



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2019 00575

(22) Data de depozit: 19/09/2019

(41) Data publicării cererii:
30/03/2021 BOPi nr. 3/2021

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

(72) Inventatori:
• BUICULESCU VALENTIN,
STR. ARH. ION BERINDEI NR.11, BL.1-2,
SC.C, AP.88, SECTOR 2, BUCUREȘTI, B,
RO;
• REBIGAN ROXANA ILEANA,
STR.TOAMNEI NR.8, ET.2, AP.11,
SECTOR 2, BUCUREȘTI, B, RO

(54) SENZORI REZONANȚI CU GHIDURI DE UNDĂ INTEGRATE
ÎN SUBSTRAT (SIW) ȘI PROCEDEE PENTRU MODIFICAREA
FRECVENȚEI DE REZONANȚĂ A CIRCUITELOR
REZONANTE SIW

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un senzor rezonant cu ghiduri de undă integrate în substrat și la procedee pentru modificarea frecvenței de rezonanță a circuitelor rezonante. Senzorul conform invenției este alcătuit din două corpuri (A și B) realizate în tehnica ghidurilor de undă integrate în substrat și cuplate electromagnetic printr-o fantă amplasată transversal față de direcția de propagare a semnalului, dintre care corpul (A) principal conține un circuit rezonant delimitate de niște tije (8, 8') metalice singulare sau de niște diafragme (9, 9') între care este poziționată o fantă (6) de cuplaj, iar cel de-al doilea corp (B) are prevăzută o fantă (6') de cuplaj pe fața care se află în contact cu corpul (A) principal, iar pe fața opusă acestuia, este definită o zonă (13) de tranziție de la mediul de propagare cu ghiduri de undă integrate în substrat la orice tip de linie de transmisie plană al cărei capăt liber definește un port (14) de semnal la care se pot conecta componente și/sau circuite electrice și/sau electronice care, prin modificarea unuia sau mai multor parametri electrice sau prin generarea unui semnal electric care are cel puțin o caracteristică în relație de proporționalitate cu valoarea unei mărimi fizice care descrie un fenomen fizic sau chimic, pot produce o variație proporțională a frecvenței de rezonanță a senzorului rezonant la care sunt asociate.

Revendicări: 4
Figuri: 5

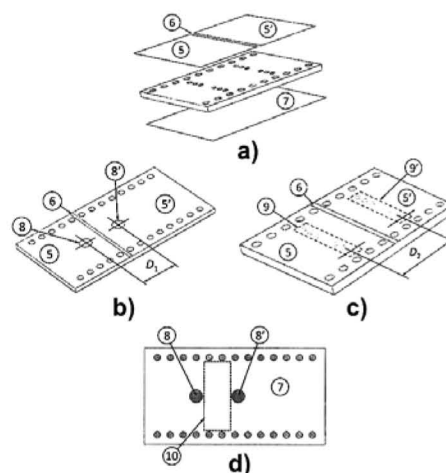


Fig. 3

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).



28

Senzori rezonanți cu ghiduri de undă integrate în substrat (SIW) și procedee pentru modificarea frecvenței de rezonanță a circuitelor rezonante SIW

Descrierea invenției

Invenția se referă la o structură de circuit cu ghiduri integrate în substrat (SIW – substrate integrated waveguide) [1] care permite modificarea frecvenței de rezonanță a unor dispozitive și circuite realizate în tehnica SIW. Circuitul la care se referă invenția poate fi utilizat ca (i) senzor rezonant SIW, pentru (ii) ajustarea frecvenței de rezonanță a senzorilor rezonanți SIW, sau (iii) pentru modificarea frecvenței de funcționare a filtrelor SIW. Structura de circuit la care se referă invenția este compatibilă cu tehnologiile de fabricație pentru circuite imprimate și ale componentelor care utilizează materiale ceramice sinterizate la temperaturi scăzute (LTCC – low temperature co-fired ceramic).

În tehnica ghidurilor de undă integrate în substrat (SIW) sunt utilizate diverse modele de circuit cu funcția de rezonator, sau circuit rezonant, care sunt alcătuite dintr-o secțiune de circuit SIW ce poate fi accesată printr-un singur port [2] sau prin două porturi [3]. Aceste circuite au aplicații în dispozitive de tip senzori dacă le sunt asociate structuri mecanice și/sau dispozitive electrice capabile să le modifice frecvența de rezonanță în funcție de valoarea unei mărimi fizice sau chimice din mediul înconjurător, de exemplu temperatura, presiunea, umiditatea relativă. Modificarea frecvenței de rezonanță a acestor circuite are loc prin (i) perturbarea condițiilor de propagare a semnalului de microunde prin structura SIW sensibilă [4], (ii) deformarea unuia sau mai multor elemente mecanice din care este formată structura sensibilă, sau (iii) ca urmare a modificării proprietăților unor structuri special configurate, prin efect de proximitate la interfața cu materiale ale căror caracteristici dielectrice [5] sau magnetice variază în funcție de valoarea unei mărimi fizice sau chimice din mediul înconjurător.

Senzorii rezonanți care funcționează la frecvențe de rezonanță de valori foarte apropiate, se află într-un spațiu restrâns, nu dispun de elemente individualizate de codare și sunt interogați simultan cu semnale radio prezintă dezavantajul că identificarea răspunsului de la fiecare senzor în parte este extrem de dificilă, deoarece semnalele de răspuns ale tuturor senzorilor sunt recepționate de aparatul de interogare simultan și într-o bandă de frecvențe foarte îngustă. Adoptarea unei soluții de fabricare a senzorilor rezonanți care să aibă frecvențe de rezonanță diferite pentru fiecare circuit în parte poate să rezolve acest inconvenient, dar nu este rentabilă economic, deoarece valoarea frecvenței de rezonanță depinde, de obicei, de configurarea mai multor elemente din structura fizică a senzorilor, astfel încât modificarea fiecărei configurații în parte devine foarte costisitoare, presupunând folosirea unor tehnologii și utilaje complexe. Un alt dezavantaj major al senzorilor rezonanți folosiți în prezent constă în limitarea utilizării acestora numai pentru acele mărimi fizice și/sau chimice care pot influența în mod direct condițiile de propagare ale semnalelor de înaltă frecvență prin circuitele SIW.

Scopul invenției constă în realizarea unor structuri de senzori rezonanți în tehnica SIW a căror frecvență de rezonanță poate fi modificată prin metode simple, necostisitoare, dar și extinderea utilizării acestora în situații în care mărimile fizice sau chimice care trebuie măsurate nu pot perturba în mod direct condițiile de propagare ale semnalului de înaltă frecvență prin mediul SIW.

Senzorii rezonanți SIW, conform invenției, înlătură dezavantajele mai sus menționate deoarece constau din două structuri SIW cu configurații specifice și care sunt cuplate electromagnetic, iar frecvențele de rezonanță ale senzorilor rezonanți pot fi modificate cu ajutorul unor componente sau circuite asamblate în corpul SIW cuplat, chiar dacă aceste componente sau circuite nu sunt compatibile cu tehnica circuitelor SIW.

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

- ajustarea sau modificarea frecvenței de rezonanță a senzorilor rezonanți prin utilizarea unor componente de tip pasiv sau activ și/sau a unor circuite electrice și/sau electronice asamblate în structuri care conțin linii de transmisiune plane asociate cu secțiunea SIW cuplată;
- tipurile capsulelor în care sunt asamblate componentele și/sau circuitele electrice și/sau electronice care se conectează la liniile de transmisiune plane asociate cu secțiunea SIW cuplată nu sunt restricționate;
- invenția permite modificarea frecvenței de rezonanță a senzorilor în care elementul sensibil la parametrii care modifică valoarea frecvenței de rezonanță se pot afla în structura SIW principală sau în cea cuplată;
- invenția permite utilizarea, ca elemente sensibile încorporabile în structurile de senzori rezonanți, a componentelor electro-mecanice, circuitelor electronice sau dispozitivelor semiconductoare capabile să genereze un semnal electric care are cel puțin o caracteristică (de exemplu tensiune, curent, frecvență)



în relație de proporționalitate cu valoarea unei mărimi fizice care descrie un fenomen fizic sau chimic sau cu variația acestei mărimi fizice, făcând posibilă modificarea frecvenței de rezonanță a senzorului în funcție de caracteristicile semnalului electric care provine de la acea componentă electro-mecanică, circuit electronic sau dispozitiv semiconductor.

În continuare este prezentat un exemplu de realizare a invenției privind senzorii rezonanți cu ghiduri de undă integrate în substrat (SIW) și procedee pentru modificarea frecvenței de rezonanță a circuitelor rezonante SIW, în legătură cu **Figura 1 - Figura 5** care prezintă:

Figura 1: Structură de ghid integrat în substrat (SIW): (a) vedere cu planurile de masă separate, pentru punerea în evidență a elementelor constitutive; (b) vedere cu planurile de masă asamblate.

Figura 2: Structura generică a senzorului rezonant SIW conform brevetului: (a) vedere cu corpurile principal și cuplat asamblate; (b) vedere cu corpurile principal și cuplat separate.

Figura 3: Corpul SIW principal al senzorului rezonant: (a) vedere cu planurile de masă separate; (b) circuit rezonant cu două tije metalice; (c) circuit rezonant cu două diafragme alcătuite din tije metalice; (d) definirea careului în interiorul căruia se poate afla elementul sensibil al senzorului rezonant (senzorul propriu-zis).

Figura 4: Structura generică a corpului SIW cuplat al senzorului rezonant: (a) vedere cu planurile de masă separate; (b) exemplu de configurare a zonei de tranziție de la mediul de propagare SIW la linia de transmisiune coplanară și definirea portului de semnal atașat corpului SIW cuplat; (c) configurarea semi-planurilor de masă și a celor două șiruri de găuri metalice amplasate transversal față de direcția de propagare a semnalului prin corpul SIW cuplat.

Figura 5: Exemplu de configurare a planului de masă care înconjoară portul de semnal al SIW cuplat pentru asamblarea unei componente pasive, conform modelului (M1) de senzor rezonant (a); exemplu de asamblare a unei componente pasive, conform modelului (M1) de senzor rezonant (b); schema electrică echivalentă a structurii care descrie modelul (M1) de senzor rezonant, după asamblarea componentei SMD (c); exemplu de schemă electrică echivalentă a senzorului rezonant acordabil cu diodă varactor, conform modelului (M2) de senzor rezonant (d).

Ghidul de undă integrat în substrat (Figura 1) este o structură alcătuită din corpul (1), de formă paralelipipedică, realizat din materiale dielectrice cu pierderi mici în domeniul frecvențelor de funcționare, care este acoperit pe cele două fețe late de pereții principali (2) și (2') ai structurii SIW care au întotdeauna și rol de planuri de masă, fiind realizați din materiale bune conducătoare de electricitate. Corpul (1) înglobează pereții laterali ai structurii SIW, fiind compuși din șirurile de cilindri (3) și (3') metalici, sau din alte materiale bune conducătoare de electricitate, care sunt amplasați pe toată lungimea structurii SIW și conectează din punct de vedere electric pereții principali (2) și (2') ai SIW. Accesul semnalului de RF/microunde care parcurge această structură se face prin porturile (4) și (4') amplasate la capetele circuitului SIW [1].

Ca structură generală, senzorul rezonant SIW, conform invenției, este compus din corpul SIW principal (A) și corpul SIW cuplat (B) (Figura 2), accesul semnalului de RF/microunde prin senzor fiind asigurat de porturile de intrare/ieșire (S) și (S') amplasate la capetele corpului SIW principal (A). Aceste porturi permit, de asemenea, conexiunea senzorului cu alte circuite sau structuri exterioare. Conform invenției, funcționalitatea specifică a senzorilor rezonanți SIW este asigurată de configurațiile pereților principali ai celor două corpuri SIW, care sunt adaptate atât funcției pe care trebuie să o asigure ansamblul acestora cât și elementelor adaptate fiecărui mod de funcționare al unui senzor rezonant, putând fi aplicată în mod similar și la senzorii rezonanți de tip cavitate cu un singur port de semnal, care funcționează exclusiv prin reflexia semnalului.

a) Descrierea SIW principal

Corpul (A) al SIW principal este acoperit, pe fața poziționată către corpul SIW secundar (B), de două semi-planuri de masă (5) și (5') separate de fanta de cuplaj (6) amplasată transversal față de direcția de propagare a semnalului, iar pe fața opusă se află un plan de masă (7) continuu (Figura 3.a).

Structura propriu-zisă de senzor rezonant SIW este mărginită longitudinal, pe direcția de propagare a semnalului prin SIW principal (A), de perechi de tije metalice singulare identice (8) și (8'), ca în Figura 3.b, sau de perechi de grupuri de tije metalice poziționate transversal față de direcția de propagare a semnalului prin corpul SIW principal (A) care formează diafragmele (9) și (9') (Figura 3.c), iar fanta de cuplaj (6) trebuie întotdeauna să se afle între tijele singulare (8) și (8') sau între diafragmele (9) și (9'). Frecvența de rezonanță

a structurii propriu-zise de senzor rezonant SIW depinde atât de (i) distanța D_1 între centrele tijelor singulare (8) și (8') sau de distanța D_2 între centrele grupurilor de tije care formează diafragmele (9) și (9'), în funcție de varianta constructivă, cât și de (ii) numărul de tije dintr-un grup, geometria și dispunerea grupurilor de tije.

Elementul sensibil la mărimea fizică care trebuie determinată cu ajutorul senzorului rezonant este amplasat, de regulă, în interiorul careului (10) definit în corpul (A) al SIW principal și care este mărginit în plan transversal de tijele metalice care formează pereții laterali ai structurii SIW iar în plan longitudinal de tijele singulare sau de tijele din componența diaframelor care alcătuiesc rezonatorul SIW propriu-zis, astfel încât toate aceste tije se află în afara careului (10) (Figura 3.d).

b) Descrierea structurii de bază a SIW cuplat (sau secundar)

Corpul (B) al SIW cuplat este acoperit de un plan de masă continuu (11) amplasat pe fața care nu este în contact cu corpul (A) al SIW principal, iar pe fața opusă se află două semi-planuri (12) și (12') de masă separate între ele de fanta (6') de cuplaj (Figura 4.a). Cuplajul electromagnetic între corpurile SIW principal (A) și al SIW cuplat (B) are loc, după asamblarea celor două corpuri, exclusiv prin suprapunerea fantelor de cuplaj (6) și (6'), astfel că cele două fante trebuie să se suprapună complet, având aceleași dimensiuni.

În structura planului (11) de masă este configurată zona de tranziție (13) de la mediul de propagare SIW la o linie de transmisiune de tip coplanar (sau orice alt tip de linie plană) al cărei capăt liber definește portul (14) de semnal atașat corpului (B) al SIW cuplat (Figura 4.b), la care se pot conecta componente și/sau circuite electrice și/sau electronice care concurează la funcționarea specifică a senzorului rezonant.

Șirul (15) de găuri metalice amplasate imediat lângă fanta (6') de cuplaj (Figura 4.c) care conectează marginea semi-planului (12) aflată în imediata apropiere a marginii fantei (6') de cuplaj cu planul (11) de masă de pe fața opusă, are rolul unui perete de scurtcircuitare pentru structura SIW cuplată, iar șirul (16) de găuri metalice închide parțial cel de al doilea capăt al structurii SIW, pentru crearea unui interstițiu între tijele situate de o parte și de alta a portului (14) de semnal, evitând scurtcircuitarea la masă a acestui port. Atât configurația zonei de tranziție (13) cât și distanța W între șirurile de tije (15) și (16) determină transformările de impedanță pe care le suferă impedanța conectată între portul (14) de semnal și planul de masă (11) [6], ceea ce permite controlul frecvenței de rezonanță a senzorului rezonant SIW.

c) Configurarea SIW secundar în funcție de aplicație

Structurile de senzori rezonanți folosite în aplicații concrete sunt derivate din structura de bază din Figura 4 prin (i) extinderea spațiului care înconjoară portul (14) de semnal definit în corpul (B) al SIW cuplat pentru a permite asamblarea, în această zonă, a unor componente și/sau circuite electrice și/sau electronice, și (ii) reconfigurarea corespunzătoare a planului de masă (11) din jurul portului (14) de semnal (Figura 5.a), conform modelelor de senzori rezonanți (M1) – (M3) descrise în continuare.

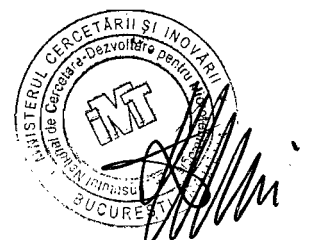
(M1) În cazul în care structura senzorului propriu-zis se află în interiorul careului (10) definit în corpul (A) al SIW principal, valoarea frecvenței de rezonanță a acestuia se poate modifica prin asamblarea unei componente (17) de tip pasiv (capacitor sau inductor) între portul (14) și planul de masă (11) care înconjoară acest port din corpul SIW cuplat (Figura 5.b). În schema electrică echivalentă a acestei structuri prezentată în Figura 5.c, atât valoarea cât și tipul componentei (17) determină frecvența de rezonanță a senzorului obținut prin asamblarea corpurilor SIW principal (A) și SIW secundar (B). Geometria spațiului în care se amplasează componenta (17), între portul (14) și planul de masă (11), este adaptată modelului și dimensiunilor capsulei acestei componente, putând fi utilizate și componente în capsule specifice montajului pe suprafață (SMD).

(M2) În cazul în care între portul (14) și planul de masă (11) se conectează o diodă cu capacitate variabilă (sau varactor) a cărei impedanță (de regulă o reactanță cu pierderi mici) este dependentă de tensiunea de polarizare aplicată la terminale, iar modificarea frecvenței de rezonanță a senzorului rezonant SIW se poate efectua prin utilizarea unei tensiuni care polarizează în conducție inversă joncțiunea diodei varactor. Diodei varactor i se pot asocia și componente sau circuite de polarizare sau protecție auxiliare. Un model de circuit pentru această configurație este prezentat în Figura 5.d, unde dioda varactor (18) este polarizată în conducție inversă cu o tensiune continuă aplicată între terminalul (19) și planul de masă (11) al structurii. Celelalte componente electronice pasive din acest circuit electronic asigură: (i) decuplarea la masă a semnalului de înaltă frecvență prin capacitorul (20) a cărui reactanță este foarte mică la frecvențele de funcționare, (ii) blocarea de către inductorul (21) a propagării semnalului de înaltă frecvență în afara circuitului de polarizare, datorită reactanței (foarte) mari a inductorului (21) și (iii) limitarea curentului prin dioda (19) varactor datorită rezistorului (22),

pentru situațiile în care tensiunea aplicată la terminalul (19) depășește tensiunea de străpungere (în conducție inversă) a joncțiunii diodei varactor.

Tensiunea de polarizare a diodei varactor poate proveni de la o sursă de tensiune continuă atașată sensorului rezonant, de exemplu o baterie sau un acumulator, sau de la un circuit care convertește o formă de energie, de exemplu (a) electromagnetică, (b) optică, (c) eoliană, prezentă în proximitatea sensorului rezonant SIW, într-o tensiune continuă (sau alternativă) a cărei valoare (sau amplitudine) este proporțională cu cantitatea de energie transferată de la acea sursă. În aceste din urmă cazuri, ansamblul rezonator SIW devine un senzor pentru (a) intensitatea câmpului electromagnetic, (b) intensitatea radiației luminoase, sau (c) viteza vântului. Ca exemple practice, fără a fi limitative, elementul sensibil al sensorului rezonant poate fi (i) un panou de celule solare care generează la ieșire o tensiune continuă proporțională cu intensitatea fluxului luminos incident, (ii) un generator de tensiune continuă (sau alternativă) conectat mecanic la un anemometru, sau (iii) orice combinație de componente electro-mecanice și/sau dispozitive semiconductoare care furnizează o tensiune sau un curent care sunt proporționale cu o mărime fizică sau chimică. Deoarece tensiunea aplicată diodei varactor trebuie să fie continuă, este necesară folosirea unui circuit redresor în cazul în care generatorul sau sursa utilizate furnizează un curent sau o tensiune alternativă.

(M3) În cazul în care componenta (17) este un senzor sau traductor realizat ca structură interdigitată [7], chiar dacă nu este utilizat la frecvența de rezonanță naturală dar are reactanța echivalentă dependentă de un parametru fizic sau chimic al mediului ambiant, atunci frecvența de rezonanță a sensorului rezonant se poate modifica în funcție de proprietățile dielectrice și/sau magnetice (permitivitatea, respectiv permeabilitatea) ale materialului aflat în contact cu senzorul ori traductorul (17), astfel că întregul circuit rezonant SIW se comportă ca un senzor rezonant sensibil la acea mărime fizică sau chimică.



Bibliografie

- [1] D. Deslandes, Ke Wu, "Integrated microstrip and rectangular waveguide in planar form", *IEEE Microw. Wireless Compon. Lett.*, vol. 11, no. 2, pp. 68-70, februarie 2001
- [2] K. Saeed, R. D. Pollard, I. C. Hunter, "Substrate integrated waveguide cavity resonators for complex permittivity characterization of materials", *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.*, vol. MTT-56, no. 10, pp. 2340-2347, octombrie 2008
- [3] D. C. Dube, M. T. Lanagan, J. H. Kim, S. J. Jang, "Dielectric measurements on substrate materials at microwave frequencies using a cavity perturbation technique", *Journal of Applied Physics* **63**, 2466 (1988), pp. 2466-2468
- [4] Qiulin Tan, Yanjie Guo, Lei Zhang, Fei Lu, Helei Dong, Jijun Xiong, "Substrate integrated waveguide (SIW)-based wireless temperature sensor for harsh environments", *Sensors*, vol. 18, no. 5, mai 2018, 1406
- [5] M. Ndoye, I. Kerroum, D. Deslandes, F. Domingue, "Air-filled substrate integrated cavity resonator for humidity sensing", *Sensors and Actuators B: Chemical*, vol. 252, noiembrie 2017, pp. 951-955
- [6] V. Buiculescu, A. Ștefănescu, "Substrate integrated waveguide SPST switch with single SMD PIN diode", *Proc. European Microwave Conf. - EuMW 2018*, 23-28 septembrie, Madrid, Spania
- [7] W. T. Chen, K. M. E. Stewart, R. R. Mansour, A. Penlidis, "Novel undercoupled radio-frequency (RF) resonant sensor for gaseous ethanol and interferences detection", *Sensors and Actuators A: Physical*, vol. 230, (2015), pp. 63-73



Revendicări

1. Senzor rezonant cu ghiduri de undă integrate în substrat (SIW) **caracterizat prin aceea că** este alcătuit din două corpuri (A) și (B) realizate în tehnica SIW și cuplate electromagnetic printr-o fantă amplasată transversal față de direcția de propagare a semnalului (**Figura 2**), dintre care corpul SIW principal (A) conține un circuit rezonant delimitat de tijele metalice singulare (8) și (8') (**Figura 3.b**) sau de diafragmele (9) și (9') (**Figura 3.c**) între care este întotdeauna poziționată fanta de cuplaj (6), iar corpul SIW cuplat (B) are prevăzută fanta de cuplaj (6') (**Figura 4.a**) pe fața care se află în contact cu corpul SIW principal (A) iar pe fața opusă acesteia este definită zona de tranziție (13) de la mediul de propagare SIW la orice tip de linie de transmisiune plană (de exemplu microstrip sau coplanară), configurația zonei de tranziție depinzând de cerințele tehnice impuse prin procedeul folosit pentru modificarea frecvenței de rezonanță a senzorului rezonant SIW, care poate fi aplicat în mod similar și la senzorii rezonanți de tip cavitate cu un singur port de semnal, care funcționează exclusiv prin reflexia semnalului.
2. Procedeul pentru modificarea frecvenței de rezonanță a circuitelor rezonante SIW realizate conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că**, prin extinderea și reconfigurarea planului de masă care înconjoară portul (14) de semnal conform **Fig. 5.a**, devin posibile (i) asamblarea unei componente pasive (17) (**Figura 5.b**) a cărei reactanță modifică frecvența de rezonanță a senzorului rezonant, sau (ii) conectarea unui senzor sau traductor cu structură interdigitată (IDT) a cărei reactanță echivalentă se modifică în funcție de valoarea unui parametru fizic sau chimic al mediului ambiant, astfel că frecvența de rezonanță a senzorului rezonant se va modifica în mod proporțional cu valoarea aceluia parametru fizic sau chimic al mediului ambiant.
3. Procedeul pentru modificarea frecvenței de rezonanță a circuitelor rezonante SIW realizate conform revendicării 1 și 2, **caracterizat prin aceea că** zona de tranziție (13) asociată cu corpul SIW cuplat (B) este configurată astfel încât la portul de semnal (14) să fie posibilă asamblarea unui circuit a cărui schema electrică (**Figura 5.d**) conține dioda (18) cu capacitate variabilă (sau varactor), iar restul componentelor sunt destinate polarizării diodei varactor cu o tensiune variabilă aplicată la terminalul (19) al schemei, tensiune care este obținută printr-un divizor rezistiv de tensiune conectat, de exemplu, la bornele unui acumulator sau ale unei baterii, ceea ce permite modificarea reactanței echivalente a diodei varactor și, implicit, variația frecvenței de rezonanță a senzorului rezonant, odată cu valoarea tensiunii continue de polarizare.
4. Senzor rezonant cu ghiduri de undă integrate în substrat (SIW) realizat conform revendicării 1 – 3, **caracterizat prin aceea că** dioda varactor (18) este polarizată, prin intermediul terminalului (19) al schemei din **Figura 5.d**, cu o tensiune variabilă care provine de la orice dispozitiv electronic, electric sau electro-mecanic capabil să genereze un semnal electric care are cel puțin o caracteristică (de exemplu tensiune, curent, frecvență) proporțională cu valoarea unei mărimi fizice care descrie un fenomen chimic sau fizic extern, astfel că frecvența de rezonanță a senzorului rezonant se va modifica în funcție de caracteristicile semnalului electric care provine de la acel dispozitiv electronic, electric sau electro-mecanic. Tensiunea furnizată de oricare dintre dispozitivele enumerate mai sus poate fi redresată (dacă semnalul electric disponibil este alternativ) și/sau prelucrată electronic (dacă semnalele electrice disponibile sunt continue sau alternative) înainte de a fi aplicată senzorului rezonant.



25
23

Figuri explicative

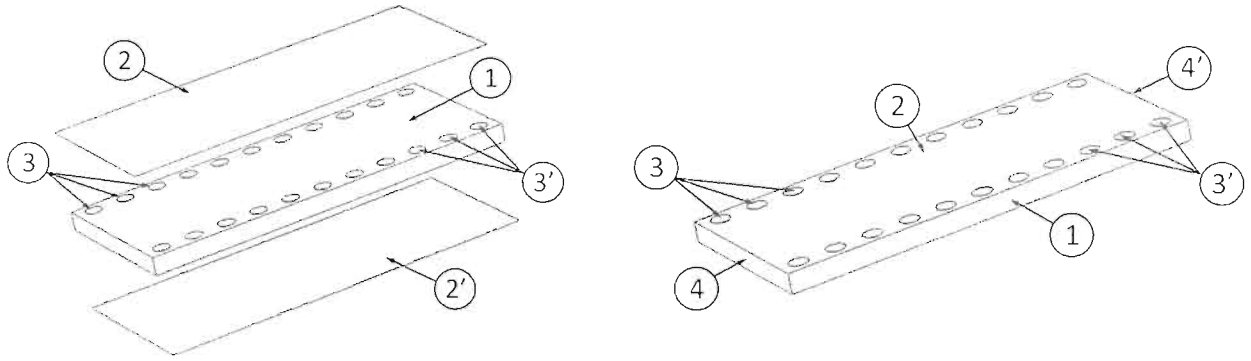


Figura 1

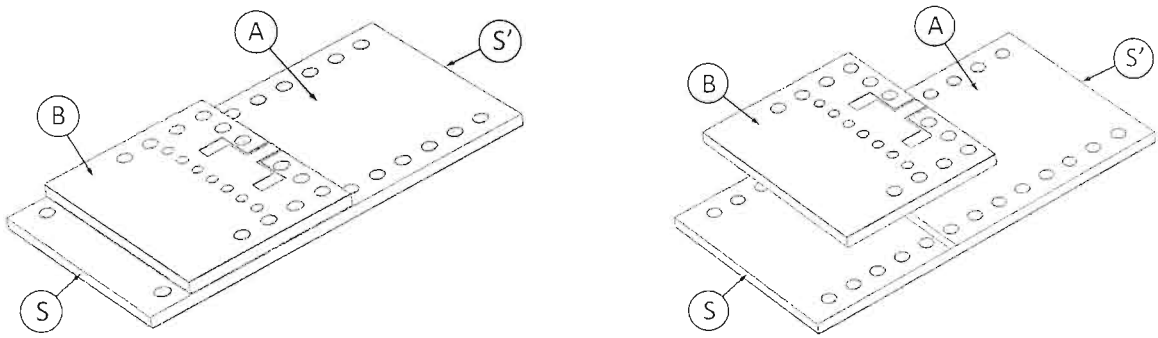
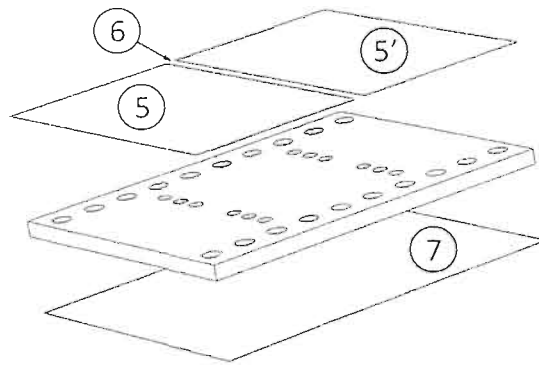
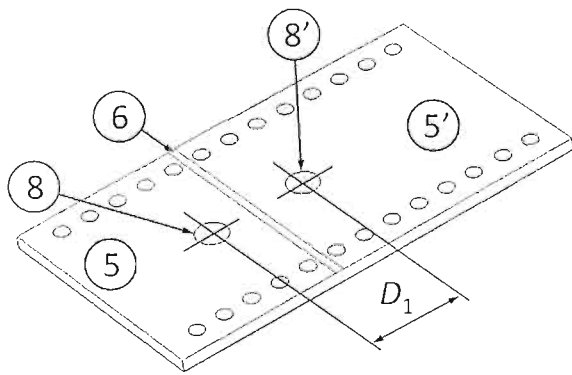


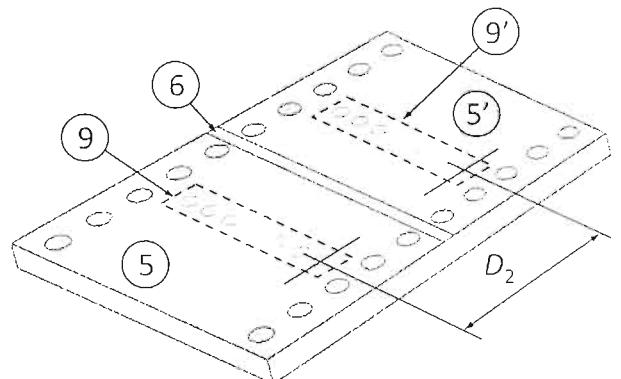
Figura 2



(a)



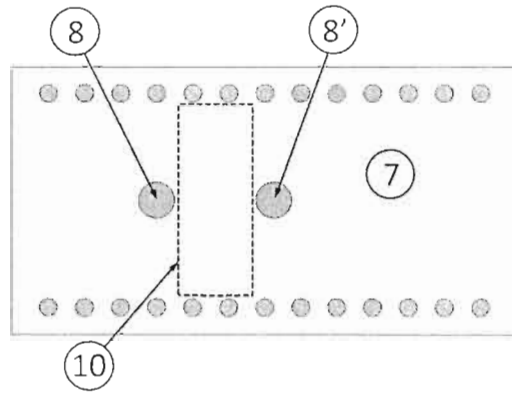
(b)



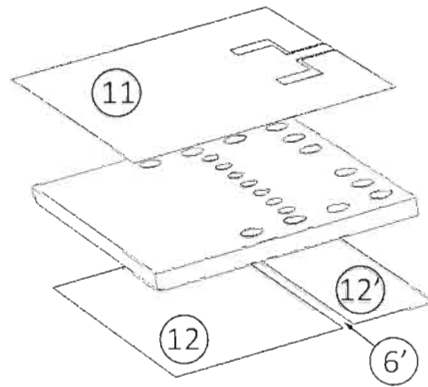
(c)



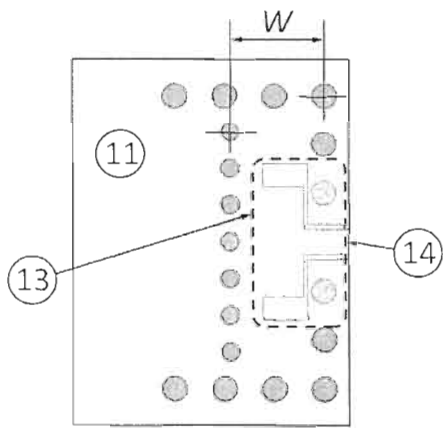
2/22



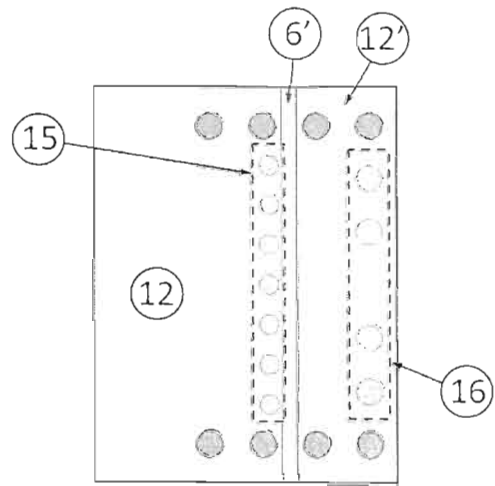
(d)
Figura 3



(a)



(b)



(c)

Figura 4



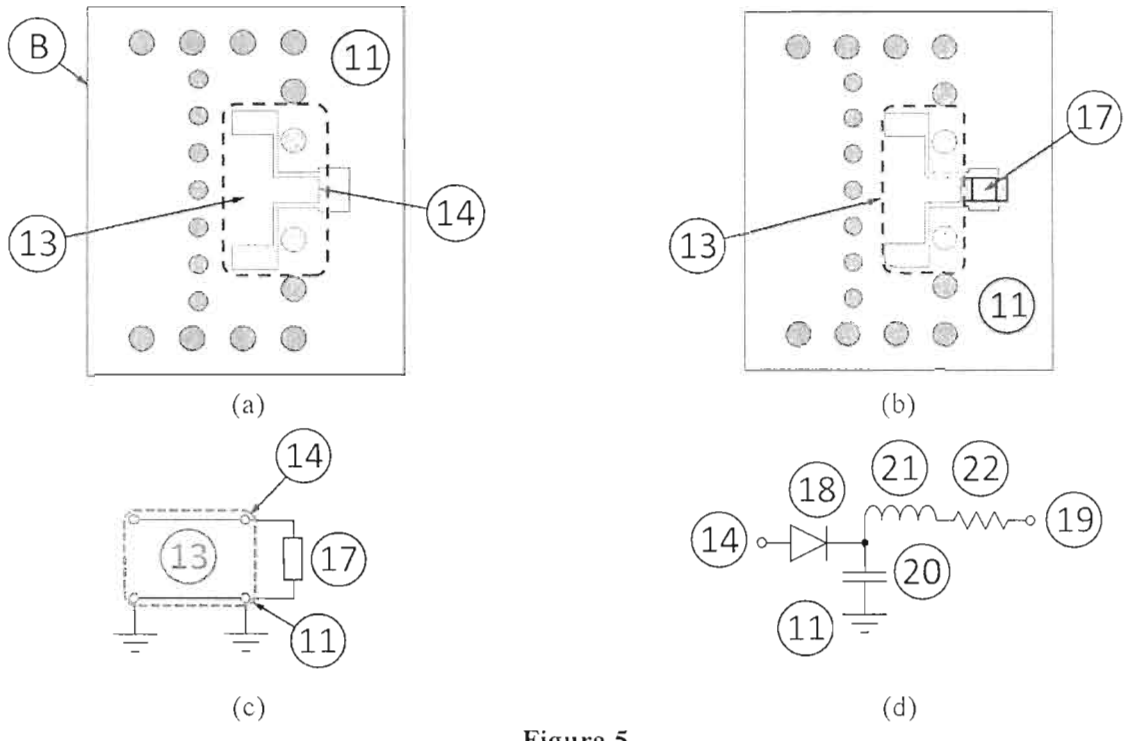


Figura 5

