50.165

HÍRADÁSTECHNIKA

ORSZ. SZÉCHÉNYI KÖNYVTÁR

A HÍRADÁSTECHNIKAI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET LAPJA

2

XX. ÉVFOLYAM, 2. SZÁM, 33–64 OLDAL, BUDAPEST, 1969. FEBRUÁR HÓ

1969. február, XX. évfolyam, 2. szám

HÍRADÁSTECHNIKA

A HÍRADÁSTECHNIKAI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET LAPJA

TARTALOM

DANI SÁNDOR—KRISKÓ FERENC: Tranzisztoros vízszintes eltérítő áramkörök 33
KRAUSS OTTÓ: Haladóhullámú félvezető erősítő eszköz (Akusztoelektromos erősítő) 44
Etalon frekvencia sugárzás 50
SZTANKOVICS LÁSZLÓ: Alumíniumoxid kerámiák és néhány elektrotechnikai szigetelő sajátságainak összehasonlítása 51
Tungsram 1968/1969 61
A HTE 1969. március havi rendezvényei 64
Tartalmi összefoglalások 62
Обобщения 62
Zusammenfassungen 62
Summaires 62
Résumés 63

Szerkesztőség: BOGLÁR GYULA szerkesztő, SZŐLLŐSI GYÖRGYNÉ szerkesztőségi titkár, BALOGH PÁL, SÁRKÖZY GÉZA kandidátus és MAY PÉTER tudományos szerkesztők, FLESCH ISTVÁN, RUPPENTHAL PÉTER, VÁSÁRHELYI PÁL szerkesztőségi munkatársak. — A szerkesztőség címe: Budapest, V., Szabadság tér 5—6. III. em. 320. Telefon: 183-772 — A Híradástechnikai Tudományos Egyesület címe: Budapest, V., Szabadság tér 17. Telefon: 113-027

Szerkesztő bizottság tagjai: ALMÁSSY GYÖRGY kandidátus, BARTA ISTVÁN akadémikus, BATTISTIG GYÖRGY, BÍRÓ FERENC, BUDAI LAJOS, CZEGLÉDY GYÖRGY, ERDÉLYI JÁNOS, kandidátus, GERGELY ÖDÖN, GIBER JÁNOS kandidátus, KATONA JÁNOS a műszaki tudományok doktora, KŐMŰVES FRIGYES kandidátus, LAJKÓ SÁNDOR, MAGÓ KÁLMÁN, MAKÓ ZOLTÁN, NÁDAS TIBOR, POGÁNY KÁROLY, VALKÓ I. PÉTER, a műszaki tudományok doktora, VÍG ISTVÁN

INDEX: 25.375

HÍRADÁSTECHNIKA

Kiadja a Lapkiadó Vállalat Budapest, VII., Lenin körút 9—11. Telefon 221-285. Felelős kiadó: SALA SÁNDOR igazgató. Terjeszti a Magyar Posta. Előfizethető a Posta Központi Hirlapirodánál (Budapest, V., József nádor tér 1. Telefon: 180-850) vagy bármely postahivatalnál. Előfizetési díj: félévre 36 Ft, egész évre 72 Ft, Egyes szám ára: 6 Ft. Megjelenik havonta. Csekkszámlaszám: egyéni 61,254, közületi 61,066 vagy átutalás MNB 8. sz. folyószámlájára. A folyóirat külföldre előfizethető: „KULTURA" P. O. B. 149 Budapest, 62.

68.1804 Egyetemi Nyomda, Budapest. Felelős vezető: JANKA GYULA igazgató

HÍRADÁSTECHNIKA

A HÍRADÁSTECHNIKAI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET LAPJA

DANI SÁNDOR—KRISKÓ FERENC
VIDEOTON Rádió és Televízió Gyár

Tranzisztoros vízszintes eltérítő áramkörök

ETO: 621.373.52.018.75:621.397.332

Az első kísérleti, teljesen tranzisztorizált televízióvevőkészülék már 1952-ben, alig négy évvel a tranzisztor feltalálása után elkészült, de kereskedelmi forgalomba csak 1959-től kerültek nagy tömegben gyártott, hordozható készülékek.

A közben eltelt időben komoly fejlesztő munka folyt, bár üteme lassúnak mondható. A tervezés során felmerültek olyan problémák, amelyeket az akkor rendelkezésre álló tranzisztorokkal nem lehetett megoldani. Elsősorban a készülék három fokozatánál jelentkeztek nehézségek: a hangoló egységnél, a video végerősítőnél és a sorvégfokozatnál. A tranzisztorgyártás fejlődésével ezek a problémák nagyrészt megoldódtak, bár az újonnan kifejlesztett tranzisztortípusok magas ára nem tette lehetővé, hogy a tranzisztoros készülék a hagyományos csöves készülékek komoly versenytársává válhasson. Ez a fejlesztés ütemében is éreztette hatását.

A tranzisztorok alkalmazása mellett szóló érvek elsősorban műszaki jellegűek. A teljesen tranzisztoros, minden igényt kielégítő asztali televíziókészülékek ára jelenleg még olyan magas, amit szolgáltatásaival nehéz ellensúlyozni. A műszaki, gazdaságossági és kereskedelmi szempontok egyeztetésével született meg a résztranzisztorizált készülék. Elsősorban azoknak a fokozatoknak a tranzisztorizálására került sor, amelyek ára ezáltal nem emelkedett és műszaki jellemzői javultak (nagyfrekvenciás és kisteljesítményű fokozatok).

A résztranzisztorizálás csak félmegoldást jelent, és átmeneti állapotnak tekinthető. Mivel a nagyteljesítményű fokozatok továbbra is csövesek, a fogyasztás nem csökken észrevehetően, és a megbízhatóság növekedése is korlátozott, hiszen a leginkább igénybevett áramkörök meghibásodása a leggyakoribb.

A korszerű asztali készülékekben a képcső mélységi méretének csökkentésével egyidejűleg egyre nagyobb és fényesebb képre törekednek. Ez nagyobb gyorsítófeszültséget és eltérítő teljesítményt jelent, ezért a vízszintes eltérítő áramkörök elektroncsöveinek csúcsfeszültsége és csúcsárama is egyre növekszik. Következésképpen a csöves soreltérítő áramkörök megbízhatósága az egész készülék megbízhatóságának jelentős tényezője.

Mivel a tv-készülék által felvett teljesítmény nagy része a soreltérítő áramkörben disszipálódik, ezért ennek hatásfokát célszerű növelni. Az áramkör tranzisztoros kivitele sokkal jobb hatásfokú és nagyobb megbízhatóságú lesz, mint az elektroncsöves kivitel. Egyedül a fűtés elmaradásával 20 W teljesítmény takarítható meg.

Kezdetben a megfelelő tranzisztorok hiánya jelentett komoly problémát. Az első kísérleti tranzisztoros vízszintes eltérítő áramkörök kis képcsövekhez készültek válogatott, jóval a katalógusban megadott határadatokon túl működtetett hangfrekvenciás tranzisztorokkal. A feladat végleges megoldását az utóbbi egy-két évben megjelent nagyteljesítményű kapcsolótranzisztorok jelentették.

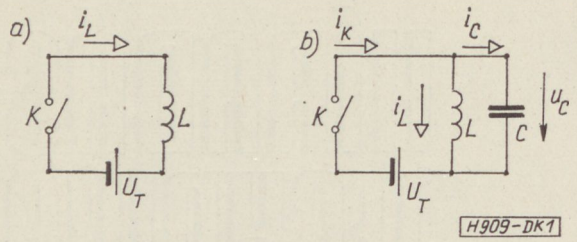
1. A vízszintes eltérítés alapelve

A soreltérítő tekercsben folyó áram által létrehozott mágneses térnek biztosítania kell, hogy az elektronsugár a felfutási idő alatt végigfusson a képcső ernyőjén, és a visszafutási idő alatt térjen vissza alaphelyzetébe. Ezt úgy érhetjük el, hogy az eltérítő tekercsen az idővel lineárisan változó, megfelelő amplitúdójú áramot hajtunk keresztül.

Az 1. ábrán látható áramkörben az eltérítő tekercset „tökéletes" induktivitásnak tételeztük fel. Nincs ohmos ellenállása és önkapacitása. Ha a K kapcsolót zárjuk, az L tekercs árama zérusról indul és lineárisan nő a

$$\frac{di_L}{dt} = \frac{U_T}{L}$$

Beérkezett: 1968. május 4.



1. ábra. Az eltérítő áramkörök legegyszerűbb formái

egyenletnek megfelelően. Integrálással a tekercs áramára a következő kifejezést nyerjük:

$$i_L = \frac{U_T}{L} t.$$

Ha a kapcsolót nyitjuk, az áram azonnal nullára csökken. Bár ez a közelítés (tökéletes induktivitás) elég jól megfelel a valóságnak, a gyakorlati megvalósítás során néhány súlyos nehézség merül fel:

– A kapcsoló feszültsége

$$u = L \frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t},$$

mivel a tápfeszültség elhanyagolható. Mivel $\mathrm{d}i/\mathrm{d}t$ igen nagy, a kapcsolón fellépő feszültség is nagy lesz.

— Ha az áram csak igen rövid ideig marad zérus, a telepből felvett átlagos áram a csúcsérték felével egyenlő, ami a szokásos eltérítő rendszerekben elég nagy.

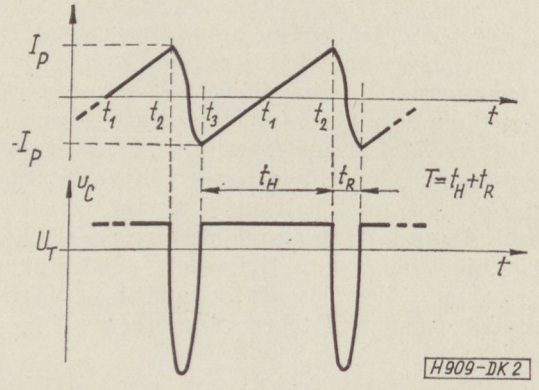
— A kapcsoló működése rendkívül kritikus mind nyitáskor, mind záráskor.

— Az eltérítő mágneses tér egyirányú, így zérus eltérítő áramhoz az elektronsugár szélső helyzete tartozik.

Egészítsük ki az alapkapcsolást az 1*b* ábra szerint egy kondenzátorral. A valóságban ez a kapacitás mindig jelen van, mint a tekercs ön- és szórt kapacitása, de értékét beépített kondenzátorral módosítani lehet.

A *K* kapcsoló veszteségmentes, azaz zárt állapotban nulla, nyitott állapotban végtelen az ellenállása, és a perióduson belül pontosan meghatározott időben nyit és zár. A működést a 2. ábrán látható hullámformák segítségével magyarázhatjuk meg.

Az eltérítési idő (t_H) alatt a telep feszültsége a tekercsre kapcsolódik és ebben az állandó feszültség



2. ábra. A soreltérítő áramkör áram- és feszültség-hullámalakjai

hatására az áram lineárisan növekszik. Abban a pillanatban, amikor a tekercs árama eléri a teljes eltérítési félszöghöz tartozó értéket ($t=t_2$), a kapcsoló nyit. Az áramkör ekkor egy tekercsből és egy kondenzátorból áll. A tekercsben I_p áram folyik, a kondenzátoron U_T feszültség van, kis energia tárolódik a kondenzátorban, és viszonylag nagy az induktivitásban. A tekercs árama olyan irányú, hogy kisüsse a kondenzátort, ezért a kondenzátorban tárolt energia átáramlik az induktivitásba. Az áram ezért I_p-nél valamivel nagyobb csúcsértékig növekszik. Ekkor az energia elkezd visszaáramlani a kondenzátorba, amelyen az előbbivel ellenkező irányú feszültség lép fel. Az áram és feszültség hullámformáit rajzoltuk fel a 2. ábrán. A rezgés $t=t_3$ időpontig tart, amikor a kondenzátor feszültsége visszatért U_T-re, és a kapcsoló zár. Ekkor a tekercs áramának nagysága ismét I_p, de iránya ellentétes. Az áram újra megindul, és a periódus megismétlődik.

A (t_3, t_1) tartományban az áram ellentétes irányú, mint (t_1, t_2)-ben. Ez azt jelenti, hogy a telepből (t_1, t_2)-ben felvett energiát a (t_3, t_1) tartományban visszatáplálja. Az átlagos tekercsáram zérus, tehát az elektronsugár decentralizáltságát elkerültük (zérus eltérítő áramnál a sugárnak az ernyő közepére kell kerülnie). A kapcsolón fellépő feszültség értéke:

$$U_p = I_p \sqrt{\frac{L}{C}}.$$

A kapcsolás működéséhez szükséges, hogy a kapcsoló pontosan nyisson és zárjon.

Az eddigiek során veszteségmentes induktivitást és kapcsolót tételeztünk fel. Vizsgáljuk meg, hogy ez milyen mértékű elhanyagolást jelent a valósághoz képest.

Ha a tekercs nem veszteségmentes vagy a tekercscsel valamilyen R ellenállás kapcsolódik sorba (pl. a kapcsoló ellenállása), akkor az eltérítő áramra a következő egyenletet kapjuk:

$$i_L = \frac{U_T}{R}\left(1 - e^{\frac{R}{L}t}\right).$$

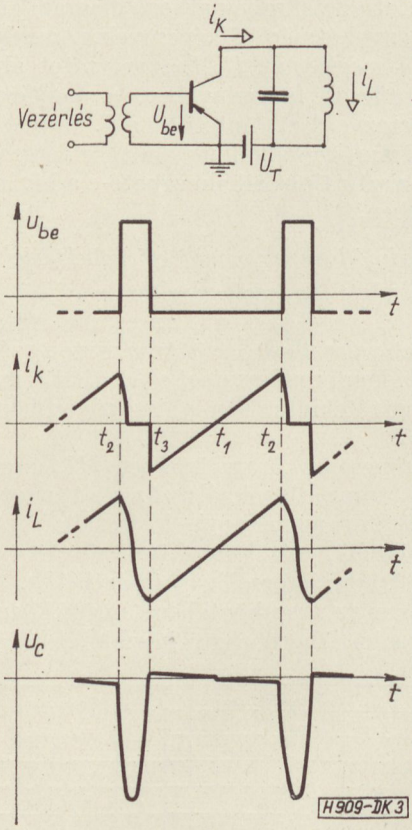
Ha az $L/R \gg t_H$ egyenlőtlenség fennáll, akkor az ellenállás hatása elhanyagolható, ellenkező esetben linearitáshiba lép fel.

A kapcsolóról feltételeztük, hogy nyitott állapotban végtelen, zárt állapotban nulla ellenállású. Ez a valóságban nem áll fenn. A kapcsoló jóságára jellemző érték nyitott és zárt ellenállásának hányadosa. Kapcsolóként elektroncsövet vagy tranzisztort alkalmaznak. Elektroncsöveknél 10 Mohm, ill. 100 ohm, tranzisztoroknál 10 kohm, ill. 0,01 ohm nagyságrendbe esnek ezek az értékek. Az említett hányados tehát tranzisztorok esetében egy nagyságrenddel jobb. Hatásfok szempontjából különösen jelentős a zárt állapotban mutatott ellenállásérték.

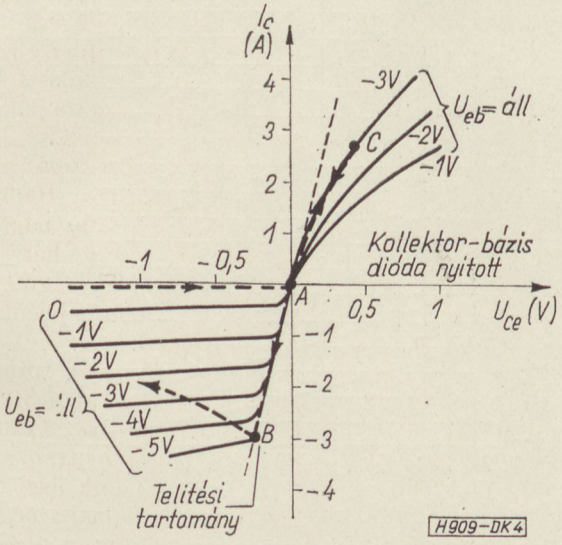
Helyettesítsük az 1*b* ábra kapcsolóját tranzisztorral. Az áramkört és a hullámformákat a 3. ábra mutatja. A PNP tranzisztor bázisára a (t_2, t_3) tartományban pozitív impulzust adunk. A tranzisztor lezár, ami a kapcsoló nyitott állapotának felel meg. A (t_3, t_2) tartományban (felfutási periódus) a negatív feszültség a tranzisztort telítésben tartja. A 4. ábrán

egy kapcsolótranzisztor kétirányú kollektor-karakterisztikája látható. A nyitóirányban előfeszített kollektor-bázis rétegre vonható karakterisztikákat a gyártó vállalatok általában nem adják meg. A bázis-emitter dióda mindkét esetben nyitott.

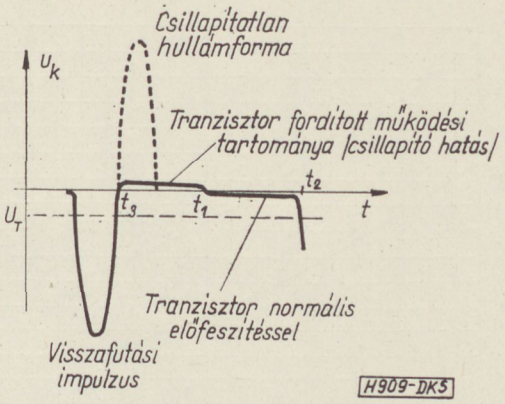
(t_1, t_2) tartományban a tranzisztor normálisan működik, vagyis az emitter-bázis dióda nyitó-, a bázis-kollektor dióda záróirányban van előfeszítve. Ez a megállapítás kiegészítésre szorul, hiszen helyes működés esetén a bázis-kollektor dióda telítésben van, ami nyitott állapotot jelent, bár a kollektor-emitter feszültség ebben a tartományban negatív. A 4. ábrán



3. ábra. Tranzisztoros soreltérítő alapáramkör a feszültségek és áramok hullámalakjaival



4. ábra. PNP teljesítménytranzisztor kollektor-jelleggörbéi



5. ábra. A kollektor feszültsége az eltérítési periódus alatt

a munkapont vándorlását is feltüntettük, (t_1, t_2) tartományban a munkapont A-ból B-be kerül.

(t_2, t_3) tartományban a tranzisztor lezár, kollektoráram zérusra csökken, a munkapont a szaggatottal jelölt görbe mentén visszatér az origóba.

A kollektoron fellépő feszültséget az 5. ábra mutatja. Az oszcilláció félperiódusa után a tekercs árama megfordul, a pozitív kollektorfeszültség hatására a kollektordióda kinyit, és lecsillapítja az oszcillációt. A munkapont ekkor C-be kerül.

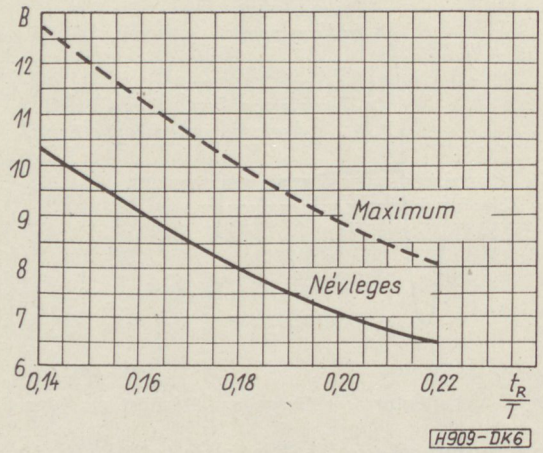
Feltételezve, hogy a kimeneti áramkör jósági tényezője elég nagy, a visszanyert áram a C pontban nem lényegesen kisebb, mint a B pontban. A tranzisztoron maradó U_{ce} telítési feszültség azonban a C, ill. B pontokban a karakterisztika aszimmetriája következtében lényegesen eltér. Az U_{ce} feszültség úgy is felfogható, hogy egy ellenállás kapcsolódik sorba az eltérítő tekerccsel, ami linearitáshibát okozhat. Ez különösen a fordított működés idején jelentős. A jelenség könnyen kiküszöbölhető, ha az áramkörbe megfelelő módon beiktatunk egy diódát, amely a (t_1, t_2) tartományban vezet, és kis ellenállású utat biztosít a visszirányú eltérítő áram számára. Így a tranzisztornak nem kell fordított irányú áramot vezetnie. Mivel a tranzisztor kollektorán a nyitóirányú feszültség ebben az esetben is jelen van, a disszipáció csökkentése érdekében célszerű a fordított működéshez tartozó telítési ellenállást nagyra választani.

A dióda beiktatásának legegyszerűbb módja, ha azt a tranzisztorral párhuzamosan kapcsoljuk. A konkrét áramkörök tárgyalásakor a többi lehetséges esetet is bemutatjuk. A dióda alkalmazásának egy másik igen jelentős előnye is van. Ha a tranzisztort kétirányú kapcsolóként működtetjük, akkor a visszafutás végén a t_3 időpillanatban (3. ábra) rendkívüli pontossággal kell nyitni, tehát a záróimpulzust pontosan meghatározott ideig kell adni. Dióda alkalmazása esetén ez a pontosság nem kritikus, mivel a dióda a visszafutás végén automatikusan vezetővé válik. A külön dióda alkalmazása miatt felmerülő költségtöbblet a vezérlőfokozat egyszerűsödése révén visszatérül.

2. A kapcsolótranzisztorral szemben támasztott követelmények

2.1 Kapcsolási teljesítmény

Mágneses eltérítés esetén a felhasznált képcső meghatározza az eltérítő tekercsben felhalmozott



6. ábra. A tranzisztor kollektorán fellépő maximális feszültség és a tápfeszültség hányadosa a visszafutási idő függvényében

energiát, amely szükséges ahhoz, hogy az elektronsugarat az ernyő középpontjától az ernyő széléig vízszintes irányban eltérítse. Ez az energia függ a képcső nyakátmérőjétől, a gyorsítófeszültség értékétől és az eltérítési szögtől. A következő egyenlet tapasztalati eredmény, amely a képcsőhöz illeszkedő eltérítő tekercs esetére igaz [1]:

$$\xi_{elt} = 1{,}78 \cdot U_H \cdot d \cdot \Theta^{2{,}5} \cdot 10^{-12},$$

ahol:

ξ_{elt} = a felhalmozott max. energia [Joule],
U_H = a képcső anódfeszültsége [V],
d = a képcső nyakátmérője [cm],
Θ = a diagonális, csúcstól-csúcsig mérhető eltérítési szög fokokban.

Az eltérítő tekercsben felhalmozott energiát az eltérítő tekercs teljes induktivitása és az eltérítő áram csúcsértéke segítségével is kifejezhetjük:

$$\xi_{elt} = \frac{1}{8} L I^2_{elt_{pp}}.$$

Mint később látni fogjuk, a visszafutáskor keletkező impulzus feltranszformálásával különböző segédfeszültségeket nyerhetünk. Erre a célra az eltérítő tekercccsel párhuzamosan kapcsolt sorkimeneti transzformátor szolgál. Mivel ennek primer induktivitása általában egy nagyságrenddel nagyobb az eltérítő tekercs induktivitásánál, a működés eddig ismertetett alapelvét nem változtatja meg, de a szükséges energia értékét megnöveli. A szükséges többletenergia ξ_t, a rendszer teljes energiaszükséglete:

$$\xi_{max} = \xi_{elt} + \xi_t.$$

A kollektoron fellépő maximális feszültség U_{cp} arányos az U_T tápfeszültséggel:

$$U_{cp} = B \cdot U_T.$$

A B arányossági tényező értéke a visszafutási időtől, a visszafutási impulzus alakjától és a kollektoráram csökkenésének hullámformájától függ. A 6. ábrán feltüntettük B értékét [2] a visszafutási idő függvényében. Szaggatott vonal jelöli azt az esetet, amely a szórást és a működési állapotban bekövetkezett változásokat is figyelembe veszi.

A maximális eltérítési energia képletét átalakítva nyerjük, hogy

$$\xi_{max} = \frac{1}{8} \cdot \frac{U_{cp}}{B} \cdot t_H \cdot I_{cpp}.$$

Ebből

$$U_{cp} \cdot I_{cpp} = \frac{8 \cdot B}{t_H} \cdot \xi_{max}.$$

Az $U_{cp} I_{cpp}$ szorzatot kapcsolási teljesítménynek nevezik. A fenti egyenlet konkrét áramkörök esetén módosul. A tranzisztoron ugyanis az I_{cpp} áramnak valamivel több mint a fele folyik át, és az eltérítő áram sem teljesen lineáris. Az irodalomban található a gyakorlati esetekre vonatkozó diagram [2] 110°-os, 2,86 cm nyakátmérőjű képcsövekre, amely a tranzisztortól megkívánt $U_{cp} I_{cpp}$ szorzatot ábrázolja a visszafutási idő függvényében, a nagyfeszültséggel paraméterezve. Ezt tünteti fel a 7. ábra.

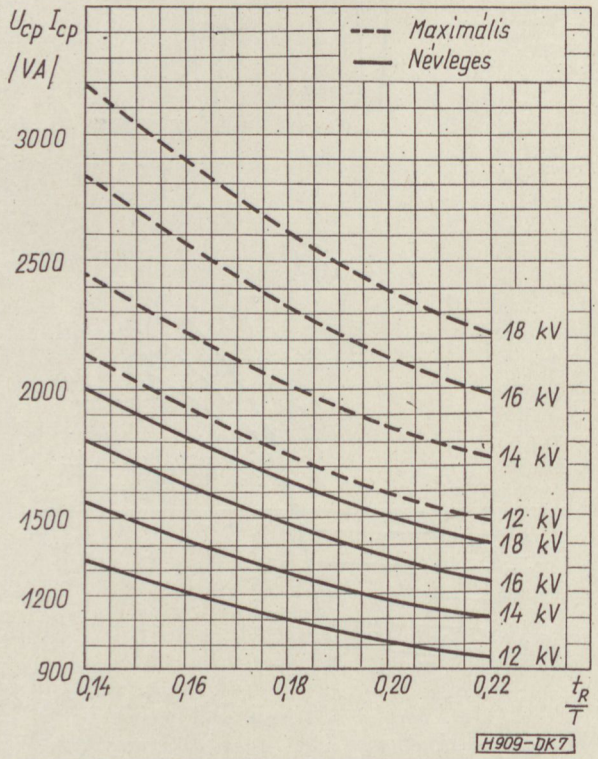
A diagram igen alkalmas annak eldöntésére, hogy egy tranzisztortípus alkalmazható-e a kívánt eltérítő áramkörben.

2.2. Maximálisan megengedhető kollektorfeszültség

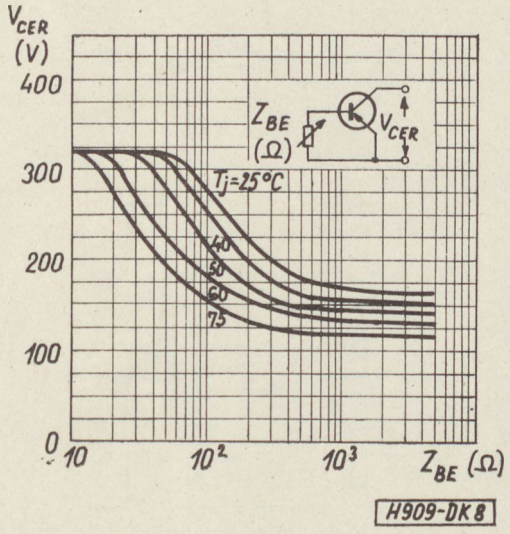
Mivel adott kapcsolás esetén az $U_{cp} I_{cpp}$ szorzat állandó, I_{cpp} és U_{cp} közül az egyiket tetszőlegesen meg lehet választani. Így a tranzisztor gyártója elvben azt a kompromisszumot valósíthatja meg, amely technológia tekintetében a legkedvezőbbnek tűnik számára.

Elektroncsöves áramkörökben U_p ezer volt, a jelenlegi tranzisztoroknál száz volt nagyságrendű. A tranzisztor nagyáramú, kisfeszültségű kapcsolóként működik, míg az elektroncsövek nagyfeszültségű, kisáramú kapcsolónak tekinthetők.

Azokban az áramkörökben, amelyekben a tápfeszültség adott (hordozható készülékek), U_{cp} értékét



7. ábra. Kapcsolási teljesítmény a visszafutási idő függvényében, paraméter a képcső anódfeszültsége



8. ábra

adott visszafutási idő esetén a 6. ábra rögzíti. Ha a tápfeszültség tetszőleges, akkor célszerű a tranzisztorra megengedhető maximális U_{cp} értéket kihasználni. Ez mint a későbbiekben látni fogjuk linearitási, disszipációs stb. szempontokból előnyös.

Mivel a bázis és emitter közötti impedanciának a letörési feszültség értékére jelentős hatása van [3], a katalógusok a megengedhető maximális feszültségértékeket a Z_{be} impedancia függvényében adják meg a réteghőmérséklettel paraméterezve. Ilyen karakterisztikát mutat be a 8. ábra.

2.3 Maximálisan megengedhető kollektoráram

A maximálisan megengedhető kollektoráramot az korlátozza, hogy a kollektorréteg sohasem tökéletesen egységes. Így az áramsűrűség nem egyenletes, ami helyi melegedést okoz. Ezek a helyi melegedések zárlatot, majd a tranzisztor meghibásodását okozhatják.

Ha a tranzisztorra megengedhető maximális kollektorfeszültséget kihasználjuk, akkor a szükséges eltérítő áramot a kapcsolási teljesítményből számíthatjuk. Ebből a tranzisztor árama:

$$I_{cp}=\frac{I_{cpp}}{2}+\frac{I_{dc}}{t_H \cdot f_H},$$

ahol I_{dc} a telepből felvett egyenáram, f_H a sorfrekvencia.

2.4 Maximálisan megengedhető disszipáció

Ha egy tranzisztor kielégíti a szükséges Volt-Amper szorzat követelményt, akkor még egy korlátozó tényezőt kell figyelembe venni, ez a hődisszipáló képesség. Disszipáció szempontjából előnyös olyan kapcsolást választani, ahol a kollektor a földelt elektróda, így a tranzisztor tokját nem kell a hűtő felülettől elszigetelni.

A kapcsoló (sorvégfokozat) tranzisztoron fellépő veszteségeket két nagy csoportra oszthatjuk: a kollektorban és a bázisban fellépő veszteségekre. Tovább bontva külön tárgyalhatjuk a felfutási és a visszafutási idő alatti disszipációt.

A kollektorban fellépő disszipációnak a következő összetevői vannak:

2.4.1 Visszafutási disszipáció

Ha a kapcsoló nem ideális, árama a kapcsolás pillanatában nem csökken azonnal zérusra. Az áram csökkenése alatt a feszültség a kapcsokon fokozatosan nő, következésképpen a kapcsolóban veszteség lép fel. A kapcsolón, vagyis a tranzisztorban a visszafutás alatt fellépő veszteség függ az áram csökkenésének és a visszafutási impulzusnak a hullámformájától. Korszerű kapcsolótranzisztorok áramának csökkenése lineáris vagy parabolikus függvénnyel írható le.

Matematikai úton különböző áramcsökkenési hullámformák esetén közelítő képlet vezethető le a visszafutási disszipációra [4].

Lineáris áramcsökkenés esetén:

$$P_{to}=\frac{I_{cp}^2 t_{off}^2}{12CT},$$

ahol I_{cp} a kollektoráram csúcsértéke, t_{off} az az idő, amely alatt az áram zérusra csökken, C a visszafutási időt beállító hangoló kondenzátor, T a periódusidő (a képletben már figyelembe vettük, hogy a harmadik harmonikus hangolás esetén a veszteség megkétszereződik).

Modern kapcsolótranzisztorokra a katalógusok megadják az ún. „turn-off" időt, amely szükséges, hogy a kollektoráram 100 mA-re csökkenjen, miután a kollektor-emitter feszültség a visszafutási tartományban 2 V-ra nőtt. Ez az idő jó közelítéssel megegyezik a fenti képletben alkalmazott t_{off}-fal, így a disszipáció számításakor felhasználható.

2.4.2 Kollektordisszipáció a felfutási idő alatt

A tranzisztorban a felfutási idő alatt disszipált veszteségi teljesítmény annak a következménye, hogy zárt kapcsolóként ellenállása nem zérus ($R_{sat} \neq 0$), ill. U_{cesat} feszültség marad a kollektor és emitter között.

Mivel a gyakorlatban igen ritkán fordul elő olyan kapcsolás, ahol a tranzisztor kétirányú kapcsolóként működik, ezért az eltérítési periódus első felében a tranzisztor nem vezet. Jelöljük a tranzisztor vezetési idejét t_v-vel, a fellépő veszteségi teljesítmény egy teljes periódusra vett átlaga:

$$P_{sat}=\frac{1}{T}\int_0^{t_v} i^2 R_{sat}\,dt,$$

ahol:

$$i=I_{cp}\frac{t}{t_v}.$$

Ezek alapján:

$$P_{sat}=\frac{t_v}{T}\,\frac{I_{cp}^2 R_{sat}}{3}=\frac{t_v}{T}\,\frac{I_{cp}U_{casat}}{3}.$$

2.4.3 Kollektordisszipáció I_{cbo} következtében

Ha a tranzisztor I_{cbo} áramát egy adott hőmérsékleten függetlennek tekintjük a kollektorfeszültségtől, akkor I_{cbo} következtében fellépő disszipáció:

$$P_{Icbo}=I_{cbo}\frac{1}{T}\int_0^T u(t)\,dt,$$

ahol $\frac{1}{T}\int_0^T u\,(t)\,dt$ az átlagos kollektorfeszültség. Mivel ez a tápfeszültséggel egyenlő,

$$P_{Icbo} = U_T \cdot I_{cbo}.$$

3. A vezérlőfokozattal szemben támasztott követelmények

A végtranzisztor vezérlőjelének előállítására általában oszcillátort és vezérlőfokozatot alkalmaznak. Az oszcillátor szinkronizált állapotban megfelelő jel-szünet arányú impulzust szolgáltat. Az oszcillátort követő vezérlőfokozat adja a szükséges teljesítményt. Amennyiben az oszcillátorból is kivehető a kívánt teljesítmény, akkor a vezérlőfokozat elhagyható.

A vezérlőfokozattal szemben támasztott követelményeket a következőkben foglalhatjuk össze:

— Az eltérítési periódusban olyan bázisáramot kell szolgáltatnia, amely képes a tranzisztort telítésben tartani.

— A gyors visszafutás elérésére meredek felfutású lezáró impulzust kell szolgáltatnia.

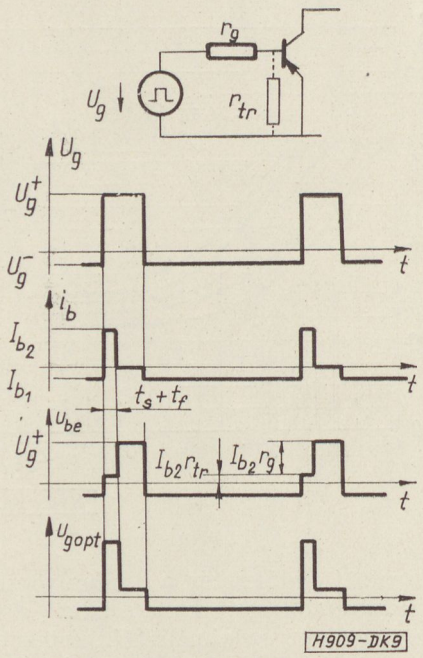
Illesztés és a végtranzisztor váltakozóan pozitív és negatív előfeszítésének biztosítása céljából a vezérlő- és végfokozat között transzformátoros csatolást alkalmaznak. E transzformátor szekunderének polaritása olyan, hogy a végtranzisztor vezessen amikor a vezérlő zár. Ennek oka az, hogy a végtranzisztor báziskörébe lezáráskor kis impedancia kerüljön.

A transzformátoros vezérlés másik nagy előnye, hogy a végfokozat áramkörének tetszőleges pontját földelhetjük. A tranzisztor tokja, amely általában a kollektor kivezetése földpotenciálra kerülhet, tehát nem szükséges a paneltől elszigetelni, ez mint már említettük hűtés szempontjából igen előnyös. E módszer hátránya, hogy a vezérlő transzformátor primer és szekunder tekercse közé nagy feszültség kerül, és mivel igen szoros csatolás a követelmény, a jó szigetelés megoldása elsőrendű problémává válik.

A vezérlőfokozat helyettesítő kapcsolását és a fellépő hullámformákat a 9. ábra mutatja. U_g a vezérlő generátor forrásfeszültsége, r_g a belső ellenállása. A tranzisztor bemeneti ellenállását r_{tr}-rel jelöltük.

3.1 Vezérlési követelmények az eltérítési periódusban

U_g értékét a szükséges bázisáram, a tranzisztor bemeneti ellenállása és r_g együttesen határozzák meg. A bázisáramnak olyannak kell lennie, hogy a végtranzisztort telítésben tartsa. I_b minimális értéke $I_{b\,min} = I_c/\beta$, ahol β a nagyjelű áramerősítési tényező. β értéke I_c növelésével csökken. A gyakorlatban $I_{b\,min}$ értékénél nagyobb bázisáramot alkalmaznak. A $\beta I_b/I_c$ hányadost túlvezérlési aránynak nevezik. A túlvezérlés növelésével csökkenthető a telítési ellenállás, R_{sat} értéke. Ha egy tranzisztort kétirányú kapcsolóként működtetünk, ez lehetőséget nyújt a fordított irányú telítési ellenállás csökkentésére, kismértékű aszimmetria korrigálására. Egyirányú működés esetén korszerű kapcsolótranzisztoroknál R_{sat} csökkenése jelentéktelen, a túlvezérlés mértékét a biztonságos működés szabja meg.



9. ábra. A vezérlőfokozat helyettesítő képe és elméleti hullámalakjai

3.2 Vezérlési követelmények a visszafutás alatt

Az eltérítési periódus végén a bázisra adott vezérlő impulzus elindítja a végtranzisztor lezárási folyamatát. Ez sok esetben elegendően hosszú idő ahhoz, hogy jelentős hatása legyen az áramkör működésére.

A lezáráshoz szükséges időt két részre bonthatjuk: t_s tárolási időre és t_t esési időre. A tárolási idő szükséges, hogy a bázisrétegben felhalmozott kisebbségi töltéshordozókat eltávolítsuk. Ez idő alatt a kollektoráram tovább folyik, bár hullámformája kissé ellaposodik. Mivel t_s a bázisban felhalmozott töltéshordozókkal kapcsolatos, a bázis túlvezérlése növeli értékét, tehát a túlvezérlési arányt nem célszerű nagyra választani. A tárolási idő függ a lezáró impulzus alakjától és nagyságától is. A tranzisztor elvileg lezárható már azzal is, ha a bázisfeszültséget zérusra csökkentjük. Ebben az esetben azonban a lezárási idő a megengedhetőnek sokszorosa lenne. Ha elegendően nagy záró impulzust adunk a bázisra, akkor nagy tranziens bázisáram folyik, amely eltávolítja a felhalmozott kisebbségi töltéshordozókat a bázisrétegből, így a kollektoráram csökkenéséhez szükséges idő lerövidül. A 9. ábrán feltüntettük a visszafutás alatt fellépő elméleti hullámformákat. Bár a gyors lezárás elősegítésére szükséges, hogy U_g^+ nagy legyen, a lezárás fenntartásához már lényegesen kisebb feszültség is elegendő. Igen jó megoldást ad a 9*d* ábra hullámformája, bár bonyolultabbá teszi a vezérlő áramkört.

3.3 Disszipáció a bázisban

A bázisban disszipált teljesítmény két részre osztható: az eltérítési periódus, valamint a tárolási és esési idő alatti veszteségekre.

A tényleges áramkörökben fellépő bonyolult áram- és feszültséghullámformák a bázis disszipációjának pontos számítását nehézkessé teszik. A hullámalakok ismeretében a közelítő érték grafikus úton meghatározható. Szokásos értéke 0,5—1 W között van.

4. Az eltérítés linearitása

4.1 S-korrekció

Mindeddig feltételeztük, hogy megfelelő eltérítéshez a mágneses térnek, így az eltérítő áramnak is időben lineárisan kell változnia. A korszerű képcsövek ernyőjének görbületi sugara azonban sokkal nagyobb, mint az ernyő és az elektronsugár eltérítési középpontja közötti távolság. Lineáris eltérítéshez ebben az esetben az szükséges, hogy az eltérítő tekercs árama a kép közepén valamivel gyorsabban változzon, mint a két szélén, hogy kompenzálja a viszonylag lapos ernyő hatását. Ez azt jelenti, hogy a tekercs áramának nem lineárisan, hanem S-alakú görbe szerint kell növekednie.

Az S görbe szerint növekvő áram előállításához az szükséges, hogy a tápfeszültség valamennyi eltérítési periódusban parabolikus függvény szerint változzon. Ezt úgy érhetjük el, hogy az eltérítő tekerccsel sorba kapcsolunk egy megfelelő értékű kondenzátort.

Az S-korrektor kondenzátor értékének közelítő meghatározását sík ernyő esetére matematikai úton egyszerűen elvégezhetjük [5], de a modern képcsövek görbült ernyőfelülete miatt ez csak nagyságrendi tájékoztatást nyújt. Sík ernyő esetén az eredmény:

$$C_{korr} = \frac{\xi_{elt}}{U_T^2 \cdot \mathrm{tg}^2 \alpha_{max}},$$

ahol ξ_{elt} az eltérítő tekercsben felhalmozott energia, U_T a tápfeszültség, α_{max} a vízszintes irányban mérhető maximális eltérítési szög fele.

Pontosabb eredményt nyerhetünk egy egyszerű megfontolás alapján. Az eltérítési periódusban az eltérítő áram a sorba kapcsolt C_{korr} következtében a következő kifejezéssel írható le:

$$i = I_p \sin \frac{t}{\sqrt{L_{elt} C_{korr}}}.$$

Látható, hogy adott képcső esetén lineáris eltérítéshez az $L_{elt}C_{korr}$ szorzatnak állandónak kell lennie. C_{korr} az eltérítő tekercs induktivitásának ismeretében számítható. A szükséges értékek μF nagyságrendbe esnek. Mivel az eltérítő áram átfolyik a korrektor kondenzátoron, a veszteségek elkerülése érdekében kis veszteségű, nagy áramterhelhetőségű kondenzátor szükséges. Így rendszerint az igen drága poliészterfólia kondenzátor alkalmazása válik szükségessé. A költségeket csökkenti a tápfeszültség növelése, hiszen ebben az esetben a korrektor kondenzátor kapacitása csökken.

Az eltérítő tekercs induktivitását nagyobbra vagy a tápfeszültséget kisebbre kell választani, mint az előző fejezetekben meghatározott érték, mert C_{korr} beiktatása az induktivitást látszólag csökkenti. A számítás meglehetősen bonyolult, ezért a pontos beállítás kísérleti úton történik.

4.2 Linearitáshiba a veszteségek következtében

Ha az eltérítő tekerccsel R ellenállás kapcsolódik sorba, akkor — mint már említettük — az eltérítő áram kifejezését exponenciális függvény írja le. Ha az R/L hányados nem sokkal nagyobb, mint a t_H felfutási idő, akkor a fellépő exponenciális tag miatt az ernyő bal oldalán a kép széthúzódik, jobb oldalán pedig összenyomódik.

A linearitáshiba mértékét az eltérítő áramkör ellenállásainak összege, az eltérítő áram csúcsértéke és a tápfeszültség határozza meg.

Az áramkör ellenállása a következőkből tevődik össze:

— az eltérítő tekercs ekvivalens ellenállása a sorfrekvencián,
— a kapcsoló elemek ellenállása,
— az áramforrás ellenállása (gyakorlatilag a szűrőkondenzátor soros ellenállása a sorfrekvencián),
— C_{korr} soros veszteségi ellenállása a sorfrekvencián,
— az összekötő vezetékek ellenállása.

Nagyobb tápfeszültség és kisebb csúcsáram alkalmazása csökkenti a linearitáshibát. Adott kapcsolás esetén is van lehetőség a hiba csökkentésére, ez azonban külön alkatrész beépítését követeli meg. A leggyakoribb megoldás a telített vasmagos linearitásszabályzó. Ennek működése azon alapul, hogy előmágnesezett vasmagos tekercset kapcsolunk sorba az eltérítő tekerccsel. Az előmágnesezést permanens mágnes végzi. Az eltérítő áram hatására a linearitásszabályzó tekercs induktivitása a vasmag mágnesezési görbéjének megfelelően változik, majd a telítés után mint állandó induktivitás szerepel.

A telítéshez tartozó áram értéke az előmágnesezés mértékével, vagyis a permanens mágnes és a vasmag relatív helyzetének változtatásával állítható be.

5. Alapáramkörök

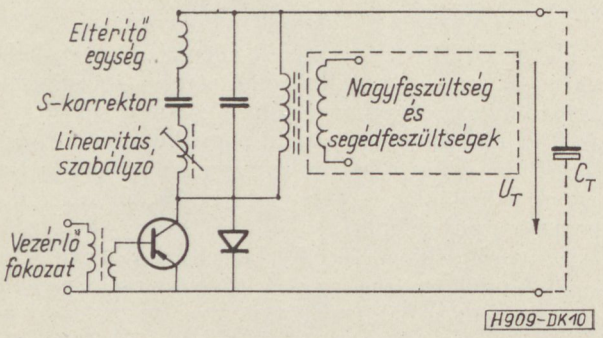
Mint az eltérítés alapelvének tárgyalásánál láttuk, az eltérítő áramkör hatásfokának javulása érhető el, ha a tranzisztornak nem kell kétirányú kapcsolóként működnie, hanem az eltérítési periódus első felében az áramkörbe megfelelően beiktatott dióda biztosítja az eltérítő áram számára a kisimpedanciás utat.

Három olyan áramköri elrendezés található, amelylyel ez elérhető:

— a párhuzamos hatásfokemelő áramkör, más elnevezéssel áramvisszanyerő kapcsolás,
— a soros hatásfokemelő áramkör, más elnevezéssel feszültségvisszanyerő vagy booster kapcsolás,
— a párhuzamos-soros hatásfokemelő áramkör, amely az előző kettő kombinációja.

5.1 Áramvisszanyerő kapcsolás

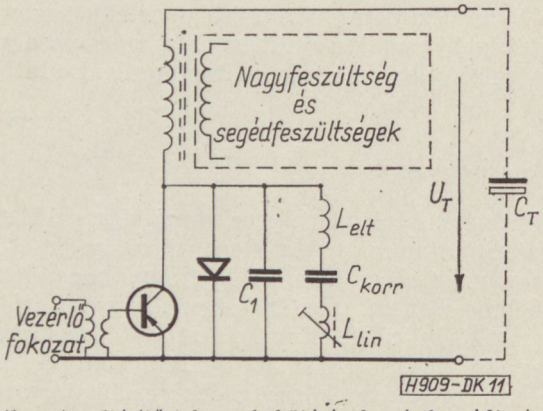
Az áramvisszanyerő kapcsolás alapáramköre a 10. ábrán látható. A végtranzisztor és a hatásfokemelő dióda, párhuzamosan kapcsolódik. Az eltérítő egység, amely tisztán induktív, a végtranzisztor kollektorához közvetlenül vagy transzformátoron keresztül kapcsolódhat. A közvetlen kapcsolás előnyösebb, mivel a transzformátor szórt induktivitása káros jelenségeket okozhat. Az itt bemutatott áram-



10. ábra. Áramvisszanyerő alapáramkör

körben közvetlen kapcsolást alkalmazhatunk. Az eltérítő tekercs tárgyalásánál látni fogjuk, hogy elérhető olyan impedanciaszint, amely megengedi a közvetlen kapcsolást. Az eltérítő tekerccsel sorba kapcsolódó S-korrektor kondenzátor megakadályozza, hogy az eltérítő tekercsben egyenáram folyjék. Az áramkörben elhelyeztt transzformátor szolgáltatja a képcső nagyfeszültsége és egyéb segédfeszültségek előállításához szükséges impulzusokat. Lényeges, hogy ebben az áramkörben az eltérítő áram átfolyik a tápegység szűrő kondenzátorán C_T-n, így ennek kis soros ellenállású, speciális elektrolit kondenzátornak kell lennie.

Az eltérítő tekercs kapcsolásának egy másik módja látható a 11. ábrán. Itt C_{korr} kondenzátor feltöltődik U_T feszültségre. Ennek az elrendezésnek az az előnye, hogy az eltérítési periódus alatt az eltérítő áram a tranzisztoron vagy a diódán folyik keresztül, a visszafutás alatt pedig C_1-en. Így nem folyik át a segédfeszültségeket szolgáltató transzformátor primer tekercsén és a tápegység szűrőkondenzátorán. A transzformátor primer tekercsén csak az áramkör által felvett, viszonylag csekély egyenáram folyik át, a tápegység szűrését pedig kisértékű, olcsó elektrolit kondenzátor is elláthatja.

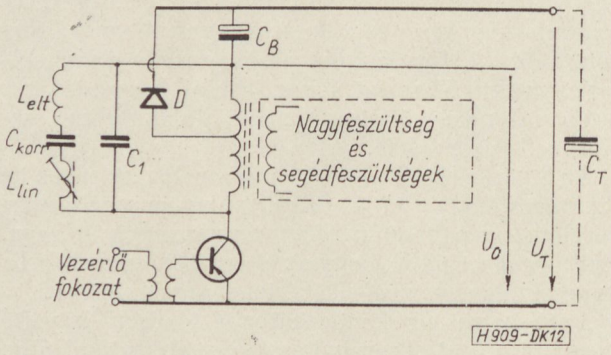


11. ábra. Az eltérítő tekercs bekötésének másik módja áramvisszanyerő végfokozatban

Az áramvisszanyerő kapcsolás tranzisztorának nyitásakor, ill. diódájának zárásakor feszültségugrás jelentkezik az eltérítő tekercsen. Ha ez az ugrás jelentős, torzítást okozhat. Ezért előnyösebb a kisebb nyitófeszültségű germánium dióda alkalmazása, szemben a szilícium diódával. A feszültségugrás hatását megszüntethetjük, ha a diódát nem közvetlenül a kollektorhoz, hanem a transzformátor leágazásához kötjük úgy, hogy egy-két menet kerüljön a dióda és kollektor közé.

5.2 Feszültségvisszanyerő (booster) kapcsolás

A 12. ábra mutatja be a feszültségvisszanyerő soreltérítő áramkör kapcsolási rajzát. Ebben az elrendezésben az eltérítési periódus első felében az eltérítő egységben felhalmozott energiát a D booster diódán keresztül nyerjük vissza és a C_B booster kondenzátorban tároljuk. C_B értékét úgy kell megválasztani, hogy az áramkör normális működése esetén feszültsége ne változzék észrevehetően a töltés és kisütés következtében. A feszültségvisszanyerő



12. ábra. Feszültségvisszanyerő alapáramkör

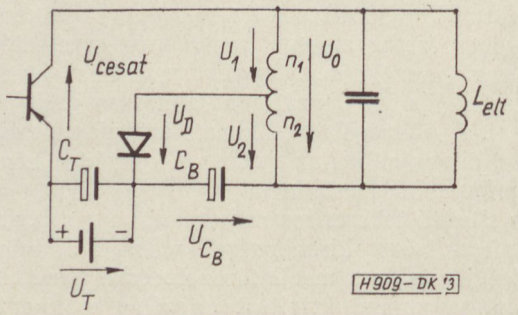
kapcsolás egyszerűsített kapcsolási rajzát tünteti fel a 13. ábra.

Az áramkör terhelését az eltérítő egység L_{elt}, a korrektor kondenzátor C_{korr} és a linearitásszabályzó L_{lin} alkotja. A terhelésen az eltérítési periódus alatt fellépő feszültség, amely az eltérítő áram amplitúdóját meghatározza: U_0. Mivel C_{korr} és L_{lin} feszültsége ellentétes előjelű, amplitúdójuk pedig lényegesen kisebb az eltérítő tekercs feszültségénél, jó közelítéssel elfogadhatjuk, hogy U_0 az eltérítő tekercsre jutó feszültség.

Az eltérítési periódus elején a booster dióda az induktivitásban a visszafutás végén felhalmozott energia következtében vezetni kezd, és az energia átáramlik a booster kondenzátorba. Az eltérítési periódus ezen részében az eltérítő áram a D diódán és a C_B kondenzátoron keresztül folyik.

Az U_0 feszültség ekkor:

$$U_0 = U_1 + U_D + U_{C_B}.$$



13. ábra. Feszültségvisszanyerő soreltérítő áramkör egyszerűsített kapcsolási rajza

Amikor az eltérítő áram áthalad a zérus értéken, elkezdődik az eltérítési periódus második része. A dióda lezár, a tranzisztor pedig telítésbe kerül. Az eltérítő áram átfolyik a C_T kondenzátoron, a tranzisztoron és a booster kondenzátoron, C_B-n. U_0 feszültség ekkor a következő összetevőkből áll:

$$U_0 = U_{C_B} + U_T - U_{\text{cesat}}.$$

Mivel U_0 értékének az eltérítési periódus mindkét részében egyenlőnek kell lennie, a következő feltételeknek kell teljesülniük.

$$U_{C_B} + U_T - U_{\text{cesat}} = U_1 + U_D + U_{C_B},$$

amiből:

$$U_1 = U_T - U_{\text{cesat}} - U_D.$$

Ebből következik, hogy

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{U_T - U_{\text{cesat}} - U_D}{U_0 - U_T + U_{\text{cesat}} + U_D}.$$

A szükséges U_0 érték adott U_T tápfeszültség esetén a transzformátor megfelelő megcsapolásával nyerhető. Tehát a booster dióda alkalmazásával U_T-nél nagyobb feszültség hajt keresztül áramot a terhelésen. Ez a feszültségvisszanyerő kapcsolás fő előnye.

Az áramkörnek azonban komoly hátránya is van. A 12. ábrából látható, hogy a dióda árama áthalad a C_B, a kollektoráram pedig a C_B és C_T kondenzátorokon. Ez azt jelenti, hogy C_B és C_T — amelyek elektrolit kondenzátorok — csak igen kis veszteségűek lehetnek. Mivel a kis ellenállású elektrolit kondenzátorok igen drágák, ez az áramkör ilyen formában csak ritkán alkalmazható.

5.3 Áram- és feszültségvisszanyerő kapcsolás

A 11. ábra áramvisszanyerő és a 12. ábra feszültségvisszanyerő áramkörének kombinációjával nyerhetjük az áram- és feszültségvisszanyerő kapcsolást, amely a 14. ábrán látható.

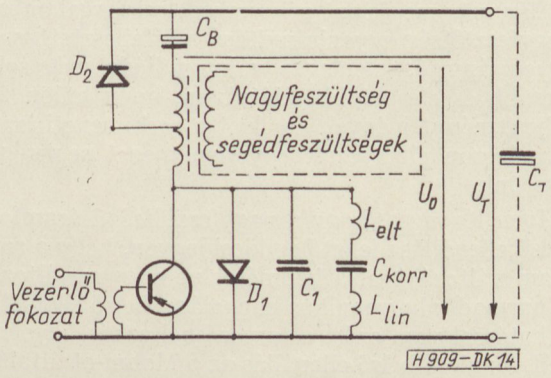
Ez az áramkör egyesíti az előző kettő jó tulajdonságait azok hátrányai nélkül. Az áramkör előnyeit a következőkben foglalhatjuk össze:

— Gyakorlatilag nem folyik eltérítő áram a transzformátor primer tekercsén, a C_B és C_T kondenzátoron. Ez azt jelenti, hogy az elektrolit kondenzátoroknak nem kell különlegesen kis veszteségűeknek lenniük.

— Adott eltérítő egység esetén a transzformátor megfelelő megcsapolásával a kívánt eltérítő feszültség állítható elő.

— Mivel az eltérítő tekercs hasonlóan kapcsolódik az áramkörbe mint a 11. ábrán látható áramvisszanyerő kapcsolásban, az eltérítés linearitása független C_B és C_T kondenzátorok soros ellenállásától.

Az áram- és feszültségvisszanyerő kapcsolás transzformátorának áttételét hasonlóan számíthatjuk, mint azt a feszültségvisszanyerő kapcsolás esetében láttuk.



14. ábra. Feszültség- és áramvisszanyerő alapáramkör

6. Nagyfeszültség és segédfeszültségek

Az eltérítő egységben felhalmozott energia az eltérítési periódus végén a szokásos képcsövekhez alkalmazott vízszintes eltérítő áramkörökben elegendően nagy ahhoz, hogy egy részét más áramkörökben történő felhasználásra kinyerjük. A soreltérítő áramkör a visszafutási idő alatt mint rezgőkör szerepel, amelynek jósági tényezőjét széles határok közt változtathatjuk anélkül, hogy az oszcilláció első periódusában a feszültség- és áramhullámformák lényegesen megváltoznának. Ez azt jelenti, hogy energia kinyerése az áramkör viselkedését kevéssé befolyásolja, csupá ezt az energiát a tápegységből pótolni kell.

A következő feszültségek nyerése szükséges a soreltérítő áramkörből:

— a képcső anódjának feszültsége, más néven a nagyfeszültség (16—18 kV),

— a képcső fókusz- és segédrácsfeszültsége (400—500 V),

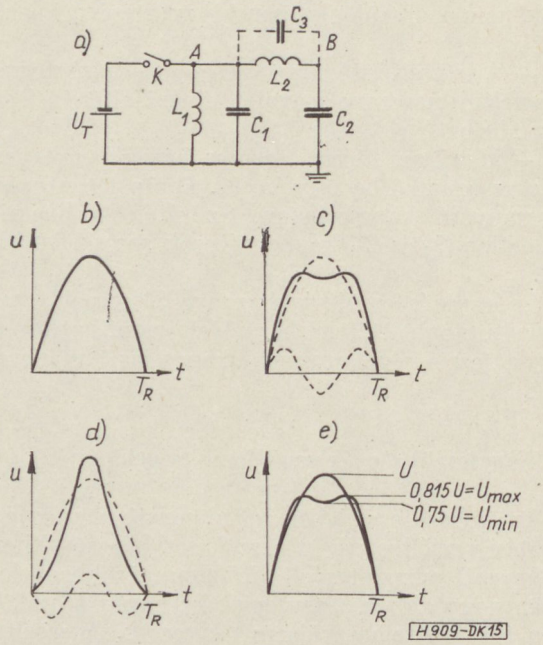
— a video végfokozat tápfeszültsége (100—150 V),

— impulzusfeszültségek a szinkron és AGC áramkörökhöz.

6.1 Nagyfeszültség

A képcső anódfeszültségét a sorkimeneti transzformátor impulzusfeszültségének egyenirányításával nyerjük. A 16—18 kV-os feszültséget igénylő képcsövek alkalmazása azzal jár, hogy a sorkimeneti transzformátor áttétele és így szekunder menetszáma igen nagy lesz. Nagy menetszámú tekercs méretei, szórt induktivitása és ön-, ill. szórt kapacitása viszonylag nagy. A tényleges viszonyokat a 15. ábra helyettesítő képe mutatja. Itt L_1 az eltérítő tekercs és a transzformátor primer induktivitásának eredője, C_1 az eltérítő tekerccsel párhuzamosan kapcsolódó külső kapacitás, L_2 a szórt induktivitás, C_2 a nagyfeszültségű tekercs önkapacitásának, szórt kapacitásának és a dióda kapacitásának az eredője. Pontosabb analízis esetén C_3 kapacitást is figyelembe kell venni, de ennek hatása nem jelentős és a probléma tárgyalását igen megnehezíti. Valamennyi értéket a primer oldalra vonatkoztatjuk.

Az így nyert rezonáns köröket a visszafutási impulzus gerjeszti, és jelentős energiájú oszcilláció jön létre. A csöves áramkörök gyakorlatából ismert,



15. ábra. Soreltérítő áramkör nagyfeszültségű részének helyettesítő kapcsolása és hullámformái: *a)* helyettesítő kapcsolás, *b)* feszültség-hullámalak L_2 és C_2 eltávolításával, *c)* feszültség-hullámalakok az *A* pontban, *d)* feszültség-hullámalakok a *B* pontban, *e)* az optimális hangoláshoz tartozó hullámalak az *A* pontban

hogy ha a sorkimeneti transzformátort megfelelően tervezzük, ezeket a parazita rezgéseket hasznosíthatjuk.

Az ekvivalens áramkör származtatása, összetevőinek mérési módszere és az áramkör részletes analízise az irodalomban megtalálható [6], [7], [8]. A vizsgálat tárgya, hogy meghatározzák az ekvivalens áramkör áram- és feszültségösszetevőit az L_1 induktivitásban folyó áram megszakítása után. Az analízis eredményeként az adódik, hogy a visszafutás alatt két különböző frekvenciájú rezgés alakul ki. A kisebb frekvenciájú rezgést elsősorban L_1—C_1 határozza meg, és ez szabja meg a visszafutási időt. a nagyobb frekvenciát elsősorban L_2—C_2 határozza meg. Elsődleges követelménynek és az analízis kezdeti feltételének azt adták meg, hogy a visszafutási periódus végén L_2 árama zérus legyen. Ez azt jelenti, hogy a visszafutás végén a nagyobb frekvenciájú oszcilláció is megszűnik.

Ha ez a lengés a felfutási periódusában is jelen van, akkor a booster dióda áramában egy lengő tagot hoz létre, ami modulálja a diódán eső feszültséget, így az eltérítés linearitását rontja. Nem hanyagolható el a jelentős energiaveszteség sem.

Az analízis eredményeképpen a minimális lengési állapothoz tartozó két frekvencia hányadosára 2,7—2,8 körüli érték adódik, de az elhanyagolások miatt a valóságos optimum ennél nagyobb, 3 körül van.

A harmadik harmonikusra hangolás a felfutás alatti minimális lengés mellett egyéb jelentős előnyökkel is jár. Az ekvivalens áramkör (15*a* ábra) *A* pontja a tranzisztor kollektorának, *B* pedig a nagyfeszültségű egyenirányító dióda anódjának felel meg. A két ponton fellépő feszültségeket a 15*c* és 15*d* ábrákon tüntettük fel. Az eltérés a két ponton fellépő feszültség fáziskülönbsége miat jön létre. A 15*b* ábra a harmadik harmonikus hangolás nélküli hullámformákat mutatja (L_2—C_2 eltávolítása és megfelelő visszafutási idő beállítása után). Látható, hogy hangolt esetben a feszültség a tranzisztoron csökken, a nagyfeszültségű oldalon pedig nő. Azzal, hogy a nagyfeszültségű tekercs lengési frekvenciáját a harmadik harmonikusra választottuk, a minimálishoz közeli lengési állapotot valósítottunk meg. Ennek a minimumnak az értékét, továbbá a nagyfeszültségben elérhető nyereséget és a tranzisztor terhelésének csökkentését már az áramköri elemek adott korlátok közötti változtatásával befolyásolhatjuk.

Tranzisztoros áramkörökben elsődleges szempont a tranzisztoron megjelenő csúcsfeszültség minimalizálása. Az analízis eredménye azt mutatja, hogy optimális esetben a visszafutási impulzus alakja a 15*e* ábrának felel meg. Ekkor a csúcsfeszültség 18,5%-kal csökken a hangolás nélküli állapothoz képest, a nagyfeszültségű oldalon pedig 54% a nyereség. Elméletileg tehát 1,84-szeres teljes nyereség érhető el.

Mivel a visszafutási impulzus alakja oszcilloszkópon egyszerűen vizsgálható, célszerű a tervezési eljárást úgy választani, hogy az innen nyerhető adatokon alapuljon. Kiindulási állapotnak fogadjuk el, hogy a harmadik harmonikus hangolást elértük. Ekkor a visszafutási impulzus szimmetrikus. Ez az állapot a változtatható elemek közül bármelyikkel beállítható. Optimális tervezéshez az $U_{max}/U_{min} = 1{,}088$ érték tartozik. A tervezésnél L_1 értékét és a visszafutási időt általában rögzítettnek fogadjuk el, és a C_1, L_2, C_2 elemeket változtatjuk. A nagyfeszültségű áramkör konstrukciója sok próbálgatással, méréssel végezhető el, a szórt elemek számítása csak igen pontatlan eredményt ad. Adott menetszám esetén a tekercs alakjának, tehát a soronkénti menetszámnak a változtatásával elsősorban C_2 befolyásolható. L_2, szórt induktivitás változtatásának tranzisztoros áramkörökben szokásos módszere, hogy a nagyfeszültségű tekercs mellé szorosan elhelyezünk egy járulékos tekercset, amelyet a primerrel párhuzamosan kapcsolunk. Így a szórt induktivitás a kívánt értékre beállítható. C_1 kondenzátor beépített alkatrész, megválasztásakor szabványos érték elérésére kell törekedni.

Bár már megjelent a kereskedelmi forgalomban a nagyfeszültség egyenirányítására kifejlesztett szelén egyenirányító, jelenleg a vákuumdióda még sokkal olcsóbb és elérhetőbb. Hátránya, hogy külön fűtőteljesítményt igényel, amelyet a sorkimeneti transzformátoron elhelyezett egyetlen menet segítségével nyerünk.

Igen lényeges, hogy a nagyfeszültségű áramforrás belső ellenállása lehetőleg kicsi legyen, hogy a sugáráram változásával a képméret ne nagyon változzon. A harmadik harmonikus hangolás a belső ellenállásra is hatással van, ezért a tervezésnél ezt is figyelembe kell venni. A belső ellenállás az 5 Mohm-ot általában nem lépheti túl.

6.2 Video-tápegység

Mivel a tranzisztoros készülékek tápfeszültsége kicsi, a video végerősítő fokozathoz szükséges 100—150 voltos tápfeszültséget is a sorvégfokozatból nyerjük az impulzusfeszültség egyenirányításával.

Az impulzusok amplitúdója igen érzékeny a komponensek szórására és a soreltérítő áramkör működésében bekövetkező változásokra. Ezért ha ezeket az impulzusokat egyenirányítanánk, a keletkező egyenfeszültség nem lenne stabil, ami a video erősítő tulajdonságait erősen lerontaná. Sokkal jobb eredményt érhetünk el, ha fordított polaritású jelet egyenirányítunk. A visszafutási periódus helyett az egyenirányító dióda a felfutási periódusban vezet. A diódának ugyan nagy záróirányú feszültséget kell kiállnia, de az előnyök indokolttá teszik a nagy zárófeszültségű dióda alkalmazását.

Az egyenirányított feszültség megegyezik a primer tekercsen az eltérítési periódusban jelenlevő feszültséggel, ami egyenlő vagy közvetlenül kapcsolatos a tápfeszültséggel. Ezért ha stabilizált tápegységet alkalmazunk, az egyenirányított feszültség is stabil lesz. Mivel a dióda vezetési periódusa hosszú, így csúcsárama viszonylag kicsi, az egyenirányító áramkör belső ellenállása is kicsi lesz.

A video tekercs és a primer tekercs szoros csatolása a szükséges stabilitás és a harmadik harmonikus elkerülése érdekében fontos. A harmadik harmonikus amplitúdóját azzal is csökkenthetjük, hogy a sorkimeneti transzformátor primer és szekunder (nagyfeszültségű) tekercsét a vasmag ellentétes ágára helyezzük, a video meneteket pedig nem tekerjük közel a vasmaghoz.

6.3 A képcső fókusz- és segédrácsfeszültségének előállítása

A legegyszerűbb módszer e feszültségek előállítására is a sorkimeneti transzformátoron elhelyezett külön tekercsen megjelenő impulzusfeszültség egyenirányítása. Mivel 400—500 volt körüli feszültség szükséges, a legegyszerűbb módszer a csúcsegyenirányítás. Itt ugyanis még a szórások következtében felléphető 20—25%-os feszültségváltozás sem zavarja a képcső működését.

IRODALOM

1. *Wheatley, C. F.:* An AC/DC Line-Operated Transistorized TV Receiver. IEEE Transactions on Broadcast and Television Receivers, Vol. BTR-13. No. 1. 1967. 9—23. old.
2. *Hetterscheid, W. Th. H.:* Design Considerations of Transistor Line Timebase Circuits. Electronic Applications, 1963/64. Vol. 24. No. 3. 81—97 old.
3. *Mathews, J. W.:* Transistor Failure Modes in High Power Switching Operation. IEEE Transaction on Broadcast and Television Receivers, Vol. BTR-8 No. 2. 1962. 35—39 old.
4. *Wheatley, C. F.:* Design Considerations for Transistorized Television Deflection Circuits. Solid State Design, 1964. okt. 39—44 old. és 1964. nov. 38—42 old.
5. *Bovis, M.:* Conception des circuits de deviation horizontale transistorisés. L'Onde Electrique, No. 447. 1964. juni. 633—668 old.
6. *Murakami, T.:* Ringing in Horizontal-Deflection and High-Voltage Television Circuits. RCA Review, Vol. XXI. No. 1. 1961. márc. 17—44 old.
7. *Cherry, E. M.:* Third-Harmonic Tuning of E.H.T. Transformers. Proc. Inst. Elect. Engers. 108 B. 1961. márc. 227—236 old.
8. *Bate, F. D.:* True Third Harmonic Tuning of E.H.T. Transformers. Electronic Engineering, 1964. okt. 688—692 old.

Lapunk példányonként megvásárolható:

V., Váci utca 10 és

V., Bajcsy-Zsilinszky út 76

alatti Hírlapboltokban.

KRAUSS OTTÓ
Posta Rádió- és Televízióműszaki
Igazgatóság

Haladóhullámú félvezető erősítő eszköz (Akusztoelektromos erősítő)*

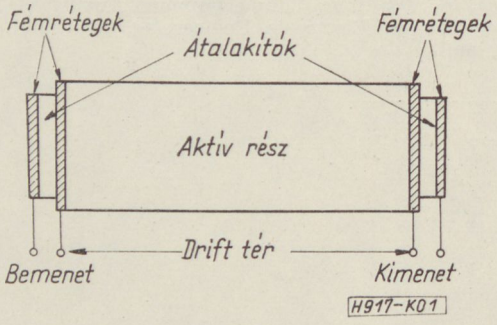
ETO: 621.375.4:621.377.22

A mikrohullámú frekvenciatartomány ismert erősítő eszköze a haladóhullámú elektroncső. A cső vákuumterében állandó sebességgel haladó elektronsugár, és egy valamivel lassúbb, vele párhuzamosan haladó longitudinális elektromos térerő-hullám kölcsönhatása az utóbbi erősödéséhez vezet.

A haladó térerő-hullám és elektronnyaláb kölcsönhatása félvezetőanyagban is létrehozható. Ilyen elven működik az új mikrohullámú félvezető eszköz: az akusztoelektromos erősítő. Először 1961-ben realizálták [1]. Cikkünk célja irodalom alapján bemutatni ezt az eszközt.

1. Az eszköz felépítése és működése

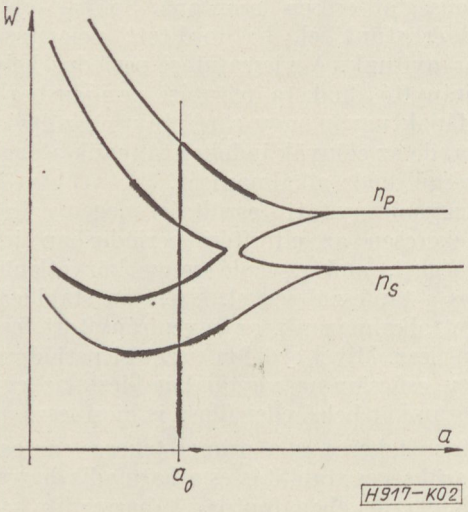
Az akusztoelektromos erősítő, hasonlóan a haladóhullámú csőhöz, négy részből áll: az egyenletes sebességgel haladó elektronnyalábot biztosító szerkezeti elemek, aktív rész, bemeneti és kimeneti csatoló (1. ábra).



1. ábra

Félvezetőanyagban egyenletes sebességű elektronnyaláb állandó térerővel biztosítható (driftáram). Ezt az aktív rész két végén elhelyezett elektródák közé kapcsolt egyenfeszültséggel érhetjük el (drifttér).

Az aktív rész, ahol a tulajdonképpeni erősítési folyamat lejátszódik, félvezetőanyag. Ezekben az anyagokban az egyenletes sebességgel haladó elektronnyaláb gyakorlatilag megvalósítható sebessége sokkal kisebb (10^3—10^4 m/s), mint a vákuumtérben elérhető sebesség. A fenti sebességtartományba esik a félvezetőkben haladó mechanikai hullámok sebessége. Kézenfekvő tehát, hogy a haladóhullámú félvezető erősítő eszközben az elektromágneses tér lassítására a mechanikai hullámokat használjuk fel. Az erősítéshez szükséges longitudinális térerő-hullámot elektromechanikai csatolás biztosítja. A mechanikai (akusztikai) hullámok felhasználására utal az eszköz elnevezése: „akusztoelektromos erősítő".



2. ábra

Elektromechanikai csatolás háromféle módon jöhet létre:

1.1 A sávszerkezet modulációjával. Ez a hatás minden kristályszerkezetben kimutatható és a 2. ábra alapján magyarázható. Az ábra egy anyag rácsszerkezetében levő atomok legkülső elektronjainak lehetséges energiaállapotait mutatja a rácsállandó függvényében. Ha az atomok olyan távol helyezkednek el egymástól, hogy köztük kölcsönhatás nem lép fel, akkor a rácsszerkezetben az elektronok állapotai megegyeznek az egyes atom elektronjainak állapotaival. A rácsállandó csökkentésével kölcsönhatás lép fel a rács atomjai között. Ennek eredményeként a diszkrét energiaszintek helyett a jól ismert energiasávok alakulnak ki. Ha egy anyagban mechanikai hullám terjed, akkor a deformáció következtében a rácsállandó a nyugalmi a_0 érték körül a hullámnak megfelelően periodikusan változni fog, és ez a sávszerkezet változását okozza. A $W=qU$ és az $E=-\text{grad}\ U$ összefüggések révén ez az energiaváltozás térerőhullámot jelent. A fent leírt csatolás az ún. deformációs potenciál-csatolás.

1.2 Mozgó ionok töltése révén létrehozott polarizált térrel. Ez a csatolás csak olyan kristályrácsokban jön létre, melyek elemi cellájában két különböző tömegű atom található. Ez a csatolási mód csak igen nagy frekvenciánál (10^{12}Hz) lép fel. Működőképes eszközt ilyen elven még nem készítettek, ezért bővebben nem foglalkozunk e lehetőséggel.

* A cikk a szerző által 1967-ben benyújtott és a Híradástechnikai Tudományos Egyesület pályázatán díjat nyert diplomaterv alapján készült. Beérkezett: 1968. X. 1-én.

1.3 Piezoelektromos csatolással. Olyan kristályszerkezetek jellemzője, melyeknek nincs centrális szimmetriapontja. A hatás közismert: ha egy piezoelektromos anyag erő hatására deformálódik, akkor felületén töltés jelenik meg, benne elektromos térerő keletkezik. A piezoelektromos anyagokban csak bizonyos kristálytengelyek irányába haladó, és megfelelő kitérési irányú mechanikai hullámokat követnek az eszköz számára hasznosítható longitudinális térerőhullámok. A leggyakrabban alkalmazott félvezetőanyag a hexagonális szerkezetű CdS és ZnO, valamint a „cinkblende" szerkezetű GaAs. A hexagonális szerkezetű anyagokban kétfajta hullám erősíthető: az optikai (*c*) tengely irányába haladó longitudinális, és a *c* tengelyre merőleges terjedési irányú és e tengely irányával egybeeső kitérésű nyíróhullám. A „cinkblende" szerkezetnél az *(111)* irányba haladó longitudinális és az *(110)*, ill. ezzel ekvivalens irányokba haladó, és a kockaélek irányába eső kitéréssel rendelkező nyíróhullámokat lehet erősíteni.

A fent említett három hatás reverzibilis. A csatolási módok közül a piezoelektromos hatás a legerősebb, és az eszköz készítésénél legtöbbször ez kerül felhasználásra. A továbbiakban csak ezzel foglalkozunk.

Az aktív részben lejátszódó folyamatok azonosak a haladóhullámú csőben lejátszódó folyamatokkal: a mechanikai hullám révén létrehozott longitudinális térerő-hullám hatására az egyenletes sebességgel haladó elektronnyaláb elektronjai fázisfókuszálódnak. Ha a sebesség-feltétel teljesül, akkor az elektronok nagyobb része az elektromos tér fékező-fázisú helyein helyezkedik el, az elektronnyalábból a tér energiát vesz fel, a térerő, és ezzel a mechanikai hullám erősödik.

Az eszköz két végén találjuk a bemeneti és kimeneti csatolót. Felépítésük egyforma. Az eszköz működése szempontjából két lehetőség van az elektromos jel-teljesítmény be-, illetve kicsatolására: tértöltéshullámot gerjesztünk, illetve a tértöltés-hullámból csatoljuk ki az energiát, vagy mechanikai hullámot gerjesztünk, illetve a felerősített mechanikai hullámot alakítjuk át elektromos jellé. Az irodalomban kimutatták [2], hogy tértöltés-hullám gerjesztésénél, illetve kicsatolásánál a gyakorlatban előforduló körülmények között igen nagy a veszteség, ezért az eszköz készítésénél kizárólag elektromechanikai átalakítókat használnak.

2. Piezoelektromos csatolással működő eszközök matematikai vizsgálata

Az eszköz aktív részében lejátszódó folyamatok matematikai tárgyalására, az erősítés meghatározására több módon nyílik lehetőség:

a) A kristály mechanikai, elektromos és piezoelektromos tulajdonságait leíró alapegyenletekből felírunk két összefüggést a mechanikai kitérés és az elektromos térerő között, majd ezek összevetéséből nyert karakterisztikus egyenlet megoldásaképpen megkapjuk a hullámok komplex terjedési tényezőit, és ezekből az erősítés számítható [4].

b) Csatolt módusok módszerével meghatározzuk a komplex terjedési tényezőt, majd az erősítést [2].

c) Negatív energiájú kvantumok bevezetésével is célhoz érhetünk [6].

d) Elektron-fonon kölcsönhatásnak tekintve a folyamatokat, kvantummechanikai módszerekkel is meghatározható az erősítés stb.

A fenti tárgyalási módok egyenértékűek. Itt most a csatolt módusok módszerének felhasználását mutatjuk be vázlatosan.

A módszer lényege: először a kölcsönhatást figyelmen kívül hagyva meghatározzuk az aktív részben haladó akusztikus — és tértöltés-hullámok terjedési tényezőit. Ezután a kölcsönhatást mint perturbációt vesszük figyelembe, és ennek megfelelően korrigáljuk a terjedési tényezőket, majd ezekből számítjuk az erősítést. Ez a gondolatmenet csak gyenge kölcsönhatás esetén alkalmazható. A gyakorlati esetekben ez a feltétel teljesül.

2.1 Az akusztikus hullámok terjedési tényezője elektromechanikai csatolás nélkül

Síkhullámokat feltételezve a változások csak egydimenziósak, ezért Newton II. törvénye a következő formában írható:

$$\varrho_m \cdot \frac{\partial \dot{u}}{\partial t} = \frac{\partial T}{\partial x} \tag{1}$$

ahol ϱ_m a kristály anyagsűrűsége, $\dot{u}$ a kristály mozgásban levő részecskéjének sebessége és T a mechanikai feszültség. A részecskesebesség és a deformáció között az alábbi összefüggés írható fel:

$$\frac{\partial \dot{u}}{\partial x} = \frac{\partial S}{\partial t} \tag{2}$$

ahol S a deformáció. T és S között a Hooke-törvény ad kapcsolatot. Egydimenziós változások esetén

$$T = cS \tag{3}$$

alakú, ahol c a rugalmassági modulusz mátrix megfelelő eleme. Értékét valósnak vesszük, azaz az anyagot mechanikailag veszteségmentesnek tételezzük fel.

Az (1)—(3) összefüggésekből $\exp[j\omega t]$ időfüggést feltételezve, a $Z_0 = \sqrt{\varrho_m c}$ és a $v_0 = \sqrt{c/\varrho_m}$ helyettesítésekkel a következő kétismeretlenes differenciál egyenletrendszer írható fel:

$$\begin{aligned} \frac{\partial T}{\partial x} - j\frac{\omega}{v_0} Z_0 \dot{u} &= 0 \\ Z_0 \frac{\partial \dot{u}}{\partial x} - j\frac{\omega}{v_0} T &= 0 \end{aligned} \tag{4}$$

Ezen differenciálegyenlet-rendszer két külön differenciálegyenletté esik szét, ha a T és $\dot{u}$ változók helyett az alábbi, ún. normál módusokat vezetjük be. (A továbbiakban az alkalmazott kettős előjelek közül a felső mindig a kettős indexek közül az elsőhöz, az alsó előjel a második indexhez tartozik.):

$$a_{1;2} = \frac{1}{2}(T \mp Z_0 \dot{u}) \tag{5}$$

Az a_1, a_2 normál módusok energiasűrűség jellegű mennyiségek. Belőlük az eredeti egyenletrendszer T és $\dot{u}$ változói meghatározhatók.

A (4) differenciálegyenlet rendszer a normál módusok helyettesítésével a következő alakú lesz:

$$\frac{\partial a_{1;2}}{\partial x} \pm j\frac{\omega}{v_0} a_{1;2} = 0 \qquad (6)$$

Az egyenletek megoldása:

$$a_i = a_{i0} e^{-\gamma_i x} \qquad i = 1;2 \qquad (7)$$

alakú, ahol

$$\gamma_{1;2} = \pm j\frac{\omega}{v_0} \qquad (8)$$

a kristályban terjedő mechanikai hullámok terjedési tényezői. Mint látható, két hullám alakul ki. Ezek azonos sebességgel, de ellentétes irányban terjednek csillapodás nélkül.

2.2 Töltéshordozó hullám terjedése sodródó hordozókon elektromechanikai csatolás nélkül

Vizsgálatainknál elhanyagoljuk a rekombinációt és feltételezzük, hogy a félvezetőanyagban jelenlevő minden szennyező atom ionizálódott. Gondolatmenetünk elektronokra érvényes, de az előjelek és állandók értelemszerű megváltoztatásával lyukakra is alkalmazható. Kiinduló egyenletek:

Az I. Maxwell-egyenlet egydimenziós alakja:

$$\frac{\partial D}{\partial t} + J = 0 \qquad (9)$$

ahol D a dielektromos eltolás és J az áramsűrűség.

Az V. Maxwell egyenlet egydimenziós alakja:

$$D = \varepsilon E \qquad (10)$$

ahol E az elektromos térerősség és ε a dielektromos állandó mátrix megfelelő eleme.

A félvezetőkben kialakuló áramsűrűség kifejezése:

$$J = \mu E \varrho + D_n \frac{\partial \varrho}{\partial x} \qquad (11)$$

ahol μ a mozgékonyság, D_n a diffúziós állandó és ϱ a töltéshordozó sűrűség.

A folytonossági egyenlet

$$\frac{\partial J}{\partial x} + \frac{\partial \varrho}{\partial t} = 0 \qquad (12)$$

D és ϱ időfüggését exp [$j\omega t$] alakúnak, a térerő változását az egyenletes sebességgel haladó elektronnyalábot biztosító E_0 térerő figyelembevételével $E = E_0 + E_1$ exp [$j\omega t$] alakúnak vesszük.

Vizsgálatainkat a *kisjel elmélet* keretében végezzük ($E_0 \gg E_1$). (9)—(12) összefüggések alapharmonikusokra kifejezett alakjaiból kiküszöbölve D-t és E-t, a következő differenciálegyenlet-rendszert kapjuk (a ϱ és J jelölések a továbbiakban az első harmonikus amplitúdókat jelölik):

$$\frac{\partial \varrho}{\partial x} - \beta_d \varrho + \left(1 - j\frac{\omega_c}{\omega}\right)\frac{\beta_d}{v_d} J = 0$$

$$\frac{\partial J}{\partial x} + j\omega\varrho = 0 \qquad (13)$$

ahol $v_d = \mu E_0$ a driftsebesség, $\omega_c = \sigma/\varepsilon$ a félvezetőanyag vezetőképességére jellemző mennyiség és $\beta_d = \omega_d/v_d$, ahol $\omega_d = v^2/D_n$ a félvezetőanyag diffúziós tulajdonságaira jellemző mennyiség.

Megjegyzés: az ω_c/ω hányados a félvezetőanyagban kialakuló vezetési és eltolási áram aránya, míg ω/ω_d a diffúziós és eltolási áram viszonya.

A (13) kétismeretlenes differenciálegyenlet-rendszer is differenciálegyenletekké egyszerűsödik normál módusok bevezetésével. Ezek célszerű alakja:

$$a_{3;4} = \frac{1}{\omega_d \sqrt{\frac{\varepsilon}{c}}} \left\{ v_d \varrho - j\frac{\omega_d}{2\omega} \left[1 \pm \left(1 + 4\frac{\omega_c}{\omega_d} + j4\frac{\omega}{\omega_d} \right)^{\frac{1}{2}} \right] J \right\} \qquad (14)$$

Az a_3 és a_4 normál módusok is energiasűrűség jellegű mennyiségek. Alkalmazásukkal a (13) differenciálegyenlet-rendszer alakja:

$$\frac{\partial a_i}{\partial x} + \gamma_i a_i = 0 \qquad i = 3;4 \qquad (15)$$

ahol

$$\gamma_{3;4} = -\frac{\beta_d}{2} \left[1 \mp \left(1 + 4\frac{\omega_c}{\omega_d} + j4\frac{\omega}{\omega_d} \right)^{\frac{1}{2}} \right] \qquad (16)$$

a tértöltés-hullámok terjedési tényezői. A (15) egyenletek megoldása:

$$a_i = a_{i0} e^{-\gamma_i x} \qquad i = 3;4 \qquad (17$$

2.3 A kölcsönhatás figyelembevétele.

A piezoelektromos hatás következtében a hét kiinduló egyenletünk [(1—3) és (9—12)] közül a Hooke-törvény és az V. Maxwell egyenlet változik meg. Egydimenziós változások és kis kitérések esetén a (3) és (10) egyenletek helyett a következő kifejezések írhatók:

$$T = cS - eE \qquad (18)$$

$$D = eS + \varepsilon E \qquad (19)$$

ahol e a piezoelektromos csatolásra jellemző állandó.

Az (1), (2), (9), (11), (12), (18) és (19) összefüggésekből kiindulva az 1. és 2. szakasz elején tett feltevések alkalmazásával differenciálegyenlet-rendszer írható fel a T, $\dot{u}$, ϱ és J mennyiségek között. Ebbe beírva az (5) és (14) összefüggésekkel definiált normál módusokat, a következő egyenletrendszert kapjuk:

$$\frac{\partial a_{1;2}}{\partial x} + \gamma_{1;2} a_{1;2} = \pm j\frac{\omega}{2v_s} K \left(1 + 4\frac{\omega_c}{\omega_d} + j4\frac{\omega}{\omega_d} \right)^{\frac{1}{2}} (a_3 - a_4)$$

$$\frac{\partial a_{3;4}}{\partial x} + \gamma_{3;4} a_{3;4} = -\beta_c K (a_1 - a_2) \qquad (20)$$

ahol $K = e^2/\varepsilon c$ a csatolásra jellemző szám, $\beta_c = \omega_c/v_d$ és v_s a mintában haladó hanghullám sebessége.

A (20) egyenletrendszerben a helyfüggést exp[$-\lambda x$] alakúnak vesszük. Ekkor az egyenletekből az a_i

normál módusok kiküszöbölhetőek és a következő karakterisztikus egyenletet kapjuk:

$$\left[\lambda^2+\left(\frac{\omega}{v_s}\right)^2\right]\left[\lambda^2+\beta_d\lambda-\beta_c\beta_d-\mathrm{j}\beta_d\left(\frac{\omega}{v_s}\right)\right]=\left(\frac{\omega}{v_s}\right)^2\beta_c\beta_d K^2 \tag{21}$$

A (21) egyenlet jobboldalát mint perturbációt tekinthetjük. Ekkor a λ_i terjedési tényezőket

$$\lambda_i=\gamma_i+K^2\delta_i \qquad i=1-4 \tag{22}$$

alakúnak vehetjük. Ezt beírva a (20) egyenletbe és a K^2 együtthatójú tagokat egyenlővé téve, δ_i-re a következő kifejezést kapjuk:

$$\delta_i=\frac{\beta_c\beta_d\left(\frac{\omega}{v_s}\right)^2}{4\gamma_i^3+3\beta_d\gamma_i^2+2\left[\left(\frac{\omega}{v_s}\right)^2-\beta_c\beta_d-\mathrm{j}\left(\frac{\omega}{v_d}\right)\beta_d\right]\gamma_i+\beta_d\left(\frac{\omega}{v_s}\right)^2} \tag{23}$$

Felhasználva a (8) összefüggéseket, a mechanikai hullámokra vonatkozó δ_i értékek kiszámíthatók:

$$\delta_{1;2}=\pm\frac{\omega_c}{2v_s}\left[1\mp\frac{v_d}{v_s}-\mathrm{j}\left(\frac{\omega_c}{\omega}+\frac{\omega}{\omega_D}\right)\right] \tag{24}$$

ahol $\omega_D=\omega_d(v_s/v_d)^2$.

A (8) és (22) összefüggésekből megállapítható, hogy a mechanikai hullámokra vonatkozó csillapítási tényezők $K^2\mathrm{Re}\delta_{1,2}$ mennyiségekkel egyeznek meg.

$$\alpha_{1;2}=K^2\mathrm{Re}\delta_{1;2}=$$
$$=\pm K^2\frac{\omega_c}{2v_s}\left(1\mp\frac{v_d}{v_s}\right)\left[\left(1\mp\frac{v_d}{v_s}\right)^2+\left(\frac{\omega_c}{\omega}+\frac{\omega}{\omega_D}\right)^2\right]^{-1} \tag{25a, b}$$

Megállapíthatjuk, hogy 1-indexű előrehaladó hullám $v_d<v_s$ esetben csillapodik, míg $v_d>v_s$ esetben erősödik. A 2-indexű hullám mindig csillapodik.

Kiindulásunknál az anyagot mechanikailag veszteségmentesnek vettük, tehát a amplitúdóváltozási jelenségek tisztán a sodródó töltéshordozók és a mechanikai hullám kölcsönhatásának tulajdoníthatók.

Az amplitúdóváltozáson kívül fázissebesség-változás is bekövetkezik. Ennek számszerű meghatározása δ_i képzetes részéből lehetséges. Megállapítható, hogy az eszköz kismértékben diszperzív.

2.4 Az erősítés kiszámítása

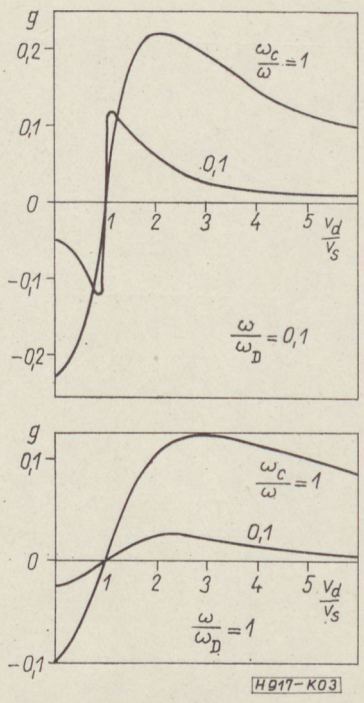
Számításainknál a (25a) kifejezésből indulunk ki. A hosszegységre eső erősítés:

$$G'=10\lg[e^{-2\alpha}]=-8{,}68\alpha \quad [\mathrm{dB/cm}] \tag{26}$$

Ennek felhasználásával az L hosszúságú eszköz erősítése:

$$G=LG'=\frac{2\pi v_s}{\omega}NG'=\frac{-54{,}6v_s}{\omega}N\alpha \quad [\mathrm{dB}] \tag{27}$$

ahol $N=L/\lambda=\omega L/2\pi v_s$ az eszközben kialakuló hullámok száma.



3. ábra

Először vizsgáljuk meg a v_d sodródási sebesség hatását az erősítésre. (25a)-ból megállapíthatjuk, hogy a

$$v_{d\,max}=v_s\left(1+\frac{\omega_c}{\omega}+\frac{\omega}{\omega_D}\right) \tag{28}$$

sebességnél az erősítésnek maximuma lesz. A 3. ábrán a (27) egyenletből származtatható

$$g=\frac{G}{K^2N54{,}6}=-\frac{\alpha}{K^2}\frac{v_s}{\omega} \tag{29}$$

mennyiséget ábrázoltuk a v_d/v_s függvényében különböző ω_c/ω és ω/ω_D viszonyoknál. Jól megfigyelhető az egyes paraméterek hatása a görbék menetére. Ugyanilyen jellegű a hosszegységre eső erősítés görbéje is.

A hosszegységre eső erősítés frekvenciafüggőségét vizsgálva az

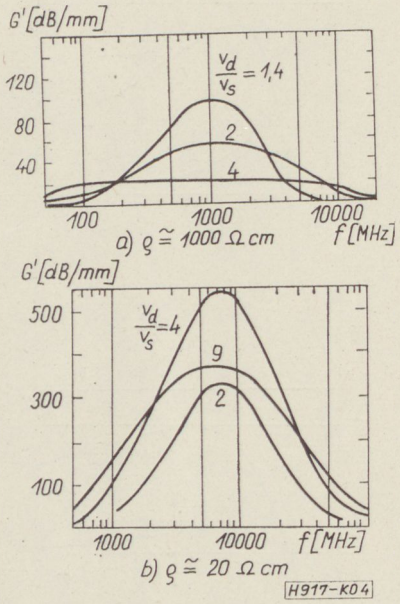
$$\omega_m=\sqrt{\omega_c\omega_D} \tag{30}$$

frekvencián maximumot találunk. Ezen maximum értéke a v_d/v_s viszonytól függ. (28) és (30) együttes figyelembevételével a maximálisan elérhető hosszegységenkénti erősítésre a következő kifejezést kapjuk:

$$G'_{max}=-\frac{4{,}34K^2\frac{\omega_c}{v_s}\left(1+2\sqrt{\frac{\omega_c}{\omega_D}}\right)}{1+4\sqrt{\frac{\omega_c}{\omega_D}}+8\frac{\omega_c}{\omega_D}} \tag{31}$$

Ennek számértéke $5.10^{-2}(\Omega\,\mathrm{cm})^{-1}$ vezetőképességű CdS kristályban a c tengellyel párhuzamosan haladó longitudinális hullám esetében több, mint 500dB/mm.

A 4. ábrán a frekvencia függvényében ábrázoltuk a hosszegységre eső erősítést különböző fajlagos ellenállású CdS anyag esetén az előbb említett hullám-



4. ábra

fajtára. Jól megfigyelhető a maximális erősítéshez tartozó frekvencia vándorlása a vezetőképesség növekedésével és a maximális erősítés függése a v_d/v_s viszonytól.

2.5 Az aktív rész sávszélessége

Képezzük az eszköz erősítésének a (27) kifejezés szerinti és ezen erősítés ω_m frekvencián vett értékének hányadosát:

$$\frac{G}{G_m}=\frac{\Psi+1}{\Psi+\frac{1}{4}\left(\frac{\omega_m}{\omega}+\frac{\omega}{\omega_m}\right)^2} \tag{32}$$

ahol:

$$\Psi=\frac{\left(\frac{v_d}{v_s}-1\right)^2}{4}\,\frac{\omega_D}{\omega_c} \tag{33}$$

A (32) egyenletbe az erősítés helyére $(G_m-\Delta G)$-t helyettesítve, meghatározhatjuk azon frekvenciákat, ahol az erősítés ΔG dB-vel csökken. Ezek segítségével kifejezhető a relatív sávszélesség:

$$B=\frac{\omega^+-\omega^-}{\omega_m}=2\sqrt{\frac{\Delta G(1+\Psi)}{G_m-\Delta G}} \tag{34}$$

Ezt az összefüggést ábrázolja az 5. ábra $\Delta G=3$ dB esetén. Paraméternek Ψ-t választottuk. A görbékből látható, hogy 100 dB-es erősítés esetén a 3 dB-es sávszélesség legalább 35%, (34)-ből pedig kiszámítható, hogy az 1 dB-es sávszélesség legalább 20%.

Összegezve megállapítható, hogy az eszköz aktív része nagyon jó szélessávú átvitelt biztosít.

3. Átalakítók és technológiai kérdések [3]

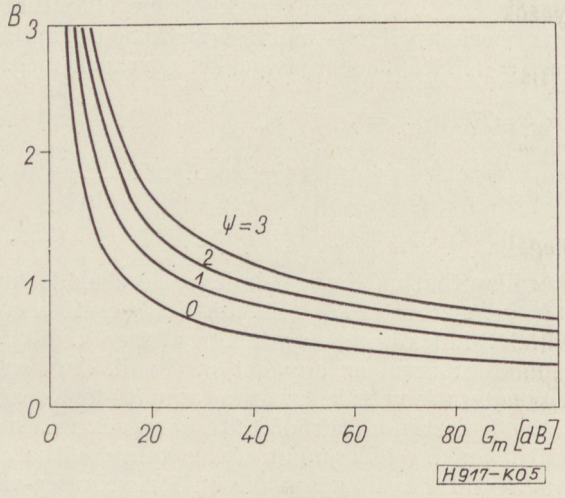
Az átalakítók feladata, hogy az erősítő bemenetére kerülő elektromos jelből mechanikai hullámot állítsanak elő, ill. a felerősített mechanikai hullámot elektromos jellé alakítsák át. Ezen feladat ellátására vékony piezoelektromos lemezeket használunk. Ezek átalakítási hatásfoka akkor a legjobb, ha vastagságuk a bennük terjedő akusztikus hullám hullámhosszának felével egyezik meg, és alapanyaguk nagy ellenállású.

Az átalakítók felépítése és elkészítése egyúttal determinálja az egész eszköz technológiáját, hiszen az aktív rész homogén, adott anyagminőségű, vezetőképességű és irányítású egykristály, elkészítése nem jelent különösebb technológiai problémát.

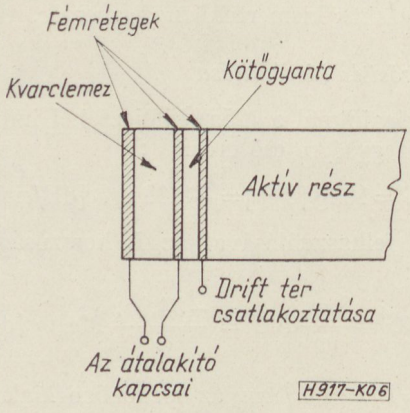
Tekintsük át az átalakítók egyes fajtáit:

3.1 Kvarcátalakító. Vékony kvarclemez, felületei megfelelően kikészítve. Az aktív részhez valamilyen ragasztóanyag segítségével csatlakozik (6. ábra). A jó átalakítási hatásfok és a minimális reflexió érdekében célszerű a fém- és a ragasztórétegek vastagságát sokkal kisebbre választani, mint a piezoelektromos lemezét. Csak kis frekvenciákig használható. 100 MHz-es átalakítóknál a kvarcrészek vastagságának 18μ-nak, a kötőrétegnek 0,3μ-nek kell lennie a megfelelő működéshez. Ma már nem használják. Az első realizált eszköz [1] készítésénél ilyen átalakítót alkalmaztak.

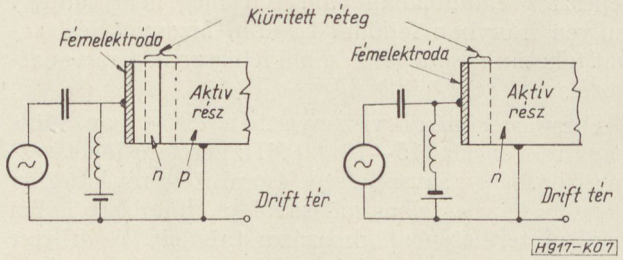
3.2 Kiürített-réteg átalakító. Működése a következő: Egy *pn*-átmenet vagy egy fém-félvezető átmenet megfelelő előfeszítésével előállítható egy, a feszültség nagyságától függő vastagságú és igen nagy ellenállású kiürített réteg. Piezoelektromos anyag esetén a kiürített rétegben fellépő térerő hatására a rétegben



5. ábra



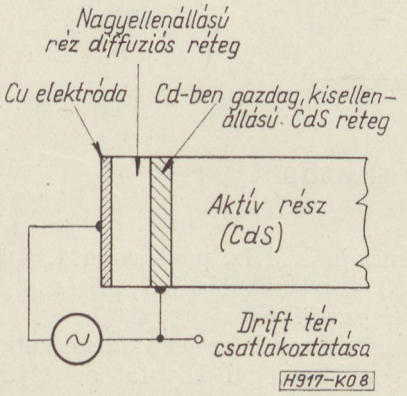
6. ábra



7. ábra

mechanikai feszültség ébred, a réteg deformálódik. Ha az egyen-előfeszültségre egy jelfrekvenciás feszültséget szuperponálunk, akkor mechanikai rezgés jön létre; a kiürített réteg mint elektromechanikai átalakító működik. A két lehetséges megoldás felépítése a 7. ábrán látható. Ezen átalakítótípus legnagyobb előnye az, hogy „hangolható", az előfeszültség változtatása az alapfrekvencia változását vonja maga után. Gyakorlatilag 100 MHz-től 30 GHz-ig terjedő alapfrekvenciák állíthatók be. Az átalakító sávszélessége kb. megegyezik anyagának elektromechanikai csatolási tényezőjével, azaz GaAs-nál kb 5%, míg CdS-nél kb 20%. A felharmonikusok keletkezésének meggátolása érdekében az előfeszültséget sokkal nagyobbra kell választani, mint a jelfeszültséget. Ez általában a nagy alapfrekvenciájú átalakítóknál nehézségekbe ütközik. Gyakorlati megvalósításánál a fém-félvezető átmeneteket használják. Fémelektródának GaAs-nál arany, míg CdS-nél indium használható.

3.3 Diffúziós-réteg átalakító. Felépítése CdS alapanyag esetén a 8. ábrán látható. Előállítása a következő lépésekből áll: Az aktív rész anyagának felületén külső diffúzió segítségével a szennyező anyag koncentrációt, és ezzel a vezetőképességet növeljük, majd a felületen vákuum-párologtatással olyan fémréteget hozunk létre, mely bediffundálva az anyagba közömbösíti a szennyezést, és ott nagy ellenállású réteget hoz létre. Ez a réteg képezi az átalakítót, a fémréteg és a szennyezőkben dúsított rész pedig a hozzávezetéseket. A jó átalakítási hatásfok érdekében a szennyezőkben dúsított réteg ellenállásának sokkal kisebbnek kell lennie az átalakító réteg ellenállásánál. A diffúziós-réteg átalakítók szélessávú átalakítók. Közepes frekvenciájuktól egy oktávnyira is jól használhatók. Ennél az átalakítótípusnál probléma az,



8. ábra

hogy a leggyakrabban előforduló CdS átalakítóknál közömbösítésre használt réz diffúziója szobahőmérsékleten is folytatódik, azaz az átalakító „elhangolódik". Ez a változás igen jelentős lehet, kiküszöbölése ezüst alkalmazásával lehetséges. Előnyük egyszerűségük és könnyű előállításuk. Felhasználhatók az 50—300 MHz tartományban, veszteségük 15—30 dB.

3.4 Párologtatott-réteg átalakítók. Ezen átalakítótípus készítésénél nem az aktív rész anyagából alakítják ki az átalakító réteget, hanem külső forrásból párologtatott anyag lecsapatásával. A felhasznált anyagok itt is a piezoelektromos kompoundok (CdS, GaAs, ZnS stb.), de elsősorban a CdS. Az átalakítók készítése három lépésben történik. Először a felületre vékony, keskeny fémcsíkot párologtatnak, ez szolgál a drifttér csatlakoztatására és ez lesz az átalakító egyik elektromos kapcsa. Ezt követően párologtatják a tényleges átalakító réteget, majd egy másik vékony fémréteg következik, mely az átalakító másik elektromos kapcsát képezi. Ezen átalakítófajtát nem kimondottan az akusztoelektromos erősítő eszköz céljaira fejlesztették, felhasználására még nem került sor.

3.5 Egyéb átalakítók. Készíthető még elektromechanikai átalakító: elektrostrikciós anyagból katódporlasztással, ferromágneses rezonancia elvén és fémszigetelő-piezoelektromos félvezető felépítésű térvezérléses tranzisztor struktúrával is, de ezek felhasználására az eszköz készítésénél még nem került sor.

3.6 Az átalakítók problémái. Mint láttuk, az átalakítók anyaga általában CdS, mely fotokonduktív. Ezt a tulajdonságot az aktív résznél ki is használják: fény segítségével állítják be a megfelelő vezetőképességet. Az átalakító hatásos működéséhez azonban lehetőleg nagy ellenállású anyagra van szükség, ezért az átalakítókat óvni kell a fénytől.

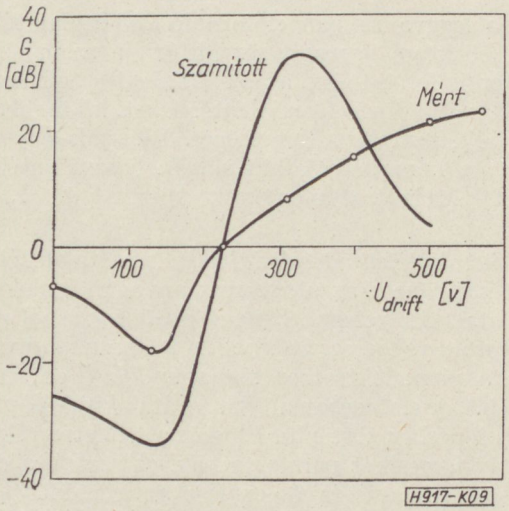
Az átalakítók és az aktív rész csatlakozásánál fellépő akusztikus illesztetlenségek következtében létrejövő reflexió az eszköznél stabilitási problémákat vet fel.

Az átalakító jelenleg az eszköz legproblematikusabb része, bemeneti vesztesége, mely elsősorban a zajtulajdonságokat rontja, komoly korlátja az eszköz felhasználásának.

4. Kísérleti eredmények

Haladóhullámú erősítést először CdS kristályban értek el [1]. A kísérletet 15 és 45 MHz-es 1 μs széles rádiófrekvenciás impulzusokkal végezték. Az eredetileg szigetelő CdS mintát az 5770/5790 Å-ös Hg-vonal egyenletes abszorpciójával tették vezetővé. A megvilágítás erősségének szabályozásával és a drifttér-impulzusok amplitúdójának, szélességének és az RF-impulzusokhoz viszonyított késleltetésének változtatásával egyértelműen bebizonyították az erősítés jelenlétét. 15MHz-en 24, 45 MHz-en 35 dB erősítést értek el. A mért adatok jól egyeznek a (27) összefüggésből számítható értékekkel.

A [2] cikk szerzői is végeztek kísérleteket. Az alkalmazott CdS minta adatai:



9. ábra

$\mu = 200$ cm²/Vs; $\varepsilon_r = 9$; $v_0 = 4433$ m/s; $L = 1{,}08$ mm; $A = 35$ mm²; $R = 476$ Ω; $C = 2{,}59$ pF.

A méréseket 550 MHz-en (0,65 f_m) végezték. Az eredmények a 9. ábrán láthatók. A szerzők szerint a mért és számított adatok eltérését az magyarázza, hogy a minta nincs egyenletesen megvilágítva, így nem homogén a rendszer. Az alkalmazott átalakító megoldását nem közlik.

Az [5] cikkben CdS mintában végzett kísérletek leírását találjuk. A diffúziós rétegátalakítóval „felszerelt" minta vezetőképességét $1{,}2.10^{-5}(\Omega\ \mathrm{cm})^{-1}$-re állították be fény segítségével. Ekkor 1600 V/cm drift-térerő alkalmazásánál 35 dB erősítést észleltek 54 MHz-en.

Deformációs potenciál csatolás esetén is kísérletileg bizonyították az erősítés lehetőségét. [7]

A fentieken kívül az irodalomban több sikeres kisérletről olvashatunk. Néhány eredmény:

GaAs-ban $E_d >$ 400 V/cm-nél 90 MHz-en 16 dB,

CdS-ben 500 MHz-en 80 dB,
CdS és ZnO felhasználásával 1000 MHz-ig építettek erősítőt stb.

5. Az eszköz felhasználásának lehetőségei

Az 1967 közepéig megjelent cikkek áttanulmányozása után megállapítható, hogy az eszköz gyakorlati felhasználására sor még nem került. Az eszköz a fejlesztés stádiumában van. Bár még nem tudjuk, milyen irányban fejlődik tovább, bizonyos jóslásokat tehetünk esetleges későbbi felhasználására vonatkozólag.

Híradástechnikai viszonylatban elsősorban mint nagyfrekvenciás (15—10000 MHz) erősítő jöhet számitásba. Nagy sávszélessége és erősítése révén külön hangolóelemek felhasználásával a híradástechnika minden területén alkalmazásra találhat. A drifttér változtatásával az erősítés szabályozására is lehetőség van tág határok között. A bemeneti átalakító 15—40 dB-es vesztesége a zajhatárolt érzékenység, és a zajszám vonatkozásában szab korlátot a felhasználásnak. A maximálisan kivehető teljesítmény becslések szerint kb 70 mW/mm². A keresztmetszet a homogén viszonyok biztosítása érdekében pár mm² lehet. Az elérhető hatásfok 1% körüli érték.

Impulzuserősítési feladatra is alkalmas lehet az eszköz, mert a drifttér megszüntetésével vagy csökkentésével lezárható. Az ilyen felhasználásra az egyelőre még fennálló stabilitási problémák miatt előbb lehet számítani.

Az eszközzel foglalkozó első közlemények szerint elsősorban mechanikai késleltető művonalak veszteségmentes vagy nyereséges átalakítójaként, valamint nagy érzékenységű ultrahang vevők bemenő fokozataként használható.

Az integrált áramkörök széles körű elterjedése során feltehetően ez az eszköz is jelentősebb szerepet kap. Mint funkcionális áramkör igen alkalmas integrált áramköri elemnek.

Befejezésül köszönetet mondok dr. Tarnay Kálmánnak és Székely Vladimirnak, akik e cikk alapját képező diplomatervem készítésénél a konzulensi feladatokat látták el, valamint dr. Valkó Iván Péter professzor úrnak, aki a diplomaterv bírálatában több hasznos észrevételt tett, melyek sokban segítettek e cikk írásánál.

IRODALOM

1. *Hutson, McFee, White:* Phys. Rev. Letters v7(61)p237
2. *Blötekjaer, Quate:* Proc. IEEE v52(64)p360
3. *Beecham:* Ultrasonics v5(67)p19
4. *White:* Jl. Appl. Phys. v33(62)p2547
5. *Chubaci, Woda, Kikuchi:* Jap. Jl. Appl. Phys v3(64)p777
6. *Muska:* Jl. Appl. Phys. v35(64)p137
7. *Pomerantz:* Phys. Rev. Letters v13(64)p308
8. *Krauss:* Diplomaterv, BME Elektroncsövek és Félvezetők Tanszék, 1967.

Etalon frekvencia sugárzás

A Magyar Posta az Országos Mérésügyi Hivatal közreműködésével etalon frekvenciát sugároz kísérleti jelleggel.

Adási idő naponta — szombat, vasárnap és ünnepnap kivételével: 10.15-től 12.15-ig. A kisugárzott jel frekvenciája 5 MHz, pontossága 1.10^{-8}. Az adó hívójele ETA, ezt az adási idő első és utolsó 5 percében sugározzák.

Az etalon frekvencia szolgáltatással kapcsolatosan az Országos Mérésügyi Hivatal ad tájékoztatást.

SZTANKOVICS LÁSZLÓ
Híradástechnikai Ipari Kutató Intézet

Alumíniumoxid kerámiák és néhány elektrotechnikai szigetelő sajátságainak összehasonlítása

ETO 621.315.612.8:666.764.32

A zsugorított, polikristályos szerkezetű és kötőanyag nélküli alumíniumoxid kerámiák előállításának technológiája négy fő részre tagolható:

a) a fémoxidalapanyag előállítása;

b) az alapanyag formázása;

c) az idomok zsugorítása;

d) a készre égetett idomok felületi megmunkálása.

Az alapanyag előállításánál az alumínium egy vegyületéből (oxid, szulfát, hidroxid stb.) indulnak ki, melyet 1300 C° feletti hőkezeléssel, őrléssel alakítanak át 0,3—5—10 μm szemcseméretű alfa-alumíniumoxiddá [1—3].

A leggazdaságosabb alapanyag az alumíniumgyártási timföld, melyet utótisztítással tesznek alkalmassá elektrotechnikai célokra szolgáló korundok készítésére [2, 4].

A nagy tisztaságú (Al_2O_3 tartalom > 99,5%) kerámiák kiindulási alapanyaga többnyire az igen egységes fémalumínium, melyből kémiai eljárással majd izzítással nyerik a stabilis alfa-alumíniumoxidot.

A formázási eljárásnál a finom szemcséjű port ideiglenes kötőanyag (tylose, polivinilalkohol, paraffin stb.) bevitele után sajtolással, extrudálással, fröccsöntéssel, öntéssel stb. a kívánt formájúvá alakítják.

A sajtolási eljárást (mintegy 3000 kp/cm² nyomóerőig) egyszerűbb alakú idomok igen termelékeny előállításánál használják. Az ismertebb sajtolási eljárások mellett egyre inkább elterjedőben van az igen nagy tömörséget biztosító izosztatikus (vagy más néven hidrosztatikus), továbbá a tömörség közel elméleti sűrűségű elérését célzó meleg sajtolás („hot-pressing"). Az előbbinél fémházas gumisablonba helyezik a korundport, majd erre folyadék közvetítésével fejtik ki a nyomást; az utóbbi eljárásnál a formázást egybekötik a zsugorítással, amikor is induktívan fűtött (és nyomás alatt levő) grafitrudak között elhelyezkedő alumíniumoxid por a végső formáját felveszi. Egyes kutatók foglalkoznak e kétféle módszer együttes alkalmazásával, mások — kísérleti jelleggel — robbantással kifejtett nyomóerőt alkalmaznak sajtolásra.

A vákuum-extrudereket egyenletes keresztmetszetű (rudak, csövek stb.) idomok készítésénél használják, különösen ha viszonylag hosszú (max 2 méter) korundok előállítása a cél. Rövidebb idomokat e hosszú alakzatokból darabolással alakítanak ki. Extrudálással 0,5 mm vastagság körüli fóliákat, vagy ennél vastagabb korundlemezeket is előállítanak.

A fröccsöntési módszer bonyolult alakú és viszonylag kisméretű (mintegy 500 g-ig) kerámia testek készítésére szolgál, melyeknél a falvastagság nem nagyobb 10—15 mm-nél. E módszernél — szemben az előbbiekkel — viszonylag sok (10—20%), termoplasztikus kötőanyagokat (paraffin, polisztirol stb.) használnak. Ezeket összeolvasztják a korundporral, majd 70—150 C° közti hőmérsékleten egy, vagy ennél nagyobb atmoszféra túlnyomással a megfelelően kiképzett szerszámokba fröccsöntik.

Az öntési eljárást egyszerű, bonyolult vagy üreges idomok (pl. lapok, zártvégű csövek stb.) készítésére használják. Itt adott pH-jú, vizes fázist készítenek a korundporból, melyet — túlnyomóan — gipszből készített, üreges formákba öntenek. A gipsz nagyfokú nedvszívó képessége folytán az öntött idom olyan szilárdságot vesz fel, hogy a forma szétszedése után kivehető, s további műveleteknek (szárítás, megmunkálás, égetés) vethető alá.

Igen vékony (0,1 mm körüli) fóliákat filmöntő gépeken állítanak elő [5]. Ezeknél szerves oldószerbe, magas koncentrációban bevitt 0,1—1 μm szemcseméretű alumíniumoxid port visznek fel egy folytonosan futó fémszalagra. A felvitt szuszpenziót egy éles kés a kívánt vastagságúra szétteríti, majd az öntött film egy alagút-kemencén halad át, ahol megszárad. A kemencéből kijövet egy másik kés a fémszalagról folytonosan leválasztja.

Természetesen a formázásnak még több válfaját is használják (pl. a RAM-féle gyorsöntést, vibrációs tömörítést stb.), melyeknek részben műszaki, részben gazdasági meggondolásokból van létjogosultságuk.

A formázás egy külön területe az alumíniumoxiddal történő felületi bevonás (pl. „plazma-spraying"), mely célja a bevonandó test korrózióállóságának, felületi tulajdonságának kedvezőbb irányú megváltoztatása.

A zsugorítás 1650—1900 C° hőmérsékleten történik, adott sebességű felfűtés, hőntartás és visszafűtés mellett. Az égetőkemencék olaj-, gáz-, petróleum- vagy elektromos fűtésűek. Az égetőtér atmoszférája általában levegő, de egyes speciális esetekben hidrogén, oxigén vagy indifferens gáz, de történnek zsugorítások vákuumban is. A felfűtési sebesség 100—200 C°/óra, a hőntartás ideje néhány perc és több óra között változik, míg a visszafűtés az égetett idomok méretétől, formájától, továbbá a kemence hőkapacitásától függő érték.

Beérkezett: 1968. június 10.

Az égetési körülmények erősen kihatnak a kerámia porozitására, szemcsefinomságára és a zsugorodás mértékére. Az 1. ábrán Intézetünkben előállított, polikristályos alumíniumoxid kerámia szemcseméret-növekedését mutatjuk be különböző hőmérsékleteken végzett zsugorítás után.

A szinterelés alatt bekövetkező lineáris zsugorodás korundoknál 13—18%. A zsugorodás miatti méretcsökkenés szórása — adott előkészítésű porra kidolgozott technológia esetén — ±5—±2%-on belül tartható.

Utólagos megmunkálás csak akkor szükséges, ha a szinterelt termék mérettűrése nem elegendő, vagy egyéb (pl. fokozott felületi simaság, alakhelyesbítés stb.) követelményeket is ki kell a korundnak elégíteni. Ilyen célra szintetikus gyémánttárcsákat, ill. gyémánt-, bórkarbid stb. csiszolóporokat használnak. A korundok további alakítására használható még a gyémántkéses esztergálás, vagy az ultrahangos fúrás is.

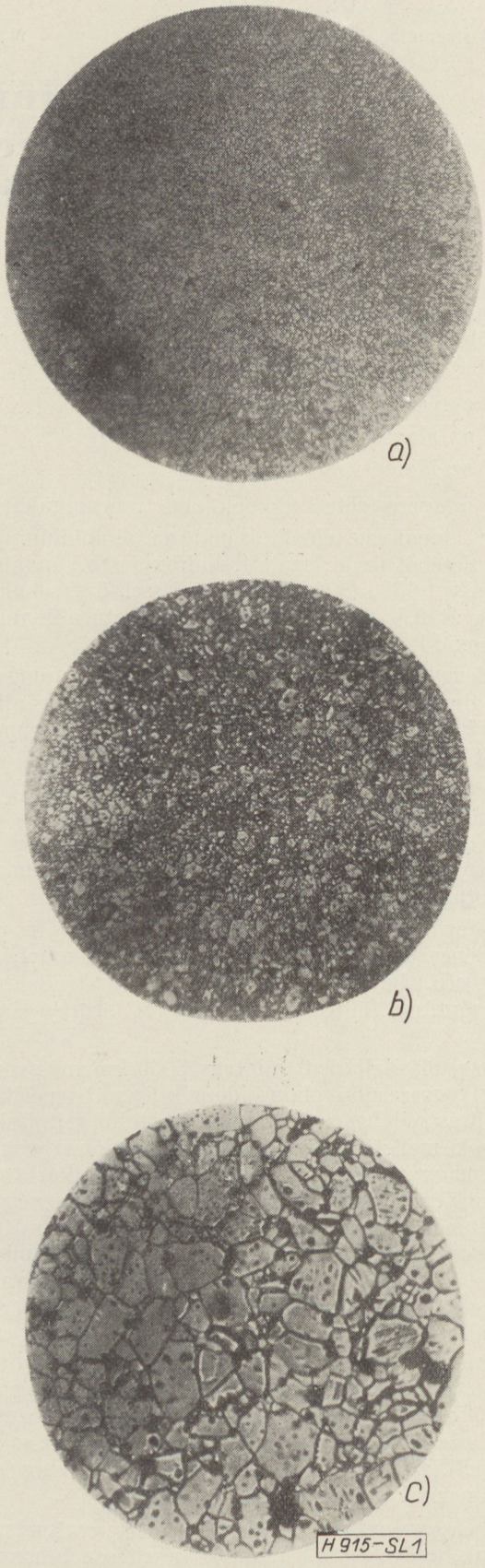
Mint minden ipari termék előállításánál e kerámiáknál is fontos szerepet játszik a gazdaságosság. Ez elsősorban a kevésbé tiszta (de még megfelelő) alapanyagok felhasználásával, a technológia egyszerűsítésével valósítható meg. Ugyancsak lényeges az ár szempontjából az előállítandó darabok száma is, és az ezzel összefüggésben levő gépesíthetőség, a termelés automatizálhatósága. Épp ezért csak olyan esetekben alkalmaznak 99,5% vagy ennél magasabb Al_2O_3 tartalmú alapanyagot, amikor ilyen nagy tisztaságú kerámiákra feltétlenül szükség van. A legtöbb esetben azonban a felhasználók nem igénylik ezt a nagy tisztaságot.

Bizonyos esetekben (pl. finom szemcsézettség, jobb fémezhetőség, nagyobb hőlökésállóság stb.) idegen fémoxidokat is visznek be az alumíniumoxid kerámiákba. Ezek (pl. MgO, SiO_2, ZrO_2, Y_2O_3 stb.) jelenléte azonban nem tekinthető szennyezésnek, hanem az egyes paramétereket kedvezően befolyásoló adaléknak.

1. Fizikai, kémiai sajátságok

Az alumíniumoxid kerámiák anyagát a stabilis alfa-korund képezi, mely instabilis (béta-, gamma- stb.) módosulatokból 1150 C° hőmérséklet felett irreverzibilisen képződik. Az alfa-korund kristályrácsában hatszöges, szoros illeszkedésű oxigén-ionok foglalnak helyet, ezek oktaéderes hézagaiban pedig alumínium-ionok [1].

A tiszta korundok színe áttetszően fehér, egyes anyagok (pl. Cr_2O_3 karminvörösre, Co_2O_3 kékre, MnO_2 és Fe_2O_3 barnára, TiO_2 kékes zöldre stb.) színezik, mely színeződés függ a jelenlevő oxid mennyiségétől és az égetőkemence gázatmoszférájától is [4]. Fényáteresztő képességét csökkenti a porozitás mértéke és egyes anyagok (pl. CeO_2, ZnO, ZrO_2 stb.) jelenléte. A porozitás nagyfokú csökkentésével, továbbá százaléknyi nagyságrendű MgO, Y_2O_3 bevitelével 95% fényáteresztő képességű, polikristályos korundokat is készítenek. („Lucalox", „Polikor", „Ytralox".)



1. ábra. Mikroszkópos felvételek alumíniumoxid kerámia csiszolatokról. HIKI korund, Al_2O_3 tartalom > 99,7%. +0,1% MgO. Nagyítás: 250×.
Különböző hőmérsékleteken végzett zsugorítások: *a)* 1710 C°; *b)* 1740 C°; *c)* 1780 C°

1. táblázat

Néhány anyag keménysége és fajsúlya [2, 10]

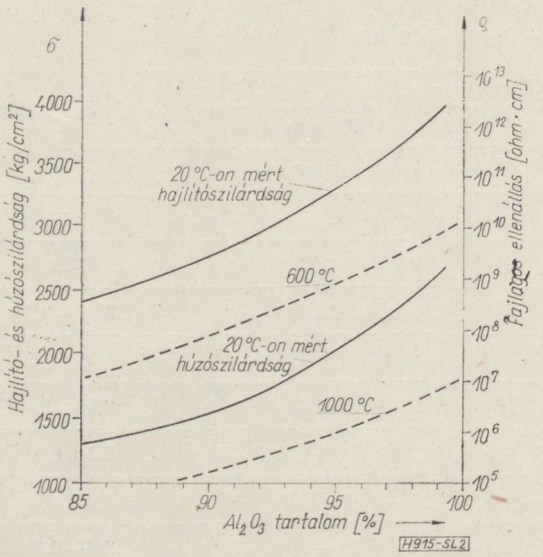
Megnevezés	Képlet	Keménység		Fajsúly (g/cm^3)
		Mohs	Knoop	
Gyémánt	C	10	7000	3,51
Bórkarbid	B_4C	—	2750	2,50
Szilíciumkarbid	SiC	9,5	2480	3,21
Korund	Al_2O_3	9	2100	3,80—3,98
Wolframkarbid	WC	—	1400—1800	15,63
Berilliumoxid	BeO	—	1250	2,90—3,01
Zirkonoxid	ZrO_2	7—8	900 – 1160	5,5—6,0
Króm	Cr	—	935	7,20
Szteatit	$3(MgO \cdot SiO_2)SiO_2$	7,5	—	2,6—2,9
Kvarc	SiO_2	7	820	2,59—2,66
Üveg	—	4,5—6,5	530	2,4—2,8
Porcelán	—	—	500	2,3—2,8
Réz	Cu	—	163	8,92
Vas	Fe	4—5	—	7,86
Csillám	—	2,5—3	—	2,76—3,0
Alumínium	Al	2	—	2,69

2. táblázat

Néhány szigetelőanyag mechanikai és elektromos tulajdonságai [2, 3, 11]

Tulajdonság	Korund	Kvarcüveg	Szteatit	Elekt. porcelán	Teflon	Szilikongumi
Hajlítószilárdság (kg/cm^2)	3000—5300	700	600—1500	500—1400	140	—
Húzószilárdság (kg/cm^2)	1200—4200	700—1200	> 300	> 300	140—380	40—80
Nyomószilárdság (kg/cm^2)	17 000—40 000	16 000—20 000	> 3000	> 3000	~ 150	—
Villamos szilárdság 20 C°-on, (kV/mm)	10—70	25—40	10—20	10—30	16—80	26—36
Veszteségi tényező 20 C°, 1 MHz, $\times 10^{-4}$	< 1—6	1—2	10—30	50—500	< 2—5	10—300
Dielektromos állandó 20 C°, 1 MHz	9—10	3,78	5—7,5	5—8	2	2,5—10
Fajlagos ellenállás (ohm · cm) 20 C°-on	10^{13}—10^{16}	10^{16}—10^{18}	10^{14}—10^{15}	10^{13}—10^{14}	10^{15}—10^{19}	10^{11}—10^{15}

Az alumíniumoxid kerámiák a gyémántot megközelítő keménységűek (1. táblázat), mint minden tűzálló oxid magas olvadáspontúak, aránylag csekély hőtágulásuak. Nagy hővezetőképességük mellett kiváló mechanikai és elektromos sajátságokkal rendelkeznek. Mindezek a jellemzők erősen összefüggnek a porozitásukkal, az idegenanyag-tartalmukkal (melyek jelen lehetnek mint szennyezők vagy adalékok). Elektromos szempontból legkárosabbak az alkáliák (Na_2O, K_2O), melyek összmennyisége híradástechnikai korundok esetében nem szabad hogy túllépje a 0,5—0,01%-ot. Ugyanezen egyvegyértékű fémoxidok csökkentik a korundok mechanikai szilárdságát is.



2. ábra. Hajlító- és húzószilárdság, továbbá fajlagos ellenállás (600, 1000 C°-on mért) értékének függése a kerámia alumíniumoxid-tartalmától (*12*)

1.1 Mechanikai tulajdonságok

A húzó-, hajlító- és nyomószilárdság a fentieken túlmenően elsősorban függ a kerámia Al_2O_3 tartalmától — mint arról a 2. ábra tájékoztat —, továbbá a szinterelési hőmérséklettől és ez utóbbival is összefüggésben levő szemcsemérettől.

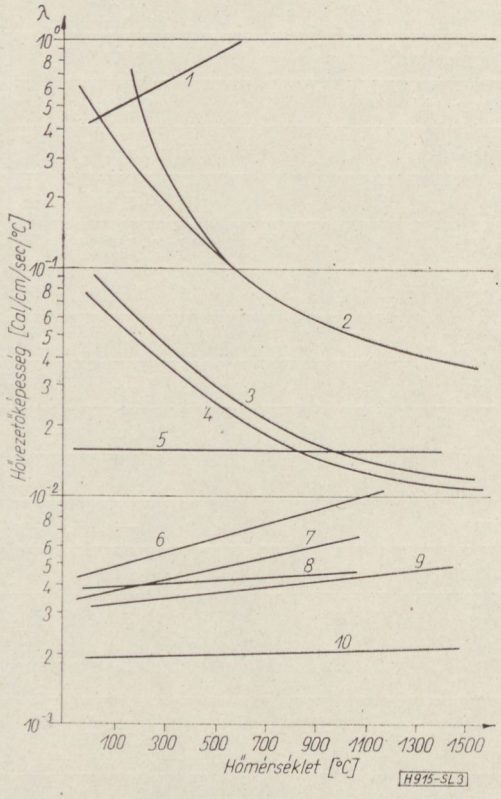
A megfelelő hőmérsékleten zsugorított alumíniumoxid kerámiák mechanikai tulajdonságai felülmúlják a hagyományos kerámiák, üvegek vagy az üvegfázisú kerámiák [6] ugyanezen tulajdonságait, melyre vonatkozólag a 2. táblázat adatai nyújtanak tájékoztatást.

A porozitás — mely elégtelen bezsugorítás vagy kiégő komponens következtében alakulhat ki —, ugyancsak csökkenti a mechanikai szilárdságot. Mechanikai szempontból a finomabb szemcsézettségű korundok a kedvezőbbek [7].

1.2 Hőtechnikai tulajdonságok

Hőlökésállóság szempontjából a korundok a kvarcüveg és a szteatit között helyezkednek el, mint az a 3. táblázatból is kitűnik. A mikropórusokat tartalmazó korundok jobb hőlökésállóságot és rosszabb hővezetést mutatnak.

Hővezetőképesség tekintetéből a kerámiák közül csak a zsugorított berilliumoxid előzi meg, míg a zsugorított magnéziumoxid kerámia vele közel azonos tulajdonságú (3. ábra).

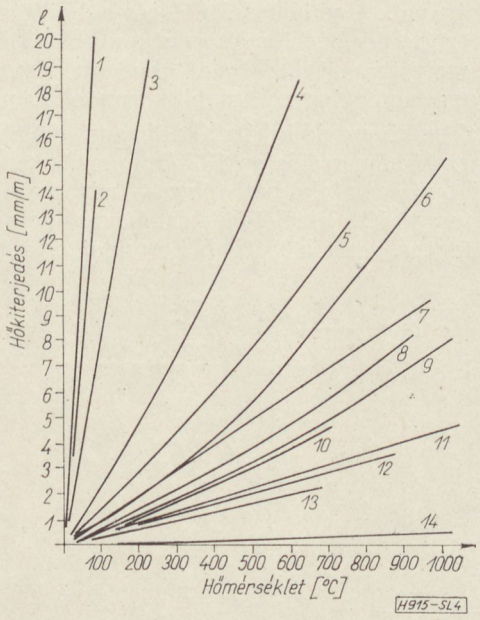


3. ábra. Néhány ismertebb anyaghő vezetőképességének hőmérséklet-függése. (*10, 11, 12*) 1. Alumínium; 2. Berilliumoxid; 3. Magnéziumoxid; 4. Korund; 5. Szilíciumkarbid; 6. Szén; 7. Kvarcüveg; 8. Zirkonszilikát; 9. Porcelán; 10. Stabilizált zirkonoxid

3. táblázat

Különböző anyagok hőtechnikai adatai [2, 3, 11]

Megnevezés	Relatív hőlökésállóság	Olvadáspont (C°)	Lineáris hőkitágulási együttható $\times 10^{-6}$(C°)	Hővezetőképesség (cal cm/sec/C°) (0—300 C°/
Szteatit $3(MgO \cdot SiO_2) \cdot SiO_2$	1 (legrosszabb)	1490	5—8	0,006
Elektromos porcelán	2	>1400	4—6	0,004
Korund (Al_2O_3)	3	2040 ± 30	6—7	0,06—0,09
Berilliumoxid (BeO)	3—4	2530 ± 30	7—8	0,4—0,5
Mullit ($3\,Al_2O_3 \cdot 2\,SiO_2$)	4	1830 ± 30	4	0,015
Zirkonszilikát ($ZrO_2 \cdot SiO_2$)	5	2550	4	0,004—0,016
Kordierit ($2\,MgO \cdot 2\,Al_2O_3 \cdot 5\,SiO_2$)	6	1390 ± 30	1—2	0,002—0,006
Kvarcüveg (SiO_2)	7 (legjobb)	<1470—1700	0,5—0,6	0,0038



4. ábra. Lineáris hőkiterjedés — hőmérséklet összefüggés különböző anyagoknál. (*10, 11, 12*)
1. Szilikongumi; *2.* Polietilén; *3.* Teflon; *4.* Alumínium; *5.* Réz; *6.* Kanthal DS ötvözet; *7.* Zirkonoxid; *8.* Szteatit; *9.* Korund; *10.* Berilliumoxid; *11.* Wolfram; *12.* Porcelán; *13.* Pyrex-üveg; *14.* Kvarcüveg

Lineáris hőtágulásukról a 4. ábra nyújt felvilágosítást, melyből látható, hogy — mint a legtöbb anyagnál — a hőmérséklet emelkedésével hőtágulásuk növekedést mutat. A zsugorított, polikristályos korundok hőkiterjedése független a porozitásuktól [7].

A korundok fajhője 20—500 C° hőmérséklet között 0,17—0,27 cal/g/C° értékű, 1000 C°-on viszont már kb. 28 cal/g/C°. Egyéb anyagok fajhője szobahőmérséklet körül: porcelán 0,25; üvegek 0,11—0,19; Kanthal DS 0,11; kvarcüveg 0,19; berilliumoxid 0,24; zirkonoxid 0,12; grafit 0,29; szilíciumkarbid 0,18; Teflon 0,25; szilikongumi 0,3 cal/g/C°.

Az alumíniumoxid kerámiák nagy hőmérsékletű használhatóságát 1750 C° körüli lágyuláspontjuk szabja meg, mely érték annál magasabb minél tisztább és minél tömörebb az anyag.

1.3 Elektromos tulajdonságok

A tűzálló oxidok — s így a korundok is — elektromos szempontból szigetelők, s szigetelő képességük még magas hőmérsékleteken is nagy (5. ábra). A zsugorított alumíniumoxid kerámiák fajlagos ellenállása szobahőmérsékleten — mint az a 2. táblázat adataiból is kitűnik — legalább 10 TOhm · cm nagyságrendű, mely érték az Al_2O_3 tartalom függvényében változik (2. ábra).

A zsugorított oxidok elektromos vezetőképességének a mérőfeszültségtől (U) és az abszolút hőmérséklettől (T) való függését az alábbi egyenlet fejezi ki [8]:

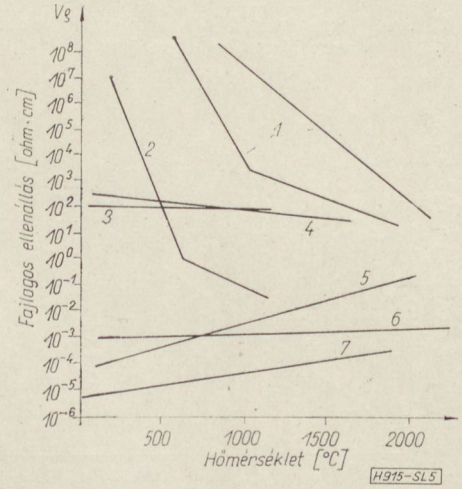
$$I = A \cdot U \cdot e^{-B/T},$$

ahol A és B az anyagi sajátságoktól függő állandók. A megadott összefüggésből és az 5. ábra adataiból látható, hogy a zsugorított oxidok szigetelőképességét a hőmérséklet függvényében nézve, jellegükben a félvezetőkkel azonos lefutású görbéket adnak.

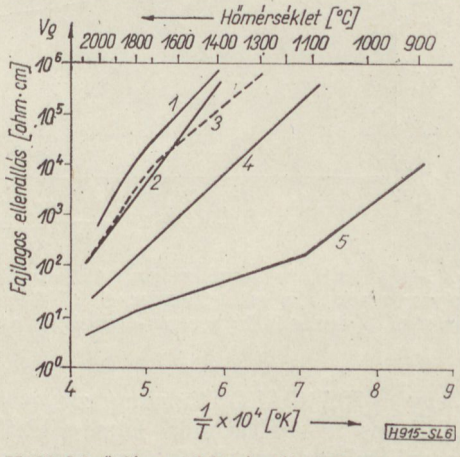
A 6. ábrán különböző kerámiák fajlagos ellenállásának hőmérsékletfüggését hasonlítottuk össze 900 C° hőmérséklet feletti mérések alapján. A 7. ábra adataiból látható, hogy a korundok egyenfeszültséggel mért fajlagos ellenállása magasabb értékű, mint váltóáramú mérés alapján számított fajlagos veszteségi ellenállás, mely utóbbi a mérőfrekvencia csökkenésével növekedést mutat.

A különböző módokon mért fajlagos ellenállások értékére befolyással van a környező gáz—atmoszféra minősége, páratartalma is.

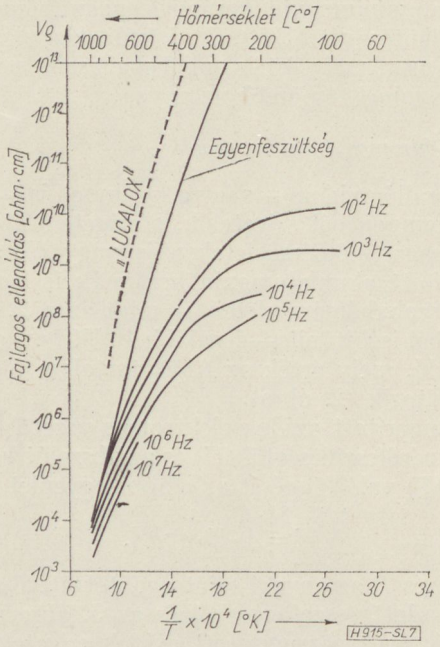
Az alumíniumoxid kerámiák szigetelőképessége (pl. Co_2O_3+MgO bevitelével) tovább javítható. Ugyancsak befolyásolható a szigetelőképességük neutron besugárzással is, mint az a 8. ábra görbéiből leolvasható.



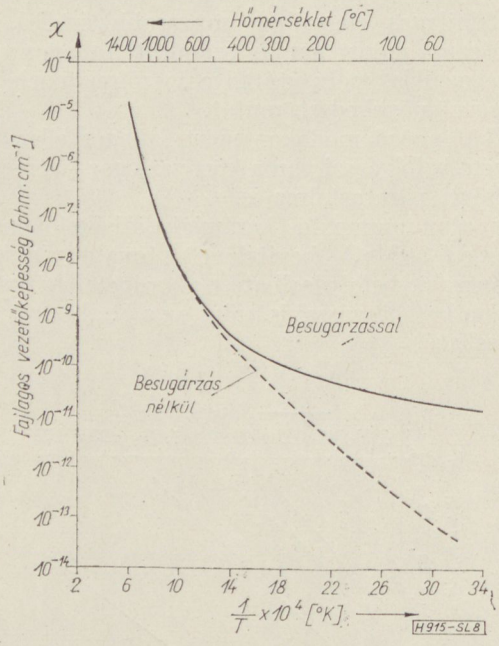
5. ábra. Ismertebb anyagok fajlagos (térfogati) ellenállásának hőmérsékletfüggése. (*13*)
1. Tűzálló oxidok (olvadáspont > 2000 C°); *2.* Félvezetők; *3.* Kanthal DS ötvözet; *4.* Elektrolitok; *5.* Karbidok; *6.* Grafit; *7.* Használatosabb fémek



6. ábra. Különböző fémoxid-kerámiák fajlagos ellenállásának hőmérsékletfüggése. (*14*)
Egyenfeszültséggel, nitrogén atmoszférában végzett vizsgálatok.
1. Alumíniumoxid, Al_2O_3 tartalom: 99,7%; *2.* Magnéziumoxid; *3.* Spinel ($MgAl_2O_4$); *4.* Stroncium-zirkonát; *5.* Zirkonoxid (6% kalciumoxiddal stabilizált)



7. ábra. Fajlagos ellenállás és fajlagos veszteségi ellenállás hőmérsékletfüggése egyenfeszültséggel, ill. különböző frekvenciákkal történt meghatározás alapján. (*15*) 99% Al_2O_3 tartalmú zsugorított korund; 99,9% Al_2O_3 tartalmú, kb. 90% fényáteresztő-képességű „Lucalox" polikristályos korund

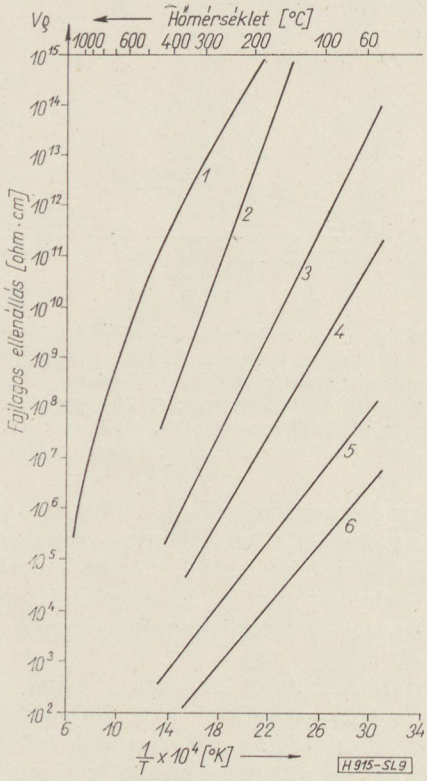


8. ábra. >99% Al_2O_3 tartalmú zsugorított korund fajlagos vezetőképességének hőmérsékletfüggése 6 kW/liter teljesítménysűrűségű, 5 percig tartó neutron-besugárzás esetén (*16*)

Ha egy >99,7% Al_2O_3 tartalmú zsugorított korund fajlagos ellenállásának hőmérsékletfüggését összehasonlítjuk az üvegek (9. ábra) ugyanezen jellemzőivel, láthatjuk, hogy a korund nagyságrendekkel jobb szigetelőképességet mutat.

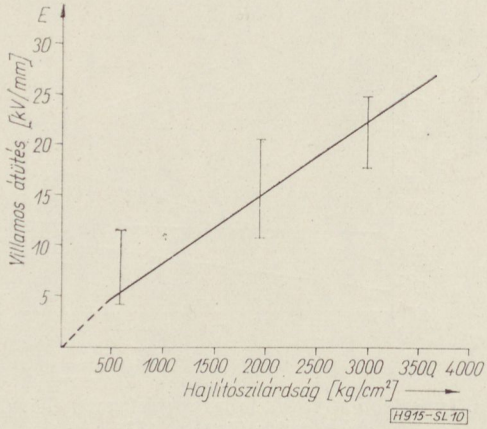
A korundok szobahőmérsékleten mért villamos szilárdsága 10 kV/mm nagyságrendű (2. táblázat), mely érték szintén összefüggésben van e kerámiák tisztaságával. A villamos átütés és a hajlítószilárdság között lineáris összefüggés mutatható ki (10. ábra), mely arra utal, hogy e tekintetben kedvezőbbek a mechanikailag szilárdabb korundok és viszont.

Az alumíniumoxid kerámiák fajlagos felületi ellenállása szobahőmérsékleten 10^{13} Ohm/cm², mely érték — saját vizsgálatainkból ítélve — néhány százalék MgO vagy SiO_2 jelenlétében is magas marad. (Ez azért fontos, mert a legtöbb korundot előállító cég



9. ábra. Különböző összetételű üvegek (*6*) és HIKI-ben készült alumíniumoxid kerámia fajlagos ellenállásának hőmérsékletfüggése.

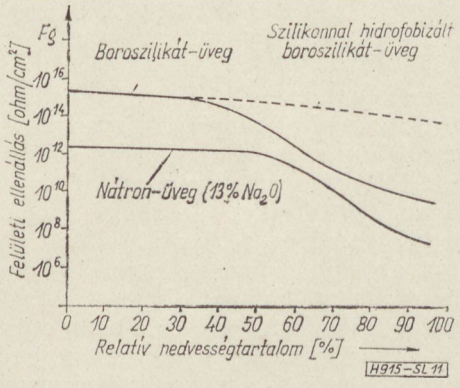
1. HIKI korund, Al_2O_3 tartalom >99,7%; *2.* 96% SiO_2 tartalmú üveg; *3.* Boroszilikát üveg; *4.* Nátronüveg, Na_2O tartalom 13%; *5.* Nátronüveg, Na_2O tartalom 30%; *6.* Nátronüveg, Na_2O tartalom 50%



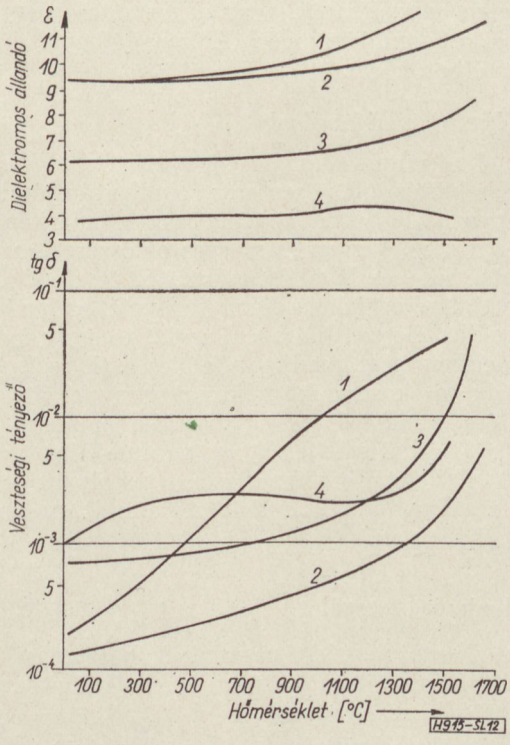
10. ábra. Villamos átütés — hajlítószilárdság összefüggés zsugorított alumíniumoxid kerámiákon végzett vizsgálat alapján (*17*)

a zsugorítás alatti szemcsenövekedés csökkentésére MgO-t, illetve a korundok jobb fémezhetősége érdekében SiO_2-ot visz be.) Ellenben a felületi vezetőképesség szempontjából — ugyanúgy mint minden kerámiánál, üvegnél — a legkárosabbak az igen aktív alkáliák, melyek közül a K_2O erősebben befolyásolja a vezetőképességet mint a Na_2O. A felületi vezetőképesség különösen akkor magas, ha az alkáliákat tartalmazó kerámia felülete vizes. Ilyen esetekben célszerű a kerámia felületét hidrofobizálni, mint az az üvegek esetében is eredményes művelet (11. ábra).

A kémiailag tiszta és tömör korundok veszteségi tényezője MHz-es frekvenciákon 10^{-4} nagyságrendű,

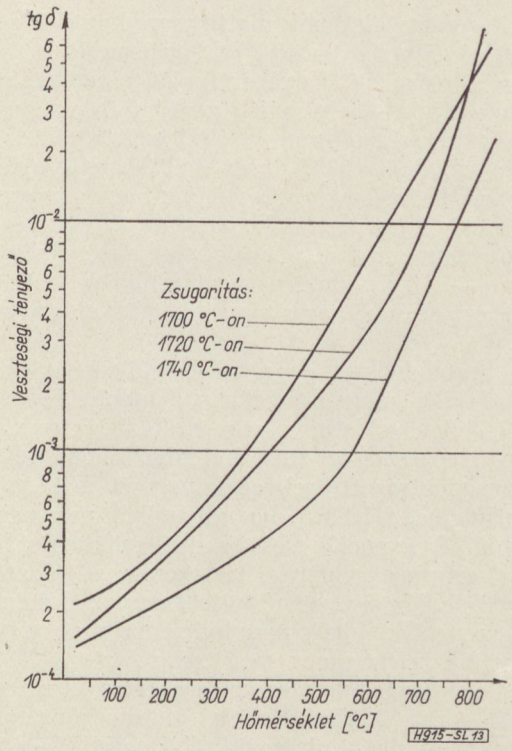


11. ábra. Üvegek fajlagos felületi ellenállásának változása a relatív nedvességtartalom függvényében (*6*)

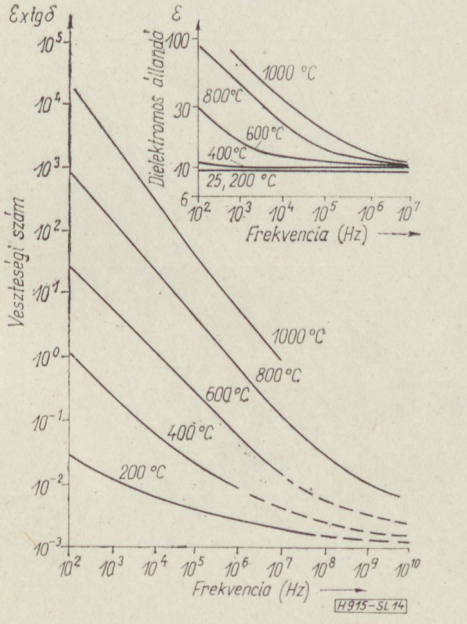


12. ábra. Tűzálló oxidkerámiák és SiO_2-üveg dielektromos állandójának, továbbá veszteségi tényezőjének hőmérséklet-függése. (*18*) Mérőfrekvencia: 10^{10} Hz.

1. Alumíniumoxid, Al_2O_3 tartalom 99,5%; *2.* Magnéziumoxid, MgO tartalom 98%; *3.* Berilliumoxid, BeO tartalom 99,5%; *4.* Szilíciumdioxid-üveg, SiO_2 tartalom ~ 96%



13. ábra. Különböző hőmérsékleten zsugorított korundok veszteségi tényezőjének hőmérsékletfüggése. HIKI korund, Al_2O_3 tartalom >99,7%; Mérőfrekvencia 10 MHz. (Rhode Schwartz Leitwertmesser.)



14. ábra. Dielektromos állandó és dielektromos veszteség (veszteségi szám) frekvencia-függése különböző hőmérsékletnél; 99% Al_2O_3 tartalmú zsugorított korund (*15*)

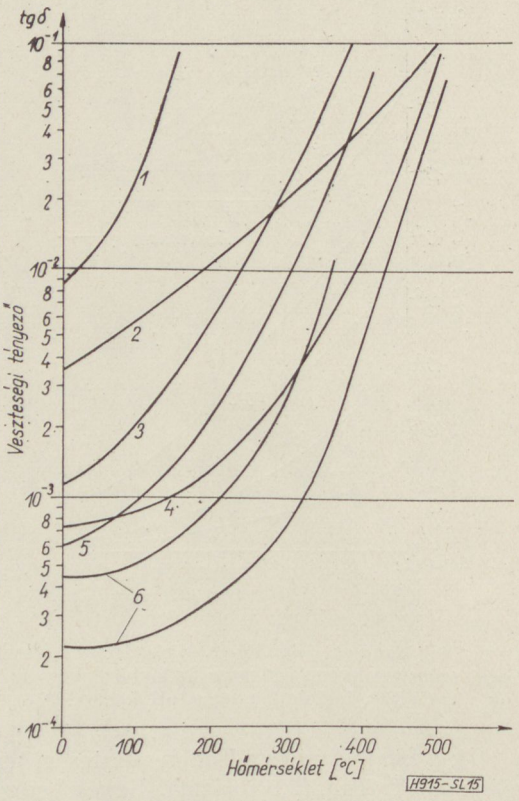
mely érték a kvarcüveg és a Teflon veszteségi tényezőjével azonos értékű (2. táblázat). Egyéb kerámiák veszteségi tényezőjének és dielektromos állandójának magas hőmérsékleteken mért értékeit a 12. ábrán hasonlítottuk össze.

Mint látható, a veszteségi tényező értéke a hőmérséklet növekedésével emelkedik, azonban még

500 C° hőmérsékletnél is alatta marad az elektromos porcelán vagy a szteatit 20 C°-on ismert veszteségi tényező értékének. Ugyanezt saját vizsgálataink is alátámasztják — mint arról korábbi közleményeinkben [3, 9] beszámoltunk. Az ott közölt adatok kiegészítése céljából a 13. ábrán feltüntetett görbéket mutatjuk be, melyek azt igazolják, hogy a magasabb hőmérsékletű zsugorítás kedvezőbb a veszteségi tényező szempontjából. Ennek oka — véleményünk szerint — a korundok magasabb hőmérsékleten bekövetkező erősebb porozitáscsökkenésével magyarázható.

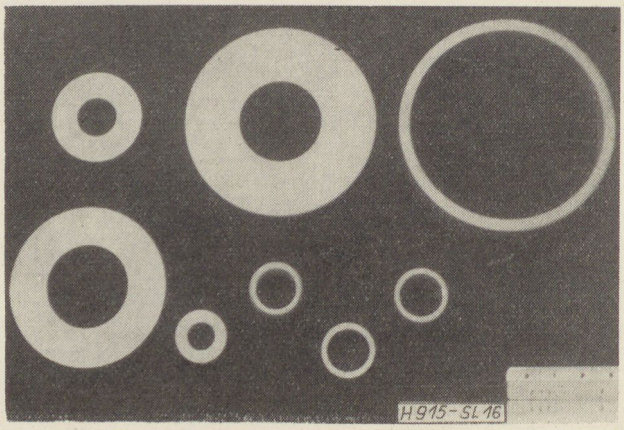
A korundok 9—10 közötti dielektromos állandójának értéke kevésbé érzékeny a méréseknél alkalmazott hőmérsékletnövekedésre. A dielektromos állandó és a veszteségi szám különböző hőmérsékleteken meghatározott frekvenciafüggését a 14. ábrán mutatjuk be. Látható, hogy mindkét paraméter a nagyobb frekvenciák felé mutat csökkenést, ami különösen a magas hőmérsékleteken felvett adatokon mérhető le. Mindez azt mutatja, hogy az alumíniumoxid kerámiák főleg nagyfrekvenciákon adják a legkisebb dielektromos veszteséget.

A dielektromos veszteséget elsősorban az alkáliák növelik, de a kerámiában levő idegen anyagok — mennyiségüktől és minőségüktől függően — többékevésbé szintén károsan hatnak. Saját vizsgálataink szerint 0,2% össz-alkáli, vagy 5% SiO_2+ZrO_2, vagy 6% SiO_2+MgO jelenlétében még elérhető a 3×10^{-4}



15. ábra. Üvegek veszteségi tényezőjének hőmérsékletfüggése. (*6*) Mérőfrekvencia: 1 MHz

1. Nátronüveg, Na_2O tartalom 13%; *2.* Alumíniumszilikátüveg; *3.* Kálium—nátrium—ólom üveg; *4.* Magas ólomtartalmú üveg; *5.* Boroszilikát üveg; *6.* 96% SiO_2 tartalmú üveg



16. ábra. Adócső szigetelők >99,7% Al_2O_3 tartalmú alumíniumoxidból

értékű veszteségi tényező 10 MHz-el szobahőmérsékleten történt mérések alapján. Ugyanakkor fajlagos ellenállásuk szobahőmérsékleten mért értéke nem esett 10^{14} Ohm·cm, illetve a fajlagos felületi ellenállásuk 10^{13} Ohm/cm² alá.

Az üvegek veszteségi tényezőjét (15. ábra) összehasonlítva az alumíniumoxid kerámiák ugyanezen paraméterével, megállapítható, hogy a kevés Na_2O-ot és sok SiO_2-ot tartalmazó üvegek e tekintetben közel állnak a korundokhoz, azonban veszteségi tényezőjük értéke a hőmérséklet növekedtével meredekebb emelkedést mutat. Emiatt, továbbá 600—1000 C° hőmérséklet közötti lágyuláspontjuk és relatíve alacsony mechanikai szilárdságuk miatt korlátozottabb területen használhatók, mint a korundok vagy más zsugorított oxidkerámiák. Előnyük, hogy olcsóbban állíthatók elő.

1.4 Kémiai tulajdonságok

Az alfa-korund kémiailag nagymértékben stabilis, mely stabilitás különösen erős izzítás után jön létre. Az anyagra hidrogén nem hat, az olvadt kén sem támadja meg. Vízben és szerves oldószerekben nem oldható. Sav- és lúgállósága kiváló. Az 1600 C°-on izzított alfa-korundot a forró királyvíz gyakorlatilag nem oldja. Borax, hidrogénfluorid, tömény foszforsav melegen megtámadják a felületét. (E reakciókon alapszik a korundok mikroszkópos felvételeinek készítése, amikor is e vegyületekkel mintegy „előhívják", láthatóvá teszik a korund-kristályokat.)

1600 C° feletti hőmérsékleteken az olvadt szilikátok megtámadják, s különböző alumínium-szilikátokat képeznek.

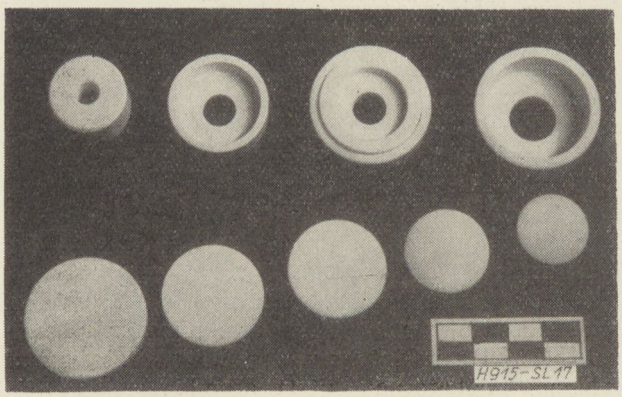
2. Alkalmazási terület

Az alumíniumoxid kerámiák felhasználási területe általában három, de sok esetben külön nem választható részre osztható:

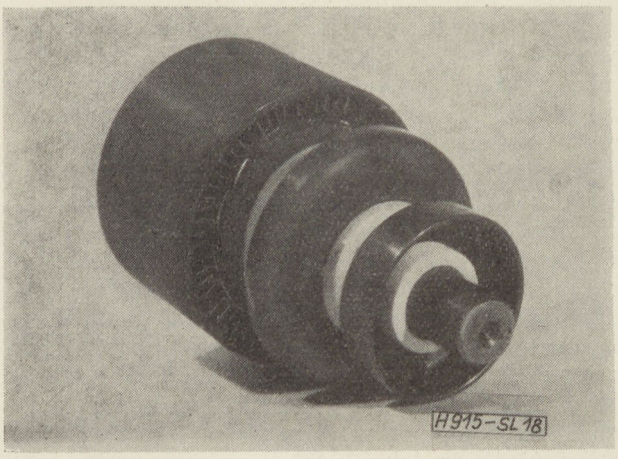
a) elektrotechnikai,
b) mechanikai és
c) hőtechnikai alkalmazás.

A legnagyobb követelmények — természetszerűleg — elektrotechnikai vonatkozásban jelentkeznek, de — a felhasználás jellegéből kifolyólag — ezen belül

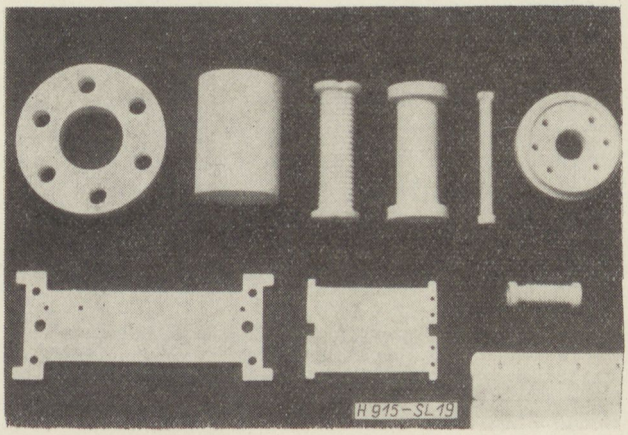
is még több részre bonthatók. Így például a nagyfrekvenciákon dolgozó, több kilowatt teljesítményű adócsövekhez beépített alumíniumoxid kerámiák [19, 20] iránt támasztott tisztasági követelmény >99,7%, ugyanakkor a kerámiáknak vákuumzáróaknak és fémekkel forraszthatóaknak [21, 22] kell lenni a magas üzemi (400—500 C°) hőmérsékleteken is szigorú követelményű mechanikai és elektromos paraméterek mellett. Ilyen és hasonló célra Intézetünkben előállított kerámiákat mutatunk be a 16., 17. ábrákon, míg a 18. ábrán korund szigetelők kel ellátott adócső látható, melyet — egyéb típu-



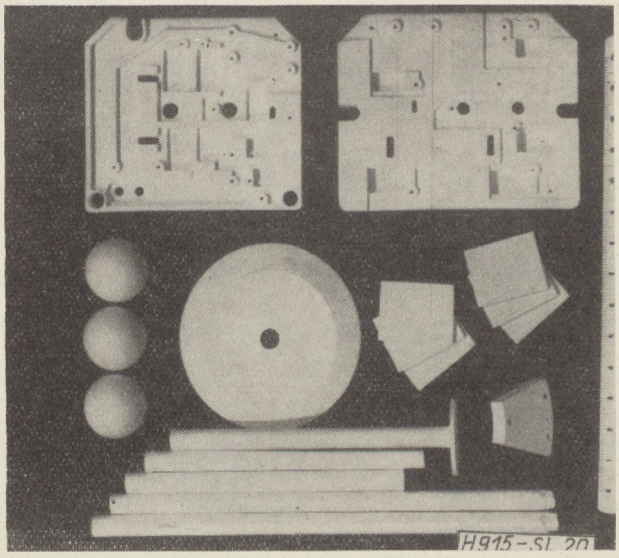
17. ábra. Különféle elektromos szigetelők és mérőtárcsák zsugorított alumíniumoxidból



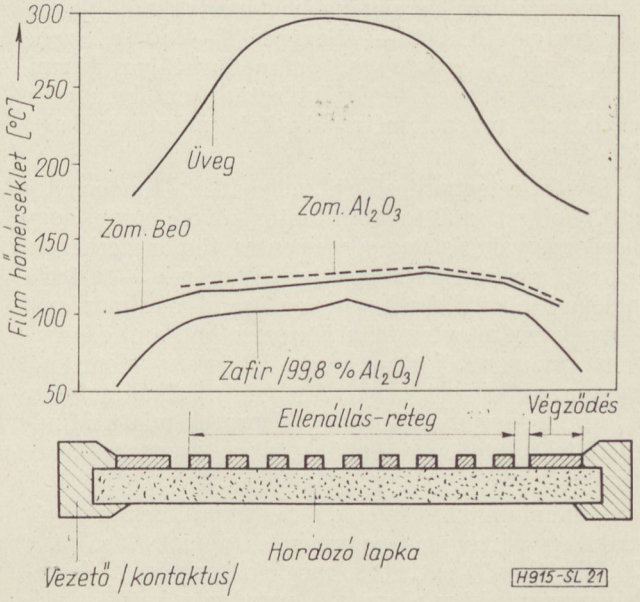
18. ábra. Adócső korund szigetelőkkel



19. ábra. Csőfoglalatok, tekercstestek >99,5% Al_2O_3 tartalmú timföld alapanyagból



20. ábra. Nyomtatott áramköri panelek, őrlőgolyók, ellenállás-értékköszörű kő, integrált áramköri hordozó lapkák, tengelyek, továbbá nagyfeszültségű szigetelő szegmens timföld alapanyagú alfa-korundból



21. ábra. Különböző minőségű, integrált áramköri hordozó lapkák hőprofiljai terhelés alatt. (*23*) Zománc vastagság kb. 0,07 mm

sok mellett — Adócső Intézetünk Laboratóriumában fejlesztettek ki.

Elektromos szempontból kevésbé igényesek a csőfoglalatok, tekercstestek, nyomtatott áramköri panelek, melyeket tisztított gamma-timföld alapanyagból állítunk elő, saját kidolgozású technológia alapján [4], s melyek közül néhány jellegzetes formát a 19., 20. ábrákon szemléltetünk.

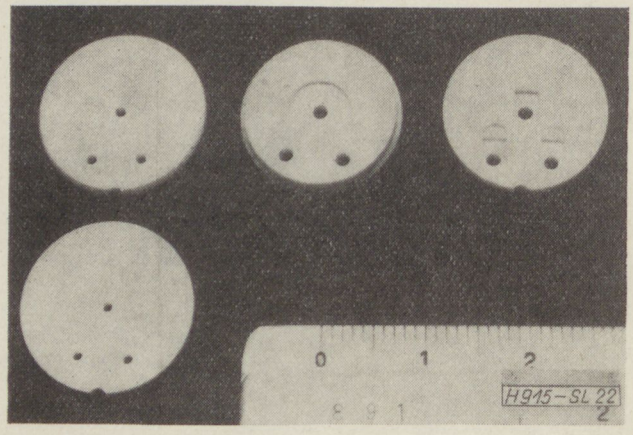
Alumíniumoxidból készült lapkák (20. ábra) igen jól beválnak a korszerű, integrált áramkörök hordozóiként is. Itt elsősorban elektromos szigetelőképességük, magas hőállóságuk és főleg jó hővezetőképességük teszi ezeket alkalmassá vékonyréteg, vagy vastagréteg áramköri elemek hordozóiként. Mint az a 21. ábra adataiból is látható, lényegesen

alacsonyabb egy korundra felvitt ellenállásréteg üzem közbeni hőmérséklete, mint például üveghordozó esetén. (Mint korábban láttuk, a BeO kerámia jobb hővezetőképességű, mint a korund, de magas ára miatt csak speciális esetekben használják.) A mikrokristályos korund vastagréteg hordozóként csiszolva vagy csiszolás nélkül is alkalmas, míg vékonyréteg-áramkörökhöz zománcozni szokták a felületét [24], bár egyes szerzők [25, 26] öntési módszerrel előállítanak zománcozatlan alumíniumoxid lapkákat vékonyréteg-hordozó célokra. Szteatitból készített vastagréteg-hordozók minősége — elsősorban rossz hőlökésállóságuk és alacsony értékű hővezetőképességük miatt — nem éri el a korundokét vagy a berilliumoxidét, de gazdasági szempontok miatt, egyes, nem túl igényes áramkörökhöz használják ezeket is. A szteatit kerámia hordozók — természetes érdességük következtében — vékonyréteg-hordozókként nem alkalmasak. Ilyen célra jobban beváltak az üveghordozók, melyek felületi simasága meghaladja a zománcozatlan korund lapkák simaságát. (A hordozó felületi simasága — mint ismeretes — a vákuumgőzölögtetéssel felvitt vékonyréteg elemeknél egyik fontos követelmény.)

Fémréteghordozó potenciométerpályáknál [9] szintén fontos a felület — átlagosan 1—2 μm-es szemcsézettségű — simasága, ami polikristályos korundoknál szintén elérhető. Intézetünkben ilyen célra előállított potenciométerpályákat mutatunk be a 22. ábrán.

Egyéb réteghordozó (pl. ellenállás, kondenzátor stb.) kerámiáknál további fontos követelmény, hogy hordozó gyakorlatilag pórusmentes, tömör szerkezetű legyen, mert ellenkező esetben a kerámia — a technológiai műveleteknél vagy az üzemi alkalmazásnál — nedvességet vesz fel a környezetből, ami elektromos szempontból igen káros. E passzív elemeknél ugyancsak káros a magas (1% feletti) alkálitartalom is, a már korábban tárgyalt jelenségek miatt. Mindezek tekintetében a kellő hőfokon zsugorított korundok kiváló tulajdonságúak.

Alumíniumoxidból nemcsak egyszerű, de bonyolult alakú és viszonylag nagyméretű idomok (lásd pl. a 20. ábrát) is készíthetők, megfelelő minőségű és néhány százalékban bevitt, „repedezésgátló" adalékok használatával. Az így készített idomok a korundokra jellemző, magas igényeket is kielégítő mechanikai és elektromos sajátságokkal rendelkeznek, pl. kitűnően bírják a későbbi (fémezési) hőigénybevételeket is, amit az Intézetünkben előállított kerámiákon végzett vizsgálatok is igazolnak.



22. ábra. Fémréteghordozó potenciométerpályák timföld alapa nyagból

Természetesen a megfelelő mechanikai szilárdság az „elektromos" kerámiáknál is fontos követelmény, de ezektől elválaszthatók a csak mechanikailag igénybe vett korund idomok. Ilyenek például az ellenállás értékköszörű-kövek, a nagy kopásállóságú őrlőgolyók [27], dróthúzó kaliberek, vagy a különböző huzal- és textilipari fonalvezetők, melyek élettartama több százszorosa a hagyományos, pl. keményporcelán kerámiákénak.

Mechanikai alkalmazásként megemlítjük az alumíniumoxid port mint csiszolóanyagot, melyet pl. a félvezető technikában a lapkák csiszolására és polírozására használnak. A nagy tisztaságú alumíniumoxid por különböző rádiócsövekben mint fűtőtest-szigetelő kerül alkalmazásra, de használják mint tranzisztorsapka töltőanyagot is [28].

Hőtechnikai szemszögből nézve előtérbe kerül a korundok magas hőállósága és magas hőlökés (hősokk)-állósága, s mint ilyenek alkalmazásra kerülnek például a rubint helyettesítő tranzisztorötvöző sablonok, hőhatásnak kitett áramkivezetők, vagy egyéb, különböző fűtőhuzaltartók, pirométer védőcsövek, izzítótégelyek stb., formájában, melyeket hazai üzemek is előállítanak.

Olyan esetekben, amikor a korundok magas hővezetőképessége — pl. fűtőszáltartók esetében — nem kívánatos tulajdonság, de egyébként az alumíniumoxid kerámia megfelelő, pórusos korund idomokat építenek be. Így csökken a korund hővezetőképessége, de elektromos szigetelőképessége magas értéken marad. (Rendeltetésszerűen pórusos korundokat alacsonyabb hőmérsékletű zsugorítással vagy kiégő komponens előzetes bevitelével állítanak elő.) Pórusos korundokat felhasználnak még például mint diafragmákat, légszűrőket, katalizátorhordozókat, de készítenek alumíniumoxidból egynél kisebb fajsúlyú, hőszigetelő „habtéglákat" is. Ilyen jellegű felhasználásuknál mechanikai és kémiai tulajdonságuk kerül előtérbe.

Az újabb irodalmi adatok nukleáris és rakétatechnikai felhasználásukról is beszámolnak.

E néhány kiragadott példán is lemérhető, hogy az alumíniumoxid és az ebből zsugorítással kapott termékek igen nagy gyakorlati jelenséggel bírnak mind a híradástechnikában, mind más iparágakban. Intézetünk Kerámia Osztályán is újabb, hazai alapanyagokra épülő korund kerámiák vannak kifejlesztés alatt. Ezekről későbbi közleményeinkben számolunk be.

IRODALOM

1. *E. Ryshkewitch:* Oxide Ceramics. Physical Chemistry and Technology. Academic Press, New York, London (1960).
2. *F. Singer, S. S. Singer:* Industrial Ceramics, Chapman and Hall Ltd., London (1963).
3. *Sztankovics L.:* Nagy tisztaságú alumíniumoxid kerámiák. Híradástechnikai Ipari Kutató Int. Közl. VII. évf. No. 2. (1967).

4. *Sztankovics L.:* Alumíniumoxid kerámiák timföldből történő előállításának néhány technológiai problémája. Előző, VIII. évf. No. 1. (1968).
5. *Plessey UK Ltd., Itforo, Essex, Anglia:* Vékony kerámia rétegek és lemezek előállítása szalagöntéssel. Finommechanika, Budapest, V. évf. p. 181, (1966).
6. *E. B. Shand:* Glass Engineering Handbook, McGraw. Hill, New York, (1958).
7. *R. L. Coble, W. D. Kingery:* Effect of Porosity on Physical Properties of Sintered Alumina. J. Amer. Ceram. Soc. 39 (11), p. 377. (1956).
8. *W. Noddack, H. Walch:* Über die elektrische Leitfähigkeit von Oxyden. Zeitschrift für Elektrochemie, 63(2), p. 269. (1959).
9. *Sztankovics L.:* Alumíniumoxid (korund) kerámiák néhány híradástechnikai alkalmazása. Elektronikai Közlemények (KGM), No. 1., p. 6. (1968).
Nagy tisztaságú alumíniumoxid kerámiák elektromos tulajdonságainak vizsgálata magas hőmérsékleteken. (Mérőeszközök, mérési módszerek.) Híradástechnikai Ipari Kutató Int. Közl. VII. évf. No. 4. (1967).
10. *C. D. Hodgman, R. C. Weast, S. M. Selby:* Handbook of Chemistry and Physics. 37th Edition, Cleveland, (1956).
11. *W. Espe:* Werkstoffkunde der Hochvakuumtechnik. VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin (1959).
12. *E. Rabald, D. Behrens:* Oxidkeramik. Physikalische Eigenschaften. Dechema-Degussa Werkstoff-Tabelle (1963).
13. High-Frequency Induction Heating in Modern Mettalurgy and Physico-Chemistry. Société de Traitements Electroniques et Electrothermiques, (1966) 29, Avenue Carnot, 91 Massay.
14. *D. M. Shakthin, E. V. Levintovics, T. L. Pivovar, G. G. Eliszejeva:* Elektropravodnoszty ogneupornüh okiszlov pri vüszokih tyemperaturah. Ogneuporü, Moszkva, p. 37. (1965).
15. *B. B. East, W. B. Westphal:* Design Theory of Materials whose Dielectric Constant is Invariant with Temperature Change. Lab. for Insulation Res. Massachusetts Inst. of Techn. Cambridge. Extra Copy (1967).
16. *W. B. Haidler:* A Study of the Electrical Conductivity of Alumina at High Temperatures and in a Radiation Field. Dissertation, The University of Arizona (1964).
17. *I. Sz. Kajnarszkij, E. V. Degtjareva, I. G. Orlova:* Vzaimoszvjaz elektricseszkoj i mehanicseszkoj procsnoszti korundovoj keramiki. Dokl. Akad. Nauk., Moszkva, 157 (1), p. 168, (1964).
18. *J. L. Pentecost:* Dielectric and Electronic Measurements at High Temperatures. Melpar Inc. Mat. Lab. Falls Church, Virginia. Extra Copy (1966).
19. *Millner J.:* Adócsőtechnológia fejlődése a legutóbbi évtizedben. Híradástechnikai Ipari Kutató Int. Közl. IV. évf. No. 1. (1964).
20. *W. J. Koch, T. F. Berry:* Choosing Ceramics for Electron Tubes. Ceramic Industry Magazine, p. 94 (1963).
21. *Hangos I., Kencler Ö.:* Vákuumálló fémkerámiai kötések alkalmazása a korszerű híradástechnikai aktív alkatrészeknél. Híradástechnika, Budapest, XVI. évf. No. 11. p. 335 (1965).
22. *E. A. Klinger, E. Dörre:* Neue Anwendungsgebiete für reines Aluminiumoxid in der Elektrotechnik und Elektronik. Berichte der Deutsche Ceram. Ges. 44 (10), p. 498, (1967).
23. *R. Brown:* Substrates for Tantalum Thin-Film Circuits. Ceram. Soc. Bull., 45 (8), p. 720, (1966).
24. *J. Hamersky:* Vékonyréteg áramkörök hordozóinak kiválasztása és minősítése. Finommechanika, Budapest, VII. évf. p. 23, (1968).
25. *H. W. Stetson, W. J. Gyurk:* Development of Two Micro Inch (CLA) As-Fired Alumina Substrates. Western Electric Eng. Res. Center, Extra Copy (1967) Princeton, New Jersey.
26. *B. Schwartz, D. L. Wilcox:* Laminated Ceramics. Ceram. Age, 83 (6), p. 40, (1967).
27. *A. Pearson, J. E. Marhanka, G. MacZura, L. D. Hart:* Dense, Abrasion-Resistant, 99,8% Alumina Ceramics. Alcoa, Aluminium Co. of America, Chem. Div. (1967) St. Louis, Illinois.
28. *Staar K.:* Tranzisztor-sapka-töltőanyag hővezetési tulajdonságainak vizsgálata. Híradástechnikai Ipari Kutató Int. Közl. VI. évf. No. 4. (1966).

Tungsram 1968–1969

Az Egyesült Izzólámpa és Villamossági RT 1968. évi termelési, kereskedelmi és műszaki-fejlesztési tevékenységéről, valamint 1969. évi programjáról január 17-én tájékoztatást adott *Dienes Béla* vezérigazgató.

1968. évben 1967-hez viszonyítva 10%-al emelkedett a termelési színvonal, a rubel elszámolási viszonylatú export 5,5%-al, a dollár viszonylatú 25,1%-al nőtt. Minden lényeges gyártmány termelésére korszerű új gépeket és gépsorokat helyeztek üzembe. Ilyen az új halogénlámpa üzem, a Váci Képcsőgyárban a tv-képcsőgyártásnál bevezetett robbanásmentesítési eljárás, az ott kialakított szalagrendszer, a mesa és planár félvezetők gyártásának fejlesztése. 1969. január 1-től a tv-képcsövek árát több mint 15%-al csökkentették.

Az 1969. évi tervek nagyarányú további fejlődést irányoztak elő. Híradástechnikai szempontból jelentős a színes tv-készülékek vevőcsöveinek kifejlesztése és a hazai igények kielégítése e téren. Az elektronikai és a számítógépipar részére biztosítják a félvezetőellátást. Az 1967—68-ban létrehozott korszerű félvezető üzemben megkezdték az év elején a mesa és planár félvezetők gyártását. Megindították az integrált szilárdtest áramkörök fejlesztését előkészítő kutatómunkát és licencek vásárlását is tervbe vették. Ezek segítségével remélik, hogy 1970-ben az új gyöngyösi üzemrészekben a termelés megkezdődik.

A legújabb gyártmányokat kis házi kiállításon mutatták be.

Tartalmi összefoglalások

ETO 621.373.52.018.75:621.397.332

Dani S.—Kriskó F.:

Tranzisztoros vízszintes eltérítő áramkörök

HÍRADÁSTECHNIKA XX. (1969) 2. sz.

A cikk első része a tranzisztoros televízió-vevőkészülék vízszintes eltérítő áramkörének elméleti összefoglalása. Részletesen foglalkozik azokkal a követelményekkel, korlátozásokkal, amelyeket a tervezés során figyelembe kell venni. Ezek közül a legfontosabbak a kapcsoló tranzisztorral szemben támasztott követelmények, a fellépő disszipáció, megfelelő vezérlőjel biztosítása, az eltérítés linearitása. Az alapáramkörök tárgyalásán kívül tartalmazza a képcső anódfeszültségének és egyéb segédfeszültségek nyerésének lehetőségét.
A cikk második része egy asztali tranzisztoros televízió-vevőkészülék soreltérítő fokozatának teljes méretezését ismerteti.

ETO 621.375.4:621.377.22

Krauss O.:

Haladóhullámú félvezető erősítő eszköz (Akusztoelektromos erősítő)

HÍRADÁSTECHNIKA XX. (1969) 2. sz.

A szerző irodalom alapján ismerteti a félvezető technika haladóhullámú erősítő eszközét. Működését a HH csőben lejátszódó folyamatok alapján magyarázza. Rámutat arra, hogy az akusztikus hullámok felhasználása lehetséges az elektromágneses tér lassítására. A fizikai folyamatok tárgyalásával párhuzamosan ismerteti az eszköz felépítését. Ezt követően matematikailag tárgyalja az aktív részben lejátszódó folyamatokat piezoelektromos csatolás esetén. Meghatározza az erősödő akusztikus hullám terjedési tényezőjét, majd az erősítést. Megvizsgálja az erősítés és a sávszélesség függését a félvezető anyag jellemzőitől és az egyenáramú beállítástól. Ezután az elektromos energia be- és kicsatolására szolgáló elektromechanikai átalakítók és az eddig elért kísérleti eredmények ismertetésére kerül sor, majd az eszköz felhasználásának lehetőségét vizsgálja meg.

ETO 621.315.612.8:666.764.32

Sztankovics L.:

Alumíniumoxid kerámiák és néhány elektrotechnikai szigetelő sajátságainak összehasonlítása

HÍRADÁSTECHNIKA XX. (1969) 2. sz.

Az elektrotechnikában főleg szigetelési célokra használt hagyományos (üveg, porcelán, szteatit stb.) kerámiák mellett egyre nagyobb tért hódítanak a magas hőmérsékleten zsugorított (szinterelt), ún. tűzálló oxidkerámiák. Egyik ilyen, s a legelterjedtebb oxidkerámia a zsugorított alumíniumoxid (korund), melyet hazánkban is egyre több célra állítanak elő.
E közleménnyel betekintést kívánunk nyújtani az alumíniumoxid kerámiák technológiájába és fontosabb sajátságaikba, különös tekintettel a korundok elektrotechnikai vonatkozású, magas hőmérsékleteken mért paramétereire. Irodalmi adatok alapján ismertetjük a főbb fizikai, kémiai sajátságaikat, kiegészítve ezt néhány saját vizsgálati eredménnyel. Összehasonlításokat teszünk az alumíniumoxid kerámiák és más tűzálló oxidok, üvegek, hagyományos kerámiák és néhány ismertebb anyag azonos jellemzői között. Foglalkozunk a korundok alkalmazási területével, melynek kapcsán bemutatunk többféle, alkalmazástechnikai szempontból érdekesebb, Intézetünkben előállított korund-idomot.

Zusammenfassungen

DK 621.373.52.018.75:621.397.332

S. Dani—F. Krisko:

Horizontale Ablenkungsstromkreise mit Transistoren

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XX. (1969) Nr 2

Der erste Teil des Artikels ist die theoretische Zusammenfassung des horizontalen Ablenkungsstromkreises des Fernsehempfangsgerätes mit Transistoren. Jene Forderungen und Beschränkungen werden eingehend beschrieben, die während des Entwurfes berücksichtigt werden müssen. Von diesen sind die gegenüber den Schalttransistoren gestellten Forderungen die wichtigsten; die auftretende Dissipation, die Erzeugung des geeigneten Steuerungssignales, die Linearität der Ablenkung. Ausser der Diskussion der Grundstromkreise befasst sich der Artikel mit der Möglichkeit der Gewinnung der Anodenspannung und anderer Hilfspannungen der Bildröhre. In dem zweiten Teil des Artikels wird der volle Entwurf der Zeilenablenkungsstufe des Tafelempfangsgerätes mit Transistoren erörtert.

Обобщения

ДК 621.373.52.018.75 : 621.397.332

Ш. Дани—Ф. Кришко:

Схемы горизонтального отклонения на транзисторах

HÍRADÁSTECHNIKA (ХИРАДАШТЕХНИКА, Будапешт) XX. (1969) №2

Первая часть статьи является теоретическим обобщением схемы горизонтального отклонения телевизора на транзисторах. Подробно рассматриваются требования и ограничения, которые должны быть приняты во внимание в течение проектирования. Важнейшими из этих являются требования коммутационных транзисторов, созданное рассеяние, генерация пригодного возбуждающего сигнала, линейность отклонения. Кроме дискуссии основных схем показывается возможность создания анодного напряжения и других вспомогательных напряжений кинескопа. Вторая часть статьи излагает полное проектирование каскада строчной развертки столового телевизора на транзисторах.

ДК 621.375.4:621.377.22

О. Краус:

Полупроводниковый усилительный прибор бегущей волны (акусто-электрический усилитель)

HÍRADÁSTECHNIKA (ХИРАДАШТЕХНИКА, Будапешт) XX. (1969) № 2

Изложен — по литературе — полупроводниковый усилительный прибор бегущей волны. Его работа обрясняется на основе процессов, происходящих в лампе бегущей волны. Показывается, что использование акустических волн является возможным с целью запаздывания электромагнитного поля. Параллельно с дискуссией физических процессов изложена структура прибора. Это следует математическое изложение процессов происходящих в активной части в случае пьезоэлектрической связи. Определяется коэффициент распространения и усиление увеличивающейся акустической волны. Испытывается зависимость усиления и ширины полосы от параметров полупроводникового материала и установки поятосного тока. После этого излагаются электромеханические преобразователи для присоединения электрической энергии на входе и выходе и экспериментальные результаты полученные до сих пор. Наконец испытывается возможность применения прибора.

ДК 621.315.612.8: 666.764.32

Л. Станкович:

Сравнение свойств керамик алюминиего окися и некоторых электрических изоляторов

HÍRADÁSTECHNIKA (ХИРАДАШТЕХНИКА, Будапешт) XX. (1969)№2

В электротехнике, рядом с традиционными материалами примененными главным образом для изоляции (стекло, фарвор, стеатит и т. д.) выиграют все более пространство спекшиеся на высокой температуре так называемые огнеупорные оксидные керамики. Одним из этих оксидных керамик имеющим широкое применение является спекшийся алюминиевый окись (корунд) изготовлен тоже во Венгрии для разных целей. Дан обзор технологии и важнейших свойств оксидных керамик, принимая в особое внимание параметры электрического рода, измеренные на высокой температуре. Изложены по литературным данным их основные физические и химические свойства, добавляя их с некоторыми собственными результатами. Сравняются аналогические параметры алюминыевых оксидных керамик и других огнеупорных оксидов, стекл, традиционных керамик, некоторых известных материалов. Рассматриваются области применения корундов и показываются некоторые формы интересные с точки зрения применения, изготовленные в нашем Институте.

Summaries

UDC 621. 3.52.018.75:621.397.332

S. Dani—F. Krisko:

Horizontal Deflecting Circuits with Transistors

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XX. (1969) №2

The first part of the paper presents the theoretical summary of the horizontal deflecting circuit of the television receiver with transistors. It deals in detail with the requirements and limitations which have to be met in the course of the design. The most important of these are the requirements set against the switching transistors, the general dissipation, the production of the proper driving signal, the linearity of the deflection. Besides the discussion of the fundamental circuits the possibility of the generation of the anode voltage and other auxiliary voltages of the picture tube are described. The second part of the paper presents the complete design of the stage of the line deflection of a table television receiver with transistors.

DK 621.375.4:621.377.22

O. Krauss:

Ein Halbleiter Verstärkermittel mit Wanderfeld (Akustoelektrischer Verstärker)

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XX. (1969) Nr 2

Das Wanderfeldverstärkermittel der Halbleitertechnik wird auf Grund der Literatur erörtert. Seine Funktion wird auf dem Grund der in der Wanderfeldröhre vorgehenden Vorgänge erklärt. Es wird darauf hingewiesen, dass die Anwendung der akustischen Wellen zur Verzögerung des elektromagnetischen Feldes möglich ist. Parallel mit der Diskussion der physikalischen Vorgänge wird die Konstruktion der Vorrichtung dargelegt. Darauffolgend werden die in dem aktiven Teil abspielenden Vorgänge im Falle von piezoelektrischer Kopplung mathematisch behandelt. Der Fortpfalnzungsfaktor der sich verstärkenden akustischen Welle und die Verstärkung werden bestimmt. Die Abhängigkeit der Verstärkung und der Bandbreite von der Kennwerte des Halbleitermaterials und von der Gleichstromeinstellung wird geprüft. Ferner werden die elektromechanischen Umformer die zum Anschluss der elektrischen Energie bei den Ein- und Ausgängen diene und die bisher errungenen Versuchsresultate beschrieben, und die Möglichkeiten der Anwendung des Mittels geprüft.

DK 621.315.612.8:666.764.32

L. Sztankovics:

Vergleich der Eigenschaften der Aluminiumoxydkeramiken und einiger elektrotechnischen Isolatoren

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XX. (1969) Nr 2

Neben den traditionellen Keramiken (Glas, Porzellan, Steatit, etc.) die vorwiegend für Isolationszwecke gebraucht sind, verbreiten sich mehr und mehr die feuerfeste, auf hoher Temperatur gesinterte sogenannte Oxydkeramiken. Solcheine und am meisten verbreitete Oxydkeramik ist der gesinterte Aluminium-Oxydkorund, der in Ungarn für immer mehrere Zwecke erzeugt wird. In diesem Artikel wird ein Blick in die Technologie und wichtigeren Eigenschaften der Aluminiumoxydkeramiken mit einer besonderer Rücksicht auf die auf hoher Temperatur gemessene und die Elektrotechnik betreffende Parameter der Korunde gegeben. Auf Grund der Literatur werden die wichtigeren physikalischen und chemischen Eigenschaften, ergänzt mit einigen Prüfungen, erörtert. Es werden Vergleiche zwischen den gleichen Kennwerten der Aluminiumoxydkeramiken und anderer feuerfesten Oxyden, Gläsern, traditionellen Keramiken und einigen mehr bekannten Materialien gemacht. Ferner wird es mit dem Anwendungsgebiet der Korunde beschäftigt und anschliessend werden mehrere vom Standpunkt der Anwendungstechnik interessante, in unserem Forschungsinstitut für die Nachrichtentechnische Industrie hergestellte Korundmodelle dargestellt.

UDC 621.375.4:621.377.22

O. Krauss:

Travelling-Wave Semiconductor Amplifier Device (Acousto-electrical Amplifier)

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XX. (1969) No 2

The travelling wave amplifier device of the semiconductor technique is presented. Its operation is explained on the basis of the procedures occurring in the travelling-wave tube. It is shown, that the use of the acoustic waves makes possible the delay of the electro-magnetic field. Parallel with the discussion of the physical procedures the construction of the device is described. The procedure going on in the active parts in case of piezoelectrical coupling is mathematically discussed. The propagation factor of the acoustical waves of increasing amplitude and the amplification is determined. Thes dependence of the amplification and bandwidth on the characteristics of the semiconductor material and on the d. c. adjusment is examined. Further the electromechanical transformers serving the coupling in and out of the electrical energy and the experimental results obtained up to now are dealt with and the possibility of the use of the device is examined.

UDC 621.315.612.8:666.764.32

L. Sztankovics:

Comparison of the Properties of Aluminium Oxide Ceramics and Certain Electrotechnical Insulators

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XX. (1969) No 2

In the electronics beside the traditional ceramics (glass, porcelain, steatite, etc.) used principally for insulating purposes the fire-proof oxide ceramics sintered on high temperature are spreading more and more. One of these and the most wide-spread oxide ceramics is the sintered aluminium oxide (corundum) which is produced in our country for more and more purposes. This paper wishes to give a survey into the technology of the aluminium oxide ceramics and their important properties with a special view – to the parameters of the corundum of electrotechnical importance and measured on high temperature. On the basis of literary data their important physical, chemical properties are presented, completed by own test results. Comparison is made between the identical properties of the aluminium oxide cermaics and other fire-proof oxides, glasses, conventional ceramics and certain better known materials. Finally the field of application of the corundums in connection with which several corundum forms interesting from the point of view of application technique produced in our Industrial Research Institute for Telecommunication, is dealt with.

Résumés

CDU 621.373.52.018.75:621.397.332

S. Dani—F. Krisko:

Circuits de déviation horizontale à transistors

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XX. (1969) No 2

La première partie de l'article donne un résumé théorique des circuits de déviation horizontale du récepteur de télévision à transistors. Les exigences et limitations sont traités en détail lesquels doivent être considerés au cours du projet. Les plus importants de ceux-ci sont les exigences pour le transistor de commutation, la dissipation produite, la génération d'un signal de commande adéquat, la linéarité de la déviation. La deuxième partie de l'article donne le projet complet de l'étage de déviation de ligne d'un récepteur de télévision à table transistorisé.

CDU 621.375.4:621.377.22

O. Krauss:

Un dispositif sémiconducteur à ondes progressives (amplificateur acousto-électrique)

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XX. (1969) N°2

Une exposition est donnée sur le dispositif sémiconducteur à ondes progressives. Sa fonction est éclaircie à la base des procédés se déroulants dans la tube à ondes progressives. Il est démontré que l'utilisation des ondes acoustiques est possible pour retardes le champ électromagnétique. Simultanément avec la discussion des procédeés physiques la description structurelle du dispositif est aussi donnée. Ensuite les procédés dans la partie active sont analysés mathématiquement en cas d'un couplage piézoélectrique. La constante de propagation et l'amplification de l'onde acoustique d'amplitude croissante sont déterminées. La corrélation de l'amplification et la largeur de bande avec les caractéristiques de la matière sémiconductrice et l'ajustement du courant continu. Enfin les convertisseurs électromécaniques pour le couplage d'entrée et sortie de l'énergie électrique et les résultats obtenus sont exposés et les possibilités de l'utilisation du dispositif sont examinées.

CDU 621.315.612.8:666.764.32

L. Sztankovics:

Comparaison des propriétés des céramiques alumines et quelques isolateurs électrotechniques

HÍRADÁSTECHNIKA XX. (1969) N°2

Dans l'électrotechnique, a côté des matières traditionelles utilisées pour isolation (verre, porcelaine, stéatite, céramiques), gagnent plus en plus terrain les céramiques d'oxyde réfractaires sintérisées à haute température. Un des céramiques d'oxyde les plus utilisées est l'alumine sinterisée fabriquée aussi en Hongrie pour buts différants. Un résumé est donné de la technologie et propriétés les plus importantes des céramiques alumines, ayant égard spécial aux paramètres électrotechniques des alumines sintérisées mesurés à haute température. Leurs propriétés principales physiques et chimiques sont exposées à la base des données littéraires, donnant aussi quelques résultats des essais propres supplémentaires. Une comparaison est faite entre les propriétés correspondantes des céramiques alumines et autres oxydes réfractaires, verres, céramiques traditionelles et quelques matières plus connues. Les domaines d'utilisation des céramiques sintérisées sont discutés, au cours de cet exposé quelques formes interessantes réalisées dans notre Institut sont présentées.

A HTE 1969. február havi rendezvényei

Összeállította: VALKÓ PÉTERNÉ

Az előadások helye: TECHNIKA HÁZA, Budapest, V., Szabadság tér 17. III. 376

1969. március	SZAKOSZTÁLY	ELŐADÁS
11. kedd 15 óra	Félvezető és integrált-áramkörök Szakosztály Titkár: **Kocsis Miklós** Közös rendezésben a MATE-vel.	*Kászonyi László* (EIVRT) 1969-ben tömeggyártásban levő planáris tervezető eszközök és hazai alkalmazási javaslataik. *Puskás László* BF 184 nagyfrekvenciás planáris tranzisztor speciális technológiai problémái.
12. szerda 16.30 óra	Klimatizációs Csoport Elnök: **Schmitd János**	*H. Báthory Katalin* (MHSZ) Automatikai elemek mikroklímájának műszaki és szabványosítási problémái.
17—21.	HTE Közlekedéstudományi Egyesület és a HTE Távbeszélő Szakosztály Elnök: **Budai Lajos**	Március második felében *L. M. Ericsson* 6 napos szimpóziumot tart. Tagjainknak külön meghívót küldünk.
25. kedd 16 óra	Félvezető és integrált áramkörök Szakosztály Titkár: **Kocsis Miklós**	*Sárossy József* (EMG) Az EDS elemek tervezési kérdései. Korábbi EDS típusok tervezési szempontjai. A szilícium félvezetőkből adódó új lehetőségek kiválasztása. A tervezési módszer megválasztása, a közelítésből adódó korlátok. Az új áramkörök tulajdonságainak összehasonlítása a régiekkel. A zavarproblémák megoldásának módszerei.
26. szerda	Konstrukciós Szakosztály Elnök: **Dr. Almássy György**	Vitavezető: *Papp Kálmán* (HTV) A csatlakozó rugógyártás erőmérési problémái. Egy erőmérőberendezés ismertetése.
28. péntek 16.30 óra	Átviteltechnikai Szakosztály Elnök: **Lajkó Sándor**	Vitavezető: *Boglár Gyula* (TRT) A korszerű szűrőtechnika az átviteltechnikában.

MAGYAR KÁBEL MŰVEK

VEZÉRIGAZGATÓSÁGA

Budapest, XI., Budafoki út 60 • Telefon: 453-590

GYÁRTMÁNYOK:

Jelző-, mérő-, működtetőkábelek
Erősáramú szigetelt vezetékek
Erősáramú kábelek 1—35 kV-ig
Alumínium és acél-alumínium szabadvezetékek
Tekercselőhuzalok
Switch-kábelek
Gumitömlő vezetékek
Híradástechnikai vezetékek
Távbábelek
Hírközlő kábelek
Hajókábelek
Zománchuzalok
Zárt-acélkötelek

SZERSZÁMGÉPIPARI MŰVEK

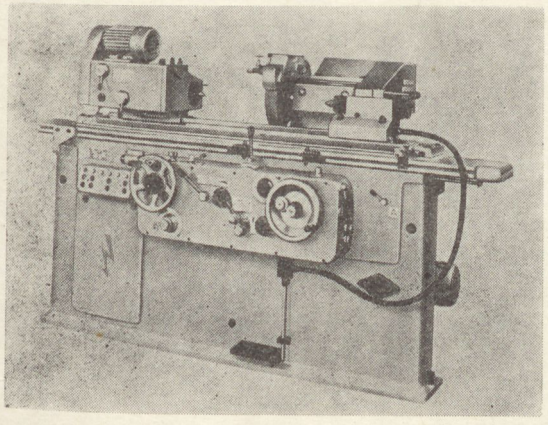
Budapest, X., Liget u. 22.
Tel.: 472-759, 148-932

Levélcím: Budapest 10, Postafiók 77
Telex: 481, távirat: szimkoezpont

PONTOSSÁG + TERMELÉKENYSÉG = MEGBÍZHATÓSÁG

KU 250-01 és KU 250-02 egyetemes körköszörűgépek, egykaros vezérléssel, külső- és belső felületek köszörüléséhez

RÖVID HATÁRIDŐRE SZÁLLÍTHATÓK!



Max. előforduló átmérő: ∅ 250 mm
Csúcstávolság: 500/750 mm

Furatköszörülőberendezéssel történő szállítás esetén:

Max. furatátmérő: 250 mm
köszörülhető furathossz (átmérőtől függően) 70-130 mm

Kívánságra fokozatmentes tárgyhajtással is szállíthatók a gépek!

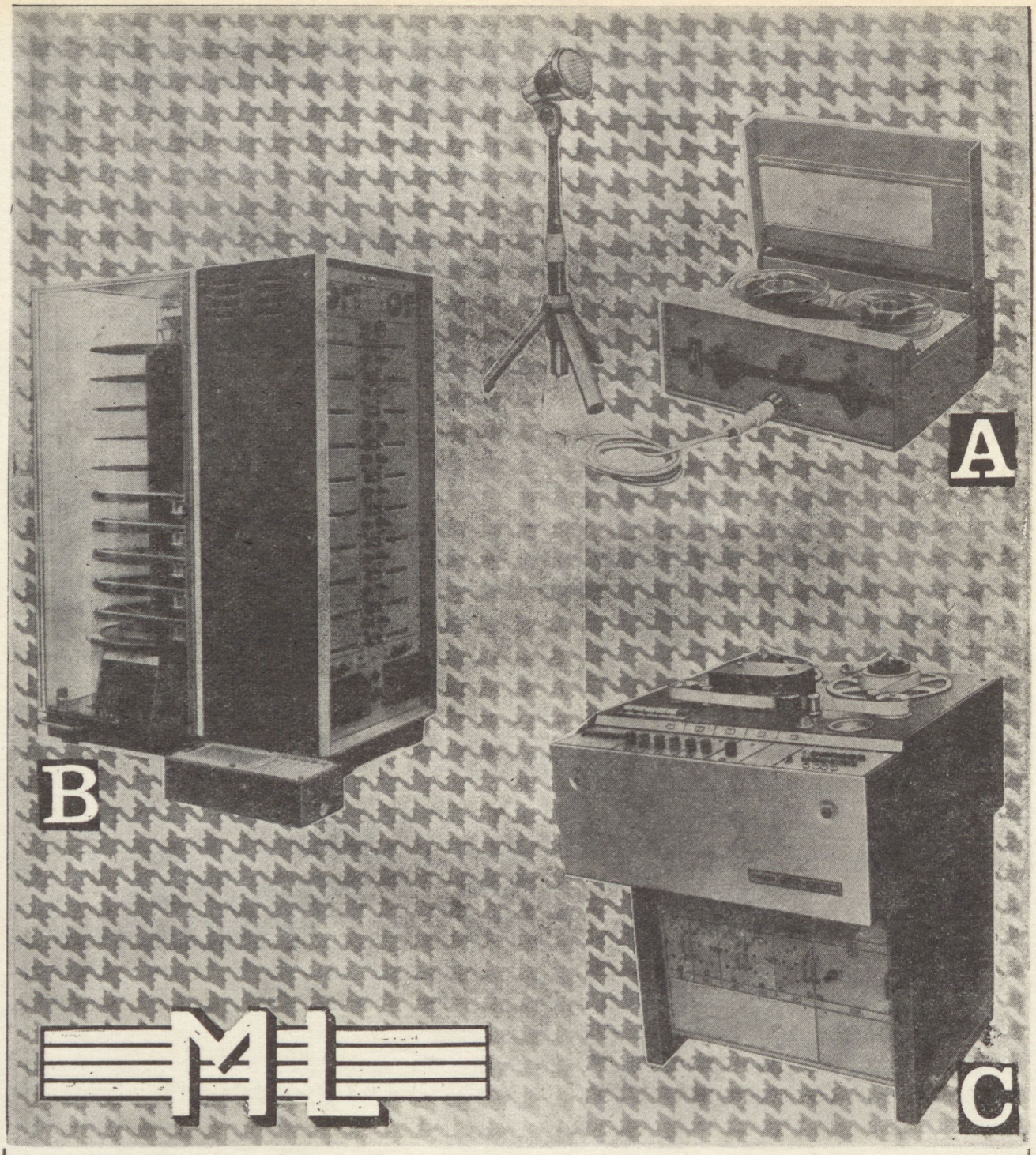
FORDULJON HOZZÁNK MINDEN KÖSZÖRÜLÉSI FELADATÁVAL! A gépek alkalmazási körét számos tartozék bővíti: aktív mérőberendezés, munkadarab befogószerkezetek, köszörűkorongszabályozó készülékek stb.

MŰSZAKI TANÁCSADÓ SZOLGÁLATUNK KÉSZSÉGGEL ÁLL RENDELKEZÉSRE MEGFELELŐ TECHNOLÓGIAI ELJÁRÁSOK KIDOLGOZÁSÁVAL.

Forgalomba hozza:

Gépipari Termelőeszköz Kereskedelmi Vállalat
Budapest, V., Vadász u. 31. Tel.: 312-350

GÉP-TEK



MECHANIKAI LABORATÓRIUM
HÍRADÁSTECHNIKAI KÍSÉRLETI VÁLLALAT
Budapest, Gorkij fasor 25—27.

A **RIPORTERMAGNETOFON**

Teljesen kontaktusok nélküli egyenáramú elektromotor alkalmazásával készült. A beépített dinamikakompresszor a tízszeres hangerőnövekedést kevesebb mint 4/1000 mp alatt szabályozza le önműködően normál szintre.

Szalagsebesség: 9,5 és 19,05 cm/mp

B **INFORMÁTOR-AUTOMATA**

Mágnesesen rögzített és tárolt hanginformációt távindításra lejátszik. Hálózati táplálással működik, a felvétel mikrofonról történik.
Műsorideje: 2×10 csatorna esetében csatornánként max. 5 perc.

C **STM-220 NÉGYCSATORNÁS (PLAY-BACK) STÚDIÓMAGNETOFON**

Alkalmazásával sztereo műsorok elkészítése lényegesen egyszerűbbé válik.
Csíkszélesség: 4,5 mm. Minden csík külön törölhető és rájátszható.
Szalagsebesség: 38,1 és 19,05 cm/mp *Max. tekercsátmérő:* 300 mm
Alkalmazott szalag: 25,4 mm széles.