

Հ.Ա. ԱՎԵՏԻՍՅԱՆ

ՄԵՏԱՂ – ԴԻԷԼԵԿՏՐՈՆԻԿԱԿԱՆ ԱԼԻՔՍԱՐՆԵՐԻ ՀԻՄԱՆ ՎՐԱ ՏԵՐԱԶԵՐՑԱՅԻՆ ՏԻՐՈՒՅԹԻ ԸՆԴՈՒՆԻՉԻ ՄՈՒՏՔԱՅԻՆ ՄԱՍԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ

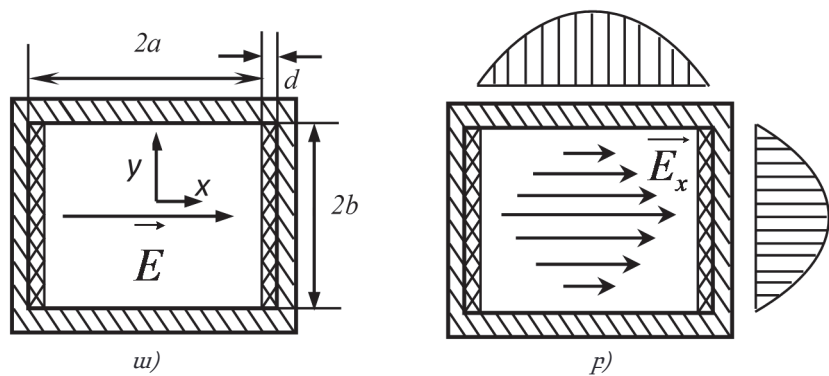
Դիտարկված են տերահերցային հաճախականային տիրույթի ազդանշանի ընդունման խնդիրները, և առաջարկված է լուծման հայեցակարգային ճանապարհ: Ցույց է տրված տերահերցային տիրույթում մետաղ-դիէլեկտրիկական ալիքատարարների՝ որպես ուղղորդող համակարգերի կիրառման նպատակահարմարությունը: Առաջարկված է որպես տերահերցային տիրույթում սուպերհետերոդինային ընդունիչի խառնիչ կիրառել Մախ-Ցենդերի ինտերֆերաչափը, ինչպես նաև քննարկված են դիէլեկտրիկական սեպի միջոցով էներգիայի ֆոկուսացման և ցածր աղմկային արբանյակային ընդունիչին հաղորդման հարցերը: Մտացված արդյունքները թույլ են տալիս տերահերցային տիրույթում ստեղծել բարձր զգայնությամբ ընդունիչներ:

Առանցքային բառեր. տերահերցային տիրույթ, Մախ-Ցենդերի ինտերֆերաչափ, դիէլեկտրիկական սեպ, ցածր աղմկային արբանյակային ընդունիչ:

Ներածություն: Տերահերցային տիրույթը (*SZg*) գտնվում է գերբարձր հաճախությունների (*GFZ*) և օպտիկական տիրույթների միջև [1]: Չնայած դեռևս անցած դարի 80 - ական թվականներից սկսված տերահերցային տեխնոլոգիայի բուռն զարգացմանը՝ մինչ օրս էլ նշված տիրույթը համարվում է ամենաքիչ ուսումնասիրվածը: *SZg* - ային տիրույթի զարգացմանը զուգահեռ մեծացավ նաև լայնաշերտ, ցածր դիսպերսիայով և նվազագույն կորուստներով ուղղորդող համակարգերի՝ ալիքատարների պահանջը, որոնց հիման վրա հնարավոր կլինի ստեղծել տարբեր նշանակության ֆունկցիոնալ տարրեր: Ուղղորդող համակարգերին ներկայացվող պահանջներն են՝ հավասարաչափ հաճախականային և զծային փուլային բնութագրերը, նվազագույն կորուստները միավոր երկարության վրա, ցածր դիսպերսիան և հաղորդվող թույլատրելի հզորության առավելագույն մակարդակը:

Մետաղ - դիէլեկտրիկական ալիքատարներ: Տերահերցային տիրույթում մետաղական ալիքատարների լայն կիրառմանը խոչընդոտում են մի շարք գործոններ. միկրոսկոպիկ չափերով պայմանավորված՝ մետաղական միամող ալիքատարների պատրաստումը անհնար է, սկին - էֆեկտով առաջացած կորուստները գերազանցում են բոլոր թույլատրելի նորմերը, իսկ գերմեծ ալիքատարների (ալիքատարի երկրաչափական չափսերը շատ անգամ մեծ են նրանով տարածվող ալիքի երկարությունից) կիրառումը սահմանափակվում է բազմամոդայությամբ, և ինքնազտման անհրաժեշտություն է առաջանում. այդպիսի հատկություններով

մետաղական ալիքատարներն օժտված չեն: Ղիէլէկտրիկական ալիքատարների հիմնական թերություններն են ճառագայթման կորուստները, ռեզոնանսային պատուհանի և, այսպես կոչված, արգելված գոտու առկայությունը և միլիմետրի կարգի երկրաչափական չափսերը: Այս ամենը կարևոր դեր է կատարում և թույլ չի տալիս ղիէլէկտրիկական ալիքատարների հիման վրա ստեղծել տարբեր նշանակության ֆունկցիոնալ տարրեր տերահերցային տիրույթում: Ներկայումս տերահերցային տիրույթում առավել ընդունելի բնութագրեր ունեն մետաղ-ղիէլէկտրիկական ալիքատարները (նկ. 1):

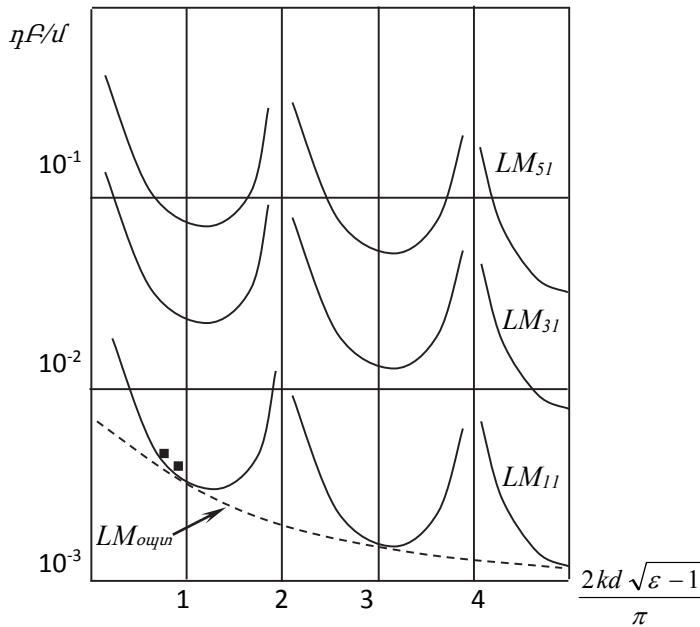


Նկ. 1. Մետաղ – ղիէլէկտրիկական ալիքատար. ա) ալիքատարի չափսերը, բ) ալիքատարի լայնական հատույթում դաշտի բաշխվածությունը

Այս ալիքատարում աշխատանքային ալիք է երկայնական մագնիսական LM_{11} մոդը, որը բնութագրվում է գործնականում հարթ փուլային ճակատով, ալիքատարի երկայնքով ամպլիտուդային առավելագույն բաշխվածությամբ և զծային բևեռվածությամբ [2]: Հակադիր պատերին ղիէլէկտրական շերտով մետաղ-ղիէլէկտրիկական ալիքատարի մարումները հաշվարկվում են տարածման հաստատունի $h = h' - jh''$ կեղծ մասով:

$$h'' = -\frac{(\alpha_x^0)^2}{(ka)k} \chi + \frac{(\alpha_y^0)^2}{2(kb)k} \sqrt{\frac{f}{\sigma}}, \quad (1)$$

որտեղ a, b - ն ալիքատարի չափսերն են, f -ը՝ հաճախականությունը, $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ -ը՝ ալիքային հաստատունը, իսկ σ -ն՝ մետաղի տեսակարար հաղորդականությունը: Բանաձև (1)-ից հետևում է, որ եթե միաժամանակ փոքրացնենք ալիքի երկարությունը և ղիէլէկտրական շերտի հաստությունը այնպես, որ $kd\sqrt{\varepsilon - 1}$ մեծությունը մնա հաստատուն, ապա ղիէլէկտրիկով պայմանավորված կորուստները կնվազեն λ^2 անգամ, իսկ մետաղով պայմանավորված կորուստները՝ $\lambda^{3/2}$ անգամ:



Նկ.2. Ալիքատարում LM_{11} , LM_{31} և LM_{51} մոդերի հաշվարկային մարումները՝ կախված ալիքի երկարությունից

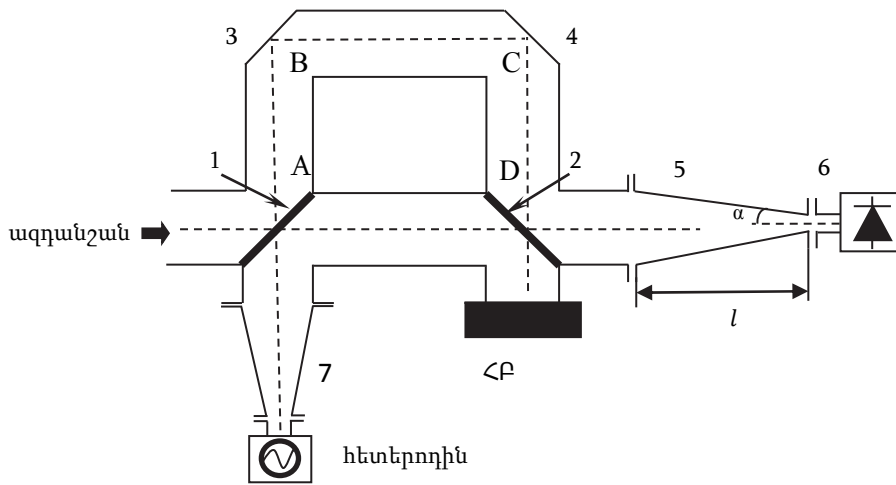
Նկ. 2 - ում ներկայացված են LM_{11} , LM_{31} և LM_{51} մոդերի հաշվարկային մարումները ալիքի երկարությունից երկկողմ դիելեկտրական պատերով ուղղանկյուն կտրվածքով ալիքատարում՝ $a = b = 5$ մմ, դիելեկտրիկի բնութագրերը՝ $\epsilon=2,07$, $\text{tg}\delta=5 \cdot 10^{-4}$, $d=480$ մկմ, մարումները 10×10 մմ չափսերով ալիքատարում՝ համապատասխանաբար 150 և 180 ՉՀց համար: Աշխատանք [2] -ում ցույց է տրված, որ դիելեկտրական շերտի հաստության $d = \lambda/4 \sqrt{\epsilon - 1}$ դեպքում դիելեկտրական շերտով հաղորդվող հզորությունը չի գերազանցում ալիքատարի ուղիով հաղորդվող հզորության 1%-ը: Այսպիսով, կարելի է փաստել, որ շնորհիվ ցածր կորուստների՝ հաղորդվող մեծ հզորության և աշխատանքային մոդի գծային բևեռվածության առկայությունը թույլ է տալիս տերահերցային տիրույթում մետաղ - դիելեկտրիկական ալիքատարային համակարգերի հիման վրա իրականացնել տարբեր նշանակության ֆունկցիոնալ տարրեր [2]:

Հաճախականությունների խառնիչ: Միլիմետրային տիրույթի կարճալիքային տեղամասում գերբարձր հաճախականային կորուստները նպաստում են ընդունիչի աղմկային բնութագրերի վատթարացմանը, այդ պատճառով հետերոդինի և ազդանշանի հզորության բաշխմանը հատկացվում է մեծ ուշադրություն [3, 4]: Այս խնդիրների լուծման համար հեռանկարային է համարվում ինտերֆերաչափական համակարգերի կիրառումը՝ ի տարբերություն ավանդական բալանսային սխե-

մաների, որոնց աշխատանքի արդյունավետությունը խիստ կախված է երկու խառնիչային դիոդների նույնականությունից: Այս դեպքում հետերոդինից առաջացած աղմուկները ճնշվում են միայն մեկ խառնիչային դիոդով, ինչի շնորհիվ ռադիո-ընդունիչի աղմուկի գործակիցը ընդունում է հարաբերականորեն ցածր արժեք [4]: Նման մոտեցումը հանդիսանում է ավելի հեռանկարային և անկախ՝ հատկապես տերահերցային տիրույթում: Նկ. 3-ում ցույց է տրված մետաղ – դիէլեկտրիկական ալիքատարների հիմքով Մախ-Յենդերի ինտերֆերաչափի սկզբունքային բով – դիագրամը (բաղկացած է երկու դիէլեկտրական բաժանիչներից՝ 1 և 2, երկու անկյունային շրջադարձերից՝ 3,4 և ՀԲ - համաձայնեցված բեռից), ինչպես նաև դիէլեկտրիկական սեպը՝ 5, որը կատարում է ֆուկուսացնող տարրի գործառույթ, խառնիչային դիոդը՝ 6 և աշխատանքային LMH մոդի գրգռիչը՝ 7, որի աշխատանքի սկզբունքը ներկայացված է աշխատանք [5] –ում: Ազդանշանի և հետերոդինի հզորություններն անցնում են A-D ուղղով էլքային դիէլեկտրական 1 բաժանիչով, այնուհետև՝ մուտքային 2 բաժանիչով, նաև շրջանցող A-B-C-D ուղիով, որոնց երկարությունները համապատասխան կլինեն l_{ABCD} և l_{AD} : Ընդ որում, որոշիչ նշանակություն ունի ճանապարհների տարբերությունը՝ $L = (l_{ABCD} - l_{AD})$, որը որոշում է համակարգի փուլային շեղումները: Հաղորդվող հզորության “ազդանշանի մուտք – խառնիչ” η_1 և “հետերոդինի մուտք–խառնիչ” η_2 գործակիցները որոշվում են (2) բանաձևով.

$$\eta_1 = \frac{1}{2}(1 - \cos k_0 L), \quad \eta_2 = \frac{1}{2}(1 + \cos k_0 L), \quad (2)$$

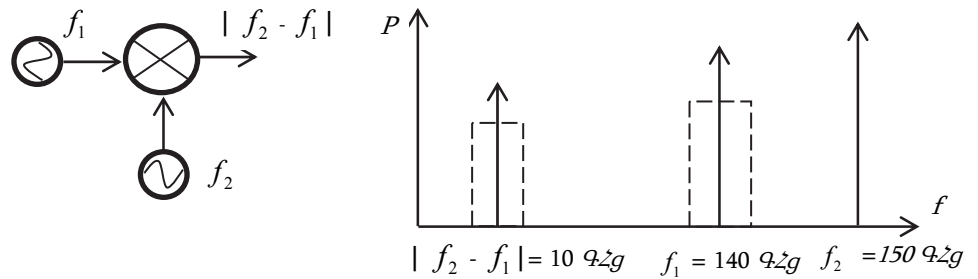
որտեղ $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ ալիքային թիվն է: Եթե ճանապարհների տարբերությունը հավասար է միջանկյալ հաճախականության կեսին (կիսալիքային ինտերֆերաչափ), ապա ազդանշանի և հետերոդինի փոխանցման գործակիցները միաժամանակ հասնում են իրենց առավելագույն արժեքներին, իսկ ազդանշանի և հետերոդինի էլքերը կլինեն միմյանցից տարանջատված: Այսպիսի վերադրող սարքի օգտագործումը հանգեցնում է զգալի առավելության սուպերհետերոդինային ընդունիչի կազմում [6]:



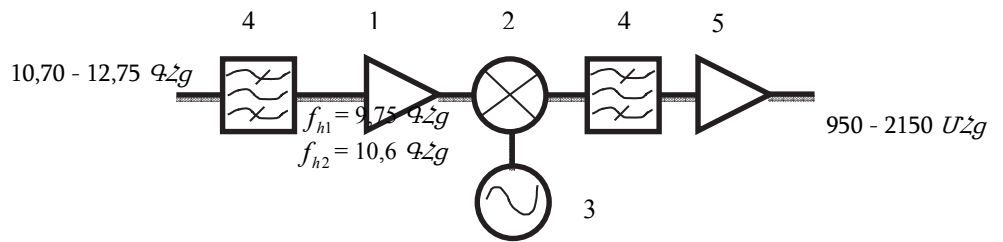
Նկ 3. Խառնիչի սկզբունքային սխեման

Ավելին, կիսաալիքային ինտերֆերաչափը ապահովում է հետերոդինի աղմուկների ճնշումը՝ համեմատած QFZ ընդունիչներում կիրառվող բալանսային սխեմայով խառնիչների [7]: Բայց, ի տարբերություն ավանդական բալանսային սխեմաների, դիտարկվել դեպքում հետերոդինի բարձր կարգի աղմուկները ($\leq 10 \mu F$) ճնշվում են՝ օգտագործելով միայն մեկ խառնիչային դիոդ [8]: Մինչ ցածր աղմկային արբանյակային ընդունիչին ազդանշանի փոխանցումը՝ անհրաժեշտ է ինտերֆերաչափից դուրս եկող հզորությունը նվազագույն մարումներով ֆոկուսացնել և ուղղել դեպի խառնիչային դիոդը: Ֆոկուսացնող տարրը ներկայացնում է դիելեկտրիկական սեպ: Աշխատանք [9] -ում հաշվարկված է մետաղ - դիելեկտրիկական ալիքատարով կազմված դիելեկտրիկական սեպի բացման անկյունը՝ տվյալ դեպքում բացման անկյունը՝ $\alpha=5,740$, իսկ սեպի երկարությունը՝ $l = a/2ctg \alpha=69 \text{ մմ}$:

Ցածր - աղմկային արբանյակային ընդունիչ: Ընդունիչի մուտքային $f_1 = 140 \text{ ԳՀց}$ հաճախության ազդանշանի և հետերոդինի տատանման $f_2 = 150 \text{ ԳՀց}$ հաճախության դեպքում խառնիչային դիոդ (որը նաև ներկայացնում է դեղեկտոր) ելքում ստացվում է հետերոդինի և ազդանշանի հաճախությունների տարբերության մոդուլը՝ $|f_2 - f_1|$ (նկ. 4), ինչը մոտ է 10 ԳՀց -ին, և այն կարելի է փոխանցել ցանկացած ցածր - աղմկային արբանյակային ընդունիչի, որոնք ավանդաբար ունեն շատ լավ բնութագրեր:



Նկ. 4. Հաճախականության խառնման և սպեկտրի տեղափոխման գործընթացը



Նկ. 5. Ցածր - աղմկային արբանյակային ընդունիչի բլոկ - սխեման

Ցածր - աղմկային արբանյակային ընդունիչը LNB (Low Noise Block) (նկ. 5) ներկայացնում է դասական ԳԲՀ ընդունիչ՝ կազմված ցածր - աղմկային ուժեղարարից՝ 1, հաճախականային խառնիչից՝ 2, հետերոդինից՝ 3, շերտավոր գոծիչներից՝ 4 և միջանկյալ հաճախականությունների (ՄՀ) գոծիչից: Տվյալ դեպքում դիոդից ընդունելով միկրոալիքային ազդանշանը՝ ուժեղացնում է այն և ազդանշանի սպեկտրը իջեցնում է միջանկյալ հաճախականությունների շերտ: Աղյուսակում ներկայացվում են ցածր - աղմկային արբանյակային ընդունիչի տիպային տեխնիկական բնութագրերը:

Աղյուսակ

LNB տեխնիկական բնութագրերը

Աղմուկի գործակից	0,2 դԲ
Ուժեղացման գործակից	60 դԲ
Մուտքային տիրույթ	10,70...12,75 ԳՀց
Ելքային տիրույթ	950...2150 ՄՀց
Հետերոդինի ստորին հաճախականություն, f_{h1}	9,75 ԳՀց
Հետերոդինի վերին հաճախականություն, f_{h2}	10,60 ԳՀց

Կախված ընդունվող ազդանշանի տիրույթից՝ արբանյակային ընդունիչի հաճախականությունն ընդունում է համապատասխանաբար f_{h1} և f_{h2} արժեքները, որոնք բերված են աղյուսակում:

Եզրակացություն: Մետաղ – դիէլեկտրիկական ալիքատարների ցածր կորուստները, աշխատանքային մոդի գծային բևեռվածությունը և մեծ հզորություններ հաղորդելու ունակությունը դիտարկվող դեպքում տերահերցային տիրույթի ընդունիչի համար կարելի է իրականացնել տվյալ տեսակի ուղղորդող համակարգերի միջոցով: Հաճախականությունների խառնումը ինտերֆերաչափական մոտեցմամբ հնարավորություն է տալիս միայն մեկ խառնիչային դիող կիրառել և ստանալ հետերոդինի աղմուկների ճնշման բարձր արժեք, ինչի շնորհիվ ընդունիչի աղմկային բնութագրերը ցածր արժեք են ընդունում: Էներգիայի ֆոկուսացումը նվազագույն մարումներով իրականացվում է դիէլեկտրական սեպի կիրառմամբ: Խառնիչային դիողի էլքում ստացված ազդանշանը հաղորդվում է ցածր – աղմկային արբանյակային ընդունիչին, որն ունի ընդունելի ամկային բնութագրեր՝ 10 ԳՀց հաճախականային շերտում (0,2 դԲ): Հաշվի առնելով վերը շարադրվածը՝ տերահերցային տիրույթի ազդանշանի ընդունման տվյալ մոտեցումը կարելի է համարել բավականին օպտիմալ և լավ տարբերակ:

Հեղինակը շնորհակալություն է հայտնում տ.գ.թ. Մ.Յ. Այվազյանին՝ օգտակար քննարկումների համար:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Шаров Г.А.** Волноводные устройства сантиметровых и миллиметровых волн. – М.: Горячая линия – Телеком, 2016. – 639 с.
2. **Айвазян М.Ц., Казанцев Ю.Н., Мартиросян Р.М.** Направляющие системы терагерцового диапазона // Физические основы приборостроения.- 2016. - Том 5, № 1 (18). – С. 28-35.
3. Квазиоптические антенно-фидерные системы / Под ред. **Г.И. Хлопова.** – Харьков: ИПП “Контраст”, 2013. – 408 с.
4. **Розанов Б.А., Розанов С.Б.** Приемники миллиметровых волн. – М.: Радио и связь, 1989. – 168 с.
5. А.с. № 1125675 (СССР). Устройство для возбуждения полого диэлектрического волновода / **М.Ц. Айвазян, Ю.Н. Казанцев.** - Б.И. -1984.- №43.
6. **Яновский М.С., Князьков Б.Н.** Квазиоптические поляризационные интерферометры смесителей приемников миллиметровых и субмиллиметровых волн // Изв. вузов. Радиоэлектроника. – 1977. – Т. 20, № 11. – С. 35-41.
7. **Федосеев Л.И., Куликов Ю.Ю.** Супергетеродинные радиометры миллиметрового и субмиллиметрового диапазонов волн // Радиотехника и электроника. – 1971. – Т. 16, № 4. – С. 554-560.
8. **Дрягин Ю.А., Кукин Л.М., Лубяко Л.В.** К вопросу о подавлении шумов гетеродина в супергетеродинных приемниках с высокой промежуточной частотой // Радиотехника и электроника. – 1974. – Т. 19, № 8. – С. 1779-1780.

9. **Айвазян М.Ц., Айвазян Ц.М.** Фокусирующий элемент для электрооптического модулятора субмиллиметрового диапазона волн // Вестн. ГИУА.- 2010.- Т. 2, N 1.- С. 191-194.

Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան: Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 10.02.2017:

А.А. АВETИСЯН

РАЗРАБОТКА ВХОДНОЙ ЧАСТИ ПРИЕМНИКА ТЕРАГЕРЦОВОГО ДИАПАЗОНА НА ОСНОВЕ МЕТАЛЛОДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ВОЛНОВОДА

Рассмотрены вопросы приема сигналов в терагерцовой частотной области и предлагается концептуальное решение. Показана целесообразность применения металлодиэлектрического волновода в терагерцовом диапазоне в качестве направляющей системы. Предлагается применение интерферометра Маха-Цендера в качестве смесителя супергетеродинного приемника в терагерцовом диапазоне. Рассмотрены вопросы концентрации энергии на смесительный диод с использованием диэлектрического клина и передачи сигнала на малошумящий спутниковый конвертер. Полученные результаты позволяют создавать высокочувствительные приемники терагерцового диапазона.

Ключевые слова: терагерцовый диапазон, интерферометр Маха-Цендера, диэлектрический клин, малошумящий спутниковый конвертер.

Н.А. AVETISYAN

DEVELOPING THE INPUT PART OF A RECEIVER IN THE TERAHERTZ RANGE ON THE BASIS OF A METAL - DIELECTRIC WAVEGUIDE

The terahertz frequency domain signal reception issues are considered, and a conceptual solution is proposed. The expediency of using metal - dielectric waveguides as guidance systems is shown. It is proposed to use a Mach - Zehnder interferometer as a mixer of a super heterodyne receiver in the terahertz range. Issues on the concentration of energy in the mixer diode, using the dielectric wedge and a low-noise signal transmission to the low-noise satellite converter are considered. The obtained results allow to create highly sensitive receivers of the terahertz range.

Keywords: terahertz range, interferometer Mach – Zehnder, a dielectric wedge, satellite low noise converter.