

HÍRADÁS- TECHNIKA



XXX. ÉVFOLYAM 4. SZÁM

1979. ÁPRILIS

4

HÍRADÁS- TECHNIKA

1979. Április, XXX. évfolyam, 4. szám

A HÍRADÁSTECHNIKAI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET LAPJA

TARTALOM

DR. SIMON GYULA: Fázist nem fordító erősítők kompenzálása gyors működésre	97
ICECP '80	103
CONSTRONIC '80	103
SZELES ADORJÁN: Vékony felületi roncsolt rétegek jellemzése ellipszométerrel	104
SULYOK JÓZSEF: Műanyagtokozással védett elemek kryptoklimája nedves környezetben. II. rész	108
Egyesületi hírek	113
Hálózatelméleti konferencia	113
BAJOR ANDRÁS – FARKAS SÁNDOR: Műanyagok galvanizálása	114
CZESLAW KOSCIELNY: Hibacsomó-javítás hardware megvalósítása ciklikus Reed–Solomon-kódok segítségével	119
Szemle	113, 125
Tartalmi összefoglalások	126
Обобщения	127
Zusammenfassungen	127
Summaries	128
Résumés	128

Operatív szerkesztő bizottság: BOGLÁR GYULA szerkesztő, BALOGH PÁL,
DR. FLESCHE 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 Központi Hírlapirodánál (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 — 79.3884 Budapest, 1979. Felelős vezető: Sümeghi Zoltán igazgató

HU ISSN 0018–2028

Index: 25 375

DR. SIMON GYULA BME—HEI

Fázist nem fordító erősítők kompenzálása gyors működésre

ETO 621.3.049.77:621.3.037.33

1. Bevezetés

Műveleti erősítő fázist nem fordító kapcsolásban történő működtetése igen gyakori elektronikus analóg rendszerekben. Feladata általában erősítés és impedancia transzformáció (elválasztás). Utóbbira nagy bemeneti és kis kimeneti impedanciája teszi alkalmassá. Az általános célú, olcsó műveleti erősítők kis erősítésre beállított fázist nem fordító elrendezésben a szükséges külső vagy esetleg belső frekvenciakompenzálás következtében kis jelváltozási sebességgel és kis teljesítmény-sávszélességgel rendelkeznek. Fázist fordító fokozatoknál kétféle lehetőség is van arra, hogy a nagyjelű jellemzők kedvezőtlen értékeit javítsuk. Az egyik az előreccatolás alkalmazása [1]. A zajtulajdonságok ilyenkor általában romlanak. A másik megoldás bemeneti kompenzálás megvalósítása [2]. Ilyenkor is nagyobb a kimeneti zaj, mint más kompenzálásnál. Nem invertáló elrendezésre egyik fenti módszer alkalmazása sem gyakori, egyes esetekben lehetetlen, máskor igen speciális feltételek teljesülését kívánja meg. Célunk ezért az, hogy általános rendeltetésű, olcsó műveleti erősítővel nagy sebességű, fázist nem fordító (elsősorban követő) elrendezések kialakítására és méretezésére adjunk egyszerű megoldást. Az erre alkalmas topológiai elrendezés a vizsgálatok szerint bemeneti kompenzálás struktúrájú. Minden olyan műveleti erősítőnél megvalósítható, mely nem belső kompenzálású. A javasolt megoldás gazdaságossági szempontból igen hatásos.

2. Alkalmazott jelölések

A	a műveleti erősítő erősítése
A_0	a műveleti erősítő erősítése kisfrekvencián
A_1	részerősítés
A_{10}, A_{20}	részerősítések kisfrekvencián
b	előreccatolási tényező
β	visszacsatolási tényező

β_∞	a visszacsatolási tényező nagyfrekvenciás értéke
C_{bev}	egyenértékű bemeneti kapacitás
C_k	párhuzamos kompenzáló kapacitás
h	hibatényező
H	hurokerősítés
I_{be}	a műveleti erősítő bemeneti árama
I_{ber}	bemeneti áram
I_M	a kompenzáló áramkört tápláló maximális áramváltozás
$\overline{i_z^2}$	a műveleti erősítő saját zaját képviselő bemeneti egyenértékű áramgenerátor teljesítménysűrűsége
$\overline{i_{zr}^2}$	a kapcsolat bemenetére redukált zaj-áram teljesítménysűrűsége
k	Boltzmann-állandó
K	feszültségvezérelt feszültséggenerátor erősítése; visszacsatolt feszültségerősítés
R_k	a kompenzálás helyén értelmezett ellenállás
S	meredekség
SR	maximális jelváltozási sebesség
T	hőmérséklet
u	feszültség-pillanatérték
u_{be}	a kapcsolat bemeneti feszültsége
u_{ki}	a kapcsolat kimeneti feszültsége
$\overline{u_z^2}$	a műveleti erősítő saját zaját képviselő bemeneti egyenértékű feszültséggenerátor teljesítménysűrűsége
$\overline{u_{zr}^2}$	a kapcsolat bemenetére redukált zajfeszültség teljesítménysűrűsége
U_{ki}	kimeneti kivezérelhetőség
U_{KI}	a műveleti erősítő sztatikus kimeneti kivezérelhetősége
U_{KIK}	az erősítő fiktív sztatikus kimeneti kivezérelhetősége, ha a kompenzálási hely sztatikus kivezérelhetőségét vesszük figyelembe
U_0	a műveleti erősítő ofszet feszültsége
U_{or}	a kapcsolat ofszet feszültsége
Z_{be}	a műveleti erősítő bemeneti impedanciája
Z_{bev}	a kapcsolat bemeneti impedanciája
Z_k	az R_k és C_k elemek párhuzamos eredő impedanciája

- Δu a műveleti erősítő differenciális bemeneti feszültsége
- ω_1 a műveleti erősítő (módosítható) domináns törésponti frekvenciája
- ω_2 a műveleti erősítő második (fix) domináns törésponti frekvenciája
- ω_h a kivezérelhetőség határfrekvenciája
- ω_{0dB} a hurokerősítés egységnyi abszolút értékéhez tartozó frekvencia
- $\omega_{0\beta}$ a visszacsatolási tényező zérusfrekvenciája
- $\omega_{p\beta}$ a visszacsatolási tényező pólusfrekvenciája

3. A vizsgált jellemzők alapösszefüggései

Egy műveleti erősítő kapcsolás blokksémáját és ennek a közös módusú erősítés elhanyagolásával érvényes célszerű lineáris modelljét [3] az 1. ábrán adtuk meg. A szuperpozíció tétel alkalmazásával:

$$\Delta u = \frac{u_{ki}}{A} = b u_{be} - \beta u_{ki},$$

amiből

$$b = \left. \frac{\Delta u}{u_{be}} \right|_{u_{ki}=0} \quad \text{és} \quad \beta = - \left. \frac{\Delta u}{u_{ki}} \right|_{u_{be}=0}$$

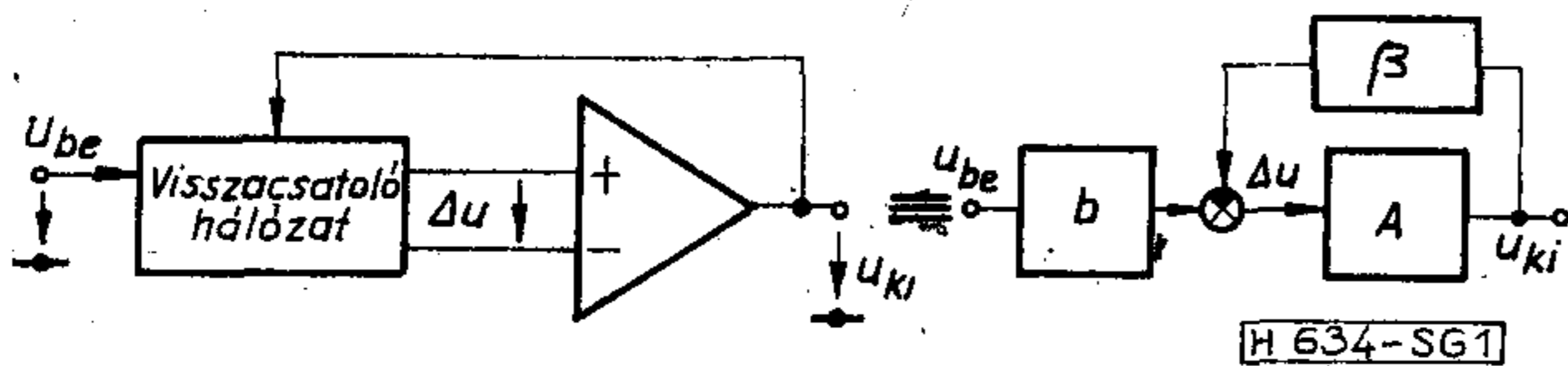
Ennek alapján:

$$K = \frac{u_{ki}}{u_{be}} = \frac{b}{\beta} \frac{A\beta}{1+A\beta} = \frac{b}{\beta} \frac{H}{1+H} = \frac{b}{\beta} h,$$

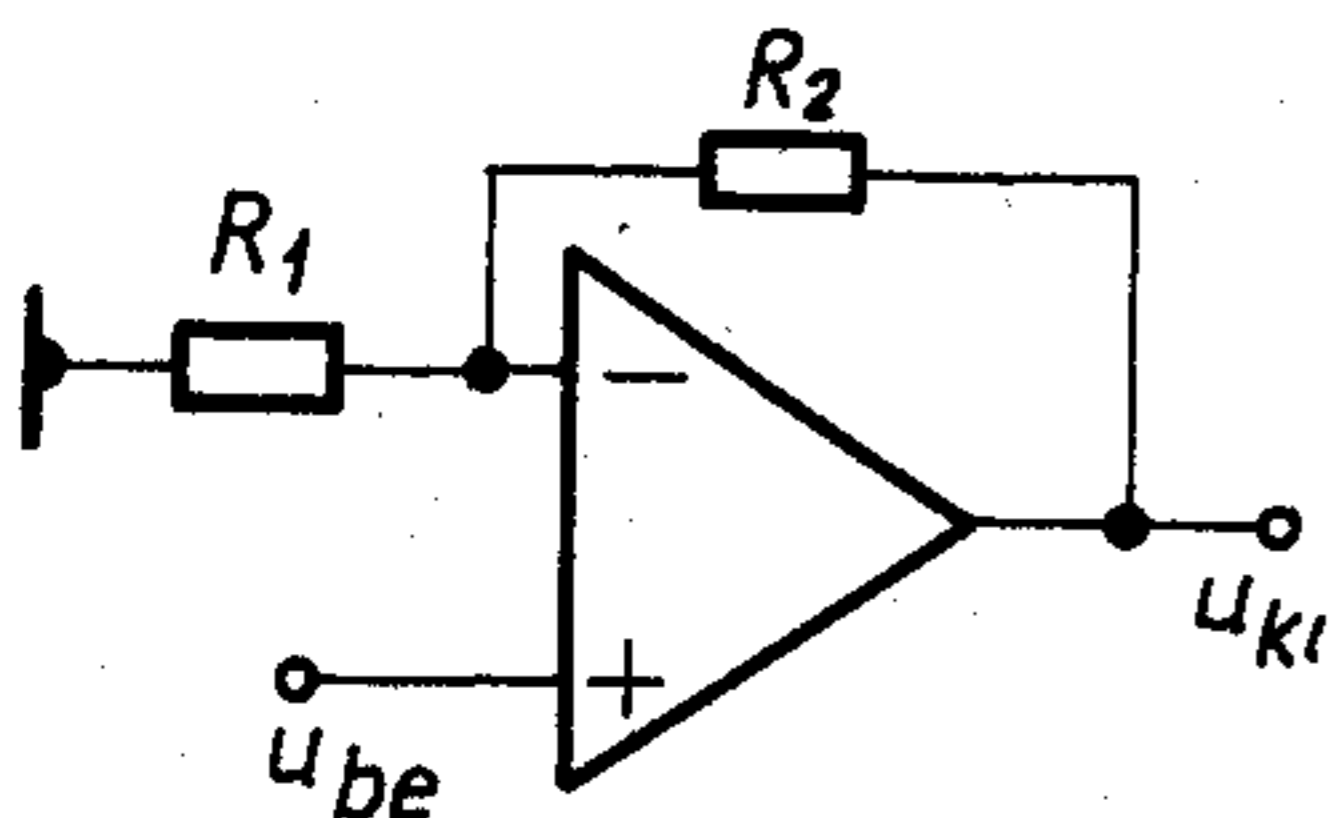
ahol $h = \frac{H}{1+H}$ a hibatényező.

Fázist nem fordító alapkapsolásra (2. ábra) $b=1$ $0 < \beta \leq 1$; követőnél $\beta=1$ (például R_1 helyén szakadás, R_2 helyén rövidzár).

Az erősítés b/β hányadostól való eltérésének frekvenciafüggését a h hibatényező frekvenciafüggése adja. A műveleti erősítő típusától és kompenzálásától függően a hibatényezőhöz rendelhető 3 dB-es felső határfrekvencia általában az 500 kHz...5 MHz tartományban van. Ez az érték viszonylag sok alkalmazáshoz megfelelne. Vizsgáljuk azonban meg, hogy ha a fázist nem fordító elrendezést impedanciátranzformátorként vagy vezérelt generátoros (Sallen-Key) aktív szűrő vezérelt generátoraként alkalmaz-



1. ábra



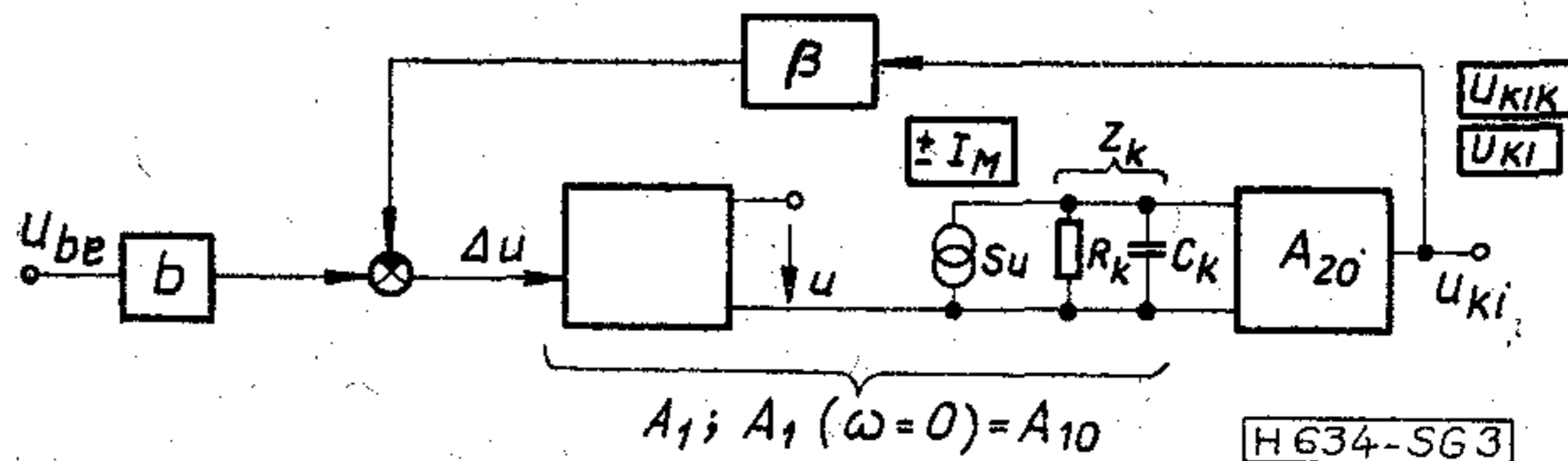
$$b \cong 1$$

$$\beta \cong \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

(ha $|Z_{be}| \gg R_1 \times R_2$)

H 634-SG 2

2. ábra



3. ábra

zuk és a kisjelű sáv szélességen belüli frekvencián nagy kimeneti jelszintet követelünk meg, milyen korlátozásokba ütközünk.

A vizsgálatot a 3. ábra modellje ([4], [5]) alapján végezzük. Az ábrán bekeretezett jellemzők kivezérelhetőségi korlátokat jelentenek (csúcsértékben jellemezve), így például $U_{KIK} = I_M R_k A_{20}$. Vegyük figyelembe, hogy $\omega_1 = 1/R_k C_k$.

A kimeneti kivezérelhetőségre fennálló feltételek:

$$U_{ki} \leq U_{KI} \quad \text{és} \quad U_{ki} \leq I_M |Z_k| A_{20} \approx \frac{I_M}{\omega C_k} A_{20} = U_{KIK} \frac{\omega_1}{\omega},$$

minthogy $U_{KIK} = I_M R_k A_{20}$ (a közelítő egyenlőség $\omega_1 < \omega < \omega_2$ mellett áll fenn).

A kivezérelhetőség határfrekvenciáján a két egyenlőtlenség jobb oldalán álló kifejezések egyenlők, ezen ω_h frekvencia felett a kivezérelhetőség 6 dB/0 meredekséggel csökken, vagyis

$$\omega_h = \frac{U_{KIK}}{U_{KI}} \omega_1.$$

Hasonló gondolatmenettel:

$$SR = U_{KIK} \omega_1, \quad \text{így} \quad \omega_h = \frac{SR}{U_{KI}}$$

is fennáll.

Hagyományos, két töréspont figyelembevételével történő kompenzálásnál [2] 45° fázistartalékra méretezett esetben pl.

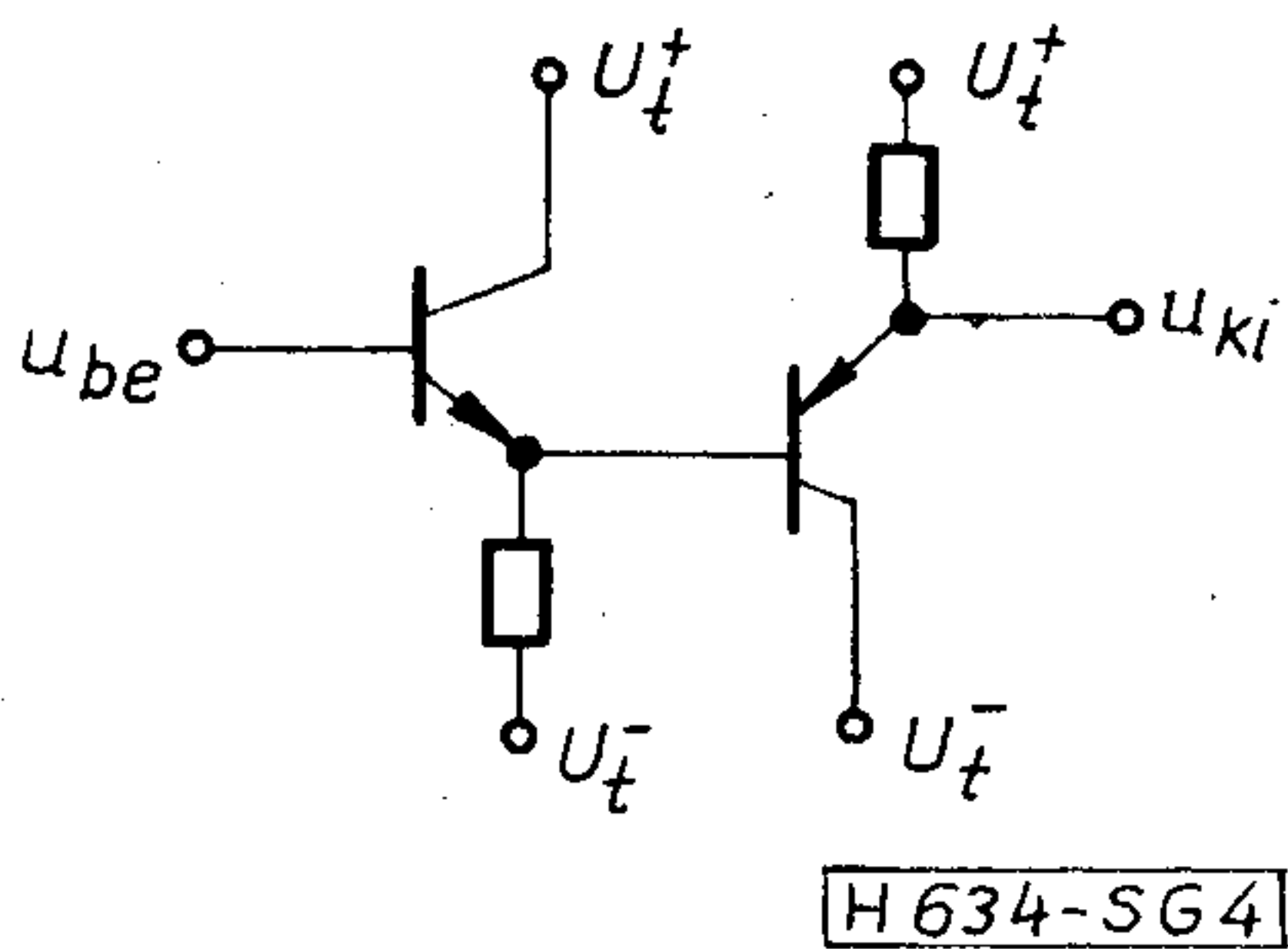
$$\omega_1 = \frac{\omega_2}{A_{10} A_{20} \beta_{\infty}},$$

így rögzített ω_2 , U_{KIK} és U_{KI} mellett a nagyjelű átvitel ω_h határfrekvenciája és a jelváltozási sebesség ω_1 -gyel arányos, így β_{∞} -nel fordított arányban változik. Az erősítés a 6 dB/0 esésű szakaszon jó közelítéssel

$$A = \frac{A_0 \omega_1}{p} = \frac{\omega_2}{\beta_{\infty} p}.$$

Belső kompenzálású áramköröknél a $\beta_{\infty} = 1$ legkedvezőtlenebb ohmos visszacsatolásnál is stabil működés szükséges, ezért a nagyjelű jellemzők igen kedvezőtlenek lesznek (pl. a 741 típusú áramkörökre $f_h \approx 8$ kHz és $SR \approx 0,5$ V/ μ s).

A nagyjelű viselkedés szempontjából előnyösebb műveleti erősítők költségesek. Másrészt ismertetőnk ezek jellemzőinek további javítására is alkalmas. Ha követőre ($K \approx 1$) van szükség, egyszerű, vagy néhány eszközből kialakított földelt kollektoros, emitterkövető jellegű kapcsolás használható, de a hurokerősítés ilyenkor kisfrekvencián is kicsi. A 4. ábra komplementer tranzisztorokkal felépített követőt mutat. Ezzel a kimeneti egyenszint helyreállítása és a driftfeszültség csökkentése is megoldható.



4. ábra

4. A javasolt alapelrendezés és kisjelű tulajdonságai

Az alapelrendezést az 5. ábra mutatja. Követő céljára az az elrendezés is használható, melynél a negatív bemenetre teljes visszacsatolás érvényesül, a pozitív bemenetre Z_2 elemen keresztül a vezérlőjelet, Z_1 elemen keresztül pedig a kimeneti jelet csatlakoztatjuk. Ez utóbbi elrendezés tulajdonképpen hasonló az 5. ábra szerintihez, ha ennél Z_3 -at elhagyjuk. Minthogy azonban egynél nagyobb erősítés csak az 5. ábra szerinti elrendezéssel valósítható meg egyszerűen, a továbbiakban csak ezzel foglalkozunk. A műveleti erősítő bemeneti impedanciáját elhanyagoljuk a továbbiakban. A visszacsatolt kapcsolás kisjelű jellemzői:

$$b = \frac{Z_1}{Z_1 + Z_2 \times Z_3} \quad \text{és} \quad \beta = \frac{Z_1 \times Z_3}{Z_1 \times Z_3 + Z_2}$$

Meghatározva a b/β hányadost:

$$K(|H| \rightarrow \infty) = \frac{b}{\beta} = 1 + \frac{Z_2}{Z_3}$$

A hurokerősítés viszont:

$$H = A \frac{Z_1 \times Z_3}{Z_1 \times Z_3 + Z_2}$$

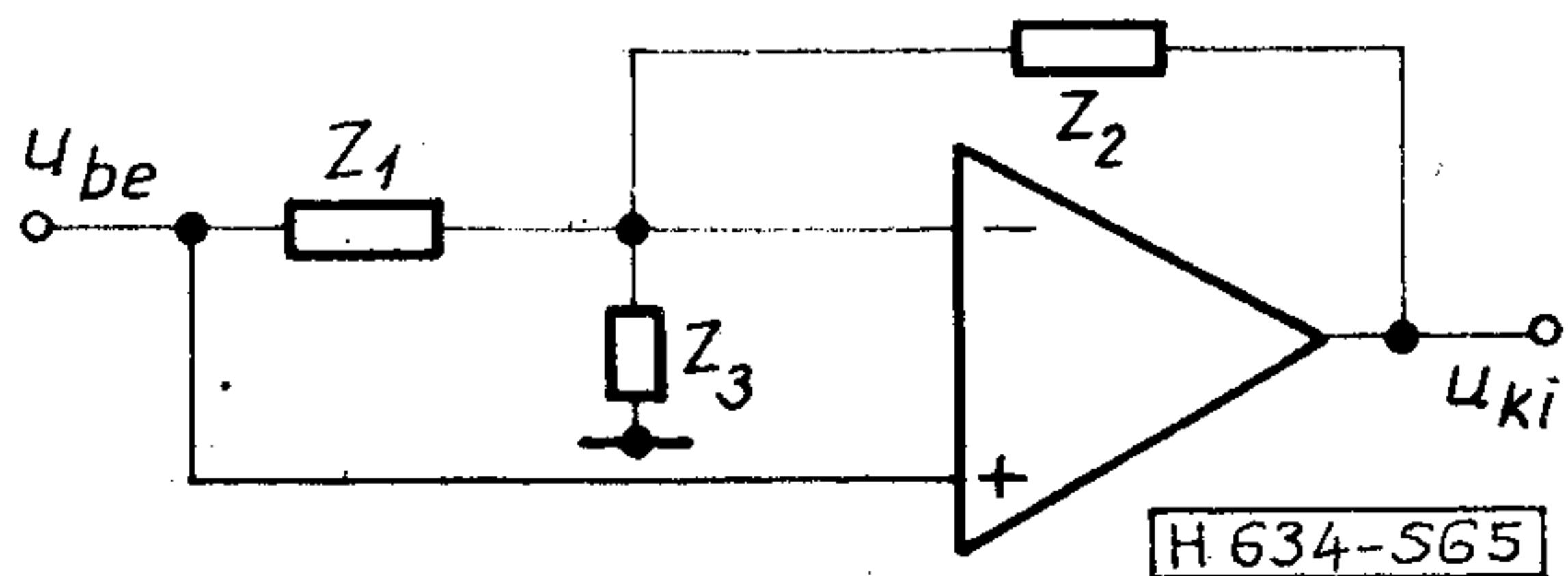
Ennek alapján a hibatényező:

$$h = \frac{H}{1+H} = \frac{AZ_1Z_3}{(A+1)Z_1Z_3 + Z_2(Z_1+Z_3)}$$

A bemeneti impedancia a Z_1 impedancián átfolyó $\frac{u_{ki}}{AZ_1}$ áram figyelembevételével

$$Z_{bev} = \frac{Z_2(Z_1+Z_3) + Z_1Z_3 + AZ_1Z_3}{Z_2+Z_3}$$

Ha $|A| \gg 1$, akkor $Z_{bev} \approx A \frac{Z_1}{K(|H| \rightarrow \infty)}$.

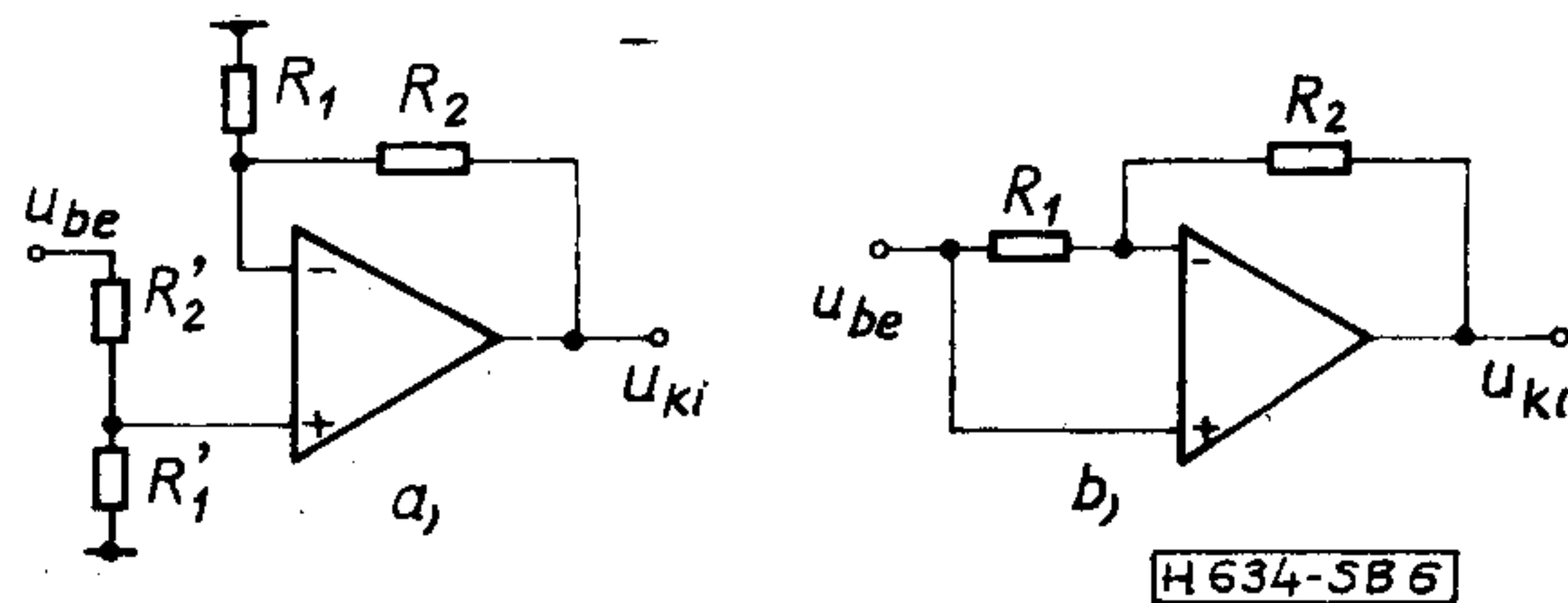


5. ábra

5. Alesetek vizsgálata

5.1. Követő kapcsolás

Legyen $Z_1 = R_1; Z_2 = R_2; Z_3 \approx \infty$. Ekkor $K(|H| \rightarrow \infty) = 1 + \frac{R_2}{Z_3} \approx 1$. Másrészt $\beta_\infty = \beta = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$ ezért a két töréspontot figyelembe vevő kompenzálásnál ω_1 és így ω_h értéke $\frac{1}{\beta_\infty} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$ arányban lehet nagyobb, mint a klasszikus követő kapcsolásnál.



6. ábra

A kapcsolások lényegének megértésére tekintsük a 6. ábra két követő elrendezését. A 6a ábra szerintre

$$b = \frac{R'_1}{R'_1 + R'_2}$$

és

$$\beta = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

Ha $|H| \gg 1$ és

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R'_1}{R'_2}$$

akkor

$K = \frac{b}{\beta} = 1$, vagyis követőt kapunk. Mivel $\beta < 1$, a kompenzálás domináns töréspontja, s így a jelváltozási sebesség nagyobb, mintha $\beta = 1$ jellemzőjű klasszikus követőt alkalmaznánk. Minthogy a visszacsatolt erősítő maga egynél nagyobb erősítésű és a bemeneten passzív osztó van, a zajtulajdonságok és ofszetjellemzők romlása várható.

A 6b ábra elrendezésére

$$b = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

és

$$\beta = 1 - \frac{R_2}{R_1 + R_2} = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

és így $|H| \gg 1$ mellett $K = 1$. A kapcsolások b és β jellemzői tehát gyakorlatilag megegyeznek, az 1. ábra szerinti blokséma is azonos (a 6a ábra szerinti esetben $\frac{R'_1}{R'_2} = \frac{R_1}{R_2}$ feltétellel).

Így R_1 és R_2 arányának megfelelő megválasztásával (pl. $R_2 \gg R_1$) a kompenzálás domináns töréspontja a 6b ábrának megfelelő elrendezésben is növelhető, a nagyjelű tulajdonságok javíthatók (a kis-

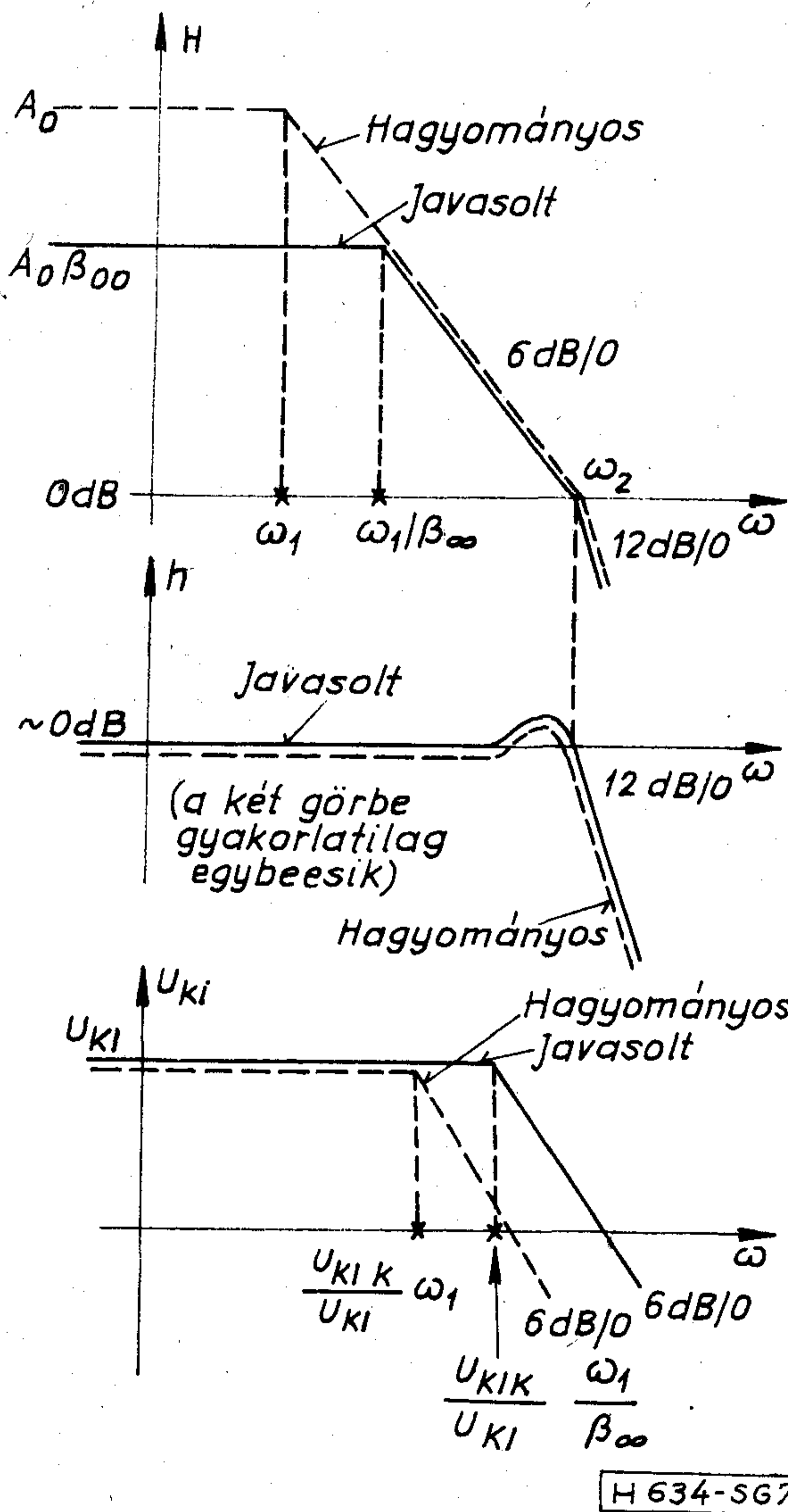
frekvenciás erősítés csökkenése, a zaj- és ofsztjellemzők romlása árán). A 6a ábra szerinti elrendezésnél R_1 -gyel és R_1' -vel, a 6b szerinti esetben R_1 -gyel megfelelő értékű kondenzátort sorbakapcsolva a kisfrekvenciás hurokerősítés csökkenése is kiküszöbölhető.

A 6b ábra elrendezésének előnyei a 6a ábra szerinti ismert megoldáshoz képest:

- nagyobb bemeneti impedancia,
- kisebb passzív elemszám,
- b és β kifejezésében ugyanazok a passzív elemértékek szerepelnek, így a $\frac{b}{\beta}$ hányados a passzív elemek toleranciáitól független.

A hurokerősítés, a hibatényező és a kivezérelhetőség Bode-diagramját a 7. ábrán vázoltuk fel klaszikus és a javasolt módosítás szerinti esetre. Az ábra szerinti kompenzálás 45°-os fázistartaléknak megfelelő.

Vizsgáljuk meg, milyen árat kell fizessünk a nagyjelű paraméterek javulásáért! $|H| \gg 1$ feltétel mellett meghatározzuk a bemenetre redukált munkaponti jellemzőket, a zajjellemzőket és a bemeneti impedancia értékét. A munkaponti jellemzők:



7. ábra

$$U_{or} = U_0 + I_{be}(R_1 \times R_2),$$

$$I_{ber} = I_{be} \left(1 + \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) \leq 2I_{be}.$$

Térjünk most rá a zajtulajdonságokra [4] és [6] gondolatmenete alapján. A bemenetre redukált zajfeszültséggenerátor:

$$\begin{aligned} \overline{u_{zr}^2} &= \left(\frac{R_2}{R_1} \right)^2 4kTR_1 + \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right)^2 \overline{u_z^2} + R_2 \overline{i_z^2} + \\ &+ 4kTR_2 = 4kTR_2 \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) + \overline{u_z^2} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right)^2 + R_2 \overline{i_z^2}. \end{aligned}$$

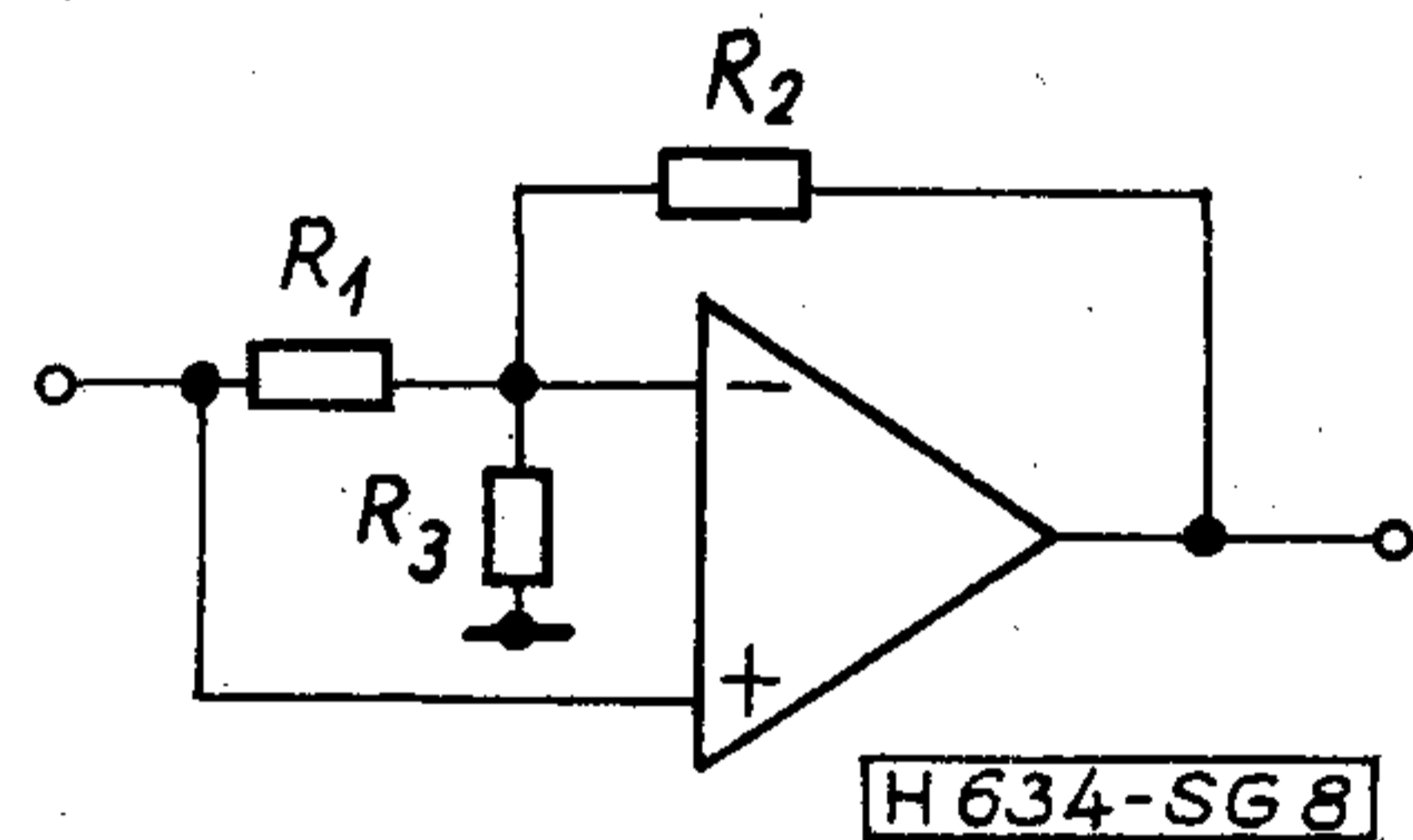
A redukált áramgenerátor:

$$\overline{i_{zr}^2} = \frac{\overline{u_z^2}}{R_1^2} + \frac{4kT}{R_1} + \overline{i_z^2}.$$

A zaj tehát az alapelrendezéshez képest megnő.

A bemeneti impedancia a 4. pont végén tett feltételezések érvényessége esetén és 45°-os fázistartalékra történő kompenzálás mellett $\left(A_0 \beta_\infty = \frac{\omega_2}{\omega_1} \right)$ miatt $A \approx \frac{A_0 \omega_1}{p}$ az erősítés 6 dB/0 esésű szakaszán jó közelítéssel egy $C_{be} = \frac{1}{A_0 \omega_1 R_1}$ értékű kapacitásának felel meg.

5.2. $K > 1$ megvalósítása (8. ábra)



8. ábra

$$K(|H| \rightarrow \infty) = \frac{b}{\beta} = 1 + \frac{R_2}{R_3}.$$

$$\beta_\infty = \frac{R_1 \times R_3}{R_2 + R_1 \times R_3},$$

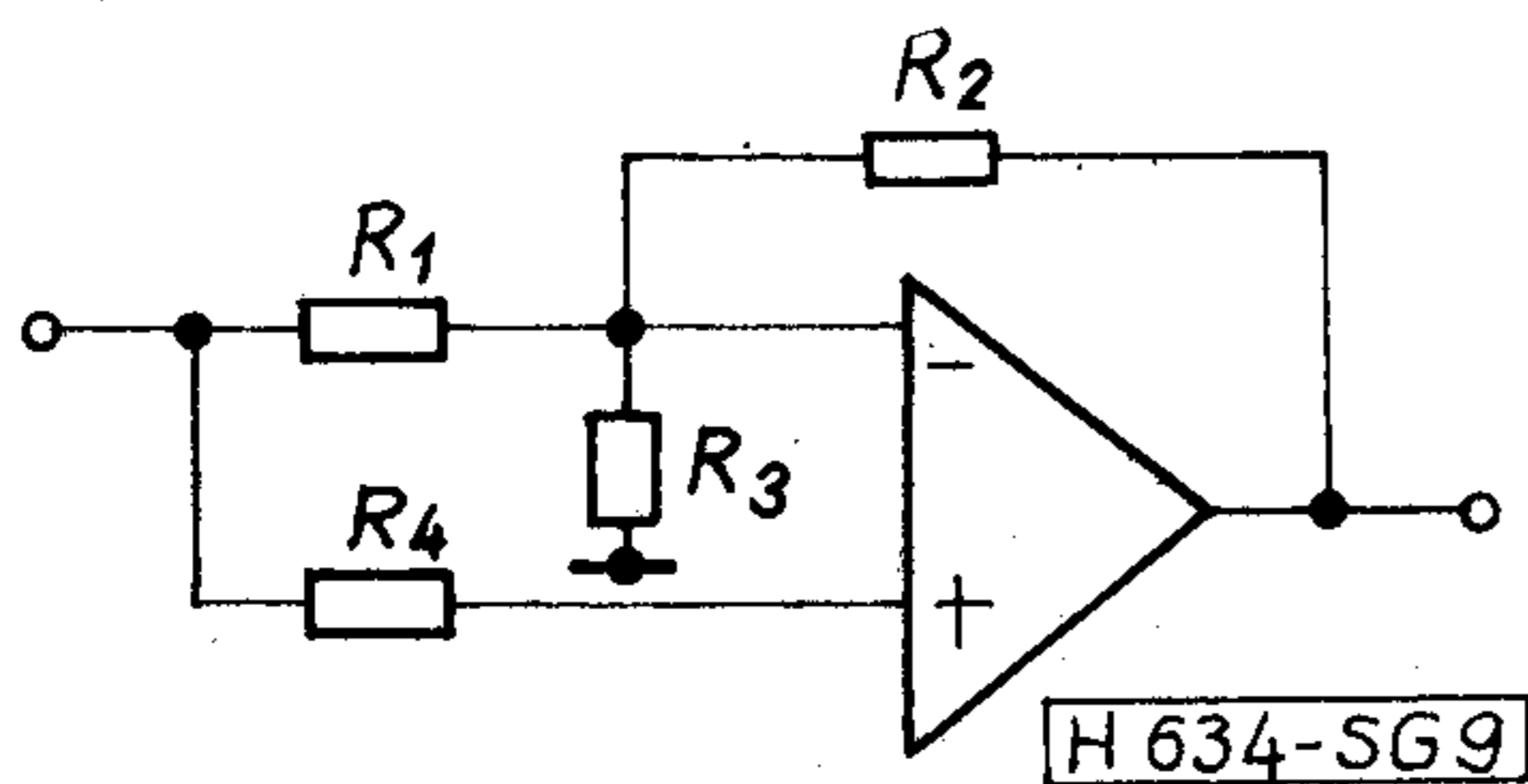
$$Z_{bev} \approx \frac{A}{K} R_1,$$

vagyis

$$C_{be} \approx \frac{K}{A_0 \omega_1 R_1}.$$

5.3. A bemeneti ofszt csökkentése (9. ábra)

$R_4 = R_1 \times R_2 \times R_3$ mellett a bemeneti áramból nem származik ofszt feszültség (a zajtulajdonságok tovább romlanak).



9. ábra

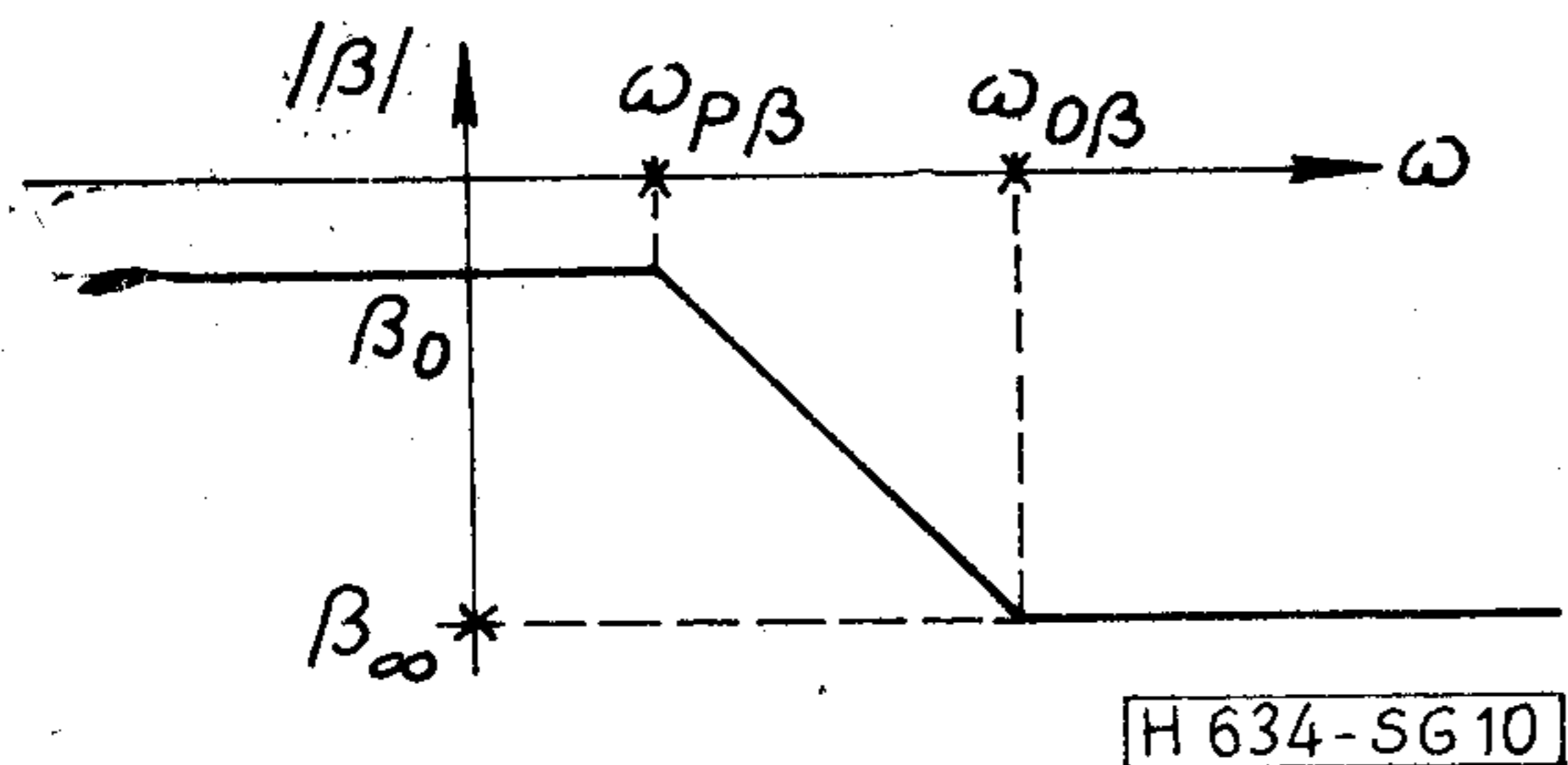
5.4. Soros kondenzátor alkalmazása

A zajtulajdonságok romlásának és a bemeneti impedancia csökkenésének frekvenciatartományát szűkíthetjük, ha megfigyeljük, hogy $K(|H| \rightarrow \infty)$ 5.1. és 5.2. alatti összefüggésében nem szerepel R_1 és így R_1 helyén tetszés szerinti impedanciát szerepeltethetünk. Legyen ez R_1 és C_1 elemekből álló soros elrendezés.

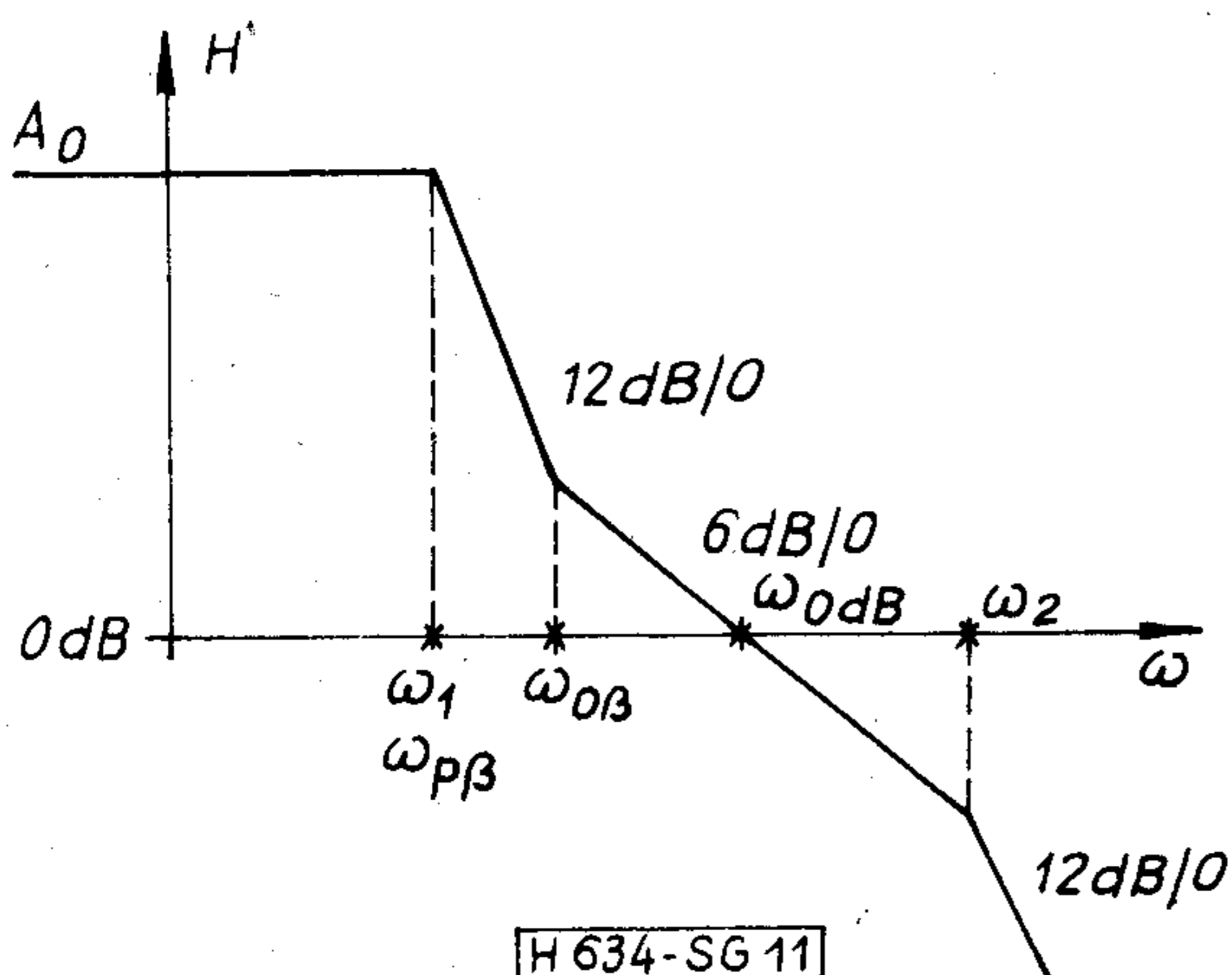
$$Z_1 = R_1 + \frac{1}{pC_1} = \frac{1 + pR_1C_1}{pC_1}$$

kisfrekvencián szakadást képvisel, nagyfrekvencián R_1 ellenállásnak felel meg. Így β_∞ meghatározásához R_1 értékű ellenállásként kell figyelembe venni, de az $\frac{1}{R_1C_1}$ frekvencia alatt nagy impedanciát képvisel, így

ebben a tartományban a zaj és bemeneti impedancia a klasszikus fázist nem fordító kapacitáshoz hasonlóan alakul és járulékos ofszet sem lép fel. Végeredményben a visszacsatolási tényező lépcsős Bode-diagram szerinti (10. ábra). $\omega_{p\beta} = \omega_1$ feltétellel hagyományos, pólus – zérus kiejtéses, 6 dB/oktávós lesz a kompenzálás [2]. Másfajta méretezésnél a hurokerősítés-karakterisztikának $\omega_{p\beta}$ és $\omega_{0\beta}$ között 12 dB/0



10. ábra



11. ábra

meredekségű szakasza jön létre. ω_1 , $\omega_{p\beta}$ és $\omega_{0\beta}$ megválasztása sokféle módon lehetséges. Speciális esetként tételezzük fel, hogy követőt alakítunk ki és $\omega_1 = \omega_{p\beta}$. Méretezzünk 45°-os fázistartálékra (11. ábra)!

A 45°-os fázistartálék feltétele például teljesül ([7]), ha $\omega_{0dB} = \sqrt{\omega_{0\beta}\omega_2}$ és ω_{0dB} frekvencián az $\omega_{0\beta}$ töréspont hatására 67,5°, az ω_2 hatására pedig -22,5° fázistolás lép fel. Ehhez

$$\frac{\omega_2}{\omega_{0dB}} = \frac{\omega_{0dB}}{\omega_{0\beta}} = 0,414 \text{ tartozik.}$$

Ilyen feltételek mellett

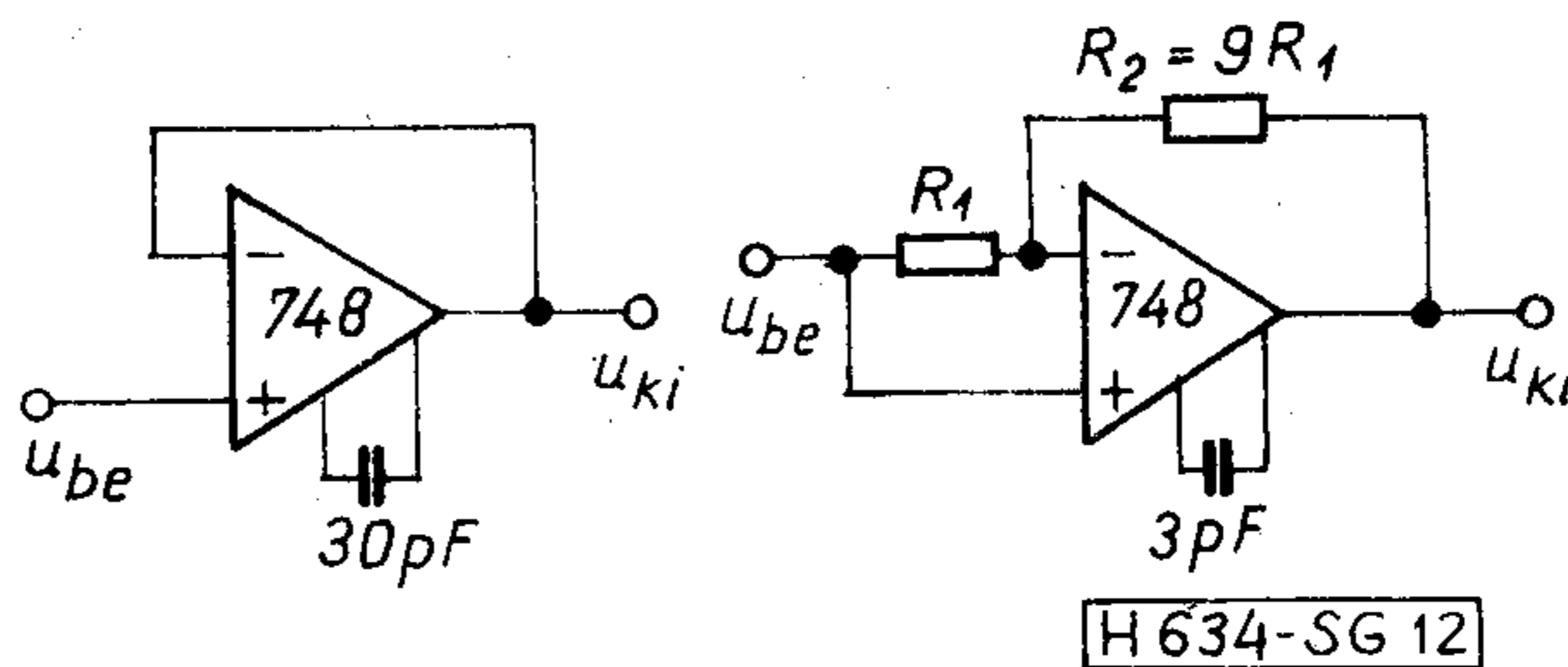
$$\omega_1 = \frac{0,414^2 \omega_2}{\sqrt{0,414 A_0}} = 0,2662 \frac{\omega_2}{\sqrt{A_0}}$$

Klasszikus követőnél $\omega_1 = \frac{\omega_2}{A_0}$ lenne. A nyereség tehát ω_1 , SR és így ω_h értékében 0,2664 $\sqrt{A_0}$ -szoros. A méretezés során nagyon sokféle szempont játszhat szerepet (zaj, bemeneti impedancia stb.), így a fenti egyedi méretezési eset csak példának tekinthető. Hasonló gondolatmenet alapján viszont más esetek is méretezhetők.

6. Néhány példa

6.1. Követő SN 72748 típusú áramkörrel

A 12. ábrán SN 72748 típusú műveleti erősítővel kialakított klasszikus követő és $\beta_\infty = 0,1$ jellemzőjű módosított kapcsolás szerepel. A második esetben a kompenzáló kondenzátor értéke tizedakkora (30 pF, illetve 3 pF). Ennek megfelelően $A_0 f_1$ -re 700 kHz, illetve 7 MHz értéket tételezzünk fel. A zajjellemzőket és nagyjelű jellemzőket az alábbi táblázatban foglaltuk össze (a $\beta_\infty = 0,1$ esetét két impedanciaszint-re számoltuk).



12. ábra

A zajszámításnál a katalógusok által megadott $\overline{i_z^2}$, $\overline{u_z^2}$ diagramban megadott értékeit vettük figyelembe és feltételeztük, hogy az ezekhez tartozó zajgenerátorok korrelálatlanok.

A bemeneti impedancia szempontjából lehető nagy értékű ellenállások alkalmazása előnyös (lásd a táblázat második és harmadik oszlopának értékeit).

Klasszikus követő	$R_1 = 10 \text{ kohm}$ $R_2 = 90 \text{ kohm}$	$R_1 = 1 \text{ kohm}$ $R_2 = 9 \text{ kohm}$
$\overline{u_z^2}$ ($f = 10 \text{ kHz}$) [V ² /Hz]	$4 \cdot 10^{-16}$	$5,7 \cdot 10^{-14}$
		$4,2 \cdot 10^{-14}$

$\overline{i_z^2}$ ($f=10\text{ kHz}$) [A ² /Hz]	$3 \cdot 10^{-25}$	$6 \cdot 10^{-24}$	$4,2 \cdot 10^{-22}$
SR [V/ μ s]	0,5	5	5
f_h [kHz]	8	80	80
Z_{be} ($f=10\text{ kHz}$) [kohm]	$\approx \infty$	$-j 700$	$-j 70$
C_{be} [pF]	≈ 0	22,7	227

6.2. Aktív szűrő vezérelt generátora (8. ábra)

$|H| \gg 1$ feltétel mellett

$$\frac{R_2}{R_3} = K - 1 \quad \text{és} \quad \frac{R_1}{R_3} = \frac{K - 1}{\beta_\infty - K}$$

figyelembevételével az ellenállásarányok számolhatók.

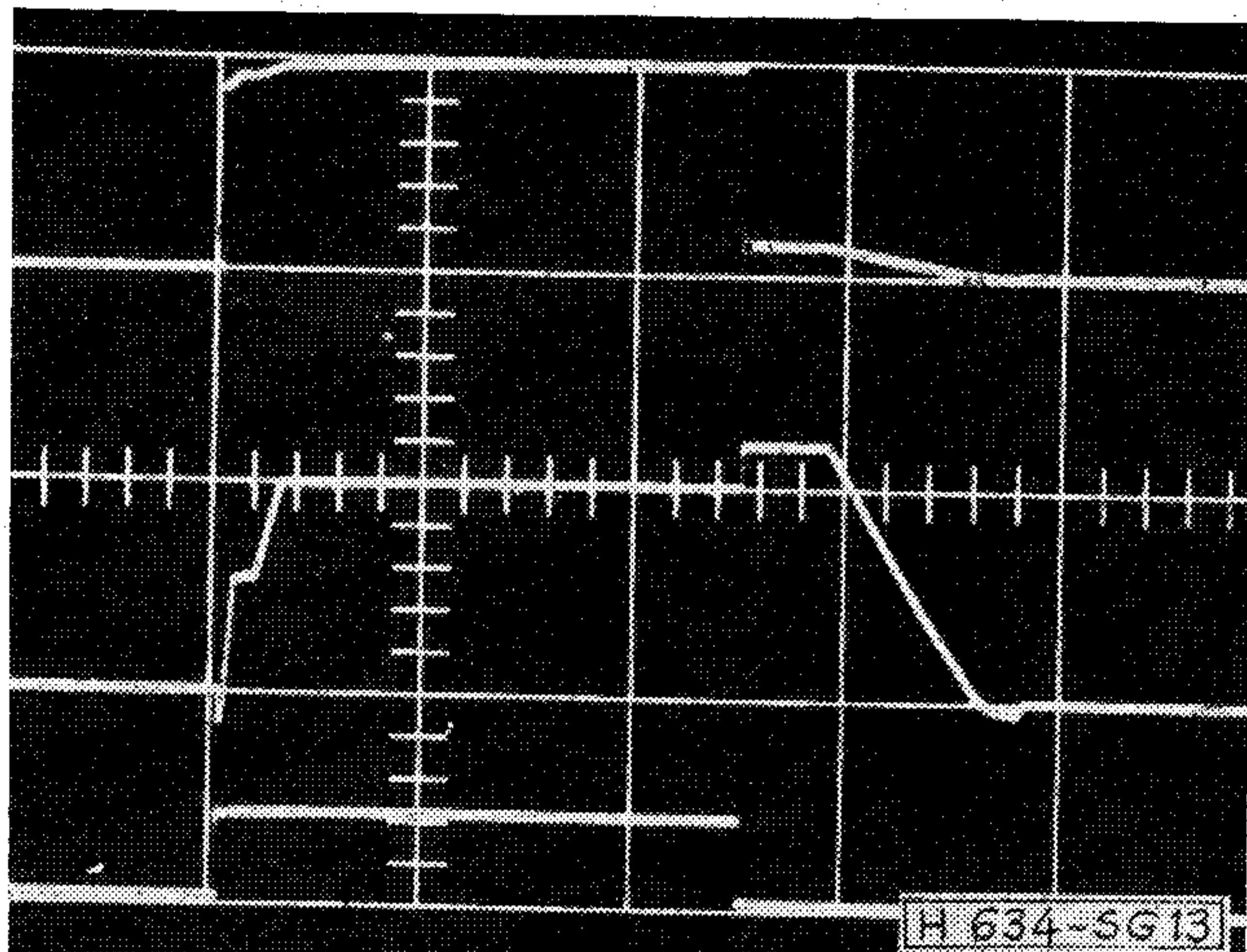
Legyen pl. $K=3,4$ és $\beta_\infty=0,1$. Vegyük fel R_3 -at 10 kohm-ra. A végeredmény: $R_2=24$ kohm, $R_1=3,64$ kohm és $C_{be} \approx 77$ pF.

7. Másodlagos hatások a tranziens viselkedésben

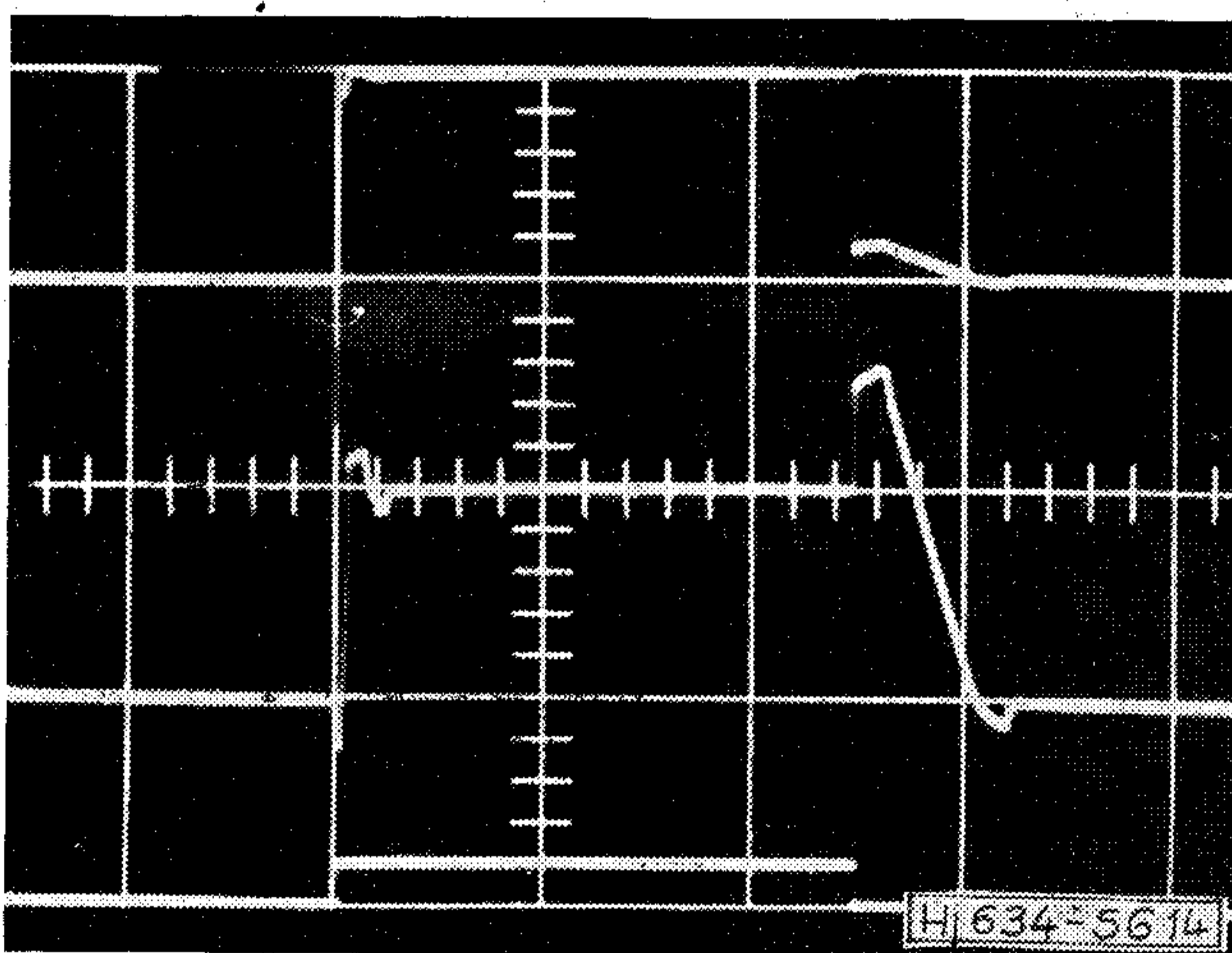
A gyors működés és az igen nagy közös módusú vezérlés következtében legtöbb műveleti erősítő típusnál négyszögjel vezérlés hatására a kimeneten az egyszerű jelváltozási sebesség korlátozott változáshoz képest másodlagos hatások miatt jelentős eltérések mutatkoznak.

A példaképpen tárgyalt SN 72748 típusra vizsgáljuk meg a jelenségeket a táblázatban is szereplő tízszeres sebességű rendszerre (l. a 15. ábra elemértekeit). A pozitív és negatív bemeneti ugrásokra az invertáló bemeneten és a kimeneten a várttól eltérő tranziens jelenségek figyelhetők meg (13. és 14. ábra). Az eltérések [8] gondolatmenetét alkalmazva indokolhatók. Az egyenértékű közelítő helyettesítő kép a 15. ábra szerinti. C_1 és C_2 néhány pF értékű parazita kapacitások, $C_k=3$ pF, $R=1$ kohm. A műveleti erősítő bemeneti fokozatait kiemeltük. A háromszögjel jelölt részegység és C_k a műveleti erősítő integrátorként viselkedő további fokozatait jelképezi.

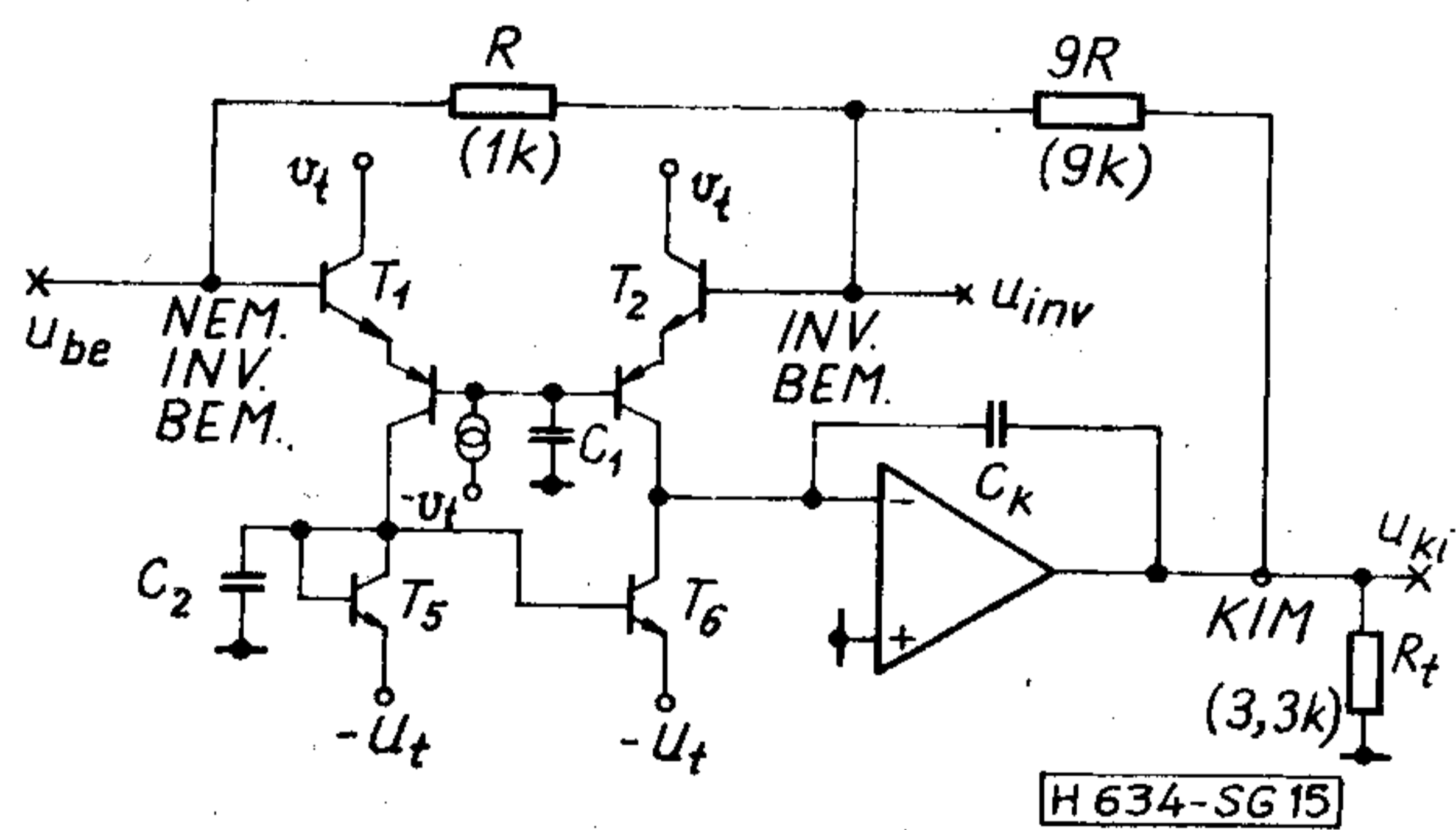
Tételezzük fel, hogy a kimenet, a nem invertáló bemenet és az invertáló bemenet nagy negatív potenciálon van. A nem invertáló bemenetre érkező pozitív ugrás nyitja a differenciálerősítő T1–T3 felét, de az ugrás 90%-a a T2–T4 felet is (C_1 -et az ugrásnak át kell tölteni). A nagy áram által T4 kollektorán keresztül érkező töltés hatására C_k feszültsége negatív irányban gyorsan változik, C_2 lassító hatása miatt a T5–T6 áramtükör árama csak késve ad áramot



13. ábra (A jelek értelmezése felülről lefelé: u_{inv} (20V/osztás), u_{ki} (20V/osztás), u_{be} (50V/osztás). Az időalap: 10 μ s/osztás.)



14. ábra (A jelek értelmezése felülről lefelé: u_{inv} (10V/osztás), u_{ki} (10V/osztás), u_{be} (50V/osztás), Az időalap: 10 μ s/osztás.)



15. ábra

az integrátor bemenetére. Ez indokolja, hogy a bemenetre adott pozitív ugrás után a kimeneti jel először negatív irányban változik. A C_1 áttöltéséhez szükséges töltés árama végül is nagy sebességgel tölti át C_k -t, ezért a kimeneti jel változása gyors.

Hasonló jelenség lép fel a bemenet negatív irányú vezérlésénél azzal a különbséggel, hogy ilyenkor C_1 kezdeti töltése, vagyis feszültsége miatt T1–T3 és T2–T4 is lezár, de C_2 csak lassan töltődik át, ezért T5–T6 egy ideig még vezet, így az integrátor kimeneti feszültsége először pozitív irányban változik. Ha C_1 az áramgenerátor hatására viszony-

lag lassan áttöltődött, T2—T4 kinyit és a további tranziens jelenségek lezajlása után beáll a végállapot, melyhez az invertáló és nem invertáló bemenet, valamint a kiemenet közel azonos potenciálja tartozik.

Végezetül köszönetemet fejezem ki dr. Komarik Józsefnek, Vannai Nándornak és Mihály Zsigmondnak a másodlagos hatásokra vonatkozó, valamint a cikk megszövegezését érintő hasznos észrevételeiért.

IRODALOM

- [1] Pap László—Csernák József: Műveleti erősítők kompenzálása előrecsatolással. Híradástechnika XXVI. 3. 68—78.
[2] Dr. Simon Gyula—Fülöp Tamás: Műveleti erősítő kapcsolások

frekvencia kompenzálása. Híradástechnika XXV. 7. 215—222.

- [3] Dr. Simon Gyula: Egy műveleti erősítő aktív szűrőtagok kompenzálása. Híradástechnika XXV. 8. 234—237.
[4] Simon Gyula: Integrált áramköri műveleti erősítők. Egyetemi doktori értekezés 1971.
[5] Dr. Simon Gyula—Pap László: Maximális jelváltozási sebesség műveleti erősítőkben. Híradástechnika XXIII. 12. 365—372.
[6] Pap László—Simon Gyula: Differenciálerősítők zajviszonyai. Híradástechnika XXII. 8. 232—238.
[7] Dr. Simon Gyula: Aktív szűrők. Egyetemi jegyzet. Tankönyvkiadó 1978. 39—41.
[8] James E. Solomon: The monolithic Op amp: a tutorial study. IEEE J. of Solid-State Circuits, SC—9, 1974. dec. 314—332.

ICECP '80

Villamos Érintkező Jelenségek Nemzetközi Konferencia
Budapest, 1980. szeptember

A 10th International Conference on Electrical Contact Phenomena (ICECP '80), a Nemzetközi Tanácsadó Testület döntése alapján 1980. szeptemberében Budapesten kerül megrendezésre a Magyar Elektronikai Egyesület és a Híradástechnikai Tudományos Egyesület közös rendezésében, a Magyar Tudományos Akadémia védnökségével.

A Konferencia tárgya

A villamos érintkezők és érintkező jelenségek kutatási és fejlesztési eredményeinek, valamint az érintkezők alkalmazásával kapcsolatos legújabb problémák megvitatása a híradástechnika, a számítógéptechnika, az erősáramú kapcsolástechnika és a szabályozástechnika területén.

Fő tématerületek

- alapvető érintkezőjelenségek
- környezeti hatások
- érintkezőanyagok
- új technológiák
- vizsgálat és kiértékelés
- megbízhatóság
- érintkezőfémek gazdaságos felhasználása
- különlegesen tiszta érintkezőanyagok
- nagyáramú be- és kikapcsoló érintkezők
- vákuumkapcsoló-készülékek érintkezői
- kisáramú be- és kikapcsoló érintkezők
- a villamos ív eróziós hatása az érintkezőkre
- reed relék érintkezői
- nyugvó- és csúszóérintkezők
- speciális érintkezőproblémák az elektronika területén

— szabványosítási kérdések az érintkezők kialakítására és vizsgálatára vonatkozóan

A Konferencia hivatalos nyelve: angol

A Magyar Szervező Bizottság a nagy hazai és nemzetközi érdeklődésre tekintettel gondoskodni kíván az előadások és viták angol, francia, német, orosz és magyar nyelvre történő szinkron tolmácsolásáról is.

Előadók és résztvevők jelentkezése

A magyar szakemberek számára a Szervező Bizottság lehetőséget kíván biztosítani ezen, a témakörben legjelentősebb nemzetközi konferencián, a minél nagyobb számú aktív részvételre. Ezért kérjük az érdeklődőket, hogy legkésőbb 1979. VI. 15-ig szóban vagy írásban jelentsék be a Magyar Elektronikai Egyesületben (1055 Budapest, Kossuth Lajos tér 6—8.) előzetes részvételi szándékukat. A jelentkezéskor az ICECP '80-ra szíveskedjenek hivatkozni.

Mindazok, akik előadással akarnak szerepelni a konferencián az előadásuk 500 szavas magyar vagy angol nyelvű rövid kivonatát

1979. IV. 15-ig

küldjék be a Magyar Elektrotechnikai Egyesületbe, hogy megfelelő szakmai zsűri véleménye alapján kiválaszthassuk a legalkalmasabbakat. Az előadások elfogadásáról a Szervező Bizottság 1979. X. 15-ig tájékoztatja a szerzőket, akik ezután a teljes kéziratot angol nyelven kell hogy elkészítsék 1980. II. 15-ig. Az elfogadott előadások mindegyike részt vesz a szakmai vitán és kinyomtatásra kerül az angol nyelvű konferencia kiadványban.

Az érdeklődők jelentkezését várjuk. Részletesebb információval a Magyar Elektrotechnikai Egyesület szolgál.

CONSTRONIC '80

A Híradástechnikai Tudományos Egyesület dr. Almássy György főtitkár a MTESZ 5 tagegyesületével közösen, a Magyar Tudományos Akadémia védnöksége alatt 1980. április 22—26. között rendezi meg Budapesten a 3. Szerkezeti Konstruktív az Elektrotechnikában (Constronic '80) nemzetközi részvételi konferenciát.

A Constronic '80 szerves folytatása annak a négyévenként Budapesten megrendezett konferenciasorozatnak, amelyen az elektronikus készülékek és berendezések mechanikai konstruktóriái értékelik az elektronika legújabb fejlesztési eredményeinek és a számítástechnika lehetőségeinek hatását a mechanikai konstrukcióra, megvitatják az új konstrukciós megoldásokat, a technológia és a konstrukció fejlődésének kölcsönhatásait és megvitatják a konstruktőrök képzésének és továbbképzésének problémáit.

A Constronic '80 konferencia célja az, hogy a fenti témákban a külföldi és hazai szakemberek széles körű tapasztalatcseréjét biztosítsa és fórumot adjon a legutóbbi 4 évben elért fejlődés ismertetésére.

A konferencia hivatalos nyelvei: magyar, német, orosz, angol.

A konferenciára előadóként az előadás címével és rövid (kb. 20 soros) tartalmával 1979. május 31-ig lehet jelentkezni.

Az előadások teljes szövegét 1979. október hó 20-ig kell beküldeni magyar és egy további hivatalos nyelven.

A konferencia anyagát a konferencia előtt nyomtatásban megjelentetjük és a résztvevők rendelkezésére bocsátjuk.

A konferenciával kapcsolatban felvilágosítást ad a Híradástechnikai Tudományos Egyesület Titkársága, 1372 Budapest V., Kossuth Lajos tér 6—8., Telefon: 113-027.

Vékony felületi roncsolt rétegek jellemzése ellipszometriával

ETO 539.211:669.782:681.785.35

Az egykristályrác sík, vagy térbeli torzulásai általában diszlokációs vonalak és hálók kialakulásával indokolhatók, amelyek a félvezető anyagok fizikai (pl. elektromos, optikai) jellemzőinek megváltozásán kívül kihatnak a technológiai folyamatok reprodukálhatósági és kihozatali mutatóinak alakulására is. A korszerű, nagy bonyolultságú (LSI) áramkörök létrejöttével megnöttek a félvezető anyagokkal szemben támasztott követelmények, s bár napjainkban a felhasznált alapanyag gyakorlatilag diszlokációmentes, a technológiai folyamatok többsége elkerülhetetlenül az egykristály kisebb-nagyobb mérvű deformációjához vezet.

Tekintve, hogy a félvezető eszközök jellemzői — pl. a megbízhatóság, stabilitás — függenek a beépült kristályhibák mennyiségétől és minőségétől, szükség van olyan egyszerű, roncsolásmentes vizsgálati módszerre, amely alkalmas a kristályhibák jellemzésére. Ilyen lehetőséget kínál az optikai úton való minősítés, amely roncsolásmentes, és elektromos kontaktálást vagy különleges kémiai kezelést nem igényel.

A félvezető technológiában elterjedten alkalmazzák az ellipszometriát, amely alkalmas a félvezetők optikai állandóinak meghatározására, továbbá a kristály felületén levő vékony dielektrikum rétegek (pl. oxid) minősítésére. Felmerül a kérdés, hogy a diszlokációk okoznak-e olyan mérvű változásokat a félvezető optikai állandóiban, amelyek ellipszometriás méréssel kimutathatók.

A kísérletsorozat célja a diszlokáció-sűrűség és az ellipszometriás paraméterek közötti kapcsolat keresése volt. A vizsgálat eredménye pozitívnak mondható, mert a mérések összefüggést mutattak a diszlokáció-sűrűség és az ellipszometriás paraméterek között.

Ellipszometria

Az ellipszométer működési elve

Az ellipszometria a vizsgált felületre bocsátott fény visszaverődés után szenvedett polarizációs állapotváltozásának mérésén alapul.

Ha két közeg határára síkban polarizált fény esik, akkor a visszavert és megtört sugárnak nemcsak a terjedési, hanem a rezgési iránya is függ a beesés szögétől. A beesési és törési szög, valamint a beeső, visszavert és megtört sugár fényvektorának komponen-

sei között az összefüggést a Fresnel-egyenletek adják meg [1, 2].

A természetes fény igen sok egymástól független, különböző rezgési iránnyal rendelkező, síkpoláros fény eredője. Ha ilyen fénynyalábot ejtünk egy bizonyos P szög alatt az üveglapra, akkor az csak a beesési síkra merőleges összetevőt veri vissza, így az üveglemezzel természetes fényből síkpolárosat állíthatunk elő. Éppen ezért P -t a polarizáció szögének nevezük, a hozzátartozó beesési síkot pedig polarizációs síknak. A létrejövő síkpoláros fény rezgési síkja tehát nem esik egybe a polarizáció síkjával, hanem arra merőleges.

A polarizáció szögének ismeretében könnyen meghatározható az üveg n törésmutatója. A Snellius–Descartes-törvényből a polarizáció szögére a következőket kapjuk:

$$\frac{\sin P}{\sin(90^\circ - P)} = \operatorname{tg} P = n.$$

Erősen abszorbeáló anyagok, így pl. a félvezetők esetén az általános Fresnel-formulák érvényesek.

Az elliptikusan poláros fény leírás módjára alkalmas a Poincare-reprezentáció [3]. Abszorbeáló felületről való reflexió esetén a visszavert fényhullám a beesési síkra merőleges és azzal párhuzamos két összetevőre bontható. A visszaverődés Δ fáziskülönbséget okoz ezen két komponens között, és az amplitúdóviszonyaikat $\operatorname{tg} \psi$ faktorial megváltoztatja.

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{\rho^p}{\rho^s},$$

ahol:

$$\rho^p = \frac{I_{rp}}{I_{ip}}; \quad \rho^s = \frac{I_{rs}}{I_{is}}$$

$I_{ip,s}$ a beesés előtti párhuzamos, ill. merőleges amplitúdó.

$I_{rp,s}$ a visszaverődés utáni párhuzamos, ill. merőleges amplitúdókat jelenti.

A Δ és ψ paraméterek szögekként értelmezhetők, és az ellipticitás paramétereinek nevezzük őket. A paraméterek egyértelműen függenek a vizsgált visszaverő felület optikai állandóitól, a rajta levő dielektrikum-réteg (ha van ilyen) törésmutatójától és a vastagságától, a fénysugár beesési szögétől és hullámhosszától.

Ha a beeső fény elliptikusan poláros, a visszaverődés során az ellipticitás — a felület tulajdonságaitól függően — megváltozik, sőt meghatározott feltételek mellett a visszavert fény síkban polarizálttá válik. Ez akkor jön létre, ha a minta által okozott ellipticitásváltozás megfelel a beeső fény elliptikusságának. A visszavert fénysugarat polárszűrőn keresztül-

Beérkezett: 1978. XII. 12.

Jelen publikáció a HTE 1978. évi szakdolgozat-pályázatán I. helyezést ért el dolgozat rövidített változata. A szakdolgozat a Kandó Kálmán Villamosipari Műszaki Főiskolán készült.



1. ábra. LEM-2 típusú ellipszométer optikai vázlata

vezetve megfelelő beállítással elérhető, hogy a kilépő fény intenzitása gyakorlatilag nulla legyen. A fényerősség fotodetektor segítségével mérhető.

Az ellipszométer leírása és használata

A kísérleteket LEM-2 típusú ellipszométer segítségével végeztük [4]. Az ellipszométer optikai vázlata az 1. ábrán látható. Monokromatikus fényforrásként az L He-Ne optikai kvantumgenerátor (lézer) szolgál. A $\frac{\lambda}{4}$ negyedhullámú lemez a lézer síkpoláros fényét cirkulárisan polarizált fénné alakítja át. A P polarizátor a negyedhullámú lemezből kilépő fényt megfelelő szögben beállítható síkpoláros fénné alakítja át. A negyedhullámú lemez azért szükséges, hogy a lézer (polarizátorral együtt) forgatása kiküszöbölhető legyen. Az így előállított síkpoláros fény áthalad a Q kompenzátoron, ami elliptikusan polarizálttá teszi. A létrejött elliptikusan polarizált fény megfelelő lencserendszeren áthaladva és a vizsgált felületről visszaverődve, egy másik lencserendszeren át az A analízatorba jut. Az analízator lényegében polárszűrő, innen a fény az F fotodetektorra jut. A fotodetektor felerősített kimenő jelét az I indikátoron figyelhetjük meg.

A mérés során a polarizátort és az analízátort felváltva forgatva elérhető olyan helyzet, amelynél az analízatorból kilépő fény intenzitása minimális lesz. Ebben az esetben a fény polarizátor, ill. kompenzátor által létrehozott ellipticitása megfelel a vizsgált felület által okozott ellipticitásnak, s az arról visszaverődött fény síkban polarizálttá válik.

A visszavert síkpoláros fényt a fény síkjában álló analízator kioltja. Kioltási helyzetben az analízator és polarizátor elfordulási szöge kapcsolatban áll a Δ és ψ paraméterekkel.

A felületet borító dielektrikum-réteg vastagságát d és törésmutatóját n általában grafikon segítségével határozzák meg. A grafikonok az ellipszometria egyenleteinek numerikus megoldásait tartalmazzák, amelyek a $\psi = f_1(d, n)$ és $\Delta = f_2(d, n)$ implicit függvények formájában adóttak. A számításokban fix paraméterként szerepel a felhasznált monokromatikus fény hullámhossza (He-Ne lézer esetén $\lambda = 6328 \text{ \AA}$), a fényhullám φ beesési szöge és a hordozó (félvezető) komplex törésmutatója ($N = n - ik$) [5].

Roncsolt rétegek fizikai és optikai tulajdonságai

Kristályhibák

A kristályos anyagokat alkotó atomok rendezett formában, kristályrácsban helyezkednek el. A rács szerkezetében fellépő rendellenességeket kristályhibának nevezzük. Ezek a hibák a szilárd testek számos fizikai tulajdonságát megváltoztatják. Különösen lényeges ez a félvezető kristályok esetében, amelyek fizikai és elsősorban elektromos tulajdonságai rendkívül érzékenyen függenek az anyagban levő, igen kis mennyiségű szennyező vagy adalék atomoktól, valamint az ideális kristályrácstól való eltérésektől.

A kristályhibákat a következőképpen csoportosíthatjuk:

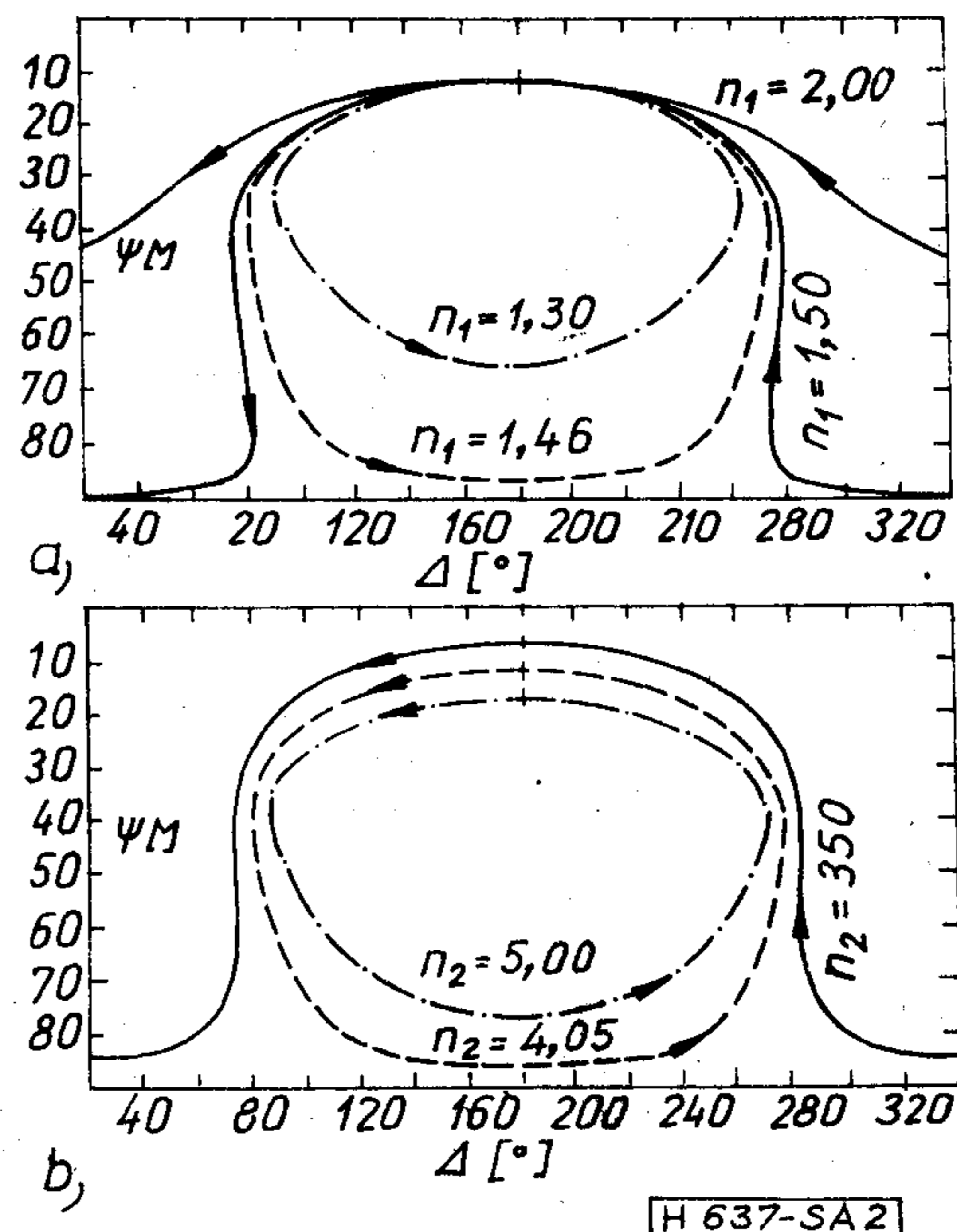
- elemi ponthibák, azaz vakanciák, szubsztitúciós (rácspontra épült idegen atom) és intersticiális (a rácspontra közé épült idegen atom) hibák;
- lineáris (vonalszerű) hibák, például diszlokációk;
- felületi hibák, azaz kis szögű szemcsehatárok, ikerhatárok, rétegződési hibák;
- különböző összetett hibák, mint pl. divakanciák, vakancia-intersticiális párok stb.

Roncsolt felületek optikai jellemzői

Fénytani szempontból a félvezető anyag optikai állandóit a komplex törésmutató tartalmazza:

$$N = n - ik,$$

ahol n a törésmutató és k az extinkciós (gyengítési) tényező. Az optikai állandók a vizsgált anyag szerkezetétől függenek. A diszlokációk hatása az optikai abszorpcióban mutatkozik meg. A kristály fényelnyelését a gyengítési tényező és a törésmutató há-



2. ábra. Δ és ψ értéke a rétegvastagság függvényében. a) az oxidréteg törésmutatójával paraméterezve, $n_2 = 4,050$ — $i0,028$; $\varphi = 70^\circ$. b) a Si törésmutatójával paraméterezve $k_2 = 0,028$; $n_1 = 1,460$; $\varphi_1 = 70^\circ$

nyadosa, a $K = \frac{k}{n}$ abszorpciós tényező határozza meg [1]. Az anyag szerkezeti megváltozása (kristályhibák, deformációk) maga után vonja az optikai állandók, és ezáltal az ellipszometriás paraméterek: Δ és ψ megváltozását is.

K. Vedam [8] megvizsgálta Δ és ψ függését Si-SiO₂ rendszerben az oxid n_1 és a szilícium $N = n_2 - ik_2$ törésmutatójától. Ezeket az eredményeket mutatja a 2. ábra, ahol Δ és ψ elméleti értékei szerepelnek a rétegvastagság függvényében különböző n_2 (Si) esetén, ahol az oxid n_1 törésmutatója és a Si k_2 extinkciós tényezője állandó. A jelzések a görbéken $\Delta \cong 180^\circ$ -nál vannak, ahol a felület oxidmentes, a nyilak az oxidvastagság növekedésének irányát mutatják. A görbékől látható, hogy az oxidvastagság növekedésével a Δ csökken, míg ψ lényegében állandó marad kb. 50 Å-ig. Ez azért lényeges, mert szabad levegőn kb. 15...20 Å vastagságú oxid keletkezik, tehát védőatmoszféra nélkül, egyszerű körülmények között is mérhetők a hordozó optikai állandói [9].

Igen lényeges tehát, hogy az említett oxidrétegtartományban ψ nem függ n_1 -től (2a ábra), ellenben függ n_2 nagyságától (2b ábra). Ennélfogva ψ megváltozása csakis a szilíciumkristály törésmutatójának megváltozásából eredhet.

Kísérletek és eredmények

A szeletek előkészítése

A kísérletek elvégzéséhez különböző diszlokációsűrűségű szilíciumszeletekre volt szükség. A diszlokált tartományok előállítása nagy koncentrációjú ($3 \cdot 10^{20}$ atom/cm³) bórdiffúzió segítségével történt [10].

15 db 1,5''-os* n-típusú 2...6 Ωcm-es Si-szelettel indult a kísérlet. Számozás és előkészítés után a szeletekre 7700 Å vastagságú oxidot növesztettünk. Félbeexponálás és az oxidnak a szelet egyik feléről történő eltávolítása után rendre 500 Å, 1000 Å, 1500 Å stb. rétegvastagságú oxidot növesztettünk. A különböző vastagságú oxid miatt a bórleválasztás során bekerült bór mennyisége — és így a diszlokációsűrűség — más és más lett. A behajtás és oxidmaratás után került sor az ellipszometriás vizsgálatokra.

Az ellipszometriás mérés leírása

A mérések során a fény beesési szöge: $\varphi = 70^\circ$ és hullámhossza: $\lambda = 6328 \text{ \AA}$ (He-Ne lézer) állandó volt. Mértük a kioltásnak megfelelő analizátor és polarizátor szögelfordulásokat és az elméleti összefüggések alapján ezekből meghatároztuk Δ és ψ értékeit. A mérések során bebizonyosodott, hogy Δ a mérési hibahatáron belül nem változott. Ellenben ψ értéke 9° -tól (legroncsoltabb felület) $10^\circ 30'$ -ig (diszlokációmentes felület) változott. Referenciafelületnek a 7700 Å vastag oxidréteggel borított területet használtuk. Az eredményeket a 3. ábra szemlélteti.

* 1'' (coll) = 25,4 mm

A diszlokációsűrűség meghatározása

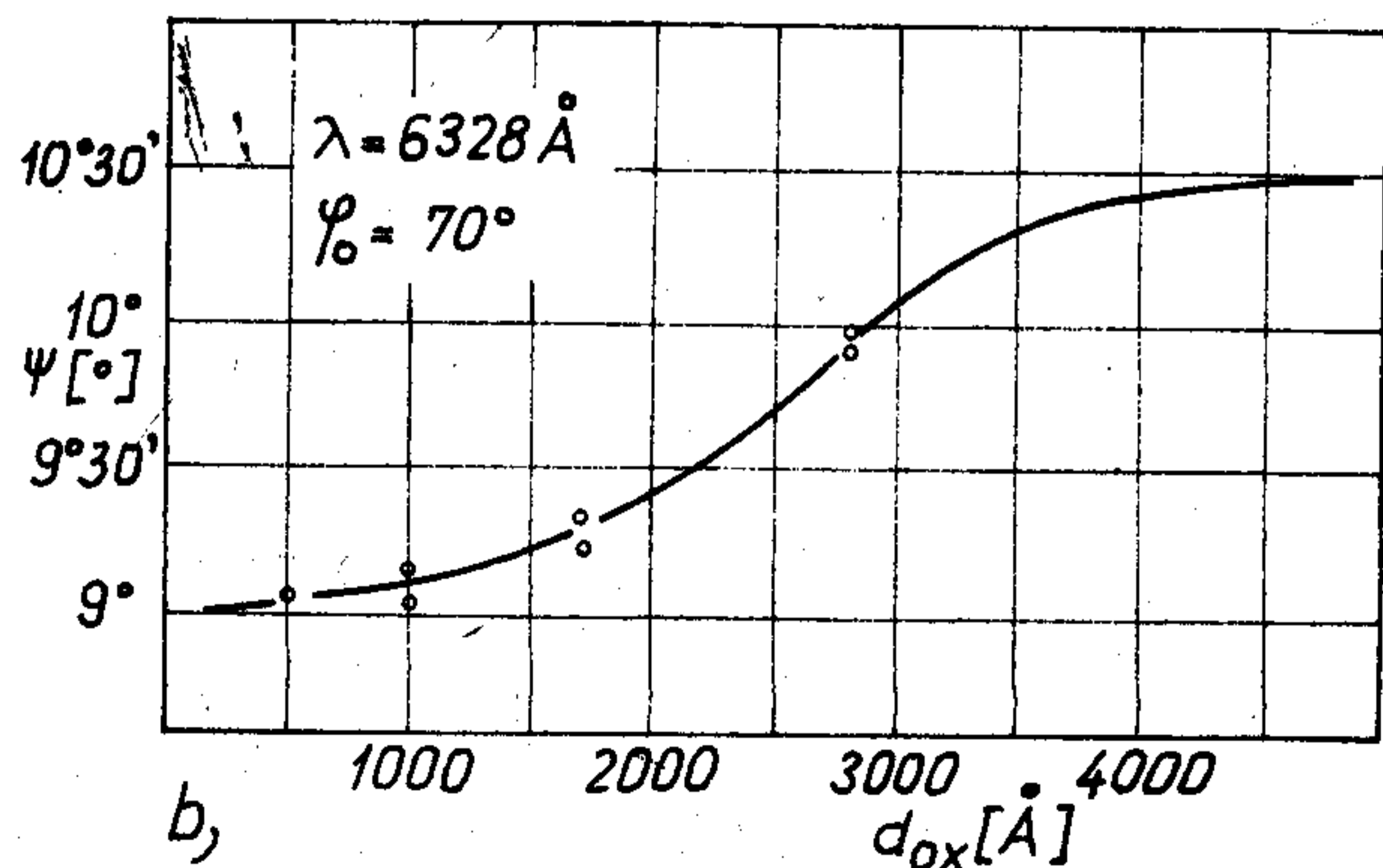
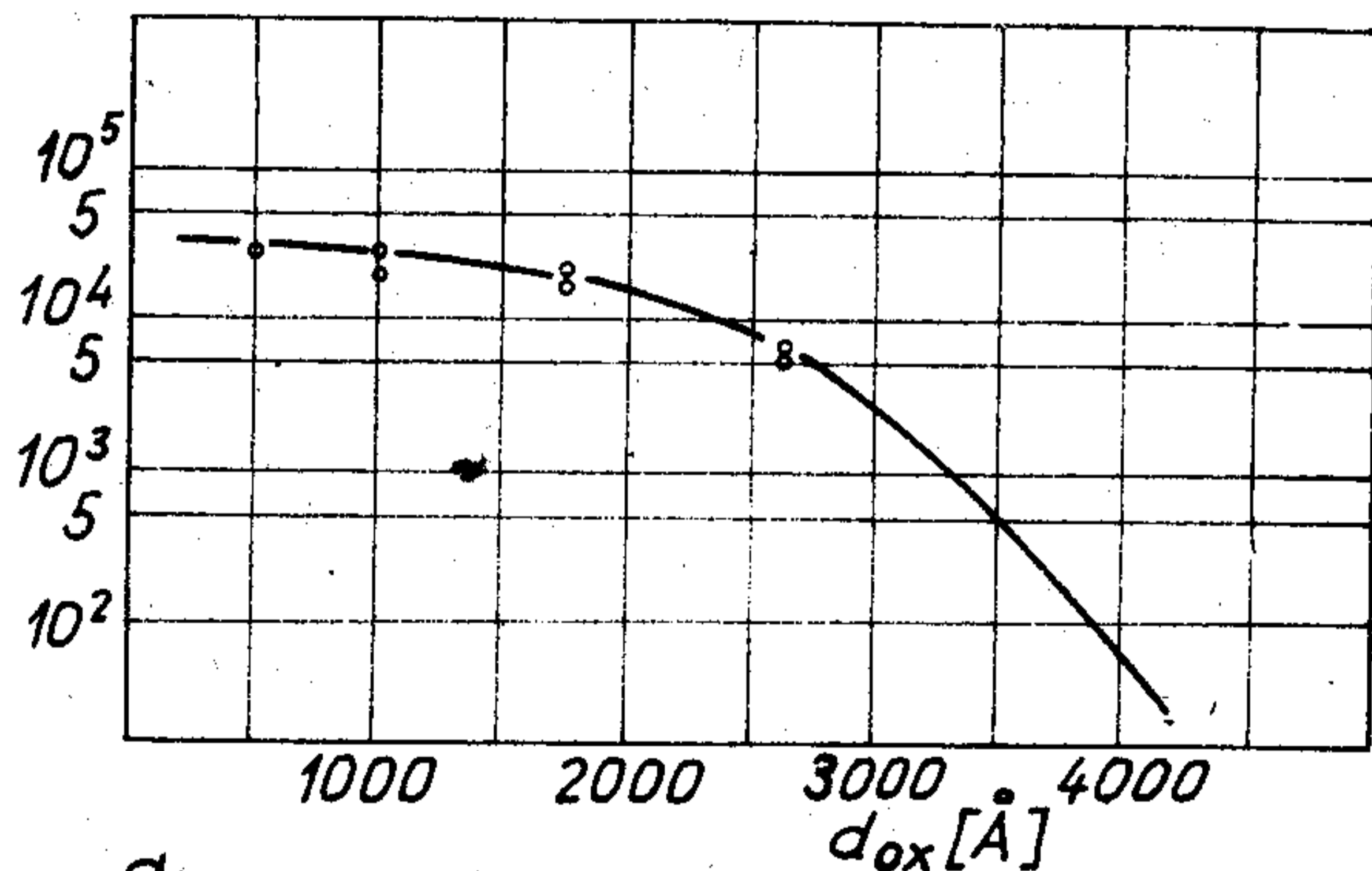
Az ellipszométerrel lemert szeleteket diszlokációra előhívtuk (Sirtl maró, 5 perc), és mikroszkópon keresztül lefényképeztük. A legjellegzetesebb hat szelet fényképét a 4. ábra mutatja be. A mikroszkóp nagyítása ismeretében ($\times 250$) a készült fényképek alapján a diszlokációsűrűség meghatározható volt.

Az eredmények értékelése

Vizsgálataink végső eredményét: az egyes szeletekhez tartozó diszlokációsűrűség függvényében mért ψ ellipszometriás paraméterértékeket az 5. ábra tartalmazza. A vizsgálatok egyértelműen bizonyítják, hogy a diszlokációsűrűség és a ψ paraméter között szoros összefüggés van. 0-tól $35\,000 \text{ mm}^{-2}$ -ig változó diszlokációsűrűség esetén ψ értéke $10^\circ 30'$ és 9° között változott.

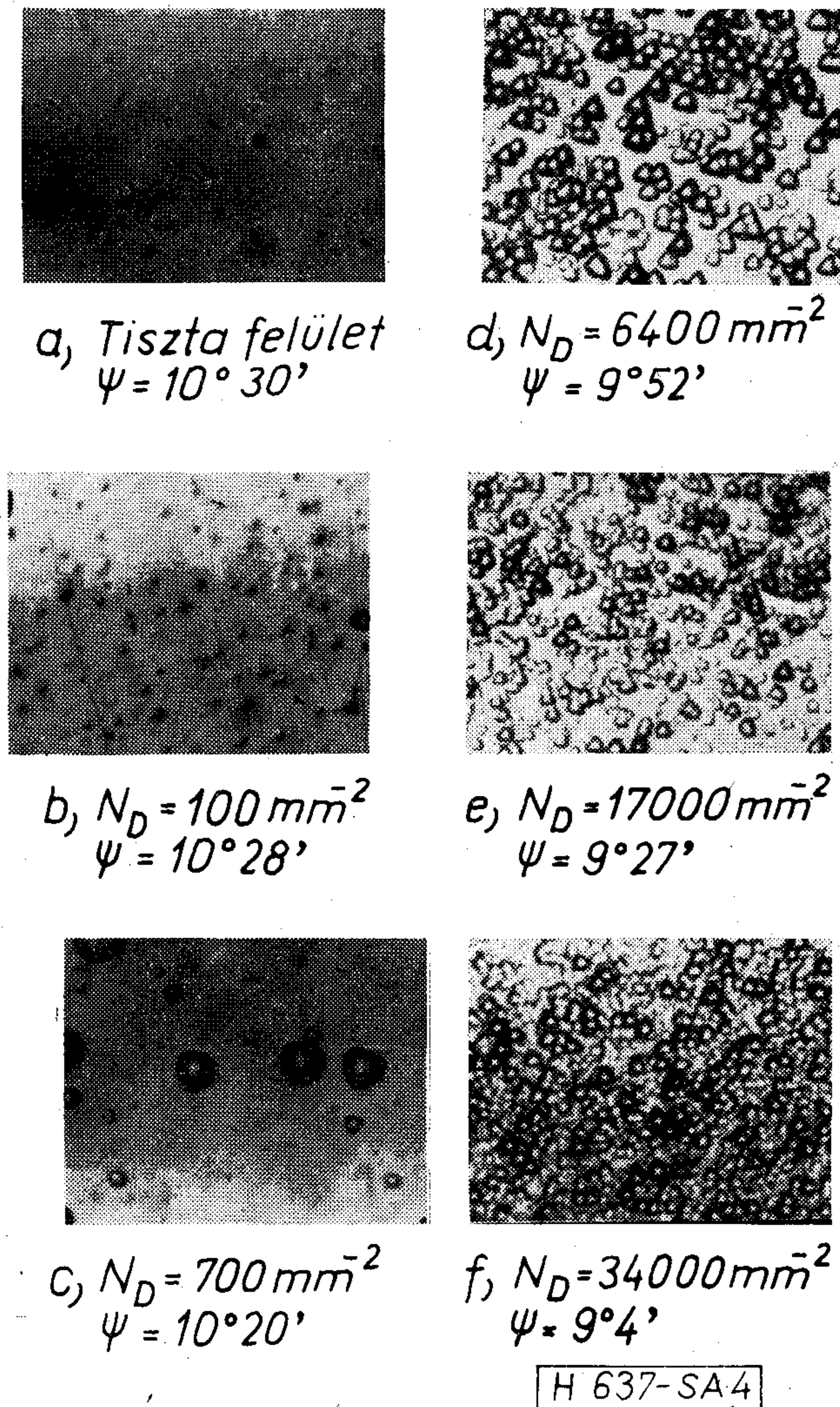
A szakirodalom áttekintése alapján az látható, hogy igen kevés szerző foglalkozott a diszlokációk ellipszometriás vizsgálatával, és a közölt publikációk sem adnak egyértelmű összefüggést. Figyelemre méltó azonban K. Vedam közleménye [8], aki különböző polírozási eljárással (mechanikai, kémiai) előkészített Si-szeleteket vizsgált.

A méréseket értékelve elmondhatjuk, hogy az ellipszometriás mérés alkalmas a Si-szeletek diszlokációsűrűségének jellemzésére. Az ellipszométerrel való mérés gyorsasága és egyszerűsége, valamint az a körülmény, hogy a vizsgálat roncsolásmentes, a módszer ipari alkalmazásra lehetővé teszi.



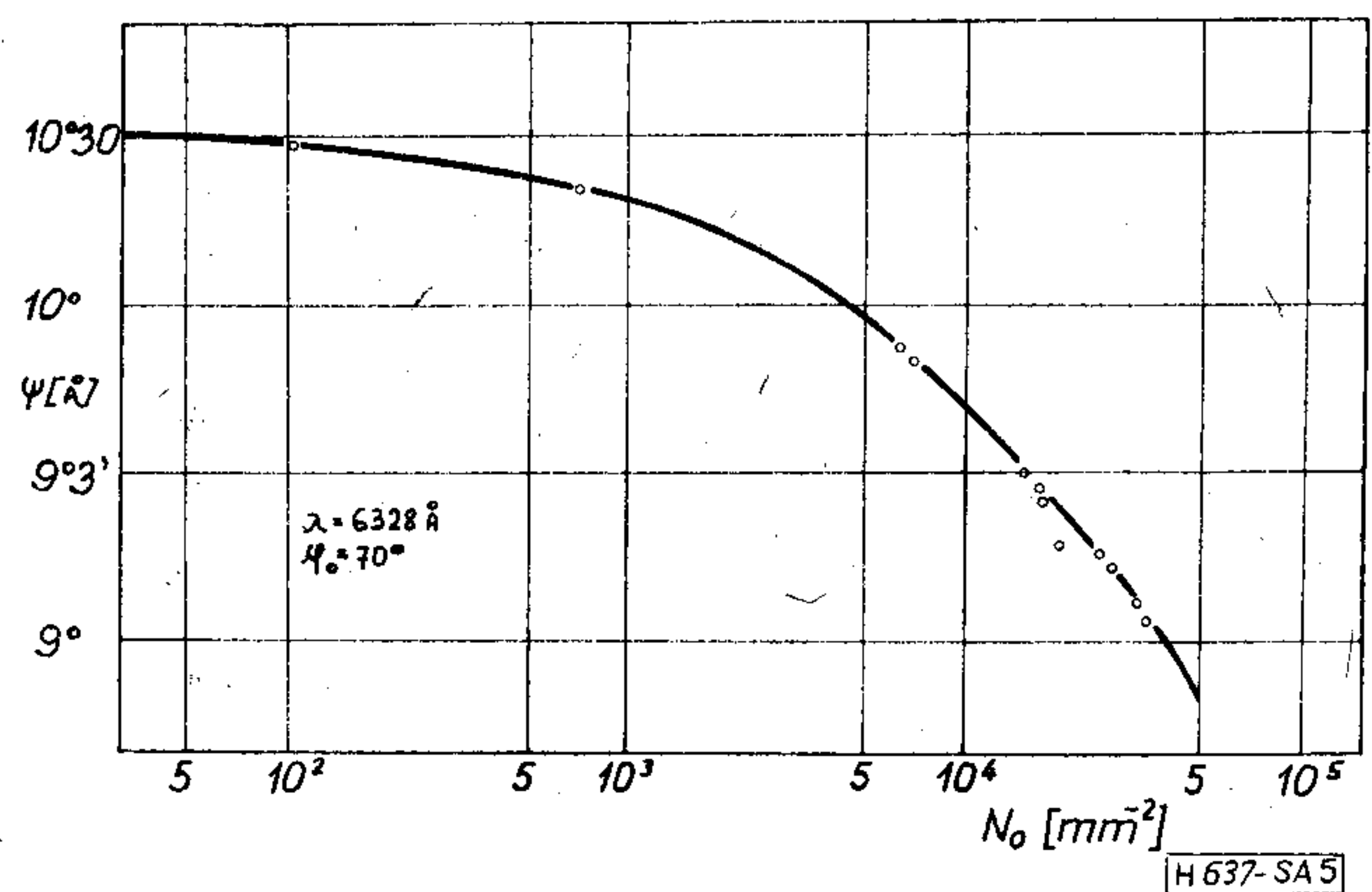
H 637-SA 3

3. ábra. a) a diszlokációsűrűség az oxidvastagság függvényében, b) a ψ ellipszometriás paraméter az oxidvastagság függvényében



4. ábra. A diszlokációsűrűség (N_D) meghatározásához készült fényképek. A nagyítás 250-szeres. a) Tiszta felület, $\psi = 10^\circ 30'$, b) $N_D = 100 \text{ mm}^{-2}$, $\psi = 10^\circ 28'$. c) $N_D = 700 \text{ mm}^{-2}$, $\psi = 10^\circ 20'$. d) $N_D = 6400 \text{ mm}^{-2}$, $\psi = 9^\circ 52'$. e) $N_D = 17000 \text{ mm}^{-2}$, $\psi = 9^\circ 27'$. f) $N_D = 34000 \text{ mm}^{-2}$, $\psi = 9^\circ 4'$.

Szerző köszönetét fejezi ki Szentiday Klára főiskolai adjunktusnak és Kiss Tibornak, a Híradástechnikai Ipari Kutató Intézet tudományos munkatársának munkája során nyújtott értékes segítségükért.



5. ábra. Az ellipszometriás ψ paraméter változása a diszlokációsűrűség (N_D) függvényében

IRODALOM

- [1] T. S. Moss: Optical properties of semiconductor. Butterworths Scientific Publications. London, 1959.
- [2] M. Born, E. Wolf: Principles of optics Pergamon Press. London, 1965.
- [3] Ellipsometry in the Measurement of Surfaces and Thin Films. Symposion Proceedings Washington 1963.
- [4] Mikroszkop lázernűj ellipszometriceszki LEM—2. Tehnyiceszkoje opiszanyije i insztrukcija po ekszpluatacaji. (Az ellipszométer gépkönyve)
- [5] Ellipsometry. Proceedings of the Third International Conference on Ellipsometry. Univ. of Nebraska, Lincoln, Nebraska 23—25 Sept. 1975. Ed. N. M. Baschara and R. M. A. Azzam = Surface Science, 56. (1976)
- [6] Pődör Bálint: Diszlokációk és elektromos tulajdonságaik félvezetőkben. A szilárdtestkutatás újabb eredményei. Akadémiai Kiadó, Bp. 1965.
- [7] Kovács I., Zsoldos L.: Diszlokációk és képlékeny alakváltozások. Műszaki Könyvkiadó, Bp. 1976.
- [8] K. Vedam: Characterization of Defects in Real Surfaces by Ellipsometry. Surface Science 56, 221, 1976.
- [9] Mc. Cracjin, R. L. Calson: Fortran program for analysis of ellipsometer measurements and calculations of reflection coefficient from thin films. NBS Technical Note 242. U. S. Govt. Print. Off., Washington, 1964.
- [10] Fogt Ákos: Hidrogéninjekciós bórforrásréteg leválasztásának vizsgálata. (Főiskolai szakdolgozat) F—5/1977.

Lapunk példányonként megvásárolható:

az V., Váci utca 10.

az V., Bajcsy-Zsilinszky út 76. szám alatti

hírlapboltokban

Műanyagtokozással védett elemek kryptoklimája nedves környezetben II. rész

ETO 62—213.3—036:532.72

A cikk tárgya: műanyag tokozások vízgőzáteresztésének számítása.

Az I. részben [1] a műanyag tokozás vízgőzáteresztésének egyik okával foglalkoztunk. Ez az ok a műgyanta-fémkivezetés érintkezési felületén, a hiányos tapadás (adhézió) következményeként keletkező nyílások vízgőzáteresztése.

A nyílások vízgőzáteresztését diffúziós anyagtranszportként kezeltük. Feltételeztük, hogy e nyílásoknak az áramlásra merőleges legkisebb mérete jóval nagyobb, mint a molekulák szabad úthossza. Feltételeztük továbbá, hogy a környezet és a gyártmány belső tere (röviden: mikrotér) közötti vízgőzdiffúziót a vízgőz parciális nyomásának különbsége hozza létre.

Felírtuk a nyílás S diffúziós vezetőképességét, amely nem függ a p vízgőznyomástól. Értelmeztük a rendszer Θ időállandóját. Levezettük a vízgőz parciális nyomásának — mikrotérre vonatkozó — $p(t)$, illetve a relatív légnedvesség $\varphi(t)$ időfüggvényét. A $p(t)$ és $\varphi(t)$ függvény alapján — adott kezdeti és peremfeltételek figyelembevételével — megvizsgáltuk különböző tényezők és kritériumok hatását a mikrotér fizikai állapotának, pontosabban a mikrotér nedvességének alakulására.

Ebben a cikkben a cél ugyancsak a mikrotér nedvesedésének megismerése, a folyamat számításával való meghatározása. A tokozás vízgőzáteresztésének forrása most azonban a tokozáshoz használt műgyantának, illetve magának a műgyantatoknak a permeációja (vígőzáteresztése).

Ez az eset összetettebb, mint az I. részben tárgyalt, az adhézios hiányosságok következményének számítása. A d vastagságú tok diffúziós vezetőképessége nem lineáris, ezért a fent említett $p(t)$, illetve $\varphi(t)$ függvényt is — mint majd látni fogjuk — csak közvetve tudjuk meghatározni. A számítási nehézségek megértése céljából először megvizsgáljuk a tranziens permeációt. A megoldáshoz, a mikrotér nedvesedésének számításához, az eset modellezésével jutunk el.

A továbbiakban a szóban forgó, a tokozáshoz használt műanyagot egyszerűen anyagnak nevezzük. A tokot d vastagságú, vékony, nagy kiterjedésű lemezként kezeljük. Ennek megfelelően az anyagban — amelyet homogénnek is tekintünk — csak vastagság irányú (x irányú) koncentrációgradienssel

számolunk. Az anyag D diffúziós tényezőjét állandónak tekintjük. (D korszerű műgyantáknál csak kevésbé függ a c vízgőzkoncentrációtól. $D=D(c)$ esetben, a szóban forgó c tartományra vonatkozó átlag diffúziós állandóval számolhatunk — lásd [2].)

A permeáció kinetikája d vastagságú lemezben, ha a lemez két oldala között a vízgőz parciális nyomásának különbsége állandó

A lemez x irányú koordinátái: határolja egyik oldalról a lemezt az $x=0$, a másik oldalról az $x=d$ felület. A $t=0$ időpontban legyen a vízgőzkoncentráció az anyagban mindenütt c_0 . A lemez egyik oldalán ($x=0$), a légtérben a vízgőz parciális nyomása p_1 , a másik oldalon pedig ($x=d$ -nél) p_2 ; $(p_2-p_1)=$ állandó. Feltételezve, hogy a Henry-törvény érvényes — a $c=sp$ összefüggésnek megfelelően —, a vízgőzkoncentráció az $x=0$ felületen c_1 , az $x=d$ felületen c_2 , (c_2-c_1) szintén állandó.

A kezdeti és peremfeltételek tehát — a fentieket a szokásos módon jelölve:

$$\begin{aligned} c &= c_0, & 0 \leq x \leq d, & t=0, \\ c &= c_1, & x=0, & t>0, \\ c &= c_2, & x=d, & t>0. \end{aligned}$$

A vízgőz permeációja a lemezben bizonyos ideig tranziens folyamat, s a vízgőzáram az $x=0$ felületen a t idő függvénye, a vízgőzáram instacioner.

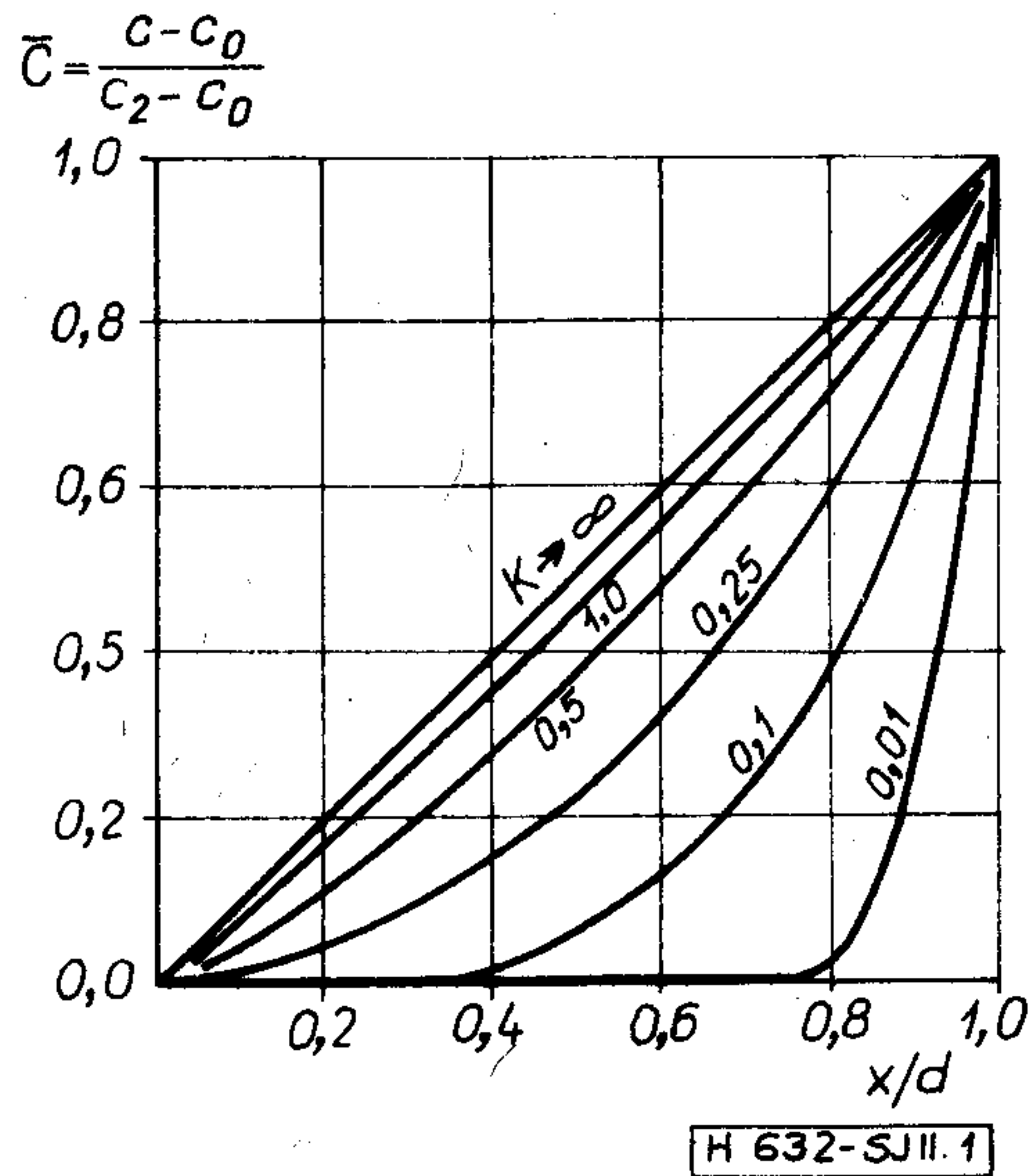
A feladat lényegében a diffúzió differenciálegyenletének megoldása a fenti kezdeti és peremfeltételekre.

Az 1. pontban elmondott feltételezések teljesülése esetén a diffúzió differenciálegyenlete, a Fick II. törvény szerint:

$$\frac{\partial c}{\partial t} = D \frac{\partial^2 c}{\partial x^2}. \quad (1)$$

A diffúzió (1) differenciálegyenletének megoldása fenti kezdeti és peremfeltételek esetére ismert, pl. [3] szerint:

$$\begin{aligned} c(x, t) &= c_1 + (c_2 - c_1) \frac{x}{d} + \frac{2}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{c_2 \cos n\pi - c_1 \sin \frac{n\pi x}{d}}{n} \cdot \exp(-n^2 \pi^2 D t / d^2) + \\ &+ \frac{4c_0}{\pi} \sum_{m=0}^{\infty} \frac{1}{(2m+1)} \sin \frac{(2m+1)\pi x}{d} \cdot \exp[-(2m+1)^2 \pi^2 \cdot D t / d^2]. \end{aligned} \quad (2)$$



1. ábra. A d vastagságú lemez permeációjának eredménye: „a koncentráció hálózat”, azaz a \bar{C} dimenzió nélküli koncentráció a lemez vastagsága mentén. $K = \pi Dt/d^2$ dimenzió nélküli időparaméter

Az 1. ábrán — [2]-ből — bemutatjuk a fenti esetre vonatkozó „koncentráció hálózat”-ot.

Az ábrán dimenzió nélküli mennyiségek szerepelnek:

a dimenzió nélküli koncentráció: $\bar{C} = \frac{c - c_0}{c_1 - c_0}$;

a dimenzió nélküli időparaméter: $K = \pi Dt/d^2$;

a dimenzió nélküli útkoordináta: x/d .

*Az ábrából látható, hogy a permeáció elvileg csak $K = \infty$ -nél lesz stacionárius; ekkor lineáris az anyagban is a c vízgőz-koncentráció gradiense. Az ábrából az is látható, hogy $K > 1$ esetén stacionárius permeációval is számolhatunk.

Pontosabb eligazítást kapunk a stacionárius állapot bekövetkezésének idejéről a következőkből.

Az egységnyi felületen t idő alatt átjutó Q_t vízgőzmennyiség $x=0$ -nál:

$$Q_t = \int_0^t D \left(\frac{\partial c}{\partial x} \right)_{x=0} dt.$$

A (2) egyenlet felhasználásával

$$Q_t = \frac{D(c_2 - c_1)}{d} t + \frac{2d}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{c_2 \cos n\pi - c_1}{n^2} (1 - e^{-n^2 \pi^2 Dt/d^2}) + \frac{4c_0 d}{\pi^2} \sum_{m=0}^{\infty} \frac{1}{(2m+1)^2} [1 - e^{-(2m+1)^2 \pi^2 Dt/d^2}]. \quad (3)$$

A permeációs állandó mérésénél általában mind c_0 , mind c_1 zérus. Ezekkel a kezdeti és peremfeltételekkel (3) céljainkra kezelhetőbbé válik:

$$Q_t = \frac{Dc_2}{d} t - \frac{dc_2}{6} - \frac{2dc_2}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n}{n^2} e^{-n^2 \pi^2 Dt/d^2}. \quad (4)$$

A 2. ábrán Q_t/dc_2 -t ábrázoltuk a $T = Dt/d^2$ dimenzió nélküli időtényező függvényében.

Ha $t \rightarrow \infty$, a (4) egyenlet az alábbi egyenesbe megy át:

$$Q_t = \frac{Dc_2}{d} \left(t - \frac{d^2}{6D} \right). \quad (5)$$

Az egyenes (tulajdonképpen a Q_t görbe asszimptótája) a t_L időpontban metszi az időtengelyt. A

$$t_L = \frac{d^2}{6D} \text{ értéket} \quad (6)$$

„időkésés”-nek is nevezik, jellemző a permeáció transziens szakaszának elhúzódására.

A 2. ábrából is kivehető, hogy az állandósult állapot, a stacionárius permeáció $t > t_L$ -nél, a $Dt/d^2 = 0,45$ értéktől kezdődik.

A permeációs állandó

A permeációs állandó fogalmához a stacionárius permeációra vonatkozó összefüggéseket kell megismernünk. A vízgőz parciális nyomása az $x=0$ felület menti légtérben, mint láttuk, p_1 , $x=d$ -nél pedig p_2 . A megfelelő vízgőz-koncentráció az anyag felületén, a Henry-törvénynek megfelelően: $c_1 = s \cdot p_1^*$; $c_2 = s \cdot p_2^*$ (s az ún. oldódási tényező. Az n kitevőt műgyanták esetében 1-nek vehetjük [2]).

A J diffúziós áramsűrűség (az egységnyi felületen egységnyi idő alatt átáramló vízgőzmennyiség) a Fick I. törvény szerint

$$J = -D \frac{dc}{dx}. \quad (7)$$

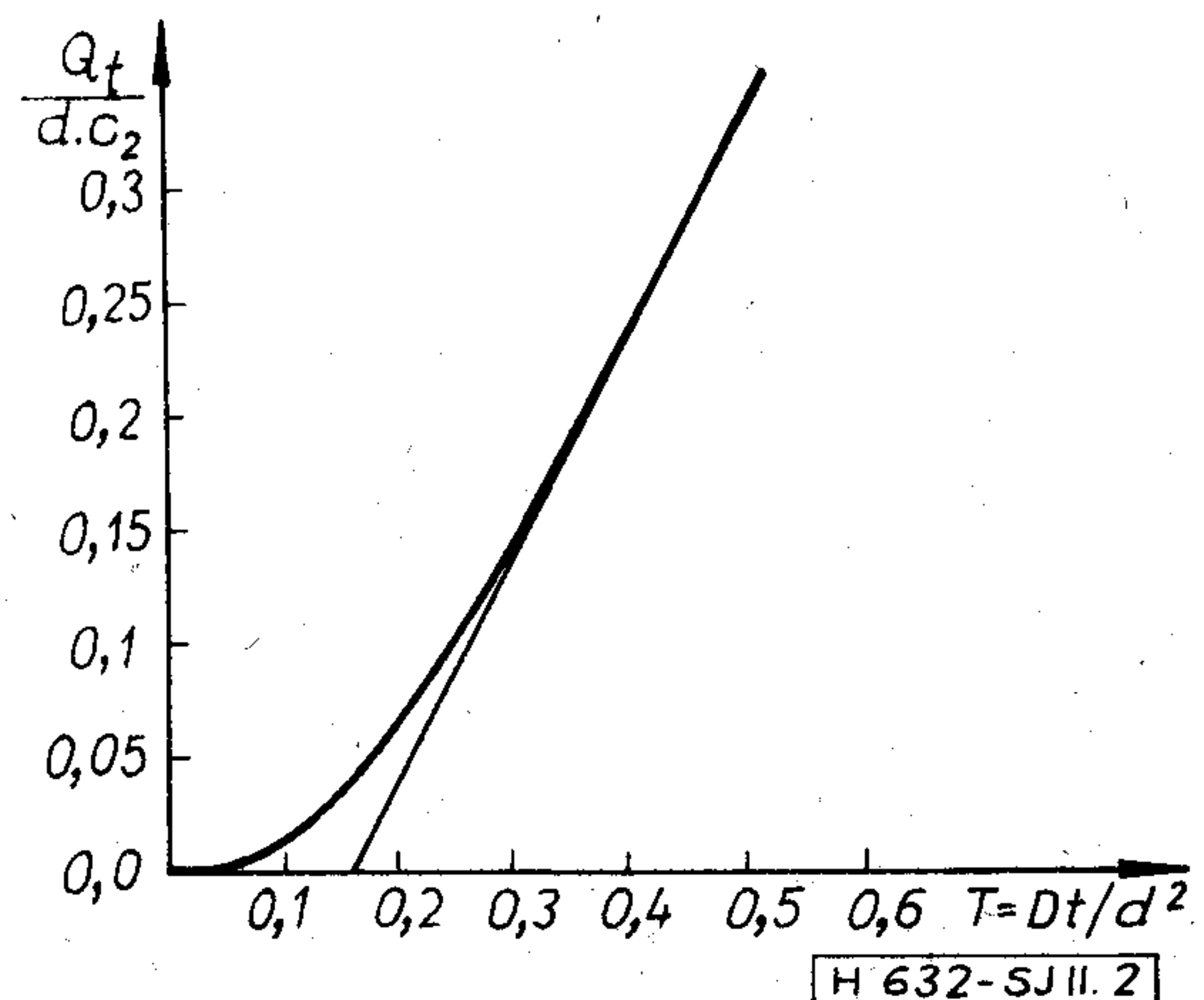
D a diffúziós tényező, dc/dx a vízgőz-koncentráció x irányú gradiense az anyagban.

A (7) differenciálegyenlet megoldása stacionárius esetben:

$$J \int_0^d dx = Jd = - \int_{c_1}^{c_2} D dc = -D(c_2 - c_1). \quad (8)$$

J abszolút értéke a $c = s \cdot p$ helyettesítéssel:

$$J = Ds \frac{p_2 - p_1}{d} = P \frac{p_2 - p_1}{d}. \quad (9)$$



2. ábra. Fajlagos vízgőzáram az $x=0$ felületen a T időparaméter függvényében

$P = sD$ a permeációs állandó (áteresztési tényező). Ha J [g/cm²·s], p [dyn/cm²] és d [cm], akkor P [gcm/dyn·s]. P dimenzióját gyakran [g/cm·h·Hgmm]-ben adják meg (1 Hgmm = 133,322 Pa = 133,322 N/m² = 1333,22 dyn/cm²).

Diffúziós ellenállásszám

Azonos körülmények között μd levegőréteg egységnyi felületének J_g stacionárius vízgőzárama megegyezik a d vastagságú anyag egységnyi felületének (9) szerinti J vízgőzáramával:

$$J_g = D_g \frac{c_{g2} - c_{g1}}{\mu d} = \frac{D_g}{R_g T} \cdot \frac{p_2 - p_1}{\mu d} = P_g \frac{p_2 - p_1}{\mu d} \quad (10)$$

(9) szerint

$$J = P \frac{p_2 - p_1}{d}$$

Minthogy

$$J_g = J, \quad P = P_g / \mu \quad (10a)$$

μ az ún. diffúziós ellenállásszám.

(10)-ben D_g a vízgőz–levegő rendszer diffúziós állandója, c_g a vízgőzkoncentráció a levegőben T hőmérsékleten. A gáztörvény szerint $c_g = p/(R_g \cdot T)$, ahol p a vízgőz parciális nyomása T hőmérsékleten, R_g a vízgőzre vonatkozó gázállandó.

A d vastagságú, F felületű lemez diffúziós (permeációs) vezetőképessége

Alakítsuk át (9)-et úgy, hogy p helyére a $p = c_g R_g T$ kifejezés kerüljön, és szorozzuk meg J -t a lemez F felületével. Az F felület I [g/s] vízgőzáramára a következő kifejezést kapjuk:

$$I = \frac{P(R_g T)F}{d} (c_{g2} - c_{g1}) \quad (11)$$

Minthogy I áram, $(c_{g2} - c_{g1})$ pedig feszültség jellegű mennyiség, villamos analógia alapján,

$$\frac{P(R_g T)F}{d} = S_P \quad (12)$$

vezetőképesség jellegű mennyiség. S_P hasonlít a tömítéshiba (F felületű, d hosszúságú nyílás) $S = D \cdot F/d$ diffúziós vezetőképességére (lásd [5]). A $P(R_g T)$ mennyiség dimenziója azonos a D diffúziós állandóval. S_P -t analóg módon a tok diffúziós (permeációs) vezetőképességének nevezhetjük. Az S_P vagy az

$$S_P/F = P(R_g T)/d \quad (13)$$

érték jellemző egy adott anyagból készült tok vízgőz-áteresztésére.

Szükséges mindjárt megjegyezni, hogy míg a tömítéshiba esetében az S diffúziós vezetőképesség lineáris, azaz nem függ a vízgőz parciális nyomásától (a c_g vízgőz-koncentrációtól), addig az S_P érték nem lineáris. S_P értéke csak a stacionárius permeáció szakaszában állandó, egyébként — mint láthattuk is — az anyag c vízgőz-koncentrációjának, tehát az útnak és időnek bonyolult függvénye.

S_P formális képzése tehát csak stacionárius vízgőz-áteresztés esetére lehetséges.

A permeáció stacionárius szakasza kialakulásának idejére vonatkozó számítási példa

Fontos annak ismerete, hogy mennyi ideig tart a permeáció tranziens szakasza.

Vizsgáljuk meg egy számítási példa kapcsán, hogy milyen mértékű a korábbiakban bemutatott, a (6) összefüggés szerinti t_L időkéésés, és mennyi idő kell a stacionárius permeáció kialakulásához. Ezek ismerete igen fontos. Az anyagok P permeációs állandójának helyes értékét ugyanis csak ezek ismeretében határozhatjuk meg.

Legyen a kérdéses anyag vastagsága: $d = 0,1$ cm. A D diffúziós állandót, a [4]-ben szereplő kritérium figyelembevételével választottuk meg: $D = 10^{-5}$ (cm²/ó).

A (6) összefüggés szerinti időkéésés ezekkel az értékekkel:

$$t_L = d^2/6 \cdot D = 0,1^2/6 \cdot 10^{-5} = 166,67 \text{ ó} \cong 7 \text{ nap.}$$

A stacionárius permeáció — [3] szerint, de a 2. ábrából is kivehető — a $Dt/d^2 = 0,45$ értéktől számítható. A 0,45-höz tartozó t_A idő a példabeli adatokkal:

$$t_A = 0,45 \cdot 0,1^2/10^{-5} \text{ ó} = 450 \text{ ó} = 18,75 \text{ nap.}$$

A példa szerinti idők figyelmen kívül hagyása hiba lenne. A P permeációs állandó mérésénél tehát ezeket az időket — D becslésével — célszerű meghatározni, hogy a P számításához szükséges mennyiségeket lehetőleg az állandósult állapot (stacionárius vízgőzáteresztés) megközelítésekor mérjük.

Másik gyakorlati haszon a permeáció kinetikájának ismeretéből:

Ha az $x=0$ felületen átáramló vízgőzmennyiséget a t idő függvényében meg tudjuk határozni, felrajzolhatjuk a $Q_t = f(t)$ görbét. A görbe asszimptótája (2. ábra) a t tengelyből a (6) összefüggés szerinti t_L -t metszi ki. t_L ismertében viszont a D diffúziós állandó meghatározható.

Modell a tok és a mikrotér nedvesedésének számítására

Az anyagban lejátszódó permeáció kinetikáját vizsgálva megállapítottuk, hogy az anyag vízgőz-áteresztésének folyamata viszonylag hosszú ideig tranziens abban az esetben is, amikor a d vastagságú anyag két oldalán, a légtérben, a vízgőz parciális nyomásának különbsége állandó. A mikrotérben azonban, az anyag $x=0$ felületén átáramló $I(t)$ vízgőzáram hatására a vízgőz parciális nyomása is megváltozik. Ez a tény új egyensúlyi helyzetet kíván meg az anyag $x=0$ felületén, és következésképpen magában az anyag belsejében is. Minthogy a (12) kifejezés szerinti diffúziós (permeációs) vezetőképesség nem lineáris (nem független a vízgőz p parciális nyomásától), a mikrotér nedvesedésének számítása, a $p(t)$, illetve a $\varphi(t)$ függvény meghatározása az [1]-ben leírt módon már nem lehetséges.

Olyan utat kell tehát választanunk, amellyel a szóban forgó esetet olyan esetre vezethetjük vissza, amelyre a diffúzió egyenlete matematikailag megoldott.

Gyakorlati számítások céljára egyébként is lehetőleg könnyen kezelhető matematikai formula megtalálása a cél.

A tokozást, a d vastagságú tokot és a mikrotér V légterét, a számítások céljára a következő modellel helyettesítjük:

A mikrotér h szélességű légterét két oldalról d vastagságú anyag fogja közre. A h vastagságú levegőréteget egyenértékű h' anyagvastagsággal helyettesítjük.

Így $(2d+h')$ vastagságú anyagot kapunk, amelynek koordinátái x irányban: $x = \pm \left(d + \frac{h'}{2}\right)$.

A modell szerinti „anyag” tranziens diffúzióját kell megvizsgálni az alábbi kezdeti és peremfeltételekre:

$$\begin{aligned} c &= c_0, & -(d+h'/2) < x < +(d+h'/2), & t=0, \\ c &= c_2, & x = -(d+h'/2) \text{ és } x = +(d+h'/2), & t>0, \\ \partial c / \partial x &= 0, & x=0, & t>0. \end{aligned}$$

A vízgőz-koncentráció $c(t)$ időfüggvénye $x=0$ -nál, közvetve a mikrotér légtere nedvességének folyamataát írja le.

A modell alkalmazhatóságának indoka:

- az anyag–mikrotér határon a $c=s \cdot p$ összefüggésnek megfelelő egyensúlyi állapot, ha nem is egy pillanat alatt, de nagyon gyorsan létrejön. Az anyag–légtér határon végbemenő párolgási folyamat és a h vastagságú légtérben a diffúzió időállandója az anyagban végbemenő diffúzióéhoz képest elhanyagolhatóan kicsi;
- az előzőekben láthattuk, hogy azonos diffúziós vízgőzáramot figyelembe véve, a d vastagságú anyag μd levegőréteggel egyenértékű. A mikrotér h nagyságú légterének tehát $h' = h/\mu$ anyagvastagság felel meg. Tudjuk azonban, hogy a tokozásra használt műgyanták esetében μ értéke igen nagy (pl. $10^4 - 10^5$), ugyanakkor kis mikrotereknel a h levegőréteg nagysága a d vastagság nagyságrendjébe esik. Ebből az következik, hogy h' olyan kicsire adódik, hogy el is hanyagolható (de figyelembevétele sem okoz számítási nehézségeket).

A mikrotér légtere nedvesedésének folyamatát tehát a modellnek megfelelően, a tok anyagának tranziens diffúziója alapján határozzuk meg úgy, hogy kiszámítjuk a $2d$ (vagy a $2d+h'$) vastagságú anyag közepén a vízgőz-koncentráció $c(t)$ időfüggvényét.

A tokozást a φ_2 relatív légnedvességű térbe helyezve, az anyag $\pm d$ felületén a vízgőz-koncentráció $c_2 = s \cdot p_2$ lesz. A diffúzió (1) egyenlete a szóban forgó esetre matematikailag – pl. [3] szerint megoldott.

A megoldás az alábbi kezdeti és peremfeltételekre

$$\begin{aligned} c &= c_0, & -d \leq x \leq +d, & t=0, \\ c &= c_2, & x = \pm d, & t>0, \\ \partial c / \partial x &= 0, & x=0, & t>0. \end{aligned}$$

$x=0$ -nál a következő:

$$\frac{c-c_0}{c_2-c_0} = 1 - \frac{4}{\pi} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n}{2n+1} \exp[-(2n+1)^2 \pi^2 Dt / 4d^2]. \quad (14)$$

A végtelen sorozat (14)-ben nagy t időknél, illetve nagy Dt/d^2 értékeknél gyorsan konvergál.

A következő (15) egyenlet ugyancsak megoldása (1)-nek. Az $x=0$ -ra vonatkozó megoldás – [3]-ból – a következő:

$$\frac{c-c_0}{c_2-c_0} = 2 \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n \left\{ 1 - \Phi \left[\frac{(2n+1)d}{2\sqrt{Dt}} \right] \right\}. \quad (15)$$

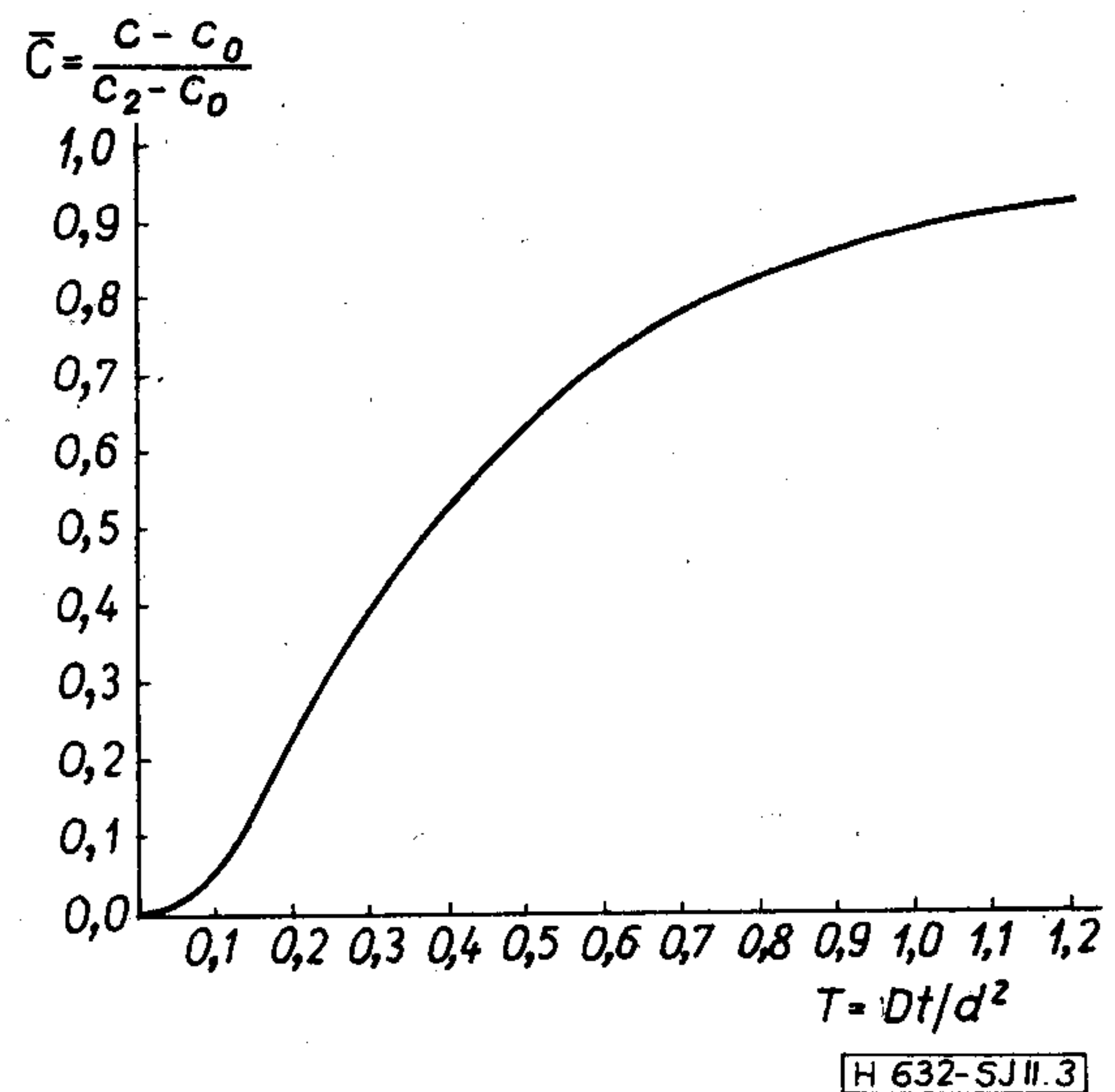
$\Phi(x)$ a Gauss-féle hibaintegrál:

$$\Phi(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-\xi^2} d\xi. \quad (16)$$

(Az angolszász irodalomban $[1 - \Phi(x)]$ -re az $\operatorname{erfc} x$ jelölést használják!)

A (15) egyenlet érdekessége (14)-gyel szemben az, hogy a végtelen sorozat kis t időknél, illetve kis Dt/d^2 értékeknél konvergál gyorsan.

Az $x=0$ -ra vonatkozó $c(t)$ függvénnyel való számítások céljára a 3. ábrán a (14) egyenlet szerinti megoldást ábrázoltuk, dimenzió nélküli mennyiségekkel:



3. ábra. A $2d$ vastagságú lemez közepére vonatkozó $\bar{C} = f(T)$ függvény

$$\bar{C} = \frac{c-c_0}{c_2-c_0} \text{ a dimenzió nélküli koncentráció,}$$

$$T = Dt/d^2 \text{ a dimenzió nélküli időtényező.}$$

A számításokat a 3. ábra segítségével gyorsan el lehet végezni. Célszerű azonban az eredményt, T értékétől függően vagy (14), vagy (15) alapján ellenőrizni.

A mikrotér nedvesedését meghatározó tényezők kölcsönhatásának bemutatására vonatkozó példák

Kezdeti és peremfeltételek a példákhoz

A mikrotérben a relatív légnedvesség a $t=0$ időpontban: $\varphi_0 = 0,4$. A $c = s \cdot p$ összefüggésnek megfelelően a vízgőz-koncentráció az anyagban: $c_0 = s \cdot 0,4 \cdot p_t$, p_t a vízgőznyomás telített értéke T hőmérsékleten.

A környezetben a relatív légnedvesség $\varphi_2=0,9$. Az ennek megfelelő vízgőz-koncentráció az anyag $x=+d$ felületén: $c_2=s \cdot 0,9 \cdot p_t$.

A kezdeti és peremfeltételek az anyagra vonatkozóan:

$$\begin{aligned} c &= c_0, & -d \leq x \leq +d, & t=0, \\ c &= c_2, & x = \pm d, & t > 0, \\ \partial c / \partial x &= 0, & x=0, & t > 0. \end{aligned}$$

További adatok a példákhoz

A tok vastagsága: $d=0,1$ cm.

A műgyanta D diffúziós állandóját a [4]-ben szereplő kritérium alapján választottuk meg. Nedves környezetben — [4] szerint — azok a szigetelőanyagok mondhatók alkalmasnak, amelyeknek D diffúziós állandója $< 10^{-5}$ cm²/ó (ezt a követelményt a korszerű műgyanták kielégítik).

D -re a kritérium határesetét jelentő 10^{-5} cm²/ó értéket választottuk a példák céljára.

Másik érdekes kritérium a relatív légnedvesség kritikus értéke. A kritikus érték azt jelenti, hogy a kritikusként felfogott relatív légnedvességnél nagyobb értéktartományban kell számolni feltétlen károsodással. A példákhoz a kritikus relatív légnedvesseget $\varphi_1=0,7$ -re választottuk. A hőmérséklet mind a környezetben, mind a mikrotérben azonos: $T=298$ °K.

a) A mikrotérben a kritikus légnedvesség kialakulása t_1 idejének számítása (1. példa)

Kérdés: Mennyi idő alatt éri el a vízgőz-koncentráció $x=0$ -nál a $\varphi_1=0,7$ kritikus relatív légnedvesseggnek megfelelő c_1 vízgőz-koncentráció értéket, az adott kezdeti és peremfeltételek mellett?

A \bar{C} dimenzió nélküli koncentráció az adatokkal:

$$\bar{C} = \frac{c_1 - c_0}{c_2 - c_0} = \frac{0,7 - 0,4}{0,9 - 0,4} = 0,6.$$

A 3. ábrából, a $\bar{C}=f(T)$ görbéből, $\bar{C}=0,6$ -hoz a $T=0,47$ dimenzió nélküli időtényező érték tartozik. $T=Dt/d^2$, a kérdéses t_1 idő tehát:

$$t_1 = Td^2/D = 0,47 \cdot 0,1^2 / 10^{-5} = 470 \text{ ó} = 19,58 \text{ nap.}$$

A (14) egyenlet alapján ellenőriztük t_1 helyességét.

b) A vízgőz-koncentráció fajlagos növekedése $x=0$ -nál előírt igénybevételi idő után (2. példa)

Nedves környezetben alkalmazott gyártmányoknál előírják azt, hogy milyen idejű nedves-meleg igénybevételt kell alkalmazni a gyártmány nedvességállóságának ellenőrzésére. (Ha a nedves-meleg igénybevétel hőmérséklete magasabb, mint 298 °K, pl. 313 °K, akkor a példa szerinti D értéket meg kell növelni. Feltételezzük, hogy D a hőmérséklet 3/2-ik hatványával növekszik, D tehát $1,076 \cdot 10^{-5}$ cm²/ó lesz e példában.)

Legyen a vizsgálati idő 7 nap = 168 ó.

Számítsuk ki, hogy a vízgőz-koncentráció növekedés az $x=0$ felületen maximálisan lehetséges növekedés $(c_2 - c_0)$, hány százaléka lesz 7 nap után.

A feladat lényegében a $\bar{C}=(c-c_0)/(c_2-c_0)$ érték meghatározása.

Határozzuk meg \bar{C} -t a (15) egyenlet segítségével. Minthogy a $Dt/d^2=1,076 \cdot 10^{-5} \cdot 168/0,1^2=0,18$ érték kicsi, (15)-ben a végtelen sorozat első tagja is megfelelő eredményt biztosít. (15)-ből tehát a következő egyszerűbb összefüggést nyerjük:

$$\begin{aligned} \bar{C} &= 2 \left[1 - \Phi \left(\frac{d}{2\sqrt{Dt}} \right) \right] = 2 \left[1 - \Phi \left(\frac{0,1}{2\sqrt{1,076 \cdot 10^{-5} \cdot 168}} \right) \right] \\ \bar{C} &= 2[1 - \Phi(1,176)] = 0,1938. \end{aligned}$$

A koncentráció növekedése tehát 19,38%.

c) A műgyanta tok nedvességfelvételének az átlagos vízgőz-koncentráció alapján való számítása (3. példa)

Az anyagban a vízgőz-koncentráció alakulásának, $c(x, t)$ -nek vagy a mikrotérben a vízgőz parciális nyomásának, illetve a relatív légnedvesség alakulásának mérésével való követése elég nehéz feladat lenne. Könnyebben megoldható a műgyanta tok által felvett vízgőzmennyiség mérése (az anyagban az átlag vízgőzkoncentráció változásának mérése). Ha ismerjük a nedvességfelvétel törvényszerűségét, és a folyamatokban domináns a Fick-törvényt követő diffúzió, tehát az anyag nedvesedése is követi a nevezett törvényszerűséget, a szóban forgó anyag vízfelvételének mérésével jól ellenőrizhető a számunkra érdekes $c(x=0, t)$ függvény alakulása.

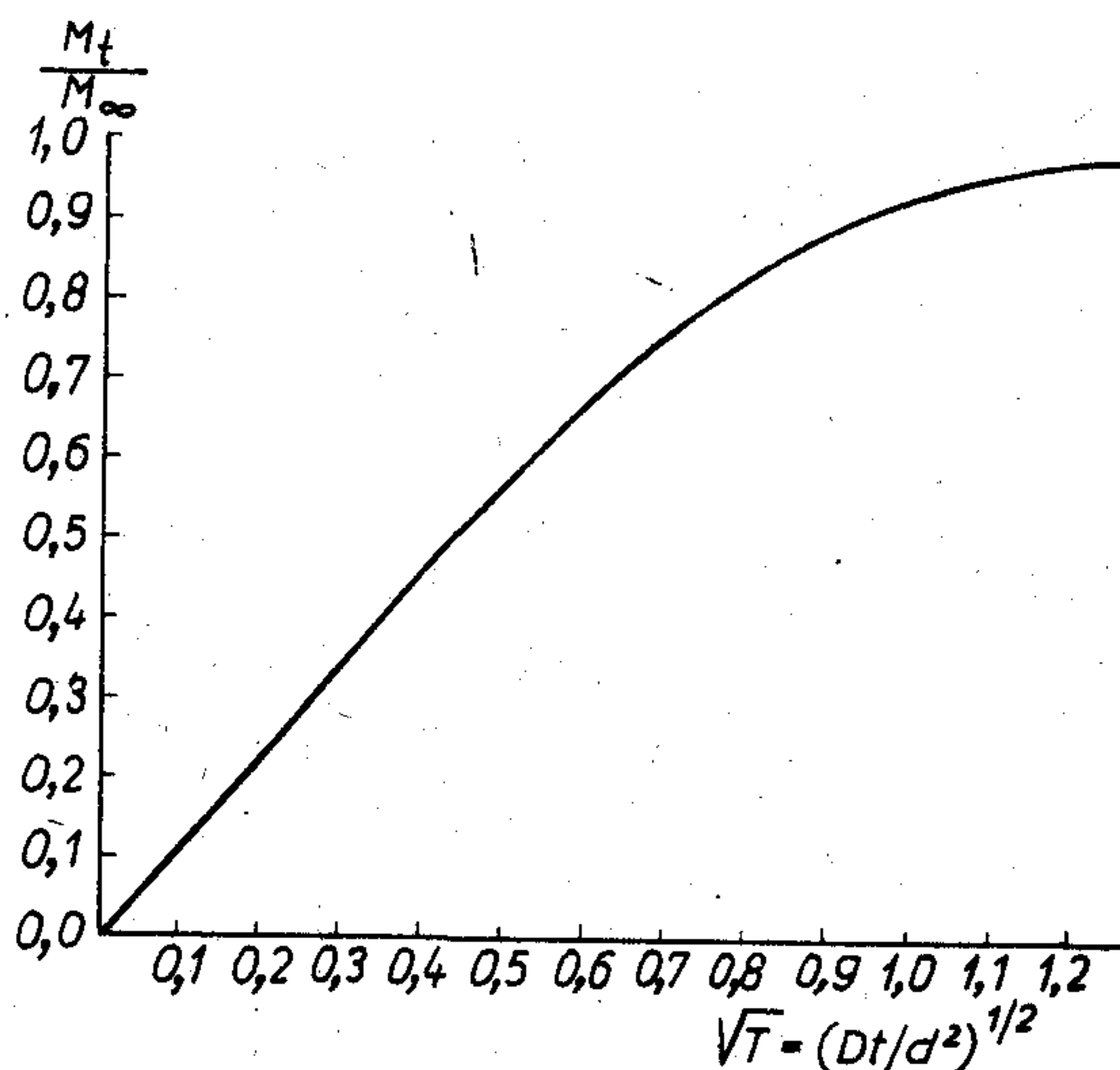
A (14) egyenlettel leírt esetben a vízgőz M_t teljes mennyisége, amely t idő alatt a d vastagságú lemezbe diffundál, a következő kifejezéssel írható le:

$$M_t = M_\infty \left\{ 1 - \sum_{n=0}^{\infty} \frac{8}{(2n+1)^2 \pi^2} \exp[-(2n+1)^2 \pi^2 Dt / 4d^2] \right\},$$

M_∞ a végtelen idő alatt felvett vízgőzmennyiség.

A 4. ábrán az $M_t/M_\infty=f(\sqrt{T})$ összefüggést ábrázoltuk, $T=Dt/d^2$.

Az 1. példában [lásd a) pont] a mikrotérben



H 632-SJ II. 4

4. ábra. A $2d$ vastagságú lemez átlagos vízgőz-koncentrációjának és fajlagos nedvességfelvételének változása a T dimenzió nélküli időtényező függvényében

($x=0$) a kritikus relatív légnedvesség kialakulásának idejét határoztuk meg; t_1 -re 470 ó-t kaptunk. Számítsuk ki, hogy ugyanezen idő alatt milyen M_t/M_∞ értéket kellene kapnunk (D , d és t értéke ugyanaz, mint az 1. példában).

$$\sqrt{T} = (Dt/d^2)^{1/2} = 10^{-5} \cdot 470/0,1^2 = 0,6855.$$

A 4. ábrából ehhez a \sqrt{T} értékhez $M_t/M_\infty = 0,745$ tartozik.

A cikkben megfogalmazottak birtokában még nagyon sokféle vizsgálódásra van lehetőség. A cikk korlátai miatt a példákkal csak illusztrálni kívántuk ezeket. Konkrét gyakorlati esetek analizálását ki-ki

maga is elvégezheti. Ehhez kívántunk a cikkben alapot adni, legalábbis indító gondolatokat megfogalmazni.

IRODALOM

- [1] Sulyok J.: Műanyagtokozással védett elemek kryptoklíma nedves környezet esetén. I. rész HIRADÁSTECHNIKA, XXX. (1979) 3. sz. 79—82. old.
- [2] Klopfer, H.: Wassertransport durch Diffusion in Feststoffen. Bauverlag 1974
- [3] Crank, J.: The mathematics of Diffusion. Oxford, 1970
- [4] Szigetelőanyagok vízgőzdiffúziója. (Nem publikált jelentés)
- [5] Sulyok J.: Tokozások gázszivárgása következményének számítása. HIRADÁSTECHNIKA, XXX. (1979) 1. sz. 10—14. old.

EGYESÜLETI HÍREK

Egyesületünk, figyelemmel a Magyar Szocialista Munkáspárt XI. Kongresszusának vonatkozó határozatára, valamint a Kohó- és Gépipari Miniszter 4/1978 (VIII. 29.) KGM számú rendeletére, célul tűzte ki a híradástechnikai termékek és alkatrészek minőségvédelmét és javítását célzó tanfolyamok patronálását.

A feladat megoldása érdekében Egyesületünk együttműködési szerződést kötött a Kohó- és Gépipari Továbbképző és Módszertani Intézet (KGTMI)-vel.

A szerződést előkészítő tárgyalásokon a KGTMI részéről Szkárosi Lajos, a KGTMI igazgatója, Szentkúti Gyula Fejlesztési Osztályvezető és Pataki Jánosné Munkástovábbképző Osztályvezető vettek részt, míg Egyesületünkől dr. Almássy György főtitkár, Mérey Imréné főtitkárhelyettes és S. Tóth Ferenc titkár jelentek meg.

A szerződés többek között az alábbiakra terjedt ki:

— a szerződő felek kölcsönösen együttműködnek a híra-

dástechnikai iparban jelentkező minőségszabályozás és ellenőrzés oktatásának területén. A vonatkozó vizsgaköteles tanfolyamokat a HTE szervezi a KGTMI segítségével.

— A fent tárgyalt tanfolyamokhoz szükséges tanfolyami jegyzeteket a KGTMI adja ki, a HTE szükség esetén a szakírókat biztosítja.

— A fentiekben túl felmerült az a gondolat, hogy a vonatkozó iparvállalatoknál folyó szakmai továbbképzés módszertanának egységesítése érdekében országos jellegű munkás továbbképző szeminárium megrendezése szükséges, amelyet az együttműködési szerződés szellemében a HTE az elkövetkezendő időszakban megszervez és ehhez a KGTMI hatékony segítséget nyújt.

A szerződést — amelyet Szkárosi Lajos KGTMI igazgató és dr. Almássy György főtitkár írt alá — évenként értékeli és szükség esetén annak részleteit módosítják.

HÁLÓZATELMÉLETI KONFERENCIA

Az European Conference on Circuit Theory and Design (ECCTD—80) legközelebb Varsóban lesz 1980. szeptember 2. és 5. között. Részletes felvilágosítás a következő címen kérhető: Prof. J. Osowski, Politechnica Warszawska, ul. Nowowiejska 15/19, 00—665 Warszawa, Poland.

SZEMLE

Összeállította: BALOGH PÁL*

A tárolóegységek fejlesztésében meglevő rendkívül erős versengésben újabb és újabb cégek jelennek meg a mágneses buborékmemória-megoldásokkal. A Texas Instrumens már gyártja buborékmemóriával működő terminálkészülékét, az Intel buborékmemóriás sorozatgyártású készüléke várhatóan idén kerül piacra.

A Philips Eindhoven-i kutatólaboratóriumában olyan új anyagokat dolgoztak ki, amelyekben a jelenlegiekhez viszonyítva 30—100-szoros buborékmozgató sebesség érhető el. Mágneses anyagok vékony anizotróp rétegeiben buborékok lehetnek jelen, amely anyagokban a mágnesezés előnyös iránya a réteg síkjára merőleges. Ha a réteg a mágnesezés előnyös irányának megfelelően helyezkedik el, akkor megfelelő mágneszési értékek esetén abban olyan buborékok lesznek jelen, amelyekben a mágnesesség iránya a külső térrel ellentétes lesz. A réteg síkjában alkalmazott forgó mágneses mező hatására a buborékok elmozdulnak, illetve a rétegen elrendezett permalloy csíkok mentén elmozgathatók. Ennek a mozgásnak

a lehetséges sebessége behatárolja a forgó mágneses mező legnagyobb frekvenciáját, ez pedig azt a legnagyobb órafrekvenciát, amellyel az ilyen tároló-egységek működtethetők. Már az IBM kutatásai is kimutatták, hogy a buborékmozgató sebességét a réteggel párhuzamos térerő-komponens alkalmazásával növelni lehet, a most kidolgozott új anyagok ezt a hatást izotrópia révén érik el. (*Electronics Weekly*, 1978. máj. [546])

Electro Optic Development cég által bemutatott optikai szélessávú átviteli rendszer a 0...150 MHz frekvenciatartományban dolgozik. Az adó egység újra feltölthető NiCd-akkumulátorból kapja a táplálást. Az adóérzékenység a vevőből jövő jelvezetékkel párhuzamosan járulékos száloptikai kábel segítségével állítható be. Az adó és a vevő közötti 200 m távolság esetén a jel/zajviszony 40 dB, illetve 43 dB 50 m távolságnál. A külső behatolásokkal szemben nagyfokú érzéktelenségből adódik. Felhasználási lehetősége repülőgépeken, hajókon, nagy irodahelyiségekben, számítógép—számítógép és számítógép—periférius készülékek kapcsolatánál. (*Electronic*, 1978. 3. sz. [547])

* Válogatás a Kohó- és Gépipari Tudományos Informatikai és Ipargazdasági Központ információs anyagából.

(Folytatás a 125. oldalon.)

Műanyagok galvanizálása

ETO 678.029.665

A műanyagok az ipari termelés legkülönbözőbb területein speciális tulajdonságaik révén kiszorították az egyéb anyagokat. A hőre lágyuló műanyagok kis fajsúlyukkal és könnyű feldolgozhatóságukkal tűnnek ki. Fröccsöntéssel, egyetlen munkalépésben, szinte korlátlan formagazdagságban állíthatók elő belőlük munkadarabok.

A műanyagok felhasználását azonban határozottan korlátozza számos jellemző tulajdonságuk. A galvanizálással ezek a hátrányos tulajdonságok céltudatosan befolyásolhatók.

Bevezetés

A megfelelő, jól tapadó fémbevonattal ellátott műanyagtárgynak számos előnye van a kiindulási darabbal szemben. A galvanizált műanyagtárgy elektromosan vezető, elektromágnesesen árnyékol, forrasztható, az infravörös sugarakat visszaveri, az ultraibolya sugarakat elnyeli, így a tárgy időjárás-állósága javul, öregedési hajlama csökken. Az indifferens fémréteg jó korrózióvédelmet biztosít, megszünteti az oldószer- és vízfelvételt. A fémbevonat növeli a műanyagtárgy szilárdságát, a felületkeménységét és a rugalmassági modulust, megakadályozza az elektrosztatikus feltöltődést, erősen javítja a hő-

állóságot, dekoratív külsőt biztosít (1. ábra) a darabok kis súlyának megmaradása mellett.

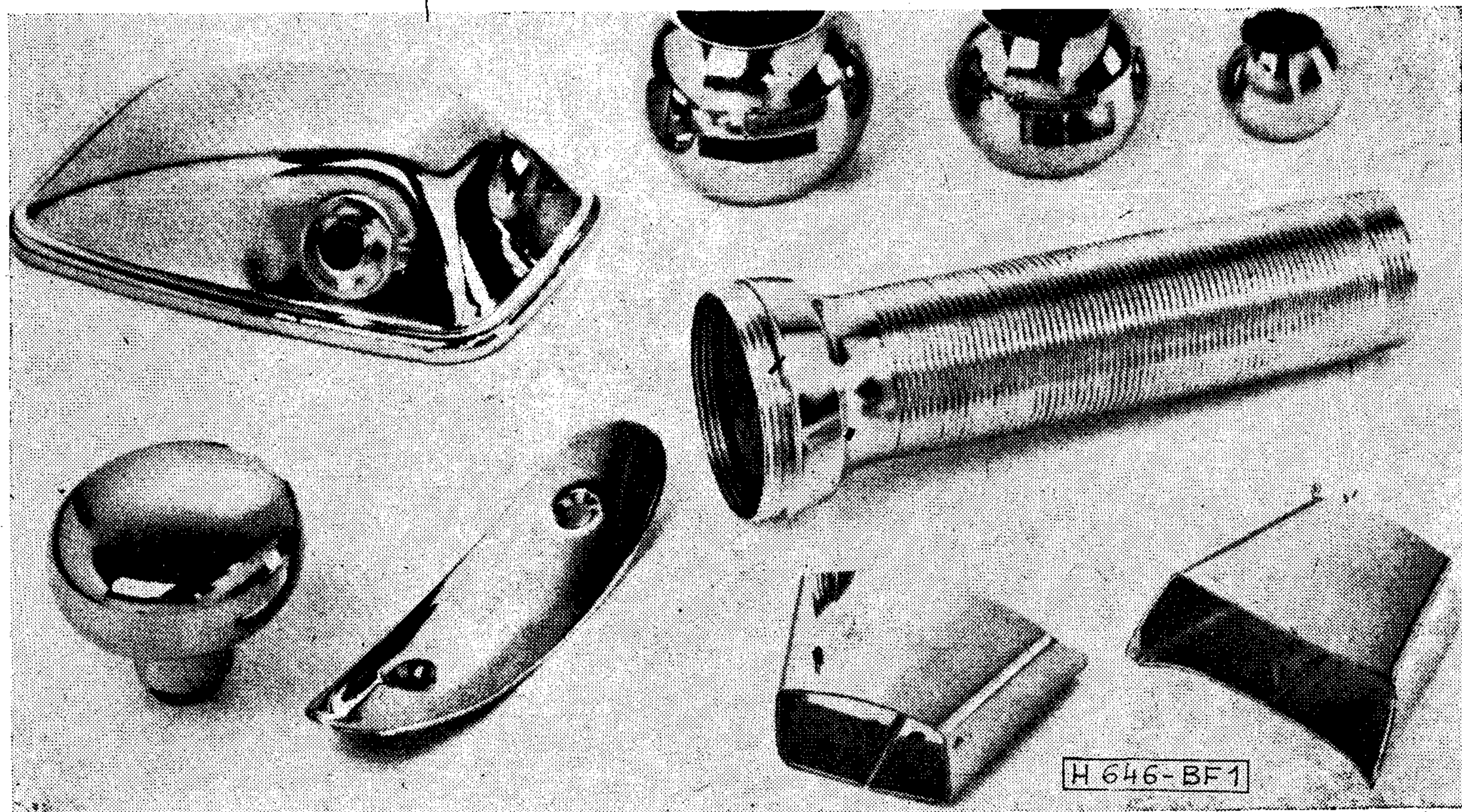
A fenti okokból az utóbbi években számos területen egyre nagyobb teret hódít a galvanizált műanyagok alkalmazása, mivel sikerült olyan technológiákat kikísérletezni, melyekkel egyes műanyagokon (ABS, polipropilén, polietilén, poliamid) jól tapadó galvánbevonatot lehet előállítani. A galvanizálható ABS (akrinitril-butadién-sztirol kopolimer) bevezetése óta évről évre növekszik azoknak a műanyagoknak és előkezelési eljárásoknak a száma, amelyek a galvanizálást egyéb műanyagfélésekre is kiterjesztik.

Napjainkban a dekoratív célú műanyag-galvanizálás (pl. rádiótechnikai készülékrészek, járműalkatrészek, számtalan közhasználati cikk) mellett a korszerű híradástechnikai berendezésekhez és számítógépekhez szükséges nyomtatott áramkörök gyártásával a műanyag-galvanizálás jelentősége még inkább fokozódik. Ez utóbbi esetben a galvánbevonat döntően funkcionális szerepet tölt be.

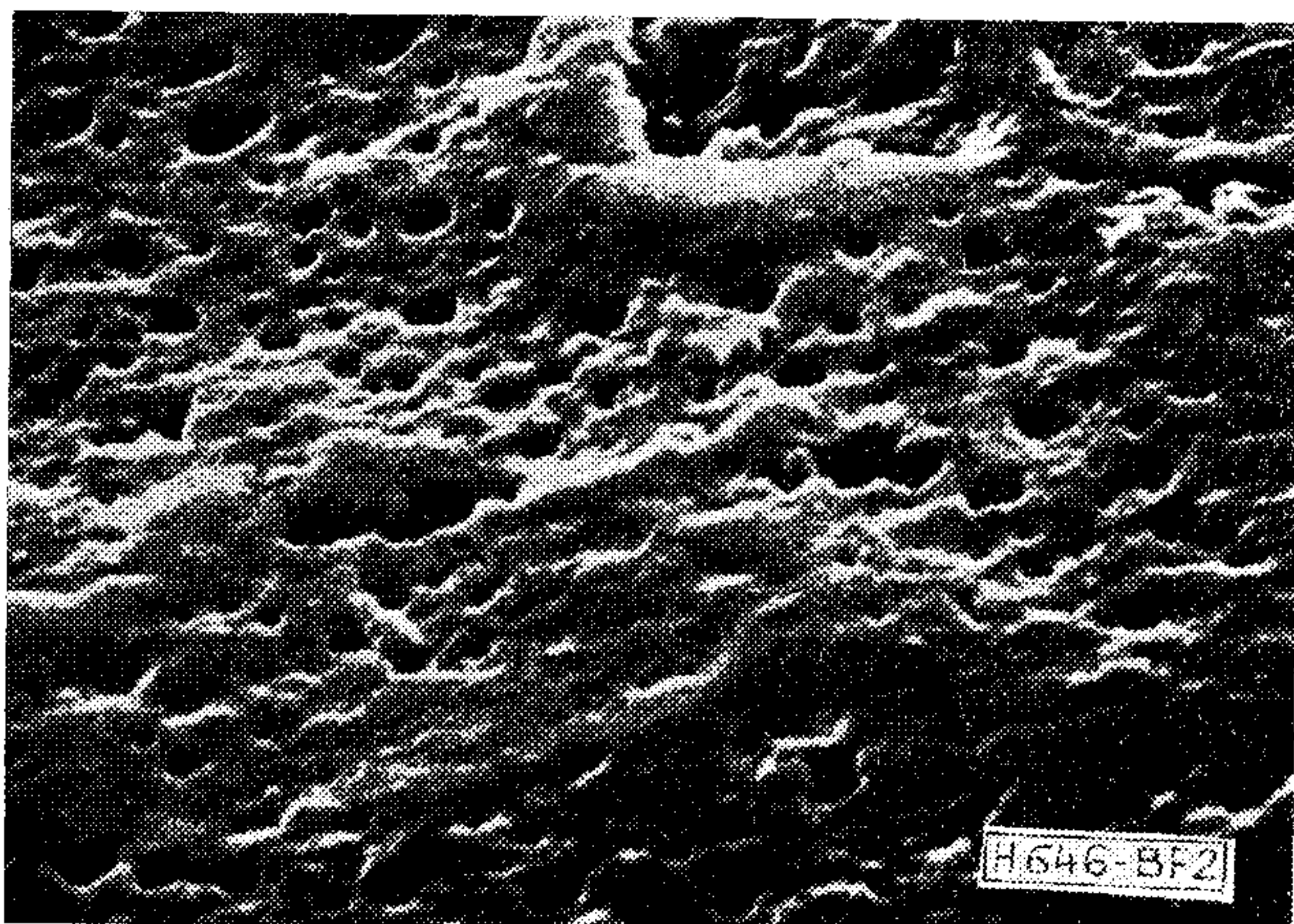
Műanyagok galvanikus fémbevonásának technológiája

A műanyagok galvanizálásának feltétele a műanyag felületének vezetővé tétele. Ezt kezdetben ezüstnek a felületen történő kiredukálásával, vezető lakkok felvitelével vagy egyéb hasonló módon érték el.

Beérkezett: 1978. I. 23.



1. ábra. Galvanizált műanyag alkatrészek



2. ábra. Maratott ABS felület képe 5000-szeres nagyításban

Ezek a kezelési módok azonban nem adtak kielégítő tapadást a fémbevonat és a műanyagfelület között, a munkafolyamat nagyon idő- és költségigényes volt.

Csak a 60-as évek elején sikerült az ABS műanyagok galvanizálását minőségileg kielégítően és elfogadható költséggel megvalósítani. Ekkor ugyanis felfedezték, hogy az ABS műanyagokon kémiai redukciós eljárással leválasztott igen vékony rézrétegek a soron következő galvanikus fémleválasztásnál igen jó tapadási szilárdságot biztosítanak. Felfedezték továbbá, hogy a műanyagfelület redukciós fémleválasztás előtti mechanikai érdesítése savakkal történő érdesítéssel, azaz maratással helyettesíthető.

A műanyagok felületét tehát kémiai redukcióval leválasztott fémfilm (pl. réz, nikkel) segítségével teszik vezetővé. Ennek azonban feltétele, hogy a zsirtalanított felületet hidrofíllé tegyék és növeljék a felületi érdességet (maratás savelegyben), a műanyagfelületén fém kristálymagokat alakítsanak ki a kémiai redukcióval leválasztandó fémréteg képződésének katalizálására (érzékenyítés és aktivitás). Ezek röviden tehát a műanyagok galvanizálása előtt szükséges ún. kémiai előkészítés főbb lépései.

A kémiai előkészítés részletesebb tárgyalása előtt hasznos áttekinteni a dekoratív, ill. a speciális műszaki igényeket (NYÁK-gyártás) kielégítő alkatrészek előállításának folyamatát, amely alapvetően három tevékenységcsoportra osztható:

- a) műanyag alkatrészek előállítása fröccsöntéssel, adott esetben más módszerekkel, pl. vákuumformázással, préssel;
- b) műanyag alkatrészek felület-előkészítése galvanizáláshoz;
- c) műanyag alkatrészek galvanizálása.

A galvanizálásra kerülő alkatrészek fröccsöntésénél bizonyos szabályokat kell betartani.

Kerülendők a nagy sima felületek, éles élek, hirtelen keresztmetszet-változások és erősen különböző falvastagságok. A fröccsöntésnél pontosan be kell tartani az előírt optimális értékeket (pl. ömledék-hőmérsékletet, fröccsöntési sebességet stb.), hogy feszültség- és hibamentes munkadarabokat kapjunk. A fröccsöntési körülmények döntően befolyásolják a később galvanikusan leválasztott fémbevonatok tapadóképeségét és ellenállóképességét. A fröccsön-

tés során kerülendők a szilikon bázisú formaleválasztó szerek. A kész munkadarabokat védeni kell a mechanikai sérülésektől és a szennyeződéstől.

2.1 Dekoratív típus-technológia

2.1.1 Műanyag alkatrészek előállítása fröccsöntéssel

2.1.2 Felülettisztítás:

2.1.2.1 Zsirtalanítás

2.1.2.2 Öblítés áramló vízben

2.1.2.3 Öblítés deionizált vízben

2.1.3 Kémiai előkészítés:

2.1.3.1 Maratás savelegyben

2.1.3.2 Öblítés áramló vízben

2.1.3.3 Öblítés deionizált vízben

2.1.3.4 Aktiválás (egy- vagy kétlépcsős)

2.1.3.5 Öblítés áramló vízben

2.1.3.6 Öblítés deionizált vízben

2.1.3.7 Kémiai rezezés vagy nikkelezés

2.1.3.8 Öblítés áramló vízben

2.1.4 Galvanikus fémbevonás

2.1.4.1 Dekapírozás

2.1.4.2 Öblítés áramló vízben

2.1.4.3 Öblítés deionizált vízben

2.1.4.4 Galvanikus rezezés

2.1.4.5 Takaréköblítés

2.1.4.6 Öblítés áramló vízben

2.1.4.7 Öblítés deionizált vízben

2.1.4.8 Galvanikus nikkelezés

2.1.4.9 Takaréköblítés

2.1.4.10 Öblítés áramló vízben

2.1.4.11 Öblítés deionizált vízben

2.1.4.12 Galvanikus krómozás

2.1.4.13 Takaréköblítés

2.1.4.14 Öblítés áramló vízben

2.1.5 Utóműveletek

2.1.5.1 Öblítés meleg vízben

2.1.5.2 Szárítás

2.1.6 Ellenőrzés

2.2 NYÁK-lemezek előállításának típus-technológiája

Nyomatott áramkörön valamilyen szigetelőre vagy félvezetőre felvitt vezető sávot értünk. A nyomtatott huzalozás legegyszerűbb kivitele az olyan szigetelő lemez, amelyik egyik oldalán hordozza csupán a vezető csíkokat (egyoldalas nyomtatott huzalozás). Az integrált elemek megjelenésével a nagyobb alkatrészsűrűség, azaz kisebb térfogat elérése céljából szükségessé vált, hogy a huzalozást a szigetelő mindkét oldalán, illetve több egymásra helyezett rétegben készítsék el. Az egyes rétegek közötti fémes kapcsolatot többnyire a lemezbe fúrt lyukakban elektrokémiai úton leválasztott fémréteg valósítja meg. A kétoldalas, lyukgalvanizált lemezek esetében már maga az elnevezés is utal a galvanotechnika szerepére.

A nyomtatott huzalozású lemezek előállítására az eljárások két fő csoportját ismerjük. Az egyik a ma már jól kézben tartható szubsztraktív eljárás, a másik a költségmegtakarítás és egyes műszaki szempontok miatt előnyösebb additív eljárás.

A hagyományos szubsztraktív eljárás hátrányai: elsősorban az, hogy az áramvezetőket az alamarás

túlzottan meggyengíti. A marató oldat a 30–35 μm vastag vörösréz rétegnek a nemkívánatos területekről való eltávolítása során túlságosan sokáig hat az áramvezetők oldalfelületeire, és olyan zavarokat okoz, amelyek a miniaturizálásra való fokozott törekvés miatt mind jelentősebbekké váltak. Minél kisebbek az áramkörök és ennek folytán minél keskenyebbre tervezik az áramvezetőket, valamint minél szűkebben rendezik el egymás mellett a pályákat, annál nagyobb mértékben romlik a pályák minősége.

A műszaki szempontok mellett gazdasági vonatkozások is indokolják a jobb módszerek keresését. Ha figyelembe vesszük, hogy a kapcsolási ábrák a lemez felületének általában 10–40%-át teszik ki, úgy a kettős kasírozásnak 60–90%-a felesleges, és azt el kell távolítani. A meghosszabbodott maratási idő és a marató oldat többletfelhasználási költségeit csak részben lehet a lemaratott vörösréz visszanyerésével kiegyenlíteni, de ezt a lehetőséget különben is csak nagy darabszámot előállító nagyvállalatok alkalmazhatják gazdaságosan. Ha ilyen visszanyerési lehetőség nincs, akkor a nagy mennyiségű vörösréz szennyvíztechnikai kezelése okoz nehézséget.

Az additív eljárás során a rétegelt szigetelőlemezen csak a vezetómintázatot alakítják ki, ezért előnyei a következők:

1. nincs felesleges rézfelvitel,
2. nem szükséges marató anyag,
3. nincs alámarás,
4. elmarad a feltétlen szükséges rézvisszanyerés.

Ezeket az előnyöket figyelembe véve érthető, hogy világszerte egyre nagyobb erőfeszítéseket tesznek megfelelő additív módszer kidolgozására.

A nyomtatott huzalozású lemezek additív előállításakor az ABS kopolimerek bevezetésével ismertté vált műanyag-galvanizálás ipari technológiáját alkalmazzák. A fő problémát itt is a műanyag–fém közötti kötés jelenti. Az egyre inkább alkalmazásra kerülő additív eljárások alapanyaggal szemben támasztott követelményei igen nagyok. A megfelelő elektromos tulajdonságok mellett a rétegelt szigetelőlemezeknek, amely rendszerint üvegszövetrel erősített epoxigyanta, kiválóan vegyszerállóan is kell lennie. Ha ugyanis oldószerfelvétel következne be az alapanyagban, akkor ez a forrasztási hőigénybevételnél hólyagosodást okozna, vagy az alapanyag rétegeinek szétválásához vezetne. Ebből következik, hogy nehéz olyan eljárást találni, amely a megfelelő műanyag–fém kötést biztosítja. Ezt a problémát háromféle módon oldották meg:

a) Additív eljárás, magban katalizált anyaggal

Ennél az eljárásnál a rétegelt szigetelőlemez töltőanyagként, finoman elosztatott formában katalizátort (palládiumot) tartalmaz, amely a rézleválást megindítja. Az érzékenyítés és az aktiválás műveletei ezért elmaradnak, és a kémiai rézfürdőből, mindenféle előkezelés nélkül, közvetlenül összefüggő fémréteg választható le. A leválasztott rézréteg tapadása azonban nem kielégítő, ezért az eljárás számos módosításon ment keresztül.

b) Additív eljárás tapadást fokozó anyaggal

A rétegelt szigetelő lemezre tri- vagy perklóretilén tisztítás után maratással vagy öntéssel tapadást fokozó, nagy viszkozitású, tixotróp, egykomponensű ragasztóanyagot visznek fel, amelyet 100–140 °C-on beégetnek. A leválasztott rézréteg és az alapanyag közötti megfelelő tapadást az ABS-nél is alkalmazott krómsavas maratás biztosítja. A gyanta egyenletes felvitele mellett az eljárás kritikus lépése a lyukasztás vagy a fúrás. A papírváz alapanyagot lehet lyukasztani, az üvegváz epoxit azonban fúrni kell, hogy jó minőségű furatot kapjunk. Pakettban történő fúrásnál az egyes lemezek közé alumínium vagy műanyag fóliát kell helyezni, hogy a tapadást fokozó anyag letöredését és ezáltal a furatokban bekövetkező elkenődését megakadályozzuk, mert ez a letöredett, rosszul tapadó ragasztóréteg a rézfólia szakadásához vezethet.

c) Additív eljárás kémiai előkezeléssel

Néhány cég eljárása a rézréteg jó tapadásának érdekében olyan alaplemezt alkalmaz, amelynél az üvegváz epoxi lemezt a külső üvegszövet felett kb. 50 μm vastag epoxi gyanta borítja. A lemezek különleges előkezelése, maratása, érzékenyítése és aktiválása után választják le a kémiai és a galván rézréteget. A NYÁK-lemezek hagyományos, szubsztraktív eljárással való előállításának típustechnológiája (ún. lyukgalvanizálása) a következő lépésekből áll:

- 2.2.1 Kétoldalt rézfóliával borított szigetelő (üvegszövet-epoxi, papírváz fenolgyanta) lemezek előállítása
- 2.2.2 Lemezek darabolása a kívánt méretre
- 2.2.3 Lemezszelek sorjátlanítása
- 2.2.4 Lyukak fúrása a kialakítandó ábrának megfelelően
- 2.2.5 Felülettisztítás csiszolással
- 2.2.6 Öblítés áramló vízben
- 2.2.7 Öblítés deionizált vízben
- 2.2.8 Kémiai előkészítés
 - 2.2.8.1 Lúgos maratás
 - 2.2.8.2 Öblítés áramló vízben
 - 2.2.8.3 Öblítés deionizált vízben
 - 2.2.8.4 Réz (II) kloridos maratás
 - 2.2.8.5 Öblítés áramló vízben
 - 2.2.8.6 Öblítés deionizált vízben
 - 2.2.8.7 Kezelés 25%-os sósav-oldatban
 - 2.2.8.8 Öblítés deionizált vízben
 - 2.2.8.9 Kezelés 10%-os sósav-oldatban
 - 2.2.8.10 Aktiválás (egy-vagy kétlépcsős)
 - 2.2.8.11 Öblítés áramló vízben
 - 2.2.8.12 Öblítés deionizált vízben
 - 2.2.8.13 Kémiai rezezés
 - 2.2.8.14 Öblítés áramló vízben
 - 2.2.8.15 Öblítés deionizált vízben
 - 2.2.8.16 Kénsavas dekapírozás
 - 2.2.8.17 Öblítés deionizált vízben
- 2.2.9 Galvanikus fémbevonás (I)
 - 2.2.9.1 Galvanikus rezezés (panel-galvanizálás, 2–4 μm)

- 2.2.9.2 Takaréköblítés
- 2.2.9.3 Öblítés áramló vízben
- 2.2.9.4 Öblítés deionizált vízben
- 2.2.10 Szárítás
- 2.2.11 Mintázat kialakítása a lemezen (pl. szitanyomással)
- 2.2.12 Dekapírozás
- 2.2.13 Öblítés deionizált vízben
- 2.2.14 Galvanikus fémbevonás (II)
 - 2.2.14.1 Galvanikus rezezés (galvanizálás 25–30 μm)
 - 2.2.14.2 Takaréköblítés
 - 2.2.14.3 Öblítés áramló vízben
 - 2.2.14.4 Öblítés deionizált vízben
 - 2.2.14.5 Galvanikus ónozás vagy ón-ólmozás
 - 2.2.14.6 Takaréköblítés
 - 2.2.14.7 Öblítés áramló vízben
 - 2.2.14.8 Öblítés deionizált vízben
- 2.2.15 Szárítás
- 2.2.16 Védett felületről szitanyomófesték vagy fotolakk eltávolítása szerves oldószeres mosással
- 2.2.17 Öblítés tiszta acetonban
- 2.2.18 Utóműveletek
 - 2.2.18.1 Maratás
 - 2.2.18.2 Öblítés áramló vízben
 - 2.2.18.3 Öblítés meleg vízben
 - 2.2.18.4 Szárítás
- 2.2.19 Ellenőrzés

Műanyagok kémiai előkészítése galvanizálásra

A térhálós mikromolekula-halmazokból álló, fizikailag és kémiailag heterogén szerkezetű ABS műanyagok felületén eredetileg legfeljebb adszorpciós kötőerők jelenlétével lehet számolni. A kémiai felületkezelés, vagyis a maratás és aktiválás célja éppen a műanyag felületének olyan átalakítása, amelynek során a műanyag–fém rendszer határfázisaiban nagy tapadási szilárdságot biztosító kötőerők kezdenek hatni.

A továbbiakban nézzük meg egy kicsit részletesebben a kémiai előkészítés egyes lépéseit.

3.1 Maratás

A műanyagok rendszerint víztaszító (hidrofób) hatású anyagok, ezért bármilyen kémiai kezelésük vizes oldatban, ill. elektrolitikus fémbevonásuk nehézségekbe ütközik.

A galvanikus fémbevonás előfeltétele, hogy a műanyag felülete villamosan vezető legyen. Ez általában úgy érhető el, hogy a műanyagon kémiai úton fémfilmet létesítenek. Ennél a műveletnél azonban figyelembe kell venni, hogy a műanyag felület simasága miatt a kémiai úton leválasztott fém és a műanyag közötti kötőerő rendkívül kicsi, tehát a bevonat tapadóképesége rossz.

A felület érdesítésének legelterjedtebb módszere a műanyagfelület átalakítása maratással.

Maratáshoz többnyire kénsavból és alkáli bikromátból vagy kénsavból, krómsavból, vízből álló terner, továbbá kénsavból, krómsavból, foszforsavból

és vízből álló quaterner marató oldatot használnak. Az egyes marató oldatokhoz a maratandó műanyagtól függően különböző optimális maratási idő és maratási hőmérséklet tartozik.

A maratás mechanizmusát illetően többféle elméletet dolgoztak ki, de általában a következőt tekintjük elfogadottnak.

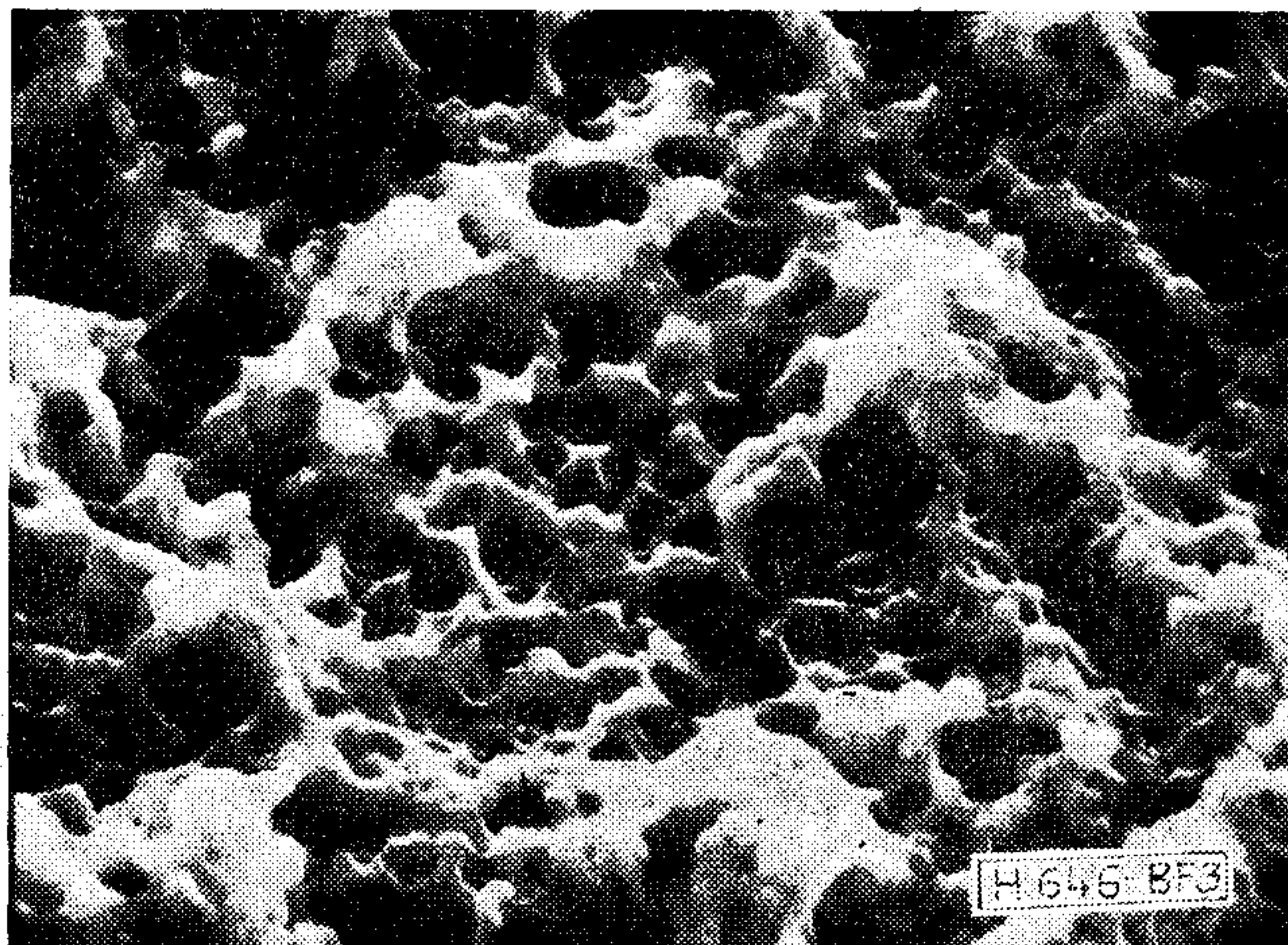
Az akril-nitril-sztirol és butadién komponensekből felépült ABS anyagok vagy az ezekhez hasonló, több komponensű egyéb műanyagok általában heterogén szerkezetűek. ABS műanyagokban a polibutadién óriásmolekulák kis gömböcskék alakjában, egymástól elszigetelten, többé-kevésbé azonban egyenletes sűrűséggel oszlanak el az akril-nitril-sztirol hordozóban. Az alkalmazott marató nagyobb sebességgel oldja vagy roncsolja el a polibutadién részt, mint az akril-nitril-sztirol komponensét. A kémiai folyamatok eredményeként a műanyag felületén mikroüregek képződnek (3. és 4. ábra).

A fémleválasztás során nemcsak a műanyag felületére, hanem ezekbe a kis üregekbe is leválik a fém és ezeket kitöltve, úgyszólván odahorgonyozódik a műanyag felületéhez. Az üregek falán a műanyag makromolekuláinak szerkezete megváltozik, sóképzésre hajlamos $-\text{COOH}$ és $-\text{SO}_3\text{H}$ -gyökök vagy rendkívül erős van der Waals-féle kötésre képes aktív góccok keletkeznek. A műanyag-fémbevonat határfelületén tehát mechanikus és kémiai kötés egyaránt kialakul.

3.2 Aktiválás

A felületátalakítás következő művelete, az aktiválás célja, fém kristálymagok kialakítása a maratott műanyag felületén. Ezek a további műveletekben a kémiai fémleválasztást segítik elő, katalizálják a rétegek képződését.

A műanyag felület aktiválása végezhető egy- vagy kétlépcsős módszerrel. A klasszikus kétlépcsős aktiválás első lépése savas ón(II)klorid oldatba való mártás. Ekkor a műanyag aktív felületpontjain Sn^{2+} -ionok kötődnek meg adszorpció útján. A felületen megkötött Sn^{2+} -ionok az aktiválás második lépéseként alkalmazott savas palládiumklorid oldatból fém palládiumot redukálnak ki a műanyag felületére. Ez a fe-



3. ábra. Maratott epoxigyanta felület 10 000-szeres nagyításban

lületen megtapadt igen finom eloszlású palládium szolgál kristálymagként a kémiai réz leválásához. Palládiumklorid oldat helyett lúgos ezüstsóoldatot is szoktak használni. A két lépés között intenzív öblítés szükséges, nehogy ón(II)klorid kerüljön a második oldatba és azt tönkretegy. A kétlépcsős aktiválás fő hátránya, hogy a NYÁK-lemezek esetében a rézfólia felületére levált finom eloszlású palládium a kémiai réznek a rézfólián való tapadását lerontja.

A kétlépcsős módszer hátrányait küszöböli ki a kolloid-palládium oldatot alkalmazó egylépcsős eljárás. Lényege az, hogy a palládiumklorid és ónklorid oldatok összeöntésével kolloid-palládium oldatot készítenek, melyben az ónklorid egyrészt redukálószer, másrészt fölöslegének hidrolízise következtében keletkező ónhidroxid mint védőkolloid stabilizálja a kolloid-palládiumot. Egyes szerzők szerint az oldatban nem kolloid-palládium, hanem ónpalládium komplex képződik, ez azonban még további tisztázásra vár. A kiinduló oldatok koncentrációjának megfelelő megválasztásával olyan kolloidoldat állítható elő, amelyből palládium megfelelő mennyiségben adszorbeálódik a lyukakban, és mégsem romlik a tapadás a rézfólia felületén, azaz az ott szorbeált mennyiség kicsiny. Egylépcsős aktiválás után gyorsítás (lúg- vagy savtartalmú oldatban) alkalmazása szükséges. Ez a kezelés egyrészt a palládium magocskákra szorbeálódott ón védőkollidot távolítja el, másrészt a gyorsító elősegíti a fém palládium kiredukálódását, vagyis az aktiválás hatásosságát.

3.3 Kémiai fémleválasztás

A kémiai fémleválasztás a műanyagok galvanizálás előtti kémiai előkészítésének befejező művelete. Ilyenkor a maratott és érzékenyített műanyag felületre kémiai redukciós eljárással rezet vagy nikkelt választanak le.

A rezező oldat többnyire módosított Fehling-oldat, amely rézsót, komplexképzőt, a pH beállítására szolgáló lúgot és a rézsóval egyenértékű koncentrációban redukálószer, legtöbbször formaldehidet tartalmaz. Ez utóbbi a rézleválasztáshoz szükséges elektronokat szolgáltatja. A komplexképző adalék feladata az, hogy komplex vegyület alakjában oldatban tartsa a réz(II)-iont.

A leválás katalitikusan indul meg, amikor is a műanyag aktivált felülete katalizátorként szerepel. Megindulása után a folyamat autokatalitikusan halad tovább, mert a fémredukálódást a már levált réz tovább katalizálja. Ez a tény egyrészt előnyös, mert fenntartja a reakció folyamatosságát, másrészt azonban hátrányos, mert az előírásosnál magasabb hőmérséklet, az oldatba kerülő porszemcsék vagy egyéb szennyezések hatására például az oldat spon-tán elbomolhat. Az oldat bomlását a behordott

aktiválószer-maradványok is gyorsíthatják. A jelenség műszaki és gazdasági hátrányainak csökkentése céljából speciális stabilizátor anyagokat állítanak elő, amelyek adagolásával a rezező oldat élettartamát növelni lehet.

A kémiai nikkelfürdőkben a fém nikkelszulfát vagy nikkeltklorid alakjában van jelen, a redukáló anyag többnyire nátrium-hipofoszfát ($\text{NaH}_2\text{PO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, Kaningen-eljárás), de választanak le nikkelt boranátokkal (NaBH_4 : -Na-boranát) vagy borazánokkal ([alkil]₃N-BH₃) való redukció útján is. Ez utóbbi eljárások Nibodur néven váltak ismertté a gyakorlatban. A fémsón, illetve a redukálószeren kívül a kémiai nikkelfürdők — a rézfürdőkhöz hasonlóan — más alkotókat is (gyorsító, komplexképző, nedvesítő-szer) tartalmaznak. A gyorsítók a fémleválás sebességét szabályozzák.

Míg a Kaningen-eljárással tulajdonképpen Ni-P réteget választanak le, addig a Nibodur-eljárásnál Ni-B vagy Ni-Co-B ötvözetből álló réteg válik le. A Nibodur-fürdők általában alacsonyabb hőmérsékleten dolgoznak, ezért alkalmasak a hőre érzékeny műanyagok nikkelezésére. Az eljárás szerint 50–60 °C-on, 5–10 percig végzik a kezelést, amikor is átlagban 3–5 μm vastag, kellő szilárdságú és jól tapadó réteget választanak le.

A fentieknek megfelelően előkészített felületű műanyag tárgyak galvanikus fémbevonása — rezezés, nikkelezés, krómozás stb. — a felületkezelési technikában jól ismert, korszerű módszerekkel, a szokásos munkafeltételek betartásával hajtható végre.

A késztermék vizsgálata

Mivel a műanyagok közül először az ABS galvanizálásánál érték el a legjobb eredményt, a fémbevonat tapadását is ezen az anyagon vizsgálták a legtöbben. Az ABS-t előállító és galvanizáló cégek a fém—műanyag tapadást egy adott szélességű fémbevonat-csíknak a felületre merőlegesen, állandó sebességgel történő lehúzásakor mért húzóerővel jellemzik. Ezt a vizsgálati módszert, amely számszerű adatokat szolgáltat a tapadásra vonatkozólag, célszerű kiegészíteni a tárgyak tartós hőállósági és egyéb vizsgálataival.

A galvanizált műanyagok korróziós viselkedésének vizsgálatánál szem előtt kell tartani, hogy itt az alapanyag korróziója nem lép fel. Természetesen a fémbevonat korróziója ebben az esetben is fellép. Sokszor a használati érték biztosítása érdekében a fémek galvanizálásánál felvitt rétegvastagságnál vékonyabb bevonatok is elegendők. A műanyag alkatrészeket korrózióállóság szempontjából főleg a Cass-vizsgálat szerint értékelik, a vizsgálat ideje 80 óra.

Hibacsomó-javítás hardware megvalósítása ciklikus Reed-Solomon-kódok segítségével

ETO 681.3.041.5

Modern digitális hírközlő rendszerekben egyetlen elemi jel rendszerint egy bitnél több információt hordoz. Ezért a jelenlegi gyakorlatban elterjedt bináris hibajavító kódok, amelyekben a kódszó elemei bináris szimbólumok, nem túlzottan hatékonyak. Úgy tűnik, hogy többszintű ciklikus kódok előnyösen alkalmazhatók nagy sebességű bonyolult adatátviteli összeköttetésekben (4800, 9600 bit/s és e fölött), mágnesszalagos tároló rendszerekben stb. Ezekben a rendszerekben a hibacsomók dominálnak, és olyan kódok szükségesek, amelyek hibacsomókat képesek javítani. Szerencsére a hibacsomó-javító ciklikus kódok meglehetősen egyszerűen megvalósíthatók. Különösen a ciklikus Reed-Solomon-kódoknak van jó hibacsomó-javító képessége. Minden RS (Reed-Solomon)-kód egyúttal maximális, azaz az adott redundancia mellett a minimális Hamming-távolsága maximális. Ez a kód optimális a Reiger-korlát értelmében, ezért igen alkalmas hibacsomók javítására.

1. Ciklikus RS-kódok

Matematikai szempontból az RS-kód, mint minden ciklikus kód, ideál a $GF(q)$ test feletti, $(x^n - 1)$ modulusú polinom-algebrában. A kód generátor-polinómja:

$$g(x) = \prod_{i=1}^{d-1} (x - \alpha^i) = x^r + \sum_{i=1}^r g_{r-i} x^{r-i}, \quad (1.1)$$

ahol

d — azon kód minimális Hamming-távolsága, amelyet az (1.1) polinom generál,

α — a $GF(q)$ primitív eleme,

$GF(q)$ — a kompozit véges Galois-test

és

$$g_i \in GF(q), g_i \neq 0, i = 0, 1, \dots, r-1.$$

A kompozit megjelölés azt jelenti, hogy a testnek $q = p^n$ eleme van (ahol p prímszám), és $p^n > 2$. Az (1.1) polinom által generált kód ciklikus (n, k) kód, amelyre:

$$\begin{aligned} \text{a kód hossza:} & n = q - 1, \\ \text{az információs elemek száma:} & k = n - r, \\ \text{a redundáns elemek száma:} & r = n - k = d - 1, \\ \text{a minimális Hamming-távolság:} & d = r + 1. \end{aligned}$$

Minden V kódszó tekinthető egy $GF(q)$ feletti n -dimenziós vektornak:

$$V = [v_0, v_1, \dots, v_{n-1}]. \quad (1.2)$$

Az (1.2) vektorhoz kölcsönösen egyértelműen hoz-

zárendelhető egy legfeljebb $n-1$ -ed fokú, $GF(q)$ feletti polinom:

$$v(x) = \sum_{i=1}^n v_{n-i} x^{n-i}. \quad (1.3)$$

Gyakorlati okokból szisztematikus kódra van szükség, azaz a v_0, v_1, \dots, v_{r-1} pozíciók a redundáns elemek, míg $v_r, v_{r+1}, \dots, v_{n-1}$ az információs elemek.

2. A kódolási eljárás

Jelölje

$$f_i(x) = \sum_{i=1}^k f_{n-i} x^{n-i} \quad (2.1)$$

az információs polinómot, amellyel ekvivalens vektor:

$$F_i = [f_r, f_{r+1}, \dots, f_{n-1}]. \quad (2.2)$$

A (2.2) vektor komponensei az információs szimbólumok, amelyeket kódolni kell. A kódolási eljárás a kódvektor redundáns részének

$$F_r = [f_0, f_1, \dots, f_{r-1}] \text{-nek a} \quad (2.3)$$

kiszámítását jelenti. Ez a következőképpen végezhető el:

$$f_r(x) = -R_g[f_i(x)] = \sum_{i=1}^r f_{r-i} x^{r-i}, \quad (2.4)$$

ahol $R_g[y]$ y -nak a $g(x)$ polinommal való osztás során kapott maradéka. A teljes polinom:

$$f(x) = f_i(x) + f_r(x) = \sum_{i=1}^n f_{n-i} x^{n-i} \quad (2.5)$$

természetesen kódpolinom, hiszen többszöröse a $g(x)$ generátorpolinomnak. Így a kódvektor a következő:

$$F = [f_0, f_1, \dots, f_{n-1}]. \quad (2.6)$$

Egy másik kódolási eljárás az

$$R = (-1) \begin{bmatrix} R_{n-1} \\ R_{n-2} \\ \vdots \\ R_r \end{bmatrix}, \quad (2.7)$$

$k \cdot r$ dimenziós mátrixot használja fel, ahol a mátrix sorvektorai:

$$R_{n-j} = [r_{n-j,0}, r_{n-j,1}, \dots, r_{n-j,r-1}] \quad (2.8)$$

az

$$r_{n-j}(x) = R_g[x^{n-j}] = \sum_{i=1}^r r_{n-j,r-i} x^{r-i} \quad (2.9)$$

összefüggésből számíthatók. Most a redundáns vektor az F_i k -dimenziós sorvektor és az R mátrix szorzatával egyenlő:

$$F_r = F_i \cdot R. \quad (2.10)$$

Az R mátrix transzponáltja $r \cdot k$ mátrix:

$$R^T = (-1) \begin{bmatrix} H_1 \\ H_2 \\ \vdots \\ H_r \end{bmatrix}, \quad (2.11)$$

ahol

$$H_i = [h_{i,0}, h_{i,1}, \dots, h_{i,k-1}] \quad (2.12)$$

és

$$h_i(x) = R_i x^{k-1+i}. \quad (2.13)$$

Az előbbiekhöz hasonlóan $R_h[y]$ y -nak a $h(x)$ -szel való osztás utáni maradékát jelöli. $h(x)$ -et paritás-polinomnak nevezik:

$$h(x) = (x^n - 1)/g(x).$$

3. A dekódolási eljárás

A következő eljárás $\left\lfloor \frac{d-1}{2} \right\rfloor$ számú ($[x] = \text{entier}$ függvény) véletlen hiba javítására szolgál feltéve, hogy a hibák a kódvektor $r = n - k$ terjedelmű részében helyezkednek el. A kódvektor 0-adik és $(n-1)$ -edik pozíciója a kód ciklikus természete miatt szomszédos.

Jelölje R a vett kódvektort és $r(x)$ az ennek megfelelő polinomot. A vett vektor (polinom) a kódvektor (polinom) és a hibavektor (polinom) összege:

$$R = V + E = [r_0, r_1, \dots, r_{n-1}],$$

ahol

$V = (v_0, v_1, \dots, v_{n-1})$ adott kódvektor,

$E = (e_0, e_1, \dots, e_{n-1})$ hibavektor.

Tehát

$$r(x) = v(x) + e(x) = \sum_{i=1}^n r_{n-i} \cdot x^{n-i}$$

a vett polinom, és

$$e(x) = \sum_{i=1}^n e_{n-i} \cdot x^{n-i}$$

a hibapolinom.

A hibapolinomnak megkülönböztethetjük az információs szimbólumokat $e_i(x)$, illetve a redundáns szimbólumokat $e_p(x)$ érintő részeit:

$$e(x) = e_i(x) + e_p(x). \quad (3.1)$$

A hatékony dekódolási eljárás lehetővé teszi $e(x)$ meghatározását. A dekódolás során elsősorban a vett vektor szindrómájára van szükség:

$$S = [s_0, s_1, \dots, s_{r-1}]. \quad (3.2)$$

A szindrómapolinom

$$s(x) = R_g[r(x)] = R_g[e_i(x)] + e_p(x) = \sum_{i=1}^r s_{r-i} \cdot x^{r-i}, \quad (3.3)$$

mert

$$R_g[v(x)] = 0 \quad \text{és} \quad R_g[e_p(x)] = e_p(x).$$

Ezután megvizsgáljuk a szindrómavektor

$$w(S) \quad (3.4)$$

Hamming-súlyát, vagyis a nem nulla elemek számát. Három esetet különböztethetünk meg [2]:

1. Ha $t = \left\lfloor \frac{d-1}{2} \right\rfloor$ -nél nincs több hiba a vett vektorban, és a hibák csak a redundáns részben helyezkednek el, akkor a szindrómavektor Hamming-súlya:

$$w(S) \leq t, \quad (3.5)$$

és

$$e(x) = e_p(x) = s(x). \quad (3.6)$$

2. Ha t -nél nem több hiba következik be az információs pozíciókban (és csak ott), akkor

$$e(x) = e_i(x), \quad (3.7)$$

$$s(x) = R_g[e_i(x)]. \quad (3.8)$$

Ez azt jelenti, hogy

$$e_i(x) - R_g[e_i(x)] = e_i(x) - s(x) \quad (3.9)$$

kódpolinom, és így nem nulla elemeinek száma $(2t+1)$ -nél nem lehet kevesebb [3]. Ezért 1, 2, ..., t információs szimbólumhiba esetén $s(x)$ nem nulla elemeinek száma nem lehet kevesebb, mint $2t, 2t-1, \dots, t+1$.

3. Ha összesen nincs t -nél több hiba, és a redundáns részben bekövetkezett hibák száma z , akkor az információs pozíciókban legfeljebb $t-z$ hiba következett be. Ezek az információs részben levő hibák $t+z+1$ nem nulla elemet okozhatnak $s(x)$ -ben. Ez a szám legfeljebb z -vel változhat a hibás redundáns pozíciók hatására.

Így ha a vett vektorban a hibák száma nem több t -nél, akkor

$$w(S) \geq t+1. \quad (3.10)$$

Tehát a (3.4) szindróma Hamming-súlya alapján t vagy kevesebb hibát kijavíthatunk, ha a hibák a kódszó paritásrészében következtek be. (3.2)-t kivonva a vett vektorból kapjuk a javított vett vektort:

$$U = R - S = [r_0 - s_0, r_1 - s_1, \dots, r_{r-1} - s_{r-1}, r_r, \dots, r_{n-1}], \quad (3.11)$$

A 2. és 3. esetben a hibák javítása érdekében minden információs pozíciót át kell tolni a redundáns részbe.

Így

$$r_a(x) = x^a \cdot r(x) \text{ mod } (x^n - 1) = \sum_{i=1}^n r_{N-i} \cdot x^{n-i}, \quad (3.12)$$

ahol $N = n - a - i \text{ mod } (n)$. A (3.12) polinomnak megfelelő vektor:

$$R_a = [r_{n-a}, \dots, r_0, r_1, \dots, r_{n-a-2}, r_{n-a-1}]. \quad (3.13)$$

Ez a vektor a vett vektorból a számú ciklikus balra léptetéssel kapható. (3.13) szindrómája.

$$s_a(x) = R_g[r_a(x)], \quad S_a = [s_0^a, s_1^a, \dots, s_{r-1}^a]. \quad (3.14)$$

Ezért, ha a szindróma súlya t -nél nagyobb, meg kell határozni $s_a(x)$ -et $a=1, 2, \dots, k$ esetére. Ha valamilyen $m \leq k$ -ra fennáll, hogy:

$$w(S_m) \leq t, \quad S_m = [s_0^m, s_1^m, \dots, s_{r-1}^m], \quad (3.15)$$

akkor a hibajavítás a következőképpen végezhető el:

$$U_m = R_m - S_m = [r_{n-m}, \dots, r_{n-m-1}] - [s_0^m, \dots, s_{r-1}^m, 0, \dots, 0]. \quad (3.16)$$

A dekódolási eljárás utolsó lépése a (3.16) vektor $n-m$ hellyel való jobbra léptetése, és a következő javított vektor (polinom) képzése:

$$u(x) = x^{n-m} \cdot u_m(x) \text{ mod } (x^n - 1). \quad (3.17)$$

Ha a (3.15) feltétel egyetlen $a=1, 2, \dots, k$ esetére sem teljesül, ez azt jelenti, hogy a hibák nem tolhatók be a paritás pozíciókba, vagy pedig legalább $t+1$ hiba következett be.

4. Műveletek GF(q)-ban

Hogy a kódolási és dekódolási eljárásokat elvégezhessük, ismernünk kell a GF(q)-ban értelmezett aritmetikai műveletek végrehajtási módját.

Abban az esetben, ha $q=p$, ahol p =tetszőleges prímszám, a GF(p) műveletek a jól ismert modulo (p) aritmetikai műveletek. A feladat jóval bonyolultabb, ha q p -nek valamilyen hatványa.

Legyen $q=p^n$, n =egész szám, akkor GF(q) multiplikatív csoportja [GF(q) minden nem nulla eleme] előállítható GF(q) primitív elemeinek hatványaként:

$$\alpha^i = [a_{i,0}, a_{i,1}, \dots, a_{i,n-1}], \quad (4.1)$$

ahol

$$x^i \equiv \sum_{i=1}^n a_{i,n-i} x^{n-i} \text{ (mod } p(x)), \quad (4.2)$$

és

$$p(x) = x^n + \sum_{i=1}^n p_{n-i} \cdot x^{n-i}. \quad (4.3)$$

Ez GF(q) felett primitív, n -ed fokú polinom.

A legegyszerűbb módszer a GF(q)-beli műveletek elvégzésére az összes $q-1$ vektor (4.1) kiszámítása. Ekkor, mivel α rendje $q-1$, a szorzás szabálya a következő:

$$\alpha^i \cdot \alpha^k = \alpha^{i+k} \text{ (mod } (q-1)). \quad (4.4)$$

Az összeadás művelete a következőképpen végezhető el:

$$\alpha^k + \alpha^s = [(a_{k,0} + a_{s,0})_p, \dots, (a_{k,n-1} + a_{s,n-1})_p], \quad (4.5)$$

ahol $(x+y)_p$ a mod p összeadást jelöli.

Vegyük észre, hogy a (4.1) vektor $a_{i,0}$ elemei a következő lineáris rekurzív relációból is kiszámíthatók:

$$a_{i,0} = - \sum_{j=0}^{n-1} p_j \cdot a_{i-j-n,0}, \quad i=n, n+1, \dots, q-2, \quad (4.6)$$

ahol $a_{i,0}$ az α^i vektor első eleme és a p_j -k a 4.3 polinom együtthatói.

(3.8)-ba behelyettesítve az $a_{0,0}=1, a_{1,0}=\dots, =a_{n-1,0}$ kezdőértékeket, kiszámíthatjuk a (4.6) összefüggés által generált sorozat periódusát:

$$a_{0,0}, a_{1,0}, \dots, a_{n-1,0}, \dots, a_{q-2}. \quad (4.7)$$

Ezután kereséssel megállapítható, hogy GF(q) tetszőleges nem nulla α^i eleméhez található-e olyan $m(j)$, amelyre teljesül, hogy

$$a_{i,j} = a_{x,0}, \quad i=1, 2, \dots, q-2, \quad j=1, 2, \dots, n-1, \quad (4.8)$$

ahol $x = i + m(j) \text{ (mod } (q-1))$. Ez jelentősen egyszerűsíti GF(q) multiplikatív csoportjának kiszámítását. 1. példa: műveletek hardware megvalósítása GF(16) ban

GF(16) multiplikatív csoportja az

$$\alpha^i = [a_{i,0}, a_{i,1}, a_{i,2}, a_{i,3}], \quad i=0, 1, \dots, 14$$

vektorok halmazával ábrázolható, ahol

$$x^i \equiv a_{i,0} + a_{i,1}x + a_{i,2} \cdot x^2 + a_{i,3} \cdot x^3 \text{ (mod } p(x)),$$

és $p(x) = x^4 + x + 1$ egy negyedfokú primitív polinom GF(2) felett.

Mivel $i < 4$ -re $x^i \text{ mod } p(x)$ azonos x^i -vel:

$$a_{i,i} = 1, \quad a_{i,j} = 0, \quad \text{ha } i \neq j, \quad i, j < 4.$$

Az $x^4 + x + 1$ polinommal meghatározott rekurzív reláció:

$$a_{i,0} = a_{i-4,0} + a_{i-3,0} \text{ (mod } 2), \quad i=4, 5, \dots, 14,$$

így az ezen reláció által generált sorozat egy periódusa, ha $a_{0,0}=1, a_{1,0}=a_{2,0}=a_{3,0}=0$:

$$100010011010111.$$

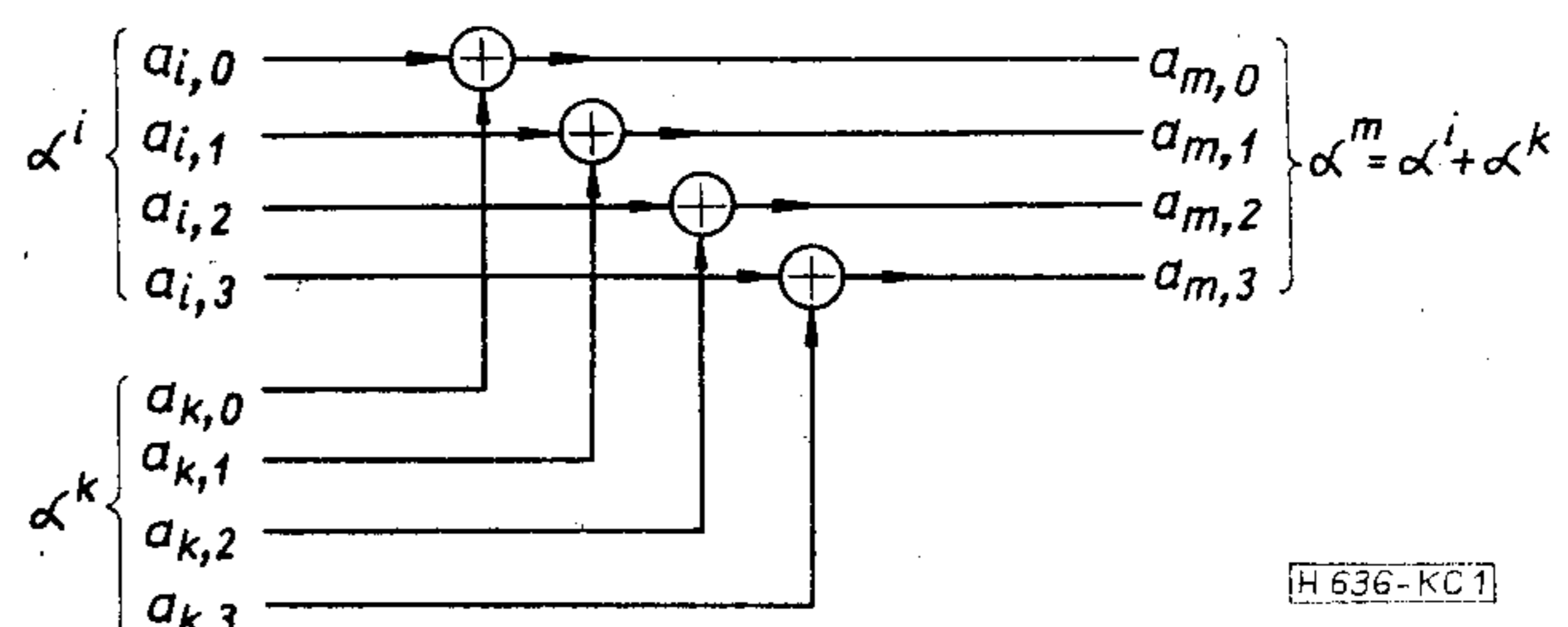
Észrevehetjük, hogy

$$a_{i,j} = a_{x,0}, \quad x \equiv i + 3 - j \text{ (mod } 15), \\ i=0, 1, \dots, 14, \quad j=0, 1, 2, 3.$$

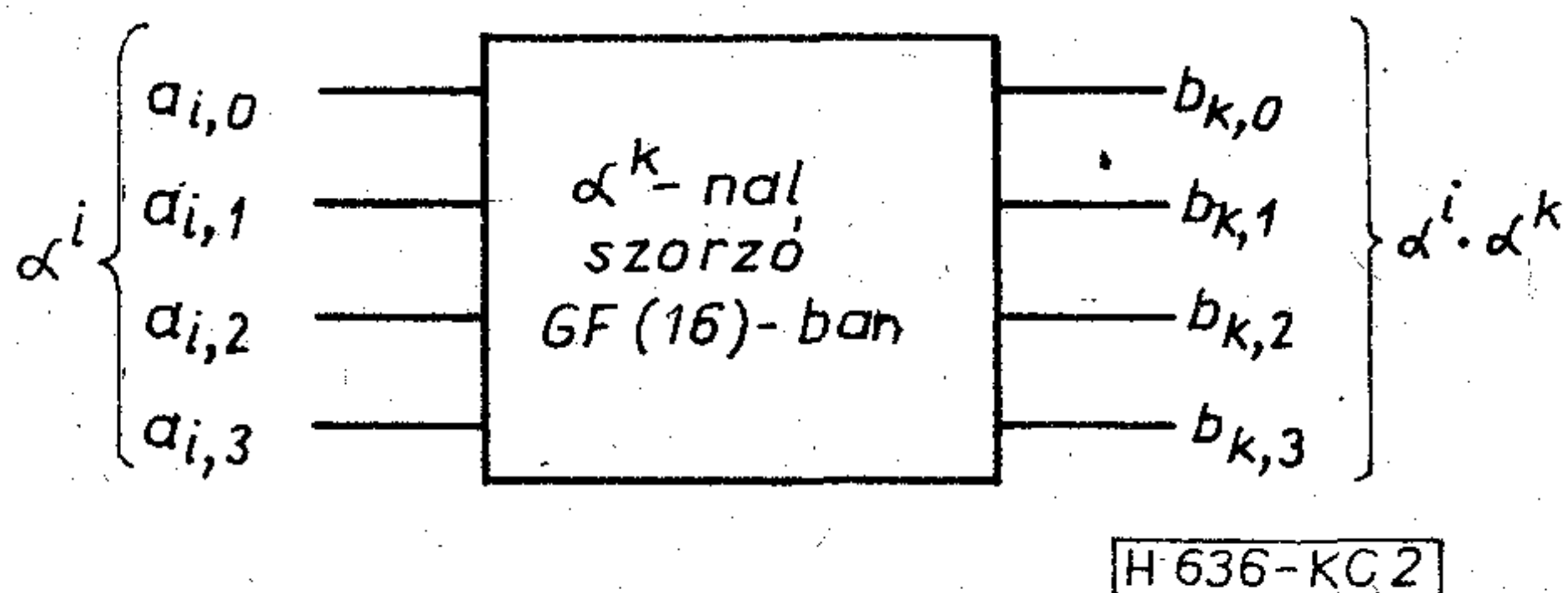
Így GF(16) minden nem nulla elemét egyszerűen felírhatjuk:

$$\begin{aligned} 1 &= \alpha^0 - 1000 \alpha^5 - 0110 \alpha^{10} - 1110 \\ \alpha &= 0100 \alpha^6 - 0011 \alpha^{11} - 0111 \\ \alpha^2 &= 0010 \alpha^7 - 1101 \alpha^{12} - 1111 \\ \alpha^3 &= 0001 \alpha^8 - 1010 \alpha^{13} - 1011 \\ \alpha^4 &= 1100 \alpha^9 - 0101 \alpha^{14} - 1001. \end{aligned}$$

Mivel GF(16) karakterisztikája 2, az összeadás megegyezik a kivonással. A GF(16) feletti összeadót az 1. ábra mutatja.



1. ábra. Összeadó GF (16) -ban



2. ábra. Szorzó GF (16) -ban

A GF(16) feletti szorzás hardware megvalósítása jóval bonyolultabb. Szerencsére a hibacsomókat javító kódolási és dekódolási eljárás során csak egyetlen, GF(q)-beli konstans elemmel történő szorzásra van szükség, és ez a művelet viszonylag egyszerű. A GF(16)-beli α^i és α^k közötti szorzást megvalósító általános hálózatot a 2. ábra mutatja. A „doboz” itt modulo 2 összeadók hálózatát tartalmazza. A mod 2 összeadók száma, kapcsolásuk és csatlakozásuk a szorzó áramkör be- és kimenetéhez a kombinációs hálózatoknál használt módszerekkel határozható meg. GF(16) esetén $A(k)$ függvény kiszámítható, az eredményt az 1. táblázat tartalmazza.

Észrevehetjük, hogy:

$$b_{k,0} = A(k)$$

$$b_{k,1} = A(k+3 \pmod{15})$$

$$b_{k,2} = A(k+2 \pmod{15})$$

$$b_{k,3} = A(k+1 \pmod{15}).$$

Ha például $k=12$, akkor

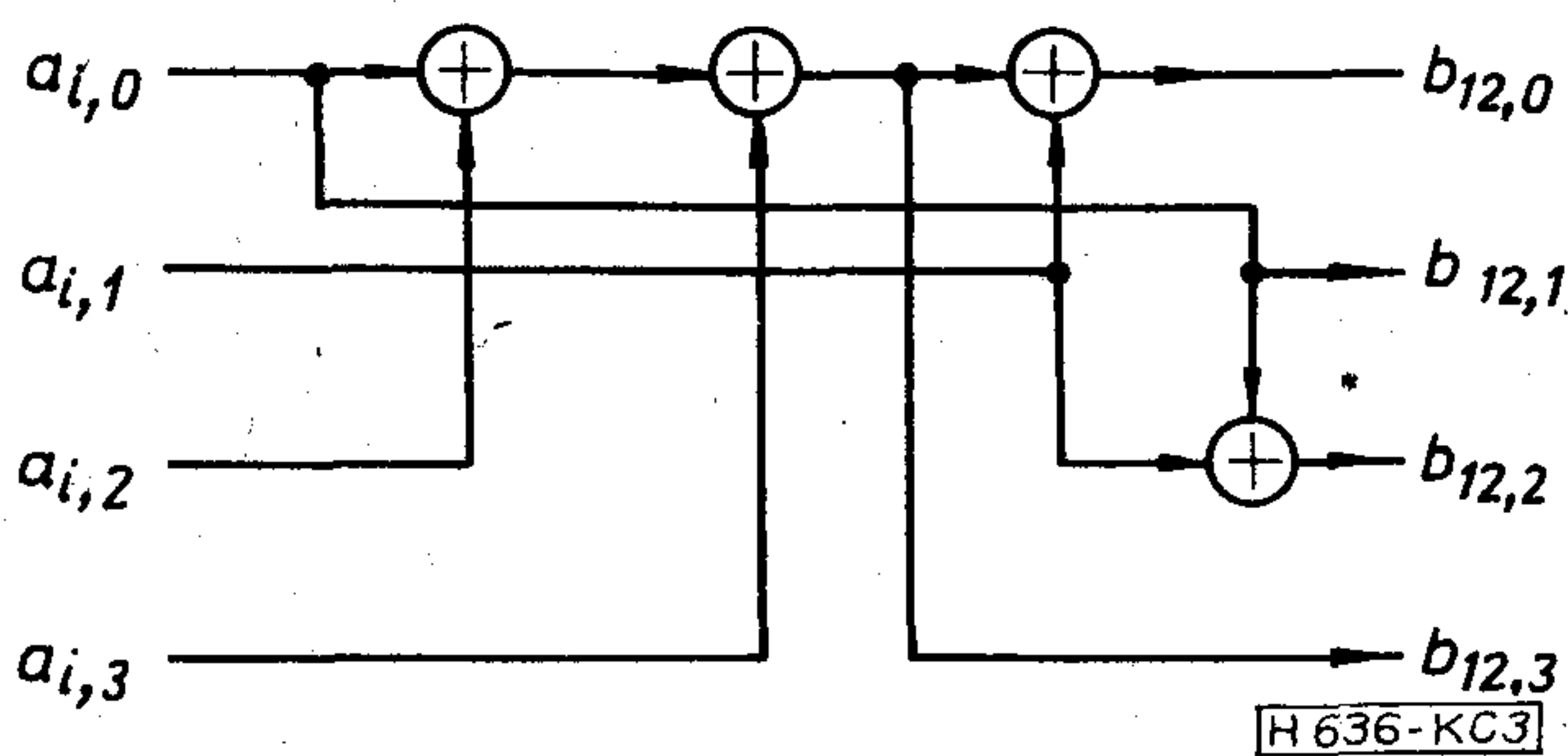
$$b_{12,0} = a_{i,0} + a_{i,1} + a_{i,2} + a_{i,3}$$

$$b_{12,1} = a_{i,0}$$

1. táblázat

Az $A(k)$ függvény GF(16)-ra

k	$A(k)$	k	$A(k)$
0	$a_{i,0}$	8	$a_{i,0} + a_{i,2}$
1	$a_{i,3}$	9	$a_{i,1} + a_{i,3}$
2	$a_{i,2}$	10	$a_{i,0} + a_{i,2} + a_{i,3}$
3	$a_{i,1}$	11	$a_{i,1} + a_{i,2} + a_{i,3}$
4	$a_{i,0} + a_{i,3}$	12	$a_{i,0} + a_{i,1} + a_{i,2} + a_{i,3}$
5	$a_{i,2} + a_{i,3}$	13	$a_{i,0} + a_{i,2} + a_{i,3}$
6	$a_{i,1} + a_{i,2}$	14	$a_{i,0} + a_{i,1}$
7	$a_{i,0} + a_{i,1} + a_{i,3}$		



3. ábra. GF (16)-ban α^{12} -nel szorzó kapcsolása

$$b_{12,2} = a_{i,0} + a_{i,1}$$

$$b_{12,3} = a_{i,0} + a_{i,2} + a_{i,3}.$$

Az α^{12} -nel szorzó áramkör a 3. ábrán látható.

A GF(16) test esetében a mod 2 összeadók száma 1-től 5-ig változhat. Belátható, hogy az áramkörök optimális megvalósításakor minimalizálási probléma is fellép.

5. A kódolási és dekódolási eljárás hardware megvalósítása

Az MSI és LSI áramkörök és a mikroprocesszorok alkalmazása bizonyára kiterjeszti a hibajavító módszerek alkalmazását a digitális átviteli rendszerekben és más információs rendszerekben is.

A kódoló és hibajavító áramkör egy a GF(q) feletti véges automata, amely a 4. ábrán látható elemekből épül fel.

A $g(x)$ generátorpolinom szerinti kódolót az 5. ábra mutatja.

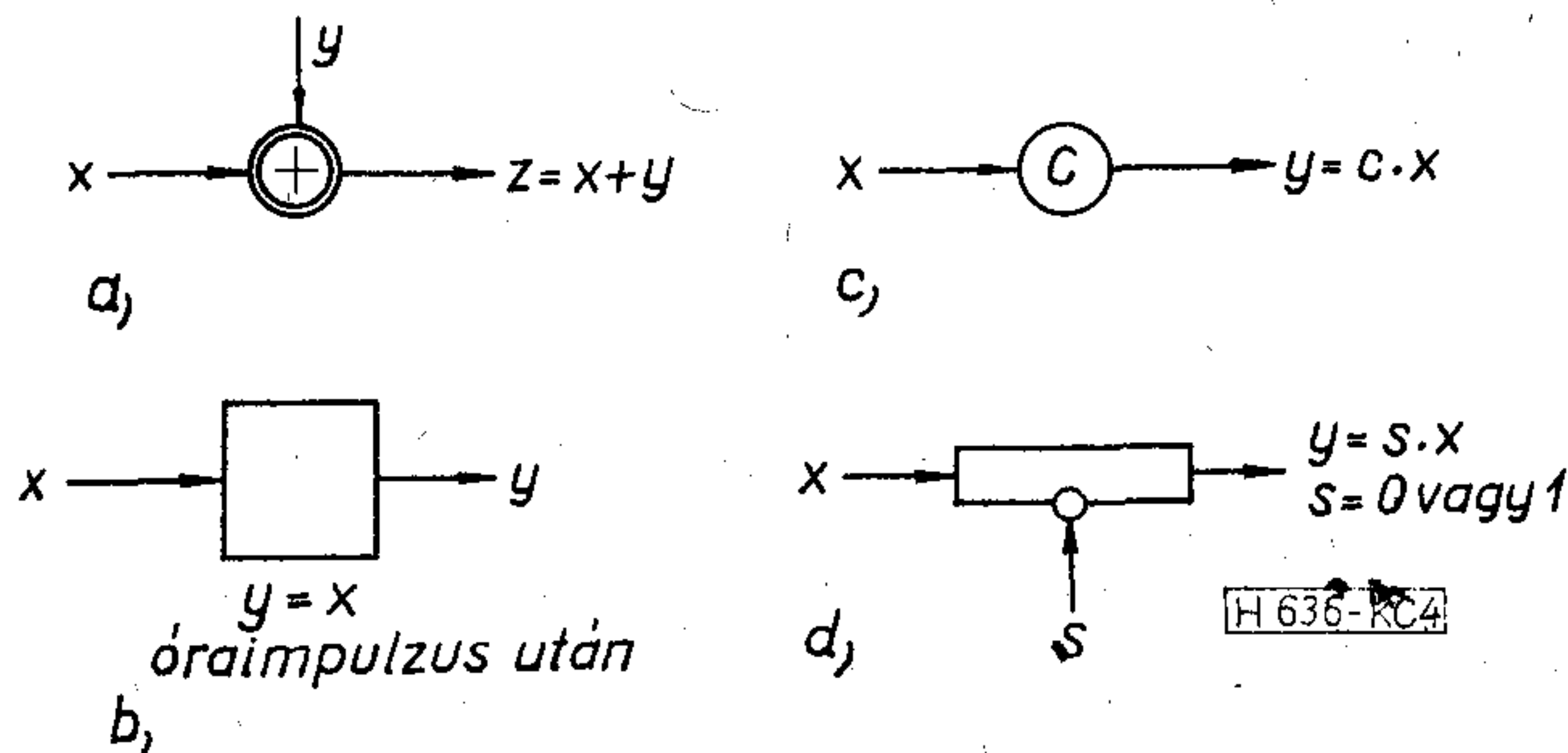
A kódoló k információs szimbólumot kap a forrástól, továbbítja azokat az átviteli csatornára és egyidejűleg a $g(x)$ generátorpolinomnak megfelelően visszacsatolt léptetőregiszterre. A k léptető jel ideje alatt a C vezérlő jel értéke 1, az 1. kapu nyit, a 2. kapu zár, az áramkör képi $R_g[f_i(x)]$ -et. k lépés után a számolás befejeződik, és a következő r óraimpulzus hatására a kódoló kimenetén a kódvektor redundáns elemei lépnek ki.

Egy $h(x)$ paritáspolinom szerinti ekvivalens kódolót mutat a 6. ábra. Itt az információs elemek beolvasása után az áramkört n -szer léptetik. A kódoló kimenetén kilép k darab információs szimbólum, és az utolsó r szimbólum alkotja a kódvektor redundáns részét.

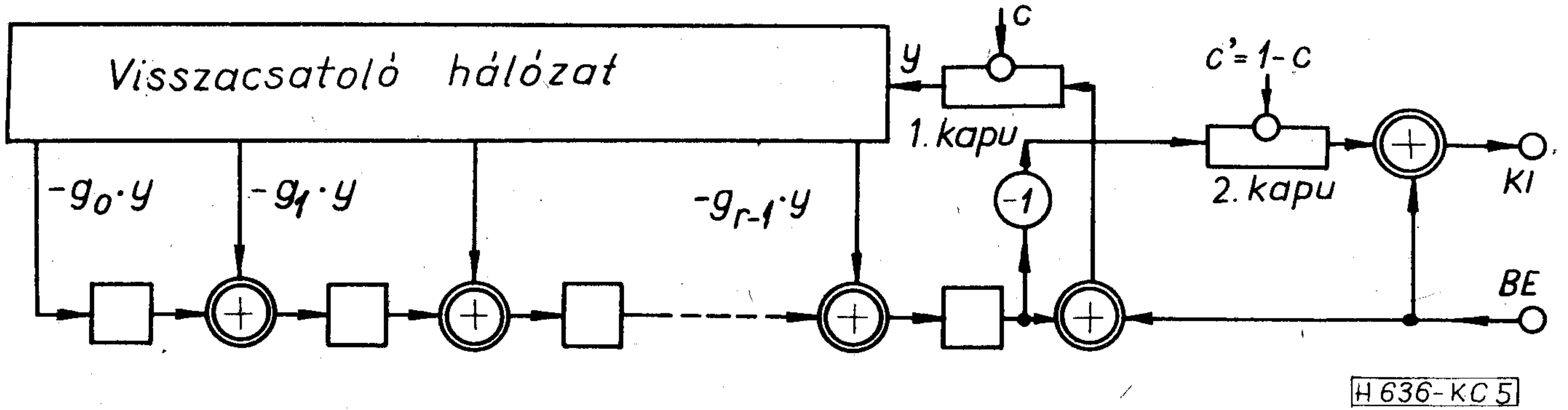
Nyilvánvaló, hogy a feltüntetett kódolóknak lehetnek egyéb, egyenértékű változatai is.

Az RS-kód általános dekódolójának vázlatát a 7. ábra mutatja. A hibajavító képességet a 3. fejezet tárgyalta, ám ez a dekódoló csak az információs elemek hibáit javítja, mivel a vevőben rendszerint nincs szükség a redundáns elemekre (természetesen a hibajavítás után).

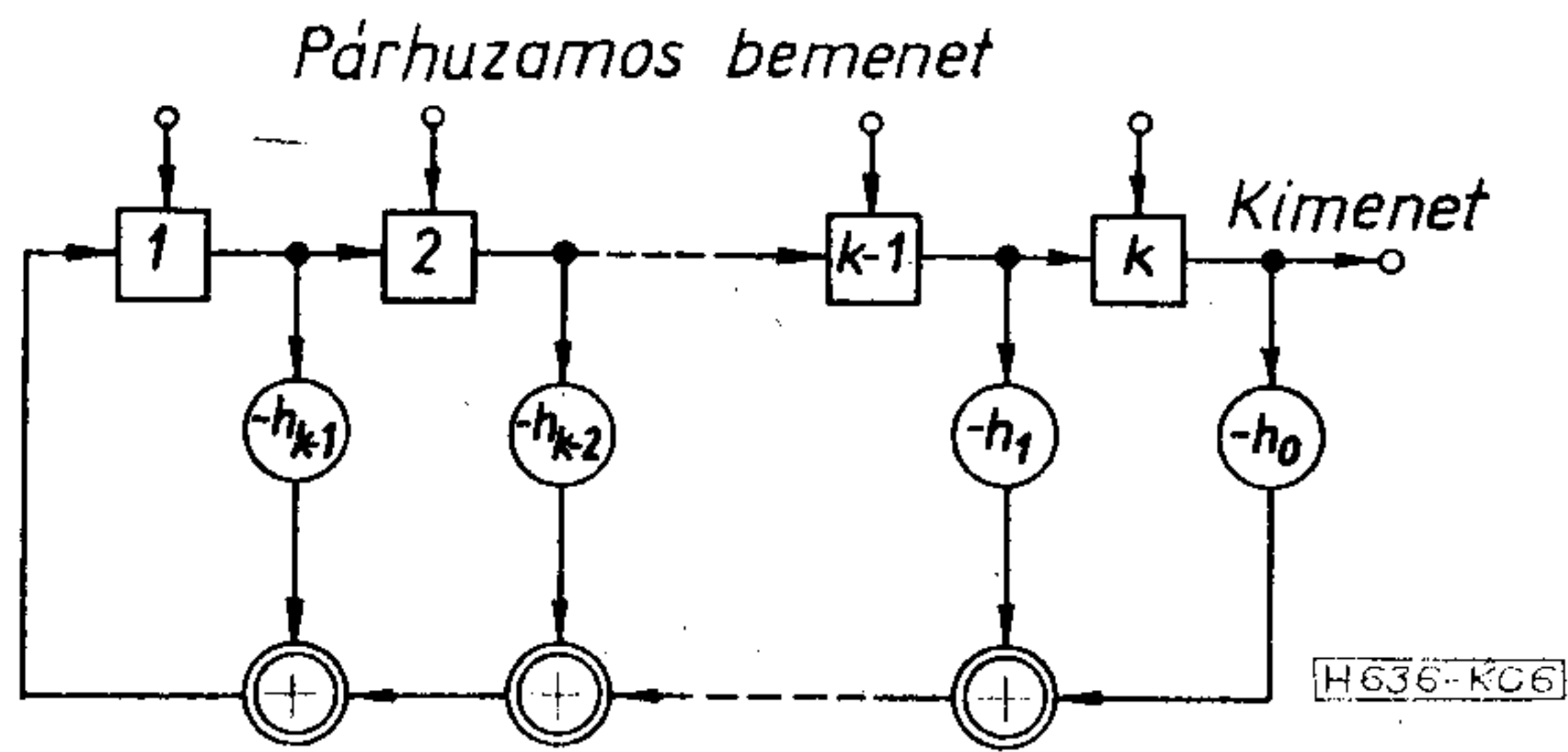
A dekódolási eljárás kétfázisú. Az első, n óraimpulzusnyi fázisban a felső regiszter n -szer, az alsó pedig k -szor lép. Így n óraimpulzus után az alsó regiszter tartalma a k információs szimbólum, a felsőé a szind-



4. ábra. RS-kódoló és -dekódoló áramkör elemei: a) összeadó GF (q) -ban, b) c-vel szorzó GF (q) -ban, c) memóriaelem, d) kapu



5. ábra. $g(x)$ szerinti RS-kódoló vázlata



6. ábra. $h(x)$ szerinti RS-kódoló vázlata

2. táblázat

A (15,9)-es RS-kód GF(16) felett ekvivalens generátorpolinomjai

k	$g(x)$
1	$x^6 + \alpha^{10} \cdot x^5 + \alpha^{14} \cdot x^4 + \alpha^4 \cdot x^3 + \alpha^6 \cdot x^2 + \alpha^9 \cdot x + \alpha^6$
2	$x^6 + \alpha^5 \cdot x^5 + \alpha^{13} \cdot x^4 + \alpha^8 \cdot x^3 + \alpha^{12} \cdot x^2 + \alpha^3 \cdot x + \alpha^{12}$
4	$x^6 + \alpha^{10} \cdot x^5 + \alpha^{11} \cdot x^4 + \alpha \cdot x^3 + \alpha^9 \cdot x^2 + \alpha^6 \cdot x + \alpha^9$
7	$x^6 + \alpha^9 \cdot x^5 + \alpha^{14} \cdot x^4 + \alpha^4 \cdot x^3 + \alpha^4 \cdot x^2 + \alpha^2 \cdot x + \alpha^{12}$
8	$x^6 + \alpha^5 \cdot x^5 + \alpha^7 \cdot x^4 + \alpha^2 \cdot x^3 + \alpha^3 \cdot x^2 + \alpha^{12} \cdot x + \alpha^3$
11	$x^6 + \alpha^{12} \cdot x^5 + \alpha^7 \cdot x^4 + \alpha^2 \cdot x^3 + \alpha^2 \cdot x^2 + \alpha \cdot x + \alpha^6$
13	$x^6 + \alpha^6 \cdot x^5 + \alpha^{11} \cdot x^4 + \alpha \cdot x^3 + \alpha^8 \cdot x^2 + \alpha^8 \cdot x + \alpha^3$
14	$x^6 + \alpha^3 \cdot x^5 + \alpha^{13} \cdot x^4 + \alpha^8 \cdot x^3 + \alpha^4 \cdot x^2 + \alpha^4 \cdot x + \alpha^9$

róma lesz. Ez idő alatt a küszöbáramkör T kimenetén 1 lesz.

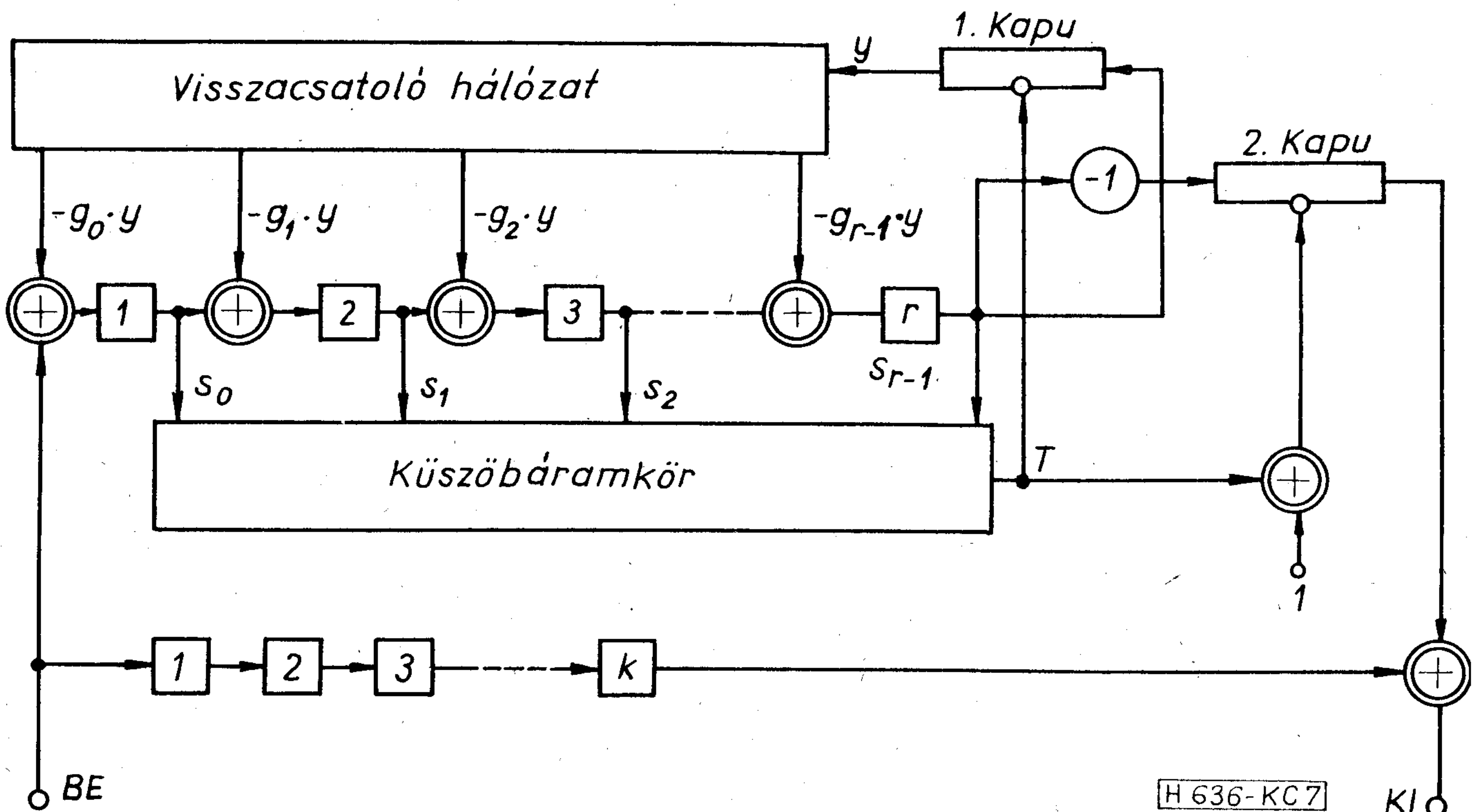
A dekódolás második fázisában, amely ismét n óraimpulzusnyi, a küszöbáramkör kimenete a szindróma súlyától függ:

$$T = \begin{cases} 1 & \text{ha } w(S_d) > t, \\ 0 & \text{ha } w(S_d) \leq t. \end{cases}$$

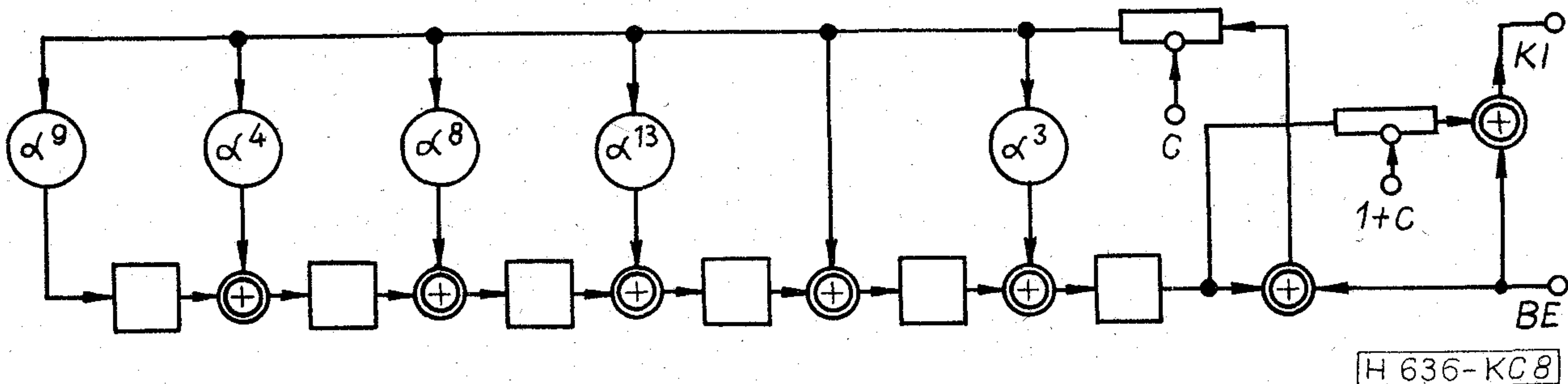
A felső regiszter most is n -szer lép, de az alsó csak az utolsó k alkalommal. Így az utolsó k lépésnél

a dekódoló kimenetén a javított információs szimbólumok jelennek meg.

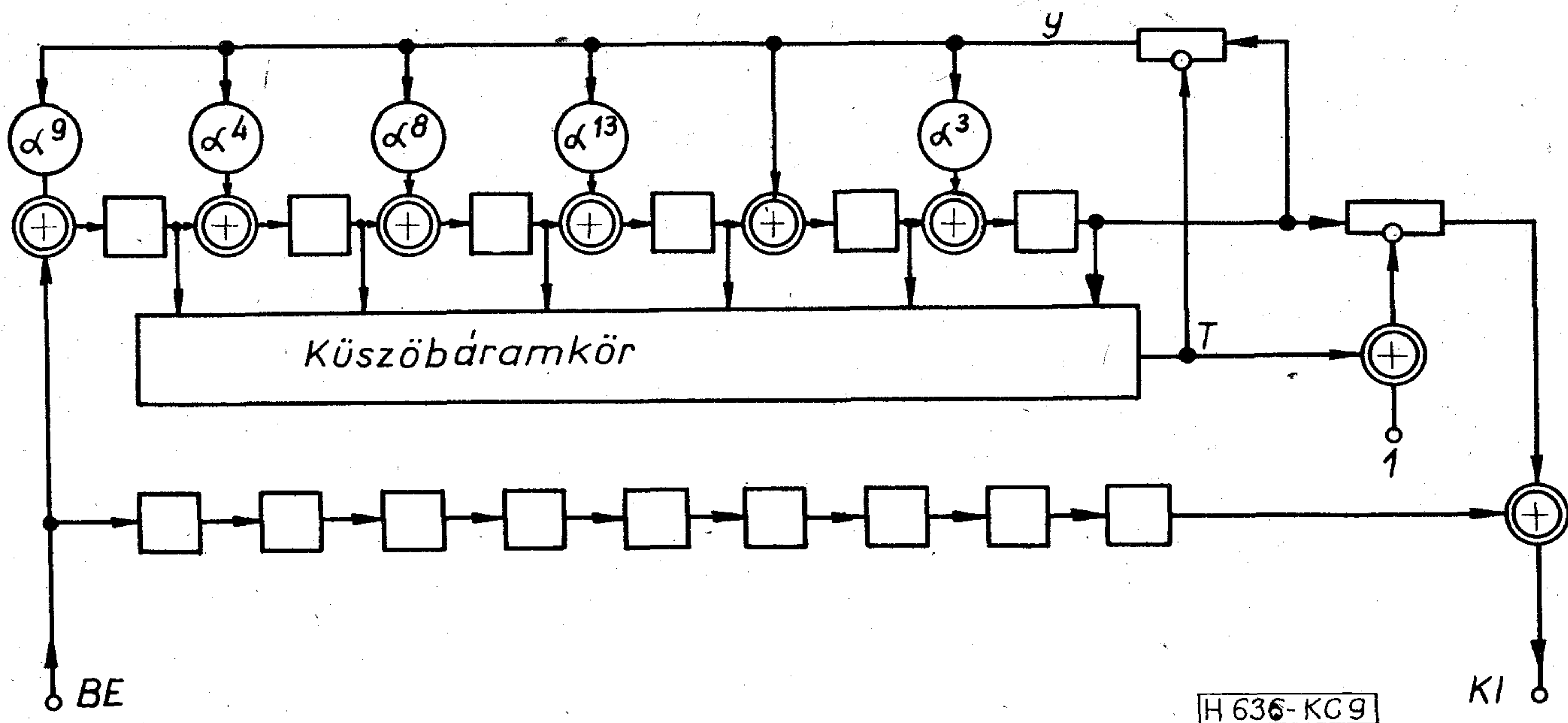
2. példa: A (15,9)-es RS-kód minimális távolsága $d=7$, kódolójának és dekódolójának megvalósítása.



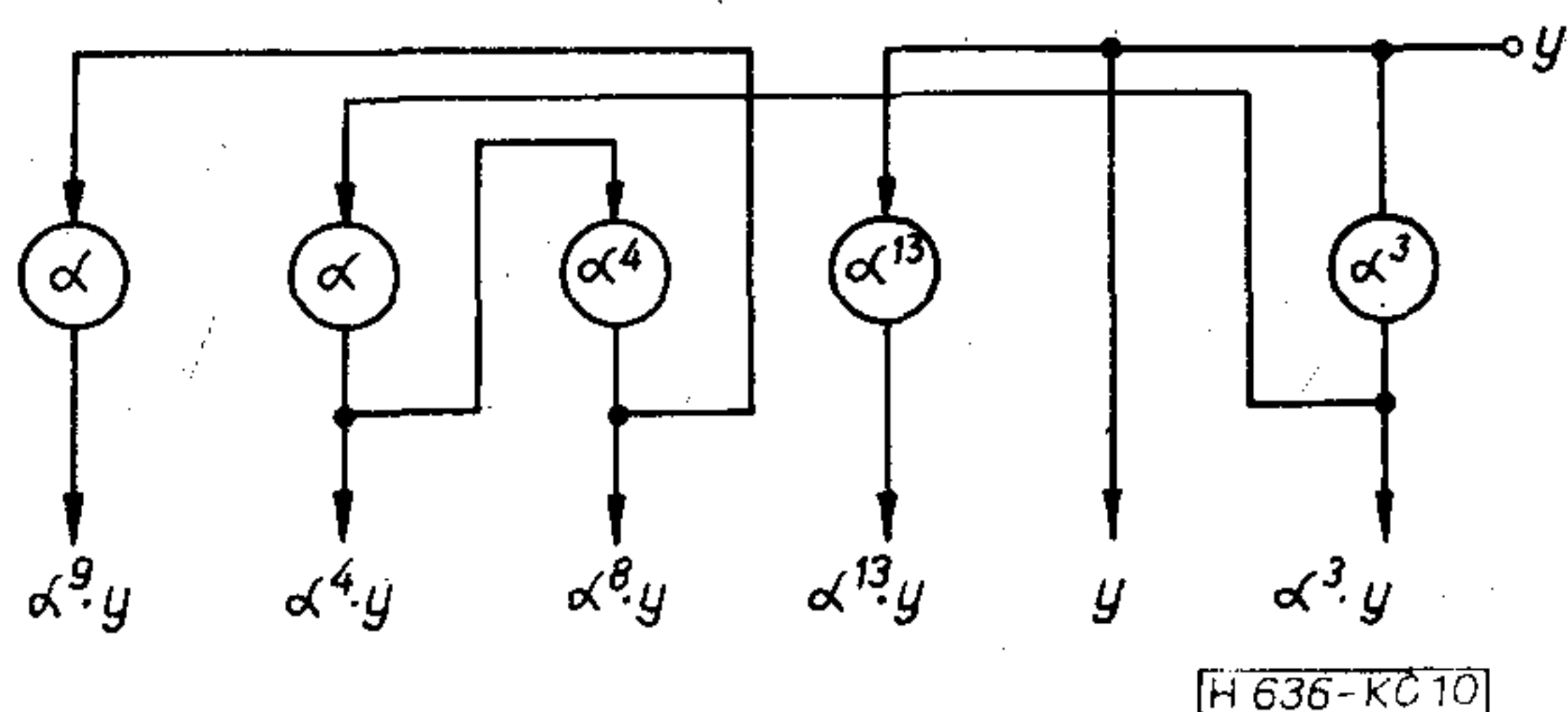
7. ábra. Hibacsomó-javító RS-kódoló általános vázlata



8. ábra. GF(16) feletti, (16,9)-es RS-kód dekódolója



9. ábra. GF(16) feletti, hibacsomó-javító, (16,9) -es RS-kód dekódolója



10. ábra. A 8. ábrán látható áramkör javasolt visszacsatoló hálózata

Mivel GF(16)-ban 8 primitív elem van, az (1.1) képletben α helyett α^k , $k=1, 2, 4, 7, 8, 11, 13, 14$ helyettesítendő. Az ily módon kiszámított generátorpolinomokat a 2. táblázat tartalmazza.

Feltételezve, hogy a generátorpolinom minden együtthatójának külön szorzó áramkör felel meg, $k=14$ -re olyan kódolót és dekódolót kapunk, amelyben a mod 2 összeadók száma minimális. A kódoló és dekódoló áramköri megvalósítása a 8. és 9. ábrákon látható. Az ábrákon az összeadó és a szorzómű az 1. és 2. ábrákon láthatókkal azonosak, a memóriaszimbólum 4 db bináris tárolóként értelmezendő. A 8. ábra áramkörét a következő funkcionális elemekből lehet megépíteni: 24 flip-flop, 45 mod 2 összeadó és 8 AND kapu. A regiszter visszacsatolását a 10. ábra szerint módosítva, a mod 2 összeadók számát 6-tal csökkenthetjük.

Összefoglalás

A cikk alapján megállapítható, hogy a kódolás-elmélet gyakorlati alkalmazása új és nem könnyű elméleti feladatokat vet fel. Ezek közül a legfontosabbak:

- a kódoló és dekódoló elemszámának minimalizálása,
- a kódolási és dekódolási eljárás számítógépes szimulációja,
- a kódoló és dekódoló áramkörök számítógéppel segített tervezése.

Végül ezúton fejezem ki hálás köszönetemet dr. Osváth Lászlónak a nyelvi segítségért, valamint dr. Gordos Géza docensnek, aki a BME Híradástechnikai Elektronika Intézetében töltött 3 hónap alatt kutatómunkámat és e cikk megírását mindenben támogatta.

IRODALOM

[1] Reiger, S. H.: Codes for the correction of clustered errors. IRE Transactions, IT-6, 1960
 [2] Szwaja, Z.: On step-by-step decoding of the BCH binary codes. IEEE Transactions, IT-13, 1967
 [3] Peterson, W. W.—Weldon, E. J.: Error-correcting codes. the MIT Press, 1972.

SZEMLE

(Folytatás a 113. oldalról.)

Szakkörök véleménye szerint a Philips cég új „Compact Disc” digitális, optoelektronikus hanglemeze jobb minden más hanglemez- vagy hangszalagrendszerénél, a közfogyasztási cikkek területén. A 11 cm átmérőjű lemezek egyórás műsor lejátszására alkalmasak, optoelektronikus lejátszó rendszerük pedig lehetővé tette olyan védőréteg alkalmazását a lemezen, amely a sérülés és szennyeződés veszélyét kizárja.

A hang 14 bites kóddal van digitális jelekké alakítva, a lemezek nyomása hagyományos technikával történik. A visszajátzó GaAs lézer a lejátszókarba van beépítve, a digitális jeleket erősítőn keresztül vezették a digitális-analóg átalakítófeldolgozó készülékbe. A gyártó cég véleménye szerint az új lemezjátszórendszert és a lemezeket hagyományos mikrobarázdás készülékek és lemezek árával versenyképes áron tudják piacra bocsátani. (*Electronics Weekly*, 1978. máj. [548])

*

A már két éves sorozatban gyártott félvezető, 1 kW-os tv-adója után a NEC (Nippon Electric Co. Tokio) egy 3 kW-os kivitel gyártását kezdte meg. Már több japán adótársaság rendelt ilyen adót. Az adók a 170...230 MHz-es sávra készülnek, s a megbízhatósággal, stabilitással és hosszú élettartammal kapcsolatos legmagasabb igényeket is kielégítik.

Mivel nagyfeszültségű csatlakozás nem szükséges, ezek az adók veszélytelenül üzemeltethetők.

Az adók az egész III-as sávot áthangolás nélkül fogják át egy minden erősítőfokozathoz alkalmas szélessávú impedanciaillesztés segítségével. Az adók energiafelhasználása, közelítően 80 %-a a szokásos csöves adókénak.

(*Nachrichten Elektronik*, 1978. 6. sz. [549])

*

A Shipton Telstor Ltd. (London) cég Autophone 2 készülékét telefonhoz kapcsolva, a készülék 90 perces kazettáján fel lehet venni a beszélgetéseket vagy azt automatikus üzenetközvetítő üzemre lehet kapcsolni. Ebben az üzemmódban a készülék 3 perces üzenetet ad át a hívó félnek, majd felveszi az ő legfeljebb 5 perces üzenetét. Ez utóbbi korlátozás a szalag rosszindulatú feltöltése elleni védelemre szolgál. Ha a szalag játszási idejéből már csak 3 perc maradt, újabb hívást nem fogad. Az előre megadott üzenet beolvasása időkésleltetéssel kezdődik, számítva a nyilvános készülékről beszélők esetén az érme leesésének idejére.

(*Communications International*, 1978. jún. [550])

*

Mintegy tíz év telt el az első piroelektromos vidikon megjelenése óta, amelyet a gyártó francia Thomson CSF cég „Pyricon”-nak nevezett el. Ez megteremtette annak feltételét, hogy ilyen berendezésekkel helyettesítsék a pontszerű táv-hőmérsékletmérő és mechanikusan pásztázó, mélyhűtött egységgel ellátott mai rendszereket. Ennek ellenére a gyakorlati alkalmazás csak a legutóbbi időkben vált reális lehetőséggé. Néhány kivételtől eltekintve, a piroelektromos vidikkal kapcsolatos munkák elméleti síkuak voltak. A legutóbbi időben a Thomson CSF új, Pyriconnal ellátott kamerát fejlesztett ki. Mintegy 20 potenciális felhasználónál, 6 hetes próbaüzemelés tartottak, annak megállapítására, milyenek a gyakorlati tapasztalatok, felhasználói igények és lehetséges további alkalmazási területek.

A próbaüzemelésekből a cég a következőket szűrte le:

- a gyakorlatban elegendő a hőelosztást 0,5°C potossággal ismerni; egyes tudományos alkalmazásokban 0,3°C-nyi pontosság szükséges, viszont ez a kamera hőfelbontóképessége. Semmilyen alkalmazásban nem volt igény ennél nagyobb hőfelbontóképességre;
- a hőmérséklet abszolút értékének meghatározása, amely bármely hőfényképező kamera esetén igen nehezen megoldható feladat, a valóságban csak igen ritkán szükséges;
- az új kamera térbeli felbontóképességét jónak ítélik a felhasználók;
- valóban olyan jelfeldolgozást kell alkalmazni, amelyet az új kamerában is alkalmaznak. Sikerült a képvillogást (fényerőbeli egyenetlenséget) teljesen kiküszöbölni, a zajok hatását pedig a minimumra szorítani;

— az új készülék előnyös tulajdonsága, hogy mivel kialakítása összhangban van a televíziós szabványokkal, összekapcsolható különböző megfigyelőhelyeken elhelyezett kép-megjelenítőkkal, képmagnókkal stb.

Az első hőképmegjelenítők, a hőfényképező berendezések mélyhűtött egységet igényeltek, s ezáltal a berendezések hordozhatósága korlátozott volt, ami alkalmazási lehetőségeiket is lecsökkentette. A Pyricont alkalmazó új kamera, részben mert nem tartalmaz mozgó mechanikai alkatrészt, másrészt mert nem igényel hűtést, hordozható, annál is inkább, mert robosztus felépítésű. Alkalmazásai igen sokrétűek: szennyvíz-áramlás figyelésére, tüzek távjelzésére (pl. repülőgépről, amikor a lángok a füsttől nem láthatók), villamos hálózatok hibahelyeinek jelzésére, anyagok szemmel nem látható folytonossági hibáinak vagy egyenetlenségeinek jelzésére, hőszigetelések vizsgálatára az elektronikában túlterhelt vagy hibás alkatrészek kimutatására egyaránt alkalmas, s pl. az orvostudományban a testhőmérséklet-eloszlás anomáliáiból következtetni lehet a gyulladáshoz, hegeképződés stb. folyamatokra, vagy pl. lehetségessé válik az állatorvoslásban a vérkeringés megfigyelése az állatok érintése és zavarása nélkül.

(*Electronique et Applications Industrielles*, 1978. ápr. [551])

*

Logikai rendszerek működésének követése rendkívül nehézé válik a frekvencia növekedésével. A Gould Advance (Essex, Anglia) új műszere a digitális jelalakok teljes vizsgálatát lehetővé teszi. A műszer 8 csatornás. Megjelenítése lehet mind állapot, mind időarányosan vezérelt. A DSA 600-as vegyes digitális jelek ismétlődési frekvenciáinak megállapítására is használható 100 ns-től 100 s-ig. Logikai állapottal arányosan vezérelt esetben különböző hosszúságú logikai állapotok egész sorát képezi le ugyanazon a területen. A logikai állapotok változását a felhasználó a fényemittáló diódákkal sorokra bontott képernyőn követheti nyomon. Egyetlen sorban 8 zölden világító LED van, ezek jelzik a logikai állapotot, mögöttük 4 db 7 szegmenses kijelző mutatja a logikai állapot időtartamát 0,1 μ s-tól 99,99 s-ig. Bár a képernyőn egyszerre csak 4 sor jeleníthető meg, a memóriában 32 állapotot képes tárolni és ezek soronként megjeleníthetők a képernyőn. A RAM-ja 32 \times 30 bites és egyetlen logikai állapotot jellemzőinek tárolására 30 bitet használ. (*Electronics*, 1978. márc. [552])

*

A Siemens AG becslése szerint a világ távbeszélő állomásainak száma 1990-ig megkétszereződik. Jelenleg kereken 425 millió telefon van felszerelve.

A híradástechnikai piac évi növekedését rátája reál árakon számítva 6—7%-os.

A Siemens cég a híradástechnikai piacon a világon a negyedik helyen áll az amerikai Western Electric és az ITT, valamint a svéd Ericsson után.

A vállalat az 1976—77-es üzleti évben a híradástechnikai üzletágban 4,9 milliárd DM-et forgalmazott, a cég teljes forgalmának 20%-át. A 4,9 milliárd DM-nek 70%-a jutott a távbeszélőtechnikára, s ezzel a forgalommal a Siemens a nem szocialista gazdasági terület piacából 5%-os részesedést vívott ki magának.

A Siemens AG felhasználása kutatásfejlesztésre a fenti időszakban 2,1 milliárd DM-et tett ki, s ebből a híradástechnikai üzletág 600 millió DM-mel részesedett. Egyedül Münchenben ezen a kutatási területen 6000 főt foglalkoztatnak.

Kutatási stádiumban van az ún. komfort telefon, amelyet 1980-tól fognak gyártani. Ez a készülék azon túlmenően, hogy nyomógombos lesz, még azt a lehetőséget is nyújtja, hogy gyakran hívott számokat rövidített számkombinációval lehet majd hívni vele. Nagy változások vannak a kábeltechnikában is. A rezet a fényvezetők fogják felváltani. Ezek segítségével egy üvegszálas érpáron több mint 10 000 telefonbeszélgetés vihető át. Egy 10 százból álló kábel átmérője csupán 8 mm lesz. (*DDR — Aussenwirtschaft*, 1978. máj. [553])

*

Bár a Siemens még csak két éve kezdte meg a mikroszámítógépek gyártását, mégis biztosította már magának a nyugat-európai 45 millió fontsterlinges piac 15%-át.

A Siemens elsősorban az egychipes számítógépek (8048 stb.), a többcélú 8080/8085-ös család és a 2900-as bipoláris mikroprocesszorokra számít, amikor kijelöli saját helyét a jövő mikroszámítógép világpiacán, amelynek volumene az 1977-es 237 millió fontsterlingről 1981-re 800 millióra emelkedik. A cég 1979-ben 16 bites mikroprocesszorokat akar kihozni.

Az általános integrált áramköri piaccal szemben a mikroprocesszorok forgalma átlagon felülre várható. Míg az integrált áramkörök piaca a következő négy évben 2100 millió fontsterlingről közel 4000-re emelkedik, azaz megkétszereződik, addig a mikroprocesszorok területén 1981-re a piac 200%-os növekedése várható: 158 millió fontsterlingről 525 millióra. (*Electronics Industry*, 1978. 6. sz. [554])

*

A Quantum Science Corporation piaci tanulmánya szerint száloptikai rendszereket fognak alkalmazni adatok és grafikus információk szélessávú átvitelére már 1982-ben.

Jelenleg, kiterjedt száloptikai rendszerek építésének akadályát elsősorban a csatolóelemek nagy költségei képezik. A műszaki fejlődés és a kötőelemek szabványosítása és egységesítése a költségek csökkenését vonja maga után.

1985-re már műanyag csatlakozók fogják felváltani a precíziós fémcsatlakozókat, amelyeknek darabára jelenleg 10 dollár körül van. 1985-re áruk 2 dollárra csökken, s a műanyagcsatlakozóké pedig 30 cent lesz. (*Blick durch die Wirtschaft*, 1978. jún. [555])

*

A szaud-arábiai postaügyi miniszter, dr. Alawi Dervisch Kayyal szerződést írt alá az olasz Telettra céggel, amelynek alapján az olasz cég mikrohullámú összeköttetést létesít Szaud-Arábia és Szudán között, az új berendezést karbantartja és üzemelteti. A szerződésben foglaltak értéke 8,2 millió US dollárt tesz ki. A 19 hónapon belül megvalósuló munkálatok várhatóan a két ország távbeszélő, távíró lehetőségeinek, valamint a televíziós műsorok cserelhetőségeinek a megjavulásához vezetnek. A létesítés összes költségének fedezését Szaud-Arábia vállalta. (*Nachrichten für Aussenhandel*, 1978. jún. [556])

*

Néhány éven belül nagy tömegben megjelennek a laboratóriumi ultrahang-mikroszkópok is. Két terület, ahol ezek az optikai mikroszkópoknál előnyösebbek; az orvostudomány és az anyagvizsgálat. Ezekkel a mikroszkópokkal élő szövetek vizsgálhatók, anélkül, hogy ezeket fel kellene kenni a tárgylemezre. Mivel a vizsgálat az anyagnak nem az optikai, hanem fizikai tulajdonságai alapján (mint pl. rugalmasság, sűrűség vagy viszkozitása) megy végbe, sokkal alkalmasabb az anyagok keménységeloszlásának, kötési minőségének stb. feltérképezésére. A londoni egyetem villamos és elektronikai karán (Electronic and Electrical Engineering Department of University College) 1978 májusában mindkét alkalmazásában bemutatták az ultrahang-mikroszkópot. Magát az alapelvet már évekkkel ezelőtt javasolta a Stanford Egyetem. A londoni kutatók támogatást kapnak a brit orvosi kutatóintézettől (National Institute for Medical Research).

Az ultrahanggal végzett vizsgálat transzmissziós és reflexiós üzemmódban egyaránt végezhető. Transzmissziósnak nevezik azt a vizsgálati elrendezést, amikor a vizsgált tárgy az ultrahangforrás és a detektáló berendezés között helyezkedik el. A májusban tartott bemutató során transzmissziós üzemmódban, véresejtekről készítettek felvételeket. A képalkotás a tv-technika raszteres képalkotásához hasonló. A mikroszkóp kb. 700-szoros nagyítással vette fel a véresejteket, s felbontóképessége egy mikrométer. Ezen a téren a Stanford Egyetemen jobb eredményt értek el. A londoni kutatók most dolgoznak a berendezés tökéletesítésén.

A másik alkalmazási terület az anyagvizsgálat, különösen a mikroelektronika területén ígérkezik gyümölcsözőnek. A National Research Development Co. a kutatócsoport ilyen irányú munkájára már 20 000 fontsterlinget költött. Az ultrahang-mikroszkópiát integrált áramkörök hibahelyeinek meghatározására, s az összekötővezetékek megfelelő csatlakozásának, épségének vizsgálatára lehetne előnyösen használni. (*New Scientist*, 1978. máj. [558])

Tartalmi összefoglalások

CDU 621.3.049.77:621.3.037.33

Dr. Simon Gy.:

Fázist nem fordító erősítők kompenzálása gyors működésre

HÍRADÁSTECHNIKA XXX. (1979) 4. sz.

A cikk a korszerű analóg integrált áramkörök alkalmazásának területén egy részletkérdés újszerű megoldását tárgyalja. Eredményei az elektronikus áramkörtervezésben jól hasznosíthatók.

ETO 539.211:669.782:681.785.35.

Szeles A.:

Vékony felületi ronesolt rétegek jellemzése ellipszometrével

HÍRADÁSTECHNIKA XXX. (1979) 4. sz.

Az ellipszometriás mérési elv leírása és az e célra szolgáló mérőműszer ismertetése után a vizsgálatra szánt szilíciumszelvények diszlokációsűrűségének beállítási lépéseit tárgyalja a szerző. Ezt követi az ellipszometriás mérés leírása és a vizsgált szeletek diszlokációsűrűségének meghatározása. A mérések eredménye összefüggést mutat a diszlokációsűrűség és az ellipszometriás ψ paraméter értéke között.

ETO 62—213.3—036:532.72

Sulyok J.:

Műanyagtokozással védett elemek kryptoklimája nedves környezetben. II. rész

HÍRADÁSTECHNIKA XXX. (1979) 4. sz.

A cikk műanyagtokozással védett gyártmányok nedves környezetben létrejövő vizsgódifúziójának eseteivel foglalkozik. A jelen rész (II. rész) tárgya a műgyanták permeációja, a permeáció következményének számítással történő előrejelzése.

ETO 678.029.665

Bajor A.—Farkas S.:

Műanyagok galvanizálása

HÍRADÁSTECHNIKA XXX. (1979) 4. sz.

Az utóbbi években az ipar számos területén egyre nagyobb teret hódít a galvanizált műanyagok alkalmazása. A galvanizálható ABS (akrilnitril-butaidén-sztirol kopolimer) bevezetése óta évről évre növekszik azoknak a műanyagoknak és előkezelési eljárásoknak a száma, amelyek a galvanizálást egyéb műanyagfelésekre terjesztik ki. A dekoratív célú műanyaggalvanizálás mellett a korszerű híradástechnikai berendezésekhez és számítógépekhez szükséges nyomtatott áramkörök gyártásával a műanyaggalvanizálás jelentősége méginkább fokozódik.

ETO 681.3.041.5

Koscielny, Cz.:

Hibaesomó-javítás hardware megvalósítása ciklikus Reed—Solomon-kódok segítségével

HÍRADÁSTECHNIKA XXX. (1979) 4. sz.

A cikk a Reed—Solomon-kódok egy kódolási és dekódolási eljárásával foglalkozik. Új kódoló és dekódoló kapcsolást javasol, amely az eddig ismerteknél kevesebb elemet tartalmaz.

Обобщения

ДК 621.3.049.77:621.3.037.33

Д-р Шимон, Дь.:

Компенсация для быстрой работы неинвертирующих жилителей обратной связи

HÍRADÁSTECHNIKA (ХИРАДАШТЕХНИКА, Будапешт) XXX. (1979) № 4

В статье излагается новое решение одной подробности в области применения современных, аналоговых интегральных схем. Полученные результаты хорошо могут применяться при проектировке электронных схем.

ДК 539.211:669.782:681.785.35

Селеш, А.:

Характеристика тонких, поверхностных, разрушенных слоев при помощи эллипсометра

HÍRADÁSTECHNIKA (ХИРАДАШТЕХНИКА, Будапешт) XXX. (1979) № 4

После описания эллипсометриального принципа измерения и ознакомления с прибором измерения излагается порядок установления плотности дислокации отрезков кремния для испытаний. После этого описывается эллипсометриальное измерение и определение плотности дислокации испытываемых отрезков. Результаты измерения показывают, что имеется связь между плотностью дислокации и эллипсометриальным параметром ψ .

ДК 62—213.3—036:532.72

Шульок, Й.:

Кристоклимат элементов снабженных пластмассовым корпусом во влажном окружении. Часть II

HÍRADÁSTECHNIKA (ХИРАДАШТЕХНИКА, Будапешт) XXX. (1979) № 4

В статье излагаются случаи диффузий водяной пары изделий, снабженных пластмассовым корпусом возникающих во влажном окружении. Предметом данной части (часть II) является пермеация пластмассов и прогноз следствия пермеации с помощью расчета.

ДК 678.029.665

Байор, А. — Фаркаш, Ш.:

Гальванизация пластмасс

HÍRADÁSTECHNIKA (ХИРАДАШТЕХНИКА, Будапешт) XXX. (1979) № 4

За последние годы в ряде отраслей промышленности находят широкое применение гальванизированные пластмассы. Со внедрением гальванизруемой ABS (акрилонитрил-бутадиен-стирол кополимер) из года в год повышается число тех пластмасс и предварительных обработок, при помощи которых гальванизация прочих типов пластмасс расширяется. Мимо декоративной гальванизации пластмасс с производством печатных плат для современных оборудований техники связи и вычислительных машин, важность гальванизации пластмасс еще больше повышается.

ДК 681.3.041.5

Кошциельн, Ц.:

Техническая реализация коррекции пачки ошибок при помощи циклических кодов Reed—Solomon

HÍRADÁSTECHNIKA (ХИРАДАШТЕХНИКА, Будапешт) XXX. (1979) № 4

В статье рассматривается метод кодирования и декодирования при помощи кодов Reed—Solomon. Предлагается новая электрическая схема кодирования и декодирования, которая содержит меньше элементов, чем до сих пор известные схемы.

Zusammenfassungen

DK 621.3.049.77:621.3.037.33

Dr. Simon, Gy.:

Phasenkompensation bei nichtinvertierenden Verstärkern für Schnellbetrieb

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXX. (1979) Nr. 4.

In dem Aufsatz wird eine neuartige Lösung einer Detailfrage auf dem Gebiet der Anwendung von modernen analogen integrierten Stromkreisen, erörtert. Ihre Ergebnisse können in dem elektronischen Stromkreisentwurf gut angewendet werden.

DK 539.211:669.782:681.785.35

Szeles, A.:

Charakterisierung der beschädigten Dünnsfilmoberflächenschichten mit Ellipsenmesser

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXX. (1979) Nr. 4.

Nach der Beschreibung des ellipsometrischen Prinzips und der Erörterung des dazu angewendeten Messinstrumentes setzt der Verfasser die Einstellphasen der Dislokationsdichte von dem zur Prüfung bestimmten Siliziumschnitten, auseinander. Danach folgt die Beschreibung der ellipsometrischen Messung und die Bestimmung der Dislokationsdichte der geprüften Schnitte. Das Ergebnis der Messung zeigt einen Zusammenhang zwischen den Werten der Dislokationsdichte und des ellipsometrischen Parameters.

DK 62—213.3—036:532.72

Sulyok, J.:

Kryptoklima von durch Kunststoffgehäuse geschützten Elementen in feuchter Umgebung. II. Teil

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXX. (1979) Nr. 4.

Der Aufsatz befasst sich mit den Wasserdampfdiffusions—Fällen, die in der durch Kunststoffgehäuse geschützten Produkten in feuchter Umgebung auftreten. Der Gegenstand dieses Teiles (II. Teil) ist die Permeation des Kunststoffsgehäuses, und die Vorausanzeige des Effektes der Permeation durch Kalkulation.

DK 678.029.665

Bajor, A. — Farkas, S.:

Galvanisierung von Kunststoffen

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXX. (1979) Nr. 4.

In den letzten Jahren erobert die Anwendung der galvanisierten Kunststoffe, immer weiteren Raum auf zahlreichen Gebieten der Industrie. Seit der Einführung des galvanisierten ABS-s (Akrylnitril-Butadien-Styrol Kopolymer) steigt die Nummer derjenigen Kunststoffe und Vorbehandlungsverfahren, welche die Galvanisierung auf sonstige Kunststoffarten verbreiten. Neben der Kunststoffgalvanisierung zur dekorativen Zwecken vergrößert sich noch mehr die Bedeutung der Kunststoffgalvanisierung durch die Fabrikation der Gedruckteschaltungen, die für die modernen, fernmel-detechnischen Einrichtungen und Computer notwendig sind.

DK 681.3.041.5

Koscielny, Cz.:

Hardware Burstfehlerkorrektion mit zyklischen Reed—Solomon'schen Koden

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXX. (1979) Nr. 4.

Der Aufsatz befasst sich mit einer Kodierungs- und Dekodierungsverfahren des Reed—Solomon'schen Codes. Es wird eine neue Kodierungs- und Dekodierungsschaltung vorgeschlagen, welche weniger Elemente, als die bisher bekannten, enthält.

Summaries

UDC 621.3.049.77:621.3.037.33

Dr. Simon Gy.:

Compensation of Non-Inverting Feedback Amplifiers for Fast Response

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXX. (1979) No. 4.

The paper discusses a modern way of solution for a question of detail in the field of application of up-to-date analogue integrated circuits. Its results can be well utilized in the design of electronic circuits.

UDC 539.211:669.782:681.785.35

Szeles, A.:

Characterization of Thin Surface Decomposited Layers with Ellipsiometer

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXX. (1979) No. 4.

After describing the ellipsometric measuring principle and presenting its measuring instrument, the author discusses the setting in steps for the dislocation density of silicium slices. This is followed by the description of the ellipsometric measuring method and the determination of the dislocation density of the examined slices. The results of the measurements show a relation between the values of dislocation density and those of the ellipsometric ψ parameter.

UDC 62—213.3—036:532.72

Sulyok, J.:

Crypto Climat of Elements Protected by Artificial Material Casing in Humid Environment. Part II.

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXX. (1979) No. 4.

The paper deals with the cases of water vapour diffusion of products protected by casing of artificial material in humid environment. The subject of the present part (Part II.) is the permeation of artificial resin case and the prediction of the results of permeation by means of calculation.

UDC 678.029.665

Bajor, A.—Farkas, S.:

Galvanization of Plastic Materials

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXX. (1979) No. 4.

In the recent years the application of galvanized plastic materials gains more and more ground on the numerous fields of industry. Since the introduction of galvanizable ABS the number of plastic materials and procedures of primary treatment, which spread out galvanization on further plastic kinds is increasing year by year. Near the galvanization of plastic materials for decorative purposes, the importance of plastic material galvanization grew considerably in consequence of the production of printed circuits necessary for the up-to-date telecommunication engineering equipments and computers.

UDC 681.3.041.5

Koscielny, Cz.:

Hardware Burst Error Correction with Cyclic Reed—Solomon Codes

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXX. (1979) No. 4.

The paper deals with an encoding and decoding process of the Reed—Solomon codes. It proposes a new encoding and decoding circuit, comprising less elements, than those known up-to-now.

Résumés

ETO 621.3.049.77:621.3.037.33

Dr. Simon, Gy.:

Compensation des étages non inverseurs pour action rapide

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXX. (1979) No. 4.

L'article s'occupe d'une solution nouvelle d'un problème individuel sur le champ d'application des circuits intégrés analogues modernes. On peut bien utiliser les résultats à designer des circuits électroniques.

CDU 539.211:669.782:681.785.35

Szeles, A.:

Caractéristiques des couches épaisses superficielles détruites par ellipsomètre

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) (1979) No. 4.

Après avoir exposé la méthode du principe de mesure ellipsométrique et instrument de mesure servant pour ce but, l'auteur discute du réglage de densité de dislocation des tranches de silicium. Ce suivi l'exposition et la détermination de densité de dislocation de tranches examinées. Le résultat des mesures montre un rapport en la densité de dislocation et valeur du paramètre ellipsométrique ψ .

CDU 62—213.3—036:532.72

Sulyok J.:

Krypto-climat des composants protégés par boîtiers plastiques dans une ambiance humide. Partie II.

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXX. (1979) No. 4.

L'article s'occupe des cas de diffusion de vapeur d'eau qui se produisent dans une ambiance humide, des produits protégés par boîtiers plastiques. Cette partie d'article décrit la perméabilité de boîtier de résine synthétique, il prédit la conséquence de la perméabilité par calcul.

CDU 678.029.665

Bajor, A.—Farkas, S.:

Galvanisation des matières plastiques

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXX. (1979) No. 4.

Ces années dernières l'emploi des matières plastiques galvanisées se répand dans des domaines nombreux d'industrie. Since l'introduction des ABS (acrylonitrile-butadiène-styrol-copolymère) qu'on peut galvaniser, les nombres des matières plastiques et des procédés de pré-traitement augmentent d'année en année, qu'étendent la galvanisation sur autre variétés des matières plastiques. En outre de la galvanisation matières plastiques pour but décoratif, l'importance de galvanisation des matières s'accroît de plus en plus par le produit des circuits imprimés nécessaires aux équipements modernes de télécommunication et ordinateurs.

CDU 681.3.041.5

Koscielny, Cz.:

Réalisation par matériel de la correction de paquets d'erreurs à l'aide de codes cycliques Reed—Solomon

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXX. (1979) No. 4.

L'article s'occupe du procédé de codage et decodage des codes Reed—Solomon. Il propose un circuit nouveau de codage et decodage contenant moins composant que, jusqu' à présent.

Vezérelt tirisztoros áramirányító:

- vegyipari és kohászati felhasználásra;
- nagyteljesítményű egyenáramú hajtások tápegységeihez;
- váltóáramú hajtások táplálására; pl. szinkron fordulát alatti kaszkád; egyenirányított motorok, ciklonkonverter; váltóáramú szabályozók; fázisjavító forgógépekhez.

A széles teljesítménytartományt átfogó (néhány kV-tól 10 MW-ig egészen 1200 V egyenáramig) egyenirányítók az építőszekrény elv alapján készülnek.

A tirisztoros áramirányító alkotó egységei a tápegységtranszformátor, simítótekerces és gyorskapcsoló, egyenirányítórész, valamint az irányító, védő és végrehajtó áramkör.

Gyártó:



ČKD PRAHA

Exportálja: a

pragoinvest

Külkereskedelmi Vállalat
180-56 Prága Csehszlovákia.

