



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2009 00501**

(22) Data de depozit: **30.06.2009**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **30.04.2012** BOPI nr. **4/2012**

(41) Data publicării cererii:

30.05.2011

BOPI nr. **5/2011**

(73) Titular:

• **INSTITUTUL NAȚIONAL DE
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU
MICROTEHNOLOGIE,
STR.EROU IANCU NICOLAE NR.32B,
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;**

• **CRĂCIUNOIU FLOREA,**

**STR. BAIA DE ARIEȘ NR. 9, BL. 10, SC. A,
ET. 6, AP. 96, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B,
RO;**

• **MULLER ANDREI,**

**ȘOS.ȘTEFAN CEL MARE NR.60, BL.41,
SC.B, ET.7, AP.51, SECTOR 2,
BUCUREȘTI, B, RO;**

• **BUNEA ALINA CRISTINA,**

**STR.MARIA GHICULEASA NR.48,
SECTOR 2, BUCUREȘTI, B, RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:

**US 4691208; US 7446712 B2; US 5189433;
WO 94/00890 A1**

(54)

**METODĂ DE BALEIAJ CONTROLAT AL CARACTERISTICII
DE RADIAȚIE A ANTENELOR DE MICROUND**



Invenția se referă la o metodă de baleiaj controlat al caracteristicii de radiație a antenelor de microunde cu linii de transmisiune cu propagare dextrogiră/levogiră (LTPDL) prin aplicarea unui câmp magnetic de polarizare cu intensitate reglabilă.

Liniile de transmisiune cu propagare dextrogiră/levogiră (LTPDL) sunt cunoscute în literatura de specialitate internațională sub denumirea de Composite Right/Left Handed Transmission Lines (CRLH-TL).

Antenele cărora li se aplică prezenta metodă sunt cele de tip planar: stripline (linie de transmisiune cu bandă conductoare încastrată într-un substrat dielectric între două plane de masă), microstrip (linie de transmisiune cu bandă conductoare depusă pe un substrat dielectric plasat pe un plan de masă), CPW (CoPlanar Waveguide - ghid de undă coplanar). 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 anticolidiune și în orice aplicație de frecvență foarte înaltă care presupune emiterea unui semnal de microunde și modificarea controlată a caracteristicii de radiație a antenelor aferente respectivei aplicații. Aceste dispozitive pot fi folosite atât ca elemente separate, cât și ca elemente integrate în circuite de microunde sau de unde milimetrice.

Sunt cunoscute metode pentru modificarea direcției caracteristicii de directivitate a unor antene planare fără deplasarea mecanică a acestora. Toate aceste metode se aplică dispozitivelor de tip RH (Right Handed - dextrogir). În aceste construcții, baleiajul caracteristicii de directivitate se efectuează, atunci când este cazul, prin mijloace electronice, ceea ce complică realizarea dispozitivului și a circuitului de microunde în care acesta este introdus. Una dintre metode, de exemplu, constă în atacarea elementelor radiante cu semnale defazate după o anumită regulă. Există și construcții reconfigurabile care fac apel la soluții mecanice de tip MEMS (micro-electro-mechanical systems / sisteme micro-electro-mecanice) cu comutatori și/sau actuatori, dar aceste ultime soluții sunt precare atât în ceea ce privește fiabilitatea procesului tehnologic, cât și a produsului finit. În plus, toate construcțiile de dispozitive planare de microunde de tipul RH ocupă, pe substratul care le suportă, o suprafață cu aproximativ 30% mai mare decât dispozitivele cu celule LTPDL.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în modificarea direcției caracteristicii de radiație a antenelor de microunde fără a folosi mijloace electronice sau mecanice.

Metoda de baleiaj controlat prin polarizare magnetică a caracteristicii de radiație a antenelor de microunde cu celule LTPDL se bazează pe realizarea acestor antene pe substrat de ferită polarizată magnetic, folosindu-se proprietățile microundelor și undelor milimetrice ale acestui tip de substrat. Metoda constă în:

- alegerea substratului feritic și a parametrilor de material, și anume $4\pi M_s$ - magnetizarea de saturație, ϵ_r - permitivitatea relativă și ΔH - lățimea liniei de rezonanță giromagnetică, în funcție de frecvența de lucru a antenei;

- proiectarea geometriei structurilor de antene cu celule cu linii de transmisiune cu propagare dextrogiră/levogiră pe substrat de ferită, considerând nulă, $H_{apl} = 0$ T, în primă instanță, polarizarea magnetică a acestui substrat; în cazul polarizării magnetice nule, valoarea permeabilității efective a substratului feritic este $\mu_{eff} = 1$;

- calcularea valorii permeabilității efective μ_{eff} a substratului feritic ce se obține după polarizarea cu un câmp magnetic H_{apl} și alegerea zonei de polarizare magnetică, sub rezonanța giromagnetică unde $\mu_{eff} < 1$;

- calcularea limitelor variației permeabilității efective μ_{eff} a substratului feritic față de valoarea inițială, care să asigure baleiajul azimutal $\Delta\theta$ al caracteristicii de radiație a antenei la aplicarea unei polarizări magnetice nenule $H_{apl} \neq 0$;

- deducerea valorilor intensității câmpului magnetic de polarizare H_{apl} necesare devierii azimutale a maximului caracteristici de radiație cu unghiul $\Delta\theta$.	1
Această metodă poate fi exploatată industrial prin implementarea ei în realizarea de antene de microunde cu celule LTPDL planare (CPW, microstrip etc.), pentru acele aplicații ce necesită circuite de microunde pe suprafețe cât mai reduse, simultan cu cerința unui baleiaj al caracteristicii de radiație. Pot fi citate aici aplicațiile tip identificarea în domeniul frecvențelor radio (RFID), radare auto, aplicații în rețele de telecomunicații de tip WLAN (Wireless Local Area Network - rețea locală fără fire) și, în general, în orice aplicație de frecvență foarte înaltă care face apel la producerea, emiterea, recepționarea și procesarea radiațiilor electromagnetice din banda de microunde. Această metodă permite realizarea de dispozitive funcționale utile pentru economisirea de spațiu în circuitele din ce în ce mai miniaturizate, caracteristice electronicii actuale, simultan cu abilitatea de a modifica direcția de emisie și recepție a antenei.	3
Avantajele invenției în raport cu stadiul actual al tehnicii constau în:	5
- reducerea substanțială a dimensiunilor suprafeței active a antenelor planare de microunde prin folosirea celulelor LTPDL;	7
- abilitatea de a modifica în mod controlat direcția de emisie-recepție, baleind caracteristica de radiație prin aplicarea unui câmp magnetic de polarizare, ceea ce elimină dezavantajele menționate anterior;	9
- folosirea celulelor LTPDL, cu economia de spațiu ce le caracterizează, ține de implementarea unor tehnici emergente și moderne, caracteristice electronicii viitorului.	11
Invenția privind metoda de baleiaj controlat al caracteristicii de radiație a antenelor de microunde cu celule LTPDL prin polarizare magnetică oferă soluția tehnică pentru depășirea limitelor prezentate anterior, inerente dispozitivelor clasice dextrogire, soluție ce constă în utilizarea acestor celule în configurație ghid de undă complanar, realizat pe substrat de ferită și aplicarea unui câmp magnetic de polarizare de intensitate reglabilă substratului feritic. Folosirea de celule cu linii de transmisiune dextrogir/levogir permite reducerea cu aproximativ 30% a suprafeței ocupate de antene, comparativ cu dispozitivele de tip dextrogir, iar aplicarea polarizării magnetice substratului pe care sunt realizate aceste dispozitive permite baleiajul caracteristicii de radiație între anumite limite, impuse de parametrii de material (permitivitatea relativă – ϵ_r , magnetizarea de saturație – $4\pi M_s$ și lățimea liniei de rezonanță giromagnetică – ΔH) ai acestui substrat și de intensitatea câmpului magnetic aplicat. Este pentru prima dată când se prezintă o metodă de baleiaj al caracteristicii de radiație a unei antene de microunde, care să îmbine următoarele două elemente:	13
(i) realizarea antenei cu celule LTPDL pe substrat feritic și	15
(ii) controlul poziției azimutale a maximului caracteristici de radiație a acestei antene prin polarizare magnetică.	17
În continuare, se dă un exemplu de aplicare a metodei de baleiaj controlat al caracteristicii de radiație prin polarizare magnetică, cu ajutorul unei structuri de antenă cu celule LTPDL în configurație ghid de undă complanar, în legătură și cu fig.1...3, care reprezintă:	19
- fig. 1, variația permeabilității efective a unui substrat feritic în funcție de intensitatea unui câmp magnetic de polarizare variabil, normal la suprafața substratului;	21
- fig. 2, schema montajului de măsură a caracteristicii de radiație a antenei și fotografia acestui montaj implementat în laborator;	23
- fig. 3, variația măsurată a unghiului de baleiaj al caracteristicii de radiație a antenei cu celule LTPDL pe substrat de ferită, pentru trei valori ale câmpului magnetic de polarizare: $H_{apl} = 0 \text{ T}$, $H_{apl} = 0,16 \text{ T}$ și $H_{apl} = - 0,16 \text{ T}$.	25
	27
	29
	31
	33
	35
	37
	39
	41
	43
	45
	47
	49

Curba din fig. 1 reprezintă variația permeabilității efective μ_{eff} a unui substrat feritic de formă cilindrică, cu grosimea mult mai mică decât diametrul, atunci când este supus polarizării cu un câmp magnetic variabil normal la suprafață.

Datele de catalog ale substratului feritic folosit în exemplificarea de față sunt:

$4\pi M_s = 0,055 \text{ T}$, $\varepsilon_r = 13,5$ și $\Delta H = 16 \text{ kA/m}$. Câmpul magnetic aplicat a fost variat între limitele $H_{\text{apl}} = 0 \text{ T}$ și $H_{\text{apl}} = 0,26 \text{ T}$. Frecvența de lucru a antenei a fost 13 GHz și datorită acestei frecvențe ridicate a fost aleasă funcționarea sub rezonanță. În aceste condiții, permeabilitatea efectivă a substratului, așa cum se observă din fig. 1, s-a situat în domeniul $1 \dots 0,921$. Calculele au fost efectuate cu ajutorul relațiilor 1...5, prezentate la pasul b.

Folosind, B. Lax și K. J. Button, *Microwave ferrites and ferrimagnetics*, cap. 4, SUA, McGraw-Hill BookComp Inc., 1962., precum și metodele de proiectare a celulelor LTPDL ce compun antena conform lucrării G. Sajin, S. Simion, F. Crăciunoiu, R. Marceli, *CPW silicon zeroth-order resonance antenna using composite right/left-handed transmission*, pp. 65 - 68, prezentată în cadrul conferinței "Mediterranean Microwave Symposium, MMS 2007", Budapesta, Ungaria, 14 - 16 Mai 2007, ISBN 978-963-87244-4-1, au fost obținute dimensiunile acesteia pentru un câmp de polarizare magnetică nul ($H_{\text{apl}} = 0$) pentru care $\mu_{\text{eff}} \approx 0$. Ulterior, antena a fost executată conform acestor dimensiuni și măsurată cu ajutorul montajului din fig. 2.

Schema montajului cuprinde un generator de microunde 1, care alimentează prin intermediul unui cuplor direcțional 2 sistemul de vizualizare a răspunsului antenei. Acest sistem este format din analizorul de răspuns 4 și detectoarele aferente lui 3. Antena de măsură LTPDL pe substrat de ferită 5 este conectată la poarta de ieșire a cuplorului direcțional și este fixată în centrul unui sistem care permite rotirea unei antene de recepție 6 pe o scală 7 divizată în grade în jurul antenei LTPDL. Întregul montaj este astfel construit încât să permită aplicarea unui câmp magnetic de polarizare normal la suprafața antenei CRLH prin intermediul unui electromagnet 10. Intensitatea câmpului magnetic este măsurată cu ajutorul unui teslametru 11, prevăzut cu un traductor Hall 9. Puterea captată de antena de recepție 6 este măsurată cu ajutorul unui wattmetru de microunde 8. În fotografia din fig. 2b, se observă montajul de măsură și un detaliu cu antena LTPDL pe substrat de ferită, amplasată în sistemul de aplicare a câmpului magnetic.

Măsurarea inițială a caracteristicii de radiație a antenei astfel obținute a fost efectuată în absența polarizării magnetice a substratului feritic. Apoi a fost calculată intensitatea câmpului magnetic de polarizare necesar unui baleiaj al lobului de radiație $\Delta\theta = \pm 10^\circ$, valoarea acestei intensități fiind $H_{\text{apl}} = \pm 0,16 \text{ T}$. A fost aplicat acest câmp de polarizare magnetică, iar rezultatul se observă în setul de curbe din fig. 3, care reprezintă deplasarea azimutală a maximului caracteristici de radiație a antenei procesate de substratul de ferită polarizată magnetic. Se poate constata obținerea experimentală a unui baleiaj controlat al maximului caracteristici de radiației între azimuturile de aproximativ $+11^\circ \dots -10^\circ$, ceea ce corespunde valorilor calculate.

Secvența de aplicare a metodei de baleiaj controlat al caracteristicii de radiație a antenelor de microunde cu celule LTPDL prin polarizare magnetică presupune următorii pași:

a) Cunoscând frecvența de lucru a antenei și aplicația în care aceasta este utilizată, se aleg parametrii de material ai substratului feritic. Parametrii care interesează în acest caz sunt: magnetizarea de saturație ($4\pi M_s$), permitivitatea relativă (ε_r) și lățimea liniei de rezonanță giromagnetică (ΔH).

b) Se folosesc relațiile de calcul indicate în literatura de specialitate, mai sus amintite:

$$\mu_{eff} = \frac{\mu'^2 - K'^2}{\mu'} \quad (1)$$

unde:

$$\mu' = 1 + \frac{\omega_M \omega_L [\omega_L^2 - \omega^2 (1 - \alpha^2)]}{[\omega_L^2 - \omega^2 (1 + \alpha^2)]^2 + 4\omega^2 \omega_L^2 \alpha^2} \quad (2)$$

$$K' = \frac{\omega_M \omega [\omega_L^2 - \omega^2 (1 + \alpha^2)]}{[\omega_L^2 - \omega^2 (1 + \alpha^2)]^2 + 4\omega^2 \omega_L^2 \alpha^2} \quad (3)$$

unde:

$$\gamma |\overline{M_s}| = \omega_M; \gamma |\overline{H_i}| = \omega_L; \alpha \cong \Delta H / 2H_i \quad (4)$$

în care:

ΔH = lățimea liniei de rezonanță giromagnetică;

M_s = magnetizarea de saturație a substratului feritic;

H_i = câmpul magnetic intern din substratul feritic.

Pentru formele geometrice ale substratului de ferită în care una dintre dimensiuni este mult mai mică decât celelalte două, câmpul magnetic intern H_i se calculează cu formula:

$$H_i = H_{apl} - M_s \quad (5)$$

Cu ajutorul relațiilor anterioare, se calculează curba de variație a permeabilității efective a substratului feritic $\mu_{eff} = f(H_{apl})$ pentru o anumită plajă de variație a câmpului magnetic de polarizare H_{apl} aplicat normal la suprafața substratului feritic. Pentru valori ale câmpului magnetic de polarizare aflate sub rezonanța giromagnetică, permeabilitatea magnetică are valori subunitare $\mu_{eff} < 1$, iar pentru valori ale câmpului magnetic de polarizare aflate deasupra rezonanței giromagnetice, permeabilitatea magnetică are valori supraunitare $\mu_{eff} > 1$.

c) Se alege zona de lucru deasupra sau dedesubtul rezonanței giromagnetice. În general, pentru frecvențe din gama microundelor și a undelor milimetrice se preferă lucrul sub rezonanța giromagnetică, pentru a evita folosirea unor câmpuri magnetice de polarizare cu intensități prea mari.

d) Cu ajutorul unor programe de calcul specializate (de exemplu Matlab) și folosind datele din articolul amintit anterior, se proiectează geometria celulelor cu linii de transmisiune dextrogir/levogir, ce compun antena pe frecvența dorită, pentru situația în care câmpul magnetic de polarizare este nul ($H_{apl} = 0$), caz în care permeabilitatea efectivă are valoarea $\mu_{eff} \cong 1$. În această situație, maximul lobului de radiație al antenei se află pe normala la suprafața acesteia la unghiul $\theta = 0^\circ$.

e) La acest pas, reamintim ca polarizarea magnetică ($H_{apl} \neq 0$) a substratului feritic modifică parametrii de material ai acestuia și deci și parametrii funcționali ai antenei realizate pe el. Cunoșcând unghiul de baleiaj $\Delta\theta$ care se dorește a fi obținut, se folosește într-o manieră complementară programul Matlab amintit anterior, pentru a calcula valoarea permeabilității efective μ_{eff} a substratului de ferită, necesară pentru această deviație a caracteristicii de radiație.

f) În final, folosind graficul variației $\mu_{eff} = f(H_{apl})$ trasat la pct. a, se deduce intensitatea câmpului magnetic de polarizare necesar devierii caracteristicii de radiație a antenei cu unghiul ($\Delta\theta$).

Metodă de baleiaj controlat prin polarizare magnetică a caracteristicii de radiație a antenelor de microunde cu celule cu linii de transmisiune cu propagare dextrogiră/levogiră realizate pe substrat feritic, **caracterizată prin aceea că** are următoarele etape:

- alegerea substratului feritic și a parametrilor de material, și anume $4\pi M_s$ -

magnetizarea de saturație, ϵ_r - permitivitatea relativă și ΔH - lățimea liniei de rezonanță giromagnetică, în funcție de frecvența de lucru a antenei;

- proiectarea geometriei structurilor de antene cu celule cu linii de transmisiune cu propagare dextrogiră/levogiră pe substrat de ferită, considerând nulă, $H_{apl} = 0$ T, în primă instanță, polarizarea magnetică a acestui substrat; în cazul polarizării magnetice nule, valoarea permeabilității efective a substratului feritic este $\mu_{eff} = 1$;

- calcularea valorii permeabilității efective μ_{eff} a substratului feritic ce se obține după polarizarea cu un câmp magnetic H_{apl} și alegerea zonei de polarizare magnetică, sub rezonanța giromagnetică unde $\mu_{eff} < 1$;

- calcularea limitelor variației permeabilității efective μ_{eff} a substratului feritic față de valoarea inițială, care să asigure baleiajul azimutal $\Delta\theta$ al caracteristicii de radiație a antenei la aplicarea unei polarizări magnetice nenule $H_{apl} \neq 0$;

- deducerea valorilor intensității câmpului magnetic de polarizare H_{apl} necesare devierii azimutale a maximumului caracteristicii de radiație cu unghiul $\Delta\theta$.

(51) Int.Cl.

H01Q 3/24 (2006.01),

H01Q 13/26 (2006.01),

H01Q 19/185 (2006.01),

H01P 1/215 (2006.01)

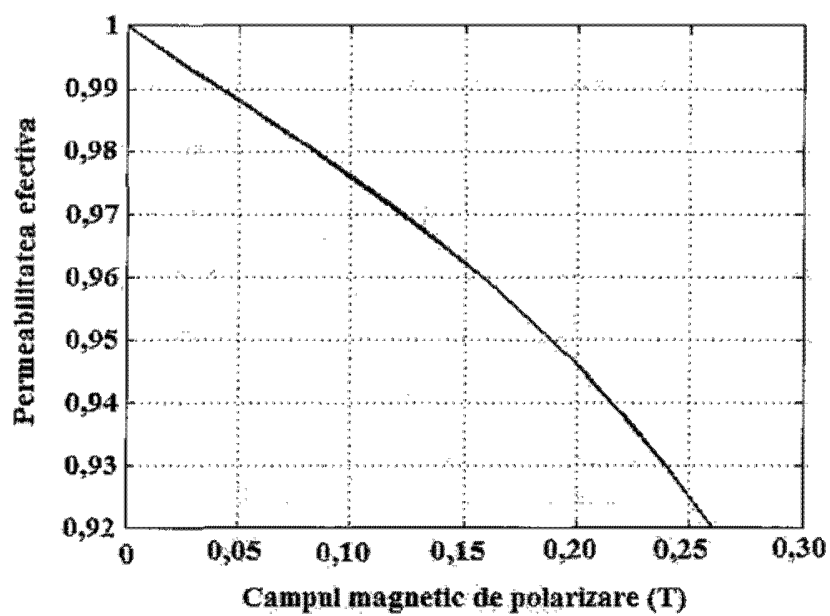


Fig. 1

(51) Int.Cl.

H01Q 3/24 (2006.01).

H01Q 13/26 (2006.01).

H01Q 19/185 (2006.01).

H01P 1/215 (2006.01)

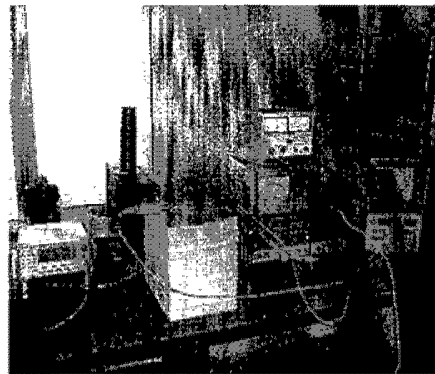
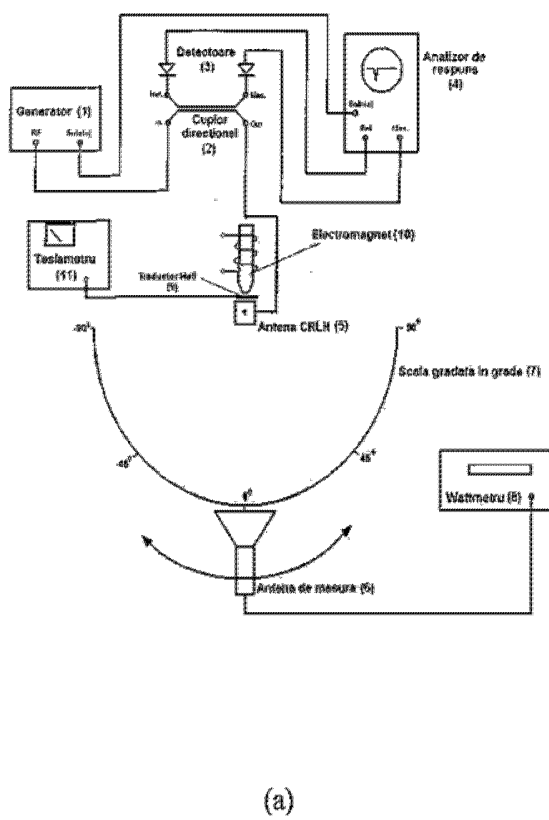


Fig. 2

(51) Int.Cl.

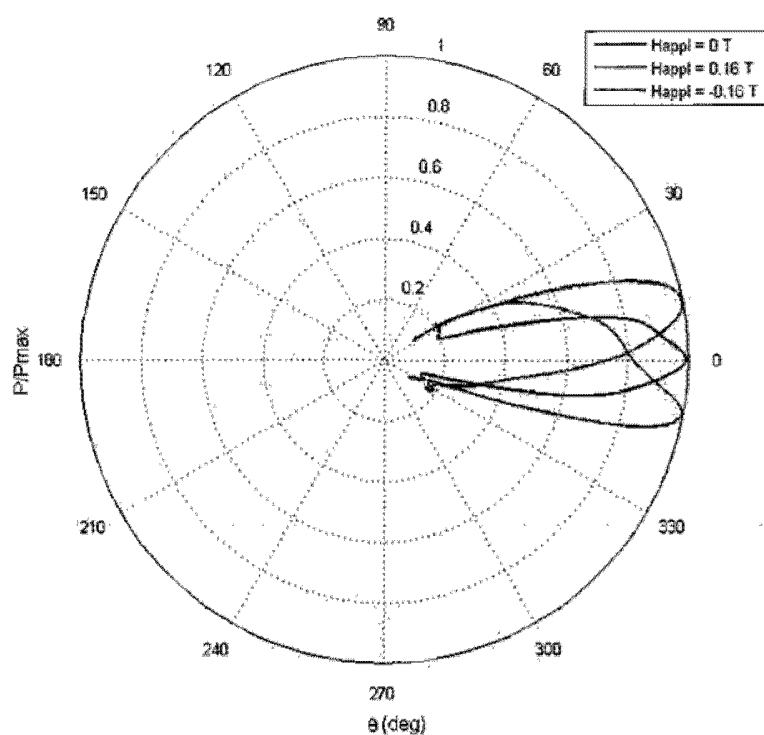
H01Q 3/24 (2006.01),

H01Q 13/26 (2006.01),

H01Q 19/185 (2006.01),

H01P 1/215 (2006.01)

Baleiajul caracteristicii de radiatie pentru $H_{ap1} = 0\text{ T}$; $0,16\text{ T}$ si $-0,16\text{ T}$



*Normalizat pentru valoarea maxima la fiecare valoare a campului magnetic aplicat

Fig. 3



Editare și tehnoredactare computerizată - OSIM
 Tipărit la: Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci
 sub comanda nr. 229/2012