

HÍRADÁS- TECHNIKA



XXX. ÉVFOLYAM, 8. SZÁM, 225—256

AUGUSZTUS

8

HÍRADÁS- TECHNIKA

1979. augusztus, XXX. évfolyam, 8. szám

A HÍRADÁSTECHNIKAI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET LAPJA

TARTALOM

DR. HERENDI MIKLÓS: Programrendszer LC szűrők tervezésére	225
Pályázati felhívás	237
DAUNER HENRIK—DUCZA ISTVÁN—NOVÁK ERNŐ: Harmadik generációs mikrohullámú rádió- relé berendezések anyag-, alkatrész-, szereléstechnikai problémái	238
Szemle	246, 254
DR. DÉKÁNY LÁSZLÓNÉ—DR. KORMÁNY TERÉZ: A villamos érintkező felületek hibásodási mechanizmusa	247
Tartalmi összefoglalások	255
Обобщения	255
Zusammenfassungen	256
Summaries	256
Résumés	256

Operatív szerkesztő bizottság: BOGLÁR GYULA szerkesztő, BALOGH PÁL,
DR. FLESCH ISTVÁN, MAY PÉTER, MÉREY IMRÉNÉ, NAGYGYÖRGY GÁBOR
Szerkesztőségi és kéziratokkal kapcsolatos ügyekben felvilágosítást ad: SZÖLLŐSI
GYÖRGYNÉ. Telefon: 495-098

HÍRADÁSTECHNIKA

A szerkesztésért felelős: Boglár Gyula. Szerkesztőség címe: Budapest V., Kossuth Lajos tér 6—8. 1055. Telefon: 113-027. Kiadja:
a Lapkiadó Vállalat, Budapest, Lenin krt. 9—11. 1073, telefon: 221-285. Levélcím: Budapest, Pf. 223. 1900. Felelős kiadó: Siklósi
Norbert. Terjeszti a Magyar Posta. Előfizethető bármely postahivatalnál, a kézbesítőknél, a Posta hírlapüzleteiben és a Posta Köz-
ponti Hírlapirodnál (KHI, Budapest, József nádor tér 1. 1900) közvetlenül vagy postautalványon, valamint átutalással a KHI
215—96 162 pénzforgalmi jelzőszámra. Előfizetési díj: fél évre 72 Ft, egész évre 144 Ft. Egyes szám ára: 12 Ft. Megjelenik havonta.
A folyóirat külföldre előfizethető: „KULTÚRA” Külkereskedelmi Vállalat, H—1389 Budapest, Postafiók 149



Egyetemi Nyomda — 79.4362 Budapest, 1979. Felelős vezető: Sümeghi Zoltán igazgató

HU ISSN 0018—2028

Index: 25375

DR. HERENDI MIKLÓS
Műszeripari Kutató Intézet

Programrendszer LC szűrők tervezésére

ETO 519.68:621.372.54.011.732.22

A Műszeripari Kutató Intézetben több, mint 10 év óta folynak a számítógépes tervezés egyes problémáinak megoldására irányuló munkák. Egyik hosszú idő óta művelt témakör az LC és az aktív RC szűrők tervezése.

Az LC szűrők tervezése különösen számításigényes feladat. Ez az oka annak, hogy az üzemi paraméteres tervezés elvének szélesebb körű felhasználására csak a számítógépek elterjedése után került sor. Az újabb, kedvezőbb számítási módszerek kutatása azóta is folyik.

A fejlődés fontos lépése volt a transzformált frekvenciaváltozó bevezetése. Az első transzformált frekvenciát használó programot Szentirmai [1] készítette, Magyarországon pedig Radványi Jenő írta [2]. A szerző is hosszabb ideje foglalkozik ilyen programok megvalósításával [3, 4].

Az a munka, melyről ez a cikk beszámol a KGM CF-22. „Számítógépes áramkör tervező, gyártó és ellenőrző rendszerek” célfeladatán belül folyt és eredménye része a TKI, SZTAKI, KFKI, MIKI és HIKI együttműködésével megvalósuló AUTER rendszernek.

1. Kiinduló megfontolások

Ebben a fejezetben megkíséreljük megfogalmazni egy LC szűrőket tervező programmal szemben támasztandó legfontosabb elvárásokat és megvizsgáljuk, hogyan lehet ezeket teljesíteni.

1.1. Alapkövetelmények

Vizsgáljuk meg először is, hogy milyen követelményeket kell kielégítenie egy olyan programnak, amely a szűrőtervezési feladatok jelentős részének megoldására használható.

Aluláteresztő és sávszűrő tervezése

Az aluláteresztő és a sávszűrő az a két legtöbbször előforduló szűrőfajta, melyeknek közvetlen terve-

zéséről nem mondhatunk le. Már más a helyzet a felüláteresztővel. Amíg veszteségmentes szűrőről van szó, aluláteresztő tartományba transzformált követelmények alapján aluláteresztőt tervezhetünk, melyből reaktancia-transzformációval kapható a felüláteresztő. A veszteséges felüláteresztővel azonban az irodalom nagyon mostohán bánik. Még az (1) helyett aluláteresztő, felüláteresztő és sávszűrő esetére egyaránt használható $z^2 = (1 - \omega_2^{-2}\omega^2) / (\omega^{-2} - \omega^2)$ transzformációt sem javasolták. Egyelőre mondjunk le róla.

A sávzáró esetét könnyen elintézhethetjük. 0 és ∞ frekvenciás tolóelemek hiányában a lefejtés a szokásos módon nem oldható meg, tervezésre tulajdonképpen csak az aluláteresztő – sávszűrő reaktancia-transzformáció használható.

Maximális laposságú és egyenletes közelítésű át-eresztőrész

Mindkét típus tervezhetősége alapvető szükséglet. Bonyolultabb át-eresztőrészbeli csillapításkövetelmények kielégítése hasonló módszerrel volna lehetséges, mint amit a zárórész közelítésére használunk [5], de ez ritkán elkerülhetetlen.

Lépcsős toleranciasémát kielégítő zárórész

A max. lapos és egyenletes közelítésű szűrők zárórészében a csillapítást nagyon könnyen lehet számítani asztali programozható kalkulátoron a 3.4 pontban bemutatott képletekkel. A csillapításpólusokat felvéve és módosítva, próbálgatással is használható eredményt lehet elérni, ha az előírások elég enyhék. Szigorúbb követelmények, illetve magasabb fokszámú szűrő esetén feltétlenül a precíz eredményeket adó számítás látszik célszerűnek.

Veszteséges szűrő tervezése előtorzítással

A veszteségek figyelembevétele el nem kerülhető. Nagyon szigorú előírású vagy nagyon széles sávú szűrőktől eltekintve az egyszerű előtorzítás legtöbbször elfogadható eredményt ad még akkor is, ha a szűrő veszteségeloszlása nem felel meg a számításnál feltételezett egyenletes eloszlásnak. Ez utóbbi nehézségen segítene a Darlington [6] vagy a Zdunek [7] által javasolt bonyolult tervezési módszer, nagy pontosságú szűrőknél azonban az alkatrészek veszteségi tényezőinek frekvenciafüggése miatt úgyszólván további

hibák lépnek fel. Ezek korrigálásakor a veszteségeloszlás okozta eltérés is javítható.

Szimmetrikus és antiszimmetrikus konvencionális szűrők

A szűrési feladatok nagy része megoldható a Skwirzynski-féle osztályozás [8] szerinti 2 és 4 osztályú antiszimmetrikus, 3 és 5 osztályú szimmetrikus aluláteresztőkkel, valamint a 10 és 20 osztályú antiszimmetrikus, 12 és 18 osztályú szimmetrikus sávszűrőkkel (1. 5. fejezet). Ezek az ún. konvencionális max. lapos és csebisevi áteresztőrésű szűrők csillapítás tekintetében optimálisak, minthogy karakterisztikus függvényeik zérushelyei a képzetes tengelyen helyezkednek el, vagy veszteséges esetben legalábbis a jellegük ilyen. A valós Φ -zérus(oka)t tartalmazó paraméteres szűrők tervezése bonyolult és az alapkövetelmények közül elhagyható.

Tervezés transzformált frekvencián

A szűrők tervezésének bizonyos lépései során az adatok fokozatosan veszítenek pontosságukból. Ezt a hatást sokjegyű számok használatával [9], a függvények zérus- és pólushelyeit széthúzó frekvencia-transzformációval [1] és a polinomok együtthatói helyett gyökeik tárolásával [10], sőt e módszerek kombinálásával [11] szokták csökkenteni.

A transzformált frekvencia alkalmazása több approximációs feladatnál is egyszerűsítést jelent. Programozási tekintetben előnyei és hátrányai is vannak. Végeredményben az approximációs és realizációs számításokban egyaránt célszerű használni.

FORTRAN programozási nyelv,
DOUBLE PRECISION változók

Az IBM System 360/370 és az ESzR gépek térhódításával párhuzamosan az ALGOL programozási nyelv háttérbe szorult és a FORTRAN nyelv használata a műszaki számításoknál általános lett. Elterjedtsége és szabványosítási helyzete [12] alapján használata előnyös, a programok könnyen honosíthatók más gépeken is.

Az említett gépek REAL változói céljainkra nem adnak elég pontosságot. Mantisszájuk effektív hossza számítás közben a hexadecimális normalizálás miatt 21 bitre csökkenhet, ami csak kb. 6,3 decimális jegynek felel meg. A nehézségeket még növeli a műveletek eredményeinek csonkítása. Így a DOUBLE PRECISION típusú változók használata elkerülhetetlen.

Analízis

A tervezés során a kívánt szűrő többé-kevésbé ideális modellje jön létre. Fontos, hogy rendelkezésre álljon egy analízis program, mellyel a számítás eredményét realiztikusabb körülmények között vizsgálhatjuk, vagy a tervezéskor figyelembe nem vett hatásokat (futási idő, túrések) ellenőrizhetjük.

Sokoldalúság bővíthetőség

Egy tekintélyes szellemi és anyagi ráfordítással létrehozott nagy program merevségének gyors elavulása (vagy az állandó módosítgatás) a következménye. Arra kell törekedni, hogy a program a feladatok széles körének megoldására legyen használható, ideértve esetleg ma még ismeretlen feladatokat is. Az a tapasztalat, hogy sok tervezési feladatnál merülnek fel különleges kívánalmak. Ezeknek teljesítése során

a sokoldalúság nagy előny. Bonyolultabb feladatok sokszor csak bővítéssel oldhatók meg. Ilyen esetekben nagy előny, ha a bővítés könnyen csatlakoztatható az eredeti programhoz.

A sokoldalúság megkövetelése mellett is célszerű arra törekedni, hogy egy feladat adatainak összeállítása ne legyen bonyolult. Előnyös emellett, ha egy tervezés a specifikációtól a realizálás egy minél későbbi fázisáig egy szervesen összefüggő adatsorral előírható.

1.2. Megvalósítási lehetőségek

Ilyen méretű feladat megvalósítását legegyszerűbb nagyszámítógépen elképzelni. A program nagyságát géptől, fordítóprogramtól függően 200...300 kbyte-ra becsülhetjük. A GILDA program [4] kb. 300, a FILSYN program kb. 200 kbyte [11] egy modernebb gépen.

A megoldás előnyei:

- a nagy gép sokoldalú szolgáltatásai rendelkezésre állnak;
- időosztásos üzemmódban a központi egység által fogyasztott idő kicsi.

Hátrányok:

- az egy felhasználó által igénybe vehető tárterület rendszerint korlátozott, ezért a programot overlay struktúrájára kell készíteni;
- drága a program fejlesztése, mert a nagy program szerkesztése idő- és tárigényes;
- minden javítás, módosítás sokba kerül és minden bővítés bonyolítja az overlay struktúrát;
- a felhasználó testben és lélekben távol van a géptől, nem befolyásolhatja a feladat futását.

A kitűzött cél megvalósítására felhasználható másik lehetőség: kisszámítógépen futtatott kis programok rendszere. A rendszer szó külön hangsúlyozandó, mert nem szervesen összekapcsolódó programok sorozata ilyen nagyságú feladat megoldására nem használható. A kisszámítógép helyett viszont egyre inkább elképzelhető egy korszerű programozható kalkulátor.

A megoldás előnyei:

- a rendszer egyes programjai külön-külön írhatók, szerkeszthetők, tesztelhetők, javíthatók;
- a rendszer könnyen bővíthető új programokkal.

Hátrányok:

- kicsi a rendelkezésre álló tárterület;
- a tárterület jelentős részét teszik ki az adatok;
- kevés hely marad a program számára;
- a program egy részét a program felosztottsága miatt ismétlődő feladatokra vagyunk kénytelenek elhasználni;
- meg kell oldani két feladatot, a programok egymás közti adatforgalmát és a programok egymás utáni betöltését és indítását.

A DPLC programrendszer kidolgozásakor a második lehetőséget tartottuk szem előtt. Úgy véljük azonban, hogy a választott megoldások nem zárják

ki a rendszer egy nagygépes megvalósítását, sőt úgy tekintjük, hogy az overlay ágakra való felbontását és az ágak tesztelését jórészt elvégeztük.

2. A DPLC programrendszer jellemzése

A DPLC programrendszer kidolgozása a Műszeripari Kutató Intézet R12 számítógépén történt. A gép operatív memóriája 64 kbyte. Az operátori konzol alfanumerikus display, amit mátrixnyomtató egészít ki. A rendszerlemez kb. 800 kbyte kapacitású fix lemezegység. Lyukszalagolvasó és -lyukasztó, kártyaolvasó, sornyomtató és két ESz5052 lemezegység képezik a perifériákat.

A rendszer az OS12 operációs rendszert használja az MPBMDR monitorral. A programok a BG zónában futnak, betöltési hosszuk 30 kbyte alatt lehet. A programok egy ESz 5052 lemez file-jaiból binárisan tölthetők a tárba BATCH vezérlés alatt. A betölthető különböző programok számát ekkor csak a lemez kapacitása korlátozza (jóval 100 felett). Ez a módszer azonban lassú és nehézkes. Sokkal kedvezőbb a programokat a rendszerlemeznek a futtatható programok (EP) könyvtárából az operátori konzolról vagy a futó programokból kezdeményezett paranccsal betölteni és elindítani. Így a futtatható különböző programok számát a könyvtár kapacitása esetleg korlátozza. A programok betöltési és indítási módjai egy feladaton belül is kombinálhatók.

Az adatok átadása a futó programban kijelölt közös adatmezőknek a rendszerlemez GIGO zónájába írásával, ill. onnan visszaolvasásával történik.

A felhasználó adataival közvetlen kapcsolatban álló minden program a FORTRAN 6 byte hosszúságú DOUBLE PRECISION típusúként specifikált változóit használja.

A felhasználó adatainak hordozója páros paritású ISO 7 (ASCII) kódú lyukszalag, lyukkártya, vagy ESz 5052 lemez file lehet. Az adathordozók váltására is lehetőség van. Később sok helyen egyszerűen az adatszagra fogunk hivatkozni akkor is, ha ez esetleg más adathordozót is jelenthet.

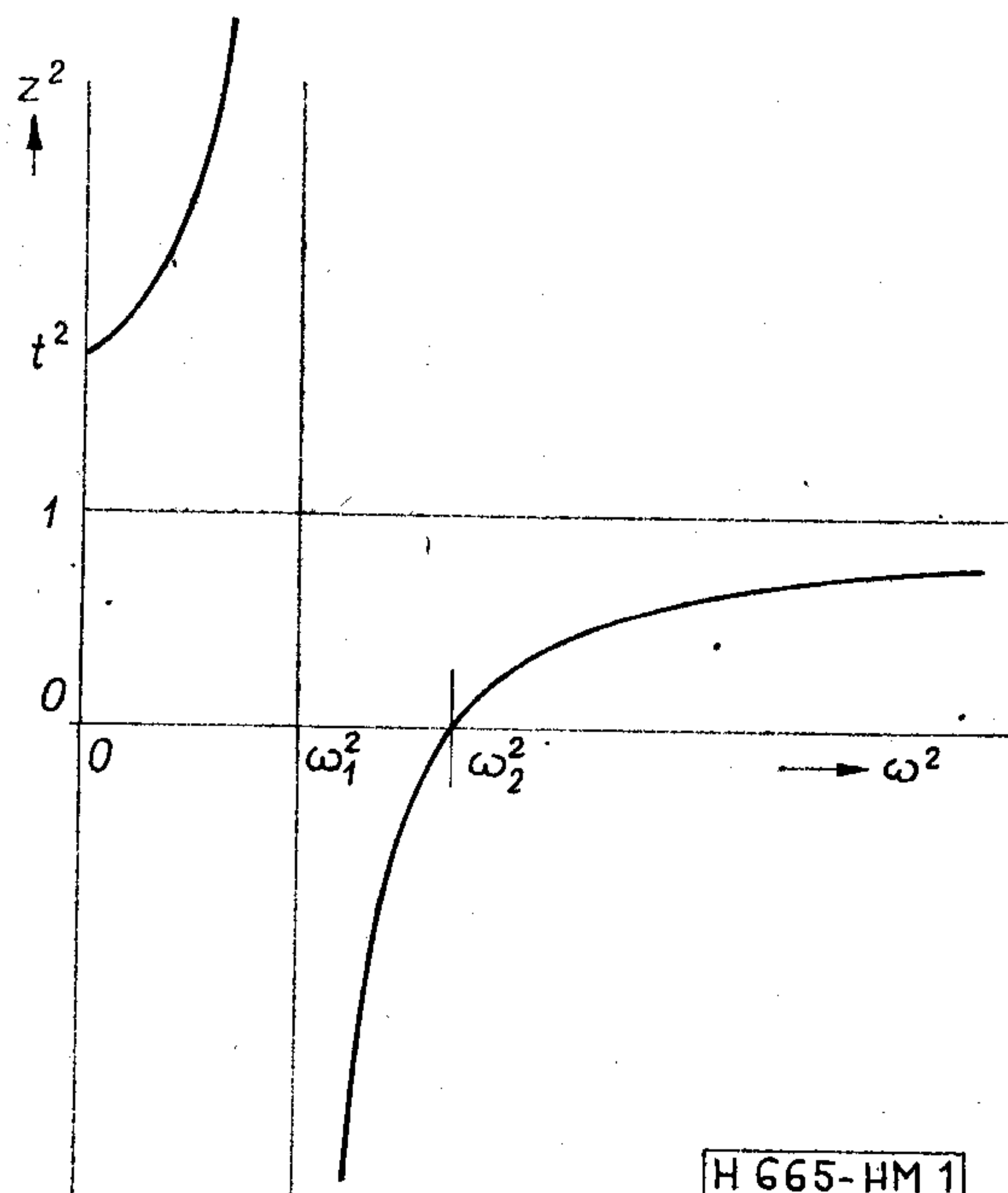
A DPLC programrendszer megfelel az 1.1. pontban felállított követelményeknek. E cikk további fejezeteivel az Olvasót is igyekszünk erről meggyőzni.

3. Számítási módszerek

A DPCL programrendszer kidolgozása során sok hálózatelméleti és matematikai feladat merült fel. Ezek közül itt csak néhányal foglalkozhatunk.

A fontosabb jelölések a következők:

- a csillapítás [dB],
- a_p megengedett csillapításingadozás az áteresztő-részben [dB],
- b forgatás,
- $k = \sqrt{10^{a_p/10} - 1}$
- m a véges nemzérus csillapításpólusok száma,
- $n = 2m + n_0 + n_\infty$ a szűrő fokszáma,
- n_0 a zérusfrekvencián lévő csillapításpólusok száma,
- n_∞ a végtelen frekvencián lévő csillapításpólusok száma,



1. ábra. A $z^2 = \frac{\omega_2^2 - \omega^2}{\omega_1^2 - \omega^2}$ függvény

- $p = \sigma + j\omega$ komplex frekvenciaváltozó,
- $t = \omega_2/\omega_1$,
- z transzformált frekvenciaváltozó,
- $\alpha = z^2 - 1$,
- $\beta = \omega_2^2 - \omega_1^2 z^2$,
- Γ átviteli függvény,
- Φ karakterisztikus függvény,
- ω_1 alsó határfrekvencia,
- ω_2 felső határfrekvencia.

3.1. A transzformált frekvenciaváltozó

Szentirmai javaslata [1], valamint Orchard és Temes munkássága nyomán [13] alakult ki a transzformált frekvenciaváltozó használatának módszere.

Definiáljuk sávszűrőre a

$$z^2 = \frac{\omega_2^2 + p^2}{\omega_1^2 + p^2}, \quad \text{Re } z \geq 0 \quad (1)$$

transzformációt. Az aluláteresztő mint az $\omega_1=0$ speciális eset értelmezhető. A p -sík képzetes tengelye ω^2 függvényében az 1. ábra szerint képeződik le a z^2 változóra. A $\pm j\omega_1$ és $\pm j\omega_2$ közötti áteresztőrésznek a z -síkon a teljes képzetes tengely felel meg. A Γ átviteli és a Φ karakterisztikus függvény zérusai és pólusai — melyek a p -síkon az ω_1 és ω_2 határfrekvenciák környezetében tömörülnek — a z síkon széthúzódnak, hiszen a határfrekvenciák transzformáltjai 0 és ∞ . Az így adódó kedvezőbb numerikus viszonyok a számítások pontosságát kedvezően befolyásolják.

Az (1) transzformáció megfordítása

$$p^2 = \frac{\omega_2^2 - \omega_1^2 z^2}{z^2 - 1} = \frac{\beta}{\alpha}. \quad (2)$$

3.2. Egyenletes közelítésű áteresztőrész approximációja

Legyen célunk olyan karakterisztikus függvény felírása, amely 0 és a_p között ingadozó csillapítást eredményez az áteresztőrészben és a zárórészben előírt csillapításpólusai vannak, ez az általános paraméterű szűrő approximációs feladata. Evégből képezzük a

$$P(z) = (t+z)^{n_0} (1+z)^{n_\infty} \prod_{i=1}^m (z_i+z)^2 = E+zF \quad (3)$$

Hurwitz-polinomot, ahol az $\omega_{\infty i}$ előírt pólusfrekvenciához (1) szerint

$$z_i = \sqrt{\frac{\omega_2^2 - \omega_{\infty i}^2}{\omega_1^2 - \omega_{\infty i}^2}} \quad (4)$$

tartozik.

A kívánt karakterisztikus függvény abszolút értékének négyzete

$$|\Phi(z)|^2 = \frac{k^2 E^2}{E^2 - z^2 F^2} \quad (5)$$

Ennek a $z^2 \leq 0$ tartományban (az 1. ábrából tudjuk, hogy $z^2 \leq 0$ az áteresztőrésznek felel meg) minimuma E zérushelyeinél 0, maximuma zF zérushelyeinél k^2 és az ingadozások száma a lehető legnagyobb a Hurwitz jelleg előírása következtében. A csillapításpólusokat a nevező, azaz

$$E^2 - z^2 F^2 = (E+zF)(E-zF) = P(z)P(-z) = (t^2 - z^2)^{n_0} (1 - z^2)^{n_\infty} \prod_{i=1}^m (z_i^2 - z^2)^2 \quad (6)$$

zérushelyei adják úgy, amint előírtuk.

3.3. Maximális laposságú áteresztőrész approximációja

Most a maximális laposságú áteresztőrész mellett ugyancsak előírt csillapításpólusokat kívánunk megvalósítani. A karakterisztikus függvény abszolút értékének négyzete ekkor

$$|\Phi(z)|^2 = \frac{k^2 (z^2 + c)^n}{E^2 - z^2 F^2} \quad (7)$$

ahol a nevező polinomjait ugyancsak (3) definiálja, míg a $-c$ állandó z^2 -nek azt az értékét jelenti, amelynél a deriváltak zérusok. A határfrekvenciákra előírt egyenlő csillapításokból

$$c = \left[t^{n_0} \prod_{i=1}^m z_i^2 \right]^{\frac{2}{n}} = P(0)^{\frac{2}{n}} \quad (8)$$

3.4. A zárórészek közelítése

A dB-ben kifejezett

$$a(z) = 10 \lg [1 + |\Phi(z)|^2] \quad (9)$$

csillapítást a zárórészben közelítőleg az

$$a(z) \cong 10 \lg \frac{k^2}{4} \left(\frac{t+z}{t-z} \right)^{n_0} \left(\frac{1+z}{1-z} \right)^{n_\infty} \prod_{i=1}^m \left(\frac{z_i+z}{z_i-z} \right)^2 \quad (10)$$

alakban lehet felírni egyenletes közelítés esetén, míg

$$a(z) \cong 10 \lg k^2 \left(\frac{c+z^2}{t^2-z^2} \right)^{n_0} \left(\frac{c+z^2}{1-z^2} \right)^{n_\infty} \prod_{i=1}^m \left(\frac{c+z^2}{z_i^2-z^2} \right)^2 \quad (11)$$

maximális laposságú áteresztőrész esetén.

Amikor a csillapítás toleranciasémája van a zárórészben előírva, akkor n_0 , n_∞ ismertnek tekinthető, meghatározandó m értéke és az m darab z_i csillapításpólus. Erre a célra a Smith és Temes által javasolt módszert [14] használjuk.

A csillapítás és a toleranciaséma közötti különbségnek, a csillapítástartaléknak minimuma lépcsős toleranciaséma esetén csak ennek szakadási pontjaiban, vagy a belógások legalsó pontjaiban lehet [15]. Ezeknek a lokális minimumoknak az abszcisszáit meghatározva egy nemlineáris egyenletrendszer írható fel a minimumok zárórészenkénti kiegyenlítésére. Az egyenletrendszert linearizálva, iterációsan oldjuk meg. A minimumkereséshez és az egyenletrendszer linearizálásához a deriváltak egyszerűen felírhatók. Egyenletes közelítés esetén

$$\frac{da(z)}{dz} \cong \frac{n_0 t}{t^2 - z^2} + \frac{n_\infty}{1 - z^2} + \sum_{i=1}^m \frac{2z_i^2}{z_i^2 - z^2} \quad (12)$$

$$\frac{\partial a(z)}{\partial z_j} \cong \frac{-2z}{z_j^2 - z^2} \quad (13)$$

míg max. lapos közelítéshez

$$\frac{da(z)}{dz} \cong z \left[\frac{n}{c+z^2} + \frac{n_0}{t^2-z^2} + \frac{n_\infty}{1-z^2} + \sum_{i=1}^m \frac{2}{z_i^2-z^2} \right] \quad (14)$$

$$\frac{\partial a(z)}{\partial z_j} \cong \frac{-2z_j}{z_j^2 - z^2} \quad (15)$$

Figyelemre méltó, hogy ezek a képletek [15,16] — az irodalomban közöltekkel [13,14] szemben — nem tartalmaznak hiperbolikus függvényeket, ezért nagyobb sebességgel számíthatók.

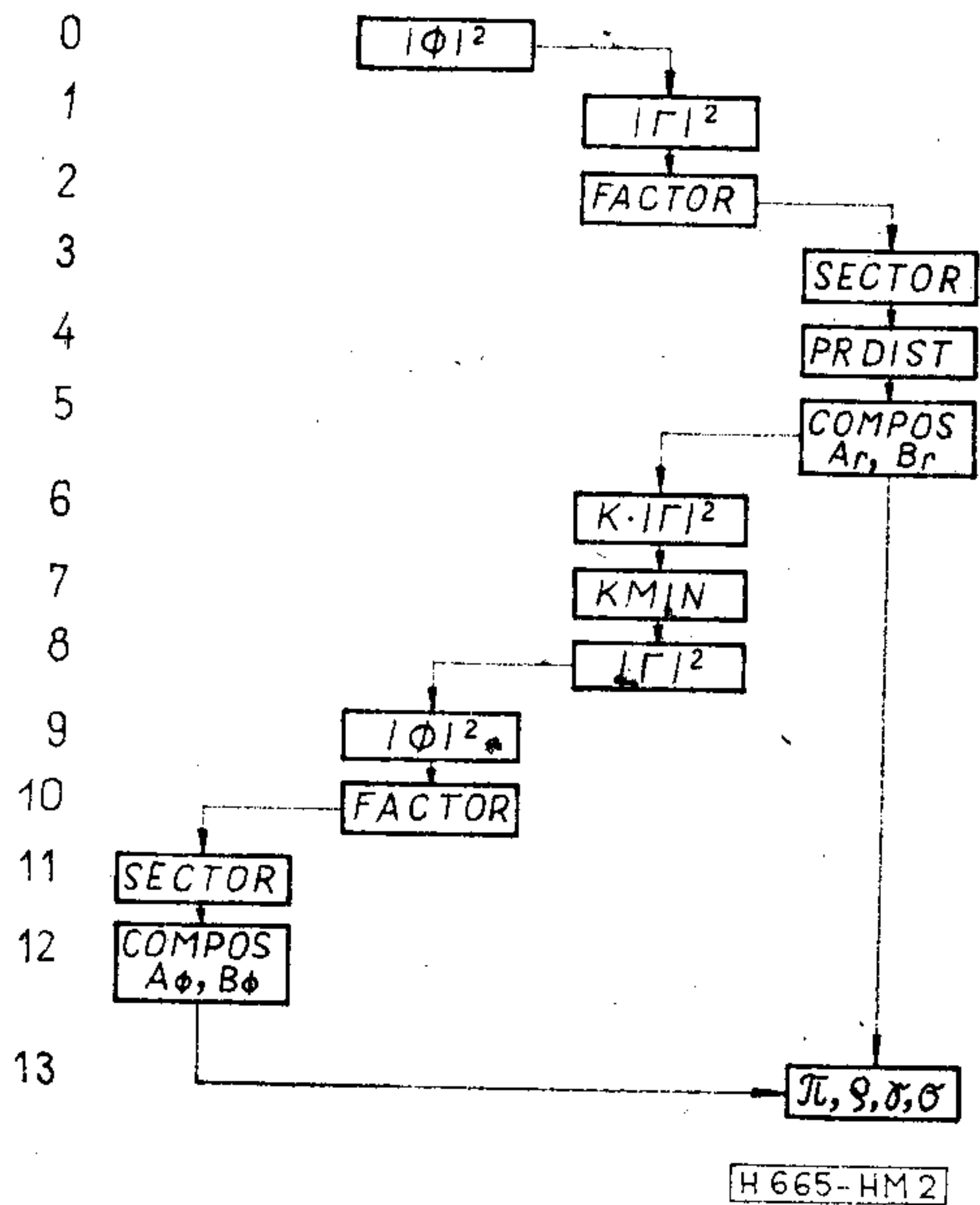
3.5. A láncmátrix elemeinek előállítása

A karakterisztikus függvény abszolút értéke négyzetének ismeretében a következő lépés Φ és Γ előállítása. Eltekintve most az egyszerűsítéseket megengedő esetektől, tekintsük át a számítás folyamatát az általános veszteséges esetben. A 2. ábrán a számítás felülről lefelé halad és az egyes oszlopok a Φ , $|\Phi|^2$, $|\Gamma|^2$ és Γ reprezentációjának felelnek meg. A beírt nevek a megfelelő funkciót végző szubrutinok nevei. Vegyük röviden sorra a műveleteket.

0. A kiinduló függvény legyen (5) vagy (7). Írjuk ezt

$$|\Phi|^2 = \frac{FF^*}{PP^*} \quad (5a)$$

alakban, ahol az index helyén lévő csillag a változó előjelváltását jelenti.



2. ábra. A lefejtéshez szükséges polinomok előállítása

1. A Feldtkeller-összefüggés [17, 5.5 fej.] felhasználásával

$$|\Gamma|^2 = 1 + |\Phi|^2 = \frac{FF_* + PP_*}{PP_*} \quad (16)$$

2. Az $FF_* + PP_*$ polinomot

$$z^4 + Mz^2 + N, \text{ illetve } z^2 - L \quad (17)$$

tényezőkre bontjuk. Ezek egy konjugált komplex zéruspárt, ill. egy valós zérust és a képzetes tengelyre vett tükörképét tartalmazzák.

3. A 2 szerinti gyöktényezőkből a SECTOR szubrutin előállítja azokat a

$$Pz^2 + Q + R\sqrt{\alpha\beta} \quad (18a)$$

alakú másodfokú, ill. (aluláteresztőnél)

$$Q + \sqrt{\alpha} \quad (18b)$$

alakú elsőfokú gyöktényezőket, melyeknek a p -sík bal félsíkjára eső zérus felel meg.

Itt látszik már, hogy a transzformált változó használata nehézségekkel is jár, hiszen a gyökös kifejezéseket is kezelni kell a számítás folyamán.

4. Γ^3 -beli gyöktényezőinek együtthatóit kell úgy megváltoztatni, hogy a p -síkon megkívánt előtorzítás létrejöjjön.

5. A gyöktényezőkből a COMPOS szubrutin állítja elő az átviteli függvény számlálóját

$$A_I(z^2) + B_I(z^2)\sqrt{\alpha\beta} \quad (19)$$

alakban. (19) két része a p -síkon a páros, ill. páratlan résznek felel meg.

6. (19)-ből visszafelé ismét elő kell állítanunk a $K \cdot |\Gamma|^2$ függvényt, ahol a K állandót nem ismerjük; ebből

7. A KMIN szubrutin megkeresi a minimum értéket.

8. A minimum értékével való osztás után $|\Gamma|^2$ a realizálási feltételeket kielégíti.

9. Az előtorzított karakterisztikus függvény abszolút értékének számlálóját állítjuk elő, azután a 10. 2-höz hasonló gyöktényezőkre bontás következik.

11. Az egyszerűség kedvéért Φ bal félsíkra eső zérusait tartalmazó gyöktényezőket választjuk ki.

12. A gyöktényezők szorzataként a COMPOS szubrutin előállítja a karakterisztikus függvény számlálóját.

$$A_\Phi(z^2) + B_\Phi(z^2)\sqrt{\alpha\beta} \quad (20)$$

alakban.

13. A szűrőt megvalósító reaktáns négy pólus láncmátrixa elemeinek előállításához a z^2 -től függő

$$\left. \begin{aligned} \pi &= A_I + A_\Phi \\ \rho &= B_I + B_\Phi \\ \gamma &= B_I - B_\Phi \\ \sigma &= \frac{A_I - A_\Phi}{\alpha\beta} \end{aligned} \right\} \quad (21)$$

polinomok szükségesek.

3.6. A lefejtendő immittanciák és a lefejtés

A kapcsolási elemek meghatározására használható immittanciák reaktánsak, a p változóban páratlan függvények, a z változóban tehát mindig tartalmaznak egy gyökös kifejezést, α -t vagy β -t. Szentirmai javasolta [1] a Z/p vagy Y/p alak alkalmazását, ezek csak z^2 függvényei.

Az 1. táblázat a lefejtéshez felhasználható primer és szekunder üresjárású és rövidzárású impedanciákat foglalja össze. Aluláteresztő esetén definíciószerűen $\beta \equiv 1$. A vastag keretű impedanciákból a szűrő összes kapcsolási elemei meghatározhatók, a többieknél a lezárások miatt a fokszám kisebb. 2 osztályú aluláteresztő primer oldali üresjárású impedanciájában például az utolsó soros tekercs nem szerepel, (1. 6. ábra) ezért Z_{11}/p -ből nem lehet meghatározni. A DPLC programrendszer automatikus realizálás esetén mindig a teljes fokszámú primer oldali impedanciát választja a lefejtés kiindulásául.

A kapcsolási elemek értékeit meghatározó eljárás tárgyalásába itt nem bocsátkozhatunk.

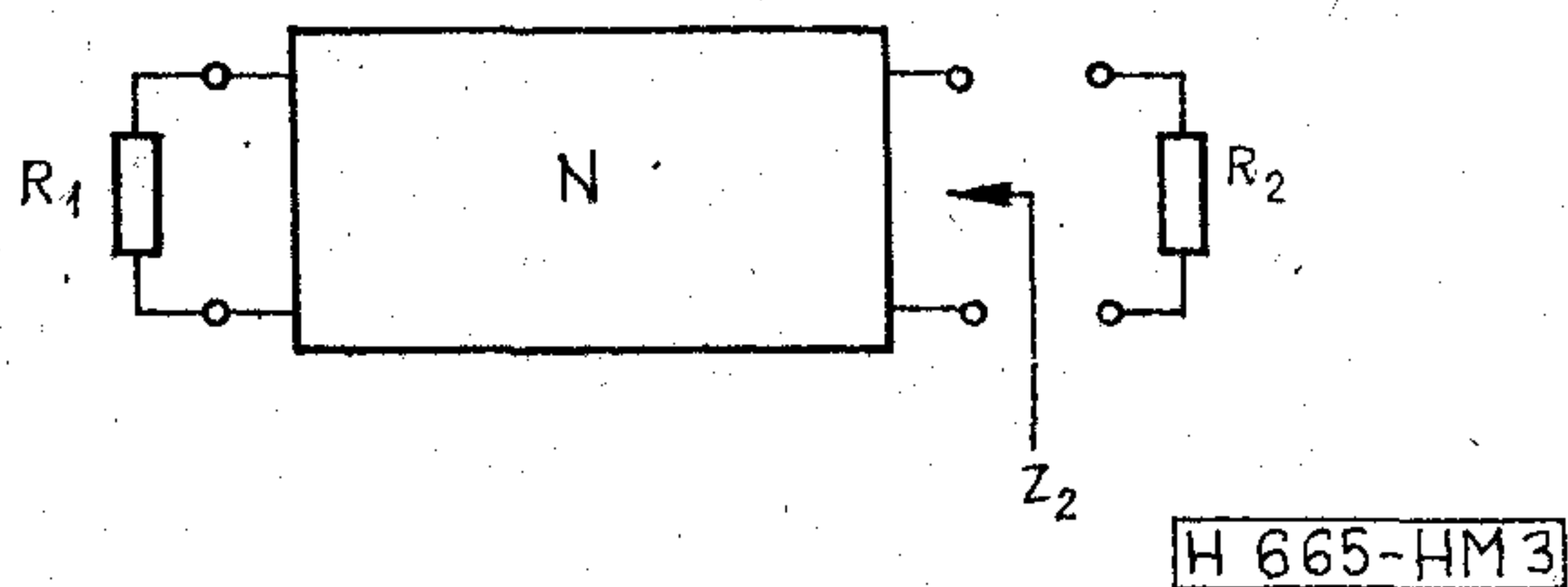
1. táblázat

Lefejthető impedanciák

Osztály		Z_{1u}	Z_{1r}	Z_{2u}	Z_{2r}
LP	BP	$\frac{p}{p}$	$\frac{p}{p}$	$\frac{p}{p}$	$\frac{p}{p}$
2	10	$\frac{\alpha\sigma}{\rho}$	$\frac{\alpha\gamma}{\pi}$	$\frac{\pi}{\beta\rho}$	$\frac{\gamma}{\beta\sigma}$
3	12	$\frac{\rho}{\beta\sigma}$	$\frac{\pi}{\beta\gamma}$	$\frac{\gamma}{\beta\sigma}$	$\frac{\pi}{\beta\rho}$
4	20	$\frac{\pi}{\beta\gamma}$	$\frac{\rho}{\beta\sigma}$	$\frac{\alpha\sigma}{\gamma}$	$\frac{\alpha\rho}{\pi}$
5	18	$\frac{\alpha\gamma}{\pi}$	$\frac{\alpha\sigma}{\rho}$	$\frac{\alpha\rho}{\pi}$	$\frac{\alpha\sigma}{\gamma}$

3.7. R_2 meghatározása

Az R_2 szekunder oldali lezáró ellenállás meghatározásának szokásos módszere a szűrő kétoldali (részleges) lefejtése és az azonos kapcsolási elemek kétoldali értékeinek összehasonlítása. Ez két lefejtést jelent, valamint a kapcsolás megfordítását, ami egyébként nem is mindig lehetséges [1]. Az alább ismertetett módszer lehetővé teszi a szekunder oldali lezáró ellenállás meghatározását egy oldalról való lefejtés és bármilyen transzformáció után.



3. ábra. R_2 meghatározása

Tekintsük a 3. ábrát. Az N szűrő kapcsolási elemeit a lefejtés során meghatároztuk, primer oldala R_1 ellenállással van lezárva, keressük a helyes R_2 lezáró ellenállást. Kiindulópontunk az, hogy a reflexiós mátrix S_{22} eleme (a szekunder oldali reflexiós tényező)

$$S_{22} = \frac{Z_2 - R_2}{Z_2 + R_2} \quad (22)$$

zérus, ha $Z_2 = R_2$. Megfordítva

$$R_2 = Z_2 \Big|_{S_{22}=0}, \quad (23)$$

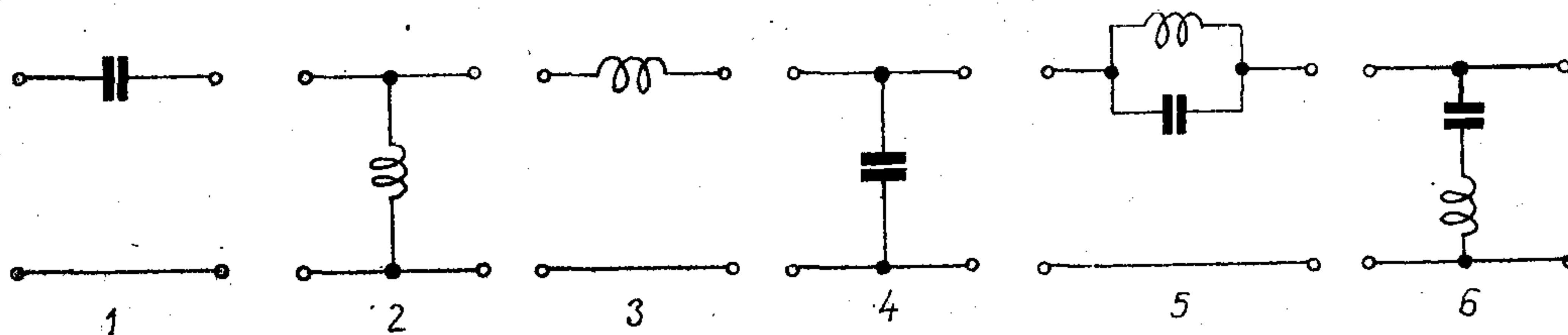
reaktáns hálózatra pedig igaz az, hogy

$$S_{22}(-p_i) = 0, \text{ ha } \Phi(p_i) = 0, \quad i = 1, \dots, n, \quad (24)$$

úgyhogy

$$R_2 = Z_2(-p_j), \quad j \in \{1, 2, \dots, n\}. \quad (25)$$

Tehát a szekunder oldali lezáró ellenállás egyenlő a szekunder oldali bemenő impedanciával a karakterisztikus függvény zérushelyeinek ellentétes előjellel vett értékeinél. A módszer veszteséges szűrő előtorzítással való tervezésére is igaz, hiszen ennek lényege éppen az, hogy a veszteséges szűrő tervezését reaktáns szűrő számítására vezeti vissza. A számítási hibák miatt a (25) szerint nyert R_2 értékek nem lesznek egyformák és nem lesznek tiszta valóságok. Az eltérésekből a pontosság becsülhető.



4. ábra. Az analízisprogramban használható szűrőágak

3.8. Az analízis

A szűrő csillapításának számítási módszere a korábbiakban [19] már alkalmazott kontinuáns-módszer. A szűrő tárolt leírásában hatféle ág szerepel. Az első négy megfelel az 1...4 Saal-Ulbrich-féle szekciónak (1. 6. ábra, [18]), az ötödik féle egy antirezonáns, a hatodik féle pedig egy rezonáns ág, mint azt a 4. ábra mutatja. Így a páratlan számmal jelzett ágak sorosak, a páros számmal jelzettek sönt ágak. A program ezt felhasználja arra, hogy az ág jelzését a sorszámmal összehasonlítsa és egy üres ellentétes jellegű ágot vegyen figyelembe olyankor, amikor két egyforma párosságú ág következik egymás után.

A futási idő számítása különösen egyszerű közelítő módszerrel történik. A Γ átviteli függvény logaritmusát a p komplex változó függvényeként valós és képzetes részekre bontva

$$g = \ln \Gamma(\sigma + j\omega) = a(\sigma, \omega) + jb(\sigma, \omega) \quad (26)$$

és a futási idő

$$\tau(\omega) = \frac{\partial b}{\partial \omega} \Big|_{\sigma=0} \quad (27)$$

alakban fejezhető ki. Most gondoljuk meg, hogy a p -síkon a szűrő átteresztőrésze környezetében Γ -nak és $\ln \Gamma$ -nak nincs szingularitása, tehát g e tartományban reguláris és így érvényesek a

$$\frac{\partial a}{\partial \sigma} = \frac{\partial b}{\partial \omega}, \quad \frac{\partial a}{\partial \omega} = -\frac{\partial b}{\partial \sigma} \quad (28)$$

Cauchy-Riemann differenciálegyenletek. (26) helyett tehát

$$\tau = \frac{\partial a}{\partial \sigma} \Big|_{\sigma=0} \quad (29)$$

írható, amit a programban véges Δv veszteségíté nyező-növelés hatására bekövetkező Δa [dB] csillapításváltozásból a

$$\tau \approx \frac{\ln 10}{20} \cdot \frac{\Delta a}{\Delta v} \quad (30)$$

kifejezéssel közelítünk. Egy futási idő érték tehát még egy csillapításérték számítását igényli minden logikai vizsgálat nélkül.

A (30) képlet hibájának vizsgálata azt mutatja, hogy σ valós részű, a képzetes tengelyhez közel álló konjugált komplex Γ -zéruspárra vonatkozó (relatív) hiba-rész abszolút értéke minden frekvencián kisebb, mint $|\Delta v / 2\sigma|$. A programban $\Delta v = 10^{-4}$, mivel ilyen mérvű bizonytalanság a valóságos LC elemek veszteségi tényezőiben is előfordul.

4. Szervezési és programozási kérdések

Térjünk át a számítások lebonyolításának kérdéseire. Először bemutatjuk az adatstruktúrát, utána egyéb általános jellegű problémákat tárgyalunk meg.

4.1. Az adatkezelés

A közös adatterület

A rendszer programjai 6 közös adatmezőt tartalmaznak. Ezek tárolják mindazt az információt, amit a helyes működés biztosítására meg kell őrizni és át kell adni. Az egyes adatmezőket nevükkel azonosítjuk (címkézett COMMON blokkok).

CM80 Az utoljára beolvasott input rekordot tartalmazza. Nyilvántartja az utoljára vizsgált karakter sorszámát és annak az adathalmaznak a számát, amelyből a következő rekordot olvasni kell.

PRI Tartalma az eredménylap megkezdett oldalán írt sorok száma, a sorok maximális száma, az oldalszám, a hibaszám, valamint a prefixek és dimenziók táblázata.

CPP Tartalma a paramétertömb (pl. az analízis frekvenciáit tárolja) és két eredménytömb (pl. a csillapításokat és futási időket tárolják)

TIM Tartalmazza az időfeljegyzéseket és az azok azonosítására szolgáló címkeket.

TIN A program nevét, a dátumot és a feladat címét tartalmazza.

COM A rendszer fő adatterületét, a DAR tömböt tartalmazza.

Az ismertett adatterület teljes hossza 8078 byte.

A közös adatterület kezelése

Az előzőkben röviden ismertett közös adatterületen keresztül adják át az egyes programok a számítások és egyáltalán működésük eredményeit.

Az átadás ennek az adatterületnek a rendszerlemez GIGO zónájába való kiírásával, ill. beolvasásával történik. A COMIO szubrutin végzi az ezzel kapcsolatos műveleteket: kivitelnél katalogizálja a tételt, beolvasásnál ellenőrzi a tétel nevét, hosszát, típusát. Természetesen ellenőrzi az átvitelek helyességét.

A katalogizálás következtében az adatmező a futtatható programok könyvtárába (EP) felvehető, vagy valamilyen adathordozóra kivihető és így visszaolvasva akárhányszor felhasználható.

Az ar tömb kezelése

A COM nevű COMMON mező DAR tömbjét úgy kezeljük, hogy a felhasználó egy

real array ar [0:31, 0:29];

Algol deklaráciával előírt tömböt használ.

Az ar tömb ar[i, j] elemére az áttekinthetőség érdekében az input adatokból $100i + j$ alakban hivatkozunk.

Az ar tömb sorait vektoroknak neveztük el. Minden vektor 0 indexű eleme a vektor elemeinek számát mutatja. Ezzel a számmal is lehet műveleteket végezni. Azok az eljárások, amelyek a vektorokban tárolt mennyiségeket kezelik, a 0 indexű elemet is

mindig leolvassák, illetve beállítják. Egy vektor tartalmazhat egy egyszerű adatsorozatot, pl. a csillapításpólusok frekvenciáit, vagy egy polinom együtthatóit a növekvő hatványok sorrendjében. Több vektor együttesen tárolhat egy összetett adatsorozatot. Pl. egymást követő sorszámú két vektor tárolja egy átviteli függvény zérushelyeinek valós, ill. képzetes részeit, vagy egymást követő három vektor tárolja egy polinom gyöktényezőinek együtthatóit.

A 0 sorszámú vektor egy $-x$ polinomot tartalmaz, valamint általánosan használt értékeket, mint pl. a határfrekvenciák, a zérus és a végtelen frekvencián előírt csillapításpólusok száma, a veszteségi tényező, stb.

A 30 és 31 sorszámú vektorok területét a rendszer egyes programjai munkaterületként is használják.

Az ar tömb elemeibe, vektoraiba, vektorpárjaiba, vagy vektorhármasaiba a **READ** vezérszó (l. alább) segítségével lehet adatokat beolvasni. Az olvasás terminátorig folyik, így nem kell előre megadni az adatok mennyiségét. Az említett elemek és vektorok eredménylapra, egységes formában való kinyomtatása a **PRINT** vezérszóval indítható.

Ezt a funkciót a **READ** vezérszóval végzett beolvasás önműködően is aktivizálja. Más eljárások is kiírják az eredménylapra a beolvasott adatokat.

A DPLC programrendszer sokoldalúságához nagyban hozzájárul az ar tömb univerzális felhasználása. Néhány példa a következő:

A számított vagy beolvasott létrakapcsolás tárolása az ar tömb 3 egymást követő vektorában történik. (Ezekhez további vektorok csatlakoznak, amelyek az egyes kapcsolási elemek veszteségi tényezőit tárolják.) Így a kapcsolási elemek, sőt a kapcsolás megváltoztatása (pl. felüláteresztőbe transzformálása, parazita elemekkel való kiegészítése) is igen egyszerű.

Az ar tömb tartalmaz néhány előre beállított (default) értéket is, melyeket az inputból felül lehet írni, valamilyen kívánt hatás előidézése érdekében. Így például az ar tömb egyik elemének egyre nagyobb értékét adva bizonyos eljárások egyre részletesebb eredménykiírásokat produkálnak. A túlságosan nagy előtorzítást is egy default érték korlátozza, amit a felhasználó felülírhat, enyhítve ezzel a korlátot.

Az adatmegadás rendszere

A FORTRAN igen nehézkes, merev beolvasását csak az egyes input rekordoknak a CH80 COMMON mezőbe való beolvasására használjuk. Minden további input és konverziós funkciót a programrendszer szubrutinjai végeznek. Ezek megírásakor a fő szempont a felhasználó kényelme volt (ami a hibamentes adatok készítését is elősegíti.)

Az olvasó eljárások az olvasást az előző olvasás utolsó (terminátor) karakterével kezdik és az illető olvasó eljárásra jellemző első terminátor karakterig olvasnak, vagy ilyen hiányában addig, amíg az olvasásnak értelme van; hibajelzést nem adnak. A számok betűkhöz karakterekkel tagolhatók, valós számoknak nem kötelező tizedespontot vagy 10 hatványát tartalmazni és a jegyek száma sincs korlátozva.

Az input rekordban levő ; karakter a következő rekord beolvasását eredményezi, mögötte megjegyzések lehetnek.

Az adatok felépítése nagyon jellemző: az adatok ún. vezérszavakból állnak, melyek — legalábbis a rendszer számára — értelmes betűsorozatok nem-betű terminátorral lezárva. A vezérszavakat egy WORD nevű eljárás olvassa és legfeljebb első 6 karakterét összehasonlítja egy szótár-tömb elemeivel. A vezérszavakat sok esetben a számparaméterek vagy számadatok követik.

A programrendszer egyes programjai részfeladatok sorozatát hajtják végre. A feladatot az input rekordból kiolvasott vezérszó szabja meg. A szükséges számparamétereket legtöbbször ugyancsak az input rekordok szolgáltatják. A feladat végrehajtása után a program a következő vezérszó olvasására tér át.

Ennek a rendszernek az előnyei abban vannak, hogy

- a vezérszavak az input adatokat könnyen olvashatóvá és ellenőrizhetővé teszik,
- a vezérszavak és számok váltakozása erős kontrollt jelent: egy többlet, egy hiányzó vagy helytelenül beírt adat általában hibajelzésre vezet,
- az adatmegadás sorrendje kötetlen, pontosabban csak az az előírás, hogy egy funkció aktivizálásakor a szükséges adatok rendelkezésre álljanak,
- ha csak az adatok egy része változik ismétlődő számításoknál, csak az új adatokat kell beolvasni,
- a számításokat könnyen lehet változtatni, eredményüket korrigálni, kiíratni, átmásolva megőrizni stb.

Egy sávszűrő tervezéséhez szükséges adatszalg részleteit mutatja be az 5. ábra. Az első sor a feladat címe, a második a határfrekvenciákat, az áteresztő-részben megengedett csillapításingadozást és n_0 , n_∞ értékét adja meg. Utána a toleranciaséma előírása következik az alsó és a felső zárórészre, majd a csebisevi áteresztőrész előírása és megállás.

A második részlet a (21) polinomok kiírásától kezdve látható. A REAL programban a 18 osztályú realizálást írjuk elő, amit a SYLF program hajt végre, utána 1500 Ω primer oldali lezáró ellenállással

```
DPLC 110 KHZ BANDPASS FILTER<
CUTOFF(100 000, 120 000) AP=1 DB NZNI(3, 1)
TOLLOW( 85 000, 50, 52 000, 60)
TOLUPP(127 000, 40) CHEB STOP
```

```
TITLE PI AND RHO POLYNOMIALS< PRINT2(1)
TITLE GAMMA AND SIGMA POLYNOMIALS< PRINT2(3)
CALL REAL CLASS(18)
CALL SYLF SYNTH DENORM(1500)
CALL LFAN PAGE FREF=100 000 LPRINT
FREQ LIN(41, 100 000, 500) LOSS
VC(0) VL(0.003 333) LOSS
FREQ LOG(61, 31 622.7766, 316 227.766) LOSS
STOP
```

H 665-HM 5

5. ábra. Sávszűrőtervezés adatszalgjának két részlete

denormalizál. Ezután az LFAN programban végzett analízis adatai következnek.

4.2. Egyéb szervezési kérdések

A programok elindítása és megállítása

A DPLC programrendszer programjai elindíthatók egyedileg (pl. tesztelési célokra), vagy rendszerben. Egy feladat első programját operátori vagy BATCH parancs tölti be és indítja el. A program a 4.1 pontban említett COMIO szubrutin segítségével megvizsgálja a rendszerlemez GIGO zónájának tartalmát. Ha ott nem talál névre, hosszra, típusra megfelelő tételt, beolvassa az első input rekordot. Ha az első vezérszó DPLC, törli a COM mezőt, inicializálja a PRI, TIM és TIN COMMON mezőket, majd folytatja a vezérszavak olvasását.

Ha a program a GIGO zónában megfelelő tételt talál, beolvassa és a következő vezérszó olvasásával folytatja a megkezdett input rekord feldolgozását.

A STOP vezérszó hatására a program először az a közös adatmezőket menti, majd a FORTRAN STOP parancsát hajtja végre. Minden programnak egyéni STOP-száma van, melyet a FORTRAN rendszer az eredménylapra is kiír.

A CALL vezérszó felismerésekor a program beolvassa a következő (vezér) szót is, ez lesz a következőként indítandó program neve. A NEXTPR szubrutin a nevet megkeresi az EP könyvtár katalógusában és a betöltéshez szükséges adatokat átadja az operációs rendszer task-kezelő moduljainak az adott program késleltetett (1s) indítására vonatkozó előírással, majd a STOP vezérszónál ismertetett módon megáll. A kijelölt program betöltődik és az e pontban leírt módon elindul.

Így a programfutások sorozata az adatokból tetszés szerinti sorrendben előírható. Előfordult már, hogy egy-egy bonyolult feladat futtatása 15 programindítást is megkívánt.

Időfeljegyzések

A DPLC programrendszer egyes programjai induláskor és megálláskor, valamint az egyes fontosabb funkciókat végrehajtó programrészek kezdetén és végén a CLOCK szubrutin paraméterében megadott 6 karakteres azonosító címkét és az operációs rendszerből kiolvasott időpontot beírják a 4.1 pontban említett TIM COMMON mező következő szabad helyére. Helytakarékosság miatt csak a rendszer egyik programja tartalmazza a CLREC szubrutint, amely az időfeljegyzéseket (max. 64) kinyomtatja.

Az eredménylapok felépítése

A rendszer programjai az eredménylapra kiírt sorokat számlálják. Kiírás előtt ellenőrzik, hogy az előírt kiíratás elér-e az adott lapon. Ha nem, a lapváltás a PAGE szubrutin segítségével történik, ami a program nevét, a dátumot, a lapszámot és a feladat címét is felírja az új lap tetejére.

A PRINT vezérszó (4.1 pont) hatására végzett kiíratás elé a TITLE vezérszó segítségével lehet felíratot előírni, de a kiírt elem vagy vektor(ok) azonosítása enélkül is megtörténik.

A megtervezett létrakapcsolású szűrőt az LFAN program vázlatosan ábrázolja. Itt is és az analízis

eredményeinél is a dimenziós számértékek prefixekkel és a megfelelő dimenziókkal szerepelnek. Az analízis eredményei a sornymtatón készült ábrán jelennek meg, amely a pontos számértékeket is tartalmazza.

A hibajelzések

Az egyes programok által felfedezett hibák az ERREND szubrutint aktivizálják, amely kiírja a hiba számát és az utolsóként beolvasott input rekordot. Ezalatt egy nyíl mutat az utoljára vizsgált karakterre. A program ezután a közös adatmezők kivitele nélkül áll meg, tehát nem írja felül a korábban kiírt adatmezőt. Így egy hosszú számítás hibátlan eredményei nem vesznek el.

Nem FORTRAN nyelvű alprogramok

A rendszer működése szempontjából alapvető fontosságú NEXTPR és COMIO szubrutinok assembler nyelvűek. Ezenkívül két kis alprogram az input rekordok feldolgozásához, továbbá a dátum és időpont kiolvasására szolgáló alprogramok készültek assembler nyelven.

5. A DPLC programrendszer felépítése

Ebben a fejezetben röviden összefoglaljuk a jelenlegi 11 program funkcióját.

STAP program

A STAP program standard T2 és C típusú aluláteresztők és az ezekből közönséges frekvenciatranszformációval származó sávszűrők csillapításpólusainak frekvenciáit számítja, beállítja továbbá a 0 és ∞ frekvencián lévő csillapításpólusok számát is.

Minthogy létrakapcsolással kívánjuk a szűrőt megvalósítani, a páros fokszámú aluláteresztők utolsó csillapításpólusát egy fokszámtartó transzformációval ∞ frekvenciára kell áttenni [18]. Ezt a transzformációt a program elvégzi és a páros fokszámú szűrőknek ∞ frekvencián 2 (sávszűrőknek zérus frekvencián is 2) csillapításpólusuk lesz.

GEST, GESAPP, POLES programok

E három program lépcsős toleranciasémával megadott csillapításelőíráshoz a szükséges csillapításpólusok számát és frekvenciáit határozza meg. n_0 és n_∞ értékét előre meg kell adni, mert ez a tervezendő szűrő kapcsolását erősen befolyásolja.

A programok egymás között más csatlakozási felületet használnak, mint a rendszer többi programjával kapcsolódó GEST program és transzformált frekvencián REAL változókkal számolnak.

Realizálható LC szűrők tervezésekor ugyan nem követelmény, de aktív RC szűrők zárórészének approximálása során előfordul, hogy n_0 és/vagy n_∞ zérus. E programok ilyenkor is helyesen működnek.

GEPAA, GEPAB, GROOT programok

E három program együttes feladata, hogy a határfrekvenciákból, az áteresztőrészben megengedett legnagyobb csillapításból, az n_0 és n_∞ számokból, valamint a csillapításpólusok frekvenciáiból előállítsák a kapcsolat lefejtéséhez szükséges lánccparamétereket a 3.5 pont szerint és ha a szekunder oldali lezáró ellenállást is meg kell határozni, akkor még a karakterisztikus függvény gyökeit is elő kell állítaniuk.

Veszteséges szűrő esetén a számítást előtorzítással kell végezni.

Ennek a bonyolult feladatnak a megoldása érdekében a három program egy sor műveletet képes elvégezni, melyeket az input rekordokban írunk elő. Ilyen műveletek:

- az ar tömb elemeivel végzett számítások,
- polinomok és tömbelemek közötti műveletek,
- polinomok összeadása, kivonása, szorzása, törlése, mozgatása,
- polinom páros és páratlan részének szétválasztása,
- polinom gyökereinek és/vagy gyöktényezőinek megkeresése,
- a $P(z)$ polinom felépítése (3) szerint,
- transzformációk a p és z tartományok között,
- a bal félsíkra eső gyökök kiválasztása,
- polinom osztása elsőfokú gyöktényezővel,
- két z^2 változójú polinom hányadosa minimumának megkeresése,

és hasonlóak.

Az approximáció tehát ezeknek a műveleteknek a kombinálásával végezhető el. A szokásos aluláteresztő és sávszűrő esetekre max. lapos és csebisevi átteresztőrész mellett (előtorzítással vagy anélkül), valamint előírt Γ -zérusok esetére kidolgozott és kipróbált procedurák vannak. Ezek lyukkártyán vagy lyukszalagon hozzáférhetők. Szükség esetén további approximációk is kidolgozhatók.

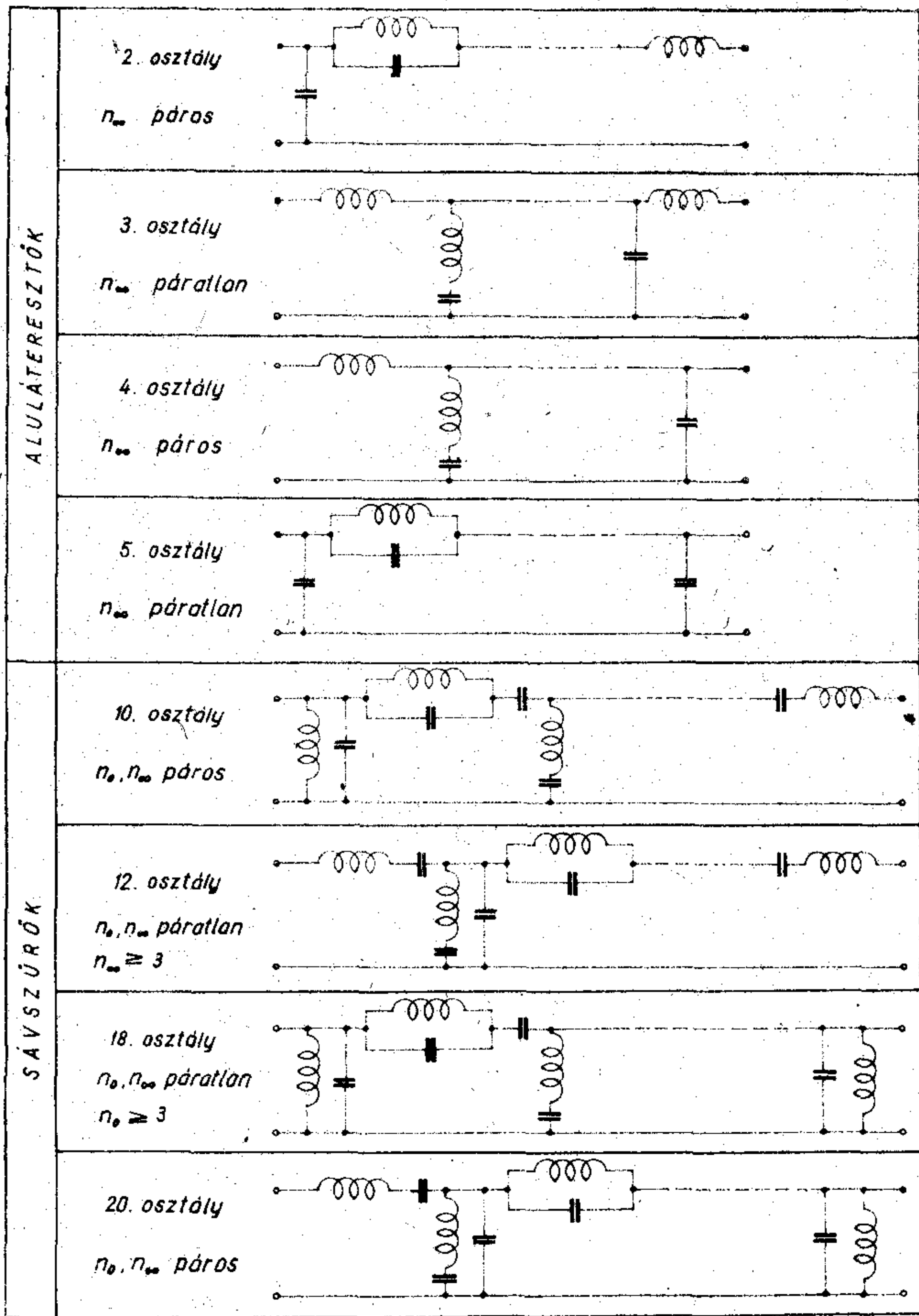
A három program szoros összefüggése miatt a programok egymás vezérszavait is felismerik és az elvégzendő feladatot is át tudják adni.

REAL program

A REAL program lefejtésnek, azaz a kapcsolási elemek meghatározásának előkészítését végzi. Ha a felhasználónak nincsenek különleges kívánságai, CLASS vezérszóval megadható az a szűrőosztály (6. ábra, [8]), amelynek megfelelően a szűrőt realizálni kívánjuk. A REAL program ekkor ellenőrzi n_0 és n_∞ kompatibilitását egymással és a megadott osztállyal, majd meghatározza a szűrő kapcsolását. Sávszűrők esetén általános n_0 , n_∞ és m számok mellett ez a feladat eléggé határozatlan. Legtöbbször azonban $n_0 + n_\infty = 4$ és ekkor a program cikcakk szűrő realizálását írja elő. $n_0 + n_\infty > 4$ mellett a 0 és ∞ frekvenciás csillapításpólusokat realizáló szekciók a cikcakk kapcsolású szűrőrész után következnek. Az $n_0 + n_\infty < 4$ eset alárendelt jelentőségű. A CLASS funkció végrehajtása végén a program standard helyükre viszi át a lefejtendő impedancia számlálóját és nevezőjét képező polinomokat, melyeket az 1. táblázatban foglaltuk össze.

A felhasználónak nem kell ragaszkodnia a standard lefejtéshez. Skwirzynski cikkének 2. ábrájából meghatározható a létraszűrő összes lehetséges kapcsolása és ezek közül a REAL programban a 9 és 10 szekciót nem tartalmazó bármelyik előírható egyszerűen a 7. ábrán feltüntetett szekciók sorrendjének megadásával.

Ilyenkor azonban nem lehetséges és ezért elmarad n_0 és n_∞ ellenőrzése (hiszen paraméteres szűrőt is lefejtethetünk) és a felhasználónak kell előírnia a



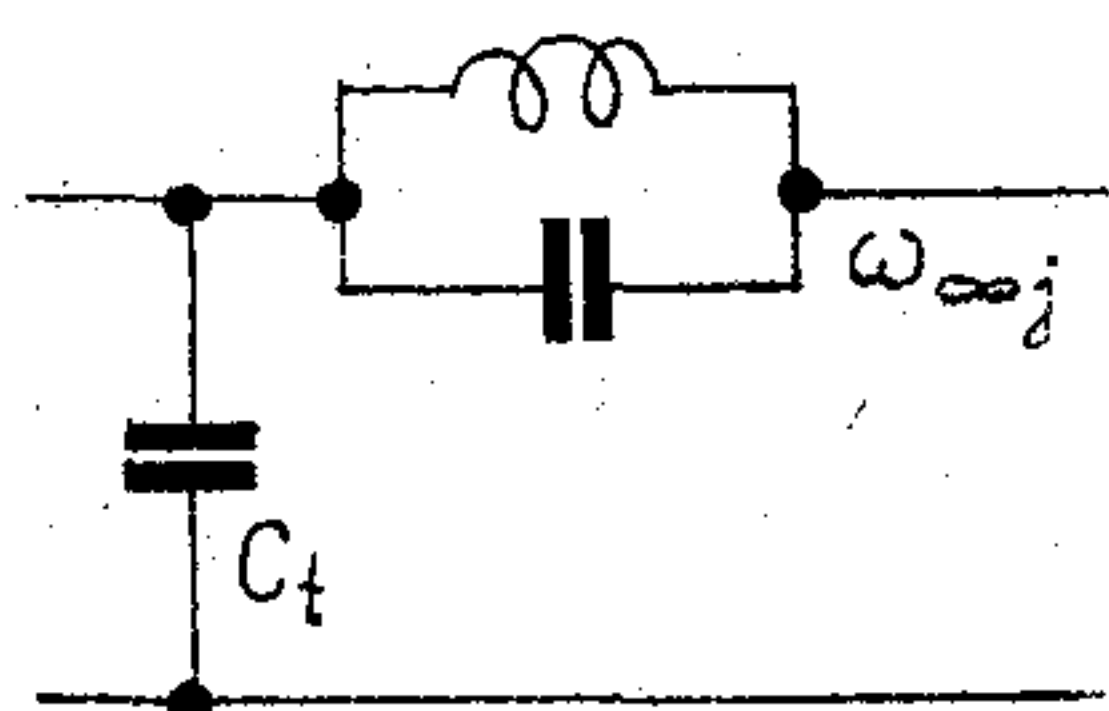
H 665-HM 6

6. ábra. Konvencionális szűrők jellegzetes kapcsolásai

Jel	Kapcsolás	Pólus-frekv.	Jel	Kapcsolás	Pólus-frekv.
1		0	5		$< \omega_1$
2		0	6		$< \omega_1$
3		∞	7		$> \omega_2$
4		∞	8		$> \omega_2$

H 665-HM 7

7. ábra. A SYLF programmal lefejthető szekciók



H 665-HM 8

8. ábra. Csillapításpólust realizáló 8. szekció tolóeleme

DECOMP vezérszóval azt az impedanciát is, amelyből a realizálás történik.

Ha több olyan csillapításpólus van, amelyik ugyanabba a zárótartományba esik, ezek realizálási sorrendje is előírható a POLORD vezérszó után. Ilyen előírás hiányában a SYLF program ezt a sorrendet automatikusan határozza meg.

SYLF program

A REAL program előkészítése után a SYLF program határozza meg a szűrő tényleges kapcsolási elemértékeit azáltal, hogy az előkészített impedanciát a szekciók előírt sorrendben való lefejtésével realizálja. Ez a művelet — ugyanígy, mint az approximáció a DPLC programban — transzformált frekvencián történik a pontosság megőrzése érdekében, hiszen ez az egyik legkevésbé pontosságtartó művelet.

Ha a csillapításpólusok realizálási sorrendje többféle lehet és a sorrend nincs előírva, a SYLF program a Szentirmai által javasolt módszerrel a lehetségesek közül azt a csillapításpólust választja ki, amelyikhez kisebb tolóelem-immittancia tartozik. Egy 8. szekció megvalósításakor például a C_t kapacitás (8. ábra) képezi azt a tolóelemet [17], amellyel az antirezonáns kör lefejtése előkészíthető. Ilyenkor a SYLF program mindegyik számbajöhető $\omega_{\infty j}$ csillapításpólus-frekvenciára kiszámítja C_{tj} értékét és azt a j sorszámú pólust realizálja, melynél C_{tj} a többi C_{tk} , $k \neq j$ értéknél kisebb.

Bár ez az eljárás elméletileg nincsen megalapozva és csak arra a feltevésre épül, hogy ha a tolóelemből minden lépésnél a legkevesebbet használjuk el, nagyobb valószínűséggel marad belőle az utolsó eltolódáshoz is, a gyakorlatban bevált.

A SYLF program következő feladata a szekunder oldali lezáró ellenállás meghatározása. A program ezt a számítást önműködően elvégzi, ha a helyükön találja a szükséges komplex frekvenciákat (l. 3.7 pont), egyébként LOARD vezérszó indítja a számítást

A lefejtés végén a kapcsolási elemek még normalizáltak. Ha a megadott határfrekvenciák nem normalizált értékek, akkor DENORM vezérszó paramétereként előírt ellenállással denormalizálható a kapcsolat.

LFAN program

A LFAN program általánosan használható analízisprogram létrakapcsolási szűrők csillapításának és futási idejének számítására.

Az LREAD vezérszó hatására egy szűrő leírását, kapcsolási elemeit és lezáró ellenállásait olvassa be. A kapcsolat egyes ágai a 4. ábrán látható ágakkal adhatók meg.

A LPRINT vezérszó hatására a program a tárolt kapcsolást kinyomtatja az eredménylapra.

Az FREF vezérszóval lehet megadni azt a frekvenciát, amelyre a VL és VC vezérszóval beolvasható veszteségi tényezők vonatkoznak (a jósági tényezőket a program a frekvenciával arányosnak veszi.) A veszteségi tényezők külön sorozatként adhatók meg a tekercsre és külön a kapacitásokra. Az olvasás) terminátorig folyik és az utolsó érték érvényes lesz azokra az elemekre is, amelyek közvetlenül nem kaptak értéket, így egyetlen értéket elég megadni zárójelben, ha a veszteségi tényezők egyenlők.

A **FREQ** vezérszóval az analízis frekvenciáinak generálását lehet indítani. Egyszerre legfeljebb 64 frekvencia írható elő számtani, mértani haladványokból és egyedi frekvenciaértékekből összeállítva.

A **LOSS** ill. **DELAY** vezérszó a csillapítás, ill. a csillapítás és a futási idő számítását eredményezi. Az eredmények sornymotatón készült ábrákon jelennek meg, melyek a frekvencia és a számított jellemző számértékét is tartalmazzák. A felhasznált sornymotató csak 80 karakter széles, az ábrázolás feloldóképességének megtartása érdekében a pontot ábrázoló csillag és a számszerű adatok az ábra ellentétes oldalán helyezkednek el.

TESTB program

A **TESTB** program az elkészült szűrő ellenőrzését van hivatva elősegíteni azáltal, hogy mérőautomata vezérléséhez szükséges lyukszalagot készít.

A programban előírható egy frekvenciasorozat, vagy átvehető az LFAN programban használt utolsó frekvenciasor. E frekvenciák mindegyikén előírható egy alsó és egy felső csillapíthatóság. A **TESTB** program az adatok alapján elkészíti a mérőautomatát vezérlő ISO 7 (ASCII) kódú lyukszalagot.

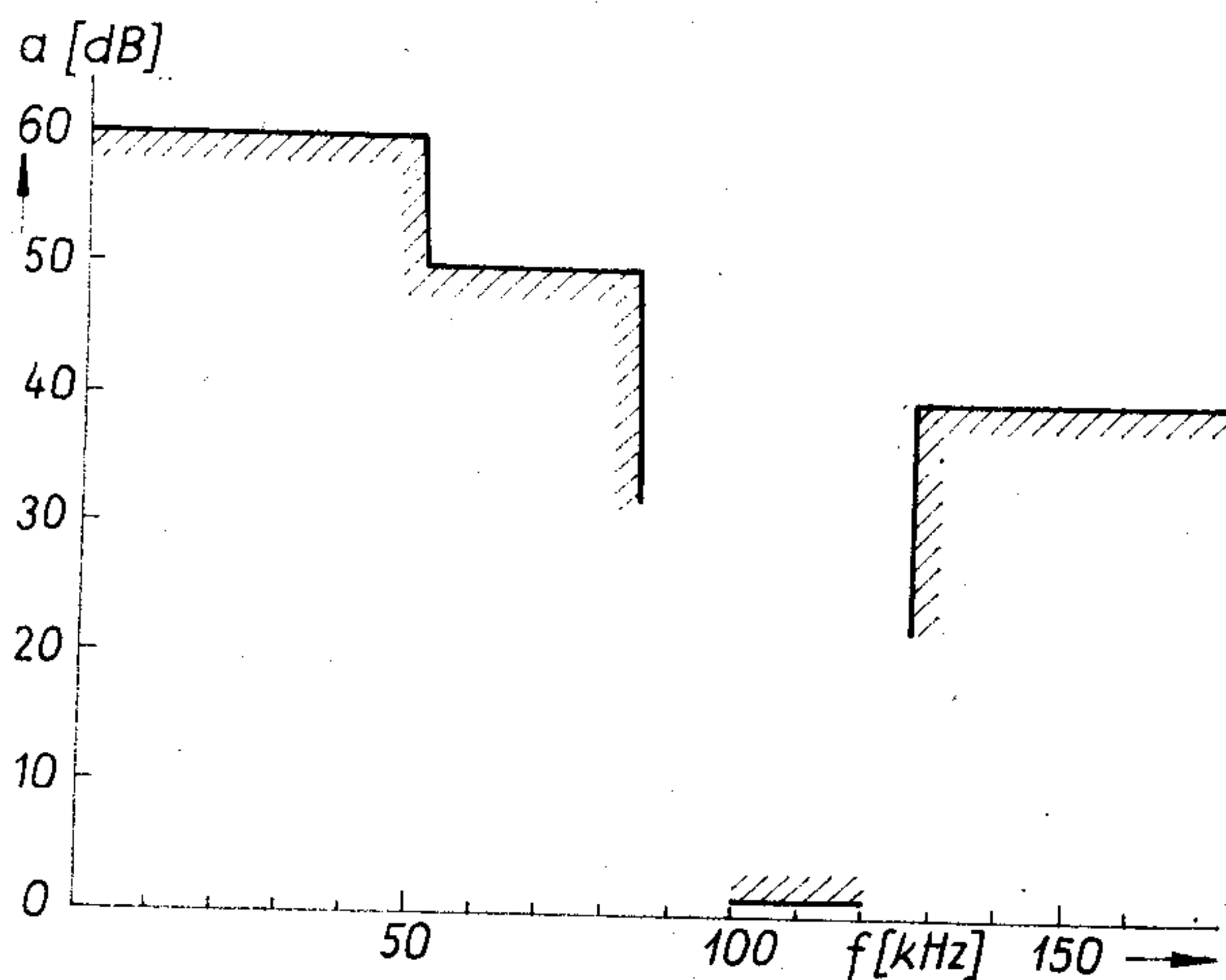
6. Példák

Az elmondottakat egy sávszűrő példájával illusztráljuk. Ezután röviden megemlítnék néhány érdekesebb feladatot.

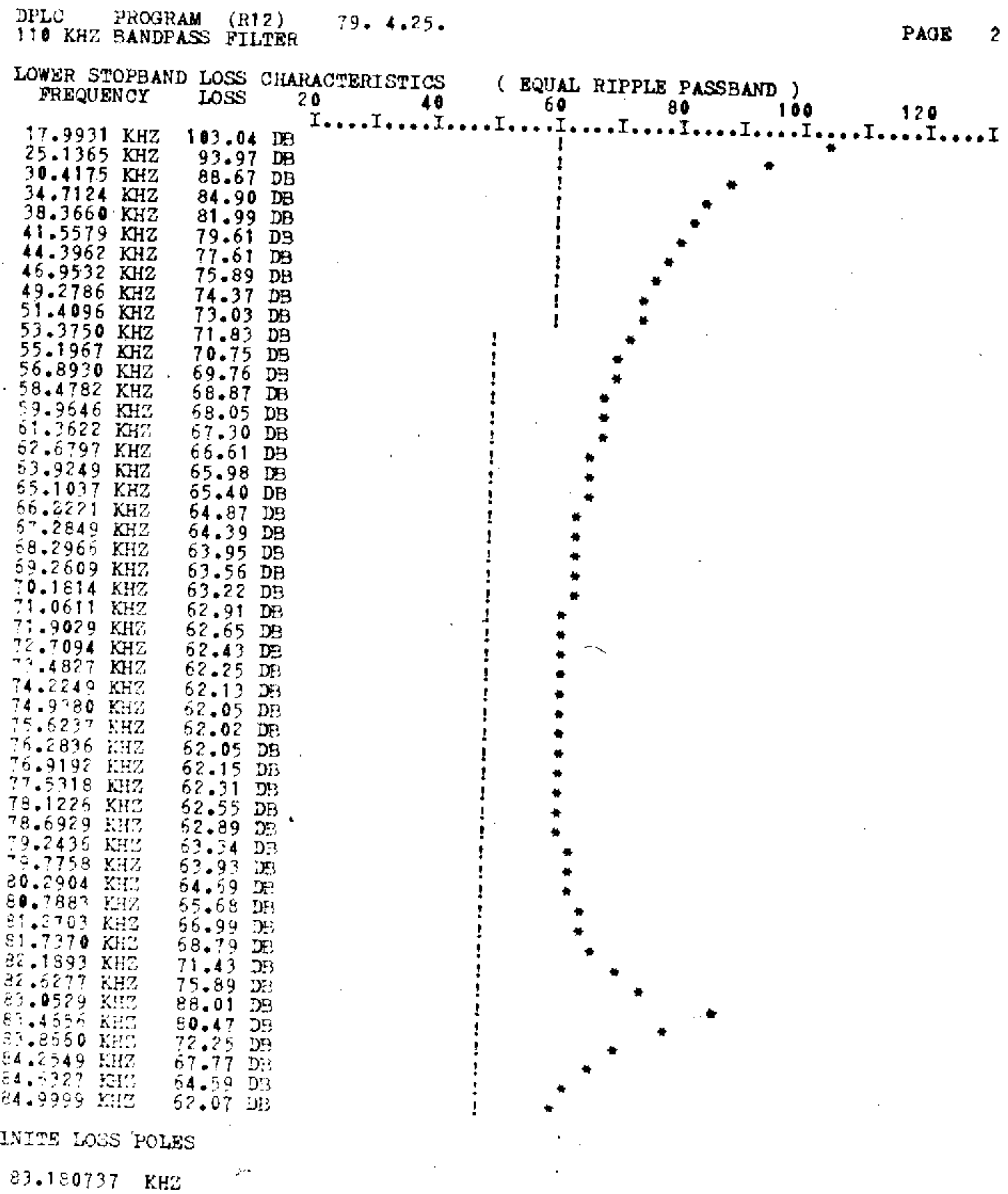
110 kHz sávszűrő

Egy sávszűrő csillapításelőírását a 9. ábra mutatja. Az áteresztő részben írjunk elő csebisevi közelítést és legyen $n_0=3$, $n_\infty=1$, hogy 18 osztályú cikcakk kapcsolású szűrővel lehessen a feladatot megoldani. A csillapításpólusok számának és frekvenciájának megállapításához a **GEST** programot kell indítani az 5. ábrán látható adatszalg első részletével. A számítás eredményét a 10a és 10b ábrák mutatják: a két zárórészben a toleranciasémát és a számított csillapítást tüntetik fel egy nemlineáris frekvenciaskála felett.

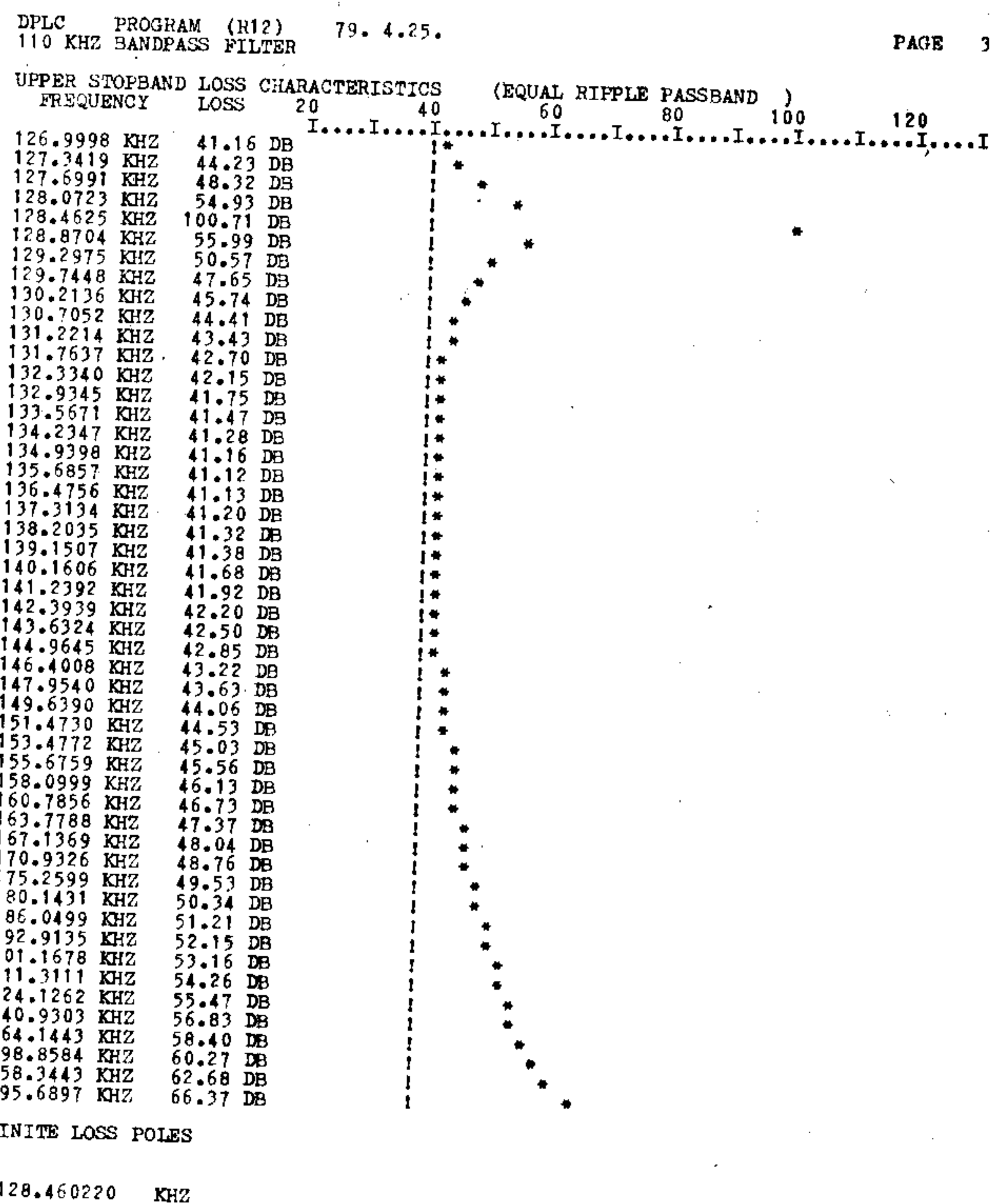
Az adatszalg következő mintegy 25 sora a π , ρ , γ , σ polinomok előállítását írja elő a 2. ábra szerint.



9. ábra. 110 kHz-es sávszűrő csillapításelőírása



10/a ábra. A 110 kHz-es sávszűrő alsó zárórésze



10/b ábra. A 110 kHz-es sávszűrő felső zárórésze

Ezt a részletet az 5. ábrából elhagytuk. Látható viszont a befejező rész, melynek vezérszavai az 5. fejezet alapján könnyen értelmezhetők. A kapcsolást a 11. ábra, az áteresztő rész számított csillapítását veszteségmentes kondenzátorok és $Q_L=300$ tekercs-jóságok mellett, a 12. ábra mutatja. A hasonló jósági tényezőjű tekercsekkel megépített szűrő mérőautomatával mért csillapításkarakterisztikája az alkatré-

szek értékbeállítása után, finomhangolás nélkül a 13. ábrán látható.

Antimetrikus illesztősűrő

Szentirmai javasolta antimetrikus P vagy T_1 típusú aluláteresztő alkalmazását sávszűrő helyett két különböző ellenállás közötti illesztő hálózat céljára [20]. A DPLC programrendszerrel ilyen sűrőt sávszűrőként tervezhetünk, melynek azonban 0 frekvencián nincs csillapításpólusa. Adott lezáró ellenállások, sávhatárok és fokszám mellett előírandó a_p számítását az adatszsalagról vezérelve lehet elvégezni a GEPAA programban.

Üresen járó vagy feszültségforrásról táplált szűrő

A GEPAA és GEPAB programok által végzett számítások módosításával extrém lezárású szűrők is tervezhetők. Az analizist $R_2=400 \text{ k}\Omega$ vagy $R_2=2,5 \mu\Omega$ lezárással végezve a csillapítások 50 dB-lel megnövelt értékeit kapjuk.

Bal és jobb félsíkon elosztott Φ -zérusok

A 3.5. pontban említettük, hogy standard számításoknál a karakterisztikus függvény bal félsíkra eső zérusait használjuk. A felhasználó az adatszsalagról

DPLC PROGRAM (R12) 79. 4.25. PAGE 7
110 KHZ BANDPASS FILTER

FREF: 100.000000 KHZ

CIRCUIT OF THE FILTER

O--R--O	1.50000000 KO		
---L---	103.35403075 UH		
---C---	19.5188860 NF		

L C	355.12745911 UH	4.32233653 NF	128.4603610 KHZ

C	1.33111035 NF		
---C---	9.18554843 NF	398.55419878 UH	83.18095299 KHZ

C	12.41459194 NF		

C	488.60988827 PF		

L	4.47990130MIH		

O--R--O	27.22380573 KO		

[H 665-HM 11]

11. ábra. A 110 kHz-es sávszűrő kapcsolása

DPLC PROGRAM (R12) 79. 4.25. PAGE 10
110 KHZ BANDPASS FILTER

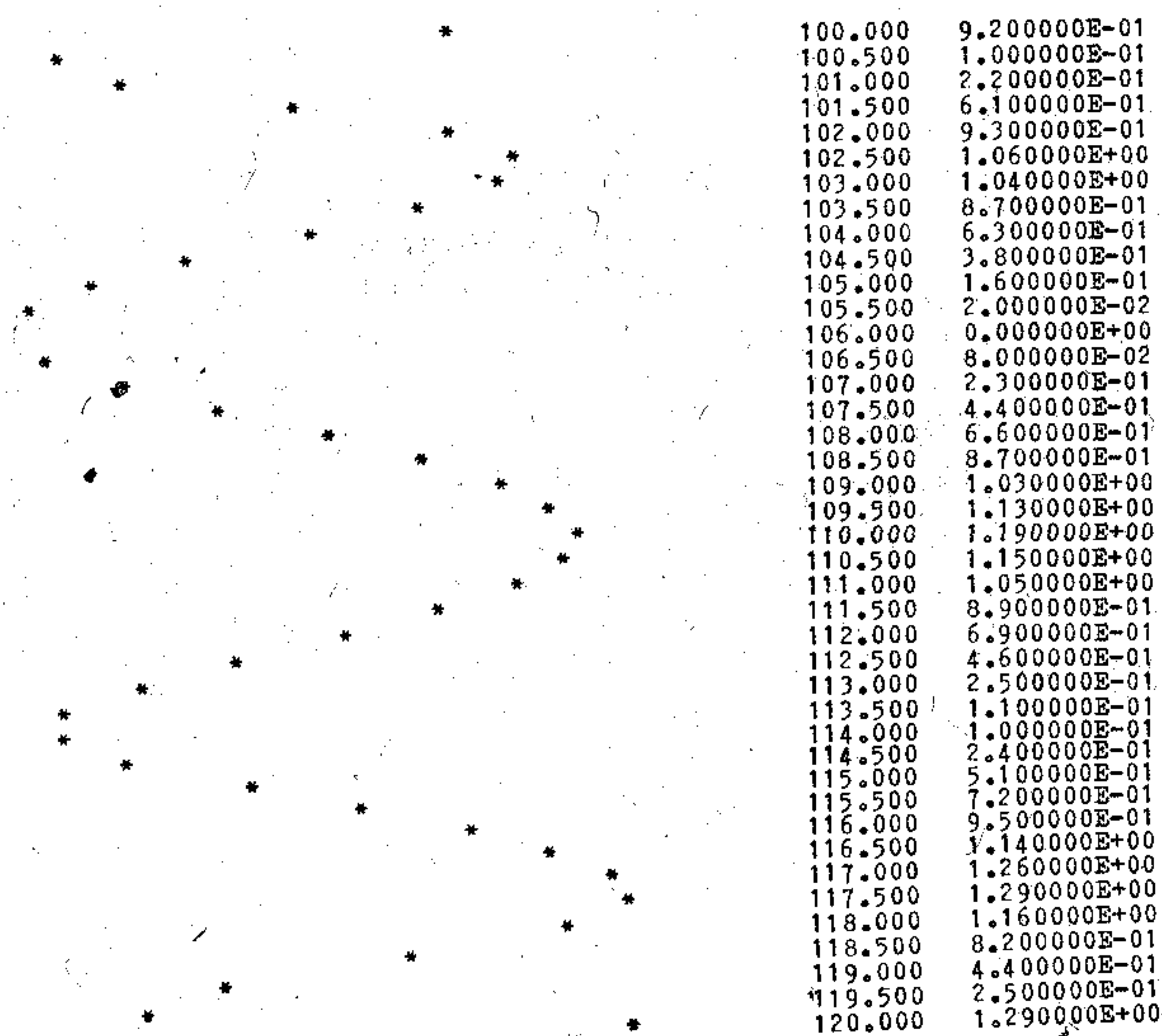
LOSS CHARACTERISTICS.

Freq (KHZ)	Att (DB)
100.000 KHZ	2.311 DB
102.500 KHZ	2.294 DB
103.000 KHZ	2.292 DB
103.500 KHZ	2.162 DB
104.000 KHZ	1.951 DB
105.000 KHZ	1.369 DB
105.500 KHZ	1.418 DB
106.000 KHZ	1.799 DB
106.500 KHZ	2.129 DB
107.500 KHZ	1.482 DB
108.000 KHZ	1.660 DB
108.500 KHZ	1.854 DB
109.000 KHZ	2.179 DB
109.500 KHZ	2.273 DB
110.000 KHZ	2.307 DB
110.500 KHZ	2.278 DB
111.000 KHZ	2.190 DB
111.500 KHZ	2.050 DB
112.000 KHZ	1.873 DB
112.500 KHZ	1.681 DB
113.000 KHZ	1.502 DB
113.500 KHZ	1.358 DB
114.000 KHZ	1.309 DB
114.500 KHZ	1.345 DB
115.000 KHZ	1.474 DB
115.500 KHZ	1.576 DB
116.000 KHZ	1.910 DB
116.500 KHZ	2.126 DB
117.000 KHZ	2.271 DB
117.500 KHZ	2.294 DB
118.000 KHZ	2.152 DB
118.500 KHZ	1.836 DB
119.000 KHZ	1.442 DB
119.500 KHZ	1.351 DB
120.000 KHZ	2.303 DB

[H 665-HM 12]

12. ábra. A 110 kHz-es sávszűrő számított csillapítása az áteresztőrészen

KARAKTERISZTIKA LETAFOGATASA
ABRAZOLT CSILL.TARTOMANY: 0.00 - 2.50 (DB)
MERES SZAM: 41
VIZSGALT FREKV. TARTOMANY: 100 -120 (KHZ)
LEPESKOZ 0.5 (KHZ)
ETALON FREKVENCIA: 100.625 (KHZ)
ALAPCSILLAPITAS: 1.560000 (DB)



KARAKTERISZTIKA LETAFOGATAS VEGE

[H 665-HM 13]

13. ábra. A 110 kHz-es sávszűrő mérőautomatával mért csillapítása az áteresztőrészen

bármelyik konjugált komplex vagy valós Φ -zérust a jobb félsíkra helyezheti át és a szintézist folytathatja, sőt akár az összes lehetőséget is kipróbálhatja anélkül, hogy a megelőző számításokat ismételtelen el kellene végezni.

Csatolt-rezonátoros keskenysávú sávszűrő tervezése

Felső kapacitív csatolású rezgőkörökből álló (18 osztályú) keskenysávú sávszűrők lefejtéskor két nehézség lép fel: egyrészt az impedanciaszint nagyon megnő a lefejtés előrehaladása folyamán, másrészt csak egy sor transzformációval lehet a sűrőt arra a kedvező alakra átszámítani, amelyre az egyenlő önindukciók jellemzők. Felhasználva egy korábban kidolgozott módszert [21], minden önindukció lefejtése előtt megállapítható az előírt önindukcióérték beállításához szükséges transzformátor áttétele. Ezt kondenzátorokból megvalósítva jól realizálható sűrőt kapunk. A számítás elvégezhető a GEPAA programban adatszsalagról vezérelve is, de kedvezőbbnek látszott erre a célra kidolgozni a SYLF program SYCRF nevű változatát, mely az említett számításokat a lefejtés közben elvégzi.

7. Összefoglalás

Az LC szűrők tervezésére készült DPLC programrendszer mutattuk be nagy vonalaiban. A kidolgozáshoz — felhasználva a szerző korábbi ilyen irányú munkáit — kb. 3 ember-évre volt szükség. A lefutott tervezési feladatok igazolták a programrendszer sokoldalúságát. Eddig csak néhány kisebb, könnyen javítható hiba merült fel.

Örömmel említem meg a nevét munkatársaimnak, akik a munkában résztvettek. *Dr. Horváth Judit* írta a GEST, GESAPP POLES program-hármaszt és a TESTB programot. A 110 kHz-es sávszűrőt *Egri Tamás* építette meg. A MIKI mérőautomata mérő-programját *Szilárdi Tibor* írta. *Dr. Scultéty László* hasznos tanácsaival járult hozzá a munka sikeréhez.

IRODALOM

- [1] *G. Szentirmai*: Theoretical basis of a digital computer program package for filter synthesis. First Allerton Conf. on Circuit and System Theory, Nov. 15—17, 1963.
- [2] *Radány Jenő*: Számítógép-program aluláteresztő és sávszűrő üzemi paraméteres méretezésére. Híradástechnika, XXI. évf., 3. sz., 1970 március, pp. 93—95.
- [3] *Herendi Miklós*: Általános paraméterű LC szűrőket tervező program. Híradástechnika, XXIII. évf., 11. sz., 1972 november, pp. 338—343.
- [4] *Herendi Miklós*: Alkalmazási utasítás a GILDA programrendszerhez. Műszeripari Kutató Intézet, 1975 december.
- [5] *G. Gordos*: Chebyshev approximation of a constant with prescribed nonuniform error. Proc. Int. Symp. Network Theory, Belgrade, Yugoslavia, Sept. 1968, pp. 330—342.
- [6] *S. Darlington*: Synthesis of reactance 4-poles which produce prescribed insertion loss characteristics. Journal of Mathematics and Physics, XVIII. évf. (1939), pp. 257—353.
- [7] *J. Zdunek*: General design of ladder networks with arbitrarily distributed uniform losses between coils and capacitors. Proc. IEE, 110, Feb. 1963, pp. 295—302.
- [8] *J. K. Skwirzynski*: On synthesis of filters. IEEE Trans., CT-18, Jan. 1971, pp. 152—163.
- [9] *L. Marek, H. Müller, M. Tuero*: Designing filters by the insertion loss method. Brown Boveri Rev., 52, May/June 1965, pp. 439—448.
- [10] *C. Norek*: Product method for the calculation of the effective loss LC filters. Proc. Int. Symp. Network Theory, Belgrade, Yugoslavia, Sept. 1968, pp. 353—365.
- [11] *G. Szentirmai*: FILSIN — A general purpose filter synthesis program. Proc. IEEE, 65, Oct. 1977, pp. 1443—1458.
- [12] American National Standard Programming Language FORTRAN, X3.9-1966. Programming Language FORTRAN, ISO/R 1539. MSZ 7785/1-74 FORTRAN programnyelv.
- [13] *H. J. Orchard, G. C. Temes*: Filter design using transformed variables. IEEE Trans., CT-15, Dec. 1968, pp. 385—408.
- [14] *B. R. Smith, G. C. Temes*: An iterative approximation procedure for automatic filter synthesis. IEEE Trans., CT-12, March 1965, pp. 107—112.
- [15] *Herendi Miklós*: Általános paraméterű szűrők zárórészének közelítése. Műszeripari Kutató Intézet Közleményei, 16. sz., 1973 október, pp. 17—27.
- [16] *Miklós Herendi, Judit Horváth*: Computer aided design of LC filters. Proc. Summer School on Circuit Theory 1974, Prague, 2—6 Sept. 1974, Vol. 2., pp. 230—234.
- [17] *Géher Károly*: Lineáris hálózatok. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1975.
- [18] *R. Saal, E. Ulbrich*: On the design of filters by synthesis. IRE Trans., CT-5, Dec. 1958, pp. 284—327.
- [19] *Herendi Miklós*: A kontinuánsok és alkalmazásuk lánc-kapcsolású hálózatok gépi számítására. Híradástechnika, XIX. évf., 1. sz., 1968 január, pp. 2—9.
- [20] *G. Szentirmai*: Band-pass matching filter in the form of polynomial low-pass filter. IEEE Trans., CT-11, March 1964, pp. 177—178.
- [21] *Herendi Miklós*: Keskenysávú LC szűrők tervezése. Kutatási jelentés, Műszeripari Kutató Intézet, 1975 december.

Pályázati felhívás!

A Híradástechnikai Tudományos Egyesület diplomaterv- és szakdolgozat-pályázatot hirdet

- a Budapesti Műszaki Egyetem Villamosmérnöki Karán
- a Kandó Kálmán Villamosipari Műszaki Főiskola Gyengeáramú Karának Híradásipari Alkatrészgyártó és Számítástechnika Szakán
- a Zrínyi Miklós Katonai Akadémián, valamint
- a Győri Közlekedési és Távközlési Műszaki Főiskolán

A pályázaton mindazon hallgató részt vehet, aki államvizsgáját legkésőbb 1979. október 31-ig *jeles*, jó eredménnyel leteszi, és diplomatervét, illetve szakdolgozatát az Állami Vizsgáztató Bizottság a pályázatra alkalmasnak tartja.

A pályázat célja a jó tanulmányi eredményt elért és a legjobb diplomatervet, illetve szakdolgozatot kidolgozó végzős szakemberek megbecsülése és munkájuk külön jutalmazása.

A pályázatra az Állami Vizsgáztató Bizottság közvetítésével lehet jelentkezni.

Pályadíjak: a diplomaterv-pályázaton:

- I. díj 1500,— Ft
- II. díj 1200,— Ft
- III. díj 1000,— Ft

a szakdolgozat-pályázaton:

- I. díj 1200,— Ft
- II. díj 1000,— Ft
- III. díj 800,— Ft

A díjak odaitéléséről bíráló bizottság dönt, amelynek elnökét és két tagját a HTE, további két tagját az iskola jelöli ki. A díjakat az Egyesület ünnepélyes ülésén nyújtják át a nyerteseknek.

A díjnyertesek a HTE rendezvényei keretében munkájukról előadást tarthatnak és tanulmányt jelentethetnek meg az Egyesület tudományos folyóiratában, a HÍRADÁS TECHNIKÁ-ban.

Dr. Házman István
a HTE Oktatási Bizottságának vezetője

A műszaki és gazdasági irányítás alapján szélesíteni kívánjuk háttérpári tevékenységünket. Ezen belül kistranszformátorok, mágnes- és egyéb tekeresek gyártására szakosodunk.

TÍPIZÁLT KISTRANSZFORMÁTORAINK

felhasználásával kapcsolatban készséggel állunk információval és tanácsadással rendelkezésükre.

Felvilágosítással szolgálunk mind a hagyományos M, EI és MAM típusú, mind pedig a nyakba ültetett és a tekereselt vas-magos transzformátorok területén.

PUSKÁS TIVADAR

Műszer és Gépipari Szövetkezet
1388 Bp., Pf. 62. Tel.: 137-458.

Harmadik generációs mikrohullámú rádiórelé berendezések anyag-, alkatrész-, szereléstechnikai problémái

ETO 621.396.43.029.6.002.72

A mikrohullámú technika fejlődése lehetővé tette, hogy igen sok mikrohullámú áramkört az eddigi nagyméretű, csőtápvonalas kivitel helyett mikro-szalagvonalas felépítésben készítsünk el. Ez a mini-atürizálási folyamat a mikrohullámú berendezések alacsonyabb frekvencián működő áramköreinél is megfigyelhető. A speciális mikrohullámú sajátosságokat az ezen tartományban működő áramkörök kialakításánál, szerelésénél, tokozásánál, alkatrészválasztékánál figyelembe kell venni. A harmadik generációs mikrohullámú berendezések ezért sok szempontból új technológiai és konstrukciós megoldásokat igényelnek az elektronikában használatos szereléstechnikához és alkatelemekhez képest.

1. A mikrohullámú integrált áramkörök hordozó anyagai

A nagyfrekvencián szokásos hordozó anyagokat, azok fő jellemzőit, előnyös és hátrányos tulajdonságait az 1. táblázatban foglaltuk össze. Ahol lehetséges volt, megadtuk az egyes mechanikai, illetve elektromos paraméterek specifikáció szerinti toleranciaadatait.

Jelenleg a legelterjedtebb nagyfrekvenciás hordozók a duroid 5870 és 5880 típusok, valamint az Al_2O_3 kerámia. A duroid [1] fő előnye a könnyű megmunkálhatóság mechanikai és maradási szempontból egyaránt. Kedvező elektromos paramétereket eredményez, hogy a töltő üvegszálak nem szövött struktúrájúak, hanem egyenletes eloszlásúak, ami mikroszkopikusan is egyenletes relatív dielektromos állandót eredményez. Ez különösen a keskeny vonalak, illetve rések kialakításánál előnyös. A duroid 5870 és 5880 típusok hátránya az alacsony ϵ_r , valamint az, hogy csak vezetőlátatok, tehát mikroszalag-tápvonalak alakíthatók ki rajta, járulékos elemek nem vihetők fel (pl. integrált ellenállás nem valósítható meg). A kerámián [2] kialakított áramkörök geometriai méretei a nagyobb relatív dielektromos állandó miatt kisebbek. Vékonyréteg technikával többféle passzív áramköri elem (elsősorban ellenállás) is kialakítható. Legnagyobb hátránya, hogy mechanikusan megmunkálni igen nehéz, könnyen reped, törik.

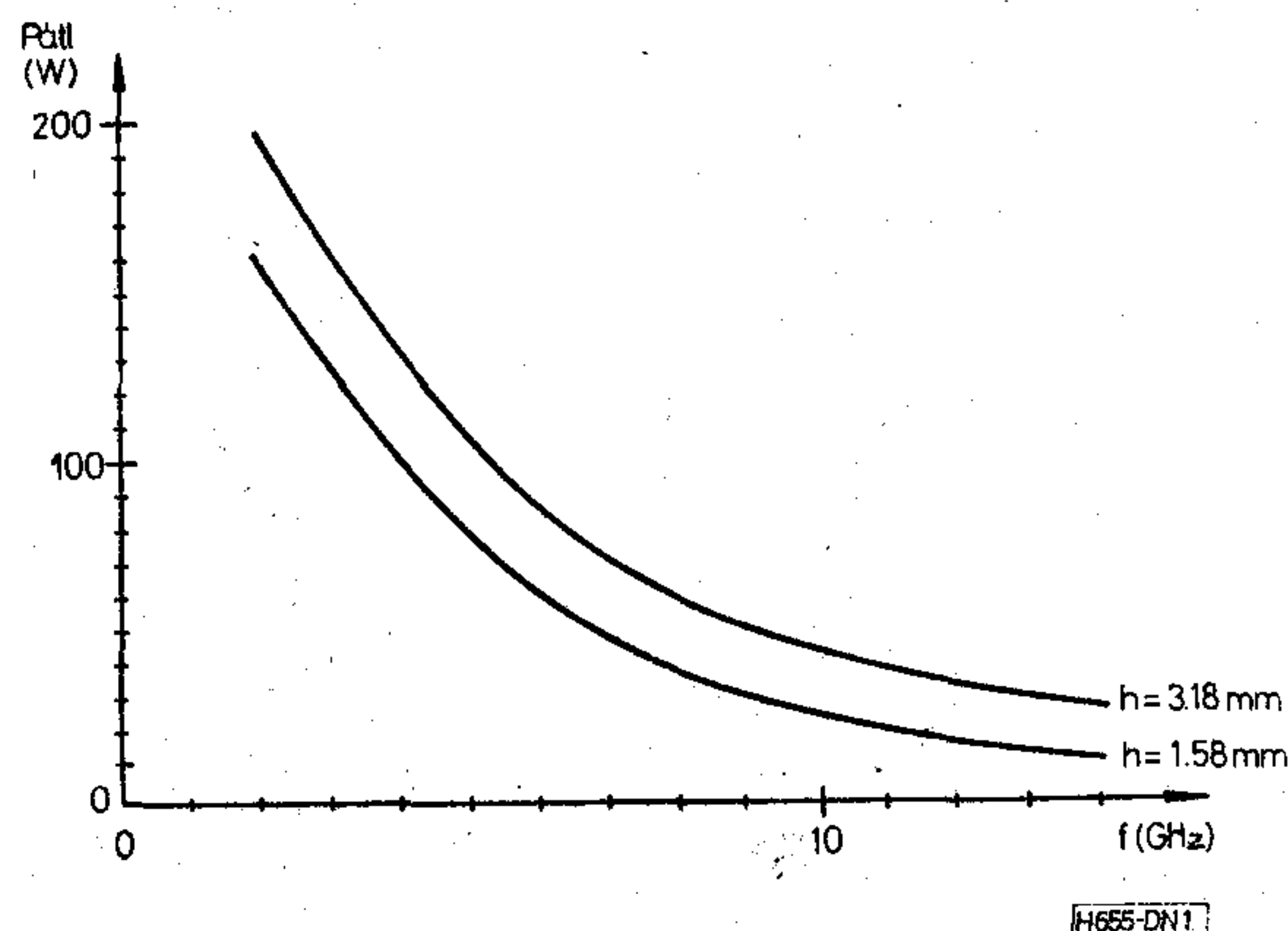
Az előző két alapanyag előnyeit egyesítik az Epsilon 10 [3] és a duroid 6010 [4] nevű hordozók, melyek a duroid 5870 és 5880 típusokhoz hasonlóan könnyen megmunkálhatók, relatív dielektromos állandójuk viszont 10 körül van. Az Epsilon 10 hátránya, hogy dielektromos állandója anizotróp.

Röviden meg kell említeni a kb. 6 mm vastagságú réz alaplemezre készített Sandwich laminate nevű hordozót [5], mely a polyguide anyaghoz hasonló. Ez igen jó lehetőséget kínál nagy teljesítményű, nagy integráltságú, aktív mikrohullámú áramkörök kialakítására, mivel az aktív eszközök hűtése könnyen megoldható.

A táblázatban bemutatottakon kívül többfajta teflontöltésű alapanyag ismeretes, melyek fő elektromos és mechanikai tulajdonságai hasonlóak a duroid 5870 és 5880 típusokhoz. Megemlítjük még, hogy ferrit hordozón is lehet készíteni mikroszalagvonalakból felépített áramköröket. Ezeknek elsősorban a miniatűr, mikroszalagvonalas áramkörökhöz illeszkedő ferrites eszközök (cirkulátor, izolátor, fázistoló stb.) kialakításánál van jelentőségük. Ezen áramkörökkel a továbbiakban nem foglalkozunk, mivel a ferrit hordozó alapvető tulajdonságai jelentősen eltérnek az eddig ismertetett hordozóképtől.

A táblázatban feltüntettük az egyes hordozók hozzávetőleges, fajlagos árát is. Meg kell jegyezni, hogy ezek az árak csak tájékoztató értékül szolgálhatnak, és egyes esetekben nagymértékben függenek a típuson belüli változattól, valamint a rendelt mennyiségtől. Ennek ellenére megállapítható, hogy jelenleg a legolcsóbb hordozó a duroid. Egyéb előnyös tulajdonságai mellett ez is indokolja széleskörű alkalmazását.

A mikrohullámú tápvonalak fontos elektromos jellemzője az átvihető maximális teljesítmény, melyet mikroszalag-tápvonalak esetében két jelenség korlátoz [6]. Egyrészt a dielektrikum letörése, melyet réseknél a koronaefektus, éles vonalsarkoknál pedig a koncentrált elektromos tér okozhat. Ez a jelenség az esetleg fellépő állóhullámok hatásával együtt az átvihető csúcsteljesítményt szabja meg. Másrészt a veszteség okozta disszipáció melegíti



1. ábra

A mikrohullámú áramkörökben alkalmazott hordozók tulajdonságai

Típus	Gyártó cég	Alapanyag	Rel. diel. állandó ϵ_r	Veszteség tg δ	Dielektrikum vastagság (mm)	Tulajdonságok		Ár: kb. Ft/cm ²
			f=10 GHz			előnyös	hátrányos	
duroid 5870	Rogers Corporation	üvegszálerősítésű PTFE (politetrafluoretilén)	2,33 ± 0,02	1,2 × 10 ⁻³	0,254 0,381 0,508 ± 3% 0,787 1,575	könnyen alakítható, jól maratható, forrasztható, mikroszkopikusan egyenletes	alacsony ϵ_r miatt viszonylag nagy méretek, ellenállás nem alakítható ki	5
duroid 5880			2,2 ± 0,02	9 × 10 ⁻⁴				5
duroid 6010		Al ₂ O ₃ kerámia töltésű PTFE	10,5 ± 0,25	kb. 5 · 10 ⁻³	0,64 1,27			mint az 5870 5880, nagy ϵ_r
Sandwich laminate	KEENE Corporation	üvegszálerősítésű PTFE	2,5 ± 0,04	2 × 10 ⁻³	nem ismert	a 6 mm vastag alaplemez hűtő felületként alkalmazható	alacsony ϵ_r , viszonylag magas veszteség	nem ismert
Epsilam 10	3M Company	Al ₂ O ₃ kerámia töltésű PTFE	Z:10,3 ± 0,5 X,Y:kb.15	10 ⁻³	0,254 0,635 1,27 1,905 2,54	nagy ϵ_r , könnyen alakítható	anizotróp ϵ_r , nagyobb veszteség	27
AlSiMag 772	3M Company	99,5% Al ₂ O ₃	9,8	5 × 10 ⁻⁴	0,635	nagy ϵ_r , vákuumpárolgatás alkalmazható, finom vonalszerkezet, integrált ell. áll. kialakítható (20 Ω—20 kΩ)	mechanikai megmunkálás nehéz, a hordozó rideg, törrik	fémzetlen 1,50—2,30 fémezett 60—150

a vezetőt és a dielektrikumot. Ez a hatás a hordozó veszteségi tényezőjétől, hővezetőképességétől függ és a maximális átlagteljesítménynek szab határt.

Az 1. ábrán bemutatjuk az átvihető átlagteljesítményt a frekvencia függvényében, 50 ohmos szimmetrikus mikroszalagvonalra (dielektrikum: szövött üvegszálalás teflon, földlemezek távolsága: $h=1,58$, ill. 3,18 mm, $T_k=25^\circ\text{C}$, $T_{\max}=100^\circ\text{C}$) [7]. Ennek alapján megállapítható, hogy a félvezetős mikrohullámú rádiórelé berendezések áramköreiben előforduló teljesítményszintek átvihetők mikroszalagvonalon.

2. Tokozás

A nagyfrekvenciás áramkörök konstrukciójának egyik fő problémája a megfelelő tokozás kialakítása [8]. Az alacsonyfrekvenciás áramköröknél használatos tokozási módszerek itt nem alkalmazhatók, mivel alapvetően más követelményeket kell a konstrukciónak kielégíteni. Az áramkört magába foglaló doboz tervezése során általában a következő fő szempontokat kell figyelembe venni:

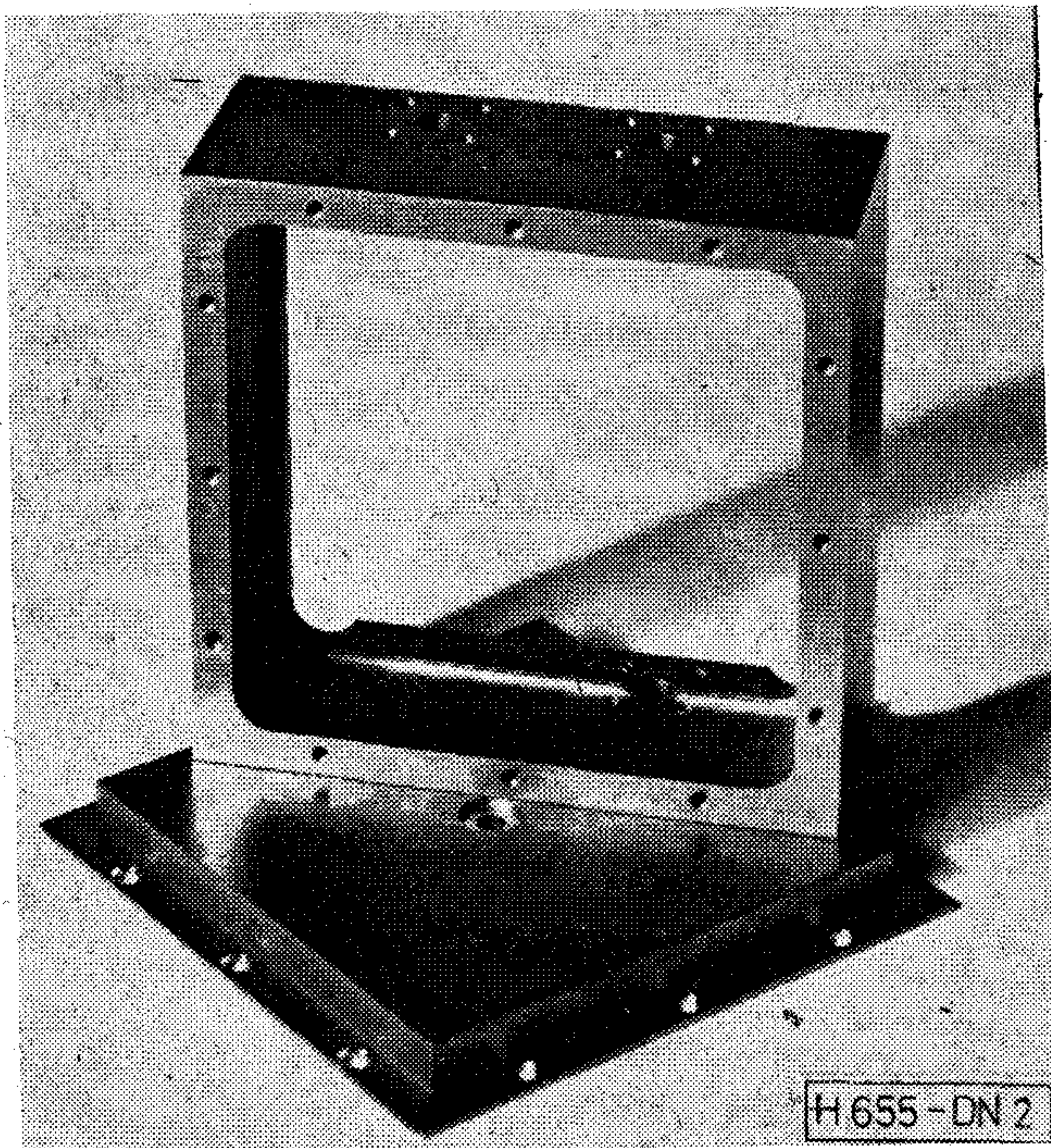
- a hordozó megfelelő rögzítését a dobozban
- az esetleges aktív eszközök elhelyezésére cél-

szerű rögzítési lehetőség kialakítását (disszipáció miatt)

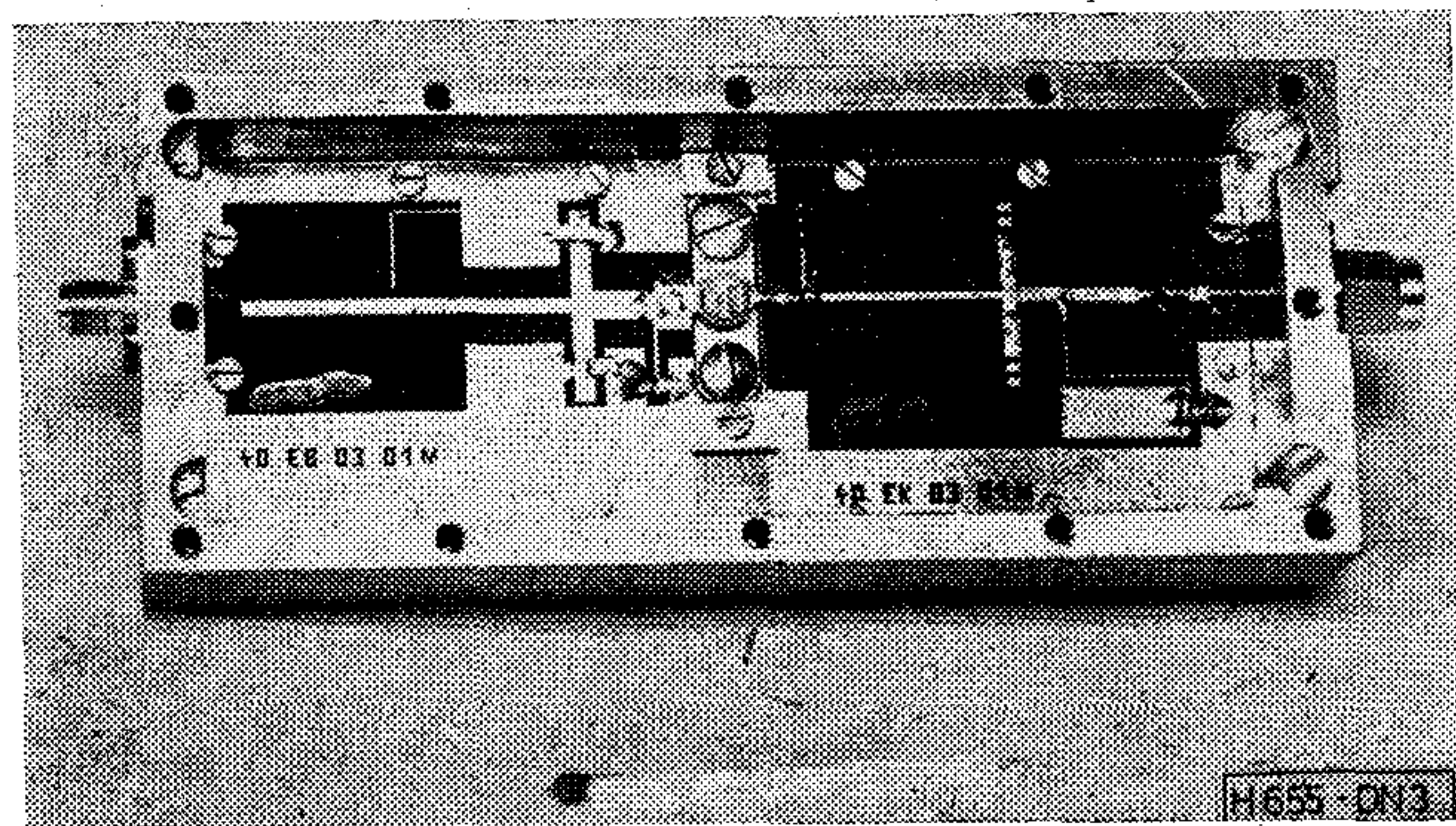
- megfelelő nagyfrekvenciás és egyenáramú földrendszer kialakítását
- a szokásos koaxiális nagyfrekvenciás és egyenáramú csatlakozók elhelyezését
- az esetleges nedvesség elleni tömitést
- a megfelelő nagyfrekvenciás árnyékolást.

Laborkísérleti célra könnyen szétszedhető, egyszerűen kezelhető doboz a praktikus, ahol néhány követelményből (pl. klímaállóság) engedhetünk. Célszerű, ha a hordozólapka cseréje viszonylag egyszerűen történik, és ugyanazon dobozban többféle hordozót is elhelyezhetünk. Ilyen konstrukciót mutat a 2. ábra. Itt kell megemlíteni, hogy laborkísérleti célra igen kedvező tapasztalataink vannak az alumínium dobozzal, ezüsttel kikészítve, melynek legfőbb előnye a kis súly és az olcsóság.

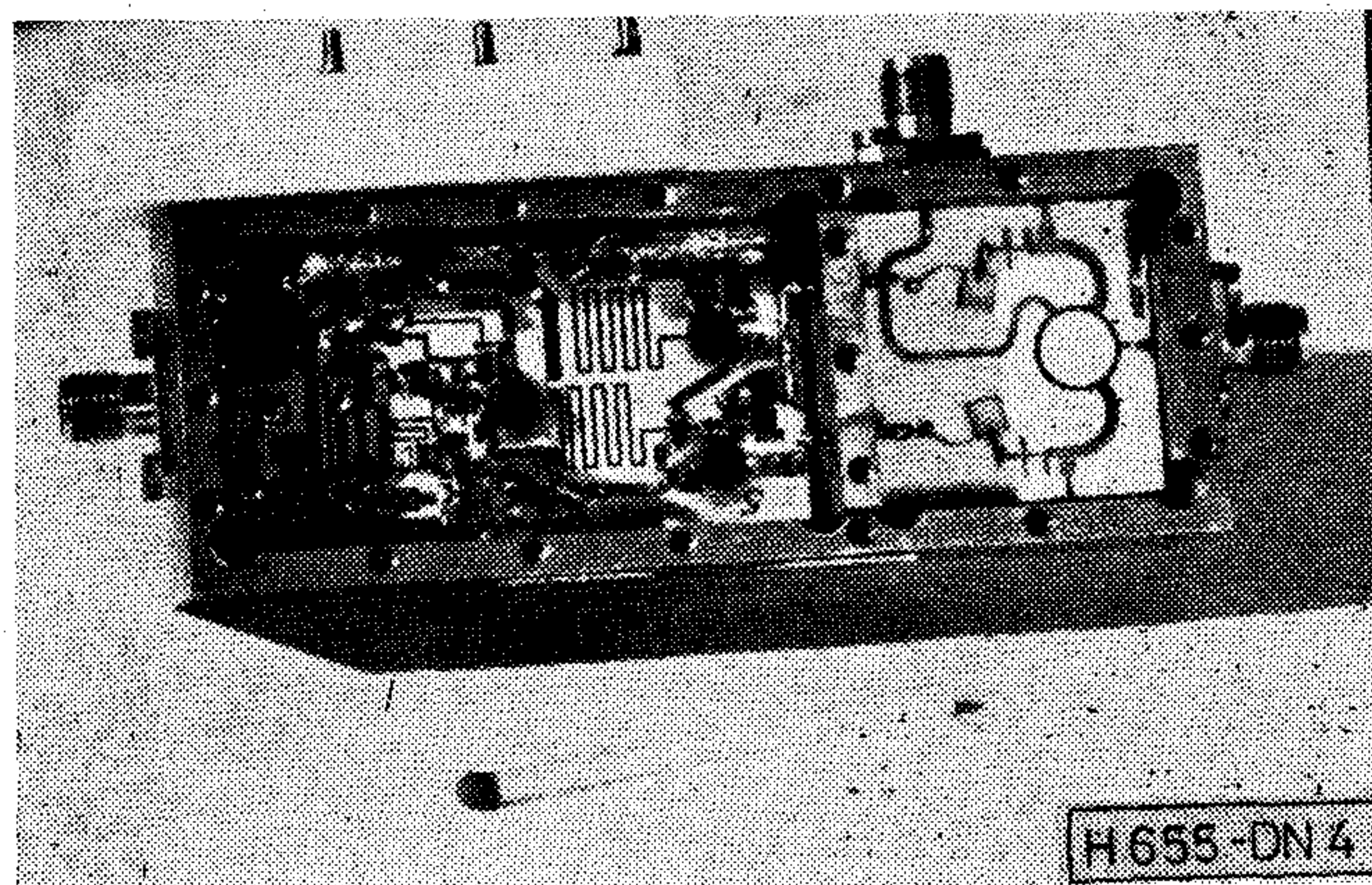
Gyártmány esetén a cserélhetőség, valamint az egyszerű szétszedhetőség nem nagy jelentőségű, helyette a nagyfrekvenciás sugárzás és a csatlakozások megfelelő kialakítására kell elsősorban gondot fordítani. A fenti szempontok figyelembevételével kialakított konstrukció látható a 3. ábrán. Ezen két konstrukció részletes leírása megtalálható a



2. ábra



3. ábra



4. ábra

[9] irodalomban. Több funkcionális egység is elhelyezhető egyetlen dobozban, ezzel növelhető az integráltság, ugyanakkor a mikrohullámú csatlakozások száma is kevesebb. Példaként egy KF előerősítővel egybeépített mikrohullámú keverőt mutatunk be (4. ábra). Az egység vékonyréteg integrált

áramköri kivitelben, a TKI–HIKI együttműködés keretében készült.

Az áramkörök sokfélesége ugyan megnehezíti, mégis érdemes lenne a hordozók alkalmazható méreteit szabványosítani. Ez egyrészt a befogó dobozok konstrukcióját egyszerűsíti, másrészt az áramkör előállítása során is jelentős könnyebbséget jelent. Kerámia esetén, nemzetközi és hazai vonatkozásban egyaránt a coll méret terjedt el. Az általában használatos áramkörök minimális mérete 1"x1", maximális mérete pedig 2"x2". Javasolható a méretek 1/2"-os lépcsőzése mindkét dimenzióban, ez összesen 6 változatot jelent. Duroidra vonatkozólag jelenleg sem nemzetközi, sem hazai szabványosítási törekvésekről nem tudunk. A szokásos áramköri méretek 20×20 mm és 120×120 mm közé esnek. A kerámiához hasonlóan, itt is lehetne 1/2" osztást alkalmazni, 1"x1" és 5"x5" méretek között. Így a méretraszter azonos lenne a kerámiához használt dobozával. E megoldás mellett szól az is, hogy az esetleges import dobozok és tartozékaik is coll méretűek. Hátránya, hogy az így adódó méretek milliméterben igen kedvezőtlenek. Milliméterraszter esetén 10, vagy 15 mm-es raszter ajánlható. Miután mindkét választásnak vannak előnyei és hátrányai is, jelenleg nem kívánunk állást foglalni egyik mellett sem, csupán jelezzük, hogy a problémával foglalkozni kellene, mielőtt széles körben elterjednének ezen áramkörtípusok.

Általánosan jelentkező konstrukciós probléma, főleg magasabb frekvenciákon, hogy a doboz csőtápvonalként viselkedik, megfelelően gerjesztve rezonanciát mutat [9]. Ezt vagy a mechanikai méretek megváltoztatásával lehet megszüntetni vagy a dobozfedőre ragasztott ferrit csillapító lemezzel.

Lényeges szempont még a dobozfedő hatása is. A dielektrikum fölött ugyanis a relatív dielektromos állandó nagyságától függően, kisebb-nagyobb szórt elektromos tér alakul ki, melyet a doboz fémfedele befolyásol. Ahhoz, hogy ez a hatás minél kisebb legyen, a fedelet elegendően távolra kell helyezni [10]. Tájékoztató értéknek szolgálhat, hogy Duroid 5870 és 5880 esetén a dielektrikum és a fedél közötti távolság a dielektrikum vastagságának kb. a harmincszorosa legyen. Kerámiánál ez az érték kb. 10.

2.1. Csatlakozók

Az 5. ábrán a különböző nagyfrekvenciás és egyenáramú csatlakozókból mutatunk be néhányat, melyek fő jellemzőit a 2. táblázat tartalmazza.

A mikrohullámú csatlakozók koaxiális oldala leggyakrabban SMA típusú. A mikroszalag áramkörhöz csatlakozó része a hordozónak megfelelően többféle kialakítású lehet. Így például az 1. típus csatlakozója lapos, ezért kis diszkontinuitást okoz az átmenet, a második típus mikroszalagvonalhoz csatlakozó része hengeres, amely a 0,6 mm vastag Duroid 5870 és 5880 hordozón kialakított 50 ohmos vonalhoz illeszkedik. Ezeknek a csatlakozóknak tömített változatuk is van. Egyenáramú csatlakozásra többféle lehetőség adódik. Legegyszerűbb a táblázatban ötödikként felsorolt BNC csatlakozó. Előnye, hogy kísérleti összeállításnál gyors kábelezést biztosít,

2. táblázat

Koaxiális csatlakozók		
Típusjel	Gyártó cég	Alkalmazási terület
1. 2052—1133	AMERICON	Epsilon 10, duroid 6010 áramkörökhöz
2. R 125 414	RADIALL	duroid 5870, 5880 áramkörökhöz
3. R 125 512	RADIALL	kerámia áramkörökhöz
4. C42334—A80— A18 L9/K9	SIEMENS	KF csatlakozó
5. R141 554	RADIALL	egyenáramú és alacsony-frekvenciás csatlakozó

szabvány kábelekkel. Nagyobb áramok csatlakoztatására miniatűr kések csatlakozók szolgálnak.

2.2. A hordozó rögzítése

Az áramkör működése szempontjából igen fontos a hordozó megfelelő rögzítése a dobozban, ez ugyanis hatással van az áramkör nagyfrekvenciás paramétereire. Röviden tekintsük át, milyen megoldásokkal lehet a hordozót a dobozban rögzíteni.

— Különböző fajta vezető ragasztók alkalmazásával oldható vagy oldhatatlan kötés létesíthető a fémdoboz és a nagyfrekvenciás hordozó alja között. Kísérleti áramkörökben nem célszerű ilyen megoldást választani.

— Kerámia esetén, ha a hátoldal fémezett, forrasztás is alkalmazható.

— Duroid és kerámia hordozó esetén is alkalmazható a csavarral történő rögzítés. Kerámia esetén valamilyen lágy, rugózó anyag (pl. szilikongumi) közbeiktatásáról kell gondoskodni, nehogy elpattanjon a lemez. A duroid hordozónál problémát jelent a teflon kismértékű megfolyása, ezért gyártmány esetén a csavart kilazulás ellen biztosítani kell. Elsősorban kísérleti összeállításoknál ajánlható.

— Leszorítható a dielektrikum kisméretű fémfülekkel is, ez a módszer azonban nem túl elterjedt.

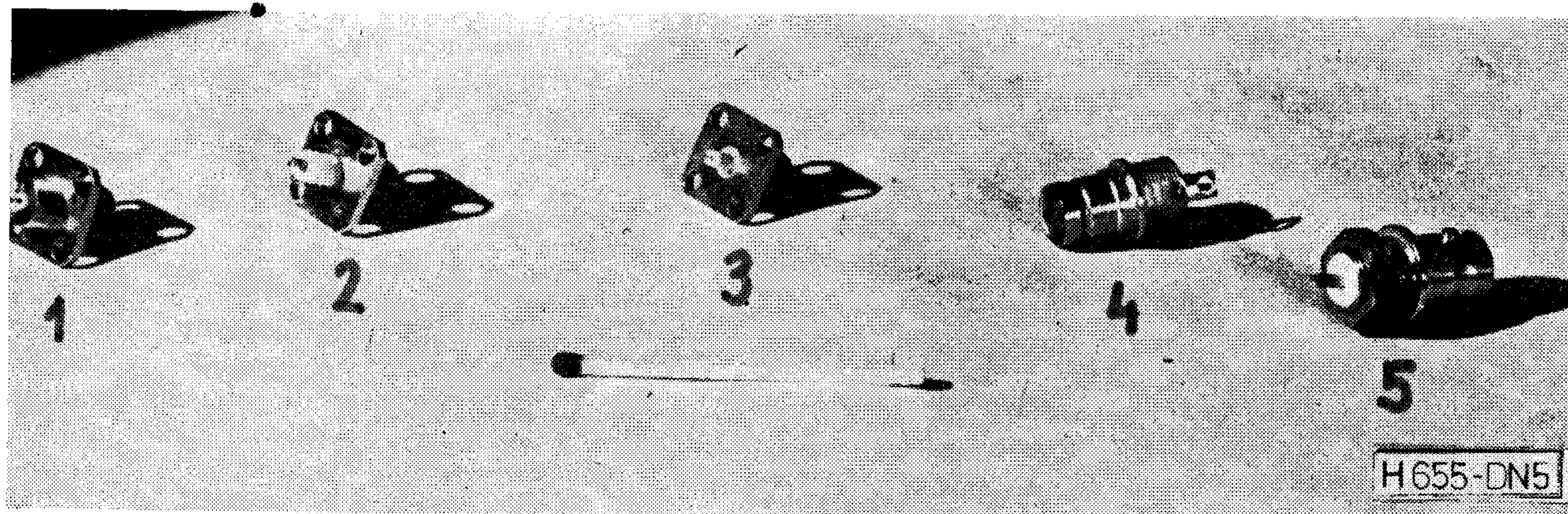
— Körkörös leszorítás biztosítható fémkeret alkalmazásával, mely egyben igen jó mikrohullámú földelést is ad. Gyakorlati kivitele többféle lehet, az adott követelményeknek megfelelően. Egyetlen hátránya, hogy a doboz megmunkálása során igen precíz finommechanikai munkát kíván. Előnye, hogy könnyen, gyorsan cserélhetők a betétek, ugyanaz a doboz alkalmas különböző vastagságú és fajtájú dielektrikumok befogására is.

Összehasonlítva a különböző megoldásokat, megállapíthatjuk, hogy az utóbbi, fémkeretet alkalmazó megoldás mind laborkísérleti, mind gyártmány célra megfelelő, de bonyolult. A csavarral történő lefogás látszik jelenleg a legegyszerűbb, optimális megoldásnak. Távolatilag, gyártmányok esetében, feltétlenül a vezető ragasztó ajánlható, ennél azonban a klímaállóság kérdése még tisztázásra szorul.

2.3. Földelés, sugárzásvédelem

Külön kell foglalkozni a nagyfrekvenciás és egyenáramú földelés kérdésével. A nagyfrekvenciás áramkörök működését alapvetően meghatározza, hogy milyenek a szükséges földelések. Ezek két fő csoportra oszthatók, az egyenáramú rövidzárat is adó, valamint a virtuális földelésekre. Az előbbi esetben a földelő pontot fémesen összekötjük a közelében levő földfelülettel. A második esetben valamilyen külső kapacitással, vagy a hordozón kialakított kapacitív felülettel biztosítjuk a szükséges nagyfrekvenciás rövidzárat. Az első eset általában akkor használatos, ha az egyenáramú kör egyidejű zárása is cél, vagy az összekötendő pontok ekvipotenciálisak. A második megoldás alkalmazható, ha a hidegítendő pont pl. tápfeszültségen van, vagy csak nagyfrekvenciás földelés a cél, alacsony frekvencián pedig jelátvitel van. Az utóbbi esetben természetesen fontos a kapacitás értékének helyes megválasztása is.

Mechanikus és elektromos konstrukciós problémát jelent a nagyfrekvenciás sugárzás kiküszöbölése. Kis jelű egységeknél (pl. a vevő első fokozatai) a bejutó zavarjel, nagyteljesítményű esetben pedig a kisugárzott elektromágneses spektrum lehet zavaró. Ennek megszüntetésére az aktív eszközöket tartalmazó egységekhez a tápfeszültséget megfelelő átvezető szűrő kondenzátorral kell csatlakoztatni, melyek néhány 10 MHz-től a mikrohullámú tartományig



5. ábra

igen nagy beiktatási csillapítással rendelkeznek. Ezen túlmenően a fedél és fenéklemezeket egymáshoz elegendően közel elhelyezett csavarokkal kell rögzíteni, különösen a mikrohullámú csatlakozók közelében. A jobb zártság elérése érdekében esetleg vezető gumi csík vagy -lemez is alkalmazható. Példaként megemlítjük, hogy egy néhány watt teljesítményű mikroszalagvonal kivitelű L sávú tranzisztoros erősítő dobozáról a fedelet eltávolítva, a doboztól 20–30 cm-re a szabvány által megengedett intenzitás 5–10 szerese mérhető. Mivel ez az egészségre káros lehet, igen fontosnak tartjuk kiemelni, hogy nagyteljesítményű áramköröknél még beállítás közben is szükséges a lezáró fedél alkalmazása.

2.4. Klímavédelem

Klímaállóság szempontjából az eddig ismert hordozók különös védelmet nem igényelnek. Duroid 5880 hordozón kialakított mérőáramkörökön elvégeztük az IEC 68–2–30 szabvány által előírt vizsgálatot. A mérések tapasztalata szerint a mikroszalagvonalak elektromos paramétereire a fenti igénybevétel nincs számottevő hatással. Amennyiben az áramköri mintázat vékony rést is tartalmaz (pl. szűrő), problémát okozhat a páralecsapódás. A mikroszalag-áramkörhöz csatlakozó egyéb alkatrészek (tranzisztorok, diódák, chip ellenállások és kondenzátorok stb.) pára elleni védelme érdekében is szükséges lehet tömítés alkalmazása. Mindkét esetben jól alkalmazható az előzőekben említett vezető gumi-lemez vagy -csík. Fokozottabb igénybevételnek kitett helyen tömített csatlakozók alkalmazhatók.

3. Alkatrészválaszték

Az aktív elemeket és a különleges paraméterű passzív elemeket megvalósításuk technológiai nehézségei miatt hibrid elemként készítik el, és ültetik be a mikrohullámú szigetelő alapú integrált áramkörökbe. A technológia fejlődése folyamán ma már nemcsak az egyes elemek, hanem pl. monolit integrált áramköri lapkák is beültethetők, fokozván ezzel az integráltság mértékét.

A műszaki és miniatürizálási követelmények növekvő volta az alkatrészgyártókat is pontosabb, megbízhatóbb és nagyságrendekkel kisebb méretű eszközök megvalósítására ösztönözte. A mikrohullámú berendezések teljes frekvenciaspektrumát felölelő hibrid integrált áramkörökbe beültetendő elemek ma már egyszerű nagyteljesítményűvel is nehezen láthatók. Ez a tény módosítja a bekötésről, a beültetendő alkatrészek kezeléséről alkotott képünket, és gyökeresen megváltoztatja technológiánkat is.

A mikrohullámú integrált áramkörök előállítása során alkalmazott aktív hibrid alkatrészek — kiviteli formájuk szempontjából — három elemcsoportra oszthatók.

A *miniatűr tokozott* elemek néhány kiviteli formája (pl. üvegtokozású és miniatűr fémházas alkatrészek) nagy mérete miatt igen ritkán kerül alkalmazásra. Gyorsan elterjedt viszont egy másik forma: a *műanyag tokozású félvezető*. Ennek okai: a könnyű kezelhetőség, az uniformitás és a széles

frekvenciaspektrum. Ezen eszközöket a mikrohullámú berendezések kis- és nagyfrekvenciás áramköreikben egyaránt széleskörűen alkalmazzák.

A *chip elemek* alkalmazására akkor kerülhet sor, ha a teljes kész áramkör megfelelő klíma- és mechanikai védelmet kap. Ilyenkor nem szükséges az előzetes tokozás. Chip elemként ültethető be a mikrohullámú tranzisztorok és diódák többsége.

E kiviteli forma fontosabb változatai: beam-lead, flip-chip, tab, LID, STD stb. [11]. Valamennyi fajta a különböző, de minél könnyebb beültetési- és bekötési módokat szolgálja. A beam-lead, és a flip-chip megoldás esetében réz- vagy forrasztanyag csapot galvanizálnak, ill. forrasztanak a félvezető lemezre kivezető gyanánt.

A flip-chip kiviteli forma a mikrohullámú frekvenciatartományban nem használható. A tab, LID, STD megoldások huzalos vagy huzal nélküli kötési módszerrel kerámia zsámolyhoz rögzítik a monolit chipet, és így módon biztosítanak jobb hozzáférhetőséget.

A mikrohullámú teljesítménytranzisztorok jó része úgynevezett mikrosztrip tokozással készül, mely — mint azt neve is mutatja — olyan tokot és kivezetéseket biztosít az eszköz számára, mely méreteiben és mechanikus tulajdonságaiban jól illeszkedik a mikroszalagvonalhoz [12].

A technológiai és miniatürizálási szint emelkedése új kategóriát eredményezett: a hibrid aktív alkatrészek harmadik csoportját, a *több aktív elemet tartalmazó egységet*. A modern hibrid áramkörök ma már tartalmaznak korszerű, kisméretű több tranzisztort, illetve integrált áramkört is.

A mikrohullámú berendezések szigetelő alapú integrált áramköreikben passzív elemként ellenállások, induktivitások és kapacitások ültethetők be.

Az *induktivitások* alkalmazásának határt szab igen kis jóságú tényezőjük (20–30), és szűk érték-tartományuk (25–250 nH), ezért csak korlátozottan alkalmazhatók.

Ellenállást ritkán alkalmaznak utólag beültethető elemként. Ilyen esetek pl.: ha egy vékonyréteg áramkörben egy-egy igen nagyértékű ellenállást kell kialakítani, vagy ha egy mikrohullámú áramkörben lezáró ellenállásra van szükség és a rétegrendszer egyéb megfontolásokból olyan, hogy ellenállás kialakítására alkalmatlan.

Tapasztalati adatok mutatják, hogy a mikrohullámú integrált áramkörök veszteségértéke kedvezőbb lehet, ha nincs benne integrált formában megvalósított ellenállás, azaz ha a rétegrendszer nem tartalmaz ellenállásréteget. Ez nem jelenti azt, hogy csak ilyen rétegrendszer alkalmazható mikrohullámú célokra, de a követelményeknek megfelelő kompromisszumot ez esetben is meg kell találnunk.

Kapacitásokat megvalósításuk rétegtechnológiai korlátai miatt (egy vagy több vákuumtechnológiai lépéssel bővül az előállítás) sok esetben hibrid elemként állítanak elő. (Jóllehet a hibrid elemek bekötése megbízhatóság-csökkenést okozhat.) Mikrohullámú integrált áramkörökben — ahol lehet — elosztott paraméterű kapacitásokat alkalmaznak. Ezeket alkalmasan felvitt fémmezők alakítják ki [7].

Mikrohullámú hibrid integrált áramkörökben többféle típusú kondenzátort használnak.

A legelterjedtebben alkalmazott típus a *kerámia chip* kondenzátor. Népszerűségének oka a kis méret (kb. 2×2 mm) és a széles értéktartomány ($0,5$ pF— 1 μ F). Gyártanak speciálisan mikrohullámú áramkörbeni alkalmazhatóságra is különböző típusokat [13], [14].

Nagyobb kapacitásértékek realizálása érdekében fejlesztették ki a viszonylag kis méretű (kb. 3×3 — 5×5 mm) speciális beültethető *tantál elektrolit* kondenzátorokat (1 μ F— 50 μ F) [15].

Jellegzetesen mikrohullámú építőelem a *beam-lead* kondenzátor. Tokozása, külső kivitele és értéktartománya ($1,8$ — $5,7$ pF) igazodik a magas frekvencia adta követelményekhez.

Változtatható kapacitások tekintetében is viszonylag széles a választék. Különböző frekvenciákra különböző kiviteli formájú kisméretű trimmerkondenzátorok készülnek. Értéktartományuk fajtától függően $0,2$ — 12 pF [16], [17].

A felsoroltakon kívül természetesen egyéb elemek is beültethetők, pl. fémréteg ellenállás, fémházastranzisztor stb., de felhasználásuk nem szerencsés méret-, tokozási- és megbízhatósági problémák miatt.

4. Szereléstechika—alkatrészek beültetése

A mikrohullámú berendezések korszerűsítése a szereléstechikában is új módszerek bevezetését eredményezte. A hagyományos csótápvonalakkal szemben a hibrid integrált áramkörök megjelenése, elsősorban a magasabb frekvenciákon a kisebb méretek miatt igen pontos geometriai mérettartást követel, és ennek következtében az alkatrészek nagyobb helyezési pontosságát teszi szükségessé. A nagy pontossági igény, valamint a nagyobb megbízhatóságra, reprodukálhatóságra való törekvés miatt a hibrid technika egyéb területein alkalmazott speciális eszközök, berendezések esetenként csak a nagyobb követelményeket biztosító kivitelben alkalmazhatók.

A szereléstechika fenti követelményei a gyártásban nagyfokú automatizálhatóságot is igényelnek, viszont kísérleti és labor berendezések esetén a nagy pontosság mellett egyéb manuálisan kezelhető eszközök is megfelelnek.

A következőkben tekintsük át a mikrohullámú eszközök esetében az alkatrészek beültetésének lehetőségeit:

1. forrasztás

- hagyományos módon pákával
- újrafolyatással

3. táblázat

Kötési mód	T (°C)	Anyag, eszköz	Hordozó	Alkalmazás	Megjegyzés
Újrafolyatásos forrasztás	100—300°C	Sn—Pb Sn—Pb—Ag kemence, fűtött asztal	kerámia duroid	általánosan	közepes teljesítménynél, jó hővezető, nagyfrekvencián is jó
Lágyforrasztás	100—200°C	Sn—Pb páka, fűtött asztal	kerámia duroid	általánosan	nehéz jól kézben tartani nagyfrekvencián is jó
Eutektikus forrasztás	300	Sn—Pb Au—Si+ védőgáz, különleges páka, fűtött asztal	kerámia	telj. tranz. telj. dióda Si alapú chipek	nagyteljesítmény, nagyfrekvencián is jó, nehézkes eljárás
Termokompressziós kötés	400	Au huzal+ nyomás	kerámia	tokozatlan alk. tranzisztor, dióda, IC	alacsonyabb frekvencián, nagyobb sorozatnál
Réses hegesztés	—	Párhuzamos elektródák	kerámia duroid	Beam-lead	jó hővezető, nagyfrekvencián is jó
Ultrahangos kötés	25	30—70 kHz+ nyomás	kerámia duroid	Beam-lead	jó minőségű adhéziós kötés, különböző anyagok esetén is jó, hordozót nem kell melegíteni
Lézersugaras hegesztés Elektronsugaras hegesztés	széleskörűen nem terjedtek el				
Vezetőragasztós kötés	25—150	külön táblázatban	kerámia duroid	aktív és passzív alkatrészek és hordozók beültetése	kis teljesítményeknél, nagy hőmérsékleteken nem megbízható. Klímaállóság?

2. huzalkötés

- termokompressziós kötés
- ultrahangos kötés
- réses hegesztés
- elektronsugaras hegesztés
- lézeres hegesztés

3. vezető ragasztós kötés

A különböző kötési technológiákat a jobb áttekinthetőség végett a 3. táblázatban foglaltuk össze [11].

Ezen táblázatból jól látható, hogy a felsorolt kötési módok többsége mikrohullámú frekvencián is alkalmas alkatrészek beültetésére. Univerzális tulajdonságai miatt vezetőragasztós kötés az az eljárás, melyet talán a legelterjedtebben alkalmaznak ebben a frekvenciatartományban; elsősorban labor-kiviteli és prototípus célokra.

A vezetőragasztós kötés

- alkatrészek beültetésére (félvezető eszközök, ellenállások, kondenzátorok)
- vezető felületek kialakítására (ez esetben figyelembe kell venni a ragasztóanyag mikrohullámú ellenállását)
- mikrohullámú tömítések biztosítására (sugárzásvédelem)
- mikrohullámú hangolásra használható.

Itt kell megemlítenünk a nem vezető ragasztóanyagokat is, melyek mikrohullámú frekvenciákon

- szigetelő összeköttetések létrehozására
- kiöntő gyantaként (klímavédelem)

használatosak.

Sugárzásvédelem, rezonanciacsökkentés céljára festék formájában felhordható abszorbeáló anyagok ismeretesek.

A nem vezető ragasztópaszták jellemző tulajdonságai: a jósági tényező, a mikrohullámú veszteség és az abszorbeálóképesség. Ezen paraméterek alapján történik adott esetben a megfelelő ragasztó kiválasztása. Az előbbieken felsorolt ragasztóanyagokat importból fedezi a hazai ipar.

A ragasztós kötéseknek nagy előnye, hogy a szükséges szárítási hőmérséklet sem a műanyag alapú, sem pedig a kerámia hordozók esetében nem károsítja az eszközt. Ezzel szemben néhány más kötési technológiánál (pl. termokompressziós kötésnél) a létrejövő nagy helyi hőmérséklet a kerámián repedéseket, töréseket okozhat, duroidnál ugyanezen ok miatt ez a módszer nem is alkalmazható.

A 4. táblázatban néhány használatosabb vezető ragasztó típus fontosabb jellemzői láthatók [18], [19], [20], [21]. Feltüntettük azt is, hogy mely esetekben alkalmazhatók.

A ragasztós kötések további előnye, hogy nem igényelnek különösebb állóeszköz-beruházást, így a hagyományos forrasztásos eljárások mellett széleskörűen alkalmazásra kerülnek.

A kötések problémája után ki kell térnünk a beültetés néhány szempontjára is. A beültetési módszer megválasztásánál figyelembe kell venni

4. táblázat

Vezető ragasztópaszták, jellemző tulajdonságaik

Típus	Gyártó cég	Összetétel	Keverés	Keverés utáni állapot	Égetés, szárítás	Térfogati ellenállás ohm/cm	Alkalmazás
Eccobond Solder 56 C	Emerson Cumming, INC. Canton Massachusetts 02021 U.S.A.	Ag/epoxi	Cat 11	krém	50 °C, 2 ^h	0,0002	alkatrészek beültetése
Eccobond Solder 58 C		Ag/epoxi	—	krém	100 °C, 2 ^h	0,0001	általánosan
Eccocoat CC-2		Ezüstlakk	—	folyékony v. aerosol	levegőn	0,001/□	mikrohull. hangolás
Eccocoat 341		Fémlakk	—	folyékony	levegőn	0,01/□	mikrohull. hangolás
Epotek H20E	EPOXY TECHNOLOGY INC. USA	Ag/epoxi	A + B 2 komponens	krém	80 °C, 1,5 ^h	0,0001	alkatrészek beültetése
Epotek H24		Ag/epoxi	A + B 2 komponens	krém	80 °C, 1,5 ^h	0,02	alkatrészek beültetése
Permabond Aremco 525	Permabond Vertrieb U. Lübben 8. München 90	Ezüstkrém	—	folyékony szirupos	150°C, 2 ^h 170°C, 1 ^h	0,01	vezetőpálya kialakítása
Permabond Aremco 536		Ezüstkrém	—	folyékony szirupos	125 °C, 10 105 °C, 30	0,002	vezetőpálya kialakítása
Diamant Multilot XA-20	Diamant D407 Rheydl Pf. 70 (NSZK)	Ag/epoxi	A + B 2 komponens	krém	80 °C, 2 ^h	0,001	általánosan

Alkalmazhatósági táblázat

A beültetés fajtája	Nagy sorozat	Közepes sorozat	Kis sorozat	Nagy megbízhatóság	Nagy frekvencia
Chip elem és huzal kézi beültetés	rossz	lehet	lehet	lehet	lehet
Chip elem és huzal automata beültetés	jó	jó	lehet	lehet	lehet
Hajlékony-huzalos csatlakozás	jó	rossz	rossz	lehet	rossz
Flip-chip	jó	lehet	rossz	?	rossz
Beam-lead	rossz	rossz	rossz	rossz	jó
Mikrotokozott félvezető	jó	jó	jó	rossz	jó

— a hordozó anyagát (fémbevonat és megmunkálhatóság szempontjából)

pl. kerámia hordozó esetén a megmunkálhatóság igen nehézkes, valamint munka- és beruházásigényes. Duroidnál ilyen probléma nincs

— a beültetendő eszközök homogén, illetve heterogén voltát.

Fontos szempont az, hogy egy-egy lapkán lehetőleg azonos tokozású, közel azonos nagyságú alkatrészek szerepeljenek.

Ilyen törekvés érezhető pl. az MBLÉ cég mikrotokozott gyártmányai esetében, ahol ugyanolyan tokozásban különböző feladatú bipoláris tranzistorok FET-k, varicap diódák, kapcsoló diódák stb. szerepelnek az alkatrészválasztékban. Ezek mérete jól illeszkedik a chip ellenállások, ill. kapacitások kiviteli formájához is [22].

— mikrohullámú eszközök beültetése esetén a feltöltöttségi állapotot. Szereléskor ügyelni kell erre, mert az esetleg fellépő kisülés az eszközt tönkretelheti

— a sorozatnagyságot, mely nem lényegtelen a beültetés felszerszámozása (beruházás, beállítás) szempontjából. A ma korszerűnek mondható kötési és beültetési technológiák különböző körülmények közötti alkalmazhatóságánál irányadó lehet az 5. táblázat [23].

A táblázat értékelésénél látható, hogy minden egyes módszernek van előnye és hátránya. Az alkalmazandó módszer kiválasztásánál minden esetben mérlegelni kell, hogy az adott előnyök kompenzálják-e a velejáró hátrányokat, illetve mely szempontokat (megbízhatóság, frekvencia, sorozatnagyság stb.) kell mindenképpen szem előtt tartani.

Mikrohullámú berendezések áramkörei esetében a mikrotokozott félvezetők alkalmazása nyújtja a legtöbb előnyt, és általában ezt is használják.

A miniatűr alkatrészek kezeléséhez nem elégségesek a hagyományos munkaeszközök. A pontos beállításához az emberi szem kevés, ezért mikroszkóp szükséges. Az alkatrészeket igen kisméreteik miatt csipesszel megfogni nehézkes, ezért vákuumos megfogók kifejlesztése vált szükségessé.

Az alkatrész-beültetés esetében is érvényes az, hogy mindig mérlegelni kell az adott feladatot, és ez alapján kell a szükséges beruházásokat megindítani, ill. az 5. táblázatban felsorolt módszerek valamelyikét alkalmazni az optimális megoldás érdekében.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetüket fejezik ki Herpy Miklósnak a cikk elkészítése során nyújtott segítségével, dr. Bálint Lajosnak a szabványosítási kérdésehez fűzött megjegyzése miatt, dr. Vértessy Miklósnak a kézirat rendezése során nyújtott értékes tanácsaiért. A 4. ábrán bemutatott áramkört Geleji Vilmos és Farkas János tervezte. A közölt fényképek Kiefer Jánosné gondos munkáját dicsérik.

IRODALOM

- [1] RT/Duroid DATA SHEET, 1/78 Revised; ROGERS Corporation Micromat Division, Box 700, Chandler AZ 85224.
- [2] Ceramic Substrates and Components for the Electronics Industry Bulletin No. 755, 3M Company, Saint Paul, Minnesota 55101.
- [3] Microwave Materials Product Bulletin No. 8. 3M Company Saint Paul, Minnesota 55101.
- [4] Microwaves, Vol. 17, No. 9. Sept. 1978. p. 119.
- [5] Microwave Journal, Vol. 21, No. 4. Apr. 1978. p. 36.
- [6] Dr. I. J. Bahl, Ramesh Garg: A Designer's Guide To Stripline Circuits; Microwaves, Vol. 17. No. 1. Jan. 1978 pp. 90—96.
- [7] H. Howe: Stripline Circuit Design, Artech House, Massachusetts (1974).
- [8] Sanford S. Lehrfeld: Hints and Kinks for Your MIC Package Design; Microwaves, Vol. 12, No. 3. Mar. 1973. pp. 62—64.
- [9] Novák, Krasovics, Baranyi: Tranzisztoros teljesítményerősítő a 4 GHz-es frekvenciasávra. TKI—I—333—1. sz. KGM tanulmány.
- [10] Bálint L.: Inhomogén keresztmetszeti dielektromos kitöltésű többvezetős tápvonalak hálózati modellezése, Kandidátusi értekezés, Budapest, 1975.
- [11] Ripka G.: Elektronikai technológia, Tankönyvkiadó 1976.
- [12] TRW Semiconductors Data Sheet.
- [13] VITRAMON INC BOX 544 BRIDGEPORT CONN. 06601 USA DATA SHEET.

- [14] ERIE TECHN. PROD., ERIE PENN 16512 USA DATA SHEET.
 [15] LCC—CICE Composants Electroniques SA 128 Rue de Paris F—93104 Montreuil RC Paris. CATALOGUE.
 [16] JOHANSON. MAN. CO. ROCKAWAY VALLEY ROAD BOONTON NJ 07005 USA DATA SHEET.
 [17] JFD ELECTR. CORP. 15th Avenue At. 62nd Street BROOKLYN NY 112/a USA DATA SHEET.
 [18] EMERSON CUMING INC. CANTON MASS. 02021 USA DATA SHEET.
 [19] EPOXY TECHNOLOGY INC. 14. FORTUNE DRIVE BILLERICA MASS. USA DATA SHEET.
 [20] Aremco Products Inc. Data Sheet.
 [21] DIAMANT—KITTE D407 RHEYDT PF 70 BRD DATENBLATT.
 [22] MBLE 80. rue des Deux Gares B—1070 Bruxelles CATALOGUE.
 [23] Proc of the European Hybrid Microelectronic Conference Bad Homburg 1977.

SZEMLE

Összeállította: BALOGH PÁL*

A fényvezetősálások vezetékek épületekben történő szerelésekre és műszerek csatlakoztatására szolgálnak, mint pl. az AEG-Telefunken által kifejlesztett Telelux-rendszer esetén is. A vezetékek tulajdonságai — különös tekintettel a szakítószilárdságra — továbbfejlesztésre szorulnak. A fényvezető kábelekkel szemben ugyanazokat a követelményeket támasztják, mint a jelenleg alkalmazott, azonos átmérőjű, műanyag szigetelésű távközlő kábelekkel szemben. A Német Posta berlini kísérleténél a kamraelvet továbbfejlesztették. Az érzékeny fényvezetősálásokat műanyag tömlőcskével veszik körül és a szakítószilárdság növelésére acélszállal erősítik. A külső szigetelőburkolat üvegszállal erősített, rétegesen kialakított anyagból készül. (*Elektro Anzeiger, 1978. júl. [590]*)

Az egész világon komoly erőfeszítéseket tesznek azoknak a területeknek és módszereknek a kutatásában, amelyek jelentős energiamegtakarítást tehetnek lehetővé. USA-beli és európai tanulmányok szerint a különféle üzleti, tudományos stb. utazások 40%-át helyettesíteni lehet távközlésen alapuló információcserével. Ily módon, különböző országokban a közlekedésben felhasznált energia (repülő és gépkocsi) 0,5...2%-a takarítható meg. Hasonló mértékű megtakarítást várnak a teljesen elektronikus postaszolgáltatástól, ugyancsak a szállítás volumenének csökkenése révén. Bár ezek a százalékos értékek rendkívül kicsiknek látszanak, az USA-ban, a posta vonalán a jövő évtized közepén várható fenti megtakarítás napi 200 000 hordó benzint jelent! Kissé utópisztikusnak tűnik, de az USA-ban már foglalkoztak ezzel, hogy a hivatali dolgozók otthon dolgozzanak, a szükséges információ-forgalmat távközléssel biztosítva. Ha a hivatali dolgozók fele ebben a rendszerben dolgozna, a szilárd hulladékok elégetéséből kapható hulladékenergia kétszeresét lehetne megtakarítani országos szinten. Legnagyobb mértékben a szállítás távközlésen alapuló szervezése járulhat hozzá az energiatakarékossághoz. (*Telecommunication Journal, 1978. okt. [591]*)

A CANON által gyártott dugaszoló-csatlakozó lehetővé teszi fényvezetőkábelek egymáshoz, vagy más optoelektronikus alkatrészhez való csatlakoztatását. Elektromos vezérlőkonzattal kombinált kivitel is kapható. A max. 4 mm aktív átmérőjű szálkötegekhez alkalmas dugaszoló-csatlakozók mellett egyedi szálak összekapcsolására használható csatlakozókat is szállítanak. A cserélhető fényvezető foglalatokat védik az olyan külső behatásokkal szemben, mint a fény vagy a por. A csatolási veszteségeket a pontos kivitel következtében minimumra csökkentették. A kóboráramokat az érintkezőn keresztül vezetik el. Igény esetén a megrendelő adatainak megfelelő komplett fényvezetőkábelezést szállít a CANON és a megrendelővel együttműködve különleges kialakításokat is kifejleszt. (*Elektrotechnik, 1978. okt. [592]*)

Az elektronikus berendezésekhez műanyag burkolatok alkalmazása általában előnyös, azonban nem nyújt védelmet sugárzó zavaró hatások ellen, továbbá nem földelhető le. Ennek a hátránynak a kiküszöbölésére dolgozta ki az amerikai Metex cég „Xecote” elnevezésű villamosan vezető műanyag burkolóanyagát. A termoplasztikus kötőanyagba fém szuszpenziót

kevernek; az anyag csaknem minden műanyaghoz jól köt, csak a nagyon sima felületeket kell előkezelni alapozóval. A 24 óra alatt levegőn teljesen kikeményedő felület matt fekete, amelyet festés alá alapozónak is lehet használni. (*Wireless World, 1978. okt. [593]*)

Az American Lung Association a „Légszennyeződés egészségügyi költségei (Health Costs of Air Pollution) címmel áttekintést adott ki a levegőszennyezettség okozta költségekről. Ezt az áttekintést dolgozta át W. Herman a Környezetvédelmi Hivatal (EPA: Environmental Protection Agency) megbízásából. Munkája során 23, 1967 és 1973 között nyilvánosságra hozott költségvetéstanulmányt vizsgált felül és megállapította, hogy az egyes tanulmányok milyen szempontból hiányosak.

A legoptimistább becslések alapján a költségek csak évi 1 milliárd dollárt tesznek ki, más becslések szerint a 10 milliárd dollárt is elérhetik. Herman véleménye szerint a légszennyeződés következtében kialakuló egészségkárosodások költségkihatásai abszolút biztonsággal meghaladják az évi 10 milliárd dollárt, mert egyetlen tanulmány sem vette figyelembe az összes tényezőt számításainak elvégzésénél. Ez egyrészt a ténylegesnél jóval kevesebb légszennyező anyag figyelembevételét, másrészt a ténylegesnél kevesebb betegségfajtát jelentett.

Végkövetkeztetésként az vonható le, hogy a légszennyeződés és az ennek következtében kialakuló betegségek között egyértelmű kapcsolat áll fenn, melynek növekvő költségkihatásai annál pontosabban meghatározhatók, minél alaposabb és részletesebb elemzéseket végeznek el. (*Technische Rundschau, 1978. júl. [594]*)

Az egyre nagyobb mennyiségű adat zavarásmentes átvitelére fejlesztették ki a közepes adatrátájú száloptikai modulokat, amelyeket a digitális és analóg adatközlő rendszerek széles tartományában alkalmaznak. Ide tartoznak az adatsín-rendszerek, az ipari ellenőrző- és mérőrendszerek, a megfigyelő szakaszok és a különböző hírközlő rendszerek.

Az ITT Bauelemente Gruppe (Nürnberg) üvegszálások elemei cserélhetők bármely más cég hasonló elemeivel és a hírközlésben a következő előnyöket biztosítják az alkalmazó számára:

- zavartalan átvitel elektromágneses és rádiófrekvenciás zavaróterek hatása esetén;
- kis kábelméret;
- nagy átviteli sáv szélesség;
- elhanyagolható áthallás;
- feszültségelválasztás.

A hőmérséklettartomány -20 °C -tól $+50\text{ °C}$ -ig terjed. A rendszer különlegessége az, hogy 0 bit/s-tól — digitális jelek esetén statikus állapottól — 5 Mbit/s NRZ-ig az átvitel független az adat megjelenítési formájától.

Az elektromos be- és kimenetek TTL kompatibilisek. A villamos kimeneten lévő jel amplitúdóregenerált. A modulkapcsolás különleges felépítése széles optikai dinamikus tartományon belül biztosítja a minimális torzítási tényezőt. A T 614-es modul adóját nagyteljesítményű LED-del látták el. A T 615-ös vevőt pedig PIN-diódával.

Az adó LED kimenő teljesítménye gradiens szál esetén $31,5\ \mu\text{W}$ ($-15,5\ \text{dBm}$), lépcsőszál esetén $35\ \mu\text{W}$ ($-14,5\ \text{dBm}$) és PCS szál esetén $55\ \mu\text{W}$ ($-12,5\ \text{dBm}$). Az üvegszállal együtt a gyártó dugaszoló-csatlakozókat is szállíthat. (*VDI Nachrichten, 1978. okt. 13. [595]*).

* Válogatás a KG INFORMATIK információs anyagából.

A villamos érintkező felületek hibásodási mechanizmusa*

ETO 621.3.066.6.004.62

A gyengeáramú érintkezők megbízhatóságát a felületükön lejátszódó kémiai reakciók befolyásolják. E munka célja, hogy meghatározzuk a reakció-termékeket a felületen, és ezekből az adatokból következtessünk a hiba mechanizmusára. A vizsgálatokhoz — elsősorban a felületi összetétel meghatározására — analitikai elektronmikroszkópiát használtunk, ún.: elektronsugaras mikroanalízist (mikroszonda), pásztázó elektron-mikroszkópiát, Auger-elektron-spektroszkópiát.

1. Bevezetés

A gyengeáramú érintkezők megbízhatóságát a legnagyobb mértékben a felületükön lejátszódó reakciók befolyásolják, mivel ezek a reakciók fogyasztják a legtöbb energiát. Megvizsgálva a gyengeáramú reakciók entalpiamérlegét, figyelembe véve, hogy a gyengeáramú érintkezők mechanikai és villamos terhelése igen kicsi, belátható, hogy ezekre nézve általában lehetetlen egyetlen érintkezés-adás hatásának vizsgálata. Ennek következtében csak nagy számú kapcsolat összegzett eredménye vizsgálható, hasonlóan a jellemző villamos paraméterek változásához, amelyek így valószínűségi változónak tekinthetők.

Az utóbbi években számos közlemény jelent meg a villamos érintkezők felületének elektron-optikai módszerekkel történő vizsgálatáról pl. Haque [1], Potinecke [2], Keil [3] tollából. A felületi réteg elemi összetételének és morfológiájának meghatározására ezekben a publikációkban is a mikroszonda, a pásztázó elektronmikroszkóp és az Auger-elektron spektroszkóp szerepelt mint legfontosabb vizsgálóberendezés.

A vizsgálati eredményeken alapuló hibaanalízis tájékoztatást ad a reakció mechanizmusáról, a következő legfontosabb feltételezett folyamatok jelentőségéről;

- diffúzió,
- adszorpció,
- elektrokémiai folyamatok,
- katalitikus polimerizáció,
- aktiváció.

Az érintkező ellenállás változását e vizsgálatokkal párhuzamosan mértük és statisztikusan értékeltük.

2. A gyengeáramú érintkezők felületén lejátszódó legfontosabb fizikai-kémiai folyamatok

Feltételeztük, hogy a gyengeáramú villamos érintkező és közvetlen környezete polikristályos szilárdgáz rendszerként fogható fel, amelyben a fázishatáron, üzemszünetben és az érintkező pár működése közben energia- és anyagátvitel játszódhat le. Az üzemszünetben spontán, kapcsoláskor pedig energia-

fogyasztó reakciók játszódnak le. Ezek a feltevések a Holm [4] által meghatározott ún. mechanikai vagy névleges érintkező felületre vonatkoznak.

A gyengeáramú érintkezők üzemszünetében lehetséges spontán fizikai-kémiai folyamatok a következők:

- a fémionok diffúziója a szilárd bázis belsejéből a fázishatárra pl. a védőbevonaton vagy a már jelenlevő korróziós terméken keresztül,
- a gázmolékulák diffúziója a fázishatárhoz a távolabbi környezeti atmoszférából a közvetlen környezetben, esetleg a már meglévő korróziós rétegen keresztül (a fémionokhoz),
- a gázok fizikai vagy kémiai adszorpciója a felületen,
- az atmoszféra egyes komponensei és a polikristály között kémiai reakciók, amelyek entalpiája — ΔH ,
- a korróziós termék migrációja a felületen megkötött vízrétegben.

Ha az érintkező kapcsol, akkor a villamosan ténylegesen érintkező pontokon villamos áram folyik keresztül. Ezek a villamosan ténylegesen érintkező pontok a mechanikai érintkező felületen helyezkednek el, és természetesen összességükben és egyenként is sokkal kisebbek a mechanikai érintkező felületnél. A villamosan érintkező pontokon mindig áramszűkület (az áramvonalak sűrűsödése) következik be, ami általában az érintkezési pontok körüli jellemző hőhatással jár [4]. Ez a hőhatás a villamos érintkezési pontok körül fizikai-kémiai változásokat okozhat az érintkező felületen.

Azt a területet, amelyen ezek a hatások érvényesülnek, nevezhetjük fizikai-kémiai érintkező felületnek, mivel ez éppen az érintkezésadás okozta fizikai-kémiai változásokkal meghatározott.

A kapcsolat az alábbi fizikai-kémiai jelenségekhez vezet:

- a fémionok diffúziója meggyorsul,
- a csak fizikai erővel adszorbeált gázok deszorbeálódnak,
- a kemisorpció meggyorsul,
- olyan kémiai reakciók játszódnak le, amelyekre nézve a $+\Delta H$ entalpia jellemző (pl. nemesfémek oxidációja nagyobb hőmérsékleten, a kemisorbeált vegyületek polimerizációja, a jelenlevő korróziós vagy polimerizált réteg bomlása). Az irodalom a már jelenlevő rétegek bomlását aktivációnak nevezi [4].

* A cikkel tartalmilag megegyező előadás hangzott el az 1977 szeptemberében Los Angeles-ben tartott „Vizsgálati technikák a hibaanalízishez ATFA” szimpóziumon.

- anyagátvitel az érintkező-párok között, általában a villamos terhelés megszakításakor olvadék-híd, rövid vagy hosszú ív képződésével.

Az, hogy csak viszonylag sok, egymás utáni kapcsolás összegzett fizikai-kémiai hatása érzékelhető, a következőkkel indokolható:

- a gyengeáramú érintkező mechanikai érintkezési felülete meglehetősen kicsi ($\varnothing 0,1-0,01$ mm),
- a kapcsolások száma az érintkezők teljes élettartama során meglehetősen nagy (10^6-10^9 kapcsolás),
- a villamos érintkezési pontok mozgása kapcsolásról-kapcsolásra véletlenszerű a hozzájuk képest nagy mechanikai érintkezési felületen belül,
- a fizikai-kémiai érintkezési helyeknek nevezett területek együtt mozognak a villamos érintkezési pontokkal.

Annak a valószínűsége tehát, hogy ugyanaz a reakció a mechanikai érintkező felület bármely részecskéjén ismétlődően is lejátszódhat igen nagy. Ennek következményeként ezeknek a reakcióknak az eredménye statisztikusan szóródik a mechanikai érintkezési felületen. A reakciótermék általában kevésbé stabil, mint maga az érintkező anyag és ezáltal kapcsoláskor a kapcsolt energia szóródik, ami úgy fogható fel, mint a rendszer entrópiájának növekedése nagy hőmérsékleten. A felületen levő reakciótermék a fizikai-kémiai változások összegződésének eredménye $\sum_{n=1}^{\alpha} x$ (x kapcsolás esetén).

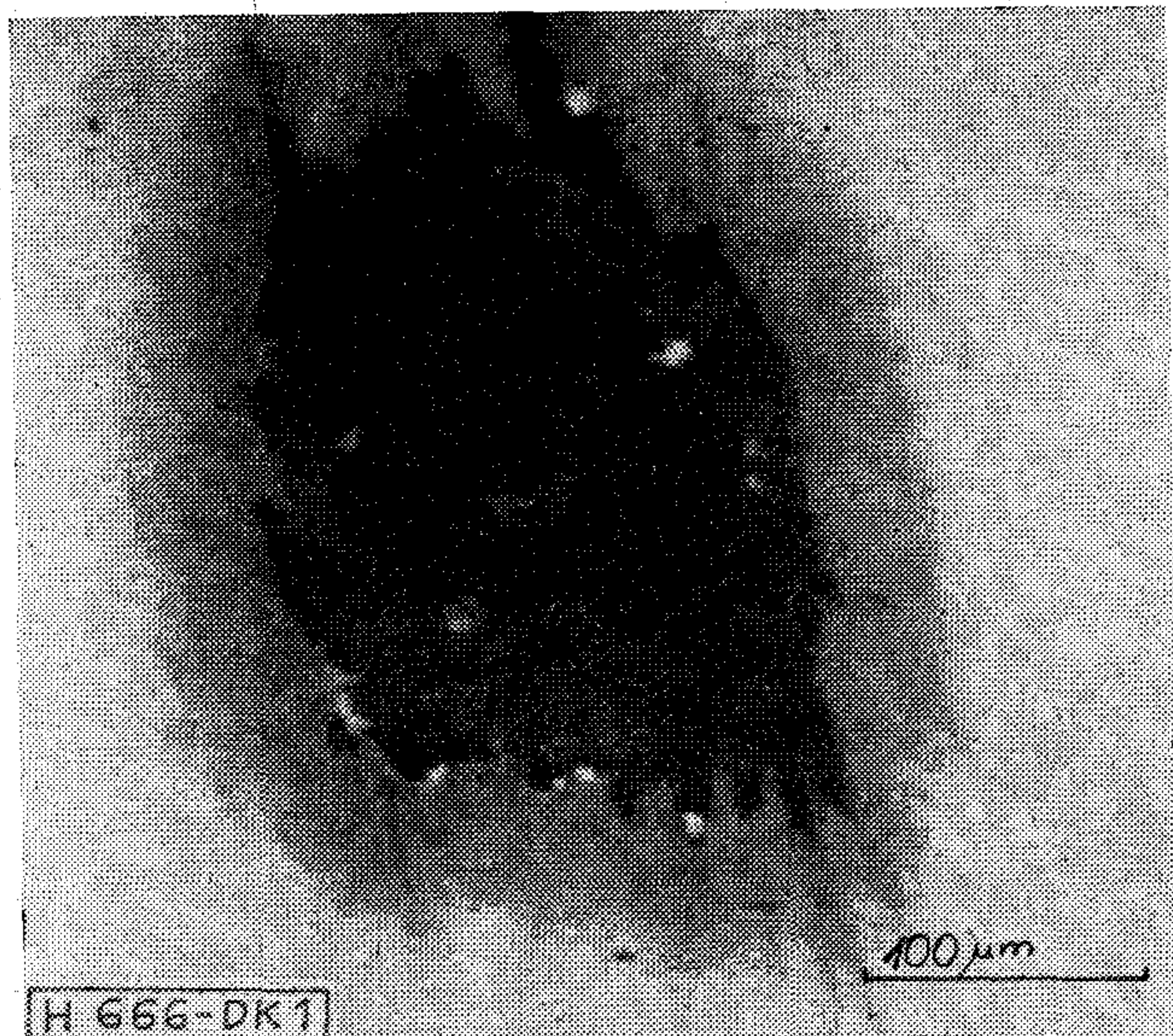
Ezért engedhető meg az a feltevés, hogy a felület összetételének és morfológiájának meghatározása nemcsak a korróziós folyamatok mechanizmusát világítja meg, hanem azon villamos paraméterek változását is amelyek ehhez kötődnek.

Mivel a mikroszondás technikában, más szóval az elektron- és ion-mikroszondás analízisben, az Auger-elektronspektroszkópiában az elektron-, ill. ionsugarak csak lokalizáltan támadják a felületet, ezeket a módszereket alkalmaztuk a felületi mikrostruktúrák jellemzésére. Ezek közül kiemelt szerepe volt az elektronsugaras mikroanalízisnek, mert lehetővé tette, hogy néhány μm^3 térfogatban $10^{-2}-10^{-4}$ százaléknyi mennyiségben jelenlevő elemet kimutassunk, ami 10^{-15} g anyagmennyiségnek felel meg. Továbbá az elektron-anyag kölcsönhatásból származó jelek vizsgálatával (visszaszórt, szekunder, emittált, adszorbeált stb. elektronok) ez a fajta analízis nemcsak lokális és egy felület-részecske kémiai összetételéről nyújtott képet, hanem feltártá a felület más sajátságait is (a felvételek az MTA-GKL-ben készültek).

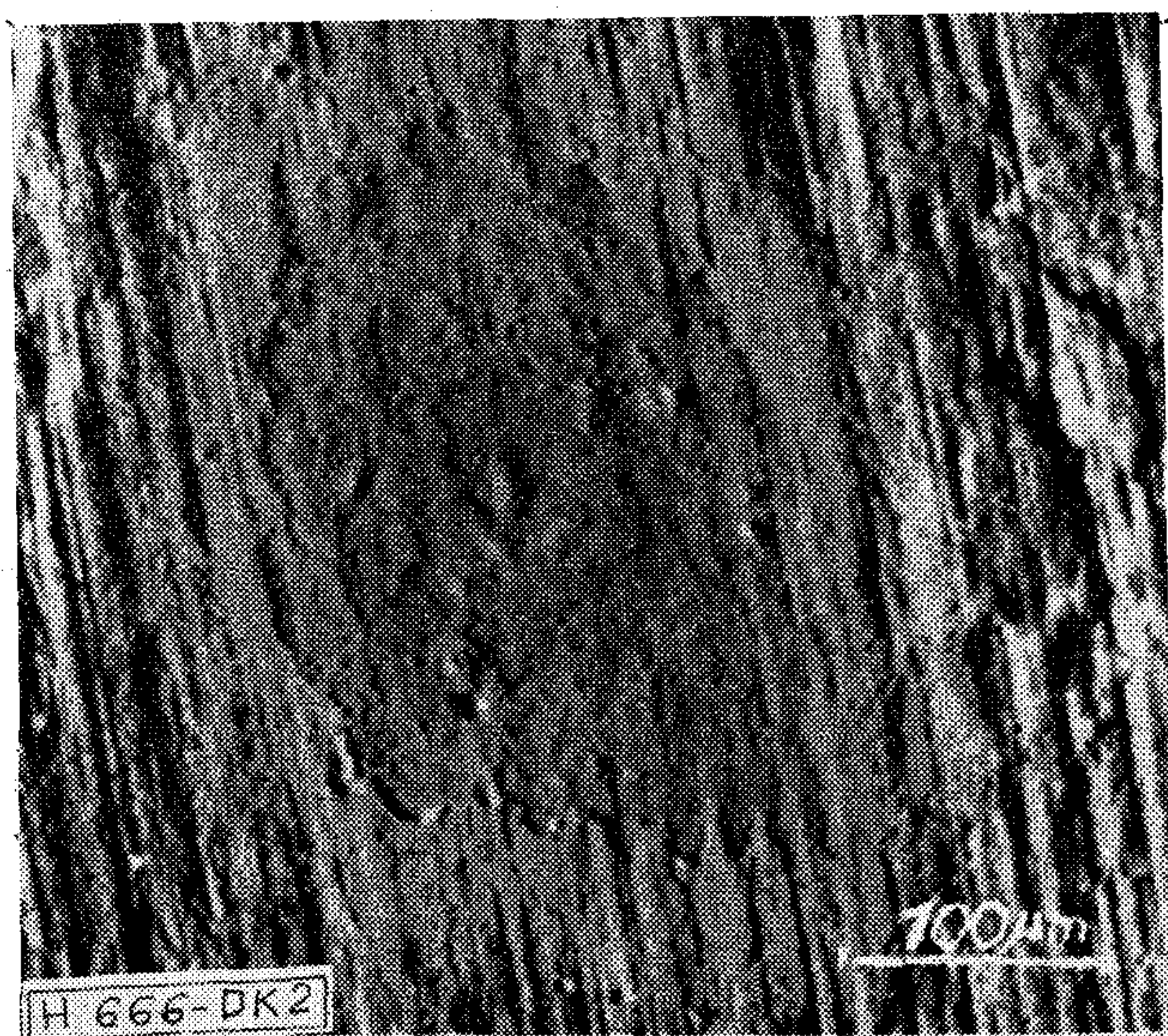
3. Kísérleti eredmények

3.1 Arany-bevonatú minták

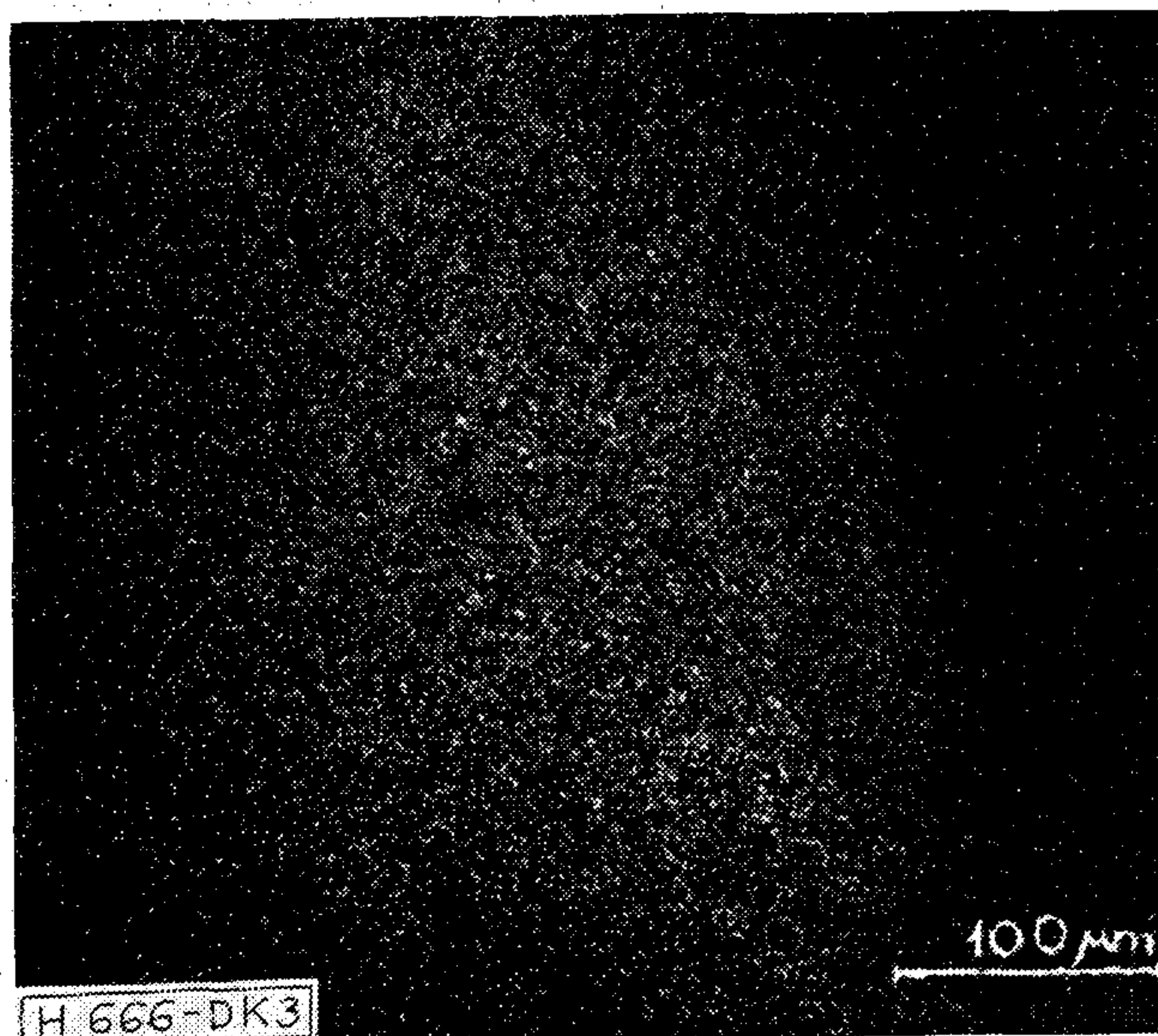
Az aranyozott mintákat $25 \text{ cm}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ (ppm) kén-dioxid gázt vagy $15 \text{ cm}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ kénhidrogén gázt tartalmazó nedvesített atmoszférának kiteve, azokon különböző átmérőjű sötét foltok keletkeztek.



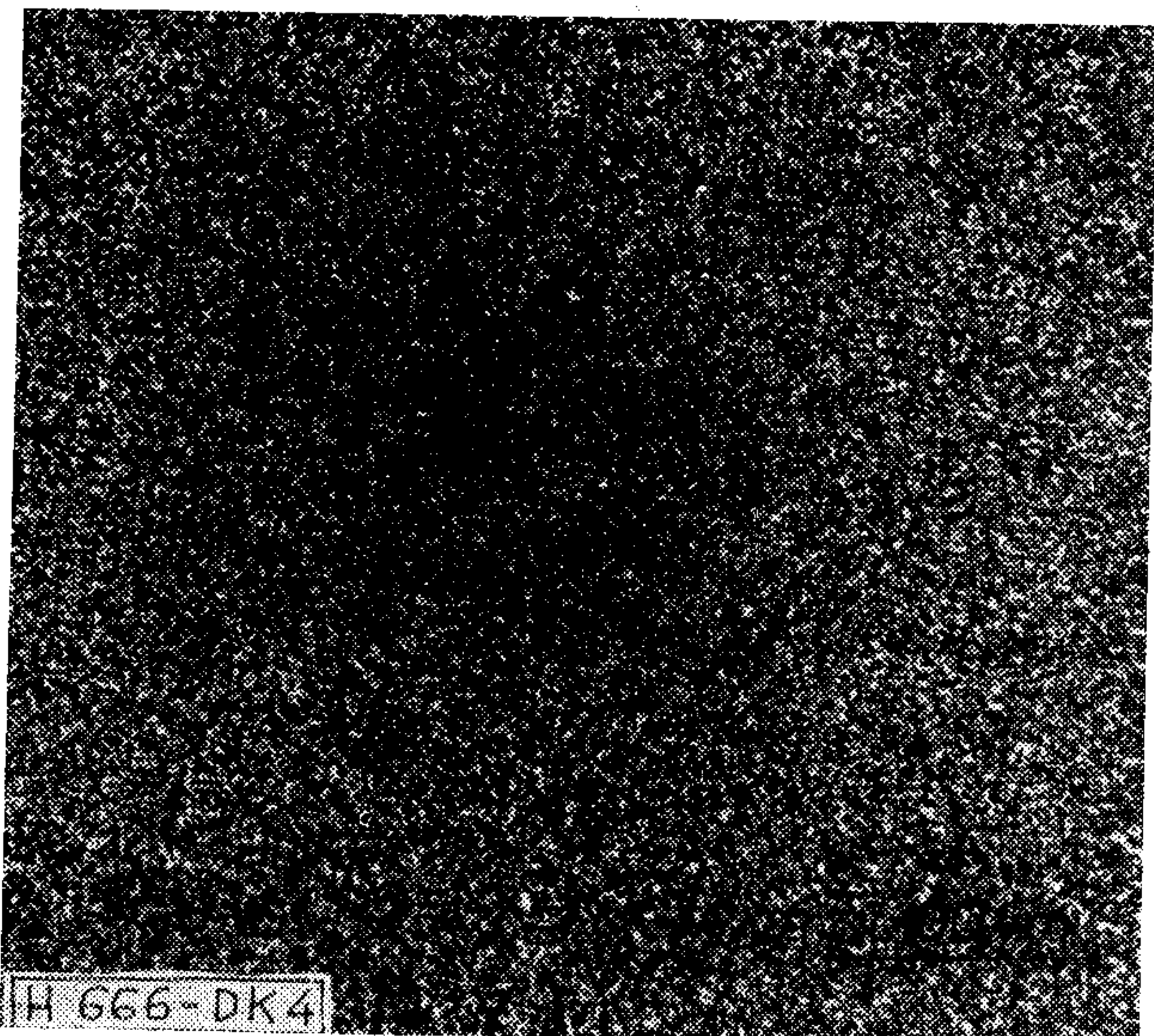
1. ábra. Aranyozott bronz minták 10 nap $15 \text{ cm}^3/\text{m}^3$ H_2S 96% rel. nedv. Kompozíció. Visszaszórt elektronkép, gyorsítófesz. 20 kV



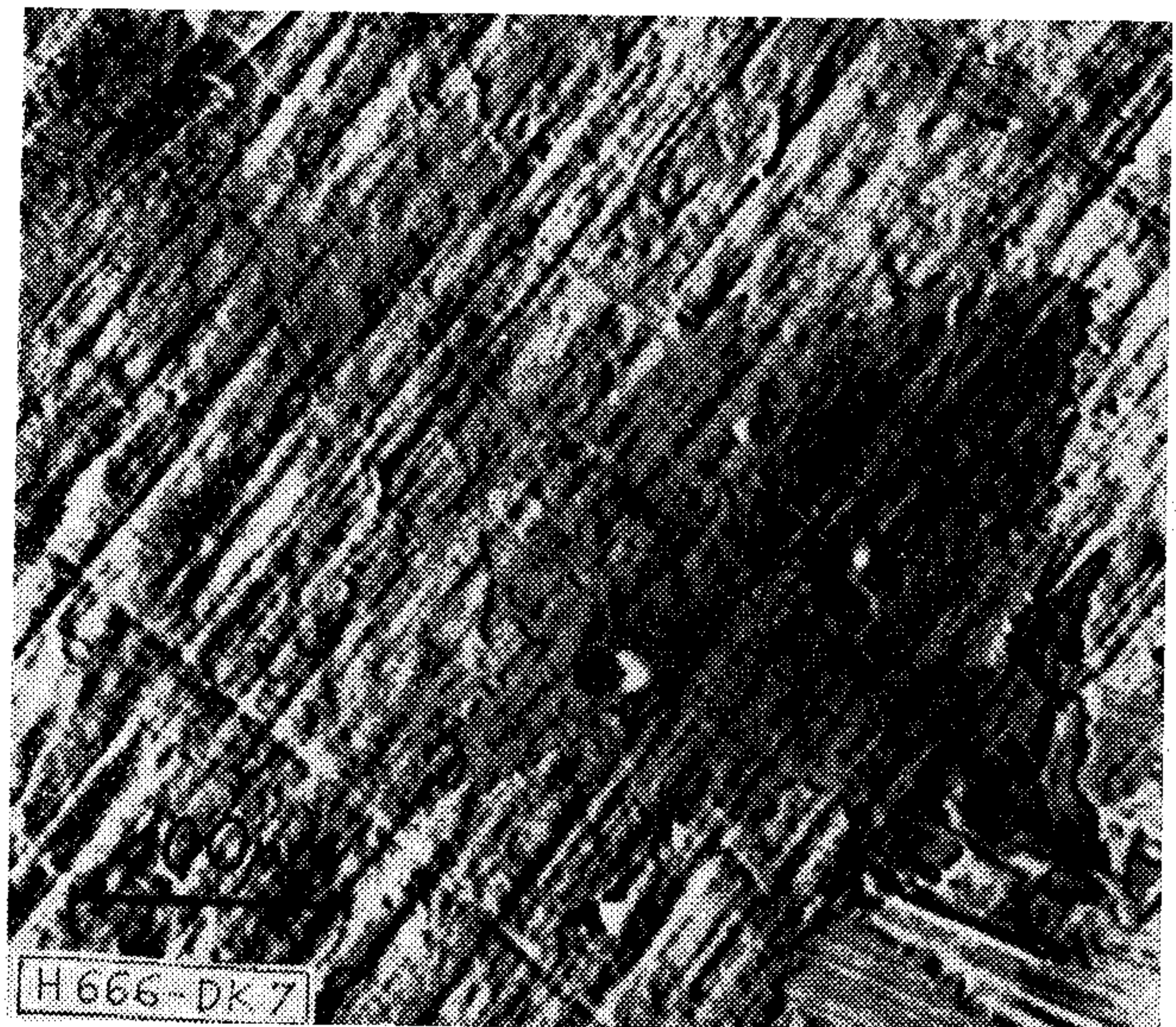
2. ábra. Aranyozott bronz minták 10 nap $15 \text{ cm}^3/\text{m}^3$ H_2S 96% rel. nedv. Topográfia. Visszaszórt elektronkép, gyorsítófesz. 20 kV



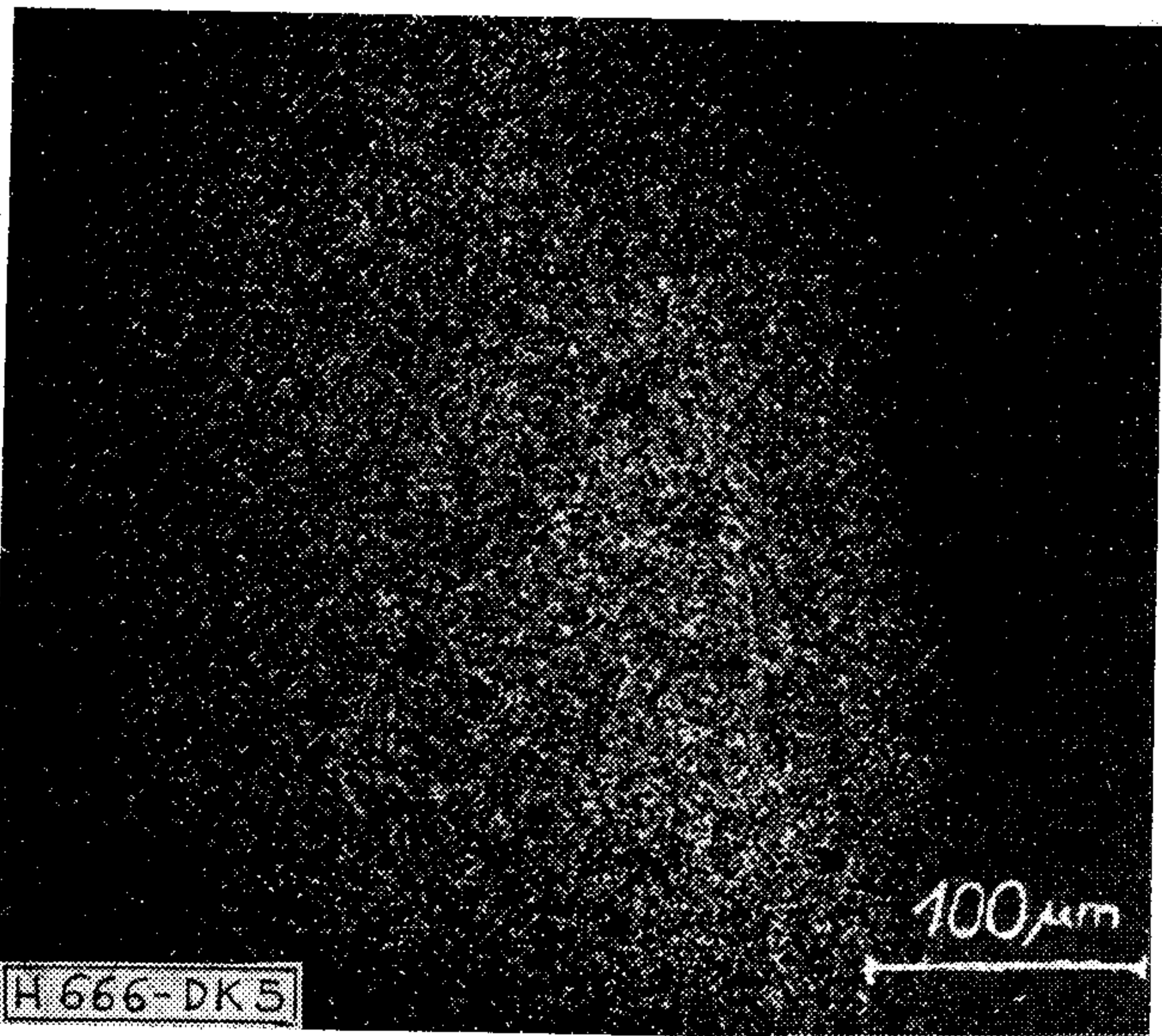
3. ábra. Aranyozott bronz minták 10 nap $15 \text{ cm}^3/\text{m}^3$ H_2S 96% rel. nedv. $\text{CuK}\alpha$ -kép (réz, gyorsítófesz. 20 kV)



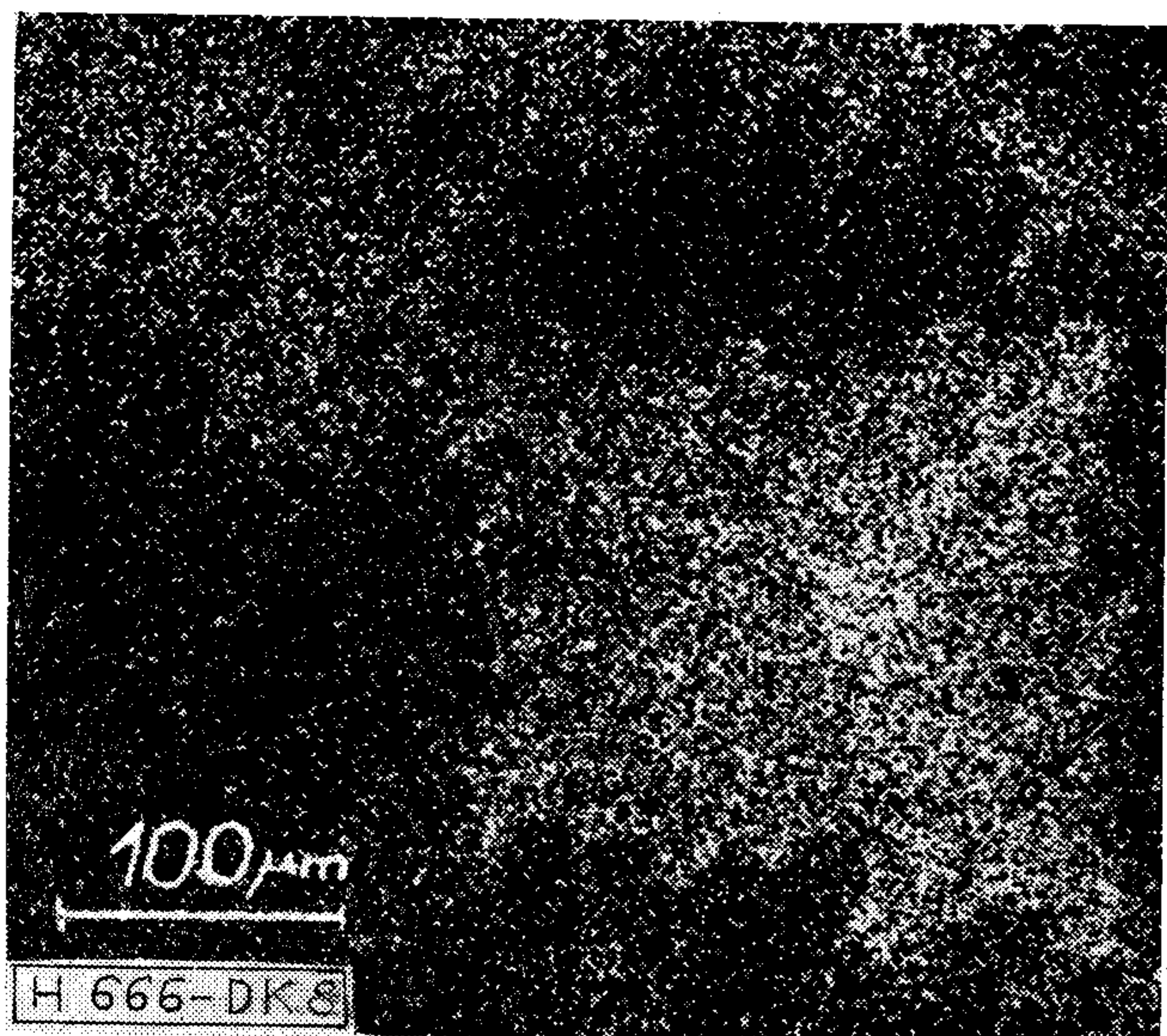
4. ábra. Aranyozott bronz minták 10 nap $15 \text{ cm}^3/\text{m}^3 \text{ H}_2\text{S}$ 96% rel. nedv. $\text{AuM}\alpha$ (arany), gyorsítófesz. 20 kV



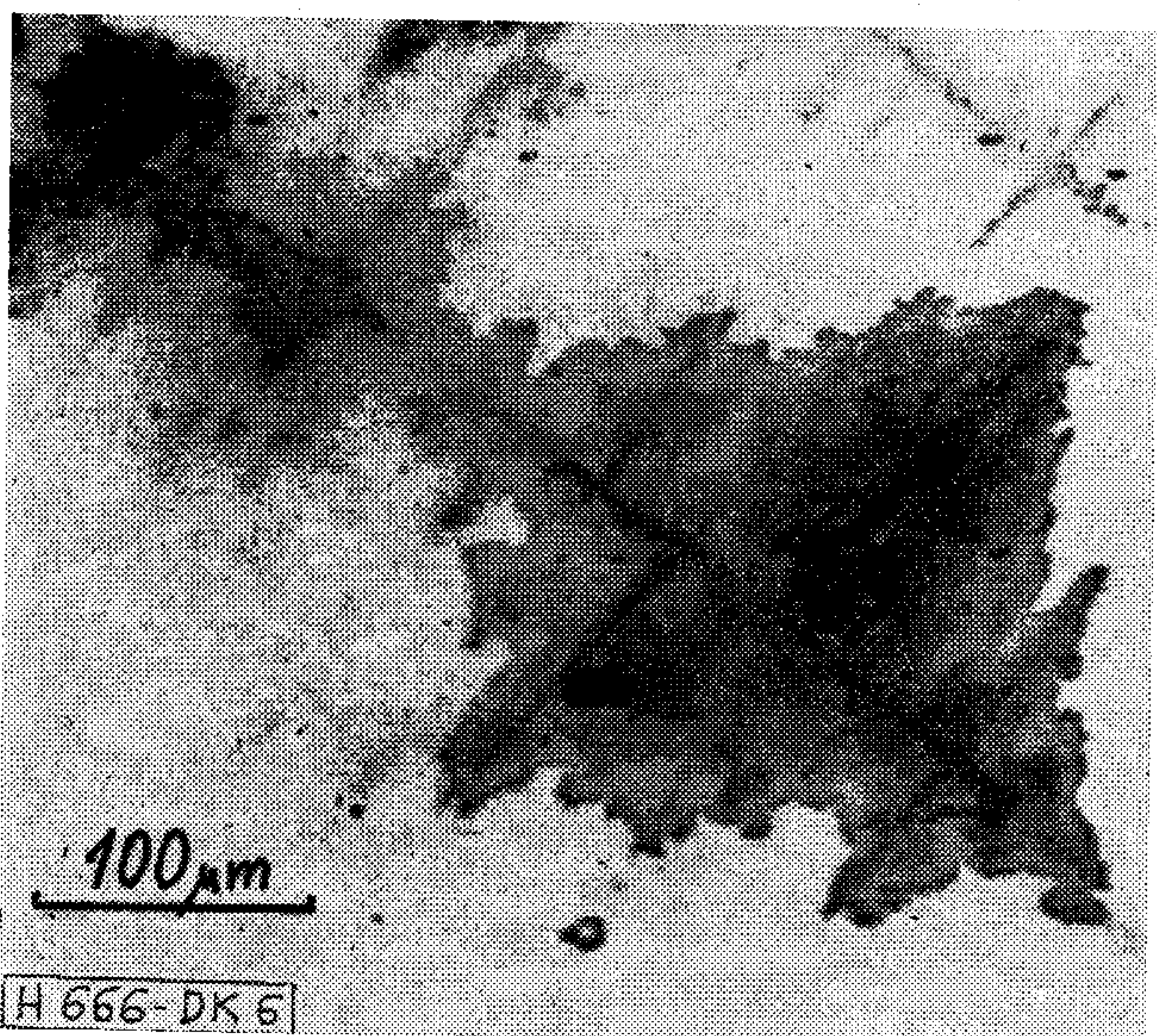
7. ábra. Aranyozott bronz lemezek 10 nap $25 \text{ cm}^3 \cdot \text{m}^{-3} \text{ SO}_2$ 96% rel. nedv. Topográfia. Visszaszórt elektronkép, gyorsítófesz, 20 kV



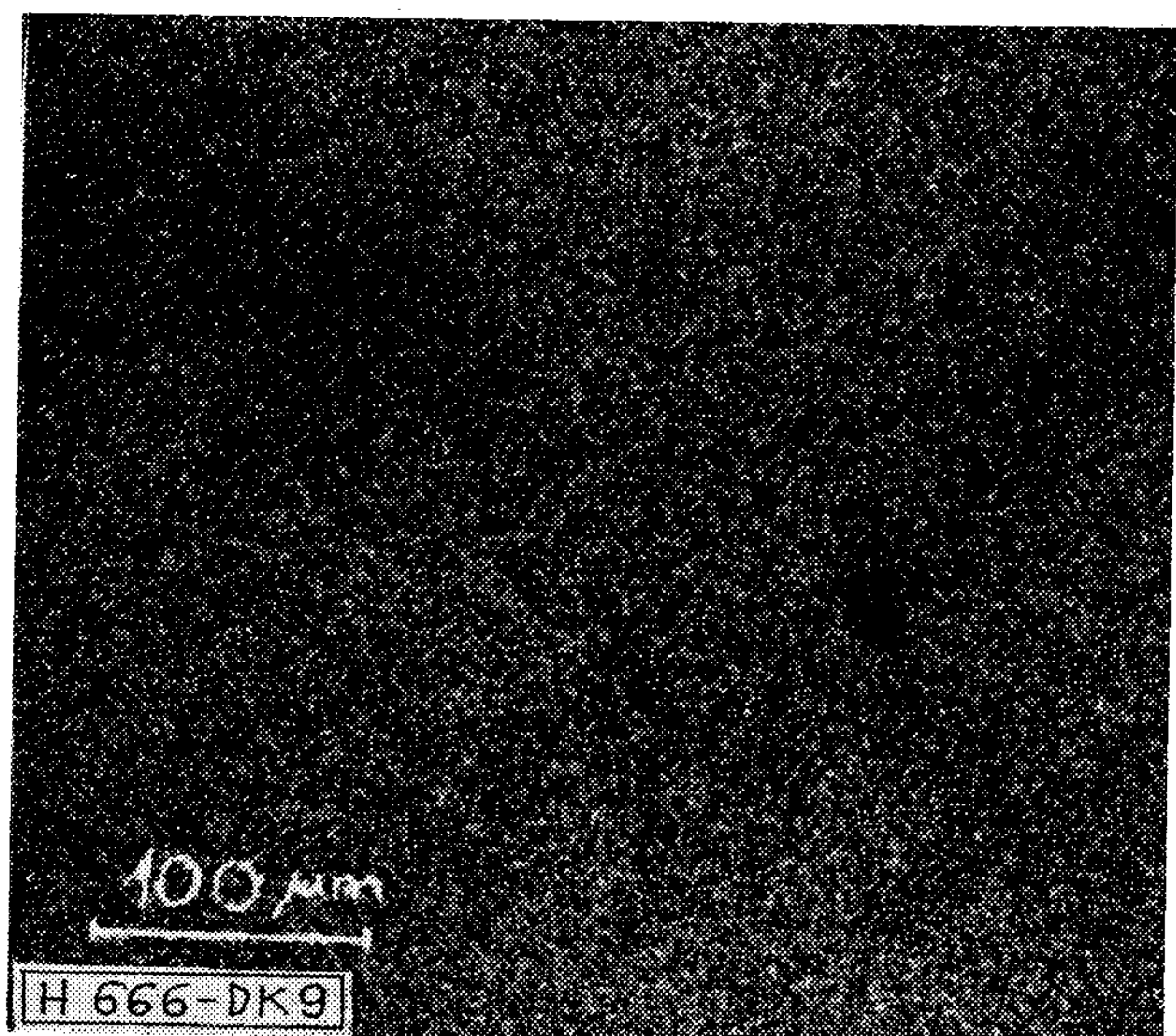
5. ábra. Aranyozott bronz minták 10 nap $15 \text{ cm}^3/\text{m}^3 \text{ H}_2\text{S}$ 96% rel. nedv. $\text{SK}\alpha$ (kén), gyorsítófesz. 20 kV



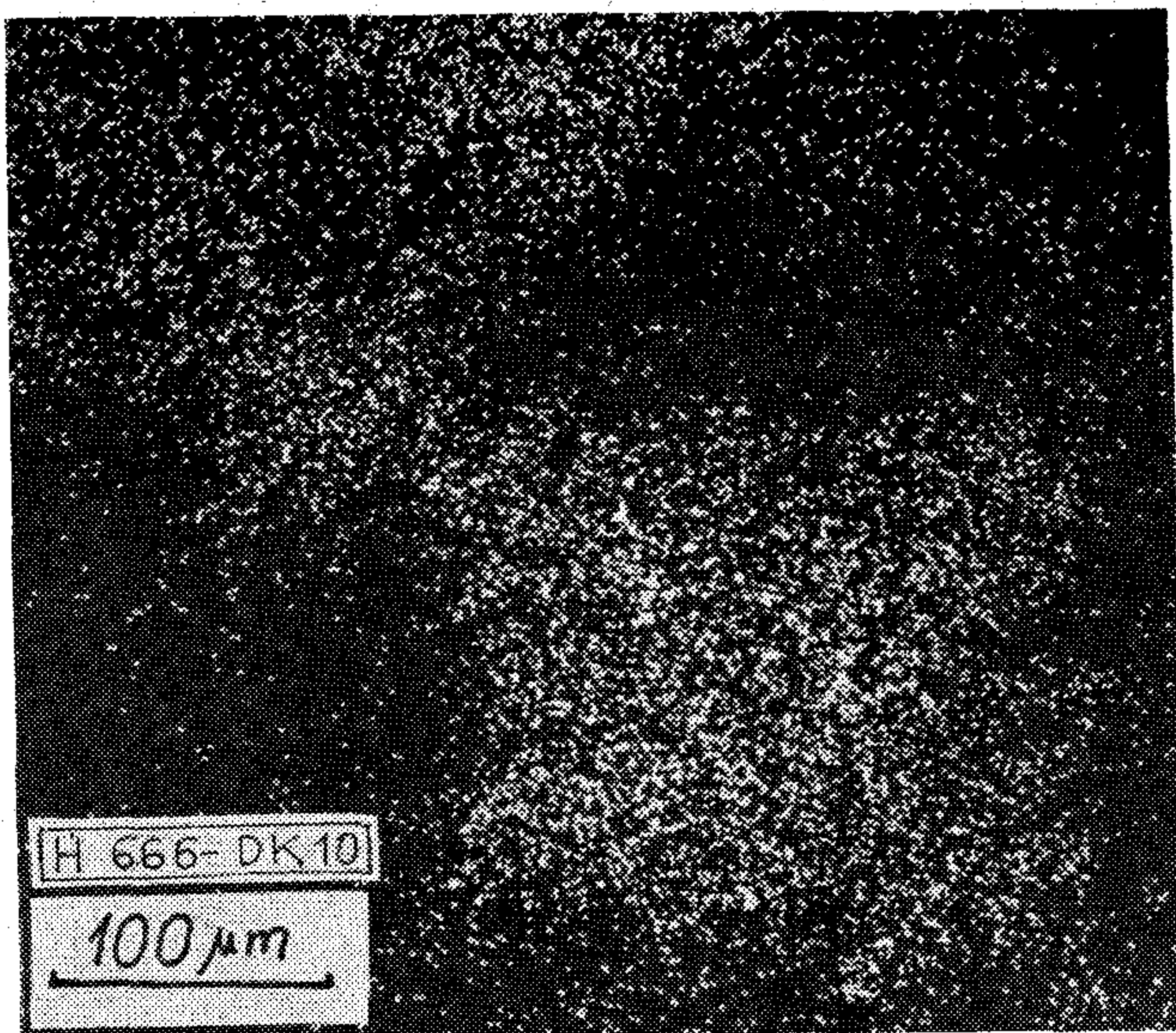
8. ábra. Aranyozott bronz lemezek 10 nap $25 \text{ cm}^3 \cdot \text{m}^{-3} \text{ SO}_2$ 96% rel. nedv. $\text{CuK}\alpha$ -kép (réz) gyorsítófesz. 20 kV



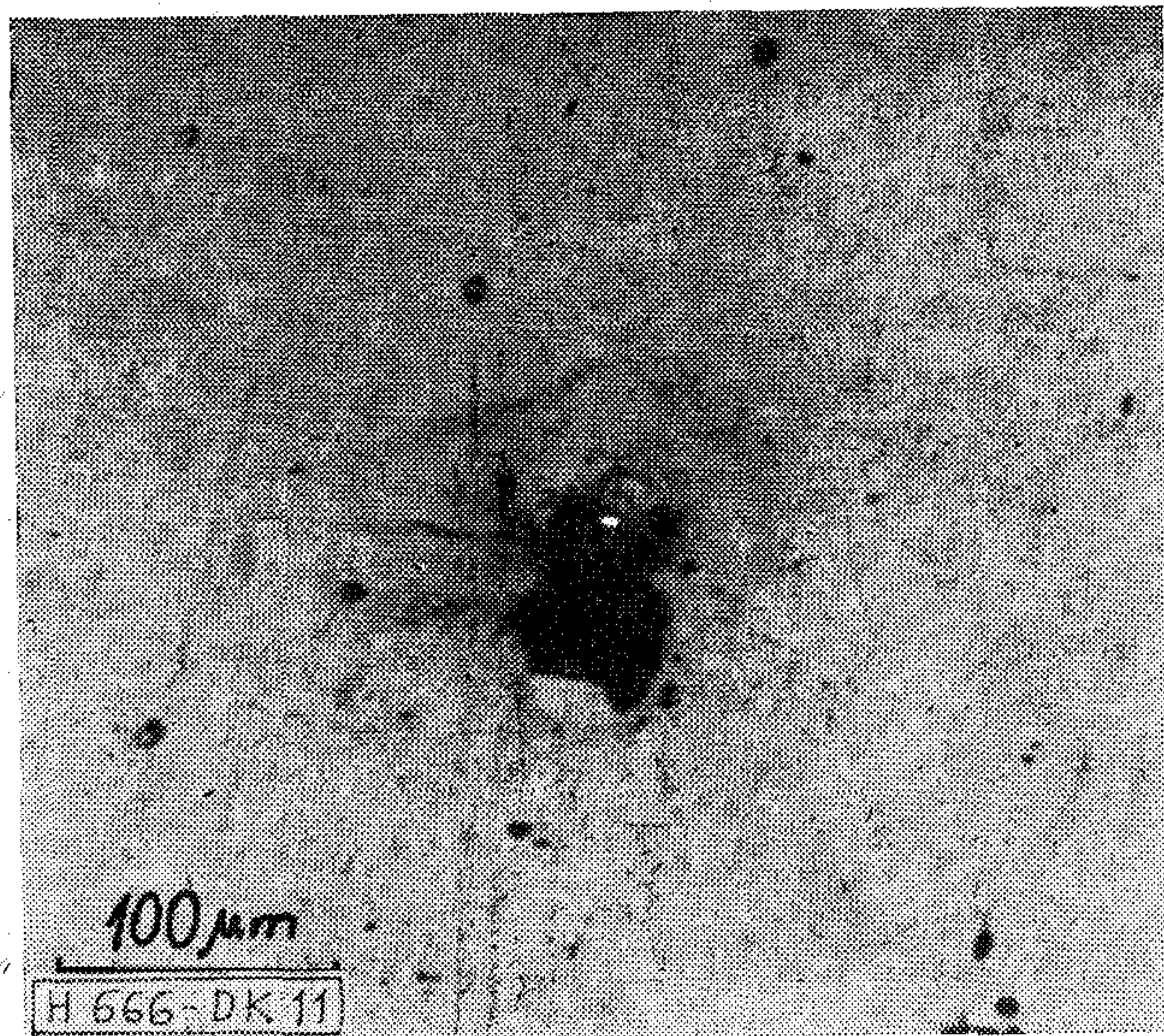
6. ábra. Aranyozott bronz lemezek 10 nap $25 \text{ cm}^3/\text{m}^3 \text{ SO}_2$ 96% rel. nedv. Kompozíció. Visszaszórt elektronkép, gyorsítófesz. 20 kV



9. ábra. Aranyozott bronz lemezek 10 nap $25 \text{ cm}^3 \cdot \text{m}^{-3} \text{ SO}_2$ 96% rel. nedv. $\text{AuM}\alpha$ -kép (arany) gyorsítófesz. 20 kV



10. ábra. Aranyozott bronz lemezek 10 nap $25 \text{ cm}^3 \cdot \text{m}^{-3} \text{ SO}_2$ 96% rel. nedv. SK α -kép (kén) gyorsítófesz. 20 kV



11. ábra. Aranyozott bronz lemezek 21 nap $25 \text{ cm}^3 \cdot \text{m}^{-3} \text{ SO}_2$ 75% rel. nedv. Kompozíció. Visszaszórt elektronkép, gyorsítófesz. 20 kV

Az elektron-mikroszondás analízis kimutatta ezekben a foltokban a kén és valamely fémkomponens együttes feldúsulását (pl. a réz a bronz alapfémből vagy az ezüst, az ezüst+arany bevonatrendszerből). Esetenként a klór dúsulása is jellemző volt ezekre a korróziós termékekre. Az 1–5. és 6–10. ábrák mutatják a kén és réz együttes dúsulását az aranyozott bronz felületén 10 napos igénybevétel után.

A korróziós termék migrációja a felületi réteg repedései mentén a nagy (96%) relatív légnedvességű igénybevételekre volt jellemző.

Csökkenve a relatív légnedvességet (75%-ra) még 21 napos igénybevétel után is a korróziós pont környezete, annak mérete lényegesen kisebb volt, mint a nagyobb (96%) relatív légnedvességű térben rövidebb idejű igénybevétel (10 nap) után vizsgált mintákon.

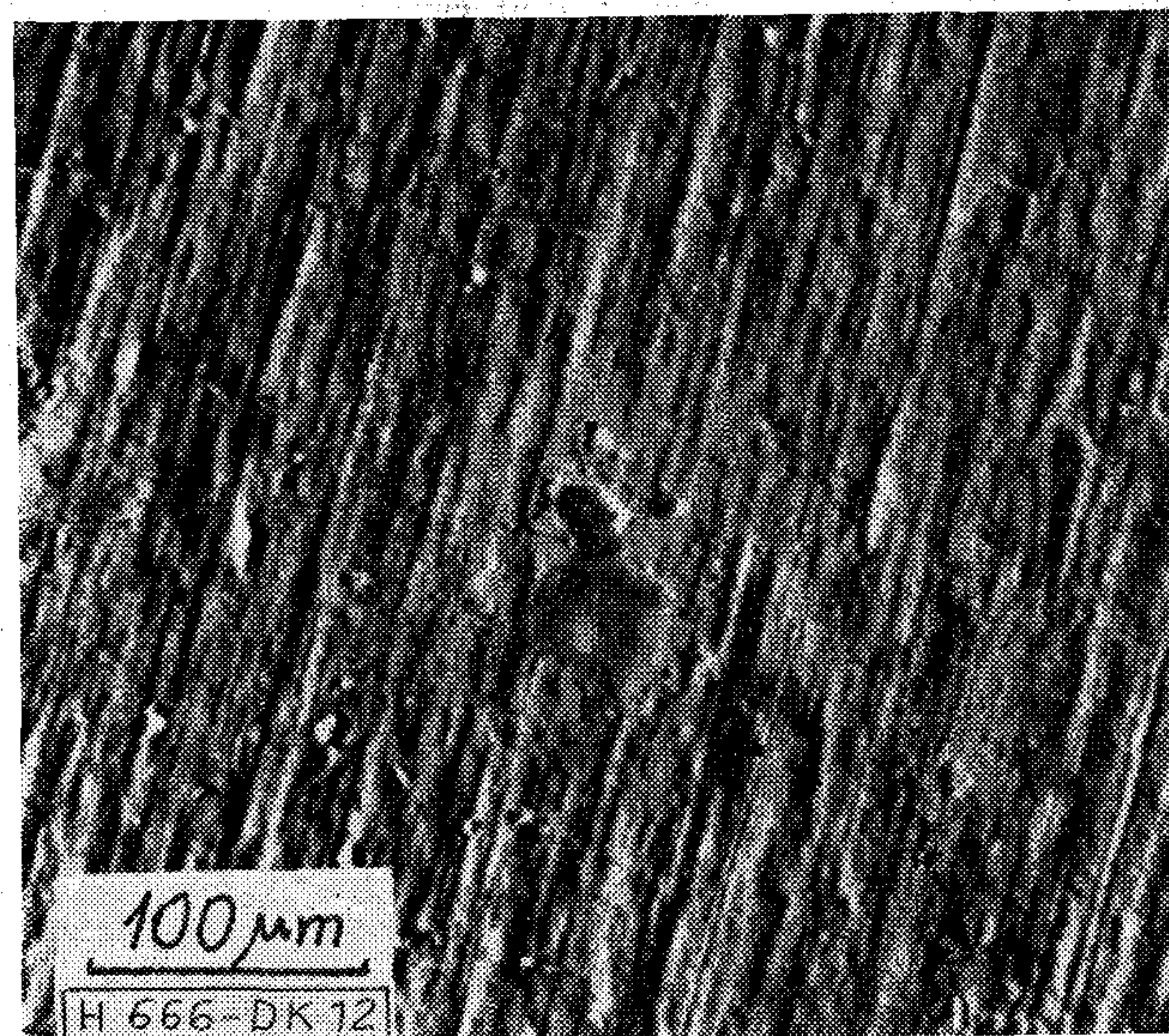
Az ezüst vagy nikkel köztes réteggel készült aranyozott mintákon ($15 \text{ cm}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ kénhidrogén, 21 nap, 75% relatív légnedvesség) a korróziós folyamatok hatásossága kisebb volt, de a kén és a klór dúsulása a korróziós pontokban ezeken a mintákon is kimutatható (l. 16–19. ábrák). A pásztázó elektronmikroszkóppal készült szekunder elektronkép (20. ábra) jól mutatja ennek a rétegnek a kristályos szerkezetét.

Ezeknek az adatoknak a birtokában a nedves, kénhidrogénnel vagy kéndioxiddal szennyezett atmoszférában lejátszódó reakciókat 3-lépcsős folyamatként lehet leírni. Az első lépés a kén- és klórtartalmú gyököket tartalmazó szennyeződés kemiszorpciója a felületen.

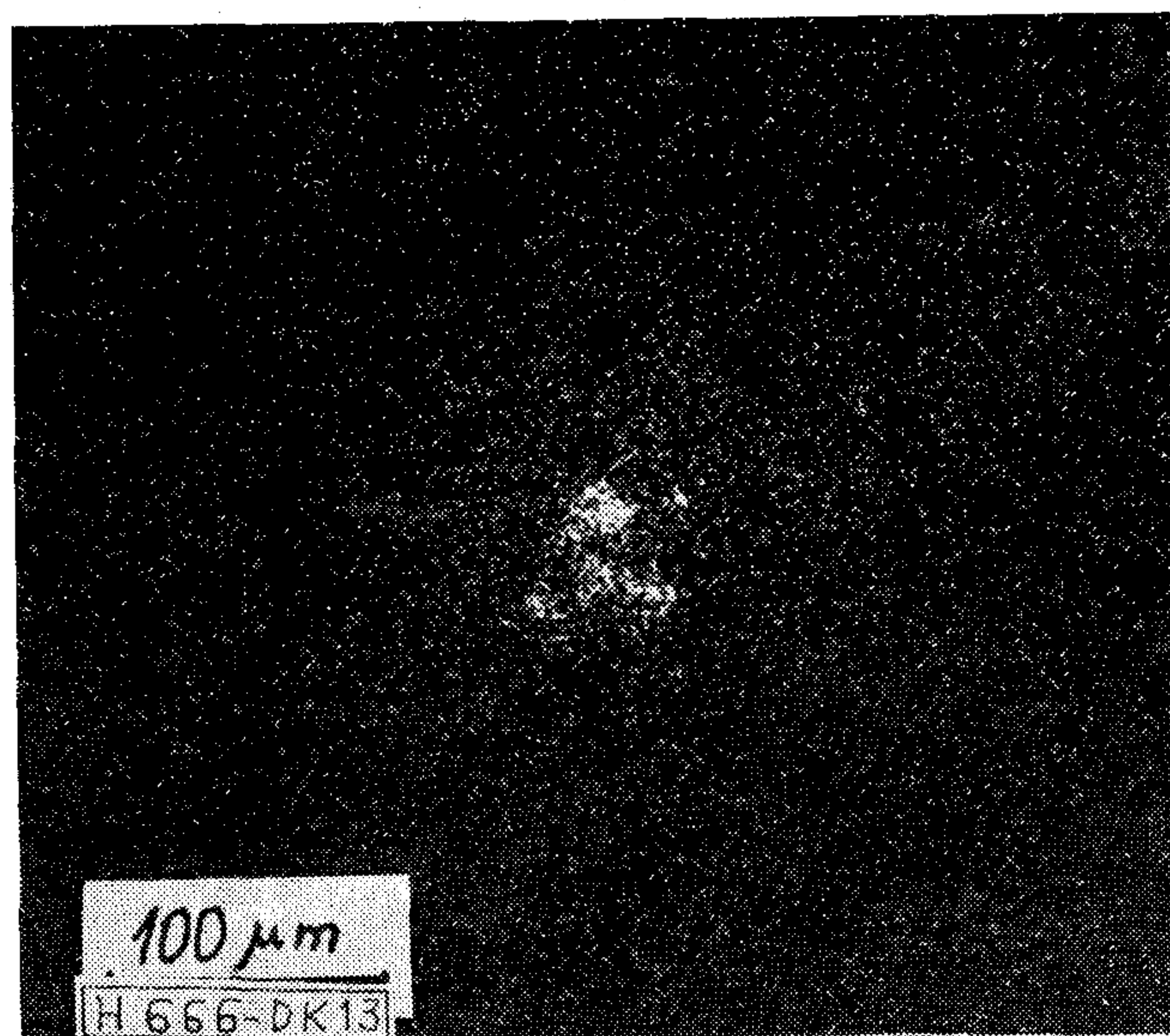
A második lépés az alapfém vagy a köztes réteg diffúziója a felületre az aranyréteg pórusain keresztül.

A harmadik lépés a fémionok reakciója a kemiszorbeált kén- és klórtartalmú gyökökkel.

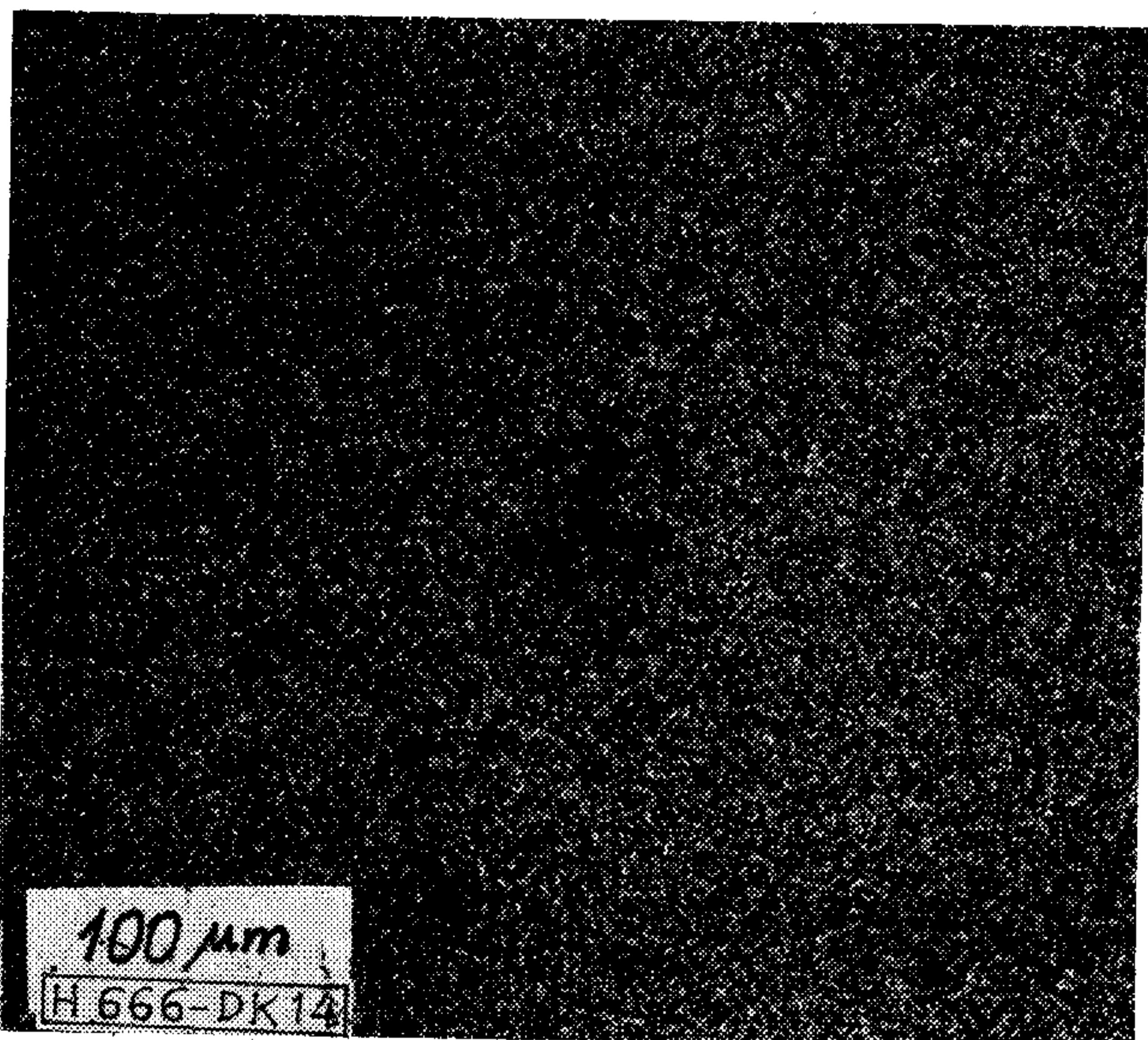
Az érintkező működésekor keletkező hő a fémek diffúzióját gyorsítja. Ha az aranyozott ezüst mintát hőregítésnek vetettük alá a légszennyeződés hatását reprodukáló igénybevétel előtt, akkor az egyébként azonos igénybevétel hatására nagy tű-, sőt lapkristályok képződtek a felületen a pásztázó elektronmikroszkópos felvétel szerint (21. ábra).



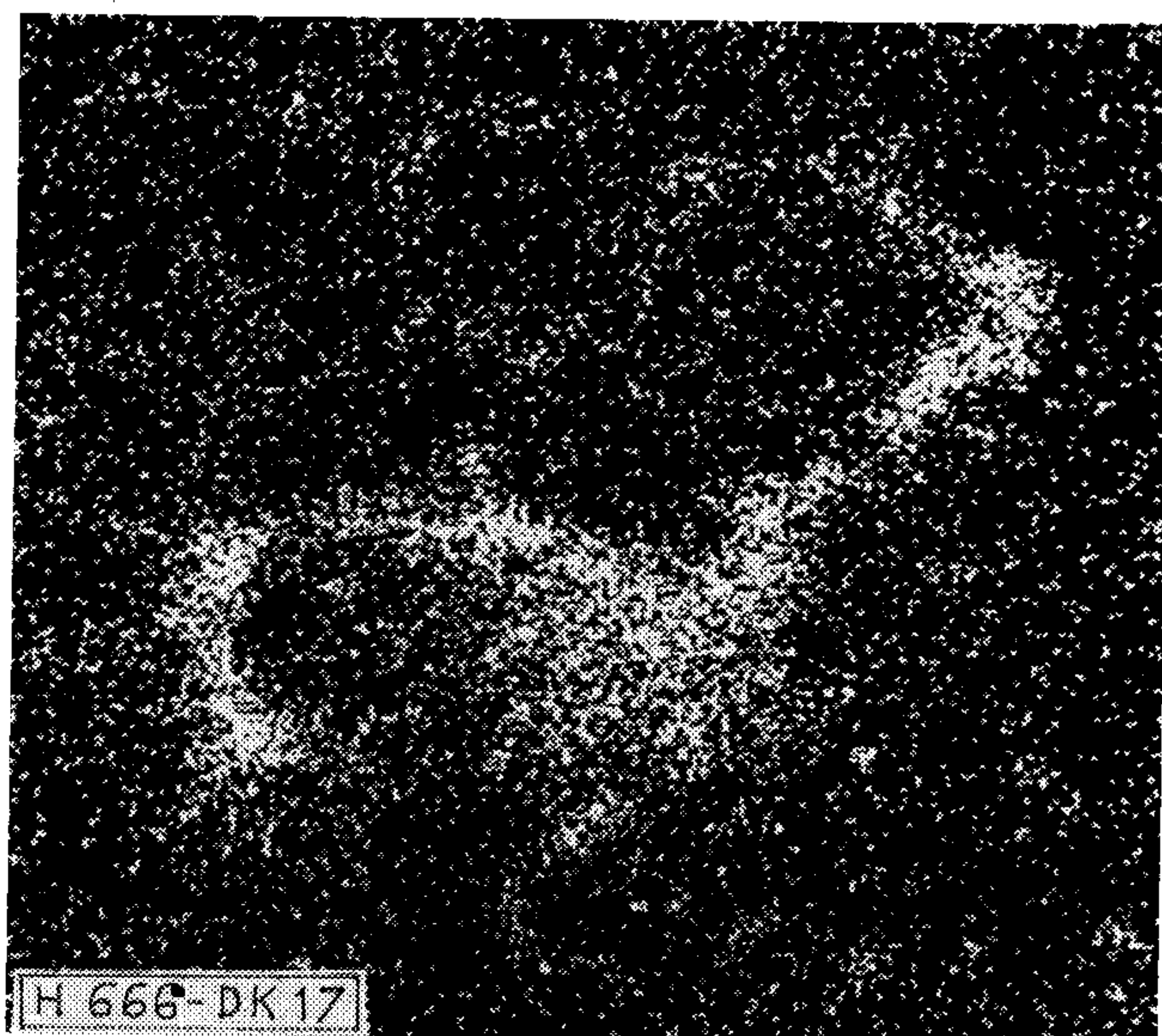
12. ábra. Aranyozott bronz lemezek 21 nap $25 \text{ cm}^3 \cdot \text{m}^{-3} \text{ SO}_2$ 75% rel. nedv. Topográfia. Visszaszórt elektronkép, gyorsítófesz. 20 kV



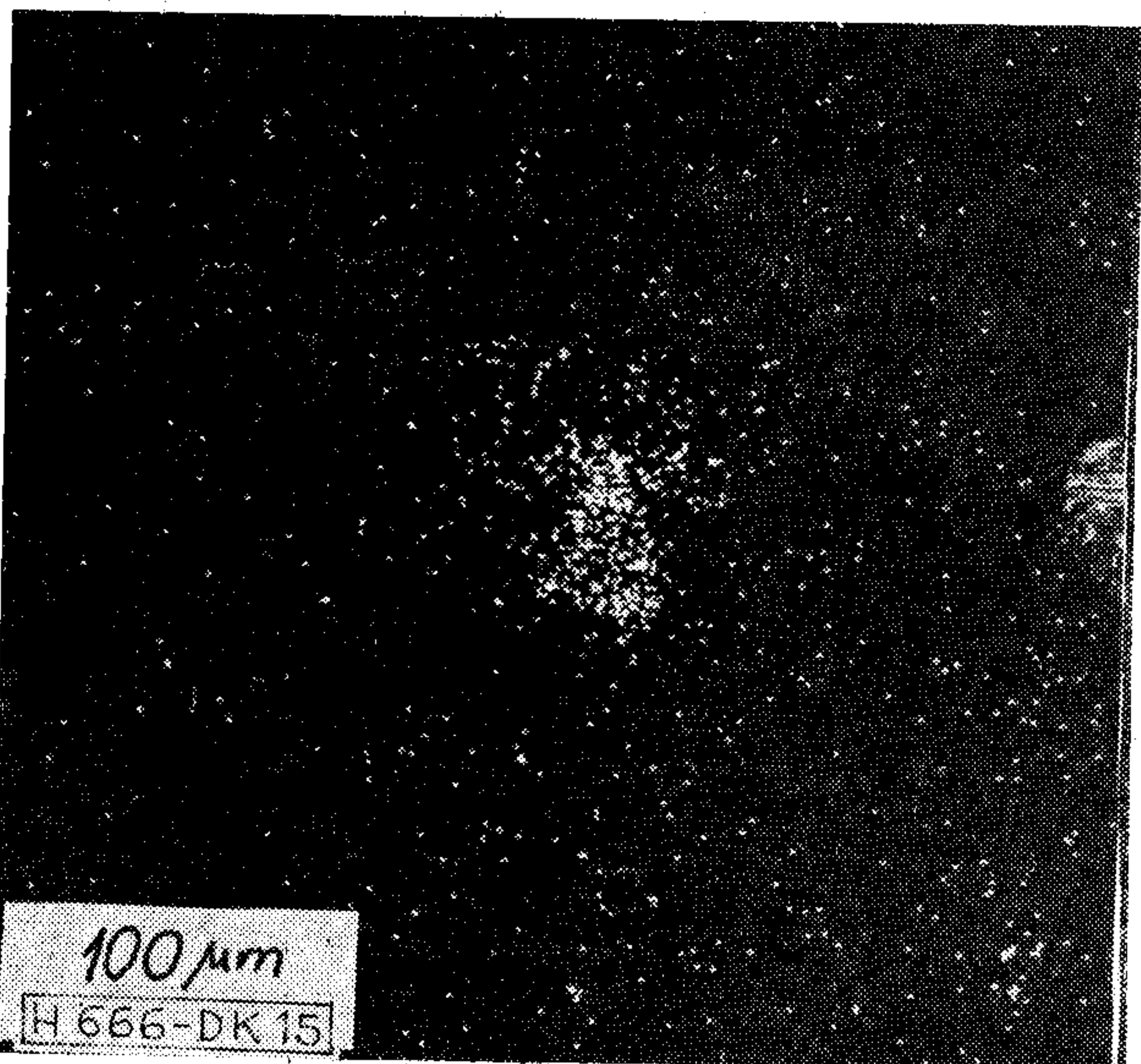
13. ábra. Aranyozott bronz lemezek 21 nap $25 \text{ cm}^3 \cdot \text{m}^{-3} \text{ SO}_2$ 75% rel. nedv. CuK α -kép (réz) gyorsítófesz. 20 kV



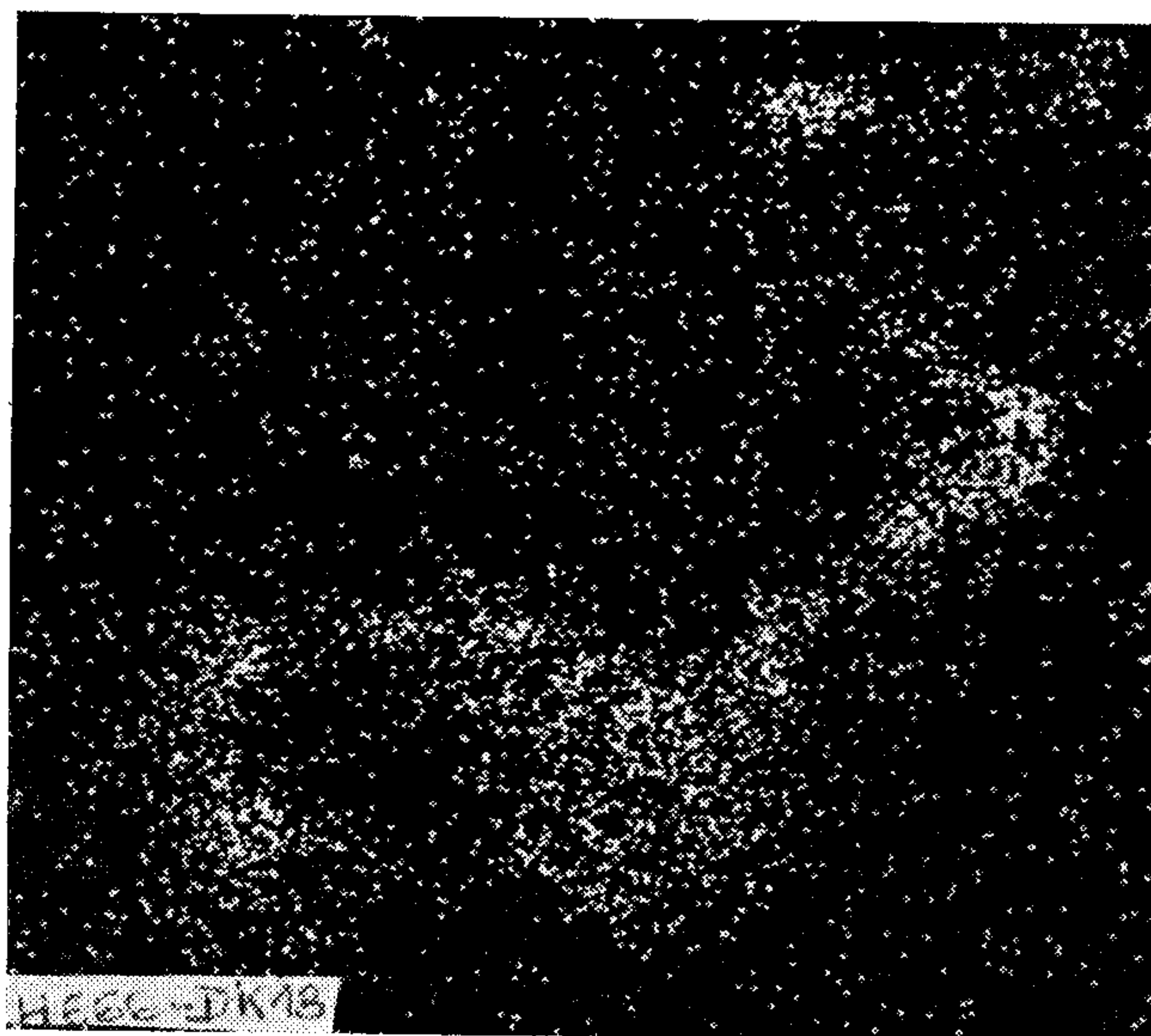
14. ábra. Aranyozott bronz lemezek 21 nap $25 \text{ cm}^3 \cdot \text{m}^{-3} \text{ SO}_2$ 75% rel. nedv. AuM α -kép (arany) gyorsítófesz. 20 kV



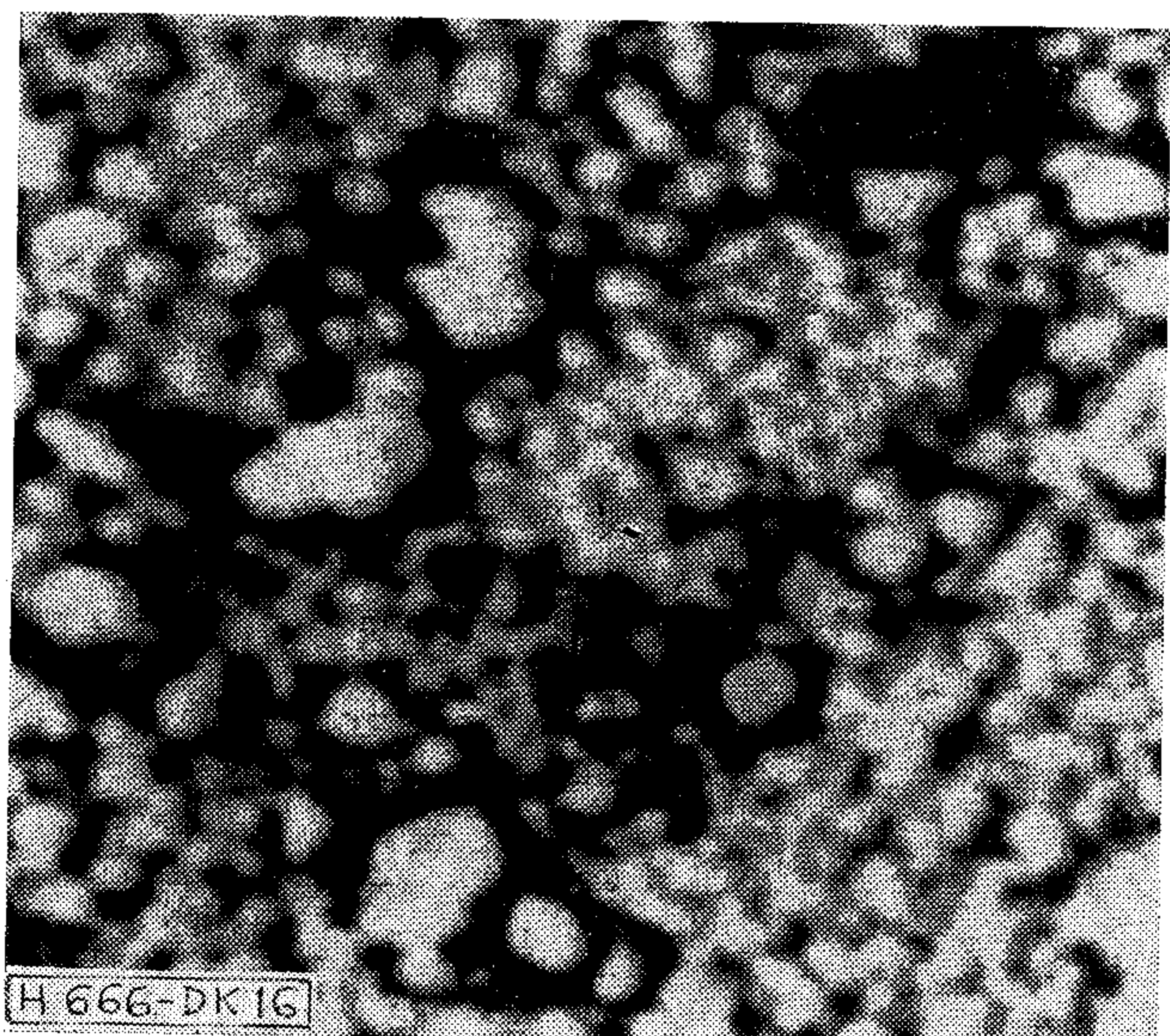
17. ábra. Aranyozott minták ezüstön 21 nap $15 \text{ cm}^3/\text{m}^3 \text{ H}_2\text{S}$ 75% rel. nedv. AgL α -kép (ezüst), gyorsítófesz. 20 kV



15. ábra. Aranyozott bronz lemezek 21 nap $25 \text{ cm}^3 \cdot \text{m}^{-3} \text{ SO}_2$ 75% rel. nedv. SK α -kép (kén gyorsítófesz. 20 kV



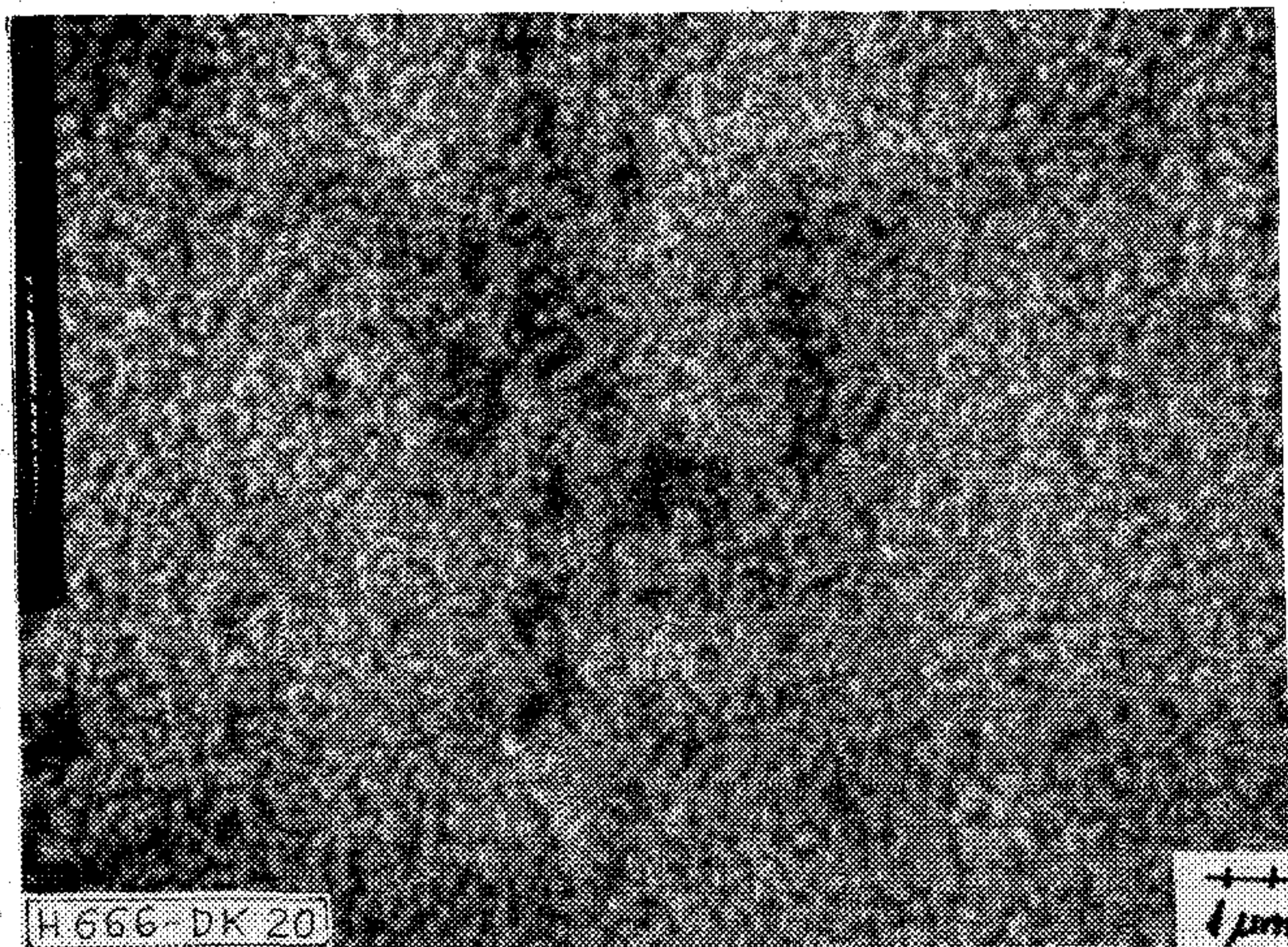
18. ábra. Aranyozott minták ezüstön 21 nap $15 \text{ cm}^3/\text{m}^3 \text{ H}_2\text{S}$ 75% rel. nedv. SK α -kép (kén) gyorsítófesz. 20 kV



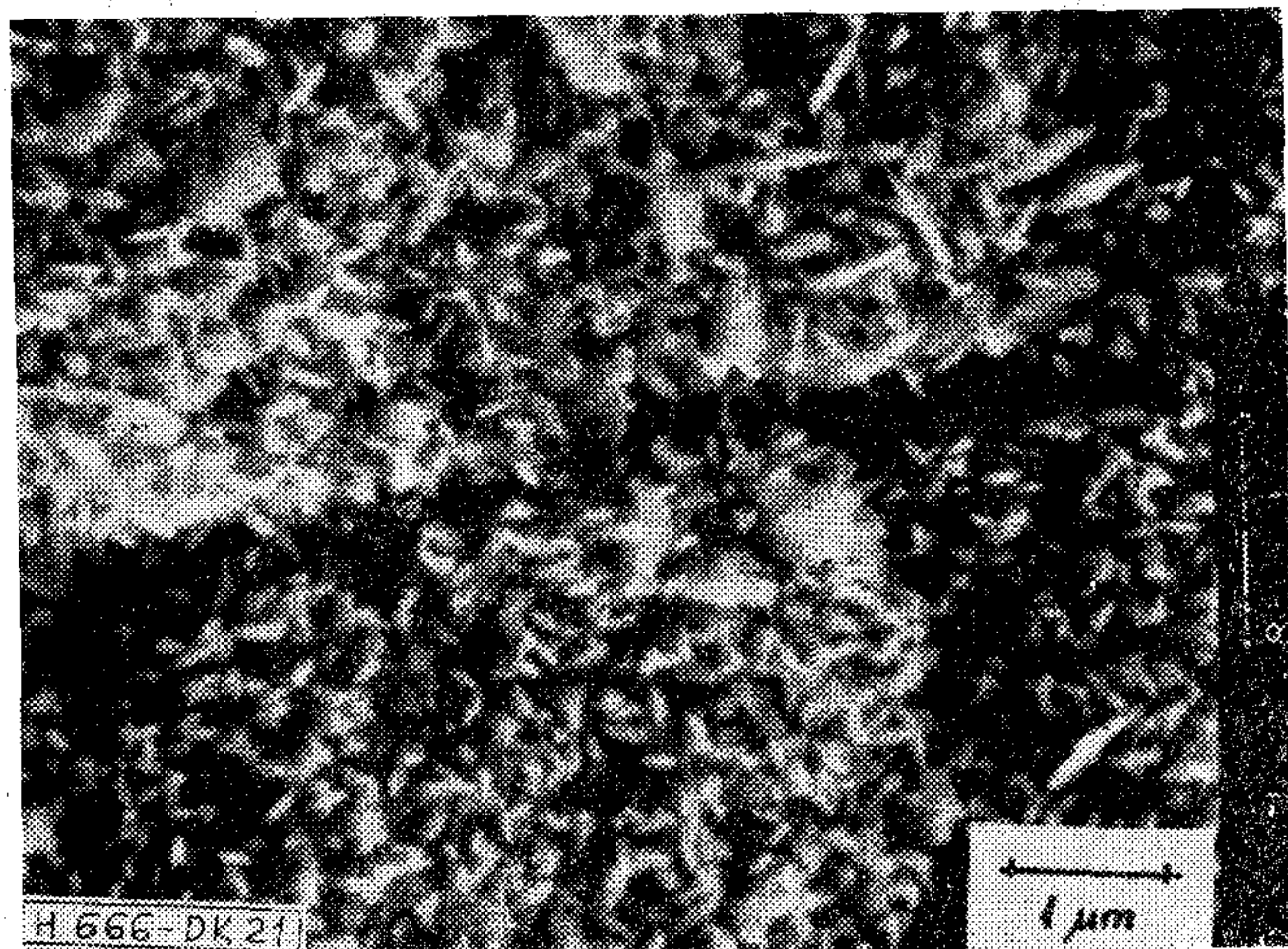
16. ábra. Aranyozott minták ezüstön 21 nap $15 \text{ cm}^3/\text{m}^3 \text{ H}_2\text{S}$ 75% rel. nedv. Kompozíció. Visszaszórt elektronkép, gyorsítófesz. 20 kV



19. ábra. Aranyozott minták ezüstön 21 nap $15 \text{ cm}^3/\text{m}^3 \text{ H}_2\text{S}$ 75% rel. nedv. ClK α -kép (klór), gyorsítófesz. 20 kV



20. ábra. Aranyozott minták ezüstön 21 nap $15 \text{ cm}^3/\text{m}^3 \text{ H}_2\text{S}$ 75% rel. nedv. Pásztázó szekunder elektronmikroszkópos kép, gyorsítófesz. 25 kV.



21. ábra. Aranyozott minták 21 nap $15 \text{ cm}^3/\text{m}^3 \text{ H}_2\text{S}$ 75% rel. nedv. Pásztázó szekunder elektronmikroszkópos kép, előőregített mintáról. Gyorsítófesz. 25 kV

3.2. Aranyötvözetek

Az aranyötvözetek (arany-nikkel, arany-ezüst-réz, arany-ezüst-nikkel) korróziós mechanizmusa egy kissé eltért a fent leírtaktól. A korróziós termékek elektronmikroszkopos vizsgálata azt mutatja, hogy az arany-ezüst-nikkel ötvözeteknél a kén mennyisége a felületen a detektációs határ alatt, az arany-nikkel ötvözeteknél pedig a kimutatási határ közelében volt. Egyértelmű kénkimutatást mindkét esetben csak az

Auger-elektron-spektroszkópia alkalmazásával lehetett nyerni [5]. A fémkomponensek dúsulása nem volt kimutatható (1. táblázat).

Ezeknek az adatoknak az alapján feltételezhető, hogy csupán a kén-gyököket tartalmazó szennyeződések adszorpciója játszott le a $15 \text{ cm}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ kénhidrogént, 75% relatív légnedvességet tartalmazó atmoszférában a 21 napos igénybevétel alatt, fém-diffúzió és kémiai reakció nélkül.

3.3 Az érintkező felületek aktivációja

Aktivációs jelenségeket ezüst-palládium 30 ötvözetű érintkezőmintákon vizsgáltunk, amelyek a következő adatokkal jellemezhető áramkört zárták és bontották: 50 V, 0,05 A, 3 H.

Az érintkező felülete az első esetben szerves szénhidrogénnel volt szennyezett. Ebben az esetben az érintkező-ellenállás néhány millió kapcsolás után bizonytalanná vált. A visszaszórt elektronkép (kompozíciós üzemmódban) csak a pozitív pólusra kapcsolt érintkezőn mutatott ki adszorbeált, polimerizált és aktivált szerves komponenseket a tényleges érintkezés helye, a képződött kráter körül. Ezt a folyamatot az anód-esés hőhatása hozta létre (22–23. ábrák). A mikroszondás analízis azt igazolta, hogy ez a felületi réteg széntartalmú és az aktivált széntartalmú réteg adszorbeálta a környezet kén- és klórtartalmát (24–25. ábrák). A másik ezüst-palládium érintkezőcsoport szerves szilikon réteggel volt szennyezve, és azonos üzemmódban dolgozott, mint az előző. Az ábrákon az anyagvándorlás nyomai láthatók, és ugyanezen a helyen a szilícium feldúsulása. Néhány százezer kapcsolás után az érintkezők ellenállása jelentősen megnőtt, majd a további kapcsolások hatására az érintkezők között a villamos vezetés megszűnt ($\geq 100 \Omega$). A szilíciumtartalmú szigetelő réteg sajátsága (feltöltődés) okozta, hogy az ilyen rétegről készített pásztázó elektronmikroszkópos kép életlennek hat.

Aranyozott bronzlemez mintát mesterségesen (oldatból) molekulányi dimetilszilikon réteggel szennyezve, majd azt $400 \text{ }^\circ\text{C}$ hőkezeléssel szilícium-dioxidá átalakítva, ugyancsak a gömbszerű részecskék életlensége jellemző, ami az aktivált szilikonréteg szigetelő jellegére utal.

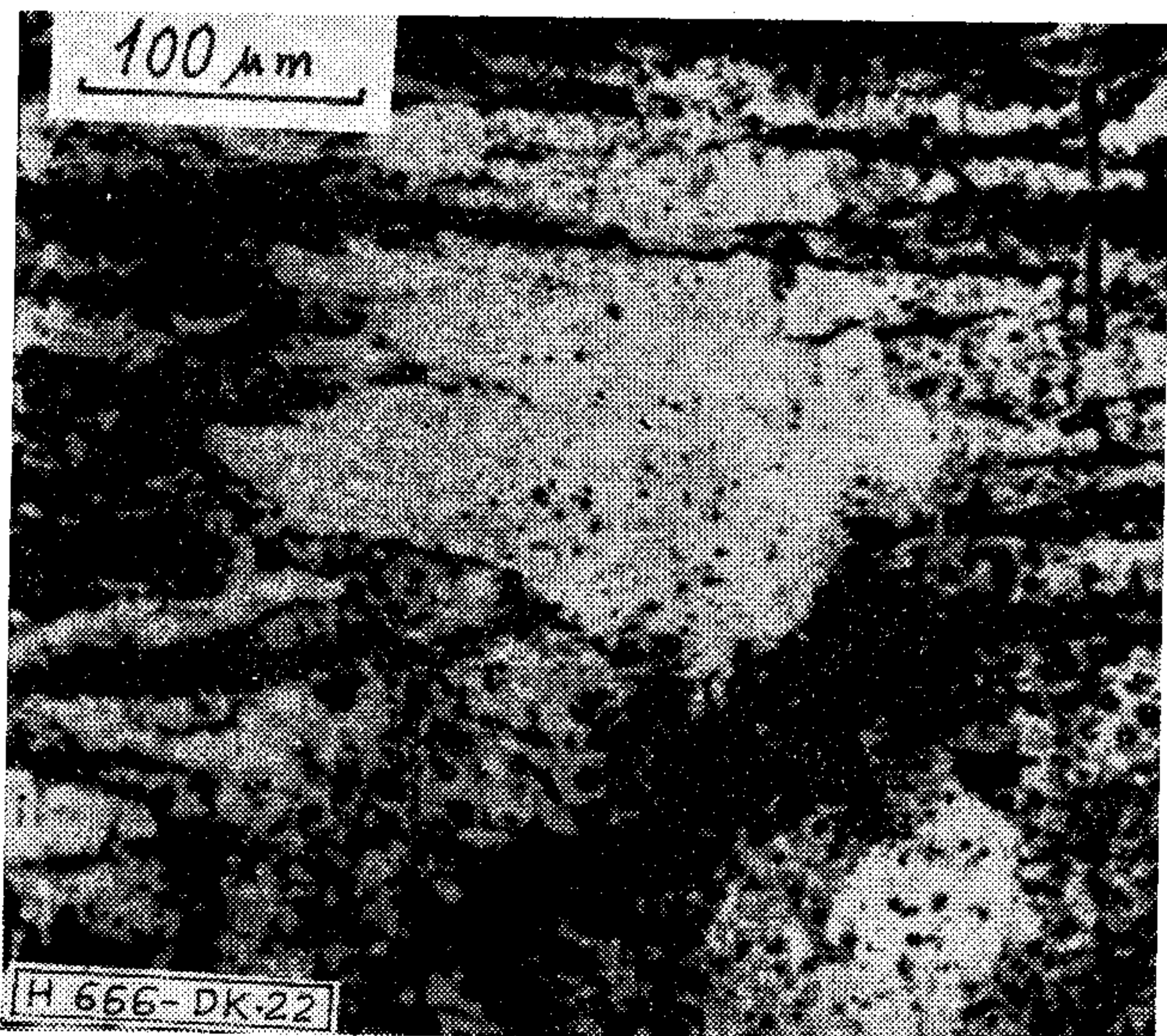
4. Következtetések

A korróziós termékek kémiai és morfológiai vizsgálata aranyozott, aranyötvözetű és ezüst-palládium érintkezők felületén teljes értékű módszernek bizonyult a korróziós mechanizmus meghatározására.

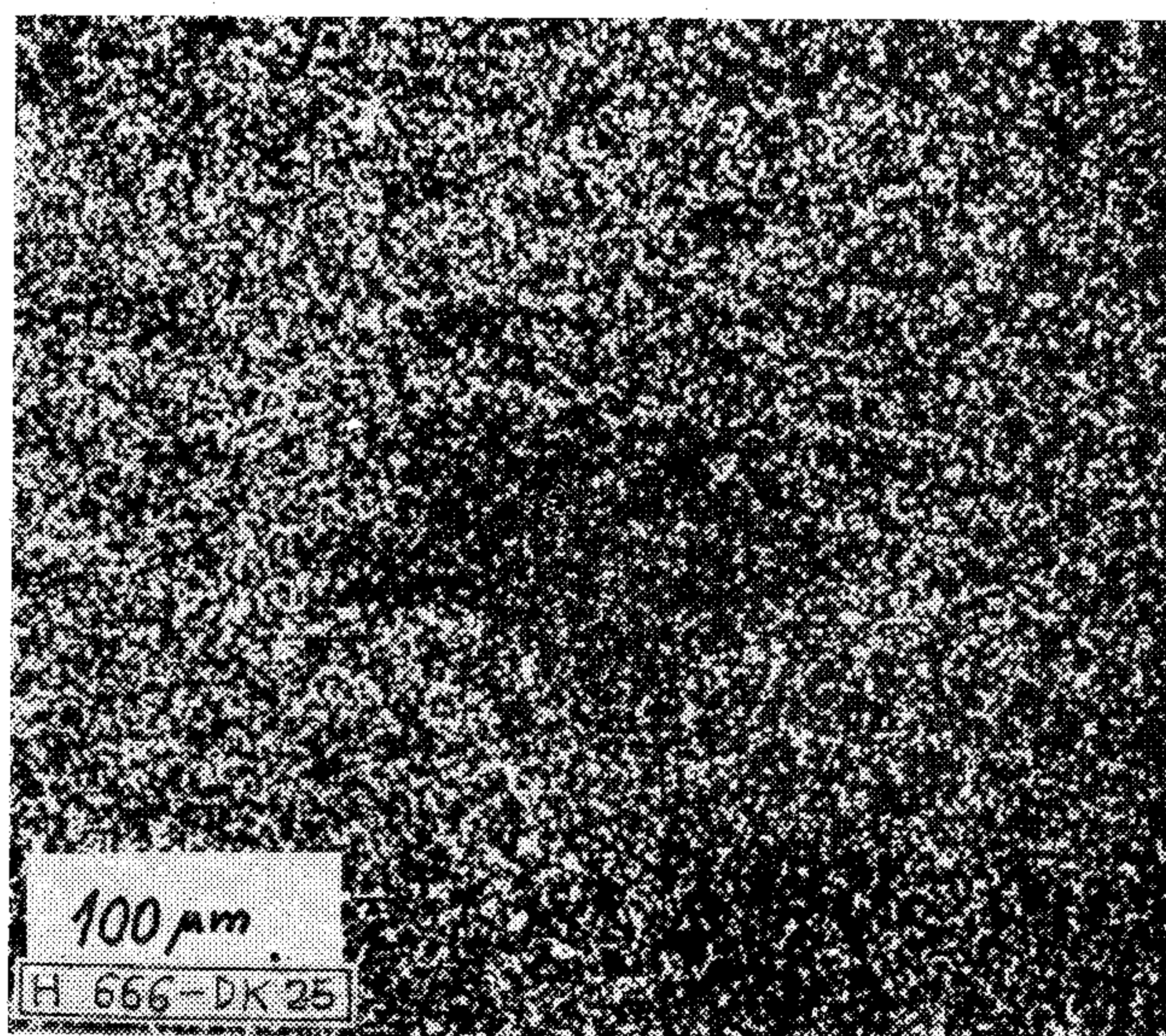
1. táblázat

A fémek eloszlása a felületen igénybevételük után

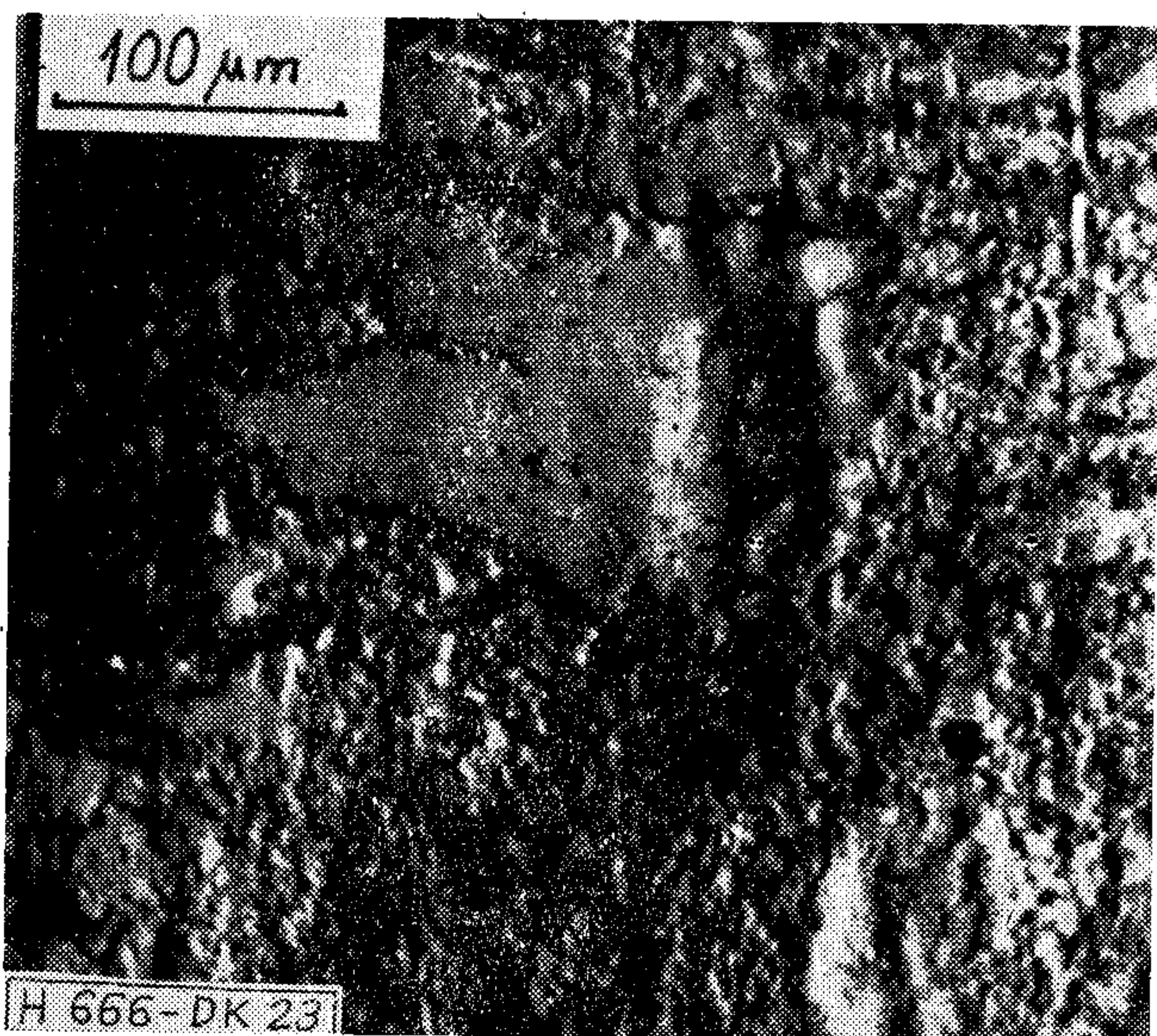
Vizsgált anyag	Au			Ni			Ag			S
	átl. beütés c	szórás σ	σ/\sqrt{c}	átl. beütés c	szórás σ	σ/\sqrt{c}	átl. beütés c	szórás σ	σ/\sqrt{c}	
AuNi 5	50179	895	4,0	2210	81	1,7	—	—	—	jelezhető
Au80Ag17Ni3	42197	648	3,2	1397	64	1,7	16677	467	3,5	nem jelezhető
Au80Ag17Ni3 hőkezelt	42112	557	2,4	1488	99	2,6	16742	550	4,5	nem jelezhető



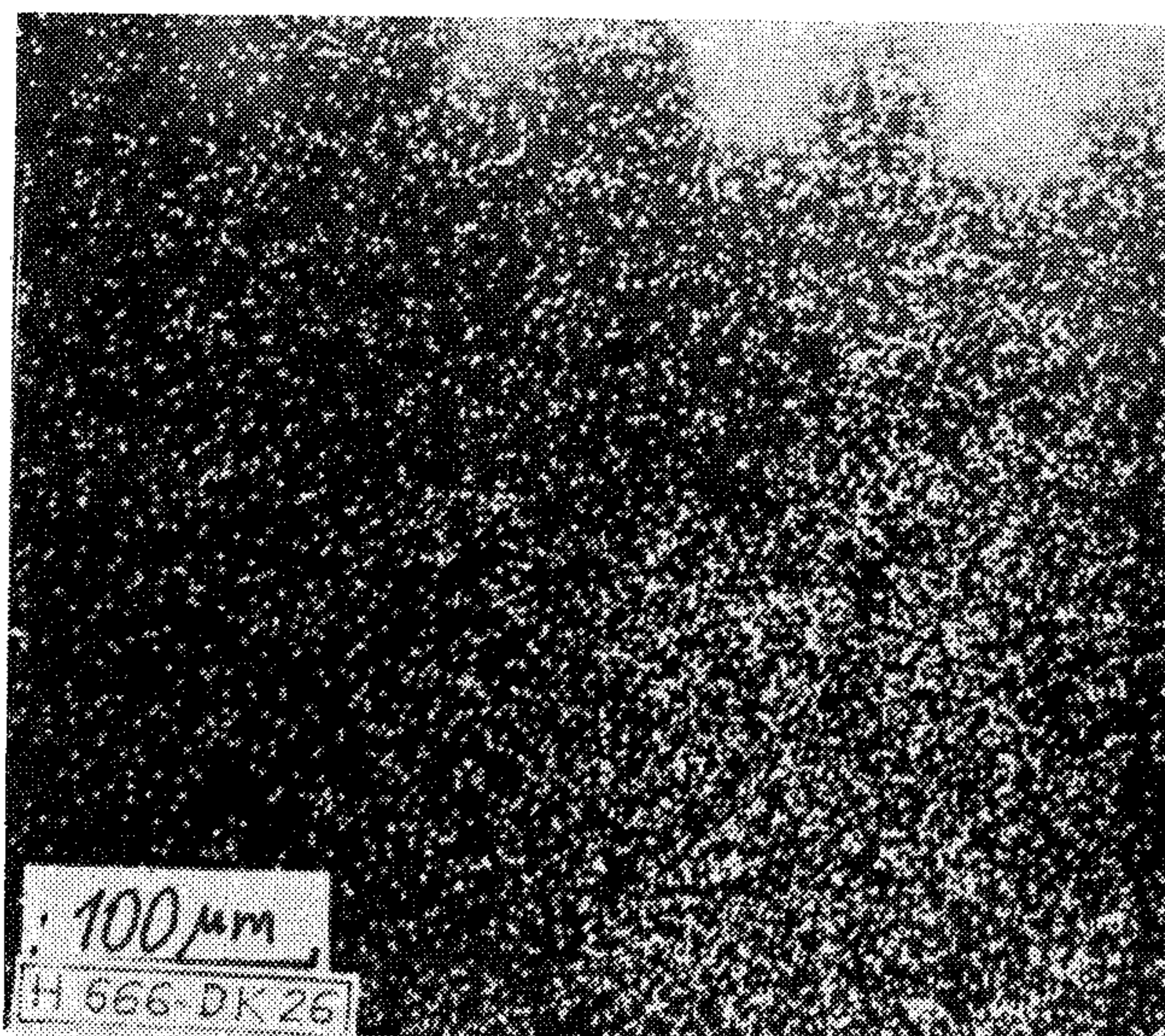
22. ábra. Ezüst-palládium 30 ötvözet (szerves kénhidrogénnel szennyezett atmoszférában működtetve), kompozíció, visszaszórt elektronkép, gyorsítófesz. 20 kV



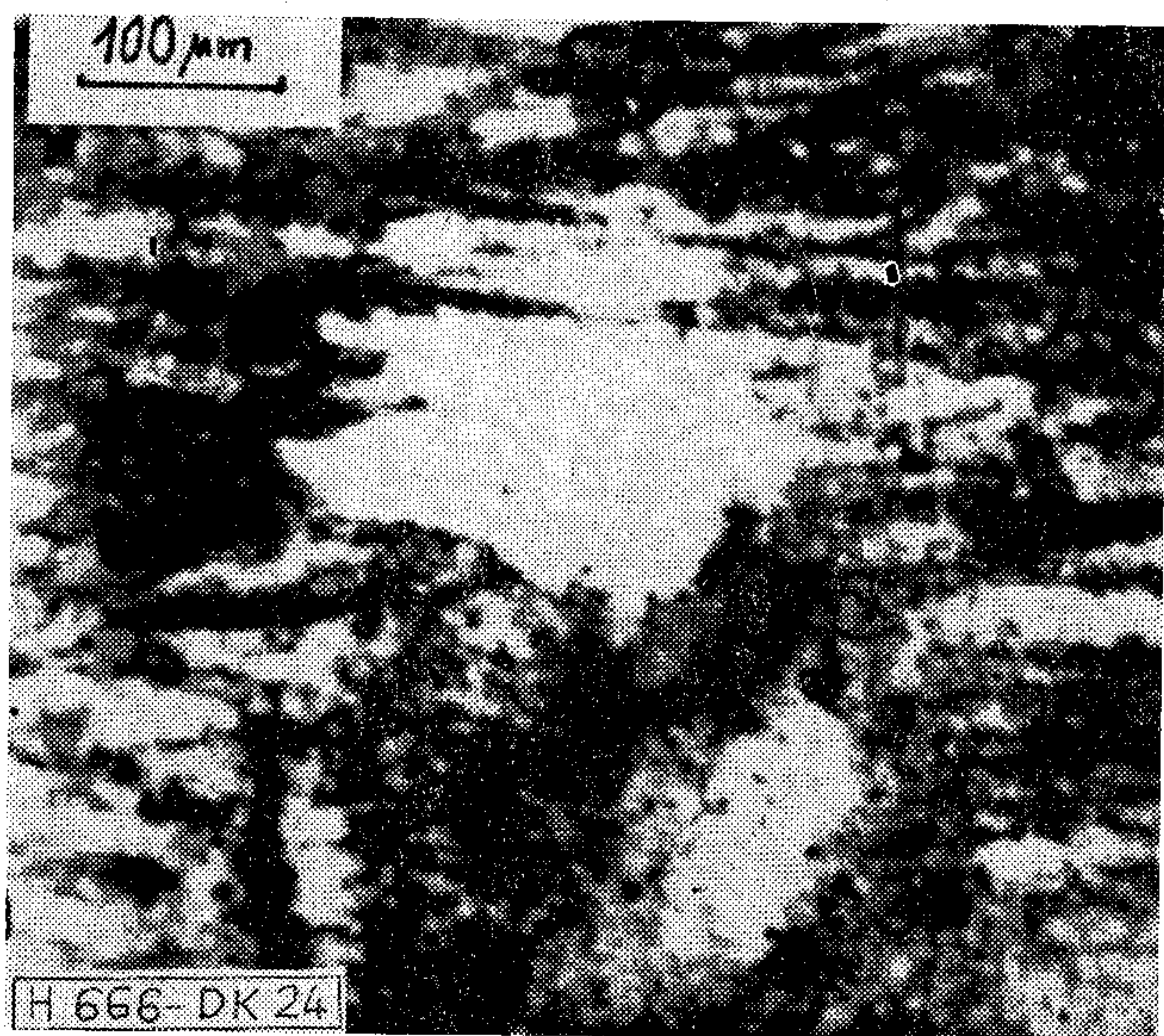
25. ábra. Ezüst-palládium 30 ötvözet (szerves kénhidrogénnel szennyezett atmoszférában működtetve) CK α -kép (szén) gyorsítófesz. 10 kV



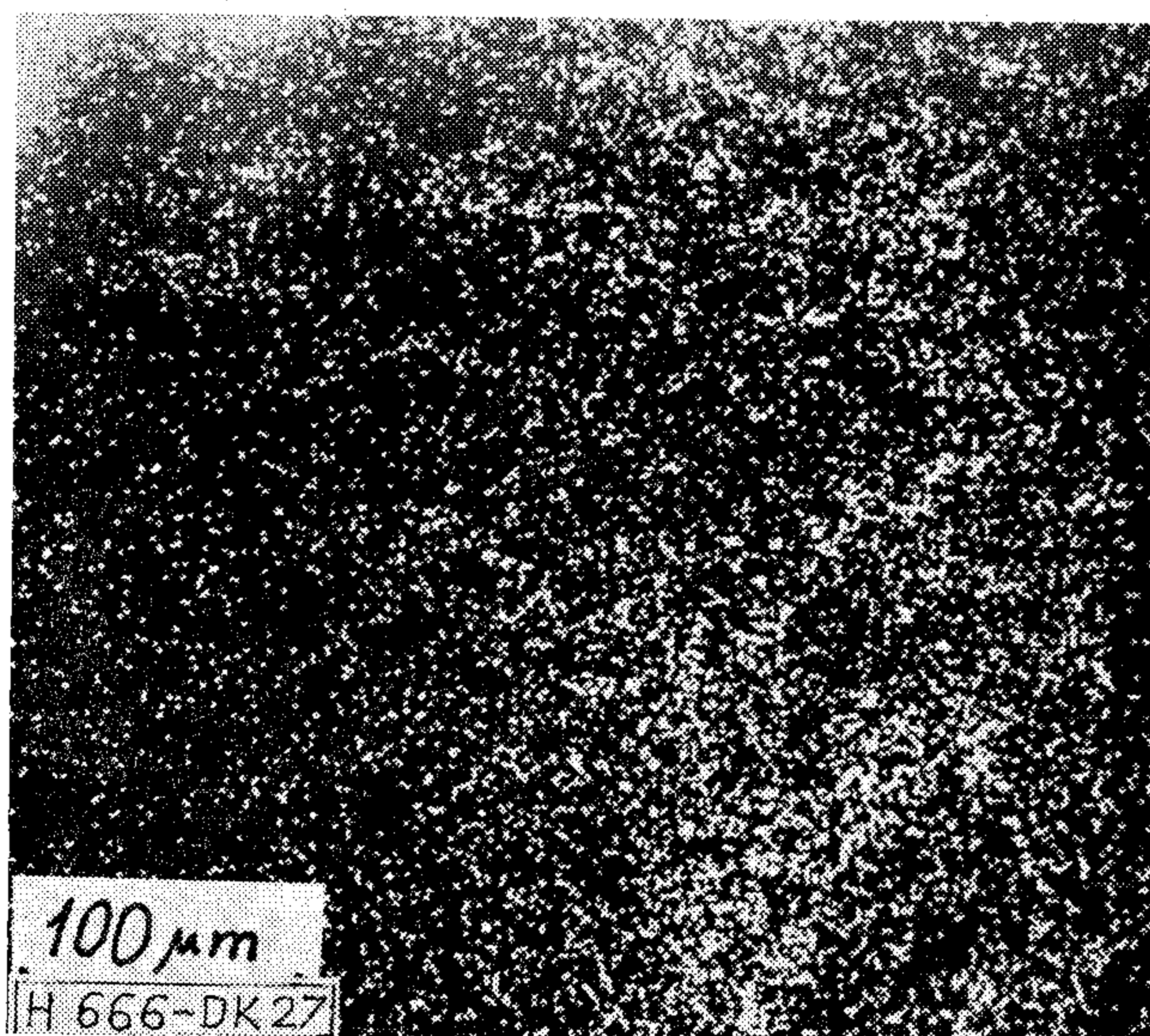
23. ábra. Ezüst-palládium 30 ötvözet szerves kénhidrogénnel szennyezett atmoszférában működtetve) Topográfia Visszaszórt elektronkép, gyorsítófesz. 20 kV.



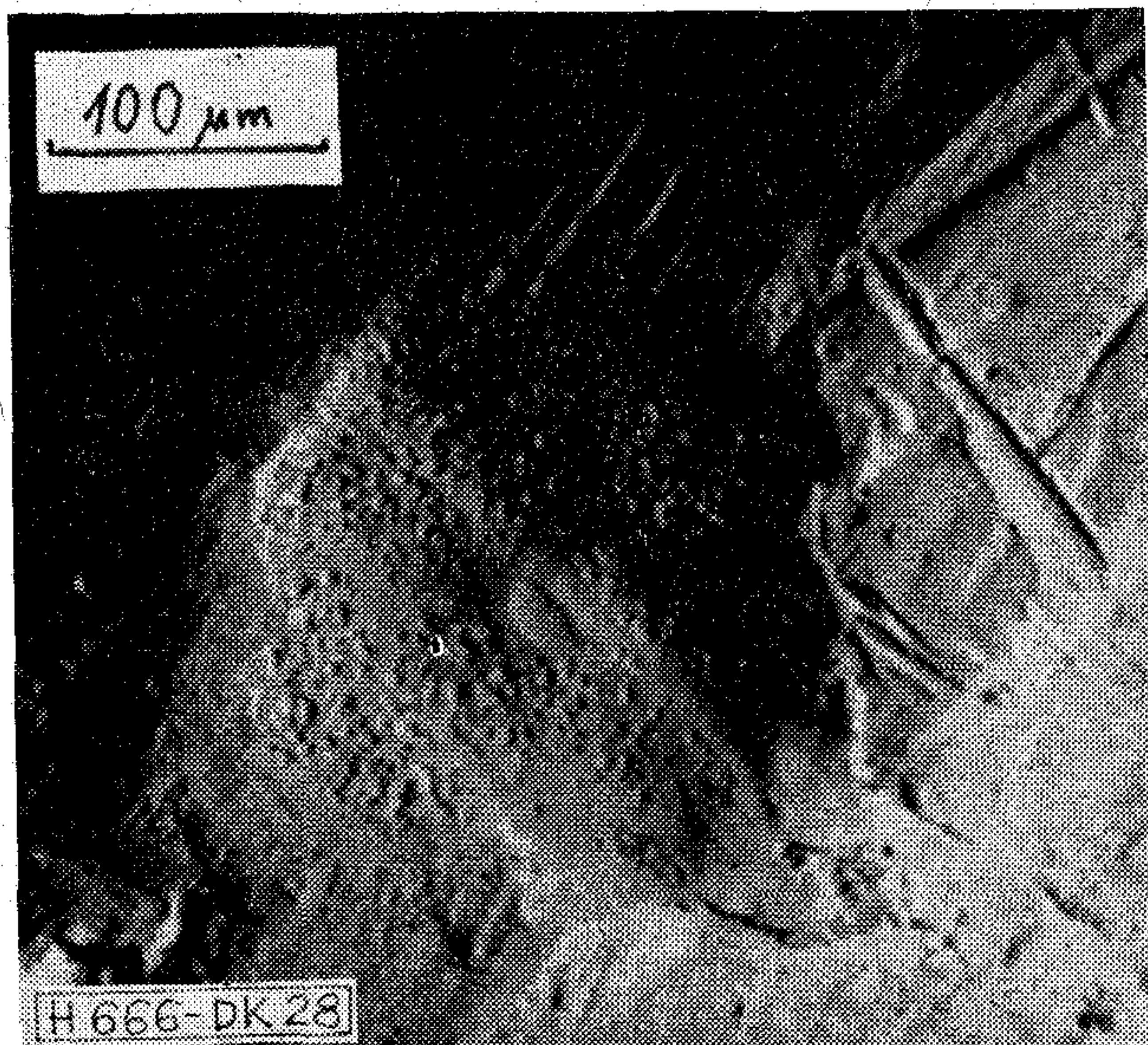
26. ábra. Ezüst-palládium 30 ötvözet (szerves kénhidrogénnel szennyezett atmoszférában működtetve) SK α -kép, (kén) gyorsítófesz. 20 kV



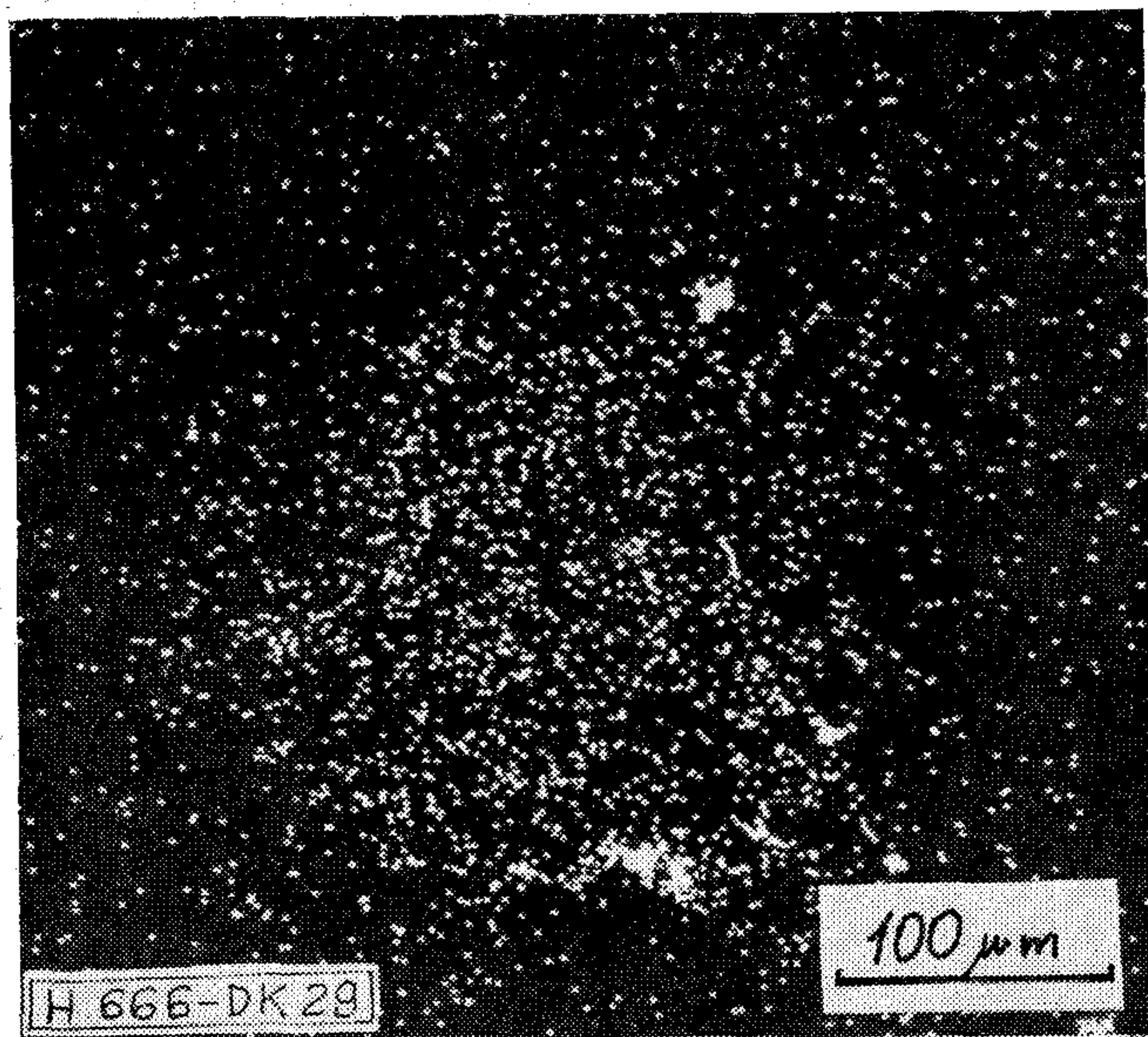
24. ábra. Ezüst-palládium 30 ötvözet (szerves kénhidrogénnel szennyezett atmoszférában működtetve) Kompozíció, visszaszórt elektronkép, gyorsítófesz. 20 kV.



27. ábra. Ezüst-palládium 30 ötvözet (szerves kénhidrogénnel szennyezett atmoszférában működtetve) ClK α -kép (klór) gyorsítófesz. 20 kV



28. ábra Ezüst-palládium 30 ötvözet (szerves szilikon szennyeződés jelenlétében működtetve) Topográfia, Visszaszört elektronkép, gyorsítófesz. 25 kV



29. ábra. Ezüst-palládium 30 ötvözet (szerves szilikon szennyeződés jelenlétében működtetve) SiK α -kép (szilícium) gyorsítófesz. 25 kV

Nedves, különböző légszennyezőket (kéndioxid, kénhidrogén) tartalmazó környezetekben a szennyező komponensek — különösen a kén és a klór — adszorpciója a fázishatáron, a fémionok diffúziója a fém belsőbb részeiből, és ezek egymás közti reakciója egyértelműen kimutatható volt. A környezet relatív légnedvességének növekedésével ezek a folyamatok kibővültek még a korróziós termék migrációjával. Ez a migráció a rossz érintkezésadások számának valószínűségét növelte.

Néhány esetben, főleg az aranyötvözeteknél csak az adszorpció, azaz e mechanizmus első lépése játszódott le, még 21 napos kísérleti időnél is.

A kapcsolat hatására történő érintkező-ellenállás növekedése (szerves szénhidrogén és sziloxán szennyezők jelenlétében) az érintkezők villamos vezetéseinek teljes megszűnését is előidézhette, az érintkezőkön lejátszódó adszorpció, polimerizációs és aktivációs folyamatok során ugyanis a felületen aktív szén, ill. szilíciumdioxid keletkezett, és ezen még a környezet más szennyezői is megkötődtek.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők ezúton köszönik meg a kísérleteik során dr. Nagy Gézától, Révai László mérnöktől és dr. H. Seiler professzortól kapott segítséget.

I R O D A L O M

- [1] C. A. Haque: Combined mass spectroscopic and Auger electron spectroscopic techniques for metal contacts. Electrical Contacts/1972, IIT Research Institute, Chicago
- [2] A. Keil: Investigation of electrodeposited gold layers with secondary ion mass spectrometry. Electrical Contacts/1975, p.33. IIT Research Institute, Chicago
- [3] J. Potinecke: The tarnishing behaviour of gold-base alloys in corrosive atmospheres. Electrical Contacts/1975, p. 37. IIT Research Institute, Chicago
- [4] Holm: Electrical Contacts Handbook. Springer Verlag, Berlin (Göttingen) Heidelberg. 1958, p. 33. p. 25.
- [5] I. Dékány—U. Mayer: Korrosionsverhalten von Edelmetallwerkstoffen in aggressiven Atmosphären. Metall. 31. évf. 1977. július 7. szám. p. 718-722

S Z E M L E

Az új, rendkívül könnyen felhasználható 64 kbites CCD memória (CCD Charge Coupled Device = töltéscsatolású eszköz) 18 érintkezős szabványos kivitelű. A 2464 típusjelű eszköz 256 bites, egyenként címezhető léptetőregisztert tartalmaz, minden regiszterrel 256 bit címezhető. Mivel a léptetőregiszterek tartalma aszinkron módon körbeforog, az eszköznek 2 órajelre van szüksége. A felhasznált maximális órajelfrekvencia 1 MHz, a bemenő kapacitás 10 pF, így az órajelgenerátor egyszerű felépítésű lehet. Az információt vagy sorosan, vagy lapozási technikával lehet elérni, ahol az utóbbi módszerrel gyorsabb a kiolvasás. Lapozáskor a kiolvasási sebesség eléri a 2,5 Mbit/s-ot is. A 2464 legjellemzőbb adatai a 130 μ s-os felfrissítési idő és a 2,5 MHz-es adatátviteli sebesség. A kimenet 3 állapotú. A szükséges tápfeszültségek értéke +12 V és -5 V. Az Intel ennél az egységnél is a jól bevált n-csatornás szilícium-kapus gyártástechnológiát alkalmazta. (Weekly Electron, 1978. szept. [596]).

A Cherry Electrical Products USA-beli cég új kódoló billentyűzete érintkező nélkül működik, kapacitív megoldással. Tápfeszültsége +5 V = . A berendezéshez zavarjel-szűrő áramkör tartozik, amely a megfelelően billentett jeleket enged csak át, kiszűrve a véletlen zavar-jeleket. A kulcsok végigpásztázási ideje kulcsenként 10-től 80 μ s-ig állítható. A billentyűzet másodpercenként 1000 karakter sebességig működik. (Electronic Design, 1978. máj. 24. [597]).

A T and B/Ansley Los Angeles-i cég 14, 24, 36 és 50 érintkezős változatban gyárt másodpercek alatt a kábelhez csatlakoztatható szalag-dugaszoló párokat. A szalagkábelek csatlakoztatására szolgáló készülékekhez nem szükséges a kábel csúszolása. A csatlakozóban lévő kábel-hornyok automatikusan a megfelelő helyzetbe állítják a kábel ereit, majd összezárva az

TARTALMI ÖSSZEFOGLALÁSOK

anya- vagy apa dugaszolót csak a felesleges kábelvéget kell levágni. (*Electronic Design*, 1978. máj. 24. [598]).

*

A Hitachi Ltd. olyan új, energiatakarékos színes képcsövet fejlesztett ki, melyhez nem szükséges előmelegítés. Az egység egy másodperc alatt üzemel. (Eddig a gyártási eljárás 101 pontjára kértek szabadalmat. Havonta 30 000 db ilyen képeső készül.) Az új megoldással a fűtő és katód egybe van építve egy speciális nikkel-wolfram ötvözetrel és valamilyen kémiai- lag aktivált más fémrel. A fűtő-katód teljesítményfelvétele csak 1,95 W, szemben a hagyományos képesővek 4,28 W-os teljesítményfelvételével. (*Electronics Weekly*, 1978. okt. 6. [599]).

*

A Pactel előrebecslése szerint a mikroszámítógépek európai piacának értéke 31,9%-os növekedési ütemet érhet el, s a jelenlegi 105 millió dollár értékről 1986-ra várhatóan 832 millió dollárra növekedik.

A számítógépek és végberendezések jelenleg a mikroszámítógéppiac 61%-át alkotják; ez az arány 1986-ra a felére csökken a távközlésben, a gépkocsiban és a háztartásban alkalmazott számítástechnikai eszközök javára. A távközlési alkalmazások a mai 2,7%-ról 18%-ra növekednek, míg a gépkocsiban való alkalmazások a jellegzetes gyakorlatig 0-ról 1986-ra 5,5%-ra növekednek. A háztartási alkalmazások a 80-as évek elejétől indulnak nagyobb fejlődésnek.

A mikroszámítógépek piacának 52%-át az Inter uralja, és ennek az aránynak a lényeges csökkenésére nem lehet számítani.

Összegezve, a tanulmány igen nagy lehetőségeket és kockázatot lát a mikroszámítógépek piacában, ahol csak néhány igen tőkeerős nagyvállalat képes sikerrel szerepelni. (*Electronics Weekly* 1978. nov. 29. [600]).

*

Az elektronikus posta olcsóbb lesz a hagyományosnál. A Mackintosh piackutató és tanácsadó intézet új tanulmánya szerint 1987-ben Angliában 110 millió dollárt tesz majd ki az elektronikus levelezés berendezéseinek egy évre jutó eladása. Az USA cégeinek eladásai ilyen berendezésekből 1400 millió dollárt érnek el, amiből 1100 millió jut Európára.

Az angliai piac termékek lebontva: 32 millió dollár értékben fakszimile berendezés (fényképtovábbító), 37 millió dollár értékben grafika- és szövegtovábbító berendezés lesz (1987-ben). Hosszú távon a kombinált grafika- és szövegtovábbító eszközök mutatják a legnagyobb fejlődést.

A piaci jelentés szerint az angolok a fakszimile-gépeket Japánból fogják importálni, más berendezéseket a nemzetközi nagyvállalatok szállítanak majd, de a Brit Posta az 1980-as években szövegátviteli berendezést kíván kihozni, és szintén bekapcsolódik az ország ellátásába ilyen berendezésekkel. (*The Engineer*, 1978. dec. [601]).

Tartalmi összefoglalások

ETO 519.68:621.372.54.011.732.22

Dr. Herendi Miklós.:

Programrendszer LC szűrők tervezésére

HÍRADÁSTECHNIKA XXX. (1979) 8. sz.

A cikk megvizsgálja egy sokoldalúan használható szűrőtervező programmal szemben támasztandó követelményeket, majd ismerteti a kisszámítógépen futtatható kapcsolódó programokból álló, DPLC programrendszert. Tárgyalja a számítási, a programozási és az adatkezelési módszereket. Egy sávszűrő példája illusztrálja a tervezés menetét a specifikációtól a mérőautomatával végzett mérésig.

ETO 621.396.43.029.6.002.72

Dauner H.—Duczsa I.—Novák E.:

Harmadik generációs mikrohullámú rádiórelé berendezések anyag-, alkatrész-, szereléstechnikai problémái

HÍRADÁSTECHNIKA XXX. (1979) 8. sz.

A cikk a harmadik generációs mikrohullámú rádiórelé berendezések mikroszalagvonal áramköreinek anyag-, alkatrész-, szereléstechnikai kérdéseit tárgyalja. Áttekintést ad a szokásos mikrohullámú hordozóanyagokról, áramkörtokezési megoldásokról, ismerteti az áramkörbe beültetendő alkatrészek (tranzistorok, chip elemek stb.) választékát és összefoglalja ezen alkatrészek szereléstechnikai kérdéseit.

ETO 621.3.066.6.004.62

Dr. Dékány L.-né—Dr. Kormány T.:

A villamos érintkező felületek hibásodási mechanizmusa

HÍRADÁSTECHNIKA XXX. (1979) 8. sz.

A gyengeáramú érintkezők megbízhatóságát a felületükön lejátszó kémiai reakciók befolyásolják. A vizsgálatok célja az volt, hogy meghatározzák a felületi reakciótermékeket, és ezekből következtessenek a hiba mechanizmusára. A vizsgálatokhoz analitikai elektronmikroszkópiát használtak.

Обобщения

ДК 519.68:621.372.54.011.732.22

Др. Херенди, М.:

Система программирования для проектирования LC-фильтров

НІРАДАШТЕХНІКА (ХІРАДАШТЕХНІКА, Будапешт) XXX. (1979) № 8.

Рассматриваются требования, предъявляемые к программе многостороннего применения для проектирования фильтров. Излагается система программирования, состоящая из разработанных автором сопряженных программ, применяемых к малой ЭВМ. Описываются методы вычислений, программирования и обработки данных. На примере полосового фильтра показывается ход проектирования от задания исходных данных до проведения измерения измерительным автоматом.

ДК 621.396.43.029.6.002.72

Даунер, Х.—Дuczsa, И.—Новак, Е.:

Проблемы материала, детали и монтажа микроволновой радиорелейной аппаратуры третьей генерации

НІРАДАШТЕХНІКА (ХІРАДАШТЕХНІКА, Будапешт) XXX. (1979) № 8.

В статье излагаются вопросы исходных материалов, элементной базы и монтажа микрополосковых схем, применяемых в аппаратуре радиорелейных линий третьего поколения. Дается обзор об обычно применяемых материалов для подложек и схемных решений. Описывается ассортимент встраиваемых в схемы деталей (транзисторы, чипы и т. п.) и итожит вопросы техники монтажа этих деталей.

ДК 621.3.066.6.004.62

Др. Декань Л.-не—Др. Кормань Т.:

Процесс возникновения дефектов на поверхностях электрических контактов

НІРАДАШТЕХНІКА (ХІРАДАШТЕХНІКА, Будапешт) XXX. (1979) № 8.

Надежность контактов при слабых токах определяется химическими реакциями, происходящими на их поверхностях. Целью испытаний являлась определение продуктов поверхностной реакции и получение выводов относительно процесса возникновения дефектов. При испытании была использована аналитическая электронная микроскопия.

Zusammenfassungen

DK 519.68:621.372.54.011.732.22

Dr. Herendi, M.:

Programmsystem zur Entwurf von LC Filtern

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXX. (1979). Nr 8.

In dem Aufsatz werden Forderungen gegenüber dem vielseitig anwendbaren Filterentwurfprogramm, untersucht. Ferner wird das, durch den Verfasser ausgearbeitete, für Minikomputer geeignete aus verkettbaren Programmen bestehende DPCL Programmsystem, erörtert. Die Berechnungs-, Programmierungs- und Datenbehandlungsmethoden werden diskutiert. Das Beispiel eines Bandfilters illustriert den Lauf des Entwurfes ab der Spezifikation bis zur Messung ausgeführt mit dem Messautomat.

DK 621.396.43.029.6.002.72

Dauner, H.—Ducza, I.—Novák, E.:

Material, Bauelement und montage-technische Probleme von Radiorelais-einrichtungen, dritter Generation

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXX. (1979) Nr 8.

In dem Aufsatz werden die Material, Bauelement und montage-technische Probleme der Mikrostrip-Stromkreise für Mikrowellenradiorelais-einrichtungen von dritter Generation, diskutiert. Es wird ein Überblick über die üblichen Mikrowellenträgermaterialien und Stromkreisgehäuseformen gegeben und die Wahl der Bauelemente (Transistor, Chip-element, etc.) welche in dem Stromkreis ein zu setzen sind, erörtert. Zuletzt werden die montage-technische Probleme derselben Bauelemente, zusammengefasst.

DK 621.3.066.6.004.62

Dr. L. Dékány—Dr. T. Kormány:

Fehlerbildungsmechanismen an elektrischen Kontaktoberflächen

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXX. (1979) Nr 8.

Die Zuverlässigkeit der Schwachstromkontakte wird durch die, auf ihren Oberflächen abspielenden chemischen Reaktionen beeinflusst. Der Zweck der Prüfungen war, die Bestimmung der Oberflächenreaktionsprodukte um daraus auf den Fehlermechanismus Schlussfolgerungen zu ziehen. Zu den Prüfungen wurden analytische Elektronenmikroskopie angewendet.

Sommaires

UDC 519.68:621.372.54.011.732.22

Dr. Herendi, M.:

System of Programs for the Design of LC Filters

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXX. (1979) No 8.

The paper examines the requirements of a flexible filter design program. Further it presents the DPCL program system by the author. This system consists of matching programs which can be run on a handling minicomputer. The methods of computation, programming and data prepared are discussed. The example of a band filter illustrates the course of design from the specification to the testing on an automata.

UDC 621.396.43.029.6.002.72

Dauner, H.—Ducza, I.—Novák, E.:

Some problems of the third generation microwave radio relay equipments

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXX. (1979) No 8.

The paper presents the special problems of the microstrip circuits used in the third generation microwave radio relay equipments. A survey of the substrate types and the packaging methods used in the microwave frequency range is given, furthermore the special components of the circuits (transistors, chip components etc.) and their mounting problems are discussed.

UDC 621.3.066.6.004.62

Dr. L. Dékány—Dr. T. Kormány:

Failure Mechanism of Electrical Contact Surfaces

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXX. (1979) No 8.

The reliability of light current contacts is influenced by chemical reactions taking place on their surfaces. The aim of the test was to determine the surface reaction-products and to draw conclusion from these to the mechanism of the failure. The test was carried out by means of analytical electronmicroscopy.

Résumés

CDU 519.68:621.372.54.011.732.22

Dr. Herendi M.:

Système de programme pour designer des filtres LC

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXX. (1979) No 8.

L'article examine des requirements concernant les programme qui peut être multilateralement utilisés pour designer filtres ensuit il décrit le programme système DPCL, élaboré dans cet article, consistant les programme reliés que on peut passer sur calculateur. Il considere les méthodes de calcul, programmation et traitement des données. L'exemple du calcul d'un filtre passe-bande illustre la marche de calcul du la specification à mesure achvée par automate de mesure.

CDU 621.396.43.029.6.002.72

Dauner, H.—Ducza, I.—Novák, E.:

Questions de matière, composants et montage des équipement de relais hertzien à micro-onde de troisième génération

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXX. (1979) No 8.

L'article s'occupe des question de matière, composant et montage des circuits à cable-ruban micro-onde des équipement de relais hertzien à micro-onde de troisième génération. Il résume les supports usuels micro-ondes, dispositions des boîtiers des circuits, il donne une aperçu de choix des composants à monter sur une carte (des transistors, éléments à pastilles etc.) et récapitule les questions de montage des ces composants.

CDU 621.3.066.6.004.62

Dr. L. Dékány—Dr. T. Kormány:

Mécanisme de défaillance des contacts électriques

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXX. (1979) No 8.

La fiabilité des contacts a courant faible est influée par les réactions chimiques qui se déroulent sur leurs surfaces. Les examens ont eu pour but de déterminer des produits de la réactions se déroulant sur la surface et en conclure du mécanisme de défaut. On a utilisé la méthode d'analyse par microscope électronique pour les examens.

Lapunk példányonként megvásárolható

V., Váci utca 10.

*V., Bajcsy-Zsilinszky út 76. szám alatti
hírlapboltokban*