

(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2011 00792

(22) Data de depozit: 08.08.2011

(41) Data publicării cererii:
30.04.2013 BOPI nr. 4/2013

(71) Solicitant:
• INSTITUTUL NAȚIONAL DE
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU
MICROTEHNOLOGIE,
STR. EROU IANCU NICOLAE NR. 126A,
BUCUREȘTI, B, RO

(72) Inventatori:
• SAJIN GHEORGHE IOAN,
STR. ION BERINDEI NR. 11, BL. 1-2, SC. C,
ET. 8, AP. 89, SECTOR 2, BUCUREȘTI, B,
RO;
• VOICU MARIUS ANDREI,
ALEEA CETĂȚUIA NR. 1, BL. M21, SC. 4,
ET. 4, AP. 223, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B,
RO;
• CARP MIHAELA, STR. MELODIEI NR. 8,
BL. B8, SC. 6, AP. 52, GALAȚI, GL, RO

(54) ANTENĂ DE UNDE MILIMETRICE PE METAMATERIALE
ADAPTATĂ CU TRONSOANE DE LINIE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o antenă de unde milimetrice pe metamateriale, adaptată cu tronsoane de linie, cu aplicabilitate în domeniul electronicii frecvențelor foarte înalte. Antena conform invenției are o structură CRLH (Composite Right/Left Handed) în configurație CPW (CoPlanar Waveguide), adaptată cu un tronson de linie în scurtcircuit, în care configurația CPW este definită de o structură (1) radiantă, alcătuită din trei celule CRLH, o linie de alimentare (2) și un tronson (3) de adaptare în scurtcircuit, încadrate de un plan de masă (4).

Revendicări: 1
Figuri: 2

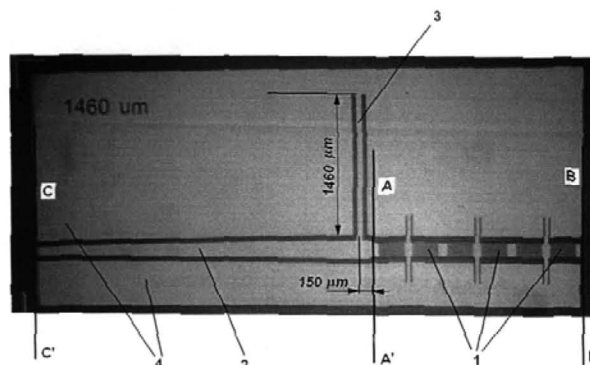


Fig. 1



Antenă de unde milimetrice pe metamateriale adaptată cu tronsoane de linie

Descrierea invenției

Invenția se referă la antenele de unde milimetrice pe metamateriale adaptate cu tronsoane de linie.

Dispozitivele care fac obiectul prezentei propuneri de invenție sunt antenele pe metamateriale realizate sub forma Composite Right / Left-Handed (CRLH) în configurație planară - CoPlanar Waveguide (CPW). Dispozitivul are aplicabilitate în domeniul electronicii frecvențelor foarte înalte (microunde și unde milimetrice), cu precădere pentru identificarea în domeniul frecvențelor radio (RFID), în domeniul telecomunicațiilor, al electronicii auto, pentru realizarea radarelor anticolidziune și în orice aplicație de frecvență foarte înaltă care necesită o foarte bună adaptare a structurilor radiante (antene) aferente respectivei aplicații. Structurile de adaptare folosite sunt specifice antenei adaptate și se folosesc în mod integrat cu structura respectivei antene.

În domeniul antenelor planare de microunde și unde milimetrice există la ora actuală o multitudine de construcții dedicate celor mai diferite aplicații. Toate aceste dispozitive aparțin, în principal, claselor stripline, microstrip sau CPW și au o caracteristică comună: au fost construite ca dispozitive „de mână dreaptă” (Right Handed – RH). Tehnicile emergente de proiectare și realizare a circuitelor de microunde și de unde milimetrice fac apel din ce în ce mai mult la construcțiile de antene planare de frecvențe foarte înalte de tipul „de mână stângă” (Left Handed – LH). Practic, primele antene pe metamateriale au fost comunicate în comunitatea științifică în urmă cu aprox. 6 ani, cf. [1]. Modalitatea lor de construcție a fost în configurație Composite Right / Left-Handed (CRLH) care aplică principiile metamaterialelor în electronica circuitelor de microunde și unde milimetrice. Avantajul principal de care se bucură această configurație este faptul că ocupă o suprafață cu aprox. 30% mai mică pe substratul care le suportă decât dispozitivele similare RH. Acest avantaj este esențial în abordările tehnice actuale bazate pe miniaturizare la nivele de micrometri sau nanometri.

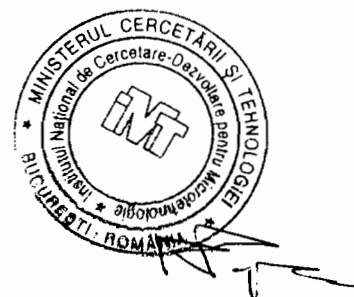


În ce privește soluțiile existente la ora actuală, autorii prezentei propuneri de brevet de invenție nu cunosc ca în literatura de specialitate să mai fi fost raportate construcții de antene CRLH cu circuite de adaptare la impedanță caracteristică a aplicației în care sunt utilizate.

Problema tehnică ce se pune în cazurile antenelor CRLH este adaptarea impedanței lor la impedanța caracteristică a circuitului de microunde sau unde milimetrice a cărei funcționalitate o asigură. Datorită particularităților constructive ale structurilor CRLH, obținerea adaptării prin construcția intrinsecă a structurii radiante a antenei este o sarcină dificilă. În această situație realizarea de antene CRLH adaptate la impedanța caracteristică, gata de a fi folosite în diferite aplicații este o întreprindere utilă, și propunerea de față referitoare la antenele de unde milimetrice pe metamateriale adaptate cu tronsoane de linie se referă la realizarea unor asemenea dispozitive. Soluția constă în utilizarea celulelor CRLH în configurație CPW (CoPlanar Waveguide) ce formează segmentul radiant al antenei în combinație cu tronsoane de linie în scurt-circuit implantate pe linia de alimentare. Ca urmare a aplicării acestui procedeu antenele propuse prezintă parametri funcționali superiori.

Invenția se referă la o structură de antenă planară pe metamateriale în construcție CPW CRLH a cărei secțiune radiantă a fost adaptată la impedanța caracteristică a unui sistem de microunde sau de unde milimetrice. Adaptarea presupune determinarea impedanței necunoscute a secțiunii radiante, având în vedere faptul că aceasta a fost realizată într-o configurație neconvențională pentru a asigura comportamentul LH într-o anumită bandă de frecvențe. Consecutiv determinării valorii acestei impedanțe se recurge la utilizarea unui tronson de linie în gol sau în scurt-circuit pentru a obține adaptarea antenei la impedanța caracteristică, pe frecvența ei de funcționare.

Este pentru prima dată când cele două elemente: (i) antena pe metamateriale realizată cu celule CRLH și (ii) adaptarea cu tronsoane de linie sunt îmbinate în realizarea unui dispozitiv funcțional, util pentru economisirea de spațiu în circuitele din ce în ce mai miniaturizate, caracteristice electronicii actuale, simultan cu abilitatea antenei de a funcționa la parametri electrici optimi.



Avantajele invenției în raport cu stadiul actual al tehnicii constau în:

- Posibilitatea folosirii antenelor planare cu celule CRLH cu economia de spațiu ce le caracterizează;
- Folosirea celulelor CRLH, ține de implementarea unor tehnici emergente, caracteristice electronicii actuale și de perspectivă;
- Abilitatea de a adapta impedanța de intrare a acestor dispozitive folosind metoda simplă a tronsoanelor de linie în scurt-circuit;

În continuare se dă un exemplu de antenă de unde milimetrice adaptată cu un tronson de linie în scurt-circuit, în legătură cu Fig.1 și Fig.2 care reprezintă:

- Fig.1: Antena CRLH CPW pe frecvența de 40 GHz adaptată cu tronson de linie în scurt-circuit.

În Fig.1 este prezentată structura de antenă CRLH în configurație CPW adaptată cu un tronson de linie în scurt-circuit. Configurația CPW este definită de structura radiantă (1), linia de alimentare (2) și tronsonul de adaptare în scurt-circuit (3) încadrate de planul de masă (4). Structura radiantă este formată din trei celule CRLH (1) cuprinse între planele AA' și BB' și este precedată de linia de alimentare (2) cu lungimea de 3450 μm cuprinsă între planele AA' și CC'. La planul BB' structura radiantă este terminată în gol, antena fiind de tipul rezonant de ordinul zero. Accesul la antenă se face la planul CC' unde se conectează circuitele de emisie sau recepție în funcție de destinația antenei. Adaptarea structurii radiante (1) a antenei se face cu ajutorul tronsonului de adaptare în scurt-circuit (3) cu lungimea de 1460 μm implantat la distanța de 150 μm de planul AA' care definește intrarea în structura radiantă (1).

- Fig.2: Pierderile de reflexie pentru două exemplare de antene CRLH CPW adaptate cu tronsoane de linie în scurt-circuit. Configurația antenelor este cea indicată în Fig.1.

Curbele din Fig.2 (a) ... (b) reprezintă pierderile de reflexie pentru două exemplare de antene CRLH CPW adaptate cu tronsoane de linie în scurt-circuit. Baleiajul de frecvență a fost efectuat între 35 GHz și 45 GHz. Se observă maximum de adaptare de -44,28 dB obținut la frecvența de 39,95 GHz pentru antena din Fig.2 (a) și de -53,98 dB obținut la frecvența de 39,91 GHz pentru antena din Fig.2 (b). Se remarcă foarte buna adaptare a celor două structuri de antenă obținute prin utilizarea tronsoanelor de linie în scurt-circuit.



Secvența de obținere a structurilor de antene CRLH în configurație CPW adaptate cu tronson de linie în scurt-circuit presupune următorii pași:

- Cunoscând aplicația care se urmărește a fi realizată și frecvența de lucru se proiectează antena CRLH. În urma acestui proces se obțin dimensiunile geometrice ale tuturor elementelor componente ale antenei.
- Se realizează o structură de test fără tronson de linie de adaptare pe care se măsoară impedanța de intrare la planul AA'. De obicei impedanțele atât la planul CC' cât și la planul AA' nu sunt egale cu impedanța caracteristică a circuitului de microunde sau de unde milimetrice. Se constată că impedanța de intrare la planul AA' are o componentă reactivă negativă, fapt normal având în vedere faptul că structura radiantă CRLH cuprinsă între planele AA' și BB' este compusă din capacitoare interdigitale conectate în serie și linii CPW inductive în paralel conectate la masă. În cazul aplicației de față valoarea impedanței de intrare la planul AA' a fost $Z_s = 48,5326 - j \times 16,9639$
- Având cunoscută impedanța de intrare la planul AA' în structura CRLH radiantă se calculează punctul de inserare al tronsonului de linie de adaptare în scurt-circuit cu ajutorul relației (1).

$$d_{1,2} = \frac{\lambda \arctan(a_{1,2})}{2\pi} \quad (1)$$

$$\text{unde: } a_{1,2} = \frac{X_s Z_0 \pm \sqrt{(X_s Z_0)^2 - (R_s Z_0 - Z_0^2)(R_s Z_0 - R_s^2 - X_s^2)}}{R_s Z_0 - Z_0^2}$$

unde:

Z_0 = impedanța caracteristică a sistemului de frecvență foarte înaltă;

R_s = partea rezistivă a impedanței de intrare la planul AA';

X_s = partea reactivă a impedanței de intrare la planul AA'

- Existență două soluții care corespund existenței a două distanțe d la care pot fi implantate tronsoanele de adaptare. Se alege distanța d cea mai mică de la planul AA' și implicit și valoarea corespunzătoare a parametrului a . În cazul aplicației de față a fost obținută valoarea $d = 150 \mu\text{m}$.



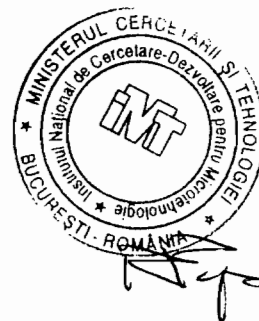
- e) Se calculează lungimea l a tronsonului de linie de adaptare. De obicei se folosesc tronsoane în scurt-circuit deoarece sunt mai ușor de realizat constructiv și nu ridică probleme de radiație la capătul liber. Relația de calcul este (2):

$$l = \frac{\lambda}{2\pi} \operatorname{arccctg} \frac{aR_s^2 - (X_s + aZ_0)(Z_0 - aX_s)}{R_s^2 + (X_s + aZ_0)^2} \quad (2)$$

În cazul aplicației de față a fost obținută valoarea $l = 1460 \mu\text{m}$.

- f) Cunoscând valorile d și l se modifică masca de execuție tehnologică. Se adaugă tronsonul de linie de adaptare în scurt-circuit de lungime $l = 1460 \mu\text{m}$ la distanța $d = 150 \mu\text{m}$ de planul AA'.
- g) Se procesează structura definitivă a antenei repetând-se cu scrupulozitate procedura tehnologică folosită anterior – vezi. pct.(b) de mai sus. Se obține structura definitivă a antenei așa cum este prezentată în Fig.1.
- h) Se caracterizează antena CRLH măsurându-se pierderile de reflexie la planul CC'. În cazul exemplului de față au fost măsurate mai multe exemplare obținute pe o aceeași plachetă de siliciu. Rezultatele obținute pentru două exemplare sunt prezentate în Fig.2 (a) și (b).

Antenele propuse pot fi exploatate industrial prin implementarea lor în realizarea de blocuri funcționale de microunde și unde milimetrice în tehnică CRLH CPW pentru acele aplicații ce necesită circuite pe suprafețe cât mai reduse, simultan cu cerința unei foarte bune adaptări a dispozitivelor interconectate. Pot fi citate aici aplicațiile tip RFID, radare auto, aplicații în rețele de telecomunicații de tip WLAN (Wireless Local Area Network) și, în general, în orice aplicație de frecvență foarte înaltă care face apel la producerea, emiterea, recepționarea și procesarea radiațiilor electromagnetice din benzile de microunde și unde milimetrice.



25

Revendicare

Antene de unde milimetrice pe metamateriale adaptate cu tronsoane de linie **caracterizate prin aceea că** folosesc proprietățile liniilor de transmisiune relative la transformarea impedanțelor pentru a asigura adaptarea structurilor radiante neconventionale Left Handed (LH) ale antenelor realizate cu celule Composite Right / Left Handed (CRLH), în configurație CPW (CoPlanar Waveguide), la impedanțele caracteristice ale circuitelor Right Handed (RH) ale diferitelor aplicații în microunde și unde milimetrice.



Desene explicative

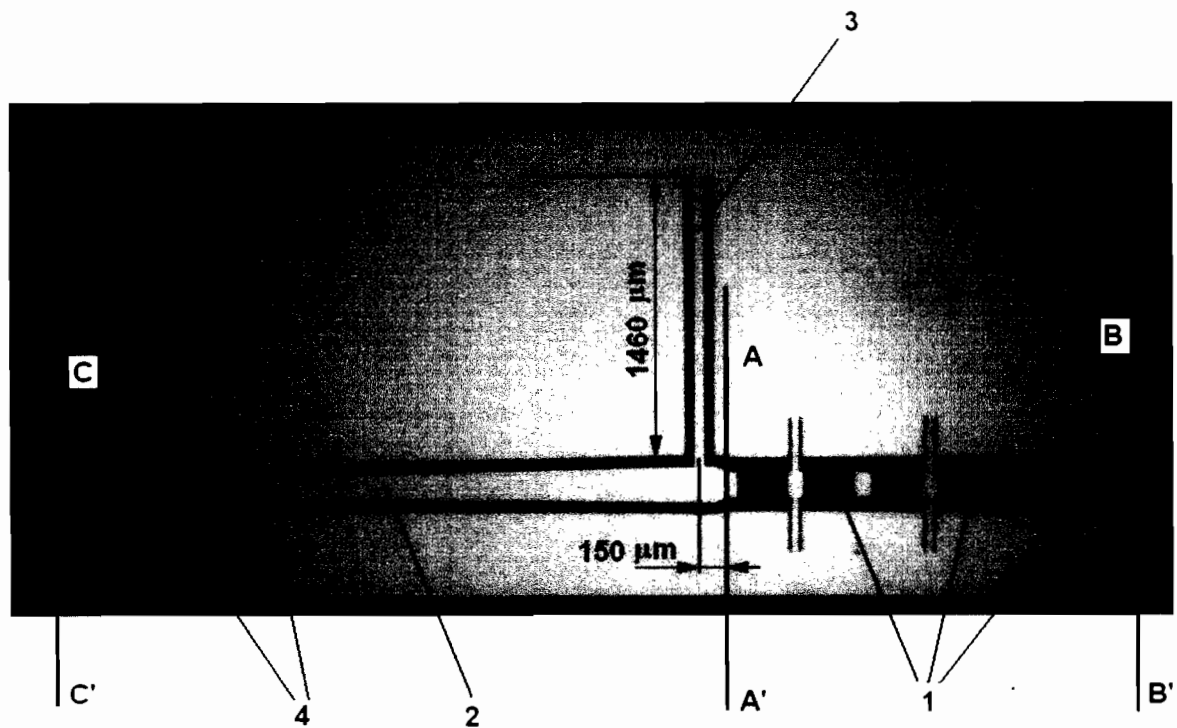


Fig.1: Antena CRLH CPW pe frecvența de 40 GHz adaptată cu tronson de linie în scurt-circuit.

AA' – Planul de acces la structura radianta a antenei, formată din trei celule CRLH înseriate;

BB' – Planul de terminare a structurii radiante a antenei;

CC' – Planul de acces la linia de alimentare a antenei;

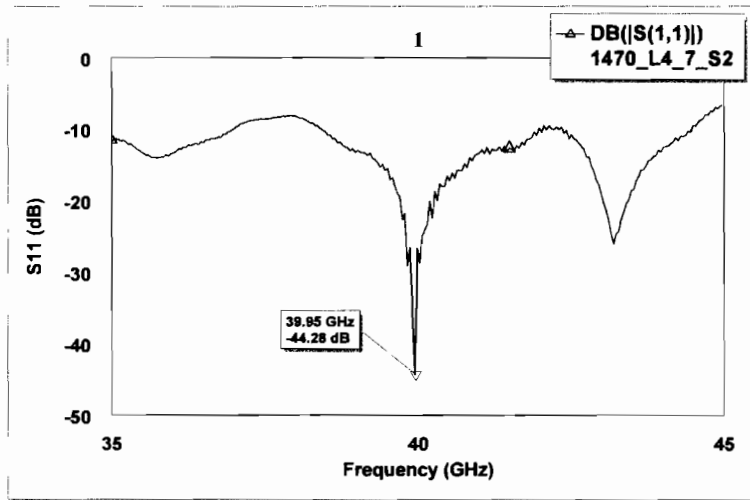
1 – Celulele CRLH ce definesc structura radiantă a antenei;

2 – Linia de alimentare a antenei;

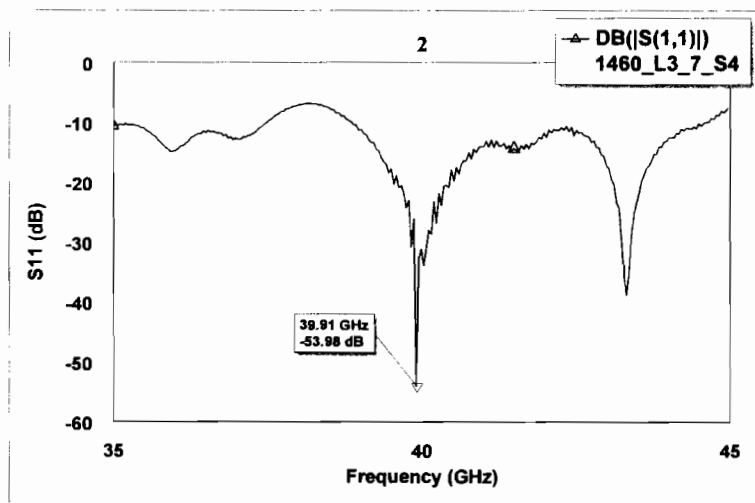
3 – Tronsonul de adaptare în scurt-circuit

4 – Planul de masă al configurației CPW în care a fost realizată antena CRLH.



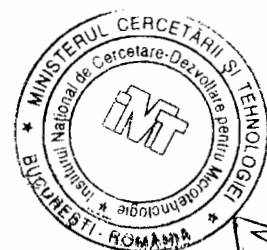


(a)



(b)

Fig.2: Pierderile de reflexie pentru două exemplare de antene CRLH CPW adaptate cu tronsoane de linie în scurt-circuit. Configurația antenelor este cea indicată în Fig.1.



[Handwritten signature]