



HÍRADÁSTECHNIKA

A HÍRADÁSTECHNIKAI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET
FOLYÓIRATA

XXXIX. évfolyam

BUDAPEST

1988

6

HÍRADÁSTECHNIKA

A HÍRADÁSTECHNIKAI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET FOLYÓIRATA

XXXIX. évfolyam 1988. 6. szám

BHG ORION TERTA

MŰSZAKI KÖZLEMÉNYEK

XXXIV. évfolyam 1988. 6. szám

MEV REMIX TKI

MŰSZAKI TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK

VI. évfolyam 1988. 6. szám

Felelős szerkesztő:

DR. TÓFALVI GYULA

Szerkeszti a szerkesztőbizottság

A szerkesztőbizottság elnöke:

HORVÁTH IMRE

Szerkesztők:

ANGYAL LÁSZLÓ

MÉREY IMRÉNÉ

SZÖLLŐSI GYÖRGYNÉ

*

SZERKESZTŐBIZOTTSÁG

HTE

Rovatvezető: Mérey Imréné

Dr. Flesch István

Forintos György

Gál Ferenc

Dr. Prónay Gábor

BHG

Rovatvezető: Angyal László

Tudományos szerkesztő: dr. Frajka Béla

Bernhardt Richard, dr. Eisler Péter,

Fazekas László, dr. Gosztony Géza,

dr. Kerpán István, Klug Miklós,

Laczkó Endre, Sztaias Ákos

MEV

Rovatvezető: Kászonyi László

Tudományos szerkesztő: dr. Kormány Teréz,

Balogh Albert, Csornai László,

Czermann Mihály, Hidas György,

Huszka Zoltán, dr. Ligeti Róbertné,

dr. Mátrai Géza, dr. Motál György,

Schödl Ervin

ORION

Rovatvezető: dr. Somogyi András

Tudományos szerkesztő: dr. Frigyes István,

Denk Attila, Froemel Károly,

Nóbik Lajos, Szász Gerő

REMIX

Rovatvezető: Rippel Géza

Tudományos szerkesztő: dr. Kormány Teréz,

Balanyi Szilveszter, Bodnár László,

Kovács Gyula, Mészáros Sándor,

Molnár László

TKI

Rovatvezető: dr. Baranyi András

Tudományos szerkesztő: dr. Lajtha György,

dr. Henk Tamás, dr. Kása István,

Megyesi Csaba, dr. Sárkány Tamás,

dr. Simonyi Ernő

TERTA

Rovatvezető: Szalay Tibor

Keller János, Márk Zoltán, Porpáczy Elemér,

Schnürmacher Tamás, Török László,

Veress Péter

*

Szerkesztőségi ügyekben
és kéziratokkal kapcsolatban
felvilágosítást ad: Szöllősi Györgyné.
Telefon: 495-098

ROVATOK

Egyesületi élet
Rendszertechnika
Kapcsolástechnika
Vezetékes technika
Fénytvádközlés
Vezeték nélküli technika
Adástechnika
Vételtechnika
Mikroelektronika
Alkatrésztechnika
Hálózatelmélet
Elektromágneses problémák

ROVATGAZDÁK ROVATTÁRSÁK

HTE	(H)	BEAG	HTV
TKI	(□)	BME	KONTAKTA
BHG	(#)	BRG	KÓPORC
TERTA	(↔)	EMO	KFKI
ORION	(*)	El. Szöv.	M. Posta
MEV	(↑)	FMV	ML
REMIX	(△)	GAMMA	MM
		HTSZ	MFKI
		HAGY	TUNGSRAM

TARTALOM

H. G. SCHNEIDER—B. JUNGHANS: A mikroelektronikai technológiák és anyagok fejlődésének mai irányzatai..... 241

ERLAKY GYÖRGY: Integrált szilícium színérzékelő..... 254

DR. EISELT BÉLA: Az ország TV átjátszó hálózatának kialakulása... 265

BARTHA ATTILA: TV átjátszó állomások megvalósítása..... 267

ROMVÁRI ANTALNÉ: TV átjátszó tervezés gyakorlati kérdései..... 273

NAGY KÁROLY: Digitális szintetizátor és analízátor 277

GERGELY LÁSZLÓ: RP D4J32-LC típusú digitális rádiórelé rendszer.. 281

Tartalmi összefoglalások 287

A mikroelektronikai technológiák és anyagok fejlődésének mai irányzatai

H. G. SCHNEIDER

VEB Galvanotechnik Lipse (NDK)

B. JUNGHANS

Zentrum für Forschung und Technologie Mikroelektronik Carl Zeiss Kombinat Jena (NDK)



ÖSSZEFOGLALÁS

A szilíciumalapú és A III^{IV}-félvezető vegyületekből készült mikroelektronikai alkatrészek fejlődési irányait foglalja össze a közlemény, különös tekintettel az integráltsági fok növekedéséből és a kapcsolási idő csökkentéséből adódó kérdésekre. A bonyolult technológia-fejlődés számos anyagtudományi kérdést is felvet. A jelen és közeljövő félvezető alapanyaga a szilícium, valamint az A^{III}.BV-félvezető anyagok közül a GaAs és az InP, továbbá az Al-tartalmú három- és négykomponensű szilárd oldatok tulajdonságai is tárgyalásra kerülnek.

1. Technológiai szempontok

1.1. Szilícium mikroelektronika

A mikroelektronika indulásakor — az 50 és 60-as években — két fontos célt kellett kielégíteni:

- miniaturizálás és az elektronikus rendszerek jobbá tétele, valamint
- a tömeg és térfogat egységére vonatkoztatva nagyobb funkcióssűrűség mellett, gazdaságosabb gyártás.

A jelenleg gyártásban lévő termékekben a nemzetközi átlag színvonalon, integrált áramköröként illetve chipenként, melynek tömege 1 g, 10⁶ komponense van, és ez végtermékként körülbelül 1 cm³ térfogatú.

A fejlődés mai állapotában azt mondhatjuk, hogy a termékekben az elektronikus rész tömege és térfogata elhanyagolható a többi elem, tápegységek működtető és vezérlő elemek stb. mellett. Példaként említhetjük a zsebszámológépeket, személyi számítógépeket, szívritmus szabályozókat (pacemaker).

A mikroelektronikai technológiák folyamatosan és rohamosan fejlődnek a mindig nagyobb integrációs fok és az egyre csökkenő belső késleltetési idők felé, aminek két fő oka van:

- mint mindig: a gazdaságosság és
- a mikroelektronika váratlan elterjedése a számítástechnika és hírközléstechnika klasszikus alkalmazási területein kívüli területeken is.

Az előző két tényező természetesen szoros kapcsolatban van egymással.

Feltételezhetjük, hogy a több mint 10⁵ alkalmazás alig 1%-át képviseli az elképzelhető alkalmazásoknak. A mikroelektronika további fejlődése

H. G. SCHNEIDER

a Freiburgi Bányászati Akadémián végezte tanulmányait. 1953—1959 között az NDK bányászatában dolgozott. 1959—65-ig a Nagytisztaságú Anyagok Kutató Intézetében dolgozott. 1965—1968-ig docensként dolgozott az Ilmenai Műszaki Főiskolán ahol elektronikai anyagok kutatása volt a fő témája.

1968—70 között az NDK elektronikai iparának központi irányításában dolgozott.

1970—1984-ig a Karl-Marx-Stadt-i Műszaki Főiskolán egyetemi tanár. Jelenleg a VEB Galvanotechnik Lipse vezető kutatója és tanácsadója, mikroelektronikával, érzékelőkkel és számítógépes tervezéssel foglalkozik.

és alkalmazása a gazdaságosság további javulásától függ, ez konkrétan azt jelenti, hogy:

- kevesebb pénzért jobb terméket lehet kapni és, hogy
- növekszik a racionalizálás majd minden termelő sőt a nem termelő tevékenységekben is.

Ezek a mikroelektronika mai és jövőbeli fejlődésének hajtóerői.

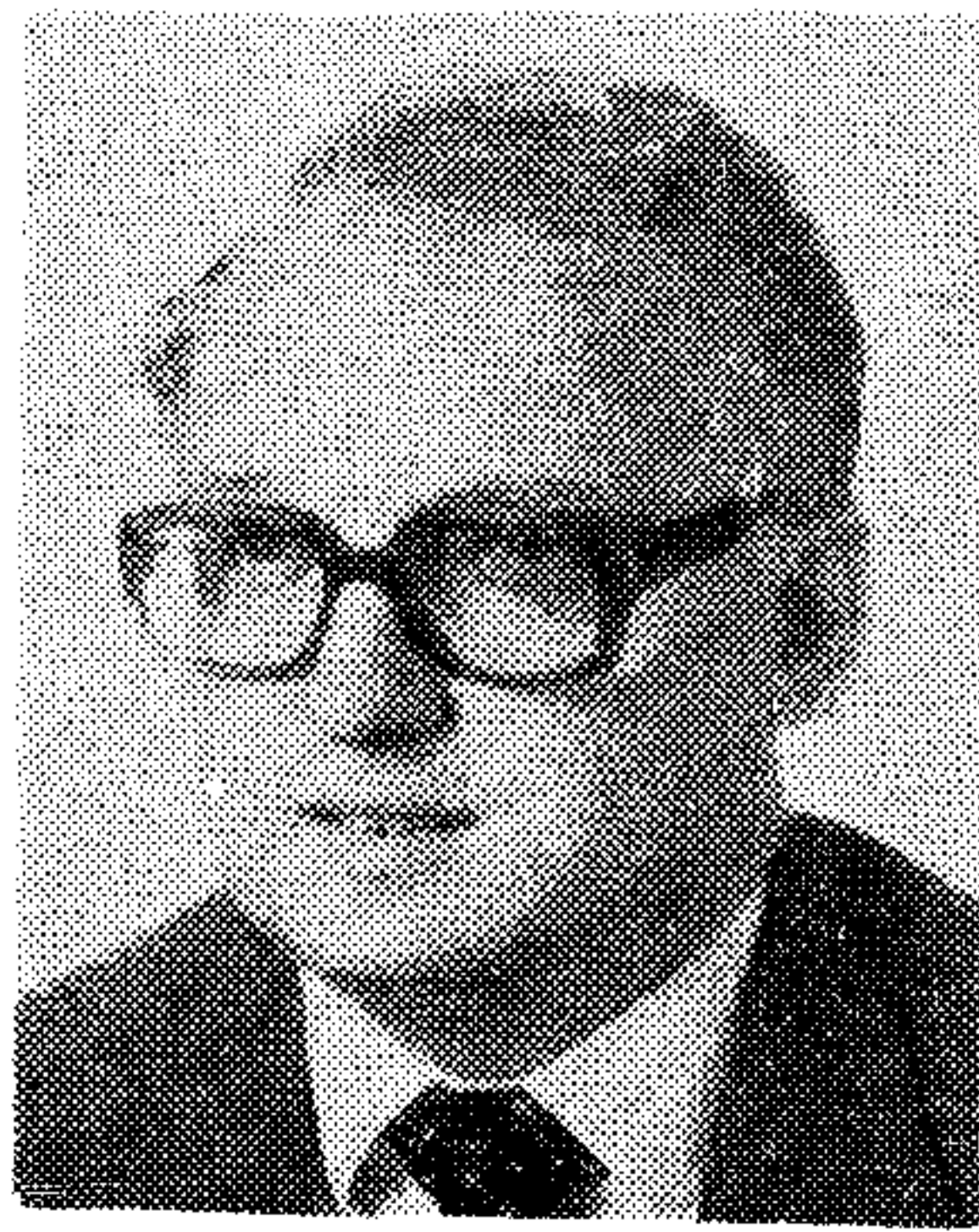
A mikroelektronikai technológia különlegessége, hogy az adott szilícium felület megmunkálásának költsége — durva közelítésben — nem függ a felületegységen megvalósított eszközök számától. Ez a tény a gyártási technológia jellegéből következik, és csak egy adott alaptéchnológián és technológiai fejlettségi szinten belül érvényes. Ezért nem meglepő, hogy például az 1k dRAM, 4K dRAM, 16K dRAM, 64K dRAM és legutóbb a 256K dRAM egymás után közel azonos áron kerültek forgalomba, ami tükrözi azt a tényt, hogy a funkció sűrűség végül is ingyen a 256-szorosára növekedett.

Mindez azt jelenti, hogy az integrált áramkör komplexitásának növelése az IC felhasználóknál csökkenti a költségeket mert kevesebb áramkörtárcsára van szükség, kisebb tápegység is elég, csökken az energiafogyasztás és kisebbek a telepítési és egyéb költségek.

Mindezen faktorok arányosan csökkennek az IC integráltsági fokának növekedésével.

Végeredményben az elektronikának minden más megoldással szemben növekvő intenzív és széleskörű használata a rendszerek megbízhatóságának folyamatos javulását eredményezi. Mivel az integrált áramkörök 10⁻⁶...10⁻⁸/óra meghibásodási valószínűsége majdnem független az integráltsági foktól, a rendszer megbízhatósága több nagyság-

Beérkezett: 1987. X. 7. (H)



DR. B. JUNGHANS

egyetemi tanulmányait Moszkvában végezte 1968-ban. 1972-ig aspiráns volt a Karl-Marx-Stadt-i Műszaki Főiskolán ahol félvezető technológiából doktorált, ugyanott lett tudományos munkatárs,

1976-ig MOS-áramkörökkel foglalkozott. 1984-ig a drezdai Mikroelektronikai Kutató Központban (ZMD) áramkörök tervezését és technológizálását vezette.

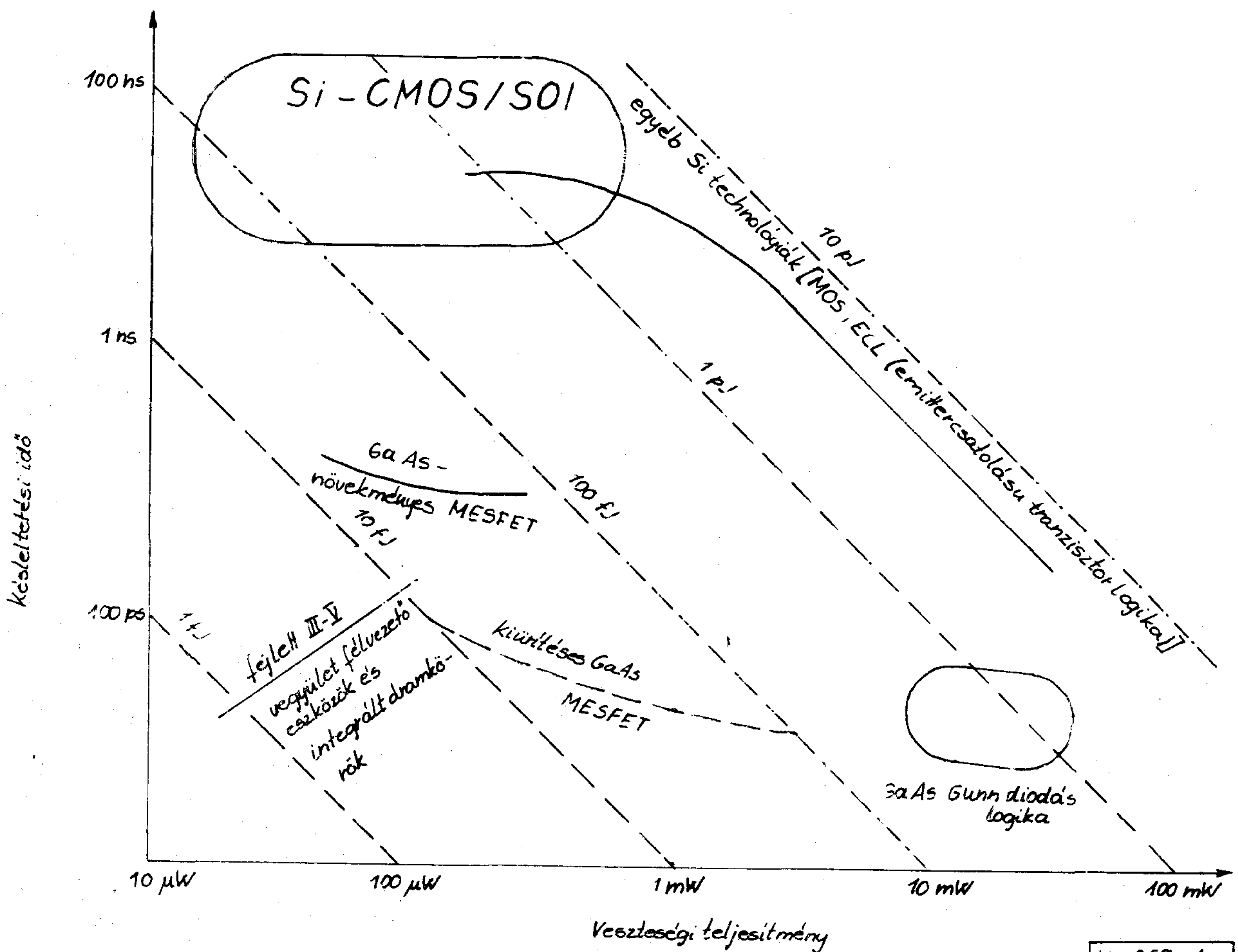
1984 óta a Drezdai Műszaki Egyetemen egyetemi tanár.

renddel javítható egyedül azáltal, hogy nagyobb integráltságú IC-eket alkalmazunk.

További igen fontos probléma a jelfeldolgozási idő csökkentése. Az egyre sokszorozódó alkalmazások és a flexibilis megoldások következtében egyre jobban terjednek a mikroprocesszor áramkörök és a mikroszámítógépek.

A software vezérelt jelfeldolgozás lassúbb mint a huzalozott. A jelenleg használt 1 μ sec végrehajtási periódusidő problémát jelent a folyamatok egyidejű szabályozásában. Feltétlenül csökkenteni kell a belső késleltetési időt és a jel-futási idejét. Ezt a problémát két módon közelíthetjük meg:

- tovább kell növelni az integráltsági fokot, ezzel csökken a jelvezetékek geometriai hossza, ez tulajdonképpen a szilícium IC-elemek további méretcsökkentését jelenti. A cél komplett elektronikus rendszerek kialakítása egy chipen. A Si-IC-ben a jelterjedés időállandója 0,1 μ sec/mm. Ilyen igényeknek csak olyan technológia képes megfelelni, amelyben a késleltetési idő veszteségi teljesítmény alacsony, mint például a CMOS áramkörökben (1. ábra).
- új félvezető anyagok alkalmazásával mint például a III-V félvezetők GaAs, InP és az ezeken a bináris vegyületeken alapuló három és négy komponensű szilárd oldatok. (Ezekről az anyagokról a jelen cikk 2. pontja szól.) Összehasonlítva a Si és III-V-vegyület integrált áramköröket meg kell jegyezni azt, hogy a szilíciumban a telítési elektronsebesség tömb szilíciumban 10^7 cm/sec, ez az érték alig kisebb mint a GaAs-ban tapasztalt érték. Ennek következményeként nagyon kicsi a különbség a GaAs IC (FET) és a Si IC sebessége között, de ebben az esetben a Si messze a telítési feszültsé-



1. ábra. Késleltetési idő/veszteségi teljesítmény összefüggése

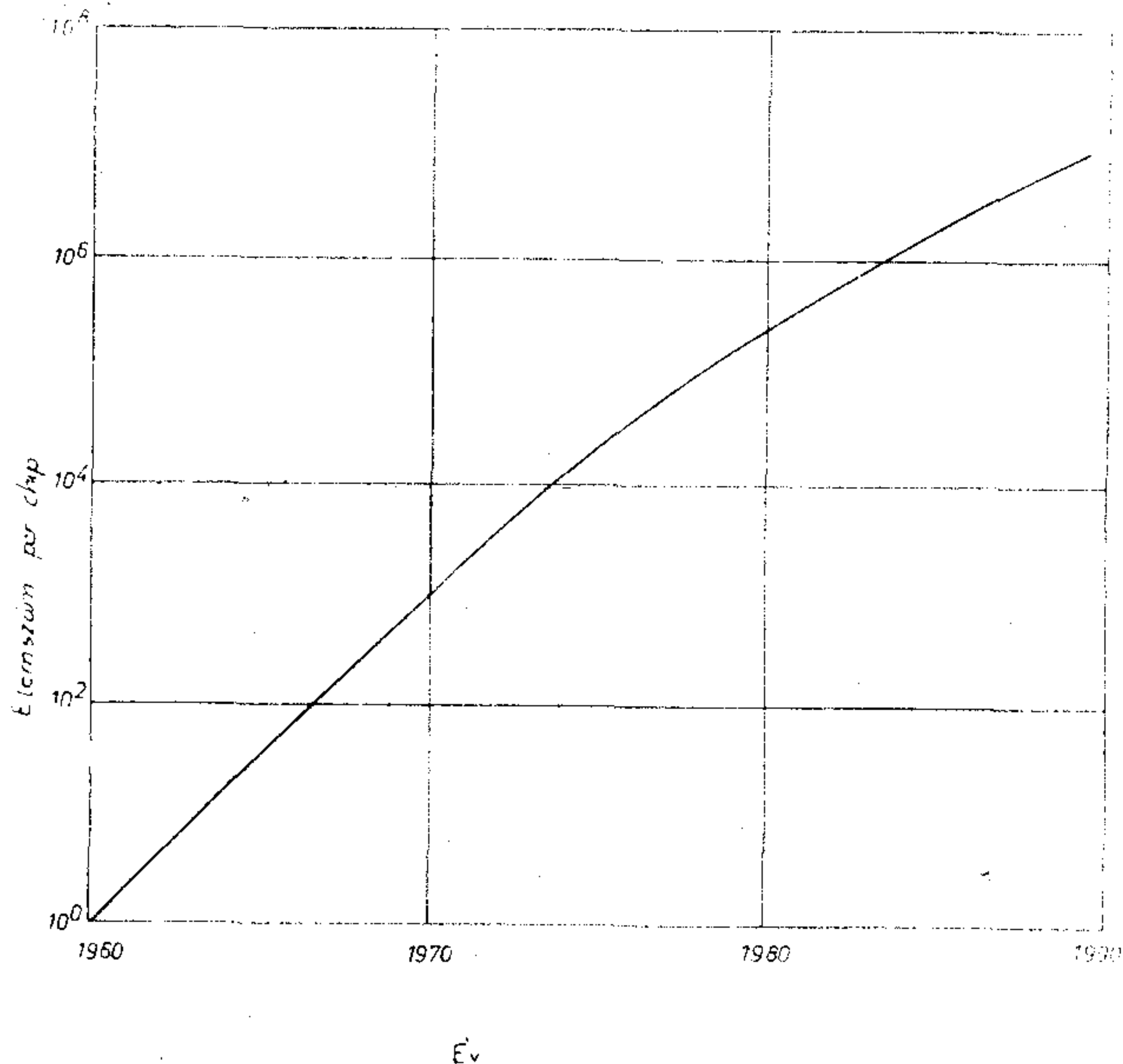
ge felett dolgozik. Nem kívánatos az ilyen erős előfeszítés, különösen nem a VLSI—IC-ben. A GaAs áramkörökben erre nincs is szükség, de van egy sor probléma amit meg kell oldani.

Hogyan növelhetjük az integráltsági fokot?

A fejlesztés irányzatai a 2. ábrán láthatóak.

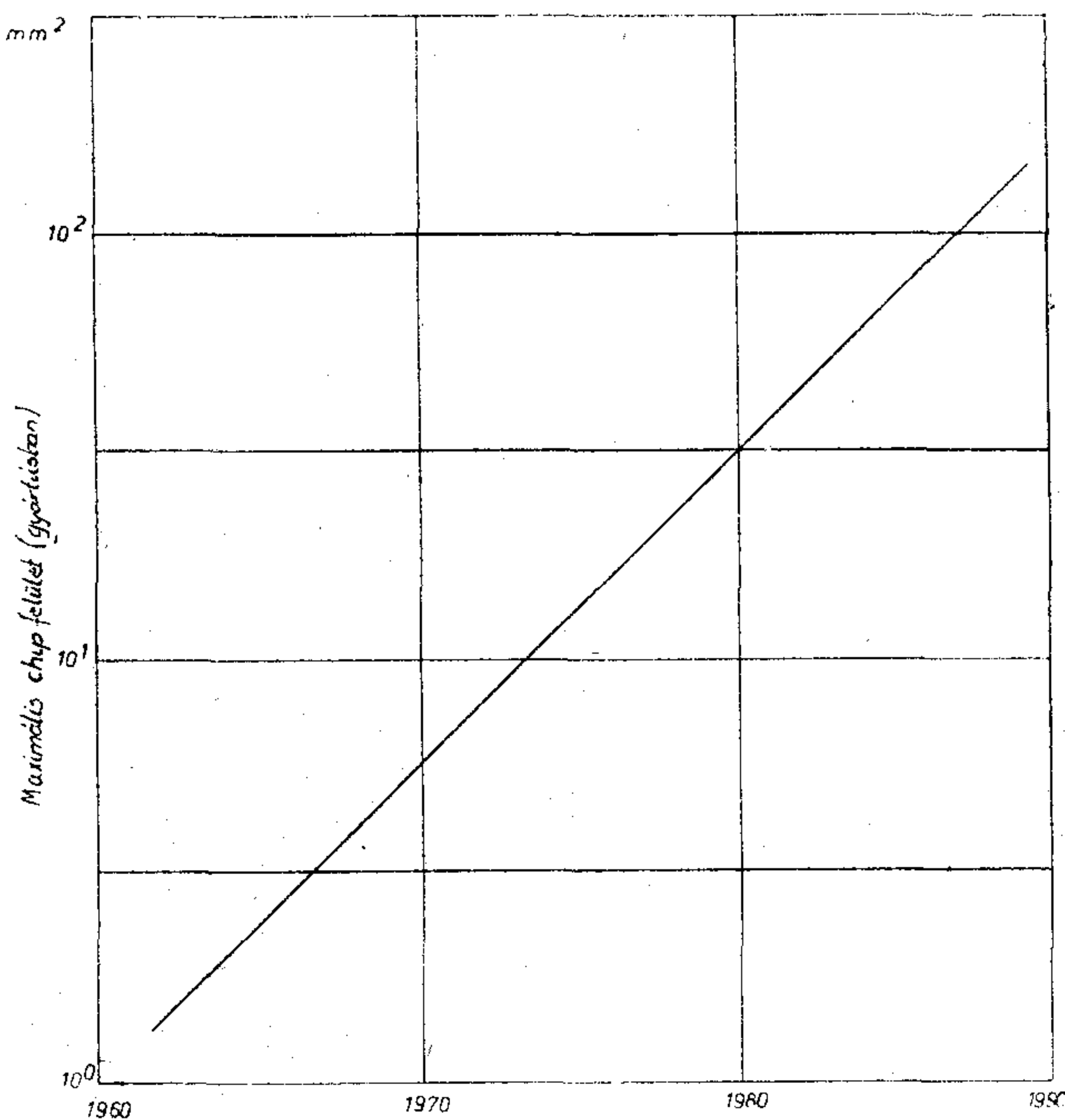
Az integráltság növelésének két útja van:

- a chip felület növelése
- és
- az elemsűrűség növelése.



H369-2

2. ábra. A Si integrált áramkörök elemsűrűségének növekedése (1)



H369-3

3. ábra. A Si integrált áramkörök felületnövekedése (1)

A chip felület növelésének gazdaságossági korlátai vannak. Ez nem a nagyobb Si felhasználással függ össze (3. ábra). Az anyagköltség lineárisan nő a felülettel de ezt kompenzálja az áramkör nagyobb teljesítménye.

Nagyobb problémát jelent a szerelés, de a mai modern kikötési és chipcarrier technológiák meg fogják oldani ezt a gondot.

A fő probléma, hogy az adott technológiai sorra az adott hibasűrűség miatt a jó elemek kihozatala a chipméret növekedésével a Poisson eloszlás értelmében exponenciálisan csökken.

Jelenleg a gazdaságilag elfogadható kihozattal gyártható chipek felülete maximum 100 mm^2 lehet. A hibák számának csökkentése oldhatja fel ezt a korlátot. A stohasztikus hibák legfőbb okai a maszkokon lévő hibák, a közegekben, leginkább a vízben lévő szilárd részecskék, és a környezetből származó por. Ezen csak komplex intézkedések segíthetnek. Nem elég ha például hibátlan az új maszk, annak hibátlanak kell maradnia az egész technológiai folyamat során is. Jó áramkörök kihozatala nagyon összetett probléma és a legfontosabb mérőszáma az elért gyártási kultúra színvonalának és a technológiai minőségnek. Végül a gyártás hatékonysága dönti el a gazdaságosságát. Megjósolhatjuk, hogy az alábbi feltételek együttes megléte esetén a gyártósorokban rövidesen túl lehet lépni a 100 mm^2 chipnagyságot:

- hibamentes maszkok,
- vetítéses litográfia,
- pormentes szeletkezelő rendszerek,
- reverz ozmózis szűrők használata a víz tisztításában,
- új típusú tiszta szoba rendszerek pl. alagút elven.

Ezeket a feltételeket az elemi méretek egyidejű csökkentése mellett kell biztosítani.

Ha a legkisebb méretünk — mint ahogyan az az utóbbi években általános volt — $5 \mu\text{m}$, a $0,5 \mu\text{m}$ méretű hibák nem zavarják az áramkör működését.

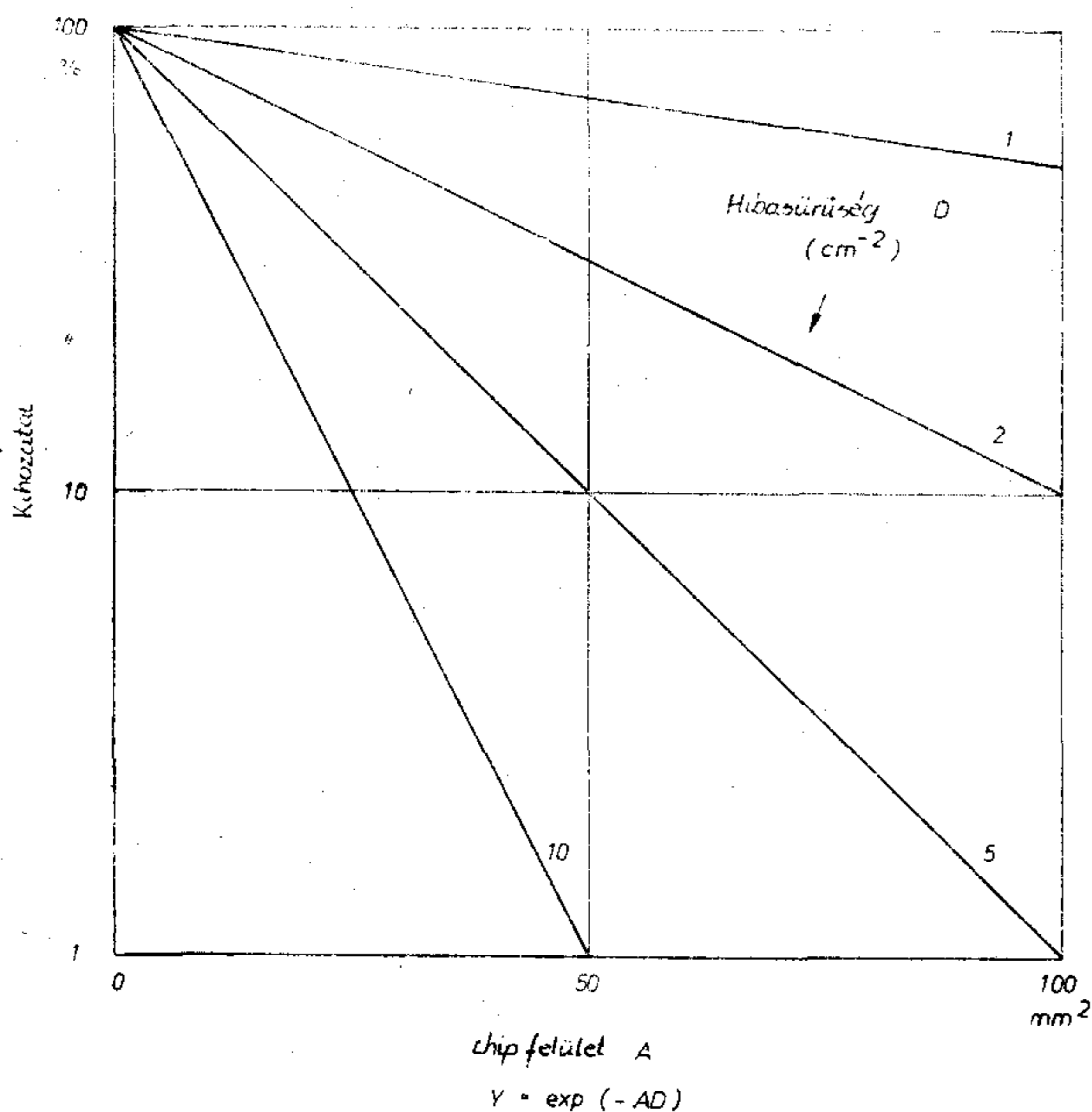
A mai $1,5 \mu\text{m}$ elem méretek mellett már a $0,15 \mu\text{m}$ méretű hibák sem engedhetőek meg.

Az elemsűrűség növelésének négy útja van:

- a legkisebb méretek csökkentése,
- helykihasználás szempontjából optimalizált tervezésű alkatelemek,
- a túrések csökkentése,
- a szigetelések és összeköttetések által elfoglalt területek csökkentése.

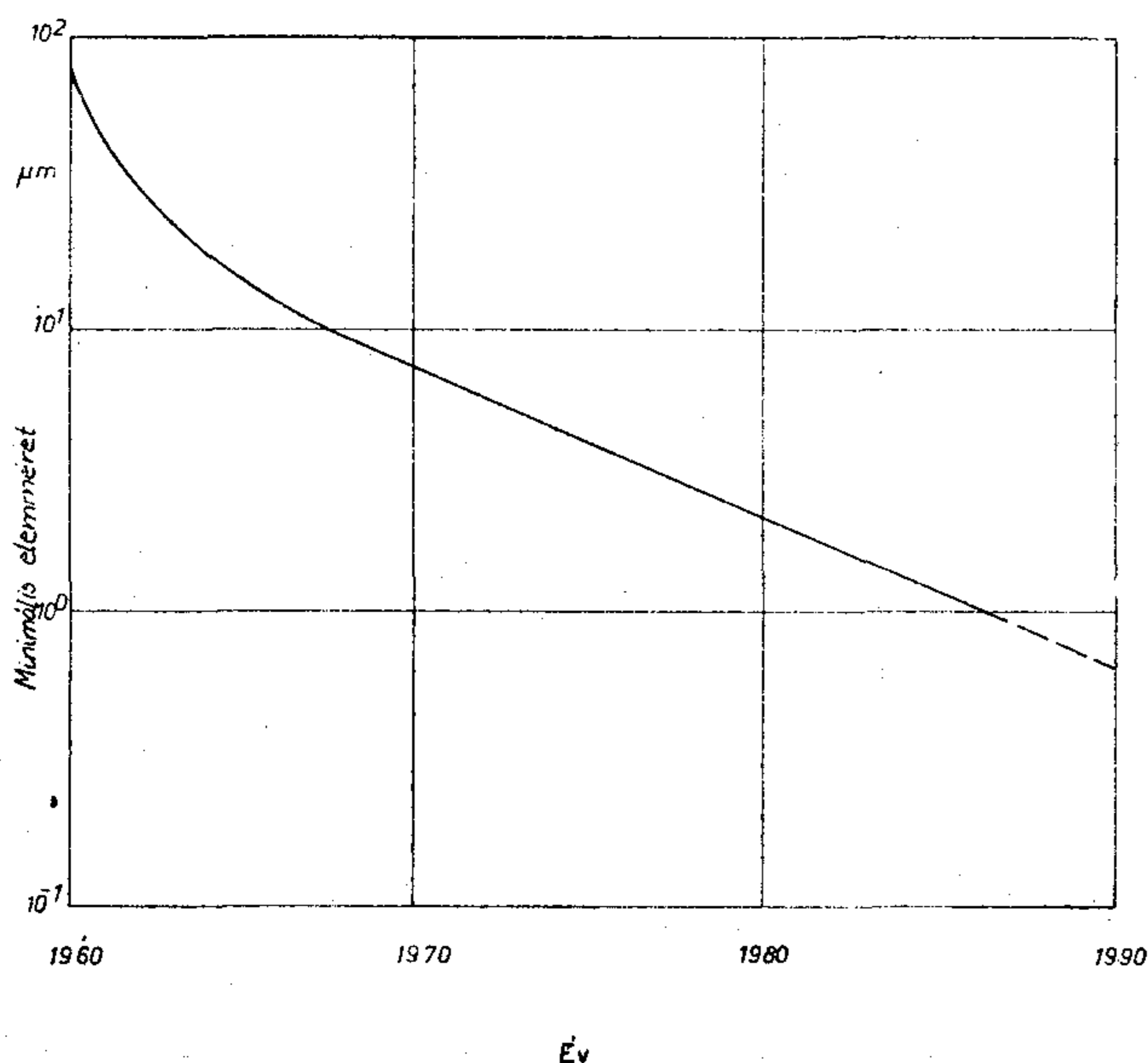
Lényegében az alkatelemek típusától függetlenül a jelenlegi helyzethez képest csökkentve a minimális méreteket nagyságrendekkel lehet csökkenteni az alkatelemek felület-igényét.

Jelenleg Si—IC-ben a legkisebb tranzisztor helyigénye kb. $100 \mu\text{m}^2$. A bipoláris és az unipoláris tranzisztorok méretének fizikai korlátja $1 \mu\text{m}^2$. Az 5. ábrán látható, hogy a nemzetközi trend analízisek szerint ezt a célt ebben a században nem fogjuk elérni. Feltételezhető, hogy tömeggyártásban 10 éven belül megvalósítható legkisebb méret $0,5 \mu\text{m}$, ha három évenként tömeggyártásban a legkisebb méret csökkenése $0,3 \mu\text{m}$ [7].



H369-4

4. ábra. A Si integrált áramkörök kihozatala a chip felület és a hibasűrűség függvényében (1)



H369-5

5. ábra. A Si integrált áramkörök minimális elemméreteinek csökkenése (2)

Az előbb említett $1 \mu\text{m}^2$ felületű tranzisztor megvalósításához $0,1-0,2 \mu\text{m}$ legkisebb méret szükséges (az utóbbi laboratóriumi körülmények között már ma megvalósítható), a korlátot fizikailag az adalékkoncentráció inhomogenitása, az elektron migráció (különösen az IC fémezésében) és a hődisszipáció jelenti. Korlátok vannak a minimális adalékkoncentrációra is, a p illetve n tartományoknak legalább egy adalékatomot kell

tartalmazniok, ez azt jelenti, hogy 10^{18} cm^{-3} adalékkoncentrációnál legalább 10^{-18} cm^3 térfogat szükséges, ez pedig megfelel egy $0,01 \mu\text{m}$ élhosszúságú kockának [7]. Természetesen ez technológiailag nem megoldható. Hasonlóképpen korlátot jelent a vezető anyag, az alkatelemek sűrűsége, a substrát anyag hővezető képessége és a parazita kapacitások. Az elemsűrűség növelése általában csökkenti a parazita kapacitásokat, a tervet optimalizálni kell ebből a szempontból is!

Ilyen kis méretek eléréséhez egy sor alapvetően új technológiai megoldásra van szükség, melyek felülmúlják a fotolitográfia fizikai korlátait. A laterális méretek csökkentése a $0,1 \mu\text{m}$ (100 nm) méretig a „scaling down” elv figyelembevételével megköveteli a vastagságok és behatolási mélységek arányos csökkentését, ez oxidvastagságban 10 nm értéket $p-n$ átmenetek behatolási mélységében pedig 100 nm értéket jelent. A „scaling-down” miatt egyéb paraméterek is megváltoznak (1. táblázat). A „scaling down” alapja az elektronikai

1. táblázat

A scaling down során változó paraméterek. Ha a lineáris méretek csökkennek, a feszültségek is csökkennek $1/a$ arányban, az adalékkoncentráció a -szorosára növekszik [7]

Hosszúság	L	L/a
Vastagság	T	T/a
Feszültségek	U	U/a
Adalékolás	N	aN
Térerősségek	F	F
Kapacitások	C	C/a
Kapcsolási idők	t	t/a
Áramok	I	I/a
Áramsűrűségek	j	aj

alkatelemeket leíró matematikai függvények transzformációja, ezért csak ezek érvényességi határában belül használható. Például a MOS-tranzisztor csatornájában a felületi potenciál nem függ a méretektől, ezért a „scaling-down” során nem változik. Hasonló problémát jelent az elektronok számának csökkenése a csatornában, ez a szám olyan kicsi lehet, hogy az általános radióaktív háttér sugárzás már kapcsolhatja a tranzisztort, vagy, hogy $0,25 \mu\text{m}$ csatornahosszúságnál az adalékolás statisztikus változásai hatnak a nyitófeszültségre, ami azt jelenti, hogy a nyitófeszültség befolyásolhatatlanná válik. Mindezek miatt teljesen új technológiai műveleteket kell bevezetni, mint például ion implantáció, száraz kémiai marás, plazmás oxidáció, gyors hőkezelés és az epitaxiális rétegleválasztás új módszerei (ez utóbbit részletesebben tárgyaljuk a 2. fejezetben).

A szükséges elektronikai funkciót különböző alkatelemekkel lehet megvalósítani. Az alkatelemek

tervezését újra el kell végezni figyelembe véve a VLSI technológia szempontjait.

A logikai áramkörök felület igénye tized részére csökkent, amikor áttértünk a bipoláris TTL áramkörökről az unipoláris MOS áramkörökre. Ha statikus logikai rendszerekről és memória elemekről áttérünk dinamikus elemekre a felület-csökkenés ötszörös, ha dinamikus memóriákban a stack-rendszert használjuk, alkalmazunk programozható csak olvasó memóriákat (EPROM) és CMOS áramköröket további 2–10-szeres felület-csökkentést érhetünk el. Ha a jelenlegi technológiában ismert paraméter és geometriai méret ingadozásokat és inhomogenitásokat megszüntetjük a felület igény századrészére csökkenhet. Az ingadozások és inhomogenitások csökkentése az önillesztő technológiák [3] fokozott bevezetésével (pl. Sigates technológia) és mindenek előtt mikroszámítógéppel vezérelt műveletek alkalmazásával oldható meg.

Az integrációs fok növekedésével a szigetelések és összeköttetések által elfoglalt terület aránya növekszik. Jelenleg ezek teszik ki a chip területének 80%-át. Ez az arány csökkenthető, ha új kis ellenállású kontaktus rendszereket dolgozunk ki, többszintes fémezést alkalmazunk és ha megvalósítunk új szigetelési elveket, például fél szigetelő epitaxiális rétegek vagy szilícium-szigetelő hordozó rendszerek (ez utóbbi problémáról a 2. fejezetben lesz néhány megjegyzés). Ennek a résznek összefoglalásaként néhány megjegyzés a Si-mikroelektronika irányzatairól.

A mikroelektronika első negyedszázados története során a szilícium planáris technológiával a Si-IC integrációs foka évenként körülbelül megduplázódott. Ez megfelel a Moore törvénynek. Ez a tendencia fog érvényesülni a belátható jövőben is, már ami a csúcstermékeket például memória áramköröket illeti.

Az integráció fokának növekedése zömében a legkisebb méretek csökkenése miatt következik majd be. Napjainkig a 256 kbit dRAM áramkörben lévő 1,5 μm legkisebb méret hagyományos, de nagy pontosságú fotolitográfiával valósítható meg. A 2,5 μm -nél kisebb laterális struktúrákat a szeletre léptetéssel (DSW — Direct Step on Wafer) kell megvalósítani, azért is mert egyidejűleg növekszik a szeletméret is a jelenleg használatos 100 mm átmérőtől 150 mm átmérőre. A teljesen automata szelet mozgó és megmunkáló rendszerek kidolgozásával az átmérő 200 mm-re nőhet. Más vetítési eljárás szükséges a nyolcvanas évek második felében az 1 Mbit és a kilencvenes évek végére a 64 Mbit memóriák gyártásához. Ezek az eljárások elektron, röntgen vagy ionsugarakat használnak. Az új eljárások miatt megfelelő hullámhosszúságokra érzékeny rezisztálkokat és reziszttechnikákat kell kidolgozni.

Többrétegű rendszerekkel lehet javítani a felbontóképességet. Alkalmazni kell a száraz kémiai marást különösen fontos az anizotrop és szelektív tulajdonságú reaktív ion marás (RIE).

Az adalékolt rétegek behatolási mélységének csökkenése miatt el kell kerülni a nem kívánt

adalék-diffúziókat és meg kell őrizni a speciális kristályhiba eloszlást, ennek útja, hogy:

- alacsony hőmérsékleten, 900 °C alatt, végezzük a műveleteket,
- vagy magas hőmérsékleten rövid ideig hőkezelünk (gyors hőkezelés).

A termikus oxidálást nagy nyomáson (2–10 MPa) végezzük. A szilíciumot kémiai leválasztással kis nyomáson állítjuk elő a jobb egyenletesség érdekében, a hőmérséklet csökkentéséhez a termikus energia helyett mikrohullámokkal vagy fotonokkal gyorsítjuk a kémiai folyamatot.

Mindezek a tényezők szükségessé teszik a technológiai előírások pontos betartását és a szeletek pormentes kezelését. Ezek a gyártó sorok hierarchikus számítógép irányítással dolgoznak, az integrált gyártó szakaszok „on-line” méréseket tartalmaznak a gyártásközi minősítésre.

Mindezekkel a közeli jövőben lehetségessé válik 10^7 alkatrészt tartalmazó integrált áramkörök gyártása. Természetesen nem szabad figyelmen kívül hagyni a beruházási kérdéseket.

A mikroelektronika megfelelő és gazdaságos művelése megfelelő fejlettségű ipari legalább 100 milliós népességű nemzeti/vagy nemzetközi gazdasági területén lehetséges, szükséges hozzá a megfelelően nagy IC választék kialakítását biztosító fejlesztési bázis, és a sokoldalú felhasználói háttér.

Mivel a fejlesztés szoros kapcsolatban van az anyagproblémákkal néhány technológiai kérdés tárgyalását az anyaggal foglalkozó rész tartalmazza.

1.2. III—V vegyületfélvezetők a mikroelektronikában

A szfalerit rácsú III—V vegyületfélvezetők a következetes anyagkutatás csodálatos eredményei: teljesen hasonló szerkezetűek mint az elemi félvezetők Si és Ge, de határozottan nagyobb az elektron mozgékonyosságuk mint ez utóbbiaké (2. és 3. táblázat).

2. táblázat

A gyakorlatban fontos III—V félvezető vegyületek néhány fontosabb paramétere (300 K fokra vonatkozó)

Anyag	Töltéshordozó				Sáv-szélesség E_g [eV]	Rács állandó A_0 [pm]
	mozgékonyosság		effektív tömeg			
	μ_n [cm ² /Vs]	μ_p	m_n/m_0	m_p/m_0		
GaAs	8 800	450	0,067	0,54	1,43	565,31
InP	4 600	150	0,075	0,24	1,27	586,88
[In Sb]	100 000	1700	0,013	0,18	0,18	647,94]
Ga ₄₇ In ₅₃ As	12 000	300	0,04	0,4	0,8	575,45
Al ₃₂ Ga ₆₈ As	3 000				1,9	565,81
Si	1 350	480	1,1	0,59	1,12	543,1

A Si, GaAs és InP nagyfrekvenciás tulajdonságait befolyásoló néhány adat és minőségi jellemző [5], [10, 11, 12]

Paraméter	Egység	Si	GaAs	InP
Szaturációs drift sebesség v_{sat}	cm s^{-1}	$1 \cdot 10^7$	$2 \cdot 10^7$	$2,5 \cdot 10^7$
Letörési térerősség F_d	V cm^{-1}	$2 \cdot 10^5$	$3,5 \cdot 10^5$	
Dielektromos állandó ϵ_{rel}		12	11,5	11,7
Hővezetőképesség $W \text{ cm}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$		1,5	0,5	0,7
Jósági tényező Z_J	$\text{V}^2 \text{s}^{-2}$	$3,2 \cdot 10^{23}$	$1,9 \cdot 10^{24}$	
Jósági tényező Z_K	$\text{W s}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	$6,7 \cdot 10^7$	$3,2 \cdot 10^7$	$8 \cdot 10^7$
Mozgékonyosság szorzat $\mu_n \cdot \mu_p \cdot \epsilon$		$2,5 \cdot 10^4$	$5,3 \cdot 10^3$	$9,1 \cdot 10^4$
Maximális működési hőmérséklet $^\circ\text{C}$		250	420	320

Johnson-féle jósági tényező:
 $Z_J = E_d^2 v_{sat}^2 / 4\pi$

Keyes-féle jósági tényező:
 $Z_K = \lambda (C v_{sat} / 4\pi\epsilon)^{1/2}$

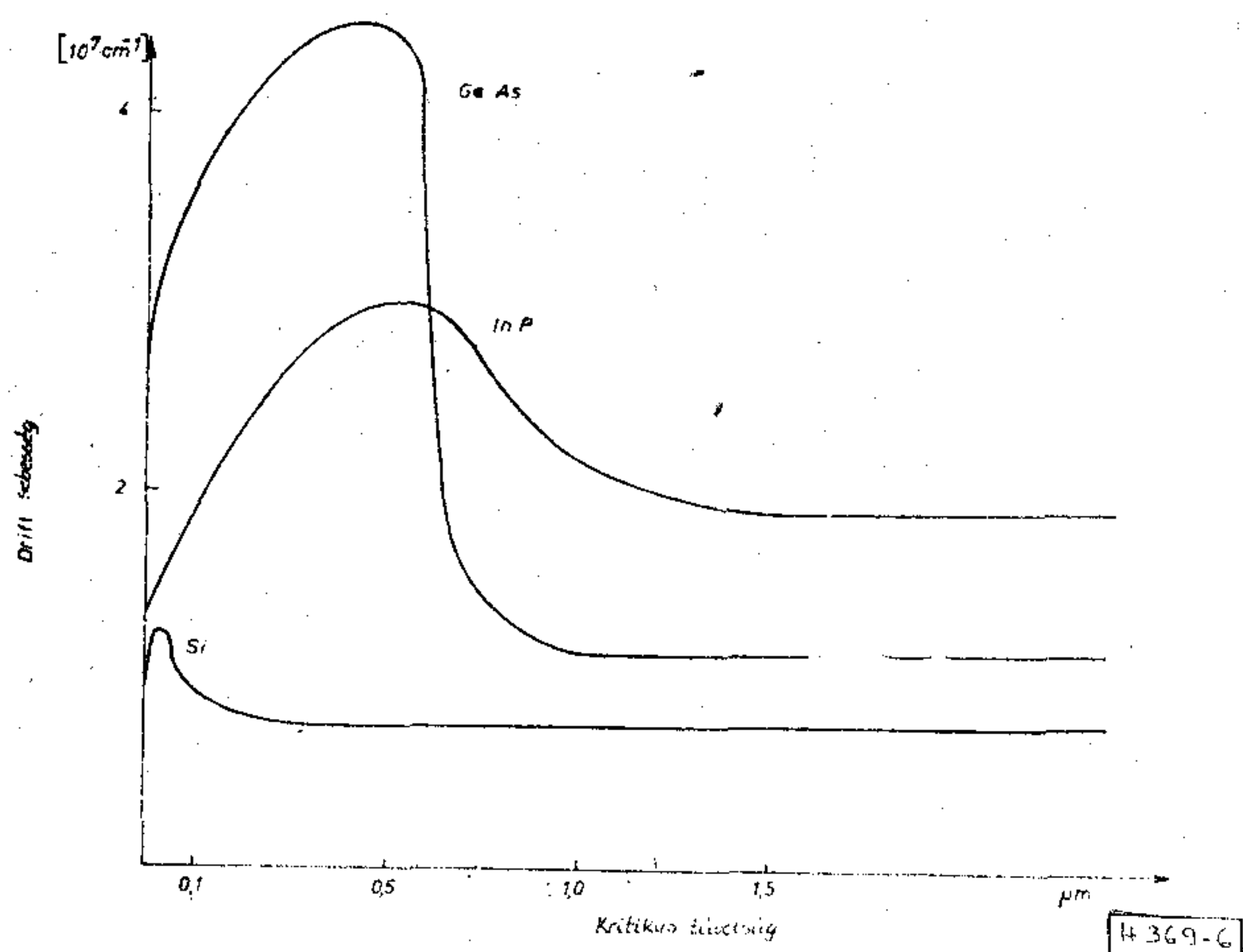
A legfontosabb a III—V félvezető anyagokban, hogy új minőségű heteroátmenetek készíthetők belőle, és megvalósítható a ballisztikus elektron transzport [4].

Ez utóbbi alkalmazás említésekor hallgatólagosan feltételeztük, hogy $0,5 \mu\text{m}$ -nél kisebb laterális méretek megvalósíthatók, és hogy rövid csatornában, szóródás mentes elektron transzport lehetséges.

Ez második effektus szilíciumban technológiailag megvalósíthatatlan mert a szóródásmentes elektron transzport távolsága kisebb mint $0,05 \mu\text{m}$ szemben a III—V vegyületekre érvényes előbb említett értékkel (6. ábra).

A III—V félvezetők gyártási technológiája elvileg hasonló a Si-IC gyártási technológiájához, de van néhány lényeges korlátozás [5]. A kisebbségi töltéshordozók „kellemetlen” tulajdonságai (lyuk mozgékonyság, élettartam) miatt bipoláris áramkörök nem készíthetők.

A III—V félvezető és szigetelő rétegek határfelületének tulajdonságai miatt egy sor nehézség van MOS típusú tranzisztorok készítésében, vagy a planár technológia általános alkalmazásában. A technológiai kutatásnak van néhány újabb biztató eredménye [8]. Plazmás, anódikus oxidációval maximálisan 10 nm vastag oxidréteg növeszthető GaAs és InP felületére. Ezt követően vákuum gőzöléssel nagyon vékony Al réteget visznek fel, amit $100\text{—}150 \text{ nm}$ vastagságúra oxidálnak anódos plazmás oxidációval. Mindezen mű-



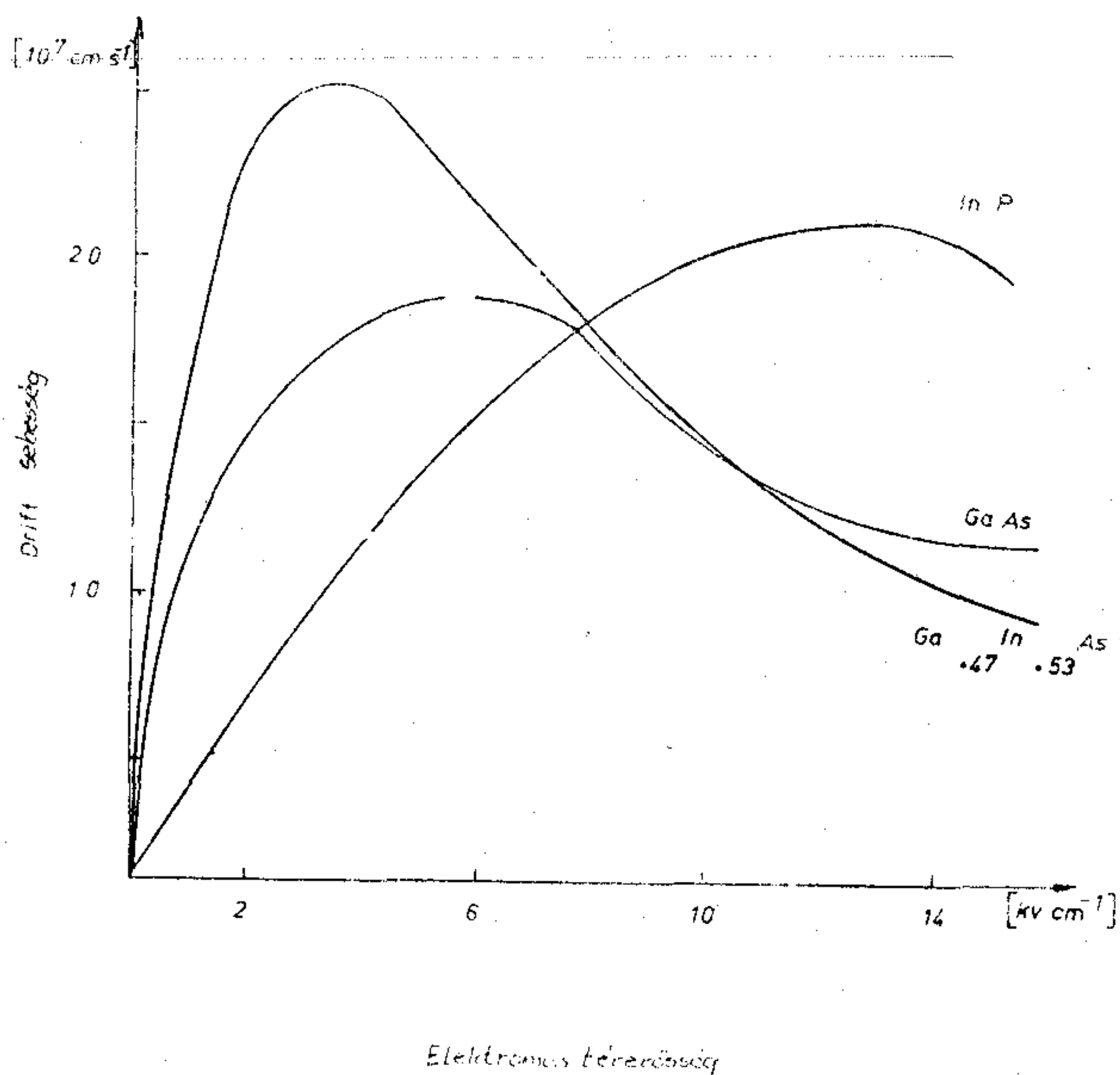
6. ábra. A kritikus távolság és az elektron drift sebesség összefüggése (4)

veleteket $150\text{—}180 \text{ } ^\circ\text{C}$ hőmérsékleten végzik. Ezzel a módszerrel megfelelő VLSI áramkörök készíthetők. A GaAs alapanyag előnye, hogy a Cr adalékolással kompenzált nagy tisztaságú GaAs igen nagy ellenállású ($>10^8 \text{ ohmcm}$); így VLSI áramkörök szigetelő hordozójaként is felhasználható.

InP alapanyaggal van néhány probléma az intrinsic ellenállás kicsi 10^4 ohmcm , és az ellenállás is inhomogén.

Az adalékolást szinte kizárólag ionimplantálással valósítják meg. A hőkezelést a megfelelő nagyságú As nyomás mellett zárt térben végzik. Lehetséges a hőkezelés SiO_2 és Si_3N_4 rétegekkel védett felületekkel is.

A mikroelektronikai áramkörök továbbfejlődésének az 1.1. részben leírt elvei itt is érvényesek.



7. ábra. A statikus sebesség és a térerősség összefüggése ($N_d = 10^{17} \text{ cm}^{-3}$, 300 K , Monte-Carlo módszerrel számítva) (9)

Félvezető	Kontaktus anyaga	Rendszer vastagsága [nm]	Hőmérséklet [°C]	Ötvözési idő [min]	Közeg	Félvezető adalékolás [cm ⁻³]	Fajlagos kontaktus ellenállás [Ω cm ⁻²]	Technológia
n-GaAs	Pd/Ge	50/50	500	120	Vákuum	1.2.10 ¹⁶ 10 ¹⁷ 1.5.10 ¹⁸	3.10 ⁻⁴ 1.7.10 ⁻⁴ 3.5.10 ⁻⁵	S
n-GaAs	Pd/Ge	125/47	500 550 600	20 20 20	N ₂ áram N ₂ áram N ₂ áram	1.1.10 ¹⁶ 1.1.10 ¹⁶ 1.1.10 ¹⁶	3.10 ⁻¹ 2.5.10 ⁻³ 3.5.10 ⁻⁴	S
n-GaAs	Ni/Ge	100/100	550	5	Vákuum és/vagy gázáram	1.1.10 ¹⁷	3.10 ⁻⁵	S
	Ta/Ge		650	5		1.1.10 ¹⁷	5.10 ⁻⁴	S

Megjegyzés: Energiasűrűség értéke, hőkezelés és implantáció körülményei, adalékkoncentráció függőek

Félvezető	Kontaktus anyaga	Rendszer vastagsága [nm]	Sugárzás	Energia sűrűség [J/cm ²]	Hőkezelés impulzus hossza	Félvezető adalékolás [cm ⁻³]	Fajlagos kontaktus ellenállás [Ω cm ⁻²]	Technológia
n-GaAs	AuGe/Ni/Au AuGe/In AuGe/Pt/Au Au-Ge/Ti/Au AuGe/Ag/Au	120—170 40/ 50—60	CW-Argon Lézer =0,51 μ m	0,64 0,56 0,61 1,35 0,66	43 cm/s 43 cm/s 43 cm/s 20 cm/s 43 cm/s	10 ¹⁷	4.8.10 ⁻⁶ 1.3.10 ⁻⁶ 1.5.10 ⁻⁵ 1.8.10 ⁻⁵ 2.0.10 ⁻⁴	p.a ⁺)
n-GaAs	AuGe	300	Q-kapcsolt rubin lézer =0,6943 μ m	1,02	15 ns	3.10 ¹⁶	7—5.10 ⁻⁵	p.a ⁺)
n-GaAs	AuGe/Ni/Au AuGe/Pt/Au AuGe/Ag/Au AuGe/Pt	120—170/ 40/ 50—60 120/30	impulzus elektronsugár E=10—12 keV E=20 keV	0,28 0,28 0,32 0,3—0,5	100 ns 100 ns	10 ¹⁷ 7.10 ¹⁷	2—9.10 ⁻⁵ 4.10 ⁻⁷	p.a ⁺)

Félvezető	Kontaktus anyaga	Hőkezelési módszer	Speciális körülmények	Implantáció dózis, energia, hőmérséklet	Implantált ion	Fajlagos kontaktus ellenállás [Ω cm ⁻²]	Technológia
n-GaAs	AuGeNi	N ₂ hályha	800 °C 20 min CVD SiO ₂ védőréteg	7.10 ¹³ cm ⁻² 40 keV 1.10 ¹⁴ cm ⁻² , 100 keV 20 °C	Si	5.10 ⁻⁷	i.i ⁺)
n-GaAs	Ti Pt Au	elektronsugár	E=10—15 keV t=150 ns p=0,71 I/m ²	10—15.10 ¹⁵ cm ⁻² 120 keV, 20 °C	Se	<6.10 ⁻⁷	i.i ⁺ —
n-GaAs	Al	elektronsugár	E=12 keV t=80 ns p=0,65—0,93/cm ²	5.10 ¹⁵ cm ⁻² 50 keV 350 °C	Se	<6.10 ⁻⁶	i.i ⁺)
p-InP	Au	Nd-YAG- Nd-YAG- rubin lézer	=1,06 μ m, t=200 ns I=0,5 I/cm ² =0,53 μ m, t=300 ns =0,694 μ m, t=50 ns	3.10 ¹⁵ cm ⁻² 30 keV, 20 °C	Zn	0,5—2,2.10 ⁻⁴ 0,8—2,4.10 ⁻³ >10 ⁻²	i.i ⁺)

Megjegyzés: A leggyakrabban használt eljárás: ion implantációval a félvezető felületet erősen adalékolják, majd gyors hőkezelés következik.

A Czochralski (CZ) és a zónásan növesztett (FZ) Si kristály jellemző tulajdonságai [5]

Paraméter	CZ-kristály	FZ-kristály
Diszlokáció szám	zéro	zéro
Max. átmérő	150 (200)	100 (150)
Szokásos átmérő	100 (150)	75 (100)
Ellenállás tartományok:		
n-típus	0,005—50 Ωcm	10—300 Ωcm
p-típus	0,005—50 Ωcm	10—3000 Ωcm
Adalékanyagok	B, P, As, Sb	B, P
Orientáció	[111], [110], [100]	[111], [110]
Élettartam	10—50 μs	50—1000 μs
Oxigén-tartalom	10^{17} — 10^{11}cm^{-3}	10^{16}cm^{-3}
Szén-tartalom	10^{16} — 10^{17}cm^{-3}	10^{16}cm^{-3}

Megállapítható továbbá, hogy az adalékanyagok Se, Zu, Si, Be, Fe stb. külön is képeznek vegyületeket.

Jelenleg a III—V. félvezetőhöz létesített ohmos kontaktusok tulajdonságairól csak kevésbé elégtő ismereteink vannak. Ahhoz, hogy ezt a kérdést megnyugtatóbban rendezni tudjuk, még sokkal több kutatásra van szükség. Az 5. táblázat néhány kontaktus készítési technológia, a hozzá szükséges anyagok és az elért kontaktus ellenállás adatait foglalja össze.

1.3. Következtetések

A gazdaságossági szempontok azt sugallják, hogy egy azonos technológiával a maximális típusvariációt gyártsuk.

Ez az ötlet úgy valósítható meg, hogy kidolgozzunk egy bázistechnológiát, amelyik bizonyos lépéseiben a megengedett határokon belül módosítható. Ennek ellenére a mikroelektronikát az jellemzi, hogy gyors egymásutánban jelennek meg új bázistechnológiák, bár bevezetésük nagyon költséges.

A mikroelektronikai technológiák viharos fejlődésében két egymással ellentétes irányzat figyelhető meg:

1. A gyártóhelyek magas beruházási költsége, néhányszor 10^8 USD, azt sugallja, hogy az adott technológiát annyira használjuk ki, amennyire csak lehet.
2. Teljesen új gyártmányoknál igen gyakran olyan magas fokú az integrált áramkörök javulása, hogy minél rövidebb idő alatt be kell vezetni a gyártásba.

Az ellentmondás feloldását az ún. „felfelé kompatibilis” technológiákban találták meg. A „felfelé kompatibilis” technológia olyan bázistech-

Például az önillesztő source és drain kontaktusok alkalmazása segítségével tovább csökkenthető a kapcsolási idő [8]. A közeljövőben várható olyan VLSI áramkörök megvalósítása, melyek impulzusüzemű frekvenciája 100 GHz és a késleltetési idő/teljesítmény aránya kisebb mint 1 fJ.

A GaAs mellett egyre érdekesebbé válik az InP, mert nagyobb a drift sebessége, nagyobb tér kapcsolható rá és ez egészében nagyobb tranzit frekvenciát jelent (7. ábra) [9].

A III—V félvezetők előállítása, IC célokra függetlenül attól, hogy kettős, hármas vagy négyes vegyületeket kívánunk előállítani, legalkalmasabban az organometallikus kémiai leválasztással történik (CVD). Ez az eljárás gazdaságosabb és legalább annyira pontos, mint molekula sugár epitaxia vagy más PVD-eljárások vagy a folyadékfázisú epitaxia (LPE). (Erről a problémáról még lesz szó a 2. fejezetben a 2.1. pontban.)

A III—V félvezető alapú VHSI (nagysebességű, Very High Speed Integrated Circuit) áramkörök mérés-technikai problémát vetnek fel, szükség van psec tartományban működő mérőberendezésre.

Az oxidréteg leválasztása mellett a III—V félvezetőkön az ohmos kontaktusok kialakítása is egy sor nehéz problémát jelent. Tekintsünk át ezek közül néhányat. Az ohmos kontaktus minősége különösen fontos, kiváltképp a megbízhatóság és a reprodukálhatóság [25].

Az ohmos kontaktusokat megfelelő fémréteggel, vagy fémötvözet réteggel valósítják meg diffúzióval, ionimplantációval vagy félvezető epitaxiával kialakított erősen adalékolt felülethez. Lehetséges az ohmos kontaktus kialakítása több komponensű fém-félvezető rendszereknek a fém leválasztással egyidejű hőkezelésével. A fém leválasztása termikus úton, fizikai gőzfázisból (PVD) vagy porlasztással történik. A fém megfelelő adalékanyagot tartalmaz. A hőkezelés ellenállás fűtésű kályhában vagy laser/elektron sugaras hőkezeléssel történhet. A szükséges tunnel átmenet a fém és a félvezető között ötvözéssel vagy szintereléssel alakítható ki.

A fém és a félvezető határfelületén lezajló reakciók alapvető fontosságúnak, minden ismert rendszerben jelentkeznek ezért ismeretük fontos. Hatásukra az eszköz elromlik. Ezek a felületi reakciók egyrészt új vegyületeket vagy fázisátalakulást okoznak, a Pt/GaAs, Pt/Ti/GaAs, Pd/GaAs kontaktusrendszerekben PtGa PtAs₂ (vékony réteget alkot) TiAs, PtAs₂, PtGa stb. vegyületek alakulnak ki.

Más részről a kontaktus fém bediffundál az alapanyagban, ez a jellemző reakció pl. Au esetében, miközben bináris vegyületek is képződnek. A reakció eredménye egy sor aranyat, galliumot, indiumot, arzént és foszfort tartalmazó fázis. Minél összetettebb egy III—V vegyület, annál bonyolultabbak a felületi reakciók. Összefoglalva megállapítható [25], hogy a kontaktus anyagok összetevői mint az Au, Pt, Ag, In, Mo, Ta, Ti, Pd reagálnak a félvezető felülettel és többé kevésbé bonyolult bináris vegyületeket alkotnak a félvezető felületközeli tartományában.

nológia, vagy technológiai részművelet, amelyik biztosítja, hogy az alacsonyabb fejlesztési fokon kidolgozott integrált áramköröket a fejlettebb technológiai színvonalon ugyanúgy lehet gyártani [5].

2. Alapanyagok

2.1. Szilícium-kristályok és rétegek

A mikroelektronika további fejlődése mindenképp előtt az alapanyagától függ. A szilícium a legfontosabb alapanyaga a mikroelektronikának, habár az anyagi jellemzői kevésbé előnyösek mint a legtöbb III—V vegyület félvezető.

Nincsen más félvezető, amelynek ennyire jók a fizikai, kémiai és technológiai tulajdonságai, és rendelkezésünkre is áll.

Mindezekért egyetlen félvezető anyagra sem dolgoztak ki ilyen magas műszaki színvonalú és gazdaságos technológiai eljárásokat.

Elképzelhetetlenül nagy kutatási és technológiai erőfeszítések tették ezt a nagytisztaságú hibátlan anyagot, a szilíciumot mindenhatóvá és mindennek a mércéjévé. Új anyagok csak akkor jöhetnek számításba, ha úgy technológiai gazdaságossági, mind alkalmazástechnikai előnyök együtt a jó ellátással feltétlenül megkövetelik.

Ez azt jelenti, hogy a szilíciumot még ki fogják használni a maximális mértékben, és mindaddig, ameddig a Si el tudja látni szerepét nem igen fogják helyettesíteni más anyaggal, és mindenki azon fog dolgozni, hogy a Si a lehető legtöbb feladatra alkalmas legyen.

Nem szabad azt gondolni, hogy a Si területén olyan sok kutatást végeztek, és már nincs mit tenni, és a szilíciumot már tökéletesen ismerjük. Minél jobban csökkennek a mikroelektronikában méretek, annál több alapanyag probléma keletkezik. Ezek azok a problémák, amivel jelen cikkünk foglalkozik.

Szilícium egykristály

Alapjai a Si-mikroelektronikának, mert ezeket használjuk IC szubsztrátumként [5].

A Si egykristályok tisztasága a polikristályos anyag gyártástechnológiájának tisztaságától függ. A polikristályos anyagból növesztjük az egykristályt, az a legfontosabb művelet a kristály kémiai és „fizikai” tisztaságának javításában, igen jó minőségű, erősen megnövekedett átmérőjű 60 kg súlyú kristály előállításában (4. táblázat).

A növesztés megbízhatósága és reprodukálhatósága az automatikus átmérő-szabályozástól függ, infravörös érzékelők vagy digitális kamerák biztosítják az állandó átmérőt és stabilizálják a növekedési sebességet, és szabályozzák a mag felnövekedését a végső átmérőre.

A teljesítmény elektronikához és a CCD eszközökhöz szükséges nagytisztaságú anyagokat zónás kristálynövesztéssel állítják elő (FZ-kristályok). A szabályozási problémák azonosak a CZ-technológiában jelentkezőkkel.

A szilícium kristályok igen homogén P-alapú adalékolását neutron transzmutációs adalékolással

oldják meg. Igen nagy erőfeszítéseket tesznek a tengely és sugárirányú ellenállás változások csökkentésére. Keresztirányú mágneses tér alkalmazásával csökkennek a növekedési hibák, az oxigén tartalom $1 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ értékre csökken, az ellenállás 380 Ohmcm, nem lépnek fel rétegépülési hibák (stacking fault), és a hőkezelt szeletekben nem lesznek „swirl”-hibák vagy egyéb oxigénnel kapcsolatos hibák [13]. Módosították a CZ-berendezések tégelyét is. Mechanikai tulajdonságai miatt az FZ kristályoknál előnyös az N adalékolás [14].

Az oxigén atmoszférában hőkezelt szeletekben nagy a mikrohibák sűrűsége, ezek getterező centrumokként működnek. Hasonló lokális getterező hatást érhetünk el, ha a szeletek hátoldalát nemesgáz ionokkal bombázzuk. Ilyen „hiba tervezéssel” (defect engineering) lehetővé válhat három dimenziós áramkör struktúrák kialakítása, ez tovább növeli az integrálási fokot, a laterális méretek egyidejű csökkenésével. A csökkenés eredményeként $1 \mu\text{m}$ alatti struktúrák alakíthatók ki [7].

A mikroelektronikában jelenleg használt és a jövőben kifejlesztendő szilícium alapanyag legfőbb problémái a getterezési kérdések (oxigén és belső getterezés), és a megmunkálás során keletkező kristályhibák. Az érzékeny vizsgálati módszerek egy sor nagyon érdekes tudományos problémát hoztak felszínre a tudományos műszerfejlesztés, kutatás és gyártás, az in situ vizsgálatok a számítógépes vizsgálatok és az interpretáció területén (további információk [15]-ben található). A szeletek tartalmazhatnak A és B swirl-hibákat, kristályrács hibákat különösen intersticiális atomokat, kémiai szennyeződéseket mint a C és az O. A kristályban mechanikai feszültségek keletkeznek (4. táblázat) [5]. A technológiában szereplő magas hőmérsékletű hőkezelések eredményeként a kristály törekszik a legkisebb szabad energiájú állapot elérésére. E folyamat során néhány tipikus hiba jön létre pl. SiC precipitáció (szegregáció) egyes diszlokációk és diszlokációs hurkok, rétegződési hibák, ezek különösen epitaxiánál és oxidációnál gyakoriak. A további hibák keletkezését elősegítik a térfogati (swirl hibák, precipitációk) és felületi (mechanikai karcok, marószerszámok maradványok, orientálási hibák, ionimplantációs károsodás) hibák [5].

A diszlokáció keletkezésére a nagyobb tisztasága miatt az FZ-kristály érzékenyebb mint a CZ-kristály.

Ezen hibák nagy érzékenységgű diagnosztizálása két okból nagyon fontos:

1. sürgősen el kell végezni ezen hibák tudományos vizsgálatát, hogy megismerjük természetüket és eredetüket,
2. megismerve a hibákat meg kell tanulni, hogyan lehet őket csökkenteni vagy elkerülni, és hogyan lehet ezt a folyamatot vezérelni, mindezt az áramkör struktúra méretének kb. $1 \mu\text{m}$ csíkszélességre való csökkentése mellett, az egyéb „scaling” faktorok figyelembe vételével.

Az irodalom [5] szerint elektromos vizsgálatokkal, elektron mikroszkóppal, elektron és ion spektrosz-

kópiával a következő legfontosabb kérdéseket kell megvizsgálni: *CZ-Si kristályban* a homogén eloszlott oxigént ($7 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ körüli érték), getterező *hatását*, a lehetséges legkisebb széntartalmat és természetesen a Si teljes hibaszerkezetét. Hasonló módon kell vizsgálni a szigetelő/félvezető, fém/félvezető, szigetelő/fém *határfelületeken* a felületi állapotok eloszlását, az átmeneti rétegeket, a fázis-összetételt, a sugárkárosodást, a szigetelő rétegekben a (SiO_2 , Si_3N_4 , Ta_2C_5 , Al_2O_3) a hibákat és a szigetelő töltését a töltéshordozó transzportot a letörési tulajdonságokat a sugárkárosodást; a *gate elektroda anyagában* (polikristályos Si) a struktúrát, az elektromos tulajdonságot; a *vezető pályák anyagában* (Al, szilicidok): a bediffúziót, fázis-összetételt, struktúrát és az elektron migrációt. Úgy véljük a kristályok elektromos tértől függő anizotróp tulajdonságai, melyeket nemrég fedeztek fel [16] is megvizsgálandók a mikroelektronikai áramkörökre gyakorolt hatásuk szempontjából.

Szilícium egykristályos rétegek

Alapvető jelentőségű technológiai lépés szilícium egykristály rétegek leválasztása szilícium vagy szigetelőhordozóra. Teljesen függetlenül attól, hogy egykristályos (epitaxiális) vagy polikristályos réteget választunk le, ennek legáltalánosabban használt módja a kémiai gőzfázisú leválasztás (CVD) [19].

A szilícium technológián belül az epitaxiális szilícium réteg az alapja a bipoláris áramköröknek, de újabban egyre elterjedtebben használják unipoláris eszközökben is. Az utóbbi esetben az epitaxiális rétegnek azt a tulajdonságát használják ki, hogy kémiaileg és fizikailag igen tökéletes és a fajlagos ellenállása akár 1000 ohmcm is lehet [17], [18].

A szilícium hordozóra növesztett szilícium réteget *homoepitaxiának* nevezzük. A Si homoepitaxiára vonatkozó kutatások fő irányai a következők: a leválasztott réteg homogenitása, vékony Si rétegek leválasztása, megadott adalékeloszlású réteg kialakítása, az adalékolás automatikus vezérlése, az adalék atomok beépülésének dinamikája, a réteg fizikai és kémiai tisztaságának javítása (szennyeződések a vivógázból, különböző típusú rétegződési hibák, ponthibák, diszlokációk) ez utóbbi kutatási terület igen hasonló az alapkristály kutatásához.

Meg kell jegyezni, hogy a kristályhibáknak a helyi generáció/rekombinációra és a töltéshordozó mozgásra gyakorolt hatása, a kristályhibákon kiváló fém-szennyeződéssel is kapcsolatos. A homoepitaxiális szilícium rétegekben a kristályhibák következménye, hogy csökken a kisebbségi töltéshordozó élettartam; a $p-n$ átmenetek visszaram karakterisztikája romlik (soft-karakterisztika) a diszlokációk, kinövések és rétegződési hibák miatt kollektor-emitter átütések keletkeznek a bipoláris eszközökben; a bipoláris tranzistorok területén lévő rétegződési hibák és diszlokációk miatt növekszik a zaj. Jelentős tevékenységet fejtenek ki a CVD technológia termelékenységének

növelésére. Az automatizálhatóság és a gazdaságosság javítására növelik az egyszerre megmunkálható szeletek számát és a szeletek átmérőjét, így csökkenteni lehet a Si felületre vonatkoztatott segédanyag és energia felhasználást. A legigéretesebb eljárás a kisnyomású CVD (a rendszer infravörös fűtésű, SiH_4 , SiH_2Cl_2 , H_2 gázkeveréket használ, nyomása $10^2 \dots 10^4 \text{ Pa}$).

Nagyon sok kutatómunkát fordítottak a zafírra és spinelre növesztett Si egykristály réteg technológiájának kifejlesztésére, ez a *Si-heteroepitaxia*.

Habár a zafír nem felel meg az epitaxia általános tapasztalat szerinti előfeltételeinek (a jó epitaxiához az kell, hogy az alap és a réteg hasonló rácsállandóval rendelkezzen, hasonló legyen a szimmetriája, orientációja a kötés iránya és ereje) mégis egy sor kutató jó eredményekről számolt be. Jogosnak látszik az a feltételezés, hogy a szilícium és a zafír közötti kötés tetraéderesen rendezett oxigén atomok közvetítésével valósul meg. A Si és az $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ közötti gyenge reakció eredményeként a felület megmarodik és szabad kötések keletkeznek, oxigén nyomok mindig vannak a zafír felületén. Ez a reakció olyan mértékben történik, hogy egyes (SiO_4) és (AlO_4) tetraéderek keletkeznek hibás, nem kívánt, köztesréteg kialakulása nélkül. Az O—O kötés ezekben a tetraéderekben és az Al_2O_3 cellákban közel azonos hosszúságú. Ezen tetraéderek speciális tulajdonsága, hogy mint teljes egységek végeznek rotációs mozgásokat, egyes atomok/ionok pedig elmozdulhatnak, tehát változtathatóak a szögek és a kötési hosszak. A kationok, Al és Si, egymást helyettesíthetik. A néhány tized nm vastag köztes rétegben lévő tetraéderek összekapcsolódnak a szilíciumban lévő tetraédetekkel (SiSi_4) a tetraéder központi magja útján, a bázis-cella oxigén atomjai útján pedig a zafír elemi celláival és így jutunk az epitaxiális növekedéshez [20]. A fenti módon alakul az atomok/ionok tartózkodási valószínűsége az egyes rácspontokban, és ez megadja azt a tetraéder orientációt ami néhány rácstávolságon belül biztosítja a két réteg összekapcsolódását. Az így létrejövő tökéletes heteroepitaxiális Si-zafír rendszerek (SOS) felhasználásával sok helyen gyártanak VLSI áramköröket speciális célokra. A zafír előállítására és feldolgozására drága (módosított Czochralsky módszer vagy szalaghúzás). A klasszikus epitaxiális eljárás (amikor a hordozó atomi kölcsönhatások útján határozza meg a réteg orientációját), egy sor olyan módszert kutatnak, amely a kristály orientációját nem az atomi kölcsönhatások útján határozza meg. A legfontosabb ilyen eljárások a grafoepitaxia és a LESS (laterális epitaxia mag körüli újraszilárdulással). Az első eljárásban az orientációt a szubsztrátban lévő kristallográfiai tisztaságú síkokkal határolt árkok hálózata határozza meg. Az árkokat mikrolitográfiai módszerekkel alakítják ki amorf szigetelő rétegekből, mint például Si szeleteken lévő SiO_2 rétegből vagy kvarc-üvegből. A grafoepitaxia során a félvezetőt amorf alakban választjuk le, és aztán irányítottan újra kristályosítjuk valamilyen gyors hőkezelési módszerrel (lézer, elektronsugár, grafit-szalagos kályha).

A rekristallizáció legigéretesebb módja a villanófényes újrakristályosítás (összefoglalása és speciális irodalma [5] és [21]-ben található).

A LESS-eljárás olvadékból történő visszánövesztés, hasonló a zónás kristályhúzáshoz. A SiO_2 réteggel borított szilícium szeleten polikristályos Si réteg van, amely egy pontjában érintkezik az alapkristállyal.

Ez vagy a hasonló módszerek a kilencvenes évek technológiai kutatási programjába tartoznak.

Mindezek ellenére a szilícium nem univerzális anyag, fény emittáló és lézer diódák például nem készíthetők belőle. Ezért kell tárgyalni a III—V-félvezetőket is ahogy azt már tettük a technológiai problémák esetében (1.2. pont).

2.2. III—V vegyület félvezetők, kristályok és rétegek

A GaAs, InP, GaAlAs, GaInAs és a négyes szilárd oldatok mint például a GaInAsP a VLSI mikroelektronikai alkalmazásokra szolgáló anyagkutatások központjában vannak (2. táblázat, 6.7. ábra).

A szilíciumban az elektronok mozgékonyasága alig valamivel több mint $1000 \text{ cm}^2/\text{V sec}$, addig a GaAs-ben szobahőmérsékleten $8000\text{—}9000 \text{ cm}^2/\text{V sec}$, ha 77 °K illetve $4,3 \text{ °K}$ -ra hűtjük le, ez $50\text{—}300\,000$, illetve $10^6 \text{ cm}^2/\text{V sec}$ értékre növekszik. Hasonló mozgékonyaság növekedés következik be, ha vékony rétegeket alakítanak ki vagy a csatorna extrém rövid. A GaAs és InP és a többi III—V félvezetőkben a szaturációs elektrontranszport

negyedakkora elektromos térrel valósítható meg mint szilíciumban (lásd 1.1. pont utolsó sorai.). Mindez a kis effektív elektrontömeg következménye.

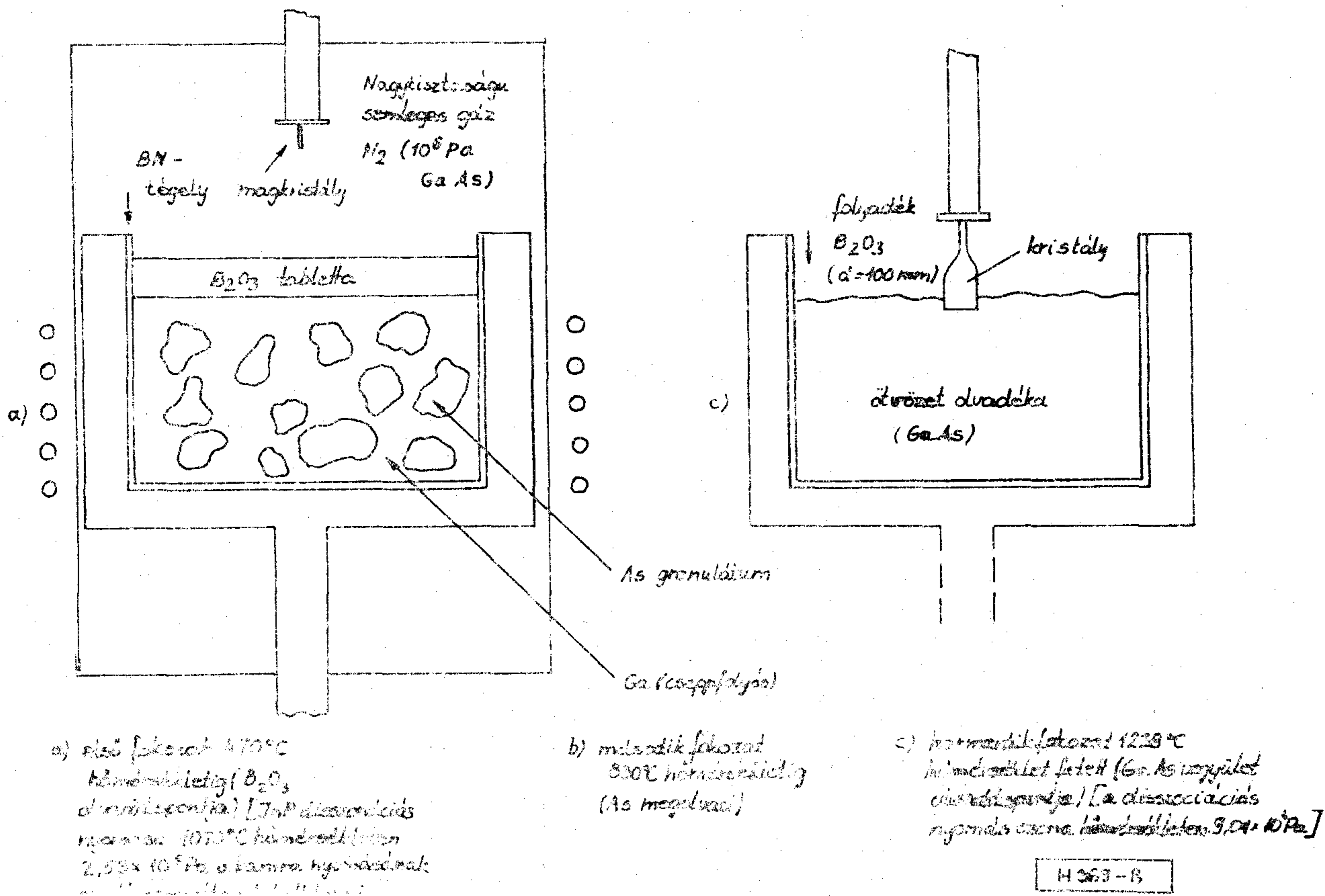
III—V vegyület félvezető kristályok

A III—V félvezető kristályok növesztésében a legnagyobb problémát a komponensek eltérő gőznyomása okozza.

Az úgynevezett LEC-módszer (8. ábra) módosított és modernizált változata [22] egyesíti a vegyület-szintézist a kristályhúzással [23].

A LEC-módszert GaAs és InP növesztésére használják. Az InP kristály növesztésekor polikristályos anyagból kell kiindulni. Az iparilag növesztett kristályok átmérője 75 mm , a kristályok tömege $3\text{—}5 \text{ kg}$. A probléma a viszonylag magas diszlokáció sűrűség, a diszlokáció kiváltó feszültség határértéke csak tizede a szilíciumra vonatkozó értéknek. Az értékek a kristályátmérettől függenek.

Ezzel az eljárással félig-szigetelő GaAs és InP kristályokat növesztenek, a GaAs tipikus fajlagos ellenállása $10^7\text{—}10^8 \text{ Ohmcm}$, kompenzáló adalék nélkül. Az Fe adalékolt InP fajlagos ellenállása hasonló a GaAs-hoz. A LEC kristályhúzás javítása tökéletesebb kristály előállítását eredményezi, a diszlokáció sűrűség 100 cm^{-2} vagy kevesebb 75 mm átmérőjű kristályban.



8. ábra. A LEC (olvadékvédelemmel végzett Czochralski) technológia vázlata, GaAs növesztésére. a) kiindulási állapot, b) a GaAs olvadáspontjánál (1238 °C) magasabb hőmérsékletnek megfelelő állapot

Mint azt a jelen cikk technológiai részében már ismertettük, ezek a kristályok a III—V vegyület félvezető IC-k és eszközök alapanyagai.

III—V vegyület rétegek

A III—V vékony rétegek készítésének két szempontból van jelentősége, először, hogy lehetséges van olyan hármás vagy négyes vegyületek előállítására, melyek az előbb említett kristálynövesztési technológiával egykristály formában nem állíthatók elő, másrészt heteroátmenetek előállítására ez az egyetlen módszer.

A fenti két szempont egymással igen szoros kapcsolatban van. A mi szempontunkból egyedül az utóbbi érdekes. Az összes lehetséges eljárás közül a fémorganikus kémiai leválasztás (OM—CVD) és a molekulásugár epitaxia (MBE) a legjelentősebbek. Az utóbbi eljárást zömében a kutatásban használják, mert drága ugyan, de csodálatos *in situ* analízist tesz lehetővé (SIMS, AES, LEED, RHEED stb.), alacsony hőmérsékleten működik és igen pontos. Az OM—CVD hasonlóan a Si technológiában használt CVD-berendezésekhez a gyártásban használatos, pontos technológia és sok mindennel kompatibilis. A szubsztrát a reaktor magas hőmérsékletű helyén van, és a reaktor falai hűtöttek. A rétegnövekedés és a vegyület szintézis csak a magas hőmérsékletű helyeken történik.

Az OM—CVD-módszer további előnye, hogy a gázfázis összetétele és a kristály összetétele között egyértelmű összefüggés van.

Az adalékolás „egyszerű”, az adalékanyagok a réteg leválasztáshoz szükséges anyagokhoz hasonló vegyületek alakjában állnak rendelkezésre.

Az OM—CVD jó alap a tömeggyártott III—V vegyület-félvezető alapú integrált áramkörök és eszközök fejlesztéséhez.

A pontos „nanométer” III—V mikroelektronikához feltétlenül szükséges az MBE-eljárás. Ezzel közel ideális kristály növeszthető.

A III—V félvezetők azért alkalmasak rétegsziszterek készítésére mert a rácsállandójuk hasonló és változtatható az összetétellel, tiltott sávjuk széles, és a hőtágulási együtthatójuk egyforma. A GaAs egészen 350 °C üzemi hőmérsékletig használható, ez közel kétszerese a Si maximális üzemi hőmérsékletének.

A félvezető kutatás elragadó eredménye volt az *Esaki* által kidolgozott szuper-rács. Ebben néhány atomrétegni félvezető rétegek váltogatják egymást. Előállításukra az MBE eljárás adott lehetőséget. Ezzel új minőségű heteroátmenet született. Az ilyen típusú heteroátmenetekben hasonló vagy azonos rácsparaméterekkel rendelkező (ez technológiai szempontból fontos) de különböző tiltott sáv szélességű rétegek váltogatják egymást, ennek következtében nem folyamatos a dielektromos állandó a töltéshordozók potenciálgótokon keresztül mozognak [4], [18], [24].

A VHSE és mikrohullámú eszközök szempontjából fontos, hogy a potenciál gátak a különböző töltéshordozókra különböző magasságúak. Ez a különböző tiltott sáv szélességekből és különböző affinitásokból következik. Ilyen módon injektált

töltéshordozó csomagok együtt tarthatók és növelhető a sűrűségük is.

A heteroátmenetek legérdekesebb tulajdonsága a határfelületeken a sávszélek alakja. Ha az átmenet igen vékony, néhány nm, akkor egy tüske keletkezik. Ezek a tüskék igen nagy elektron mozgékonytságot eredményeznek az elektron két dimenziós elektrongázhoz hasonlóan viselkedik a potenciál völgyben.

Technológiai trükkel a donorokat a vezető csatorna mellett helyezik el. Az intrinsic GaAs csatornába a hordozókat nagy sáv szélességű (AlGaAs $E_g=1,6$ eV) anyagból juttatják be. Az alacsony télerősséghez tartozó elektron mozgékonytsága ebben a heteroátmenetben, a Hall mérések szerint, 300 °K hőmérsékleten 10 000 cm^2/Vsec és 77 K hőmérsékleten 60 000 cm^2/Vsec , ha az AlGaAs réteg vastagságát és a csatorna hosszúságát néhány nm-re csökkentjük és az elektron réteggkoncentrációja $5,5 \cdot 10^{11} \text{ cm}^{-2}$. Információnk szerint más hasonló heterogénátmenetekben 4,3 K hőmérsékleten 300 000 és közel $10^6 \text{ cm}^2/\text{Vsec}$ mozgékonytságot észleltek. Ehhez hármás és négyes vegyületeket használtak a vékony heteroátmeneteket adalékolt és intrinsic rétegekből építették fel.

Napjainkban és a jövőben nem okoz gondot az eszközök 77 K hőmérsékletre hűtése, ez cseppfolyós nitrogénnel megoldható.

A ballisztikus elektron transzport lehetőségeit kihasználva — erre a technológiai lehetőségek adottak — lehetővé válik kvantummechanikai áramkörök és eszközök készítése. Minden tudásunkat latba vetve III—V vegyület félvezetőkkal lehetséges 10^5 darab 1 ps késleltetési idejű kaput tartalmazó VHSE áramkör készítése.

Ez a fejlesztés a super sebességű számítógépekhez szükséges ahol a késleltetési idő az egyidejű számításokhoz csak a psec törtrésze lehet kapunként. Biztosak vagyunk abban, hogy a következő 5—7 évben ilyen eszközök gyártásban lesznek.

3. Kitekintés

A kitekintés nem nélkülözheti az alapvető megállapítások ismétlését:

— A következő évszázadig és tovább a jövőben is a szilícium lesz a vezető félvezető anyag.

Ez azt jelenti, hogy további kutatásokat folytatnak az elem sűrűség növelésére, a nagyobb bonyolultságú funkciók kidolgozására, az eszközök megbízhatóságának növelésére, és az egyes technológiai műveletek reprodukálhatóságának javítására.

— Az optoelektronikai és mikrohullámú alkalmazások mellett a III—V félvezetőket fokozottan fogják alkalmazni VHSE áramkörökben. A növekedés sebessége függ a mikroelektronikai gyártás gazdasági növekedésétől és a növekvő alkalmazási területekről.

— A szerves anyagok a mikroelektronikában nem csak mint tokozó és hordozó anyagok szerepelnek, hanem új szerepkörben és minőségben mint vezető, félvezető és ellenállás rétegek is

alkalmazást nyernek. Meglehet hogy egy napon polimer rétegekből IC vagy teljesítmény elektronika gyártható.

— A laterális struktúrák a mikroelektronikában az évtized végére általánosan $1\ \mu\text{m}$ alatt lesznek, a „scaling-down” minden következményével.

A technológia, bonyolultsága miatt, viszont egyre drágább lesz, a gyártmányok csak akkor lesznek piacképesek, ha végtermékekben jelennek meg mint egy chip-ből álló komplex funkciót ellátó önálló egységek, vagy egy nagy információs rendszer elemei.

Az alkalmazási területek: számítógépek, robotok, mindenféle gépek, teljesen automata gyártó sorok, repülőgépek, hajók, autók, forgalomirányítás közúton, sínen, vízen, levegőben és az űrben, otthoni használati berendezések, kutató-fejlesztő és mérőberendezések stb.

— Továbbiakban tekintsünk messzebbre, ahol a VHSL III—V kriomikroelektronika van, az új típusú elektronikára [26].

— például az elektronikailag használt Gunn effektus, ahol egy elemet használnak egy funkció megvalósítására, szemben a hagyományos IC-vel, ahol erre több elem kell, ezekben az eszközökben, amennyire ma tudjuk problémát jelent a késleltetési idő/vesztés teljesítmény szorzat.

— A jól ismert kryoelektronikus Josephson effektus alagút diódából kiindulva alkalmazhatunk kvantum-mechanikai szupravezető interferencia eszközöket. Logikai kapuáramkörök, memóriák és számítógép egységek a mai mikroelektronika technológiai bázisán elkészíthetők, bár a Josephson áramkörök működéséhez cseppfolyós héliumra van szükség. Meg kell jegyezni, hogy ez elérhető $0,01\ \text{ns}$ késleltetési idők a fejlett III—V félvezetőkkel olcsóbban elérhetők. Bizonytalan, hogy bekerülnek-e a mikroelektronika eszköztárába, jelenleg nem látjuk, hogy lenne reális előnyük.

Valóban új ötlet az optikai és biológiai rendszer. Ilyen rendszerekkel messzire távolodtunk az elektronikától de más informatikai és jelfeldolgozási elveket alkalmazunk. Az ilyen optikai rendszerek jeltovábbításra fényt használnak. A nem lineáris optikai effektusok lehetőséget adnak arra, hogy egy optikai közeget pl. InSb-ot vagy egy szuper-rácsot, egy lézer sugárral a következő lézerimpulzus számára áthatolhatatlanná tegyünk. Ilyen kapcsolókkal digitális jelfeldolgozás lehetséges.

A másik lehetőség egy lézer fényintenzitásának befolyásolása egy másik lézer segítségével ezzel optikai tranzisztor valósítható meg.

Biztosak vagyunk abban, hogy ezek az elvek nem kerülnek önállóan alkalmazásra, hanem csak beágyazva mikroelektronikai és optoelektronikai rendszerekbe, esetlegesen egychipes megoldásban.

Jelenlegi érdeklődésünktől messze áll a biológiai elvek felhasználása az információ feldolgozásban. Ennek ellenére érdekes lehet a kémiai és biológiai folyamatokkal élő szervezetekben történő információ feldolgozás titkainak megfejtése, így sokat tanulhatunk a szervezési elvekből.

IRODALOM

- [1] *Junghans, B., Schneider, H. G.*: Messen, Steuern, Regeln (msr) 27 (3), 98 (1984).
- [2] *Electronics* 53 (1980) 9, a szám összes munkatársa és magán információk.
- [3] *Drescher, K.*: Thesis (B), Technische Hochschule Karl-Marx-Stadt, 1981.
- [4] *Beneking, H.*: Phys. Bl. 38 (6) 146 (1982).
- [5] *Eckhart, D., Hadamovsky, H. F., Junghans, B., Schneider, H. G.*: Mikroelektronik — Stand und Entwicklung (2 nd Edition) (Volume of the Microelectronic-Series edited by H.G. Schneider) Berlin 1984.
- [6] *Sugano, T.*: Personal information and Spectrum 16 (1), 22 (1985).
- [7] *Enderlein, R.*: Wissenschaft und Fortschritt 34 34 (12), 316 (1984).
- [8] *Nuzillat, G., et al.*: ISSCIRC 1981 Proc., p. 65.
- [9] *Wider, H. H.*: J. Vac. Sci. Technol. 18 (3), 827 (1981).
- [10] *Pettenpaul, E.*: Inst. Phys. Conf. Soc. No. 53, 21 (1981).
- [11] *Kurzinger, W.*: Nachrichten — Elektronik 11, 362 (1979).
- [12] *Tschulena, G.*: Nachrichten — Elektronik 2, 45 (1978).
- [13] *Suzuki, T.*: Semiconductor Silicon, The Electrochem. Soc., Princeton, NJ, 1981, p. 90.
- [14] *Taruri, T., Takeishi, T.*: like [13], p. 6.
- [15] *Brümmer, O., Heydenreich, J., Krebs, K. H., Schneider, H.-G.* (Eds.): Festkörperanalyse, Berlin, 1980.
- [16] *N. N.*: Spectrum 16 (4) V (1985).
- [17] *Herring, R. B.*: Solid State Technology 22. 11 (1979).
- [18] *Schneider, H. G., Ickert, L., Richter, F.*: et al.: Halbleiterepitaxie. Leipzig, 1984.
- [19] *Arnold, H.*: Chemische Dampfablagerung — CVD-Grundlagen für die Mikroelektronik (Volume of the Microelectronic-Series edited by H.-G. Schneider) Verlin, 1982.
- [20] *Schneider, H.-G., Karge, H., Weber, B.*: Physica status solidi (a) 77, 201 (1983).
- [21] *Ickert, L., Schneider, H.-G.*: Wachstum einkristalliner Schichten. Leipzig, 1983.
- [22] *Metz, E. P. A., Müller, R. C., Mazelsky, R.*: J. Phys. Chem. Solids 26, 782 (1965).
- [23] *Augoin, T. R., Wade, M. J., Ross, R. L., Sacage, R. O.*: Solid State Technology 1, 79 (1979).
- [24] *Unger, K., Schneider, H. G., et al.*: Verbindungshalbleitler, Leipzig, 1985.
- [25] *Piotrowska, A., Guivarch, A., Pelous, G.*: Solid State Electronics 26 179, (1981).
- [26] *Enderlein, R.*: Wissenschaft und Fortschritt 35 (2), 49 (1985).

Integrált szilícium színérzékelő

ERLAKY GYÖRGY
Mikroelektronika Vállalat



ÖSSZEFOGLALÁS

A színérzékelő a megvilágító fény hullámhosszával arányos jelet szolgáltat. A szilícium abszorpciós állandója erősen függ a hullámhossztól ezért aluláteresztő szűrőként alkalmazható színérzékelőkben. Két közös emitterű dióda egymásra integrálásával színérzékelő állítható elő. A színérzékelő kimenő jele a két dióda fotoáramának hányadosa. A kontinuitási egyenlet megoldása szolgáltatja az egyes diódák fotoáramát. Az elméleti számítások azt mutatják, hogy a kettős dióda színérzékelő tulajdonsága az emitter közepének a megvilágított felülettől mért távolságától függ. A technológiailag nehezen kézbe tartható fizikai paraméterek (kisebbségi töltéshordozó élettartam, felületi rekombináció sebesség) alig befolyásolják az eszközt. A technológiailag megvalósítható eszközök a 450—1000 nm hullámhossztartományban használhatóak.

Bevezetés

A mérés technikában és a szabályozástechnikában gyakran lehet szükség olyan érzékelő elemekre amelyek kimenő jele arányos a megvilágító fény hullámhosszával (színérzékelő). Hagyományos megoldás szerint a színérzékelő két egymás mellé helyezett fotodetektorból épül fel, a fotodetektor elé különböző fényhullámhosszakon áteresztő szűrőket helyeznek. A szűrők szokásos párosítása: piros az egyik kék a másik fotodetektor előtt.

A látható és közeli infravörös tartományban ($\lambda = 400\text{—}1100$ nm) a szilícium abszorpciós állandója exponenciálisan változik a hullámhosszal, ezért ebben a tartományban a szilícium önmagában sávszűrőként használható.

Az irodalomban már ismertettek olyan eszközöket, melyek ezt az elvet használják fel. N. Kako és társai két fotodiódát tartalmazó színérzékelő egy alkalmazását írták le [1]. A felhasznált színérzékelő kimenő jele a két fotodióda rövidzárási áramának hányadosa. P. L. Regtien és R. F. Wolfenbüttel két egymás mellé integrált eltérő felületű dióda spektrális karakterisztikáját használták fel színek érzékelésére [2]. A két dióda eredetileg a különböző felületük miatt eltérő áramát, külső előfeszítés útján azonos értékre állítják be. A nagyobbik felületű fotodióda előfeszítésével megváltoztatják a dióda hatásos vastagságát, és ezen keresztül a spektrális érzékenységet. A kimenő jel az áramegyenlőséghez szükséges előfeszültség.

Beérkezett: 1987. IV. 10. (H)

ERLAKY GYÖRGY

Az Eötvös Loránd Tudományegyetem Természettudományi Karának fizika szakán végzett 1966-ban.

A HIKI-ben kezdte pályáját, ahol 1966—1971 között MOS-eszközök fizikájával és technológiájával foglalkozott.

1971—72 tanévben az Aacheni Műszaki Főiskolán volt ösztöndíjas, ahol a GaAs technológiát tanulmányozta.

1973-tól a HIKI érzékelő fejlesztésében vett részt.

1978-ban védte meg doktori disszertációját a BME Villamosmérnöki karán. Disszertációjában a gázfázisú GaAs epitaxia kinetikai vizsgálatát végezte el.

1974 óta részt vesz a BME oktatási tevékenységében ahol félvezető technológiai előadásokat és gyakorlatokat tart.

Jelenleg a MEV Félvezető Elemfejlesztési Főosztályán a technológia közti mérésekkel foglalkozik, főmunkatárs.

Több cikke jelent meg hazai és külföldi folyóiratokban és konferenciákon.

Jelen cikkünkben olyan színérzékelő elméleti lehetőségét mutatjuk be, amely a megvilágító fény irányában egymás elé integrált közös emitterű fotodiódákból áll. Ebben a konstrukcióban az egyik dióda (az amelyik a fénysugár irányába esik) egyben szűrője is a másik diódának. Az első dióda, ezt a későbbiekben F diódának nevezzük, ezért a 400—700 nm hullámhossztartományban érzékeny, a második, a továbbiakban A jelű dióda, pedig az első dióda által jórészt át bocsájtott, 700—1100 nm hullámhosszúságú fotonok hatására ad áramot. A két dióda fotoáramának eltérése a beeső fény hullámhosszával függ.

Az elméleti számítások célja, hogy meghatározzuk a két diódában az adott hullámhosszúságú fotonok hatására keletkező fotoáramot.

A cikkben ismertetjük a fény által generált kisebbségi töltéshordozókra vonatkozó kontinuitási egyenlet megoldását. Ebből kiszámítjuk a fotoáramot.

A számítások eredményeként megkapjuk hogyan függ a színérzékelő kimenő jelének hullámhosszfüggése az egyes fizikai és geometriai paraméterektől, és megadjuk a színérzékelők fontosabb paramétereit.

Az elképzelés szerinti színérzékelő önmagában lehetőséget ad közel monokromatikus fény, mint például a LED-diódák által kibocsájtott fény, hullámhosszának meghatározására.

Az eszköz megfelelő kalibrálás után alkalmas sugárzó felületek hőmérsékletének mérésére.

A számításainkban az egyes paraméterek megválasztásánál figyelembe vettük azt, hogy az esz-

köz megvalósítható legyen a bipoláris IC-technológia műveleteinek (rejtett réteg diffúzió, epitaxia, sziget diffúzió, bázis diffúzió) csekély módosításával.

1. A színérzékelő felépítése

Definiáljunk néhány a cikkünkben gyakrabban előforduló fogalmat:

foton fluxus Φ : az egységnyi felületen időegység alatt áthaladó fotonok száma,

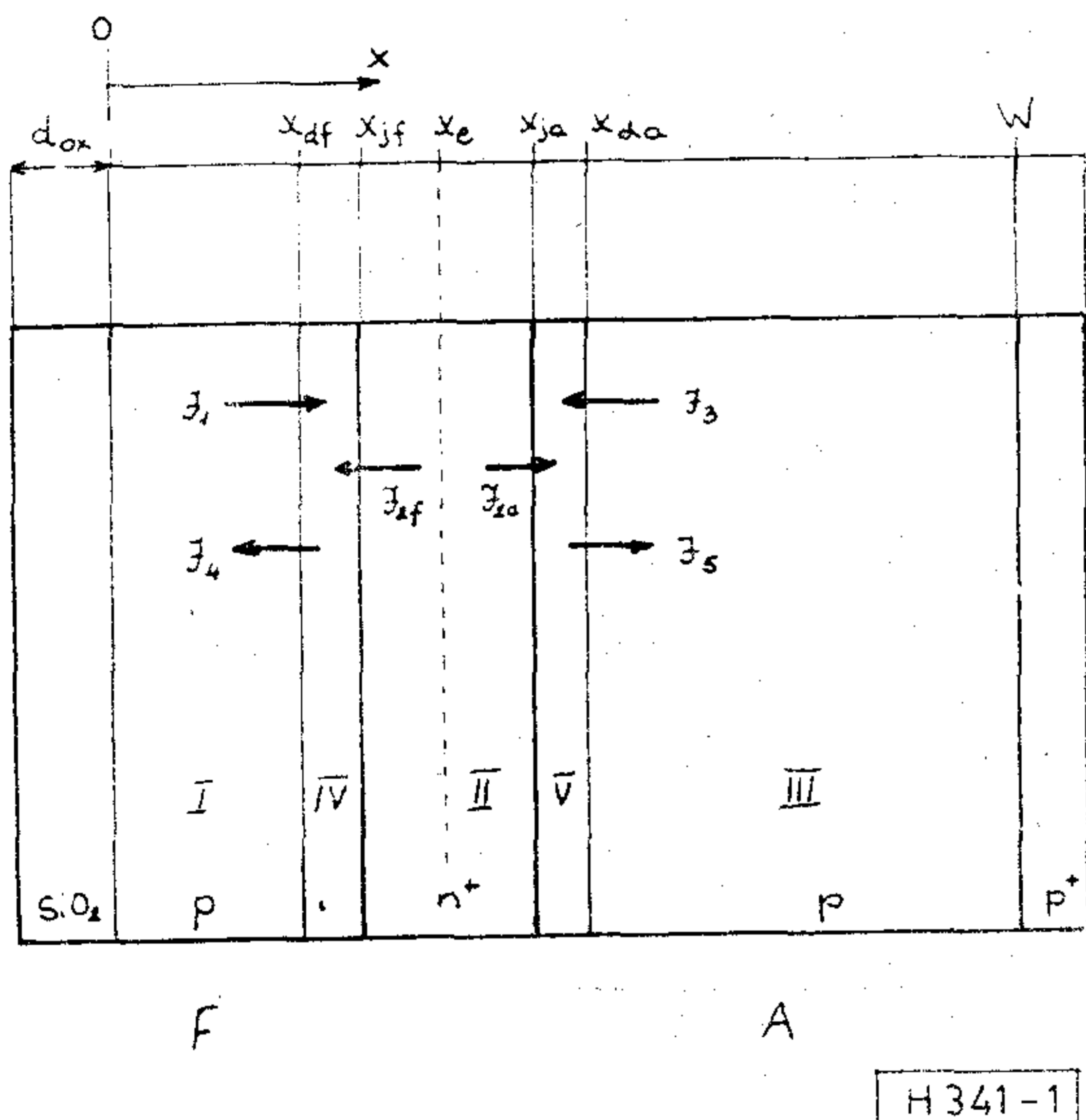
fotoáram, J_a , J_f : a diódán fotonok hatására átfolyó áram,

kvantumhatásfok, η : egy foton hatására keletkező fotoáram, $\eta = J_f / \Phi$,

spektrális karakterisztika, $S_r(\lambda)$: a színérzékelőt alkotó két fotodióda fotoáramának aránya, $S_r(\lambda) = J_f(\lambda) / J_a(\lambda)$,

színérzékelő névleges hullámhossza, λ_n : az a hullámhossz amelynél $S_r(\lambda) = 1$.

Az egymás fölé integrált két fotodiódával felépített színérzékelő vázlatja és a fontosabb jelölések az 1. ábrán láthatóak.



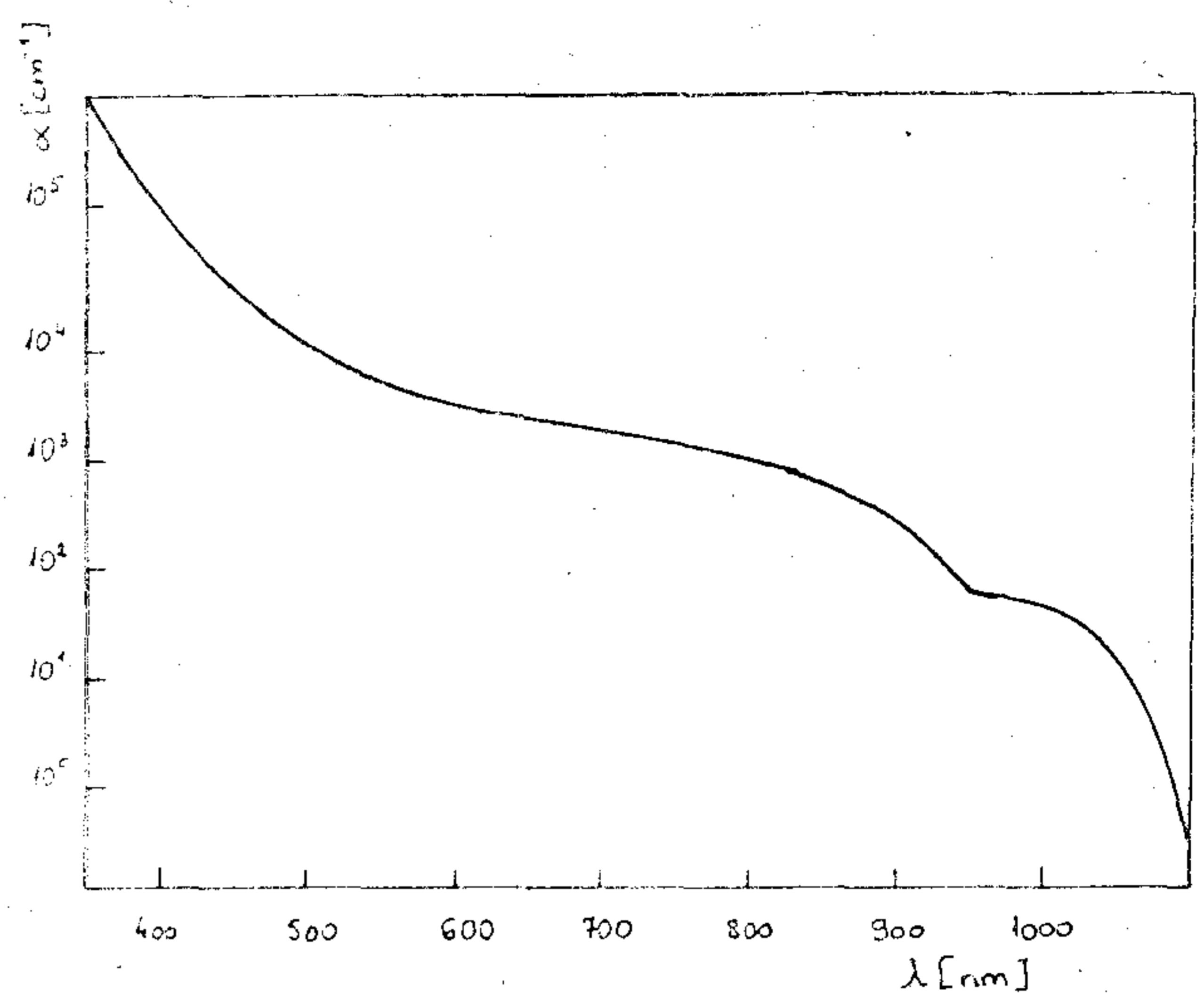
1. ábra. Színérzékelő vázlatja

x_{df} és x_{da} a kiürített tartományok határai, x_{jf} és x_{ja} a különböző adalékoltságú tartományok határai

A fotonok abszorpciós állandója a hullámhossztól függ, a függvényt az irodalom [3—5] alapján mutatja a 2. ábra. A rövidebb hullámhosszú fotonok a nagyobb abszorpciós állandó miatt már az F diódában abszorbeálódnak, a nagyobb hullámhosszúak pedig eljutnak az A diódába.

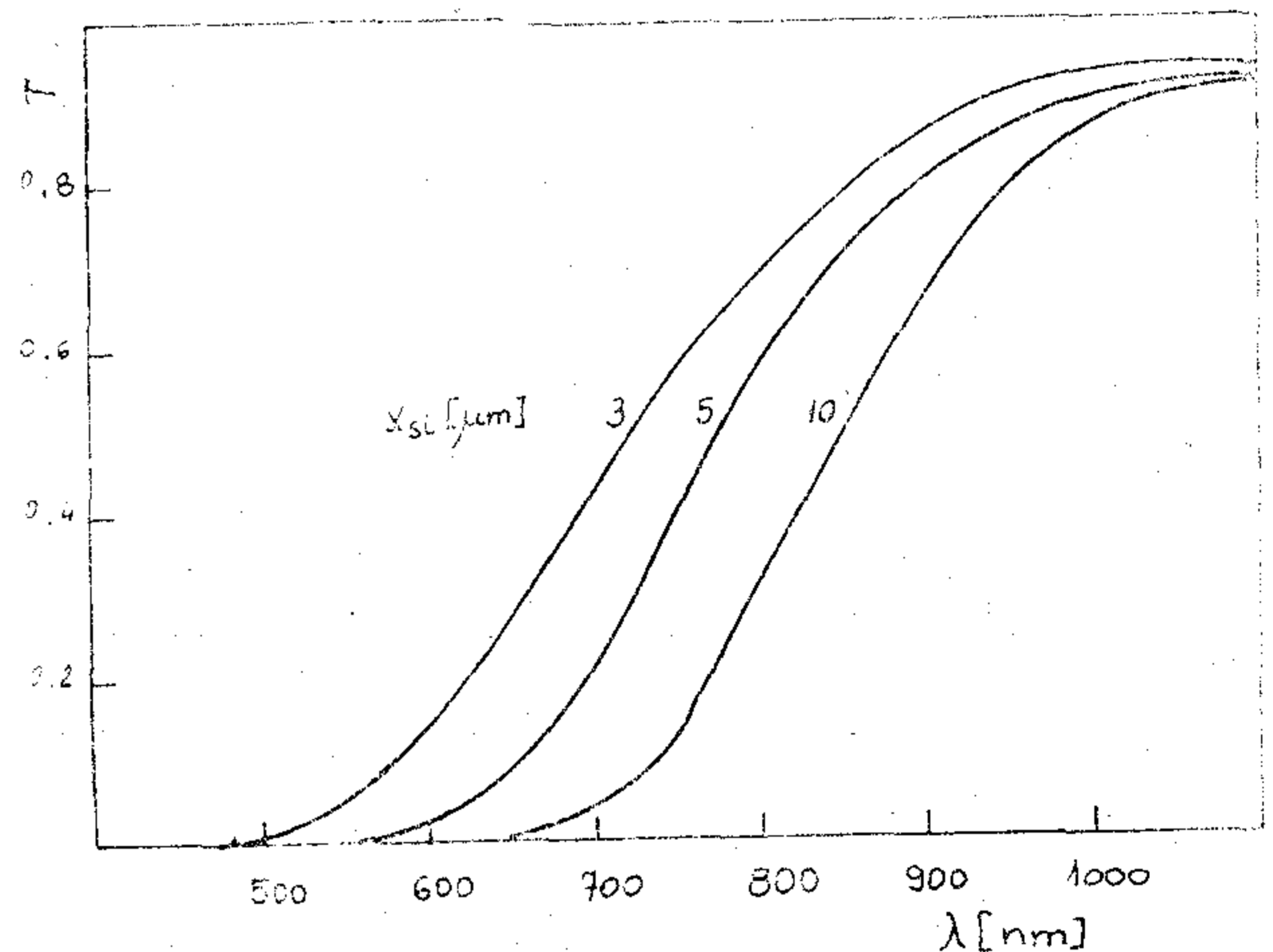
Szilícium réteg színszűrő hatása látható a 3. ábrán. A technológiailag reálisan megvalósítható 3—20 μm vastagságú szilíciumréteg felüláteresztő szűrőként viselkedik, az áteresztés határát a szilícium réteg vastagsága szabja meg.

Ha a szűrőként használt rétegben diódát alakítunk ki, ennek a diódának az árama arányos a rétegben időegység alatt abszorbeálódott fotonok



H341-2

2. ábra. Szilícium abszorpciós állandója a hullámhossz függvényében, [3], [4] és [5] alapján



H341-3

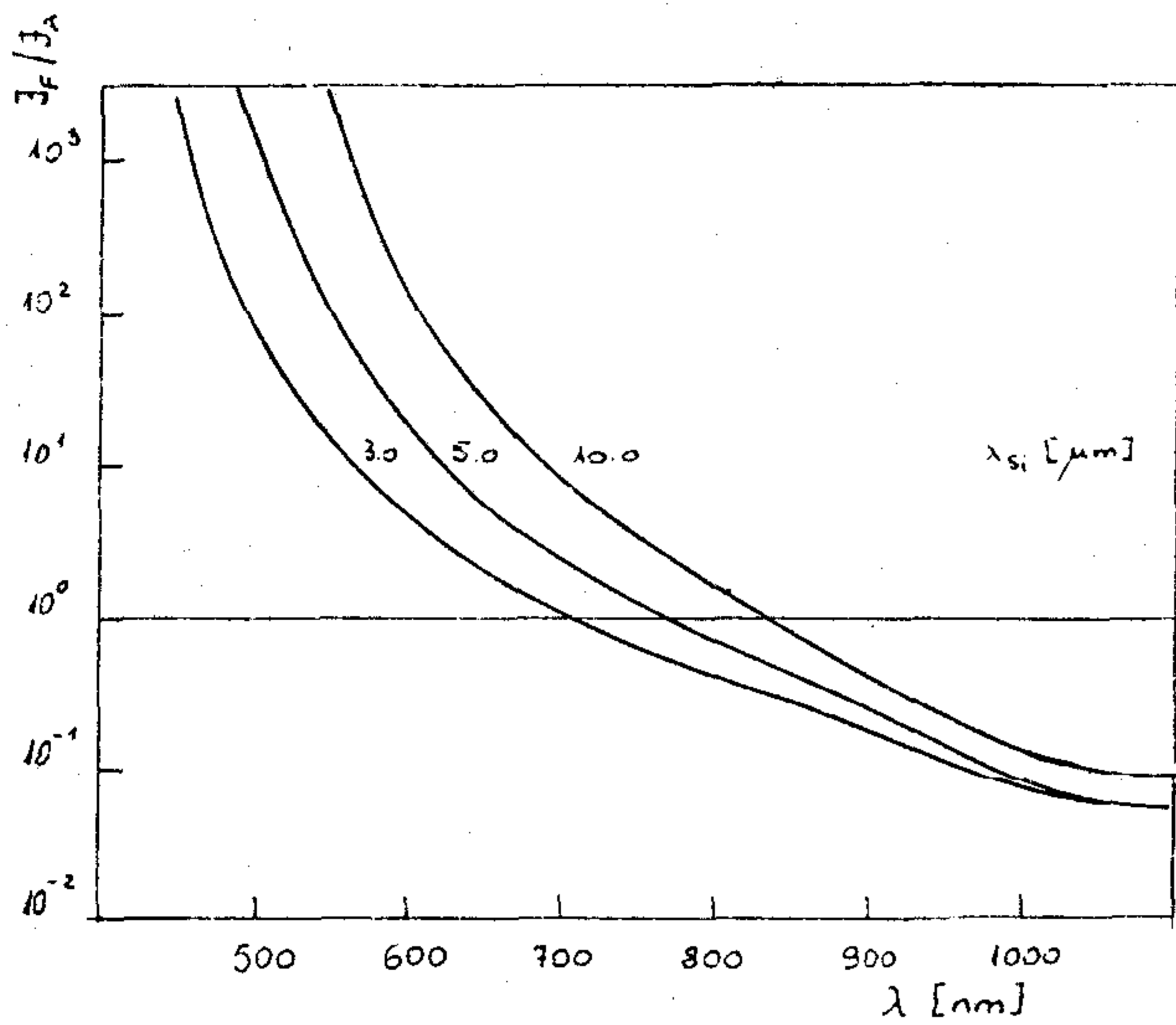
3. ábra. 150 nm vastag oxidréteggel borított Si réteg transzmissziója

számával. A szűrőréteg alatt kialakított második dióda árama a fennmaradó fotonok számától függ.

Ha feltételezzük, hogy a diódákban a kvantumhatásfok $\eta = 1$, akkor a diódák áramainak aránya $(1 - T) / T$ ahol T a szűrőréteg (szilícium + szilícium-dioxid) transzmissziója. Az így számított áramarányokat a 4. ábrán láthatjuk.

Az ábrából látható, hogy elvi lehetőség van különböző spektrális karakterisztikájú színérzékelők megvalósítására. A spektrális érzékenység logaritmikus léptékben közel lineáris. Az eszköz névleges hullámhossza a szűrőréteggel használt F dióda vastagságától függ.

A fotonok által gerjesztett töltéshordozók a dióda térfogatában keletkeznek, tehát a $p-n$ átmenetektől távoli helyeken is, ahonnan diffúzióval jutnak el a $p-n$ átmenetbe. Az ehhez szükséges idő alatt a kisebbségi töltéshordozó élettartamtól függően egy részük rekombinálódik. Hasonlóan rekombinálnak a felülethez nagyon



4. ábra. Ideális, $\eta=1$ kvantumhatásfokú diódákból felépített színérzékelő spektrális karakterisztikája

közel keletkezett kisebbségi töltéshordozók, a felületi rekombináció miatt. A különböző rekombinációk miatt a kvantumhatásfok $\eta < 1$.

A veszteségeket is figyelembe vevő pontosabb számítást a 2. pontban ismertetjük.

2. Kisebbségi töltéshordozók eloszlása

A diódák fotoáramának meghatározásához az egyes diódákban ki kell számítani a kisebbségi töltéshordozók eloszlását a veszteséget okozó effektusok figyelembevételével. Az így kapott kisebbségi töltéshordozó eloszlásból kaphatjuk meg a dióda fotoáramát.

Az 1. ábrán bemutatott színérzékelő a számítások szempontjából öt tartományra bontható fel. Az ábrában I., II., III.-mal jelzett tartományok belsejében elektromos tér nincsen, a kisebbségi töltéshordozók mozgását a diffúzió törvényei írják le. Az áramlás a nagyobb koncentrációjú helyről a kisebb koncentrációjú helyek felé irányul. A IV. és V. tartományok a tértöltési tartományok, ahol az elektromos tér nem nulla. Ezekben a tartományokban a kisebbségi töltéshordozók az elektromos tér hatására mozognak.

Az I., II., III. ún. diffúziós zónákban a kontinuitási egyenlet a következő:

$$-Dn \frac{\partial^2 n(x)}{\partial x^2} + \frac{n(x) - n_0}{\tau_n} - g(x) = 0 \quad (1)$$

ahol $n(x)$ az adott rétegben a kisebbségi töltéshordozók stacionárius nem egyensúlyi koncentrációja, n_0 a kisebbségi töltéshordozók egyensúlyi koncentrációja, τ_n a kisebbségi töltéshordozók élettartama, Dn a kisebbségi töltéshordozók diffúziós állandója, $g(x)$ pedig a fotonok által generált töltéshordozók generációs függvénye.

A generációs függvény kifejezhető a szilícium abszorpciós állandójával, mert minden elnyelt látható vagy közeli infra tartományba eső ener-

giájú foton egy töltéshordozó párt generál. A generációs függvény:

$$-g(x) = \Phi \alpha(\lambda) \exp(-x\alpha(\lambda)) \quad (2)$$

ahol $\alpha(\lambda)$ a szilícium fényhullámhossztól függő abszorpciós állandója.

A félvezető kristály felülete reflektálja a fényt. A planár technológia szerint a félvezető felületén szilíciumdioxid réteg van, ez a réteg a reflexiót módosítja. A felület reflexióját a következő kifejezés adja meg:

$$R = \frac{r_1^2 + r_2^2 + r_1 r_2 \cos(2\Theta)}{1 + r_1^2 r_2^2 \cos(2\Theta)} \quad (3)$$

ahol:

$$r_1 = \frac{n_0 - n_1}{n_0 + n_1}, \quad r_2 = \frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2}, \quad (4)$$

$$\Theta = 2n_1 d_1 / \lambda,$$

ahol $n_0=1$ a levegő, $n_1=1,53$ a szilíciumdioxid, $n_2=n_2(\lambda)$ a szilícium hullámhosszfüggő törésmutatója [5].

Az oxidréteggel fedett Si felület transzmissziójának számított értékét $(1-R)$, az 5. ábrán mutatjuk be.

A fentiek értelmében az (1) kontinuitási egyenlet a következőképpen módosul:

$$-Dn \frac{\partial^2 n(x)}{\partial x^2} + \frac{n(x) - n_0}{\tau_n} - \alpha(\lambda)(1-R)\Phi \times \exp(-\alpha(\lambda)x) = 0 \quad (5)$$

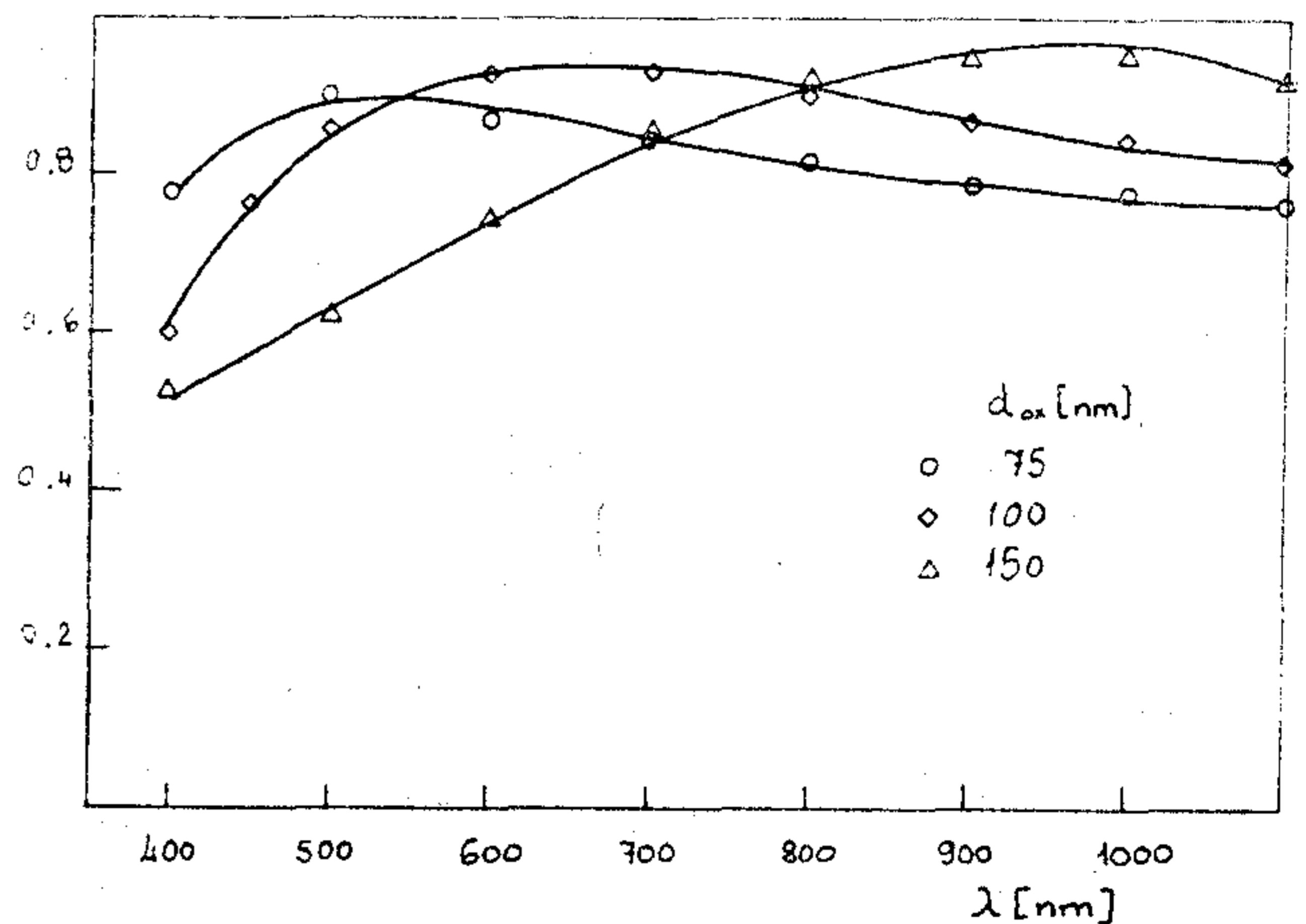
Az (5) egyenlet megoldása a homogén egyenlet megoldása és egy partikuláris megoldás összegeként állítható elő.

A homogén egyenlet megoldása:

$$n_{ho}(x) = K_1 \operatorname{sh}\left(\frac{x}{L}\right) + K_2 \operatorname{ch}\left(\frac{x}{L}\right). \quad (6)$$

A partikuláris egyenlet megoldása:

$$n_{pa}(x) = \frac{\alpha L^2 (1-R)\Phi}{2Dn} \times \frac{1}{(1 - \alpha^2 L^2)} \exp(-\alpha x) + n_0 \quad (7)$$



H341-5

5. ábra. Szilícium dioxid réteg transzmissziója Si felületen különböző oxidvastagságoknál

A (6) és (7) egyenletek összege adja a kisebbségi töltéshordozó eloszlást:

$$n(x) - n_0 = \frac{\alpha L^2 (1-R) \Phi}{Dn} \frac{1}{1 - \alpha^2 L^2} \times \exp(-\alpha x) + K_1 \operatorname{sh}\left(\frac{x}{L}\right) + K_2 \operatorname{ch}\left(\frac{x}{L}\right) \quad (8)$$

ahol $L = \sqrt{Dn\tau_n}$ a diffúziós hossz.

A K_1 és K_2 állandók a határfeltételekből határozhatók meg.

Tekintsük a következő egyszerűsítéseket a (8) egyenlet megoldásához:

- a $p-n$ átmenet abrupt, lépcsős átmenet;
- a diffúziós állandó, a kisebbségi töltéshordozó élettartam és ebből következőleg a diffúziós hossz is az egyes tartományokon belül helyfüggetlen;
- az adalékolás a középső II. zónában, azaz a két dióda közös emitterében sokkal nagyobb mint az I. és III. zónákban vagyis a diódák bázisaiban $Na_I \ll Nd \gg Na_{III}$;

— az x tengelyre merőleges irányokban az adalékolás és a megvilágítás homogén.

Tekintsük az I. és III. zónákban a (8) egyenlet megoldását, a következő határfeltételekkel: legyen x_1 a kiürített tartomány széle, a tartomány másik határfelülete pedig x_2 . Az I. zóna esetében ez az eszköz fény felé forduló felülete, a III. zóna esetében pedig ez a hátoldali $p-p^+$ átmenet helye.

A fenti jelölésekkel a határfeltételek a következők:

$$\text{ha } x = x_1 \text{ akkor } n(x_1) - n_0 = 0 \quad (9)$$

$$\text{ha } x = x_2 \text{ akkor } -Dn \frac{dn}{dx} = S(n(x_2) - n_0)$$

ahol S a felületi rekombinációsebesség, az I. zónában ez a Si—SiO határfelület rekombinációs sebessége, az oxidációs technikától, az alapanyag adalékolásától függ. Ha a III. zónában az x_2 felület az ohmos kontaktus, ott $S = \infty$, de mivel az eszköz hátoldalán $p-p^+$ átmenet van, és a $p-p^+$ átmenet a kisebbségi töltéshordozók számára tükröként viselkedik, ott a rekombinációs sebesség $S = 0$ [6, 7].

Az I. zónában $x_1 = x_{df}$, $x_2 = 0$, a III. zónában $x_1 = x_{da}$, $x_2 = W$. A (9) határfeltételekkel a (8) egyenletből meghatározható K_1 és K_2 értéke:

$$K_1 = R_s \frac{\alpha L E_2 C_1 + S_2 E_1 + SL(C_2 E_1 - C_1 E_2)/D}{\operatorname{ch}\left(\frac{x_2 - x_1}{L}\right) + \frac{SL}{D} \operatorname{sh}\left(\frac{x_2 - x_1}{L}\right)} \Phi \quad (10)$$

a kifejezésben:

$$R_s = \frac{L^2 \alpha (1-R)}{D(1-L^2 \alpha^2)}$$

$$\begin{aligned} C_1 &= \operatorname{ch}(x_1/L) & S_1 &= \operatorname{sh}(x_1/L) \\ C_2 &= \operatorname{ch}(x_2/L) & S_2 &= \operatorname{sh}(x_2/L) \end{aligned} \quad (11)$$

$$E_1 = \exp(-\alpha x_1)$$

$$E_2 = \exp(-\alpha x_2)$$

$$K_2 = -\left(\frac{R_s}{D} E_1 \Phi + K_1 S_1\right) \quad (12)$$

A kifejezésekből látszik, hogy K_1 és K_2 lineáris függvénye a fotonfluxusnak, ezért a $K_i = B_i \Phi$

helyettesítést használtuk. A (9), (10) egyenletekbe a megfelelő értékeket helyettesítve az I. zónára a konstansok:

$$K_1 = \Phi B_{11} \quad (13)$$

$$K_2 = \Phi B_{12}$$

a III. zónára pedig:

$$K_1 = \Phi B_{31} \quad (14)$$

$$K_2 = \Phi B_{32}$$

A II. zóna határfeltételei eltérőek a (9)-ben megadottaktól, ezt a zónát mindkét oldalról kiürített rétegek határolják (a IV. és a V. zóna). Az x_1 és az x_2 határfelületeken, ezek a nagy adalékolású tartomány geometriai határai, a kisebbségi töltéshordozók koncentrációja az egyensúlyi koncentráció:

$$\text{ha } x_1 = x_{1f} \text{ akkor } n(x_1) - n_0 = 0 \quad (15)$$

$$\text{ha } x_2 = x_{2a} \text{ akkor } n(x_2) - n_0 = 0$$

A K_1 és K_2 állandók a (10)-ben bevezetett jelölések felhasználásával:

$$K_1 = R_s \Phi \frac{E_1 C_2 - E_2 C_1}{\operatorname{sh}\left(\frac{x_2 - x_1}{L}\right)} \quad (16)$$

$$K_2 = -(R_s \Phi E_2 - K_1 S_2)/C_2 \quad (17)$$

Az előzőekhez teljesen hasonlóan a K konstansok lineáris függvényei a fotonfluxusnak, így ezek az értékek is átírhatóak:

$$K_1 = \Phi B_{21} \quad (18)$$

$$K_2 = \Phi B_{22}$$

A (10), (12), (16) és (17) kifejezéseket vissza-helyettesítve a (8) egyenletbe megkapjuk a kisebbségi töltéshordozók eloszlását, ebből pedig a diffúziós egyenlet segítségével meghatározhatjuk a töltéshordozók áramsűrűségét.

3. Fotoáram értékének számítása

A fotoáram sűrűség számításához a kiürített réteg határán időegység alatt áthaladó töltéshordozók számát kell meghatározni. A töltéshordozó áramlást az 1. ábrán nyilak jelzik.

Az egyes diódák árama három komponensből adódik:

— a bázisból származó elektronok árama (J_3 és J_1),

— az emitterből származó lukáram (J_2f és J_2a),

— a kiürített rétegből származó áram (J_4 és J_5).

Fentieknek megfelelően az egységnyi felületű diódák ún. rövidzárási árama a következő:

$$J_f = (J_1 - J_2f + J_5) \quad (19)$$

$$J_a = (J_3 - J_2a + J_4) \quad (20)$$

A bázisból és az emitterből származó áramokat a kisebbségi töltéshordozók koncentrációjából szá-

míthatjuk ki. Mint már említettük a bázisokban és az emitterben az elektromos tér nulla, ezért a töltéshordozók mozgását a diffúziós egyenlet segítségével írhatjuk le, a bázisokban:

$$J = -D_n \frac{dn}{dx} q \quad (21)$$

az emitterben pedig:

$$J = -D_p \frac{dq}{dx} q \quad (22)$$

A külső elektromos áram értékét a (21) illetve (22) kifejezések a kiürített tartomány határán vett értéke adja:

$$J_1 = -qD_n \frac{dn(x)}{dx} \quad \text{ahol } x = xdf \quad (23)$$

$$J_3 = qD_n \frac{dn(x)}{dx} \quad \text{ahol } x = xda$$

A (8), (10), (12), (13) és (14) kifejezéseket felhasználva, és a deriválást elvégezve a következő kifejezéseket kapjuk:

$$J_1 = q\Phi D_n \left(R_s \exp(-xdf) - B_{11} \operatorname{sh}\left(\frac{xdf}{L}\right) - B_{12} \operatorname{ch}\left(\frac{xdf}{L}\right) \right) \quad (24)$$

$$J_3 = q\Phi D_n \left(R_s \exp(-xda) - B_{31} \operatorname{sh}\left(\frac{xda}{L}\right) - B_{32} \operatorname{ch}\left(\frac{xda}{L}\right) \right)$$

Az emittertartományra:

$$J_{2f} = -qD_p \frac{dp(x)}{dx} \quad \text{ahol } x = xjf \quad (25)$$

$$J_{2a} = -qD_p \frac{dp(x)}{dx} \quad \text{ahol } x = xja$$

A (25) egyenletbe $p(x)$ értékét (8) és (18) alapján behelyettesítve a (24) kifejezéshez hasonlóan kapunk.

Másként járunk el a kiürített tartományban keletkező töltéshordozók járulékanak számításakor. Tekintsük a IV. zónát, amelyben az elektromos tér nem nulla, jogosan feltételezzük, hogy a fény hatására keletkezett elektron-luk párok az elektromos tér hatására szétválnak és rekombinációs veszteség nélkül jutnak el a szomszédos tartományba. Ezek szerint a keletkező és az eszköz áramához hozzájáruló töltéshordozók száma egyenlő a tartományban abszorbeálódott fotonok számával:

$$J_4 = q \int_{xjf}^{xda} g(x) dx = (1-R)\Phi (\exp(-\alpha xjf) - \exp(-\alpha xda)) \quad (26)$$

Hasonló kifejezést kaphatunk a J_5 áram értékére. A (19), (20), (24), (25) és (26) egyenletek segítségével kiszámíthatjuk a két dióda áramát, a geometriai és fizikai konstrukció és a fizikai állandók figyelembevételével, a megvilágító fény hullámhosszának és fluxusának függvényében.

Látható, hogy a fény fluxusától valamennyi áramkomponens lineárisan függ, a kvantumhatásfokot a képleteinkből egyszerűen ki tudjuk fejezni.

Számításainkban ezt a kvantumhatásfokot számítottuk ki. Az egységnyi felületű diódák érzékenységét vagyis az egységnyi fényteltjesítmény hatására generálódó áram értékét a következő képlettel kapjuk meg:

$$E = \frac{Jfo}{Po} = \frac{\eta \lambda [\mu\text{m}]}{1,240} A/W \quad (27)$$

ahol Po az optikai teljesítmény.

4. A számításokban felhasznált adatok

A számítások elvégzéséhez konstrukciós és fizika adatokra van szükségünk.

A konstrukciós paraméterek és határadatok a következők:

	réteg- vastagság	adalék- koncentráció
az F dióda bázisa	$2,0 < xjf < 30 \mu\text{m}$	$Naf < 10^{17} \text{cm}^{-3}$
az A dióda bázisa	$W = 500 \mu\text{m}$	$Naa < 10^{17} \text{cm}^{-3}$
a két dióda emittore	$3,0 < xja - xjf < 20 \mu\text{m}$	$10^{18} < \text{cm}^{-3}$ Nde
az oxidréteg	$75 < dox < 150 \text{nm}$	

A fizikai állandók az egyes rétegekben az élet-tartam és a kisebbségi töltéshordozók diffúziós állandója.

A számításokat a technológiailag megvalósíthatóbbnak ítélt $p-n-p$ struktúrára végeztük el, a számítások során változtattuk az F dióda bázisréteg és a közös emitterréteg vastagságát. A két dióda bázisának adalékkoncentrációját mindig egyenlőnek vettük.

4.1. A diffúziós állandó

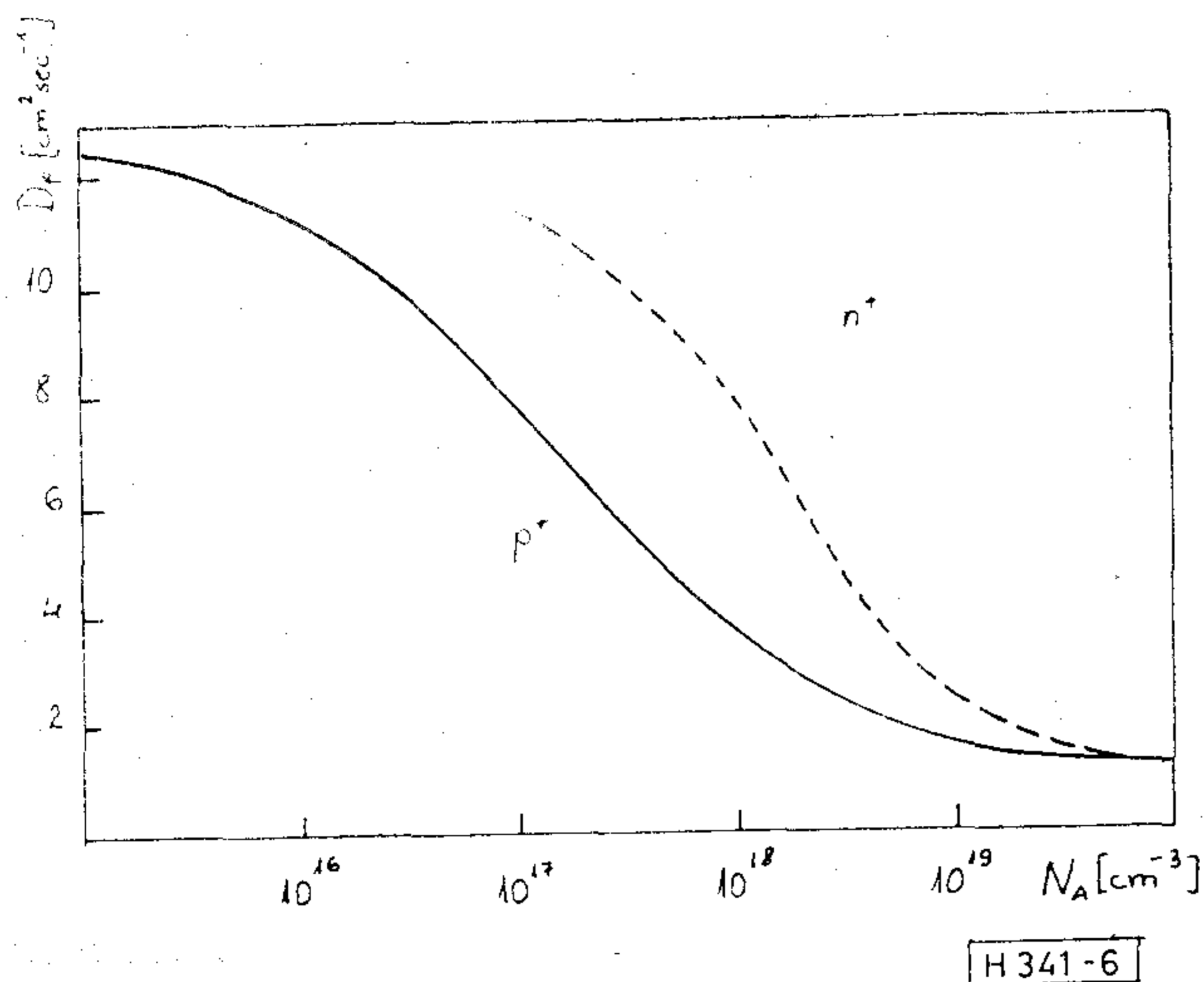
A kisebbségi töltéshordozók diffúziós állandójára saját mérési eredményünk nincsen, ezért az irodalomban található értékeket használtuk fel. Az irodalomban felváltva szerepelnek diffúziós adatok és töltéshordozó mozgékonyaságra vonatkozó adatok. A két megadás között az Einstein reláció létesít kapcsolatot:

$$D = \frac{\mu}{q} kT \quad (28)$$

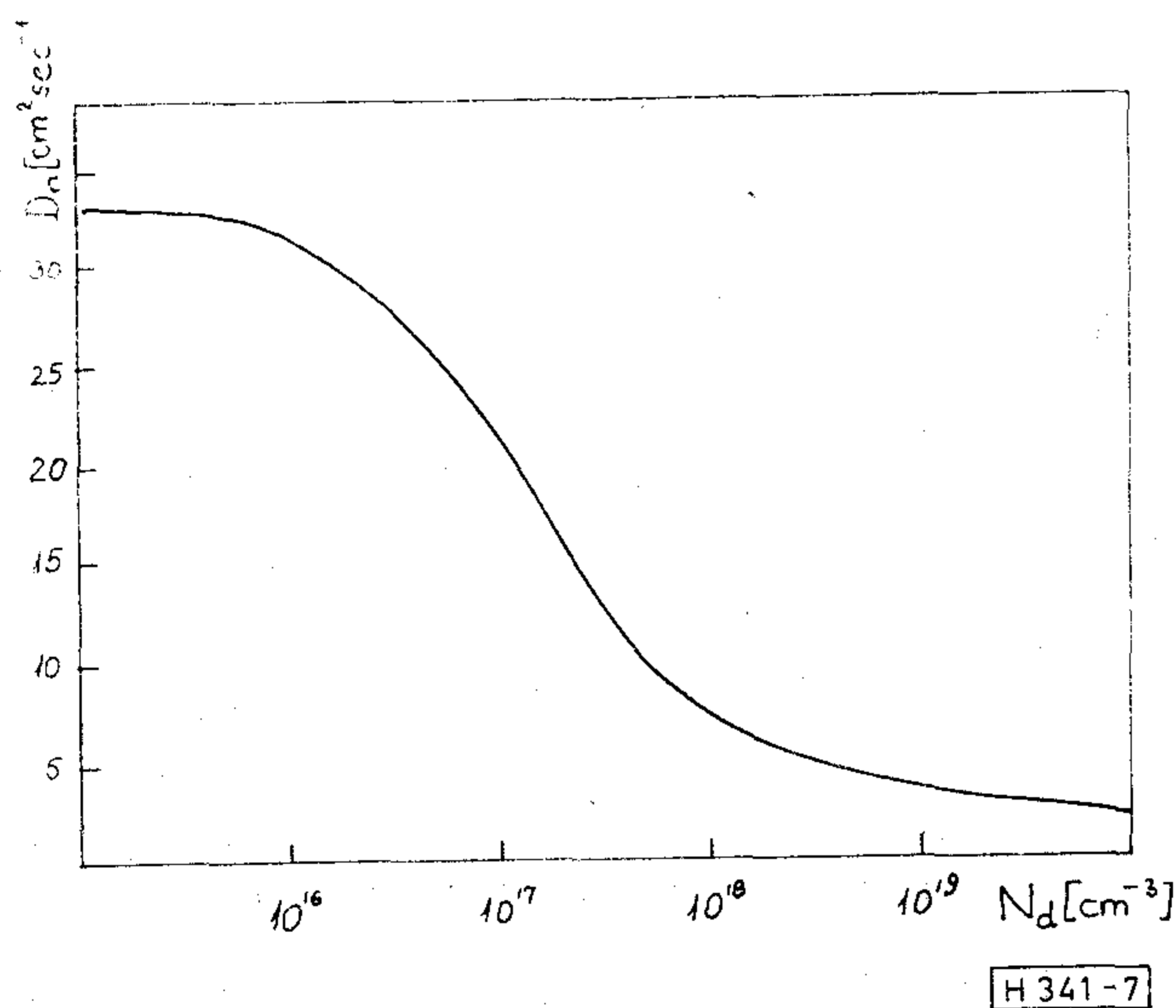
A diffúziós állandó koncentrációfüggését a [8], [9] és [10] alapján foglaltuk össze a 6. és 7. ábrán.

Az irodalom szerint [11], [12], a kisebbségi töltéshordozók mozgékonyasága és ezzel a diffúziós állandója 10^{18}cm^{-3} adalékkoncentráció felett, ahol a töltéshordozók egymáson történő szóródása már számottevő, nagyobb mint az ugyanolyan típusú többségi töltéshordozók mozgékonyasága. A [11] szerinti értékeket a 7. ábrán szaggatott vonallal jelöltük. Ha az adalékkoncentráció $N = 2 \cdot 10^{20} \text{cm}^{-3}$ akkor a mozgékonyaságok aránya [12] szerint

$$\frac{\mu_n(p^+)}{\mu_n(n^+)} = 1,4 \quad \frac{\mu_p(n^+)}{\mu_p(p^+)} = 3,3 \quad (29)$$



6. ábra. Lukak diffúziós állandója p és n típusú Si alapanyagban, [9], [10] és [11] alapján



7. ábra. Elektronok diffúziós állandója n típusú Si alapanyagban, [8] és [10] alapján

ahol $\mu_p(p^+)$, $\mu_p(n^+)$ a lukmozgékonyosság az p ill. n típusú anyagban, teljesen hasonlóan $\mu_n(n^+)$, $\mu_n(p^+)$ az elektronmozgékonyosság az n ill. p típusú anyagban.

A (10) és (11)-ben közölt adatok összevetéséből meggyőződhetünk arról, hogy a (28) Einstein összefüggés a számításainkban előforduló adalékkoncentrációk mellett érvényes, így nyugodtan használhatjuk a különböző forrásokból származó adatokat.

4.2. Kisebbségi töltéshordozó élettartama

A kisebbségi töltéshordozók élettartama elsősorban a kristályban lévő rekombinációs centrumok sűrűségétől függ. A rekombinációs centrumok mély nívók (Shokley—Read—Hall, SRH rekombináció). A rekombináció nagy adalékkoncentrációjú anyagokban rekombinációs centrumok nélkül is végbemehet, úgynevezett Auger rekombináció útján [13].

A nagy tisztaságú megmunkálatlan 6 Ohmcm fajlagos ellenállású alapanyagban $\tau_n = 378 \mu\text{sec}$ kisebbségi töltéshordozó élettartamot mértünk a Zerbst módszer [14] segítségével.

A kisebbségi töltéshordozó élettartam adalékkoncentrációtól való függését a következő empirikus formulákkal közelíthetjük:

az SRH rekombinációra [15]:

$$\tau_k = \frac{\tau_0}{1 + N/7 \cdot 10^{15}} \quad (30)$$

ahol N az adalékkoncentráció τ_0 az alapélettartam, esetünkben ez $500 \mu\text{sec}$.

az Auger rekombinációra [16]:

$$\tau_A = (K_A 10^{-31} N^2)^{-1} \quad (31)$$

ahol $K_A = 2,8 \text{ cm}^6/\text{sec}$ lukakra és $K_A = 0,99 \text{ cm}^6/\text{sec}$ elektronokra.

A kétféle élettartam eredője a következő:

$$\tau_n = \frac{\tau_A \tau_k}{\tau_A + \tau_k} \quad (32)$$

A (30), (31) és (32) egyenletek alapján számított eredő kisebbségi töltéshordozó élettartamot a 8. ábra mutatja. Az ábrán feltüntetett néhány mérési eredmény [19] alapján.

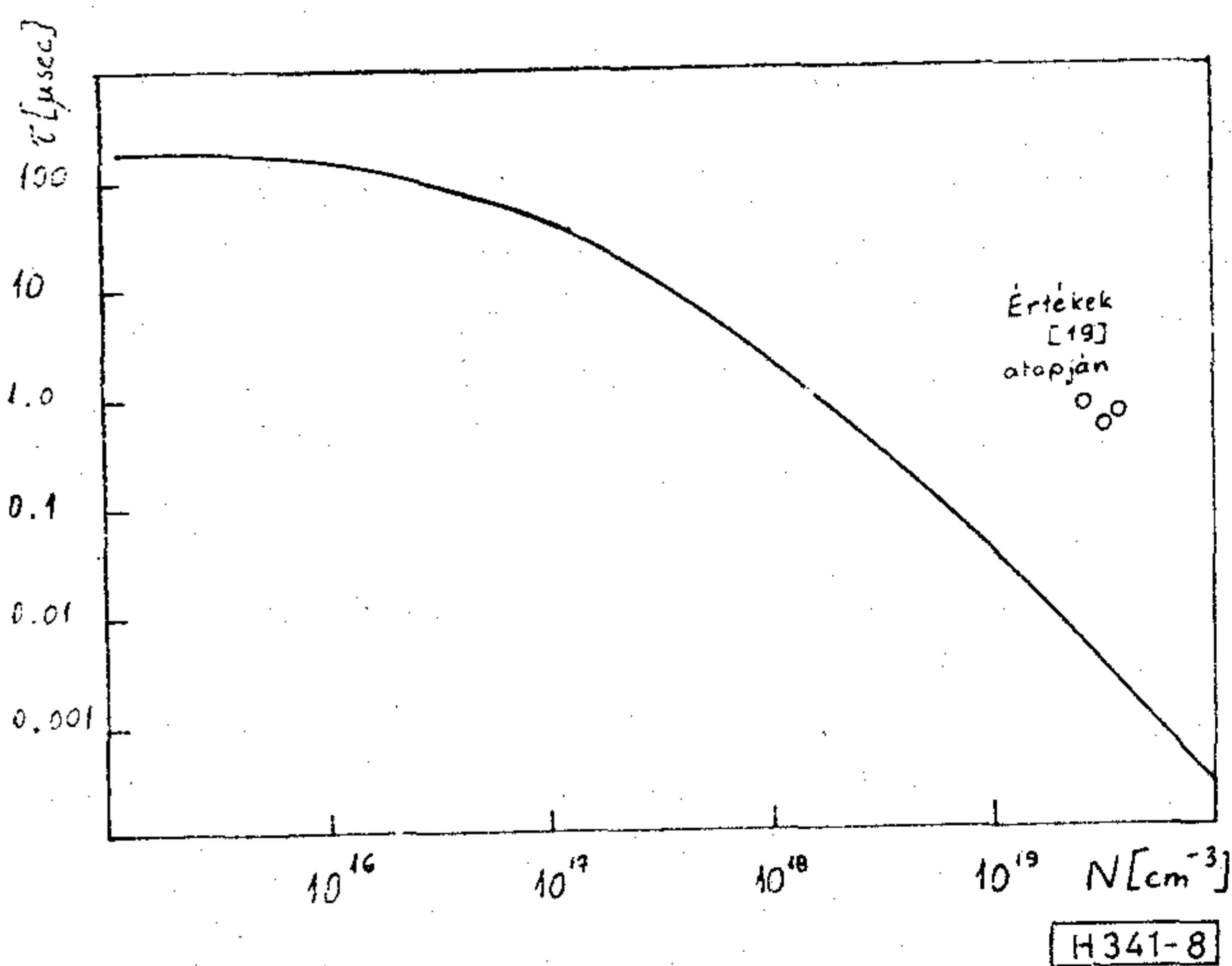
4.3. A felületi rekombináció sebessége

A félvezető határfelületén lévő rekombinációs centrumok miatt a felületre jutó kisebbségi töltéshordozók rekombinálnak. A rekombináció sebessége, S a felületen lévő rekombinációs centrumok számától és hatáskeresztmetszetétől függ.

Az irodalomban publikált értékek igen tág határok között szórnak, alább néhány értéket soroltunk fel:

$S = 1\,000 \text{ cm/sec}$	[10]
$S = 100\,000 \text{ cm/sec}$	[20]
$S = 100 \text{ cm/sec}$	[11]
$S = 0,5 - 2 \text{ cm/sec}$	[21]

Saját mérésünk szerint a termikusan oxidált p típusú 6 Ohmcm fajlagos ellenállású alapanyag rekombinációs sebessége $S = 3 - 10 \text{ cm/sec}$.



8. ábra. Kisebbségi töltéshordozó élettartam az adalékkoncentráció függvényében a (32) egyenlet és [19] alapján

5. Számítási eredmények

Számításaink során megvizsgáljuk a geometriai méretek és a fizikai paraméterek hatását a színérzékelő spektrális karakterisztikájára.

A durva modellből (4. ábra) látszik, hogy a színérzékelő spektrális karakterisztikája az F dióda vastagságától függ, feltételezve, hogy az A dióda vastagsága olyan nagy, hogy abban a teljes beeső fénycsugár abszorbeálódik.

A két dióda közös emitterében a határfeltételek (12) szimmetriája miatt a generált töltéshordozók koncentrációja körülbelül az emitter közepén maximális. A diffúziós folyamat a töltéshordozókat az F illetve az A dióda kiürített tartományába viszi attól függően, hogy a maximum helyhez képest hol generálódtak. Az előző megfontolás alapján definiáljuk az első tervezési paramétert, az emitter tartomány közepének az eszköz felületétől való távolságát, ezt a továbbiakban xe -vel jelöljük.

Számításainkban a következő xe értékek fordulnak elő: $xe = 12, 8, 6, 4 \mu\text{m}$.

Az A dióda bázisának vastagsága állandó, $W = 500 \mu\text{m}$.

Az oxidvastagság értékének megválasztásakor tekintetbe vettük, hogy a transzmissziós függvény (5. ábra) egyértékű legyen, és hogy a transzmisszió a kisebb hullámhosszaknál legyen maximális. Első számításainkban ennek megfelelően $dox = 75 \text{ nm}$ értéket választottunk.

A felületi rekombináció sebesség értékét az irodalom alapján $S = 100 \text{ cm/sec}$ -re választottuk.

A fizikai képből nyilvánvaló, hogy a diódák vesztesége annál kisebb minél nagyobb a kisebbségi töltéshordozók élettartama és diffúziós állandója. A 6., 7., 8. ábrák alapján tehát célszerű minél nagyobb fajlagos ellenállású, kisebb adalékkoncentrációjú rétegeket választani. A technológiai lehetőségeket figyelembe véve a következő adalékkoncentrációkat választottuk:

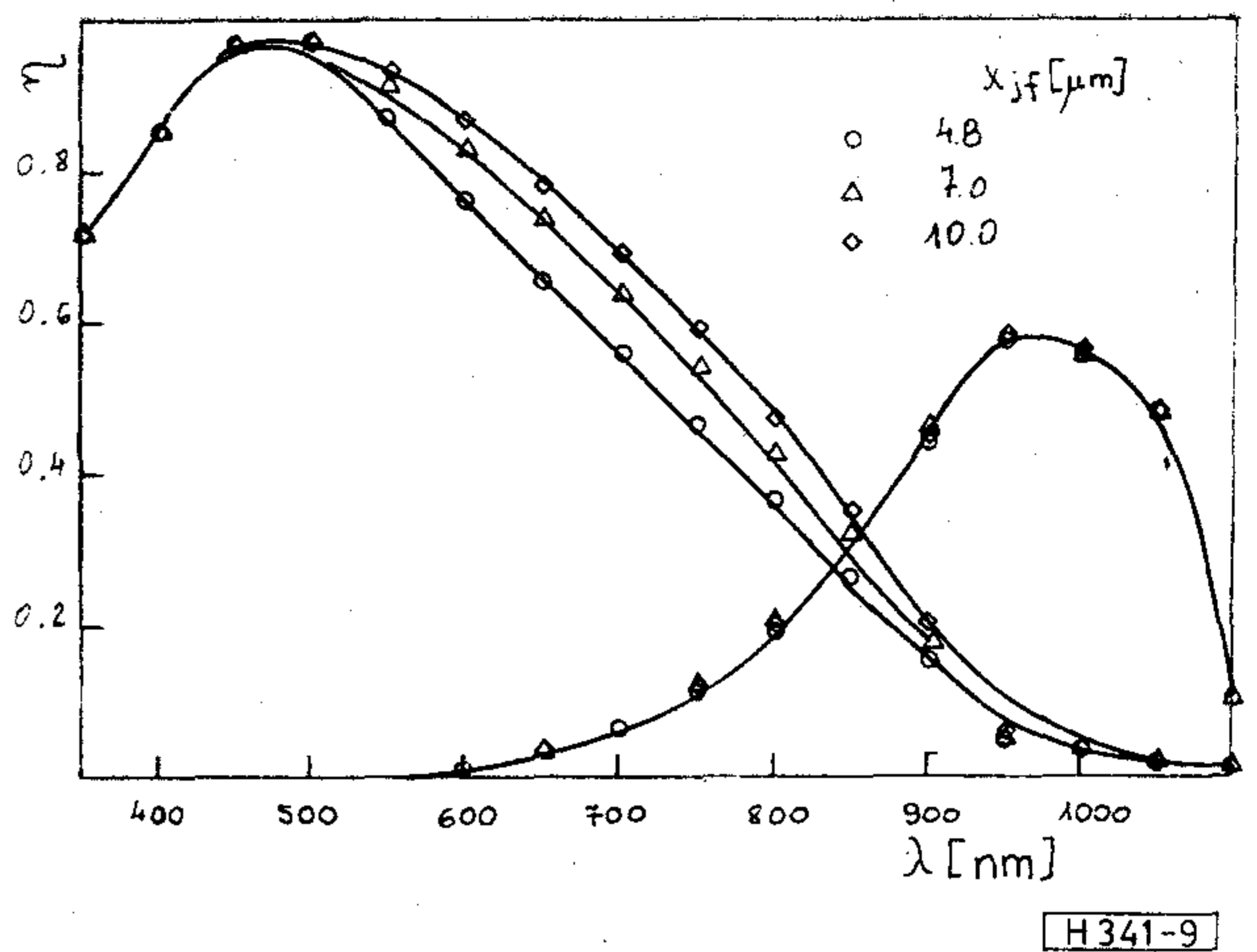
a bázisrétegekben $N_{af} = N_{aa} = 2,25 \cdot 10^{15} \text{ cm}^{-3}$, ez megfelel p típusú anyagban $6,0 \text{ Ohmcm}$ fajlagos ellenállásnak.

az emitterben $N_{de} = 1 \cdot 10^{19} \text{ cm}^{-3}$, ami n -típusú anyagban $0,0006 \text{ Ohmcm}$ fajlagos ellenállásnak felel meg.

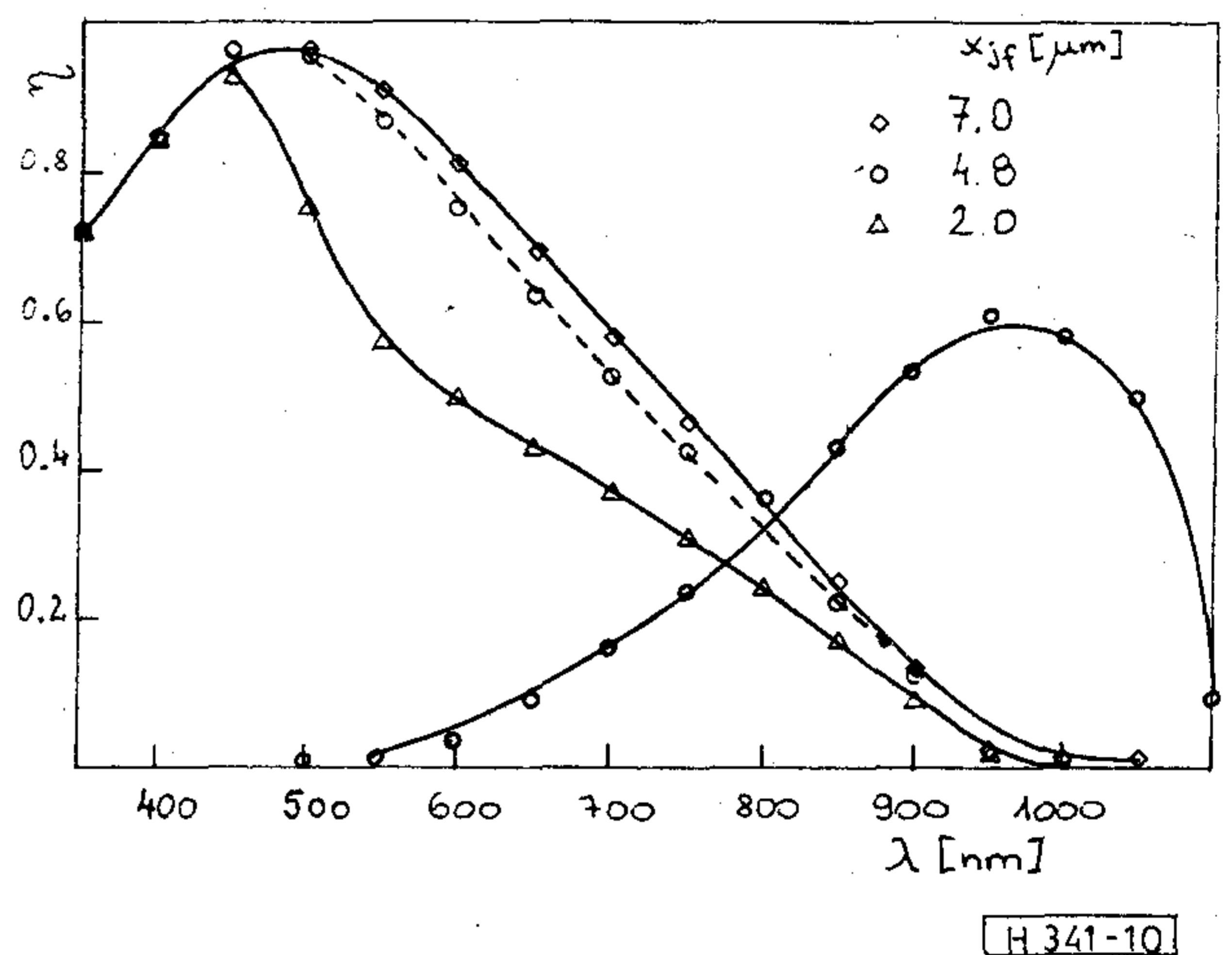
A töltéshordozók diffúziós állandóját és élettartamát a 6., 7., 8. ábrák alapján határoztuk meg.

A 6., 7., 8. ábrákból látszik, hogy az emitter rétegben a rekombináció sokkal gyorsabb, a diffúziós állandó pedig kisebb mint a bázis rétegben, így ott a generált töltéshordozók közül is több rekombinálódik mielőtt elérte volna a dióda kiürített tartományát, más szóval nagyobb a rekombinációs veszteség.

Első számításainkban ezt az effektust követjük nyomon. Tekintetbe véve a technológiai megvalósíthatóságot azonos $xe = 12 \mu\text{m}$ illetve $xe = 8 \mu\text{m}$ emitterközép méret mellett, a bázisréteg vastagságát az F diódában $x_{jf} = 4,8, 7, 10 \mu\text{m}$ ill. $x_{jf} = 2, 4,8, 5, 7 \mu\text{m}$ értékek közül választottuk. Számításainkban külön határoztuk meg az F és az A dióda kvantumhatásfokát.



9. ábra. Kvantumhatásfok az A és F diódákban, $xe = 12 \mu\text{m}$, változó paraméter x_{jf}



10. ábra. Kvantumhatásfok az A és F diódákban, $xe = 8 \mu\text{m}$, változó paraméter x_{jf}

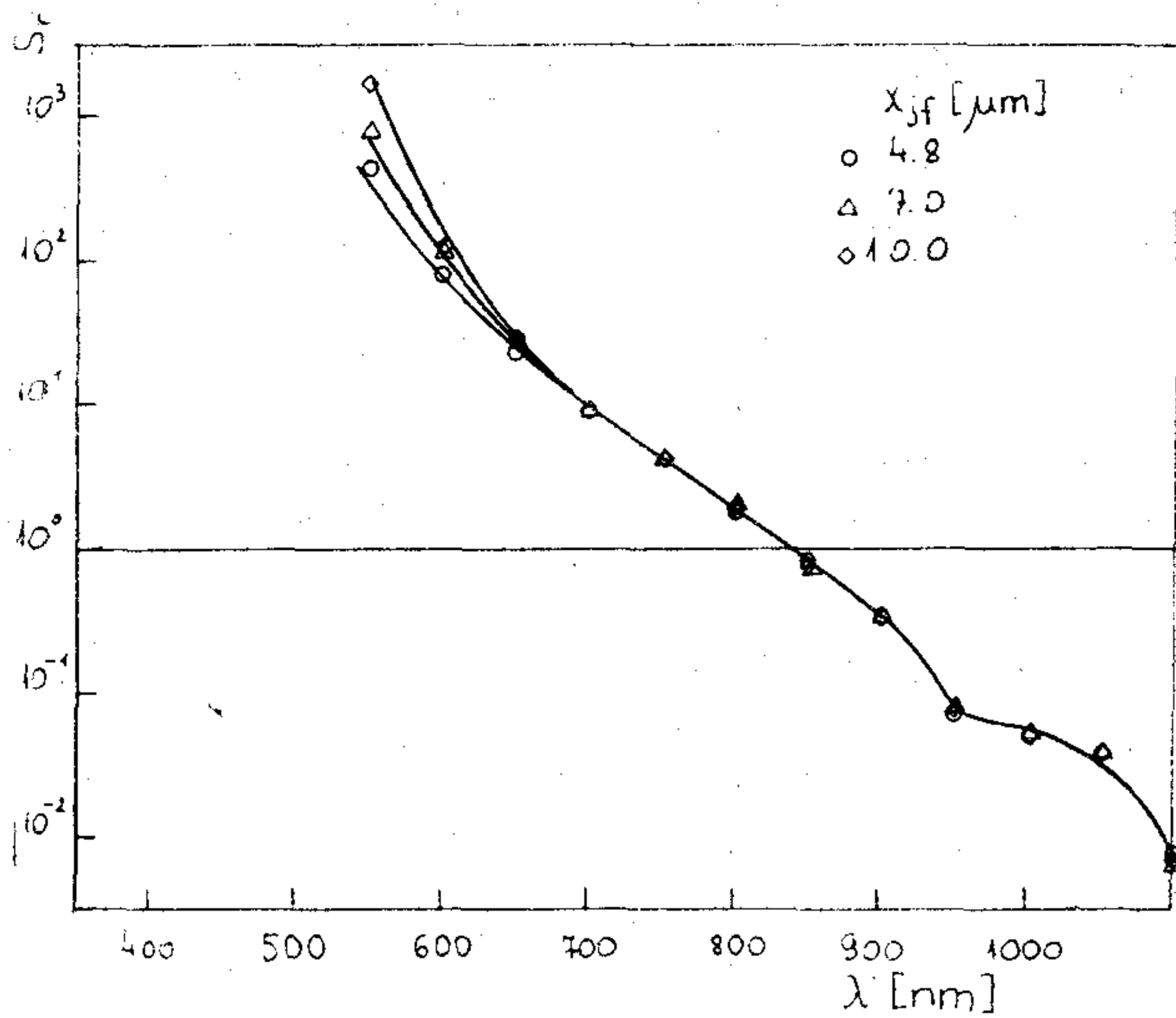
Az eredményeket a 9. és 10. ábrán mutatjuk be.

A 9. ábrából látszik, hogy ha $xe = 12 \mu\text{m}$ akkor az F dióda bázisrétegének vastagításával ezen dióda kvantumhatásfoka az $500 \mu\text{m} - 900 \mu\text{m}$ hullámhossztartományban növekszik. Az abszorpció ebben a hullámhossztartományban néhány μm vastagságban következik be, ha ezen a helyen a kisebbségi töltéshordozók élettartama nagyobb lesz csökkenni fog a rekombinációs veszteség.

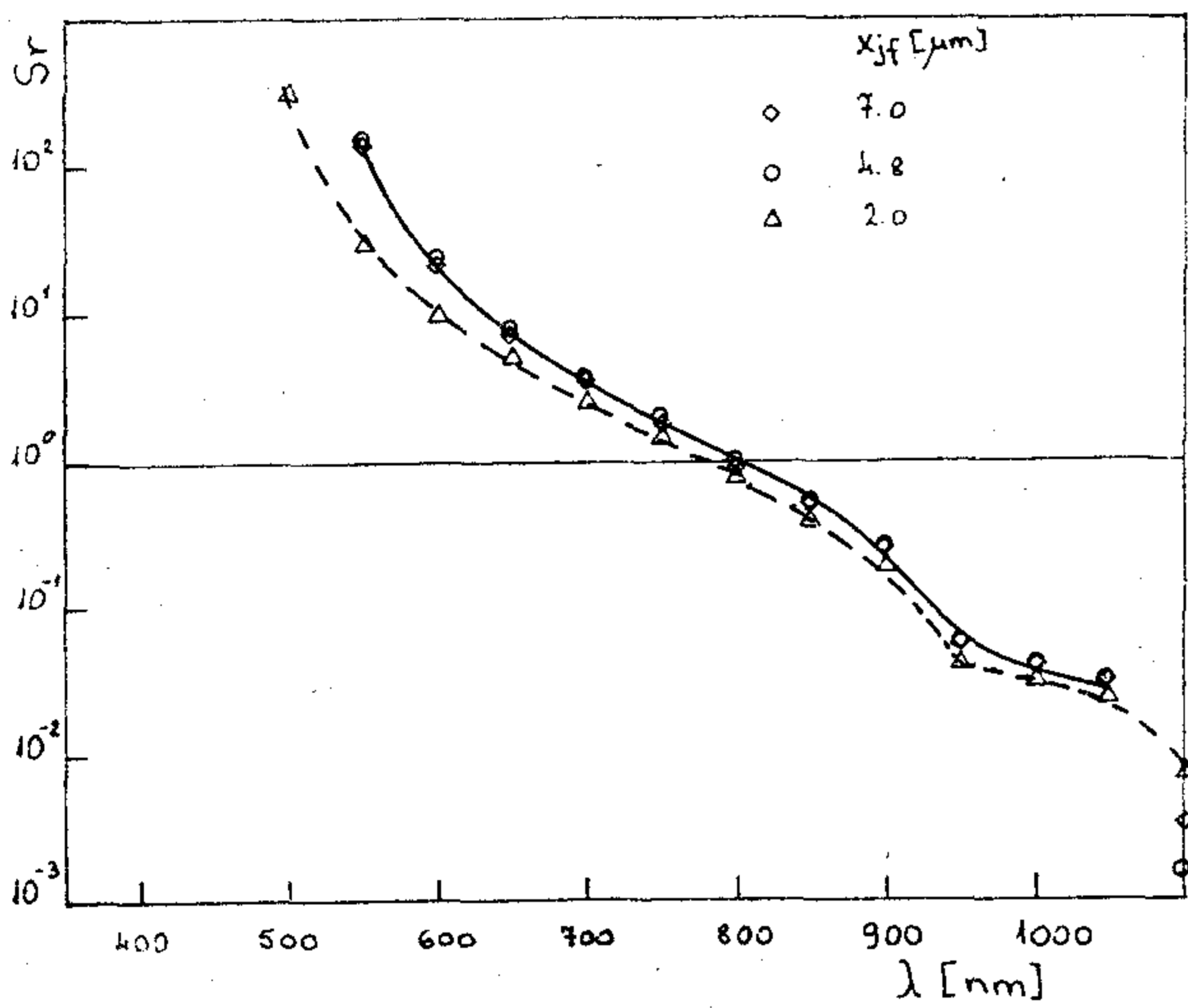
Ugyanezt láthatjuk az $xe = 8 \mu\text{m}$ emitterközép távolság esetében (10. ábra). A kvantumhatásfok változása akkor nagy ha a bázisvastagság $4,8 \mu\text{m}$ -ről $2,0 \mu\text{m}$ -re csökken.

A színérzékelő kimenő spektrális karakterisztikája, a két dióda kvantumhatásfokának aránya, látható a 11. és 12. ábrán.

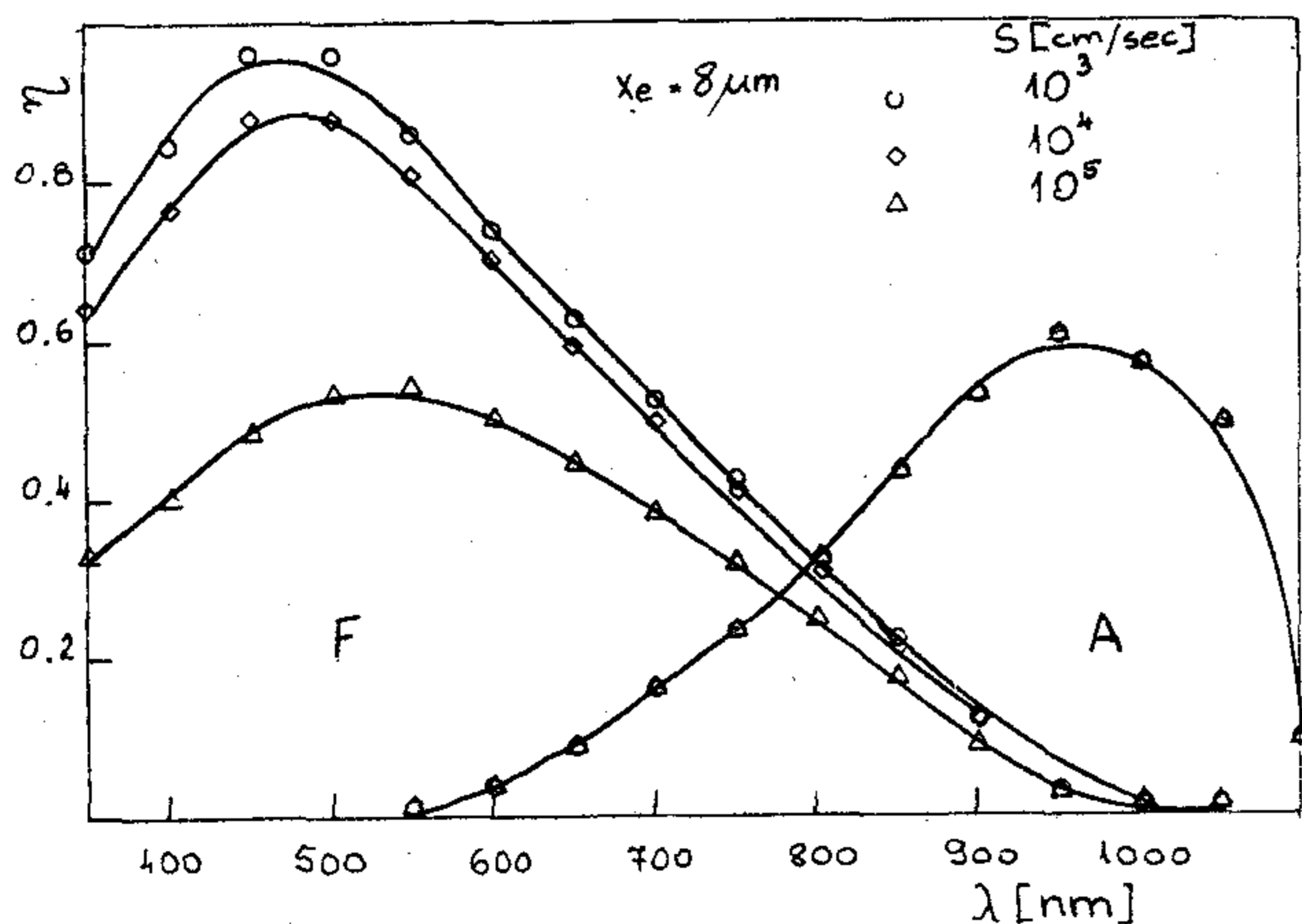
A kvantumhatásfokok, vagy ami azzal egyenértékű a rövidzárási áramok, aránya az $550 - 950 \mu\text{m}$ hullámhosszak között logaritmikus léptékben közel lineárisan változik a megvilágító fény hullámhosszának függvényében, $950 - 1100 \mu\text{m}$ hullámhossztartományban a változás sokkal kisebb, a görbe ellaposodik. A színérzékelő spektrális karakterisztikája csak kevéssé függ az x_{jf} bázisvastagságtól.



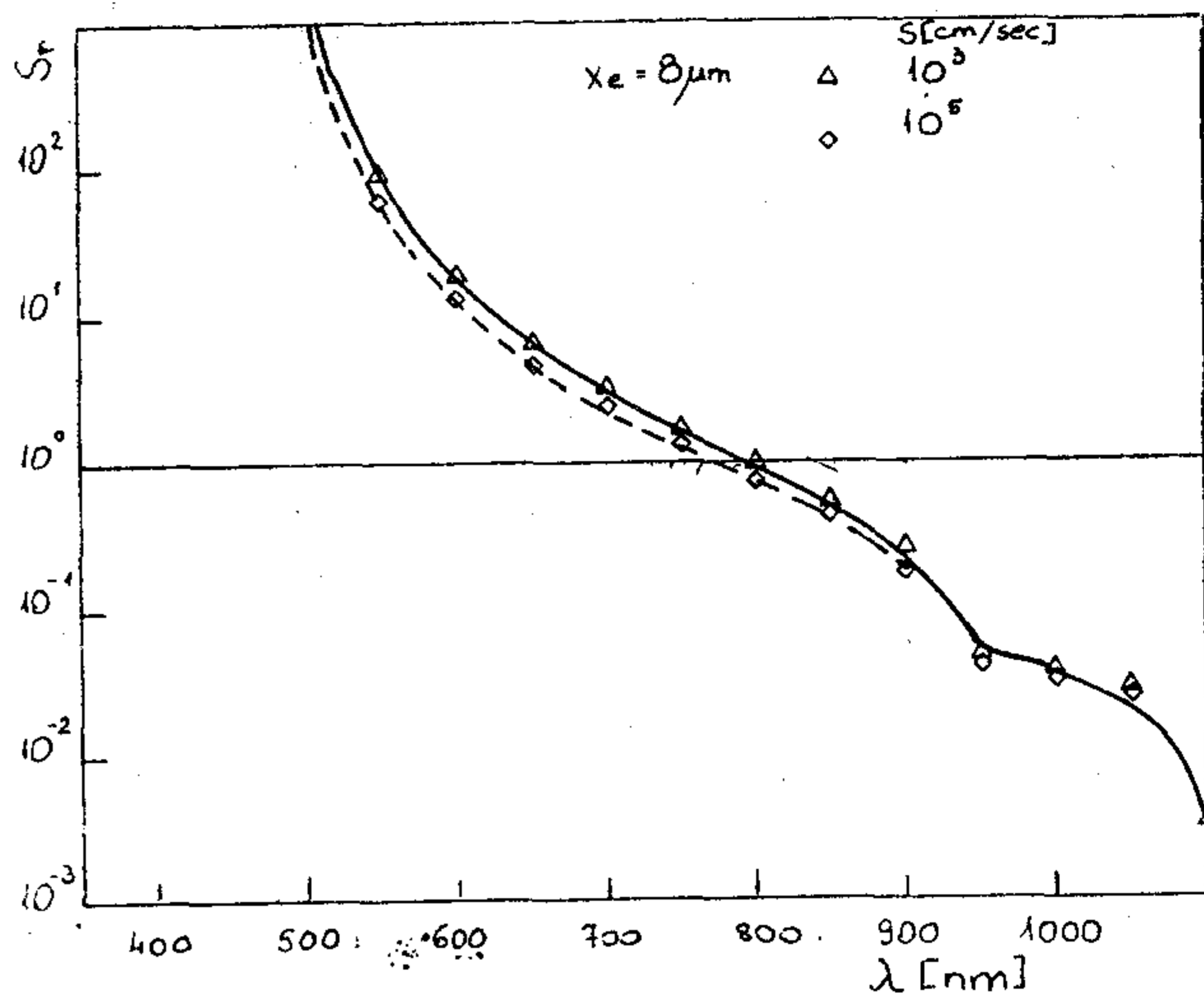
11. ábra. Spektrális karakterisztika, $x_e = 12 \mu\text{m}$, változó paraméter x_{jf}



12. ábra. Spektrális karakterisztika, $x_e = 8 \mu\text{m}$, változó paraméter x_{jf}



13. ábra. Kvantumhatásfok az A és F diódákban, $x_e = 8 \mu\text{m}$, $x_{jf} = 4.8 \mu\text{m}$, változó paraméter a felületi rekombinációs sebesség S

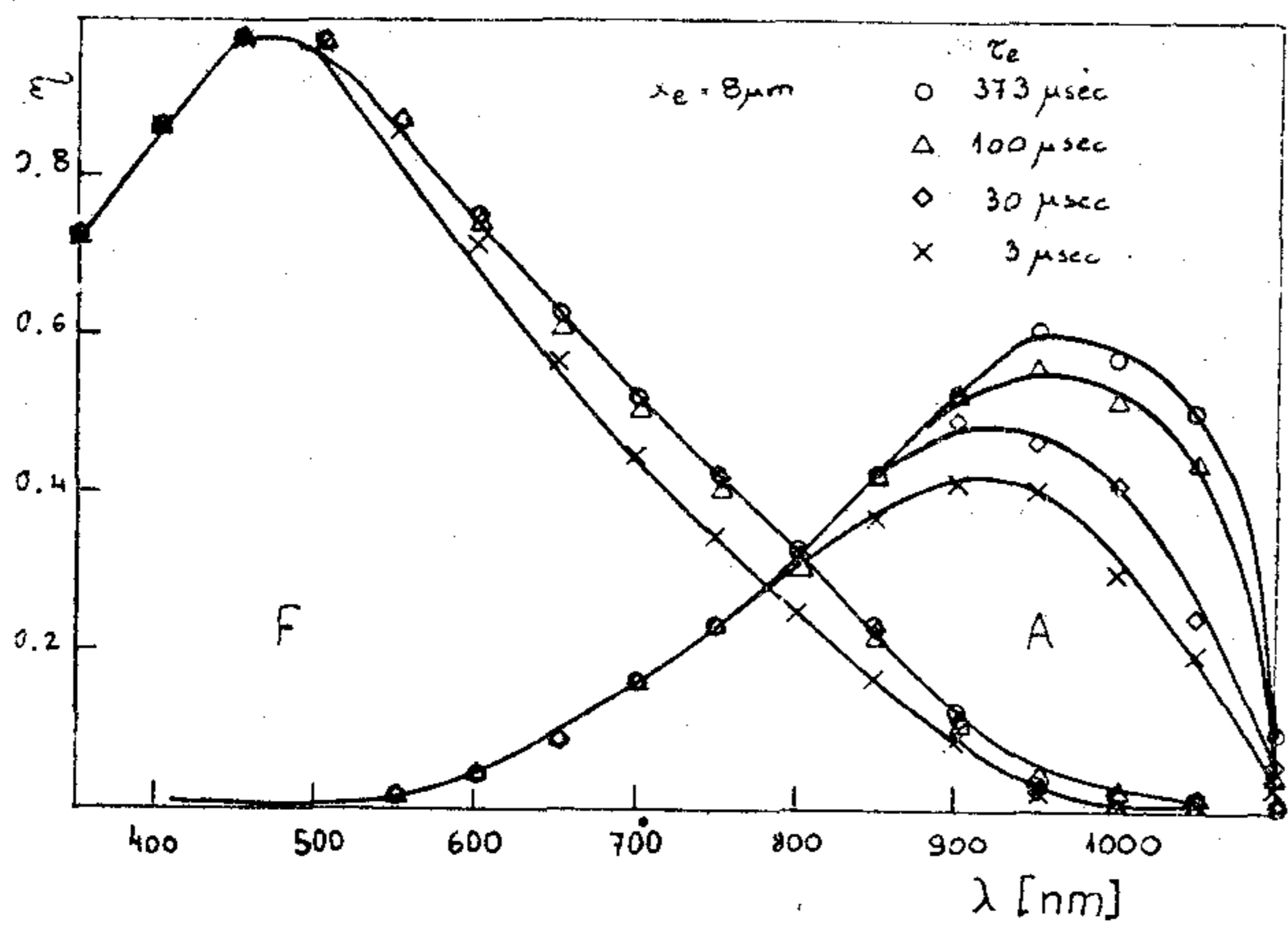


14. ábra. Spektrális karakterisztika, $x_e = 8 \mu\text{m}$, $x_{jf} = 4.8 \mu\text{m}$, változó paraméter a felületi rekombinációs sebesség S

A 9. és 10. ábrából látszik, hogy a $450 \mu\text{m}$ -nél rövidebb hullámhosszú fényre a kvantumhatásfok meredeken csökken, és ez a csökkenés nem függ az x_{jf} bázisréteg vastagságától. A jelenséget a felületi rekombináció okozta veszteséggel magyarázzuk. A felületi rekombináció sebességnek a kvantumhatásfokra gyakorolt hatását mutatja a 13. és a 14. ábra. A 13. ábrából látható, hogy a kvantumhatásfok rövid hullámhosszú fényenél tapasztalható csökkenését valóban a felületi rekombináció okozza. Ez a csökkenés $100 \text{ cm/sec} - 10\,000 \text{ cm/sec}$ tartományban kevésbé függ a felületi rekombináció sebességétől. A színérzékelő spektrális karakterisztikája csak az 500 nm -nél kisebb hullámhosszakra változik a felületi rekombináció sebesség hatására (14. ábra). A további számításainkat $S = 100 \text{ cm/sec}$ értékkel végeztük.

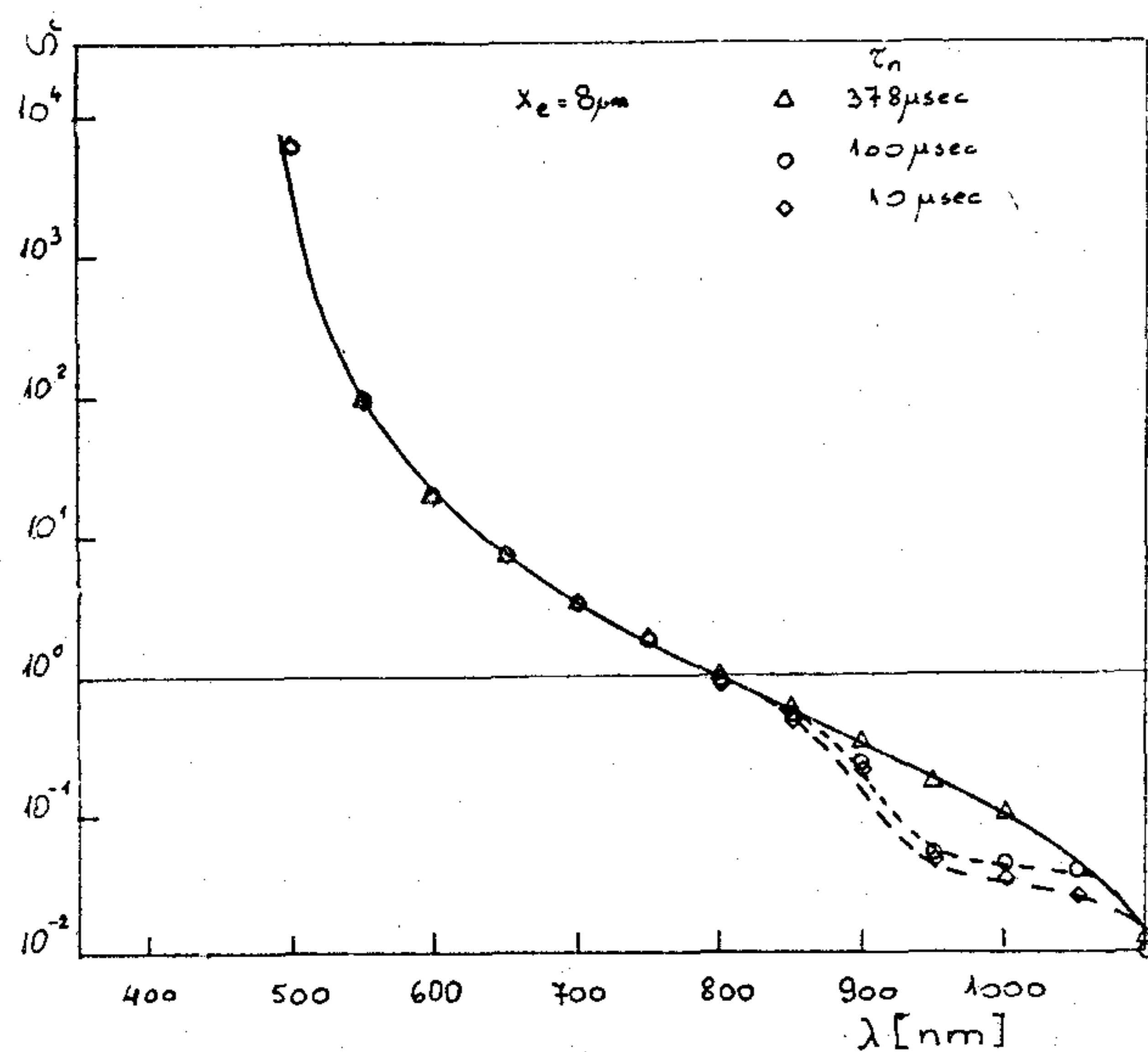
A bázisrétegben az ideális kisebbségi töltéshordozó élettartam $\tau = 378 \mu\text{sec}$ ha megmunkálatlan alapkristályról van szó. Ez az érték a technológiai megmunkálás során sokat változhat, ezért megvizsgáltuk hogyan változik a színérzékelő spektrális karakterisztikája ha a kisebbségi töltéshordozó élettartamot $\tau = 373, 100, 30, 10, 3 \mu\text{sec}$ értékre választjuk. Ezeket a számításokat $x_e = 8 \mu\text{m}$ és $x_{jf} = 4.8 \mu\text{m}$ értékekre végeztük el. Az eredményeket a 15. és 16. ábra mutatja. Látható, hogy az F dióda kvantumhatásfoka nem függ észlelhetően a kisebbségi töltéshordozók élettartamától. Az A dióda kvantumhatásfoka pedig csak 750 nm feletti hullámhosszokon csökken az élettartam csökkenésével. A színérzékelő spektrális karakterisztikája csak a 950 nm feletti hullámhosszknál a bázisrétegben a technológiailag reálisan várható $\tau = 100 \mu\text{sec}$ élettartammal számolunk.

Kiszámítottuk a színérzékelő spektrális karakterisztikáját az x_e függésében, $x_e = 4, 6, 8, 12 \mu\text{m}$ értékek mellett. Az eredmények (17. ábra) azt mutatják, hogy az A dióda kvantumhatásfoka 950 nm alatti hullámhosszokra x_e emitterközép



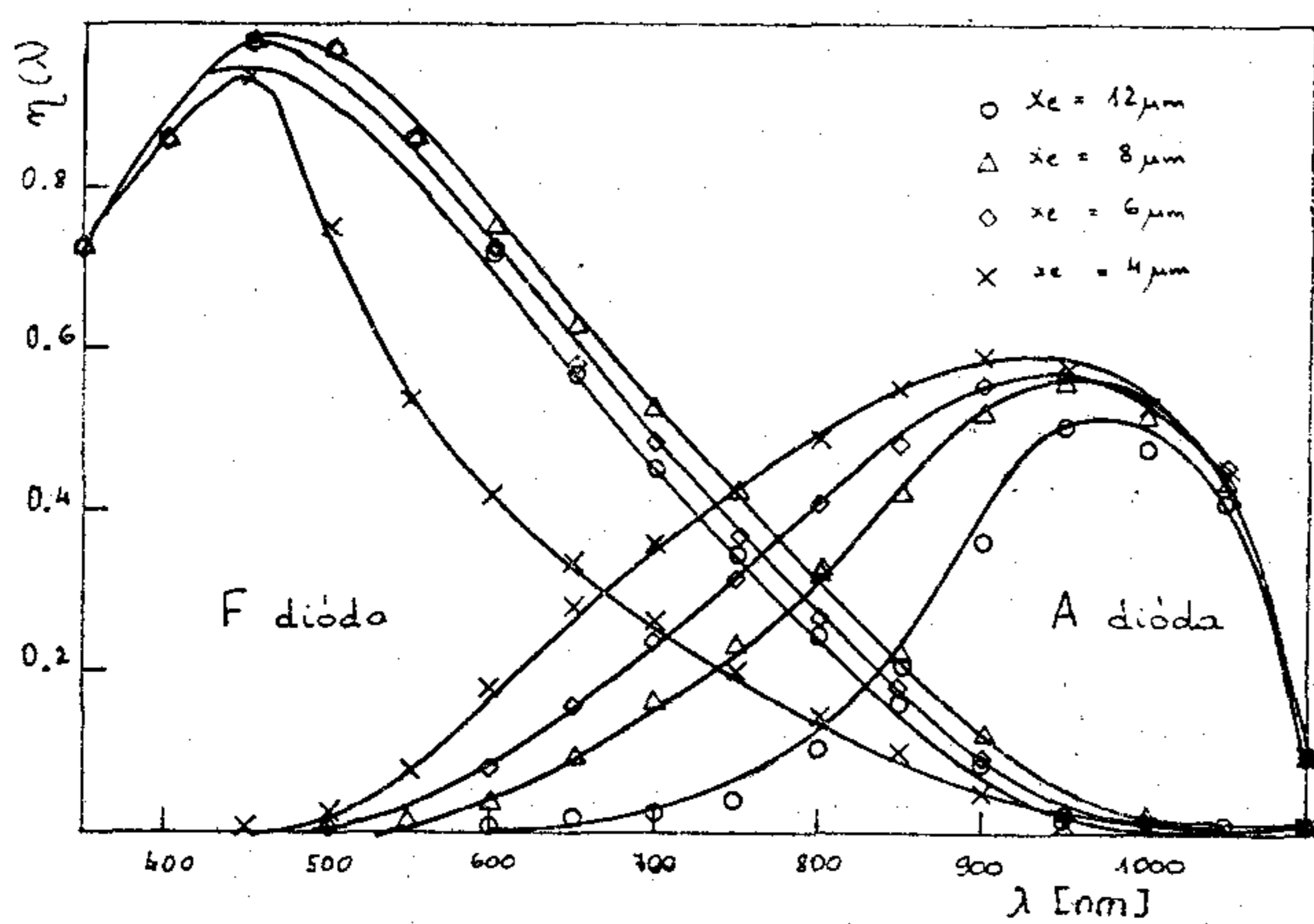
H341-15

15. ábra. Az A és F dióda kvantumhatásfoka különböző kisebbségi töltéshordozó élettaramoknál



H341-16

16. ábra. A spektrális karakterisztika különböző kisebbségi töltéshordozó élettartamoknál

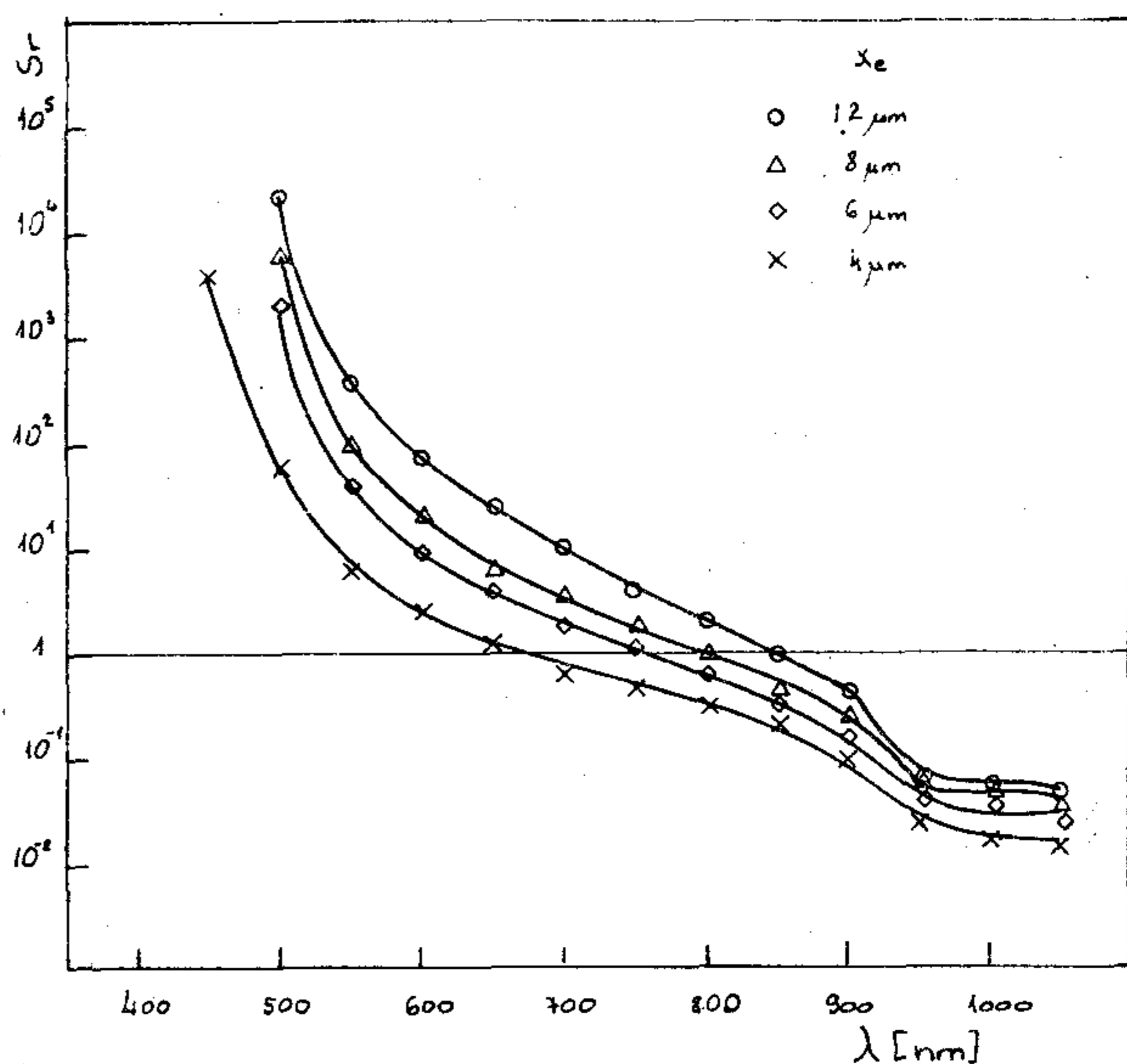


H-341-17

17. ábra. Az A és F dióda kvantumhatásfoka változó x_e értékekre

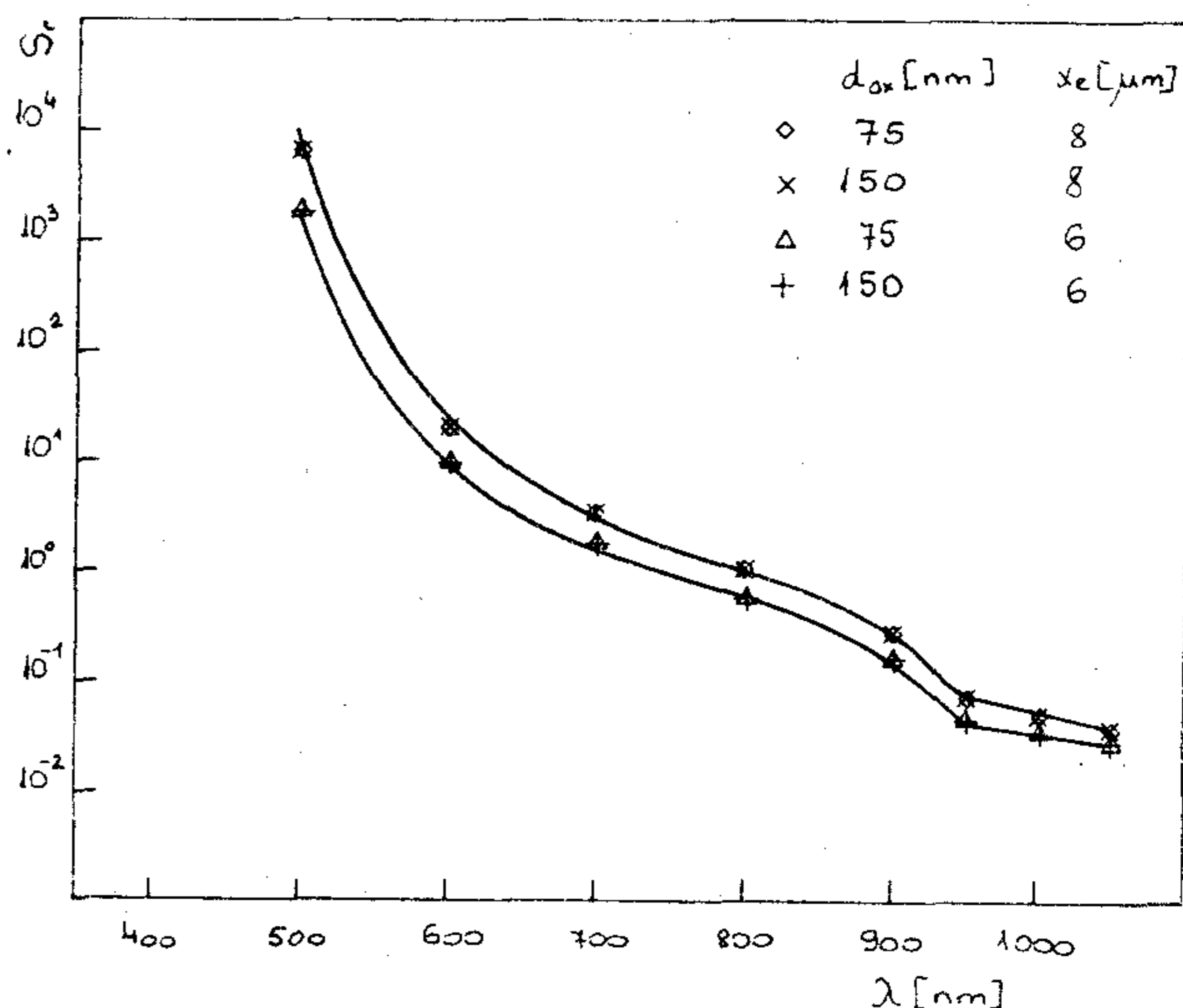
csökkenésével növekszik, míg az F dióda kvantumhatásfoka 450—900 nm hullámhossztartományban csökken. A két hatás eredőjeként adódó színérzékelő spektrális karakterisztika változás a 18. ábrán látható. A spektrális karakterisztika változás a 18. ábrán látható. A spektrális karakterisztika görbék jellege minden x_e értékre hasonló, helyük viszont az x_e érték csökkenésével a rövidebb hullámhosszak felé tolódik el. Változatlanul megtalálható a spektrális karakterisztika 950 nm feletti ellaposodása.

A színérzékelő érzékenységet befolyásolja a felületén lévő reflexiót csökkentő oxidréteg vastagsága. Eddigi számításainkban $d_{ox}=75$ nm értéket használtunk. Ennek az oxidrétegnek a maximális áteresztése 450 nm-nél van. Kiszámoltuk a színérzékelő spektrális karakterisztikáját



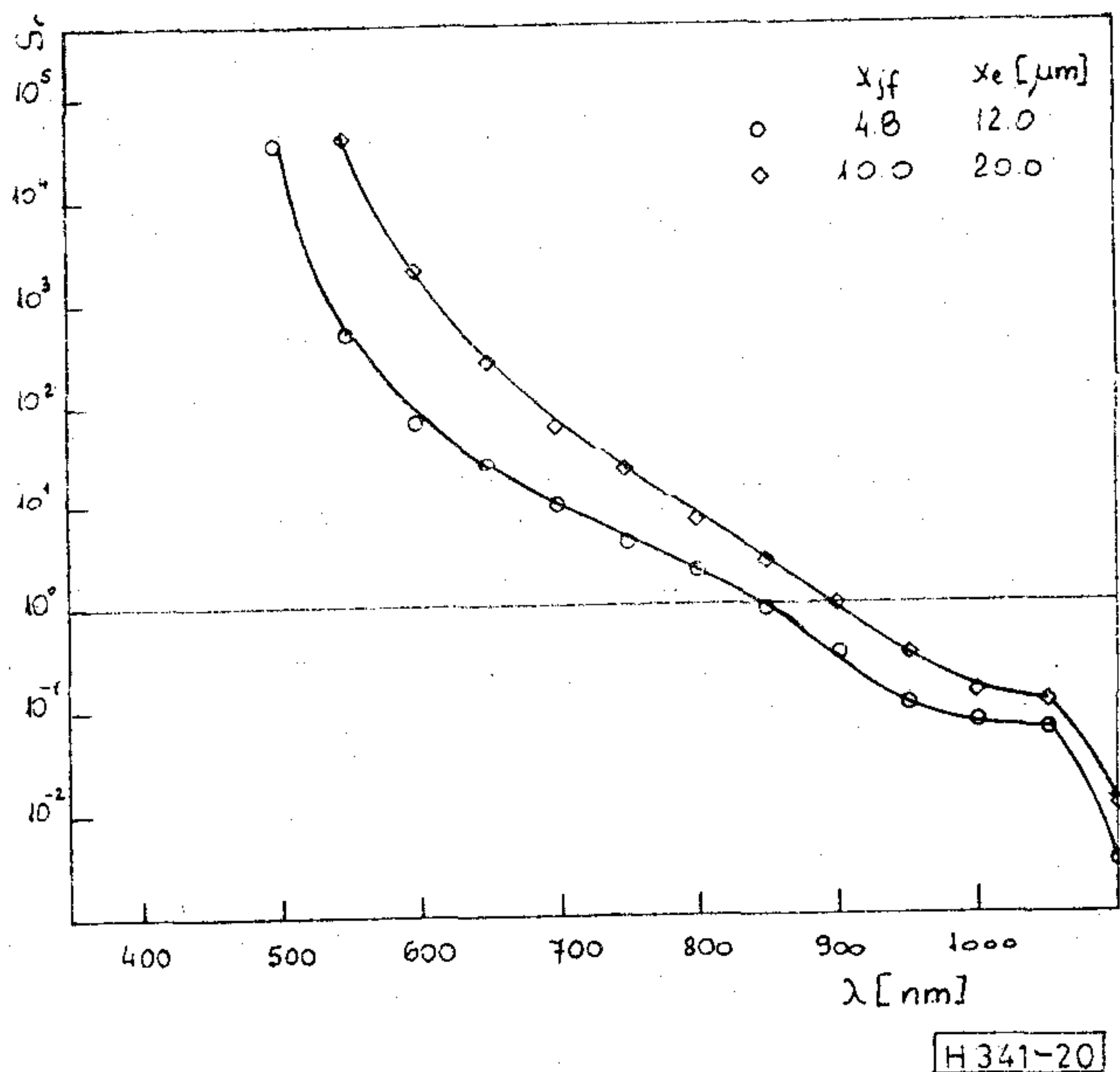
H341-18

18. ábra. A spektrális karakterisztika különböző emitterközép, x_e értékeknél

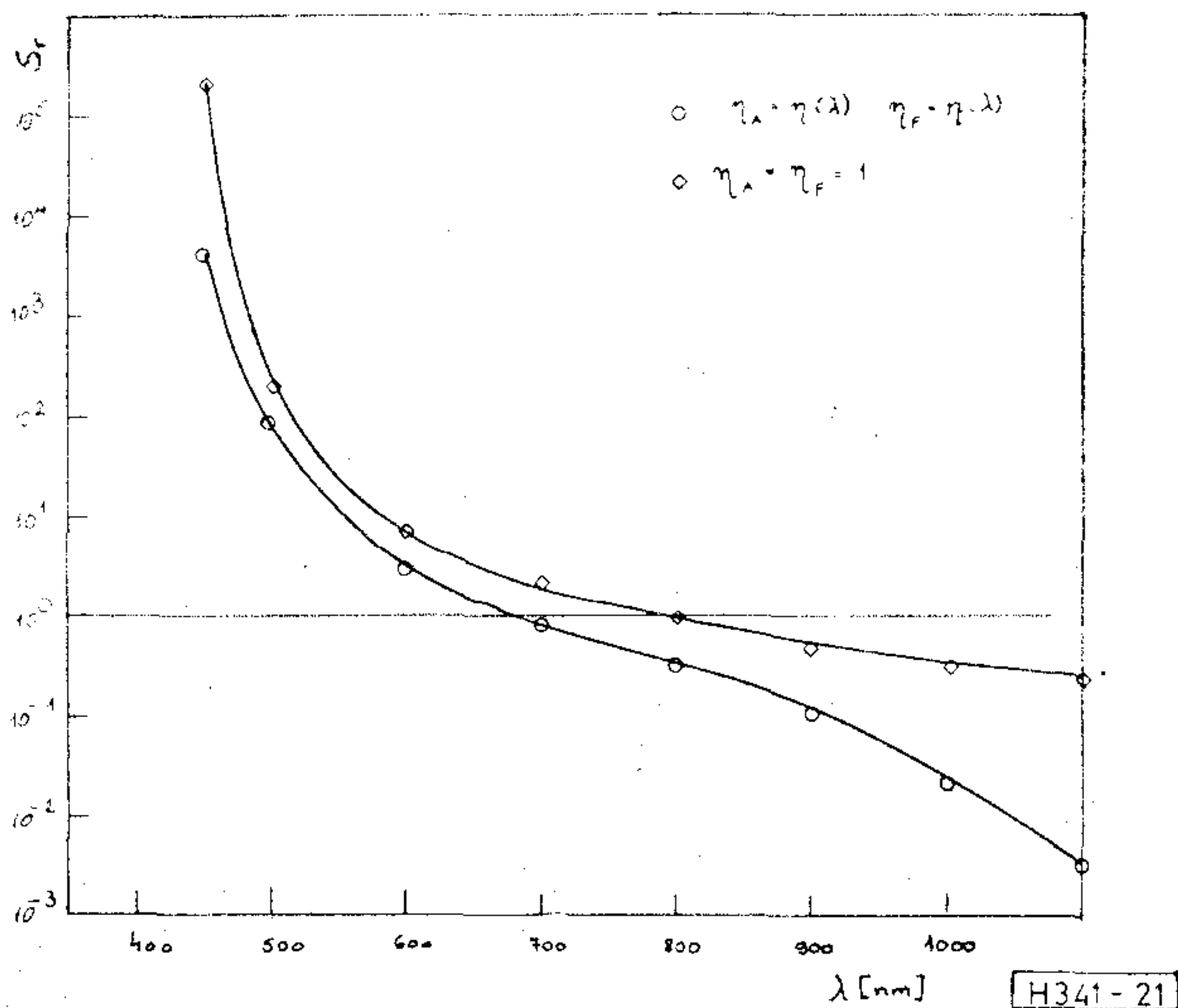


H341-19

19. ábra. Reflexió csökkentő réteg hatása a spektrális karakterisztikára



20. ábra. Spektrális katarakterisztika eltolódása az infravörös tartomány felé 20 μm



21. ábra. Spektrális karakterisztika $\eta = 1$ illetve $\eta = \eta(\lambda)$ figyelembevételével

$dox = 150$ nm vastag oxidréteggel is. Az így kapott spektrális karakterisztikát látjuk a 19. ábrán. Látható, hogy a színérzékelő eszköz spektrális karakterisztikája nem függ a reflexió csökkentő oxidréteg vastagságától.

Az emitterközép, x_e növelésével a színérzékelő spektrális karakterisztikája nagyobb hullámhosszak felé tolódik el. Kiszámítottuk egy különlegesen mély, $x_e = 20 \mu\text{m}$ emitterközepű színérzékelő spektrális karakterisztikáját is. Az eredmény a 20. ábrán azt mutatja, hogy a spektrális karakterisztika jellegében hasonló mint az előző számításokban kaptak, de a 950 nm felett jelentkező görbe ellaposodás csak 1000 nm felett kezdődik. Ily módon lehetséges a nagymeredekségű szakasz megnyújtása 1000 nm hullámhosszig.

6. Kiértékelés

Az elméleti számítások egyértelművé tették, hogy a színérzékelő eszköz spektrális karakterisztikáját az úgynevezett emitterközép határozza meg. A felületi rekombináció, a kisebbségi töltéshordozók élettartama és az F dióda bázisrétegének vastagsága alig befolyásolja az eszköz spektrális karakterisztikáját.

A színérzékelő a névleges hullámhossz körüli tartományban használható, nevezzük ezt a tartományt az észlelési tartománynak. Az észlelési tartomány határait a kiértékelő elektronika és a megvilágító foton fluxus határozza meg. A spektrális karakterisztikában szereplő hányadosképzés miatt sem az A sem az F dióda árama nem lehet nulla illetve nem lehet alacsonyabb mint a kiértékelő elektronika által mérhető legkisebb áram.

Az észlelési hullámhossz tartomány alsó határát, az A dióda kvantumhatásfoka határozza meg. Az észlelhető érzékenységet önkényesen $1 \mu\text{A}/\text{mW}$ -ra választva az észlelési hullámhossz tartomány alsó határait a (27) kifejezés segítségével meghatározhatjuk.

Az észlelési tartomány felső határát λ_f az F dióda kvantumhatásfoka határozza meg. Az önkényesen választott észlelhető érzékenységgel a felső hullámhossz 1000 nm fölé esik. Ez a tartomány tartalmazza a spektrális karakterisztika ellaposodó szakaszát is, ezért az észlelési hullámhossz tartomány felső hullámhosszának a spektrális karakterisztika ellaposodásának kezdetét vesszük.

A kiszámított és reálisan megvalósítható eszközök főbb jellemzőit az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat

x_e (μm)	x_{jf} (μm)	$x_{jf} - x_{ja}$ (μm)	n (μm)	a (μm)	f (μm)
4,0	2,0	4,0	0,67	0,47	0,95
6,0	4,8	2,4	0,75	0,50	0,95
8,0	4,8	6,4	0,80	0,53	0,95
12,0	4,8	14,4	0,85	0,55	0,95
20,0	15,0	10,0	0,90	0,65	1,05

Összegzés

A számításaink azt mutatták, hogy az elképzelés szerinti kettős dióda alkalmas színérzékelésre. Az eszközben fellépő különböző rekombinációs veszteségek nem rontják el az eszköz spektrális karakterisztikáját.

Megállapítottuk, hogy a technológiai műveletek során változó fizikai jellemzők (kisebbségi töltéshordozó élettartam, felületi rekombináció sebesség) az irodalomból ismert legkedvezőtlenebb értékig elmenve sem befolyásolják katasztrófálisan a színérzékelő eszköz spektrális karakterisztikáját.

Az emitterközép mélységének változtatásával különböző tartományokban érzékeny eszközöket lehet előállítani.

Az eszköz a bipoláris IC-technológia műveleteinek (rejtett réteg diffúzió, epitaxia, sziget diffúzió,

bázis diffúzió) csekély módosításával megvalósítható.

Több különböző karakterisztikájú színérzékelő segítségével lehetőség adódik kevert színek egyes komponenseinek meghatározására.

A számítások alapján, ha a két dióda áramát alkalmas módon összegezzük a jelenlegi fényelemeknél nagyobb hullámhossztartományban érzékeny eszközökhöz jutunk.

IRODALOM

- [1] *Kako, N., Yamane, Y., Suzuki, C.*: Proc. 1-stst Sensor Symposium 1981. 177. p.
- [2] *Regtien, P. P. L., Wolfenbüttel, R. F.*: ESSDERC' 85 Rachen 1985. Paper 1. 17.
- [3] *Dash, W. C., Newmann, R.*: Phys. Rev 99 (1955) 1151 p.
- [4] *Weakliem, H. A., Redfield, D.*: J. APPL. Phys. 50 (1979) 1493 p.
- [5] *Jellison, B. E., Modine, F. A.*: J. APPL. Phys. 53(1982) 3749 p.
- [6] *von Roos, O.*: J. Appl. Phys. 49 (1978) 3503
- [7] *von Roos, O.*: J. APPL. Phys. 50 (1979) 5371 p.
- [8] *Li, S. S., Thurber, W. R.*: Solid State Electronics 20 (1977) 609 p.
- [9] *Li, S. S.*: Solid State Electronics 21 (1978) 1109 p.
- [10] *Rohatgi, A., Ray-Chaudhuri, P.*: IEEE Trans. El. Dev. ED-31 (1984) 596 p.
- [11] *Fossum, J. G., Burk, D. E.*: IEEE Trans. El. Dev. ED-32 (1985) 1874 p.
- [12] *Bennett, H. S.*: IEEE Trans. El. Dev. ED-31 (1984) 596 p.
- [13] *Haug, A.*: Festkörperprobleme XII., Springer Berlin 1975. Ed. Madelung, O.
- [14] *Zerbst, M.*: Z. für Angew. Physik 22 (1966) 30 p.
- [15] *Fossum, J. G., Lee, D. G.*: Solid State Electronics 25 (1985) 741 p.
- [16] *Dziewor, J., Schmidt, W.*: APPL. Phys. Letters 31 (1977) 346 p.
- [17] *Rohatgi, A., Ray-Chaudhuri, P.*: IEEE Trans. El. Dev. ED-33 (1985) 1 p.
- [18] *Valthus, Yu., Grivitskas, V.*: Sov. Phys. Semiconductor 15 (1981) 1102 p.
- [19] *Mertens, A. P.*: Advances in Electronics and Electron Physics. Vol. 55. 77 p. Ed. Marton & Marton.
- [20] *Metteus, E., Mertens, R. P., Shulting, J.*: IEEE Trans-El. Dev. ED-24 (1974) 1228 p.
- [21] *Hillen, M. W., Holsbrind, J., Verwey, J. F.*: Springer Series in Electrophysics 7. Spinger Berlin 1981-43 p. Ed. Schulz, M., Pense, G.

A mai számítógépek többsége már hálózatban működik – az Öné se maradjon egyedül!

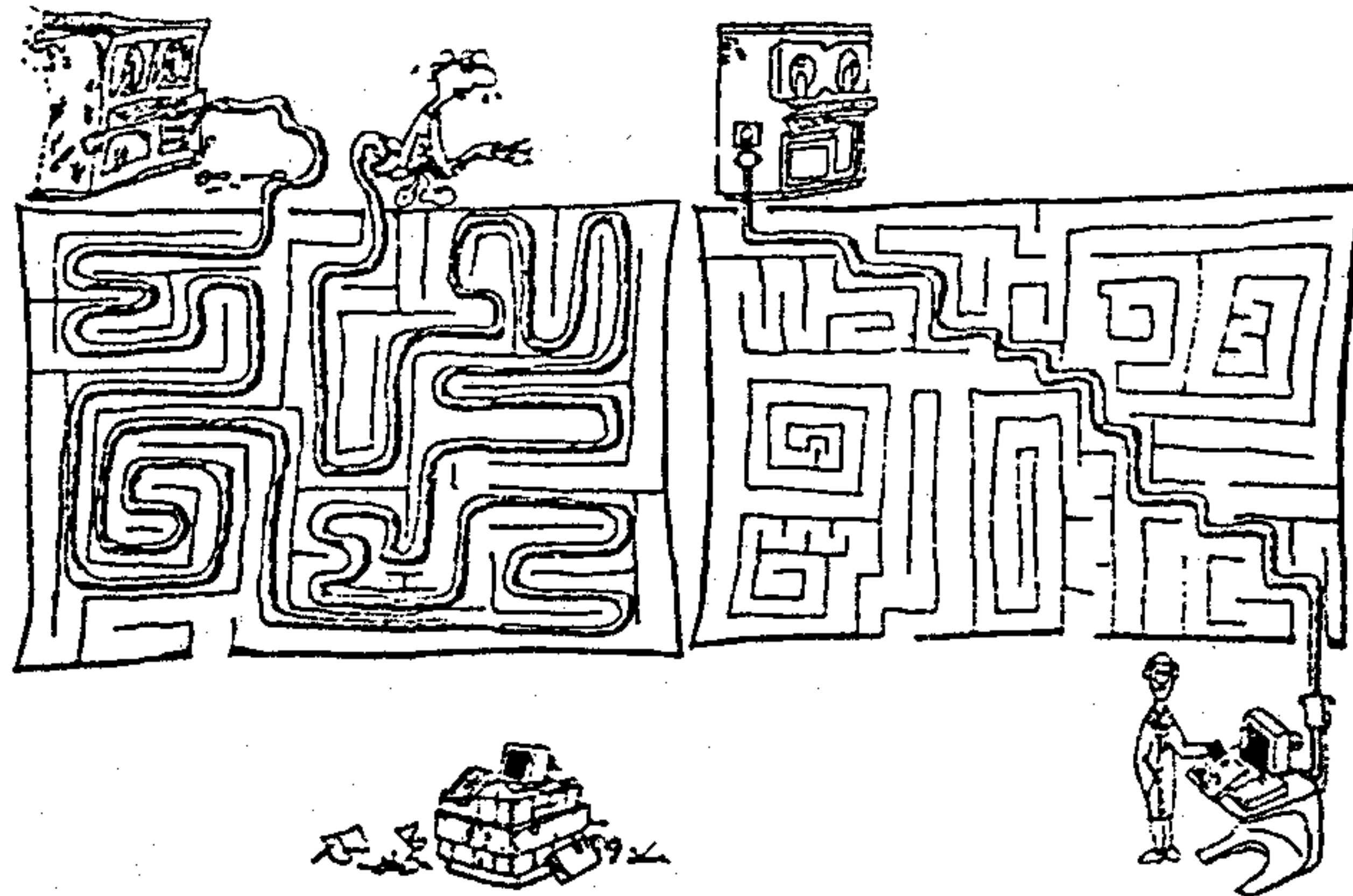
Az X-BYTE Számítástechnikai Kiszövetkezet vállalkozik az adatátviteli hálózat kiépítésére (is). Munkánkra két év garanciát vállalunk.

Ha minket választ – nem marad magára!

X-BYTE

**SZÁMÍTÁSTECHNIKAI
KISSZÖVETKEZET**

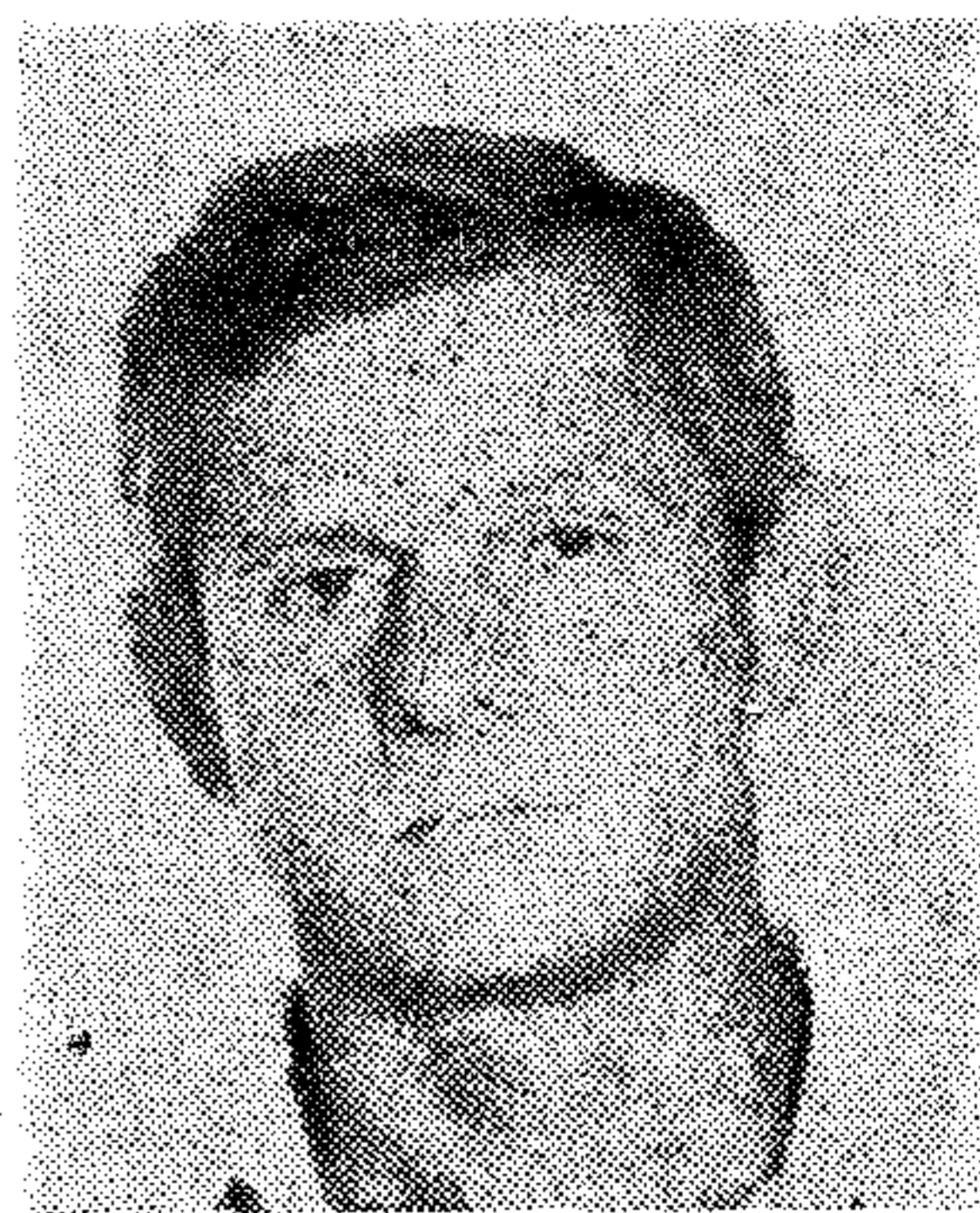
1138 Budapest, Népfürdő u. 21/e.
Telefon: 732-619



Az ország TV átjátszó hálózatának kialakulása

DR. EISELT BÉLA

Posta Rádió- és Televízióműszaki Igazgatóság



ÖSSZEFOGLALÁS

A cikk ismerteti a hazai televízió átjátszó adóhálózat kialakulását, betekintést ad a hálózat fokozatos kiépülésével keletkező gondokba, problémákba.

A Posta Rádió- és Televízióműszaki Igazgatóság egyik feladata, hogy biztosítsa a hazai televízió műsorok jó minőségű vételét az országban, hazánk minél nagyobb területe ellátott legyen az adott műsorral.

Az ellátottság biztosításához nagyteljesítményű TV-gerinc és kisteljesítményű átjátszó adók települnek, amelyek hálózat, csatornabiztosítási és besugárzás tervezését, valamint üzemeltetését végzi Igazgatóságunk. A nagyteljesítményű adók sugárzási paramétereit nemzetközi egyezmények szabályozzák, a kisteljesítményű adókékat pedig a környező érintett országok igazgatásaival szükséges egyeztetni.

Az 1961-es Stockholmi Egyezmény a TV I—III. sávban 13, a IV—V. sávban 26 gerincadó telephelyet tartalmaz Magyarország esetében. A tervek a I—III. sávban a TV 1., a IV—V. sávban a TV 2—3 műsor sugárzására készültek ugyan, de a 3. program sugárzására már műhold felhasználásával kerül sor. A Stockholmi Egyezmény alapján 1963-ban a Posta Tervező Intézet elkészítette a TV átjátszó hálózat tervét, amely 63 db telephelyet tartalmazott. Ezt követte 1973-ban a IV—V. sávú gerincadóhálózathoz tartozó átjátszó adóhálózat tervezése, amelyet az Igazgatóságunk akkori Frekvenciagazdálkodási osztálya készített el. Ez már mintegy 150 telephelyet tartalmazott.

A tervezés főbb mozzanatai a következők voltak:

1. A 26 db gerincadó minimális térerővel határolt besugárzott területén árnyéktérképet szerkesztettünk. Az árnyéktérkép 4/3 földszugártényező feltételezésével és 10°-os azimutális felbontással készült.
2. Az árnyékos területek besugárzására fiktív telephelyeket jelöltünk ki, hiszen mérésre alapozott telephelykiválasztásról nem beszélhettünk. A fiktív telephelyeken becsült effektív kisugárzott teljesítményt, effektív magasságot és sugárzási irányokat tételeztünk fel. Anyaadónak a legközelebbi gerincadót választottuk, természetesen.
3. Az így kialakult feltételezett átjátszó hálózat nemzetközi koordinációját 1975-ben kezdtük fel,

DR. EISELT BÉLA

A Budapesti Műszaki Egyetem Villamosmérnöki Szakának elvégzése után, 1975-ben doktori disszertációjában a repülőgépes antenna és térerősségmérésekkel foglalkozott. Munkahelye a Posta Rádió- és Televízióműszaki Igazgatóság, ahol több beosztásban dolgozott. Jelenleg

ugyanitt, a Frekvenciagazdálkodási Iroda Hálózat-tervező osztályának vezetője.

Az osztály rádió, TV és rádiótelefon hálózatok tervezésével foglalkozik.

Műszaki és tudományos együttműködés keretében mintegy 6 éven keresztül szakértőként Dél-Yemenben dolgozott az ottani TV adóhálózat fejlesztésén.

mintegy 3 éves késéssel pl. Jugoszláviához képest. Mind a TV 1., mind a TV 2. gerincadóhálózatról elmondhatjuk, hogy a kiépülése lassan, vontatottan történt, illetve történik, lemaradva ezzel néhány szomszédos ország adóhálózat fejlesztésétől.

TV 1. 13 telephelyből 12,

TV 2. 26 telephelyből 10 telephely beruházása történt meg.

Ez, és még néhány kedvezőtlen hatás több problémát okozott, amelyek végsősoron az eredeti átjátszóadó hálózat terveinek megváltoztatásához, lényeges módosulásához vezettek. A módosítást az alábbi okok tették szükségessé:

- a) Ha egy adott környezetben nem épül meg a gerincadó, társadalmi nyomás hatására a TV-műsor ellátottságot kisteljesítményű átjátszó adókkal kell biztosítani. Ekkor viszont az eredeti tervben szereplő csatornakiosztást meg kell változtatni, hiszen az így telepítésre kerülő átjátszó ún. anyaadója csak egy távoli, már működő gerincadó lehet. Ez a vételoldali csatornán kívül az adási csatorna megváltoztatását is sok esetben szükségessé teszi. Ez természetesen az eredeti tervhez képest további eltérést és ismételt nemzetközi koordinációt jelenthet.
- b) Időközben kiderült, hogy az egész ország TV 1. műsorral való lefedéséhez a TV I—III. sáv csatornakészlete nem elegendő és így a TV 1. műsor biztosításához is már hozzá kell nyúlni a TV IV—V. sáv csatornakészletéhez. Ez további problémákat rejt magában, nevezetesen azt, hogy a TV 2. program ellátottságához szükséges csatornakészlet lecsökken és veszélyezteti az országos fedést, tekintettel arra, hogy a TV V. sáv jó részét más szolgálatok használják, ezért TV-adás céljára nem alkalmazhatók.

Beérkezett: 1987. X. 7. (H)

c) Az 1963-ban készült POTI-terv alapvetően mérésekre alapult ugyan, de ellátottsági szempontból csak a 2000 főt meghaladó településeket minősítette. A tervben szereplő területek későbbi részletes felmérése további ellátatlan területeket derített fel. A tervben közölt átjátszó adó telepítések fontossági sorrendjéről pedig az élet bebizonyította, hogy nem megfelelő.

d) Az eredeti tervtől való eltérést tovább fokozza az a tény, hogy a Posta — kedvezőtlen gazdasági helyzetében — a helyi szervektől anyagi juttatást kért és kapott a területükön lévő ellátatlan helységek ellátottságának biztosításához. Ebben az esetben az átjátszó adó telephelyek kijelölése és az adó üzembehelyezése nem országosan figyelembe vett fontossági sorrendnek megfelelően történt. Az így üzembehelyezett átjátszó adók megelőzhetnek telepítési sorrendben olyan településeket is, ahol sokkal nagyobb szükség volna átjátszó adóra. Ez a tény sajnos műsorszórási szempontból is hátrányos helyzetbe hozza az ország gazdaságilag elmaradt térségeit.

Ezen a helyzeten kíván változtatni a Minisztertanács 1986. év őszi határozata, amely a gazdaságilag elmaradt térségek kiemelt távközlési és műsorszórási fejlesztését írja elő.

Sajnos ebből a szempontból is különös figyelmet kell szentelnünk a tokaji gerincadó vételkörzetére a rekonstrukció során. A 87,5—108 MHz frekvenciasávban hazánkban is URH-FM adók fognak létesülni. E sávba esik a 04 csatorna, ezért Tokajban a TV 1. műsor sugárzása ezen a csatornán meg fog szünni és helyette a 43-as csatornán történik majd a sugárzás. A két csatorna között hullámterjedési szempontból lényeges különbség van, ezért a 04 csatorna leállása után olyan több, mint 50 település nem lesz ellátott a TV 1. műsorával, amely korábban ellátott volt. További jelentős probléma, hogy a vétellehetőség a környező országokban élő magyarság részére is megszűnik. Ez a kedvezőtlen jelenség hullámterjedési okokra vezethető vissza. Az ellátottság csökkenés Borsod-Abaúj-Zemplén és Szabolcs-Szatmár megyék területén jelentős. E két megye jórésze gazdaságilag elmaradott, hátrányos helyzetű. Az ellátottság csökkenést megakadályozandó több mint 16 átjátszó telepítésére kell, hogy sor kerüljön, még mielőtt a 04 csatornán a sugárzás megszűnik. Itt jegyzem meg, hogy az átjátszó adók telepítésén túlmenően 2 gerincadó telepítését is meg fogjuk oldani, amelyek e térség ellátottsági helyzetét javítják.

A hazai adóhálózat viszonylagos elmaradása néhány környező országtól (pl. Ausztria, Jugoszlávia) furcsa helyzetet eredményezett. Az ország nagy részén jóval a minimális térerősségszint alatt a lakosság, de különösen a nagyközösségi

vevőantenna rendszerekbe kapcsolt előfizetők különleges vételtechnika eszközökkel nézik a szomszédos országok műsorait (magasan felszerelt fejállomáson, nagynyereségű antenna, csatornaerősítő), olyan csatornákon, melyek eredetileg a hazai adóhálózat fejlesztésére kerültek kijelölésre.

Amikor majd a hazai adóhálózat fejlesztése egy adott térségben ezt, vagy a szomszédos csatornát felhasználja, akkor az említett külföldi műsorok vétele a nagy térerősség miatt lehetetlenné válik. Ez felháborodást és meg nem értést okoz a lakosság körében, tekintettel arra, hogy hozzászoktak a külföldi műsor vételéhez, amit most a Posta el akar rontani.

A TV sugárzás biztosításánál nincs lehetőség arra, hogy egy ország saját műsorának jóminőségű sugárzása mellett lehetőséget adjon más ország műsorainak zavartalan vételére. Ezzel összhangban a Magyar Postának a külföldi műsorok hazai vételével kapcsolatos álláspontja, amely szerint, amennyiben a hazai adóhálózat fejlesztését ez nem gátolja, lehetőséget kell biztosítani a külföldi műsorok hazai vételére is. A helyzet ebben az esetben a következő. Még 1961-ben Stockholmban az európai országok megegyeztek a nagyteljesítményű adók csatornakiosztását illetően, abból a célból, hogy az egyes országok saját nemzetközi műsoruk ellátását területükön biztosítani tudják. Ez a csatornakiosztási terv idegen műsorok zavartalan vételére nem ad elvi lehetőséget és olyan terv a műsorszóró sávon belül nem alakítható ki, amely erre lehetőséget adna.

Ugyanakkor azonban addig, míg a terv 100%-osan meg nem valósul, sok helyen fennáll a külföldi műsorok vételi lehetősége. A hálózatok fejlődése — paradox módon — a vételben nem tervezett külföldi vétellehetőségeket teszi lehetetlenné.

Ausztriában és Jugoszláviában az adók telepítése gyorsabb ütemben haladt, mint hazánkban, az átjátszó hálózattervüket is hamarabb elkészítették és koordinálták. Sajnos országunkban főleg a határszélen már csatornakijelölési gondok vannak, zavarmentes adási csatorna nem jelölhető ki bizonyos helyeken.

A teljes gerincadó hálózat kiépülésének hiányában vannak olyan helyek is, ahová átjátszó adót kellene telepíteni, de a műszaki feltételek nem adottak, pl. nincs megfelelő anyaadó jel. Így nem telepítünk átjátszót, vagy ha társadalmi nyomásra mégis, az átjátszó nem nyújt megfelelő minőségű ellátottságot, de jobb vételt biztosít, mint korábban volt.

A leírtakból látható, hogy a TV átjátszó adóhálózat eddigi fejlődése nem volt ellentmondásmentes. A jövőre vonatkozóan a fejlődés ütemét a nehezen jövendőelhető gazdasági lehetőségeken kívül még két technikai újdonság elterjedése befolyásolja, ezek a kábeltelevízió és a közvetlen műholdas műsorszórás.

TV átjátszó állomások megvalósítása

BARTHA ATTILA

POSTA Rádió- és Televízióműszaki Igazgatóság

ÖSSZEFOGLALÁS

A szerző ismerteti a TV-átjátszó adóhálózat hazai kialakításának menetét. Az ötéves tervek keretén belül vizsgálja a hálózat fejlődését, a technikai eszközök, a műszaki feltételek változását, az elért eredményeket. Végezetül előrevetíti a további fejlesztés várható irányvonalát.

A 100. TV átjátszó üzembe helyezése kapcsán érdemes röviden áttekinteni, honnan is indultunk, hol tartunk ezen a területen. A korábban megjelent, a témakört más oldalról vizsgáló cikkekben már kellő tájékoztatást kapott a T. Olvasó a hálózat szükségességéről és tervezési kérdéseiről, így ezeket nem érintem. Időrendi sorrendben szeretném áttekinteni a hálózat fejlődését, kiemelve a lényeges, meghatározó eseményeket, majd röviden összefoglalni az eddig elért eredményeket. Arra töreksem, hogy a rendelkezésemre álló terjedelemben összefoglaljam azt, ami a TV átjátszó hálózat fejlesztése, beruházása kapcsán említésre érdemes, hiszen csaknem negyedszázadra kell visszatekinteni.

Az első tízegynéhány év számomra is történelem, hiszen mikor az előkészületek folytak és beindult ez a munka, még azt sem tudtam, hogy létezik az Igazgatóság és miben is tevékenykedik.

Hogyan is kezdődött?

Az első relatív kis részterület ellátását szolgáló TV átjátszó állomás 1963-ban Szekszárdon létesült és még ugyanebben az évben Ózd is beindult. 1964-ben Salgótarján következett, aztán hosszú szünet (1. ábra).

Ebben az időben a Posta csak a híradástechnikai berendezéseket biztosította, a többi feltételről (út, energia, torony, adóépület) a helyi szerveknek, vállalatoknak kellett gondoskodni, amit nagy igyekezettel, lelkesedéssel meg is tettek. Miért, miért nem — egészen 1972-ig csak a fent említett három átjátszó üzemelt. Ózd és Salgótarján váltószolgálatos felügyelettel, Szekszárd kezdettől fogva felügyelet nélkül, távkezeléssel. Az itt alkalmazott berendezések tőkés importból származó francia LGT-gyártmányú adók voltak, maguk a telephelyek még a nagy állomások kicsinyített másának nevezhetők.

1968-ban az Elektromechanikai Vállalat megkezdte a hazai 1—5—20 W-os átjátszó adócsalád kifejlesztését, ezzel komoly alapot teremtve a későbbi kibontakozáshoz.

Beérkezett: 1987. X. 7. (H)

Híradástechnika, XXXIX. évfolyam, 1988. 6. szám

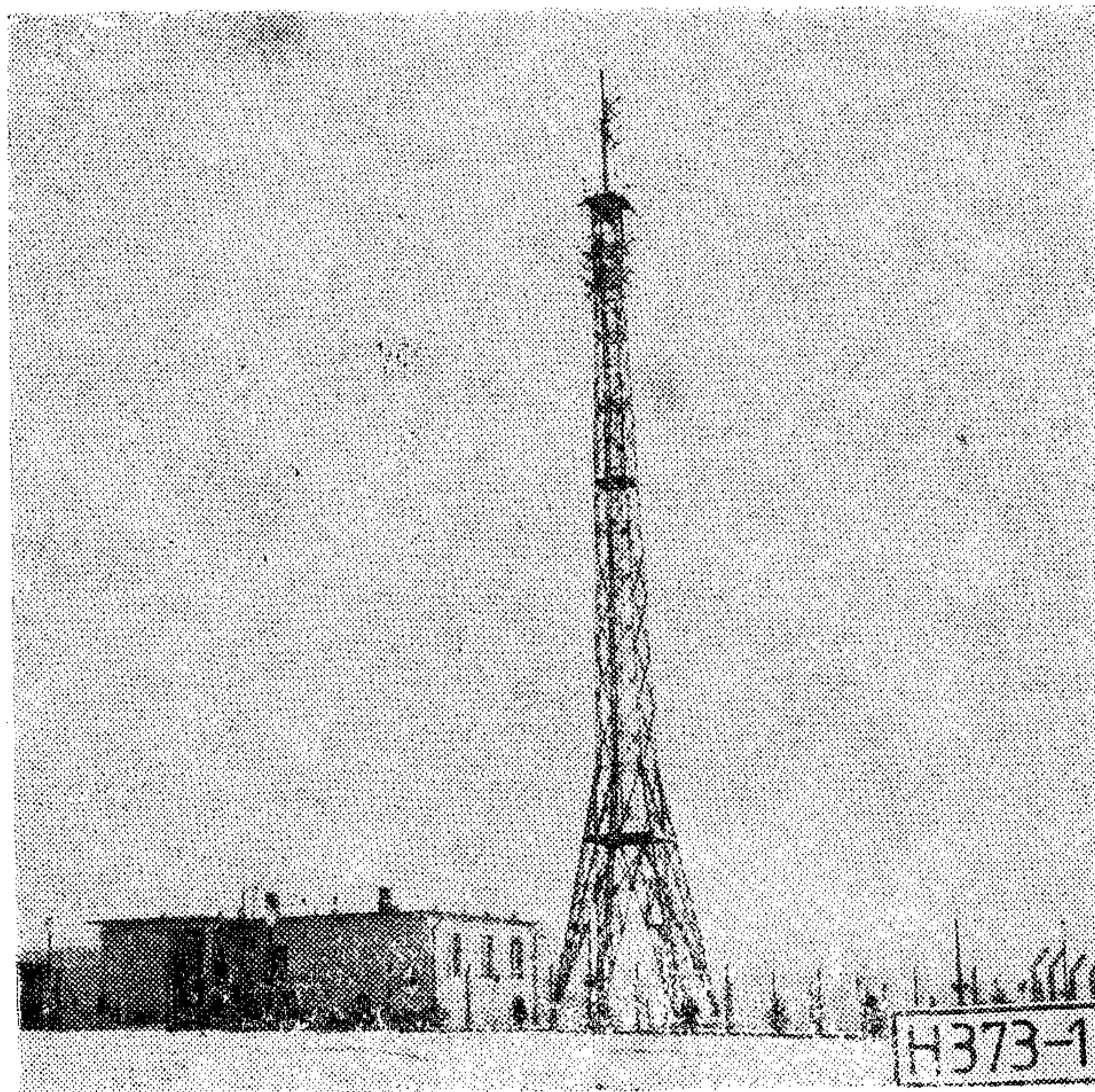


BARTHA ATTILA

1969-ben szerezte meg oklevelet a Budapesti Műszaki Egyetem Villamosmérnöki Karának híradástechnikai szakán. Az Elektromechanikai Vállalatnál mint fejlesztőmérnök adástechnikával kapcsolatos műszerfejlesztési területen kezdte tevékenységét. 1972-ben mérnöközgazdász oklevelet szerzett.

1974-től a Posta Rádió- és Televízióműszaki Igazgatóság távközlési beruházója. Ebben a munkakörben fő működési területe a TV átjátszó adóhálózat fejlesztési, beruházási tevékenységének irányítása, koordinálása volt.

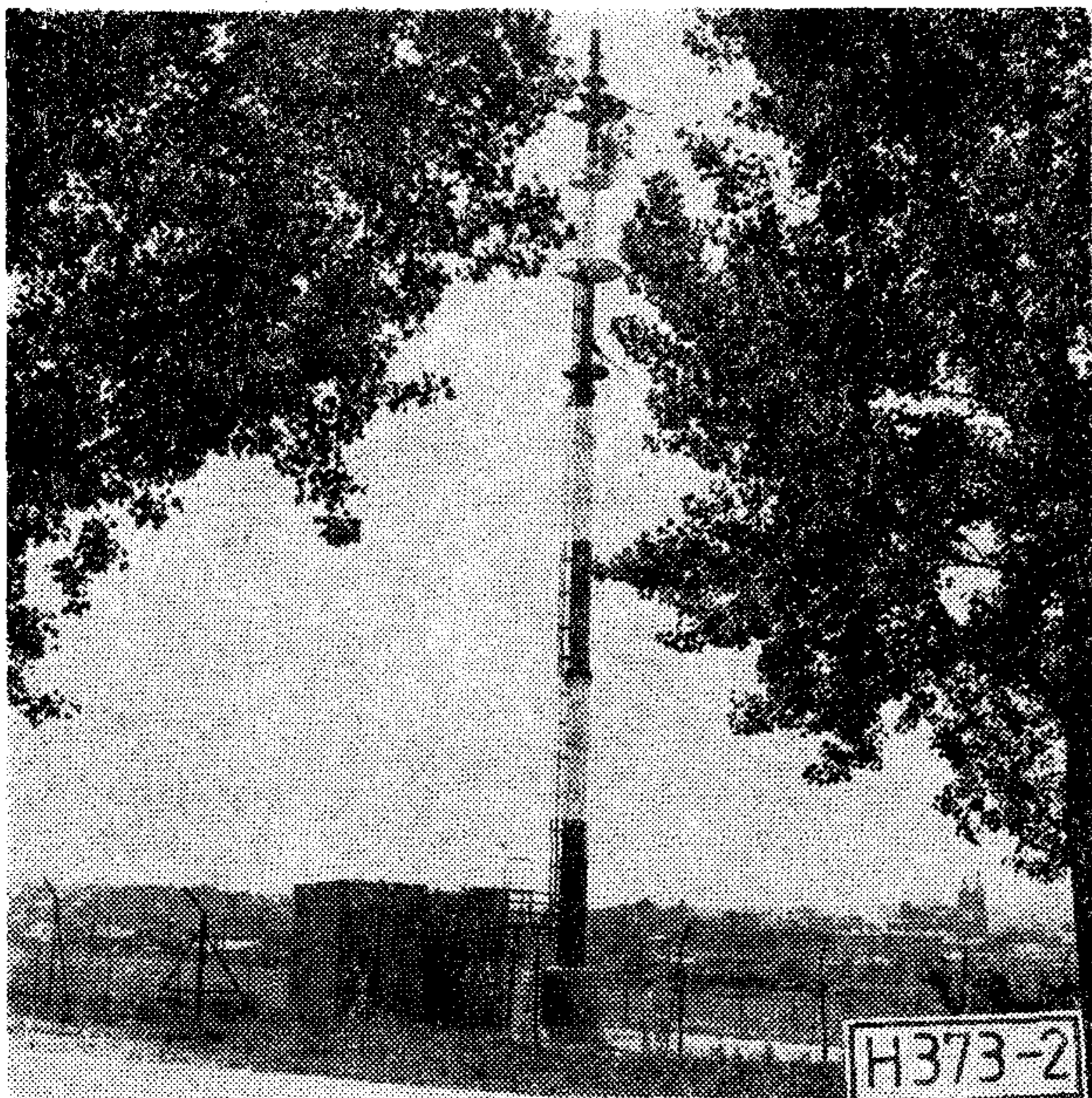
1986-tól az Igazgatóság Tervező és műszaki nyilvántartó irodájának vezetője.



1. ábra. Az ózdi állomás az elsők között valósult meg 1963-ban

Az első 20 W-os EMV adó 1970-ben Ózdra került, majd lassú fejlődés indult meg 1972-től, ismételten a helyi erőforrásokra támaszkodva.

Szeged, Bp. Interkontinentál, Debrecen, Zalaegerszeg és ezt követően az első típusállomás Tatabányán. A tatabányai állomás títustervét a Postai Tervező Intézet készítette el, 30m-es csőtoronnyal és hagyományos szerkezetű adóépülettel. Az adóépületből csak néhány készült, de a nyugodtan impozánsnak is nevezhető csőtoronyból csaknem 40 db található az országban (2. ábra). Ekkor még minden állomás „külön ügy” volt, rengeteg közreműködővel, bizottsággal, ügyirathalmazzal.



2. ábra. Típusállomás 30 m-es csőtoronnyal és hagyományos szerkezetű adóépülettel Zircen

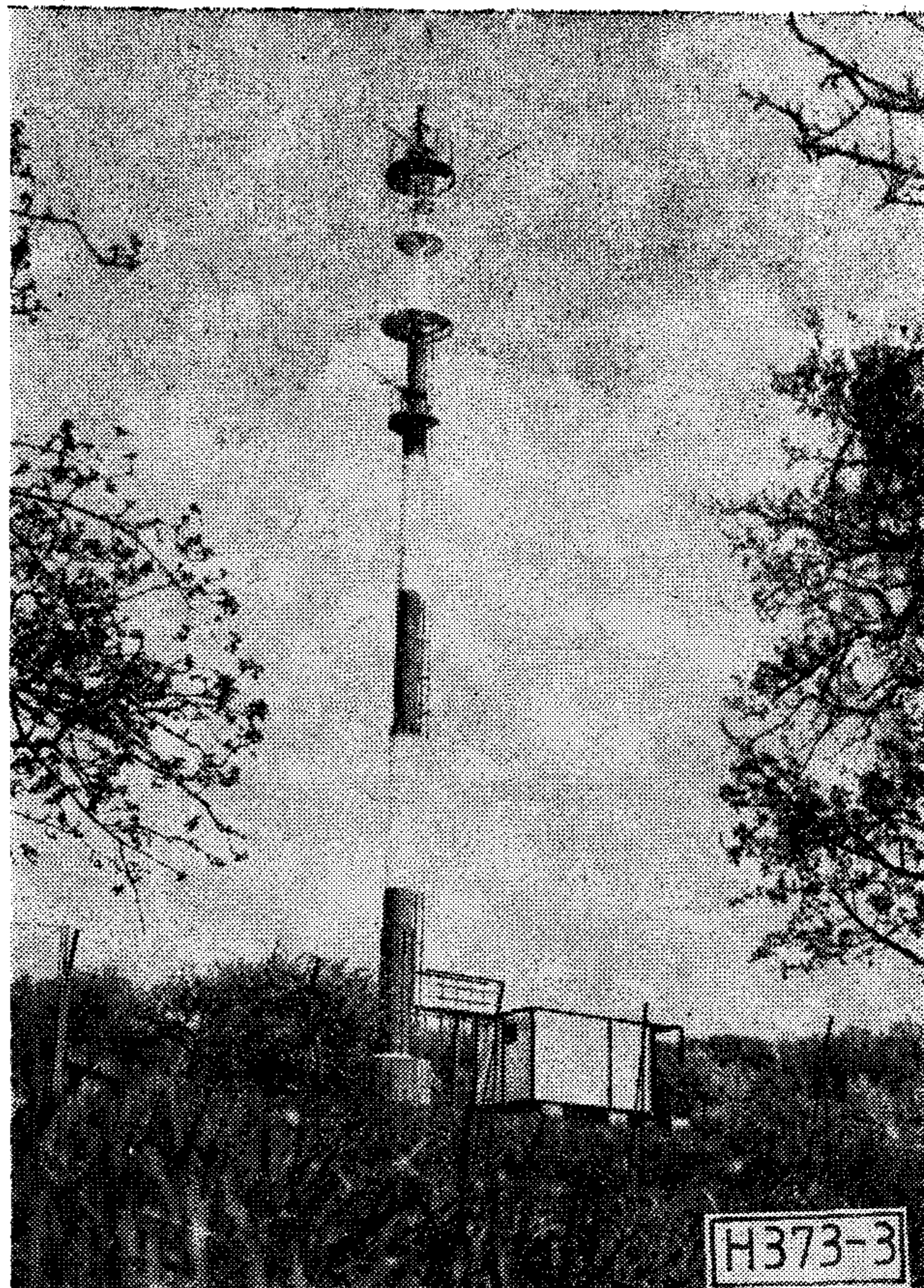
Az eredeti elképzelések, tervek már a IV. ötéves tervidőszakban 30 állomás megvalósítását irányozták elő, természetesen még a korábbi külső támogatásos konstrukcióban, de ebből csak a fent említett 5 realizálódott.

A nagy „ugrás” akkor következett be, mikor az V. ötéves terv előirányzatában 35 db állomás jelent meg, mintegy 113,7 mFt-os költségelőirányzattal. Sőt, csodák csodája a keret később sem olvadt el, a téma nem került a szokásos „futottak még” kategóriába. Ez az érintetteknek örömet és gondot is okozott párhuzamosan. Örömet, mert végre megszűnt a „koldulás”, a „házalás”, gyözködés, ha másunk nincs is, de pénzünk végre van. Gondot is, mert ez a terv azt kívánta meg, hogy a tervezéstől, a mérőszolgálattól kezdve a kivitelezőkön keresztül egészen a beruházási és üzemviteli szervezethez mindenkivel ezt a léptékváltást el lehessen fogadtatni úgy, hogy a programot magáénak érezve mindent meg is tegyen a siker érdekében.

Ha az eredményeket nézzük, elmondhatjuk, hogy a kezdetben alig remélt célokat sikerült elérni. 33 új állomás épült, 5 telephelyen került sor teljesítménynövelésre, sőt 5 állomáson beindult a TV 2. műsor sugárzása is, ez utóbbi részben helyi önerős kezdeményezés volt.

Igen sok műszaki változás is fűződik ehhez az időszakhoz. A hagyományos építési mód, bár nem komoly épületekről van szó, mégis a maga átfutási idejével pont a finisben okozott idővesztést, nem is beszélve az erősáramú és épületgépészeti kialakítás ennek megfelelő sokszínűségéről.

Így 1976-ban kísérletképpen 2 db készreszerelt alumínium borítású konténert telepítettünk Pásztón és Móron. Ma már bevallhatjuk, hogy ezzel ugyan egyik gondunkat megoldottuk és így helyes irányba léptünk, de igazából ezek az acél-alumínium kombinációjú termékek nem a legcélszerűebbek, karbantartásuk jelenleg elég sok problémát okoz (3. ábra).

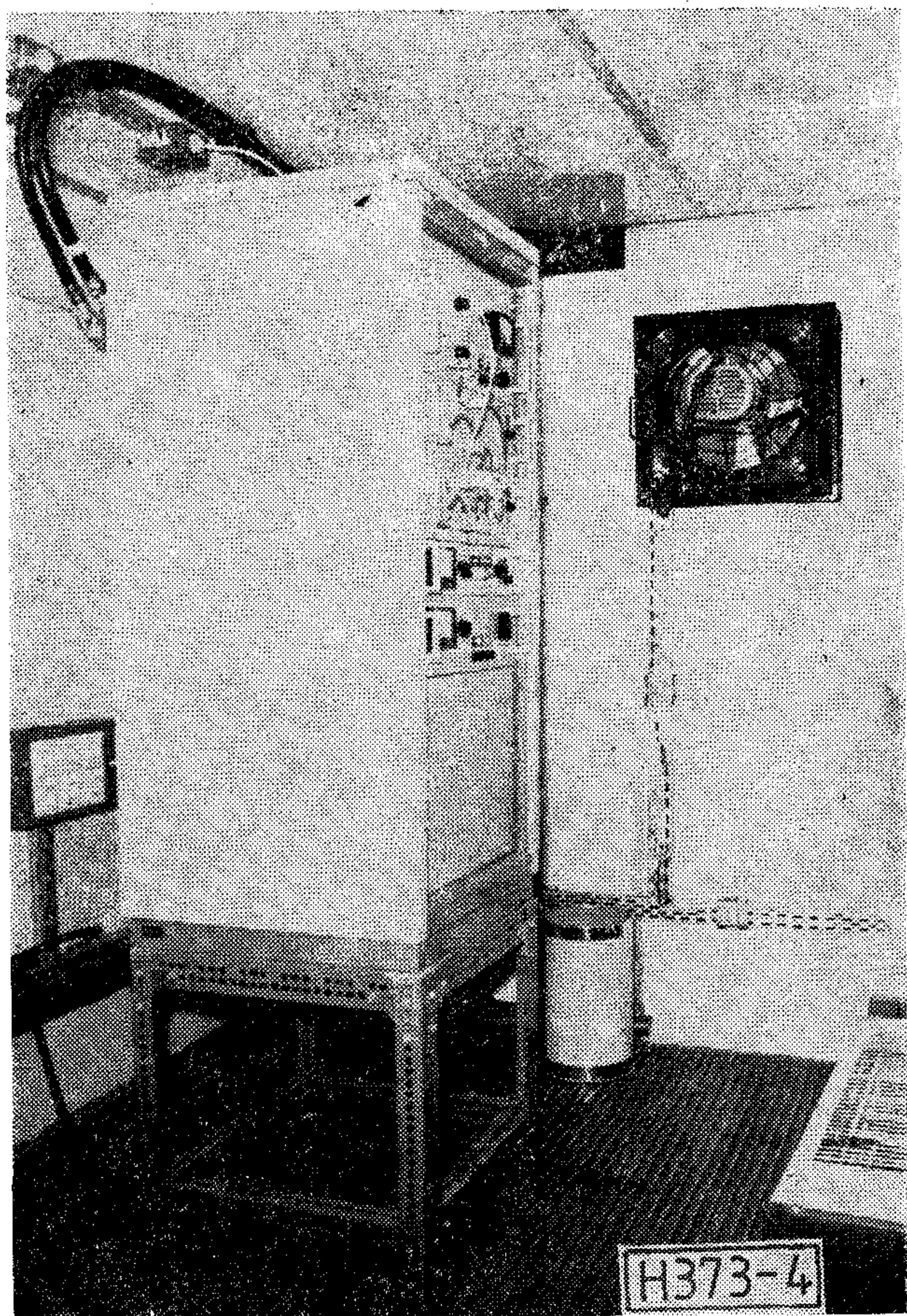


3. ábra. Kőszegen már konténerbe kerültek az adóberendezések

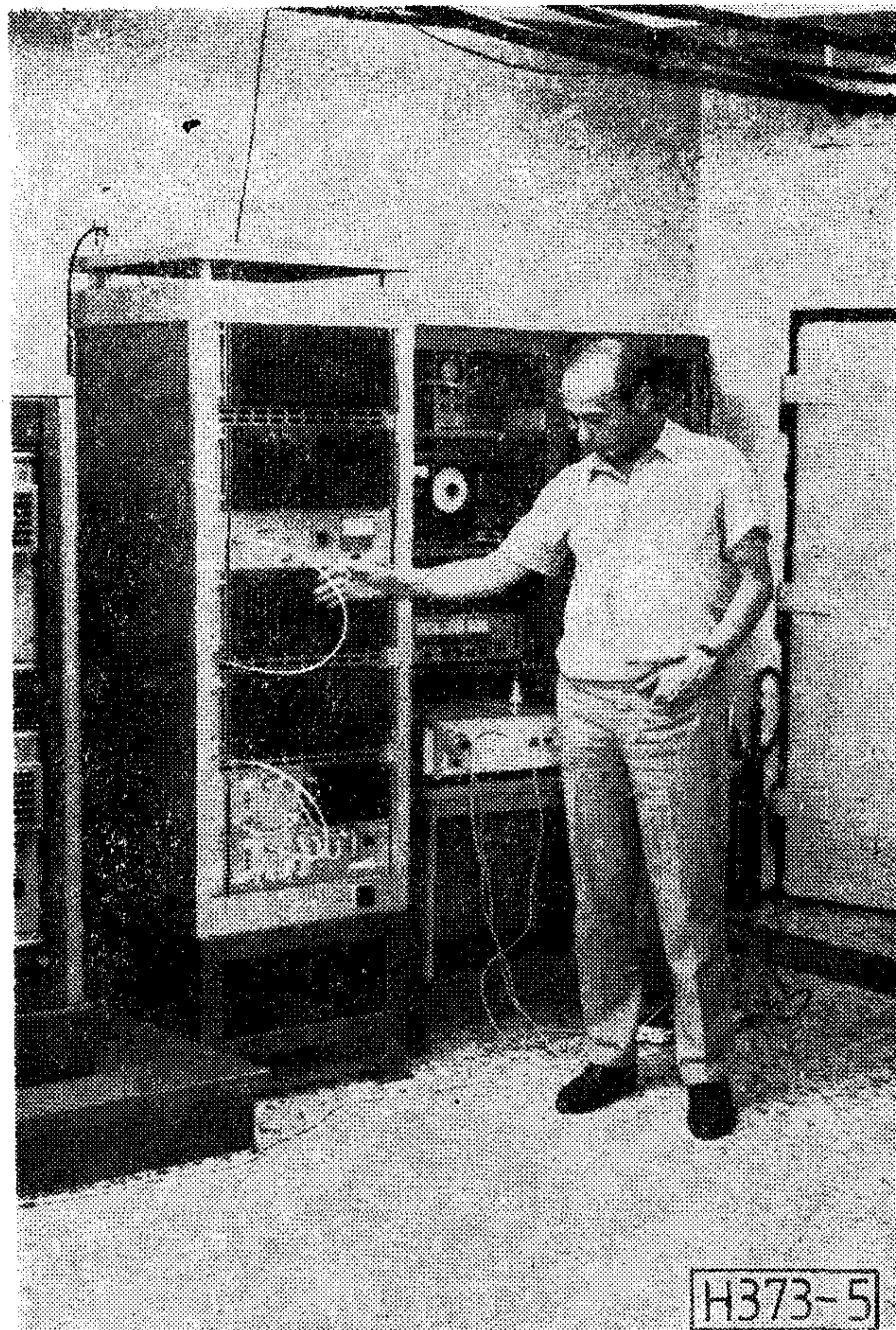
Az EVM jogutódja a BHG Híradástechnikai Vállalat 1979-re befejezte új típusú 20—40—80 W-os teljesítményű, teljesen félvezetésű felépítésű, belső tartalékolású adócsaládjának kifejlesztését. (Az ezt megelőző 20 W-os csöves végfokozatú adóból összesen 26 db működik még ma is az országban.) (4., 5. ábra.) Ez a lépés lehetővé tette a helyi adottságokhoz idomuló teljesítmény választást, így a híradástechnikai tervezésnél már nem a műszaki bekorlátozottság volt a döntő, figyelembe veendő szempont. Mivel ekkor még a TV I—III. sávban dolgoztunk az antennarendszer választékot a Híradástechnikai Vállalat biztosította és ez a tény volt az első konkurrencia megjelenése az EMV, később a BHG felé. Legyünk azonban őszinték, korábban is csak a jószándék vezette az EMV-t hogy az Igazgatóságot ezen a téren is antennában kisegítse, hiszen a gerincállomások antennarendszereinek használt 4 dipólos panelek átjátszó célra messze nem ideális eszközök. A HTV panel kisebb, könnyebb, jól kézbe tartható a szó fizikai értelmében is, ráadásul olcsó, ezen túlmenően III. sávi Yagi vevőantennával is csak a HTV rendelkezett.

Ugyanezen tervidőszakba esett, hogy a lakossági igények kikényszerítették a TV 2. műsorú átjátszó hálózat kiépítésének beindítását. Elsőként helyi kezdeményezésre és költségvállalással Eger, Ózd és Salgótarján volt a sorrend.

Mivel a BHG más irányú leterheltsége miatt és őszintén megmondva postai igény hiányában a IV. sávi átjátszó adók gyártására még nem készült fel, más irányban kellett elmozdulni. Tőkés import



4. ábra. Az EMV 20 W-os csöves végfokozatú adóberendezése konténerben elhelyezve

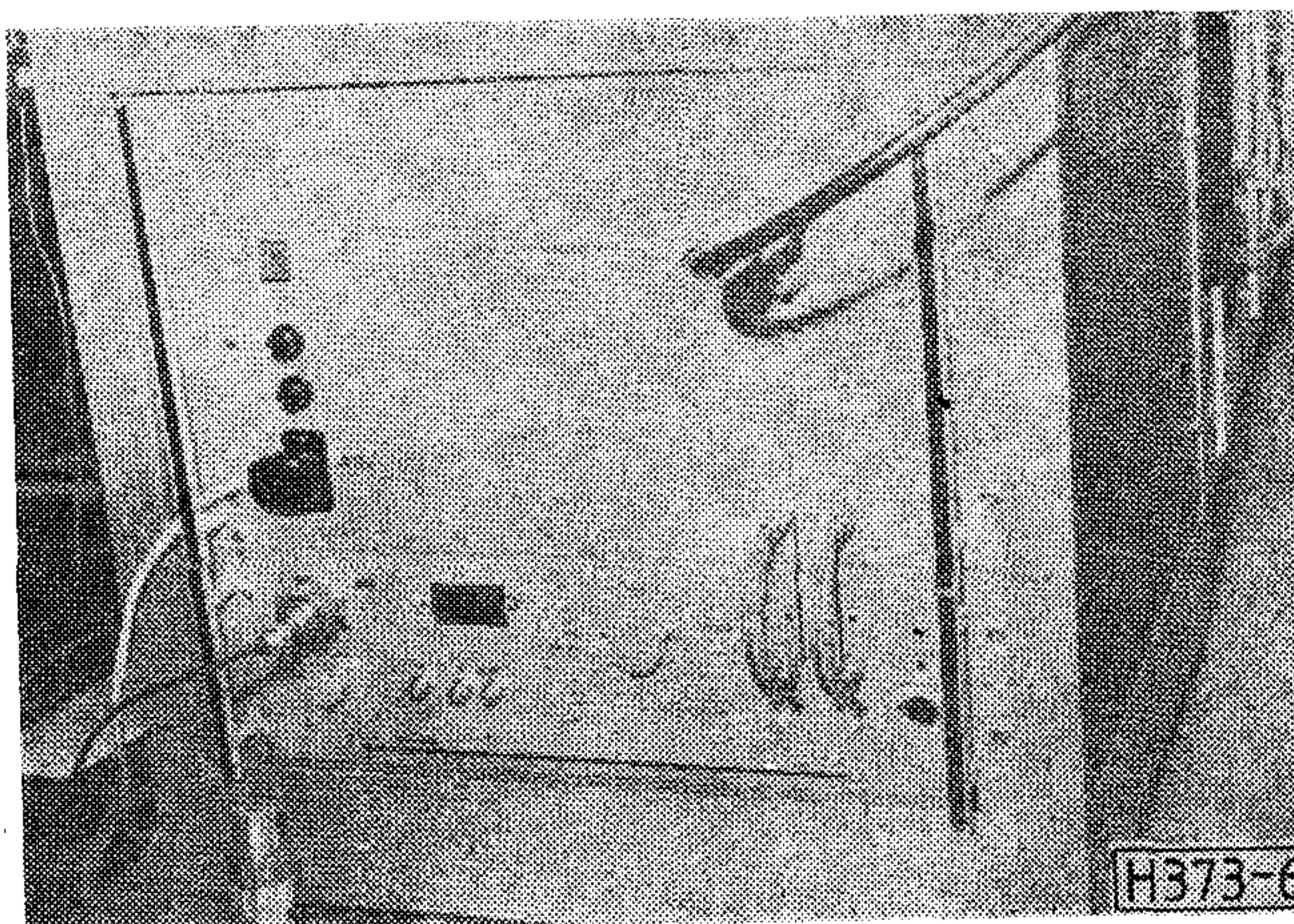


5. ábra. A BHG 80 W-os félvezetős felépítésű III. sávi adója Miskolcon

szóba sem jöhetett és ekkor lépett színre egy lelkes, jó értelemben véve kicsit megszállottnak is nevezhető szakember, hol szövetkezet, hol kisiparos égése alatt. És ezzel máris itt van az újabb konkurencia a BHG számára, amit, vagy akit valljuk be sokáig csak kevesen vettek komolyan.

Lényeg az, hogy 1979—80-ban, ekkor már salgótarjáni mezben, a Postának is szállított emberünk, pontosabban a benne fantáziát látó vállalat (6. ábra). A becsületes képalkotáshoz hozzá tartozik az is, hogy a IV. sávi antennák kérdése nem volt megoldott. És ekkor a BHG igen sportszerűen felélesztette korábban kifejlesztett, de gyártásra nem került panelantennáját és elosztóit és gyártani kezdte, ezzel is hozzájárulva a program sikeréhez. A VI. ötéves tervi kezdeti kilátások ezek után igen szerények voltak. A TV 1. műsor fejlesztésére 6 áthúzódó telephely szerepelt a tervben és 11 meglévő állomáson számolt a program a TV 2. műsor sugárzásának beindításával összesen mintegy 45 mFt forrással. Ez az előző tervidőszakhoz képest jelentős visszalépést jelentett (volna).

Ugyanakkor az előkészítés stádiumában az Állami Tervbizottság olyan határozatot hozott, hogy a hálózat fejlesztésének megtorpanását elkerülendő, meg kell keresni a megyei Tanácsokat és helyi forrás, ill. kivitelezői kapacitás és társadalmi összefogás mozgósításával kell a szűkös anyagi lehetőségeket kiegészíteni. Nem sokáig



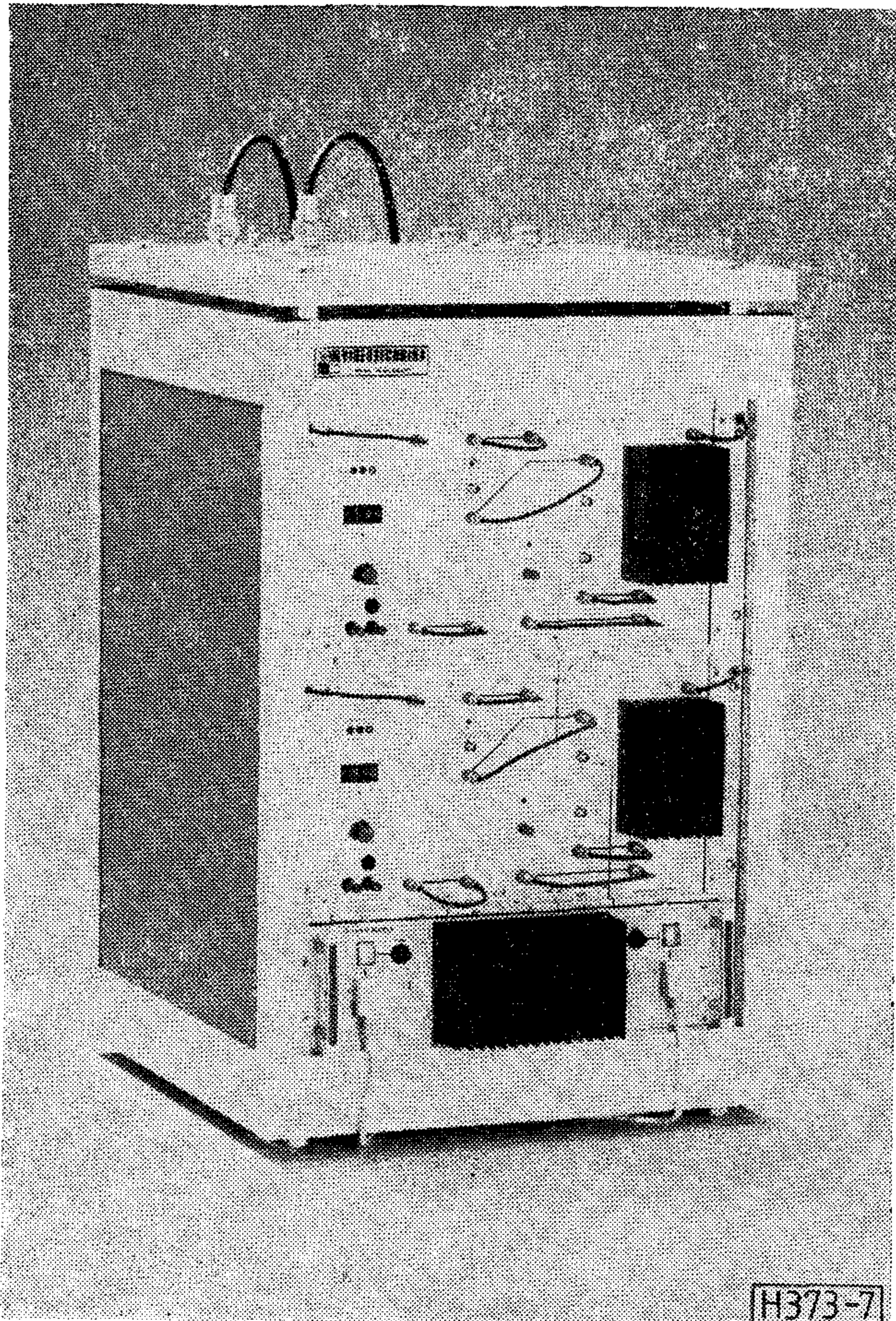
6. ábra. A Nórád megyei Szolgáltatóipari Vállalat 20 W-os IV. sávi adójának köszönhető a TV 2. programú átjátszó hálózat kiépítésének beindítása

tartott tehát az az időszak, mikor valamilyen rendező elv szerint folyt a fejlesztés nem pedig a tervezhetetlen külső támogatás kénye-kedve szerint. A megyei szervek reagálása tág határok között mozgott, a készséges együttműködéstől egészen a válaszra sem méltatásig. Ismerve bizonyos szintig az általános és újratermelődő, megoldatlan lakossági problémák komolyságát én megvallom sokszor inkább a készségen, mint az elutasításon csodálkoztam. Végezetül nem kevés

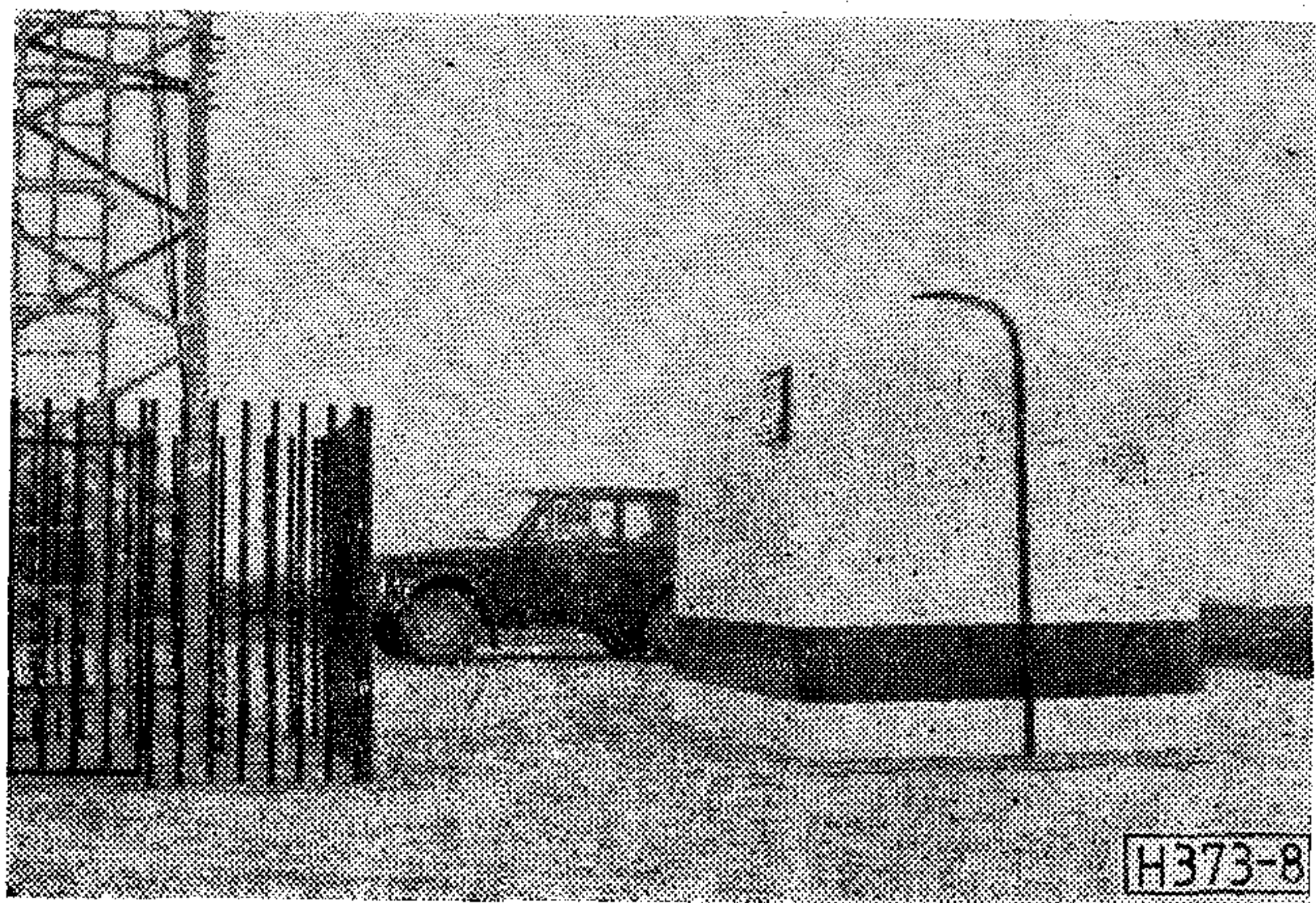
erőfeszítéssel 12 telephely esetében sikerült külső forrást bevonni, illetve bizonyos létesítmény elemek külső biztosítását elérnünk.

Ha azt nézzük, hogy a szóbanforgó létesítményeket saját forrásból és saját normáink szerint kellett volna megvalósítani, a hozzájárulás mértéke kb. 25 mFt-ra tehető, ami az eredeti postai forrás 55%-a, nem lebecsülendő érték.

Két mozzanat érdemel említést ezzel kapcsolatban. Az egyik lényeges tényező, amely esélyeinket jelentősen javította, az 1982—83-ban terven felül



7. ábra. 2×5 W-os NSZV adó mindkét program sugárzására



8. ábra. Az új típusú műanyag konténer kialakítású adóépület



9. ábra. Harmadába kerül az új, könnyű rácsosszerkezetű torony mint elődje

elért postai többletforrás felhasználási pályázat közel 23 mFt-os kerete. Ez lehetővé tette, hogy legalább a híradástechnikai berendezéseket mi biztosíthassuk. Ugyanis említenem sem kell, hogy a kb. 25 mFt-os érték jelentős része természetben értendő és társadalmi munkavállalást takar, amely nehezen konvertálható speciális berendezések megvásárlására. A társadalmi összefogásban mindig a legnehezebb diónak a szabad pénzeszköz biztosítása mutatkozott. A másik — kevésbé pozitív — jelenség, hogy az esetek többségében a lehetőségekhez kellett igazodni, így az állomások paraméterei elsősorban épület, torony és út tekintetében nem mindig ütötték meg a kívánt mértéket és ez elsősorban a szervízzolgálat munkáját nehezítette.

A legkiemelkedőbb teljesítmény Borsod-Abaúj-Zemplén megyéhez, ezen belül főként a Polgári Védelem Megyei Parancsnokságához fűződik, 6 állomás jött létre segítségükkel. A fennmaradó 6 telephely egy-egy megye, ill. település kezdeményezése volt.

Lényegében a tanácsi támogatással és pályázati összeggel az eredeti előirányzat megduplázódott, és ha a kezdeti, főként a pályázat előtti lehetőségeket vizsgáljuk és összevetjük a VI. ötéves tervi teljesítéssel igen elégedettek lehetünk.

19 új telephely létesült és 29 állomáson indítottuk be a TV 2 műsor sugárzását. Ezzel a beren-

dezésállomány megduplázódott, és még nem is említettem külön a teljesítménynöveléseket, sáv-váltásokat, tartalék berendezések telepítését.

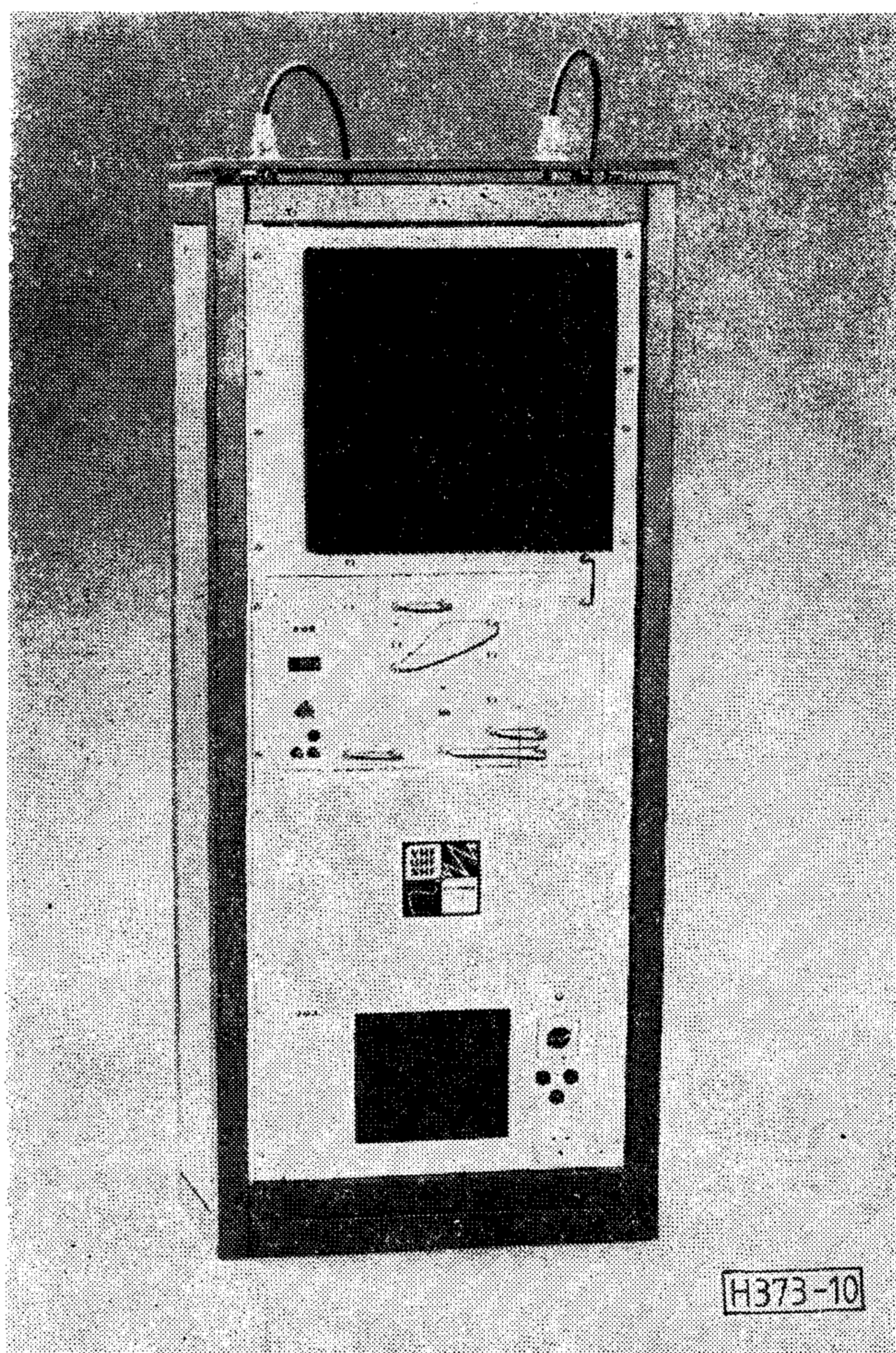
Ebben a tervidőszakban ünnepeltük 1981-ben az 50. átjátszó üzembe helyezését Mecseknádasdon. Jelentős lépés volt, hogy az új állomások zöménél egyidőben kezdtük meg mindkét TV-műsor sugárzását a TV IV—V. sávban közös antennarendszerrel (7. ábra).

Ebben az ötéves tervben továbbléptünk az adóépület egyszerűsítése terén, főleg karbantartási szempontból nézve és kis közjáték után eljutottunk egy olyan hőszigetelt, üvegszálaspoliészter alapú műanyag konténerhez, melyet most hosszabb időre meghatározó típusnak tekintünk. Gyártója a Veszprém megyei Víz- és Csatornamű Vállalat a Balatonfüredi Hajógyárral együttműködve (8. ábra).

Az antennatartó árbóc területén is jelentős módosításra került sor. Ennek lényege, hogy az először Tatabányán használt, Ganz-Mávag által gyártott típus spirálhegesztett csőtornyot rácsos szerkezetű toronnyal váltottuk fel. Ennek fő oka a toronyszerelési technológia egyszerűsítési szándéka volt, a 40 tonnás autódaru közlekedtetését szerettük volna elkerülni, de egy másik tényező ehhez még külön is segítségünkre volt.

Említettem már korábban, hogy a VI. ötéves tervi időszakban egyre inkább előtérbe került mindkét program IV.—V. sávi sugárzása, (kényszerűségből, hiszen a III. sáv már teljesen telítődött) ami azt jelentette, hogy a III. sávi terjedelmesebb és súlyosabb sugárzók felszerelési igénye megszűnt. Ez jelentős méret és súlycsökkentést tett lehetővé. Az új típus torony 1985-ben készült el a POTI tervei alapján a KÖZGÉP kivitelezésében. Ezt is hosszabb ideig használatos típusnak szánjuk. Elődjéhez képest ára csaknem harmadára csökkent (9. ábra). Az új típusállomás elődeivel ellentétben kerítés nélküli, a torony körüli 3×3 m-es bekerítés csupán az illetéktelen felmászás megakadályozására szolgál. Így mondhatom, elébe mentünk az új földvédelmi törvénynek és csak a minimálisan szükséges földterületet vesszük igénybe.

A VI. ötéves terv elején még telepítettük a korábban említett BHG gyártmányú 20—40—80 W-os adókat, de az előbb már vázolt sáv-váltási kényszerűség miatt, az igény viszonylag hirtelen megszűnt. Egyre több IV—V. sávi adóberendezésre lett szükségünk és a már hivatkozott — kezdetben egyszemélyes — vállalkozás, amely ekkorra a Nógrád megyei Szolgáltatóipari Vállalatnál talált befogadóra, vállalta a kihívást. Az előző ötéves tervben beindult 20 W-os program folytatásaként igen gyorsan kifejlesztették a 40 ill. 80 W-os típusokat is, melyek közül az első 80 W-os adó 1982 végén már Barcson üzemelt (10. ábra). A korábban jelzett pályázaton elnyert beruházási forrást az jelentette, hogy adóigényünk hirtelen megugrott a korábbi többszörösére, és őszintén be kell vallanom, nem is igen hittük, hogy ez a kis szervezet ilyen rövid határidőkkel, ennek a jelentős feladatnak eleget tud tenni, de kellemesen csalódtunk.



10. ábra. Az NSZV Videotechnika Leányvállalat 40 W-os konvencionális hűtésű adója

Az antennarendszerek területén is igaz, hogy a III. sávi sugárzó igények hirtelen lecsökkentek és a IV. sáv mellett egyre inkább az V. sáv felé kellett elmozdulni. A BHG ezen igények kielégítésére antennapaneljét és elosztóit továbbfejlesztette és ezzel lehetővé tette az V. sáv egy részének használatbavételét.

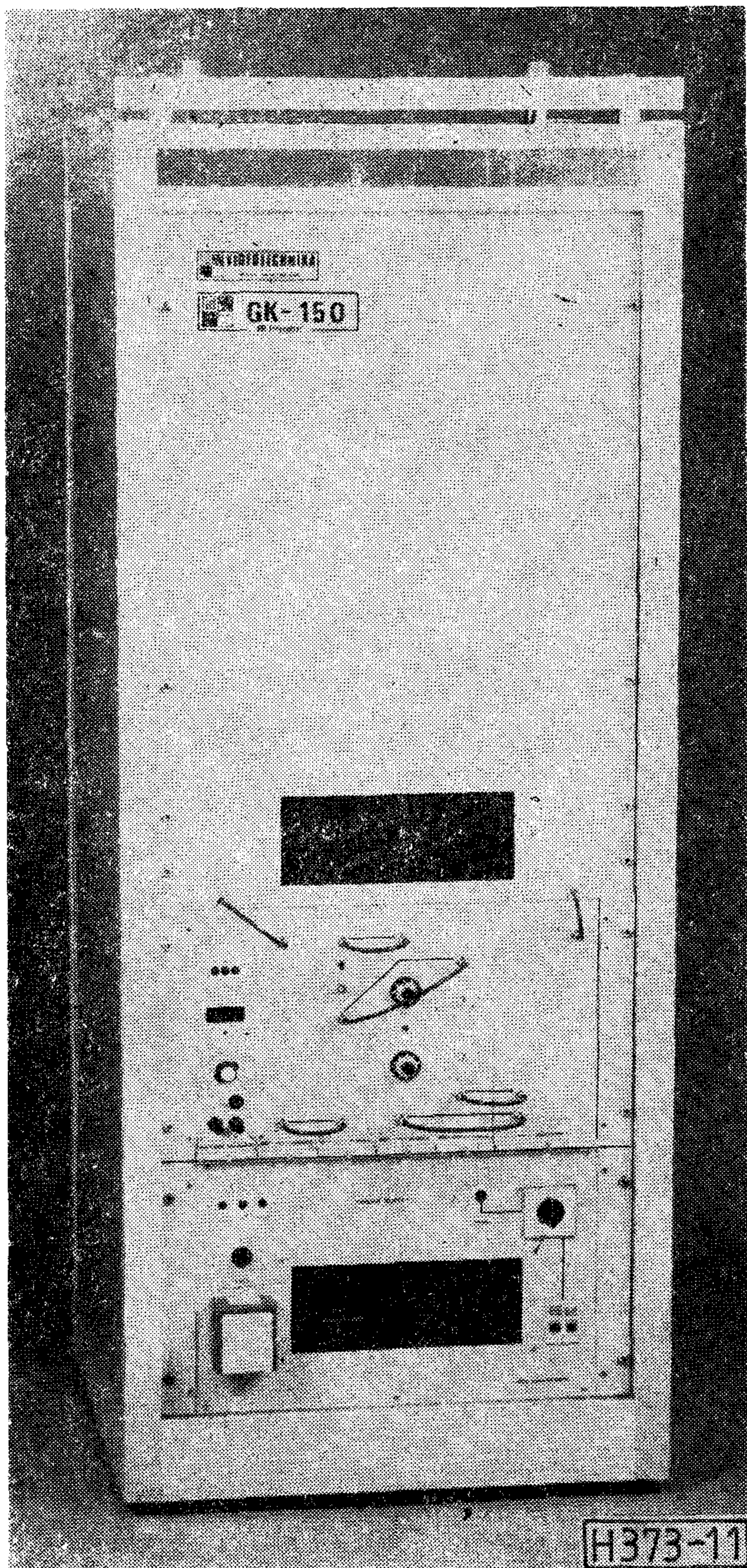
A VII. ötéves terv előirányzata 127 mFt. Ebből 20 új TV 1. műsorú telephelyet kell létrehozni, és 30 állomáson a TV 2 sugárzást beindítani. Az eddigiekben 1986-ban az időarányos rész teljesült.

Milyen műszaki változásokkal, fejlődéssel számolhatunk?

Általánossá válik az új típusállomás, már elkészült az NSZV Videotechnika Leányvállalat új 150 W-os típusa, a BHG új berendezései is megjelentek a piacon. A teljesítménylépcső tovább bővül ugyancsak a BHG 1 kW-os végsőes adójával, amely nagyobb területek ellátását teszi lehetővé. Rövidesen elkészül a BHG új IV—V. sávi adópaneljének és egyenlőtlen teljesítményelosztó családjának első gyártási sorozata (11. ábra).

A fő telepítési irány a legmostohább terepviszonyú Borsod-Abaúj-Zemplén megye lesz és végre eljutottunk egy átgondolt területfejlesztési koncepció megvalósításához.

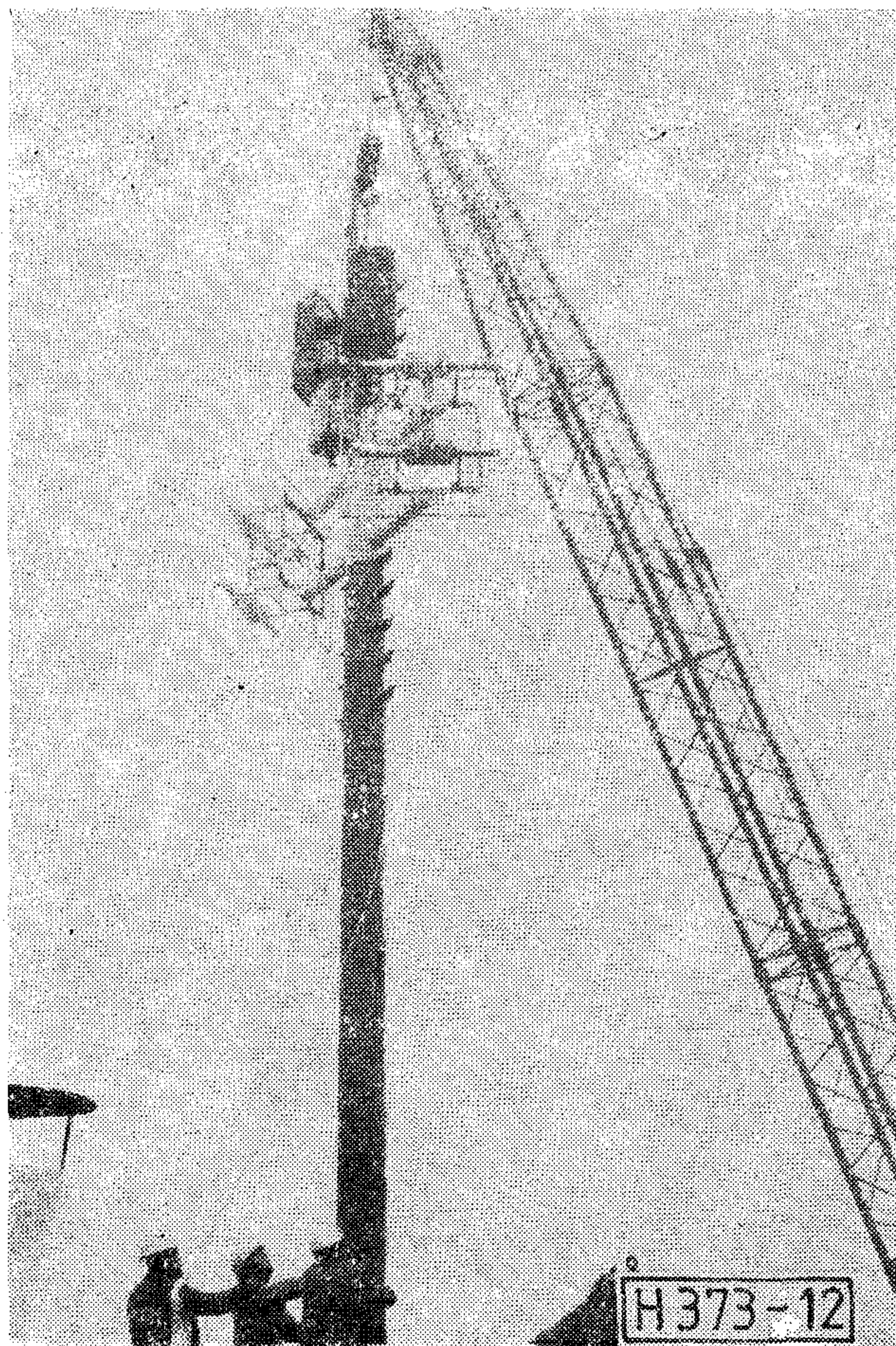
A távlatokat szemlélve megállapíthatjuk, hogy a hálózat az évezred végéig biztosan fejlődni fog és



11. ábra. Az NSZV Videotechnikai Leányvállalat legújabb 150 W-os adójának prototípusa már Pécsen üzemel

valószínűleg megduplázódik. Komoly gondot jelent hogy zavartatási problémái egyre sokasodnak, mind nagyobb erőfeszítést igényel a jó, vagy legalább elfogadható vétel biztosítása.

Az eddigieket összefoglalva, a hálózat fejlesztésére mintegy 250 mFt-ot fordítottunk ezideig, kb. egymillió lakos TV 1 műsori vétellehetőségét javítja átjátszó adó, ez a szám a TV 2 műsor esetében kb. 600 ezer. Az egy állomásra, ill. egy lakosra jutó relatív költségek fokozatosan növekedtek. 20 állomás készült külső forrás bevonásával, a berendezéseket illetően az arány kb. 1/3. Néhány érdekes extrém telepítés csak címszavakban:



12. ábra. 150 tonnás autódaru emelte be az antennatartó árbócat a Budapest Szálló tetejére

- helikopteres toronyemelés, (Vámosmikola)
- földelt talppontú KH-antenna, víz feletti terjedéssel fűszerezve, (Siófok)
- szálloda (Bp. Interkontinentál, Budapest szálló) (12. ábra),
- gabonatároló (Bacs, Komárom)
- kilátó, drótkötélpályás megközelítéssel (Sátoraljaújhely),
- gerincállomás, (OMK, Pécs)
- lakóépület, (Debrecen, Pécs, Óbuda)
- diákszálló (Budapest, XI. ker.)
- víztorony (Szigetvár)
- kémény (Nyergesújfalú).

Végezetül engedtessek meg nekem, hogy néhány személyes gondolatot, emléket fűzzek az eddigiekhez. A tatabányai első típusállomás elkészülte során kapcsolódhattam be a feladatok ellátásába. Azóta sok minden történt, csupán egy kis szegmensét szeretném kiemelni. Kínládásaival, kudarcával együtt szerettem ezt a munkát. Sok tájat megismertem, sok emberrel kerültem kapcsolatba, kollégákkal és együttműködőkkel egyaránt. Jó volt érezni az együttműködés, az egy célért mozulás, talán az alkotás örömét, átélni egy-egy sugárzás beindításának pillanatát, az első szűrőpróbaszerű ellátottságmérések izgalmát, végigkísérni amint a korábban puszta környezetben valami új születik.

TV átjátszó tervezés gyakorlati kérdései

ROMVÁRI ANTALNÉ

Posta Rádió- és Televízióműszaki Igazgatóság



ÖSSZEFOGLALÁS

A cikk áttekintést ad a televízió átjátszó adók besugárzás tervezésének gyakorlati kérdéseiről. Ismerteti a konkrét tervezést megelőző feladatokat és bemutatja a tervezés főbb mozzanatait.

Egy-egy ország nagyteljesítményű műsorszóró ún. gerincadó hálózatának kialakítását — így hazánkét is — nemzetközi egyezmények szabályozzák. E hálózatok kialakításánál elsődleges szempont a hazai műsorokkal optimálisan besugározni az országot. 1961-ben a Stockholmi Egyezményben rögzítették Európa — köztük Magyarország — TV I—III. és IV—V. frekvenciasávú adóhálózatát. Jelenleg gerincadó hálózatunknál az 1. műsor kisugárzása elsősorban az I—III. sávban, a 2. műsoré a IV—V. frekvenciasávban történik. Egy gerincadó nemzetközi előírásoknak megfelelő módszer szerint számolt ellátottsági határvonalán belül a terepviszonyoktól függően nem azonosak a vételi viszonyok. Ez az UHR frekvenciasáv hullámterjedési sajátosságai miatt következik be. Azokon a helyeken, ahol az ellátottság kritériuma nem teljesül, kisteljesítményű TV átjátszó adók telepítésével lehet a vételt javítani.

Míg egy gerincadó egy nagy terület besugárzását oldja meg, mely területen belül a domborzati viszonyoktól függően eltérőek a vételi viszonyok, addig az átjátszó adó egy kis terület, meghatározott települések ellátását szolgálja. A TV átjátszónál a moduláció biztosításához ún. anyaadó jelre van szükség, az átjátszó egy más adó által kisugárzott jelet vesz, azt transzponálja és felerősítve egy másik csatornán sugározza ki (1. ábra). *Egy TV átjátszó tervezésének fontosabb lépései a következők:*

1. Összefüggő ellátatlan terület meghatározása mérési eredményekből és vételmegfigyelésekből

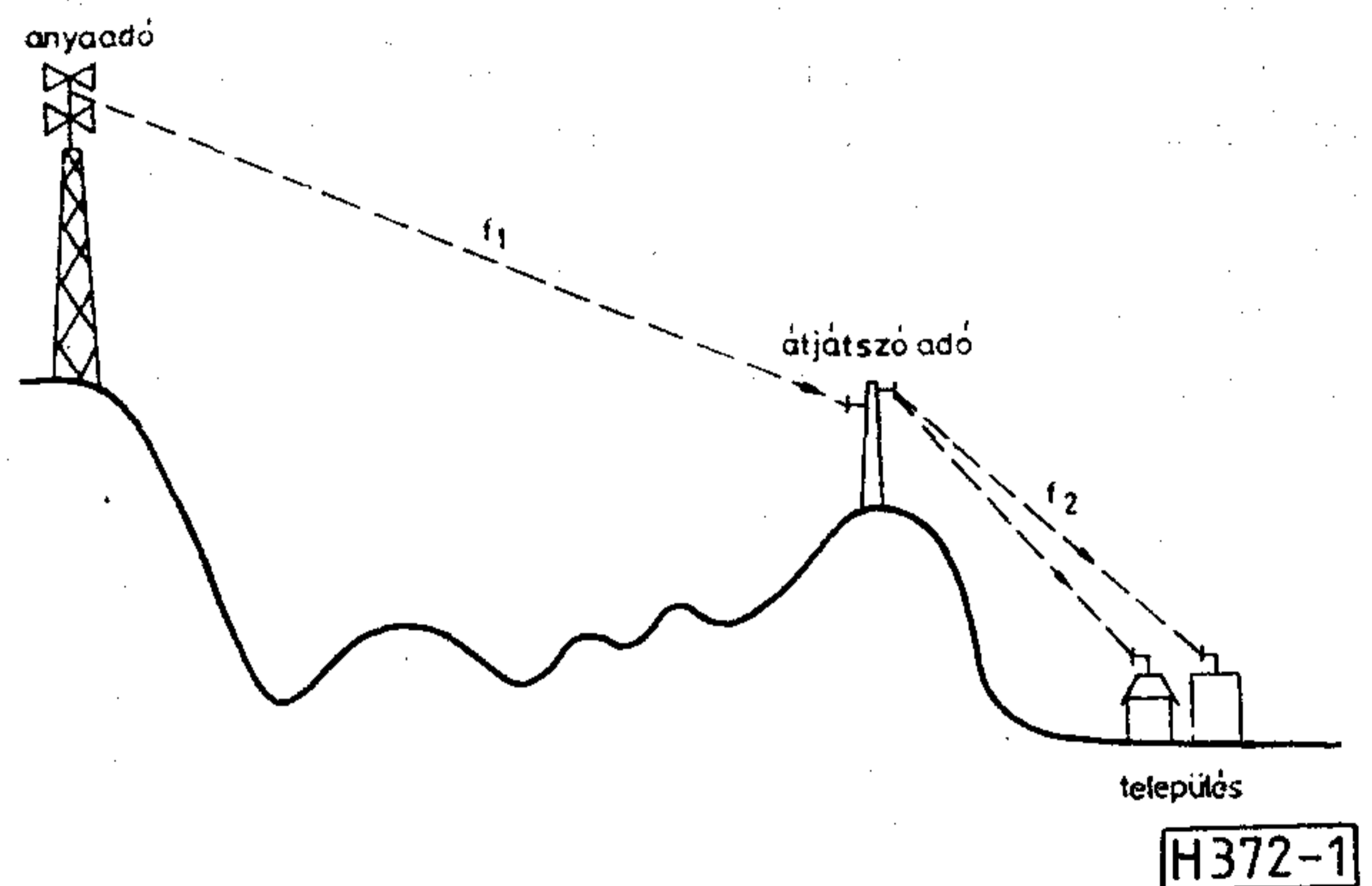
Az optimális hálózat tervezéshez feltétlenül szükséges az ellátatlan terület határát ismerni. A tervezőnek meg kell vizsgálnia, hogy az adott összefüggő területen lévő települések optimálisan hány átjátszóval sugározhatók be. Ez a csatornakijelölések szempontjából is igen lényeges.

Az ellátatlanság meghatározása térerősség mérések és a TV képről alkotott szubjektív vételmegfigyelés alapján történik. A képről alkotott szub-

ROMVÁRI
ANTALNÉ

1973-ban a Közlekedési Távközlési Műszaki Főiskola távközlési tagozatának vezeték nélküli szakán szerzett üzemmérnöki oklevelet. Első és jelenlegi munkahelye a Posta

Rádió- és Televízióműszaki Igazgatóság, ahol kezdettől fogva a frekvenciagazdálkodás területén dolgozik. Jelenleg a Frekvenciagazdálkodói Iroda Hálózattervező osztályán az UHR—FM és TV műsorszóró csoport vezetője.



1. ábra. Átjátszás elve

jektív ítéletet 1—5 osztályzattal minősítjük, ahol 5-ös a legjobb, 1-es a legrosszabb osztályzat. Ellátatlannak minősíthető az a terület, ahol a hasznos térerősség 10 m magasan mérve—tetőantennát feltételezve — a CCIR 412—2 ajánlása szerinti minimális térerősségeknél

- kisebb,
 - nagyobb ugyan, de a hasznos és zavaró jel szintje között nincs meg a szükséges védelem, a kép zavart,
 - nagyobb, és idegen adó sem zavar, de nagy visszavert jel okoz szellemképet,
- és mindhárom esetben a szubjektív ítélet 4-esnél rosszabb.

Minimális térerősségek ($E_{min.}$):

frekvenciasáv:	I.	III.	IV.	V.
$E_{min.}, \text{dB } \mu\text{V}/\text{m}$:	48	55	67	72

2. Telephelykeresés az átjátszó részére

A tervezők alapos vizsgálatai és a mérőszolgálat mérései alapján egy-egy átjátszónál 4—5 telephely közül kerül kiválasztásra a legmegfelelőbb telephely. Egy jó telephely ellátottsági és beruházási szempontoknak is megfelel. Ezek a szempontok a következők:

Beérkezett: 1987. X. 11. (H)

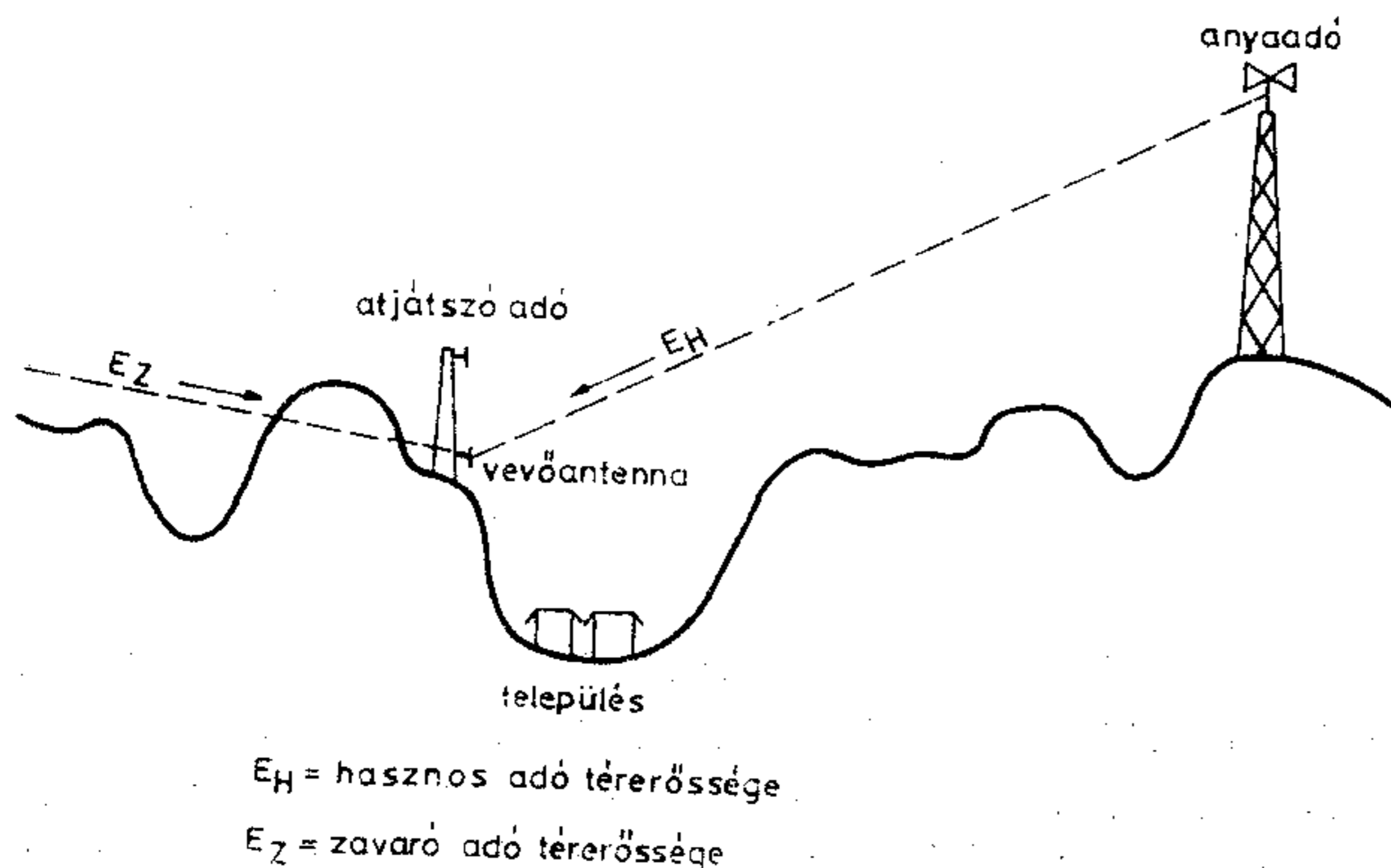
a) megfelelő szintű és minőségű anyaadó jel

Zavart anyaadó jel esetén: egyes esetekben a zavar csökkenthető zavarkiejtő antenna alkalmazásával vagy a vevőantenna kedvező elhelyezésével (2. ábra). Az ábrán látható esetben a zavaró jel szintje a tereptakarás csillapító hatása miatt csökkenthető.

b) a célterület minél nagyobb része legyen látható a telephelyről (3. ábra)

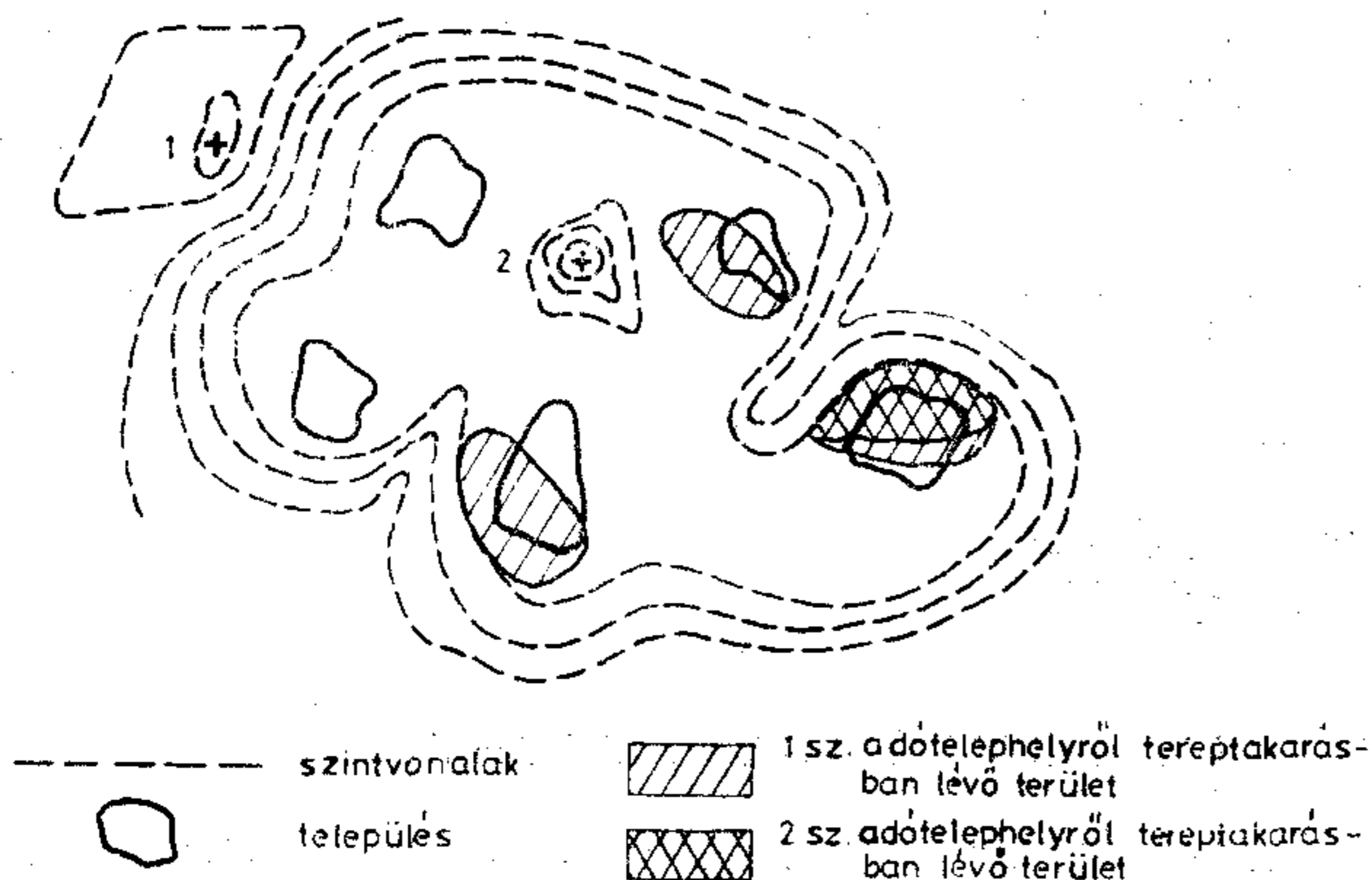
A 3. ábrán két telephelyről készített árnyéktérkép látható. A 2. sz. adótelephely besugárzás szempontjából kedvezőbb, innen csak egy település egy kis része van tereptakarásban, szemben az 1. sz. adótelephellyel, ahonnan 3 településben van árnyék.

c) nem közömbös, hogy milyen a célterület elhelyezkedése, milyen a szükséges sugárzási irány (4. ábra). Ez elsősorban a nemzetközi koordináció és a várható zavarok szempontjából lényeges. Az ábrán látható, hogy az A_{H1} telephelyről az országhatár felé sugárzunk, a terep nyitott, többletzavartatást okozhatunk a szomszéd ország adóhálózatának. Az A_{H2} telephelyről az ország belseje felé sugárzunk ugyan, de itt lényeges a várható zavarok elemzése. Pl.: a T2 településben lévő vételi pontból az A_{H2} hasznos adó és A_{Z2} zavaró adó



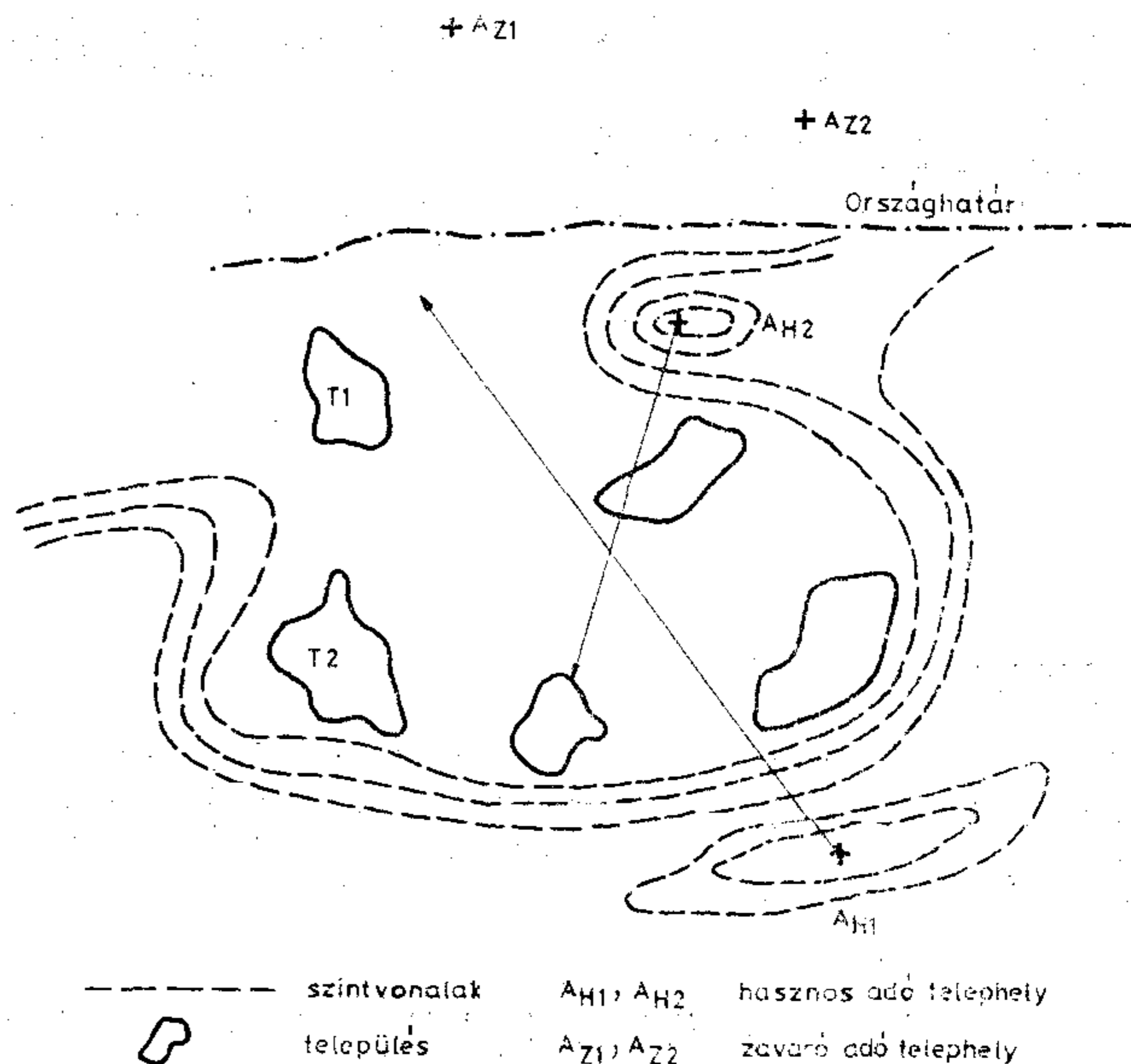
H372-2

2. ábra. Vevőantenna speciális elhelyezése átjátszónál



H372-3

3. ábra. Telephely alkalmasság vizsgálat besugárzási szempontból



H372-4

4. ábra. Telephely alkalmasság vizsgálat nemzetközi koordináció és zavartatás szempontjából

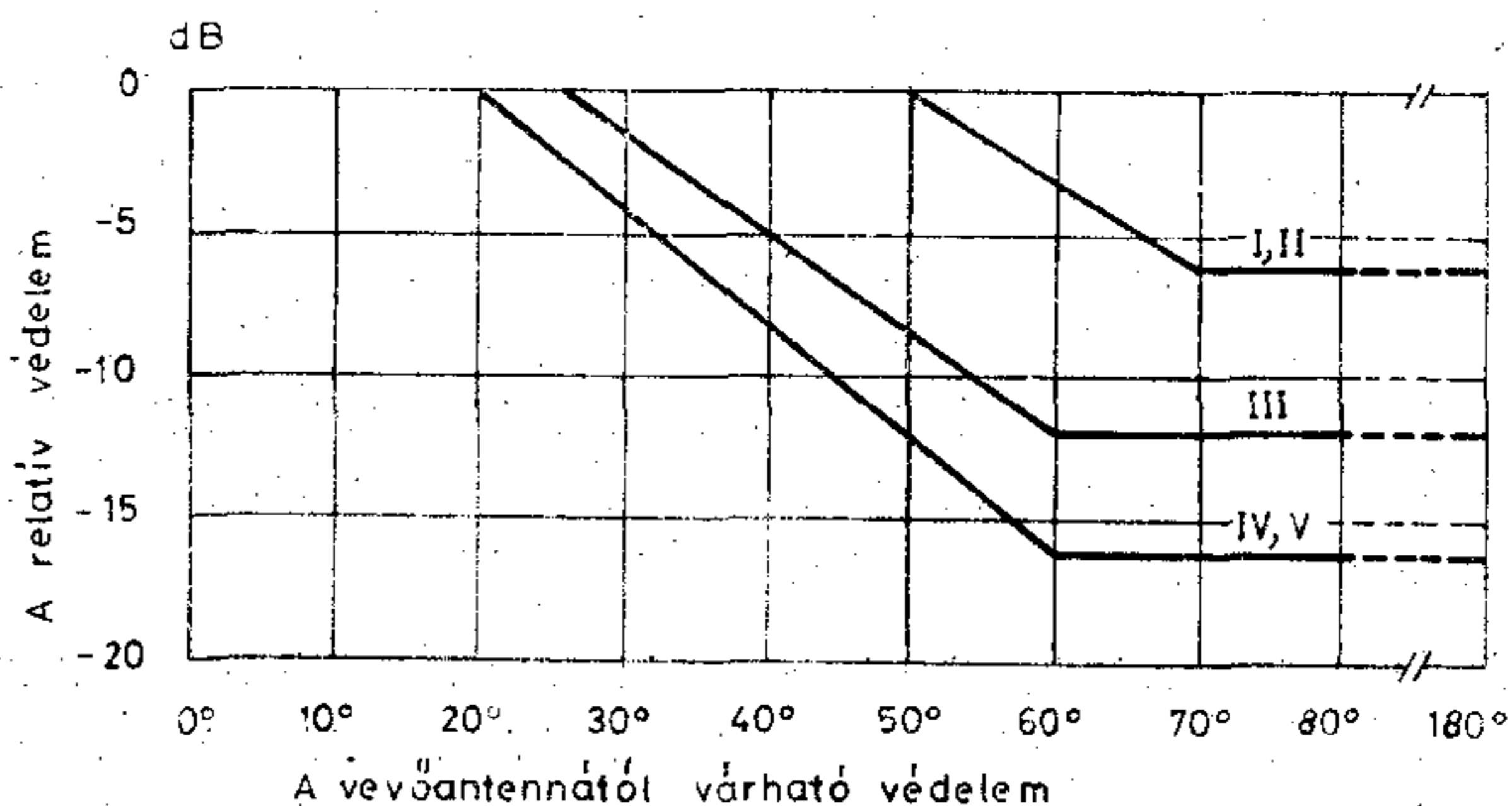
iránya között igen kicsi az eltérés, a vevőantenna mindkét adó jelét szemből veszi. Ha a hasznos és zavaró jelek között a szükséges védelem nincs meg, a vevőantenna irányítottaságból eredő nyereség ez esetben nem vehető figyelembe, zavar várható. Ugyanis a zavar egy jó vevőantennával kivédhető akkor, ha a hasznos és a zavaró adó között a vételi pontokból vizsgálva legalább 60° -os szögeltérés van, ez esetben a szükséges védelem az I—III. sávban 12 dB-lel, a IV—V. sávban 16 dB-lel csökkenthető (5. ábra).

d) lehetőleg ne kerüljön a telephely a legmagasabb kiemelkedésre, hogy elkerülhetőek legyenek az átjátszó által okozott zavarok, így a frekvencia többször kiosztható legyen.

e) beruházás szempontjából gazdaságos legyen. Energia odavihető, útépítés olcsó és megoldható, a terület kisajátítható legyen.

3. Adási csatorna kijelölése, nemzetközi koordináció

Az 1961-es Stockholmi Egyezmény rögzítette, hogy minden ország az adóhálózatát az adók tel-

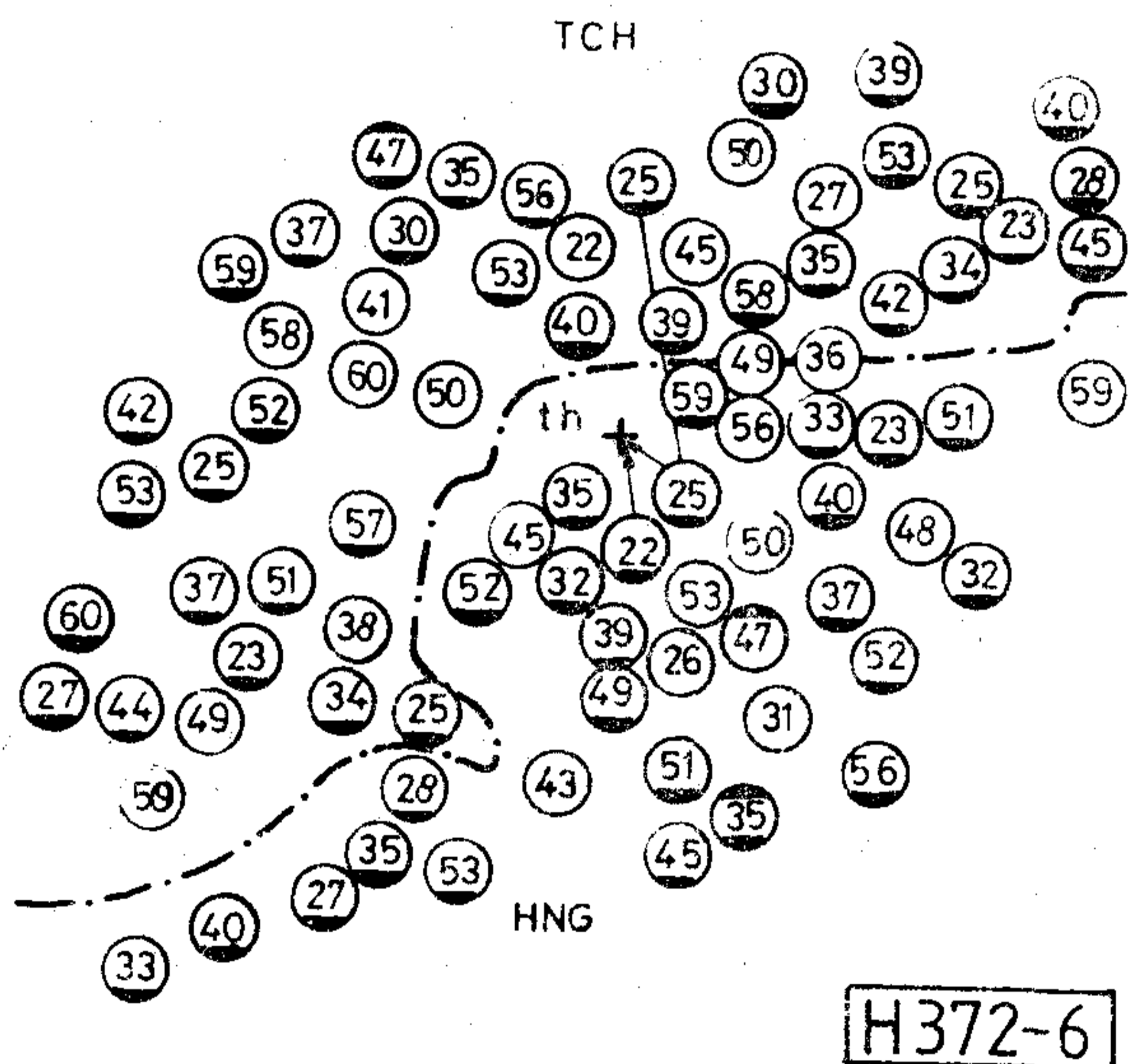


H372-5

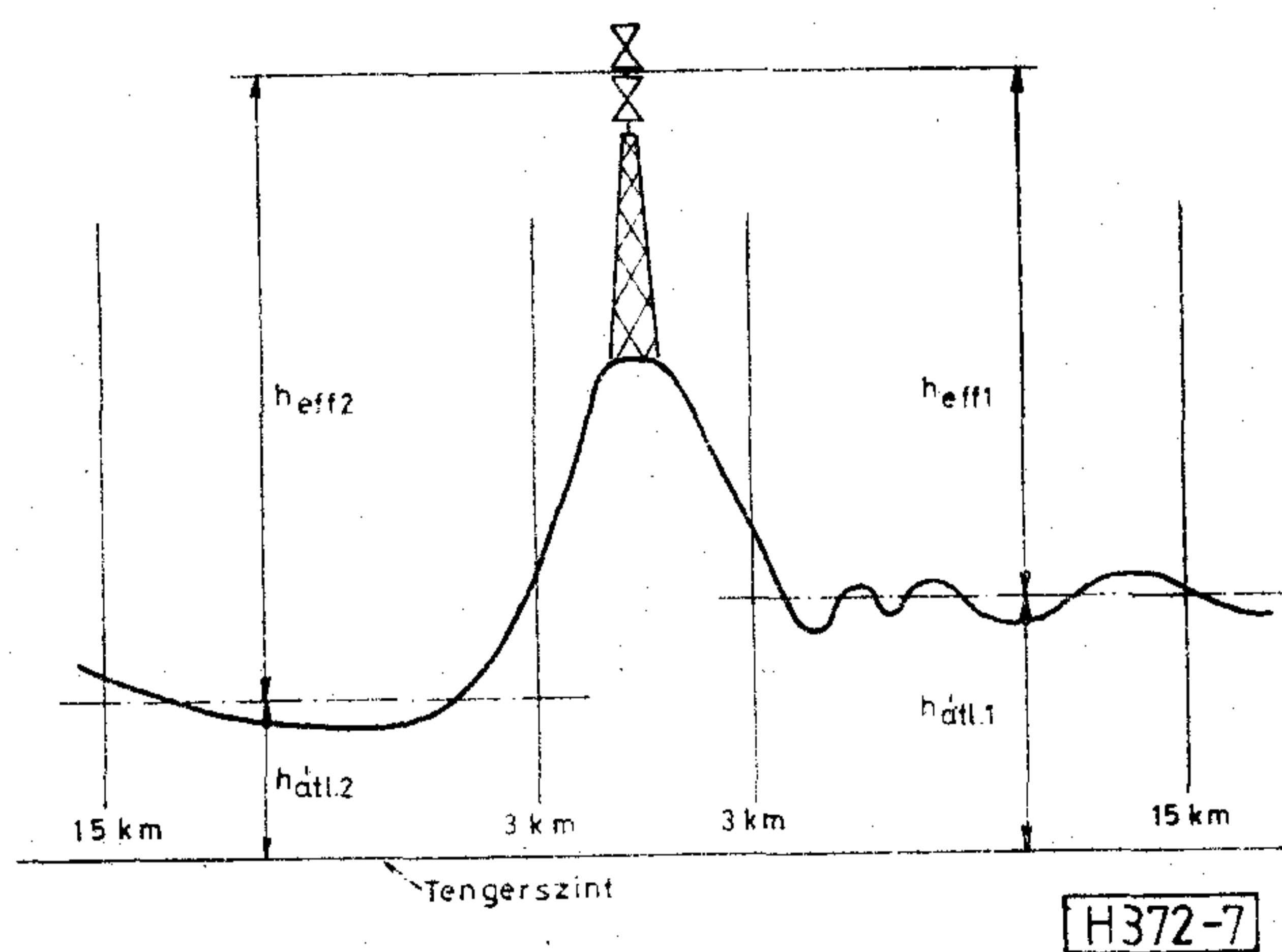
5. ábra. A vevőantennától várható védelem

jesítményétől és effektív antennamagasságától (h_{eff}) függően, egy adott távolságon belül — az egységes és zavarmentes hálózatok kialakítása érdekében — a szomszédos országokkal koordinálni köteles, vagyis meg kell szerezni az érdekelt országok hozzájárulását az adók üzembehelyezéséhez. A nemzetközi koordinációnál elsősorban a tervezett és üzemelő hálózatot kell védeni, de a IV—V. sávban az ún. csatorna pozíció térkép használata ad bizonyos előnyöket és korlátokat is.

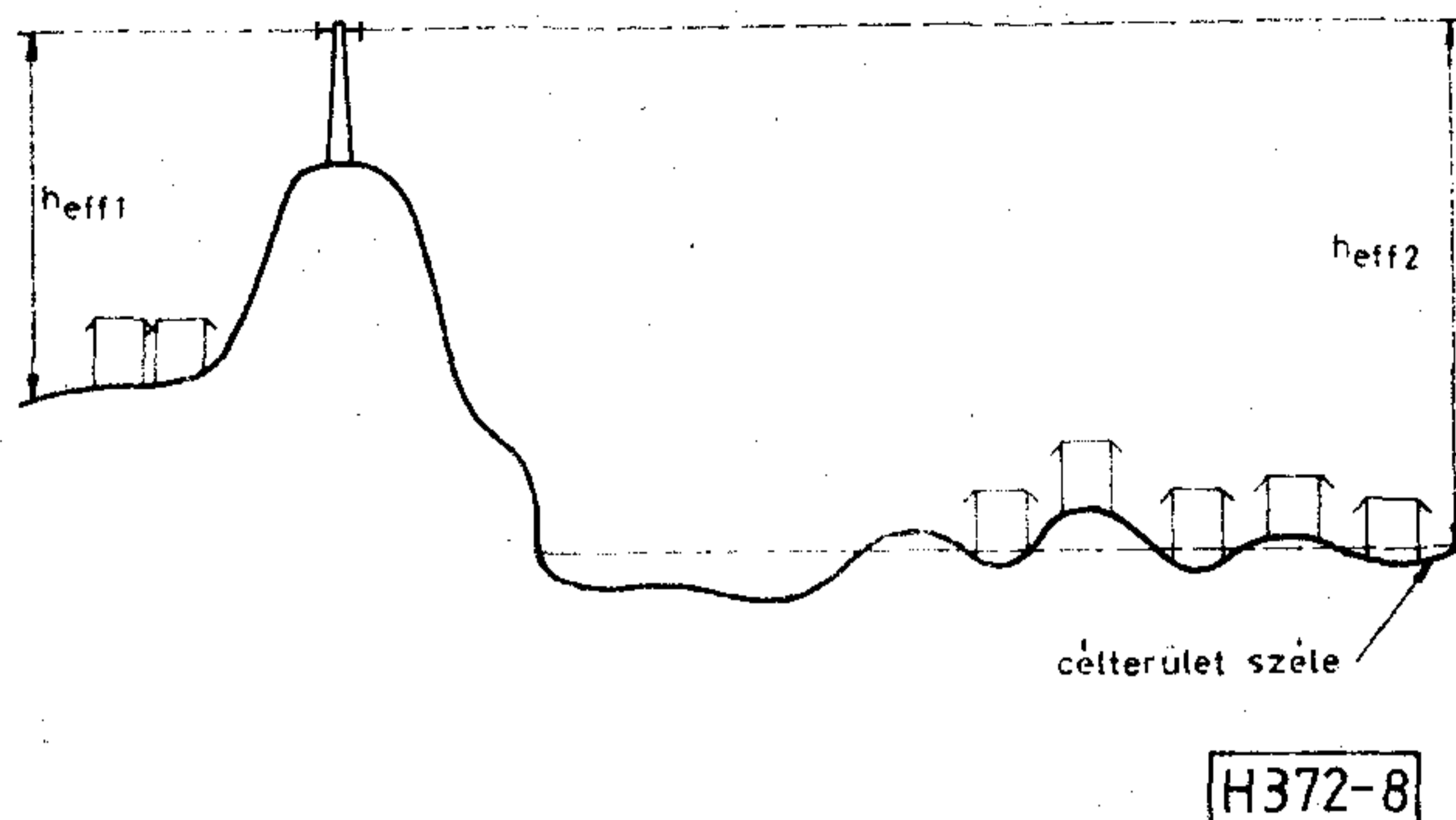
Az országhatártól kb. 50 km-es területsávon belül az átjátszó adók csatornakijelölésénél a tervezett és üzemelő adók zavaró hatásán kívül a pozíció térképre (6. ábra) is tekintettel kell lenni, amelyet 1967-ben a környező országokkal kötött egyezmény rögzített. A pozíció térkép az átjátszó adók számára három teljesítmény kategóriában jelöl ki csatornákat, melyek kijelölése a domborzati viszonyok figyelembevételével készült, 150 m-es effektív antennamagasság, horizontális polarizáció feltételezéssel és azzal, hogy a csatornák a gerincadókhöz képest $2/3$ sornfrekvenciányi offsettel rendelkeznek. A nemzetközi koordináció során meg kell adni az átjátszó telephelyének és annak a csatorna pozíciónak a földrajzi koordiná-



6. ábra. IV—V sávú csatorna pozíció térkép részlete



7. ábra. Effektív antennamagasság a CCIR-ajánlás szerint



8. ábra. Effektív antennamagasság az OIRT ajánlása szerint

táit, melyet a telephelyen fel kívánunk használni. Az ábrán az a gyakori eset látható, amikor a határszélen telepítendő átjátszók esetében pozíció csak úgy használható fel, hogy az közelebb kerül a szomszédos ország azonos csatorna pozíciójához, mely már jogalapot ad a csatorna elutasítására. Ez a csatornakijelölést nehezíti.

Az adási csatornák kijelölésénél nem cél a már vehető külföldi műsorok vételének megszüntetése, illetve zavarása, azonban néhány helyen már olyan szűkös a csatornaválasztási lehetőség, hogy ez elkerülhetetlen. Elsősorban olyan helyeken, ahol a vett külföldi adó térerőssége igen kicsi, amely már nem okoz zavart a hasznos jelben.

Meg kell jegyezni, hogy több helyen az országban — főleg a határszéleken — zavarmentes adási csatorna már nem jelölhető ki, így az ellátottság biztosításához nagyobb hasznos térerősség szintre van szükség. Ez nagyobb effektív kisugárzott teljesítményt (ERP) jelent, és így a nemzetközi koordináció sikere is bizonytalanabb. Az sem közömbös, hogy a zavartartatás szint növekszik, az azonos csatorna ismételt kiosztása területileg távolabb történhet.

Kizárt csatornák az átjátszóknál:

- anyaadó és szomszédos csatornái,
- egy telephelyen üzemelő adók között legalább 3 csatorna távolság legyen,
- az V. sáv egy része jelenleg még nem használható műsorszórássra.

4. Besugározható terület meghatározása

A telephelyekről a célterület településeinek irányában elegendően sűrűn terepmetszeteket, majd ezek felhasználásával árnyéktérképet készítünk, meghatározzuk a telephelyről a tereptakarásban lévő területeket.

5. Az átjátszó sugárzási paramétereinek meghatározása

a) *effektív (hatásos) antennamagasság (h_{eff}).*

A Posta Kísérleti Intézet által kifejlesztett digitális térmodell terepadatbázis felhasználásával a Posta számítógépén lehetőségünk van terepmetszetek készítésére. E terepmetszetekből határozzuk meg a h_{eff} -et a zavartartatás számításához a CCIR (7. ábra), a besugárzás számításához az OIRT ajánlása szerint (8. ábra).

b) antenapolarizáció

Általában a hullámterjedési szempontból kedvezőbb horizontális polarizációt használjuk. Ott, ahol a zavartatás csökkenthető keresztpolarizációval, ennek megfelelő polarizáció használatának előnyét az adott terepviszonyok között elemezzük és kedvező esetben alkalmazzuk a vertikális polarizációt is.

c) Adóantenna sugárzási karakterisztikája

A célterület elhelyezkedéséből, alakjából meghatározzuk a sugárzási irányokat. Az eredő antenna-karakterisztika számítását horizontális és vertikális síkban és annak kirajzolását számítógéppel végezzük. Így lehetőség van sok variáció vizsgálatára és a legkedvezőbb karakterisztika kiválasztására. Megvizsgáljuk, hogy szükséges-e az antenna-panelek bizonyos szögben való döntése, annak érdekében, hogy az energia nagy része a célterületre jusson.

d) Antennarendszer nyereségének meghatározása

e) Effektív kisugárzott teljesítmény (ERP_{max})

Az adási csatornán várható zavarok elemzése szükséges az ERP_{max} meghatározása előtt. Amennyiben zavar nem várható, a célterület legtávolabbi részén, a h_{effmin} figyelembevételével legalább az előírt szükséges minimális térerősséget kell biztosítani az idő és helyek 50%-ában. A beépítettségtől függően (fák, épületek) megfelelő csillapítás-tartalékkal számolunk. Zavar esetén a célterület szélén a hasznos térerősség szintjét meg kell emelni annyira, hogy a hasznos és a zavaró jel között a szükséges védelem biztosítható legyen.

f) Realizálható teljesítmény

A szükséges ERP_{max} -ból — figyelembevételével az antenarendszer nyereségét, a kábel, egyéb szűrő, elosztó csillapításokat és az ipar által gyártott adók teljesítmény lépcsőit — határozzuk meg a szükséges névleges adóteljesítményt.

6. Zavartatás számítás

A zavartatás számítását el kell végezni az adási és az anyaadó csatornán is. Egy csatorna vizsgálatokor átlagosan kb. 50 zavaró adó hatásával kell számolni. A helyesen kiválasztott vizsgálati pontokban az adóktól egyenként el kell végezni a zavartatás számítását. A mérési helyek 50%-ában fellépő térerősség ingadozás eloszlása jó közelítéssel logaritmikus-normális. Nem várható zavar, ha a vevőantenna-irányítottságából eredő vagy a keresztpolarizációs nyereséggel növelt hasznos térerősség és a zavaró térerősség különbsége legalább a szükséges védelemmel egyenlő, az egyenletet 0-ra rendezve megkapjuk az 50% hely valószínűséghez tartozó dB-ben kifejezett szórás értékét ($r_{(L)}$). Ha az 50%-nál kisebb helyvalószínűséghez tartozó szórás értéke pozitív, ez esetben zavar várható.

$$r_{(L)} = A + E_{Z(50;T)} - E_{H(50, 50)} - G \text{ (dB)}$$

ahol:

A = szükséges védelem,

E_Z = zavaró adó térerőssége a helyek 50, idő 1 vagy 10%-ában,

E_H = hasznos adó térerőssége a helyek 50, idő 50%-ában,

G = vevőantenna irányítottságból eredő vagy polarizációs nyereség.

Keresztpolarizáció esetén polarizációs nyereséget is figyelembe lehet venni a CCIR ajánlás szerint, ha a vevőantenna irányítottságból eredő nyereség nem vehető figyelembe. Keresztpolarizációs nyereség az I—III. sávban 10 dB, a IV—V. sávban 8 dB. A rendkívül hosszadalmas zavartartátszámítás számítógépre vitelét a PRTMIG FGI Hálózat-tervező Osztálya megoldotta. Kialakítottuk a hazai és külföldi TV adók rövidített adatfile-ját, amely mintegy 2500 adó adatait tartalmazza. Külföldi adók esetében az adó nevét, földrajzi koordinátáit, csatornáját, offsetet, ERP_{max} -ot, h_{effmax} -ot, a sugárzási irányt és polarizációt, a hazai adók (üzemelő és tervezett) esetében az ERP-t és a h_{eff} -et az adótelephelytől 30°-onkénti irányban is tartalmazza. A hasznos adótól bármilyen kiválasztott irányban és pontban lehet számolni. Első lépésben a minimális térerősség határára számoljuk ki a várható zavarokat. Az azonos és a szomszéd, illetve az I—III sávban átlapoló csatornájú adókat a számítógép keresi ki az adatbázisból, amelyekre a számításokat elvégzi. A térerősség megállapításánál figyelembe vesszük, hogy troposzférikus vagy állandó, folyamatos zavarról van-e szó, és a CCIR 306—4. sz. ajánlásának megfelelően számolunk. Vizsgálatokat végzünk az átjátszó adó által okozott és a célterületen várható zavarok elemzésére. A zavartatás számítás eredménye alapján választjuk ki a legkedvezőbb offsetet. Az adási csatornán és annak zavaró csatornáin méréseket végeztünk a célterület településein. Üzemelő adók esetében a várható zavarok értékelésénél a számított és mért eredményeket összevetjük. Tervezett adók esetében, ahol a számítás szerint zavar várható, megvizsgáljuk az átjátszó és a zavaró adó közötti terepviszonyokat és tereptakarás esetén Bullington-módszerrel csillapítást számolunk.

7. A tervezett sugárzási paraméterekkel az ellátott terület meghatározása

Meghatározzuk azokat a helyeket, ahol az idő és helyek 50%-ában a minimális térerősség biztosított. Megkeressük azt a határvonalat, mely az ellátási övezet szélének tekinthető. Az ellátott terület határát árnyéktérképre rajzoljuk. Így jól látható, hogy az ellátott területen belül hol vannak olyan helyek, melyek nem látszanak az átjátszótól, és ahol a vétel várhatólag nem lesz megfelelő. Árnyék esetén a terepakadály okozta csillapítást Bullington-módszerrel kiszámoljuk és meghatározzuk a várható térerősséget.

8. A tervezett és bejelentett adatok összehasonlítása

Végezetül a tervezett és nemzetközileg korábban egyeztetett adatokat összevetjük, ha szükséges ismételt koordinációt végzünk.

Digitális szintetizátor és analizátor

NAGY KÁROLY

ORION Rádió és Villamossági Vállalat



ÖSSZEFOGLALÁS

Üzembehelyezendő, ill. üzemelő PCM-rendszereknél fontos feladat az alapsávi csatornák gyors ellenőrzése ill. hiba esetén a hiba helyének gyors felderítése. Jelen cikk egy erre szolgáló — az ORION-ban fejlesztett — vizsgáló eszközt ismertet.

1. Bevezető

A PCM berendezések gyártásának megindulása, ill. az első telepítések befejezése után felmerült igény egy olyan műszerre, aminek segítségével a primer rendszerek gyorsan ellenőrizhetők. Ilyen műszer természetesen beszerezhető a világpiacon, azonban csak devizáért.

Célszerűnek látszott a tervezést úgy végezni, hogy a lehető legkevesebb a berendezésben elő nem forduló áramköri elem kerüljön a műszerbe. Ez majdnem teljes egészében sikerült is. Az óragenerátorok, a HDB kódolók/dekódolók és az analizátor időzítőelőállító, valamint szinkron-kereső áramkörei teljesen azonosak a berendezések áramköreivel. A gyakorlatban két önálló egység került megépítésre, szintetizátor, ill. analizátor néven. Ezeket természetesen egymástól függetlenül is lehet használni minden olyan primer PCM berendezés vizsgálatára, melynek csatlakozása HDB-3-as kódolású és keretszervezése megfelel a CCITT előírásoknak. A műszer nem labor pontosságú, de egy berendezés üzemeltetéséhez teljes mértékben megfelel.

2. Az analizátor és szintetizátor szolgáltatásai

Segítségükkel lehetőség van:

- bármely hangfrekvenciás csatorna ellenőrzésére,
- bármely hangfrekvenciás csatornához tartozó jelzőcsatornák ellenőrzésére,
- az IR-16-ban lévő jelzési-távíró csatornák ellenőrzésére a lehetséges mintavételi frekvenciáknál,
- a szinkronizáció vizsgálatára.

A fent leírt követelményeknek a szintetizátor az alábbiak szerint felel meg.

- A hangfrekvenciás csatornák vizsgálatánál lehetőség van a 300 Hz-től 4000 Hz-ig terjedő frekvenciasávban tetszés szerinti frekvenciák generálására különböző szintekkel. A frekvenciák és szintek megválasztásának tág lehetőségei vannak. A realizált műszer 16 különböző vizsgáló jelet állít elő. 8 különböző frekvencián (326 Hz, 592 Hz, 1018 Hz, 1806 Hz, 2370 Hz, 2980 Hz, 3393 Hz, 3612 Hz) 0 dBmO szinttel

NAGY KÁROLY

Villamos üzemélmérnöki oklevelét a Kandó Kálmán Villamosipari Műszaki Főiskola Híradásipari Szakán szerezte 1980-ban. Munkahelyén az ORION Rádió- és Villa-

mossági Vállalat Műszaki Kereskedelmi Főosztályán feladata a mikrohullámú berendezések — ezen belül elsősorban a PCM-rendszerek — telepítése és a telepítések körül adódó problémák megoldása.

és 820 Hz frekvencián 8 különböző szinttel (+3 dBmO, 0 dBmO, -10 dBmO, -20 dBmO, -30 dBmO, -40 dBmO, -50 dBmO, -60 dBmO) működik.

- A jelzőcsatornák vizsgálatánál az információhordozó bitek fix 0-ba, vagy fix 1-be állíthatók és lehetőség van 40/40 msec-os tárcsajelnek megfelelő állapot létrehozására.
- A jelzési távírócsatornák vizsgálatánál a kívánt csatornában (az 1, 2, 4, és 8 kHz mintavételi frekvencia figyelembevételével) 50 Baudnak, ill. 266 Baud-nak megfelelő jel generálható.
- A szinkronizáció vizsgálatánál lehetőség van a PCM szinkronizáció és a jelzésmultiplex szinkronizáció vizsgálatára külön-külön.

Az analizátor a követelményeknek az alábbiak szerint felel meg.

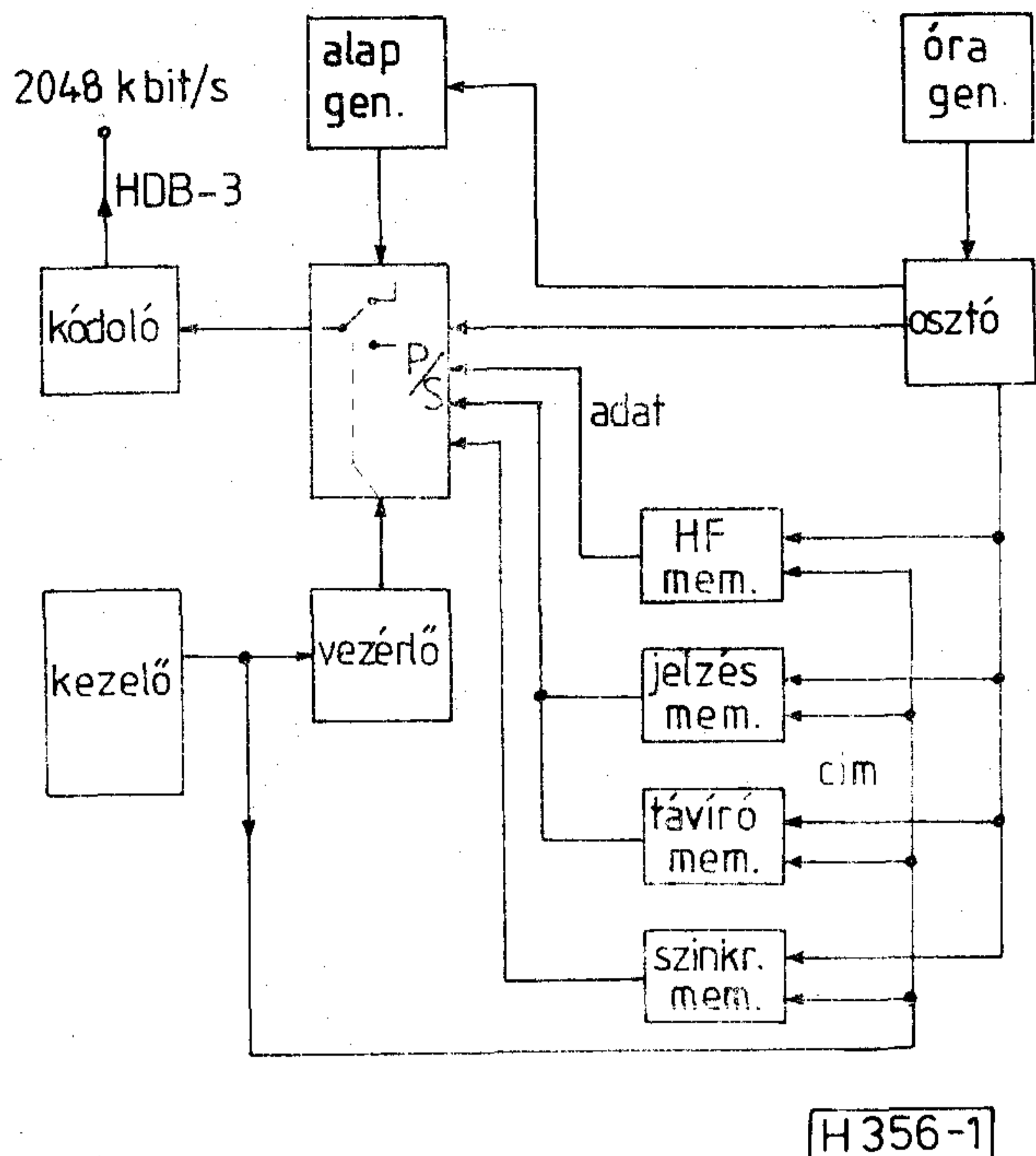
- A hangfrekvenciás csatornák vizsgálatánál megkeresi az adott időrésben az ott előforduló legnagyobb értéket képviselő (a legnagyobb szint maximumához tartozó) kódszót. Ehhez a kódszóhoz hozzárendel egy decimális számot, ami szinuszjel esetén megfelel a csatornában levő jel effektív értékének dBmO-ban. Lehetőség van külön-külön a pozitív és negatív amplitúdók mérésére is.
- A jelzőcsatornák vizsgálata nagyon egyszerű. A jelzőcsatornák pillanatnyi állapotát kétszínű LED-ek jelzik.
- A távírócsatornák ellenőrzésénél hasonló a helyzet a fent említettel azzal a kiegészítéssel, hogy egy számláló áramkör az adott csatornában megszámlálja az átmenetek számát, (1 sec alatt), és azt decimálisan kiírja. Itt ugyanis nagyobb jelsebesség esetén a LED-es kijelzés nem kiértékelhető.
- Az analizátor a szinkronizációk vizsgálatában nem vesz részt.

3. A szintetizátor rövid ismertetése

Az 1. ábrán látható az egyszerűsített blokkvázlat melyben csak a leglényegesebb összeköttetések vannak feltüntetve.

Az alapgenerátor az óragenerátor által vezérelt

Béérkezett: 1987. IX. 2. (*)



1. ábra. Szintetizátor blokkvázlata

időzítőjeleket előállító osztó áramkör segítségével olyan jelet állít elő, ami megfelel a csatornák alap helyzetének. A jelsor egy elektronikus kapcsoló áramkörben áll össze. Itt generálódik a hibátlan PCM szinkronjel és a páros IR O nyolc bitje. A hibátlan jelzésmultiplex szinkronjel a jelzés, vagy távíró, vagy a szinkron memóriából kerül (üzemmódtól függően) bekeverésre. A kívánt memóriát a kezelőszervekkel lehet aktivizálni. A beállított üzemmódnak megfelelő (pl. harmadik csatorna, 820 Hz, -10 dBmO) címzést a kezelőegység adja meg. Ugyancsak a kezelő aktivizálja a vezérlő áramkörön keresztül az elektronikus kapcsolót. A memóriák beállított tárrészének kiolvasása automatikus. A HDB-3 kódoló a CCITT 6703 szerinti interfacet biztosítja.

4. A memóriák

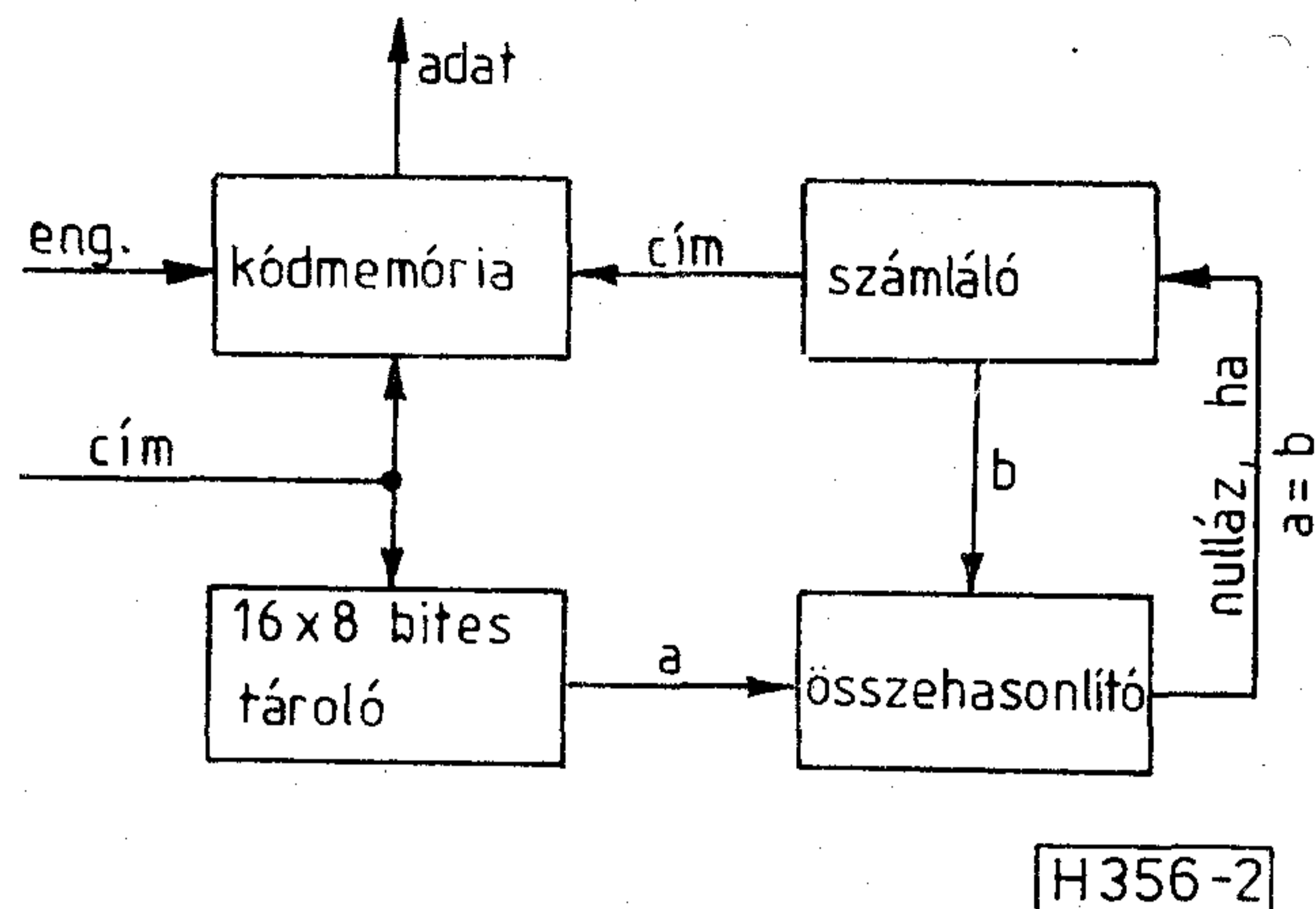
a) HF kódmemória

D 2716-os EPROM. A megépült változatban 16 db 64×8 bit nagyságú területet használunk. Természetesen egy adott frekvenciához általában ennél kisebb helyre van szükség, vagyis az automatikus kiolvasót az utolsó információs byte kiolvasása után újból az első byte kiolvasására kell utasítani. A hasznos terület hossza a 16 bytes tárolóba van beírva (2. ábra). Az egyes vizsgálójelekhez tartozó tárinformáció az alábbiak szerint lett meghatározva (3. ábra). A mintavételi helyeken az amplitúdó lineáris lépcsőben kifejezve:

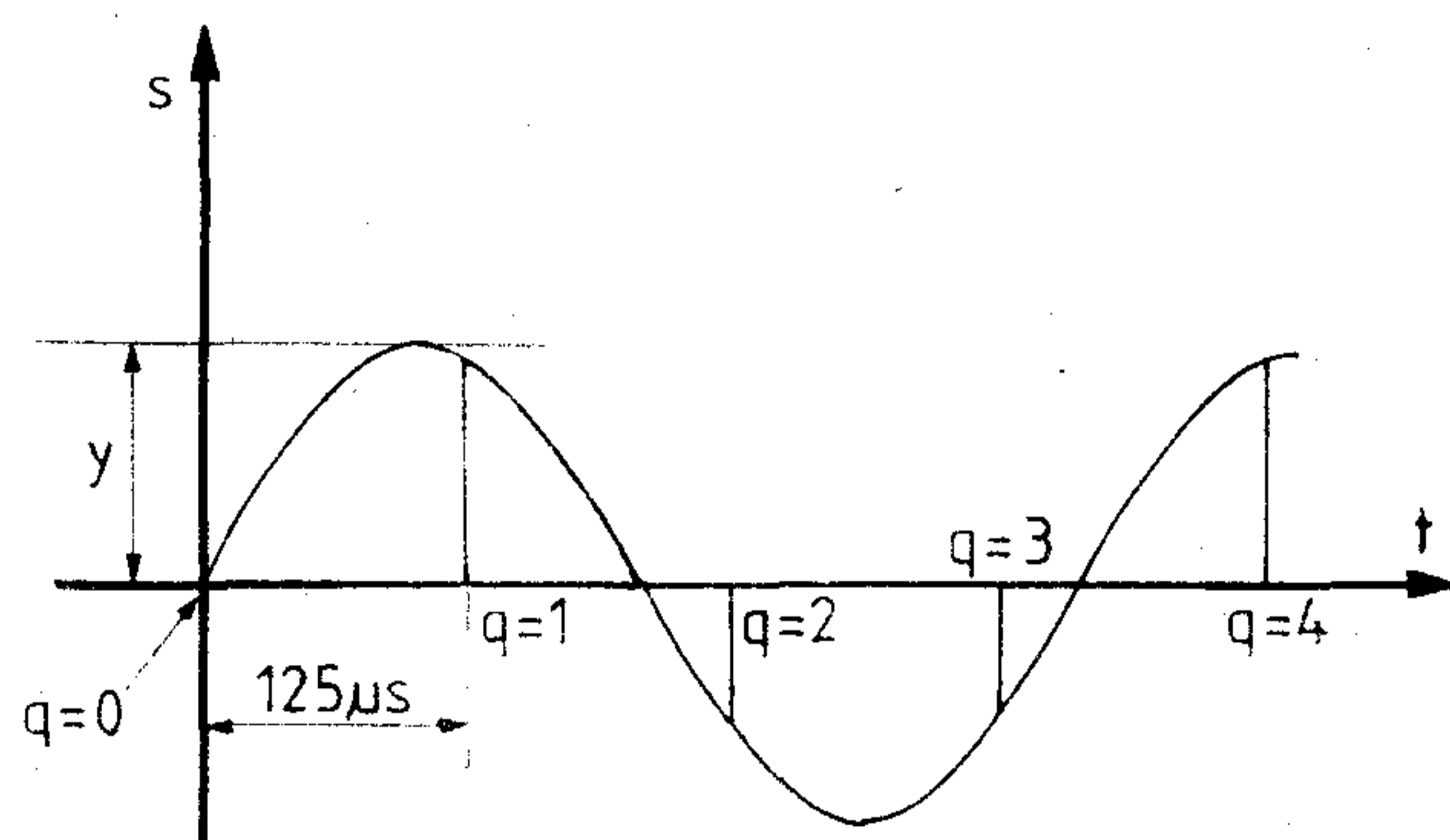
$$b = y \sin\left(p + \frac{2\pi q}{x}\right)$$

$$x = \frac{r}{1}$$

$$y = 2854e^{\frac{s}{8,6859}}$$



2. ábra. HF-memória kiolvasás



3. ábra. Mintavételezés

ahol

p = induló fázis radiánban,

q = 0-tól $(r-1)$ -ig 0, ill. pozitív egész szám,

r = a szükséges minták száma,

l = pozitív egész szám, ami megmutatja, hogy hány szinuszjel esetén tér vissza a mintavételezés ugyanahhoz a fázishelyzethez,

s = szint effektív értéke dBmO-ban,

y = csúcserték lineáris lépcsőben megadva.

A 2854 konstans a 0 dBmO szintű jel csúcsertéke lineáris lépcsőben kifejezve. Ezeket a számításokat, valamint a 12 bitesről 8 bitesre való átalakítást számítógép végezte el.

b) Jelzésmemória

120 db 16 byte hosszúságú területre (blokk) van bontva. Egy ilyen terület szervezése olyan, hogy az megfelel a jelzésmultiplex keretszervezésének. Az első harminc blokk alaphelyzetű. A második harminc blokk az „a” jelzőcsatornához tartozik (harminc csatorna van), a harmadik a „b” jelzőcsatornához, míg a negyedik harminc blokk mindkét jelzőcsatornához. Tárcsajel generálása úgy lehetséges, hogy a megfelelő alaphelyzetű blokk és a megfelelő nem alaphelyzetű blokk felváltva kerül kiolvasásra. A blokkon belüli kiolvasás automatikus.

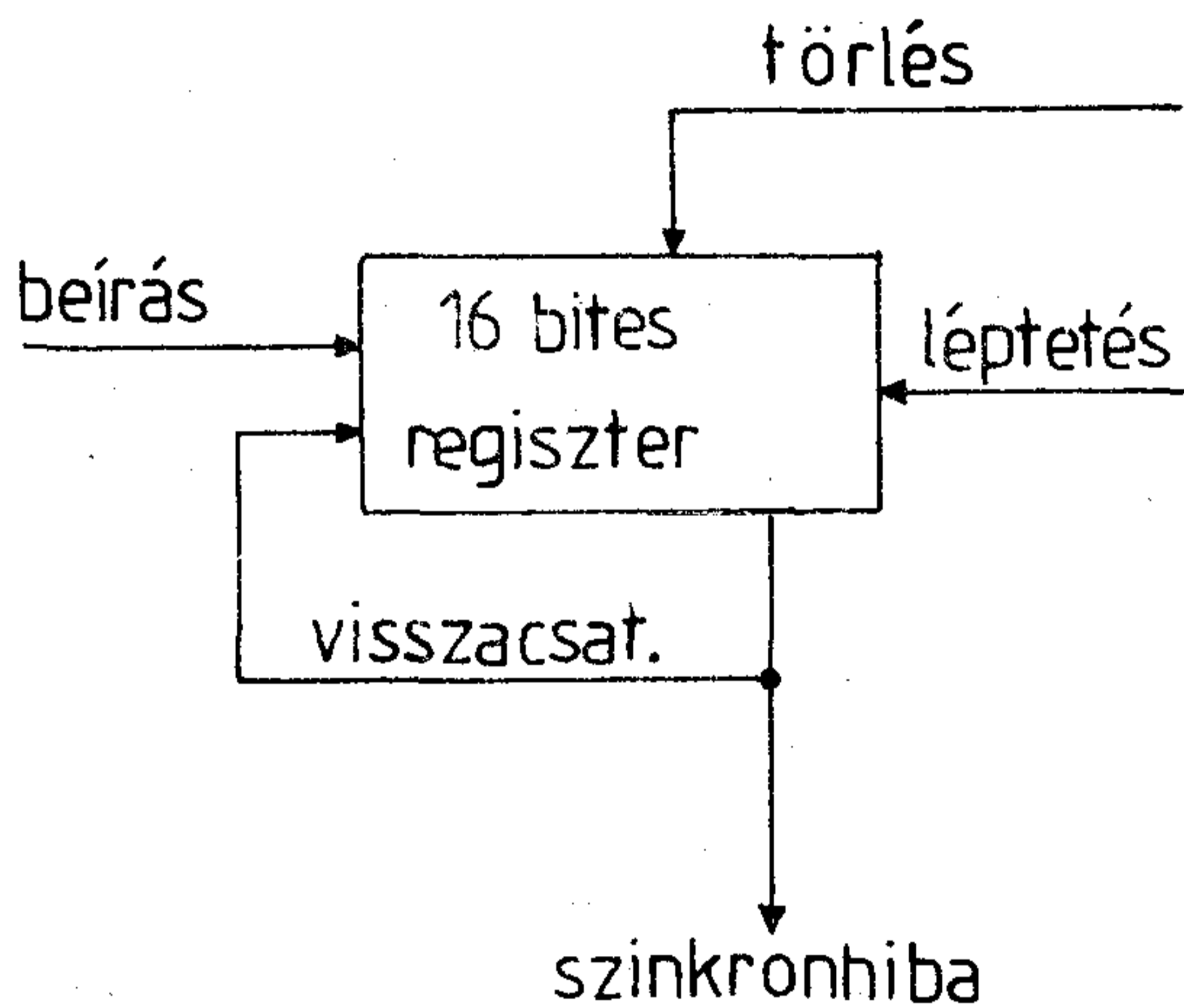
c) Távírómemória

A jelzésmemóriához hasonló a szervezés, itt is a 16 byte hosszú blokk az alapegység. Ebben

az esetben azonban az első 64 blokk alaphelyzetű. A memória második felében foglal helyet az 1 kHz-es mintavételezéshez tartozó 16 blokk, a 2 kHz-es mintavételezéshez tartozó 8 db blokk, a 4 kHz-es mintavételezéshez tartozó 4 blokk és a 8 kHz-es mintavételezéshez tartozó 2 blokk. Adatátvitel reprodukálása úgy történik, hogy az adott alaphelyzetű és az adott információs blokk felváltva kerül kiolvasásra. A blokkon belüli kiolvasás automatikus.

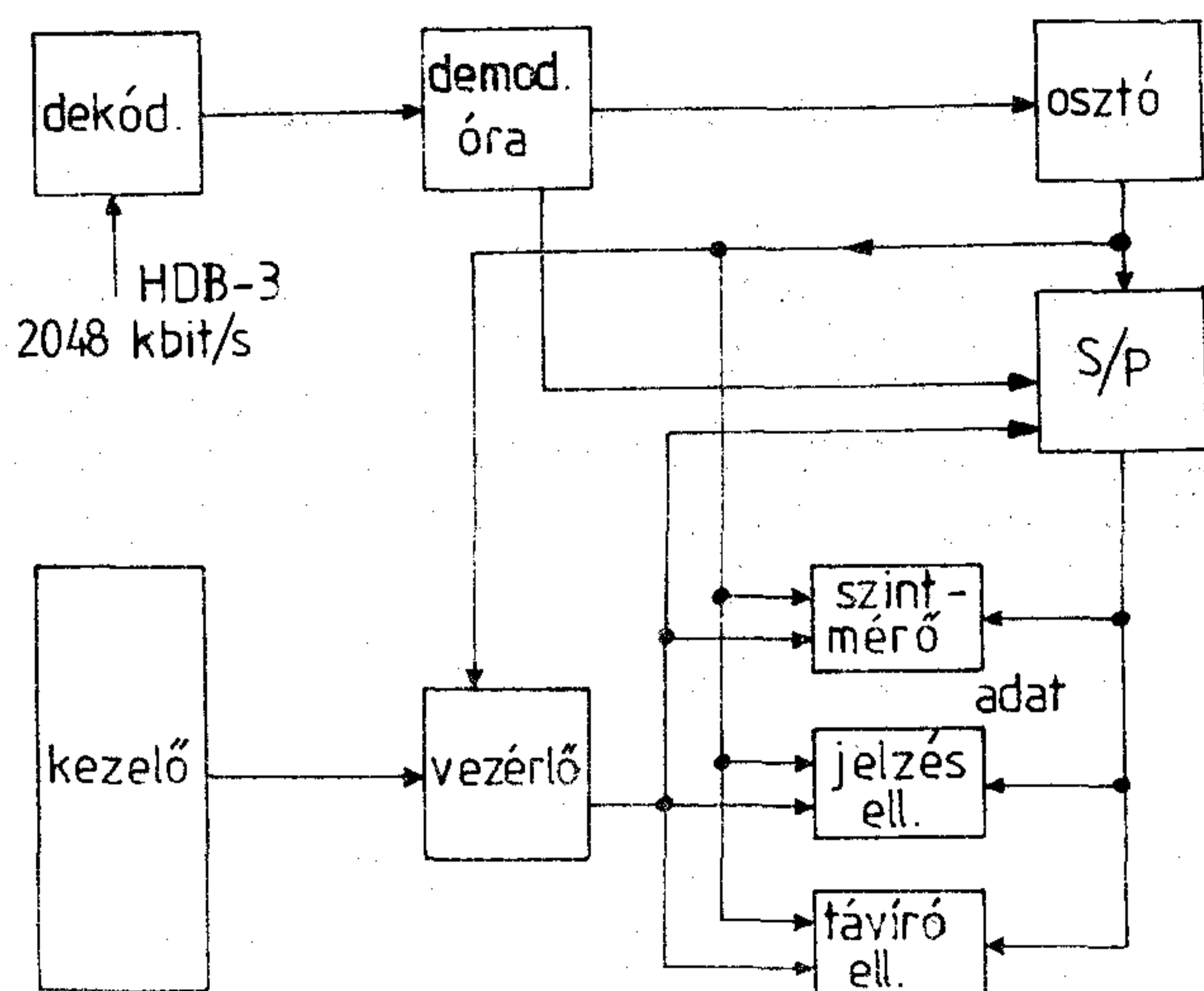
d) Szinkronmemória (4. ábra)

Alapja egy 16 bites léptetőregiszter. Ezt fel lehet tölteni nullákkal és egyesekkel. A nullához hibátlan, az egyeshez hibás szinkronjel tartozik.



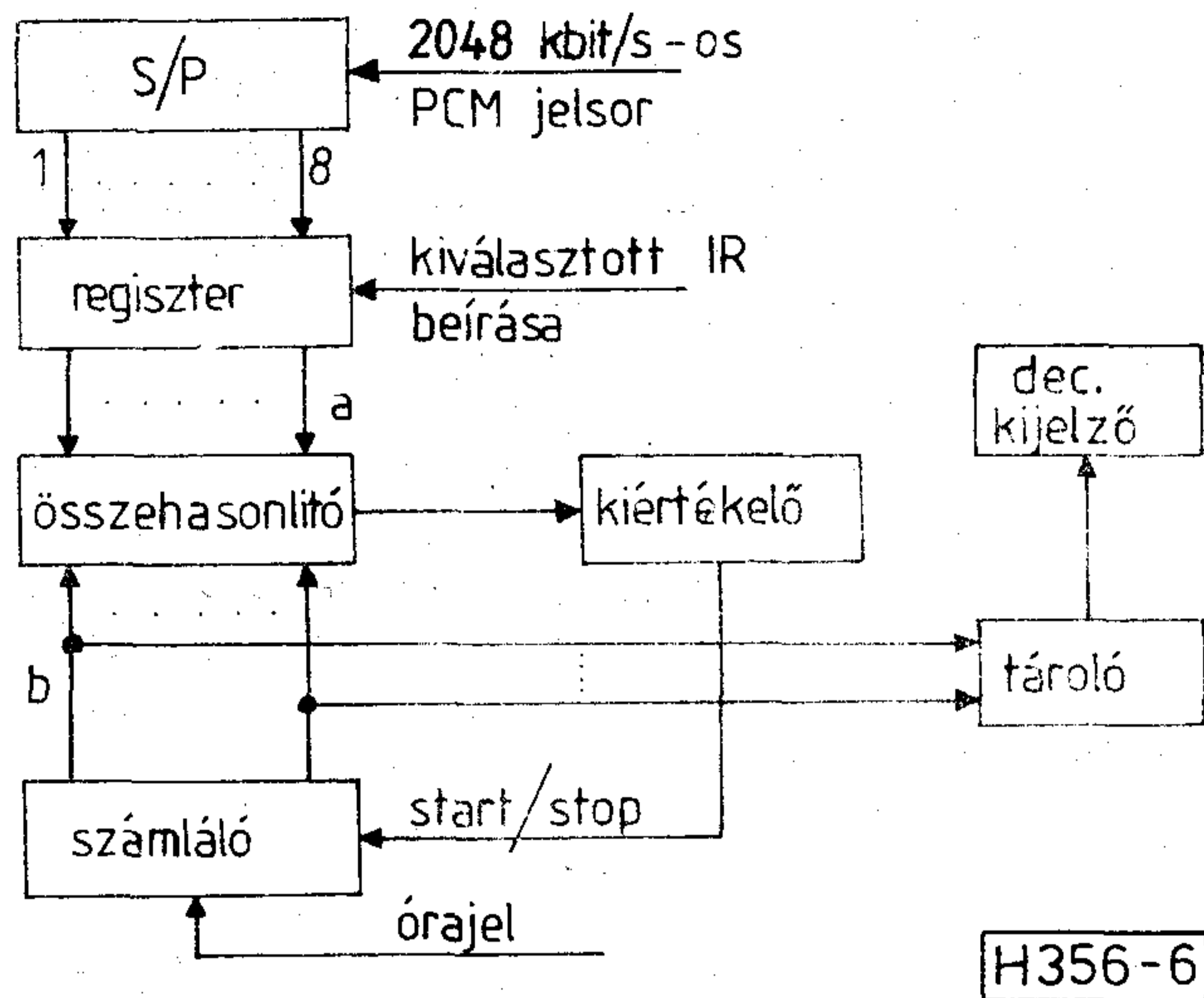
H356-4

4. ábra. Szinkronizációt ellenőrző áramkör

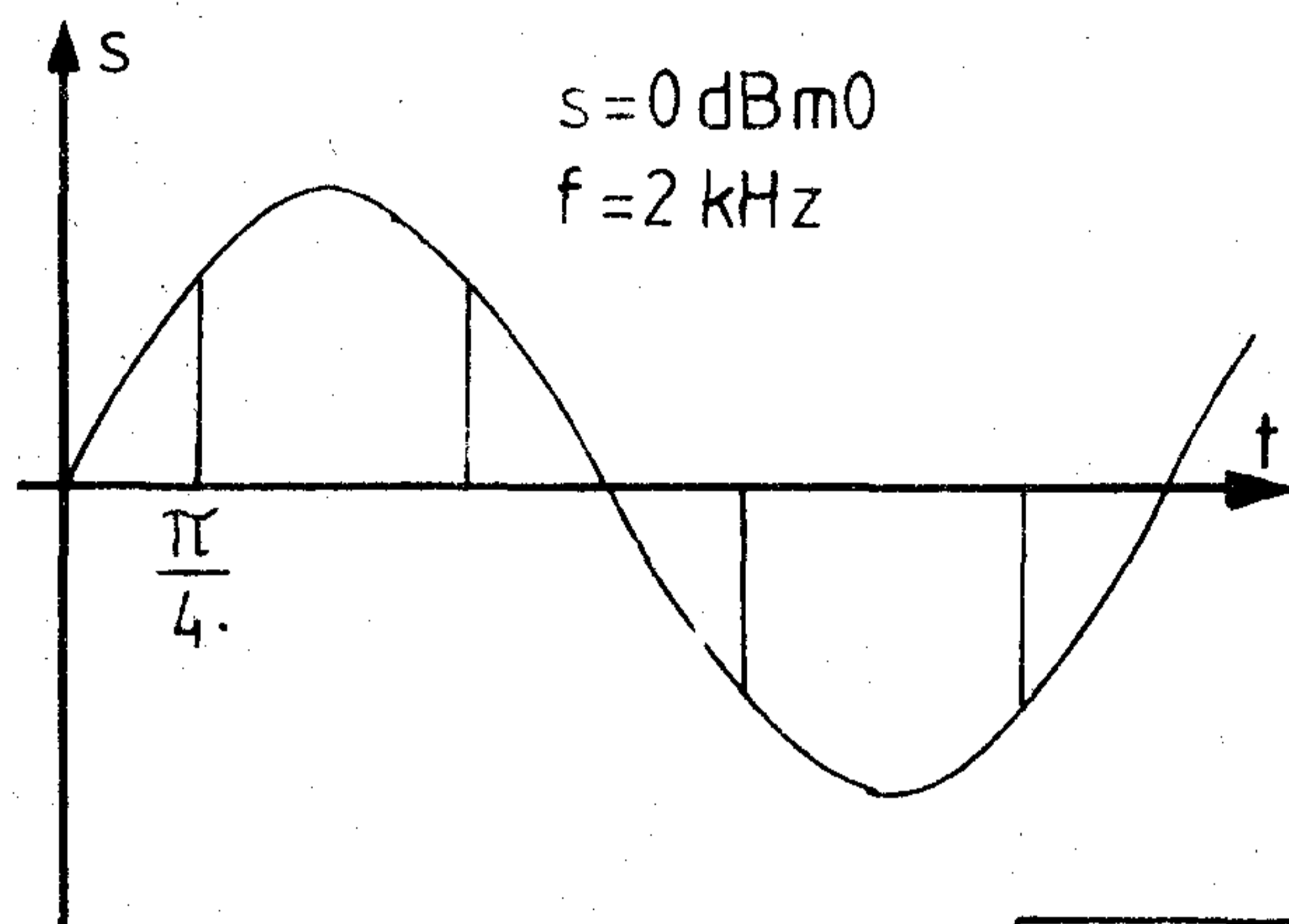


H356-5

5. ábra. Analizátor blokkvázlata



6. ábra. Hangfrekvenciás mérés



H356-7

7. ábra. Hangfrekvenciás mérés nem kívánatos határesetre nagy szintnél

A PCM szinkronizáció vizsgálatokor 250 μ sec-onként (szinkronjel, vagy páros IR-O B2 bit), a jelzésmultiplex vizsgálatokor 2 msec-onként kell a regisztert léptetni. A regiszter visszacsatolt, így a beállított kombináció periódikusan ismétlődik.

5. Az analizátor rövid ismertetése (5. ábra)

Dekódolás és a szinkronállapot beállítása után a vizsgálandó 2048 kbit/sec-os jel egy soros/párhuzamos átalakításon megy át. A kezelőszervekkel beállított csatornaszámnak (távírócsatorna vizsgálata esetén a mintavételezési frekvenciát is be kell állítani) megfelelő időben a vezérlő áramkör segítségével az adatok egy regiszterbe töltődnek. Ezek után megtörténik az adott csatornájel kiértékelése.

Példaképpen tekintsük át a hangfrekvenciás mérés elvét (6. ábra).

A vett jelsorból az általunk kiválasztott időrés 8 bitje a regiszterbe kerül. A számláló egy órajel hatására folyamatosan lépked. Ennek, valamint a regiszternek a jelei egy 8 bites összehasonlítóba

vannak vezetve. Az összehasonlítás eredménye a kiértékelőbe kerül. A regiszter jeleinek értéke egyenlő „a”, a számláló jeleinek értéke egyenlő „b”. Ha „a” nagyobb mint „b”, akkor a számláló továbblép. Ha „a” = „b”, akkor a kiértékelő leállítja a számlálót. Ekkor a számláló jele egy tárolóba kerül, mint cím. Ezen a címen egy decimális szám található, ami a kijelzőre kerül. A regiszter tartalma természetesen változik. Így újbóli összehasonlításra kerül sor. Ha ennek eredménye az hogy „a” nagyobb mint „b”, akkor a számláló újra indul. Ha „a” = „b”, akkor a számláló tovább várakozik. Ha „a” kisebb mint „b” és „t” ideig „a” nem lesz egyenlő „b”-vel, akkor a számláló újra indul. Ha egy adott „t” időn belül van „a” = „b”, akkor a számláló várakozik.

A maximum keresés leghosszabb ideje 125 μ sec. A „t” időtartam megállapításához azt kell figyelembe venni, hogy milyen időközönként érkeznek a maximális amplitúdó-mintáknak megfelelő kódok. Szélsőséges esetben ezek nem is alakulnak ki (pl. ha a mérendő jel frekvenciája az $f_m = f_{\text{mintavétel}}/4$ azaz 2 kHz és a fázishelyzet a hetedik ábrának megfelelő). Igen kis szintek esetében ez a helyzet lényegesen kedvezőbb, lásd a nyolcadik ábrát.

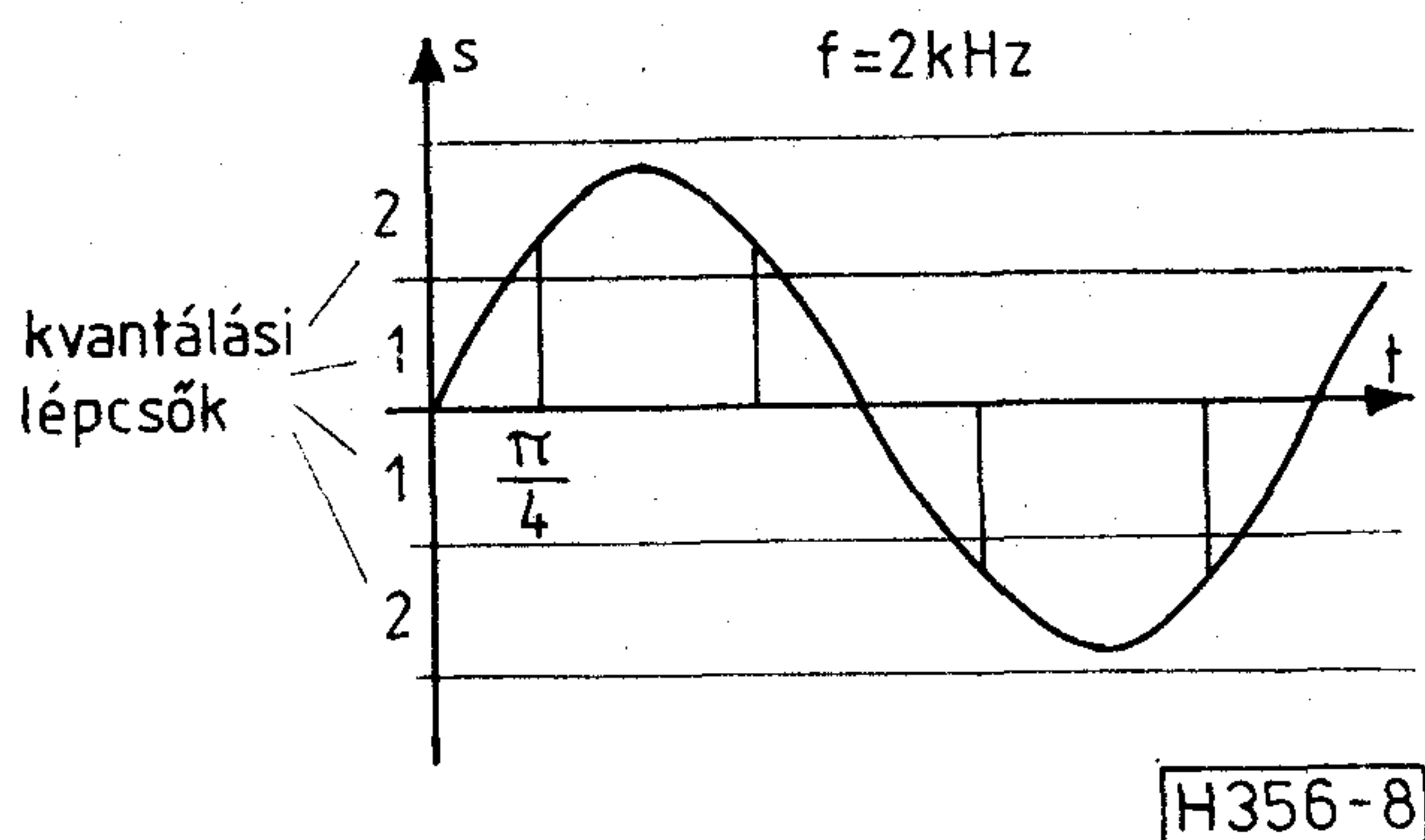
Ha méréskor a generátor frekvenciáját igen kis mértékben változtatjuk, akkor a fent említett szélsőséges esetben előforduló mérési hibát el lehet kerülni, ugyanis az $f_m = f_{\text{mintavétel}}/4$ frekvenciától való 1 Hz eltérés esetén is kb. 100 msec-onként alakulnak ki maximális amplitúdóhoz tartozó minták. A megépült műszernél ez a „t” idő kb. 100 msec, mely a gyakorlatban bevált.

Mivel a műszer 128 különböző szintet tud megkülönböztetni, ebből adódik, hogy pl. a 0 dBm körüli értékeknél 0,3 dB körül van a hiba maximális nagysága. Igen kis szinteknél, az első néhány kvantálási lépcső környezetében a hiba természetesen nagyobb.

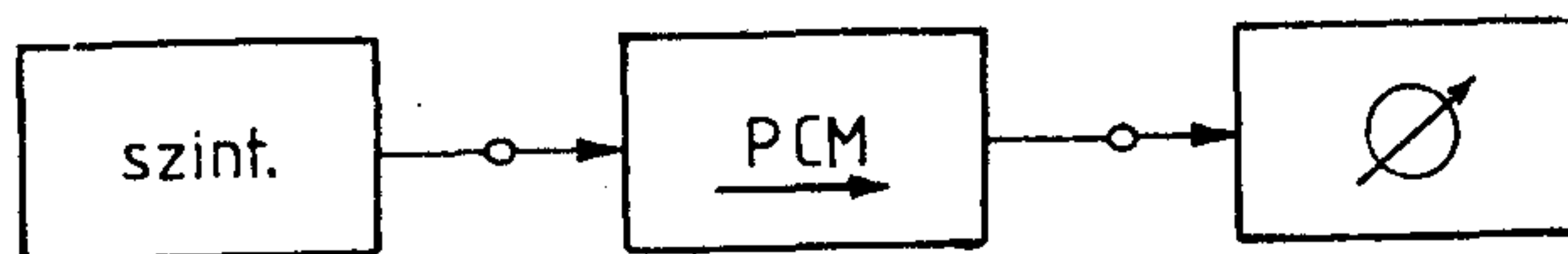
6. Távlati célok

Az eddig ismertett műszer konstrukciója olyan, hogy bizonyos igények esetében változtatás nélkül bizonyos igények esetében kis változtatással alkalmas ezeknek az újabb igényeknek a kielégítésére is. A szintetizátor pl. változtatás nélkül alkalmas 30 csatornás távírómultiplex csatornáinak vizsgálatára, kis változtatással alkalmassá lehet tenni a 2 kHz valamennyi kvantálási szintjének előállítására stb.

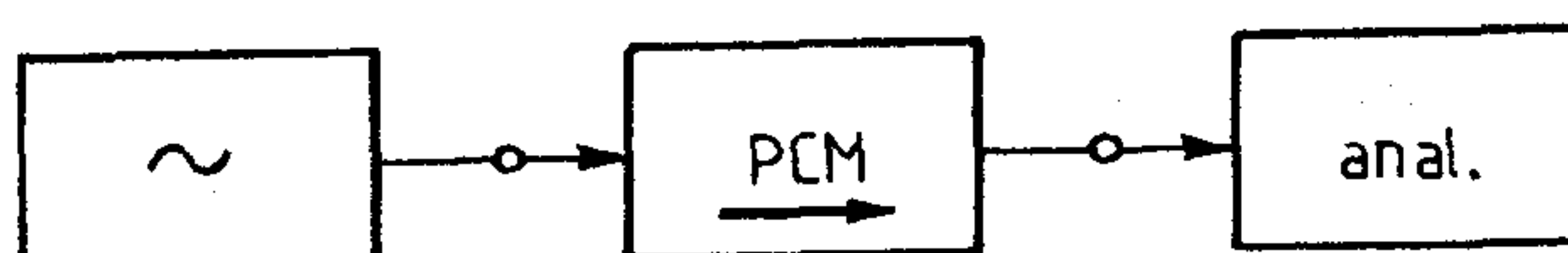
Az eddig megépült példány alapján érdeklődés tapasztalható a hazai és szocialista országok pia-



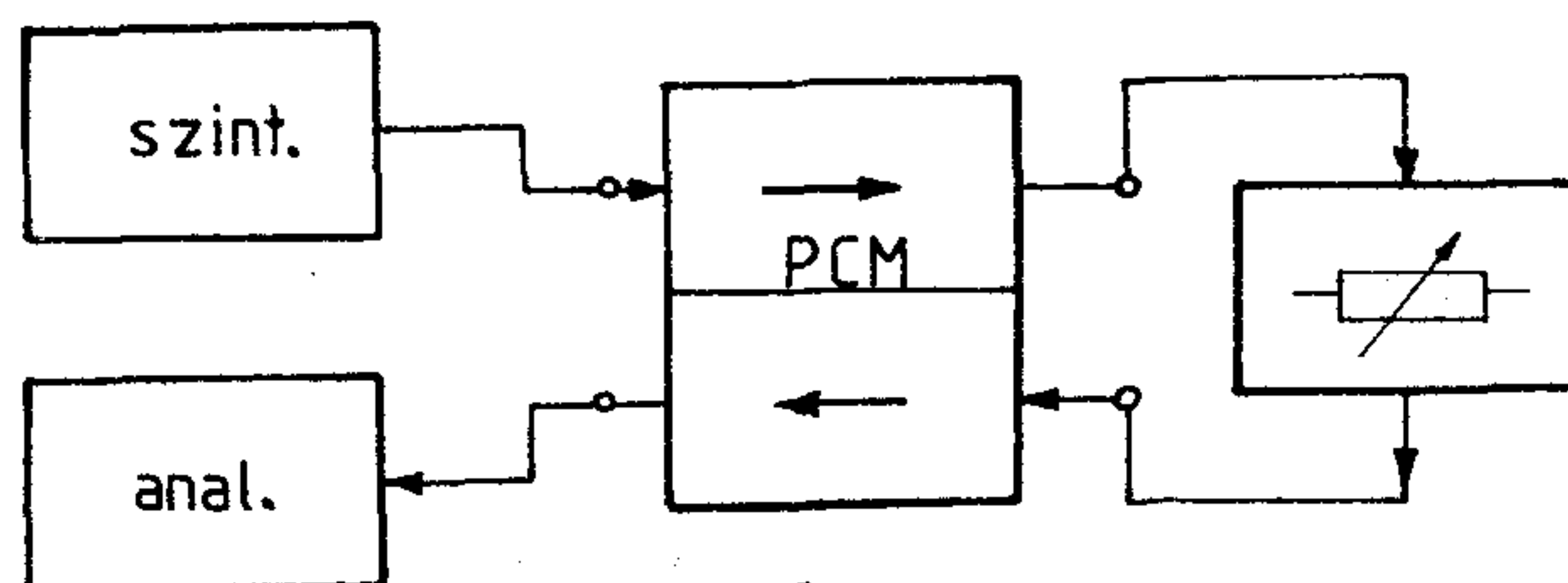
8. ábra. Hangfrekvenciás mérés határesete kis szintnél



a)



b)



c)

2048 kbit/s

alapsáv

H356-9

9. ábra. Felhasználási lehetőségek sematikus ábrázolása

cán. A fejlesztés nem tekinthető befejezettnek. A későbbiekben alapszolgáltatásnak tekintjük a 30 csatornás távírómultiplex vizsgálatának lehetőségét, és a D/A, ill. A/D átalakítók karakterisztikájának ellenőrzését is. Végezetül a műszer néhány felhasználási lehetőségét tüntettük fel a 9. ábrán.

RP 04/32-LC típusú digitális rádiórelé rendszer

GERGELY LÁSZLÓ

ORION Rádió és Villamossági Vállalat



ÖSSZEFOGLALÁS

A cikk az RP 04/32—LC típusú 400 MHz-es sávban üzemelő, 2 Mbit/s kapacitású digitális rádiórelé rendszert mutatja be. A rendszer rövid, általános ismertetése után az új fejlesztésű, kisméretű RF-berendezés részletes tárgyalása következik, kitérve a modulációs rendszerrel kapcsolatos tervezési megfontolásokra. A cikket egy RF-szakasz példaszámítása zárja.

Bevezetés

Az RP 04/32—LC típusú rádiórelé rendszer a 400 MHz-es frekvenciasávban 30 telefoncsatorna, valamint az üzemi csatornáktól független szolgálati csatorna, és a távellenőrző jelek átvitelére szolgál. A rádiófrekvenciás berendezéshez (DRF 04/2—LC) PCM-multiplex, jelzésillesztő és távíró multiplex csatlakozik. A rendszeren max. 3 távbeszélő csatorna helyén egyenként 30 távírócsatorna is átvihető a távírómultiplex segítségével. 16 távíró csatorna átvitelét — külön multiplex nélkül — a jelzésillesztő biztosítja (1. ábra).

A tervezésnél az egyik leglényegesebb szempont volt új kisméretű berendezés létrehozása. Az új RF-berendezés, a DRF 04/2—LC végállomási változata, a korábban gyártott változat 150 W-os teljesítmény igényével szemben 40 W teljesítményt fogyaszt. Ezt több korszerűsítéssel érték el:

- offszet-QPSK-moduláció,
- kisméretű CMOS IC-k használata,
- áramköri egyszerűsítések.

Ezekkel a megoldásokkal azt kívántuk elérni, hogy az ismétlőállomások — általában hálózat-hiányos helyeken — autonóm tápellátó rendszerekkel, természeti erőforrások felhasználásával, például naptelepekkel lehessen üzemeltetni. Jelentős méret- és súlycsökkenést értünk el áramköri egyszerűsítésekkel, valamint új fejlesztésű — réz alapanyag helyett — alumíniumból készült interdigitális szűrőkkel.

A rendszerben az RF-berendezés az úgynevezett DRF-keretben, a primer PCM-multiplex, a jelzésillesztő és a távíró multiplex közös hordkeretben vannak elhelyezve. A berendezések távellenőrzését szolgáló távellenőrző központ önálló dobozban foglal helyet. A rádiófrekvenciás kerethez csatlakozik a rendszerhez ajánlott négyelemes panel antenna.

Ipari zavarokkal különösen nagymértékben „fertőzött” szakaszokon nagynyereségű parabola antenna alkalmazása is indokolt lehet.

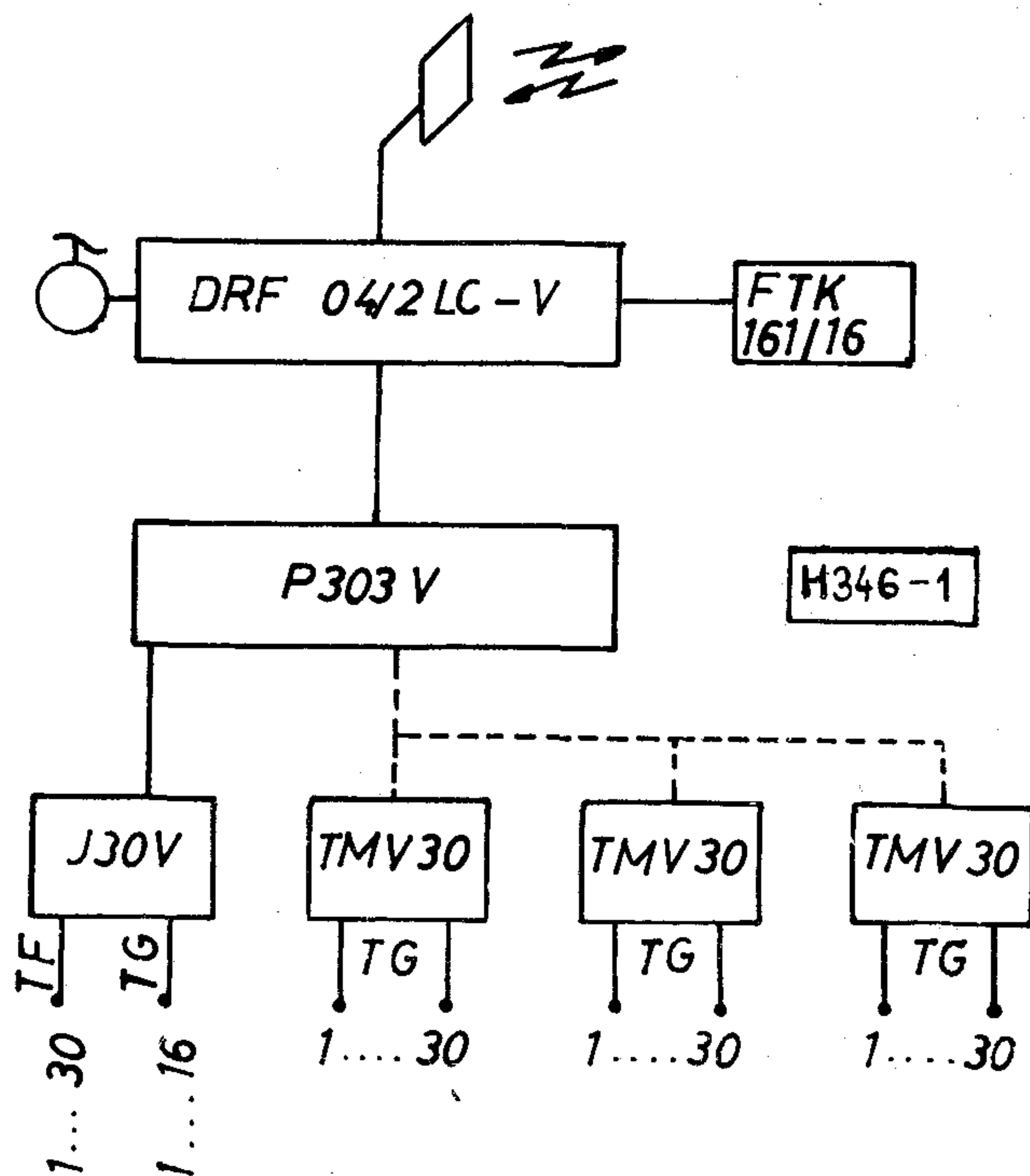
Beérkezett: 1987. VI. 3. (*)

Híradástechnika, XXXIX. évfolyam, 1988. 6. szám

GERGELY LÁSZLÓ

1984-ben végezte a győri Közlekedési és Távközlési Műszaki Főiskola vezeték nélküli távközléstechnikai szakát. Azóta az ORION

dolgozója. 1984-ben második díjat nyert a Híradástechnikai Tudományos Egyesület szakdolgozat pályázatán. Az ORION-ban jelenleg digitális rádiórelé berendezések rendszertechnikai kérdéseivel foglalkozik.



1. ábra. RP 04/32—LC rendszer blokkvázlata

A berendezések zárttéri felhasználásra készültek, 0—+50 °C hőmérsékleti tartományban, és maximum 95% relatív légnedvesség mellett üzemeltethetők. A berendezésekből kialakítható végállomás ismétlő, leágazó, és elágazó típusú állomás. Az ismétlőállomás alapváltozata regeneráló típusú, tehát a többszöri ismétlés sem okoz számottevő minőségromlást.

A tervezett berendezésválasztékban nem regeneráló ismétlőállomás is szerepel, amely főleg olyan helyekre ajánlott, ahol leágazási igény nincs, de elsőrendű szempont a kis teljesítményfelvétel (pl. napelemes táplálás).

A leágazó állomáson egy irányból maximum 14 távbeszélő csatorna ágaztatható le, amelyek helyére új információ illeszthető a digitális jelsorba. Az RP 04/32—LC-rendszer a multiplex berendezés-

től függetlenül a rádiófrekvenciás kerethez rendelt omnibusz típusú szolgálati csatornával rendelkezik. A szolgálati csatornán az állomások egymást szelektíven és köröztény jellegűen hívhatják. A szolgálati csatornán egyidejűleg egy beszélgetés folytatható.

Az RP 04/32—LC berendezés riasztási rendszere a szükséges paraméterek figyelésével folyamatosan kijelzi a berendezés hibátlan működését. Hiba esetén a rendszer:

- optikai jelzést ad,
 - kiadja a szükséges jeleket a távellenőrző rendszer számára,
 - AIS-jel kiadását vezérli a berendezés digitális csatlakozási pontjain a szükséges esetekben.
- A hibabehatárolás megkönnyítése érdekében a DRF berendezéshez, mérőegységen keresztül speciális, a gyártmány részét képező digitális kijelzésű műszer csatlakoztatható, amellyel szintet, feszültséget, üzm közben hibaarányt lehet mérni.

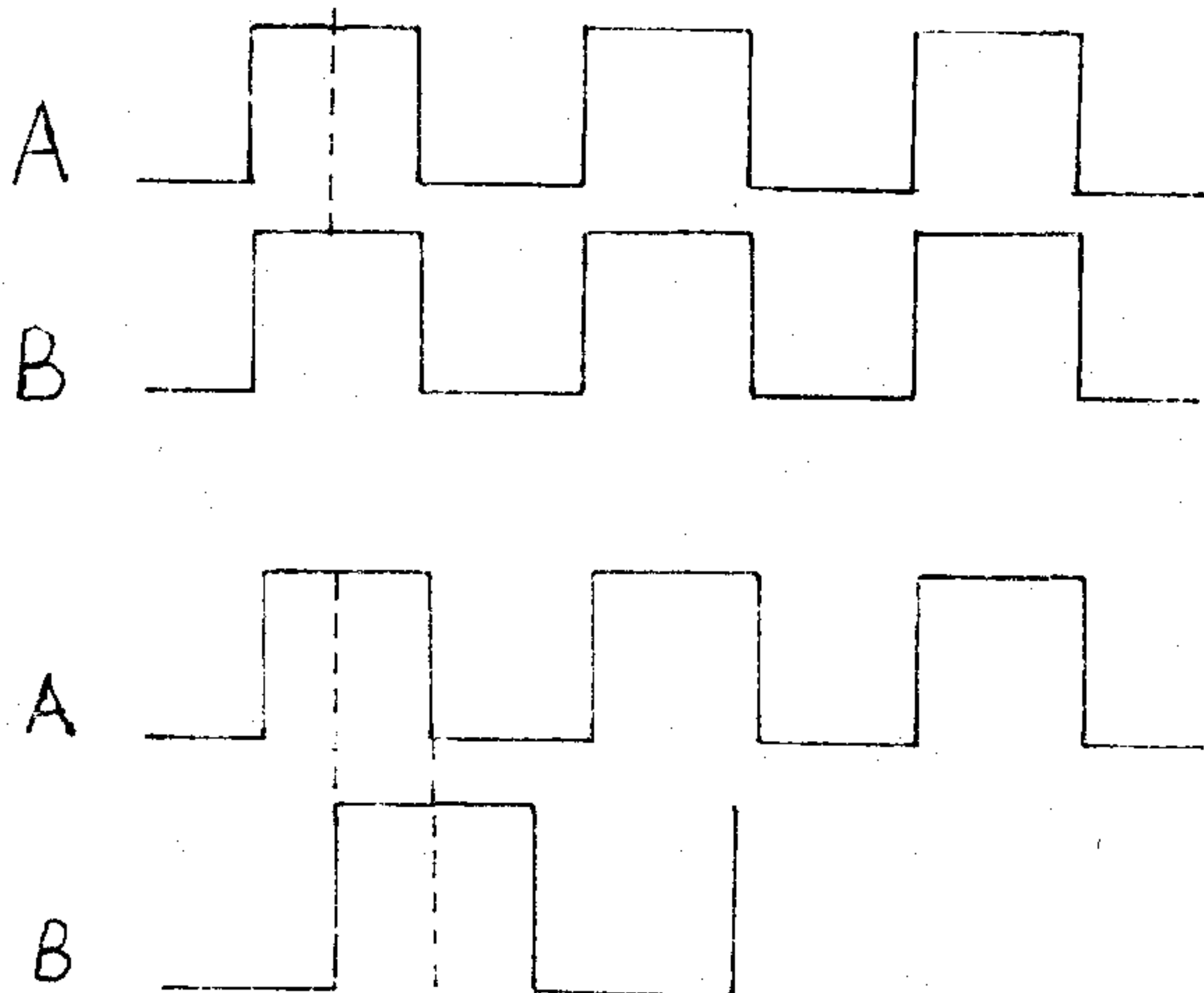
Az RP 04/32—LC rendszer keretei a szolgálati csatorna segítségével a felügyelő állomásról távellenőrizhetők. A felügyelő állomáson elhelyezett távellenőrző központ maximum 16 rádiófrekvenciás keret, és a hozzá tartozó multiplex keretek távellenőrzését tudja biztosítani. A távellenőrző központ kijelzősávjáról a meghibásodott állomás, és a meghibásodás jellege is megállapítható. A távellenőrző központ, a felügyelete alá tartozó rendszer bármelyik állomására elhelyezhető.

Az RP 04/32—LC rendszer berendezései — 20... — 72 V DC feszültségről működnek.

A rendszer általános ismertetése

RÁDIÓFREKVENCIÁS ADATOK

Frekvenciasáv	(MHz)	390—470
Elvi csatorna rászter	(kHz)	10
Összerendelt adó-vevő távolság	(MHz)	40
Vevő sávszélesség	(MHz)	1,5



H346-2

2. ábra. QPSK és O-QPSK moduláció vektorábrája

ANTENNA

Ajánlott típus	PR/722/200/5 (négyelemes panel)
Nyereség	min. 15 dB
Polarizáció	lineáris (V/H)

TÁPVONAL

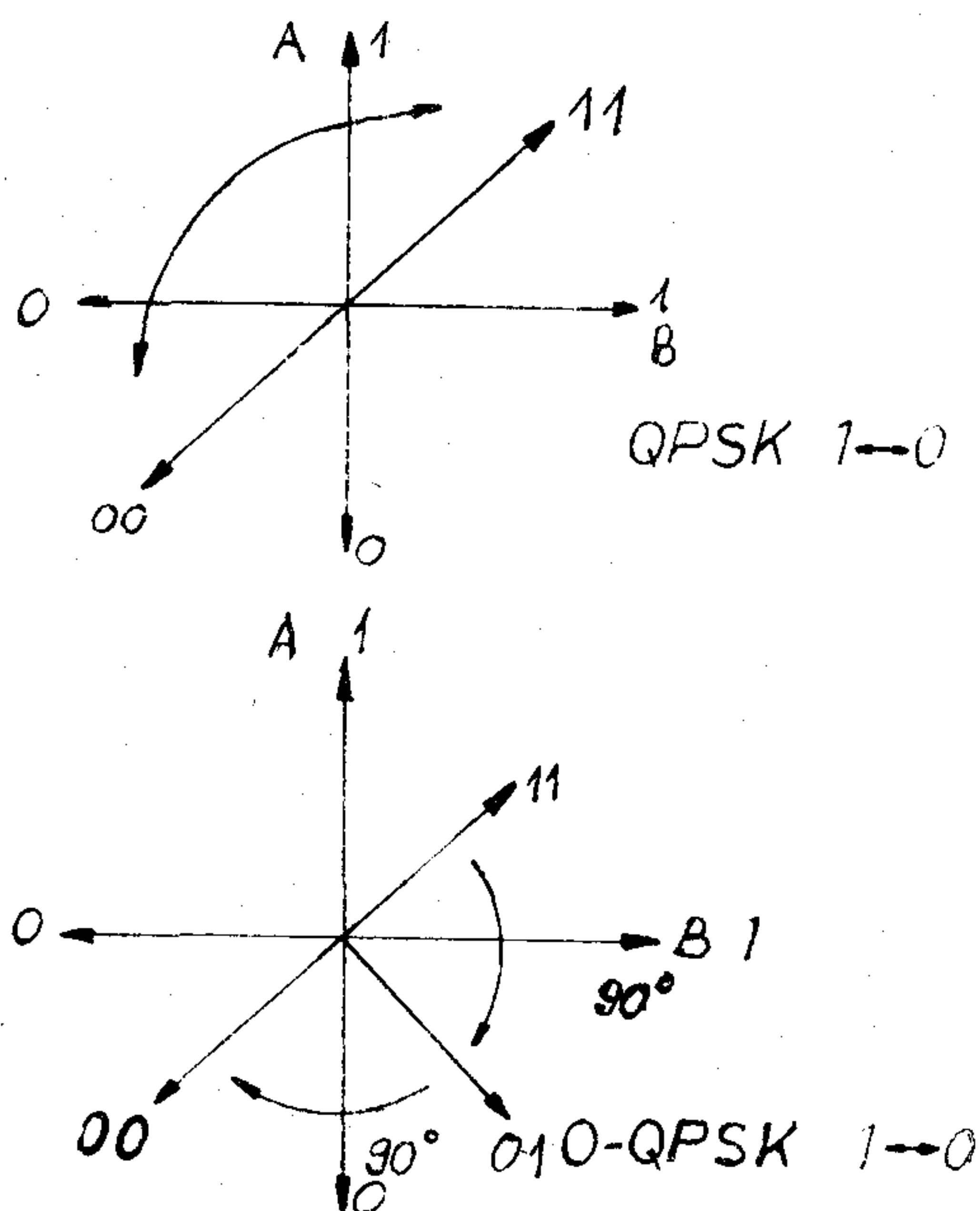
Típus	koaxiális
Impedancia	(ohm) 50
Veszteség	(dB/m) 0,05

RF BERENDEZÉS FŐBB ADATAI

Moduláció	offszet-QPSK
Adó teljesítmény	(W) 2,5 opcionálisan 7
Vevő zajtényező	(dB) 4
Lokálfrekvencia stabilitás	$2 \cdot 10^{-5}$
Vevő felépítése	kettős heterodin
Demoduláció	Koherens
Vevő küszöbszint (BER = 10^{-3})	(dBm) -91,5
Diplexer veszteség	(dB) 6
Tükörelnyomás	(dB) 100

SZOLGÁLATI CSATORNA

Moduláció	FM
Frekvenciasáv	(kHz) 0,3—4
Beszédsáv	(kHz) 0,3—2,7
Névleges bemenő szint	(dBm) 0/600 Ohm szimm
Névleges kimenő szint	(dBm) -7/600 Ohm szimm
Jel/zaj egy RF szakaszon	(dB) 45
Telefonkészülék csatlakozás	hathuzalos szelektív
Hívás	
Hívófrekvencia	(Hz) 3825
Jelátvitel modulációja	ASK
RF jel lökete névleges moduláló jel hatására	(kHz) ± 10



Távírócsatornák közepes frekvenciája	(Hz)	3360 és 3600
Moduláció		FSK
Frekvencialöklet	(Hz)	± 60
Jelsebesség	(Baud)	100

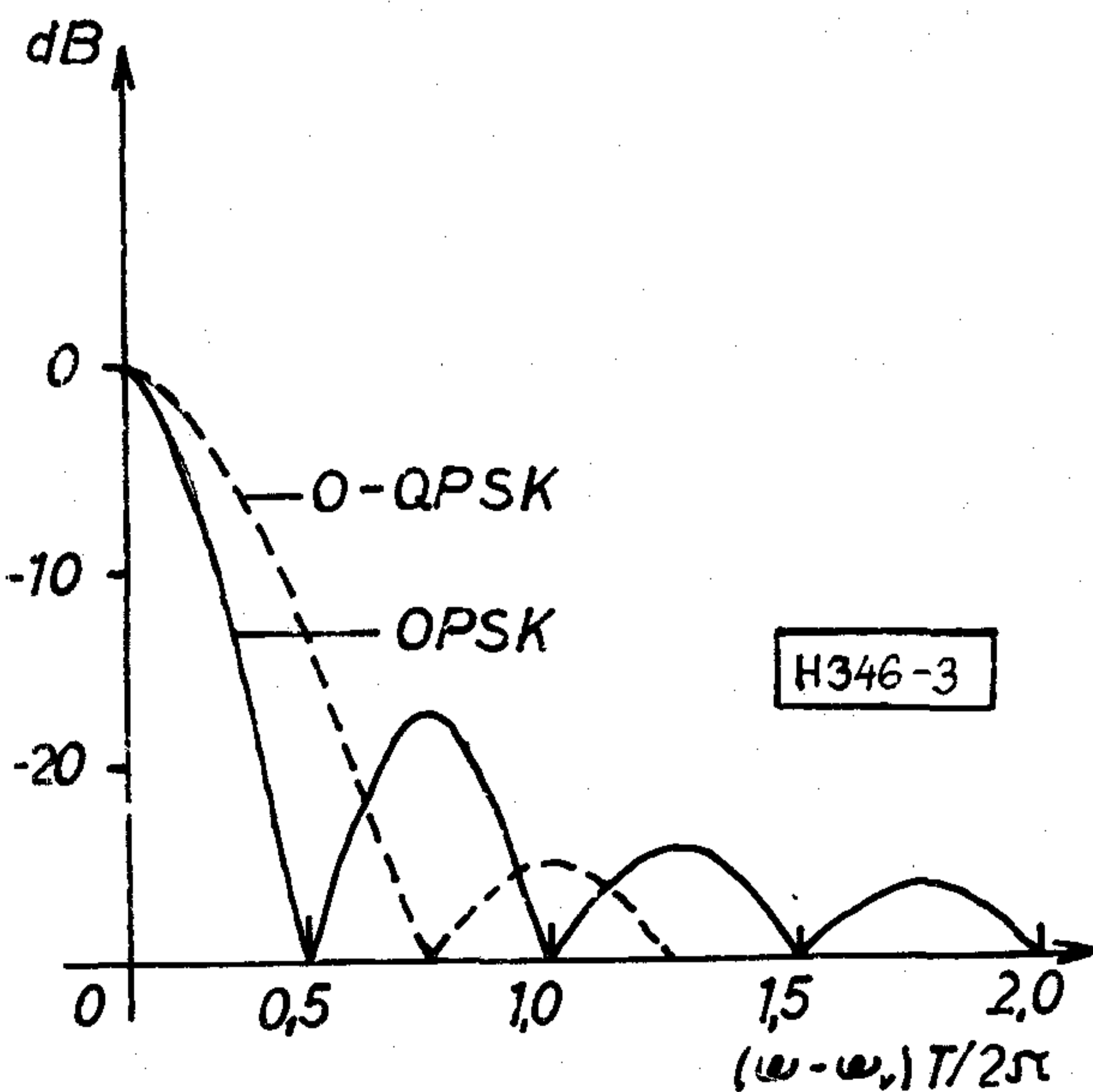
Az offszet-QPSK moduláció ismertetése

Az alkalmazott modulációs rendszerrel a moduláló jelsor két — az eredetihez képest — félssebességű, sávkorlátolt úgynevezett dibit jelsor. Ez a módszer felezi a kisugárzott spektrum szélességét. QPSK modulációúál, ha a két jelsor egyszerre vált 1-ből 0-ba, vagy fordítva, (180° -os váltás a vektorábrán) akkor a vivő pillanatnyi értéke 0 lesz, ami megfelel 100%-os AM-nak (2. ábra). Ez az üzembiztos demodulálás érdekében nagy linearitású RF erősítőket kíván, amely az áramköri bonyolultságot és a költségeket növeli.

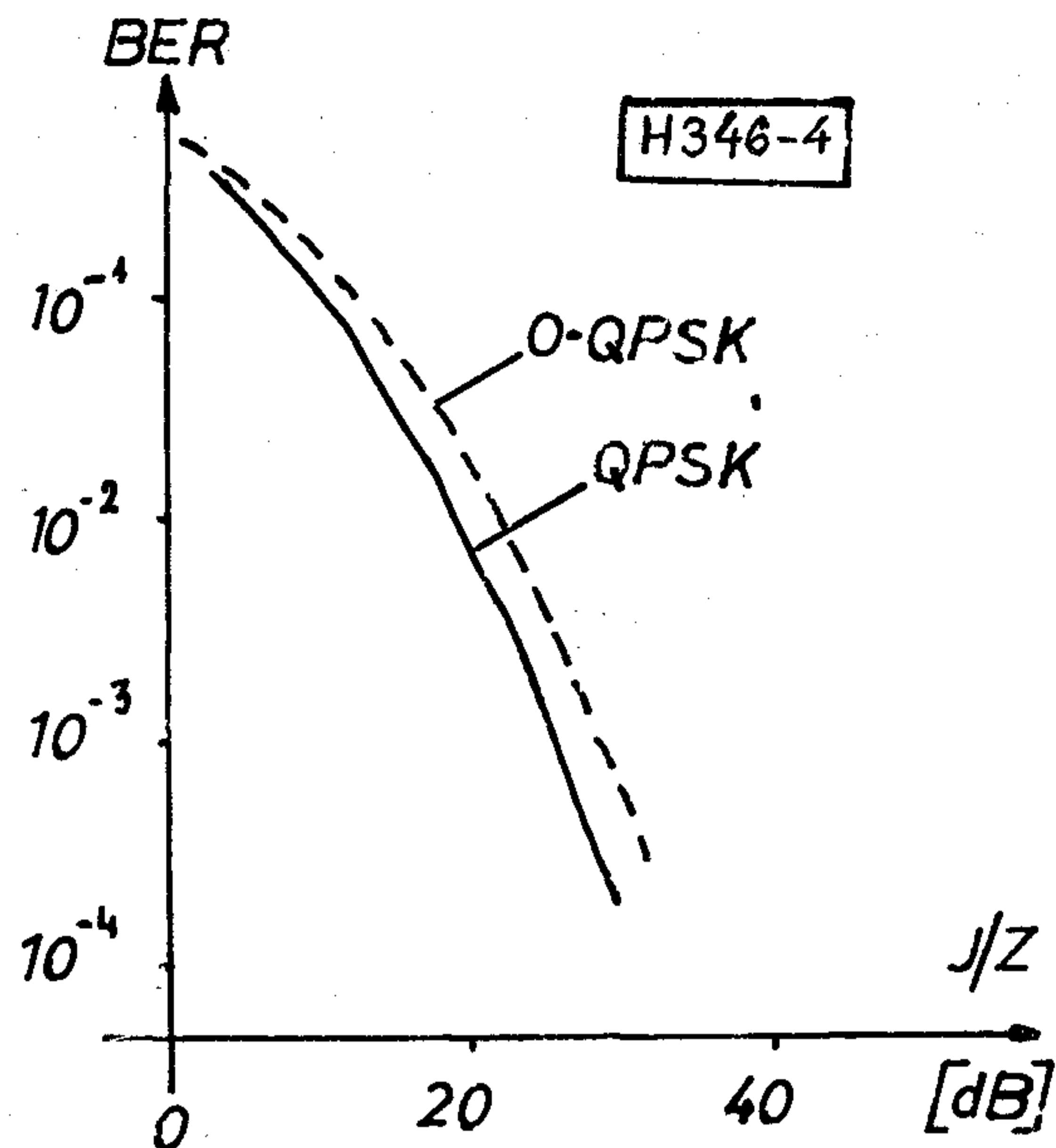
Ennek elkerülése és még néhány előnyös tulajdonsága miatt alkalmazzák — mint esetünkben is — az offszet-QPSK modulációt.

Az offszet-QPSK moduláció lényege, hogy a két dibit jelsort egymástól fél bitidővel eltoljuk. Ennek révén a 180° -os váltást két 90° -os lépésre bontottuk (2. ábra). Ezzel a változtatással 100%-os AM helyett csak 30%-os AM jön létre, ami nem igényel nagy linearitású RF erősítőket. Esetünkben C osztályú erősítő alkalmazható, ami a jó hatásfoka miatt a kis fogyasztás elérését is segíti.

Kimutatható, hogy az offszet-QPSK moduláció spektruma megegyezik a QPSK spektrumával, azonban szűrőn és az elkerülhetetlen nemlineáris elemeken átvezetve a jeleket a teljes spektrum kiszélesedés sokkal kisebb mértékű az O-QPSK-nál mint a QPSK-nál (3. ábra). Ez a tény az interferenciás zavarok szempontjából igen fontos. A kódoló és dekódoló egyszerűbb felépítésű lehet. Megjegyzendő, hogy offszet-QPSK moduláció esetében, azonos jel/zaj viszony esetén valamivel rosszabb bithibaarány, mint a QPSK-nál (4. ábra).



3. ábra. QPSK és O-QPSK modulált jel spektruma



4. ábra. QPSK és O-QPSK moduláció bithibaarány a jel/zaj függvényében

A rendszer differenciális kódolást is tartalmaz azért, hogy a vételoldalon a koherens demoduláláshoz szükséges referenciajel fázisát biztonsággal vissza lehessen állítani a vivőt egyébként nem tartalmazó modulált jeltől.

DRF 04/2—LC berendezés működési leírása

Adó

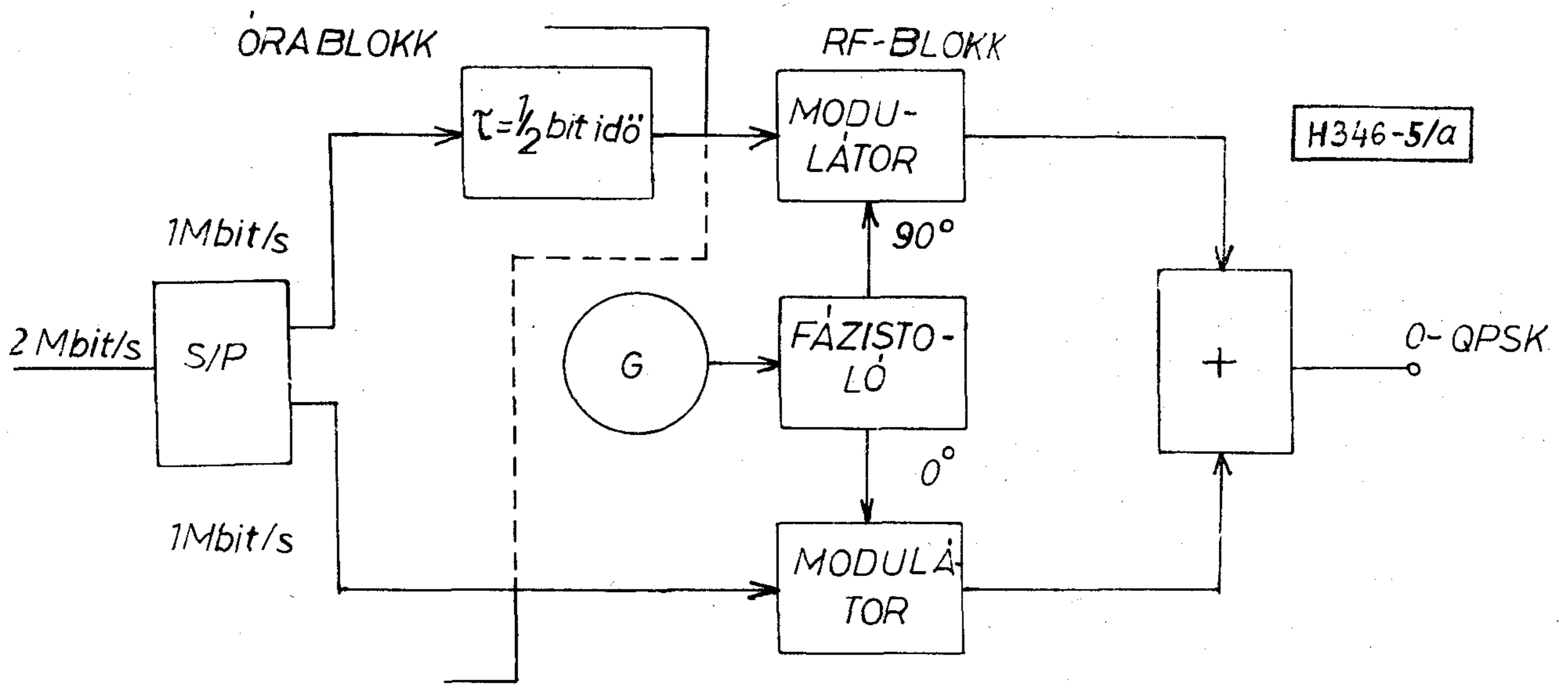
A primer multiplex berendezés és a DRF 04/32 — LC rádiófrekvenciás keret között a jel átvitele a CCITT G. 703. ajánlás szerint HDB-3 kódban történik, 75 Ohm-os aszimmetrikus érpáron.

A jelet a HDB-3 illesztő egység fogadja adás irányban. Az egység feladata a bejövő jelek illesztése, HDB-3 dekódolás, órajel kinyerése a jelsorból, valamint az AIS jelsor figyelése. AIS jel érkezésekor azt tovább küldi a kód-felismerő egység felé, ahol az szolgáltatáskimaradási riasztást hoz létre.

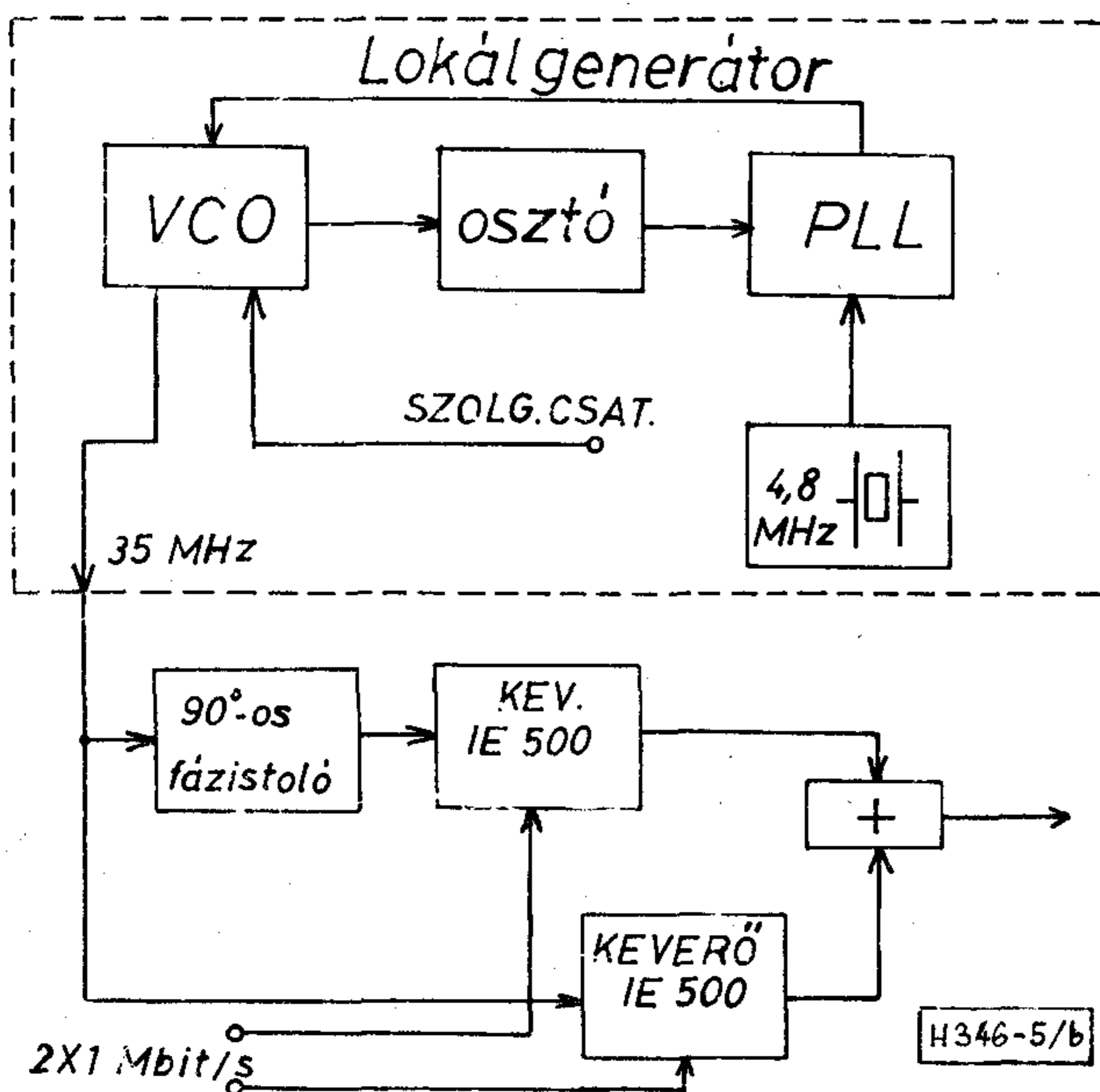
A HDB-3 dekódolóból adás irányban az óragenerátor egységbe jutnak a jelek, ahol az információ egy szkremblerre kerül.

A szkrembler feladata, hogy a jelsorozatot az információtól függetlenül átvételen jelfolyammá tegye, amiben az 1 és 0 előfordulási valószínűsége azonos. Ez azért fontos, mert így a kisugárzott spektrumban diszkrét spektrumvonalak — amelyek interferencia forrást jelentenek — nincsenek. Az áramkör 2^{15} —1-es periódusú átvételen jelsort hoz létre.

A szkrembler órajelét a HDB-3 dekódolóból érkező dzsitteres órajel. Ezután a jel egy dzsittertűrést növelő, négy bites rugalmas tárba kerül. A rugalmas tár alkalmazásának lényege, hogy a dzsitteres jelsor négy bitjét, a negyedére leosztott dzsitteres órajellel beolvassuk egy tárolóba, majd a regenerált, dzsittermentes órajellel negyedével átírjuk egy másik tárolóba, amiből már a dzsittermentes órajellel olvassuk ki. A négy bites rugalmas



5/a. ábra. O-QPSK moduláció elvi megvalósítása



5/b. ábra. O-QPSK modulátor felépítése

tár közel 4 UI dzsittertűrést tesz lehetővé. A rugalmas tár kimenetén már a dibit jelsor áll a rendelkezésünkre, azaz a páros és páratlan bitek két különálló fele sebességű jelsorban vannak. A dibit jelsort differenciális kódoló alakítja tovább. A kódoló kimenetén rendelkezésre áll az offszet-QPSK modulátor meghajtására alkalmas, egymástól fél bittel eltolt két dibit jelsor.

Az egység a bejövő órajelből dzsittermentes órajelet állít elő. A fázishelyes órajel előállításához PLL áramkör adja a vezérlőjelet a VCO számára. Az órablokkban levő figyelő egység az összeköttetés állapotát figyeli, és a távellenőrzés, valamint a kijelző egység számára állít elő meghajtójeleket. Az egységben egy tévesztésszámlálót találunk. Ez kétféle tévesztést számol:

— üzem közben folyamatosan figyelik a tévesztéseket;

— távellenőrzéskor (AIS jel vételekor) a pontos hibaarány megállapítását végzi.

Mindkét hibajel az óraregenerátor egységéből érkezik. A számláló kimenetén BCD kódban 1—7-es számjegy jelenik meg, amely számok a hibaarány nagyságrendjét mutatják. A figyelő dekódolja ezeket, és ha a hibaarány 10^{-3} alá csökken, akkor vételminőségi hibát jelez a távellenőrzés, a kijelző egység, és az óraregenerátor felé. Az egységben található kapuáramkörök a keret különböző egységeiről érkező hibajeleket összefogják és vezérlik a kijelző egység LED-jeit. Adásirányban a dibit jelsor az órablokkból az RF egységekbe kerül. A modulátor feladata az offszet QPSK moduláció végrehajtása 35 MHz-en (5a., 5b ábra).

A 35 MHz-es vivő stabilitását egy PLL áramkör biztosítja, amely egy 4,8 MHz-es kvarckristály és a VCO leosztott jelének összehasonlításával vezérli a VCO-t. A szolgálati csatorna jelével a 35 MHz-es vivőt moduláljuk.

A 35 MHz-es offszet-QPSK KF jel az adókeverőbe kerül. A vivőfrekvenciát szintézer állítja elő. A keretben beállítható frekvenciákat egy EP-rom tartalmazza. A frekvenciák beállítása 9 rövidzárral történik. A KF jel egy 35 MHz-es AGC-zett erősítő után kerül a tükörelnyomós, kiegyenlített keverőbe. A 400 MHz-es sávba transzponált információ 5—10 mW szinten jelenik meg az egység kimenetén.

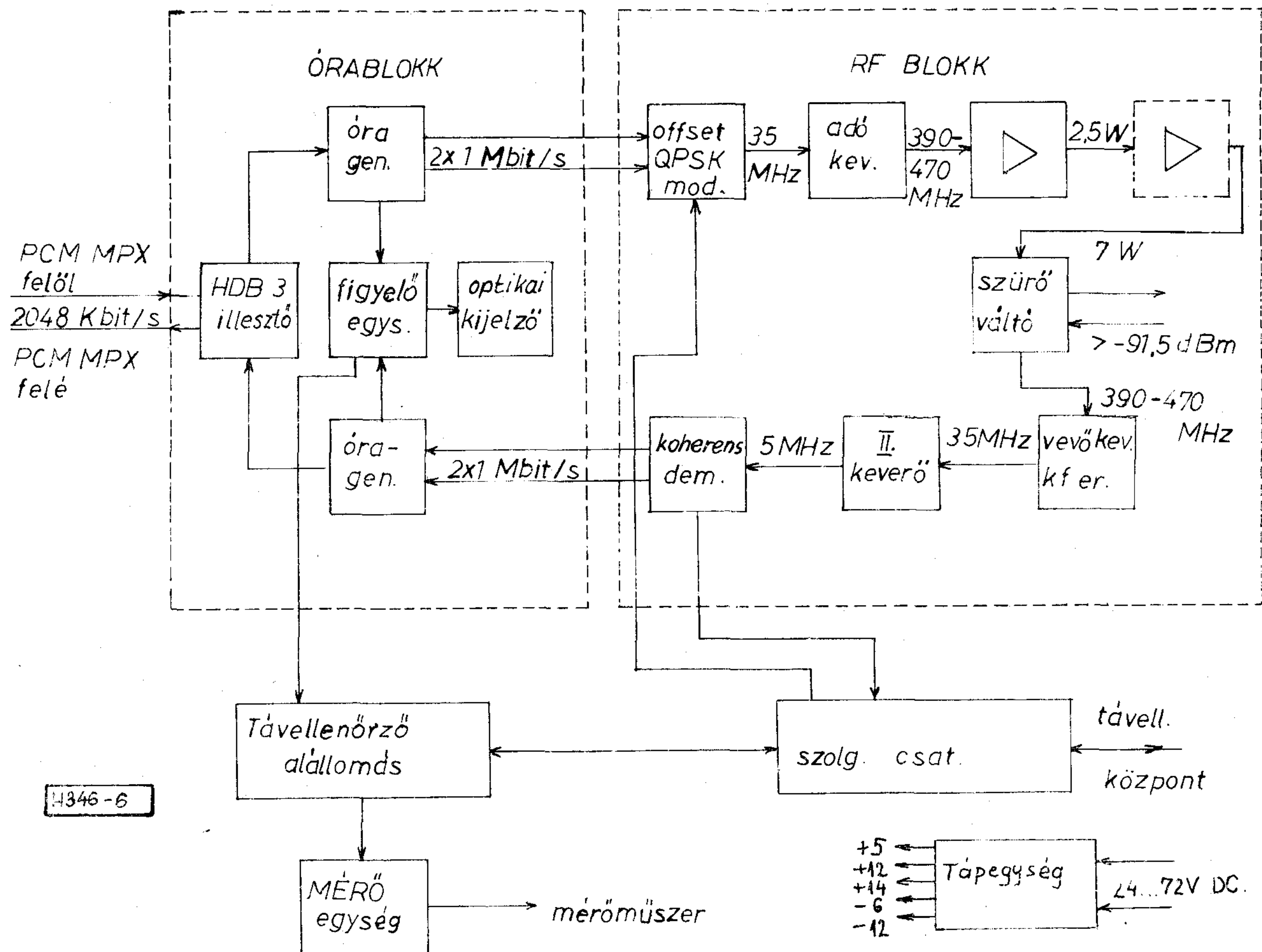
Az 5—10 mW-os jelből az adóerősítő 2,5 W-ot állít elő.

Opcióként egy 7 W-os kimenő teljesítményű egység is csatlakoztatható a berendezéshez.

A szűrőváltóról az antennakábelén jut az RF-jel az antennára.

Vevő

Az antennára érkező 400 MHz-es jel az antennakábel és a szűrőváltó után a vevőkeverő és első KF erősítő egységre jut. Ennek az egységnek a felépítése az adókeverőhöz hasonló. A vett jelet a



6. ábra. DRF 04/32-LC berendezés blokkvázlata

35 MHz-es I. KF-re keveri. A vivő előállítás a vevőoldalon is szintézises

A 35 MHz-es jelet a következő egység a második KF-re, 5 MHz-re keveri le. 5 MHz-en erősítés történik, majd a jel a koherens demodulátorba kerül, melynek a kimenetén a demodulált dibit jelsor jelenik meg. A dibitek az RF blokkból az órablokkba jutnak. A regenerátor és dekódoló egység a bejövő dzsitteres differenciálisan kódolt jelsorból előállítja az órajelet és az információs jelet. A jelsor a dekódoló után a deszkremblerre kerül, melynek a feladata az álvéletlen jelsorból az eredeti jel előállítás. A felépítése azonos a szkremblerével. A kimeneten rendelkezésre áll a visszanyert információ.

A regenerátor a tévesztések ellenőrzéséhez időzítő áramkörökkel kijelölt egy olyan „ablakot” az információs bitek közepén, ahol csak tévesztések esetén van átmenet, és ezeket az átmeneteket adja ki hibajelként. Ezeket a figyelő egység számolja, és így a tévesztésre jellemző adatot kap. Az órablokk kimenetén már a CCITT G. 703 ajánlásnak megfelelő HDB-3 kódolású 2048 Kbit/s-os jelsor van, amely a primer PCM-berendezésbe jut (6. ábra).

RF-szakasz számítási példa

ÁTIVELI KAPACITÁS	C	2048 Kbit/s
ADÓTELJESÍTMÉNY	P	3,94/8,45 dBW
PASSZÍV ELEMÉK CSILLAPÍTÁSA (ADÓ-VEVŐ)	L1	6 dB
TÁPVONALVESZTESÉG $l = 2 \times 50 \text{ m } a = 0,05 \text{ dB/m}$	L2	5 dB
ANTENNA NYERESÉG $f = 400 \text{ MHz } G = 15 \text{ dB}$	2G	30 dB
SZABADTÉRI CSILLAPÍTÁS $f = 400 \text{ MHz } d = 50 \text{ km}$	a1	118,4 dB
SZAKASZCSILLAPÍTÁS $a2 = L1 + L2 + a1 - 2G$	a2	99,4 dB
VÉTELI SZINT fading nélkül $P - a2$	S	-95,4/-91 dBW
VEVŐ ZAJSZINT $F = 4 \text{ dB } B = 1,5 \text{ MHz}$	N	-108 dBm
VEVŐ JEL/ZAJ IGÉNY $BER = 10^{-3}$	S/N	16,5 dB
VÉTELI KÜSZÖB $BER = 10^{-3}$	S min	-91,5 dBm
FADING TARTALÉK HATÁRSZAKASZ CSILL.	Af	26,1/30,55 dB 125,5/130 dB

BERUHÁZÁS HELYETT – KÖLCSÖNÖZZÖN MŰSZERT!

DEVIZA NÉLKÜL is hozzájuthat a legkorszerűbb precíziós műszerekhez!

MEGTÉRÜL A KÖLCSÖNDÍJ, mert:

A megfelelő időszakban rendelkezésre álló, MÉRÉSAUTOMATIZÁLÁSRA is alkalmas korszerű műszerek használatával időt, munkaerőt, adót, amortizációs költségeket, javítási-karbantartási költséget takarít meg.

NE FELEDJE: egy műszer haszna a mérésekből – nem pedig a tulajdonjogból ered!

NE SZAPORÍTSA KIHASZNÁLATLAN ÉSZKÖZEIT!

ÓRIÁSI VÁLASZTÉK: oszcilloszkópok, multiméterek, jelgenerátorok, analízátorok, mérésadatgyűjtők, regisztrálók, analitikai-környezetvédelmi műszerek, rendszervezérlők, stb., stb.

ÁLL AZ ÖN RENDELKEZÉSÉRE!

FOGYÓANYAG, TARTOZÉK pótlás, – ugyancsak forintért!

LIZING LEHETŐSÉG: egyes műszer, vagy számítógép típusokra!

SZAKTANÁCSADÁS · HÁZHOZSZÁLLÍTÁS · BEMUTATÁS!

KÉRJE INGYENES KÖLCSÖNMŰSZER-KATALÓGUSUNKAT!



FELVILÁGOSÍTÁS, ELŐJEGYZÉS, ÜGYINTÉZÉS: 810-903 vagy 66-23-66/176 telefonon.
MTA MŰSZERÜGYI ÉS MÉRÉSTECHNIKAI SZOLGÁLATA MŰSZERKÖLCSÖNZÉSI FŐOSZTÁLY
Budapest XI., Szakasits Á. út 59-61. I. em. 107. szoba.
H-1502 Budapest Pf. 58

Шнейдер, Н. Г.—Йунгханс, Б.:

Технологии и разработки материалов для микроэлектроники на основе кремния и полупроводниковых соединений типа III—V.

HÍRADÁSTECHNIKA (Хирадашттехника, Будапешт) 1988. № 6.

Обсуждаются проблемы дальнейшего повышения степени интеграции при помощи повышения плотности упаковки. Указываются методы уменьшения размеров приборов и снижения времени переключения. Такие сложные технологические разработки имеют последствия не только на разработку специального технологического оборудования, но, в частности, и на исследование, и на разработку материалов с целью производства все более совершенных базовых полупроводниковых материалов с оптимальными физическими, химическими и технологическими свойствами. В этой связи обсуждаются кремний как главный полупроводниковый материал для настоящей и будущей микроэлектроники, а также полупроводниковые соединения типа III—V GaAs и InP и их тройные и четвертичные смеси как между собой так и с алюминием.

Д-р Эрлаки, Д.:

Кремниевый восприниматель цвета

HÍRADÁSTECHNIKA (Хирадашттехника, Будапешт) 1988. № 6.

Восприниматель (сенсор) цвета вырабатывает сигнал, который пропорционален длине волны облучаемого цвета. Абсорбционная постоянная кремния сильно зависит от длины волны, поэтому может быть использован в качестве фильтра нижнего пропускания во воспринимателях цвета. Путем интеграции друг на друга двух диодов с общим эмиттером может быть изготовлен восприниматель цвета. Выходной сигнал воспринимателя цвета является кратным числом фото-напряжений двух диодов. Решение уравнения совместности дает фото-напряжение отдельных диодов. Результаты принципиальных расчетов показывают то, что свойство восприятия цвета дойного диода зависит от расстояния поверхности облученной середины эмиттера. Физические параметры, на которые с помощью технологии трудно влияют (срок службы носителей заряда, поверхностная скорость рекомбинации), незаметно влияют на средство. Технологически осуществляемые средства могут быть использованы в диапазоне волн длиной 450—1000 нм.

Д-р Эйзелт, Б.:

Образование сети телевизионной ретрансляции страны

HÍRADÁSTECHNIKA (Хирадашттехника, Будапешт) 1988. № 6.

Статья знакомит с оборудованием национальной сети телевизионной ретрансляции, а также с заботами и проблемами, возникающими в связи с постепенным расширением сети.

Бартха, А.:

Осуществление станции телевизионной ретрансляции

HÍRADÁSTECHNIKA (Хирадашттехника, Будапешт) 1988. № 6.

Автор знакомит с ходом создания национальной сети телевизионной ретрансляции и передачи. В рамках нескольких пятилетних планов обсуждает развитие сети, изменение технических средств и условий, достигнутые результаты. А также дает прогноз об ожидаемом направлении дальнейшего развития.

Ромвари, А.:

Техническое управление радио-телевизионного вещания венгерской администрации связи

HÍRADÁSTECHNIKA (Хирадашттехника, Будапешт) 1988. № 6.

Статья дает обзор о практических вопросах проектирования облучения телевизионными ретрансляторами-передатчиками. Знакомит с задачами, опережающими проектирование и показывает главные этапы проектирования.

Надь, К.:

Цифровой синтезатор и анализатор

HÍRADÁSTECHNIKA (Хирадашттехника, Будапешт) 1988. № 6.

Для пускающих в работу и работающих систем ИКМ важной задачей является быстрое проведение проверки каналов основной полосы и быстрое обнаружение места неисправности в случае возникновения отказа. Автор в данной статье излагает такое средство испытания.

Гергелй, Л.:

Цифровая радиорелейная система типа RP 04/32 LC

HÍRADÁSTECHNIKA (Хирадашттехника, Будапешт) 1988. № 6.

Статья излагает цифровую радиорелейную систему типа RP 04 32 LC мощностью 2 Мбит сек, работающую в полосе 400 МГц. После краевой общей информации о системе, следует детальное рассмотрение аппаратуры ВЧ новой разработки, с малым потреблением по току, обсуждая соображения связанные с проектированием систем модуляции. В заключении приводит пример расчета одного участка ВЧ.

Schneider, H. G.—Junghans, B.:

Technologischen Entwicklungstendenzen und Materialentwicklungen der Si- und III—V-Mikroelektronik

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) 1988. Nr. 6.

Probleme der weiteren Integrationsgraderhöhung durch Steigerung der Packungsdichte werden diskutiert. Methoden zur Verringerung der Beuelementabmessungen und zur Verkürzung der Schaltzeiten werden aufgezeigt. Derart komplizierte technologische Entwicklungen haben neben der Ausrüstungsentwicklung auch Konsequenzen auf die werkstoffwissenschaftliche Forschung und Entwicklung, um immer vollkommeneren Basismaterialien mit optimalen physikalischen, chemischen und technologischen Eigenschaften herstellen zu können. In diesem Zusammenhang werden der auch künftig wichtigste Halbleiterwerkstoff Silizium und die III—V-Verbindungshalbleiter GaAs- und InP sowie deren entsprechende ternäre und quarternäre Mischkristalle (gemischt miteinander und mit Al) behandelt.

Dr. Erlaki, Gy.:

Silizium-Farbenfühler

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) 1988. Nr. 6.

Der Farbensensor erzeugt ein Signal, welches mit der Wellenlänge des Beleuchtungslichtes proportional ist. Die Absorptionskonstante des Siliziums ist sehr abhängig von der Wellenlänge und deshalb kann das Silizium im Farbensensor als Tiefpassfilter verwendet werden. Durch die Aufeinanderintegration von zwei Dioden mit gemeinsamen Emitter, kann man einen Farbensensor herstellen. Das Ausgangssignal des Farbensensor ist der Quotient des Fotostromes der zwei Dioden. Die Lösung der Kontinuitätsgleichung ergibt den Fotostrom der einzelnen Dioden. Die theoretischen Berechnungen zeigen, dass die Eigenschaften der Farbenführung der Doppeldioden, von der Entfernung der Emittermitte zu der beleuchteten Fläche abhängig sind. Die technologisch sehr schwer kontrollierbaren physischen Parameter (Lebensdauer des Minoritätsträgers, Geschwindigkeit der Flächenrekombination) können das Gerät kaum beeinflussen. Die technologisch realisierbaren Geräte können im Wellenbereich von 450—1000 nm gebraucht werden.

DR. Eiselt, B.:

Ausbildung eines Landesnetzes von Fernseh-Umsetzern in Ungarn

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) 1988. Nr. 6.

Der Artikel macht die Ausbildung des ungarischen einheimischen Landesnetzes von Fernseh-Umsetzern bekannt und gibt einen Überblick in die Sorgen und Probleme, welche bei dem sukzessiven Ausbau dieses Netzes entstanden sind.

Bartha, A.:

Verwirklichung der Ferneseh-Umsetzerstationen

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) 1988. Nr. 6.

Der Verfasser des Artikels berichtet über den Verlauf der Ausformung des Sendernetzes von Fernseh-Umsetzern. Es werden im Rahmen des Fünfjahrplansystems die Entwicklung des Netzes geprüft, sowie die Veränderung der technischen Mittel und Bedingungen und auch die erreichten Ergebnisse untersucht. Zuletzt wird die zu erwartende Richtlinie der weiteren Entwicklung vorausgezeigt.

Frau Rombári, A.:

Praktische Fragen der Planung von Fernseh-Umsetzern

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) 1988. Nr. 6.

Der Artikel gestattet einen kurzen Überblick auf die praktischen Fragen hinsichtlich der Planung der Strahlungsprobleme von Fernseh-Umsetzern. Der Verfasser des Artikels erörtert die Aufgaben unmittelbar von der konkreten Planung und zeigt uns die Hauptmomente der Planungsarbeit vor.

Nagy, K.:

Digital-Synthesitor und Analysator

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) 1988. Nr. 6.

Bei den in Betrieb zu setzenden, bzw. schon funktionierenden PCM-Systemen, ist es eine sehr wichtige Aufgabe, die Grundbandkanäle schnell zu kontrollieren und im Falle eines Fehlers die Fehlerstelle so schnell, wie möglich aufzuklären. Der Verfasser dieses Artikels macht uns mit so einem Prüfgerät bekannt.

Gergely, L.:

Digital-Funkrelaisystem Typ RP 04/32

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) 1988. Nr. 6.

Dieser Artikel zeigt uns das Funkrelaisystem Typ 04/32 vor, welches mit einer Kapazität von 2 Mbit, im 400 MHz-Band funktioniert. Nach einem sehr kurzen allgemeinen Bericht, erfolgt eine ausführliche Behandlung der neu entwickelten Funkfrequenzanlage, mit Bemerkungen hinsichtlich der Überlegungen mit Bezugnahme auf die Planungsvorstellungen der Modulationssysteme. Der Artikel wird mit einer Beispielskalkulation über eine Funkfrequenzstrecke abgeschlossen.

* * *

Schneider, H. G.—Junghans, B.:

Technological trends and material development in the field of the silicon and III—V-compound semiconductor microelectronics

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) 1988. No. 6.

Problems of the further enlargement of the integration degree by increasing the packing density are discussed. Methods of scaling-down the device size and reducing the switching time are shown. Such complicated technological developments have consequences, beside the equipment development, esp. relative to materials scientific research and development in order to produce more and more perfect basis semiconductor materials with optimum physical, chemical and technological properties. In this respect Si, the main semiconductor material for the recent and further microelectronics, and the III—V semiconducting compounds GaAs and InP as well as their ternary and quaternary solid solutions one with another and with Al are treated.

Dr. Erlaki, Gy.:

Silicon Colour Sensing Device

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) 1988. No. 6.

Colour Sensing Device produces a signal proportional with the wavelength of the illuminating light.

length of the illuminating light. Absorbance of silicon highly depends on the wavelength, so it can be used as low-pass filter in the colour sensing devices. Colour sensing device can be produced by the superpose integration on one another of two common emitter diodes. Output signal the colour sensing device is the quotient of the photo-current of the two diodes. Solution of the continuity equation produces the photo-current of the individual diodes. Theoretical calculations show that the colour sensing character of the double-diode depends on the distance of the emitter centre from the illuminated surface. Physical parameters to be hardly controlled technologically (lifetime of minority carrier, speed of the surface recombination) hardly influence the device. Devices to be realized technologically can be used in wavelength area of 450—1000 nm.

Dr. Eiselt, B.:

Development of the RV Relay System in Hungary

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) 1988. No. 6.

The article introduces the development of the TV relay system in Hungary, describes the troubles and problems arising from the successive building up of the network.

Bartha, A.:

Realization of TV Relay Station

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) 1988. No. 6.

The author describes the process of the building up to the TV relay system in Hungary. The development of the system the changes in the technical devices and in the technical conditions as well as the achieved results are examined within the scope of Five Year Plans. Finally the expectable tendency of the further development is projected.

Mrs. Romvári, A.:

Practical Aspects of TV Relay Station Design

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) 1988. No. 6.

The paper outlines the practical aspects of the radiation planning of the TV relay transmitters. It describes the tasks preceding the concrete design and introduces the main phases of the designing.

Nagy, K.:

Digital synthesizer and analyzer

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) 1988. No. 6.

In the case of PCM systems operating or to be put into service is an important task the fast check of the baseband channels and the easy troubleshooting. The article presents a measuring device developed to perform this task.

Gergely, L.:

RP 04/32 LC type digital radio relay system

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) 1988. No. 6.

The paper presents the RP 04/32 LC type digital radio relay system with a capacity of 2 Mbit/s operating in the 400 MHz frequency band. The short, general overview of the system is followed by the detailed discussion of the recently developed RF equipment of low consumption, also touching upon the planning considerations concerning the modulation system. The paper is finished by a calculation example of an RF section.

HÍRADÁSTECHNIKA

A szerkesztésért felelős: Dr. Tófalvi Gyula. Szerkesztőség címe: Budapest V., Kossuth Lajos tér 6—8. 1055. Telefon: 531-027. Kiadja: a DELTA Szaklapkiadó és Műszaki Szolgáltató leányvállalat, Budapest, Közraktár u. 4., 1093. Telefon: 175-200. Felelős kiadó: Budai Ferenc főigazgató. Terjeszti a Magyar Posta. Előfizethető bármely postahivatalnál, a kézbesítőknél, a Posta hírlapüzleteiben és a Hírlapelőfizetési és Lapellátási Irodánál (HELIR, Budapest, József nádor tér 1. 1900) közvetlenül vagy postautalványon, valamint átutalással a HELIR 215—96 162 pénzforgalmi jelzőszámra. Előfizetési díj: fél évre 180,— Ft, egész évre 360,— Ft. Egyes szám ára 30,— Ft. Megjelenik havonta. A folyóirat külföldre előfizethető: a „KULTÚRA” Külkereskedelmi Vállalat, H-1389 Budapest, Postafiók 149. és a Magyar Média, 1392 Budapest, Pf. 279. 86-253. Révai Nyomda Egri Gyáregység, Felelős vezető: Horváth Józsefné dr. 88 935

HU ISSN 0018—2028

Index: 25 375