

(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2022 00659

(22) Data de depozit: 20/10/2022

(41) Data publicării cererii:
30/04/2024 BOPi nr. 4/2024

(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;
• IORDĂNESCU ANGHEL SERGIU,
ALEEA FRUNTAȘ CONSTANTIN TUDOR,
NR. 14B, AP.2, SECTOR 3, BUCUREȘTI, B,
RO

(54) METODE ȘI DISPOZITIVE DE ASAMBLARE DEMONTABILĂ
A CIRCUITELOR CU GHIDURI INTEGRATE ÎN SUBSTRAT
CUPLATE ELECTROMAGNETIC

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o metodă de asamblare demontabilă a structurilor alcătuite din două sau mai multe circuite cu linii de transmisie de tip ghid de undă integrat în substrat (SIW), cuplate electromagnetice prin fante transversale și la elementele mecanice care permit acest mod de asamblare. Metoda se aplică în situațiile în care este necesară reducerea lungimii fizice a unui sau mai multora dintre circuitele SIW cuplate electromagnetice, cu scopul modificării caracteristicilor electrice ale ansamblului de circuite SIW cuplate electromagnetice, de exemplu frecvența de funcționare a senzorilor rezonanți sau frecvențele de rejecție în filtre SIW. Conform invenției, pentru asamblarea demontabilă a două circuite (A și B) SIW cuplate și asigurarea stabilității mecanice și a proprietăților electrice ale acestora se utilizează niște elemente (13 și 13') elastice de contact electric, asamblate în poziții simetrice față de o fantă (4) de cuplaj din circuitul SIW principal, și o bridă (D) pentru menținerea circuitelor SIW cuplate într-o poziție relativ stabilă și care rigidizează întreaga structură datorită perechilor șurub-piuliță (19 și 19') care traversează niște fante (18 și 18') ovale ale unor tălpi (17 și 17') de fixare ale bridei (D), cât și niște găuri metalice sau metalizate care alcătuiesc pereții laterali ai circuitelor (A și B) SIW cuplate.

Revendicări: 4
Figuri: 5

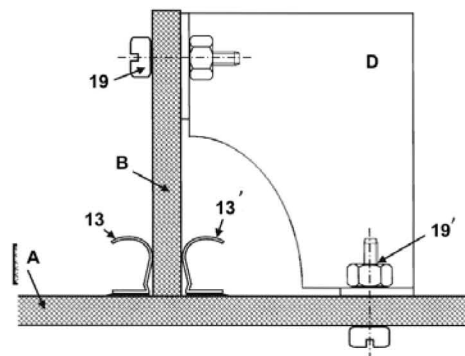


Fig. 5

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).



Metodă și dispozitive de asamblare demontabilă a circuitelor cu ghiduri integrate în substrat cuplate electromagnetic

Invenția se referă la o metodă de asamblare demontabilă aplicabilă unor structuri alcătuite din două sau mai multe circuite cu linii de transmisiune de tip ghid de undă integrat în substrat (substrate integrated waveguide – SIW) care sunt cuplate electromagnetic prin fante poziționate transversal față de direcția de propagare a semnalului prin aceste circuite și la elementele mecanice care permit aplicarea acestei metode. Metoda se poate aplica în situațiile care impun reducerea lungimii fizice a unui sau mai multora dintre circuitele SIW cuplate pentru modificarea unor caracteristici electrice ale ansamblului de circuite SIW cuplate, de exemplu frecvența de funcționare a senzorilor rezonanți sau frecvențele de rejecție în filtre SIW.

Conform Figurii 1.a, un circuit SIW este alcătuit dintr-un circuit imprimat (PCB – printed circuit board) realizat pe un suport (1) din material dielectric cu pierderi reduse, iar pe fețele late ale PCB se află pereții plani (2) și (2') ai structurii SIW, realizați din folii metalice lipite sau depuse prin metode specifice tehnologiilor circuitelor imprimate, în timp ce șirurile de găuri metalizate (3) și (3') conectează între ei pereții plani (2) și (2') care formează pereții laterali ai structurii SIW. În situațiile în care două circuite SIW trebuie cuplate electromagnetic pentru a forma un ansamblu cu caracteristici electrice specifice, unul dintre circuitele SIW care fac parte din ansamblu este definit ca *circuit SIW principal* dacă este prevăzut cu cel puțin un port de semnal și una sau mai multe fante transversale de cuplaj în oricare dintre cele două planuri de masă ale sale, iar un alt *circuit SIW este numit cuplat* (sau secundar) dacă este prevăzut cu un port de semnal la capătul desemnat prin proiectare pentru a fi utilizat în acest scop, iar forma și structura sa sunt adaptate pentru cuplajul cu circuitul SIW principal. Elementele de configurare enumerate mai sus pentru cele două circuite care trebuie să poată fi cuplate vor fi descrise în continuare, ținând cont de modul în care se realizează cuplajul electromagnetic dintre circuitele SIW.

În prezent sunt cunoscute două metode de asamblare a două circuite SIW cuplate prin fante transversale:

1. Procedeele de asamblare nedemontabilă, care constă în poziționarea circuitelor cuplate astfel încât zonelor lor de cuplaj să se suprapună, urmată de lipirea între ele a planurilor de masă adiacente ale circuitelor cuplate, folosind aliaje metalice cu temperatură joasă de topire [1], [2], ceea ce face ca separarea nedestructivă a circuitelor astfel asamblate, în vederea reducerii lungimii circuitului SIW cuplat, să fie posibilă doar prin folosirea unor procedee și scule adecvate.
2. Procedeele de asamblare demontabilă cu șuruburi și piulițe [3], [4] prin intermediul unor șuruburi și piulițe ale căror dimensiuni sunt compatibile cu configurația găurilor metalice care alcătuiesc pereții laterali ai circuitelor SIW care trebuie asamblate. În cazul structurilor SIW cuplate asamblate demontabil prin acest procedeu, configurația specifică a zonei de cuplaj a circuitului SIW cuplat face practic imposibilă reducerea lungimii acestui circuit deoarece operațiunea impune efectuarea unor modificări complexe ale configurației zonei de cuplaj pentru definirea noii poziții a portului de semnal. În plus, modul în care se poziționează acest circuit – peste circuitul SIW principal – reduce numărul de circuite SIW secundare care pot fi asamblate de-a lungul unui circuit SIW principal de lungime dată.

Indiferent de metoda de asamblare utilizată, în planul de masă (2), sau (2'), al circuitului SIW principal (A) se definește fanta transversală de cuplaj (4) (Figura 1.b) ale cărei margini trebuie să fie la distanțe egale față de găurile adiacente care fac parte din șirurile (3) și (3') de găuri metalizate care alcătuiesc pereții laterali ai SIW (Figura 1.c). Lățimea W și lungimea L_W definesc apertura fantei de cuplaj (4). Lungimea L_W poate fi mai mică sau cel mult egală cu lățimea W_{SIW} a circuitului SIW principal (A), fiind aleasă în funcție de valoarea necesară a factorului de cuplaj pentru fiecare dintre aceste circuite. În cazul în care sunt necesare mai multe fante de cuplaj în circuitul SIW principal (A), acestea pot fi distribuite în oricare dintre planurile de masă (2) sau (2'), în poziții stabilite la proiectarea configurației sistemului.

Circuitul SIW cuplat (B) este alcătuit dintr-un circuit imprimat realizat pe un suport (5) din material dielectric cu pierderi reduse, iar pe fețele late ale PCB se află pereții plani (6) și (6') ai structurii SIW, realizați din folii metalice lipite sau depuse prin metode specifice tehnologiilor circuitelor imprimate.

În cazul asamblării nedemontabile, circuitul SIW cuplat (B) are ca elemente caracteristice portul de semnal (7) amplasat la capătul desemnat prin proiectare pentru aceasta funcție și prin care are loc cuplajul electromagnetic cu circuitul SIW principal (A) și peretele de scurtcircuitare (8), amplasat la capătul opus portului de semnal (7), ca în Figura 1.d. În funcție de cerințele aplicației în care se utilizează circuitul SIW cuplat (B), peretele de scurtcircuitare (8) poate fi înlocuit cu orice model de circuit electronic sau structură electrică, atât direct cât și prin intermediul unor structuri de adaptare la alte tipuri de linii de transmisiune. Circuitul SIW cuplat (B) are grosimea totală H , care include atât suportul dielectric (5) cât și cele două straturi metalice sau metalizate (6) și (6') care alcătuiesc pereții plani ai acestui circuit.

Circuitul SIW principal (A) și circuitul SIW cuplat (B) sunt asamblate prin procedeul nedemontabil în poziție perpendiculară unul față de celălalt, astfel încât portul de semnal (7) este suprapus peste fanta de cuplaj (4) iar pereții plani (6) și (6') ai circuitului SIW cuplat sunt în contact cu planul de masă (2) al circuitului SIW principal în care este definită fanta de cuplaj (4), după care cele două circuite SIW cuplate se lipesc între ele prin aplicarea cordoanelor (9) și (9') din aliaj cu temperatură redusă de topire (Figura 2). Funcționarea normală a circuitelor SIW cuplate, după asamblarea lor, este condiționată de contactul mecanic și electric între planul de masă (2) al circuitului SIW principal cu planurile de masă (6) și (6') ale circuitului SIW cuplat, așadar este necesară îndeplinirea condiției $H > W$.

Operațiunile necesare pentru modificarea lungimii oricărui circuit SIW cuplat asamblat prin procedeul descris mai sus constau în (i) încălzirea ansamblului de circuite SIW până la o temperatură care permite topirea aliajului de lipire folosit la asamblare, ceea ce face posibilă separarea părților sale componente, (ii) scurtarea mecanică a circuitului SIW cuplat la capătul la care este definit portul de semnal (6), (iii) re poziționarea circuitelor SIW cuplate și (iv) relipirea acestora cu aliaje cu temperatură joasă de topire, conform metodei prezentate mai sus. Dezavantajul major al acestui procedeu de asamblare constă în rezistența mecanică redusă atât a celor două cordoane de aliaj aplicate în zona de cuplaj a circuitelor SIW, cât și a foliilor din cupru folosite la circuitele imprimate din care sunt realizați, de obicei, pereții plani ai circuitelor SIW, ceea ce face ca menținerea circuitelor cuplate în poziția necesară funcționării corecte la aplicarea șocurilor sau vibrațiilor mecanice mai puternice să nu fie întotdeauna posibilă.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în realizarea unui sistem mecanic care permite atât asamblarea și dezasamblarea simplă și rapidă a circuitelor SIW cuplate prin fantă transversală, simultan cu menținerea stabilității caracteristicilor de bază, mecanice și electrice, pentru grupul de circuite SIW cuplate care sunt astfel asamblate.

Soluția propusă, conform invenției, elimină dezavantajele enumerate mai sus prin aceea că utilizează o pereche de benzi metalice elastice profilate având rolul de elemente de contact mecanic și electric între circuitele SIW asamblate, iar cel puțin un element mecanic rigid (bridă) este folosit pentru a stabiliza poziția relativă dintre circuitele SIW asamblate în acest mod.

Avantajele invenției în raport cu stadiul actual al tehnicii sunt:

- metoda propusă permite dezasamblarea și reasamblarea simplă și rapidă a circuitelor SIW cuplate printr-o fantă transversală, fără să mai fie necesare operațiuni tehnologice complexe și costisitoare;
- nu limitează valoarea reducerii lungimii circuitului SIW cuplat, fiind astfel mai flexibilă în aplicații;
- se păstrează permanent o poziție stabilă între circuitele SIW cuplate care sunt asamblate conform procedurii propusă, atât din punct de vedere mecanic cât și electric;
- metoda propusă permite obținerea unei siguranțe superioare în funcționare a sistemului de circuite SIW cuplate, în comparație cu metoda de asamblare nedemontabilă descrisă în literatură.

În continuare este descris un exemplu de realizare a invenției care se referă la o metodă de asamblare demontabilă aplicabilă unor structuri alcătuite dintr-un circuit SIW principal și unul sau mai multe circuite SIW secundare (sau cuplate), în legătură cu Figura 1 - Figura 5 care prezintă:

Figura 1: Circuit SIW cu elementele constitutive (a); exemplu de configurație de circuit SIW principal cu o singură fantă de cuplaj (b); detaliu cu poziționarea echidistantă a fantei de cuplaj față de găurile



metalice sau metalizate care alcătuiesc pereții laterali ai circuitului SIW principal (c); configurație de circuit SIW cuplat cu marcarea elementelor constitutive.

Figura 2: Asamblare nedemontabilă a circuitelor SIW principal și secundar, conform stadiului tehnicii - vedere în perspectivă (a); secțiune în zona de cuplaj a două circuite SIW asamblate (b).

Figura 3: Model de bandă metalică profilată utilizată pentru interconectarea electrică a circuitelor SIW cuplate conform invenției (a); elemente constitutive ale benzii metalice profilate (b); model de asamblare a segmentelor de bandă metalică profilată (c); detaliu de inserție a circuitului SIW cuplat (d).

Figura 4: Model de bridă utilizată pentru asamblarea circuitelor SIW principal și SIW secundar realizată conform invenției, cu identificarea elementelor care definesc structura acesteia.

Figura 5: Exemplu de asamblare a unui circuit SIW cuplat prin utilizarea dispozitivelor și elementelor mecanice realizate conform invenției.

Conform invenției, metoda de conversie a asamblării nedemontabile dintre două circuite SIW cuplate electromagnetic printr-o fantă transversală într-o asamblare demontabilă se efectuează prin utilizarea a două tipuri diferite de elemente mecanice:

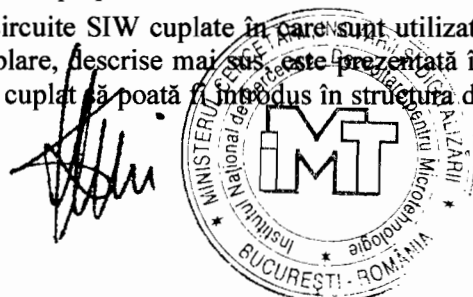
- (a) un element elastic prin care se asigură stabilitatea caracteristicilor electrice de bază ale grupului de circuite SIW cuplate prin acțiunea la nivelul interfeței de cuplaj dintre aceste circuite;
- (b) un element mecanic care menține poziția relativă a circuitelor SIW cuplate, după asamblare.

Numărul elementelor de asamblare enumerate mai sus se multiplică în mod corespunzător cu numărul de circuite SIW cuplate și ale căror lungimi vor fi ajustate pentru modificarea caracteristicilor electrice de transfer ale ansamblului acestora.

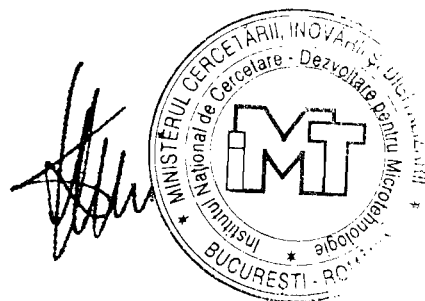
Dispozitivul pentru interconectare electrică a circuitelor SIW principal și secundar este alcătuit dintr-o pereche de segmente de bandă metalică profilată cu grosime redusă. Profilul unui segment (C) de bandă metalică profilată adecvat pentru utilizarea în această aplicație este reprezentat în Figura 3.a [5], dar pot fi compatibile și alte profile care au configurații asemănătoare. Banda metalică profilată trebuie să fie realizată din aliaje metalice care îi asigură acesteia elasticitatea necesară pentru a obține o forță de apăsare corespunzătoare în zona de contact fizic cu circuitul SIW cuplat. În vederea laterală a benzii din Figura 3.b sunt marcate elementele care fac parte din configurația acesteia: talpa de sprijin (10), piciorul vertical (11) și zona arcuită de contact (12). Două segmente decupate din acest model de bandă metalică profilată alcătuiesc elementele de contact electric (13) și (13') care se assemblează la distanțe egale față de fanta de cuplaj (5) prevăzută în circuitul SIW principal (A) folosind aliaje metalice cu temperatură joasă de topire care, după solidificare, formează două benzi subțiri (14) și (14') între elementele de contact electric (13) și (13') și planurile de masă (4) și (4') ale circuitului SIW principal (Figura 3.c). Lungimile elementelor de contact electric (13) și (13') sunt egale cu lățimea W_{SIW} a circuitelor SIW cuplate, iar distanța D trebuie să fie mai mică decât grosimea H a circuitului SIW cuplat B pentru ca, după inserția circuitului SIW secundar (B), elementele de contact electric să preseze pereții plani (7) și (7') ai circuitului SIW secundar (B), ceea ce permite obținerea unor contacte electrice bune între toate elementele metalice enumerate mai sus (Figura 3.d).

Stabilitatea mecanică și a proprietăților electrice ale circuitelor SIW asamblate conform invenției este asigurată prin utilizarea a cel puțin unei bride (D), reprezentată în Figura 4, al cărei corp (15) poate fi realizat din material plastic sau din tablă fasonată, fiind prevăzut cu decuparea (16), necesară pentru a nu atinge, după asamblare, elementele de contact electric (13) și (13'). Pe laturile adiacente decupării se află tălpile de fixare (17) și (17') în care sunt prevăzute fantele ovale (18) și (18') ale căror dimensiuni sunt adaptate geometriei circuitelor asamblate: lățimea fantelor trebuie să fie cel puțin egală cu diametrul găurilor care alcătuiesc pereții laterali ai circuitelor SIW principal și secundar, iar lungimile fantelor trebuie să fie cel puțin egale cu distanța dintre două găuri alăturate care alcătuiesc pereții laterali ai SIW, multiplicată cu un factor mai mare sau cel puțin egal cu 1,75. Deoarece circuitele SIW principal și SIW secundar se assemblează în poziție perpendiculară unul față de celălalt, planurile tălpilor de fixare (17) și (17') trebuie să fie de asemenea perpendiculare între ele.

O vedere laterală a unui ansamblu demontabil dintre două circuite SIW cuplate în care sunt utilizate cele două tipuri de elemente specifice acestui mod de asamblare, descrise mai sus, este prezentată în Figura 5. Acest mod de asamblare permite ca un circuit SIW cuplat să poată fi introdus în structura de

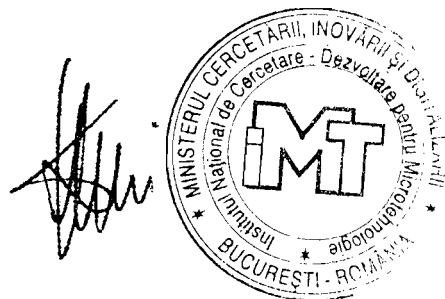


asamblare rapidă imediat după modificarea lungimii sale (prin scurtare), fără a mai fi necesară efectuarea altor operațiuni asupra sa. După poziționarea bridei (D) față de circuitele SIW cuplate în poziția din Figura 5, întreg ansamblul este rigidizat prin utilizarea ansamblurilor șurub-piuliță (19) și (19') care traversează atât fantele ovale (18) și (18') din tălpile de fixare (17) și (17') ale bridei (D) cât și circuitele SIW cuplate (A) și (B), prin găurile metalice care alcătuiesc pereții laterali ai acestora.



Bibliografie

- [1] A. Doghri, A. Ghiotto, T. Djerafi, K. Wu, "Compact and low cost substrate integrated waveguide cavity and bandpass filter using surface mount shorting stubs", *2012 IEEE/MTT-S International Microwave Symposium Digest*, pp. 1-3
- [2] R.V. Snyder, A. Mortazawi, I. Hunter, S. Bastioli, G. Macchiarella, K. Wu, "Present and future trends in filters and multiplexers," *IEEE Trans. Microw. Theory Techn.*, vol. 63, no. 10, pp. 3324-3360, oct. 2015
- [3] V. Buiculescu, A. Nicoloiu, "Substrate integrated waveguide SPST switch with single SMD PIN diode", *Proceedings of European Microwave Conference – EuMW 2018*, pp. 815-818, 23-28 septembrie 2018, Madrid, Spania
- [4] V. Buiculescu, R. Rebigan, "Procedeu și structură de circuit pentru modificarea frecvenței de rezonanță a circuitelor rezonante cu ghiduri de undă integrate în substrat", cerere de brevet nr. A/00575 (Romania) depusă la OSIM la data de 19 septembrie 2019
- [5] <https://www.we-online.com/katalog/datasheet/3851210.pdf>; document disponibil online, accesat la data de 15 iulie 2022



Revendicări

1. Metodă și dispozitive de asamblare demontabilă a circuitelor cu ghiduri integrate în substrat cuplate electromagnetic, caracterizate prin aceea că, asamblarea demontabilă a unor structuri alcătuite din două sau mai multe circuite cu linii de transmisiune de tip SIW care sunt cuplate electromagnetic prin fante poziționate transversal se poate realiza dacă într-unul dintre planurile de masă, ale circuitului SIW principal (A), de exemplu (2), se deschide o fantă transversală de cuplaj (4) cu lungimea L_w și lățimea W și ale cărei margini perpendiculare pe direcția de propagare a semnalului se află la distanțe egale față de găurile adiacente metalice sau metalizate din șururile (3) și (3') care fac parte din pereții laterali ai circuitului SIW principal (A).
2. Metodă și dispozitive de asamblare demontabilă a circuitelor cu ghiduri integrate în substrat cuplate electromagnetic, conform revendicării 1, caracterizate prin aceea că, pentru asigurarea stabilității caracteristicilor electrice de bază ale unui grup de circuite SIW cuplate, elementele de contact electric (13) și (13') decupate dintr-o bandă metalică profilată (C) se assemblează la distanțe egale față de marginile fantei de cuplaj (4) deschisă în circuitul SIW principal (A) folosind aliaje metalice cu temperatură joasă de topire care, după solidificare, formează două benzi subțiri (14) și (14') între elementele de contact electric (13) și (13') și planul de masă (4) al circuitului SIW principal.
3. Metodă și dispozitive de asamblare demontabilă a circuitelor cu ghiduri integrate în substrat cuplate electromagnetic, conform revendicărilor 1-2, caracterizate prin aceea că, stabilitatea mecanică și a proprietăților electrice ale circuitelor SIW asamblate conform invenției este asigurată prin utilizarea a cel puțin unei bride (D) al cărei corp (15) poate fi realizat din material plastic sau din tablă fasonată, decuparea (16) fiind necesară pentru a nu atinge, după asamblare, elementele de contact electric (13) și (13'), iar pe laturile adiacente decupării (16) se află două tălpi de fixare (17) și (17') ale căror planuri sunt perpendiculare între ele și au prevăzute fantele ovale (18) și (18') cu dimensiuni adaptate geometriei circuitelor SIW asamblate astfel încât lățimea fantelor este cel puțin egală cu diametrul găurilor care alcătuiesc pereții laterali ai circuitelor SIW principal și secundar, iar lungimile fantelor trebuie să fie cel puțin egale cu distanța dintre două găuri alăturate care alcătuiesc pereții laterali ai SIW, multiplicată cu un factor mai mare sau cel puțin egal cu 1,75.
4. Metodă și dispozitive de asamblare demontabilă a circuitelor cu ghiduri integrate în substrat cuplate electromagnetic, conform revendicărilor 1-3, caracterizate prin aceea că, pentru poziționarea stabilă a bridei (D) față de circuitele SIW cuplate și rigidizarea întregii structuri sunt utilizate ansamblurile șurub-piuliță (19) și (19') care traversează atât fantele ovale (18) și (18') din tălpile de fixare (17) și (17') ale bridei (D) cât și găurile metalice sau metalizate care alcătuiesc pereții laterali ai circuitele SIW cuplate (A) și (B).



Desene explicative

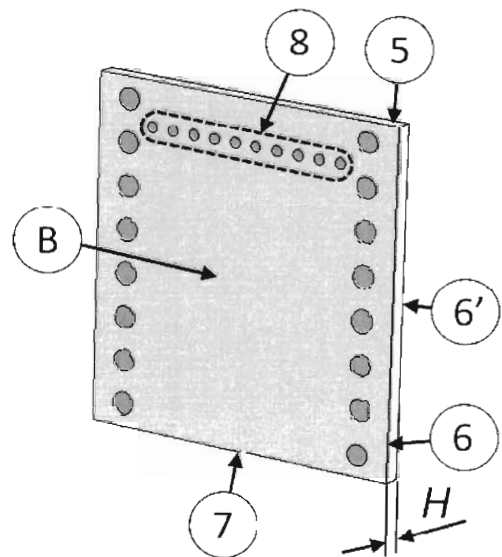
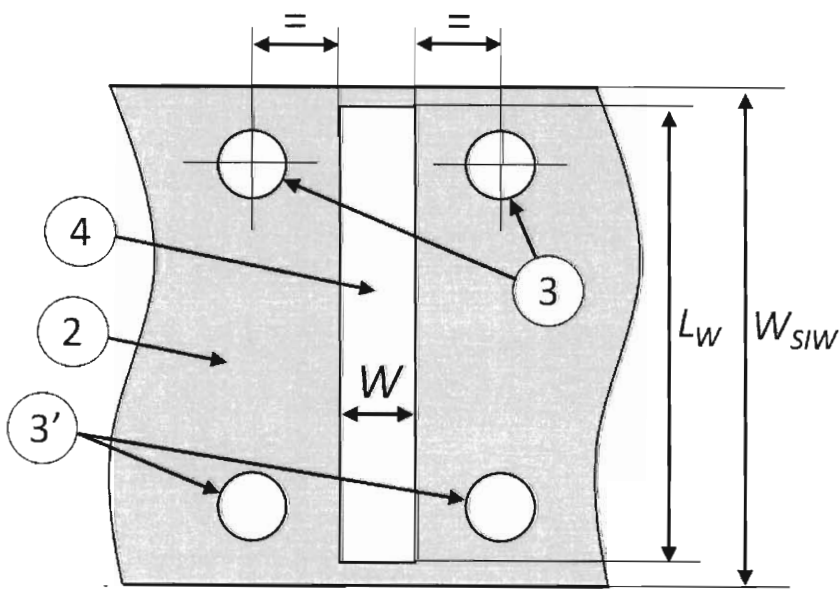
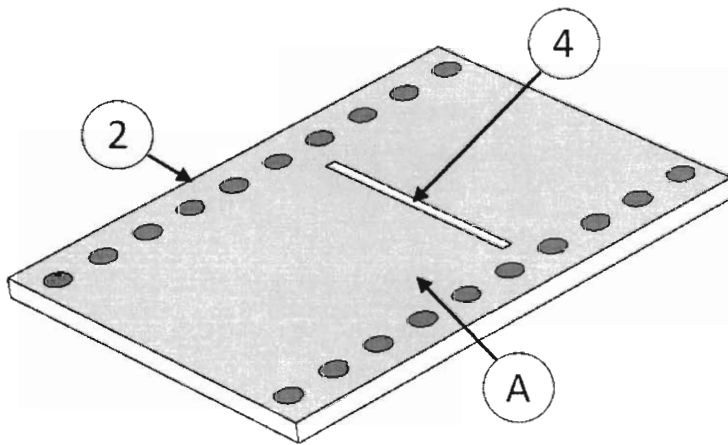
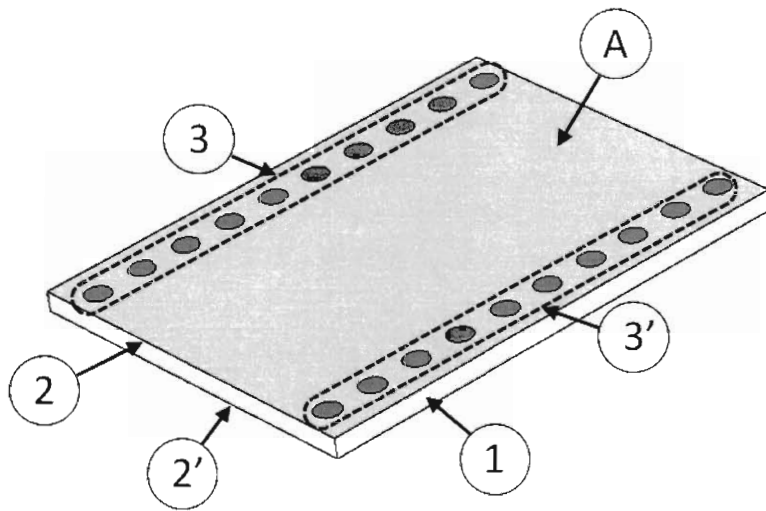
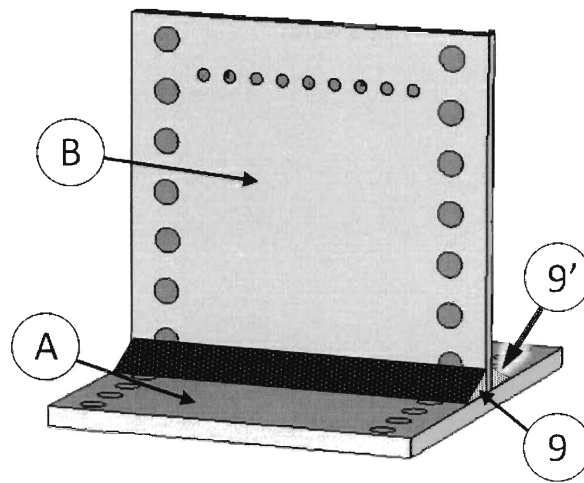
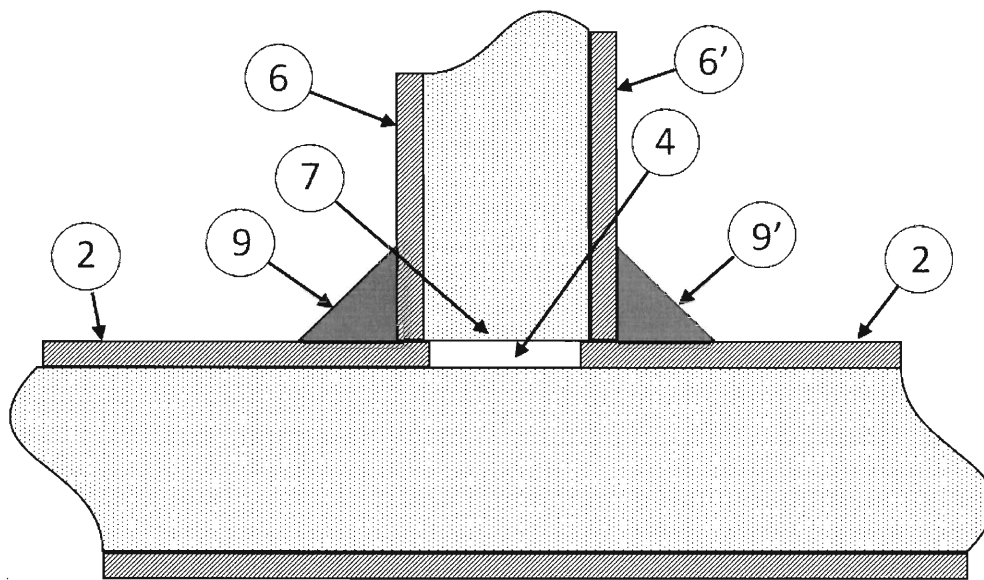


Figura 1





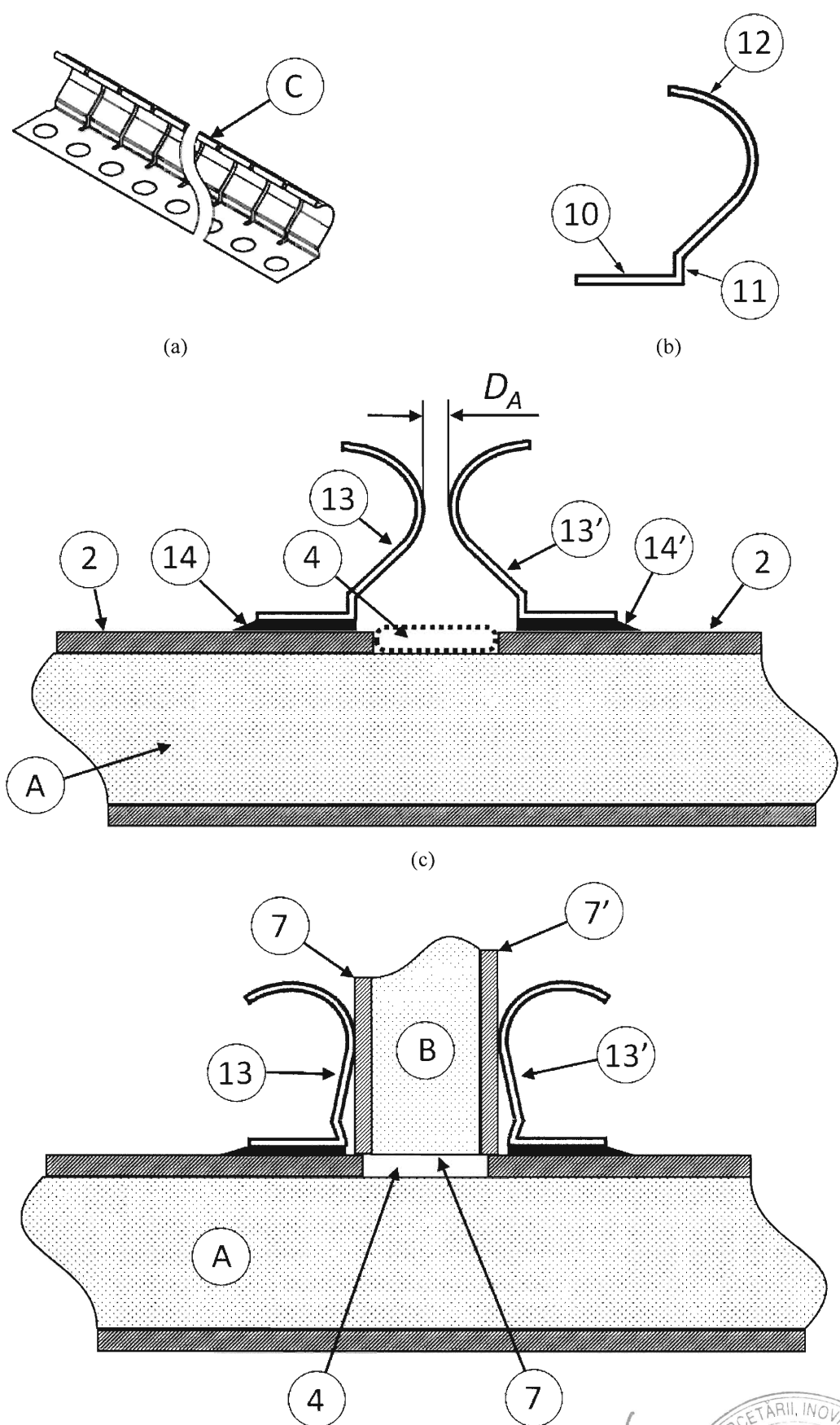
(a)



(b)

Figura 2





(d)
Figura 3



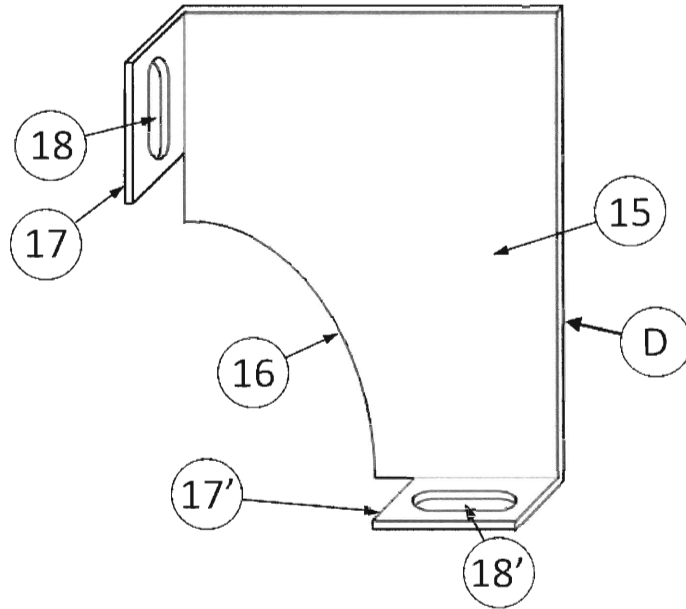


Figura 4

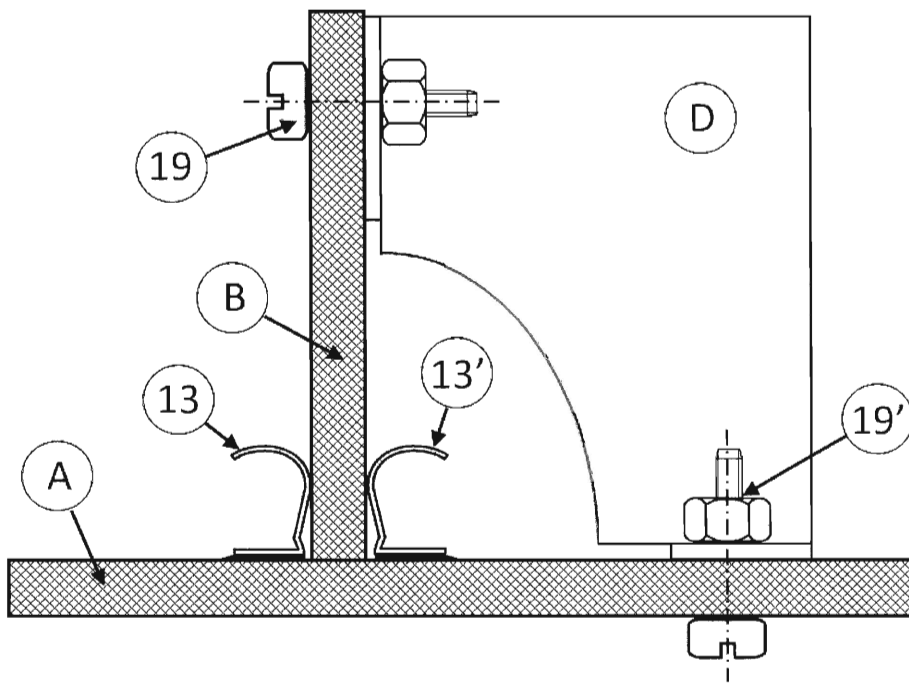


Figura 5

