



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2014 00774

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

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

(71) Solicitant:
• INSTITUTUL NAȚIONAL DE CERCETARE
DEZVOLTARE PENTRU TEHNOLOGII
IZOTOPICE ȘI MOLECULARE,
STR. DONAT 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

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

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un aplicator de microunde cu arie de detectori integrată pentru măsurarea temperaturii, cu utilizare în aplicații medicale, industriale sau științifice. Aplicatorul de microunde, conform invenției, este alcătuit dintr-o structură multistrat, ce conține un strat (1) dublu-conductor, reprezentând aplicatorul care generează radiația de microunde, un strat izolator (2) electric, din fibră de sticlă, cu rol de aliniere mecanică pentru componentele electronice înglobate în stratul următor, un strat (3) de referință termică, ce conține elemente (8) peltier și circuite electronice de comandă pentru acestea, un strat (4) destinat măsurării temperaturii, fără contact, utilizând o arie de termopile (7) sau dispozitive echivalente, și un ultim strat (5) conductor, cu rol de diafragmă optică, pentru termopile, și de plan de masă, pentru radiația de microunde, întreg ansamblul fiind încasat într-o cutie (16) cu pereți conductori. Circuitele electronice de comandă, pentru elementele peltier, cât și pentru termopile, comunică așadar cu un calculator personal (PC), prin intermediul unei interfețe USB, izolate.

Revendicări: 6
Figuri: 7

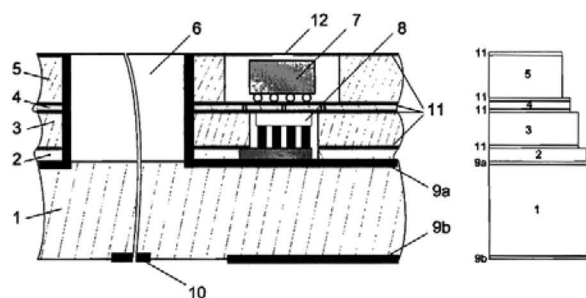
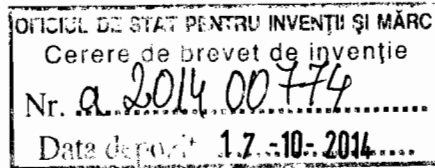


Fig. 1



54



Descrierea invenției

a) Titlu:

APLICATOR DE MICROUNDĂ CU ARIE DE DETECTORI INTEGRATĂ PENTRU
MASURAREA TEMPERATURII

b) Precizarea domeniului tehnic în care poate fi folosită invenția;

Prezenta invenție se referă la un aplicator de microundă de tip arie de fante realizat pe circuit imprimat, având încorporat o arie de detectori (termopile [1]) destinată măsurării prin vizare directă a temperaturii suprafeței probei de încălzit. Încalzirea este datorată absorbției de către probă a câmpului de microundă de putere. Particularitatea ansamblului constă în structura sa de tip multistrat (sandvis). Aplicatorul de microundă cu arie de detectori pentru măsurarea temperaturii are utilizare în aplicații medicale, industriale sau științifice, probă de tratat fiind diversă. Aplicațiile medicale includ diatermia (reducerea durerilor pacientului prin creșterea vascularizării țesutului iradiat) și hipertermia (distrugerea locală a celulelor afectate prin iradiere neionizantă, fără a altera țesutul învecinat sănătos). Aplicațiile industriale se referă la tratamentul lichidelor, a fluidelor vascoase sau a gelurilor (încalzire sau polimerizarea pe suprafață). Aplicațiile științifice includ reacții chimice de cataliză, uscarea a suspensiilor în strat subțire sau tratamentul termic al unor materiale de tip foaie.

c) Indicarea stadiului anterior al tehnicii și indicarea documentelor care stau la baza acestuia;

Când este necesară măsurarea temperaturii unei probe încălzite în prezenta câmpului de microundă 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 probă 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 (tinta) in campul de vizare. Vizarea indirecta este utilizata de senzorii de temperatura cu fibra optica in care doar fibra optica (realizata din material dielectric) interactioneaza cu campul EM. Aplicarea campului de microunde de putere asupra probei, cu scopul incalzirii acesteia si masurarea temperaturii probei sunt dupa cunostiinta noastra doua probleme tratate separat in literatura de specialitate. Astfel, teoria functionarii aplicatorului (antenei) slot este prezentata detaliat in [5]. Acest tip de antena este folosit atat pentru aplicatii de mica putere (in comunicatii) [6] cat si ca aplicator pentru puteri medii. In [7] este brevetat un aplicator de tip fanta avand diverse versiuni de pozitionare a fantelor relativ la linia de excitatie. Deoarece excitatia este asimetrica relativ la structura fantelor (in toate cazurile descrise in brevet), pot apare usor probleme de neomogenitate a campului radiat de fante.

In ce priveste realizarea unei structuri de tip sandwich compusa din mai multe straturi de circuit imprimat, se cunosc diverse solutii de inglobare a componentelor electronice in straturi. Una din metode utilizeaza procedee de pregaurire a circuitului imprimat dublu metalizat si montarea componentei intre cele doua straturi conductoare [8] sau realizarea componentei odata cu circuitul imprimat [9] prin turnarea si ingroparea ei in circuit, formarea electrozilor de conexiune prin prelucrarea mecanica si metalizarea placii impreuna cu terminalele componentei.

Este cunoscuta posibilitatea racirii sau incalzirii (in functie de cerinte) a unor componente electronice sensibile la variatia temperaturii mediului ambiant, utilizand elemente peltier [10] aflate in contact direct cu componenta [11] sau integrarea elementului peltier in interiorul componentei electronice in procesul de fabricatie al acesteia [12].

Nu am intalnit in literatura pana la ora actuala aplicatoare de microunde in tehnologie arie de fante realizate pe cablaj imprimat, care sa contina arii de senzori de temperatura destinate masurarii temperaturii de suprafata a probei prin metode non-contact, incalzirea probei fiind datorata radiatiei campului EM emis de aplicator.

d) Expunerea inventiei in termeni care sa permita intelegerea problemei tehnice si a solutiei asa cum este revendicata precum si avantajele inventiei in raport cu stadiul anterior al tehnicii;

Tratamentul termic al probelor (tesut biologic, geluri, lichide sau solide slab conductoare) in camp de microunde de putere este la ora actuala extrem de raspandita. Exista cel putin doua moduri de realizare a tratamentului:

(i) proba este un volum incalzit in incinte inchise prevazute fie cu senzori de temperatura cu fibra optica, fie cu senzori clasici, protejati in manta metalica, distribuiti in incinta in minime ale campului electric,

(ii) proba de incalzit este o suprafata relativ mare asupra careia se aplica un camp de microunde dintr-un aplicator specific, in spatiu liber, fara sa existe o incinta de tratament inchisa. Pentru o eficienta crescuta a tratamentului, aplicatorul trebuie sa se gaseasca in imediata proximitate a probei.

In situatia tratamentelor termice de suprafata se utilizeaza senzori IR cu vizare directa sau camere fotografice sensibile in IR. Pentru a putea obtine o harta termica a suprafetei incalzite, aplicatorul (avand dimensiuni comparabile cu suprafata de incalzit) trebuie sa fie indepartat pe durata masurarii temperaturii suprafetei sau sa contina un sistem optic care sa permita vizarea intregii suprafete prin aplicator. Aceasta optiune este dificil de realizat deoarece campul EM emis de aplicator interactioneaza cu camera IR pe durata efectuarii tratamentului chiar in cazul unei imunitati EM ridicate a echipamentului de masura.

Prezenta inventie solutioneaza aceasta problema prin:

- Inglobarea unei arii de termopile (senzori IR cu vizare directa) in structura multistrat a unui aplicator de microunde cu fante, astfel incat distribuirea radiatiei de microunde si masurarea temperaturii probei sunt realizate de catre acelasi dispozitiv. Structura multistrat se compune din: un strat dublu-conductor reprezentand aplicatorul cu arie de fante ce genereaza radiatia de microunde, un strat izolator electric, un strat de referinta termica continand elemente peltier si circuite electronice de comanda, un strat destinat masurarii de temperatura fara contact utilizand termopile sau dispozitive echivalente, un strat conductor cu rol de diafragma optica pentru senzorii de temperatura si de plan de masa pentru radiatia de microunde;

51

- Straturile superioare ale aplicatorului de microunde contin fante destinate propagarii radiatiei de microunde emise de aplicator;
 - Pentru a creste precizia de masura si stabilitatea masurarii temperaturii pe lunga durata, termopilele sunt termostabilizate cu microelemente peltier inglobate la randul lor in structura de tip sandwich a aplicatorului;
 - Toate componentele electronice corespunzatoare zonei active a unui strat sunt inglobate in straturile adiacente ce contin plane de masa, creascand imunitatea circuitelor (inclusiv a senzorilor de temperatura) la campul de microunde perturbator;
 - Numarul de detectori din arie (N_d) este proportional cu numarul de fante (N_f) ai aplicatorului de microunde cu un factor de proportionalitate k ($N_d=k \cdot N_f$) ce depinde de structura aplicatorului si de unghiul de vizare al detectorului termopila utilizat;
 - Senzorii de masura ai temperaturii sunt cititi, respectiv elementele peltier corespunzatoare sunt comandate digital printr-un bus izolat de tip I²C/SMbus.
- Nu cunoastem existenta unei solutii similare realizata sau brevetata pana la ora actuala.



e) Prezentarea pe scurt a desenele explicative

Figura1 prezinta o sectiune prin aplicator realizata in proximitatea unei fante, unde:

1-strat dielectric al circuitului de microunde de putere, 2-strat izolator, 3-strat de referinta termica, 4-strat suport pentru termopile, 5-masca, 6-fanta de emisie pentru microunde prezenta in fiecare strat din compozitia aplicatorului, 7-termopila, 8-element peltier, 9a-plan de masa conductor de putere ,b-plan mixt (masa si semnal) conductor de putere, 10-linie de excitare pentru campul de microunde de putere, 11-plan de masa conductor de mica putere, 12-diafragma optica.

Figura2 prezinta un exemplu de realizare al aplicatorului fanta, vedere simplificata dinspre fata cu liniile de excitare, unde: 9a-plan conductor de masa cu fanta, 9b-plan conductor mixt cu excitatori si masa, 15-punct de alimentare cu radiatie electromagnetica, 10-excitator de microunde, 6-fanta in stratul conductor, 1- material dielectric, 16-plan de masa al cutiei metalice.

Figura3 prezinta un exemplu de pozitionare al ariei de 16 termopile pe stratul de masura de circuit imprimat, unde: 6-fanta de excitare cu microunde, 7-termopile, 17-izolatie termica, 18-gauri de aliniere, 19-gauri de montaj.

Figura4 prezinta un exemplu de pozitionare pe stratul de referinta termica al unei arii de 16 elemente peltier, unde: 6-fanta de excitare cu microunde, 8-elemente peltier, 18-gauri de aliniere, 19-gauri de montaj, 20-circuite electronice de comanda.

Figura5 prezinta exemplu de pozitionare pe stratul de diafragma pentru 16 termopile, unde: 6-fanta de excitare cu microunde, 18-gauri de aliniere, 19-gauri de montaj, 21-diafragma, 22-degajare partiala (masca) pentru acoperirea componentelor electronice.

Figura6 prezinta o vedere simplificata prin explozie a straturilor aplicatorului de microunde cu arie de detectori integrata, unde: 1-circuit de microunde tip arie de fanta, 2-strat izolator, 3-strat de referinta termica, 4-strat de masura, 5-diafragma si plan de masa pentru microunde, 16-cutie metalica.

49

Figura7 prezinta schema bloc de control si masura a aplicatorului de microunde cu arie de detectori integrata, unde: 7a-7q elemente peltier, 8a-8q senzori tip termopila, 23-30 amplificatoare de putere, 31-34 convertoare digital-analogice, 83-I²C bus splitter, 36-interfata USB izolat I²C sau interfata USB/I²C – izolat I²C, 37-38 bus-uri I²C cu lista de adresare diferite, 39-laptop sau calculator PC sau calculator de proces sau sistem incorporat.



f) Expunerea detaliata a inventiei pentru care se solicita protectia

Prezenta inventie se refera la un aplicator de microunde in care s-a integrat o arie de detectori IR pentru masurarea temperaturii. Din punct de vedere constructiv intreg ansamblul consta din (fig.1 si fig.6): (1) un strat de circuit imprimat tip dublu placat cu rol de aplicator cu fante ce distribuie radiatia de microunde; (2) un strat izolator din fibra de sticla cu rol de aliniere mecanica pentru componentele electronice inglobate in stratul 3; (3) un strat de circuit imprimat dublu placat continand elemente peltier, cu rol de referinta termica; (4) un strat de circuit imprimat dublu placat continand termopile, avand rol de strat de masura; (5) un strat de circuit imprimat simplu placat cu rol de mascare pentru componentele electronice apartinand stratului 4, de diafragma optica pentru termopile si plan de masa pentru circuitele de microunde. Intreg ansamblul este incasetat (fig.6) intr-o cutie cu peretii conductori (16).

Stratul continand aplicatorul de microunde (fig.2) contine un plan de masa (9a) si un plan radiant (9b) ambele realizate in foliile de cupru ale placii de circuit imprimat izolate cu dielectric (1). Planul radiant contine fideri de excitare si distributie a radiatiei de microunde (10,15) in timp ce planul de masa contine fante (6). Fantele se regasesc in toate straturile dispozitivului in pozitii corespondente aplicatorului. Dimensiunile fiderilor si a fantelor depinde de frecventa microundelor si de puterea radiata. Planul radiant este inchis de cutia metalica (16, fig.2, fig.6) a aplicatorului.

Stratul de masura (fig.3) este decupat complet (6) in dreptul fantelor radiante pentru microunde (fig.2) iar termopilele (7) sunt amplasate cu o bariera de izolatie termica (17) fata de planele de masa al stratului.

Stratul de referinta termica (fig.4) contine un numar de microelemente peltier (8) egal cu numarul de termopile. Acelasi decupaj complet (6) se realizeaza in stratul de referinta termica in dreptul fantelor radiante pentru microunde (fig.2). Microelementele peltier sunt alimentate in curent prin intermediul unor circuite electronice disipative termic (20) distribuite simetric in exteriorul zonei active a aplicatorului.

Stratul de mascare si diafragma optica pentru termopile (fig.5) contine aceleasi decupaje (6) in dreptul fantelor radiante pentru microunde (fig.2). Pe axa optica a fiecarei termopile este gaurita o diafragma (21). Mascarea tuturor componentelor electronice se realizeaza prin frezarea partiala a portiunilor corespunzatoare din dielectricul circuitului imprimat (22), fara a exfolia folia de cupru care ramane continua cu exceptia decupajelor (6). Numarul de termopile din arie (N_d) este proportional cu

numarul de fante (N_f) ai aplicatorului de microunde cu un factor de proportionalitate k ($N_d = k \cdot N_f$) ce depinde de structura aplicatorului si de unghiul de vizare al detectorului termopila utilizat.

Toate straturile ce compun ansamblul aplicator (1-5) contin gauri de aliniere (18) si gauri de montaj (19). Precizia de aliniere a straturilor este mai buna de $50\mu\text{m}$.

Fig.6 prezinta un exemplu de realizare al aplicatorului de microunde cu arie de detectori integrata, vederea este prin explozia si decalarea straturilor componente. Aplicatorul contine 8 fante de microunde, arie de 16 termopile si 16 microelemente peltier, cu dimensiunile suprafetei active de $150 \times 150 \text{mm}$. Pentru exemplul de realizare prezentat in fig.6, $k=2$, unghiul de vizare al termopilei fiind de 90° . Aplicatorul permite distribuirea unei radiatii de microunde la frecventa de $2.5-2.7 \text{GHz}$ si puterea maxima de 150W .

Circuitele electronice aferente aplicatorului (se grupeaza in trei categorii: (i) circuitele de microunde fig.2 (1, 6, 9a, 9b, 10, 15, 16); (ii) circuitele analogice de curenti tari si (iii) circuitele analogice si digitale de semnal (fig.7). Aria de termopile (fig.7, 8a-8q) comunica prin circuitele digitale de semnal (37, 38) Inter-Integrated Circuit bus (I^2C). Este necesara separarea bus-ului I^2C prin splitter (35) pentru adresarea corecta bancurilor de termopile 8a-8h respectiv 8q-8j. Aria de termopile este racita de catre o arie de microelemente peltier (7a-7q). Elementele peltier sunt alimentate sub curent constant prin intermediul amplificatoarelor de putere 23-30 prin circuitele de curenti tari. Referinta de tensiune pentru aceste amplificatoare este asigurata de convertoarele digital analogice (DA) 31-34 prin circuitele analogice de semnal. Convertoarele DA comunica la randul lor cu dispozitivul de comanda prin acelasi bus I^2C . Un calculator personal, sistem incorporat sau calculator de proces (39) controleaza procesul de termostatare al termopilelor printr-un modul izolator USB/ I^2C sau I^2C/I^2C (36), respectiv citeste temperatura suprafetei probei corespunzatoare ariei de vizare a fiecarei termopile.

Prin intermediul inventiei de fata este revendicata solutia de realizare a unui aplicator de microunde de putere ce inglobeaza o arie de detectori de temperatura intr-o configuratie multistrat ce permite termostabilizarea detectorilor si ii protejeaza impotriva radiatiei de microunde. Se revendica faptul ca aplicatorul este prevazut cu fante ce trec prin toate straturile aplicatorului, realizate pentru distributia microundelor, ca toate componentele electronice continute in straturile interioare (in zona activa a aplicatorului)

sunt inglobate in straturile adiacente si ca numarul de senzori de temperatura este dependent de numarul de fante cu un factor de proportionalitate. Se revendica modul de comunicare prin bus izolat I²C intre aplicator si calculator.

Bibliografie

1. A. Graf , M. Arndt, M. Sauer, G. Gerlach, *Review of micromachined thermopiles for infrared detection*, Measurement Science and Technology, 18, 2007.
2. R. Usamentiaga, P. Venegas, J. Guerediaga, L. Vega, J. Molleda and F. G. Bulnes, *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 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 Mikrowellensensoren), 2001, <http://www.iapmw.unibe.ch/teaching/>
5. Nader Behdad, Kamal Sarabandi, *A Wide-Band Slot Antenna Design Employing A 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 antenna or used for a PIFA antenna*, brevet US 8111199B2, 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 surfaces of a printed circuit board*, brevet US 7782629B2, 2010.
9. Suzushi Kimura, Tsuyoshi Himori, Koji Hashimoto, *Module component and method of manufacturing the same*, brevet US 6806428 B1, 2004.
10. P E Richmond, *The peltier effect*, Phys. Educ. 1 145, 1066.
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.
12. Robert Newman, Chu Chung-Lee, *Ball grid array package having thermoelectric cooler*, brevet US 6196002B2, 2001.

Revendicari

1. Aplicator de microunde cu arie de detectori integrata pentru masurarea temperaturii **caracterizat prin aceea ca** este alcatuita dintr-o structura multistrat ce contine (fig.1): (1) un strat dublu-conductor reprezentand aplicatorul fanta ce genereaza radiatia de microunde, (2) un strat izolator electric, (3) un strat de referinta termica continand elemente peltier si circuite electronice de comanda, (4) un strat destinat masurarii de temperatura fara contact utilizand termopile sau dispozitive echivalente, (5) un strat conductor cu rol de diafragma optica pentru senzorii de temperatura si de plan de masa pentru radiatia de microunde.
2. Aplicator de microunde cu arie de detectori integrata pentru masurarea temperaturii, conform cu revendicarea 1 **caracterizat prin aceea ca** straturile superioare (2,3,4,5) ale aplicatorului de microunde contin fante destinate propagarii radiatiei de microunde emise de aplicator.
3. Aplicator de microunde cu arie de detectori integrata pentru masurarea temperaturii, conform cu revendicarile 1 si 2 **caracterizat prin aceea ca** stratul de referinta termica inglobeaza elementele peltier aflate in contact direct atat cu aplicatorul de microunde cat si cu aria de senzori de temperatura.
4. Aplicator de microunde cu arie de detectori integrata pentru masurarea temperaturii, conform cu revendicarile 1, 2 si 3 **caracterizat prin aceea ca** toate componentele electronice corespunzatoare zonei active a unui strat sunt inglobate in straturile adiacente ce contin plane de masa, creascand imunitatea circuitelor la campul de microunde perturbator.
5. Aplicator de microunde cu arie de detectori integrata pentru masurarea temperaturii, conform cu revendicarile 1, 2, 3 si 4 **caracterizat prin aceea ca** numarul de detectori din arie (N_d) este proportional cu numarul de fante (N_f) ai aplicatorului de microunde cu un factor de proportionalitate k ($N_d=k \cdot N_f$) ce depinde de structura aplicatorului si de unghiul de vizare al detectorului termopila utilizat.
6. Aplicator de microunde cu arie de detectori integrata pentru masurarea temperaturii, conform cu revendicarile 1, 2, 3, 4 si 5 **caracterizat prin aceea ca** senzorii de masura ai temperaturii sunt cititi, respectiv elementele peltier corespunzatoare sunt comandate digital printr-un bus izolat de tip Inter-Integrated Circuit-System Management Bus ($I^2C/SMbus$).

Desene explicative

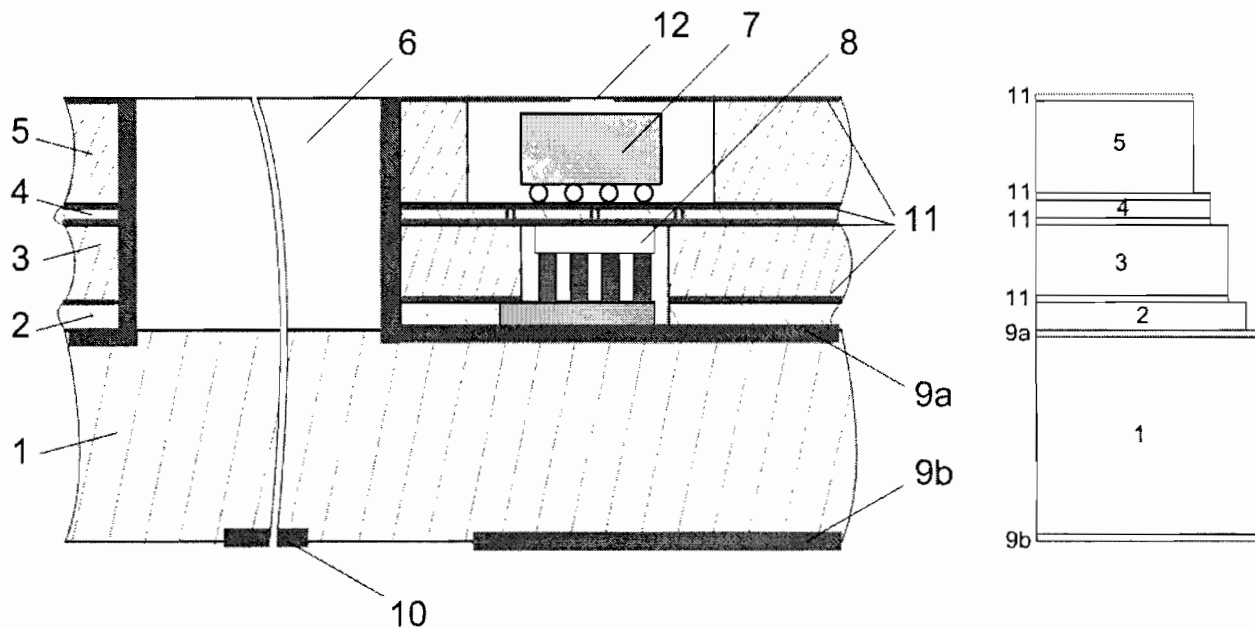


Figura1. Sectiune prin aplicator realizata in proximitatea unei fante.



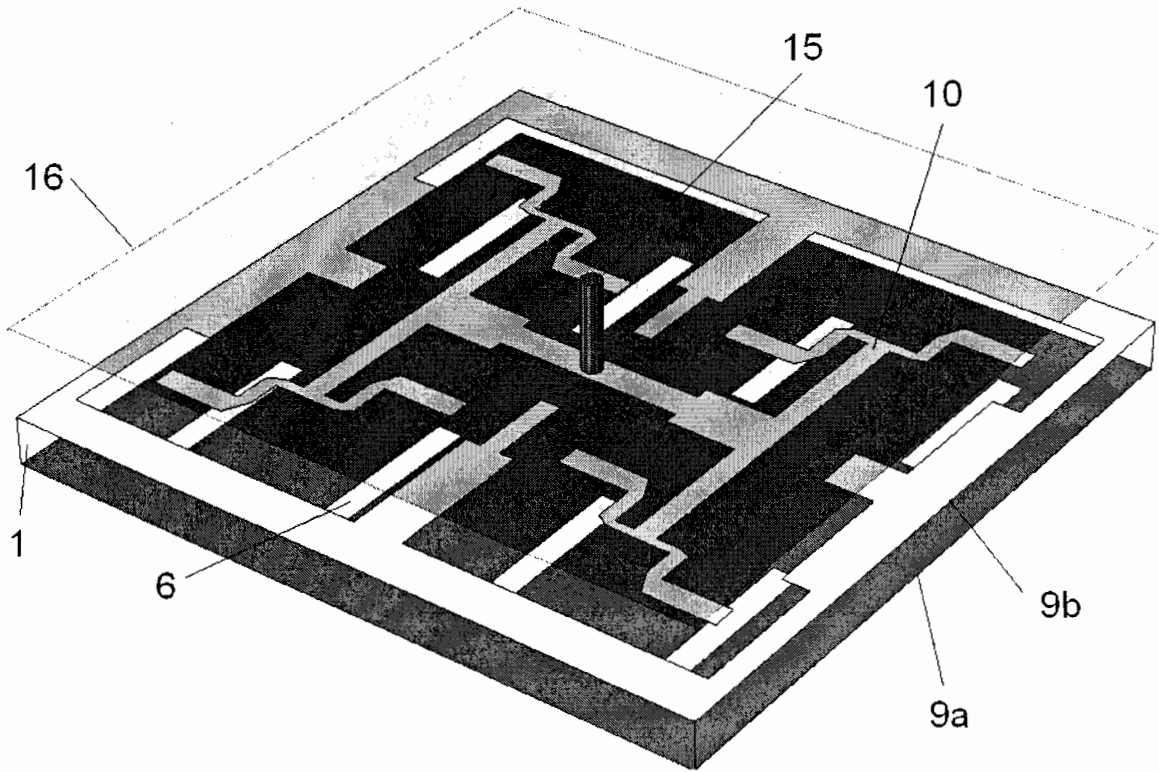


Figura2. Aplicator cu 8 fante, vedere dinspre fata cu liniile de excitare. Exemplu de realizare.

42

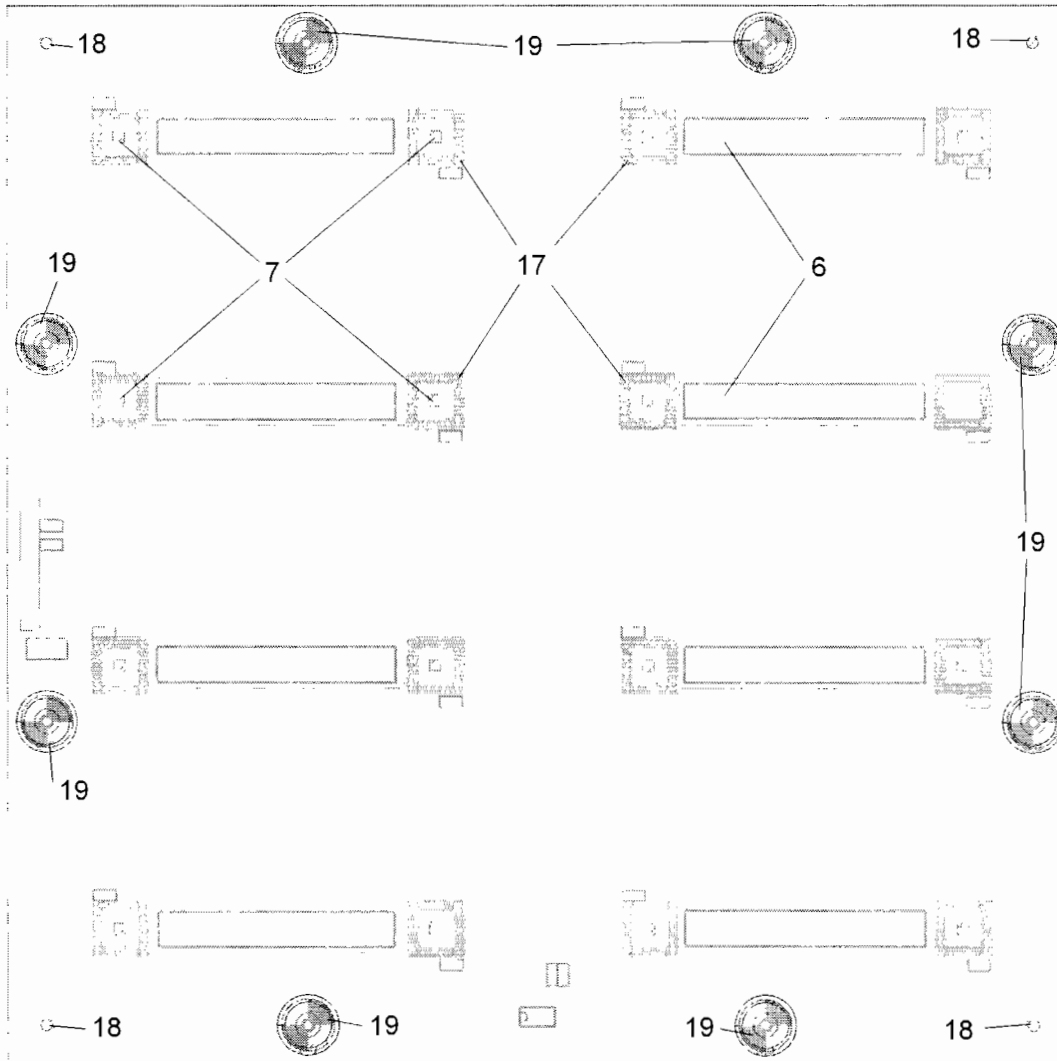


Figura3. Strat de masura cu arie de 16 termopile montate pe circuit imprimat. Exemplu de pozitionare.



yl

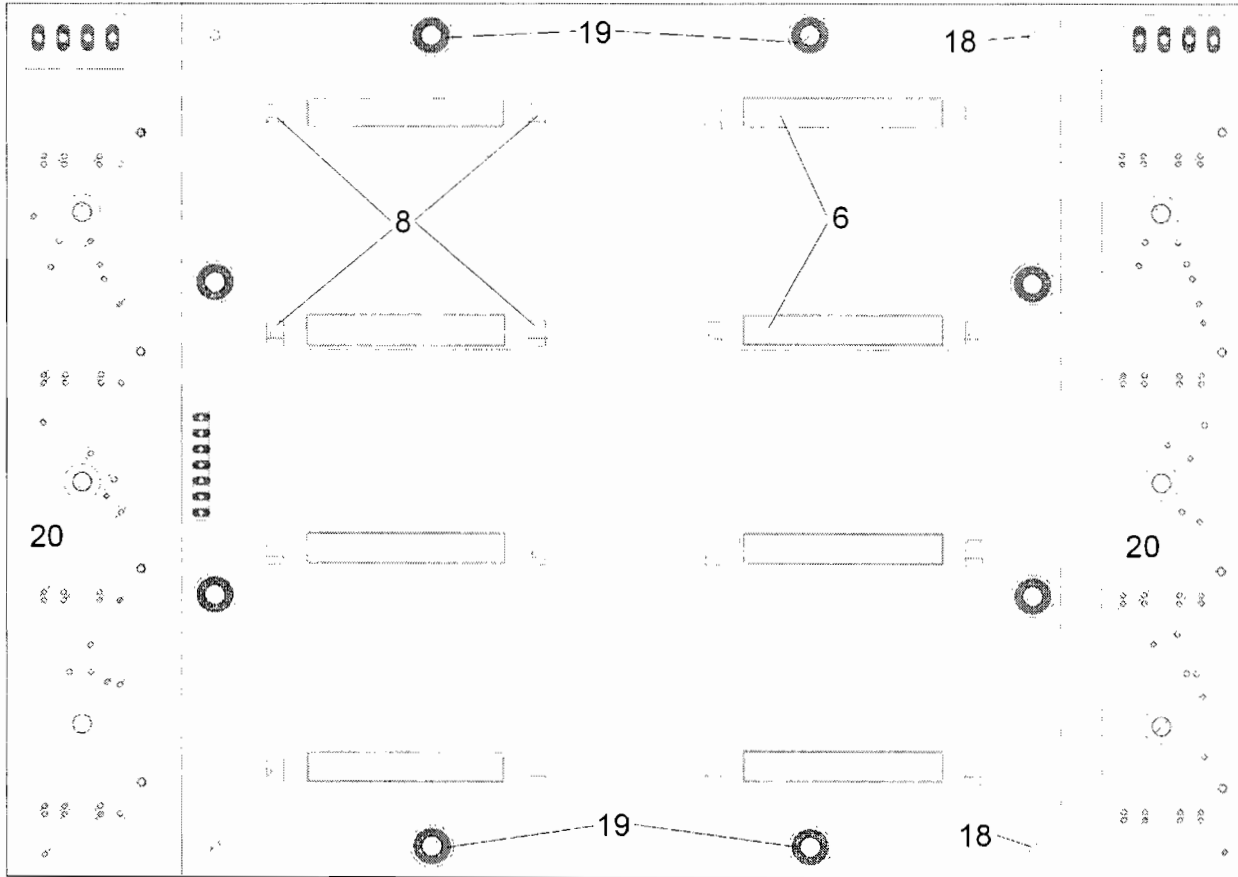


Figura4. Strat de referinta termica continand o arie de 16 elemente peltier montate in circuit imprimat. Exemplu de pozitionare.



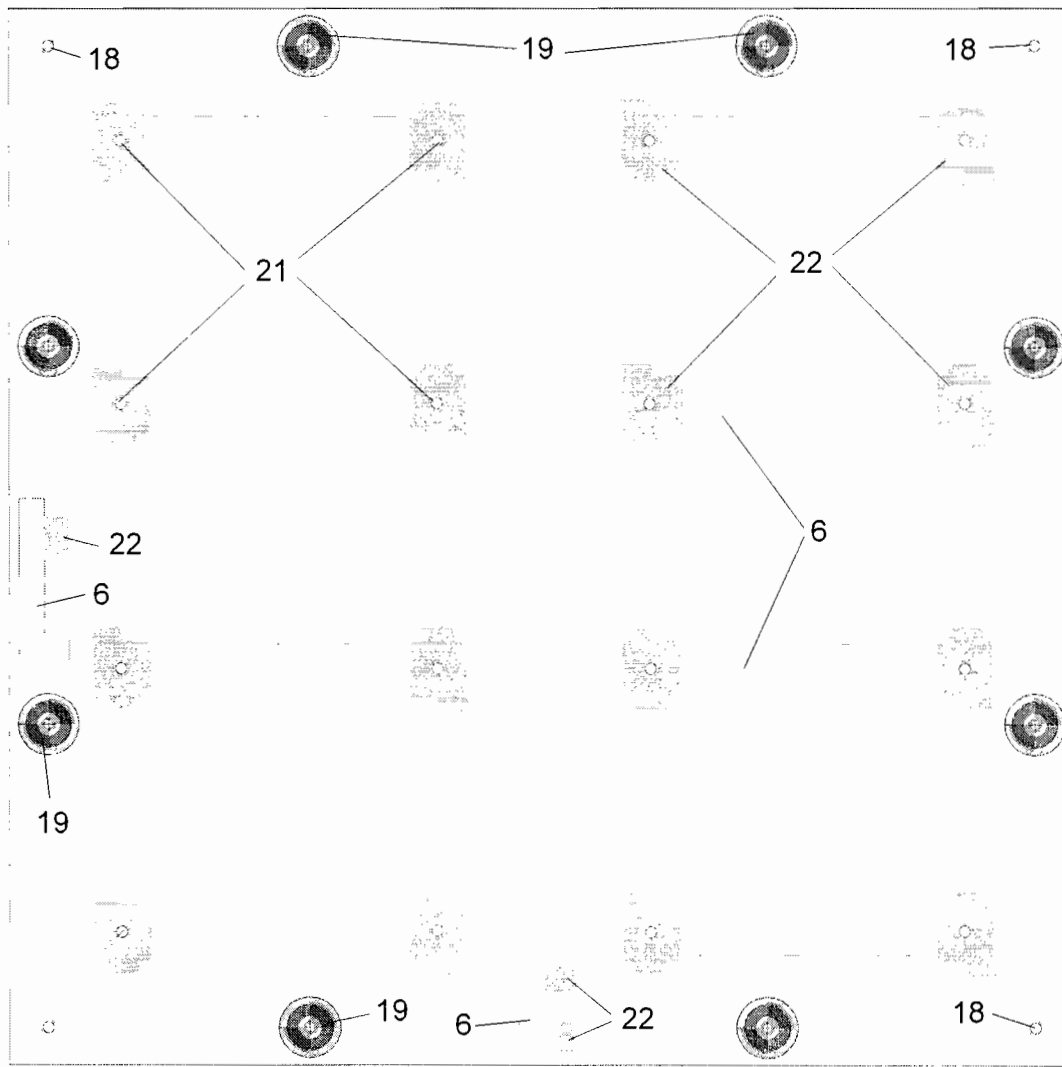


Figura5. Strat cu rol de diafragma pentru 16 termopile. Exemplu de pozitionare.



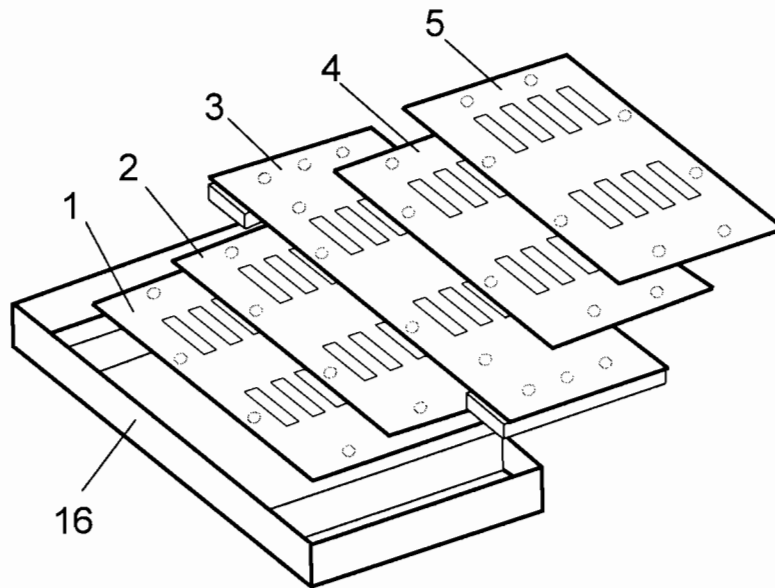


Figura6. Aplicator de microunde cu arie de detectori integrata, vedere simplificata a straturilor prin explozie.

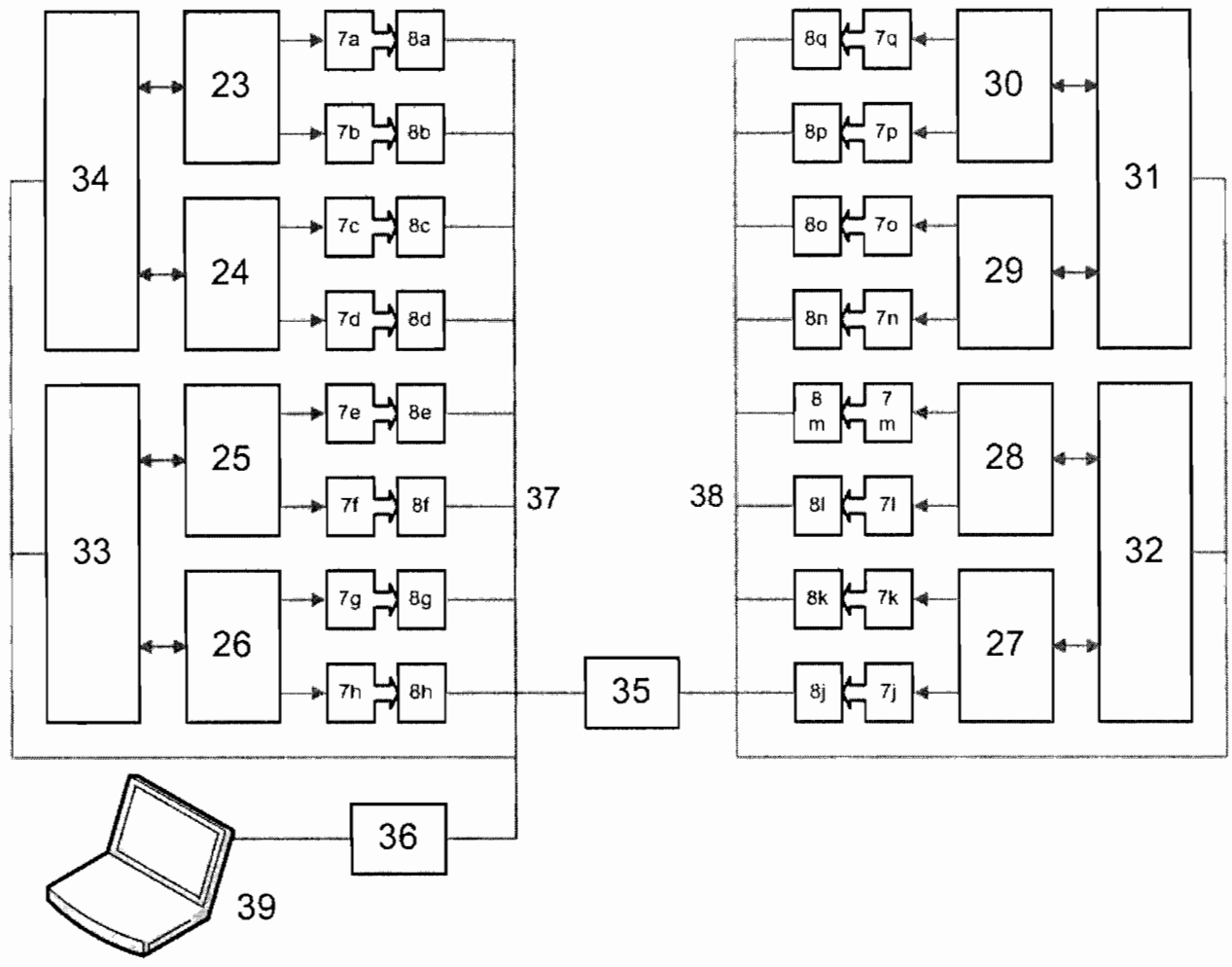


Figura7. Aplicator de microunde cu arie de 16 detectori integrata, schema bloc de control si masura

