúlya gyanánt áll be. Nagyon nehéz azt biztosítani, hogy a gázelnyelő felület nem éppen a hatásos és az általunk éppen megvédeni kívánt katód legyen. Gyakorlatban rendszerint az alkalmazott getteranyag mellett a katód aktív felülete nyeli a gázt és ez a körülmény eredményezi a csövek minőségében előálló folyamatos változást. Igen fontosnak tartjuk tehát, hogy ezen a területen is alapvető kutatást folytassunk. Az idevágó ipari kutatás a TÁKI-ban folyik, az alap kutatás pedig a MFI-ben. A termékek vizsgálata és az egyes jelenségeknek a kész termékeken mutatózó hatásának a vizsgálata folyik a HIKI Elektroncső Laboratóriumában. Ez az együttes fog tovább működni a jövőben is ebben az irányban, természetesen nem hanyagolva el az új típusok kidolgozását és még számos fejlesztési feladatot.

A következő terület a félvezető anyagok és eszközök kutatása. Félvezető anyagokról már nagyon régen beszélnek. Az első mai értelemben vett félvezetők, amelyek alkalmazásra kerültek, a kristálydetektorok voltak, és ezek közül éppen a szilícium és germániumdetektorok voltak azok, amelyeknek vizsgálata a további fejlődésnek az útját megadta.

A nagyfelületű félvezetők közül a rézoxid és szelén egyenirányítók kerültek először nagyüzemi alkalmazásra. Ezeknek az elméletével foglalkozott a 30-as években Schottky. Érdekes módon kapcsolódnak a félvezetőkkel kapcsolatos munkái régebbi eredményeihez. Annak idején Langmuirrel egyidejűleg ő mutatott rá először a tértöltés szerepére a vákuumban mozgó elektronokkal kapcsolatban. A tértöltés elméletét alkalmazva a szilárd testben mozgó elektronokra igen sok jelenséget — ami pl. a szelén egyenirányítóban lejátszódik — meg tudott magyarázni. Egész más szemléletet alkalmazott Wilson, aki a kvantummechanika alapján levezetett zónaelméletből indult ki és ilyen módon adott képet a félvezetőkben lejátszódó folyamatokról és mutatott rá az igen kis szennyezések szerepére, amelyek a mai félvezető eszközök működése szempontjából döntő jelentőségűek.

Most ezeknek a szennyezőknek a hatását kell vizsgálni. A szennyezők többféleképpen lehetnek. Egyrészt olyan idegen anyagok, amelyek eredetileg is benne voltak már a félvezetőanyagokban és a tisztítás során sajnálatos módon bennmaradtak. Másodsorban olyanok, amelyeket mi szándékosan adtunk hozzá. Harmadszor ugyanilyen hatást fejt ki gyakran az a körülmény, hogy a kristályban bizonyos hibák vannak. A kristálynak a hibahelyei lehetnek diszlokációk, vakanciák (üresrács pontok), de sok egyéb hibahely is előfordulhat. Egész tágra értelmezve hibahelynek tekinthető a kristálynak a szabad felülete is. Hibahelynek nevezzük azokat a helyeket, ahol a rács szabályossága megszűnik, tehát ha a végtelenig terjedő szabályos rácsot egy felülettel

határoljuk, ez a hibahelyeknek egész tömegét hozza be a kristályba.

Tehát ha azt akarjuk nézni, hogy az elmélet által megközelíthető tökéletes kristályból hogy tudunk a reális kristályokra következtetni, akkor ezeket a hibahelyeket kell nagyon nagy mértékben figyelembe venni.

Módszereket kell kidolgoznunk, amivel ezeket a hibahelyeket észlelni tudjuk. Persze nem minden hibahely olyan, hogy — mint a felületet — pusztán szemmel és azonnal láthatjuk, nagyon sok olyan hibahely van, amit csak a legfinomabb eszközök igénybevételével lehet kimutatni, viszont már ezek is döntő jelentőségűek lehetnek a kristály elektromos tulajdonságai szempontjából. Egyik fő feladatunk a hibahelyek vizsgálata. Másik a félvezető anyagok felületének a kutatása, a felületre és a kristály egész tömegére jellemző jelenségek vizsgálata.

Természetesen sok rendkívül fontos feladat van még a félvezető alap kutatás területén és viszonylag ma még nagyon kevés munkahely és munkaerő áll rendelkezésünkre, nagyon kicsi az eszközök száma, így tehát indokolt egy olyan nemzetközi együttműködés kiépítése, amelyben egyes feladatokat mi vállalnunk magunkra, más feladatok megoldását pedig a mi eredményeink ellenében máshonnan kapjuk meg. E téren most indult meg ez az együttműködés és nagy reményekkel tekintünk a jövő felé.

Egy konkrét példát szeretnék ismertetni a kutatásnak és a gyártásnak szoros összefüggésére és arra, hogy mennyire nem lehet még az alap kutatást sem elválasztani az ipari termeléstől.

Szeretnék rámutatni a vízgőznek, mint a vákuumtechnikai és félvezető termékek ősellenségének a szerepére. Először Langmuir kezdte vizsgálni, hogy mi annak a jelenségnek az oka, hogy időnként a vákuumlámpák sokkal erősebben feketednek és sokkal több wolfram rakódik le bura falára, mint amennyi a szál hőfokánál elpárologhatna az adott idő alatt. Felderítette, hogy ez esetben olyan körfolyamat játszódik le, amelyben a vízgőznek van döntő szerepe. Az alkatrészek felületén adszorbeált vízgőz ugyanis a lámpák bekapcsolásakor felszabadul, az izzó wolframmal érintkezve ott elbomlik, oxigén és aktív hidrogén keletkezik. Az oxigén a wolframmal reakcióba lép, a keletkezett wolframoxid pedig a fonálról elpárolog. Az oxid különösen vízgőz jelenlétében bizonyult illónak (erre vonatkozólag éppen Millner Tivadar végzett először kvantitatív méréseket). Az elpárolgó wolframoxid lerakódik az üvegre. A wolframra keletkezett aktív hidrogén ezt a wolframoxid réteget fém wolframmá redukálja. A keletkező vízgőz megint az előbbi processzust hozza létre, így tehát az izzószál wolframanyaga rohamosan lerakódik az üvegfalra. Ez a jelenség izzólámpáknál már legalább 50 éve ismeretes.

Kiderült az, hogy a fénycsővek feketedésénél ugyancsak döntő szerepe van a vízgőznek. Emlékezzünk arra, hogy a régi fénycsővek, melyeket kb. az 50-es évek elején gyártottak, párszáz órai égetés után a katód közelében majd minden esetben egész csúnya fekete bevonatot mutattak. Kiderült, hogy ez a feke-

tedés ugyancsak a vízgőznek az eredménye. Aktív hidrogén ugyanis nemcsak a magas hőfokú izzószálon, hanem a fénycsőben végbemenő kisülésben is képes ugyanarra a folyamatra, amit az előzőekben leírtunk.

De szerepe van a vízgőznek szilárd kristályos anyagoknak elektromos tér jelenlétében való tönkremenetelénél is. Kiderült az, hogy az elektrolumineszcens cellák, a mieink is, a külföldiek is, az első pár száz óra után, néha már 50 óra után is eredeti fényüknek már a felét vagy ennél is többet elvesztettek. Kiderült az, hogy itt is az adszorbeált víz az, ami ezt a fénycsökkenést előidézi, és pedig jelen esetben a cinkszulfid kristályokból a cink kiválása útján. Tehát itt is az előzőhöz hasonló jellegű folyamat játszódik le egy szilárd kristályon belül, ahol se vákuumtér, se wolframizzószál nincs. Hasonlóképpen a félvezető anyagok stabilitásának a csökkenését, a tranzistorok minőségromlását, zajosodását is vízgőzre lehet visszavezetni.

Látjuk tehát, hogy itt a szakma területén különböző kutatásoknál nyert ismeretek mennyire felhasználhatók és mennyire kifinomítják azt, amit a kutató műszaki érzékének szoktak nevezni. Ez a régebbi kutatásokból, kísérletekből felhalmozott ismeretanyag, amit egy jó kutató szükség esetén elő tud venni és megfelelően tud alkalmazni.

A fénycsővek területén is súlyos feladat hárul a kutatásra. Egyrészt annak a biztosítása, hogy milyen módon lehet a fénycsővek fénytartósságát növelni, milyen módon lehet kiküszöbölni azt, hogy pl. olyan reakciók, mint a vízgőz által előidézett körfolyamat, a katódot vagy magát a fényport tönkretegy. Vizsgálni kell persze azt is, hogy milyen más faktorok vannak, amik a fénycsökkenést előidézik.

Befejezésül röviden ismertetem az elektrolumineszcenciával kapcsolatos kutatásokat. 1924-ben Losszev leningrádi fizikus észlelte először, hogy szilíciumkarbid kristálydetektoron egyenáramot átvezetve, a kristály a tű közelében világít. 1940 körül végzett vizsgálataink azt mutatták, hogy bizonyos körülmények között az anyag tisztaságát fokozva a fénygerjesztés határfoka növelhető és hogy a SiC porát megfelelő módon lemez és hálólelektroda közé helyezve fehér fényt sugárzó fényforrást lehet előállítani. Elektrolumineszcens fényforrássá mi kapunk először szabadalmat. Mostani munkánk során azt vizsgáljuk, hogy ezt a jelenséget mi módon lehet gyakorlatilag alkalmazni.

Jelenleg elektrolumineszcens jelenség felhasználásával készítenek világító feliratokat, gépkocsipaneleket, világító számlapú mérőeszközöket, de gyakorlatilag komoly alkalmazására általános világítás területén még nem került sor. Ennek oka az, hogy az ilyen elektrolumineszcens celláknál a felületi fényesség rendkívül kicsi és óriási felületet kellene létesíteni ahhoz, hogy használható világítást tudjunk elérni.

Külföldön próbáltak ilyen világítással ellátni szobákat, ez esetben a szobák teljes falfelületét elektrolumineszcens cellákból kellett készíteni. Ez a megoldás így nem gazdaságos. Tehát mostani feladat a fénysűrűség növelése. Ez nem is látszik lehetetlenné. Ha mikroszkóp alatt megnézzünk egy elektrolumi-

neszccens cellát, vagy egy elektrolumineszkálásra gerjesztett egykristályt, azt látjuk, hogy a felületének csak igen kis része (talán századrésze) világít és a nagyobb rész homályos marad. Tehát a kutatásnak a célja megkeresni, melyek azok a körülmények, amelyek ezeknél a világító pontoknál fennállnak, hogyan lehet a kristályban nagyobb számban ilyen világító pontokat előidézni, vagy a kristály egész felületét világítóvá tenni. Ha ezt sikerülne megoldani, és némi remény van erre, akkor egész másképpen kell az elektrolumineszcens cellákat nézni, ahogy most nézzük.

A HIKI-nek, amely intézet most töltötte be a 10. évét, és a Műszaki Fizikai Intézetnek, a fiatalabb testvérnek, amely most még csak 5 éves, ennek a két testvérintézetnek szoros összefogásban, együttes erővel

meg kell oldani és meg kell valósítani ezen a területen azt az ipari kutatást, amelyen a termelés közvetlenül alapul és azt az alapkutatást, amelynek alapján nemcsak azt tudjuk megoldani, hogy mit kell csinálni és hogyan, hanem azt is, hogy miért kell így csinálni. Csak a rendszeres kutatómunka biztosíthatja azt, hogy ha egy problémát megoldottunk és időköznyal újra hasonló problémával kerülünk szembe, ennek megoldására hogyan kell felhasználnunk a régebbi tapasztalatokat és milyen módon kell tovább eljárunk, hogy újabb eredményeket érthessünk el. Remélem azt, hogy a három intézmény, az Egyesült Izzó, a HIKI és a Műszaki Fizikai Intézet együttműködéséből valóban a magyar vákuumtechnikai ipar és tudomány hasznot fog húzni és nem lesz méltatlan ennek a jövője az eddigi múltjához sem.

ETO 621.38.001.6

Dr. Szigeti Gy.:

Alapkutatás, alkalmazott kutatás és fejlesztési feladatok a vákuumtechnikai és félvezetőipar területén

HÍRADÁSTECHNIKA XIV. 1963. november

A vákuumtechnikai ipar, amely a múltban tisztán empirikus ismeretekre épült fel, e század második évtizede óta már szisztematikus kutatás felhasználásával fejlődött tovább és lett számos más, nagy jelentőségű ipar kiindulása. A mai helyzetben ezen a területen az iparnak szüksége van a gyártott eszközök működése és a gyártási technológia mögötti alapösszefüggések és természeti törvények behatóbb ismeretére és azok hatásának pontos felmérésére. Ezek birtokában tudja az ipari kutatás az egyes gyártmány-csoportok konstrukcióját és gyártási technológiáját kidolgozni és csak ennek alapján tudja az ipar kifejleszteni, esetleg külföldről áttölteni az egyes konkrét gyártmányokat. Az előadó ezen összefüggéseket néhány példa kapcsán ismertette.

ДК 621.38.001.6

Д-р Г. Сигети:

Основное исследование, примененное исследование и задачи разработки в области промышленности вакуумной техники полупроводниковых приборов

HÍRADÁSTECHNIKA (HIRADÁSTECHNIKA, Budapest) XIV. 1963. ноябрь

Промышленность вакуумной техники, имеющая совсем опытные основы в прошлом времени, развивалась с второго десятилетия настоящего века уже использованием систематического исследования и является исходом многих других промышленных великого значения. В настоящее время промышленность требует в этой области основательных сведений основных соотношений между изготовленными продуктами и природными законами, дальше сведений точной оценки их влияний. Владея этими промышленное исследование может разработать конструкцию и технологию производства отдельных групп продуктов и только на основании этих может промышленность разработать или освоить по заграничным данным отдельные конкретные продукты. Даны несколько примеров этих изложений.

DK 621.38.001.6

Dr. Gy. Szigeti:

Grundforschung, angewandte Forschung und Entwicklungsangaben auf dem Gebiet der vakuumtechnischen und Halbleiterindustrie

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XIV. 1963. November

Die vakuumtechnische Industrie, die in der Vergangenheit rein auf empirischen Kenntnissen aufgebaut wurde, entwickelte sich weiter seit dem zweiten Jahrzehnt dieses Jahrhunderts mit der Anwendung systematischer Forschung und wurde der Ausgangspunkt von

zahlreichen anderen bedeutenden Industrien. In der heutigen Situation ist es für die Industrie auf diesem Gebiet notwendig, die Grundzusammenhänge der erzeugten Instrumente und der Produktionstechnologie eingehend zu kennen, und deren Wirkung genau zu erkennen. Im Besitz dessen kann die industrielle Forschung die Konstruktion und Produktionstechnologie der einzelnen Produktgruppen ausarbeiten. Nur auf dem Basis derselben kann die Industrie die einzelnen konkrete Produkte weiter entwickeln und eventuell aus dem Auslande übertragen. Der Verfasser erläutert diese Zusammenhänge mit einigen Beispielen.

UDC 621.38.001.6

Dr. Gy. Szigeti:

Basic Research, Applied Research and Development Tasks in the Field of Vacuumtechnical and Semiconductor Industry

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XIV. 1963. November

The vacuumtechnical industry built up in the past entirely on empirical experiences has been developed since the second decade of this century by making use of the results of systematic research and has become the starting point of many industries of great importance. At present the industry requires in this field a thorough knowledge of the basic interdependence of the working of the produced instruments and the production technology on the one hand, and a very serious study of the law of nature and of their influence on the other hand. In possession of these data the industrial research can work out the construction and the production technology of the single product groups and only on this basis is the industry able to develop or possibly transplant from abroad single complete products. The author illustrates these relations with some examples.

CDU 621.38.001.6

Dr. Gy. Szigeti:

Recherche fondamentale, recherche appliquée problèmes de développement dans le domaine de l'industrie de la technique du vide et des semiconducteurs

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XIV. 1963. novembre

L'industrie de la technique de vide basée dans le passé entièrement sur des connaissances empiriques fut développée depuis la deuxième décennie du siècle par l'emploi des résultats de la recherche systématique et devint le point de départ de nombreuses autres industries de grande importance. A présent il est nécessaire pour l'industrie d'avoir une connaissance précise de l'interdépendance fondamentale du fonctionnement des instruments produits et de la technologie de fabrication d'une part, et d'étudier à fond les lois de la nature ainsi que leur influence de l'autre. Ce n'est que dans la possession de ces données que la recherche industrielle est en mesure d'élaborer la construction et la technologie de fabrication des groupes de produit et que l'industrie est capable de développer ou éventuellement de transplanter de l'étranger des produits complets. L'auteur illustre ces relations par quelques exemples.

A tranzisztor gyártási technológiájának fejlődése és további perspektívái

ETO 621.382.3.002.2(091)

Ez év júliusában volt tizenöt éve, hogy a *tranzisztor* szó nyomtatásban először napvilágot látott. Az azóta Nobel-díjjal jutalmazott *J. Bardeen* és *W. Brattain* a *Physical Review* 1948. július 15.-i számában rövid közleményben ismertették a félvezető germániumból készült triódát [1], melyet változtatható ellenállására emlékeztető viselkedése (angolul transient resistor) miatt szóösszevonással „transistornak” neveztek el. Bajos volna összeszámolni, hogy ez a szó azóta hányszor fordult elő szakkönyvek, szaklapok, sőt még a napisajtó hasábjain is. A tranzisztor szinte jelképévé vált a korszerű elektronikának, melynek mai korszakát talán nem túlzás tranzisztor-korszaknak nevezni. 1962-ben a világ tranzisztor-termelése kb. 800 millió egység volt, amelyből kb. 500 millió darabot az Egyesült Államokban és Japánban állítottak elő. Ez a szám egymagában jellemző a tranzisztor gyors elterjedésére, melynek okait és hatásait itt nem feladatunk elemezni. E beszámolóban inkább arról kívánunk képet adni, hogy a rövid tizenöt év alatt elért tekintélyes termelési volumen milyen technológiai alapokra támaszkodik és mik a fejlődés várható irányai.

Mai szemmel nézve az első tranzisztor csupán rokona, előfutára a mai tranzisztoroknak. A germániumlapocskán elhelyezett két kontaktustű segítségével létrehozott jelenség — elektromos jelek erősítése és gerjesztése — azonban meggyőzően bizonyított egy korábban már többször feltételezett lehetőséget: azt ti., hogy az elektronok transzportja nemcsak gáz, hanem szilárd halmazállapotú közegben is vezérelhető úgy, hogy teljesítményerősítés lépjen fel. Az elvi bizonyításon túl azonban ez a tús tranzisztor a gyakorlatban nem vált be és a hibáinak kiküszöbölésére irányuló minden törekvés ellenére 1955-ben gyakorlatilag beszüntették gyártását. Tulajdonképpen már itt jelentkezett a tranzisztorteknológia mindmáig alapvető problémája, az elvi megvalósítás és az egyenletes minőségű, megbízható terméket követelő tömeggyártási technológia gyakran szinte antagonsztikus ellentéte. Jellemző vonásként vetette előre árnyékát a mikroszkopikus méretek létrehozása, ellenőrzése a tömeggyártásban; a tranzisztor-technológiában a mikroszkóp laboratóriumi műszerből termelőeszközzé vált.

A tús tranzisztor kudarca azonban nem ítélte halálra magát az elvet. 1949-ben már készen állott az ugyancsak Nobel-díjjal kitüntetett *Shockley* félvezető $p-n$ átmenetekre és tranzisztorokra vonatkozó elmélete [2]. Mai tranzisztoraink szinte kizárólag a

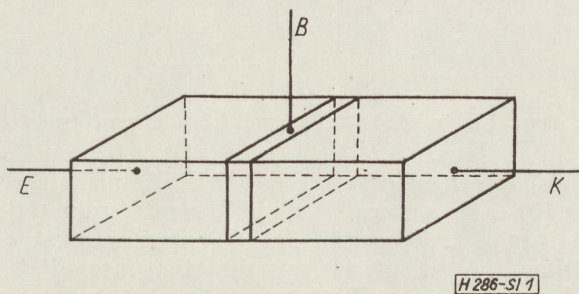
pn -átmenetek tulajdonságain alapulnak. A *Shockley*-féle tranzisztor lényegében két pn -átmenetet tartalmaz, amelyek egyik, azonos jellegű része közös és amellet igen vékony. Így pnp vagy npn elrendezésű rétegsor alakul ki, amely kristályszerkezet szempontjából összefüggő, rendezett egykristálynak tekinthető. A tranzisztorteknológia fejlődése tulajdonképpen e réteggkombinációk előállítási módszereinek fejlődése, fejlesztése a folytonosan növekvő követelmények kielégítésére és a tranzisztor-elv gyakorlati határainak kibővítésére. A tranzisztorokkal szemben támasztott három leglényegesebb követelmény: a magasabb működési frekvencia, a nagyobb teljesítmény, és a fokozott megbízhatóság. E helyen elsősorban a tranzisztor működési frekvenciájának növelésére irányuló technológiai erőfeszítéseket fogjuk áttekinteni, mivel ez együttjárt a legkorszerűbb gyártási eljárások kialakulásával és magán a tranzisztoron túlmenően a szilárd testek elektronikus alkalmazásának más területeire is kihatott.

Mint ismeretes, a *Shockley*-féle réteggtranzisztorban az emitterre adott nyitóirányú feszültség hatására kisebbségi töltéshordozók jutnak a bázisrétegbe és ha ez elég vékony, keresztüldiffundálnak rajta a kollektorhoz, amely záróirányban van előfeszítve. A kollektor pn -átmenet záróirányban elméletileg csak igen kis maradékáramot enged át, amely független az előfeszültségtől; az emittertől érkező töltéshordozók tehát megváltoztatják a kollektoráramot, viszont a záró feszültséget nem befolyásolják. Az emitternél kis feszültség hatására belépő áram így a kollektoron nagy feszültségesésen jelenik meg, ami az alapja a tranzisztor teljesítményerősítésének.

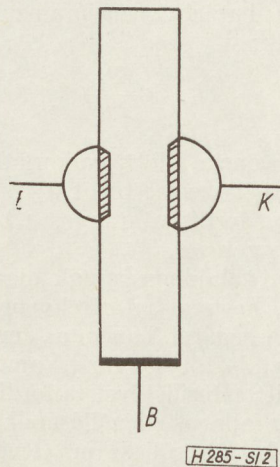
A modern tranzisztorteknológia első feladata ennek a *Shockley*-féle réteggtranzisztornak a megvalósítása volt. Az említett réteggkombinációknak a működés szempontjából helyes kialakítása, p -és n -típusú germánium előállításának módja már néhány évvel ezelőtt ismeretes volt. A p -és n -típusú adalékanyagok viselkedésének tanulmányozása, kapcsolódva az éppen akkortájt sikeresen megoldott egykristály-előállítással, kézenfekvővé tették azt a gondolatot, hogy a p -és n -rétegnek szükséges váltakozását magának a kristálynak az előállításánál lehet a legcélszerűbben létrehozni. Ez a kutatómunka a BTL-ben (*Bell Telephone Laboratories*) 1949-től 1951-ig folyt és a kristálynövesztési eljárással készült germánium npn -tranzisztor első példányait eredményezte, amelyek teljes mértékben igazolták *Shockley* elméletét [3].

A kristálynövesztési módszer lényege, hogy az olvadékból húzási eljárással növesztett germánium-egy kristály kezdeti szakaszát n -típusúra aktiválják, majd kellő mennyiségű p -típusú adalékot adva az olvadékba a kezdeti n -típusú részhez folytatódólagosan vékony, 25–40 mikron vastag p -típusú réteget növesztenek, végül újabb n -típusú adalékot adva az olvadékba ismét n -típusúvá alakítják a folyamatosan növekvő kristály további részét. Ilyen módon az egykristályban egyetlen nnp rétegsor alakul ki. A technológia további lépései: az nnp rétegsor kipreparálása a kristályból, felapritása $0,5 \times 0,5$ mm² keresztmetszetű hasábokká, a hasábok állványraszerelése, kivezetések kialakítása, kémiai felületkezelés, betokozás (1. ábra). Azonnal erőfeszítések történtek a tömeggyártási technológia kialakítására, azonban tekintve, hogy egyetlen kristály előállítása 5–6 órát vesz igénybe és mindössze 150–200 tranzisztort eredményez, az eljárás laboratóriumi jellegű maradt és természetesen önköltsége magas volt. Az első ilyen rétegt tranzisztorok 1953-ban kerültek forgalomba, határfrekvenciájuk 1 MHz körül, maximális kollektordisszipációjuk 50 mW volt. 1956-ig a Western Electric, a Texas Instruments, a General Electric amerikai gyárak nagy erőfeszítéseket tettek, hogy az eljárást a korszerű termelés igényeihez fejlesszék. A kristálynövesztés módszereinek módosításával sikerült egyetlen kristályon belül több rétegsort létrehozni, utólagos hőkezeléssel befolyásolni a adalékeloszlást, egy negyedik kivezetés segítségével ún. tetróda-konstrukciót kialakítani. Ezek a módosítások azt eredményezték, hogy a tranzisztor határfrekvenciáját 1955-re sikerült 150 MHz-ig megnövelni. Közben az eljárást szilíciumra is kidolgozták és 1954-ben megjelentek az első szilíciumtranzisztorok. A kristálynövesztési módszer minden fejlődése ellenére azonban fokozatosan tért hódított az RCA-gyár által 1952-ben bevezetett ötvöztési eljárás [4] és a növesztési eljárást tulajdonképpen csak az tartotta fenn, hogy egyelőre csak ezzel az eljárással tudtak nagyfrekvenciás tranzisztorokat előállítani.

Az ötvöztési eljárásnak azonban óriási előnye volt, hogy igazi tömeggyártásra alkalmas technológiának bizonyult és tulajdonképpen ezzel indult meg a tranzisztor térhódítása, nem utolsósorban az árak rohamos csökkenése miatt. Az ötvöztési eljárás lényege, hogy a pnp , ill. nnp rétegsor kombináció két szélső, tehát azonos típusú rétegét a megfelelő adalékfémnek a bázissal azonos típusú vékony félvezetőlemez szembenfekvő oldalaira való koncentrikus beötvöztéssel

1. ábra. Növesztett nnp tranzisztor szerkezete

állítják elő, pl. indiumgolyócskák beötvöztésével n -germániumba, vagy ólom-antimon ötvöztet beötvöztésével p -germániumba, alumínium beötvöztésével n -szilíciumba stb. A beötvöztés során, magasabb hőmérsékleten az adalékfém feloldja a félvezetőlemez vele érintkező részét az oldékonysági egyensúlynak megfelelő mennyiségben, majd lehűlésnél kikristályosodik az adalékfémrel szennyezett félvezető-réteg, amely az eredeti anyaggal összefüggő kristályt képez. A két ötvöztött réteg között változatlanul megmaradó félvezető képezi a bázisréteget. Ennek vastagsága kezdetben 35–50 mikron volt. Az emitter és kollektor kivezetések az ötvöztétréteghez csatlakoznak, míg a bázis az eredeti félvezető kristályhoz (2. ábra).

2. ábra. Ötvöztött pnp vagy nnp tranzisztor

Állványraszerelés, kémiai felületkezelés, tokozás a technológia további lényeges lépései. Az ötvöztési technológia óriási előnye a növesztési technológiával szemben, hogy nem igényel bonyolult, nagyszámú kristályhúzó apparaturát, az ötvöztési művelet egyszerűen sokszámú kristálylemezen szalagrendszerben végezhető. Bár az első ötvöztött tranzisztorok egyes adatokban elmaradtak a növesztéssel készült tranzisztoroktól (pl. határfrekvenciájuk legfeljebb 0,5–0,6 MHz volt), az új technológia elsőprő győzelmet aratott. Ezzel a technológiával indult meg tulajdonképpen 1954–55 körül világszerte a tranzisztorgyártás. 1958-ban a gyártott tranzisztorok 90%-a ezzel az eljárással készült. Az ötvöztési eljárás lehetővé tette az egymást kiegészítő pnp és nnp tranzisztorok előállítását és ezzel új, csak tranzisztorokkal megoldható kapcsolások kidolgozását. A kollektor és emitter területek megnövelése lehetővé tette a terhelhetőség fokozását; megjelentek az első teljesítménytranzisztorok [5]. De lázas munka kezdődött az ötvöztött tranzisztorok határfrekvenciájának megnövelésére is.

A tranzisztor frekvenciakorlátja szempontjából döntő tény, hogy az emitterből a bázisba belépő töltéshordozók a bázisrétegen át diffúzióval jutnak a kollektorhoz. Az elmélet szerint az áthaladási idő a bázisrétegen

$$\tau_b = \frac{w^2}{D_b}$$

ahol D_b a töltéshordozók diffúzióállandója a bázisban és w a bázisréteg vastagsága. Ha az emitterre adott jel félperiódusa nagyobb, mint a jel által a bázisba bejuttatott töltéshordozók áthaladási ideje a bázison, akkor ezeknek módjukban van megérkezni a kollektorhoz, még mielőtt a jelfeszültség előjele megváltozik. Ha azonban a jel félperiódusa kisebb, mint az áthaladási idő, akkor a jelfeszültség előjelet vált, még mielőtt az előző félperiódus alatt emittált töltéshordozók megérkeztek volna a kollektorhoz. A jel félperiódusa tartamának tehát minimális határértéke van:

$$\left(\frac{t}{2}\right)_{\min} = \frac{w^2}{D_b}$$

Innen a kritikus határfrekvenciára az alábbi közelítő kifejezés adódik:

$$f_{kr} \simeq \frac{D_b}{2w^2}$$

A kritikus frekvencia fölött gyakorlatilag nincs jel-erősítés. A fentiek szerint tehát a tranzisztor kritikus frekvenciája fordítva arányos a bázisréteg vastagságának négyzetével.

A tranzisztor tulajdonságainak alapos vizsgálata során kiderült, hogy a határfrekvencia nemcsak a bázisréteg vastagságától, hanem az emitter pn -átmenet rétegek kapacitásától is függ, amely egyenesen arányos az emitter területével és fordítva arányos a félvezető anyag fajlagos ellenállásának n -edik gyökével, ahol $n = 2-3$ körüli szám. Ötvözött tranzisztoroknál

$$C_e \simeq 11,6 \cdot 10^{-5} \frac{d_e^2}{\sqrt{\rho_b V}} \text{ pF}$$

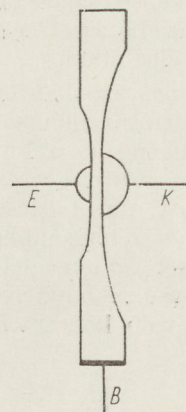
ahol d_e az emitterátmérő mikronban, ρ_b a bázis anyagának fajlagos ellenállása ohm $\cdot$ cm-ben és V az előfeszültség voltban (legalább -1 volt). Az emitterkapacitás e szerepe onnan adódik, hogy ugyanúgy mint a kondenzátornál, váltakozó jelfeszültségnél az emitter pn -átmenetben áttöltődés megy végbe és ennek idejét a kapacitás értéke szabja meg.

E tényezők tisztázásával a feladat nyilván a bázisréteg vastagságának és az emitterátmérőnek csökkentése volt. Ezt a feladatot 1953–1954-ben két eljárással is sikerült megoldani. Az ötvözési technika pnp -tranzisztorban $w = 13$ mikron és $d_e = 250$ mikron értékkel kb. 15 MHz-ig tudta felemelni a határfrekvenciát a gyártás gazdaságosságának szem előtt tartásával, míg nnp tranzisztorokkal (D_b értéke kétszeres!) 30 MHz körüli határfrekvenciákat is elért [6].

1953-ban az amerikai Philco-cég eredeti, elektrokémiai módszereken alapuló eljárást dolgozott ki a tranzisztortechnológiában szükséges extrém kis méretek létrehozására [7]. A Philco-féle eljárással készült tranzisztorok szerkezete hasonló az ötvözési eljárással készült tranzisztorokéhoz (3. ábra), de itt a félvezető kristály elvékonyítása lokálisan a lemezre két oldalról ráirányított elektrolitsugarak segítségével történik anódos marás hatására, míg az emitter és kollektor kialakítása az adalékfémnek (indiumnak)

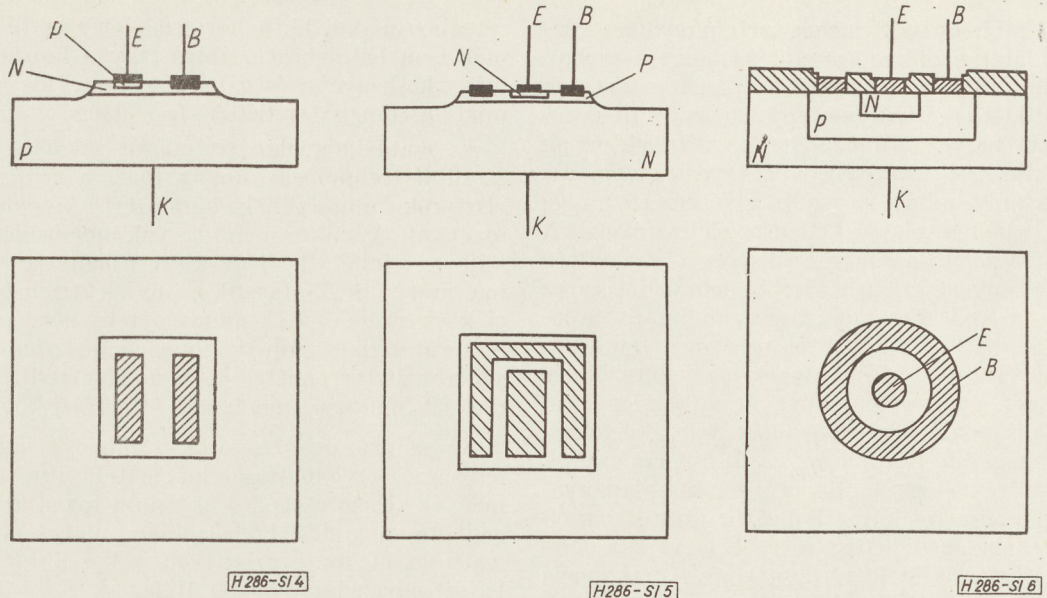
ugyaneből az elektrolitból való katódos helyi leválasztásával történik. Az elvékonyított helyen a félvezető anyag vastagsága 2–5 mikron, az emitter átmérő eredetileg 75 mikron volt. Ezzel az eljárással sikerült először 50–70 MHz határfrekvenciájú tranzisztorokat előállítani. Az elektrokémiai eljárásnak minden eleganciája mellett azonban óriási hátránya volt, hogy a rendkívül szűk toleranciák és magával az eljárással kapcsolatos bonyolult folyamatok miatt nem látszott alkalmasnak a tömeggyártásra. A fejlesztők érdeme, hogy többéves munkával az eljárást teljesen automatizálták nemcsak az eredeti konstrukcióra, hanem a közben kidolgozott újabb konstrukciókra is (MAT, MADT-tranzisztorok), úgyhogy ezzel az eljárással sikerült először 1500–2000 MHz-es tranzisztorokat előállítani.

Közben azonban más irányú munkák is folytak a tranzisztorok határfrekvenciájának növelésére. Krömer mutatott rá még 1953-ban [8], hogy a töltéshordozók átfutási idejének csökkentésére is van lehetőség, ha haladási sebességüket megnöveljük. Ha a bázisrétegben az aktiváló adalékanyag eloszlása nem egyenletes, hanem az emittertől a kollektor felé csökken, akkor az ilyen módon beépült adalékionok belső gyorsító teret hoznak létre, melynek nagysága az eloszlás jellegétől és az eloszlás elején és végén fennálló koncentrációk viszonyától függ. A gyorsító hatás 4–5-szörös az egyenletes eloszlású bázisrétegen történő áthaladáshoz képest. Ezt az elgondolást az amerikai RCA 1956-ban *drift-tranzisztor* néven valósította meg és ezzel lényegesebb méretcsökkenés nélkül kiterjesztette az ötvözési eljárással készített tranzisztorok határfrekvenciáját 120 MHz-ig. A drift-tranzisztor technológiájában jelentkezett először az elkövetkező korszak legfőbb művelete, a gőzfázisból történő diffúzió, melyet a bázisréteg változó koncentrációjú adalékeloszlásának előállítására használtak. A drift-tranzisztor elvét a Philco-



3. ábra. Elektrokémiai eljárással készült pnp tranzisztor

cég sikeresen egyesítette saját elektrokémiai eljárásával [9] és éppen ezáltal sikerült a már említett legmagasabb frekvenciájú MADT-tranzisztorokat előállítani. A beépített gyorsító tér megvalósítása jelentékenyen erősítette az ötvözési technológia helyzetét, de az igények közben tovább nőttek és a



4. ábra. pnp germánium mesa-tranzisztor

5. ábra. npn szilícium mesa-tranzisztor

6. ábra. npn planáris szilícium-tranzisztor

több száz MHz-es tranzisztorok realizálása parancsoló szükségessé vált, különösen azon nagyvállalatok részére, akik szabadalmi okokból nem használhatták sem a drift-, sem az elektrokémiai eljárást. A döntő lépést 1956-ban ismét a BTL tette meg a germánium és szilícium mesa-tranzisztorok kidolgozásával (4. és 5. ábra). A feladat tulajdonképpen változatlanul a vékony bázisréteg és kis átmérőjű emitter előállítása volt. Miután kitűnt, hogy az ötvöztési eljárás minden tömegszerűsége mellett nem használható 10 mikronnál vékonyabb bázisréteg megbízható és reprodukálható előállítására, új és pontosabb eljárásra volt szükség. Az erre irányuló törekvések hozták létre a *mesa-technológiát*.

A mesa-technológiában a kollektor *pn*-átmenet előállítása gőzfázisból történő diffúzióval, az emitter *pn*-átmenetét adalék-fém definiált méretű rétegének vákuumban való rágózásával [10] (pl. germánium *pnp* mesa-tranzisztornál alumínium) vagy diffúzióval [11] (szilícium mesa-tranzisztoroknál) történik. Ettől kezdve az új technika két főeleme, a diffúzió és a vákuumban történő irányított fémgőzölés polgárjogot nyert a tranzisztor-technológiában. Új momentum konstrukciós szempontból, hogy a *pn*-átmenetek eddig két oldalon történő, szimmetrikus kialakítása helyett megjelenik az egyoldalú, aszimmetrikus elrendezés. Ennek következtében a tranzisztor aktív részei a kristálylemez egyik oldalán, kis térfogatomban foglalnak helyet, a lemez többi része tulajdonképpen csak hordozó és másik oldalán közvetlenül hőelvezető testhez rögzíthető. Ezzel egyben megteremtődött a lehetősége a nagyfrekvenciás teljesítménytranzisztorok kifejlesztésének, amelyek az eddigi technológiákkal legfeljebb 2 MHz határfrekvenciát értek el.

Az első mesa-tranzisztorok fő méretei egy nagyságrenddel kisebbek voltak, mint az eddig gyártott tranzisztoroké (1 mikron körüli bázisvastagság, 25 mikron körüli emitterszélesség). Ez teljesen új fel-

adatokat jelentett a gyártástechnológia számára. A legkönnyebben megoldhatónak a bázisréteg előállítása bizonyult, mivel a diffúzió viszonylag lassú folyamat és így a *p* és *n* rétegek méreteinek betartását a kívánt pontossággal lehetővé teszi.

Rendkívül nehéz feladat volt azonban az irányított fémgőzölés megbízható megoldása, a *pn*-átmenetek $0,1 \times 0,1 \text{ mm}^2$ nagyságrendű területeinek létrehozása, az elektródok 10 mikron vastag huzalhozza-vezetéseinek gyártásszerű elkészítése. Új eljárások új műveletek, precíziós gépek kidolgozásával végül is sikerült megoldani a nehézségeket és ma már a mikronos méretek tartományába tartozó mesa-tranzisztorok tömeggyártása is megvalósult. A mesa-technológiával készült germániumtranzisztorok egyes típusai elérik a 2500–3000 MHz határfrekvenciát. Jellemzésül: egy ilyen tranzisztor bázisvastagsága 0,5 mikron, emittere 8×35 mikron méretű csík, kollektora 35×40 mikron méretű sziget.

A diffúzió, a fémgőzölés és a fotogravírozási eljárások bevezetése óriási lökést adott a szilícium-tranzisztorok technológiai fejlődésének is. A szilícium felületén létrehozott vékony SiO_2 -rétegnek a diffúziót gátló sajátosságait tanulmányozva felfedezték, hogy e réteget megfelelő geometria szerint helyileg eltávolítva a diffúzió csak a le nem fedett helyeken megy végbe. A diffúzió körülményeit és az adalékanyagot változtatva lokálisan alakítható ki a *p*- és *n*-rétegek szükséges elrendezése úgy, hogy valamennyi réteg a felületen hozzáférhető (6. ábra). Ugyanakkor a magas hőmérsékleten kialakuló szilíciumdioxid-réteg takarja a *p* és *n* rétegek érintkezési helyét a felületen és mivel vegyszeres kezelésre nincs szükség, ezek az ún. *planáris (sík) tranzisztorok* elektromos adatai rendkívül egyenletesek és állandók [12]. Ezeknek az eljárásoknak a bevezetésével a szilícium tranzisztorok határfrekvenciája is növekedett és ma már elérte az 1500 MHz-et, fizikai okokból azonban kisebb, mint a hasonló germánium-tranzisztoroké.

Az 1000 MHz-es frekvenciák tartományában végzett vizsgálatok azonban kimutatták, hogy a szóban forgó 1 mikron körüli és ez alatti bázisméretetek esetén a már említettekén kívül még egy harmadik frekvenciakorlátozó tényező is megjelenik, a kollektor pn átmenet kiürülési rétegének véges vastagsága. Ez annál nagyobb, minél nagyobb a félvezető anyag fajlagos ellenállása és a kollektor-előfeszültség. A tranzisztor működtetéséhez szükséges előfeszültség azonban bizonyos értéknél kisebb nem lehet és ez megszabja a kollektor anyagának minimális fajlagos ellenállását. Bár a kollektor pn -átmeneten a bázisrétegből érkező töltéshordozók az előfeszültség hatására igen gyorsan haladnak át, a rácsionokkal való ütközés miatt a sebességük egy v_{lim} értéknél nem lehet nagyobb (Ge-nál $v_{lim} = 6 \cdot 10^6 \text{ cm} \cdot \text{sec}^{-1}$, Si-nál $9 \cdot 10^6 \text{ cm} \cdot \text{sec}^{-1}$). Így a szokásos alapanyagok és előfeszítés mellett a kollektor kiürülési rétegén való áthaladás ideje összemérhetővé válik a bázison való áthaladás idejével úgy, hogy a frekvencia növelése szempontjából a bázisréteg vastagságának további csökkentése nem vezet eredményre. Ezen az anomálián egy új eljárás, az *epitaxiális kristálynövesztés* bevezetése [13] segített. Ennél az eljárásnál igen kis fajlagos ellenállású Ge vagy Si lemezt magas hőmérsékleten bomlékony Ge vagy Si vegyülettel hoznak érintkezésbe. A bomló vegyületből felszabaduló tiszta Ge, ill. Si rákristályosodik az alaplemezre és ezáltal ezen vékony (3–4 mikron), nagy fajlagos ellenállású réteg keletkezik. Az epitaxiális rétegben a pn -átmeneteket mesa vagy planáris eljárással alakítják ki. A kollektor átmenet kiürülési tartománya azonban ebben az esetben csak a vékony epitaxiális

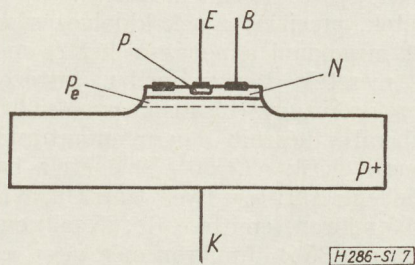
rétegben alakul ki, a hordozóként szereplő lemezbe már nem hatol be (7. ábra). Így a kiürülési tartomány keskenyebb és a hordozólemez kis ellenállása miatt a tranzisztor telítési feszültsége is kisebb.

Az epitaxiális planáris eljárás jelenleg a legkorszerűbb technológia, amely főleg a szilícium tranzisztorok minőségének ugrásszerű javulását hozta magával. A mikro-méretetek vákuumgőzölési technikája az elmúlt 2–3 év alatt rohamosan fejlődött, ma már a legfantasztikusabb elektróda-konfigurációk is megoldhatók mikroméretetekben, mint ez a 8. ábrán látható, amely egy szilícium nnp epitaxiális sík-tranzisztor emitter és bázis elektródjának elrendezését mutatja, amelynek átmérője kb. 0,5 mm.

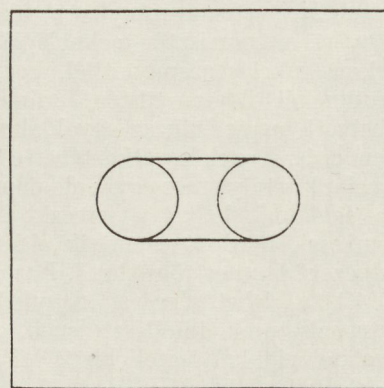
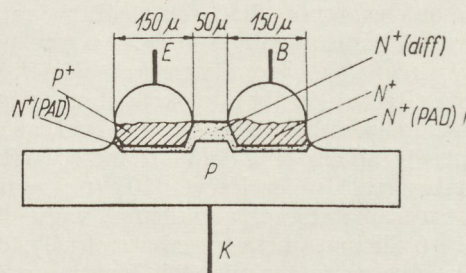
A szilíciumtranzisztorok fejlődése ugyanakkor lényeges előrehaladással járt a teljesítménykövetelmények kielégítésében a szilícium magasabb megengedhető működési hőmérséklete miatt. Ma már 250 wattos szilíciumtranzisztorok is készülnek, amelyek határfrekvenciája 50–60 MHz.

A felsorolt eljárások az Egyesült Államok ipari kutató laboratóriumaiban alakultak ki. Más országokban is születtek fontos lépései a tranzisztor technológiának.

1958-ban Európában a Philips-konzern gyáraiban [14] és a Szovjetunióban [15] egymástól függetlenül fejlesztettek ki új eljárást az URH tartományban működő tranzisztorok előállítására; az ún. *ötvözéses diffúziós eljárásnál* (PADT — post-alloy-diffused transistor; a SZU-ban P 401–403 típusok), p típusú germániumba többkomponensű, p és n típusú adalékot egyaránt tartalmazó fémceppet ötvöznek.



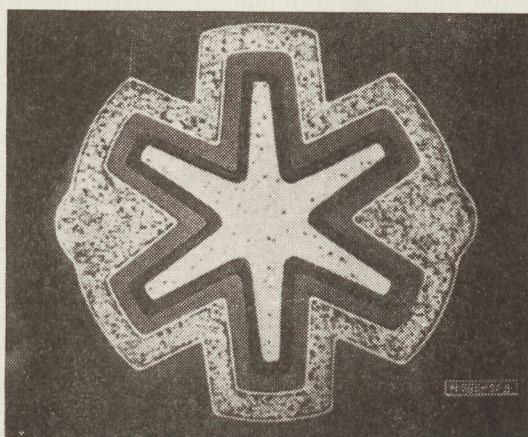
7. ábra. Epitaxiális pnp mesa-tranzisztor (P_e — epitaxiális p -réteg)



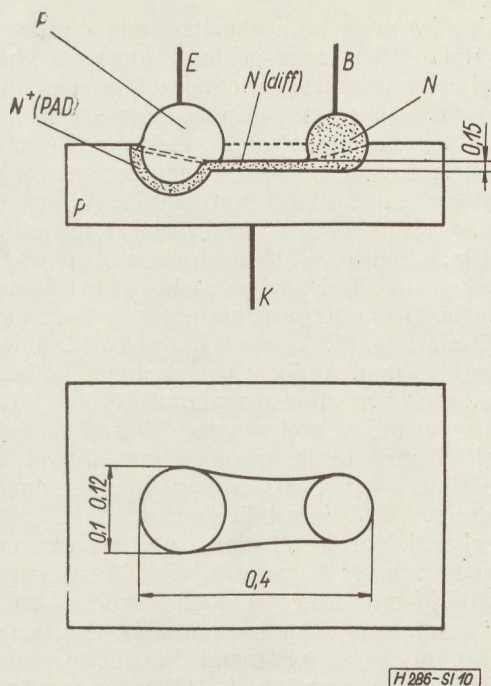
$f_a = 100 \text{ MHz}$

H 286-SI 9

9. ábra. PAD-eljárással készült pnp tranzisztor (Philips)



8. ábra. Planáris szilícium tranzisztor emitter és bázis elektródjai felülnézetben



10. ábra. PAD-eljárással készült pnp tranzisztor (szovjet P 401—403)

Az eltérő oldhatóság miatt a visszakristályosodásnál először több n -típusú adalék épül be a germániumba mint p -típusú, ezáltal 2—3 mikron vastag n -típusú bázisréteg jön létre. A kristály felületén előzetesen diffúzióval kialakított n -réteg biztosítja a csatlakozási lehetőséget az emitter alatti n -réteghez, amellet, hogy a bázis ellenállást csökkenti. Az emitter-csepp közelében beötvözött fémelektrod szolgál a bázis kivezetéséül (9. ábra). A Philips-eljárásnál az emitter és bázis elektrodok mesa-szerű körülmarásával hozzák létre a szükséges kis kollektortertületet, míg a szovjet eljárásnál a beötvözés egy előzetesen kialakított árokszerű mélyedésben történik, melynek mérete szabja meg a kollektor hatásos keresztmetszetét (10. ábra). 70—75 mikron átmérőjű emittercseppekkel és 300 mikron $\varnothing$ kollektortertületekkel kb. 200 MHz határfrekvenciájú tranzisztorok gyárthatók. A mesa-tranzisztorokhoz hasonlóan a tranzisztor aktív részei itt is egyoldalasán vannak elrendezve.

Az elmondottakban a Shockley-féle tranzisztor fő fejlődési szakaszainak rövid ismertetésére törekedtünk, a teljesség igénye nélkül, elhagyva a mellék- és zsákutcák felsorolását. A konkurens érdekek összeütközése, a szabadalmi korlátozások végül is a technológia sokféleségét eredményezték. A nagyfrekvenciás tranzisztor fejlődésében azonban ettől függetlenül végigvonul az a tendencia, amelyet leg egyszerűbben az alábbi egyenlettel fejezhetünk ki:

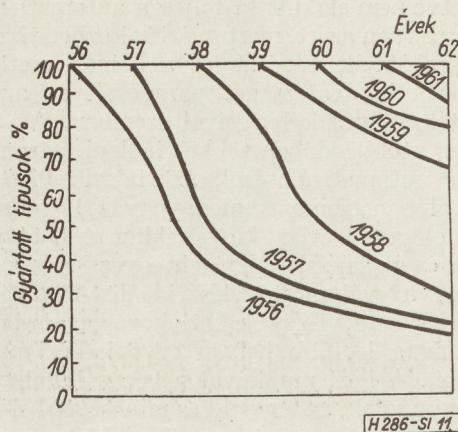
$$\tau_{ek} = \frac{kT}{qI_e} C_{e1} + \frac{w^2}{nD_b} + \frac{x_k}{2v_{lim}}$$

ahol I_e az emitter-áramsűrűség, C_{e1} a feszületegységre eső emitter-réteghkapacitás, w a bázisvastagság, x_k a kollektor kiürülési tartományának vastagsága, kT/q az ún. termikus feszültség és n egy állandó szám

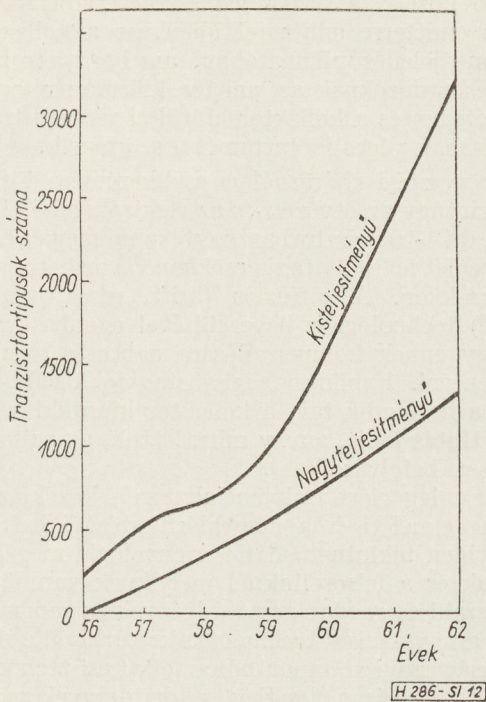
1 és 6 között, a bázisréteg szerkezetétől függően. τ_{ek} az emitterre adott jel időkése a kollektoron való megjelenés pillanatában, amely gyakorlatilag a töltéshordozóknak az emitter kiürülési rétegén, a bázisrétegen és a kollektor kiürülési rétegen történő átfutásának véges időtartamától származik.

A növesztési eljárásnál w csökkentésére törekedtek, szintűgy az ötvözési és az elektrokémiai eljárásnál. A drift-tranzisztorban n értéke nő meg és ezáltal az egyenlet második tagja csökkenő w mellett erősebben csökken. A diffúziós (drift, mesa, planáris, PADT) technológiák bevezetésével azonban megnő C_{e1} , így ennek kompenzálására w -t erősebben kell csökkenteni. 1 mikron bázisvastagság körül jelentkezik a harmadik tag, a kollektor kiürülési rétegén való átfutás ideje, amely mint láttuk, az epitaxiális eljárással befolyásolható.

A jelenleg elért frekvenciahatárok közel vannak már az elméleti és a megvalósíthatósági határhoz. Mennyiben tekinthető hát a technológia megállapodottnak és a felsoroltakból melyiknek van jövője? A műszaki és gazdaságossági igények szempontjából nézve a növesztési technológia kétségkívül a múlté. Gazdaságossági szempontból az ötvözési technológia germániumbázison, esetleg a drift-elvvel vagy a PAD-elvvel kiegészítve hosszabb időre állandósultnak látszik. Automatizálása megoldható, de sok minden függ attól, hogy az ötvözésnél szerepet játszó tényezőket mennyire sikerül kézbe tartani. Az ötvözési technológia jövője elsősorban az önköltség alakulásától és még egy tényezőtől függ, amelyről eddig nem esett szó. Ez pedig az ötvözéssel készült tranzisztorok megbízhatósága. Nem szükséges, hogy a germániumtranzisztorok kevésbé megbízhatóbbak legyenek, mint pl. a planáris szilíciumtranzisztorok. A valóság az, hogy a technológiai fejlődés féktelen üteme mellett a szükségesnél kevesebb figyelmet fordítottak erre a kérdésre, főleg a pn -határok felületi sajátosságaira, mint ahogy nemcsak itt, hanem a tranzisztorteknológia más területein, pl. az alapanyagok területén is akad még elnagyolt megoldás, kellő alapossággal meg nem vizsgált probléma. A technológiafejlesztés versenyében egyszerűen nem volt lehetőség a számbavehető problémák gondos kimunkálására, még a kutatógárdával bőven ellátott nagy ipari államokban sem.



11. ábra



12. ábra

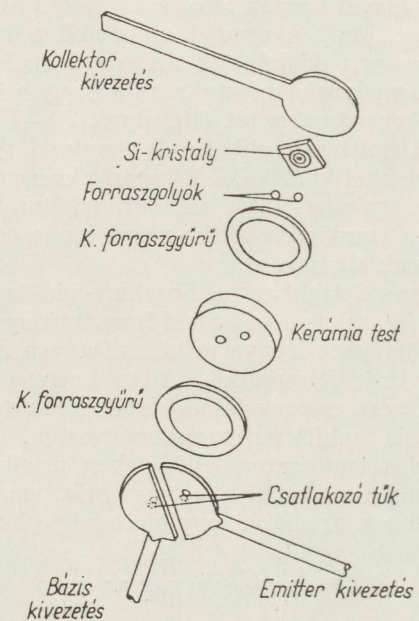
Ennek illusztrálására álljon itt a 11. ábra, amely a forgalomban levő tranzisztortípusok gyors avulásáról ad számot [16]. Az egyes görbéken feltüntetett évszámok a forgalombahozatal évét jelentik. A felmérés szerint pl. az 1956-ban forgalomba hozott tranzisztortípusok közül 1962-re mindössze 20% maradt gyártásban. A 12. ábra a típusok számának növekedését tünteti fel. Látható, hogy az 1 watt alatti kisteljesítményű tranzisztorok számának rohamos növekedése 1959-ben, tehát a mesa-technológia elterjedésének évében indult meg. Mérlegelni kell természetesen azt, hogy az 1960-as nagy árzuhanás miatt számos cég új adatokkal és új áron hozta forgalomba régebbi típusait. A nagyteljesítményű csoport felfelé ívelő görbéje elsősorban a planáris eljárás bevezetésével függ össze.

Az új technológiák utáni hajsza még egy ponton éreztette hatását: a gyártás gépesítésének, automatizálásának fokában. Az elektrokémiai technológiától eltekintve nem alakult ki teljesen automatizált eljárás egyszerűen azért, mert gyártás közben tisztázásra váró problémák adódtak és a holnap esetleges új technológiája óvatosságot parancsolt az automatizálás tekintélyes költségeivel szemben. Az a tény, hogy az utóbbi időben többet hallani a tranzisztor-gyártás automatizálásáról, azt látszik bizonyítani, hogy valóban bizonyos megnyugvás következik be a technológia frontján. Ugyanakkor az is tény, hogy a mesa és a planáris eljárások egyes lépései, mint a diffúzió, a vákuumgőzölés ideálisan alkalmasak tömeggyártásra, viszont a csatlakozó szerelési műveletek eddig a legtöbb helyen egyedi, kézi munkával történtek. A kézi munkával nehezen kezelhető extrém kis méretek, az egyenletes minőséget befolyásoló szubjektív faktor miatt azonban biztosra vehető, hogy a teljesen automatikus gyártás hamarosan

megvalósul a mesa- és a planáris tranzisztorok területén. Ilyen fejleményre példa az amerikai Hughes-gyár által bevezetett „Micro-seal” eljárás, ahol a planáris tranzisztorok összeszerelése és légmentes lezárása szemmel láthatóan az elektroncső-technológiától kölcsönvett kerámia-keményforrasztási technikával történik körforgó automatán. Az emitter és bázis elektródokhoz a csatlakozást két forrasztott fenék- és az emitterhez és bázishoz csatlakozó ketté osztott fedél-lemez pedig hermetikus zárást biztosít, mint ez a 13. ábrán látható. A kész tok átmérője 2 mm, vastagsága 0,75 mm. Az ilyen tranzisztor modulszerűen használható klasszikus, nyomtatott és integrált áramkörökben. A szokványos kivitelű mesa- és planáris tranzisztorok vékony huzalkivezetéseinek automatikus rögzítésére is van már automatikus berendezés, 250 db/óra teljesítménnyel.

A helyzetképet összefoglalva a jelek arra mutatnak, hogy a tartós fogyasztási cikkekben tömegesen használt kisteljesítményű kisfrekvenciás tranzisztorok technológiájában huzamosabb ideig számolni lehet az ötvözeses eljárással készült germánium-tranzisztorok szereplésével, főleg gazdaságossági szempontok miatt, míg az ipari elektronikában, különösen speciális feladatokhoz (igen nagy frekvenciás, kapcsoló- és impulzusüzemű tranzisztorok) a mesa és a planáris technológiával készült tranzisztorok elterjedése várható, a szilíciumtranzisztorok fokozódó térhódításával. Termelési volumenben azonban a mérleg legalább tíz évig a germániumtranzisztorok oldalára billen. Újabb félvezető anyagok felhasználása a Shockley-tranzisztor technológiájában kevésbé valószínű.

Ami magának a Shockley-tranzisztornak további perspektíváját illeti, a szakemberek becslése szerint



H 286 - SI 13

13. ábra Gépesített „micro-seal” eljárással szerelt planáris szilícium tranzisztor alkotó elemei

a határfrekvencia növelése 50–60 GHz-ig technológiailag realizálhatónak látszik. Nem hagyható persze figyelmen kívül, hogy az ilyen tranzisztorok bázisrétege mindössze néhány száz atomrétegből állhat, az aktív elektródfelületek kisebbek 5 mikronnál. Ilyen mérettartományokban már fokozottabb mértékben számolni kell olyan folyamatokkal, amelyek a tranzisztorban mint termodinamikailag nem-egyensúlyi rendszerben végbemehetnek, pl. a kristályhibák eloszlásában bekövetkező ingadozások, az adalékanyagok koncentrációjában létrejövő változások, a felületeken lejátszódó adszorpciós és kinetikus folyamatok. Ezek hatásának korlátozása esetleg olyan költséges eljárásokat igényelhet, amelyek összeférhetetlenek a gyártás gazdaságosságával. A Shockley-tranzisztor felső teljesítményhatára 1–2 kW körül várható, anélkül, hogy a tranzisztor miniatűr jellegével ellentétbe kerülne.

A tranzisztor távolabbi sorsának értékelését sok tényező megnehezíti. A legfontosabb kártyák a felhasználók kezében vannak. Nem világos, hogy mennyire kell számolni pl. a parametrikus erősítés elvének terjedésével, mennyire jelent akadályt a tranzisztoroknak, mint bipoláris töltéshordozókkal működő eszköznek nukleáris sugárzásra mutatott érzékenysége az olyan unipoláris félvezető eszközökkel szemben mint a tunnel-dióda, az unipoláris tranzisztor? Nem látható még világosan, lezajlik-e a forradalom a kapcsolástechnikában, és a különálló aktív és passzív alkatrészekből összehuzalozott áramköröket teljesen felváltják-e a funkcionális és integrált áramkörök, mint ezt a szilárd áramkörök és a molekuláris elektronika profétái jósolják.

Mindez azonban nem szabad, hogy bizonytalanságot keltsen a szilárd testek kutatása terén. Mint a bevezetésben mondtuk, a tranzisztor felfedezése hebizonyította, hogy a szilárd testekben végbemenő elektronfolyamatok is alkalmasak elektromos jelek erősítésére, generálására. Ma már világos, hogy a tranzisztor csak egy bizonyos jelenségesoportot

hasznosít a szilárd testek változatos tulajdonságai-ból, és még számos jelenség vár felfedezésre, hasznosításra. Az alagút-effektus, a laser-effektus, a közelmúlt meggyőző példái a lehetőségekre.

A szilárd testek és ezen belül a félvezetők kutatása területén az elkövetkező évek nagy feladataink vannak. A híradástechnikai ipar mindenkori alkatrészbázisának korszerűsítése, a tranzisztor és a hozzá hasonló aktív elemek gyártásának fejlesztése, megbízhatóságának fokozása: ezek legfontosabb tennivalóink.

IRODALOM

1. J. Bardeen — W. H. Brattain: The Transistor, a Semiconductor Triode. Phys. Rev. 74. p. 230. (1948. July)
2. W. Shockley: The Theory of P-N Junctions in Semiconductors and PN-Junction Transistors. B. S. T. J. 28. p. 435. (1949. July)
3. W. Shockley; — M. Sparks — G. K. Teal: PN-Junction Transistors. Phys. Rev. 82. p. 120. (1951)
4. R. Law et al.: A Developmental Germanium P—N—P—Junction Transistor. Proc. IRE. 40. p. 1352 (1952. Nov.)
5. P. N. Hall: Power Rectifiers and Transistors, Proc. IRE 40. p. 1512. (1952. Nov.)
6. C. Mueller — J. Pankove: A PNP Triode Alloy Junction Transistor for RF Amplification. RCA Rev. 1953. Dec.
7. W. Bradley: The Surface Barrier Transistor. Proc. IRE 41. p. 1702. (1953. Dec.)
8. H. Kroemer: Der Drifttransistor, Naturwissenschaften. 40. p. 478. (1953. Dec.)
9. C. Thornton: Physical Design Concepts for UHF Graded Base Transistors, Solid State Physics in Electronics and Telecommunications 2, p. 1122. Proc. Brussels Conf. 1958. June.
10. Ch. Lee: A High Frequency Diffused Base Ge Transistor. B. S. T. J. 35. (1956. Jan.)
11. M. Tanenbaum — D. E. Thomas: Diffused Emitter and Base Silicon Transistors. B. S. T. J. 35. p. 1. (1956. Jan.)
12. V. H. Grinich — J. Hoerni: The Planar Transistor Family. Coll. Int. Disp. Semiconducteurs, Paris, 1961. I. p. 132.
13. H. Theuerer et al.: Epitaxial Diffused Transistors. Proc. IRE 48. p. 1692. (1960)
14. P. Jochems — O. Memelink — L. Tummers: Construction and Electrical Properties of a Germanium Alloy Diffused Transistor, Proc. IRE 46. (1958. June.) p. 1161.
15. Самохвалов, Н. Спирidonov: Полупроводниковые приборы и их применение, 3. п. 47. (1958. Москва)
16. „Solid State Design” 1693. Jan. p. 57.

ETO 621.382.3.002.2(091)

Dr. Szép I.:

A tranzisztor gyártási technológiájának fejlődése és további perspektívái

HÍRADÁSTECHNIKA XIV. 1963. november

Tizenöt év alatt a tranzisztor kezdetleges laboratóriumi eszközből bonyolult ipari terméké fejlődött. A fejlődésben lényeges szerepe volt a gyakorlat és az elmélet kölcsönhatásának. Az előadás a technológiai fejlődés egyes szakaszain keresztül ismerteti a fejlődés útját a tús-tranzisztoról egészen a legkorszerűbb epitaxiális planáris tranzisztorig és utal a további fejlődés lehetőségeire, módjaira.

ДК 621.382.3.002.2(091)

Д-р И. Сеп:

Развитие технологии производства транзистора и его дальнейшие перспективы

HÍRADÁSTECHNIKA (HÍRADÁSTECHNIKA, Будапешт) XIV. 1963. ноябрь

В течение 15 лет транзистор развивался из первобытного лабораторного прибора в сложный промышленный продукт. В развитии важную роль играло взаимодействие практики и теории. Статья трактует путь развития через отдельные этапы от транзистора с точечным контактом до самого современного эпитаксиального планарного транзистора и показывает возможности и способы дальнейшего развития.

DK 621.382.3.002.2 (091)

Dr. I. Szép:

Entwicklung der Produktionstechnologie der Transistoren und ihre weitere Entwicklung

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XIV. 1963. November

Während fünfzehn Jahren entwickelte sich der Transistor von ein-

fachen Laboratoriumelement zum komplizierten Industrie-erzeugnis. Die gegenseitige Beeinflussung der Praxis und Theorie spielen eine wesentliche Rolle in der Entwicklung. Der Artikel erörtert den Weg der Entwicklung von dem Spitzentransistor zum epitaxialen planaren Transistor durch die einzelnen Perioden der technologischen Entwicklung. Es wird auf die Möglichkeiten und Methoden des weiteren Fortschrittes hingewiesen.

UDC 621.382.3.002.2 (091)

Dr. I. Szép:

Development and Future Prospect of the Fabrication Technology of Transistors

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XIV. 1963. November

During fifteen years the transistor developed from a simple laboratory device to a complicated industrial product. The interaction of practice and theory played a considerable role in the development. The article presents the most important phases of development from the point contact transistor to the most recent epitaxial planar transistor and points to the possibilities and methods of later developments.

CDU 621.382.3.002.2 (091)

Dr. I. Szép:

Développement et des perspectives futures de la technologie de fabrication des transistors.

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XIV. 1963. novembre

Pendant quinze ans le transistor se développa de composant simple à une production industrielle compliquée. L'influence réciproque de la pratique et de la théorie jouait un rôle important dans le développement. L'article fait connaître les phases importants des transistors à point jusqu'aux plus modernes transistors «epitaxial planar». Puis il indique sur les possibilités et méthodes du développement future.

A mérés technikai kutatás szerepe félvezető eszközök fejlesztésében

ETO 621.382:621.317.

Elfogultság, ha az ifjú kutató csak a tiszta elméletet, az egyre bonyolultabb, egyre elvontabb matematikai modellek fejlesztését látja tudománynak és elfordul a gyakorlattól. De épp ilyen hibás a másik iskola is, amely lenézi a „papiros munkát”, alkotásnak csak az anyagok, eljárások kidolgozását tekinti, tudományos eredménynek csak azt, ha valamilyen termék első, vagy legalábbis hazánkban első példányait teszik le az asztalra. Tévednek azok az áramkörösök is, akik szerint a technológia nem tudomány, csak pancsolás, akik szerint a tudomány ott kezdődik, ha a kész alkatrész tulajdonságait megállapítják és azok alapján a célnak megfelelő bonyolult berendezéseket terveznek.

Ha azonban iparkodunk minden szakmai elfogultságtól megszabadulni, be kell látnunk, hogy a műszaki tudományban szorosan egymáshoz kapcsolódik a háromféle feladat. Az elmélet nem fejlődhet tovább a kellő tapasztalati ismeretek nélkül, a mérés technika- és alkalmazás már feltételezi, hogy legyen vizsgálható termék, a technológia pedig megbénul, ha a mérés technika nem igazítja útba. *A mérés technika, a technológia és az elmélet három egyenrangú pillére a tudományos munkának*, és együttesen ad feleletet a

Mi? Hogyan? Miért?

hármaskérdésére. Jó példát kínál erre a félvezető technika új, nagy, japán találmánya: a tunnel-dióda. Az elméleti fizika ismerte fel, hogy a mindkét oldalán túlszennyezett rétegdiódában fellépő újszerű jelenségnek mi a magyarázata, de a technológiának meg kellett találnia a reprodukálás módját; azt pedig, hogy érdektelen furcsaság-e az új eszköz, vagy csakugyan van-e jelentősége, csupán a működés és az áramkörök beható kutatása döntötte el.

Hazai viszonyainkra áttérve, saját szavainkat hazudtolnánk meg, ha a mérés technikai kutatás jelentőségét a többi szakterület fölé akarnánk helyezni. Nem ez a szándékunk, hanem Intézetünk Elektronikus Laboratóriumának szerepét szeretnénk vázolni a félvezető-kutatásban. Ezt a szerepet szabatosan úgy kellene meghatároznunk, hogy a laboratórium funkcionális vizsgálatok segítségével a félvezető eszközök struktúráját kutatja. A következőkben néhány példát sorolunk fel.

A zajjelenségek és a felületi folyamatok összefüggésével kezdjük. Ma már nyugodtan elmondhatjuk, hogy sikerült leküzdeni a magyar tranzisztor súlyos gyermekbetegségét: a zajosodást. Ebben a munkában a laboratórium úgy vette ki a részét, hogy először is kialakította a zajmérés metodikáját. Megállapítottuk,

hogy a néhány órás, vagy napos működés után fellépő zaj lényegében kisfrekvenciás, azaz flickerzaj. Nagyobb frekvencián a zaj csak igen súlyos esetekben növekedett meg. A keresztezési frekvencia fogalmának bevezetésével egyetlen számadat jellemzi a tranzisztorzajt, amihez két mérést kell végezni, még pedig 30 Hz és 10000 Hz körül. Megfigyeltük azt, hogy a zaj értéke egyes esetekben nem volt állandó, hanem huzamosabb égetés folyamán emelkedett, de rövid kikapcsolás után ismét alacsonyabb szintet vett fel. Ezért alakítottunk ki olyan berendezést, amelyben nagyobb számú tranzisztoron tartós égetés közben, az áramkör megzavarása nélkül tudtunk egyedileg zajt mérni. A tömeges zajmérések céljára pedig olyan készüléket dolgoztunk ki, amely adott frekvencián közvetlenül a tranzisztor zajtényezőjét mutatja.

A mérőberendezés és a mérési módszer kifejlesztése után tértünk rá az Egyesült Izzó Félvezető Fejlesztésével közös kísérletekre. Ezekben megállapítást nyert, hogy a tok tömítetlenségének kiküszöbölése nem elegendő, hanem stabil kristályfelületet kell kialakítanunk. Az irodalomban néhol hangoztatott véleménynel szemben (amely szerint a nagy áramerősítési tényező biztosítására a tokban bizonyos vízgőz-tartalomra szükség van) megállapítást nyert, hogy száraz atmoszférára kell törekedni. Ez azonban csak bizonyos mértékig valósítható meg. Ezért a fejlesztés olyan kristályfelületet iparkodott kialakítani, amelynek 5% páratartalom még nem árt meg. A Giber János vezette munkacsoport több technológiai változattal tett próbát, és a mi vizsgálataink alapján az bizonyult a legjobbnak, amelynél a gondos marás után gyors szárítás és hosszú, intenzív hőkezelés alakítja ki a stabil oxidréteget.

A felület stabilitásának vizsgálatára egyszerűbb mérést is kidolgoztunk, mégpedig a maradékáram tranziens változásának vizsgálatát, meghatározott égetés utáni ki- és bekapcsolási körülmények között.

További tervünkben előre szeretnénk lépni. A zaj és a kristályfelület fizikai állapota közötti kapcsolat bizonyos fokú tisztázása után most azt gyanítjuk, hogy az átmenetek között fellépő apró belső átütések is hozzájárulnak a zajhoz. Ezt a hatást a felületi jelenségek — amelyek szintén lehetnek átütésjellegűek — általában elmoszák, de jó felületnél már tanulmányozható. Ezekkel a vizsgálatokkal Hidas György foglalkozik.

Foglalkozunk laboratóriumunkban a nagyfrekvenciás tranzisztorzaj vizsgálatával is. A 25 MHz-es és

100 MHz-es zajmérés után most már a 200 MHz-es zajmérés metodikájának kidolgozása folyik, úgyhogy mire a hazai kutatás 200 MHz-en működő tranzisztorokat produkál, azt készen várják a vizsgálati lehetőségek. Bár a nagyfrekvenciás zajmérés egyelőre csak eszközvizsgálat, már vannak tapasztalataink arra nézve, milyen kapcsolatban van a zaj frekvenciafüggése a nagyfrekvenciás tranzisztor struktúrájával. A nagyfrekvenciás zajkutatásról dr. Ambrózy András és Kauker János számol be.

A félvezető felületek viselkedésével kapcsolatban a fizikai jellegű vizsgálatokat nem lehet szétválasztani az elektromos vizsgálatoktól, és így elengedhetetlenné vált számunkra a kristályfelületek tanulmányozása pontosan definiált körülmények között, tehát ultranagyvákuumban. Ezt a munkát Ernst Lajos ultranagyvákuum-vizsgálatai alapozták meg.

A Laboratórium tevékenységének előbb vázolt jellegét még jobban illusztrálja Kocsis Miklós munkája. Teljesítménytranzisztoroknál döntő kérdés, hogy milyenre sikerült a p - n átmenet a valóságban. Kocsis három egyszerű elektromos méréssel meghatároz egy fontos jellemzőt: az átmenetek átlagos távolságának viszonyát a minimális távolsághoz. Minél nagyobb ez a tényező, annál messzebb vagyunk a planparalel struktúrától. A munka erős nemzetközi visszhangot váltott ki. Az inhomogénitás önmagát rontó folyamat, az új tényező tehát a teljesítménytranzisztorok döntő fontosságú minőségi paramétere. A vizsgálat bevezetése tette lehetővé, hogy a hazai tranzisztorok ma ebből a szempontból sokkal jobbak a japán tranzisztoroknál és megütik a nyugat-európai színvonalat is.

A külső felület és a belső átmenet geometriájának ismerete azonban még nem elegendő. Hiszen az idealizált tranzisztor működésének megadásához is szükségünk van további geometriai-fizikai paraméterekre. A nagyfrekvenciás viselkedésre legnagyobb befolyással a bázis szennyezés-eloszlásának helyfüggése és az emitter-átmenet helye van. Ezeket a fizikai jellemzőket viszont mérés segítségével lehet megismerni. A nagyfrekvenciás paraméterek mérési metodikáját, valamint a mérőberendezéseket 100 MHz-ig Morvai István közreműködésével dr. Kovács Ferenc, a levágási frekvencia-vizsgálatokat Házman István dolgozta ki. Eredményeik alapján α frekvenciamenetének mérésével vagy az f_{α} és f_1 határfrekvenciákat közvetlenül mérve megkapjuk α fázisszögét a határfrekvencián. A bázis-emitter közötti kapacitást az áram függvényében mérve szétválaszthatjuk a kiürített réteg C_{re} kapacitását és a C_D diffúziós kapacitást. Ennek figyelembevételével a fázisszög meghatározza a drifttényezőt, tehát a szennyezés-eloszlást a bázisban. Ez a legfontosabb jellemző paraméter. C_D értékéből, a bázisszélességet is meghatározhatjuk. A kollektoroldali C_{TC} kapacitás értékét is segítségül véve kiadódik az átmenet felülete, valamint a kollektoroldali és emitteroldali szennyezés is. Így tisztán elektromos mérések alapján eljutunk a lényeges geometriai — és fiziko-kémiai jellemzőkhöz. (Hasonló jellegűek a félvezetőtechnológiai laboratóriumban Pásztor Gyula vizsgálatai.)

Elméleti- és mérés technikai vizsgálataink másik célja e területen az volt, hogy megtaláljuk a sokféle, bonyolult nagyfrekvenciás paraméter között azokat, amelyek egyszerűen mérhetők, a működést mégis a legjobban jellemzik, és így nemzetközi szabványosításra alkalmasak. Erre vonatkozóan már javaslatunk van.

Küszöbön áll hazánkban a nagysebességű impulzus-tranzisztorok kifejlesztése. Ismeretes, hogy az impulzus-alakot főként három tényező alakítja ki: a bekapcsolási-, a tárolási- és a lecsengési jelenség. Mindhárom függ az áramköri adatok mellett a tranzisztor struktúrájától. A jellegzetes időállandók meghatározására Keresztély közvetlen leolvasású műszert fejlesztett ki, amely nemzetközileg is új. Ez a berendezés a tranzisztorfejlesztést abba a helyzetbe hozta, hogy a megépített áramköri alkalmazásokban történő nehézkes vizsgálatok helyett idővesztés nélkül képes elbírálni minden technológiai módosításnak az eredményét.

Az impulzus-működés vizsgálatához csatlakozik Házman elméleti munkája, amelyben a maradék-áramok összefüggéseit tisztázza. E munkáját az Akadémia folyóiratában közzétette.

Annak a nagyszabású munkának, amely nemrég indult el Laboratóriumunkban, célkitűzése az, hogy objektíven, elfogadható módon dönthessünk félvezető eszközeink megbízhatóságának mértékéről. A mérési metodika kidolgozásában Kemény Ádám, a kiértékelési metodika kidolgozásában Fischer Ferenc vállalták a feladatokat oroszánrészt. Itt felhasználhatuk a csővizsgálatoknál nyert tapasztalatokat. A technológiai kutatás az Egyesült Izzó Félvezető fejlesztési osztályán folyik. A szoros együttműködés a technológiai — és vizsgálati kutatócsoportok között egyrészt arra irányul, hogy megállapíthassuk a valóban szükséges és elégséges követelményeket a megbízható tranzisztorok elbírálásánál, másrészt arra, hogy megtaláljuk, milyen technológiával lehet megbízható tranzisztorokat biztonságosan gyártani. A kísérletek során felvilágosítást akarunk kapni a p -tényező hőmérsékleti és feszültségfüggésére is, továbbá mennyiségileg kívánjuk kiértékelni a Kocsis által meghatározott inhomogénitási paraméter összefüggését az élettartammal, lépcsőzetesen fokozott és egyenletes impulzus igénybevételek esetében.

A félvezető eszköz igen bonyolult elem. Viselkedése adott áramköri viszonyok között saját fizikai, kémiai, geometriai, vagy egyetlen szóval: strukturális paramétereitől függ. Ilyenek pl. a kristály külső felülete, az átmenet simasága és a szennyezés-eloszlás. Ezek hagyományos fizikai vagy kémiai módszerekkel nem mérhetők, funkcionális vizsgálatokból kell vizsszakövetkeztetni rájuk.

Kiinduló lépésünk az áramköri alkalmazások tanulmányozása. A nyert tapasztalatok rendezése megadja az alapot a félvezető eszköz jellemzőinek elkülönítésére. Ezeket mint mérhető elektromos vagy más fizikai mennyiségek (áramok, feszültségek, fényhőmérséklet, intenzitás stb.) közötti összefüggéseket definiáljuk.

Ezután az egyes áramköri funkciók ellenőrzött és zavaró körülményektől megtisztított elvi reprodukálással olyan mérőmodszert fejlesztettünk ki, amellyel a jellegzetes mennyiségek, illetve jellegzetes függvények meghatározhatók.

További lépésként az elméletre támaszkodva megállapítjuk a kapcsolatot ezen mérhető paramétereink és a hozzáférhetetlen struktúra-jellemzők között. Végül pedig a kapcsolat birtokában a funkcionális vizsgálatok segítségével döntjük el, hogy a technológiai eljárás a megkívánt struktúrát hozta-e létre, vagy attól miben tért el.

Ami a kiindulást, tehát az alkalmazások tanulmányozását illeti, természetesen, hogy kutatásunk mindig olyan terület felé fordul, amely a legnagyobb követelményeket támasztja a félvezető eszközökkel szem-

ben. Ezért az utóbbi években a közfogyasztású híradástechnikai cikkek helyett a nagyberendezések és az ipari elektronika területéről választottunk feladatokat. Így Saufert János dr. Komarik Györggyel együtt, egy vivőáramú fűcsoporthívó előállító berendezés tranzistorizálási lehetőségeit kutatta, Hidas György és Kauker János pedig az elektronikus számgép-vezérlés egy részfeladatát oldotta meg.

Kutatásaink során számos új felismerés és új találmány született meg az alkalmazások és a méréstechnika területén, és szerepük volt az új technológiai eljárások kifejlesztésében is. Együttműködésünk a kutatóintézet Félvezető-technológiai Laboratóriumával és az Egyesült Izzó Félvezető Fejlesztésével gyümölcsözően fejlődik.

ETO 621.382 : 621.317

Dr. Valkó I. P.:

A méréstechnikai kutatás szerepe a félvezető eszközök fejlesztésében

HÍRADÁSTECHNIKA XIV. 1963. november

Az elméleti, technológiai és méréstechnikai kutatás, mint a műszaki tudományos munka három egyenrangú szektora. Külföldi példák. Az Elektronikus Laboratórium funkcionális kutatásai. Közreműködés a félvezető eszközök kifejlesztésében és tökéletesítésében a zajvizsgálatok, áttétési vizsgálatok, nagyfrekvenciás vizsgálatok, impulzusvizsgálatok és megbízhatósági vizsgálatok segítségével. A felület és a belső struktúra tanulmányozása roncsoló vizsgálatok nélkül. Együttműködés a technológiai és elméleti kutatókkal. További perspektívák.

ДК 621.382:621.317

Д-р И. П. Валко:

Роль исследований по измерительной технике в разработке полупроводниковых приборов

HÍRADÁSTECHNIKA (HÍRADÁSTECHNIKA, Budapest) XIV. 1963. ноябрь

Теоретические, технологические и измерительные исследования, как три равноценные области научно-технической работы. Функциональные исследования Электронной Лаборатории. Работы по разработке и совершенствованию полупроводниковых приборов с помощью испытаний шума, испытаний пробоя, испытаний в ч., испытаний в импульсном режиме и испытаний надежности. Изучение поверхности и внутренней структуры испытаниями без повреждения. Сотрудничество с работниками в области технологии и теории. Дальнейшие перспективы.

DK 621.382 : 621.317

Dr. I. P. Valkó:

Rolle der messtechnischen Forschung in der Entwicklung der Halbleiterbauelemente

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XIV. 1963. November

Theoretische, technologische und messtechnische Forschungen als drei gleichgestellte Sektoren der wissenschaftlichen Arbeit. Auslän-

dische Beispiele. Die funktionelle Untersuchungen des Elektronischen Laboratoriums des Forschungsinstituts für die Nachrichtentechnische Industrie. Mitwirkung in der Entwicklung und Vervollkommnung der Halbleiterbauelemente durch Rauschuntersuchungen. Durchbruch-, Impuls-, und Zuverlässigkeitsprüfungen. Studium der Oberflächen und Innenstruktur ohne Zerstörungsprüfungen. Zusammenarbeit mit den technologischen und theoretischen Forschern. Weitere Perspektiven.

UDC 621.382 : 621.317

Dr. I. P. Valkó:

Function of the Research on Measurement Technique in the Development of Semiconductor Devices

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XIV. 1963. November

Theory, technology and measuring technique as three equal sectors in scientific research. Foreign examples. Functional research in the Laboratory for Electronics of the Industrial Research Institute for Telecommunication Technique. Participation in the development of semiconductor devices by means of noise investigations, breakdown tests, high frequency, pulse and reliability tests. Surface and bulk structure examination by non-destructive tests. Collaboration with the technological and theoretical researchers. Future perspectives.

CDU 621.382 : 621.317

Dr. I. P. Valkó:

Rôle de la recherche sur la technique des mesures dans le développement des dispositifs à semiconducteurs.

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XIV. 1963. novembre

La recherche théorique, technologique et la recherche des mesures comme des secteurs d'importance égale de la science technologique. Des exemples étrangers. Les recherches fonctionnelles du Laboratoire d'électronique, de l'Institut de recherches industrielles des techniques de télécommunication. Coopération au développement et perfectionnement des dispositifs à semiconducteurs par des essais de bruit, de haute fréquence, d'impulse et de fiabilité. Étude de la structure de surface et d'intérieur sans essais destructeurs. Collaboration avec les chercheurs scientifiques de technologie et de théorie. Perspectives.

Tranzisztorzajmérés 25 MHz-es keverőkapcsolásban

ETO 621.391.822;621.382.3;621.317.7

Tranzisztorok rövidhullámú alkalmazásának egyik korlátja a zaj. Minthogy vizsgálataink szerint a keverőkapcsolás zajtényezője természeténél fogva elég magas, szükség lehet a keverő zajtényező mérésére olyan esetben is, amikor a keverőfokozathban alkalmazott tranzisztort előfokozat előzi meg.

A tranzisztor erősítő-üzemmódban definiálható zaj-helyettesítőkapcsolása régóta ismeretes [1, 2]. Az 1. ábrán feltüntettük a zaj-helyettesítőkapcsolást. A jelforrásból származó zajteljesítményhez a tranzisztor belső zajforrásainak zajteljesítménye is hozzáadódik, emiatt a zajtényező az egységnél nagyobb. A kimeneten jelentkező teljes zaj frekvenciaspektrum szempontjából úgy tevődik össze, hogy minden egyes belső zajforrás azonos frekvenciatarományba eső zaját kell figyelembe venni.

Keverő üzemmódban a helyzet lényegesen bonyolultabb. A 2. ábra szerint a jelforrással rezgőkör kapcsolódik párhuzamosan, tehát a jelforrás termikus zajspektrumából csak az f_b rezonanciafrekvencia környezetébe eső komponensek jutnak tovább. Az U_h nagy amplitúdójú, f_h frekvenciájú oszcillátor beiktatásával a tranzisztor nemlineáris áramköri elemé, keverőfokozattá válik. Így az f_b közelébe eső zajkomponensek a kimeneten $f_h - f_b$ frekvencia környezetébe transzponálódnak át.

A tranzisztor belső zajforrásai széles sávúak, emiatt a kimeneten a belső zajforrásoknak nemcsak az $f_k = f_h - f_b$ középfrekvenciás komponensei fognak jelentkezni, hanem az összes keverési produktumok is. Így középfrekvenciás zajkomponens adódik ki az f_b , $f_h + f_b$, $2f_h + f_b$ stb.-ből eredő keverési produktumokból. Matematikailag a tranzisztoros keverőt legcélszerűbb diódás keverőre és tranzisztoros erősítőre szétbontani [3]; minden egyes sávra külön-külön keverőmeredekség definiálható, az egyes keverő meredekség-komponensek Bessel-függvényekkel fejezhetők ki, a függvények argumentuma az oszcillációs amplitúdót tartalmazza. Méréstechnikai szempontból pedig figyelembe kell venni, hogy a keverő zajtényező lényegesen nagyobb az „egyenes” zajtényezőnél.

A zajmérés elve

Az R generátor ellenálláson keletkező termikus zajfeszültséget a tranzisztorra vezetjük (3. ábra). Ideális (zajmentes) tranzisztor kimenetén ekkor

$$P_{ki} = GP_{be}$$

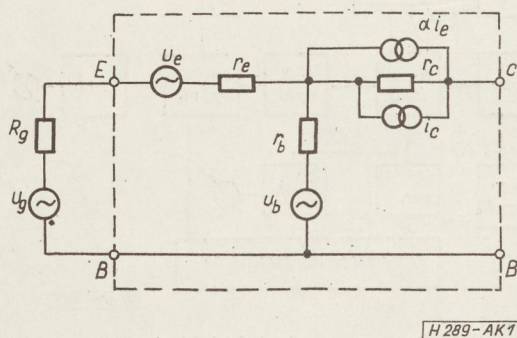
zajteljesítményt kapunk, ahol G a tranzisztor teljesítményerősítése, P_{be} a bemenő zajteljesítmény. Minthogy azonban a tranzisztor maga is termel zajt, a kimenőteljesítmény FP_{ki} lesz, ahol F a tranzisztor zajtényezője.

Kapcsoljuk most be a zajdiódát és növeljük a zajáramot addig, amíg a vizsgálandó tranzisztor kimenő zajteljesítménye megkétszereződik, vagyis

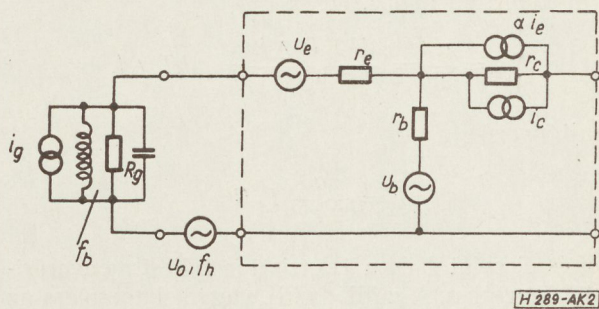
$$P'_{ki} = 2FGP_{be} = FGP_{be} + FGP_{be}$$

lesz. Itt az egyik tag a tranzisztor eredeti kimenő zajteljesítménye, a másik pedig úgy keletkezik, hogy a G teljesítményerősítésű tranzisztor bemenetére FP_{be} teljesítményt adunk. A zajdiódán folyó áramból és az anódköri ellenállásból azonban FP_{be} könnyűszerrel meghatározható:

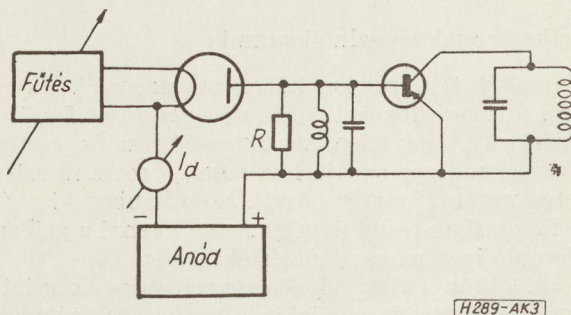
$$FP_{be} = i^2 R = 2q I_d R \Delta f$$



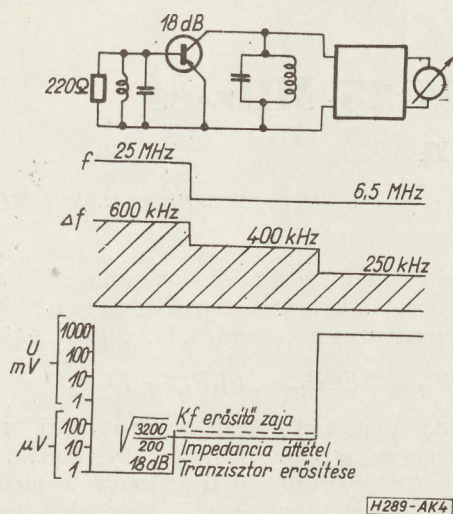
1. ábra. Tranzisztor zaj-helyettesítő kapcsolása



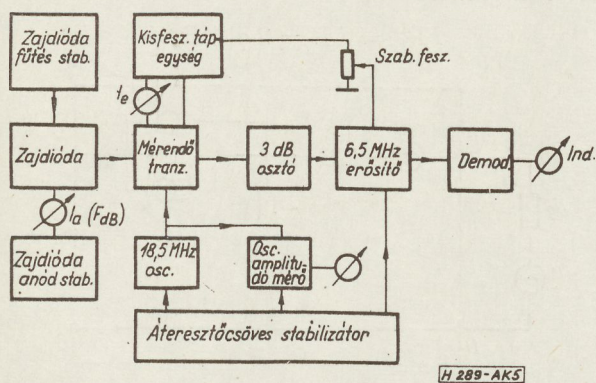
2. ábra. Tranzisztor zaj-helyettesítő kapcsolása keverőüzemben



3. ábra. A mérés elve



4. ábra. A berendezés sávzélesség- és szintdiagramja



5. ábra. A zajmérő blokk-sémája

ahol I_d a zajdióda egyenárama, Δf a sávzélesség, R az anódköri ellenállás. Mivel

$$P_{be} = \frac{u^2}{R} = \frac{4kTR\Delta f}{R} = 4kT\Delta f,$$

a zajtényező

$$F = \frac{q}{2kT} I_d R$$

a sávzélességtől és a tranzisztor teljesítményerősítéstől független. A zajdióda ki-, vagy bekapcsolása az impedanciaviszonyokat nem befolyásolja, mert belső ellenállása hidegen is, telítésben is végtelen.

A teljes berendezés szintdiagramja

Zajmérők tervezésekor különleges gondot kell fordítani az egyes fokozatok sávzélességére és feszültség-szintjeire. Helytelen sávzélességbeosztás esetén a mérőberendezés önzaja lesz nagy, a rossz illesztés szintén az önzajszintet növeli, az erősebben kivezért fokozatban pedig figyelembe kell venni a zajban előforduló igen magas csúcsértékeket is.

A 4. ábrán a berendezés sávzélesség- és szintdiagramját láthatjuk. A jel haladásának irányában a sávzélesség csökken; ellenkező esetben az egymás-

után következő fokozatok egyre nagyobb és nagyobb zajsáv szélességgel rendelkeznenek, így a mérőberendezés eredő zajtényezője igen nagy lenne. A feszültség-szinteket mindenütt 250 kHz eredő sáv szélességre és 0 dB tranzisztor-zajtényezőre számítottuk.

Blokk-séma

A zajmérő blokk-sémáját az 5. ábra mutatja. A mérendő tranzisztor keverőkapcsolásban, nagyfrekvenciás szempontból földelt emitteres áramkörben működik. Bemenetére 25 MHz-re hangolt rezgőkör csatlakozik. E rezgőkörrel párhuzamosan 220 ohm-os ellenállás helyezkedik el, amelynek termikus zaját a mérendő tranzisztor erősíti.

A mérendő tranzisztor 18,5 MHz-es oszcillátorjelet kap egy változtatható és mérhető kimenő-feszültségű oszcillátorról. A pontos zajmérés érdekében az oszcillátorjel amplitúdóját pontosan definiált értéken kell tartani.

A mérendő tranzisztor kimenő rezgőköre 25 — 18,5 = 6,5 MHz-re van hangolva. E rezgőkör, és a 6,5 MHz-es középfrekvenciás erősítő bemenete között helyezkedik el a zajméréshez szükséges 0 — 3 dB-es átkapcsolható osztó. A 6,5 MHz-es középfrekvenciás erősítő egyik fokozata szabályozható; ezzel a mérendő tranzisztor zajának megfelelően lehet az erősítést szabályozni. A középfrekvenciás erősítő kimenetéhez diódás indikátor-műszer csatlakozik.

Az eddig ismertetett fokozatokhoz többféle tápegység szükséges. A mérendő tranzisztor munkaponti feszültségeit és áramait Zener-diódákkal stabilizált feszültségforrás szolgáltatja. E tranzisztor egyenáramú szempontból földelt bázisú kapcsolásban működik a nagyobb munkapontstabilitás érdekében.

Külön tápfeszültségforrások szolgáltatják a zajdióda fűtő, ill. anódfeszültségét. Előbbihez nagystabilitású tranzisztoros forrás szükséges az emissziós áram exponenciális hőmérsékletfüggése miatt.

Közös, áteresztőcsöves stabilizátor táplálja a középfrekvenciás erősítőt és az oszcillátort.

A mérés úgy történik, hogy a mérendő tranzisztor bemenetére csatlakozó szignálgenerátor segítségével a bemenőkört és az oszcillátort behangoljuk; ezután a szignálgenerátort kikapcsolva a középfrekvenciás erősítő erősítésének szabályozásával az indikátoron végkitérést állítunk be. 3 dB csillapítást iktatva a rendszerbe, a zajdióda fűtését bekapcsoljuk, és az anódáramot addig növeljük, míg az indikátor ismét maximumot mutat. Ekkor a zajdiódán átfolyó áram ismeretében

$$F = 10 \log_{10} 4,25 I_d \quad I_d [\text{mA}]$$

A dióda anódáramát mérő műszer tehát közvetlenül zajtényezőben kalibrálható.

Néhány áramköri probléma

A zajmérés pontossága nem kis részben a 3 dB-es osztó pontosságán múlik. Ezt az osztót célszerű nagy impedanciaszinten megvalósítani, mivel így könnyen iktatható a nagyimpedanciájú elektroncsöves áram-

körök közé. Az átkapcsolható osztó felépítése a 6. ábrán látható. A mérendő tranzisztor kimenő rezgőköréhez szimmetrikus kapacitív π tag kapcsolódik. A π tag egyik keresztkapacitását a középfrekvenciás erősítő bemenőkapacitása alkotja, a másik keresztkapacitást ugyanekkorára állítjuk be. A hosszanti kondenzátorral a pontos 3 dB-es osztást állíthatjuk be.

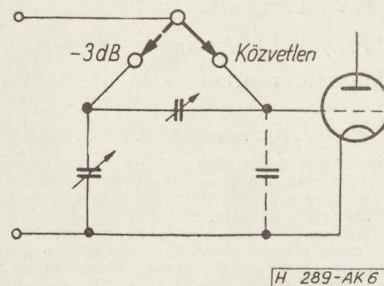
E megoldás előnye, hogy az átkapcsoló föld-, és áthatási kapacitásai belevonhatók a négy pólus elemekbe, így nem okoznak zavart. A szimmetrikus felépítés miatt a bemenő és kimenő kapacitás is egyforma.

További problémák lépnek fel a mérendő tranzisztor és az oszcillátor csatlakozásánál. Az oszcillációs feszültség függvényében ugyanis a mérendő tranzisztor bemenőimpedanciája is változik. Emiatt megváltozik a bemenőkör illesztése, és elhangolódik a rezgőkör. Amennyiben az oszcillátor és a mérendő tranzisztor nincsenek egymástól jól elválasztva, a bemeneti impedanciaváltozás az oszcillátort is elhúzza. Mérőberendezésünkben éppen ezért elektroncsöves oszcillátort és külön elválasztófokozatot alkalmaztunk, hogy a kapott nagy jelszint elegendően laza csatolást tegyen lehetővé.

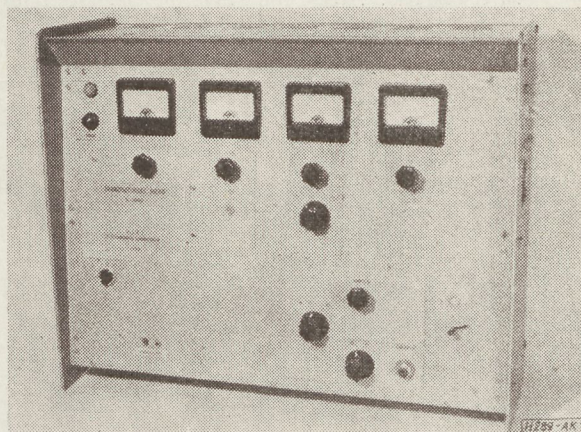
A 7. ábra az elkészült berendezés fényképét mutatja. Újszerű szerkezeti megoldással minden áramkör könnyen hozzáférhetővé vált.

A megépített berendezés elektromos specifikációja:

Mérőfrekvencia:	25 MHz
Sávszélesség:	200—250 kHz
Zajtényező:	0—20 dB
Zajmérés pontossága:	± 1 dB
Munkaponti emitteráram:	0—1 mA
Munkaponti kollektorfeszültség:	6 V
Munkaponti oszcillációs feszültség:	100—400 mV



6. ábra. A 3 dB-es kapacitív osztó



7. ábra. A 25 MHz-es tranzisztor keverő zajmérő berendezés fényképe

IRODALOM

1. E. G. Nielsen: Behavior of Noise Figure in Junction Transistors. Proc. IRE July 1957. p. 957.
2. Ambrózy — Hidas — Valkó: Közvetlenmutató tranzisztor zajtényezőmérő. Híradástechnika. 1963/1. p. 5.
3. R. R. Webster: The noise figure of transistor converters. IRE trans. BTR—7. 1961. nov. p. 50.

ETO 621.391.822 : 621.382.3 : 621.317.7

Dr. Ambrózy A.—Kauker J.:

Tranzisztorzajmérés 25 MHz-es keverőkapcsolásban

HIRADÁSTECHNIKA XIV. 1963. november

Tranzisztorok rövidhullámú alkalmazásának egyik korlátja a zaj. Keverő kapcsolásban a különböző keverési produktumok miatt a zajtényező erősen megnövekszik az egyes erősítő zajtényezőjéhez képest, így a keverőfokozat zaját esetleg még akkor is figyelembe kell venni, ha előfokozat előzi meg. Ezért van szükség ilyen üzemi módban zajmérésre. A szerzők elvi kutatásaik során megvizsgálták egy zajmérési elrendezés legkedvezőbb sávszélességét és szintbeosztását. A 25 MHz-es keverő zajmérő laboratóriumi példányát úgy készítették el, hogy gyors üzemi mérésekre is alkalmas legyen. A berendezés részben elektroncsövekkel, részben félvezetőkkel épült meg. Hiteles zajforrásként wolfram-szálas dióda szolgál. A zajtényező közvetlenül dB-ben kalibrált műszerről olvasható le.

ДК 621.391.822:621.382.3:621.317.7

Д-р А. Амбрози—Я. Каукер:

Измерение шума транзистора в схеме сместителя

HIRADÁSTECHNIKA (ХИРАДАШТЕХНИКА, Будапешт) XIV. 1963. ноябрь

Одним ограничивающим фактором коротковольного применения транзисторов является шум. В схеме сместителя коэффициент шума значительно увеличивается вследствие продуктов смешения по сравнению коэффициента шума усилителя: Таким образом шум сместителя должен

быть случайно рассчитыван, если имеется предварительный каскад. По этому необходимо измерение шума в режиме сместителя. Дана установка для измерения шума, имеющая самую лучшую широту полосы и самое лучшее распределение уровней, разработанная по теоретическим исследованиям авторов. Лабораторный образец измерителя шума с смешением на частоте 25 мГц изготовлен в виде, подходящем к быстрому измерению в производстве. Установка применяет электронные лампы и полупроводниковые приборы. Как эталон служит диод с волфрамовой ниткой. Коэффициент шума показан непосредственно в дБ на приборе

DK 621.391.822 : 621.382.3 : 621.317.7

Dr. A. Ambrózy — J. Kauker:

Transistorrauschmessung im Mischschaltung von 25 MHz

HIRADÁSTECHNIKA (Budapest) XIV. 1963. November

Eine Beschränkung der Kurzwellenanwendung der Transistoren ist das Geräusch. Wegen der verschiedenen Mischprodukte vergrößert sich der Rauschfaktor im Vergleich mit dem Rauschfaktor des direkten Verstärkers. So muss man das Rauschen der Mischstufe dann auch in Acht nehmen, wenn Vorstufen vorangegangen sind. Deshalb ist Rauschmessung in solcher Betriebsmethode notwendig. Die Verfasser haben während ihrer Prinzipvorsuchungen die vorzüglichsten Bandbreiten und Pegelteilungen eines Rauschmessungslageplans geprüft. Sie haben die Laboratoriumsexemplare des 25 MHz Mischungsrauschmessers so hergestellt, dass sie zu schnelle Messungen auch gut sein sollen. Die Einrichtung wurde teils mit Elektronenröhren, teils mit Halbleiterelementen aufgebaut. Als Eichrauschquelle dient eine Wolframfadendiode. Der Rauschfaktor kann unmittelbar in dB von dem kalibrierten Instrument abgelesen werden.

UDC 621.391.822 : 621.382.3 : 621.317.7

Dr. A. Ambrózy — J. Kauker:

Transistor Noise Measurement in a Mixer Circuit of 25 Mc/s

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XIV. 1963. November

The noise is one of the restrictions of the application of the short wave transistors. In case of mixer circuit the noise factor increases considerably in comparison with the noise factor of direct amplifiers because of the different products. So the noise of the converter may be taken into consideration then also if it is preceded by a preamplifier. Therefore noise measurement is necessary in such operating methods. The authors examined—during their research of principle—the most favourable bandwidth and level graduation of a noise measuring layout. They made the laboratory sample of the 25 Mc/s mixing noise level meter in such a manner, that it shall be suitable for quick operation. The equipment was constructed partially with electron tubes and partially with semiconductors. A tungsten filament diode serves as the standard noise source. The noise factor can be read directly in dB from the calibrated instrument.

CDU 621.391.822 : 621.382.3 : 621.317.7

Dr. A. Ambrózy — J. Kauker:

Mesure de bruit de transistor dans le circuit de conversion à 25 MHz

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XIV. 1963. novembre

Le bruit est un des limites dans l'application des transistors sur les ondes courtes. Dans le circuit de conversion — à cause des différents produits de conversion — le facteur de bruit s'augmente considérablement en rapport sur le facteur de bruit d'un amplificateur direct, ainsi il faut prendre en considération le bruit de l'étage de conversion, quand il est précédé d'un étage préamplificateur. C'est pourquoi la mesure de bruit est nécessaire dans cette méthode de l'opération. Au cours de leurs recherches les auteurs ont examiné la plus favorable largeur de bande et la graduation de niveau d'un plan de pose de mesure. L'exemplaire laboratoire était fait d'une façon qu'il soit approprié pour les mesures d'opération vites. L'équipement était construit utilisant aussi des tubes électroniques que des semiconducteurs. Une diode à filament tungstène serve comme une source de bruit étalonée. On peut lire le facteur de bruit directement en dB sur l'instrument calibré.

Fénycsövek hatásfokemelésével kapcsolatos külföldi és hazai eredmények

ETO 621.327.534.15.017;8;661.14.002.237.

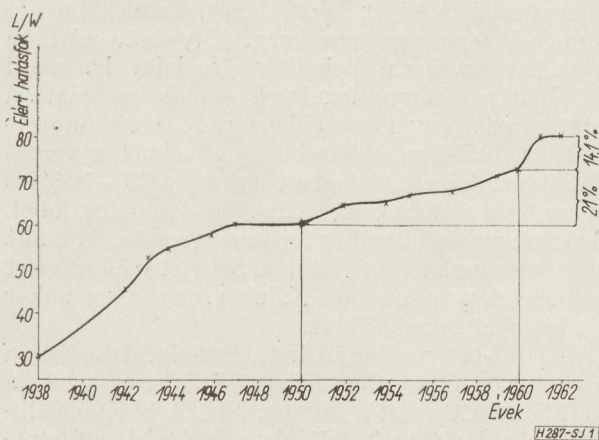
Mesterséges fényforrások gyakorlati felhasználásánál egyik legfontosabb tényező a fényforrások hatásfoka. Elméleti szempontból is fontos a hatásfokot meg szabó tényezők ismerete, mert csak ezek tisztázása útján várható a továbbfejlődés. Az elmúlt évtizedekben is, és napjainkban is, világszerte intenzív és kiterjedt kutatómunka folyik ezen a területen, mely egyrészt új, gazdaságosabb fényforrások kidolgozására, másrészt a meglévő fényforrások hatásfokának javítására irányul. A továbbiakban röviden összefoglaljuk a fénycsövek hatásfokemelésénél elért külföldi eredményeket és ismertetjük azokat az eredményeket, melyeket a Híradástechnikai Ipari Kutató Intézetben az Egyesült Izzó dolgozóival együttműködésben az utóbbi években elértünk. Vázzuk azokat az utakat is, melyeken jelenleg haladunk további hatásfokemelés elérése céljából. Természetesen ez a beszámoló nem tartalmazza a témakörben végzett összes munkát, csak kiragadott részleteken keresztül bemutatja azt, hogy a kutatás, a fejlesztés és az üzem együttműködésével aránylag kis erővel lehet népgazdaságilag is jelentős eredményeket gyorsan elérni.

Ismeretes az, hogy fénycsöveknél a kisnyomású higanygőzkisülésben termelt, főleg 2537 Å hullámhosszú ultraibolya sugárzást a fénycsövek belső falára felvitt fényporréteg alakítja át látható sugárzássá. Ennek megfelelően a fénycső hatásfokát meg szabó tényezőket két csoportra oszthatjuk: az első csoportba tartoznak azok, amelyek a gázkisülésnél keletkező ultraibolya sugárzás hatásfokát szabják meg, vagyis azt, hogy a bevezetett elektromos teljesítményből mekkora rész alakul át hasznos ultraibolya sugárzássá és mekkora rész jut hő- és egyéb

veszteségekre: a második csoportba tartoznak azok a tényezők, melyek főleg a fényporréteggel kapcsolatosak és azt szabják meg, hogy a rétegre eső ultraibolya sugárzás milyen hatásfokkal alakul át látható sugárzássá. A két csoportba tartozó tényezők együttesen szabják meg a fénycső hatásfokát, melyet L/W-ban szoktak megadni.

Az első csoportba tartozó tényezőket a fénycsövek kidolgozásánál már a 30-as évek végén igen részletesen felderítették és a különböző típusú fénycsövek méreteit, elektromos adatait, katódkonstrukcióját ezek alapján állították be. Annak a fejlődésnek legnagyobb része, mely 1938-tól napjainkig a fénycsövek hatásfokánál mutatkozik, jórészt a fényporok változtatása útján, az alkalmazott fénypor hatásfokának megjavításával, a réteg tulajdonságainak javítása, valamint a fényporok feldolgozásánál alkalmazott eljárások változtatása útján jött létre.

Az 1. ábrán bemutatjuk egyik élvonalban levő fénycsőgyár fehér színű csöveinek hatásfokjavulását 1938-tól napjainkig. A görbéből látható, hogy kb. 25 év alatt 30 L/W-ról 80 L/W fölé sikerült a hatásfokot javítani. A hatásfokjavítás munkája három fő szakaszra osztható. Az első időszak a gázkisülés optimális beállítása mellett elsősorban a fényporokat változtatták, míg elérték a magnéziumwolframátból és mangánnal aktivált cinkberilliszilikátból álló keverékfényporhoz, mely kb. 1950-ig korszerűnek látszott és úgy nézett ki, hogy lényeges javítás a fénycsövek hatásfokánál már nem várható. Új fordulat következett be a fénycső-fényporok történetében az antimonnal és mangánnal aktivált kalciumhalofoszfátok felhasználásával 1947-től, mivel egyetlen fényporral tetszőleges színárnyalatot adó fénycsöveket lehetett előállítani. Ez a fénypor olcsó nyersanyagokból gyártható, ellentétben a cinkberilliszilikáttal, nem mérgező és jó hatásfokú. A fényport 1942-ben McKeag és Ranby [1] fedezte fel Angliában, a General Electric laboratóriumában. Nagyüzemi gyártásának megindulása után hihetetlen rövid idő alatt jóformán az összes nagyobb cégek áttértek a kalciumhalofoszfát fénypor használatára és igen széles kutatómunka indult meg e fényporok hatásfokát és egyéb optikai tulajdonságát meg szabó tényezők felderítésére. Ennek a munkának eredménye elsősorban a különböző cégek reklámjaiban mutatkozott meg, mert állandóan újabb és újabb nagyobb hatásfokú csöveket hirdettek, ill. ilyen csövek jelentek meg a piacon. Az elért eredmények egy része szabadalmakban és tudományos közleményekben is nyilvánosságra került, de igen sok részlet, főleg a gyártástechnológiával ösz-



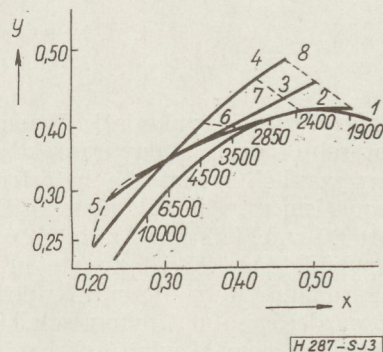
1. ábra. Külföldi fehér színű fénycsövek hatásfok-javulása

szefüggő dolgok nem kerültek nyilvánosságra. A fejlődés utolsó szakasza elsősorban a fénypor-bevonatok javítása, a fényporokból az optikailag előnyösebb szemcseméretű részecskék kiválogatása és végül a fénycsőben levő gáznyomás csökkentése útján jött létre.

A részletekkel való megismerkedés előtt röviden összefoglaljuk a kalciumhalofoszfát fényporok legfontosabb kémiai és fizikai jellemzőit. Az antimonnal és mangánnal aktivált kalciumhalofoszfát fényporról az első részletes közlemények 1949-ben jelentek meg [2, 3]. Kémiai összetételük a következő: $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaX}_2$, ahol $\text{X} = \text{Cl}$ vagy F , vagy $\text{Cl} + \text{F}$. Kristályszerkezetileg mesterséges apatitok, melyekbe aktivátorként Sb és Mn van beépítve. A Sb az ún. primer aktivátor, melynek segítségével történik az ultraibolya energia felvétele és átadása a Mn-centrumnak. Sb nélkül fotogerjesztésnél a halofoszfát fénypor nem világít, csak elektronsugár gerjesztésnél. Ha csak Sb van a fényporban, ultraibolya sugárzás hatására megjelenik a kék antmonsáv, 4800 Å-nál mutatózó emissziós maximummal. Ha még Mn-aktivátor is jelen van, az antmonsáv mellett megjelenik a Mn-sáv is. A két sáv aránya a mangántartalomtól függ. Azonos Sb-tartalom mellett növelve a Mn mennyiségét az antmonsáv csökken és a mangánsáv növekedik, amint az a 2. ábrából is látható. A mangánra jellemző emissziós maximum helyét a beépített F:Cl arány szabja meg. A fluor apatitnál 5700 Å-nél, a klorapatitnál 5950 Å-nál van a maximum helye. Adott F:Cl aránynál változtatva a Mn mennyiségét a két sáv aránya változik, ezáltal a fénypor, ill a fényporból készült fénycsővek színét

foka, mely azt fejezi ki, hogy egy elnyelt ultraibolya kvantumért hány kvantumot ad ki a fénypor a látható tartományban.

Az irodalomban a legkülönbözőbb értékeket lehet találni halofoszfát fényporok kvantumhatásfokára 0,8–0,96 között [5, 6]. Irodalmi adatok és saját kísérleteink szerint is a halofoszfát fényporok hatásfokát elsősorban a fényporban levő, főleg vas- és

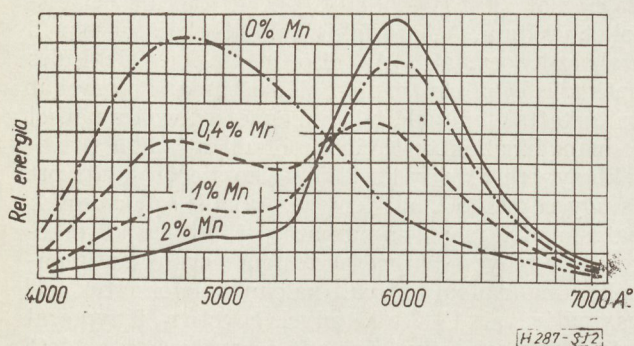


3. ábra. Kalciumhalofoszfát fényporok színe

nehézfém-szennyezések mennyisége, a fénypor kémiai összetétele és a hőkezelés körülményei szabják meg. A halofoszfát fényporok üzemi felhasználása után igen intenzív kutatómunka indult meg az érdekelt vállalatoknál a hatásfokot megszabó tényezők vizsgálatára, mely igen hosszadalmas és bonyolult munka volt, mivel az összetételből is látható, hogy itt igen sok alkotót tartalmazó rendszert kellett feltérképezni. Emunka eredményei az irodalomban 1955 körül kezdtek megjelenni [7, 8, 9, 10]. Ezek a közlemények az összetétel, a szennyezések és az izzítási körülmények hatását tárgyalják.

A fénycsővek hatásfokemelésére irányuló hazai kutatómunka 1956. év májusában kezdődött el a HIKI Bródy Imre Laboratóriumában. Mielőtt a részletekbe belemennénk, röviden ismertetjük az akkori hazai helyzetet. A hazai fénycsőgyártás a második világháború alatt kezdődött el és 1948-ban indult el újra. Halofoszfát fényporokkal az akkor még fenállott angol tapasztalatcsere alapján 1947-ben kezdett foglalkozni az Egyesült Izzó Kutatólaboratóriuma. A hazai megvalósítás Szigeti György, Makai Endre, Nagy Elemér és Bodó Zalán munkája volt, a nagyüzemi gyártást Lévai János, Patak János és Kardos Ferenc szervezte meg. Egyrészt, mivel a kutatókat az üzem beindítása foglalta le, majd később a másirányú feladatok sürgőssége miatt a kutatómunka egy időre abbamaradt, ennek következtében 1956-ban a hazai fénycsőveknél a vezető márkákhoz képest átlagban mintegy 20–25%-os lemaradás mutatkozott hatásfok szempontjából. Munkánk megindulásához igen nagy segítséget adott Gugel és munkatársai által a Szovjetunióban elért eredmények megismerése. Náluk ezen a téren akkor már kiterjedt munka folyt.

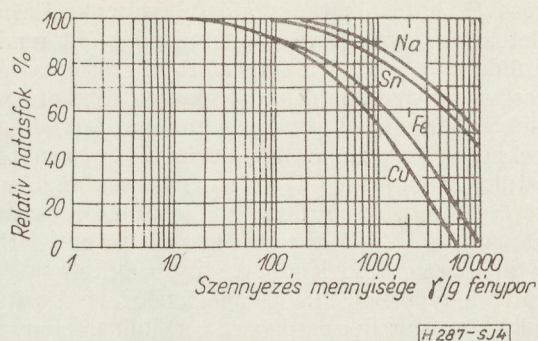
A HIKI-ben megindult kutatómunka elsősorban a fényporok előállításához felhasznált alapanyagok, a CaHPO_4 , CaCO_3 , CaF_2 , MnCO_3 , NH_4Cl , Sb_2O_3 előállítási technológiájának felülvizsgálatára és átdolgozására irányult. Ezen alapanyagok megfelelő ará-



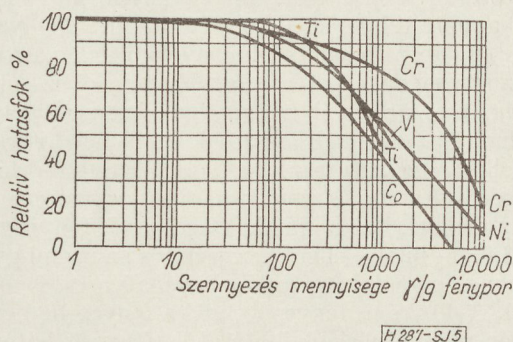
2. ábra. Különböző mangántartalmú halofoszfát fényporok spektrális energiaeloszlása

a Mn-tartalommal széles határok között változtatni lehet. A 3. ábrán, a színdiagrammban az 1 görbe a különböző hőmérsékletű feketetest színekoordinátáit, a 2 görbe különböző Mn koncentrációknál csak Cl-t tartalmazó fénypor színekoordinátáit, a 4 görbe csak F-t tartalmazó, míg a 3 görbe Cl:F = 1:3 arányú haloid keveréket tartalmazó fénypor színekoordinátáit tünteti fel, az 5 görbe 0% Mn-tartalmat, a 6 görbe 1 mol%, 7 görbe 2 mol%, a 8 görbe 4 mol% Mn-t tartalmazó fénypor esetén lett felvéve. A görbékből látszik, hogy egyetlen fényporral a színt igen tág határok között lehet változtatni [4].

A fénycsővek hatásfoka szempontjából igen lényeges kérdés a felhasznált fényporok kvantumhatás-



4. ábra. Fe, Cu, Sn, és Na szennyezések hatása



5. ábra. Co, Ni, Ti, V, Cr szennyezések hatása

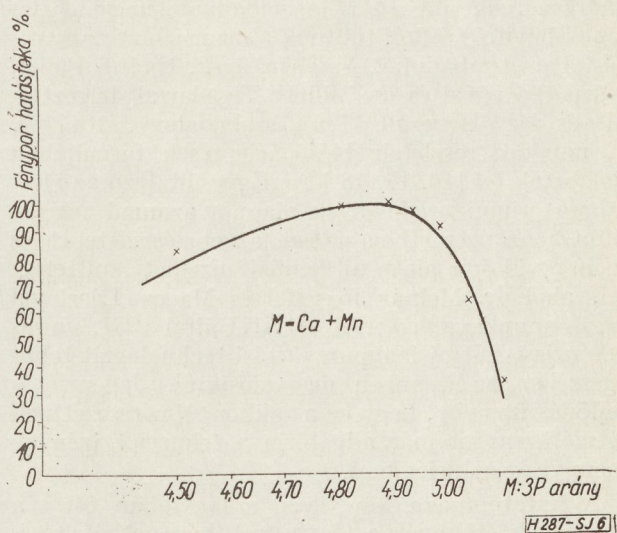
nyokban történő összekeverésével és a keverék izzításával készül a fénypor. Az alapanyagokban levő szennyezések, főleg a Fe, Cu, Cr, Ni, Co beleépülnek a fényporba és annak hatásfokát elsősorban ezen szennyezések mennyisége szabja meg. A szennyezések hatását az irodalomból ismert [4, 10] 4. és 5. ábrán mutatjuk be. Elsősorban a megfelelő vizsgálati eljárásokat kellett kidolgoznunk. Ezt a munkát dr. Endrői Pál végezte el. Az alapanyagok tisztítási eljárásait átdolgoztuk és megállapítottuk, az egyes alapanyagoknál megengedhető szennyezési nivókat. Az alapanyagok előállítása általában oldatból, frakcionált lecsapással történik, beiktatva egy olyan lépést, mely a vas- és nehézfém-szennyezéseket vízben oldhatatlan csapadék formájában az oldatból eltávolítja. A szennyezések leválasztását az előállítandó csapadék részleges lecsapása követi, így a kolloid alakban visszamaradó vas- és nehézfém-szennyezések adszorpciós úton eltávolíthatók az oldatból. Ezután következik az anyag főtömegének lecsapása, mely már a kívánt tisztaságú lesz. Az alkalmazott eljárásokat úgy kellett megválasztani, hogy lehetőleg idegen anyagot ne vigyünk be az oldatba és a kidolgozott eljárások nagyüzemi gyártásra is alkalmasak legyenek, mivel ezekből a lumineszcens tisztaságú anyagokból havonta több tonnányi mennyiséget kell viszonylag kis önköltséggel gyártani. Nagy problémát jelentett a fényporok előállításánál legnagyobb mennyiségben felhasznált alapanyag, a CaHPO_4 tisztításának megoldása, mivel különböző komplexek képződése miatt a vas- és nehézfém-szennyezés kívánt mérvű leválasztása igen komoly nehézséget jelent. Irodalmi adatokból kiindulva [12] a CaHPO_4 előállításához szükséges $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ oldat

tisztítását sikerült megoldanunk és egy olyan kombinált csersavas, kalciumkloridos tisztítási eljárást kidolgoznunk, mely nagyüzemben is használható és segítségével a vas-, ill. nehézfém-szennyezés 5 g/gramm $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ alá szorítható. Az eljárást az Egyesült Izzó itthon is és külföldön is szabadalmaztatta és ma is jó eredménnyel használja [13].

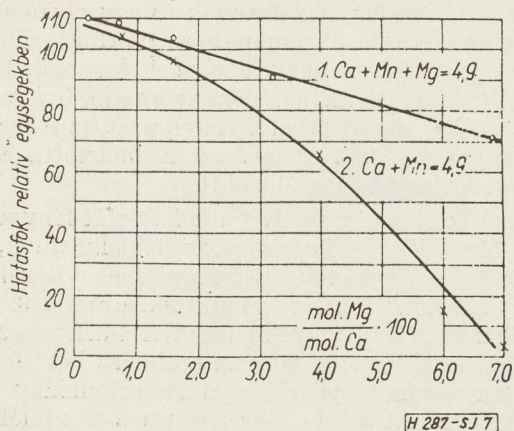
A másik témakör, mellyel a halofoszfát fényporok hatásfokemelésével kapcsolatban foglalkoztunk, az összetétel és hatásfok összefüggésének vizsgálata. Az irodalomban többen rámutattak arra [7, 9, 14], hogy halofoszfát fényporoknál nem az elméleti összetétellel készült fénypor adja az optimális hatásfokot, hanem az olyan fénypor, melynél kalciumhiány van. A képlet szerint 3 P-ra 5 Ca-ion jutna. Azt találták, hogy az optimum $\text{Ca}:\text{3P} = 4,9$ értéknél van, és az összetételnél figyelembe kell venni az összes olyan ionokat, melyek a kalciumot helyettesíteni tudják. Tehát a helyes arány $\text{M}:\text{3P} = 4,9$, ahol $\text{M} = \text{Ca} + \text{Mn} + \text{Sr} + \text{stb.}$ A hatásfok és összetétel összefüggését kísérleteink szerint a 6. ábrán bemutatott összefüggés mutatja. A görbe menete megegyezik Wanmaker és társai eredményével [9]. A görbéből látszik, hogy kation-feleslegnél igen erősen romlik a hatásfok.

Tapasztalataink szerint nemcsak a hatásfok, hanem azonos hőkezelés mellett a szinterelődés foka és a kész fénypor szemcsemérete is nagymértékben függ az összetételtől.

Az optimális összetétel vizsgálatánál jutottunk egyik érdekes, az irodalomban eddig nem tárgyalt felismerésünkhöz. A vizsgálatoknál kiderült, hogy a felhasznált CaCl_2 változó mennyiségű (2–10 mol%) MgCl_2 szennyezést tartalmazott, melynek nagy része preparálásnál a fényporban maradt. A magnézium-szennyezés hatásának tisztázására kísérletsorozatokat indítottunk, melyek közül az első sorozatnál a fényporhoz változó mennyiségű Mg-t adva a fénypor összetételét úgy állítottuk be, hogy $(\text{Ca} + \text{Mn} + \text{Mg}) : \text{3P} = 4,9$ legyen, vagyis a Mg-t olyan ionnak tekintettük, mely a Ca-t helyettesíteni



6. ábra. Összetétel befolyása halofoszfát fényporok hatásfokára



7. ábra. Magnéziumadalék hatása

tudja az apatitrácsban. A második sorozatnál a Mg-ot adalékanyagnál fogtuk fel és a fényporot $(Ca+Mn):3P = 4,9$ aránnyal készítettük el. A fényporok hatásfokát a Mg-tartalom függvényében a 7. ábrán mutatjuk be. A görbékben világosan látszik, hogy a Mg jelenléte mindkét esetben erősen lerontja a fényporok hatásfokát. Közelebbi vizsgálatok azt mutatták, hogy a Mg valószínűleg az Sb beépülését nehezíti meg. Most készülő berendezésünkkel elektrongerjesztésnél is meg fogjuk vizsgálni a hatásfokokat, mivel ilyenkor az Sb jelenléte a világításhoz nem szükséges és e kísérletekből a kérdés tisztázása várható.

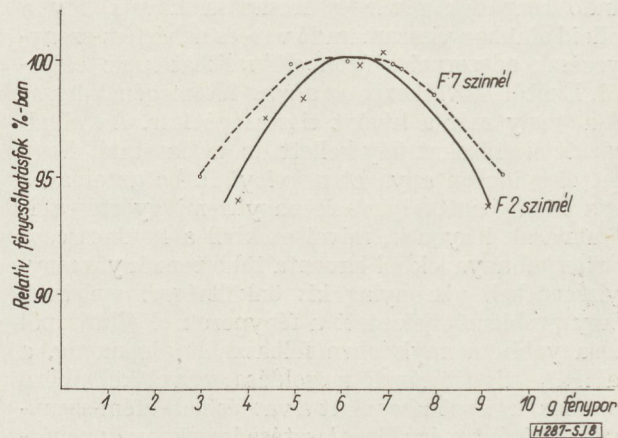
Fentiek ismeretében rövid idő alatt sikerült olyan eljárást találnunk, mely alkalmas volt a magnéziumszennyezés eltávolítására és egyúttal a vasszennyezést is letisztította. Az eljárás lényege az, hogy az oldathoz kalciumoxidot adtunk, így az igen kis oldékonyságú $Mg(OH)_2$ levált az oldatból. Mivel itt heterogén reakciókról van szó és a kivált magnéziumhidroxid beborítja a kalciumoxid felületét, a kalciumoxidot nagy feleslegben kell alkalmazni és a rendszert többször fel kell keverni. Ennél a tisztítási eljárásnál sikerült azt is megoldanunk, hogy idegen ionok bevitele nélkül tudtunk a magnéziumszennyezéstől megszabadulni. Az eljárást dr. Endrői Pállal, Kárpáti Évával és dr. Millner Tivadarral dolgoztuk ki és az Egyesült Izzó szabadalmaztatta [15]. E munkák részleteit belső jelentések formájában dolgoztuk fel [16, 17, 18.] Az Egyesült Izzó az elért laboratóriumi eredmények alapján azonnal megindította az üzemi bevezetésre az előkészületeket és igen rövid idő alatt új kémiai üzemet építtetett fel, ahol dr. Molnár Józseffel és Magos Lászlóval közös munkával sikerült a HIKI által 1957. június 10-én javasolt új fényporgyártási technológiát teljes egészében az üzemben megvalósítani. Jellemző a fejlődés ütemére, hogy ez az akkor túlméretezettnek látszó üzem ma már alig bírja a felmerült igények mennyiségét kielégíteni.

A kutatómunka következő szakaszában főleg a fényporok őrlésénél, a fénycsövek bevonatkészítésénél és a bevonatokban levő kötőanyag kiégetésénél lejátszódó folyamatokat vizsgáltuk, melyek a

fénycsövek hatásfokára kihatással vannak. Ezen a területen nagyon kevés irodalmi adat állt rendelkezésünkre, és az itt alkalmazott eljárások a kész fénycsöveken sem állapíthatók meg, az elért eredményeket a különböző gyárak titokban tartják. Az őrléseknél főleg azokat az optimális viszonyokat kerestük ki, melyeknél az őrlött fényporokból készült fénycsövek még esztétikailag elfogadható bevonatokat adnak és a fényporoknak az üvegfelülethez való tapadása még kielégítő. Az így beállított őrléssel készült fényporból, mely megfelelő viszkozitású nitrolakkba van diszpergálva, történik a fénycsőburák belső felületének bevonása. A fénycsövek hatásfokát igen nagymértékben befolyásolja a felvitt fényporréteg vastagsága, mivel kevés fénypornál nem kapunk teljes lefedést, így az ultraibolyasugárzás egy része az üvegfalon nyelődik el, nagyobb rétegvastagságnál a kötőanyag kiégetése okoz súlyos problémát és az egyéb veszteségek is megnövekednek. Ezért az optimális viszonyokat ismét kísérletileg kellett meghatározni az adott fénypor-őrlőképesség, őrlési idő és szemcseméret azonos értéken tartása mellett. Ezt a munkát az összes fényporfajtánál külön-külön kellett elvégezni és az üzemi gyártástechnológiánál betartandó bevonatvastagságokat előírni. A 40 W-os fénycsöveknél a fénycsőbe bevitt fénypor mennyiségének hatását a fénycső hatásfokára a 8. ábrán láthatjuk. A görbék a kékes színárnyalatú F7 jelzésű csöveknél és a meleg-fehér színű F2 színű csöveknél jelentkező összefüggéseket mutatják be. Az is látszik, hogy ilyen szempontból az utóbbiak gyártása sokkal kisebb rétegvastagság-szórásokat enged meg.

Kutatómunkánk következő fázisa a kötőanyag kiégetésénél lejátszódó folyamatok vizsgálatára irányult. Itt a cél a szerves kötőanyag teljes mértékű kiégetése volt úgy, hogy a fénypor a hőkezelésnél károsodást ne szenvedjen, ill. az üvegburáknál káros deformációk ne keletkezzenek.

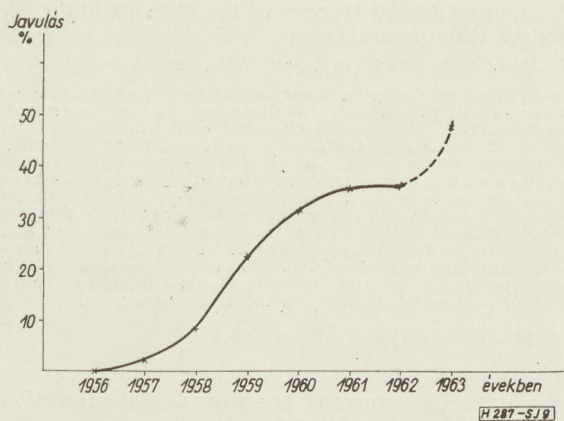
A kiégetésnél lejátszódó folyamatok megismerésére megvizsgáltuk, hogy kész fényporok nitrocellulóze kötőanyaggal és kötőanyag nélkül miként viselkednek különböző atmoszférákban és hőmérsékleten történő hevítésnél. A kísérleteket a legkisebb mangántartalmú F.7. színű és a legnagyobb mangán-tartalmú F.2.



8. ábra. 40 W-os fénycsöveknél a fénycsőbe bevitt fénypor mennyiségének hatása a fénycső hatásfokára

színű fényporokkal folytattuk le. Mindkét fényporból nagyobb mennyiségű fényport öröltünk. Az így készült fényporokból és a kötőanyagot tartalmazó fényporból részleteket izzítottunk egy olyan cső-kályhában, melynél gázöblítési lehetőség volt. Ezekkel a kísérletekkel sikerült tisztáznunk a bevonatokban levő kötőanyag kiégetésénél lejátszódó folyamatokat és kimutatni a kiégetési atmoszféra, a hőfok a mangánkoncentráció és más paraméterek hatását a fénypor optikai és egyéb tulajdonságaira kötőanyag jelenlétében és kötőanyag nélkül.

A kísérletek eredményei alapján a Fénycsőgyártás dolgozóival, Nagy Lászlóval, Tolnai Ágostonnal és dr. Sárdi Andrásnéval való együttműködésben megjavítottuk a bevonási és burakiégetési technológiát, ami szintén fénycsőhatásfok-javulást eredményezett. Az előzőekben ismertetett technológiai változtatások folyamatosan kerültek be az üzemi gyártásba és hatásukra a fénycsövek hatásfoka is fokozatos emelkedést mutat. A 9. ábrán a munka megkezdése óta mutatók hatásfokjavulást mutatjuk be, a példaként kiragadott hazai 40 W-os F. 3. színű fénycsöveknél. Hasonló mértékű javulás mutatkozik más fénycsőtípusoknál és színárnyalatoknál is. Természetesen az itt vázoltakon kívül más tényezők is hozzájárultak a hatásfokjavuláshoz, de az elért eredményekben döntő szerepe azoknak a tényezőknek volt, melyeket az előzőekben bemutattunk.



9. ábra. Hatásfokjavulás a Tungstam fehér színű (F3) fénycsöveknél 1956-óta

Befejezésül röviden ismertetjük a hatásfokemelésnél alkalmazott további külföldi módszereket és hazai eredményeket. Az utóbbi években ismét ugrásszerű hatásfokjavulás mutatkozik a külföldi fénycsöveknél, amint azt az 1. ábrán már láttunk. Ez a hatásfokemelkedés főként két tényezőtől tevődik össze: a fénycsőbe bevitt fénypor szemcsefajtázásából és a katódok megjavítása útján elért élettartamnövelés hatásfokemelésre való felváltásából. Mi a lényege a két eljárásnak? Az irodalomban többen rámutattak arra [19, 20, 21], hogy ugyanazon fénypor különböző méretű frakcióiból különböző hatásfokú fénycsöveket lehet készíteni. Főleg a $3\ \mu$ -nál kisebb szemcsék azok, melyek nagy ultrabolya-reflexiójuk miatt lerontják a fénycsövek hatásfokát. A kis szemcsék keletkezése elkerülhetetlen, mivel a fénycsövek bevonatkészítéséhez esztétikai szem-

pontból és a fénypor tapadása miatt is csak az eredetinel kisebb szemcséjű fényporok használhatók fel, ezért a fényporokat felhasználás előtt örölni kell. Az új eljárás szerint örlés után valamilyen módon, pl. hidrociklonnal, vagy szélfajtázóval a nagy reflexióképességű, $3\ \mu$ -nál kisebb szemcséket kiválogatják és csak a durvább frakciót használják fel bevonatkészítésre. Ez kb. 8%-os hatásfokemelkedést eredményez. A másik javítási módszer annak a megfigyelésnek a felhasználásából ered, hogy fénycsőveknél a gáznyomás csökkentésével a fénycső hatásfoka megjavítható, bár a katódok, ill. cső élettartama lecsökken, a cső által felvett teljesítmény megnövekedése mellett [22]. A katódok, ill. a katódkonstrukció megjavítása után nyert élettartamnövekedést átváltották hatásfokjavulásra úgy, hogy a megjavult katódok alkalmazása mellett a nyomást lecsökkentették, hogy az élettartam a régi katódoknál elért értéken maradjon, a hatásfok pedig a kisebb nyomás miatt megnövekedjék. A bevitt teljesítményt gázkeverék alkalmazásával állították vissza csökkent gáznyomásmánszál a régi értékre. Ez kb. újabb 5% hatásfokemelést jelent a fényporok és bevonatok megjavításán felül [23].

Papp Elemérrel kidolgoztuk a szemcseválogatott fényporok készítésére alkalmas hidrociklontelepet [24]. Az ezzel előállított fényporok 1961. végén a várt hatásfokjavulást adták, de a ciklonozott poroknál olyan nagyméretű tapadásromlást tapasztaltunk, hogy haladéktalanul a fényporok tapadását megszabó tényezők kutatásába kellett kezdenünk. E munka során, melynek részletezésére itt nem térhetünk ki, sikerült dr. Horkay Ferenc, Fried Erőné, majd dr. Kőrös Endréné közreműködésével a tapadásnövelés kérdését megoldanunk, és az időközben felépült kísérleti üzemi ciklontelepen a legutóbbi időben megindult a ciklonozott porok készítése és ezekkel nagy mennyiségű cső készítése. Ettől az eljárástól várjuk a 9. ábrán szaggatott vonallal jelölt hatásfokemelkedés nagyrészét.

Megindítottuk a fénycsőkatódok javítására irányuló munkákat is. Az ettől várt élettartam növelést akarjuk majd hatásfokjavításra felhasználni. A töltőgáz nyomásának és összetételének a fénycsövek hatásfokára és élettartamára gyakorolt hatását Lakatos Györggyel kivizsgáltuk, így az összes tényező meglesz a hatásfokemelés ezen lépcsőjéhez [24, 25]. Fentiekben igyekeztünk áttekintést adni arról a munkáról, mely ebben a témakörben az igen sokrétű problémakör egyidejű vizsgálata útján folyik. Igyekeztünk érzékelteni azt is, hogy az elért eredményeknél milyen nagy szerepe volt a fejlesztő, üzemi és kutató szakemberek együttműködésének, akiknek ezúton is köszönetünket fejezzük ki.

IRODALOM

1. Brit. Pat. 578.192, 1942.
2. R. Nagy — R. W. Wollentin — C. K. Lui: J. Electrochem. Soc. 95-4, 187, 1. (1949)
3. H. G. Jenkins — A. H. McKeag — P. W. Ranby: J. Electrochem. Soc. 96-1, 1. (1949)
4. K. H. Buttler — C. W. Jerome: J. Electrochem. Soc. 97, 265 (1950)

5. G. R. Fonda: Brit. Journ. Appl. Phys. Suppl. No. 4. 69 old. (1955)
6. H. G. Jenkins — A. H. McKeag: Trans. Illum. Eng. Soc. 17. 159 (1952)
7. M. Doherty — W. Harrison: Brit. Journ. Appl. Phys. Suppl. No. 4. 11. (1955)
8. W. L. Wanmaker — A. H. Hoekstra — M. G. A. Tak: Philips Res. Reports Vol. 10. No. 3. 1. 11. (1955)
9. J. L. Ouwelljes — W. C. Wanmaker: J. Electrochem. Soc. Vol. 103. No. 3. 160. (1965)
10. A. Wachtel: J. Electrochem. Soc. Vol. 105. No. 5. 256 (1958)
11. Egyesült Izzó Lámpavizsgáló Állomásának jelentése 1956. szept. 8.
12. USA 2. 535. 986 sz. szabadalom
13. dr. Kardos Ferenc és dr. Szabó János 147. 470 sz. magyar és 1,064.928. sz. nyugatnémet szabadalom.
14. 684.025 sz. angol szabadalom.
15. Dr. Endrői Pál, Kárpáti Éva, dr. Millner Tivadar és dr. Szabó János 144.695 sz. magyar szabadalom.
16. Dr. Szabó János: Fénycsövek hatásfokának emelése c. jelentés 1956. VI. 27.
17. Dr. Szabó János: A magnéziumszennyezés hatása kalcium-halofoszfát fényporoknál. Jelentés. 1956. VIII. 10.
18. Dr. Endrői Pál és dr. Szabó János: Halofoszfát és willemit fényporok hatásfokemelésével kapcsolatos munkák. Összefoglaló jelentés 1959.
19. Bodó Z.: Acta Phys. Hung. 1 135. (1952)
20. K. H. Buttler — H. H. Homer: Illum. Eng. Vol. 54. No. 9. 556 (1959)
21. A. H. McKeag: Trans. Illum. Eng. Soc. (London) Vol. 25. No. 2.
22. R. N. Thayer: Illum. Eng. Vol. No. 527. (1954)
23. D. D. Hinman — R. S. Fox: Illum. Eng. Vol. 45. 487 (1959).
24. Dr. Szabó J. — Nemoda E. — Papp E.: Összefoglaló jelentés az 1401.11 témán végzett munkáról. 1961. dec. 30.
25. Lakatos Gy. — dr. Bitó J. — Szemző I.: Összefoglaló jelentés az 1401 témán végzett munkáról. 1961.
26. Lakatos Gy. — dr. Bitó J.: Összefoglaló jelentés az 1401. 21.3. témán végzett munkáról. 1962.

ETO 621.327.534.15.017.8 : 661.14.002.237

Dr. Szabó J.:

Fénycsövek hatásfokemelésével kapcsolatos külföldi és hazai eredmények

HÍRADÁSTECHNIKA XIV. 1963. november

Az előadói röviden összefoglalja a fénycsövek hatásfokemelésénél az utóbbi években elért külföldi eredményeket. Ismerteti azokat a hazai munkákat, melyeket fénycsövek bevonatának készítéséhez használt fényporok hatásfokemelésére végeztek. Vizsgálták továbbá a kész fényporok őrlésének, felületi kezelésének hatását és a fénycső-bevonatok készítéséhez használt szerves kötőanyagok kiegészítésénél lejátszódó folyamatokat. E munkákból kiinduló technológiai javításokkal, az Egyesült Izzó Fejlesztésével és a Fénycsőgyártásával közös munkával a hazai fénycsöveknél átlagban 30–35%-os kezdeti hatásfoknövekedést sikerült elérni. Befejezésül röviden vázolja a további hatásfokemelés lehetőségeit és a vele kapcsolatos munkákat.

ДК 621.327.534.15.017.8:661.14.002.237

Д-р Й. Сабо:

Заграничные и отечественные результаты по повышению к.п.д. осветительных трубок

HÍRADÁSTECHNIKA (HIRADASTECHNIKA, Budapest) XIV. 1963. ноябрь

Дан краткий обзор заграничных результатов по повышению к. п. д. осветительных трубок, осуществленных в последних годах. Изложены отечественные работы, исполненные за повышение к. п. д. осветительных трубок, примененных для изготовления покрытий осветительных трубок. Испытаны тоже влияния помола и разработки поверхности готовых трубок, также процессы при накаливании органических соединительных материалов, использованных для изготовления покрытий осветительных трубок. С помощью технологических совершенствований, исходящих из этих работ, вместе сотрудниками завода Тунгсрам, удалось достигнуть начальное повышение к. п. д. осветительных трубок в среднем в 30–35%. Наконец кратко даны возможности дальнейшего повышения к. п. д. и работы связанные с ними.

DK 621.327.534.15.017.8 : 661.14.002.237

Dr. J. Szabó:

Ausländische und ungarische Resultate der Erhöhung der Leuchtstofflampen-Lichtausbeute

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XIV. 1963. November

Der Verfasser fasst kurz die in den letzten Jahren erreichten ausländischen Resultate der Erhöhung der Leuchtstofflampen-Lichtausbeute zusammen. Er erörtert jene eigene Methoden, die zu der

Erhöhung der Lichtausbeute der in dem Überzug der Leuchtstofflampen angewandten Leuchtstoffe benutzt werden. Weiters wurden die Wirkungen der Mahlung und Oberflächenbehandlung des fertigen Leuchtpulvers und die sich während der Ausbrennung der organischen Bindemittel des Überzuges abspielenden Prozeduren geprüft. Mit diesen technologischen Verbesserungen hat der Verfasser mit Hilfe der Entwicklungsabteilung und Leuchtstoffröhrenabteilung der Fabrik Tungsram eine Anfangslichtausbeute von durchschnittlich 30–35% bei den hergestellten Leuchtstofflampen erreicht. Zum Schluss beschreibt er kurz die weiteren Möglichkeiten der Lichtausbeute und die damit verbundenen Arbeiten.

UDC 621.327.534.15.017.8 : 661.14.002.237

Dr. J. Szabó:

Foreign and Home Results of the Increase of the Efficiency of Fluorescent Lamps

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XIV. 1963. November

The author gives a short summary of the foreign results obtained by the increase of the efficiency of fluorescent lamps. He presents his own methods to increase the efficiency of the luminescent powder used to the coating of the fluorescent lamps. They examined also the influence of the grinding and the surface treatment of the luminescent powders and the procedures going on during the burn-out of organic bindings used to the coatings of luminescent lamps. With the technological improvements originating from these procedures in collaboration with the Development Department and the Department for the Production of Fluorescent Lamps of Tungsram an initial efficiency increase of about 30–35% was obtained. Finally the author gives a short review of further possibilities of increasing the efficiency and of the works with this in connection.

CDU 621.327.534.15.017.8 : 661.14.002.237

Dr. J. Szabó:

Les résultats étrangers et hongrois de l'amélioration de rendement des tubes fluorescents

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XIV. 1963. novembre

L'auteur donne un bref résumé des résultats étrangers de l'amélioration de rendement des tubes fluorescents obtenus dans les dernières années. Il fait connaître les développements hongrois lesquels furent exécutés dans le domaine de l'amélioration de rendement des poudres luminescentes. On a examiné les processus qui se déroulent pendant la moudre des poudres fluorescents, des effets de leurs traitements de surface et puis les effets qui se déroulent pendant la cuire des liants organiques utilisés aux films fluorescents. Avec l'amélioration de la technologie en collaboration avec le Département de développement et celui de la production des tubes de Tungsram ils ont obtenu une amélioration de rendement initial moyen de 30–35% dans les tubes fluorescents hongrois. Enfin il décrit brièvement les possibilités de l'amélioration future du rendement et les travaux y concernant.

Újabb eredmények a híradástechnikai kondenzátorok kutatása területén

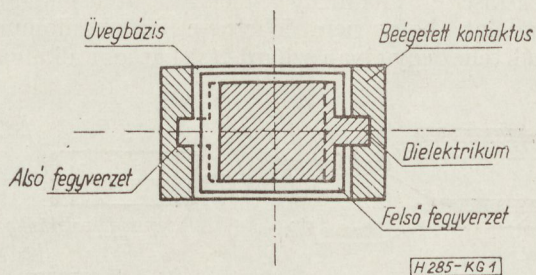
ETO 621.319:4;621.39

A félvezető eszközök megjelenése és egyre nagyobb mértékű térhódítása azt eredményezte, hogy nagy figyelmet fordítottak tranzisztor és diódaáramkörök passzív elemeinek megfelelő minőségben történő előállítására. Olyan építőelemek kidolgozása vált szükségessé, amelyek a kis feszültségek (1,5–50 V) tartományában működnek. Ennek megfelelően méreteik sokkal kisebbek lettek, mint az elektroncsöves áramkörök passzív elemeié. A törekvés az volt, hogy élettartamuk és megbízhatóságuk is nagyobb legyen, mint a régebben használtakénak. Fizikai és villamos paramétereik kedvezőbbek, szélesebb hőmérséklet-határok között is működőképesek legyenek, és előállítási módszereik pedig alkalmasak legyenek gépesített, sőt automatizált gyártás megvalósítására.

Mind külföldön, mind országon belül a kutatás és fejlesztés egyik középponti kérdésévé vált ez a feladat. Az első időszak az új utak keresése volt. Felvetődött az alkatrészek és áramkörök egészen új felépítési rendszerének kialakítása, amire a vékonyrétegetű félvezető eszközök kínáltak új megoldási lehetőségeket. Így jött létre a mikromodul-technika is és ezzel egyidejűleg a vékony rétegek alkalmazása került előtérbe.

Egyre nagyobb szerepet kezdett játszani a vékony rétegek fizikája és annak ma még sok szempontból fel nem derített területe, a vékony rétegek felületén lejátszódó jelenségek megismerése, ami a kulcsot jelenti ezen új alkatrészek előállításához.

A Híradástechnikai Ipari Kutató Intézet Alkatrész Laboratóriuma kondenzátor osztályának főfeladatául is ezt a területet jelöltük meg azzal a konkrét célkitűzéssel, hogy a vékony rétegek fizikai-kémiai tulajdonságainak közelebbi megismerésével próbáljunk olyan feladatokat megoldani, amelyek révén sikerülhet előállítani az eddignél kedvezőbb tulajdonságú kondenzátorokat.



1. ábra. Gőzölt dielektrikumú kondenzátorok szerkezeti felépítése és főbb paraméterei. C : 100 pF–10 nF; U : 1,5–50 V; $\text{tg } \delta < 10 \cdot 10^{-4}$ (1 MHz); $R > 10\,000$ Mohm; $TK_e < -100 \cdot 10^{-6}/^\circ\text{C}$; $\Delta C\% < 0,2\%$ (1000 óra, 85°C hőmérs., U_{norm})

Négy kondenzátor család kidolgozásával foglalkozunk, amely tranzisztor-áramköri felhasználásra alkalmas, és e négy kondenzátor típus, a pár pikofaradtól a több száz mikrofaraig, kis átlapolással az összes szükséges kapacitásértékeket tartalmazza a kis feszültségek (1,5–50 V) tartományában. E kondenzátorokat úgy mikromodul, mint a klasszikus alkatrészkonstrukciókban dolgoztuk ki. Az egyik típus kidolgozását már laboratóriumi és kísérleti üzemi szinten be is fejeztük.

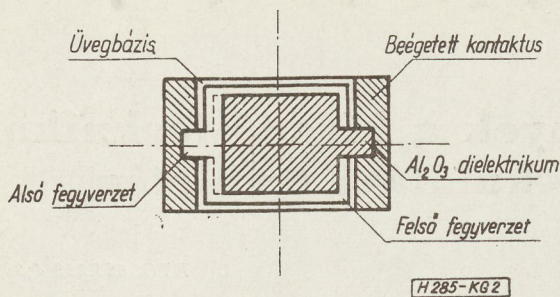
Az első típus a gőzölt dielektrikumú kondenzátor. Szerkezeti felépítését az 1. ábra mutatja.

Síma felületű bázislapra, pl. egyenletes felületű tiszta üveglapra, vákuumgőzölés útján vékony, egy-két ezer Å vastagságú fémréteget, célszerűen tiszta alumíniumot képezünk ki. Ez alkotja a kondenzátor egyik fegyverzetét. Dielektrikumként az eddigi kísérletek során legalkalmasabbnak bizonyult anyagot, a SiO₂-ot használjuk fel, amely részben a gőzöléskor, majd az ezt követő hőkezelések során oxigénfelvétel útján részben SiO₂-dá alakulhat. A második fegyverzet újból e felületre felgőzölt alumínium. E kondenzátortípus előállítható kis veszteségi tényezővel (1 MHz-n $\text{tg } \delta < 10 \cdot 10^{-4}$) több ezer Mohm ellenállással, viszonylag igen nagy stabilitással (a kapacitás változás 1000 óra után is a 0,2%-ot nem haladja túl). Az átfogható kapacitástartomány: 100 pF – 10 nF.

E kondenzátor is, mint általában a vékony, gőzölt fémfegyverzetű kondenzátorok önregeneráló képességgel rendelkezik, ami azt jelenti, hogy feszültségtúlterhelés esetén bekövetkező átütéskor nem megy tönkre, mindössze az átütés helyén a fémfegyverzet, az átütés melegen energiája következtében elpárolog és ezzel az átütés is megszűnik. E kondenzátortípus tehát elsősorban a kis kapacitások tartományában működhet és kis, közepes és nagyfrekvenciákra való használatra alkalmas.

A második típus, amivel foglalkozunk, szintén vákuumgőzölési módszerekkel készül (2. ábra). Ugyancsak síma felületű bázislapra pl. tiszta üveglapra vákuumgőzölés útján vékony, pár ezer Å vastagságú, nagy tisztaságú alumíniumréteget képezünk ki. Ezen elektrolízissel Al₂O₃-réteget állítunk elő. E réteg vastagsága az elektrolízis formáló feszültségének függvénye, azzal egyenes arányban áll, vastagsága kb. 13,5 Å/V.

Az elektrolízissel előállított Al₂O₃-rétegre gőzöljük fel a kondenzátor másik fegyverzetét ugyancsak alumíniumból. Ezzel lehetővé válik a hangfrekvenciás tartományban működő egy-két nF-től 200 nF



2. ábra. Gőzölt fégyverzetű, elektrolízissal kialakított oxid-dielektrikumú kondenzátorok szerkezeti felépítése és főbb paraméterei. C : 5 nF-200 nF; U : 1,5-50 V; $\text{tg } \delta < 80 \cdot 10^{-4}$ (1kHz); $R > 10\,000$ Mohm; $TK\epsilon < +500 \cdot 10^{-6}/^\circ\text{C}$; $\Delta C\%$ $< 4\%$ (1000 óra, 85°C hőmérs.), $U_{\text{norm.}}$; $C_{\text{fajl.}}$: $0,4 \mu\text{F}/\text{cm}^3$ (6 V, 50 nF)

kapacitású kondenzátor előállítás, amelynek veszteségi tényezője 1 kHz frekvencián $< 80 \cdot 10^{-4}$; szigetelési ellenállása pedig $> 10\,000$ Mohm. A kondenzátor stabilitása $TK\epsilon \leq 500 \cdot 10^{-6}/^\circ\text{C}$ -kal, és ezer óra villamosterhelés mellett 85°C környezeti hőmérsékleten $\Delta C \leq 4\%$ -kal jellemezhető.

A harmadik típus, aminek kidolgozásával foglalkozunk a lakkfilmkondenzátor. Ennek szerkezeti felépítését a 3. ábra mutatja. Viasszal impregnált papír vagy cellofán hordozó foliafelületen mártás útján oldott műanyaghártát állítunk elő $1-3 \mu$ vastagságban. A felvitt filmrétegből az oldószert eltávolítjuk, majd ezután a műanyagfilm felületére vákuumgőzölés útján fémréteget viszünk fel, ami a kondenzátor egyik fégyverzete.

A három rétegből (hordozó, lakkfilm és gőzölt fémréteg) álló fóliát feltekercseljük. Két ilyen tekercsből állítjuk elő a kondenzátorszerelvényt úgy, hogy a két tekercset egy tekercselő gépre fogjuk fel. Első lépésként mindkét tekercsből leválasztjuk a fémgőzölt lakkfilmet a hordozó fóliáról és két gőzölt lakkfilmrétegből, a fémpapírkondenzátor előállításához hasonló módon kondenzátortekercset készítünk. A tekercs homlokfelületét shopírozott fémréteggel látjuk el, majd hozzáferrasztjuk a kivezető huzalokat. Az így előállított kondenzátor fő jellemzői a következők: Üzemi feszültsége 50 volt, a kapacitástartomány $100 \text{ nF} - 2 \mu\text{F}$, veszteségi tényezője $< 160 \cdot 10^{-4}$, szigetelési ellenállása $> 200 \text{ Mohm} \cdot \mu\text{F}$. Hőmérsékleti együtthatója $\leq 200 \cdot 10^{-6}/^\circ\text{C}$. A kapacitás változása 1000 órás 85°C hőmérsékleten történő igénybevétel után normális üzemi feszültségen $< 3\%$.

A negyedik kondenzátortípus, amivel ezen referátum keretén belül részletesebben foglalkozunk az alumínium anódú, félvezető katódú kondenzátor. E kondenzátor kidolgozásának gondolata azzal kapcsolatban merült fel, hogy az elektronikus berendezések egyik legfontosabb, lehet talán mondani, központi problémája lett a megbízhatóság lényeges javítása. Az utóbbi években, különösen a nagymegbízhatóságú félvezető eszközök megjelenése óta az elektronikus berendezések legkevésbé megbízható építőköve az elektrolites kondenzátor maradt. Számos publikáció, amely a megbízhatóság kérdésével foglalkozik, írja, hogy tranzistoráramkörök megbízhatóságát a legnagyobb mértékben, mint leggyengébb

pont, az elektrolites kondenzátorok megbízhatósága befolyásolja.

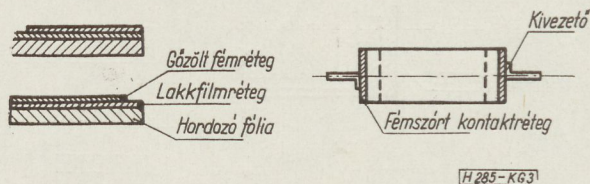
Némi javulást eredményezett a tantálkondenzátorok megjelenése, amelyek előbb elektrolites, majd később Mclean és Taylor [1, 2], a Bell Laboratórium munkatársainak javaslatára a Ta_2O_5 rétegre felvitt félvezető anyagokkal készültek. A tantálnak és a tantálpentoxidnak ismert tulajdonsága a savakkal szembeni, az alumíniumnál és az alumíniumoxidnál jóval nagyobb közömbössége. Ez nagyobb megbízhatóságának is egyik fő oka. E kondenzátorok, a tantálfém igen magas ára (az arany árának kb. $1/4$ -e) és az automatizált gyártásra alkalmatlan vákuumszinterelési technológiájuk miatt, nem tudtak széles alkalmazási területen elterjedni. Előállítási áruk 8–14-szerese az alumíniumanódú elektrolitkondenzátorokénak. A probléma tehát ezzel nem volt megoldottnak tekinthető.

A hazai viszonyokra való tekintettel kutatásunk céljaul tűztük ki, hogy lehetőleg hazai alapanyagok felhasználásával, elsősorban alumíniumanóddal egy olyan nagymegbízhatóságú kondenzátort állítsunk elő, amely előállítási árban is közel álljon az eddigi elektrolites kondenzátorokhoz és azt a továbbiakban előnyösebb tulajdonságai révén felválthassa.

Az erre irányuló alapvető kísérleteket 1956-ban kezdtük el az alumíniumoxidréteg viselkedésének vizsgálatával az erős villamosterek tartományában. A vizsgálatok eredménye azt mutatta, hogy az alumíniumon elektrolites úton kialakított oxidréteg átütési térerőssége $1,2-1,95 \cdot 10^7 \text{ V/cm}$, ha katódként borsavas elektrolitot alkalmazunk. Az oxidréteg átütési térerőssége az elektrolites cellán kívül, szárazon, más viselkedést mutatott. Az átütésvizsgálat a réteg hibahelyei miatt csak úgy volt elvégezhető, ha két réteget egymásra helyeztünk. Az ekkor mért átütési térerősség $0,9-2,9 \cdot 10^6 \text{ V/cm}$ volt, megközelítően egy nagyságrenddel kisebb, mint elektrolitban [3].

Az átütési térerősség e nagymértékű csökkenését azzal indokoltuk, hogy anódos kapcsolás esetén az elektrolitból csak jóval nagyobb energiával lehet elektronokat kiléptetni, mint a száraz vizsgálatnál, ahol katódfémként fémalumíniumlemezt alkalmaztunk. Figyelembe kell vennünk azt is, hogy elektrolit-katód esetén az oxid-elektrolit érintkezési felületén az elektrolit oldalán O^{2-} ionok sorakoznak fel, és a kezdődő átütés kialakulását lefékezik azáltal, hogy az Al^{3+} ionokkal egyesülve új rétegréseket alakítanak ki.

A kísérleti eredmények elemzése után felmerült a gondolat, hogy nem lehetne-e az alumíniumoxid felületéhez egy olyan szilárd-test katódot alkalmazni,



3. ábra. A lakkfilmkondenzátorok szerkezeti felépítése és főbb paraméterei. C : $100 \text{ nF}-2 \mu\text{F}$; U : 1,5-50 V; $\text{tg } \delta < 160 \cdot 10^{-4}$; $R > 200 \text{ Mohm} \cdot \mu\text{F}$; $TK\epsilon < 200 \cdot 10^{-6}/^\circ\text{C}$; $\Delta C\%$ $< 3\%$ (1000 óra, 85°C hőmérs., $U_{\text{norm.}}$); $C_{\text{fajl.}}$: $0,7 \mu\text{F}/\text{cm}^3$

amely viszonylag jó elektromos vezető, és amelynek felületéről csak nagy energiával lehet elektronokat áthúzni az Al_2O_3 -rétegen.

További követelményként kellett a kiválasztandó anyaggal szemben felállítani azt, hogy a katód töltéshordozói vegyesen elektronok és ionok legyenek. Az ionos vezetésre azért van szükség — és ezt a további vizsgálatok alátámasztották —, mert az oxidrétegen bekövetkező esetleges sérüléseket utólagos rétegképzéssel meg lehet szüntetni. Az elektrolitot helyettesítő anyagként elsősorban nagy vezetőképességű oxid-félvezető anyagok jöhetnek számításba, mivel ezeknek az anyagoknak az O^{2-} ionjai részben vagy egészen betölthetik azt a szerepet, amit az elektrolit anionjai ellátnak.

További szempont az volt, hogy a katód előállítása olyan módon és olyan körülmények között történjék, amit az alumíniumánód és a rajta kialakított oxidréteg különösebb sérülés nélkül elvisel. Fontos szempont volt az is, hogy a félvezető katódreteg megfelelő tapadással illeszkedjék az alumíniumréteghez.

E kívánságok maradéktalan teljesítése nem volt biztosítható, ezért a kiválasztásnál meg kellett elégednünk kompromisszumos megoldásokkal. Egyrészt felviteli nehézségek, másrészt kedvezőtlen villamos tulajdonságok miatt a félvezető oxidok nagy részét nem alkalmazhattuk. A lefolytatott kísérlet-sorozatok végső eredményeként csak két félvezető oxiddal: a PbO_2 -vel és a MnO_2 -al számolhattunk a sikeres felhasználás szempontjából.

A PbO_2 -réteg előállítása elektrolites úton történt ólomacetát elektrolitban PbO_2 -vel bevont Pb katóddal. Anódként az oxidált alumíniumot helyeztük el. Az elektrolízis folyamán az Al_2O_3 -rétegre PbO_2 -réteg épült fel. A MnO_2 -t a $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$ hőbontása révén állítottuk elő. A $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$ vizesoldatát kenés, később bemártás útján vittük fel az Al_2O_3 -réteg felületére.

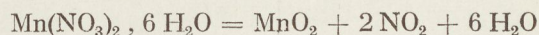
A párhuzamosan lefolytatott kísérletek eredményei azt mutatják, hogy a két félvezető oxid közül a MnO_2 -réteg a kedvezőbb. Kisebb veszteségi tényező adódott és jobb tapadást mutatott az Al_2O_3 -rétegen.

Megállapítható volt azonban az is, hogy az Al_2O_3 -réteg mindkét félvezető oxidréteg felvitelénél sérüléseket szenvedett. Ezt közvetlenül az Al_2O_3 -réteg átvezetési áramának nagymértékű növekedése mutatta.

A további kísérletek elsősorban arra irányultak, hogy a félvezető réteg felvitelénél bekövetkező Al_2O_3 -rétegsérüléseket minimális mértékre szoríthassuk le. A kísérletsorozatot a MnO_2 esetében sikerrel járt. A PbO_2 alkalmazásánál az Al_2O_3 -réteg átvezetési áramát nem sikerült megfelelő mértékig lecsökkenteni.

Elsőként azt figyeltük meg, hogy a $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$ savas szennyezései milyen hatást gyakorolnak az Al_2O_3 -rétegre. Megállapítható volt, hogy a $\text{PH} = 1,75$ -ös savasságú $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$ -ből keletkező MnO_2 -réteg az Al_2O_3 átvezetési áramát kb. öt nagyságrenddel, a $\text{PH} = 4$ savasságú pedig csak három nagyságrenddel növelte meg.

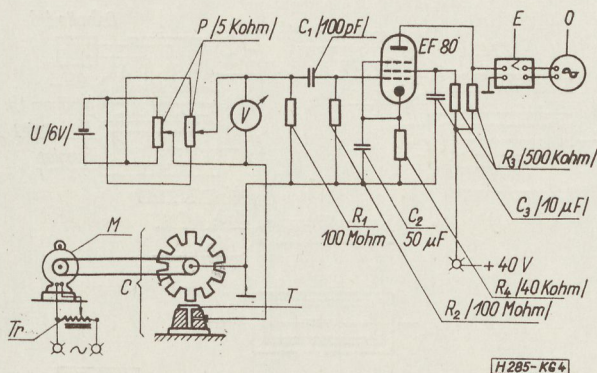
A továbbiakban a hőbontás körülményeinek a hatását vettük vizsgálat alá. A hőbontás alatt lejátszódó folyamat a



egyenlettel jellemezhető. Feltételeztük, hogy a nagy hőmérsékleten keletkező nitrózus gőzök oldásba vihetik az Al_2O_3 -réteg egyes részeit. Kísérleteket folytatunk azonosan előkészített próbatestekkel, különböző elbontási körülmények mellett. Ezt követően változtattuk az Al_2O_3 -rétegre felkent $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$ mennyiségét. A lefolytatott elbontási kísérletek azt mutatták, hogy az átvezetési áramnövekedés kisebb, ha az elbontás idejét csökkentjük az elbomlás hőmérsékletének egyidejű emelésével. Az igen gyors, robbanásszerű elbontás adott a legmegfelelőbb eredményeket. A kemencének, amelyben a hőbontást végeztük 900°C -ra állítottuk be a hőmérsékletét és az elbontási időt egy-két másodpercere csökkentettük, majd a megkíséreltük a MnO_2 -réteget több fokozatban kialakítani. Abból a feltevésből indulunk ki, hogy ha először egy viszonylag vékony MnO_2 -réteget képezünk ki, az elbontás során lényegesen kisebb lesz a felszabaduló nitrózus gőzök roncsoló hatása. A további rétegek elbontásánál az előző rétegek már bizonyos védelmet biztosítanak az Al_2O_3 számára. E feltevés helyesnek bizonyult. A több fokozatban kialakított MnO_2 -réteg esetén a mért átvezetési áram kisebb lett.

A következő kísérletsorozat célja az volt, hogy az átvezetési áramot utólagos rétegműveléssel csökkentjük. Az első kísérletek során az utóformálást az $\text{Al}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{MnO}_2$ rendszerrel végeztük. A MnO_2 ionos vezetése korlátozott mértékben, kisebb Al_2O_3 rétegsérülések javítását tette lehetővé az $\text{Al}_2\text{O}_3-\text{MnO}_2$ határfelületén kilépő oxigénionok révén. Ez hatásosabbá vált, amikor a MnO_2 -dal bevont próbatesteket bórsavas elektrolitban formáltuk. A MnO_2 pórusain áthatoló elektrolitnak sokszorosára növelték a MnO_2 gyenge ionos vezetését és ezzel együtt az utóformálás hatásosságát.

A fenti módszerek együttes alkalmazásával lehetővé vált az Al_2O_3 -réteg átvezetési áramát a MnO_2 -rétegek felvitelére előtti áramérték alá szorítani és fajlagos értékben $0,001-0,002 \mu\text{A}/\mu\text{F}$, V értéket elérni. Ezzel lényegében megoldódott a kondenzátor előállításának egyik legnehezebbnek mutatkozó feladata: a dielektromos réteg átvezetési áramának lecsökkenése a félvezető katód kialakítása során.



4. ábra. A kontaktpotenciál mérésére készített berendezés elvi kapcsolása

A kísérletekkel egyidőben részletesebb vizsgálat alá vettük az Al_2O_3 — MnO_2 -rétegek egymáshoz való kapcsolatát is. A rétegátmenet tulajdonságainak megismeréséhez szükségesnek látszott az elektronkilépési potenciálok ismerete is. Vizsgálatainkat a Kelvin-féle [4] kondenzátoros mérési módszer alapján végeztük. E mérési módszert *Möhring*, *Zismann* és *Schaaffs* [5, 6, 7, 8] tanulmányai alapján érzékenyebbé tettük és a 4. és 5. ábrákon látható vizsgáló berendezést építettük fel.

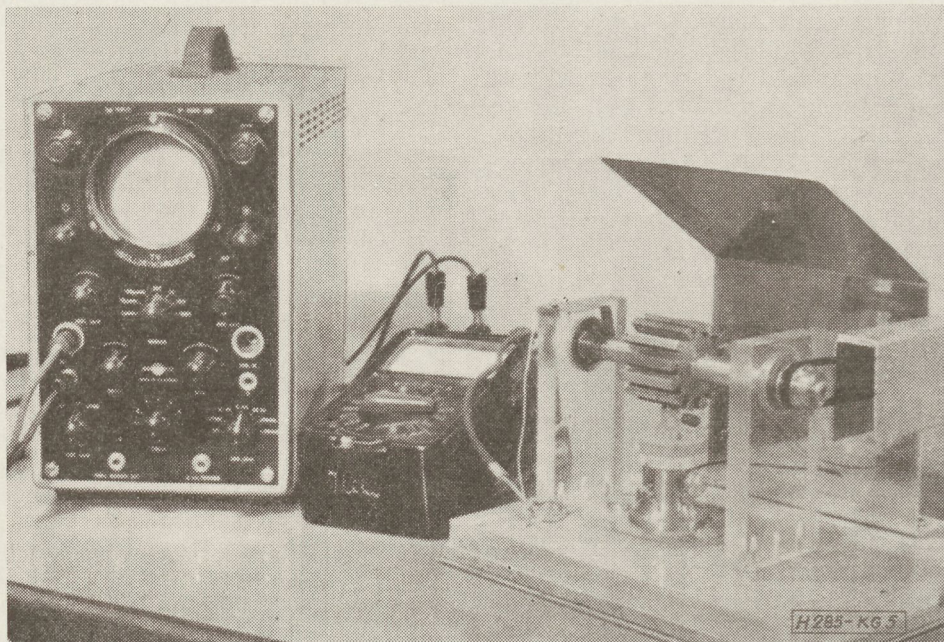
Az M motorral a fogazott és aranyozott bronz fogaskerekeket forgattuk. E kerék alatt helyeztük el a T vizsgálandó anyagot, ami a kerékkel együtt egy gyorsan váltakozó C kapacitást alkot. U áramforrás-

oszcilloszkóp csatlakoztak. A mérés érzékenysége $\pm 0,03$ V.

A vizsgálati eredmények átlagát az 1. táblázat mutatja. Látható, hogy az Al_2O_3 — MnO_2 átmenetnél a kisfeszültségek tartományában (40–100 V formálási feszültség) a kontaktpotenciál-különbség

$$\Psi_{I,II} = 1,65 - 1,73 \text{ V}$$

A továbbiakban az Al_2O_3 — MnO_2 rétegátmenet vizsgálatával foglalkoztunk. Differenciális termofeszültség-vizsgálatok alapján kimutattuk, hogy az Al_2O_3 és a MnO_2 n típusú félvezetők. A differenciális termofeszültség együtthatója mindkét anyag esetén negatív volt.



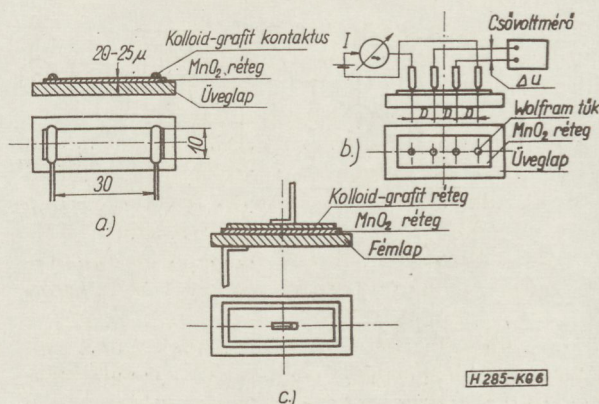
5. ábra. A kontaktpotenciál mérésére készített berendezés fényképe

sal és P potenciométerekkel kompenzáló kört létesítettünk. Ha U feszültség polaritását helyesen választjuk, akkor a kompenzált esetben a feszültség egyenlő lesz a kontaktpotenciállal, mert ez esetben a két kondenzátorfegyverzet között a térerősség nulla, indukált töltések nem lesznek. Meg kell jegyezni, hogy arra való tekintettel, hogy a mérés légtérben történik, a mérési eredményeket befolyásolják a felületen adszorbeált vagy kémiaiilag is kötött idegen molekulák, ionok vagy vékony felületi rétegek. Ezért alapvetően meg kell különböztetni a vákuumban és a laboratóriumi légtérben végzett mérések eredményeit. Ez utóbbi esetben nem anyagállandót fogunk kapni, hanem az anyagoknak a mérés pillanatában kialakult felületi tulajdonságaitól befolyásolt kilépési potenciálértéket. Ha azonban a jelenségeket a légtér viszonyai között kívánjuk megismerni, akkor e mérési módszernek különös jelentősége van. Ez jelen esetünkre is vonatkozik és éppen ezért választottuk ezt a mérési elvet.

A kialakított kompenzáló kör munkaellenállását (R_1) egy nagy bemenő ellenállású erősítő fokozat rácsköréhez kapcsoltuk. Ehhez további erősítők és

A következőkben a MnO_2 katód vezetőképesség-vizsgálatát folytattuk le.

Többféle próbatestet készítettünk (6. ábra). A próbatestek egyik része üveglapra felvitt MnO_2 -réteg volt, a próbatestek második csoportját a félvezetők fajlagos ellenállásának ismert négy tűs mérési



6. ábra. A MnO_2 próbatestek vázlatos rajzai

1. táblázat

2. táblázat

Kontaktpotenciál mérések Kelvin módszer szerint.
Referens elektróda: Au
Környezeti hőmérséklet: 25° C
Relatív légnedvesség: 58%
Mérések átlagolása: 10 db próbatestből
Mérési bizonytalanság: $\pm 0,03$ volt

Mn(NO₃)₂-ből hőbontás útján képezett MnO₂-rétegnek a fajlagos ellenállása a vastagság irányában mérve.
Ellenelektróda: kolloid grafit (10 μ vastagság)
A MnO₂-réteg vastagsága: 15–20 μ
Környezeti hőmérséklet: 25° C
Mérőfeszültség: 0,5 V
10–10 db minta átlaga

Sor-szám	Vizsgált anyag	Kontaktpotenciál Au-hoz $\Psi_{I, II}$ volt
1.	Fényes felületű, polírozott, dekapírozott Al	–1,25
2.	Mint 1., de 40 volt feszültségen bórsavas elektrolitban oxidálva	–1,18
3.	Mint 2., de 100 volt feszültségen oxidálva	–1,10
4.	Mint 2., de 200 volt feszültségen oxidálva	–0,92
5.	Mint 2., de 400 volt feszültségen oxidálva	–0,60
6.	MnO ₂ , Mn(NO ₃) ₂ -ből hőbontással előállítva kemence hőmérséklet: 900° C, idő 4 sec.	+0,55
7.	Fényes felületű vörösréz lemez	–0,42
8.	Fényes felületű arany lemez	0
9.	Üzemi elektrolit ($\rho = 3200$ ohm cm) összetétel : bórsav 50 g glikol 50 g vizesammónia 30 cm ³ (25%-os oldat) Főzési hőmérséklet: 125° C	–0,15
10.	Fényes felületű ezüstlemez	–0,35
11.	Kolloid ezüstréteg	–0,38
12.	Fényes felületű platinalemez	–0,12
13.	Kolloid grafitréteg (hidrokollag) aranylemeze kenve és kiszáritva.	+0,10

$$\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{MnO}_2 \text{ (40–100 V)}$$

$$\Psi_{I, II} = 1,65 - 1,73 \text{ Volt}$$

módszeréhez készítettük. A harmadik csoport különböző fémekből (alumínium, réz, arany és platina), készült lapokra felvitt réteg volt. Készült olyan minta is, ahol a bázis üveglapra felvitt kolloid grafit és alumíniumon kialakított Al₂O₃-réteg volt. A másik elektróda e mintáknál egységesen kolloid grafit volt.

A minták első két csoportjánál a MnO₂-réteg ellenállását a réteg hosszirányában mértük, míg a harmadik csoportnál a vastagság irányában végeztük a mérést. A minták első és második csoportjánál a fajlagos ellenállás 15–40 ohm · cm értékűnek adódott, míg a harmadik csoport meglepő eredményeket mutatott. A mérési eredményeket a 2. táblázat mutatja.

A táblázatból látható, hogy a rétegnek vastagságirányban mért ellenállása több nagyságrenddel nagyobb, mint a hosszirányban mért és az értéke erősen függ a bázislap anyagától. Szükségesnek látszott

Sor-szám	A mintadarab bázislapjának anyaga	Fajlagos ellenállás a vastagság irányában mérve ρ_k (ohm · cm)
1.	Platina.	$7,0 \cdot 10^4$
2.	Arany	$7,8 \cdot 10^4$
3.	Vörösréz	$1,35 \cdot 10^5$
4.	Alumínium	$2,8 \cdot 10^6$
5.	Kolloid grafit réteg	$5,2 \cdot 10^4$
6.	Alumíniumon 40 volt feszültségen formált Al ₂ O ₃ réteg	$1,7 \cdot 10^6$

közelebből megvizsgálni a vastagságirányban mutató ellenállást, hiszen a kialakítandó kondenzátor működése szempontjából ennek van kiemelt fontossága.

E vizsgálatnál a fémek és félvezetők kontaktusánál fellépő jelenségeket tanulmányoztuk.

Kurtsatov [9] feltevéséből indultunk ki, aki azt a gondolatot vetette fel, hogy két vezető között az átmeneti ellenállás kialakulásában jelentékeny szerephez jut az alagút effektus. E gondolat alapján Holm, Meissner, Braun, Busch és Dilworth [10, 11, 12, 13] különböző modellfelvételek alapján számításokat végeztek a kontaktus ellenállásértékére vonatkozóan. Egyenleteik különbözőek a különböző modellfelvételek miatt. Megpróbáltuk egyenleteiket általánosítani és ekkor a következő egyenlethez jutottunk. A kontaktus ellenállás:

$$r_k = A \exp \left[B (\Psi_{I, II})^{\frac{3}{2}} \right]$$

ahol

$$A = D \exp \left[\frac{F}{E} \right]$$

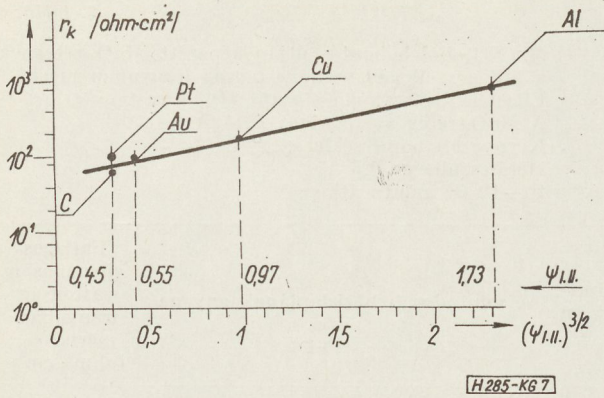
ahol B, D, F állandók

$\Psi_{I, II}$ a két anyag közötti kontaktpotenciálkülönbség,

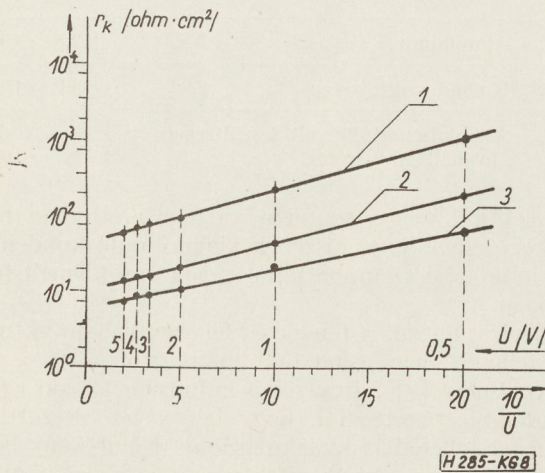
E a térerősség.

A 7. ábra mutatja a kontaktusellenállás logaritmusanak változását a kontaktpotenciál 3/2-ik hatványának, a 8. ábra pedig a térerősség függvényében.

A vizsgálatok tehát azt mutatták, hogy a Mn(NO₃)₂-ből hőbontás útján előállított MnO₂-rétegnek a vastagság irányában mért ellenállása alapvetően az érintkezési ellenállástól függ, és emellett a test belső ellenállása elhanyagolhatóan csekély. Az összefüggések pedig összhangban vannak a kontaktusok elméletének megállapításaival.



7. ábra. A MnO_2 -rétegnek a rétegvastagság irányában mért ellenállás változása ($\text{ohm} \cdot \text{cm}^2$) az egyik elektródanyag kontaktspotenciálja $3/2$ -ik hatványának függvényében

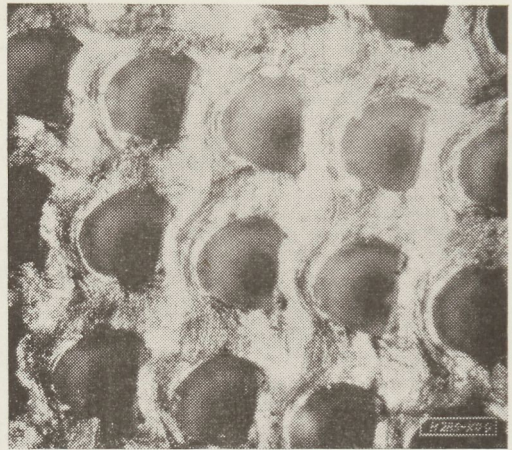


8. ábra. A MnO_2 -rétegnek a vastagság irányában mért ellenállás változása ($\text{ohm} \cdot \text{cm}^2$) a kontaktusra tett feszültség reciprok értékének függvényében különböző elektródák esetén. 1—Al — koloidgrafit; 2—Cu—koloidgrafit; 3—Pt—koloidgrafit

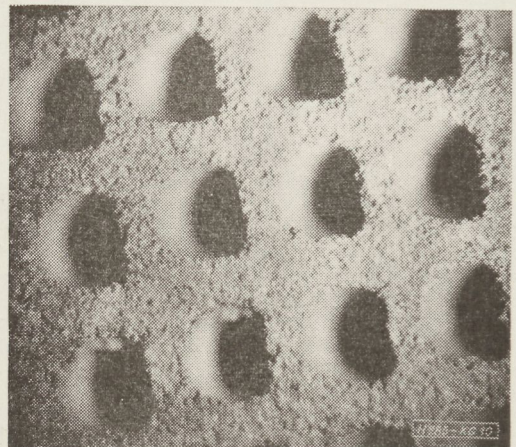
A vizsgálatok arra is fényt derítettek, hogy hogyan célszerű a további kontaktusréteget kiképezni. A 7. ábrából látható, hogy a MnO_2 további kontaktozása szempontjából kedvező egy koloid-grafitréteget képezni és ehhez egy fémréteget, legelőnyösebben ezüstöt, esetleg ónt. Ennek alapján már ki lehetett alakítani a kondenzátor szerkezeti felépítését is.

Az alumíniumanódot nagytisztaságú (99,99%-os) alumíniumhuzalból vagy lemezből alakítottuk ki. A kisebb kapacitásoknál egyenes huzaldarabokat, a közepes kapacitásoknál is (5×5 , 8×8 , 10×10 mm) lemezdarabokat, a nagy kapacitásoknál pedig több lemez párhuzamos kapcsolásából készített oszlopot alkalmaztunk.

Nagy fajlagos kapacitás elérése céljából az alumíniumanód felületét feldurvítottuk. A korábbi kísérletek eredményeinek felhasználásával kettős felületnövelést alkalmaztunk. Először mechanikai durvítás útján egy elsődleges durva felületi struktúrát alakítottunk ki. A mechanikai feldurvítás a hengeres anódoknál egy görgetős recézőszerszámmal történt. A lemezanódoknál ennél hatásosabbnak bizonyult acéltűkkel egy-két tized milliméter mély sűrű kráter-szerű lyukak benyomása (9. és 10. ábra). Az így nyert



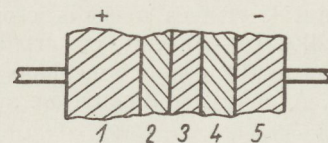
9. ábra. Acéltűkkel durvított alumíniumanód felületének fényképe ($80 \times$)



10. ábra. Acéltűkkel durvított alumíniumanód felületének fényképe elektrolites maratás után ($80 \times$)



11. ábra. A feldurvított alumíniumanóda felületének elektronmikroszkopos képe ($16000 \times$)



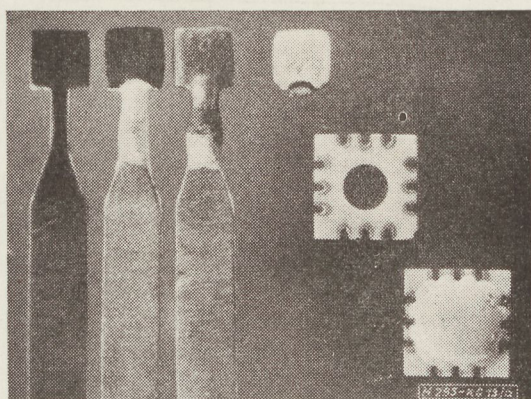
H 285-KG 12

12. ábra. Az alumíniumanódú, félvezető katódú kondenzátor elvi felépítésének sematikus rajza

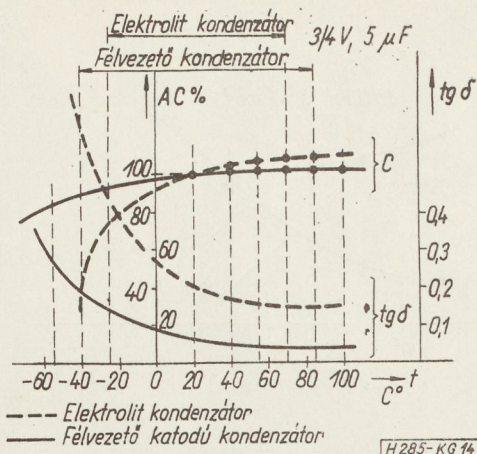
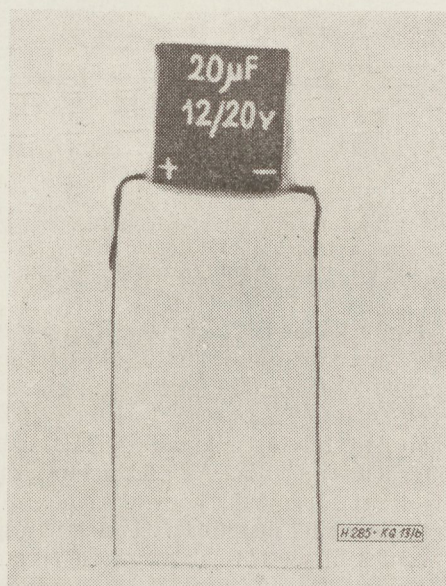
felületet ezután elektrolites maratásnak vetettük alá. Ezáltal egy másodlagos, finoman graduált struktúra lehetett képezni, amely ráépült az elsődleges durva struktúrára. E finom struktúra elektronmikroszkópos képét a 11. ábra mutatja. Az elért felületnövekedés a recézett durva struktúra esetén kb. 32-szeres, a lyukgatott esetben pedig kb. 45-szörös lett a síma felülethez képest.

A kondenzátor elvi felépítését a 12. ábra mutatja. 1 alumíniumanódon kialakítunk 2 Al_2O_3 dielektromos réteget. Ezt 3 félvezető oxidréteg követi. Ehhez 4 kolloidgráfit és 5 ezüst vagy ón kontaktusrétegek csatlakoznak.

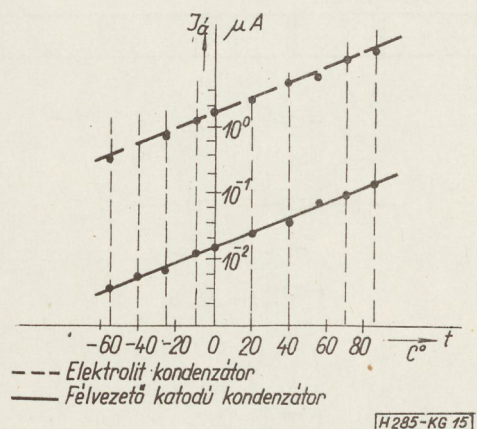
Hátra volt még a burkolás kérdésének megoldása. A lefolytatott vizsgálatok eredményei azt mutatták, hogy a kondenzátorszerelvény érzékeny a nedvesség behatolásával szemben. Villamos paraméterei hosszabb ideig tartó nedvesítés esetén megváltoznak. Ezért megfelelő minőségű és méretű burkolást kellett alkalmazni. Két kivitel dolgoztunk ki. Az egyik epoxigyantával lezárt fémburkolat, ez az IEC 6 és 5 védeettségi fokozatnak felel meg, kontinentális és szubtrópusi klímán használható. A másik hermetikusan lezárt konstrukció (fémház, üveggyöngy átveze-



13. ábra. A kondenzátor fényképe; a—mikromodulus-kivitel, 3 V, 10 μF ; b—a klasszikus kivitel, 12 V, 20 μF



14. ábra. A kapacitás és a veszteségi tényező változása a hőmérséklet függvényében



15. ábra. Az átvezetési áram változása a hőmérséklet függvényében

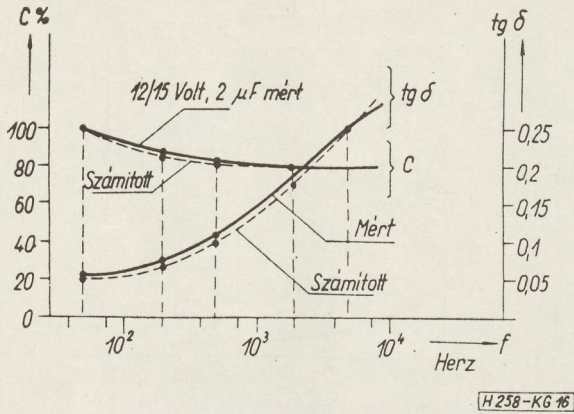
téssel), amely a 4-es védeettségi fokozatnak is megfelel és trópusi klímán is alkalmazható (13. ábra).

Befejezésül a kondenzátorokon végzett vizsgálatokról számolunk be. E vizsgálatok eredményei azt mutatták, hogy lehetővé vált olyan nagy fajlagos kapacitású kondenzátort előállítani, amely nagy megbízhatóságot igénylő elektronikus berendezésekben való alkalmazásra ajánlható.

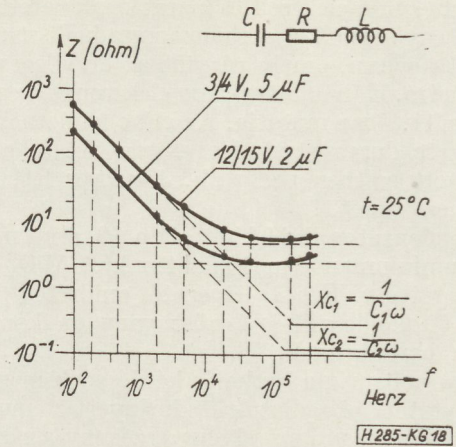
A 14. ábra összehasonlítóan mutatja a félvezető katódú és az elektrolites kondenzátorok kapacitásának és veszteségi tényezőinek hőmérsékletfüggését. Látható, hogy a kapacitás és veszteségi tényező változásai különösen az alacsony hőmérséklettartományban kisebbek, sőt a veszteségi tényező abszolút értéke is kisebb. Szélesebb a működési hőmérséklettartomány is. Amíg ez az elektrolites kondenzátoroknál általában -25°C és $+70^\circ\text{C}$, addig ez itt -40°C és $+85^\circ\text{C}$.

Az átvezetési áram hőmérsékletfüggését a 15. ábra mutatja összehasonlítóan. Az átvezetési áram közel két nagyságrenddel kisebb, mint a viszonylag jó minőségű elektrolites kondenzátoroké.

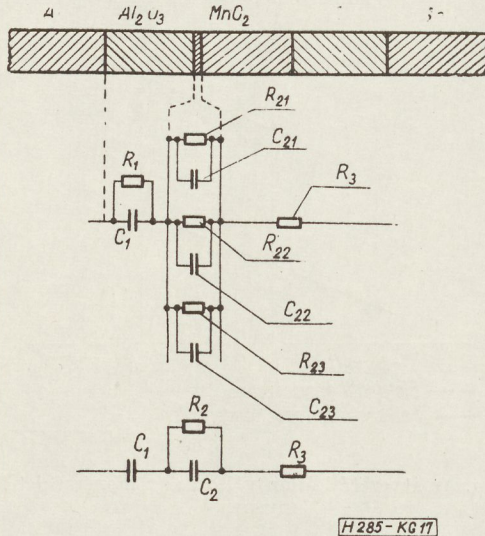
A kapacitás és a veszteségi tényező frekvenciafüggését a 16. ábra mutatja, a kis frekvenciák tartományában. E karakterisztika alakulását villamos helyettesítő kapcsolással igyekeztünk nyomon



16. ábra. A kapacitás és a veszteségi tényező változása a kis frekvenciák függvényében



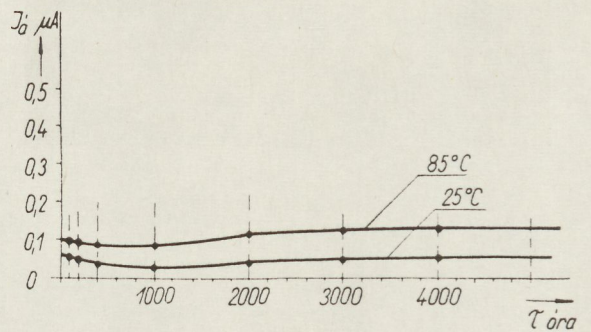
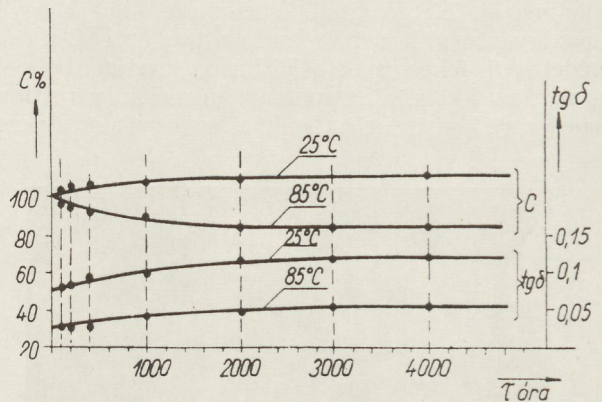
18. ábra. A kondenzátor impedanciájának változása a frekvencia függvényében



17. ábra. Villamos helyettesítő kapcsolás a kis frekvenciák tartományában

követni. A 17. ábra szerinti kapcsolás, majd annak első közelítésben egyszerűsített alakja magyarázatot adott a karakterisztika alakulására nézve. E helyettesítő kapcsolás azt tételezi fel, hogy az $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{MnO}_2$ átmenetnek el nem hanyagolható ellenállása és kapacitása van. Számítások és mérések alapján meghatároztuk, hogy a rétegátmenet ellenállása $980 - 1030 \text{ ohm} \cdot \text{cm}^2$, a kapacitása pedig $0,65 - 0,75 \text{ } \mu\text{F}/\text{cm}^2$. A méréseket a nagyobb frekvenciákig (300 kHz) kiterjesztve azt láttuk, hogy a kondenzátor impedanciájának minimuma van. A nagyobb frekvenciák tartományában a kondenzátor induktivitása már nem hanyagolható el. Az egyszerűsített helyettesítő kapcsolás erre is felrajzolható. Ha az összes veszteségi ellenállást és kapacitást egy-egy tagban koncentrálnak képzeljük el, akkor a 18. ábra szerinti kapcsolást kapjuk, ami egy szoros kapcsolású rezgőkör sémájának felel meg.

Élettartamvizsgálatokat is végeztünk. E vizsgálatok eredménye azt mutatta, hogy 85°C hőmérsékleten kb. $250 \text{ V}/\mu$ térerősséggel e kondenzátorokat biztonságosan igénybe lehet venni. Ez a formálási térerősségnek kb. $1/3$ -a.



19. ábra. A kapacitás, a veszteségi tényező és az átvezetési áram változása a terhelési idő függvényében. (Feszültség: névleges üzemi feszültség)

A 19. ábra a kapacitás, a veszteségi tényező és az átvezetési áram változásait mutatják a terhelési idő függvényében 20°C és 85°C környezeti hőmérsékleten.

Vizsgálatokat folytattunk váltakozó feszültséggel történő terhelés alatt is. Az élettartamvizsgálatok eredményei azt mutatták, hogy e kondenzátorokat tartósan terhelhetjük meghibásodás nélkül a névleges üzemi egyenfeszültség $1/3$ -nak megfelelő 50 periódusú tiszta váltakozó feszültséggel 85°C környezeti hőmérsékleten. Mint ismeretes, az elektrolites kondenzátorok tiszta váltakozó feszültséggel csak akkor

terhelhetők, ha mindkét elektródán oxidréteget alakítunk ki (bipoláros kivitel). Ekkor azonban a kondenzátor kapacitása kb. a felére csökken. A félvezető katódú kondenzátorokat a fent leírt poláros kivitelben is terhelhetjük váltakozó feszültséggel.

Összefoglalva megállapíthatjuk, hogy az így előállított kondenzátorok fizikai és villamos paraméterei kedvezőbbek, mint az elektrolites kondenzátoroké. E kondenzátorok első, kisebb kapacitású kivitele már túljutott a laboratóriumi munkákon, sorozatgyártása elkezdődött intézetünk kísérleti üzemében. Tömeges gyártására, ami előreláthatólag a jövő évben kezdődik meg a Mechanikai Műveknél, az előkészületi munkák megindultak.

ETO 621.319.4 : 621.39

Dr. Katona J. — Gyalog P.:

Újabb eredmények a híradástechnikai kondenzátorok kutatása területén

HÍRADÁSTECHNIKA XIV. 1963. november

A referátum a Híradástechnikai Ipari Kutató Intézet Alkatrész laboratóriuma Kondenzátor osztályának kutatási eredményeiről számol be. Röviden ismerteti a kis feszültségek (1,5–50 V) tartományában működő gőzölt dielektrikumú, gőzölt fegyverzetű és a felületen elektrolitesen kialakított oxiddielektrikumú és a lakkfilmkondenzátorok szerkezeti felépítését és főbb villamos paramétereit. Részletesen tárgyalja az alumínium anódú, félvezető katódú kondenzátorok előállításával és vizsgálatával kapcsolatos kutatómunka eredményeit. Ismerteti a félvezető katód vezetőképességével, elektronkilépési potenciáljával kapcsolatos vizsgálatok eredményeit, majd az előállított kondenzátorokon végzett vizsgálatokat ismerteti.

ДК 621.319.4:621.39

Д-р Я. Катона—П. Дялог:

Новые результаты в области исследования конденсаторов для техники связи

HÍRADÁSTECHNIKA (ХИРАДАШТЕХНИКА, Будапешт) XIV. 1963. ноябрь

Доклад дает отчет о результатах исследований отдела конденсаторов лаборатории деталей в Промышленном Исследовательском Институте Техники Связи. Кратко описаны конструктивное оформление и основные электрические параметры конденсаторов с диэлектриком окиси, электролитического осуществления методом испарения и с исправленными электродами, дальше конденсаторы с диэлектриком лакового слоя, работающие в области низких напряжений (1,5–50 в). Подробно трактуются результаты исследовательской работы, связанные с производством и испытанием конденсаторов с анадами из алюминия, и полупроводниковыми катодами. Изложены результаты испытаний по проводимости и потенциалу работы выхода электронов полупроводниковых катодов и наконец испытания на изготовленных конденсаторах.

DK 621.319.4 : 621.39

Dr. J. Katona—P. Gyalog:

Neue Resultate auf dem Forschungsgebiet der nachrichtentechnischen Kondensatoren

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XIV. 1963. November

Der Artikel gibt eine Information über die Forschungsergebnisse der Kondensatoren-Abteilung des Laboratoriums für Bauelemente des Forschungsinstituts für die Nachrichtentechnische Industrie. Er beschreibt kurz die Konstruktion und die elektrische Parameter

IRODALOM

1. D. A. Mclean — F. S. Power: Proc. of the IRE 44. 872. 1956.
2. R. L. Taylor — H. E. Haring: Journ. of the Electrochem. Soc. 103. 611. 1956.
3. Katona J.: Acta Technica Acad. Sci. Hung. 24. 235. 1959.
4. L. Kelvin: Phil. Mag. 46. 82. 1898.
5. K. Möhring: Zeitschr. für Elektrochem. 59. 102. 1955.
6. W. A. Zismann: Rev. Sci. Instrum. 3. 367. 1932.
7. W. Schaaffs: Phys. Verh. 8. 114. 1957.
8. W. Schaaffs: Zeitschr. für angewandte Phys. 10. 424. 1958.
9. I. V. Kurtsalov — T. Z. Kostina — W. L. Rusina: Fiz. Zsurn. 7. 129. 1935.
10. R. Holm, W. Meissner: Zeitschr. für Phys. 74. 715. 1932.
11. R. Holm: Journ. of Appl. Phys. 22. 569. 1951.
12. A. Braun, G. Busch: Helv. Phys. Acta. 15. 571. 1942.
13. C. C. Dilworth: Proc. Phys. Soc. London 60. 315. 1948.

der folgenden Kondensatoren, die in dem Kleinspannungsgebiet (1,5–50 V) funktionieren. Diese sind: Kondensatoren mit verdampfter Dielektrikum, mit verdampfter Armatur, mit elektrolytisch geformtem Oxydielektrikum und Lackfilmkondensatoren. Er beschäftigt sich ausführlich mit die Forschungsergebnisse der Herstellung und Prüfung der Kondensatoren mit Aluminiumanode, und Halbleiterkatode. Ferner erörtert er die Resultate die mit der Leitungsfähigkeit und Elektronenaustrittspotential der Halbleiterkatode verbunden sind und zum Schluss macht er die an den Kondensatoren gemachte Prüfungen bekannt.

UDC 621.319.4 : 621.39

Dr. J. Katona—P. Gyalog:

Newer Results on the Research Field of Capacitors

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XIV. 1963. November

The paper gives account of the research results obtained by the Capacitor Department of the Laboratory for Electronic Components of the Industrial Research Institute for Telecommunication Technique. He gives a short information of the construction and main electrical parameters of the dielectric capacitors operating in low voltages (1,5–50 V). These capacitors are: capacitors with evaporated dielectrics, capacitors with evaporated armature, electrolytically formed oxide dielectric capacitors and laquer film capacitors. He discusses in details the research results of the manufacturing and examination of capacitors with aluminium anodes and semiconductor cathodes. He presents the results of the conductivity and work function of the semiconductor cathode and finally describes the examinations made on the produced capacitors.

CDU 621.319.4 : 621.39

Dr. J. Katona — P. Gyalog:

Des resultats nouveaux dans la domaine de recherche des condensateurs

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XIV. 1963. novembre

L'article nous informe des resultats de recherche du Département des condensateurs de la Laboratoire des pièces détachées de l'Institut de recherches industrielles des techniques de telecommunication. Il donne une brève information de la construction et les plus importants paramètres électriques des condensateurs qui fonctionnent dans les domaines des basses tensions (1,5–50 V). Ce sont les suivants: condensateurs à dielectrique évaporé, condensateurs à armature évaporée, condensateurs avec oxyde dielectrique formé électrolytiquement et des condensateurs de film en laque. Il décrit en détail des resultats de recherche en connexion avec la conductivité et le potentiel des contacts des cathodes à semiconducteur. Enfin il fait connaître des essais faits sur les condensateurs produits.

Elektroncsövek élettartamvizsgálata

ETO 621.385.1;620:169.1

Az elektroncsövet képező elektrodarendszer a katód-ból, a rácsokból és az anódból áll, melyek a különböző felhasználásoknak megfelelően meghatározott geometriai mérettel és elrendezéssel bírnak. Az elektródák között a katódnak különleges szerepe van, mert kb. 700 °C izzó bevonata szolgáltatja a cső működéséhez szükséges elektronáramot.

Az elektroncső működési zavarait ennek megfelelően ugyancsak az elektrodarendszerrel, a fűtőtesttel és a burával összefüggő meghibásodásokra és a katóddal összefüggő meghibásodásokra lehet osztani. Előbbiek elsősorban katasztrófális meghibásodások, mint pl. zárlatok, szakadások, üvegrepedések, stb., melyek túlnyomórészen a csövek első 200 üzem-órájában fordulnak elő, míg utóbbiak a katód emittálórétegének elhasználódásával járnak együtt.

A katasztrófális hibákkal a továbbiakban nem foglalkozunk, megjegyezzük csupán, hogy ezeket a hibákat gondos és célszerű felépítéssel, a technológiai munkamenetek megfelelő kialakításával és ellenőrzésével, továbbá homogén és jól specifikált alapanyagok felhasználásával elhanyagolható mértékre lehet leszorítani, illetve az utolsó gyártási fázisban lehet kisselektálni. Vizsgálat tárgyává csupán a katód emittálórétegének elhasználódását tesszük, mert gyakorlatilag ez határozza meg a cső élettartamát.

Az élettartam-vizsgálat módszerei

Élettartam-vizsgálatoknál elvileg két módszer követhető:

a) Megállapítjuk a működés szempontjából legfontosabb paraméter élettartamvégpontját és megvizsgáljuk, milyen törvényszerűséggel változik ez a paraméter az idő függvényében. Ez a módszer akkor is követhető, ha nem csupán egy, hanem több paraméter viselkedése értékelendő ki.

b) A működés szempontjából fontos paraméterek élettartamvégpontjait meghatározzuk és megvizsgáljuk, milyen időbeli eloszlást mutatnak a kieső példányok. Újabban erre a célra a többszörös Weibull-eloszlást használják, melynek egyes paraméterei az élettartamra jellemzők.

Az első módszer előnyösen akkor használható, ha egy ismert elhasználódási mechanizmusról van szó. Ez az eset elektroncsöveknél fennáll, ezért csupán ennek a módszernek alkalmazhatóságát ismertetjük.

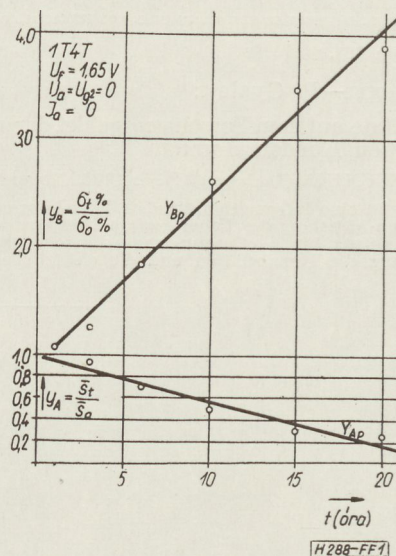
Elektroncsövek működése közben egyidőben két ellenkező hatású folyamat játszódik le a katódon. Az aktiválási folyamat, melyhez a katód redukció-aktiválása és áramaktiválása tartozik, állandóan regenerálja a katódot, mely a dezaktiválási folyamat — elsősorban a katódmérgezések és katód masszapárolgás — miatt elhasználódik. A cső élettartamát

tehát e két folyamat determinálja. Természetes, hogy a katódmassza üzem közben lassan bár, de állandóan fogy, úgyhogy a dezaktiválási folyamatok előbb-utóbb mindig túlsúlyba jutnak. Kérdés csupán az, hogy ez mikor történik. Itt megemlítem, hogy közvetett fűtésű csöveknél, sőt közvetlen fűtésű csövek normális üzemeltetésénél, nem a katód-masszavesztés szabja meg az élettartamot. A katódmasszapárolgás viszont közvetett módon tönkre teszi az elektroncsövet, mert ha pl. az anódon csapódik le, ahol elektronbombázás következtében elbomlik, a felszabaduló oxigénionok katódmérgezést okoznak. Ezt hazánkban először Winter Ernő akadémikus ismerte fel, azért igyekezett megbízható csövek számára üzemi hőfokon csak kismértékben párolgó katódmasszákat kifejleszteni. Az elhasználódási mechanizmus tanulmányozása végett külön megvizsgáltuk, milyen időbeli meredekségváltozás mutatkozik olyan csöveknél, amelyek elsősorban bárium párolgás miatt mennek tönkre. E célból több csőtételt áramterhelés nélkül, túlfűtve égettünk. Kiértékelés végett az aláfűtött meredekség relatív szórását és számtani középértékét számoltuk és mindkettőt saját égetés előtti értékére vonatkoztattuk. Az 1. ábra tipikus esetet mutat. A nyert mérési eredményeket az

$$Y = a + bt$$

lineáris regresszióval megközelítettük és meghatároztuk az r korrelációs együtthatót. Megállapítottuk, hogy ismétlések esetén a korrelációs tényezők a középértékekre vonatkozóan

$$r_A = 0,89 - 0,97 \text{ között,}$$



1. ábra

a relatív szórásra vonatkozóan pedig

$$r_B = 0,90-0,99 \text{ között fekszenek}$$

A 2. ábra három ilyen regressziós egyenest mutat.

Az elsősorban katódmergezés miatt tönkremenő csöveket aláfűtött égetésekkel nagy áramkivétellel vizsgáltunk. Az égetések jellemzésére ez esetben egy

$$Y = a + b \log t \text{ alakú}$$

regresszióegyenes mutatkozott legalkalmasabbnak, melynek egy példányát 3. ábra szemlélteti. A korrelációs együtthatók ez esetben:

$$r_A = 0,87-0,96 \text{ és}$$

$$r_B = 0,85-0,92 \text{ között mozogtak.}$$

A 4. ábra három ilyen regressziós egyenest mutat. Fenti eredmények alapján arra lehet következtetni, hogy bármely cső típus tetszőleges égetését mindig egy

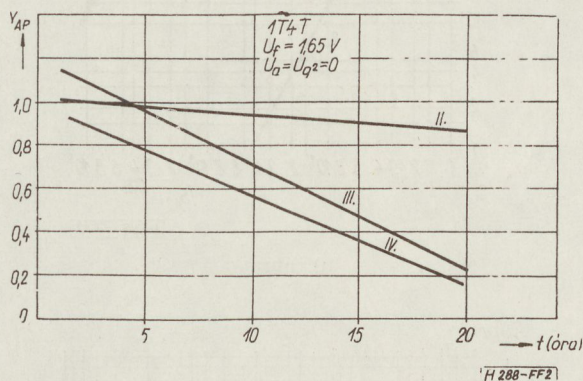
$$Y = a + b_1 t + b_2 \log t$$

alakú regressziógörbével lehet jellemezni, melyben a regressziós együtthatók b_1 a katódmasszapórolgás okozta meredekség esésre, és b_2 a katódmergezés okozta meredekség esésre jellemzők.

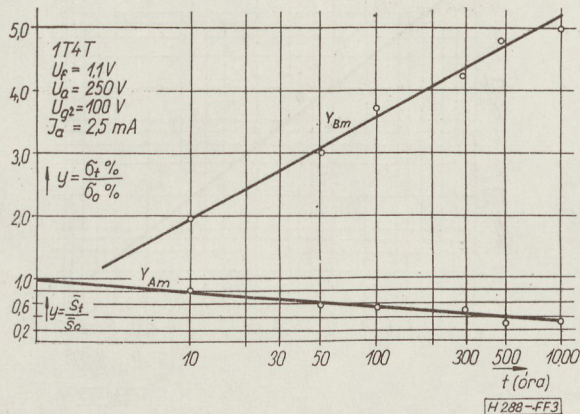
Összesen 25 égetést hajtottunk végre közvetett fűtésű és közvetlen fűtésű csöveken és azokat kétszeres regresszióval értékeltük ki. A korrelációs együtthatók ez esetben túlnyomó részben

$$r_A = 0,95-0,99$$

$$r_B = 0,93-0,99 \text{ értékek között}$$



2. ábra



3. ábra

mozogtak és csak elvétve találtunk alacsonyabb értéket.

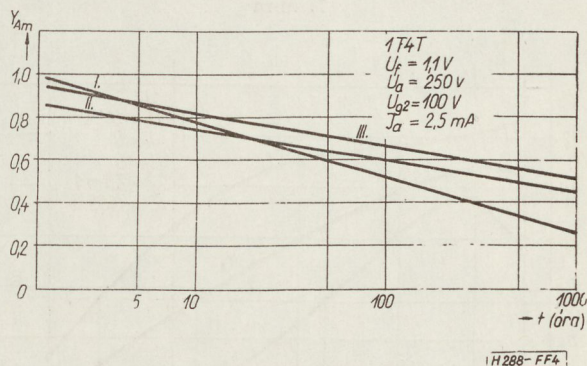
Az 5., 6. és 7. ábrák ilyen regressziógörbét mutatnak.

A kéttagú regressziós egyenlet lehetővé teszi, hogy számszerűen jellemezzük a különböző üzemmódok hatását egy bizonyos cső típusra, tehát megállapítható, melyik üzemmód a cső élettartam szempontjából a legkritikusabb. A két regressziós együttható szám-szerű értékéből pedig nagy valószínűséggel következtetni lehet, miért megy a cső tönkre, ami hosszabb élettartamú csövek fejlesztésénél a megoldandó feladatokat jelöli ki.

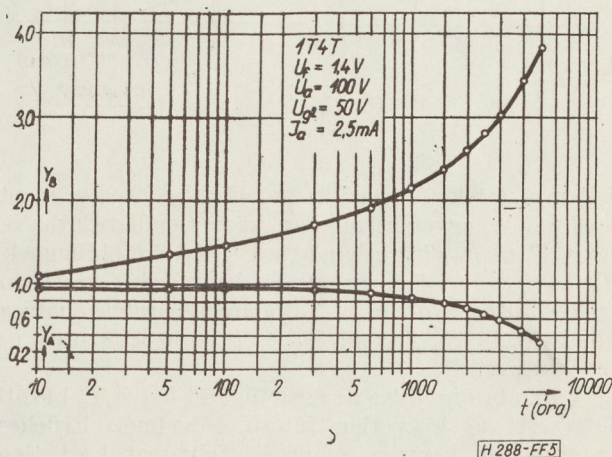
Ha ismerjük a vizsgálandó csőtétel kezdeti relatív szórását, és feltételezzük, hogy a vizsgálandó paraméter — ez esetben az aláfűtött meredekség — normáeloszlást követ, ami homogén gyártás esetén mindig fennáll, akkor a középértékre és a relatív szórásra jellemző regressziós görbékkel Y_A és Y_B -vel megállapíthatjuk, hogy mikor várható az első cső tönkremenése, illetve, mennyi idő múlva fog a csöveknek egy meghatározott része tönkre menni. A lefelé szóró, illetve gyorsan romló csövek tönkremenését a következő egyenlet jellemzi:

$$Y_0 = Y_A \left(1 - \frac{2\sigma_0\%}{100} Y_B \right)$$

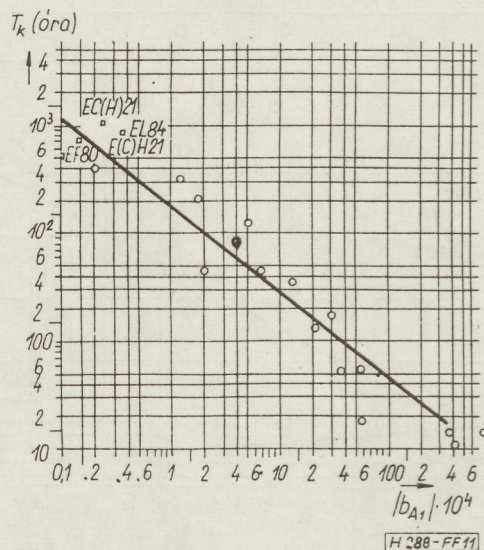
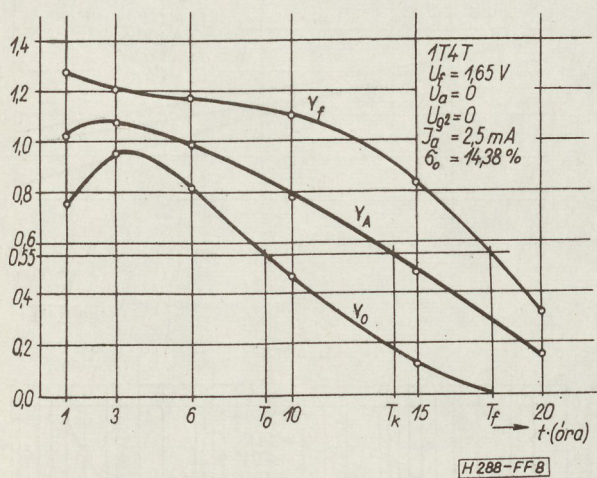
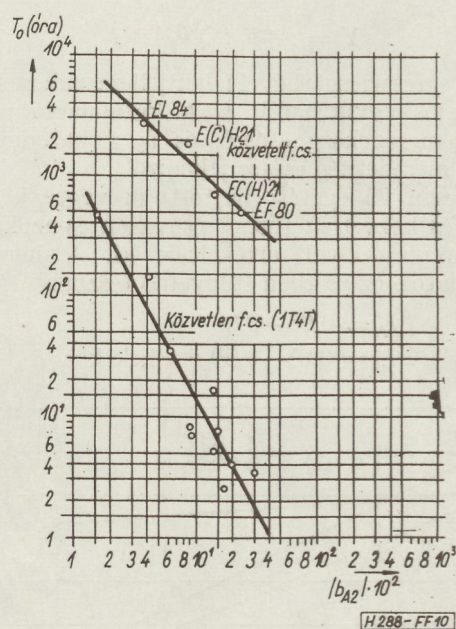
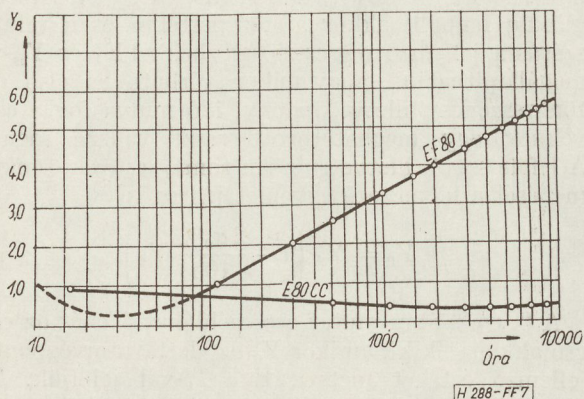
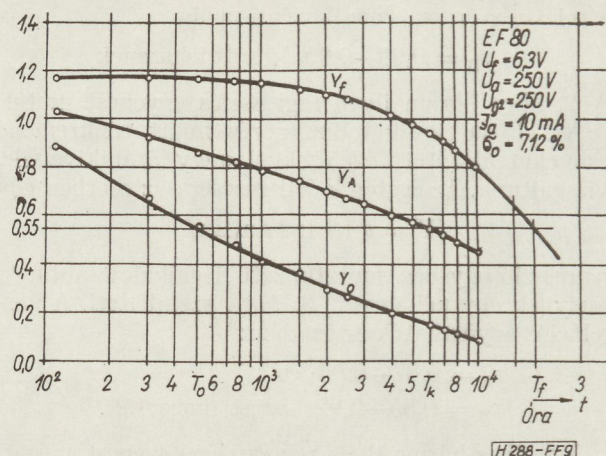
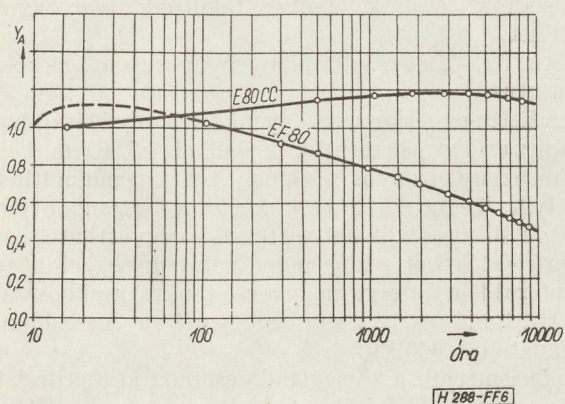
A 8. és 9. ábra mutat erre példákat. Tehát az első cső akkor esik ki, amikor Y_0 az élettartamvégponton jellemző értéket metszi. Ezt T_0 -val jelöljük. T_K időpontban, amikor Y_A az élettartamvégponton



4. ábra



5. ábra



jellemző értéket metszi, a csövek kb. 50 %-a ment tönkre. Az egyenlet alapján közvetlenül belátható, hogy T_0 és T_K elsősorban b_{A1} és b_{A2} értékétől függenek. T_0 és b_{A2} között van szoros korreláció, mivel az égetés első óráiban a katódanyagpárolgás hatása elhanyagolható, viszont T_K és b_{A1} között szoros az összefüggés.

A 10. ábra mutatja az összefüggést b_{A2} és T_2 között közvetett és közvetlen fűtésű csöveknél. Érdekes megfigyelni, hogy a mérgezési folyamat közvetlen és közvetett fűtésű csöveknél különbözik, hiszen

azonos b_{A2} értékhez különböző T_2 értékek tartoznak. Katódpárolgás szempontjából viszont mindkét fajta cső egyformán viselkedik, ami a 11. ábra alapján látható. A korreláció b_{A1} és T_K között független a csőtípusoktól és csőfajtáktól.

Összefoglalva tehát megállapítható, hogy a regressziós együtthatókkal a csövek várható élettartama

jellemezhető, továbbá különböző csőtípusok és különböző égetések számszerűen összehasonlíthatók. Ez annyit jelent, hogy az égetési beállítások megfelelő választásával olyan gyorsított égetés válik lehetővé, melynél a gyorsítás mértéke a különböző üzemmodokra vonatkoztatva nagy valószínűséggel számszerűen megadható.

ETO 621.385.1 : 620.169.1

Dr. Fischer F.:

Elektroncsövek élettartam-vizsgálata

HÍRADÁSTECHNIKA XIV. 1963. november

A csőben végbemenő aktiválási és desaktiválási folyamatok ismeretése. A csőtönkremenések törvényszerűsége, ha mint halálok a bárium-párolgás, illetve a katódmérgezés dominál. Túlfűtött és alá-fűtött égetések kiértékelése. A cső tönkremenésének általános esete. Gyorsított élettartam-vizsgálatok lehetősége.

ДК 621.385.1:620.169.1

Д-р Ф. Фишер:

Испытание срока службы электронных ламп

HÍRADÁSTECHNIKA (ХИРАДАШТЕХНИКА, Будапешт) XIV. 1963. ноябрь

Описание процессов активации и дезактивации. Закономерность отказов ламп, если причинами отказов являются в основном испарение бария или отравление катода. Оценка испытаний при увеличенном и уменьшенном напряжении накала. Общий случай отказов ламп. Возможность ускоренных испытаний срока службы.

ДК 621.385.1 : 620.169.1

Dr. F. Fischer:

Lebensdauerprüfung von Elektronenröhren

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XIV. 1963. November

Beschreibung der Aktivierungs und Desaktivierungsvorgänge in der

Röhre. Die Lebensdauerkennlinie bei Bariumverdampfung der Röhre bzw. bei Kathodenvergiftung. Auswertung überheizter und unterheizter Dauerbrennergebnisse. Allgemeiner Fall des Zugrundegehens der Röhre. Möglichkeit der Schnell-Lebensdauerprüfungen.

UDC 621.385.1 : 620.169.1

Dr. F. Fischer:

Life Test of Vacuum-Tubes

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XIV. 1963. November

Description of the activation and desactivation procedures in the vacuum-tubes. Lifetime-characteristics of vacuum tubes in the case of barium evaporation or cathode poisoning respectively. Evaluation of the over and of the underheated life tests. General case of the deterioration of vacuum tubes. Possibility of accelerated life tests.

CDU 621.385.1 : 620.169.1

Dr. F. Fischer:

Essai de la tenue de tubes électroniques

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XIV. 1963. novembre

Description des procès d'activation et de désactivation dans le tube électronique. La régularité de la détérioration en cas d'évaporation du barium ou d'empoisonnement de la cathode. Dépouillement des bouillages surchauffés ou souschauffés. Le cas général de la détérioration du tube électronique. La possibilité d'essais accélérés de la tenue des tubes.

Összefoglalás a HIKI Jubileumi Ülésszakán elhangzott további előadásokról

A Híradástechnikai Ipari Kutató Intézet megalakulásának 10. évfordulója alkalmával rendezett tudományos ülésszakra az Intézet dolgozói és külső munkatársai kb. 80 előadást jelentettek be. Tekintettel az ülésszak időben korlátozott lehetőségeire csak az ezekből kiválasztott mintegy 30 előadás került ismertetésre. A többi a Fizikai Társulatban és a Híradástechnikai Tudományos Egyesületben kerül előadásra későbbi időpontban.

Annak érdekében, hogy az olvasó átfogó képet kapjon az ülésszakról az alábbiakban témakörönként összefoglaljuk azon előadásokat, melyek nem e célszámban jelennek meg.

Dr. MILLNER TIVADAR Kossuth-díjas akadémikus és **HORACSEK OTTÓ** wolframdrótok állandó terhelés hatására létrejött lassú nyúlásnak vizsgálatáról számolt be. A megnyúlás sebessége és mértéke a zsugorítás módjától és az adalékanyagtól függ. Például szilícium adaléknyomok esetén a lassú zsugorítás nagymértékben csökkenti a megnyúlást.

LAKATOS GYÖRGY, GAJÁRI GYULA, TOLNAI ÁGOSTON, GÁCS ISTVÁN és **KE-SZEGH ÉVA** három előadásban a fénycsőgyújtókkal kapcsolatos vizsgálatokról számolt be. Ismertették a ködfénykislüléses gyújtólámpákra vonatkozó vizsgálatokat és azok eredményét. Tárgyalták a gyújtólámpákkal gyújtott fénycső biztos gyújtásának valószínűségét, a fénycső gyújtásához szükséges impulzust állandónak feltételezve. A számítás eredményeként a gyújtás valószínűsége mint a gyújtó által adott maximális feszültség-impulzus és a fénycső gyújtásához szükséges minimális impulzus hányadosának függvénye adódik. Ezek az eredmények jól egyeznek Weiszbürg János mérési eredményeivel. Beszámoltak még a ködfénykislüléses fénycsőgyújtók töltőgáznyomásának a gyújtó jellemzőire való hatásáról és a gáznyomás ronsolásmentes méréséről.

Dr. BITÓ JÁNOS a váltakozóáramú gázkislúlések paramétereinek nyomásfüggéséről tartott előadást. A Waymouth által bevezetett szondamérési eljárást továbbfejlesztve a hálózati frekvenciával működtetett kislúlések vizsgálatára megadja a katódos és, az axiális térerősség, valamint a plazmapotenciál függését az alkalmazott argon alapgáz nyomásától, higanygőz kislülés esetére.

Dr. ENDRŐI PÁL kis mennyiségű vasnak cinksóban való meghatározásával kapcsolatos nehézségekről számolt be, majd ismertette az általa kidolgozott eljárást, mely alkalmas a cinkszulfid alapú fényporok kutatásával és gyártásával kapcsolatban szükséges vas-meghatározásra.

Dr. SZIGETI GYÖRGY akadémikus, **BAUER GYÖRGY** és **HORVÁTH ANTAL** változtatható spektrális energiaeloszlású fényforrásról tartott előadást. Ismertették a Bródy Imre Laboratóriumban létrehozott katódlumineszcens lámpát, melynek hatásfoka 10 lumen/watt és spektrális energiaeloszlása folyamatosan változtatható.

WEISZBURG JÁNOS, „Néhány összefüggés elektrolumineszcens panelekben” című előadásában az elektrolumineszcens jelenségeket a junction-hipotézis alapján tárgyalta. Modellpanelt vezetett be az összefüggések tanulmányozásához és vizsgálta az ennek viselkedéséből levonható következtetéseket az elektrolumineszcencia gyakorlati alkalmazása szempontjából.

ORSZÁG FERENC a germánium tranzisztorok ötvözött p - n átmeneteinek előállításáról tartott beszámolót. Ismertette az indium peremszög időbeli változását, valamint a hőmérséklettől való függését és a kémiai felületkezelés befolyását.

KÜRTHY ZOLTÁN századmilliméteres nagyságrendbe eső lineáris méretű fémfelületek félvezető felületén történő létrehozásáról tartott előadást. A vákuumpárolgatásnál használt maszk (sablon) réseinek pontos leképezését befolyásoló tényezőket tanulmányozta. Néhány technikai részletkérdést tárgyalt több fém párolgatásának esetére.

KOCSIS MIKLÓS az ötvözött rétegt tranzisztorok impulzusüzemi működésénél tapasztalható meghibásodást vizs-

gálta elméleti és kísérleti úton. Előadásában beszámolt arról, hogy a látszólag rejtélyes tönkremenetel oka az inhomogén bázisszelesség. Vizsgálatainak nagyon jelentős eredménye, hogy ronsolásmentes módon előre megállapítható, melyek azok a tranzisztorok, amelyeknél a tönkremenetel bekövetkezhet. Négyszögletes diódákra is kiterjesztette vizsgálatait.

HÁZMAN ISTVÁN rétegt tranzisztor határfrekvencia-mérésekről tartott előadást. Ismertette az Elektronikus Laboratóriumban kidolgozott mérőberendezést, melynek lényege a közel rövidzárt biztosító nagyfrekvenciás árammérő alkalmazása. A készülék igen egyszerűen megépíthető, a mérési módszer számos egyéb tranzisztorparaméter mérésére is felhasználható.

Dr. KOVÁCS FERENC a tranzisztorok nagyfrekvenciás méréstechnikájának néhány kérdéséről ismertette. Előadásában a nagyfrekvenciás paraméterek laboratóriumi és üzemi mérését tárgyalta. Foglalkozott a nagyfrekvenciás tulajdonságok tömegmérésének, illetve ellenőrzésének lehetőségével.

PÁSZTOR GYULA a drift-tranzisztorok belső fizikai szerkezetének ronsolásmentes elektromos mérések, valamint kétpólus és négy-pólus impedanciák vizsgálata útján történő meghatározásáról tartott beszámolót. A levágási frekvencia számítását tárgyalta, figyelembe véve az emitter átmeneti kapacitását, a bázisellenállást és a kollektorkapacitást. Ismertette a Félvezető Laboratóriumban kidolgozott tranzisztortípus konstrukciós számításait.

RÓZSA ÉVA és **HERMAN ÁKOS** fém-félvezető rendszerekben felépítő helyi elemhatásokkal kapcsolatos vizsgálatokról számoltak be. A fém-félvezető rendszerek elektrolittal érintkezve többelektrodás korróziós rendszert alkotnak. Az egyes összetevők polarizációs görbéjének felvétele alapján kialakítva a korróziós rendszer diagramját, következtetéseket lehet levonni a fém-félvezető rendszerben észlelt jelenségekre vonatkozóan.

BÁRTFAI PÁL NÉ félvezetőkből töltéshordozó élet-tartam mérésekről tartott előadást. Röviden ismertette a laboratóriumban használatos, szokványos módszereket, majd részletebben beszámolt az általa kidolgozott kétfényjeles mérésről, mely egyszerűsége folytán igen alkalmasnak látszik üzemi mérés céljára is.

GÁSPÁR GYÖRGY egyenletes hőterű vákuumkémence tervezési és kivitelezési kérdéseiről tartott előadást. A kemencetípusok rövid áttekintése után a gazdaságossági és műszaki szempontok egyeztetésével foglalkozott. Bemutatta a méretezési számításokat, majd értékelte a kivitelezéssel kapcsolatban felmerült problémákat.

EREKY VILMOS, SŐREG ISTVÁN és **GADÓ BÉLA** az adócsövek vizsgálatáról számolt be. Adócsövek sztatikus karakterisztikájának impulzusmódszerrel történő mérésénél felmerülő problémák és megoldások ismertetése után a dinamikus vizsgálat követelményeivel foglalkoztak, különösen a modern ultrarövidhullámú csövekre vonatkozóan.

MILLNER JÓZSEF az adócsőtechnológia fejlődéséről tartott előadást. Az Adócső Laboratóriumnak a csőtechnológia területén végzett fejlesztési és kutatási munkáit ismertette, az elért eredményeket összehasonlítva a nemzetközi színvonalal.

VÁRALLYA YIVÁN adótriódák optimális katód-rács geometriájának meghatározásáról tartott előadást. Igen nagy árameloszlási tényezőjű és nagy sztatikus erősítési tényezőjű csőgeometriát alakított ki, gumimodell kísérletek segítségével. A sztatikus erősítési tényező növekedése kb. 50% az egyszerű körkeresztmetszetű botrácsához képest.

BALOGH ALBERT és **Dr. SARKADI KÁ-ROLY** (MTA Matematikai Kutató Intézet) a híradástechnikai alkatrészek élettartam vizsgálatának kiértékelési módszereinél alkalmazott matematikai módszereket ismertette. Beszámoltak az élettartameloszlás vizsgálatával kapcsolatos eredményekről is.

DUPILINSZKY EDE (Építőanyagipari Központi Kutató Intézet) és *NEUHOF SUSKI LÁSZLÓ* előadásában ismertette a híradástechnikai ellenállások gyártásánál eddig használt porcelántest tulajdonságait és e tulajdonságok javítása érdekében végzett kutatás fontosabb eredményeit. Ismertették továbbá az általuk kidolgozott alkáli-ionszegény hordozótesttel készült kristályosszén rétegellenállás jellemzőit.

WOLLITZER GYÖRGY és *STRAUSZ TAMÁS* az anódosan kialakított alumíniumoxid-rétegek dielektrikumként való felhasználásáról, félvezető katód kialakításáról és alkalmazásáról tartott előadást. Ismertették továbbá a vákuumpárolgatott fegyverzetű alumíniumoxid dielektrikumú kondenzátorok előállításával kapcsolatos kérdéseket és az ilyen kondenzátorok tulajdonságait.

CSANÁDY ANDRÁS NÉ a szilíciumoxid és magnéziumfluorid dielektrikumú vákuumpárolgatott fegyverzetű kondenzátorokról tartott előadást. A kondenzátorok felépítésének, előállítási módjának ismertetése után az utólagos hő és elektromos kezelések hatását tárgyalta.

KOLONITS PÁL NÉ és *SZTANKOVICS LÁSZLÓ* a lakkkondenzátorok tulajdonságait befolyásoló tényezők vizsgálatával foglalkozott előadásában. A vékony

műanyaghárttyák igen előnyösen alkalmazhatók kondenzátor dielektrikumként. Komoly problémát jelent az egyenletes vastagságú, tömör, szennyezésmentes, magas mechanikai termikus és elektromos szilárdsággal rendelkező műanyaghárttyák előállítása. Bemutatták e paraméterek függvényében a vonatkozó vizsgálatok eredményeit és azok technológiai kihatását.

KOLLÁR SÁNDOR a lakkréteg ellenállások bázislakkkjaként felhasználható anyagok vizsgálatáról számolt be. Ismertette a híradástechnikai szempontból támasztott követelményeket, a korom lakkal történő előkezelésének hatását az ellenállás minőségére és a védőlakk szerepét a nagy ohmértékű lakkréteg ellenállásoknál.

1

BERGHAMMER ANTAL a lakkréteg potencióméterek új technológiai módszereiről számolt be. A lakkal előkezelt korommal készült potencióméterpályák tulajdonságait ismertette, majd tárgyalta a kis ohm értékű potencióméterpályák készítésének kérdéseit.

TURY PÁL, Kossuth-díjas, az Egyesült Izzó műszaki igazgató helyettese előadást tartott a magyar vákuumtechnikai kutatás 40 éves múltjáról.

Szebeni Péter



TUNGSRAM

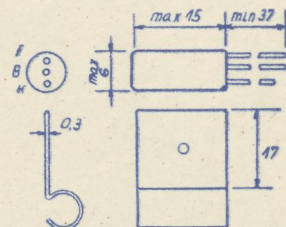
tranzisztor típusok

OC 1074, OC 1079 és OC 1080 tranzisztorok adatai

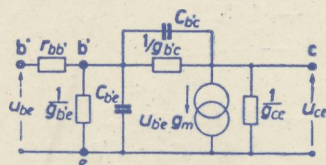
Beállítások	Határértékek												Visszáramok		$-U_{CE} = 6\text{ V}$	$-U_{CE} = 6\text{ V}$
													$-U_{CE} = 9\text{ V}$	$-U_{EB} = 6\text{ V}$	$I_E = -50\text{ mA}$	$I_F = -5\text{ mA}$
Jelölések	$-U_{CE}$	$-U_{CEM}$	$-U_{CE}$	$-U_{CEM}$	$-V_{EB}$	$-U_{EBM}$	$-I_C$	$-I_{CM}$	I_E	I_{EM}	$-I_B$	$-I_{BM}$	$-I_{CBO}$	$-I_{EBO}$	f_{ae}	F
Mértékegység	V	V	V	V	V	V	mA	mA	mA	mA	mA	mA	μA	μA	kHz	dB
OC 1074	20	—	20	—	6	—	300	600	310	600	—	—	10	6	>15	<30
OC 1079	—	—	26	26	6	6	300	600	310	600	—	—	10 ⁺	4,5	>20	<15
OC 1080	32	32	—	—	20	—	300	600	340	630	40	200	10 ⁺	6	>12	—

Nagyjelű áramerősítési tényező az OC 1074, OC 1079 és 1080 típusoknál

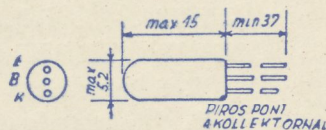
Beállítás	$-U_{CE}$	h_{21E}	h_{21E}	h_{21E}
	I_E	6 V	6 V	1 V
OC 1074	5 mA	60	100	65
OC 1079	50 mA	—	60	—
OC 1080	300 mA	—	180	—



OC 1074, OC 1079 és OC 1080 tranzisztorok külrajzai



Nagyfrekvenciás helyettesítőkép



OC 1044 és OC 1045 tranzisztorok külrajzai

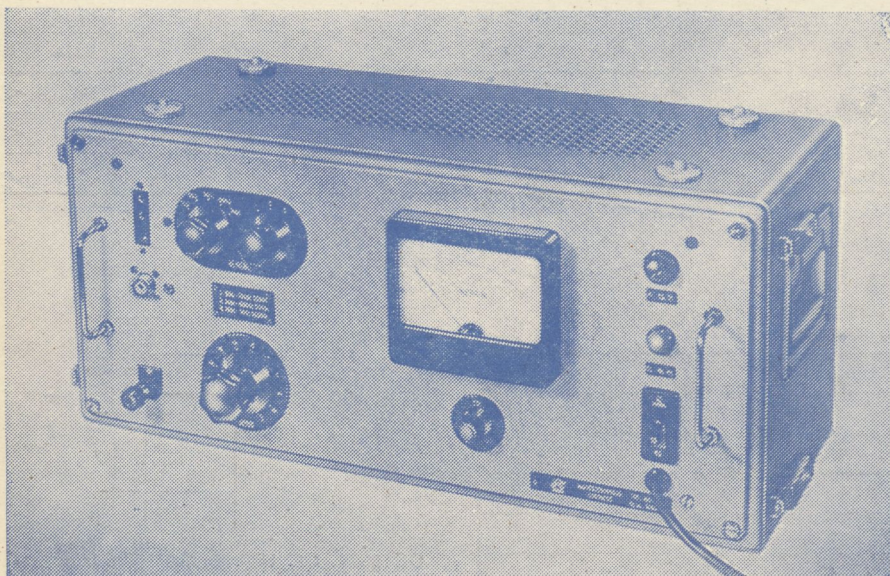
OC 1044 és OC 1045 tranzisztorok adatai

Beállítások	Határértékek										Visszáramok		A nagyfrekvenciás helyettesítőkép elemei					
Jelölések	$-U_{CE}$	$-U_{CEM}$	$-U_{CE}$	$-U_{CEM}$	$-U_{BE}$	$-U_{EBM}$	$-I_C$	$-I_{CM}$	$-I_{CBO}$	$-I_{EBO}$	f_{ae}	C_{be}	C_{bc}	g_{be}	g_{bc}	g_m	g_{ce}	$r_{bb'}$
Mértékegység	V	V	V	V	V	V	mA	mA	μA	μA	kHz	pF	pF	μS	μS	mA/V	μS	Ω
OC 1044	15	15	15	15	12	12	5	10	0,5	0,4	>75	410	10,5	390	0,5	39	40	100
OC 1045	15	15	15	15	12	12	5	10	0,5	0,4	>60	1000	10,5	760	0,5	39	15	75

TT 1102 TYP. NAGYÉRZÉKENYSÉGŰ SZINTMÉRŐ

A korszerű távbeszélőtechnika minden területén előnyösen használható. Vívőfrekvenciás berendezések, sokcsatornás láncok fejlesztésénél, üzembehelyezésénél, karbantartásánál nélkülözhetetlen eszköz.

Széles frekvenciasávban (30 Hz—1 MHz) nagy érzékenységgel rendelkezik (-10 N). Jól használható hídméréseknél, mint indikátor. Szimmetrikus illesztett és aszimmetrikus nagy impedanciájú bemenetei a műszer sokoldalú felhasználását teszik lehetővé.



Műszaki adatok:

FREKVENCIA TARTOMÁNY:

30 Hz — 1 MHz

SZINTMÉRÉSI TARTOMÁNY:

-10 N — $+2,1$ N.

BEMENŐ IMPEDANCIÁK:

I. Szimmetrikus

30 Hz — 20 kHz > 20 k Ω

II. Szimmetrikus

3 kHz — 600 kHz $> 3,5$ k Ω

III. Aszimmetrikus

30 Hz — 1 MHz > 500 k Ω || < 50 pF

SZIMMETRIKUS ILLESZTÉSEK:

Kapcsolható lezárások

75 — 135 — 150 — 600 Ω

ALKALMAZOTT CSÖVEK:

5 db. 18 042, E83F,
PL 81, 85A2.

GYÁRTJA:

ELEKTRONIKA

Budapest, VII., Klauzál u. 30. Telefon: 221-646 221-825

