

(19)



(10) **LT 6035 B**

(12) **PATENTO APRAŠYMAS**

(11) Patento numeris: **6035** (51) Int. Cl. (2014.01): **G02F 1/00**

(21) Paraiškos numeris: **2013 083**

(22) Paraiškos padavimo data: **2013 07 30**

(41) Paraiškos paskelbimo data: **2014 02 25**

(45) Patento paskelbimo data: **2014 05 26**

(62) Paraiškos, iš kurios dokumentas išskirtas, numeris: —

(86) Tarptautinės paraiškos numeris: —

(86) Tarptautinės paraiškos padavimo data: —

(85) Nacionalinio PCT lygio procedūros pradžios data: —

(30) Prioritetas: —

(72) Išradėjas:

Liudmila NICKELSON, LT
Artūras BUBNELIS, LT
Steponas AŠMONTAS, LT
Romanas MARTAVIČIUS, LT

(73) Patento savininkas:

Valstybinis mokslinių tyrimų institutas Fizinių ir technologijos mokslų centras,
Savanorių pr. 231, LT-02300 Vilnius, LT
Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Saulėtekio alėja 11, LT-10223
Vilnius, LT

(74) Patentinis patikėtinis/atstovas:

Onutė VALATKEVIČIŪTĖ-DRUŠKAUSKIENĖ, Kalvarijų g. 158-25, LT-08219
Vilnius, LT

(54) Pavadinimas:

SiC fazės modulatorius

(57) Referatas:

Išradimas priskiriamas mikrobangų įtaisams ir yra taikomas bangolaidžiu sklindančios bangos fazei moduluoti. Išradimas gali būti ypatingai aktualus, jeigu prietaisas naudojamas agresyvioje terpėje, pvz., aukštos temperatūros, didelio rūgštingumo, stiprios jonizuojančios spinduliuotės sąlygomis. SiC bangolaidinis modulatorius sudarytas iš 6 pagrindinių mazgų - metalinių cilindrinų bangolaidžių (1), vienas iš kurių skirtas sužadinti pagrindinio tipo bangą SiC bangolaidyje, o kitas skirtas priimti ir perduoti moduliuotą bangą toliau bangolaidiniu traktu; metalinių kontaktų (2); nuolatinės srovės šaltinio (3); SiC bangolaidžio (4). SiC cilindrinis bangolaidis (4) yra

sužadinamas į jį įstatant į metalinį bangolaidį (1). Bangolaidžio matmenys parinkti tokie, kad sklistų tik pagrindinė banga. SiC bangolaidžio sienelėmis tarp metalinių kontaktų (2) teka srovė, todėl bangolaidžio medžiaga gali būti įkaitinama nuo tam tikros pradinės darbo temperatūros iki galutinės darbo temperatūros, kuri gali siekti 1800°C. Įtampos impulsais tarp metalinių kontaktų yra keičiama bangolaidžio medžiagos temperatūra. Kintant bangolaidžio medžiagos temperatūrai, keičiasi SiC dielektrinė skvarba ir atsiranda pagrindinės bangos fazės pokytis. Norint greičiau atšaldyti SiC bangolaidį iki pradinės temperatūros, tokiu būdu padidinant prietaiso veikimo spartą, bangolaidžio viduje yra sudarytas išilginis kanalas (5) užpildytas šaldymo agento, ir prijungtas prie aušinimo sistemos (6).

Išradimas priskiriamas mikrobangų įtaisams ir yra taikomas bangolaidžių sklindančios bangos fazei moduluoti. Prietaisas gali dirbti esant aukštai aplinkos temperatūrai.

Analogiškas prietaisas buvo sukurtas Gric T.; Nickelson L., Asmontas S. (2010). Waveguide Modulator. Patent 5710. Application of Invention 2010-040 is given in *Official bulletin of the state patent bureau of the republic of Lithuania* 2010/11, 2010-11-25, ISSN 1648-9985, Vilnius.

Analogas turi vieną esminį trūkumą – tai nepakankamai greitas silicio karbido (SiC) bangolaidžio, galinčio įkaisti iki 1800 °C temperatūros, aušinimas.

Siekiant išvengti aukščiau minėto trūkumo, yra siūlomas SiC bangolaidinis modulatorius, sudarytas iš tuščiavidurio cilindrinio SiC bangolaidžio, kurio vidinis kanalas yra užpildytas šaldymo agentu, pvz., freonu. Modulatorius gali veikti SAD ir YAD diapazonuose, kiekvienam diapazonui yra apskaičiuojamas bangolaidžio spindulys.

Siūlomo bangolaidinio modulatoriaus, sudaryto iš cilindrinio SiC bangolaidžio (kurio medžiagos santykinė dielektrinė skvarba priklauso nuo temperatūros), metalinių kontaktų ir nuolatinės srovės šaltinio naujumas yra tas, kad SiC bangolaidis yra tuščiaviduris ir jo vidinis kanalas yra užpildytas šaldymo agentu. Prie tuščiavidurio SiC bangolaidžio prijungta aušinimo sistema.

Išradimo esmė paaiškinta brėžiniuose, kuriuose parodyti:

1 pav. SiC fazės modulatoriaus konstrukcija.

2 pav. SiC-freono bangolaidžio pagrindinio bangos tipo normuoto fazės koeficiento priklausomybės nuo normuoto (pagal išorinį bangolaidžio spindulį) dažnio $f \cdot R$, prie skirtingų temperatūrų, kai $r/R = 0,2$.

Bangolaidinis modulatorius yra sudarytas iš šešių pagrindinių konstrukcinių dalių (1 pav.). SiC bangolaidis (4) su kanalu (5) yra įstatytas į metalinius

bangolaidžius (1). Bangolaidžio (4) galuose yra įbrėžos (2). Šios įbrėžos cilindro galuose sudaro SiC bangolaidį juosiančius metalinius žiedus. Šie žiedai laidais prijungti prie nuolatinės įtampos maitinimo šaltinio (3). Maitinimo šaltinis yra valdomas trumpųjų impulsų. Kai šaltinis (3) įjungtas, SiC bangolaidžio sienelėmis (4) teka nuolatinė srovė, kuri greitai įkaitina bangolaidį. Norint paspartinti įtaiso veikimą ir atkurti pradinę darbo temperatūrą, bangolaidžio centre suformuotas išilginis kanalas (5) yra užpildytas šaldymo agentu, kuris patenka į bangolaidį iš aušinimo sistemos (6). Tokiu būdu, tuščiaviduris SiC bangolaidis yra atšaldomas iki reikiamos temperatūros žymiai greičiau negu bangolaidis, neturintis vidinio išilginio kanalo.

Dviejų skaičių santykis, t. y., vidinio kanalo spindulio r ir išorinio bangolaidžio spindulio R santykis, priklausantis nuo šaldymo agento medžiagos, turi būti intervale $r/R = 0,2-0,5$. Priklausomai nuo šaldymo agento ir darbo dažnių diapazono, yra apskaičiuojamas optimalus bangolaidžio kanalo spindulio r dydis. SiC bangolaidžio kanalas (5) sujungtas su aušinimo sistema (6). Bangolaidžio plačiajuostiškumas yra didelis ($> 75\%$) prie visų darbo temperatūros ir leistinų kanalo spindulio reikšmių, žr. 1 lentelę. Galima pabrėžti, kad siūlomos konstrukcijos įtaiso elektromagnetinių (EM) bangų nuostoliai (slopinimas) yra mažesni, o plačiajuostiškumas lieka beveik toks pat didelis, lyginant su analogu.

1 lentelė. SiC-freono bangolaidžio plačiajuostiškumo priklausomybė nuo temperatūros ir kanalo storio:

	$r/R = 0,2$	$r/R = 0,4$	$r/R = 0,5$
$T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$	83,92 %	83,27 %	82,57 %
$T = 500\text{ }^{\circ}\text{C}$	82,00 %	83,40 %	87,60 %
$T = 1000\text{ }^{\circ}\text{C}$	80,62 %	83,09 %	84,58 %
$T = 1500\text{ }^{\circ}\text{C}$	76,06 %	78,79 %	81,72 %
$T = 1800\text{ }^{\circ}\text{C}$	85,39 %	84,88 %	83,19 %

SiC bangolaidžio vamzdelyje teka elektros srovė, tokiu būdu ši medžiaga gali

būti įkaitinama iki 1800 °C. Reguluojant elektros srovės stiprį arba šaldymo agento cirkuliaciją, yra valdoma bangolaidžio temperatūra. Dėl temperatūros pokyčio atsiranda bangolaidyje sklindančios pagrindinio tipo EM bangos fazės pokytis.

Temperatūros valdymo procesas yra pakankamai spartus ir prietaisas veikia greičiau už analogą. Impulsai, įjungiantys maitinimo šaltinį, gali būti skirtingos trukmės, tokiu būdu galima pasiekti skirtingą temperatūrą ir fazės pokytį. Taip galima moduluoti bangolaidžiu perduodamą informaciją.

SiC bangolaidis buvo išnagrinėtas, esant penkioms skirtingoms temperatūroms. Kai $T = 20\text{ °C}$, $\epsilon = 6-i0,5$, kai $T = 500\text{ °C}$, $\epsilon = 6,5-i0,5$, kai $T = 1000\text{ °C}$, $\epsilon = 7-i1$, kai $T = 1500\text{ °C}$, $\epsilon = 8-i2$, kai $T = 1800\text{ °C}$, $\epsilon = 11-i7$. Buvo laikoma, kad freono, užpildančio bangolaidžio vidinį kanalą, santykinė dielektrinė skvarba $\epsilon = 2$.

Analizuojant SiC bangolaidinio fazės modulatoriaus veikimą, buvo gautos dispersinės charakteristikos (2 pav.). Skaičiuojant pagrindinės EM bangos fazės pokytį, buvo išanalizuotos dispersinės kreivės prie skirtingų bangolaidžio temperatūros ir normuoto dažnio $f \cdot R$ reikšmių. Prie aukštos temperatūros ($> 500\text{ °C}$) fazės pokyčiai yra daug didesni negu žemesnėje temperatūroje. Fazės pokytis (laipsniais) yra skaičiuojamas pagal (1) formulę:

$$|\Delta\theta|_{fR=const} = |h'_{T1} - h'_{T0}|_{fR=const} \cdot L \cdot 360 / 2\pi, ^\circ \text{ (laip.)}, \quad (1)$$

čia h'_{T1} ir h'_{T0} – pagrindinio bangos tipo išilginė sklidimo pastovioji, kai bangolaidžio temperatūra yra atitinkamai $T_1 = 1800\text{ °C}$ ir $T_0 = 1000\text{ °C}$; normuotas dažnis $f \cdot R = 0,0625\text{ GHz} \cdot \text{m}$; L – bangolaidžio ilgis.

Tarus, kad $L = 2,5\text{ cm}$, $r/R = 0,2$, normuotas dažnis $f \cdot R = 0,0625\text{ GHz} \cdot \text{m}$, $h'_{T1} = 1432\text{ m}^{-1}$ ir $h'_{T0} = 1043\text{ m}^{-1}$, apskaičiuotas fazės pokytis lygus $|\Delta\theta| \approx 557^\circ$.

Įtaisas gali būti naudojamas fazinėse antenų gardelėse, kurios yra taikomos informacijai perduoti. Išradimas ypač aktualus, jeigu aplinka, kurioje turi veikti prietaisas, yra agresyvi, pvz., aukšta temperatūra, didelis rūgštingumas, stipri jonizuojančioji spinduliuotė.

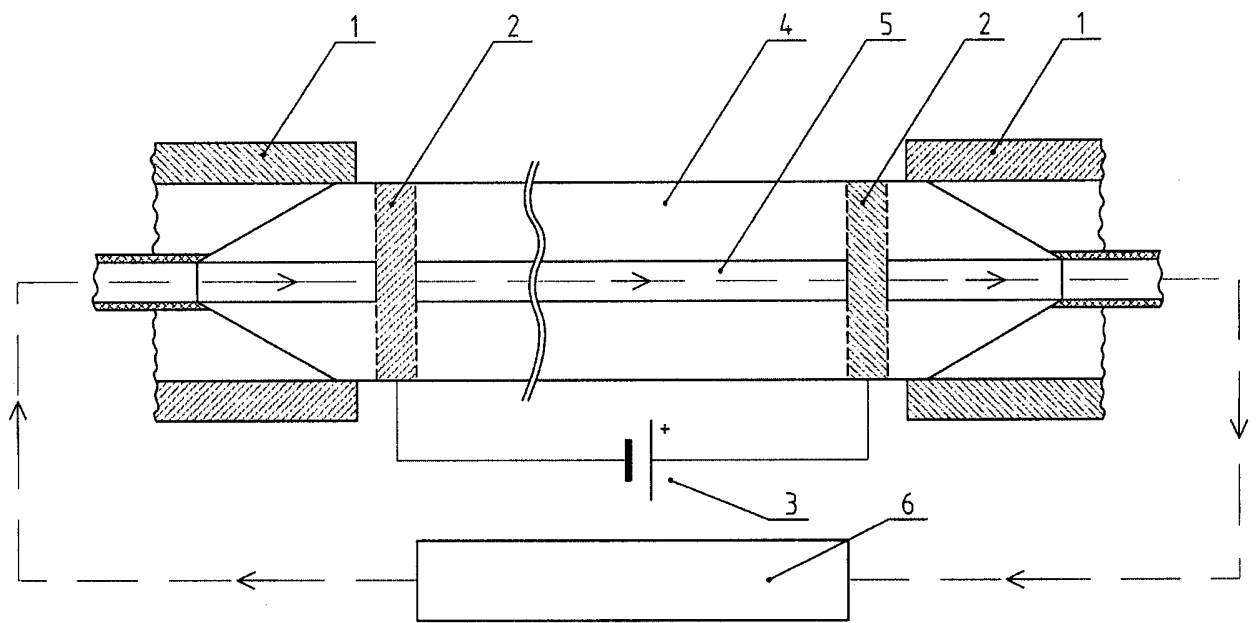
IŠRADIMO APIBRĖŽTIS

1. Bangolaidinis modulatorius, sudarytas iš metalinių bangolaidžių (1), atvirojo cilindrinio silicio karbido (SiC) bangolaidžio (4), kurio santykinė dielektrinė skvarba priklauso nuo temperatūros, bangolaidžio konstrukcija sujungta su nuolatinės srovės šaltiniu (3), kurio laidai prijungti prie bangolaidžio konstrukcijoje padarytų metalinių įbrėžų (2), besiskiriantis tuo, kad bangolaidis (4) yra tuščiaviduris ir turi išilginį kanalą (5) viduje.

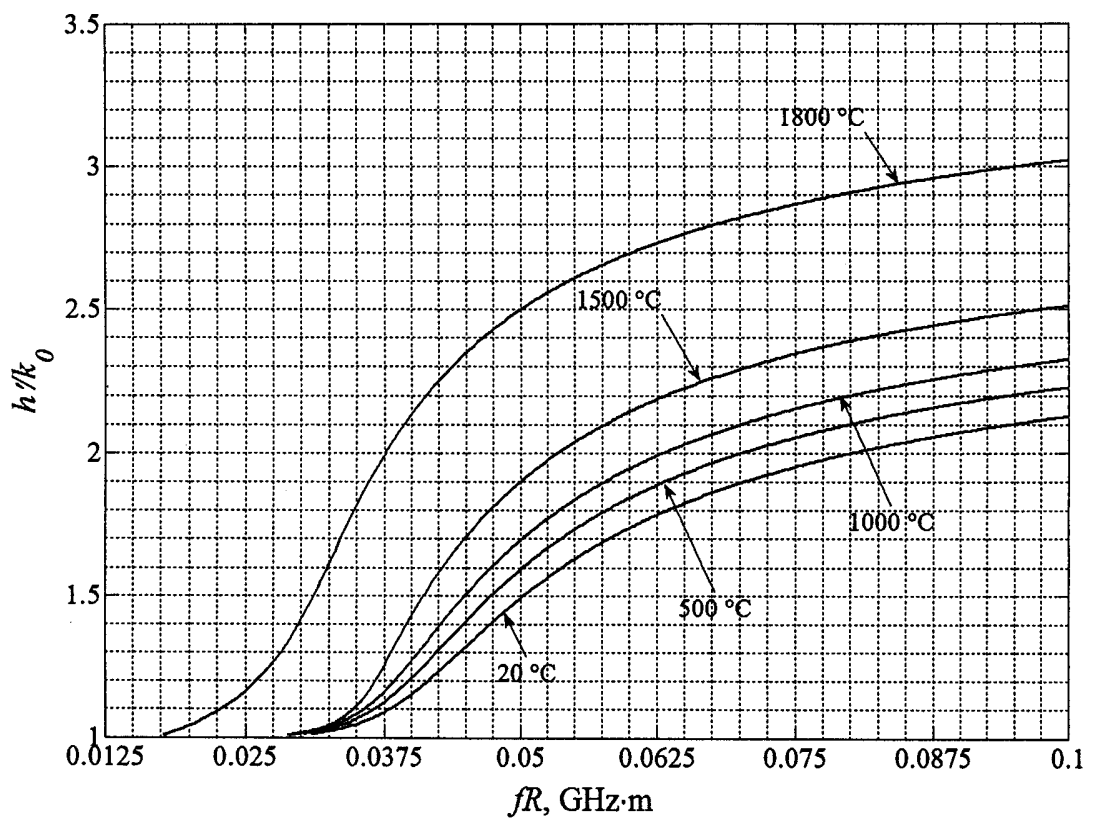
2. SiC fazės modulatorius pagal 1 punktą, besiskiriantis tuo, kad kanalas (5) užpildytas šaldymo agentu ir prijungtas prie aušinimo sistemos (6).

3. SiC fazės modulatorius pagal 1 ir 2 punktus, besiskiriantis tuo, kad cilindrinio bangolaidžio normuotas dažnis yra diapazone nuo 0,038 GHz m iki 0,062 GHz m, o kanalo normuotas spindulys yra intervale $r/R = 0,2-0,5$.

LT 6035 B



1 pav.



2 pav.