



(12)

CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2011 00743**

(22) Data de depozit: **28.07.2011**

(41) Data publicării cererii:
28.02.2013 BOPI nr. 2/2013

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

(72) Inventatori:
• **GHEORGHE IOAN SAJIN,**
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) **METODĂ DE MĂSURARE A IMPEDANȚEI STRUCTURILOR
DE CIRCUIT PE METAMATERIALE CU AJUTORUL
TRONSOANELOR DE LINIE ÎN SCURTCIRCUIT SAU ÎN GOL**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o metodă de măsurare a impedanței structurilor de circuit pe metamateriale cu ajutorul tronsoanelor de linie în scurtcircuit sau în gol. Metoda conform invenției implică utilizarea unui montaj format dintr-un generator de frecvențe foarte înalte, microunde sau unde milimetrice, în combinație cu o instalație de caracterizare pe plachetă a circuitelor și dispozitivelor planare, cu ajutorul căreia se determină experimental punctul de inserție și lungimea tronsonului de linie în gol care adaptează structura de circuit CRLH

(Composite Right/Left Handed) de măsurat la impedanța caracteristică Z_0 a circuitului de frecvență foarte înaltă, valorile părților rezistivă și reactivă ale impedanței necunoscute, care se dorește a fi măsurată, fiind determinate prin calcule cu ajutorul unor relații deduse din teoria liniilor de transmisiune.

Revendicări: 1
Figuri: 2



27

OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI
Cerere de brevet de invenție
Nr. a 2011 00743
Data depozit ...2.8.-07-2011...

Metodă de măsurare a impedanței structurilor de circuit pe metamateriale cu ajutorul tronsoanelor de linie în scurt-circuit sau în gol

Descrierea invenției

Invenția se referă la o metodă de măsurare a impedanțelor structurilor de linie de transmisiune pe metamateriale. Structurile în cauză sunt formate din celule Composite Right/Left-Handed (CRLH) care pot intra atât în compunerea liniei propriu-zise cât și în compunerea unor dispozitive de microunde și unde milimetrice.

Structurile cărora li se aplică prezenta metodă sunt celulele de tip CRLH realizate în tehnica CoPlanar Waveguide (CPW) pe metamateriale, structuri utilizabile în circuitele planare (MIC sau MMIC) care reclamă folosirea unor asemenea elemente. Metoda 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 anticolidiziune și în orice aplicație de frecvență foarte înaltă care necesită o foarte bună adaptare a elementelor componente aferente respectivei aplicații.

Sunt cunoscute o multitudine de metode de măsurare în frecvențe foarte înalte (microunde și unde milimetrice) a impedanțelor unor elemente de circuit. Până în prezent toate aceste metode au fost aplicate circuitelor de tipul 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 construcții de circuite și dispozitive planare de microunde de tipul Left Handed (LH) care ocupă o suprafață cu aprox. 30% mai mică decât dispozitivele RH pe substratul care le suportă. Elementele de circuit ce formează liniile și dispozitivele LH sunt, în tehnica actuală de realizare, celule CRLH. În aceasta situație se pune problema elaborării unor metode de caracterizare a impedanțelor celulelor CRLH în vederea integrării lor în circuitele de microunde și de unde milimetrice ce compun o anumită aplicație.



2 8 -07- 2011

Structurile de tipul liniilor de transmisiune CRLH de microunde și unde milimetrice sunt o clasă a metamaterialelor și au început să fie studiate acum aproximativ 9 ani. Construcțiile pe metamateriale de tipul LH sunt complementare față de construcțiile clasice, de tipul RH. În articole și comunicări științifice au fost raportate construcții de cuploare direcționale, antene în diferite configurații, filtre și alte componente [1], [2]. Spre deosebire de liniile de transmisiune clasice, liniile formate din celule CRLH iau în considerare, ca pe niste componente functionale foarte importante, elementele parazite ale condensatoarelor în serie și ale inductanțelor în paralel ce compun aceste celule. Acest fapt face ca proiectarea unor asemenea celule să fie destul de dificilă, cu un grad relativ înalt de aproximare, elementele parazite fiind întotdeauna greu de luat în calcul. În această situație, datorită particularităților constructive ale celulelor CRLH se impune elaborarea unor metode de măsurare a impedanțelor de intrare în aceste structuri. Studiarea literaturii de specialitate arată că nu a fost publicat până acum vreun exemplu de metodă de măsură a impedanței unei celule sau a unui sistem de celule CRLH.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în măsurarea impedanței de intrare într-o celulă sau într-un sistem de mai multe celule CRLH realizate în tehnica CPW. Prin prezenta propunere de brevet de invenție este pentru prima dată când se prezintă o asemenea metodă, propunerea îmbinând, în premieră, două elemente: (i) se aplică unei structuri pe metamateriale și (ii) folosește metoda tronsoanelor de linie în scurt-circuit sau în gol, metoda folosită, de obicei, pentru adaptarea impedanțelor de intrare ale diferitelor dispozitive și circuite de tip RH.

Această metodă poate fi exploatată industrial prin implementarea ei în realizarea de blocuri CRLH funcționale, de microunde și unde milimetrice, în tehnologie 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. Această metodă permite realizarea de structuri CRLH funcționale, utile pentru economisirea de spațiu în circuitele din ce în ce mai miniaturizate caracteristice electronicii actuale, simultan cu abilitatea de a funcționa la parametri electrici superiori din domeniul lor de frecvență.



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

- Abilitatea de a măsura impedanța de intrare a structurilor de celule CRLH folosind metoda simplă a tronsoanelor de linie în scurt-circuit sau în gol.
- Ca o consecință a punctului anterior, metoda facilitează introducerea liniilor CRLH în structurile de circuite planare de microunde și unde milimetrice permitand reducerea substanțială a dimensiunilor suprafeței active.
- Folosirea celulelor CRLH, cu economia de spațiu ce le caracterizează, ține de implementarea unor tehnici emergente de proiectare, procesare tehnologica si caracterizare electrică, caracteristice electronicii viitorului.

În continuare, în legătură cu Fig.1 și Fig.2, se dă un exemplu de aplicare a metodei de măsurare a impedanței de intrare într-o structură CRLH de tip CPW. Structura este formată din secțiunea radiantă a unei antene pe metamateriale, secțiune compusă dintr-un sistem de trei celule CRLH.

- Fig.1: Antena CRLH CPW pe frecvența de 40 GHz (a) și aceeași structură de antenă având aplicată o sondă de măsura a parametrilor S (b).

În Fig.1 (a) este prezentată o antenă CRLH. Structura radiantă formată din trei celule CRLH este cuprinsă între planele AA' și BB' și este precedată de o linie de alimentare cu lungimea de 3450 μm cuprinsă între planele AA' și CC'. În Fig.1 (b) este prezentată o porțiune a antenei din vecinătatea planului AA' pe care este aplicată sonda unei instalații de caracterizare pe plachetă. Sonda a fost aplicată, pe rând în planul AA' și la două distanțe: d_1 și d_2 , unde se pot observa urmele lăsate pe stratul de aur ce formează metalizarea antenei.

- Fig.2: Curba pierderilor de reflexie ale structurii de antenă măsurate.

Parametrul descris în această figură este S_{11} în dB, în funcție de distanța dintre planul AA' și planul de amplasare a sondei de măsurare a instalației de caracterizare pe plachetă (vezi Fig.1). Punctul de adaptare maximă se afla la frecvența de 40.64 GHz unde valoarea $|S_{11}| = 56,98$ dB. Planul la care are loc această adaptare se află la o distanță $d = 150 \mu\text{m}$ de planul AA' (vezi Fig.1 b).



Măsurarea impedanței de intrare într-o celulă sau o structură de celule CRLH implică utilizarea unui montaj format dintr-un generator de microunde sau de unde milimetrice pe frecvența dorită în combinație cu o instalație de caracterizare pe plachetă a circuitelor și dispozitivelor planare. Secvența de aplicare a metodei presupune următorii pași:

a) Celula sau structura de celule CRLH a căror impedanță $Z_s = R_s + jX_s$ trebuie măsurată este deja procesată pe un substrat planar ce suportă structura CPW. Substratul poate fi o plachetă de siliciu, de ferită, de sticlă sau orice alt substrat planar care posedă proprietățile necesare aplicației urmărite. În cazul demonstrației de față substratul este o plachetă de siliciu care suportă structura de antena din Fig.1 a.

b) Substratul cu structura CPW CRLH se amplasează pe masa instalației de caracterizare pe plachetă. Sonda instalației se amplasează pe linia de alimentare a structurii la intrarea în aceasta. În cazul de față, sonda se instalează la planul AA' (vezi Fig.1 b).

c) Se vizualizează pierderile de reflexie la planul AA' utilizând facilitățile oferite de montajul de masura.

d) Sonda instalației de caracterizare pe plachetă se deplasează în direcția d (vezi Fig.1 b) măsurând tot timpul atât deplasarea cât și valoarea parametrului S_{11} . Se găsește distanța d la care parametrul S_{11} atinge valoarea minimă deci la care sarcina necunoscută este adaptată; fie această distanță la planul DD' (vezi Fig.1 a). Se reține această distanță care, în cazul demonstrației de față, este $d = 150 \mu\text{m}$.

e) Cunoscând lungimea totală a liniei de acces la structura CRLH se calculează distanța rămasă până la intrarea în această linie. În cazul de față lungimea totală a liniei de acces între planele AA' și CC' este de $3450 \mu\text{m}$ (vezi Fig.1 a). Ca urmare, de la planul DD' până la planul CC' rămâne linia CPW în gol cu lungimea $l = 3450 \mu\text{m} - 150 \mu\text{m} = 3300 \mu\text{m}$.

f) Structura este echivalentă cu un circuit de adaptare cu tronsoane de linie în care generatorul este amplasat la planul DD' (sonda instalației de caracterizare pe plachetă) la o distanță $d = 150 \mu\text{m}$ de sarcina necunoscută pe care o alimentează. În paralel pe linia de alimentare la planul DD' se află un tronson de linie în gol de lungime $l = 3300 \mu\text{m}$.

g) Având cunoscute distanța d dintre planul AA' al sarcinii necunoscute $Z_s = R_s + jX_s$ și planul de adaptare DD', precum și lungimea l a tronsonului de adaptare în gol se calculează părțile rezistivă și reactivă, respectiv R_s și X_s .



28-07-2011

Calculul porneste de la relația ce exprimă impedanța de intrare Z_i într-o linie de transmisiune de impedanță caracteristică Z_0 fără pierderi terminată pe o sarcină oarecare $Z_s = R_s + jX_s$:

$$Z_i = Z_0 \frac{Z_s + jZ_0 \tan \beta d}{Z_0 + jZ_s \tan \beta d} \quad (1)$$

în care $\beta = 2\pi/\lambda$ este constanta de fază iar d este distanța dintre intrarea pe linie și sarcină. Din relația (1) se deduc următoarele formule:

$$R_s = Z_0 \frac{b}{1+ab} \left[a + \frac{b-a-a^2b}{b^2+(1+ab)^2} \right] \quad (2)$$

$$X_s = Z_0 \frac{b-a-a^2b}{b^2+(1+ab)^2} \quad (3)$$

în care $a = \tan \beta d$

$$b = \cotg \beta l$$

d și l = valorile găsite anterior prin măsurări asupra antenei CRLH.

h) Aplicând relațiile (2) și (3) găsite anterior se calculează, pentru exemplul prezentat, $Z_s = 48,5 - j \times 16,98$. Se observă faptul că impedanța care a fost măsurată are o componentă reactivă capacitivă, fapt normal având în vedere structura de metamaterial a antenei CRLH măsurate.

i) De notat că în locul relațiilor (2) și (3) de mai sus poate fi folosită și diagrama Smith în abordare inversă, dar rezultatele sunt mai puțin exacte și, în plus, nu pot fi folosite în combinație cu diversele programele de calcul.



[Handwritten signature]

Revendicare

Metoda de măsurare a impedanței structurilor de circuit pe metamateriale cu ajutorul tronsoanelor de linie în scurt-circuit sau în gol **caracterizată prin aceea că** folosește metoda tronsoanelor de linie în scurt-circuit sau în gol, măsurare ce implică utilizarea unui montaj format dintr-un generator de microunde sau de unde milimetrice pe frecvența dorită în combinație cu o instalație de caracterizare pe plachetă a circuitelor și dispozitivelor planare cu ajutorul căruia se determină experimental punctul de inserție și lungimea tronsonului de linie în gol care adaptează structura de circuit CRLH de măsurat la impedanță caracteristică Z_0 a circuitului de frecvență foarte înaltă, valorile părților rezistivă și reactivă ale impedanței necunoscute determinându-se, în etapa a doua, prin calcule cu ajutorul unor relații deduse din teoria liniilor de transmisiune.



28-07-2011

Desene explicative

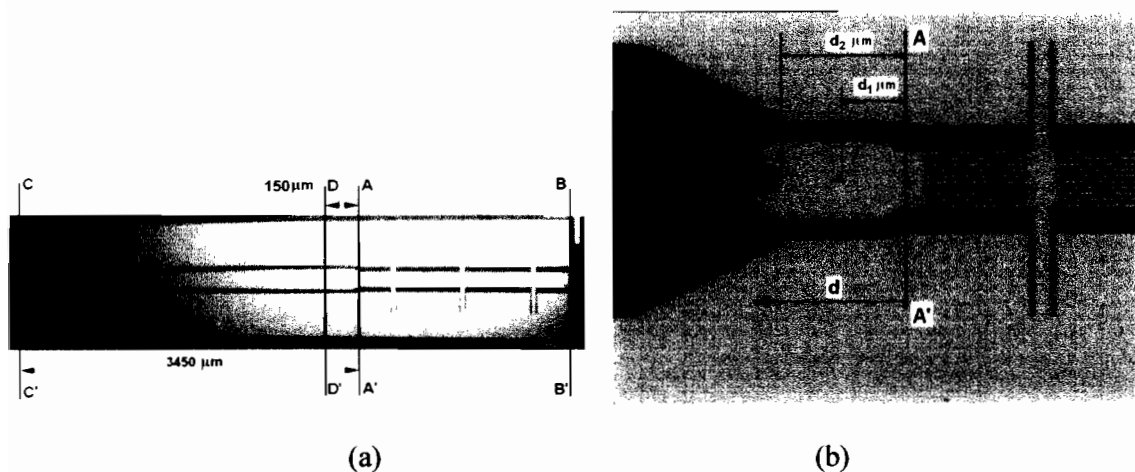


Fig.1: Antena CRLH CPW pe frecvența de 40 GHz (a) și aceeași structură de antenă având aplicată o sondă de măsură a parametrilor S (b).

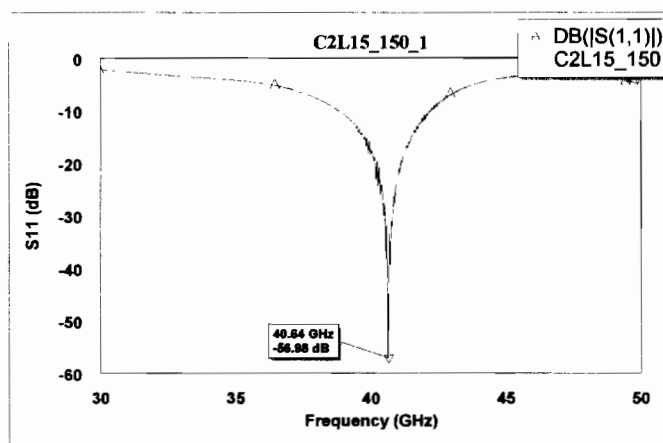


Fig.2: Curba pierderilor de reflexie ale structurii de antenă măsurate.