



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2014 00774**

(22) Data de depozit: **17/10/2014**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **30/10/2020** BOPI nr. **10/2020**

(41) Data publicării cererii:
29/04/2016 BOPI nr. **4/2016**

(73) Titular:
• **INSTITUTUL NAȚIONAL DE CERCETARE
DEZVOLTARE PENTRU TEHNOLOGII
IZOTOPICE ȘI MOLECULARE,
STR. DONATH NR. 67-103, CLUJ-NAPOCA,
CJ, RO**

(72) Inventatori:
• **SURDUCAN VASILE, STR. NUCULUI
NR. 8, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO;**

• **SURDUCAN EMANOIL,
STR. GHEORGHE DIMA NR. 10, AP. 19,
CLUJ-NAPOCA, CJ, RO;**
• **DADARLAT NICOLAE,
STR. ȘTEFAN MORA NR. 2, BL. T1, SC. 2,
AP. 16, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:
**RO118377B (Zirbo Gheorghe, et al. din
Cluj Napoca), 30.05.2003; US5977924A
(Hitachi, Ltd., et al. din
Japonia), 02.10.1999; US5769879A (Medical
contouring Corporation, din America),
23.06.1998**

(54) **APLICATOR DE MICROUNDRE CU ARIE DE DETECTORI
INTEGRATĂ PENTRU MĂSURAREA TEMPERATURII**



RO 131080 B1

1 Prezenta invenție se referă la un aplicator de microunde de tip arie de fante realizat pe
circuit imprimat, având incorporat o arie de detectori destinată măsurării prin vizare directă a
3 temperaturii suprafeței probei de încălzit. Aplicatorul de microunde cu arie de detectori pentru
măsurarea temperaturii are utilizare în aplicații medicale, industriale sau științifice, proba de
5 tratat fiind diversă. Aplicațiile medicale includ diatermia (reducerea durerilor pacientului prin
creșterea vascularizării țesutului iradiat) și hipertermia (distrugerea locală a celulelor afectate
7 prin iradiere neionizantă, fără a altera țesutul învecinat sănătos). Aplicațiile industriale se referă
la tratamentul lichidelor, a fluidelor vâscoase sau a gelurilor (încălzire sau polimerizarea pe
9 suprafața). Aplicațiile științifice includ reacții chimice de cataliză, uscarea a suspensiilor în strat
subțire sau tratamentul termic al unor materiale de tip foaie.

11 Acest tip de aplicator (antena) este folosit atât pentru aplicații de mică putere (în
comunicații) [6] cât și ca aplicator pentru puteri medii. În [7] este brevetat un aplicator de tip
13 fanta având diverse versiuni de poziționare a fantelor relativ la linia de excitație. Deoarece
excitația este asimetrică relativ la structura fantelor (în toate cazurile descrise în brevet), pot
15 apare ușor probleme de neomogenitate a câmpului radiat de fante.

În ce privește realizarea unei structuri de tip sandwich compusă din mai multe straturi
17 de circuit imprimat, se cunosc diverse soluții de înglobare a componentelor electronice în
straturi. Una din metode utilizează procedee de pregătire a circuitului imprimat dublu metalizat
19 și montarea componentei între cele două straturi conductoare [8] sau realizarea componentei
odată cu circuitul imprimat [9] prin turnarea și îngroparea ei în circuit, formarea electrozilor de
21 conexiune prin prelucrarea mecanică și metalizarea plăcii împreună cu terminalele
componentei.

23 Este cunoscută posibilitatea răcirii sau încălzirii (în funcție de cerințe) a unor com-
ponente electronice sensibile la variația temperaturii mediului ambiant, utilizând elemente peltier
25 [10] aflate în contact direct cu componenta [11] sau integrarea elementului peltier în interiorul
componentei electronice în procesul de fabricație al acesteia [12].

27 Nu se cunoaște în literatura până la ora actuală aplicatoare de microunde în tehnologie
arie de fante realizate pe cablaj imprimat, care să conțină arii de senzori de temperatură
29 destinate măsurării temperaturii de suprafață a probei prin metode non-contact, încălzirea
probei fiind datorată radiației câmpului EM emis de aplicator.

31 Tratamentul termic al probelor (țesut biologic, geluri, lichide sau solide slab conductoare)
în camp de microunde de putere este la ora actuală extrem de răspândită. Există cel puțin două
33 moduri de realizare a tratamentului:

- proba este un volum încălzit în incinte închise prevăzute fie cu senzori de temperatură
35 cu fibra optică, fie cu senzori clasici, protejați în manta metalică, distribuiți în incinta în minime
ale câmpului electric,

37 - proba de încălzit este o suprafață relativ mare asupra căreia se aplică un camp de
microunde dintr-un aplicator specific, în spațiu liber, fără să existe o incintă de tratament
39 închisă. Pentru o eficiență crescută a tratamentului, aplicatorul trebuie să se găsească în
imediate proximitate a probei.

41 În situația tratamentelor termice de suprafață se utilizează senzori IR cu vizare directă
sau camere fotografice sensibile în IR. Pentru a putea obține o harta termică a suprafeței
43 încălzite, aplicatorul (având dimensiuni comparabile cu suprafața de încălzit) trebuie să fie
îndepărtat pe durata măsurării temperaturii suprafeței sau să conțină un sistem optic care să
45 permită vizarea întregii suprafețe prin aplicator. Această opțiune este dificil de realizat deoarece
câmpul EM emis de aplicator interacționează cu camera IR pe durata efectuării tratamentului
47 chiar în cazul unei imunități EM ridicate a echipamentului de măsură.

RO 131080 B1

Când este necesară măsurarea temperaturii unei probe încălzite în prezența câmpului de microunde de putere, se pot utiliza doar metode de măsurare non-contact datorită interacțiunii nedorite dintre câmpul electromagnetic (EM) și senzorul de temperatură (altfel senzorul se încălzește datorită absorbției câmpului (EM) în elementele sale conductoare, până la distrugere). La ora actuală se cunosc două metode de măsurare a temperaturii prin metode non-contact (radiative) între senzorul de măsură și probă: metodele pirometrice [2], prin radiație infraroșie (IR), emisă de proba și metodele radiometrice [3],[4] (prin radiație EM emisă de probă). Metodele pirometrice sunt cu vizare directă sau indirectă a probei. Vizarea directă este utilizată de senzori având proba (țintă) în câmpul de vizare. Vizarea indirectă este utilizată de senzorii de temperatură cu fibra optică în care doar fibra optică (realizată din material dielectric) interacționează cu câmpul EM. Aplicarea câmpului de microunde de putere asupra probei, cu scopul încălzirii acesteia și măsurarea temperaturii probei sunt după cunoștința noastră două probleme tratate separat în literatura de specialitate. Astfel, teoria funcționării aplicatorului (antenei) slot este prezentată detaliat în [5].

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în încălzirea și monitorizarea concomitentă a distribuției termice în probe de laborator supuse unui flux de microunde.

Prezența invenției soluționează această problemă prin înglobarea unei arii de termopile (senzori IR cu vizare directă) în structura multistrat a unui aplicator de microunde cu fante, astfel încât distribuția radiației de microunde și măsurarea temperaturii probei sunt realizate de către același dispozitiv. Structura multistrat se compune din:

- un strat dublu-conductor reprezentând aplicatorul cu arie de fante ce generează radiația de microunde;

- un strat izolator electric;

- un strat destinat măsurării de temperatură fără contact utilizând termopile sau dispozitive echivalente;

- un strat conductor cu rol de diafragmă optică pentru radiația de microunde ;

- un strat izolator electric, un strat de referință termică conținând elemente peltier și circuite electronice de comandă;

- un strat destinat măsurării de temperatura fara contact utilizând termopile sau dispozitive echivalente, un strat conductor cu rol de de diafragma optică pentru senzorii de temperatură și de plan de masă pentru radiația de microunde.

Conform unui alt aspect al invenției, termopilele sunt termostabilizate cu microelemente peltier înglobate în structura de tip sandwich a aplicatorului;

Conform unui aspect al invenției, straturile superioare ale aplicatorului de microunde conțin fante destinate propagării radiației de microunde emise de aplicator;

Conform unui alt aspect al invenției, numărul de detectori din arie (N_d) este proporțional cu numărul de fante (N_f) ai aplicatorului de microunde cu un factor de proporționalitate k ($N_d = k \cdot N_f$) ce depinde de structura aplicatorului și de unghiul de vizare al detectorului termopilă utilizat;

Conform unui alt aspect al invenției, senzorii de măsură ai temperaturii sunt citiți, respectiv elementele peltier corespunzătoare sunt comandate digital printr-un bus izolat de tip I²C/SMbus.

Avantajele aplicării invenției sunt:

- toate componentele electronice corespunzătoare zonei active a unui strat sunt înglobate în straturile adiacente ce conțin plane de masă, crescând imunitatea circuitelor (inclusiv a senzorilor de temperatură) la câmpul de microunde perturbator;

- crește precizia de măsură a termopilelor și stabilitatea măsurării temperaturii pe lungă durată, prin termostabilizarea cu microelemente Peltier înglobate la rândul lor în structura de tip sandwich a aplicatorului;

RO 131080 B1

1 Se dă în continuare un exemplu de realizare a invenției în legătură cu figurile 1...7, care
reprezintă:

- 3 - fig. 1, secțiune aplicator;
- fig. 2, exemplu de realizare al aplicatorului fantă;
- 5 - fig. 3, exemplu poziționare al ariei de termopile în proximitatea fantelor;
- fig. 4, exemplu de poziționare ale componentelor pe stratul de referință termică;
- 7 - fig. 5, exemplu de poziționare a componentelor pe stratul de diafragmă;
- fig. 6, vedere simplificată prin explozie a straturilor;
- 9 - fig. 7, schema bloc de control și măsură;

Fig. 1 prezintă o secțiune prin aplicator realizată în proximitatea unei fante, unde: strat
11 dielectric **1** al circuitului de microunde de putere, strat izolator **2**, strat de referință termică **3**, strat
suport **4** pentru termopile, masca **5**, fanta de emisie **6** pentru microunde prezintă în fiecare strat
13 din compoziția aplicatorului, termopila **7**, element peltier **8**, plan de masă **9a** conductor de putere,
plan mixt (masă și semnal) **9b** conductor de putere, linie de excitație **10** pentru câmpul de
15 microunde de putere, plan de masă **11** conductor de mică putere, diafragma **12** optică.

Fig. 2 prezintă un exemplu de realizare al aplicatorului fantă, vedere simplificată dinspre
17 fața cu liniile de excitație, unde: plan conductor **9a** de masă cu fante, plan conductor mixt **9b** cu
excitatori și masă, punct de alimentare **15** cu radiație electromagnetică, excitator de microunde
19 **10**, fanta **6** în stratul conductor, material dielectric **1**, plan de masă **16** al cutiei metalice.

Fig. 3 prezintă un exemplu de poziționare al ariei de 16 termopile pe stratul de măsură
21 de circuit imprimat, unde: fanta de excitație **6** cu microunde, termopile **7**, izolație termică **17**,
găuri de aliniere **18**, găuri de montaj **19**.

Fig. 4 prezintă un exemplu de poziționare pe stratul de referință termică al unei arii de 16
23 elemente peltier, unde: fantă de excitație **6** cu microunde, microelemente Peltier **8**, găuri **18** de
25 aliniere, găuri **19** de montaj, circuite electronice **20** de comandă.

Fig. 5 prezintă exemplu de poziționare pe stratul de diafragmă pentru 16 termopile, unde:
27 fanta de excitație **6** cu microunde, găuri **18** de aliniere, găuri **19** de montaj, diafragmă **21**, dega-
jare parțială (mască) **22** pentru acoperirea componentelor electronice.

Fig. 6 prezintă o vedere simplificată prin explozie a straturilor aplicatorului de microunde
29 cu arie de detectori integrată, unde: circuit de microunde tip arie de fante **1**, strat izolator **2**, strat
31 de referință termică **3**, strat de măsură **4**, diafragmă și plan de masă **5** pentru microunde, cutie
metalică **16**.

Fig. 7 prezintă schema bloc de control și măsură a aplicatorului de microunde cu arie de
33 detectori integrată, unde: micro-elemente Peltier **7a-7q**, senzori tip termopilă **8a-8q**, ampli-
35 ficatoare de putere **23-30**, convertoare digital-analogice **31-34**, I²C bus splitter **83**, interfață USB
36 izolată la I²C sau interfață USB la I²C cu izolare pe I²C, bus-uri I²C **37-38** cu lista de adresare
37 diferite, laptop sau calculator PC sau calculator de proces sau sistem incorporat **39**.

Prezenta invenție se referă la un aplicator de microunde în care s-a integrat o arie de
39 detectori IR pentru măsurarea temperaturii. Din punct de vedere constructiv întreg ansamblul
constă din (fig. 1 și fig. 6): un strat de circuit imprimat **1** tip dublu placat cu rol de aplicator cu
41 fante ce distribuie radiația de microunde; un strat izolator **2** din fibră de sticlă cu rol de aliniere
mecanică pentru componentele electronice înglobate în stratul **3**; un strat de circuit imprimat **3**
43 dublu placat conținând micro-elemente peltier, cu rol de referință termică; un strat de circuit
imprimat **4** dublu placat conținând termopile, având rol de strat de măsură; un strat de circuit
45 imprimat **5** simplu placat cu rol de mascare pentru componentele electronice aparținând stratului
4, cât și de diafragma optică pentru termopile și plan de masă pentru circuitele de microunde.

RO 131080 B1

Întreg ansamblul este încasetat (fig. 6) într-o cutie cu pereții conductori **16**. 1

Stratul conținând aplicatorul de microunde (fig. 2) conține un plan de masă **9a** și un plan radiant **9b** ambele realizate în foliile de cupru ale plăcii de circuit imprimat izolate cu dielectric **(1)**. 3

Planul radiant conține fideri de excitare și distribuție a radiației de microunde **10,15** în timp ce planul de masă conține fante **6**. Fantele se regăsesc în toate straturile dispozitivului în poziții corespondente aplicatorului. 7

Dimensiunile fiderilor și a fantelor depinde de frecvența microundelor și de puterea radiată. Planul radiant este închis de cutia metalică **16**, (fig. 2, fig. 6) a aplicatorului. 9

Stratul de măsură **6** (fig. 3) este decupat complet în dreptul fantelor radiante pentru microunde (fig. 2) iar termopilele **7** sunt amplasate cu o bariera de izolație termică **17** față de planele de masă ale stratului. 11

Stratul de referință termică (fig. 4) conține un număr de microelemente peltier **8** egal cu numărul de termopile. Același decupaj complet **6** se realizează în stratul de referință termică în dreptul fantelor radiante pentru microunde **6** (fig. 2). Microelementele peltier sunt alimentate în curent prin intermediul unor circuite electronice disipative termic **(20)** distribuite simetric în exteriorul zonei active a aplicatorului. 13 15 17

Stratul de mascare și diafragma optică pentru termopile (fig. 5) conține aceleași decupaje în dreptul fantelor radiante **6** pentru microunde (fig. 2). Pe axa optică a fiecărei termopile este găurită o diafragma **21**. Mascarea tuturor componentelor electronice se realizează prin frezarea parțială a porțiunilor corespunzătoare din dielectricul circuitului imprimat **22**, fără a exfolia folia de cupru care rămâne continuă cu excepția decupajelor **6**. Numărul de termopile din arie (N_d) este proporțional cu numărul de fante (N_f) ale aplicatorului de microunde cu un factor de proporționalitate k ($N_d = k \cdot N_f$) ce depinde de structura aplicatorului și de unghiul de vizare al detectorului termopila utilizat. 19 21 23 25

Toate straturile ce compun ansamblul aplicator **1-5** conțin găuri de aliniere **18** și găuri de montaj **19**. Precizia de aliniere a straturilor este mai bună de $50\mu\text{m}$. 27

Fig. 6 prezintă un exemplu de realizare al aplicatorului de microunde cu arie de detectori integrată, vederea este prin explozia și decalarea straturilor componente. Aplicatorul conține 8 fante de microunde, arie de 16 termopile și 16 microelemente peltier, cu dimensiunile suprafeței active de $150 \times 150 \text{mm}$. Pentru exemplul de realizare prezentat în fig. 6, $k=2$, unghiul de vizare al termopilei fiind de 90° . Aplicatorul permite distribuția unei radiații de microunde la frecvența de 2.5-2.7GHz și puterea maximă de 150W. 29 31 33

Circuitele electronice aferente aplicatorului (se grupează în trei categorii: (i) circuitele de microunde fig. 2 (**1, 6, 9a, 9b, 10, 15, 16**); (ii) circuitele analogice de curenți tari și (iii) circuitele analogice și digitale de semnal (fig. 7). Aria de termopile (fig. 7, **8a-8q**) comunică prin circuitele digitale de semnal (**37, 38**) Inter-Integrated Circuit bus (**I²C**). Este necesară separarea bus-ului I²C prin splitter (**35**) pentru adresarea corectă bancurilor de termopile **8a-8h** respectiv **8q-8j**. Aria de termopile este racită de către o arie de microelemente peltier (**7a-7q**). Elementele peltier sunt alimentate sub curent constant prin intermediul amplificatoarelor de putere **23-30** prin circuitele de curenți tari. Referința de tensiune pentru aceste amplificatoare este asigurată de convertoarele digital analogice (**DA**) **31-34** prin circuitele analogice de semnal. Convertoarele **DA** comunică la rândul lor cu dispozitivul de comandă prin același bus I²C. Un calculator personal, sistem încorporat sau calculator de proces (**39**) controlează procesul de termostatare al termopilelor printr-un modul izolator **USB/I²C** sau **I²C/I²C** (**36**), respectiv citește temperatura suprafeței probei corespunzătoare ariei de vizare a fiecărei termopile. 35 37 39 41 43 45

RO 131080 B1

1 Prin intermediul invenției de față este revendicată soluția de realizare a unui aplicator
de microunde de putere ce înglobează o arie de detectori de temperatură într-o configurație
3 multistrat ce permite termostabilizarea detectorilor și îi protejează împotriva radiației de
microunde. Se revendică faptul ca aplicatorul este prevăzut cu fante ce trec prin toate straturile
5 aplicatorului, realizate pentru distribuția microundelor, că toate componentele electronice
conținute în straturile interioare (în zona activă a aplicatorului) sunt înglobate în straturile
7 adiacente și ca numărul de senzori de temperatură este dependent de numărul de fante cu un
factor de proporționalitate. Se revendică modul de comunicare prin bus izolat I²C între aplicator
9 și calculator.

11

13 Bibliografie

1. A. Graf, M. Arndt, M. Sauer, G. Gerlach, Review of micromachined thermopiles for
15 infrared detection, Measurement Science and Technology, 18, 2007.
2. R. Usamentiaga, P. Venegas, J. Guerediaga, L. Vega, J. Molleda and F. G. Bulnes,
17 Infrared Thermography for Temperature Measurement and Non-Destructive Testing,
Sensors 2014, 14, 12305-12348;
3. A.M. El Sharkawi, P.P. Sotiriadis, P.A. Bottomley, E. Atalar, A new RF radiometer for
19 absolute noninvasive temperature sensing in biomedical applications, IEEE International
Symposium on Circuit and Systems, 2007.
4. C. Matzler, A. Murk, Principles of microwave radiometry, (Abbildende
23 Mikrowellensensoren), 2001, <http://www.iapmw.unibe.ch/teaching/>
5. Nader Behdad, Kamal Sarabandi, A Wide-Band Slot Antenna Design Employing A
25 Fictitious Short Circuit Concept, IEEE Transactions on antennas and propagation, Vol.
53, No. 1, January 2005, pp 475-482.
6. Carles Puente Baliarda, Jaime Anguera Pros, Slotted ground plane used as a slot
27 antenna or used for a PI FA antenna, brevet US 8111199 B2, 2012.
7. Ken Takey, Hiroshi Kondoh TEM slot array antenna, brevet US 5977924, 1999.
8. Bhret Graydon, William Kuang-Hua Shu, Embedding an electronic component between
31 surfaces of a printed circuit board, brevet US 7782629B2, 2010.
9. Suzushi Kimura, Tsuyoshi Himori, Koji Hashimoto, Module component and method of
33 manufacturing the same, brevet US 6806428 B1, 2004.
10. P E Richmond, The peltier effect, Phys. Educ. 1 145, 1066.
- 35 11. Rakesh Bhatia, Robert D. Padilla, G. Hermerding II James, Method and apparatus for
cooling integrated circuits using a thermoelectric module, brevet US 5921087 A, 1999.
- 37 12. Robert Newman, Chu Chung-Lee, Ball grid array package having thermoelectric cooler,
brevet US 6196002B2, 2001.

RO 131080 B1

Revendicări

1. Aplicator de microunde cu arie de detectori integrată pentru măsurarea temperaturii, **caracterizat prin aceea că**, este alcătuită dintr-o structură multistrat ce conține: un strat dublu-conductor (1) reprezentând aplicatorul fantă ce generează radiația de microunde, un strat izolator electric (2), un strat de referință termică conținând elemente peltier și circuite electronice de comandă (3), un strat (4) destinat măsurării de temperatură fără contact utilizând termopile sau dispozitive echivalente, un strat conductor cu rol de diafragmă optică pentru senzorii de temperatură și de plan de masă pentru radiația de microunde (5). 3 5 7 9
2. Aplicator de microunde cu arie de detectori integrată pentru măsurarea temperaturii, conform cu revendicarea 1, **caracterizat prin aceea că**, straturile superioare (2,3,4,5) ale aplicatorului de microunde conțin fante destinate propagării radiației de microunde emise de aplicator. 11 13
3. Aplicator de microunde cu arie de detectori integrată pentru măsurarea temperaturii, conform cu revendicările 1 și 2, **caracterizat prin aceea că**, stratul de referință termică înglobează elementele peltier aflate în contact direct atât cu aplicatorul de microunde cât și cu aria de senzori de temperatură. 15 17
4. Aplicator de microunde cu arie de detectori integrată pentru măsurarea temperaturii, conform cu revendicările 1... 3, **caracterizat prin aceea că**, toate componentele electronice corespunzătoare zonei active a unui strat sunt înglobate în straturile adiacente ce conțin plane de masă, creșcând imunitatea circuitelor la câmpul de microunde perturbator. 19 21
5. Aplicator de microunde cu arie de detectori integrată pentru măsurarea temperaturii, conform cu revendicările 1...4, **caracterizat prin aceea că**, numărul de detectori din arie (N_d) este proportional cu numărul de fante (N_f) ai aplicatorului de microunde cu un factor de proporționalitate k ($N_d = k \cdot N_f$) ce depinde de structura aplicatorului și de unghiul de vizare al detectorului termopila utilizat. 23 25
6. Aplicator de microunde cu arie de detectori integrată pentru măsurarea temperaturii, conform cu revendicările 1... 5, **caracterizat prin aceea că**, senzorii de măsură ai temperaturii sunt citiți, respectiv elementele Peltier corespunzătoare sunt comandate digital printr-un bus izolat de tip Inter-Integrated Circuit-System Management Bus (${}^{I^2}C/SMbus$). 27 29

(51) Int.Cl.

H05B 6/68 (2006.01);

A61N 5/02 (2006.01)

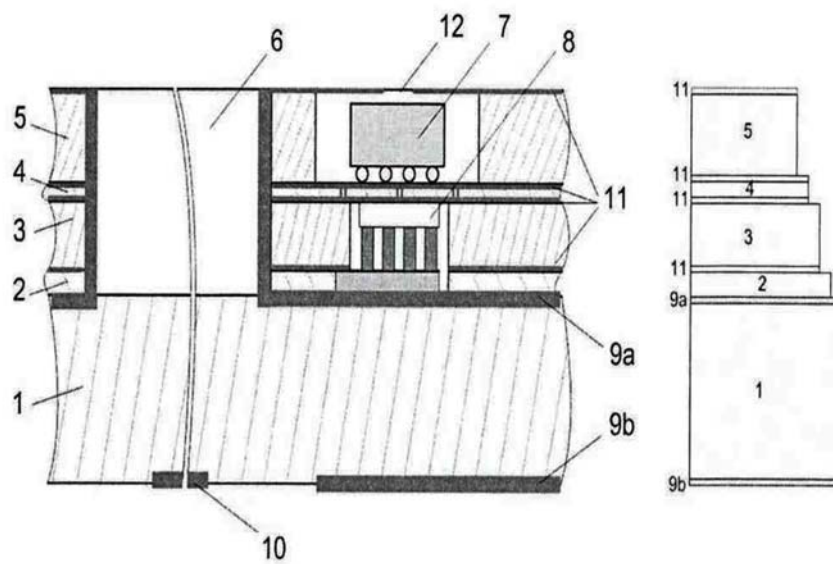


Fig. 1

(51) Int.Cl.

H05B 6/68 (2006.01);

A61N 5/02 (2006.01)

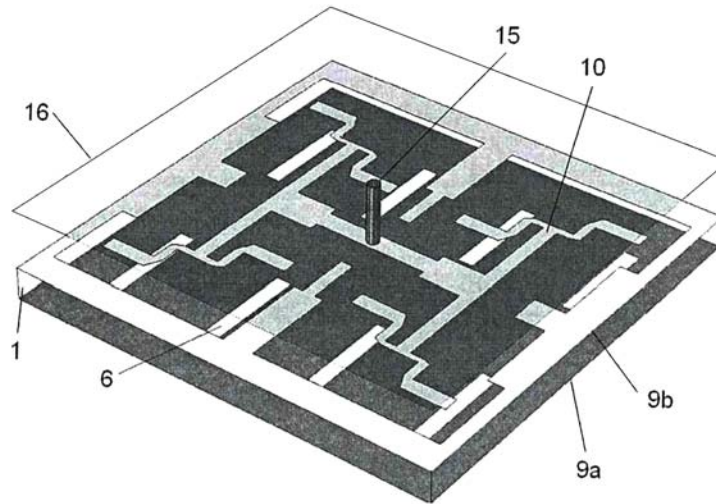


Fig. 2

(51) Int.Cl.

H05B 6/68 (2006.01);

A61N 5/02 (2006.01)

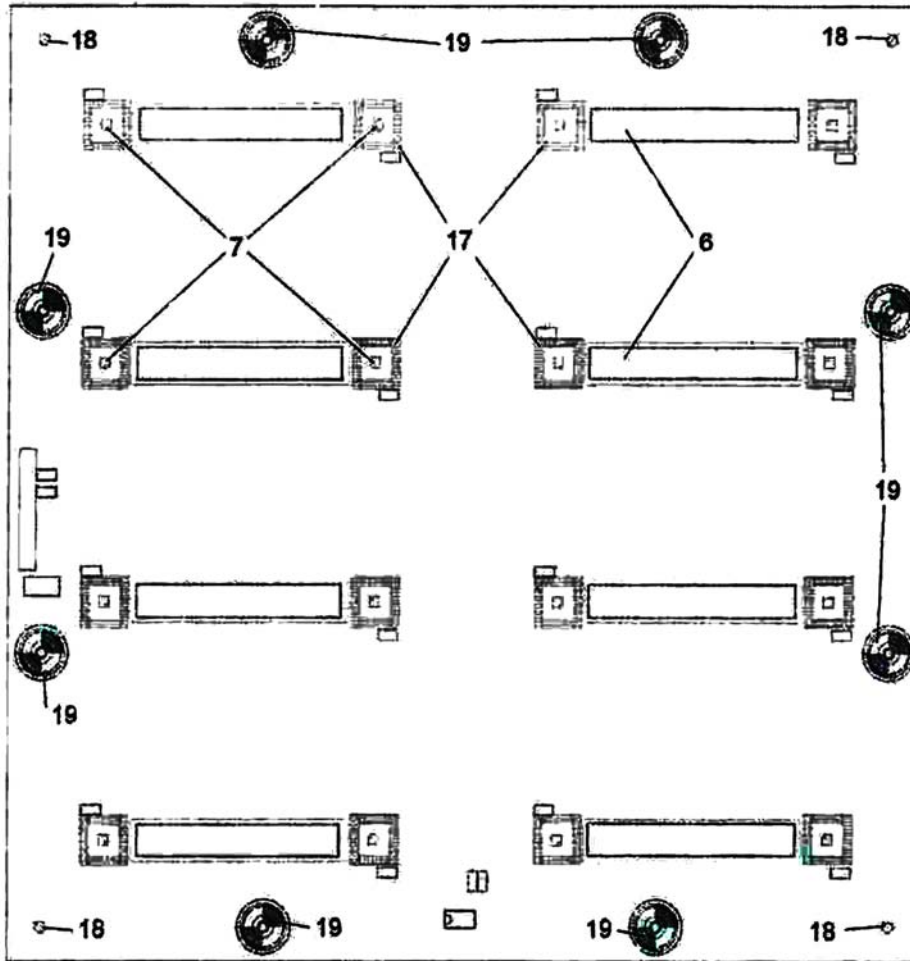


Fig. 3

(51) Int.Cl.

H05B 6/68 (2006.01);

A61N 5/02 (2006.01)

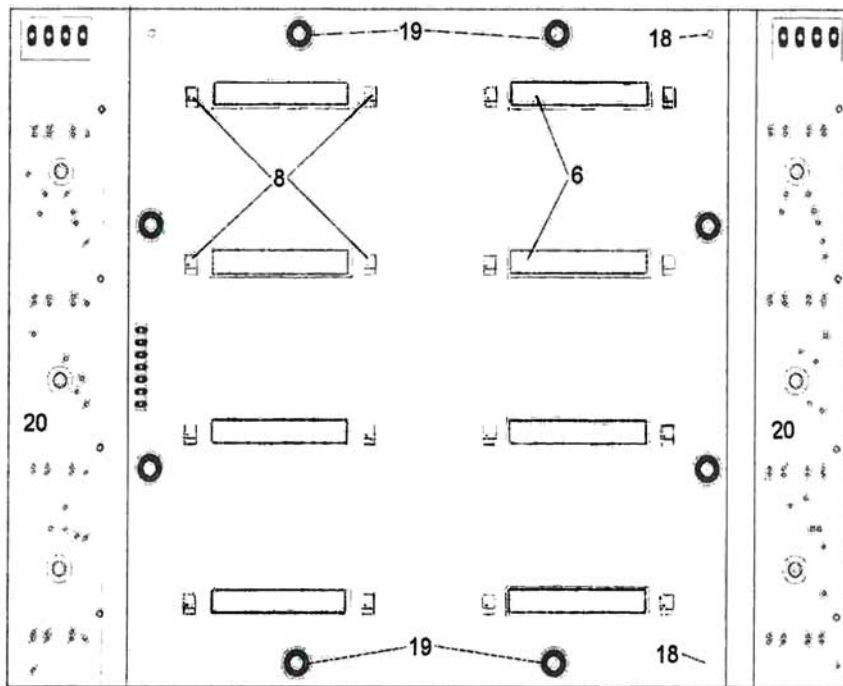


Fig. 4

(51) Int.Cl.

H05B 6/68 (2006.01);

A61N 5/02 (2006.01)

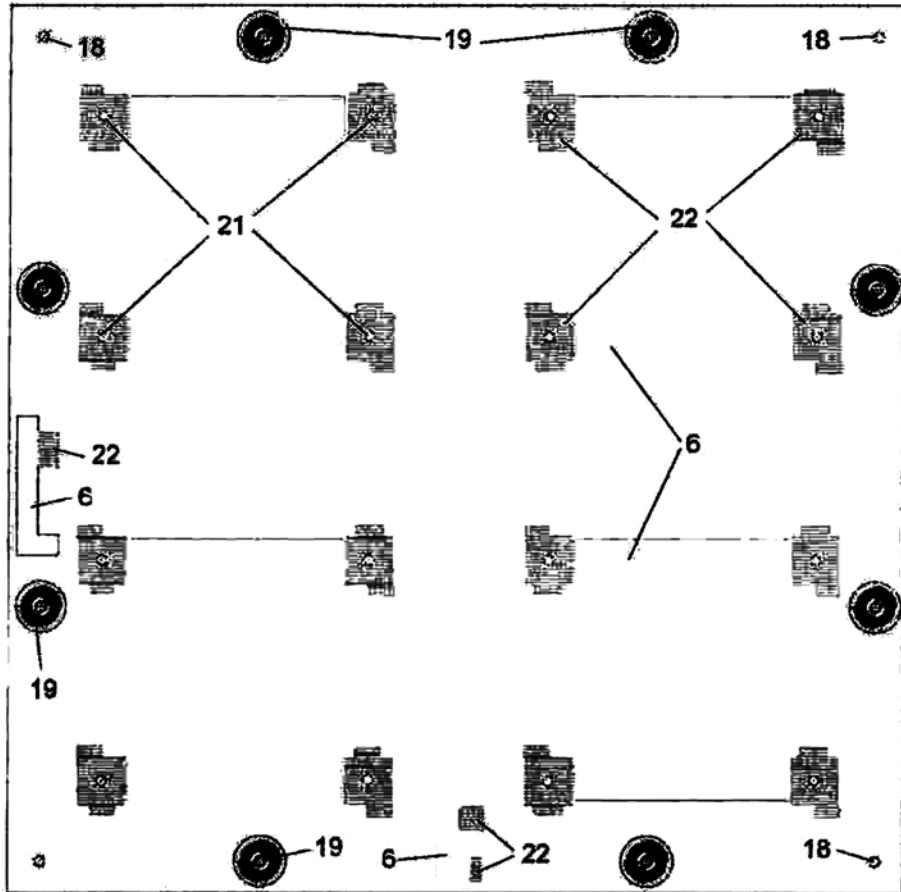


Fig. 5

(51) Int.Cl.

H05B 6/68 (2006.01);

A61N 5/02 (2006.01)

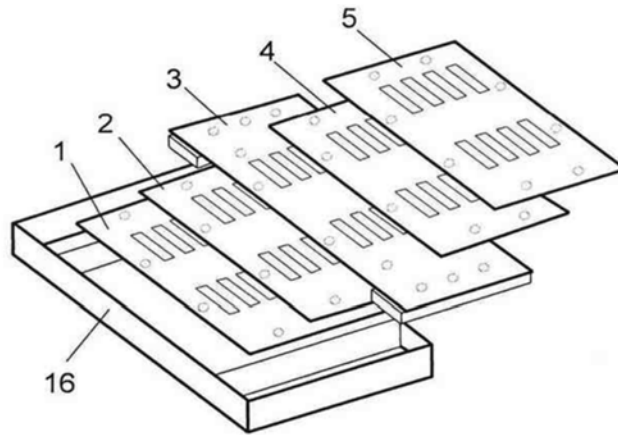


Fig. 6

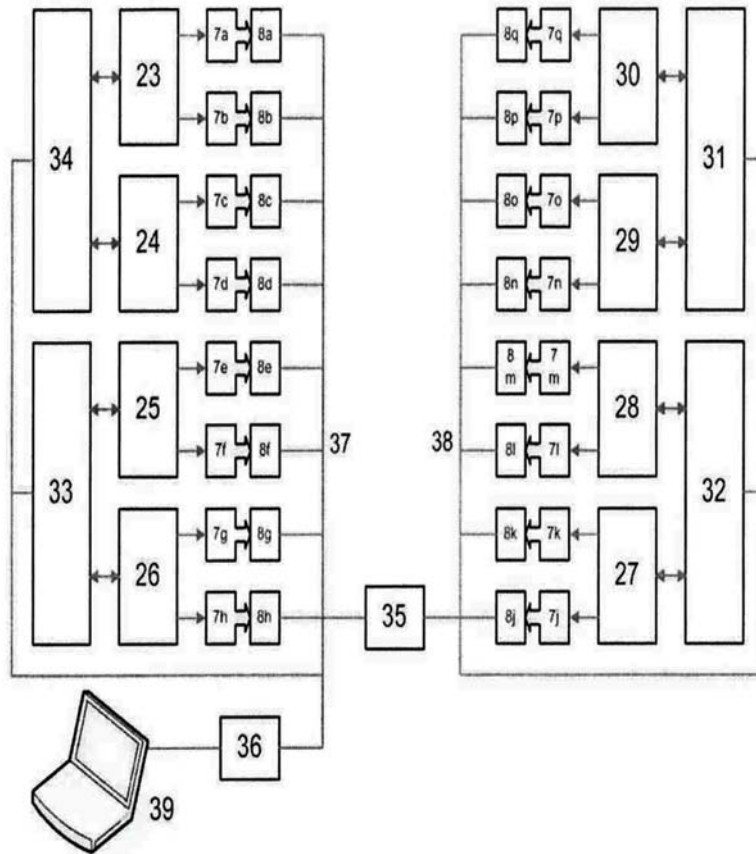


Fig. 7

