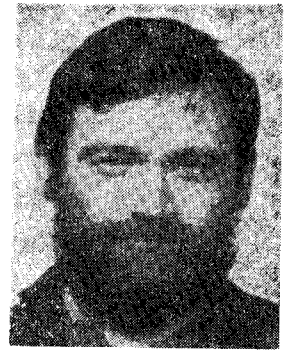


GaAs alapú Schottky varaktorok mikrohullámú frekvenciahangolásra

HORVÁTH ZSOLT*, DR. GYURÓ IMRE*, NÉMETH TIBORNÉ*, SZENTPÁLI BÉLA*, KAZI KÁROLY*, FOGT ÁKOS*, DOBOS LÁSZLÓ*, KOLUMBÁN GÉZÁNÉ**, TÜTTŐ PÉTER*

*MTA Műszaki Fizikai Kutató Intézete

**Távközlési Kutató Intézet



ÖSSZEFOGLALÁS

A megvalósított hangoló varaktor fejlesztés fő lépései az epitaxiális aktív réteg optimalizálásának kidolgozása, a megfelelő eszközkonstrukció kiválasztása, a tokozás optimalizálása és az epitaxiális technika fejlesztése volt. A hangoló varaktorok mért mikrohullámú soros induktivitás értékei a 0,7–0,9 nH tartományba estek, míg a soros ellenállás értéke típusától és az előfeszültségtől függően 0,6–4,4 ohm között volt. A felforrasztási ellenállás kisebb, mint 0,1 ohm. Az eredmények azt mutatják, hogy a soros ellenállás erősen befolyásolja a mikrohullámú oszcillátorok kimenő teljesítményét.

1. Bevezetés

Mint már hírt adtunk róla, az MTA Műszaki Fizikai Kutató Intézetében különböző típusú mikrohullámú GaAs alapú hangoló varaktorok kerültek kifejlesztésre [1, 2, 3, 4]. Jelen dolgozat röviden összefoglalja a fejlesztés fő lépéseit és eredményeit, elemzi a soros ellenállás mérési lehetőségeit és a mikrohullámú impedanciamérésekkel kapcsolatos problémákat, módszert javasol a felforrasztás minősítésére, ismerteti a Távközlési Kutató Intézetben megvalósított mikrohullámú impedanciamérést és a kapott jellemző soros ellenállás és induktivitás értékeket, valamint kísérleti eredményekkel szemlélteti a soros ellenállás hatását a mikrohullámú kimenő teljesítményre.

2. Hangoló varaktor fejlesztés

Az MTA Műszaki Fizikai Kutató Intézetében megvalósult hangoló varaktor fejlesztés a korábban kidolgozott GaAs—CrAu Schottky keverő- és detektordióda technológián alapult [5].

A fejlesztés a fizikai alapok tisztázásával, az eszköz működésének elemzésével kezdődött [2, 3, 6]. Világossá vált, hogy ugyanaz a konkrét C—V karakterisztika különböző vastagságú és adalékolt-ságú aktív epitaxiális rétegek segítségével is megvalósítható. Ez lehetővé tette az aktív réteg veszteségi soros ellenállásának minimalizálását az aktív réteg optimális vastagságának és adalékolásának kiválasztásával.

A varaktor soros ellenállása, mely a ki nem irtett aktív réteg, a hordozó és a tokozás ellenállásából tevődik össze, felelős az eszközön kiváló mikrohullámú veszteségért, és így módon meghatározza a varaktor jósaági tényezőjét (Q) és levágási frekvenciáját. Így a soros ellenállás csökkentése a varaktorfejlesztés legfontosabb iránya.

Beérkezett: 1986. VI. 12. (H)

HORVÁTH ZSOLT a Kézei Műszaki Egyetemen szerzett villamosmérnöki oklevelet 1973-ban. Azóta az MTA Műszaki Fizikai Kutató Intézetben dolgozik. 1983-ig szilícium alapú rétegszerke-

tek kutatásával ill. az ezeken felépülő eszközök fejlesztésével foglalkozott. 1983. óta a GaAs alapú kutatásban és a mikrohullámú eszközök fejlesztésében vesz részt.

Az is világossá vált az elemzés során, hogy az aktív réteg soros ellenállásának csökkentését a GaAs letörési térerősség értéke korlátozza, vagyis a soros ellenállás további csökkentésének egyik lehetősége a GaAs letörési térerősségének növelése.

Mivel az aktív réteg fenti optimalizálása szükségessé teszi a GaAs—CrAu kontaktuspotenciálkülönbség és a GaAs letörési térerősség ismeretét, a fejlesztés következő lépése ezen értékek kísérleti meghatározása volt az adalékkoncentráció függvényében [2, 3, 7, 8]. A keverő- és detektordióda technológiában alkalmazott planár szerkezetek (1a. ábra) esetében azonban a kapott letörési térerősség értékek az élhatás miatt jóval alacsonyabbak voltak az elméleti értékeknél. Az élek elektromos erőter torzító hatása vagy diffúziós védőgyűrű vagy mezamarás segítségével küszöbölhető ki (1b. és c. ábra). Mi a mezatechnológiát választottuk, és azt találtuk, hogy így módon az aktív réteg soros ellenállása a letörési térerősség növekedése következtében harmadára-negyedére csökkenthető [2, 3].

Mint láttuk, a soros ellenállás egyik összetevője a hordozó ellenállása. Mivel a szkinhatás következtében a mikrohullámú áram az eszköz felületén



DR. GYURÓ IMRE

Egyetemi tanulmányait a Budapesti Műszaki Egyetem Villamosmérnöki Karán folytatta az Elektronikai Technológia Szakon. 1978-ban végzett, diplomamunka témája a GaAs gőzfázisú epitaxiális nö-

vesztése volt. Egyetem után az MTA Műszaki Fizikai Kutató Intézetében kezdett dolgozni. Tevékenységi köre szintén a GaAs gőzfázisú epitaxiális növesztése (Gunn-Schottky-diódák kissorozatú gyártására szolgáló rétegszerkezetek növesztése, technológia fejlesztése, új eszközök (MESFET, varaktor) rétegszerkezetek kidolgozása). Részt vett a szovjet—magyar közös űrrepülés során (1970. máj. 26—jún. 3.) végrehajtott Eötvös-program kidolgozásában, megvalósításában. Tagja volt a repülésirányító központba kiküldött magyar szakértői delegációnak. 1986-ban a BMÉ-n egyetemi doktori fokozatot szerzett.



NÉMETH TIBORNÉ

1958-ban szerzett vegyész-diplomát a debreceni Kossuth Lajos Tudományegyetemen. Működését az MTA Műszaki Fizikai Kutató Intézet félvezető csoportjánál kezdte. Részt vett a GaAs alapú tranzisztorok tech-



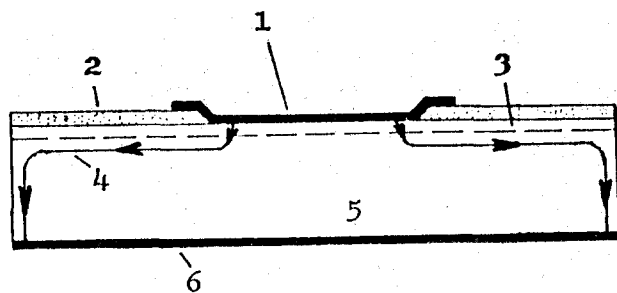
DR. SZENTPÁLI BÉLA

1967-ben végzett az ELTE fizikus szakán, azóta az

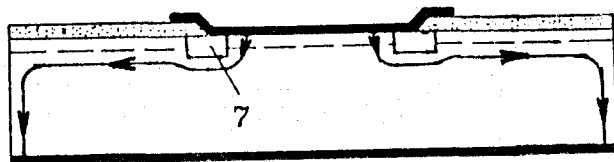
nológiájának kifejlesztésében és ugyanakkor a félvezető felületi kémia, oxid-szerkezetek vizsgálatában. Jelentős feladatokat vállalt az InSb-NiSb-alopú magnetorezisztorok kifejlesztésében

Az Si technológiájának magyarországi fejlesztésébe már a kezdeti időszakban bekapcsolódott, ahol az Si felületi viselkedése termikus és kémiai úton leválasztott szilícium-dioxid réteg kialakítása, valamint az MNOS, CCD eszközök kifejlesztése képezte vizsgálatának tárgyát. 1980-tól az A/// B. anyagok kémiai-technológiájával foglalkozik. A GaAs alapú eszközök Cunn-, Schottky-diódák, MESFET és más rétegszerkezetek technológiai kísérleteivel foglalkozik.

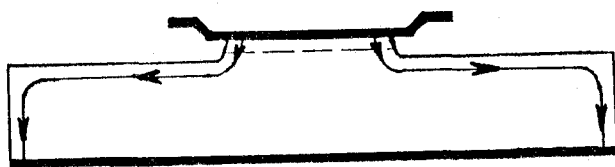
MTA Műszaki Fizikai Kutató Intézetében dolgozik. Kezdetben hetero-, majd homoepitaxiális rétegek minősítő módszereinek kidolgozásával foglalkozott, e témakörből nyert kandidátusi fokozatot 1980-ban. 1976-ban az ő vezetésével kezdődtek meg a GaAs alapú mikrohullámú Schottky dióda előállítását célzó munkák. Jelenleg a kifejlesztett diódák kissorozatú gyártását irányítja, további eszközfejlesztésekben vesz részt (MESFET, monolitikus mikrohullámú IC) és alkalmazástechnikai kérdésekkel foglalkozik.



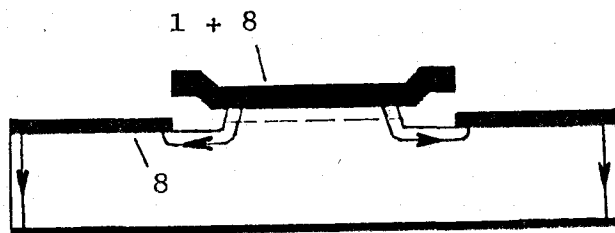
a.



b.



c.



d.

H240-1

1. ábra. Különböző Schottky varaktor szerkezetek: a. planár, b. védőgyűrűs planár, c. meza d. meza borító fémezéssel. Jelölések: 1. Schottky kontaktus, 2. szigetelő réteg, 3. n típusú aktív epitaxiális réteg, 4. a mikrohullámú áram vázlatos nyomvonala, 5. n⁺ hordozó, 6. ohmikus kontaktus, 7. p⁺ védőgyűrű, 8. utólagos borító fémezés

folyik (1. ábra), a meza szerkezet a hordozó ellenállásának csökkentését is lehetővé teszi egy utólag felpárolgatott borító fémréteg segítségével (ld. és 2. ábra) [9]. Az így elért ellenálláscsökkenés hatását az 5. pontban leírtetjük.

A tokozási ellenállás csökkentése céljából megvizsgáltuk a szálasítás hatását (átmérő, szálszám, több párhuzamos szál) a mikrohullámú karakterisztikákra, és ennek megfelelően optimalizáltuk a kiserelést.

A soros ellenállás további csökkentése végett vizsgálatokat végeztünk és végzünk annak tisztázására, hogy milyen mértékben növelhető a letörési térerősség és a mozgékonyág az aktív rétegben a hibásűrűség csökkentésével [7, 10].

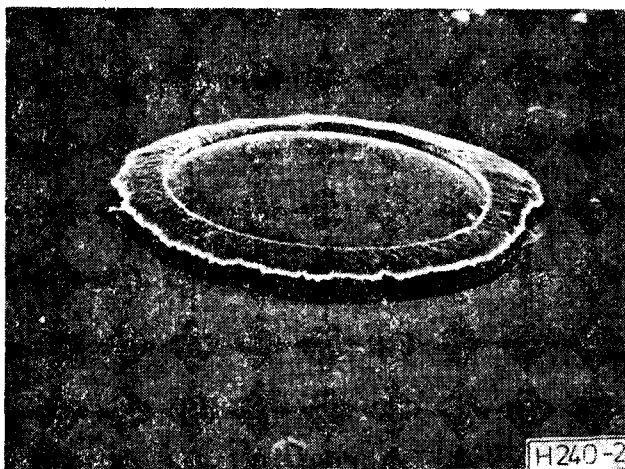
A hangoló varaktor fejlesztés megkövetelte az epitaxiális technika fejlesztését is. Ennek fő oka az volt, hogy az egyes C—V karakterisztikák megvalósításához szükséges bonyolult adalékprofilok növesztése az adalékos kézi vezérlése miatt nehézségekbe ütközött [2, 3, 11].

3. Soros ellenállás mérések

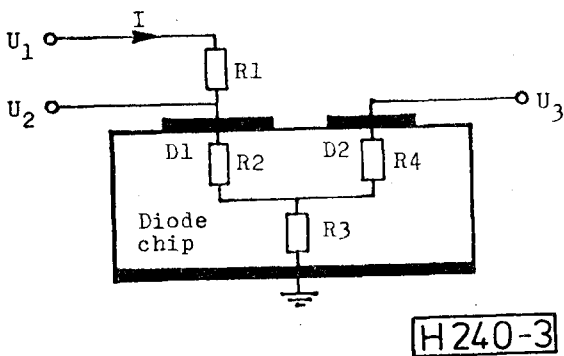
Mint láttuk, a varaktorfejlesztés kulcskérdése a soros ellenállás csökkentése, ami a soros ellenállás

minél pontosabb mérését teszi szükségessé. Ez a látszólag egyszerű feladat azonban komoly nehézségekbe ütközik, különösen kis ellenállás értékek esetén.

A varaktorok nyitó irányú I—V karakterisztikájának meredekségéből kiértékelhető egyenáramú soros ellenállás érték eltér a mikrohullámú soros ellenállástól. Ennek oka részben az, hogy nyitóirányú mérés esetén egyrészt elektronok injektálódnak a hordozóból az aktív rétegbe, másrészt pedig az aktív réteg effektív vastagsága nagyobb (működés közben csak a ki nem őrített rétegben keletkeznek számottevő veszteségek), részben pedig az, hogy a szkinhatás következtében a dióda ellenállása növekvő frekvenciával nő. Így az egyenáramú mérés csak durva minősítésre alkalmas,



2. ábra. A borító lémezés gyakorlati megvalósítása (A kalap külső átmérője kb. 33 μm .)

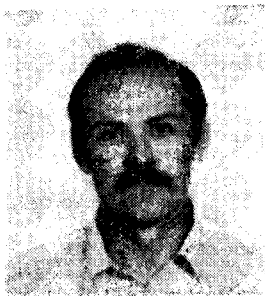


3. ábra. A felforrasztás javasolt minősítési módja

megbízható eredmények csak mikrohullámú mérésekből nyerhetők. A mikrohullámú soros ellenállás értékek a mikrohullámú impedanciamérésekből értékelhetők ki.

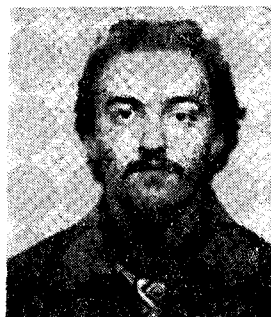
A soros ellenállás mértékére a mikrohullámú oszcillátorok kimenő teljesítményére kifejtett hatásából is következtethetünk, ui. nagyobb soros ellenállás esetén a nagyobb veszteségek következtében csökken a kimenő teljesítmény.

A soros ellenállás összetevőinek mérés útján történő szótválasztása meglehetősen nehéz feladat. Mi a 3. ábrán egy impulzus üzemi módszert javasolunk a felforrasztási ellenállás minősítésére [9]. A mérés két szomszédos dióda segítségével történik, melyek távolsága kb. 30 μm [2, 3]. A $D1$



KAZI KÁROLY

Egyetemi tanulmányait a BME Villamosmérnöki Kar Híradástechnikai Szak Mikrohullámú Ágazatán 1980-ban fejezte be. Azóta az MTA Műszaki Fizikai Kutató Intézetben mikrohullámú aktív eszközök kutatásfejlesztésén belül elsősorban a Gunn-diódák minősítési és alkalmazástechnikai kérdéseivel foglalkozik.



FOGT ÁKOS
1977-ben végzett a Kandó Kálmán Villamosipari

Műszaki Főiskolán a Gyengeáramú Kar Alkatrészgyártó Ágazatán félvezető technológia szakon. Diplomamunkája Si szeletek H_2 injekciós bőr-diffúziójával foglalkozott. Azóta az MTA Műszaki Fizikai Kutató Intézetében dolgozik. Mikrohullámú GaAs eszközök kiszerezésével és tokozásával foglalkozik. Részt vesz a GaAs alapú MESFET-ek hazai fejlesztésében, elsősorban a tokozási problémák megoldásában.

diódán átfolyó áram erősségét az $R1$ ellenállás állítja be. $R2$ a $D1$ dióda soros ellenállásának nagyobb részét, $R3$ a hordozó és a tok ellenállásának egy részét és a felforrasztás ellenállását foglalja magában. Mivel $R4$ -en át nem folyik áram, az U_3 feszültség $R3$ -mal arányos. A mi diódáink esetében $R3$ általában 0,1 ohm alatt van.

4. Mikrohullámú impedanciamérések

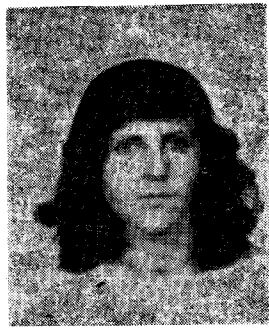
Varaktorok esetében a mikrohullámú impedanciamérésnek alapvetően két célja van: a mikrohullámú soros ellenállás és a mikrohullámú soros induktivitás meghatározása. Az általában katalógusadatként megadott -4 V előfeszültségre vonatkozó 50 MHz-es jósági tényezőt többnyire az 1 MHz-en mért kapacitás értékből és a 10 GHz környékén mért soros ellenállásból számítják ki. A mikrohullámú soros induktivitás a felső frekvenciahatárt befolyásolja.

A mikrohullámú impedanciamérésekkel ill. azok kiértékelésével kapcsolatban a következő problémák merülnek fel: 1. A dióda méretei összevethetőek a hullámhosszal, így mind a referenciasík kiválasztása kérdéses, mind a helyettesítő áramkörök bonyolultak. 2. A helyettesítő áramkör elemeiről nem mondható egyértelműen meg, hogy a diódához vagy a mérőáramkörhöz (hullámvezető, üreg) tartoznak-e, így a kapott paraméterek csak az adott mérési összeállításban érvényesek. 3. Rezonanciamódszerek alkalmazása esetén az ellenállás és induktivitás frekvenciafüggése korlátozottan vizsgálható. 4. Kis ellenállású diódák csak kis hullámimpedancia esetén vizsgálhatók. (50 ohmos vonal esetén az 1 ohm körüli soros ellenállás már a mérési hibatar-



DOBOS LÁSZLÓ
1975-ben villamos üzemmérnöki diplomát szerzett

a Kandó Kálmán Villamosipari Műszaki Főiskola Gyengeáramú Karán. Egyetemi tanulmányait a BME Villamosmérnöki Kar Híradástechnikai Szak Műsorközlő Ágazatán 1983-ban fejezte be levelező tagozaton. 1975 óta dolgozik az MTA Műszaki Fizikai Kutató Intézetében, ahol mikrohullámú berendezések fejlesztésével és kivitelezésével, valamint pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálatokkal foglalkozik.



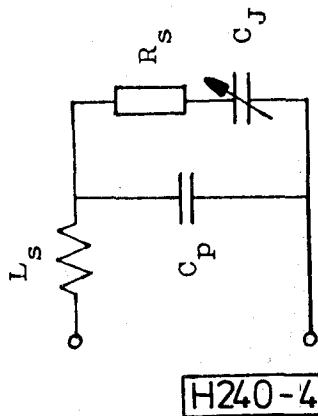
**KOLUMBÁN
GÉZÁNIÉ**

1976-ban végzett a BME
Villamosmérnöki Kara

Híradástechnika tagozatának mikrohullámú adástechnika ágazatán. Első munkahelye a Finommechanikai Vállalat volt, ahol mikrohullámú passzív áramkörökkel foglalkozott. Több FMKT szakdolgozattal helyezést ért el, és megkapta a „Kiváló Ifjú Szakember” kitüntetést. 1981 óta a Távközlési Kutató Intézetben dolgozik, ahol különböző tápvonal-típusban realizált (csőtápvonal, coax, fin-line, mikro-sztríp) szűrőkkel és egyéb mikrohullámú passzív áramkörökkel foglalkozik.

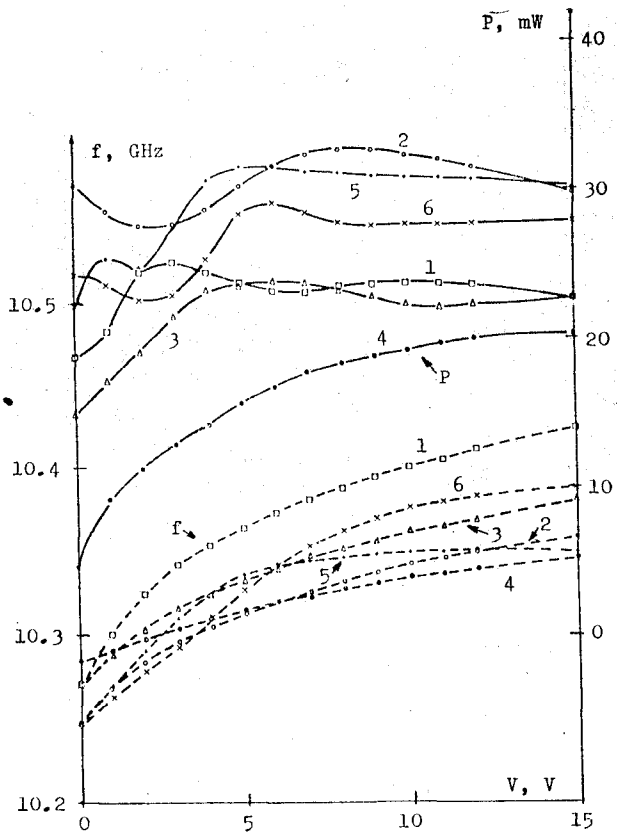
mányba esik.) 5. A parazitakapacitások okozta transzformációk lényeges hibát okozhatnak a soros ellenállás kiértékelésénél [9, 12].

A Távközlési Kutató Intézetben megvalósított mikrohullámú impedanciamérés esetében a tápvonal hullámellenállását 12,5 ohmra redukáltuk [9]. A méréseket egy HP hálózatanalizátor segítségével végeztük. A soros ellenállást és induktivitást a soros rezonanciához tartozó reflexiók tényező és rezonanciafrekvencia értékekből határoztuk meg a 4. ábrán látható helyettesítő kép alapján. A soros induktivitás értéke a 0,7—0,9 nH tartományba esett és nem függött sem a vezérlő feszültségtől sem a varaktor típusától (a diódák azonos módon lettek kiszerezve). A soros ellenállás (R_s) vezérlő feszültség (V) függését három különböző típusú [4] varaktor esetében az 1. táblázat szemlélteti. A táblázatban a soros rezonanciafrekvencia (f_r) és az adott vezérlő feszültséghez tartozó kapacitás értékek ($C_T = C_J + C_P$) is fel vannak tüntetve. A növekvő feszültséghez tartozó növekvő kiürülési mélység mind a kapacitás, mind a soros ellenállás csökkenését eredményezi. Nagyobb kapacitásfogás (szélesebb aktív réteg és kisebb adalék-koncentráció [2, 3, 6]) esetén természetesen nagyobb a soros ellenállás is. A soros ellenállás nagyobb előfeszültségeknél tapasztalható szórása részben a szórt kapacitások okozta transzformációk hatásának növekedésével, részben pedig azzal magyaráz-



H240-4

4. ábra. Az alkalmazott mikrohullámú helyettesítő kapcsolás



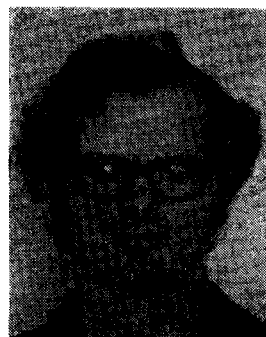
H240-5

5. ábra. Mikrohullámú frekvencia-feszültség és kimenő teljesítmény-feszültség karakterisztikák különböző gyártmányú varaktorok esetében az üreg áthangolása nélkül. Jelölések: 1. Frequency Sources DC51306—30, 2. Microwave Associates MA 46601G, 3. Tesla VBV646, 4. TÁKI ISV452C2, 5. MTA MFKI CBA3125G, 6. MTA MFKI CBB3135E

ható, hogy csökkenő ellenállással csökken a mérés megbízhatósága.

5. A soros ellenállás hatása a mikrohullámú teljesítményre

Az 5. ábra — mely két általunk előállított varaktor frekvencia-feszültség ($f-V$) és kimenő teljesítmény-feszültség ($P-V$) karakterisztikáját hason-



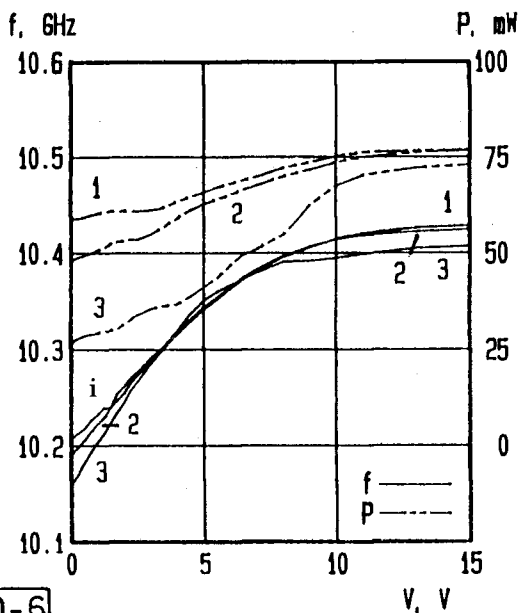
TÜTTŐ PÉTER 1971-ben végzett az ELTE TTK fizikus szakán, azóta az MTA MFKI-ban dolgo-

zik. Az eltelt időszakban főbb kutatási területei a szilícium alapú félvezető-szigetelő határfelület-közelbeli tartományok generációs-rekombinációs jelenségeinek, az MNOS struktúrák kettős dielektrikum rétegeiben lejátszódó fizikai folyamatoknak a vizsgálata és mérés technikáinak fejlesztése. Ezenkívül közreműködött a magnetorezisztor, a COD és az MNOS típusú áramkörök fejlesztésében. Jelenleg vegyületfélvezetőkkel — többek között félvezető lézerek mérés technikai problémáival — foglalkozik.

1. táblázat

Az MTA MFKI-ban előállított három különböző típusú hangoló varaktor kapacitásának mikrohullámú soros rezonancia frekvenciájának és soros ellenállásának vezérlő feszültség függése

Típus	V , V	0	-1	-2	-4	-6	-8	-10
CBA3125G	C_T , pF	2,30	1,25	0,95	0,80	0,78	0,76	0,75
	f_r , GHz	3,85	5,2	5,95	6,9	7,0	7,1	7,1
	R_s , ohm	1,1	1,0	0,8	0,6	0,6	0,6	0,7
CBB3135D	C_T , pF	2,58	1,70	1,35	1,02	0,80	0,63	0,58
	f_r , GHz	3,5	4,2	4,9	5,6	6,0	7,5	8,0
	R_s , ohm	1,9	1,9	1,4	1,5	1,45	1,1	0,7
CBC3136B	C_T , pF	3,45	2,0	1,42	0,9	0,63	0,58	0,57
	f_r , GHz	3,2	4,0	4,9	5,9	7,8	8,8	9,0
	R_s , ohm	4,4	3,0	2,8	2,7	1,4	1,1	1,4

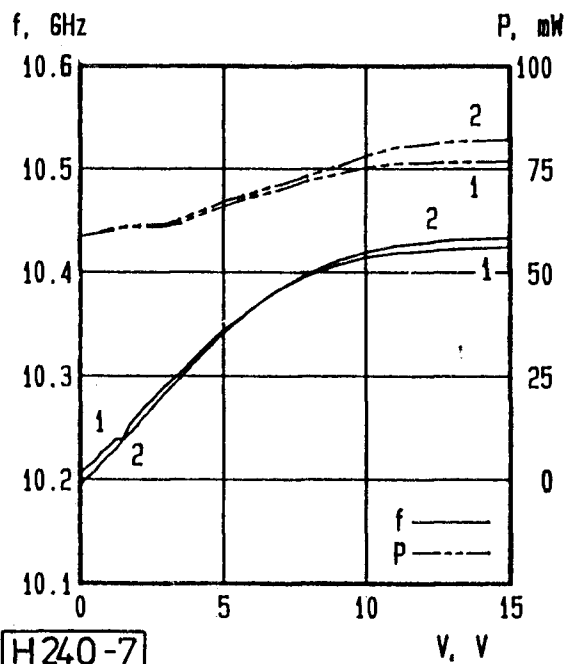


6. ábra. A varaktor átmérőjének hatása a kimenő teljesítményre

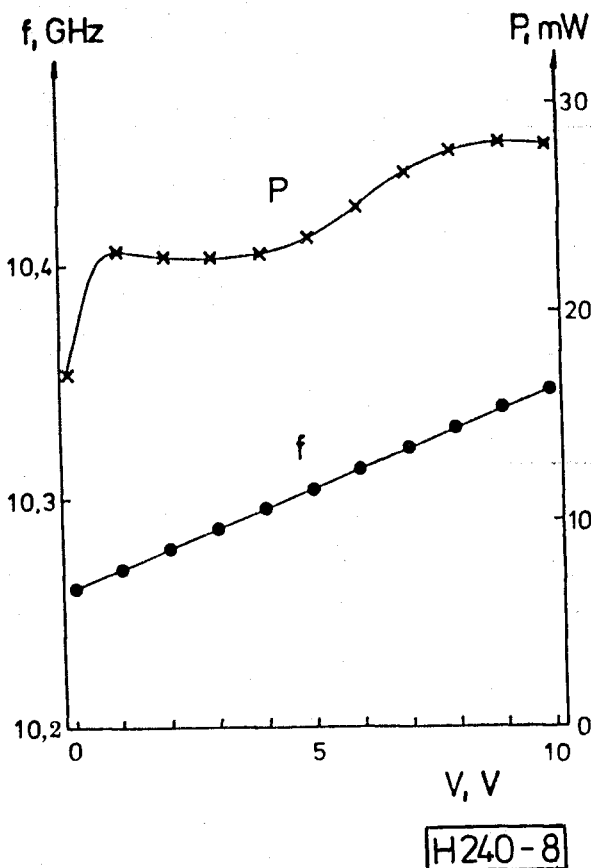
lítja össze négy másik, kereskedelmi forgalomban kapható varaktor hasonló karakterisztikáival [3] — jól szemlélteti a soros ellenállás hatását a mikrohullámú kimenő teljesítményre. Látható, hogy a kimenő teljesítmény a legnagyobb jósági tényezővel rendelkező MA 46601 G (2) varaktor esetén a legnagyobb ($Q=7000$ — 4 V előfeszültség-nél 50 MHz-re). A mi CBA31225G (5) típusú eszközünk esetében kisebb a kimenő teljesítmény, mely a nagyobb soros ellenállással magyarázható ($Q=5000$). A Frequency Sources gyártmányú DC51306—30 varaktor (1) kimenő teljesítménye még a mi hipermeredek CBB3135E varaktorunk (6) ($Q=3000$) kimenő teljesítményénél is kisebb. A Tesla VB646 eszköz (3) esetében a nagy teljesítménymoduláció bizonyára a soros ellenállás erős feszültségfüggésének következménye. A Távközlési Kutató Intézet 1SV452C2 szilícium alapú varaktora (4) esetében a kis kimenő teljesítmény és a nagy teljesítménymoduláció az elektronok alacsony mozgékonyságának tudható be.

A 6. ábrán ugyanazon szeletből készült különböző átmérőjű varaktorok $f-V$ és $P-V$ karakterisztikáit szemléltetjük (1—95 μm , 2—80 μm , 3—64 μm). A 2 jelű eszköz azonos az 1. táblázatban szereplő CBB3135D típusú varaktorial. A méréseket — az előzőkhöz hasonlóan — egy FM2 oszcillátormodulban [4] végeztük. Itt azonban az üreg úgy lett minden diódára behangolva, hogy a 3,5 V-os előfeszültséghez 10,3 GHz tartozzék. Látszik, hogy az eszközátmérő elsősorban az aktív réteg soros ellenállásának értékét befolyásolja, így nagyobb előfeszültségeknél egyre kisebb a hatása.

A 7. ábrán az 1d. ill. 2. ábrán mutatott utólagos borító fémezés hatása látható [9]. Az 1 jelű görbék ugyanazok, mint az előző ábrán, a 2 jelű görbék pedig egy hasonló varaktoron kaptuk utólagos borító fémezés után. A borító fémezés — az átmérővel ellentétben — nagy előfeszültségeknél hat, amikor a ki nem üritett aktív réteg ellenállása már nem dominálójellegű. A valamivel nagyobb frek-



7. ábra. Az utólagos borító fémezés hatása



8. ábra. Lineáris hangolási karakterisztika esetén viszonylag nagy a teljesítménymoduláció

venciahangolás oka az, hogy a mezamarás csökkenti a szórt kapacitást, így a kapacitásváltozás jobban érvényesül.

A 8. ábra az egyik hipermeredek ($\gamma=1,0$) varaktorunk $f-V$ és $P-V$ karakterisztikáját mutatja. Ezeket a varaktorokat lineáris frekvenciahangolásra és torzításmentes frekvenciamodulációra fejlesztettük ki [4]. Mivel az aktív réteg soros ellenállása ezen varaktorok esetében elég nagy, a teljesítménymoduláció szintén jelentős, de azért még elfogadható: az ábrán látható esetben például 2,2 dB.

6. Összegezés

Az általunk megvalósított hangoló varaktor fejlesztés alapvető célja a soros ellenállás minimalizálása volt. Az ellenállás csökkentés módja az aktív epitaxiális réteg vastagságának és adalékolásának optimalizálása, a GaAs letörési télerősségének növelése mezatechnológia alkalmazásával, a hordozó ellenállásának söntölése utólagos borító fémezés segítségével és a kiserelés optimalizálása volt.

A soros ellenállás mérése több problémát vet fel. A mikrohullámú ellenállás jelentősen eltérhet az

egyenáramútól, és a mikrohullámú impedancia-mérések szintén nagy hibát hozhatnak be. A soros ellenállás elemeinek szótválasztása szintén bonyolult. Az általunk javasolt impulzus üzemi ellenállásmérés a felforrasztás minősítésére alkalmas. A megvalósított mikrohullámú impedanciámérés 1 ohm alatti soros ellenállás értékek mérését is lehetővé teszi.

A soros ellenálláson fellépő veszteségek a mikrohullámú oszcillátor kimenő teljesítményének csökkenését eredményezik, így a teljesítménymérés közvetett információt ad a soros ellenállásra. Ez lehetővé teszi a varaktorok viszonylag egyszerű minősítését.

I R O D A L O M

- [1] Zs. J. Horváth, I. Gyúró, Á. Nemesics, K. Kazi: GaAs Schottky tuning varactors. Conf. Phys. Technol. GaAs other III—V Semicond. Nov. 19—24 1984, Reinhardtsbrunn, GDR, Abstr. C13.
- [2] Zs. J. Horváth, I. Gyúró, — Németh-Sallay, B. Szentpáli, K. Kazi: GaAs Schottky varactors for linear frequency tuning in X-band. phys. stat. sol. (a) 94, N2, 719 (1986).
- [3] Horváth Zs., Némethné Sallay M., Gyúró I., Szentpáli B., Kazi K., Szép I.: GaAs alapú mikrohullámú hangoló varaktorok fejlesztése. Finommechanika—Mikrotechnika 25, N2—3, 52 (1986).
- [4] Research Institute for Technical Physics of the Hungarian Academy of Sciences, Microwave Products, Budapest, 1986
- [5] B. Szentpáli, A. András, Á. Tichy-Rács: The development of microwave mixer Schottky barrier diodes. MFKI'78, Yearbook of the Research Institute for Technical Physics of the Hungarian Academy of Sciences, Budapest, 1979. p. 66
- [6] Horváth Zs.: Konstans gammájú Schottky hangoló varaktorok tervezése. 3. Mikrohullámú Szeminárium, Budapest 1985. jan. 15—16., Közlemények 321. old.
- [7] Zs. J. Horváth, I. Gyúró, M. Németh-Sallay, P. Túttó, A. Nagy, L. Dózsa, B. Kovács, E. K. Pál, B. Szentpáli, Á. Fogt, T. Németh, G. Stubnya, Á. Nemesics: The effect of dopant concentration on the electrical behaviour of GaAs—CrAu junctions. 7th Czechoslovak Conf. Electron. Vac. Phys. Sept. 3—6, 1985, Bratislava, Proc. Pt. 3, p. 747
- [8] Zs. J. Horváth, P. Túttó, M. Németh-Sallay, G. Stubnya, T. Németh, I. Gyúró, V. I. Fineberg: Breakdown investigations in MIS and MS structures. 15th School Phys. Semicond. Comp., April 21—25. 1986, Jaszowiec—Ustron, Poland; A71, N3, 485 (1987) Acta Physica Polonica
- [9] Zs. J. Horváth, M. Németh-Sallay, I. Gyúró, K. Kazi, B. Szentpáli, Á. Fogt, L. Dobos, P. Túttó, T. Kolumbán: GaAs—CrAu Schottky tuning varactors. Conf. MICROELECTRONICS'86, Oct. 23—25. 1986, Plovdiv, Bulgaria, Proc. Vol. 3, p. 328.
- [10] Zs. J. Horváth, I. Gyúró, L. Dobos, E. K. Pál, V. I. Fineberg, R. V. Konakova, Yu. A. Tkhonik: SEM investigations of macroscopic crystal defects in GaAs VPE layers. 4th Hung. Conf. Cryst. Growth, July 22—25. 1986, Budapest, Acta Phys. Hung. 61, N2 263 (1987),
- [11] I. Gyúró, Zs. J. Horváth: GaAs VPE layers for Schottky microwave varactors. 61, N2, 165 (1987). ugyanott.
- [12] R. G. Strauch, R. A. Mjesch, R. E. Cupp: Varactor Measurements and Equivalent Circuits. IEEE Trans. MTT—13, N11, 872 (1965)