

ՀՀ ԿՐԹՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ԳԻՏՈՒԹՅԱՆ ՆԱԽԱՐԱՐՈՒԹՅՈՒՆ
ԵՐԵՎԱՆԻ ՊԵՏԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ

Տիգրան Նուբարի Պողոսյան

ՀԱՃԱԽՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԳԲՀ ԵՎ ՏԵՐԱՀԵՐՅԱՅԻՆ ՏԻՐՈՒՅԹՆԵՐԻ
ԲԱԶՄԱՍՈՂ ԵՐԿԿԱՊ ԷԼԵԿՏՐԱԴԻՆԱՄԻԿԱԿԱՆ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔՆԵՐԻ
ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒՄԸ ԵՎ ԿԻՐԱՌՈՒՄԸ

Ա.04.03 - «Ռադիոֆիզիկա» մասնագիտությամբ
ֆիզիկա-մաթեմատիկական գիտությունների թեկնածուի
գիտական աստիճանի հայցման ատենախոսության

ՍԵՂՄԱԳԻՐ

ԵՐԵՎԱՆ – 2011

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РА
ЕРЕВАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Тигран Нубарович Погосян

ИССЛЕДОВАНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ МНОГОМОДОВЫХ ДВУСВЯЗАННЫХ
ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИХ СТРУКТУР СВЧ И ТЕРАГЕРЦОВОГО ДИАПАЗОНА

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени кандидата
физико-математических наук по специальности

01.04.03 – «Радиофизика»

ЕРЕВАН – 2011

Ատենախոսության թեման հաստատվել է ՀՀ ԳԱԱ Ռադիոֆիզիկայի և
Էլեկտրոնիկայի Ինստիտուտում:

Գիտական ղեկավար՝ Ֆիզ.-մաթ. գիտ. թեկնածու
Ա. Ա. Հախումյան (ՌՖԷԻ)

Պաշտոնական ընդդիմախոսներ՝ ֆիզ.-մաթ. գիտ. դոկտոր
Խ. Վ. Ներկարարյան (ԵՊՀ)
Տեխ. գիտ. թ.
Մ. Յ. Այվազյան (ՀՊՃՀ, Պոլիտեխնիկ)

Առաջատար կազմակերպություն՝ Երեվանի Կապի Միջոցների
Գիտահետազոտական ԻնստիտուտՓԲԸ

Պաշտպանությունը կայանալու է 2011թ. հունիսի 14-ին ժամը 11.00-ին
Երևանի պետական համալսարանում գործող ԲՈՀ-ի 049 մասնագիտական
խորհրդի նիստում: Հասցե՝ 0203, Աշտարակ-2, Ալիխանյան Եղբ., 1, ՀՀ ԳԱԱ ՌՖԷԻ:

Ատենախոսությանը կարելի է ծանոթանալ ԵՊՀ գրադարանում:

Սեղմագիրն առաքված է 2011թ. մայիսի 14-ին:

Մասնագիտական խորհրդի գիտական քարտուղար՝
ֆիզ.-մաթ. գիտ. թեկնածու, դոցենտ



Վ. Պ. Քալանթարյան

Тема диссертации утверждена в Институте Радиофизики и Электроники НАН РА.

Научный руководитель: кандидат физ.-мат. наук
А. А. Ахумян (ИРФЭ)

Официальные оппоненты: доктор физ.-мат. наук,
Г. Р. Неркарарян (ЕГУ)
кандидат техн. наук
М.Ц. Айвазян (ГИУА, Политехник)


Ведущая организация: Ереванский Научно-Исследовательский
Институт Средств Связи

Защита диссертации состоится 14 июня 2011г. в 11.00 часов,
на заседании специализированного совета ВАК 049 при Ереванском Государственном
университете по адресу: 0203, Аштарак, ул. Бр.Алиханян, 1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ЕГУ.

Автореферат разослан 14 мая 2011г.

Ученый секретарь специализированного совета:
кандидат физ.-мат. наук, доцент



В. П. Калантарян

ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅԱՆ ԱՐԴԻԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆԸ

Ներկայումս արդիական խնդիր է էլեկտրամագնիսական սպեկտրի գերբարձր հաճախային (ԳԲՀ) և տերահերցային (ՏՀց) տիրույթներում մեծ արդյունավետությամբ ալիքատարային հանգույցների մշակումը և կիրառումը: Վերջին երկու տասնամյակների ընթացքում հաճախային տիրույթը, որը հայտնի է որպես ՏՀց-ին տիրույթ՝ ընկած էլեկտրամագնիսական սպեկտրի միլիմետրական և ինֆրակարմիր տիրույթների միջև (100ԳՀց-ից մինչև 10ՏՀց), ցուցաբերում է զգալի հետաքրքրություն՝ շնորհիվ էլեկտրական և օպտիկական մեթոդների (գեներացում, ուղղորդում և դետեկտում) զարգացման, որոնք ապահովում են ավելի հեշտ մուտք այդ հաճախությունների տիրույթ: ՏՀց-ին ճառագայթման կիրառման հիմնական ոլորտներն են սպեկտրոսկոպիան, պատկերումը (imaging), հեռամխումը (remote sensing, дистанционное зондирование) և գերարագ կապի համակարգերը [1-3]: ՏՀց-ին ճառագայթումը հանդիսանում է ոչ իոնացնող ենթամիլիմետրական միկրոալիքային ճառագայթում և, ինչպես միկրոալիքները, ունակ է թափանցելու բազմատեսակ ոչ հաղորդիչ նյութերի մեջ: Բազմաթիվ պինդ, հեղուկ և զազային նյութեր ցուցաբերում են եզակի սպեկտրոսկոպիական հատկություններ ՏՀց-ին հաճախություններում: ՏՀց-ը լայնորեն կիրառվում է բժշկության [1] և անվտանգության [2] ոլորտներում: Կապի համակարգերում[3] ՏՀց-ին հաճախությունների կիրառումը գրավիչ է այն փաստով, որ հնարավոր է ինֆորմացիայի գերարագ փոխանակում, և այն, որ այս տիրույթը հասանելի է (ներկայումս 300ԳՀց-ից բարձր տիրույթը ազատ է): ՏՀց-ին տիրույթի զարգացմանը զուգընթաց մեծացավ լայնաշերտ, թույլ դիապերսիայով և անկորուստ ալիքատարների պահանջը: Ելնելով այն փաստից, որ ՏՀց-ին տիրույթում մոտեցումները իրենցից ներկայացնում են ԳԲՀ և օպտիկական հաճախությունների խառնուրդ, ալիքատարային կառուցվածքների հետազոտությունը հիմնվում է այդ

տիրույթներում երկարամյա տեսական և փորձնական հետազոտությունների վրա: Արդյունավետ ալիքատարների բացակայությունը էական խոչընդոտ է հանդիսանում կիրառական ՏՀԳ-ին սարքավորումների զարգացման համար:

ԳԲՀ-ի արդի զարգացումը բնութագրվում է բազմաֆունկցիոնալությամբ, գերլայնաշերտությամբ և բազմահաճախությամբ: Նման հատկություններով օժտված սարքերի[13-15] պահանջարկը թելադրվում է այդ տիրույթի հեռահաղորդակցության, ռադիոլուկացիոն և հեռամիսման համակարգերի զարգացմամբ: Այդ հատկություններով օժտված սարքեր հնարավոր չէ իրականացնել ավանդական ԳԲՀ ալիքատարային եղանակներով իրենց բնորոշ մեծ դիսպերսիայի պատճառով, որը հատկապես իհայտ է գալիս բազմահաճախային սարքերում: Թե՛ ՏՀԳ-ին և թե՛ ԳԲՀ տիրույթների նշված խնդիրները կարող են լուծվել բազմակապ ոչ դիսպերսիվ էլեկտրադինամիկական կառուցվածքների կիրառմամբ, ինչն էլ հավաստիացնում է ատենախոսության արդիականությունը:

ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ՆՊԱՏԱԿԸ

Հետազոտել, մշակել և կիրառել ԳԲՀ և ՏՀԳ-ին տիրույթների երկկապ արդյունավետ կառուցվածքներ, որոնք կապահովեն լայնաշերտություն, ցածր կորուստներ և թույլ մոդային դիսպերսիա: Ատենախոսության նպատակին հասնելու համար առաջադրվել են հետևյալ խնդիրները՝

1. տեսականորեն, թվային մեթոդներով և փորձնականորեն հետազոտել ՏՀԳ-ին տիրույթի երկկապ գոգավոր զուգահեռ թիթեղներով ալիքատարի (ԳԶԹԱ) մոդային բաղադրությունը, դիսպերսիվ և էներգետիկ հատկությունները
2. հետազոտել ԳԶԹԱ-ում թույլ դիսպերսիայով և փոքր դիֆրակցիոն կորուստներով ՏՀԳ-ին իմպուլսների տարածման հնարավորության պայմանները

3. ուսումնասիրել ԳՁԹԱ-ի կայունությունը մեխանիկական դեֆորմացիաների առկայության պայմաններում
4. ԳԲՀ տիրույթի մեծ հզորության ուժեղարարում (ՄՀՈԻ) կիրառման նպատակով մշակելերկկապկառուցվածքով, բազմաճյուղանի, փոքր չափերով և ցածր կորուստներով հզորության գումարիչ/բաժանիչ (ՀԳԲ)
5. ԳԲՀ տիրույթի հեռավորման համակարգերում կիրառման նպատակով մշակելերկկապկառուցվածքով, երկհաճախային և բազմաբևեռացմամբ (ԵԲ) ճառագայթիչ:

ԳԻՏԱԿԱՆ ՆՈՐՈՒԹՅՈՒՆԸ

1. ԳՁԹԱ-ում TE մոդերի տարածման համար ադիաբատիկ մոտարկմամբ ստացվել են դիսպերսիոն հավասարումները և նրանց լուծումները: Ցույց է տրվել, որ TE_{01} մոդը խիստ կենտրոնացվում է ալիքատարի առանցքի մոտակայքում:
2. Առաջին անգամ թվային մեթոդներով և փորձնականորեն ուսումնասիրվել է ԳՁԹԱ-ում քվազի- TEM մոդի տարածման առանձնահատկությունները: Ցույց է տրվել, որ TEM և TM մոդերի վերադրմամբ առաջացած քվազի- TEM մոդը օժտված է ցածր դիֆրակցիոն կորուստներով, թույլ դիսպերսիայով, էներգիայի խտացմամբ և ապահովում է աղավաղումներից զուրկ լայնաշերտ ՏՀց-ին իմպուլսների տարածում:
3. Քվազի- TEM մոդի գրգռման համար առաջարկվել է եղանակ, որը ապահովում է արդյունավետ և պարզ միակցում ընկնող ՏՀց-ին Գաուսյան փնջի հետ:
4. Երկկապ կոաքսիալ կառուցվածքի հիման վրա մշակվել է նոր ռեակտիվ տիպի ռադիալ բազմաճյուղանի ՀԳԲ՝ օժտված փոքր չափերով և գերցածր կորուստներով: ՀԳԲ-ի համաձայնեցման հանգույցը մշակվել է ոչ դասական եղանակով:

5. Մշակված է կոաքսիալ և կլոր ալիքատարների համառանցք համատեղությամբ ԳԲՀ ԵԲ ճառագայթիչ:

ԳՈՐԾՆԱԿԱՆ ԱՐԺԵՔԸ

1. Առաջարկված ԳԶԹԱ-ի քվազի-*TEM* մոդի եղանակը: Մշակված ալիքատարը, ի շնորհիվ թույլ դիսպերսիայի, դիֆրակցիոն կորուստների և էներգետիկ հատկության, լայնորեն կարող է կիրառվել ՏՀց-ին սպեկտրոսկոպիայում և գերարագ կապի համակարգերում:
2. Մշակված ՀԳԲ-ը, շնորհիվ լայնաշերտության և ֆիզիկական փոքր չափերի, լայնորեն կարող է կիրառվել ՄՀՈԻ-ում և ցանցային անտենաների բաշխիչ հանգույցներում:
3. Մշակված ԵԲ ճառագայթիչը, շնորհիվ բազմաֆունկցիոնալության, լայնորեն կարող կիրառվել ինտամիսման համակարգերում:

ՊԱՇՏՊԱՆՈՒԹՅԱՆ ՆԵՐԿԱՅԱՑՎՈՂ ՀԻՄՆԱԿԱՆ ԴՐՈՒՅԹՆԵՐԸ

1. ՏՀց-ին տիրույթի սահմանափակ լայնությամբ ԳԶԹԱ-ում TE, TM և TEM մոդերի տարածման ուսումնասիրման արդյունքները:
 - Սահմանափակ լայնությամբ ԳԶԹԱ-ում առանց դիֆրակցիոն կորուստների կարող է տարածվել միայն TE_{01} մոդը:
 - Առանց դիֆրակցիոն կորուստներով և թույլ դիսպերսիայով կարող է տարածվել նաև քվազի-*TEM* մոդը, որը ներկայացվում է *TEM* և TM_1 մոդերի վերադրմամբ:
 - Քվազի-*TEM* մոդը կարելի է գրգռել ընկնող ՏՀց-ին Գաուսյան փնջի ալիքային վեկտորի և ալիքատարի երկայնական առանցքի միջև՝ որոշակի անկյուն կազմելով:
2. ԳԶԹԱ-ն օժտված է մի շարք առավելություններով՝ ի տարբերություն հարթ զուգահեռ թիթեղներով ալիքատարի (ՀԶԹԱ):

- ԳԶԹԱ-ում TE_{01} և քվադի- TEM մոդերը ունեն ընդգծված էներգիայի կենտրոնացում:
 - ԳԶԹԱ-ը կայուն է մեխանիկական դեֆորմացիաների նկատմամբ:
3. ԳԲՀ տիրույթի բազմաֆունկցիոնալությամբ, գերլայնաշերտությամբ և բազմահաճախությամբ օժտված սարքերը հնարավոր է իրականացնել միայն բազմակապ ոչ դիսպերսիվ էլեկտրադինամիկական կառուցվածքներով:
- Լայնաշերտ, փոքրաչափ համաձայնեցնող հանգույցները իրականացնելի են ոչ մոնոտոն բնույթի փոփոխվող ալիքային դիմադրություններով շղթաների միջոցով
 - Կոաքսիալ և կլոր ալիքատարների համառանցք համատեղությամբ հնարավոր է կառուցել բազմահաճախային և բազմաբևեռացմամբ ճառագայթիչներ ապերտուրային ալեհավաքների համար:

Ատենախոսության հիմնական արդյունքները զեկուցվել են «conference on Lasers and Electro-Optics (CLEO) - 2009» (Baltimore), «Modern Optics and Photonics-Atoms and Structured Media - 2010» (Երևան), «The Technique of Microwave and THz Waves and its Application in Biomedical and Radar Technologies and in Remote Sensing - 2010» (Aghveran) միջազգային գիտաժողովներում, ինչպես նաև ԵՊՀ գերբարձր հաճախությունների ռադիոֆիզիկայի և հեռահաղորդակցության ամբիոնի և ՀՀ ԳԱԱ Ռադիոֆիզիկայի և էլեկտրոնիկայի ինստիտուտի սեմինարներում:

ՀՐԱՊԱՐԱԿՈՒՄՆԵՐԸ

Ատենախոսության հիմնական արդյունքները տպագրվել են 8 գիտական աշխատանքներում, որոնց ցուցակը ներկայացված է սեղմագրի վերջում:

ԱՏԵՆԱԽՈՍՈՒԹՅԱՆ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔԸ

Ատենախոսությունը բաղկացած է ներածությունից, չորս գլխից և 108 անուն պարունակող գրականության ցանկից: Աշխատանքում առկա են 52 նկարներ: Աշխատանքի ընդհանուր ծավալը 104 էջ է:

ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆԸ

Ատենախոսության մեջ տեսականորեն, թվային մեթոդներով և փորձնականորեն հետազոտվել են տարբեր գրգռմամբ, ձևի և երկրաչափության ԳԶԹԱ-ի հատկությունները:

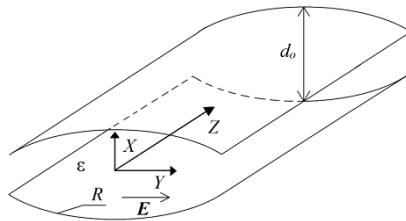
Ներածությունը բաժնում հիմնավորված է թեմայի արդիականությունը, ձևակերպված են նպատակները և խնդիրները, ինչպես նաև հիմնական դրույթները պաշտպանելու համար: Նշված է ստացված արդյունքների գիտական նորույթը և գործնական արժեքը:

Գլուխ 1-ի 1.1. պարագրաֆում դիտարկվել են ՏՀց-ին տիրություն մինչ այժմ հետազոտված հիմնական ալիքատարները: Ներկայացված է ՏՀց-ին իմպուլսների տարածումը ցածր կորուստներով և ուժեղ դիսպերսիայով կլորն ուղղանկյուն դատարկ միջուկով մետաղական ալիքատարներում [4], շափուղե (sapphire) բյուրեղից մանրաթելում [5], մեծ խտությամբ դիէլեկտրիկ (polythene) շերտում [6], կոաքսիալ ալիքատարում [7], ֆոտոնիկ բյուրեղյա մանրաթելերով ալիքատարում [8], մետաղական լարից բաղկացած ալիքատարում [9], երկու մետաղական զլաններով ալիքատարում [1.1], ՀԶԹԱ-ում [10, 11], ԳԶԹԱ-ում [11, 12, 1.2]: Նշված է ՀԶԹԱ-ը՝ որպես ամենալավ ընդհանուր տարածման հատկություններով օժտված պիկո-վայրկյանային իմպուլսների ուղղորդման երկկապ կառուցվածքով ալիքատար:

1.2. պարագրաֆում դիտարկված և քննարկված են ավանդական (անվերջ լայնությամբ) հարթ զուգահեռ թիթեղներով ալիքատարում ալիքային հավասարման

հայտնի լուծումները՝ էլեկտրամագնիսական դաշտի բաղադրիչների արտահայտությունները:

1.3. պարագրաֆում Գ.Զ.ԹԱ-ի (նկ.1) TE մոդերի համար դիսպերսիոն և էներգետիկ հատկությունները ուսումնասիրելու նպատակով ադիաբատիկ մոտարկմամբ, երբ ընկնող ալիքի երկարությունը շատ ավելի փոքր է մակերևույթների կորության շառավիղից ($\lambda \ll R$), լուծվել է ալիքային հավասարումը:



Նկ.1. Գոգավոր գուգահեռաթիթեղներով ալիքատարի կառուցվածքը:

Արդյունքում ստացվել են անալիտիկ լուծումներ դաշտի լարվածության E_y բաղադրիչի և k_{nm} ալիքային թվի համար [1.3]

$$E_y = Ae^{-\frac{1}{2}(\gamma y)^2} H_n(\gamma y) X(x, y) e^{i(kz - \omega t)} \quad (1)$$

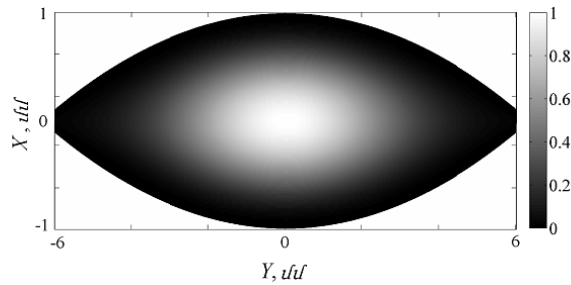
$$k_{nm} = \sqrt{\epsilon \frac{\omega^2}{c^2} - \frac{\pi^2 m^2}{d_0^2} - \frac{(2n+1)^2}{d_0^2}} \sqrt{\frac{2d_0}{R}}, \quad (2)$$

Որտեղ R -ը ալիքատարի իդեալական հաղորդիչ պատերի կորության շառավիղն է, ϵ -ը՝ դիէլեկտրիկ փանցելիություն, d_0 -ն թիթեղների միջև առավելագույն հեռավորություն, $H_n(\gamma y)$ -ն Էրմիտի պոլինոմ, $\gamma^4 = 2/Rd_0^3$,

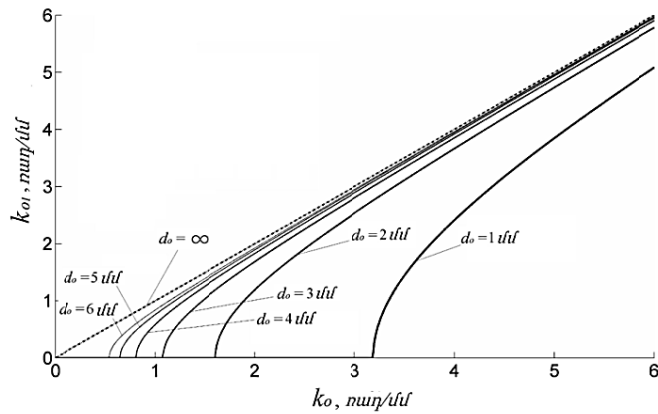
$$X(x, y) = \begin{cases} \cos \frac{\pi m}{d(y)} x, & m=1; 3; 5 \dots \\ \sin \frac{\pi m}{d(y)} x, & m=2; 4; 6 \dots \end{cases} \quad (3)$$

$$H_n(\gamma y) = (-1)^n e^{(\gamma y)^2} \frac{d^n}{d(\gamma y)^n} e^{-(\gamma y)^2} \quad (4)$$

Նկ. 2-ում բերված է հզորության խտության բաշխվածությունը ԳՁԹԱ-ի լայնական կտրվածքում TE_{01} մոդի համար: Նկ. 3-ում բերված են ԳՁԹԱ-ի TE_{01} մոդի դիսպերսիոն կորերը տարբեր d_0 հեռավորությունների դեպքում:

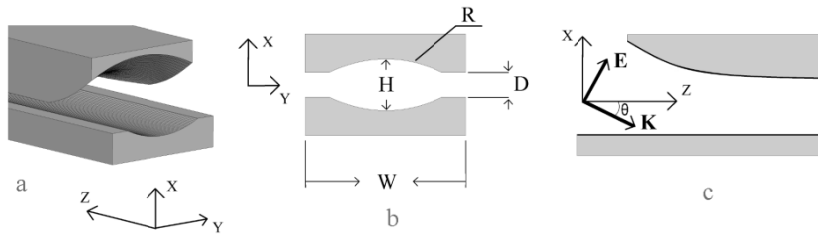


Նկ. 2. TE_{01} մոդի հզորության խտության բաշխվածությունը ալիքատարի ապերտուրայում ($d_0 = 2$ մմ, $= 20$ մմ):



Նկ. 3. ԳՁԹԱ-ում $R = 20$ մմ, $m = 1$, $n = 0$ (k_{01}) մոդի տարածման հաստատունի կախումը k_0 տարածման հաստատունից:

3.3. պարագրաֆում առաջարկված է նոր քվազի-*TEM* մոդի ալիքների գրգռման և տարածման եղանակ, որը կապահովի թույլ դիֆրակցիոն կորուստներ: Առաջարկված քվազի-*TEM* մոդը իրենից ներկայացնում է *TEM* և *TM₁* մոդերի վերադրմամբ ալիք, որի գրգռման համար անրաժեշտ է, որ ընկնող *SZ*-ին Գաուսյան փնջի ալիքային վեկտորը և ալիքատարի երկայնական *z* առանցքը կազմեն θ անկյուն (նկ. 4.-c): *SZ*-ին ալիքների և ալիքատարի միակցումը մեծացնելու և բարձր կարգի *TM* մոդերի առաջացումը նվազագույնի հասցնելու համար թիթեղներից մեկը ունի կորածն բացվածք (նկ. 4.-a, c): Քվազի-*TEM* մոդում հիմնական մոդը *TEM* մոդն է, որը կախված է θ -ից, սակայն *TM₁* մոդի ներդրումը, չնայած այն բանի, որ փոքր է, ապահովում է, որ նորքվազի-*TEM* մոդի պահվածքը նմանվի ալիքատարի ներքևի և վերևի թիթեղիկներից անդրադարձող *TEM* ալիքի:

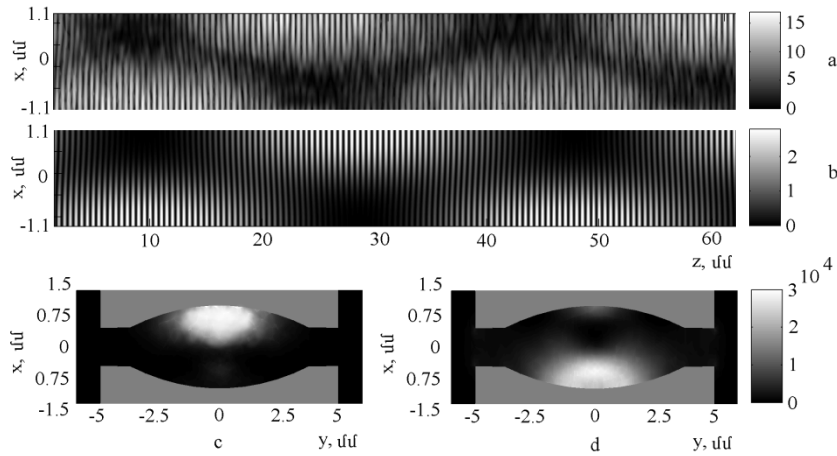


Նկ. 4. ԳՁԹԱ-ի մուտքի եռաչափ (a), լայնական *XY* կտրվածքի (b) և երկայնական *XZ* կտրվածքի (c) կառուցվածքները: ԳՁԹԱ-ում քվազի-*TEM* ալիքի գրգռման մեխանիզմը (c):

Գլուխ 2-ի 2.1. պարագրաֆում քննարկված է թվային մեթոդներով մոդելավորումը՝ որպես այս աշխատանքում թվային հաշվարկների հիմնական մեթոդ:

2.2. պարագրաֆում թվային մեթոդներով հետազոտվել է քվազի-*TEM* մոդի ալիքի գրգռումը ԳՁԹԱ-ում: Արդյունքում թվային մեթոդներով հաշվարկված էլեկտրական դաշտի լարվածության բաշխվածությունը լավ համաձայնության մեջ է ավանդական

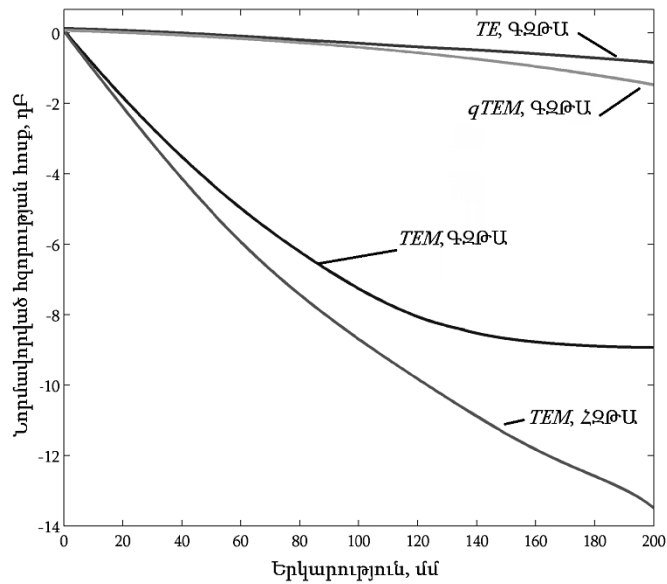
ՀԶԹԱ-ի էլեկտրական դաշտի բաշխվածության հետ (նկ. 5.-a, b), որով և հիմնավորվում է քվազի-*TEM* մոդի՝ որպես *TEM* և TM_1 մոդերի վերադրմամբ մոդի տարածումը: Նկ. 5-ի (c, d)-ից երևում է, որ տեղի ունի էներգիայի խտացում ալիքատարի վերևի և ներքևի թիթեղների մոտ:



Նկ. 5. Էլեկտրական դաշտի լարվածության բաշխվածությունը 300 ԳՀց հաճախության համար *YZ* կտրվածքում (a) ԳԶԹԱ-ում թվային մեթոդներով, (b) ավանդական ՀԶԹԱ-ի հայտնի արտահայտությունից: Թվային մեթոդներով հզորության հոսքի խտության բաշխվածությունը ալիքատարի *XY* կտրվածքում (c)՝ $z = 10$ մմ և (d) $z = 30$ մմ:

2.3. պարագրաֆում թվային մեթոդներով հետազոտված է ԳԶԹԱ-ում մոդային կորուստները: Պարզվել է, որ քվազի-*TEM* մոդի գրգռման θ անկյան մեծացումը բերում է դիֆրակցիոն կորուստների նվազմանը՝ պայմանավորված TM_1 մոդի ամպլիտուդի մեծացմամբ, որից առաաջանում է խնդիր դիսպերսիայի և դիֆրակցիոն կորուստների օպտիմալ համաձայնեցման մեջ: Ցույց է տրված, որ TM_1 մոդի կրիտիկ հաճախությանը մոտենալիս, ԳԶԹԱ-ի քվազի-*TEM* մոդի վարքը մոտենում է ԳԶԹԱ-ի *TEM* մոդին: Թվային մեթոդներով ԳԶԹԱ-ի և ՀԶԹԱ-ի *TEM*, *TE* և քվազի-*TEM* մոդերի դիֆրակցիոն կորուստների հաշվարկների արդյունքների համեմատությունից (նկ. 6) հիմնավորվում է *TE* և քվազի-

TEM մոդերի առավելությունը: Այդ համեմատությունից երևում է նաև, որ քվազի-*TEM* մոդը, լինելով թույլ դիսպերսիվ (ի հաշիվ *TEM* մոդի, որի ներդրումը մեծ է համեմատած TM_1 մոդի)՝ համեմատած *TE* մոդի, ցուցաբերում է այդ մոդին բնորոշ թույլ դիֆրակցիոն կորուստներ:

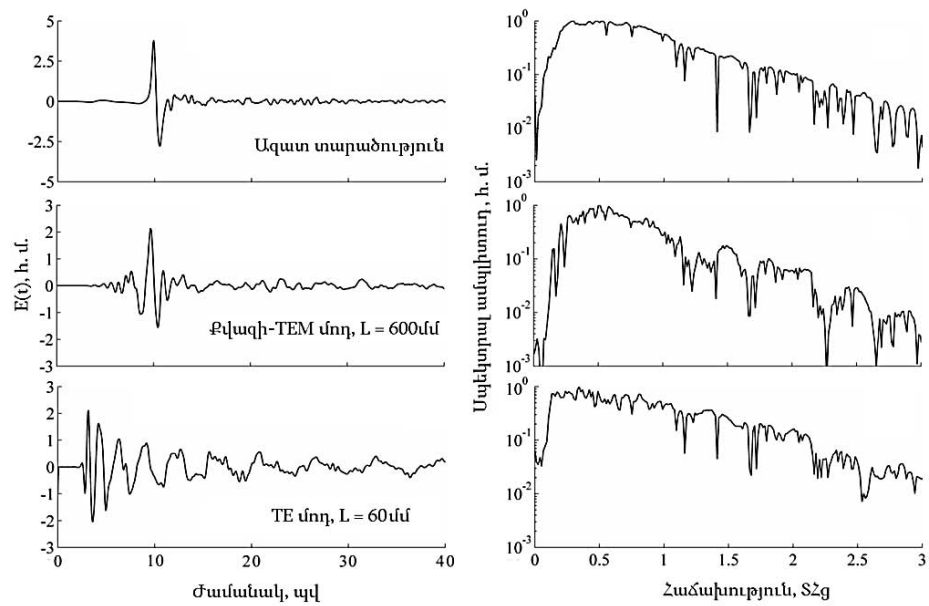


Նկ. 6. ԳՁԹԱ-ի դիֆրակցիոն կորուստները
 $F = 300$ ԳՀց հաճախության համար:

2.4. պարագրաֆում թվային մեթոդներով հետազոտված է ԳՁԹԱ-ի *TE* և քվազի-*TEM* մոդերի կայունությունը մեխանիկական դեֆորմացիաների նկատմամբ: Ցույց է տրված, որ քվազի-*TEM* մոդը առավել կայուն է երկու թիթեղների լայնական զուգահեռության խախտմանը, քան *TE* մոդը: ԳՁԹԱ-ի երկայնական առանցքի շուրջ 90° պտույտի դեֆորմացիայի դեպքում *TE* և քվազի-*TEM* մոդերը ցուցաբերում են բարձր կայունություն և ապահովում են էլեկտրական դաշտի վեկտորի բևեռացման պտույտ:

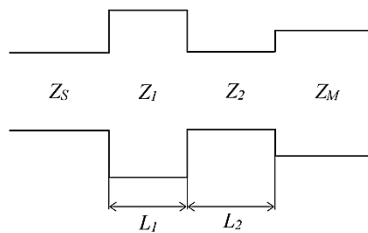
Գլուխ 3-ի 3.1. պարագրաֆում նկարագրված է տերահերցային ժամանակային-տիրույթի սպեկտրոսկոպիայի տիպիկ փորձարարական սարքավորումը:

3.1. պարագրաֆում հետազոտված է SՀg-ին իմպուլսի տարածումը ԳԶԹԱ-ում քվազի-TEM և TE մոդերով: Փորձնական հետազոտության հիմնական երկու փուլերի արդյունքները (նկ. 7), որոնցից առաջինում հետազոտվել է SՀg-ին իմպուլսների տարածումը քվազի-TEM մոդով գերերկար (600մմ) ԳԶԹԱ-ում և երկրորդում TE մոդով, բայց արդեն տասը անգամ կարճ ԳԶԹԱ-ում (60մմ), ցույց են տալիս, որ քվազի-TEM մոդը ապահովում է SՀg-ին իմպուլսների թույլ աղավաղումներով տարածում:



Նկ.7. Ազատ տարածության, ԳԶԹԱ-ում քվազի-TEM և TE մոդերով տարածման ժամանակային (ձախից) և հաճախային (աջից) SՀg-ին իմպուլսի տարածման պատկերները:

Գլուխ 4-ի 4.1. պարագրաֆում ներկայացված է ԳԲՀ տիրույթի ՀԳԲ-ի [1.4] մշակումը: Լայնաշերտության և ցածր կորուստների պայմաններին բավարարելու նպատակով ընտրված է ՀԳԲ-ի ռադիալ տիպ, որի հիմքում ընկած է երկկապ կոաքսիալ կառուցվածքը: Բաժանվող/գումարվող N ճյուղերը (տիպիկ $Z_i = 50 \text{ Ohm}$ ալիքային դիմադրությամբ կոաքսիալ գծեր) կորուստների ցածր մակարդակ ապահովելու նպատակով ուղիղ միացված են գլխավոր կոաքսիալ գծին (ԳԿԳ): ՀԳԲ-ի այս տիպի սխեմայում առաջացած լուրջ խնդիրը, որը կայանում է մեծ տրամագծով և փոքր ալիքային դիմադրությամբ ($Z_M \approx Z_i/N$) ԳԿԳ-ի և տիպիկ 50 Ohm ալիքային դիմադրությամբ կենտրոնական կոաքսիալ գծի (Z_S) համաձայնեցման մեջ: Այդ խնդիրը հաղթահարվել է ոչ մոնոտոն փոփոխվող ալիքային դիմադրությամբ շղթայի միջոցով (նկ. 8):



Նկ.8. Ալիքային դիմադրությունների թռիչքաձև համաձայնեցման սխեմա:

$$Z_S, Z_2 < Z_1 \text{ կամ } Z_S, Z_2 > Z_1 \quad (5)$$

Ի տարբերություն տիպիկ համաձայնեցման շղթաների (ավանդական $\lambda/4$ քառորդ ալիքի և անընդհատ փոփոխվող ալիքային դիմադրության դեպքերի)՝ կիրառված համաձայնեցման շղթայի դիմադրության փոփոխությունը ունի այլընտրանքային ոչ մոնոտոն բնույթ (5): Հաշվի առնելով Z_S -ի և Z_M -ի մեծ հարաբերությունը և տրամագծերի տարբերությունը մուտքային տիպիկ գծին ԳԿԳ-ի ($N = 16, Z_M = 3.1 \text{ Ohm}$), որին ուղիղ միացված են բաժանվող/գումարվող ճյուղերը, ընտրվել է 12

մասից բաղկացած համաձայնեցման հանգույց:Արդյունքում ստացվել է ցածր կորուստներով, փոքր չափերով և լայնաշերտ ՀԳԲ:

4.2. Պարագրաֆում ներկայացված է ԳԲՀ տիրույթի ԵԲ ճառագայթիչի մշակումը: ԵԲ ճառագայթիչի իրականացման համար ընտրվել է կոաքսիալ և կլոր ալիքատարների համառոնցք համատեղությամբ երկկապ կառուցվածք[1.5-1.8]: Կոաքսիալ ալիքատարով ճառագայթում ապահովելու նպատակով նրանում գրգռվել է ոչ հիմնական TE_{11} մոդ (երկու բևեռացման համար): Կլոր ալիքատարի երկբևեռ սնումը իրականացվել է փոխուղղահայաց բևեռացմամբ երկու ուղղանկյուն ալիքատարներով:ԵԲ ճառագայթիչն թվային մեթոդներով մոդելավորելուց և իրականացնելուց հետո կիրառվել է հեռամխման համակարգում:

ԵԶՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ

1. Ադիաբատիկ մոտարկմամբ ստացվել են ԳԶԹԱ-ի TE մոդերի դիսպերսիոն հավասարումներ և լուծումներ: Արդյունքները ցույց են տալիս, որ TE_{01} մոդի դաշտի բաշխվածությունը խիստ կենտրոնացված է ալիքատարի առանցքի շրջակայքում:
2. Թվային մեթոդներով և փորձնականորեն հետազոտվել են ԳԶԹԱ-ում քվազի- TEM մոդի տարածման հատկությունները: Ցույց է տրվել, որ TEM և TM_1 մոդերի գումար հանդիսացող քվազի- TEM մոդը օժտված է ցածր դիֆրակցիոն կորուստներով, թույլ դիսպերսիայով, ալիքատարի թիթեղներին մոտ հզորության հոսքի խտացմամբ և ապահովում է աղավաղումներից զուրկ լայնաշերտ ՏՀց-ին իմպուլսների տարածում:
3. Առաջարկվել և փորձնականորեն հաստատվել է քվազի- TEM մոդի գրգռման եղանակ, որում ընկնող ՏՀց-ին Գաուսյան փնջի ալիքային վեկտորը ալիքատարի առանցքի հետ կազմում է որոշակի անկյուն:
4. Ցույց է տրվել, որ ԳԶԹԱ-ը կայուն է մեխանիկական դեֆորմացիաների նկատմամբ, ինչպիսիք են թիթեղների զուգահեռության խախտումը և պտույտը

առանցքի շուրջ: Պարզվել է, որ ԳՁԹԱ-ի առանցքի շուրջ պտտման ժամանակ դիտվում է TE և քվադի- TEM մոդերի բնեղեցման պտույտ:

5. Երկկապ կոաքսիալ կառուցվածքի հիման վրա մշակվել է ռեակտիվ տիպի ռադիալ բազմաճյուղանի ՀԳԲ, որի առանձնահատկությունը, ներառելով լայնաշերտությունը, փոքր չափերը և գերցածր կորուստները, կայանում է նոր, ոչ մոնոտոն փոփոխվող ալիքային դիմադրության համաձայնեցման կառուցվածքում:
6. Կոաքսիալ և կլոր ալիքատարների համառանցք համատեղության հիման վրա բարձր մոդերի կիրառմամբ մշակվել է լայնաշերտ երկհաճախային և բազմաբնեռացմամբ անտենային ճառագայթիչ:

ՀՂՎԱԾ ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

1. P. Ashworth, E. Pickwell-MacPherson, E. Provenzano, S. Pinder, A. Purushotham, M. Pepper, V. Wallace, *Opt. Exp.*, 17, 12444 (2009).
2. G. Davies, A. Burnetta, W. Fana, E. Linfield, J. Cunningham, *Mat. To.*, 11, 18 (2008).
3. R. Piesiewicz, T. Kleine-Ostmann, N. Krumbholz, D. Mittleman, M. Koch and T. Kürner, *IEEE 31st Int. Conf. On IRMMW and 14th Int. Conf. on THz Elec.*, 96 (2006).
4. G. Gallot, S. Jamison, R. McGowan, D. Grischkowsky, *J. Opt. Soc. B.*, 17, 851 (2000).
5. S. Jamison, R. McGowan and D. Grischkowsky, *Appl. Phys. Lett.* 76, 1987, (2000).
6. R. Mendis and D. Grischkowsky, *J. Appl. Phys.* 88, 4449 (2000).
7. Tae-In Jeon and D. Grischkowsky, *Appl. Phys. Lett.* 85, 6092 (2004).
8. H. Han, H. Park, M. Cho, J. Kim, *App. Phys. Lett.* 80, 2634 (2002).
9. T.-I. Jeon, J. Zhang, D. Grischkowsky, *Appl. Phys. Lett.* 86, 161904 (2005).
10. R. Mendis and D. Grischkowsky, *Opt. Lett.* 26, 846-848 (2001).
11. R. Mendis, M. Mittleman, " *J. Opt. Soc. America B*, 26, 9, A6 (2009).
12. M. Mbonye, R. Mendis, D. Mittleman, *OSA / CLEO/QELS 2010*, paper JWA119.
13. Cheng Haifeng Zhang Bin, *ICSICT 2008. 9th International Conference*, p. 1415.
14. S. Chen; *Proc. ICMMT 2002. 2002 3rd International Conference*, 948 – 951, 2002.
15. Q. Zhang, C.-W. Yuan, L. Liu., *Antennas and Wireless Propagation Lett., IEEE*, 8, 1357, 2009.

- 1.1. Yu. H. Avetisyan , A. H. Manukyan, H. S. Hakobyan, *T. N. Poghosyan* , "Two-dimensional confined terahertz wave propagation in gap plasmon waveguide formed by two cylindrical surfaces", Proc. of Modern Optics and Photonics Atoms and Structured Media, pp 325-338 (2010).
- 1.2. Yu. Avetisyan, A. Hakhoumian, A. Makaryan, *T. Poghosyan*, Undistorted Terahertz Pulses Propagation in Slightly Curved Parallel Plate Waveguide, OSA/CLEO/IQEC 2009, paper CThQ2.
- 1.3. Т.Н. Погосян, ТЕ моды в волноводах с двумя параллельными цилиндрическими поверхностями, Известия НАН РА, Физика, т. 46, № 4, с. 278-282.
- 1.4. A. Hakhoumian, N. Poghosyan, *T. Poghosyan*, A. Gasparyan, Coaxial microwave radial power combiner/divider, Proc. IRPhE'2010, Aghveran, Armenia, 2010, pp. 145-149.
- 1.5. А.К.Аракелян, И.К.Акопян, А.А.Аракелян, А.К.Гамбарян, М.Л.Григорян, В.В.Карян, М.Р.Манукян, Г.Г.Оганнесян, Н.Г.Погосян и *Т.Н.Погосян*, "Двухканальный, пляриметрический, совмещенный скаттерометр-радиометр на 5.6ГГц", Электромагнитные волны и электронные системы, Том. 12, No. 11, 2007, стр. 41-47.
- 1.6. Artashes K. Arakelyan, Astghik K. Hambaryan, Vanik V. Karyan, Melanya L. Grigoryan, Gagik G. Hovhannisyan, Arsen A. Arakelyan, Marine G. Simonyan, *Tigran N. Poghosyan* and Nubar G. Poghosyan, "C- and Ku-band, dual-frequency, multi-polarization, combined scatterometer-radiometer system for sea, land, and atmospheric remote sensing", Radar Sensor Technology XIV, edited by Kenneth I. Ranney, Armin W. Doerry, Proc. of SPIE, vol.7669, 2010, pp. 766905-1-766905-8.
- 1.7. Artashes K. Arakelyan, Astghik K. Hambaryan, Vanik V. Karyan, Gagik G. Hovhannisyan, Arsen A. Arakelyan, Marine G. Simonyan, *Melanya L. Grigoryan, *Tigran N. Poghosyan* and Nubar G. Poghosyan, "C and Ku-band, two-frequency, polarimetric, combined Doppler scatterometer-radiometer system for land and sea surface microwave remote sensing", Proc. IRPhE'2010, Aghveran, Armenia, 2010, pp. 119-124.
- 1.8. Аракелян А.К., Аракелян А.А., Гамбарян А.К., Григорян М.Л., Карян В.В., Оганнесян Г.Г., Погосян Н.Г. и *Погосян Т.Н.*, "Двухчастотный, четырехканальный, многополяризационный, совмещённый скаттерометр-радиометр диапазонов С и Ku", "Успехи современной радиоэлектроники", ном.2, 2011г., стр. 55-65.

АННОТАЦИЯ

Основной проблемой при создании сверхширокополосных устройств ТГц и СВЧ диапазонов длин волн на основе традиционных волноведущих структур является присущая им значительная дисперсия. Диссертационная работа посвящена исследованию и применению в ТГц и СВЧ диапазонах длин волн многосвязанных бездисперсионных электродинамических структур. В частности исследован модовый состав и условия распространения широкополосных ТГц волн в ограниченных по ширине двухсвязанных волноводах с параллельными изогнутыми поверхностями (ПИП). Основной целью этих исследований является создание в ТГц диапазоне волноведущих структур, обеспечивающих бездисперсионное направленное распространение с малыми дифракционными потерями, а также методов их возбуждения Гауссовыми пучками. Исследованы так же многомодовые сочетания коаксиальных и круглых волноводов с целью создания сверхширокополосных, многочастотных и бездисперсионных устройств СВЧ диапазона. Аналитически и методами численного и прямого эксперимента получены следующие основные результаты:

1. В адиабатическом приближении получены дисперсионные уравнения и их решения для TE мод в ПИП волноводе. Эти результаты показывают, что распределение электрического поля моды TE_{01} концентрировано в осевой области волновода.
2. Методами численного моделирования и экспериментально исследованы особенности распространения квази- TEM моды в ПИП волноводе. Установлено, что квази- TEM мода, образующаяся суперпозицией TEM и TM_1 мод, обладает малыми дифракционными потерями, слабой дисперсией, выраженными областями сгущения плотности потока мощности вблизи волноведущих поверхностей и обеспечивает безискаженное распространение сверхширокополосных ТГц импульсов.

3. Предложен метод возбуждения квази-*ТЕМ* моды ТГц Гауссовым пучком направленным под определенным углом к оси ПИП волновода. Метод подтвержден экспериментальными результатами.
4. Показано, что волновод с параллельными искривленными поверхностями устойчив к механическим деформациям, таким как нарушения параллельности двух поверхностей и поворот вокруг оси. Было выявлено, что во время поворота вокруг оси поворачивается и поляризация электрического поля.
5. На основе двухсвязной коаксиальной структуры разработан реактивный широкополосный многоплечий сумматор-делитель реактивного типа с радиальным распределением. Особенностью этого устройства сочетающего широкополосность, малые потери и габариты является новая согласующая структура с немонотонным ходом волнового сопротивления.
6. На основе соосного совмещения круглого и коаксиального волноводов с использованием высших мод создан широкополосный двухдиапазонный и всеполяризационный антенный облучатель.

Как следует из приведенных результатов предложенный волновод состоящий из двух параллельных скривленных поверхностей весьма перспективен для применения в ТГц диапазоне длин волн. Благодаря слабой дисперсии, малым дифракционным потерям, самофокусирование и устойчивости к деформациям, эти волноводы могут найти широкое применения в области широкополосной ТГц спектроскопии, системах построения изображения и сверхскоростной телекоммуникации. Устойчивость к деформациям и поворот плоскости поляризации при скручении вокруг оси позволят создавать сложные функциональные устройства ТГц диапазона длин волн на основе предложенного волновода.

Созданные на основе многосвязных волноводов функциональные устройства, могут найти широкое применение при разработке широкополосных твердотельных усилителей мощности и распределительных цепей фазированных антенных решеток.

STUDY AND APPLICATION OF TWO-COUPLED MULTIMODE ELECTRODYNAMIC
STRUCTURES IN THz AND MICROWAVE WAVEBANDS

ANNOTATION

The main problem in creating ultra-wideband devices in THz and microwave wavebands based on traditional waveguide structures, is their significant dispersion. This dissertation is devoted to investigation and application of multi-coupled dispersionless electrodynamic structures in THz and microwave wavebands. In particular, it is investigated the mode composition and distribution terms of broadband THz waves in limited by the width multi-coupled waveguides with curved parallel plates.

The main purpose of this research is to create THz waveguide structures providing dispersionless guided propagation with low diffraction losses, as well as the respective methods of excitation with Gaussian beams. The combinations of multimode coaxial and circular waveguides are investigated in order to create ultra-wideband, multi-frequency and dispersionless microwave devices.

The following results are obtained from analytical, numerical and direct experimental investigations:

1. In the adiabatic approximation the dispersion equations and their solutions for TE modes in curved parallel plate waveguide (CPPWG) have been obtained. These results show that the distribution of the electric field of TE_{01} mode is concentrated in the axial region of the waveguide.
2. The features of propagation of quasi- TEM mode in CPPWG have been investigated experimentally and by numerical simulation. It is established that the quasi- TEM mode, which represents itself the superposition of TEM and TM_1 modes, has a low diffraction losses, weak dispersion, well expressed regions of concentration of power flux density

near the waveguide surface and provides undistorted propagation of ultra-wideband THz pulses.

3. The method of excitation of quasi-*TEM* mode THz Gaussian beam aimed at a certain angle to the axis of the CPPWG has been proposed. This method is confirmed by experimental results.
4. It is shown that a waveguide with curved parallel plates is resistant to mechanical deformation, such as violation of the parallelism of two plates and rotation around the axis. It was found that the rotation around the axis results in rotation of polarization of the electric field as well.
5. Reactive type broadband multiport divider with a radial distribution has been designed based on doubly coaxial structure. A feature of this device which combines broadband, low loss and size matching section is a new structure with a non-monotonic course of the impedance.
6. Broadband dual-band, and multipolarization antenna feedhorn has been designed. On the basis of combination of circular and coaxial waveguides using higher-order modes.

As it follows from the results, the proposed waveguide consisting of two curved parallel plates is very promising for applications in THz waveband. Due to the weak dispersion, low diffraction losses, self-focusing and resistance to deformation, these waveguides can find wide application in the field of broadband THz spectroscopy, imaging systems and high-speed telecommunications. Resistance to deformation and rotation of polarization in twisted around the axis allows to create complex functional THz waveband devices based on proposed waveguide.

Multi-coupled waveguide based functional devices can find wide application in the development of broadband solid-state power amplifiers and switching circuits in phased array antennas.