

K-sávú Gunn-diódák hazai fejlesztése*

GYURÓ IMRE, KAZI KÁROLY, KOVÁCS BALÁZS, MOJZES IMRE,
NÉMETH TIBORNÉ, OLÁH ANTAL, SOMOGYI KÁROLY
MTA Műszaki Fizikai Kutató Intézet



ÖSSZEFOGLALÁS

Jelen munka az MTA MFKI-ben megvalósított nagyfrekvenciás (K-sávú) Gunn-diódák technológiájának kutatása során elért eredményekről számol be. Kitér a gőzfázisú epitaxia növesztésére, az alapanyag-minősítésre, az eszköztechnológiára, a tokozásra és annak modellezésével kapcsolatos kérdésekre, különös tekintettel az X-sávú diódák technológiájától eltérő jellegzetességekre.

1. Bevezetés

A vegyületfélvezetőkben fellépő áraminstabilitások vizsgálata [1] lehetővé tette, hogy ezen elv felhasználásával létrejöjjön a mikrohullámú áramkörtechnikában ma már igen kiterjedten alkalmazott Gunn-eszköz, vagy Gunn-dióda. Jelen munkánkban nem térünk ki az eszköz általános fizikai működésének leírására, az olvasó minden lényeges fogalmat megtalál egy korábbi dolgozatban [2]. Hazánkban a Gunn-jelenség elvi és gyakorlati kutatása a 70-es évek elején indult, az évtized közepére Intézetünkben kifejlesztésre került a folyamatos üzemi X-sávú kis- és nagyteljesítményű Gunn-dióda [3].

A Gunn-jelenség elméleti vizsgálata további gyakorlati alkalmazási lehetőségeket nyitott meg. Elsősorban a nagyobb frekvenciás eszközök megalkotása volt a cél, de kiterjedten vizsgálták a Gunn-diódaiban fellépő negatív differenciális ellenállás erősítőként való alkalmazását is. Az elvi vizsgálatok azt mutatták, hogy a centiméteres hullámhossz-tartományban működő diódák elektromos paramétereit elsősorban a vegyületfélvezető tulajdonságai — azon belül is elsősorban a mozgékonyág térerőfüggése — határozza meg. Kimutatták azonban, hogy ez a kisjelű negatív mozgékonyág a relaxációs jelenségek miatt 70 GHz környékén megszűnik, így a nagyobb frekvenciás eszközök más üzemmódban, így például nagyjelű üzemmódban (large-signal mode), hibrid üzemmódban (hybrid mode), elnyomott tértöltés üzemmódban (quenched space-charge mode), harmonikus üzemmódban, injekciós üzemmódban (limited electron injection mode) működnek. E korántsem teljes felsorolás mutatja, hogy a Gunn-jelenség elméleti kutatása ma is a világ több intézetében folyik.

A Gunn-technológia terén a fejlesztési és gyártási stádiumban levő eszközök nagy többségét gőzfázisú

GYURÓ IMRE

Egyetemi tanulmányait a Budapesti Műszaki Egyetem Villamosmérnöki Karán folytatta az Elektronikai Technológia Szakon. 1978-ban végzett, diplomamunka témája a GaAs gőzfázisú epitaxiális növesztése volt. Egyetem után az MTA Műszaki Fizikai Kutató Intézetében kezdett dolgozni. Tevékenységi köre szintén a GaAs gőzfázisú epitaxiális nö-

vesztése (Gunn-Schottky-diódák kissorozatú gyártására szolgáló rétegszerkezetek növesztése, technológia fejlesztése, új eszközök [MESFET, varaktor] rétegszerkezeteinek kidolgozása). Részt vett a szovjet—magyar közös ürréplés során (1980. máj. 26.—jún. 3.) végrehajtott Eötvös-program kidolgozásában, megvalósításában. Tagja volt a repülédirányító központba kiküldött magyar szakértői delegációnak.

epitaxiális eljárással előállított GaAs szeletről készítik. A molekulásugaras technikától nagyobb frekvencia és egyenletesebb adalékolás várható.

Jelen munkánkban az Intézetünkben megvalósított nagyfrekvenciás Gunn-diódák technológiájának kutatása során elért eredményeinkről számolunk be. Kitérünk a gőzfázisú növesztés, az alapanyag-minősítés, az eszköztechnológia, a tokozás és annak modellezésével kapcsolatos kérdésekre. A diódák mikrohullámú paramétereinek vizsgálatáról egy — előkészített alatt álló — közleményünkben számolunk be.

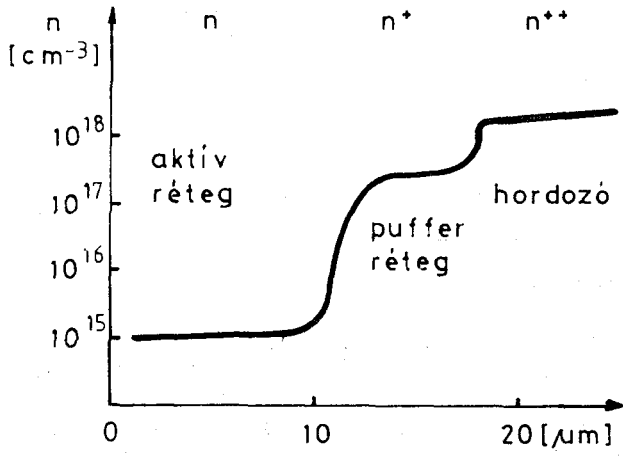
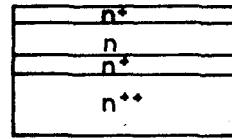
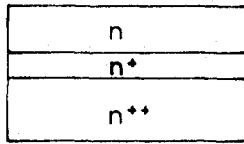
2. A Gunn-dióda előállítása

Az adott eszközök előállításához kiindulásként n^{++} típusú — erősen adalékolt — GaAs hordozót használunk. ($n^{++} = (1-2) \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$, Te-al adalékolt (100) + 3° orientáltóságú, 300 μm vastag és $\sim 25 \text{ mm}$ átmérőjű GaAs szelet). A hordozón, annak felületére a szükséges rétegszerkezetet kloridos módszeren alapuló gőzfázisú epitaxiális rétegnövesztő technológia segítségével alakítjuk ki. Az epitaxiális struktúra tulajdonságait (hordozókoncentrációk, rétegvastagságok) a tervezett eszköz szükségletei szerint állítjuk be. Jellegzetes adalékeloszlást mutat az 1—2. ábra.

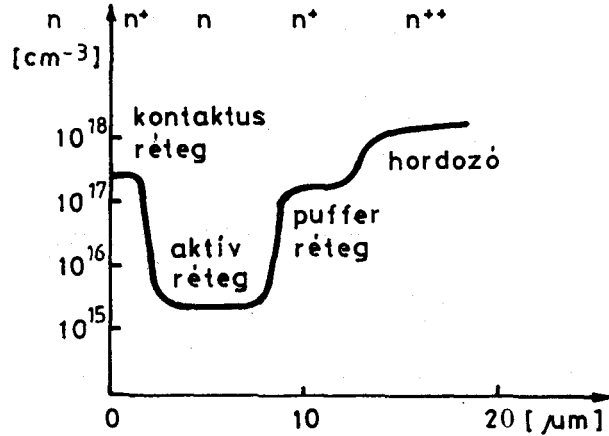
A fenti paraméter, azaz a töltéshordozó koncentráció mélységi eloszlása, ellenőrzése elengedhetetlen lépése a megbízható eszköztechnológiának. A különböző létező minősítési módszerek közül a folyamatos mélységi koncentrációs profil felvételére alkalmas (foto-) elektrokémiai marást felhasználó, C—V mérésen alapuló mérési eljárás különösen előnyös a gyors minősítés számára. Ezen az elven alapuló módszert használunk az általunk növesztett réteg-

* A „Nagyfrekvenciás Gunn-diódák technológiai problémái” címmel a Mikrohullámú Szemináriumon 1985. január 15-én elhangzott előadás bővített változata.

Beérkezett: 1985. II. 6. (H)



H38-1



H38-2

1. ábra. Különböző frekvenciájú Gunn-diódák előállításánál felhasznált epitaxiális GaAs kristályszerkezetek és mélységi koncentrációelosztás-profiljuk (7–12 GHz)

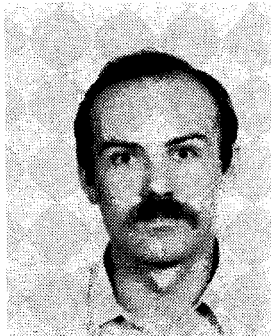
2. ábra. Különböző frekvenciájú Gunn-diódák előállításánál felhasznált epitaxiális GaAs kristályszerkezetek és mélységi koncentrációelosztás-profiljuk (12–24 GHz)

szerkezetek vizsgálatára is. E módszer során a fényáram intenzitásával szabályozott marási sebességet, ill. mélységet a maróáram mérése, illetve integrálása útján határozzuk meg. A folyamatos marás ellenére biztosítottak a kvázistacionárius C és a dC/dV mérés feltételei. A közvetlenül felhasználható adatokat analóg rendszerű elektronika szolgáltatja.

A minősített epitaxiális szelet kémiai felülettisztítás és az azt követő ún. frissítő marás után — amely $NH_4OH:H_2O_2:H_2O$, 1:4:20 arányú keverékében történik — azonnal fémezésre kerül [4]. Az ohmos kontaktusok anyagát vákuumpárolgatással 2×10^{-5} Pa-nál alacsonyabb nyomású vákuumban visszük fel a 200 °C-on tartott GaAs szelet epitaxiális oldalára. A kontaktusok előállítására a széleskörűen használt AuGeNi alapú fémrendszerek egy változatát alkalmazzuk. A hordozó 100 μm-es vastagságra való vékonyítása és újabb kémiai felületelőkészítő lépések

után történik a hátoldali ohmos kontaktusréteg felvitele, amelynek körülményei megegyeznek az aktív — azaz az epitaxiális — oldali eljárással. Az epitaxiális oldal fémezésében szokásos fotolitográfias eljárással alakítjuk ki a szükséges méretű katódkontaktust. A katódkontaktus mérete (átmérője) szoros összefüggésben van a dióda áramfelvételével és az elérhető mikrohullámú teljesítménnyel. A fémréteg litográfiája után végezzük el a dióda mezamarását. A mezamarás mélységét a diódaparaméterek optimalizálása során az aktív réteg vastagságának 0,33–0,5 része közé állítottuk be.

KAZI KÁROLY



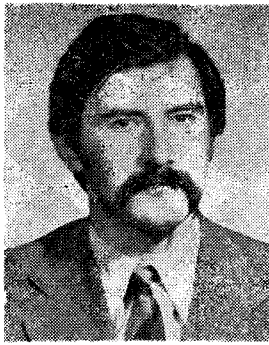
Egyetemi tanulmányait a BME Villamosmérnöki Kar Híradástechnikai Szak Mikrohullámú Ágazatán 1980-ban fejezte be. Azóta az MTA Műszaki Fizikai Kutató Intézetben mikrohullámú aktív eszközök kutatás-fejlesztésén belül elsősorban a Gunn-diódák minősítési és alkalmazástechnikai kérdéseivel foglalkozik.



DR. KOVÁCS BALÁZS

1978-ban végzett a Budapesti Műszaki Egyetem Villamosmérnöki Kar

Híradástechnika „B” szakán, Műszaki Fizika Ágazaton. 1980-ban híradástechnikus kutató-fejlesztő szakmérnöki diplomát, 1982-ben egyetemi doktori fokozatot kapott. 1980 óta dolgozik az MTA Műszaki Fizikai Kutató Intézetben, ahol mikrohullámú aktív eszközök technológiájával foglalkozik. Speciális területe a fém-félvezető átmenetek és ezen belül az ohmos kontaktusok előállítása, vizsgálata és minősítése.



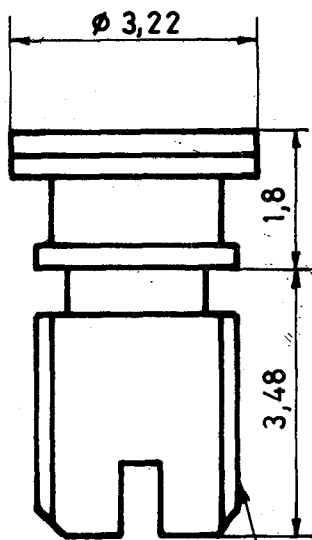
DR. MOJZES IMRE

Egyetemi tanulmányait 1972-ben végezte el

Moszkvai Energetikai Egyetemen, kitüntetéses diplomával. Előbb az Egyesült Izzó és Vili. Rt.-ban, majd vendégkutatóként a Budapesti Műszaki Egyetemen dolgozott. Szakterülete a vegyület-févezető alapú mikrohullámú eszközök technológiája és mérés technikája. 1979-ben doktorált, majd 1980-ban elnyerte a műszaki tudományok kandidátusa fokozatot. 1973 óta dolgozik az MTA Műszaki Fizikai Kutató Intézetben, beosztása tudományos főosztályvezető.

A GaAs-ra felpárolgatott AuGeNi kontaktusrendszert a megfelelő fajlagos kontaktus-ellenállás eléréséhez hőkezelnünk kell. A hőkezelés során történik meg a Ge-nak a GaAs-be történő be- és a Ga-nak a fémrétegbe való kidiffúziója. A Ge atomok a Ga vakanciákat betöltve donor adalékként érvényesülnek, és így jön létre az a megfelelően keskeny potenciálgát, amely az ohmos vezetéshez szükséges termikus-téremissziót már lehetővé teszi.

A Gunn-dióda chipet menetes fém-kerámia tokba szereljük ki. A tok rajzát mutatja a 3. ábra. A kiszéreléshez a chipet a tokba helyezve fel kell melegíteni, hogy a tokaranyozás és a kontaktus fémezés összeolvadása megtörténjék. Viszont, mint azt kísérleteink igazolták, mind a Gunn-struktúra, mind pedig maga a fémezés, ismételt hőkezelések során fokozottan de-



3-48 UNC 2A

H38-3

3. ábra. Menetes fém-kerámia tok Gunn-diódák számára

gradálódik. Kísérleteink azt mutatták, hogy az első sorban a vegyületfévezetőnek az ohmos fémezés által is stimulált bomlásából származik [5]. Ezért a kontaktus beötvöző hőkezelést és a tokbaforrasztást, valamint a másik dióda kontaktus és a kivezető arany-szál közötti kötés kialakítását egyetlen hőkezelési lépésben végezzük el [6]. A kiszérelt diódák minősítő mérések után 200 órás terheléses vizsgálaton mennek át, majd ezt követően ismételt minősítő-ellenőrző mérést végzünk rajtuk [7, 8]. A minősítő mérések során meghatározzuk a diódák teljesítmény-frekvencia karakterisztikáját, frekvenciaelhangelés — tápfeszültség függését, hatásfokát, egy standardizált mikrohullámú oszcillátor üregben [9].

3. A nagyfrekvenciás diódák technológiájának különleges jellemzői

Epitaxia növesztés

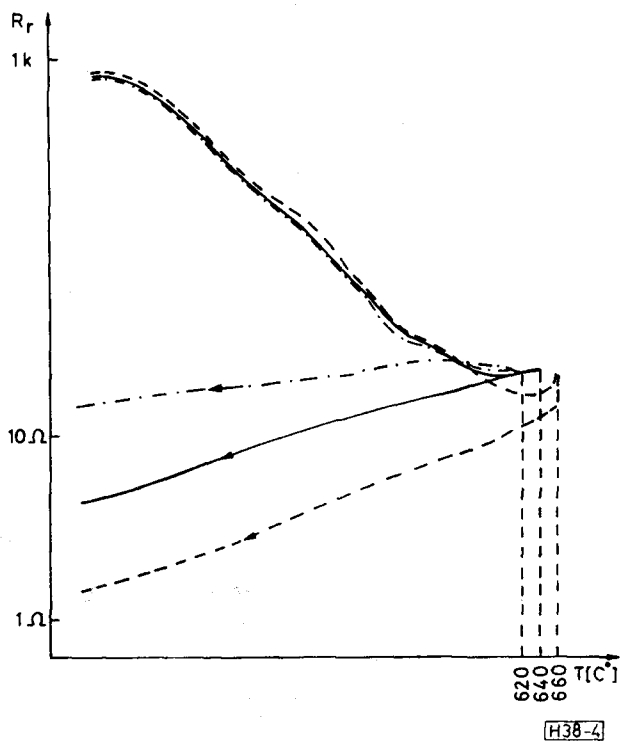
A nagyfrekvenciás Gunn-diódák céljára alkalmas rétegszerkezetek epitaxiális növesztésének problémái az aktív rétegvastagság csökkenésével kapcsolatosak. Ugyanis a hagyományosan használt kb. 10–12 μm -es vastagság 4–5 μm -re csökken. Így a hordozó, illetve a pufferréteg ($1-2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$) és az aktív réteg ($(1,5-3) \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$) közötti, három nagyságrendet átfogó töltéshordozókoncentráció-átmenet elkenődéséből, laposságából eredő, illetve a kontaktus készítés hatására bekövetkező aktív rétegvastagság változások (beötvöződés, diffúzió) olyan jelentőségűvé válnak, hogy bizonytalanná teszik az előre megadott frekvenciájú diódák előállítását. A feladatot az átmenet meredekségének javításával, és kontaktusréteg alkalmazásával oldottuk meg.

Vizsgálataink során olyan növesztési módszert dolgoztunk ki, amelynek segítségével 0,3–0,4 μm -re sikerült leszorítani az átmeneti réteget, amely nemcsak a nagyfrekvenciás Gunn-dióda, de az általunk előállított vagy fejlesztés alatt levő minden eszköz követelményeit kielégíti. Az aktív réteg növesztése után a felületre még egy kontaktusréteget ($5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$, 2 μm) növesztve, a további eszköztechnológiai lépéseket (pl. ohmos kontaktus kialakítása) elválasztjuk az aktív rétegtől. További előny, hogy a magas koncentrációjú rétegen az ohmos kontaktus kialakítása lényegesen könnyebb, ami a kihozatal növekedésében is jelentkezik.

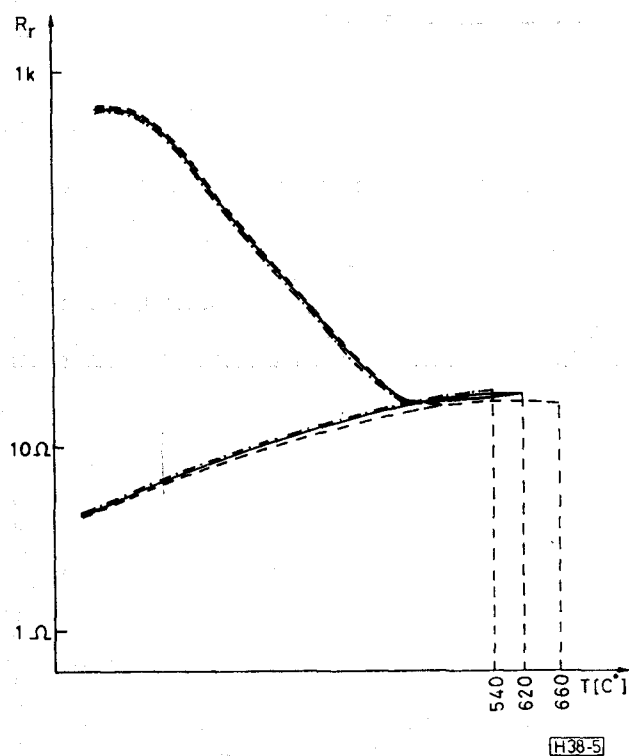
Az előbbieken említett előnyök mellett a kontaktusréteges szerkezet hátrányai:

- az epitaxiális növesztés során újabb művelet sor jelentkezik. Ez azonban nem jelent lényeges többletmunkát, mert a gőzfázisú növesztés során az adalékolási szint változtatása egyszerű módon, az adalékgáz áramlási sebességének változtatásával történik;
- a kész eszközben a hőátadási viszonyok romlanak, mivel a hűtőtönc és az aktív réteg közé beiktatódik a kontaktusréteg. E veszteség minimalizálható a kontaktusréteg vastagságának optimalizálásával.

A kontaktusréteg alkalmazása a minősítés során is komplikációkat okoz. Az általunk használt (már



4. ábra. Gunn-dióda átmenő ellenállásának változása a hőkezelés során, kontaktusréteg nélküli kristályszerkezet esetén



5. ábra. Gunn-dióda átmenő ellenállásának változása a hőkezelés során, kontaktusréteges kristályszerkezet esetén

említett) mérőberendezés a kontaktusréteget az aktív réteg koncentrációjának meghatározása során járulékos tagként kezeli, így meghamisítva annak értékét. Ezért az aktív réteg valóságos szabad töltéshordozó koncentrációját oly módon határozzuk meg, hogy a szelet egy részéről a kontaktusréteget kémiai marással eltávolítjuk.

A rétegvastagság meghatározása bizonytalanságot hordoz magában az átmenetek nem ideális mereksége miatt. E bizonytalanság kiküszöbölésére vezettük be azt a megállapodást, hogy rétegvastagságnak a $3 \times n_0$ értékek közötti részt tekintjük (n_0 az aktív réteg koncentrációja) [10]. Mint az 5. ábrán látjuk, kontaktusréteges kristályszerkezet esetén már az 540 °C csúcshőmérsékletű hőkezelő impulzus kialakítja a megfelelő, 5 Ω-os átmenő ellenállást, míg a kontaktusréteg nélküli szerkezetnél (4. ábra) ehhez 640 °C-os csúcshőmérsékletre volt szükség. Ugyanakkor megfigyelhető, hogy a kontaktusréteg nélküli esetben a hőkezelés csúcshőmérsékletét ± 20 °C-kal megváltoztatva a diódák átmenő ellenállása jelentősen megváltozott.

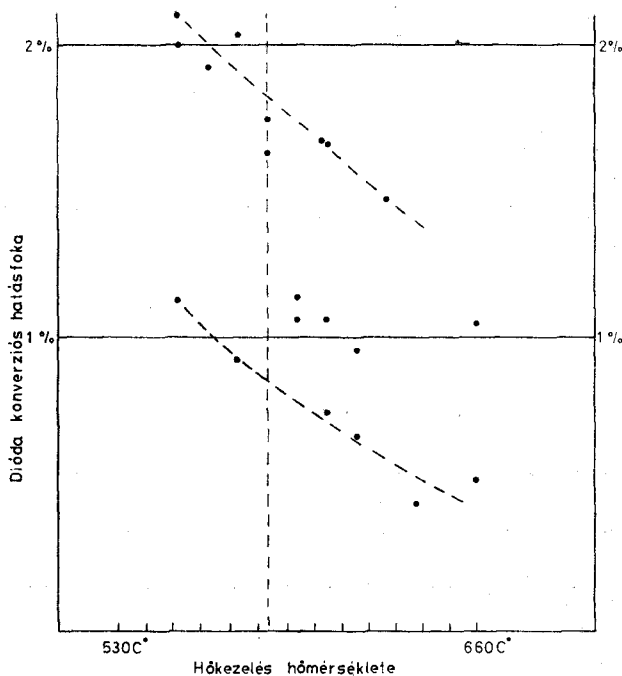
A dióda konverziós hatásfokának növelésére jó eszköznek bizonyult a kiszerelési és hőkezelési hőmérséklet csökkentése (6. ábra). A kiszerelési hőmérséklet további csökkentését értük el a kontaktusréteges Gunn-struktúrák esetén a hagyományos AuGe/Ni/Au fémzésnek AuGe/Ni/AuGe rétegszerkezettel való helyettesítésével. Így a chip és a tok fémzésének összeolvadása már 540 °C-os csúcshőmérsékletű impulzusnál megvalósul, ellentétben az AuGe/Ni/Au rendszer esetén szükséges 600 °C-os impulzussal.

Összefoglalva, a nagyfrekvenciás Gunn-diódákhoz szükséges kontaktusréteges kristályszerkezet lehetővé teszi egyrészt a kontaktusfémrendszer egyszerűsítését, másrészt a hőkezelési hőmérséklet csökkentését és így, ezeken keresztül a dióda hatásfokának, valamint a gyártás kihozatali százalékának növelését.

Szelettechnológia

A kontaktusréteges, nagyfrekvenciás Gunn-szerkezetek kémiai tisztítási és felületelőkészítési lépései azonosak az X-sávú diódák előállításánál használt eljárásokkal. A kontaktusfémzés előállításához ebben az esetben is vákuumpárologatott AuGeNi alapú fémrétegszerkezetet használunk.

Összevetve a kontaktusréteges és a kontaktusréteg nélküli szerkezetek hőkezelési tapasztalatait, megállapítottuk, hogy a kontaktusréteg jelenléte esetén a dióda átmenő ellenállása — és a kialakuló fajlagos kontaktus-ellenállás — a hőkezelés csúcshőmérsékletét változtatva sokkal szélesebb tartományban megfelelő marad, mint a kontaktusréteg nélküli szerkezetek esetén. A diódák kialakítandó ohmos kontaktusok kialakulása közbeni ellenőrzésre új módszert fejlesztettünk ki, és alkalmazunk [11, 12]. Ennek során a mintán a hőkezelés alatt 1 mA-es mérőáramot engedünk át, s mérjük a mintán keletkező feszültségést — amely a mérési tartomány jelentős részében — jó közelítéssel a minta ellenállásával arányos. A 4. és 5. ábrán a 100 μm katódkontaktus-átmérőjű diódachipek így mért átmenő ellenállásának



H38-6

6. ábra. A Gunn-dióda konverziós hatásfoka a hőkezelés hőmérsékletének függvényében. (A függőleges szaggatott vonal a chip-tok kontaktus kialakulásának alsó hőmérsékletét jelzi AuGe/Ni/Au fémezés esetén)

változását mutatjuk be hőkezelés folyamán. A tokba szerelés és egyben a beötvöző hőkezelés áramló hidrogén atmoszférában, 150 °C/s fel- és lefutási sebességű hőimpulzussal történt.

Tokozás, minősítő mérés

A Gunn-diódák magasabb frekvenciás (12 GHz feletti) fejlesztése és felhasználása a félvezető technológiai kérdéseken túl egyéb, a felhasználással kapcsolatos problémákat vet fel.

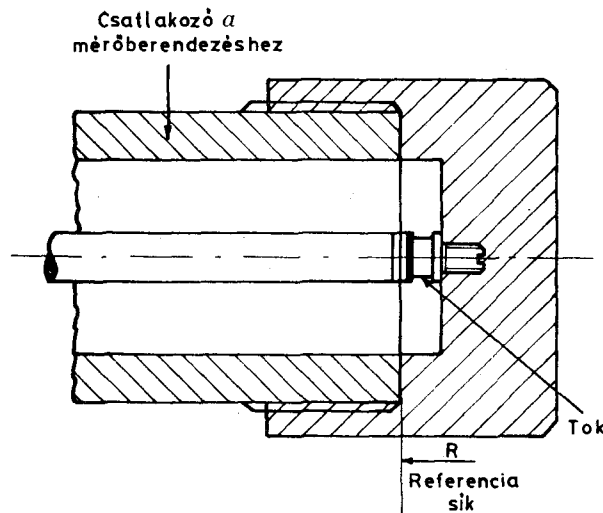
Egyik ilyen kérdés a tokozásra használt fém-kerámia tok mikrohullámú paramétereinek pontos ismerete. Az Intézetünkben használt menetes tokot a 7. ábrán látható 50 Ω-os koaxiális tápvonalban vizsgáltuk a 6,5–18 GHz-es frekvenciasávban. A tok mikrohullámú paramétereinek meghatározásához



SOMOGYI KÁROLY

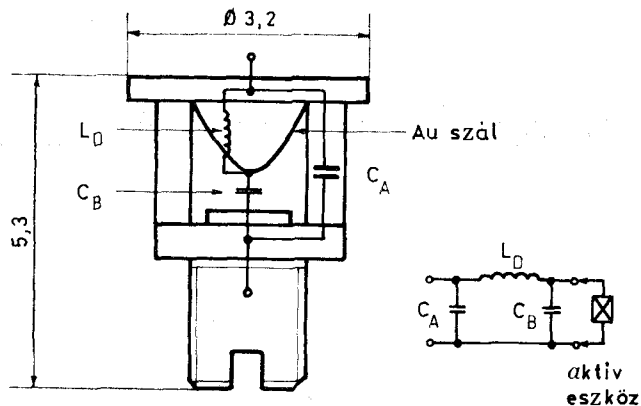
1967-ben a Kijevi Műszaki Egyetem félvezetők

és dielektrikumok szakán végzett. 1967 óta az MTA Műszaki Fizikai Kutató Intézetének kutatójaként dolgozik. Kezdetől fogva vegyületefélvezetők fizikai tulajdonságai, elsősorban az elektrofizikai tulajdonságok, az ehhez kapcsolódó fizikai mérések és értelmezésük képezte a kutatási területét. Korábban InSb, GaP, ZnGeP₂, ZnSiP₂, ZnMn_xTe_{1-x} képezte a kutatások tárgyát, az elmúlt 6 évben a GaAs és annak epitaxiás szerkezetet. Ezen témákból 30 tudományos dolgozata jelent meg külföldi folyóiratokban.



H38-7

7. ábra. Koaxiális (50 Ω-os) mérőbefogó mikrohullámú fém-kerámia tokok vizsgálatához

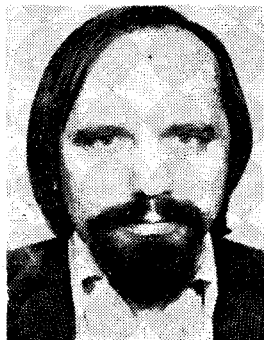


H38-8

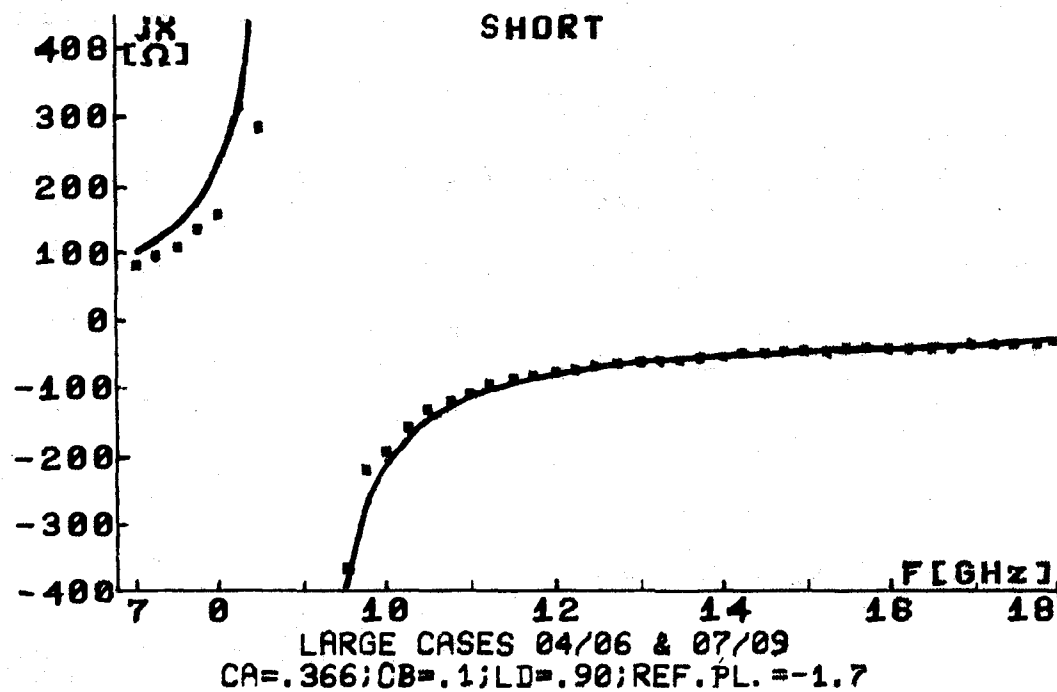
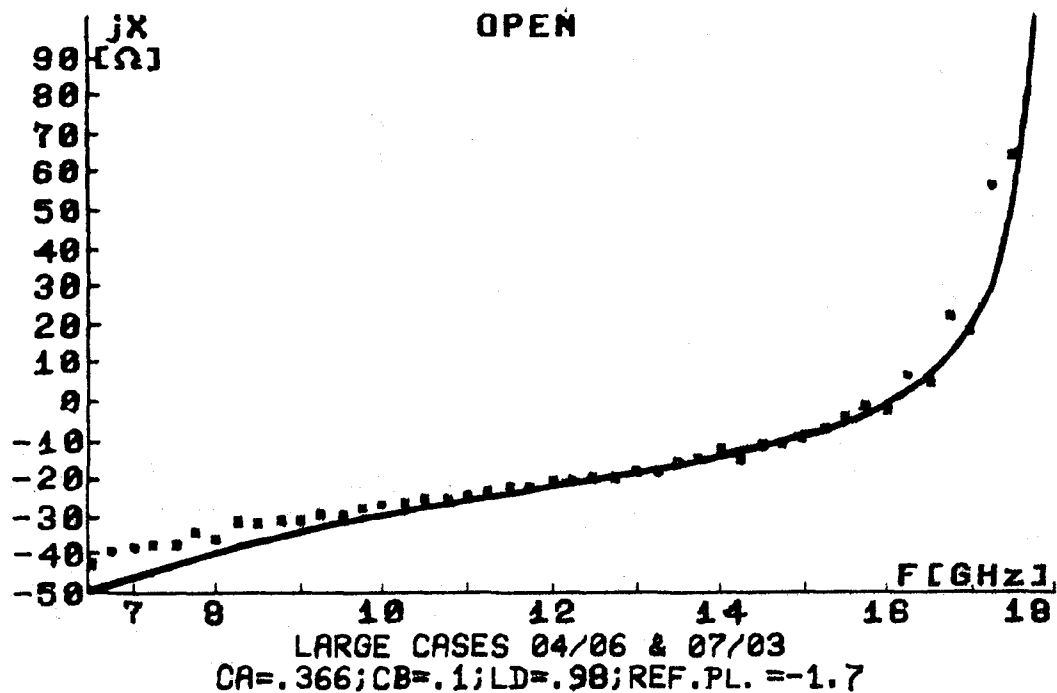
8. ábra. Mikrohullámú diódák és helyettesítő képe

több tokot készítettünk elő oly módon, hogy az aktív chip helyén rövidre zártuk, illetve szakadással zártuk le (üresen hagytuk). Ezzel a módszerrel, a 8. ábrán látható koncentrált paraméterű helyettesítőképet feltételezve az aktív chip kizárásával tudtuk a tok

OLÁH ANTAL



Gimnáziumi érettségi után 1967-ben rádióműszerész szakképesítést szerzett. 1967-től 1975-ig a Gépipari Elektromos Karbantartó Vállalatnál dolgozott, mint műszerész. 1975 óta az MTA Műszaki Fizikai Kutató Intézet dolgozója. Jelenleg mint technikus a GaAs alapú mikrohullámú aktív eszközök technológiai és alkalmazástechnikai kísérleteiben vesz részt.



9. dbra. Menetes Gunn-tok impedanciájának frekvenciafüggése a chip helyén szakadósos (open) és rövidzáras (short) esetben. (Vonal: számított érték, csillag: mért érték)

H38-9



NÉMETH TIBORNÉ

1958-ban szerzett vegyészdiplomát a debreceni Kossuth Lajos Tudományegyetemen. Működését az MTA Műszaki Fizikai Kutató Intézet félvezető csoportjánál kezdte. Részt vett a Ge-alapú tranzistorok tech-

nológiájának kifejlesztésében és ugyanakkor a félvezető felületi kémia, oxid-szerkezetek vizsgálatában. Jelentős feladatokat vállalt az InSb-NiSb-alapú magnetorezisztorok kifejlesztésében. A Si technológiájának magyarországi fejlesztésébe már a kezdeti időszakban bekapcsolódott, ahol a Si felületi viselkedése termikus és kémiai úton leválasztott szilíciumdioxid réteg kialakítása, valamint az MNOS, CCD eszközök kifejlesztése képezte vizsgálatainak tárgyát. 1980-tól az A^{III}B^V anyagok kémiai-technológiájával foglalkozik. A GaAs alapú eszközök Gunn-Schottky-diódák, MESFET és más rétegszerkezetek technológiai kísérleteivel foglalkozik.

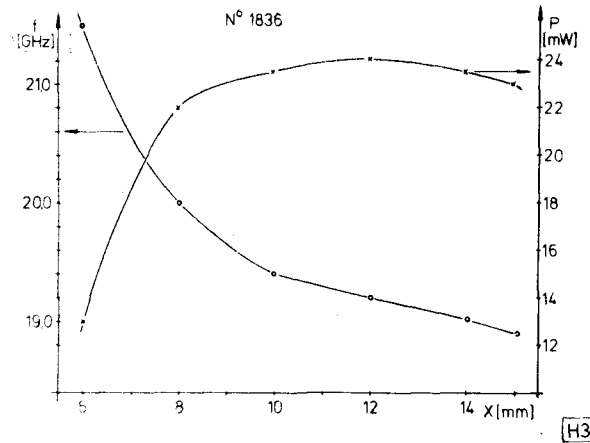
mikrohullámú viselkedését jellemezni [13]. A helyettesítőkép elemeinek értékét a mérési eredményekből számítógépes program segítségével határoztuk meg. A mért és számított értékek szélessávú illeszkedését mutatja a 9. ábra. Optimális illeszkedést abban az esetben kaptunk, ha a tok koncentrált paraméterű helyettesítőképének referenciasikóját az aktív chip síkjába helyeztük. Az MFKI által használt fémkerámia tok 50 Ω-os (7/3-as) koaxiális tápvonalba helyezve jól modellezhető egy, a chip síkjába helyezett aluláteresztő π-taggal, amelynek elemértékei 50 μm-es átmérőjű kikötő huzal esetén: $C_A = 0,303 \pm 0,009$ pF, $C_B = 0,097 \pm 0,008$ pF és $L_D = 0,422 \pm 0,019$ nH és amely egyik kapujával a diódatokot befogó tápvonalhoz, másik kapujával az aktív chiphez csatlakozik.

Másik fontos tényező az elkészült Gunn-dióda megfelelő minősítése. Erre a célra egy nagy jósági tényezőjű, széles sávban hangolható csőtápvonalas oszcillátorcsaládot fejlesztettünk ki, melynek segítségével 40 GHz-ig tudunk Gunn-diódákat megfelelő módon minősíteni [9, 13, 14].

A 10. ábrán egy ilyen üregben minősített 20 GHz-es sávban működő MFKI gyártmányú Gunn-dióda hangolási karakterisztikája látható. Jelenleg magasabb frekvenciás (20 GHz feletti) alkalmazási célokra kisebb átmérőjű kerámiával rendelkező tokok fejlesztése folyik az MFKI és a TKI együttműködésében.

I R O D A L O M

- [1] Gunn, J. B.: Instabilities of Current in III-V Semiconductors; IBM Journ. Res. and Dev. 1961. április 141–159. old.
- [2] Székely V., dr. Tarnay K.: A Gunn-dióda. Híradástechnika, XX. évf. 3. sz. 65–77. old. (1969).



10. ábra. MFKI gyártmányú Gunn-dióda frekvenciájának és teljesítményének változása a hangoló rövidzár helyzete függvényében

- [3] András Andorné, Barna Á., Barna B. P., Beleznay F., Mojzes I., Pödör B., Sebestyén T., Stark Gy., Szentpáli B., Szép I.: GaAs alapú Gunn-diódák a 7–10 GHz-es frekvenciasávra. Híradástechnika, XXVIII. évf. 2. sz. 48–49. old. (1977).
- [4] Radácsi É., Mojzes I., Pfeifer J.: Comments on the properties of an NH₄OH–H₂O₂ etch on epitaxial GaAs. Kristall und Technik, 15. évf. 6. sz. 747–751. old. (1980).
- [5] Mojzes I., Sebestyén T. and Szigethy D.: Volatile component loss and contact resistance of metals on GaAs and GaP during annealing. Solid-State Electronics, 25. évf. 6. sz. 449–460. old.
- [6] Barna Á., Beleznay F., Mojzes I., Barna P.: Eljárás és berendezés félvezető eszközök előállítására. No. 173 621 számú magyar szabadalom (1975).
- [7] Mojzes, I.: Reliability studies of medium power Gunn diodes. Proc. of the Sixth Coll. on Microwave Communication MICROCOLL 78, Budapest (Hungary), Aug, 1978. Vol. II. pp. IV–3/19. 1–19. 4.
- [8] Bakk, L., Kazi, K., Kovács, B., Mojzes, I., Oláh, A., Veresegyházy, R., Zsebe, L.: Equipment for Reliability Testing of High Gunn Diodes. Proc. on Constronic 84, 9–11, Oct. (1984).
- [9] Kazi, K., Mojzes, I., Kovács, B., Völgyi, F.: Experimental Investigations of High Frequency Gunn-Diodes. Proc. of 7th MICROCOLL 82 6–10, sept. (1982).
- [10] Somogyi, K., Rodionov, A. V.: Some Question of the Characterization of GaAs Epitaxial Layers. Elektroniai Technológiai Szimpozium '83, Budapest, 28–30 Sept.
- [11] Mojzes, I.: Formation of AuGe concts to n-GaAs, phys. stat. sol. (a), 47. évf. 2. sz. K 183–185. old. (1978).
- [12] Mojzes, I.: Electrical modelling of ohmic contacts formation on metal-n-GaAs systems. Acta Physica Hungarica, 48. évf. 2–3. sz. 131–146. old. (1980).
- [13] Kazi, K., Mojzes, I., Angelov, I., Urshev, L. K.: Broadband Investigations of Two Terminal Packages for Microwave Devices. 9th European Specialist Workshop on Active Microwave Semiconductor Devices 10–12 Oct, 1984. Veldhoven, Netherland. Book of Abs.: p. 6.
- [14] Kazi K., Kovács B., Mojzes I.: Nagyfrekvenciás Gunn-diódák tokozási problémái. Mikrohullámú Szeminárium Közleményei. Budapest 1985. jan. 15–16., 325–329. old.
nay F., Mojzes L., Pödör B., Sebestyén T., Stark Gy., Szentpáli B., Szép I.: GaAs alapú Gunn-dió-