

(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2019 00202

(22) Data de depozit: 28/03/2019

(41) Data publicării cererii:  
27/11/2020 BOPI nr. 11/2020

(71) Solicitant:  
• BALTAG OCTAVIAN IOAN,  
STR. GHIBĂNESCU NR. 5A, IAȘI, IS, RO

(72) Inventatori:  
• BALTAG OCTAVIAN IOAN,  
STR. GHIBĂNESCU NR. 5A, IAȘI, IS, RO

(54) SIMULATOR PENTRU RADIOMETRIA CU MICROUNDE A SÂNULUI

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un dispozitiv simulator al sânelui uman cu aplicații în radiometria și imagistica medicală cu microunde. Dispozitivul conform invenției este alcătuit dintr-o calotă (1) sferică fixată etanș de un suport (2) având un contur circular, prevăzut cu două mufe (3 și 4) hidraulice de intrare și, respectiv, ieșire, mufa (4) de ieșire fiind conectată la niște orificii (5) prin intermediul unor canale de colectare a unui lichid (6), cele două mufe (3 și 4) hidraulice fiind conectate prin niște conducte (7, 8 și 9) la o pompă (10) și un termostat (12) care asigură lichidului ce circulă prin simulator o temperatură prestabilită de un termostat (12) și un termometru (13) de control precum și un termometru (14) electronic cuplat la un senzor (15) de temperatură imersat în lichidul (6) în care se mai află imersat un termistor (16) care are rolul unui generator de câmp termic ce simulează o tumoră, atunci când este alimentat printr-o presetupă (17) cu un curent electric prestabilit de un microsistem (18), în care dimensiunea simulatorului poate fi modificată prin deformarea calotei (1) sferice, modificând presiunea lichidului (6) care circulă prin pompa (10) și termostatul (12), iar proprietățile electromagnetice care simulează țesutul sânelui pot fi modificate schimbând compoziția ingredientelor care alcătuiesc lichidul (6).

Revendicări: 4  
Figuri: 2

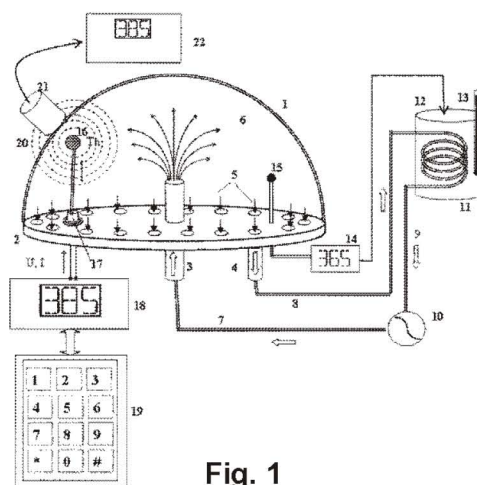
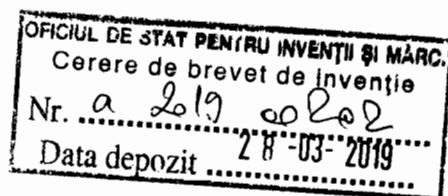


Fig. 1





## Simulator pentru radiometria cu microunde a sânelui

Invenția de față se referă la un dispozitiv simulator al sânelui uman de tip "fantom" folosit în scopul studierii explorării termografice sau radiometrice cu microunde a sânelui, precum și cercetări de imagistică medicală în domeniul microundelor.

Simulatoarele de organe numite în medicină și "fantom" sunt folosite în scopuri didactice, cercetare sau verificare și calibrare a echipamentelor imagistice de investigație și diagnostic medical cum sunt: aparatele de tip radiologic cu radiații penetrante de mare energie – mamografie, scintimamografie, computer tomograf, tomograful cu emisie de pozitroni, sau aparate de rezonanță magnetică nucleară și instalațiile cu ultrasunete. Aceste fantomuri simulează atât geometric cât și structural organe sau părți ale corpului.

Investigațiile biomedicale de tip termografic - radiometrie IR se fac de obicei în domeniul radiației infraroșie și anume în banda de (10-14) micrometri, întrucât în această bandă emisivitatea pielii umane are uniformitatea cea mai ridicată. Întrucât radiometria în infraroșu este limitată de adâncimea la care se poate detecta o anomalie funcțională identificată prin temperatură, în ultimii ani s-au dezvoltat tehnici de investigație care folosesc tot radiația electromagnetică dar de frecvență mai coborâtă, în domeniul microundelor care sunt emise de corp și structurile interne împreună cu tot spectrul câmpului electromagnetic și în conformitate cu legile radiației termice. Radiometria medicală cu microunde este o metodă pasivă și neinvazivă care exploatează radiația termică proprie țesuturilor vii aflate la temperatură mai ridicată decât zero absolut. Interesul medical al acestei tehnici este dat de faptul că se pot obține informații privind statutul termic al structurilor biologice subcutanate până la o adâncime de câțiva centimetri de la suprafața pielii unde se află receptorul de microunde. În această tehnică, se utilizează un receptor de microunde, care receptionează o bandă determinată de frecvențe, folosind o antenă horn de câmp apropiat plasată pe suprafața pielii. Astfel, receptorul detectează câmpul electromagnetic provenit din întregul volum al țesutului situat în fața deschiderii antenei, în banda de recepție. Valoarea detectată a intensității câmpului echivalent zgomotului termic, este o măsură a temperaturii medii interne, în conformitate cu legea de radiație a lui Planck. În domeniul microundelor, pentru temperatura normală a unui corp sănătos, densitatea de energie a câmpului electromagnetic are valori deosebit de reduse, de ordinul picoWatt-ului pe metrul cub, iar în domeniul radiației infraroșii, această densitate de energie este  $10^{14}$  ori mai ridicată. Spre deosebire de radiația infraroșie care este atenuată puternic de țesut începând din profunzime, ceea ce duce la măsurarea numai a temperaturii de suprafață, radiația din domeniul microundelor are o rată de absorbție mult mai redusă, astfel încât, ea poate pătrunde până la suprafața pielii ducând astfel practic nealterată informația privind temperatura internă, ceea ce este de un mare interes clinic în ceea ce privește detectarea timpurie a structurilor tumorale maligne, încă din faza preclinică. Un alt interes clinic este folosirea în tratamentele prin hipertermie sau hipotermie, întrucât este singura metodă neinvazivă care permite măsurarea temperaturii interne și detectarea anomaliilor termice.

În literatura de specialitate sunt prezentate mai multe dispozitive pentru simulare dar acesta nu simulează un organ anume și sunt folosite pentru calibrarea unor radiometre.

1. Santina Indicello, *Microwave Radiometry for Breast Cancer Detection*, Thesis, Universita degli Studi Tor Vergata Roma, 2000.
2. Hahn et al., "*Heterogeneous Breast Phantom Development for Microwave Imaging Using Regression Models*", International Journal of Biomedical Imaging Volume 2012, 04 May 2012.
3. Helbig et al., "*UWB Microwave Imaging of Heterogeneous Breast Phantoms*", Biomedical Technology, Vol. 57, 2012.
4. Mashal et al., "*Heterogeneous Anthropomorphic Phantoms with Realistic Dielectric Properties for Microwave Breast Imaging Experiments*", Microwave and Optical Technology Letters, Vol. 53, No. 8, August 2011.
5. Ostadrahimi et al., "*A Heterogeneous Breast Phantom for Microwave Breast Imaging*", 31<sup>st</sup> Annual International Conference of the IEEE EMBS, September 2-6, 2009.

În literatura de brevete mai sunt cunoscute următoarele brevete care tratează problema unui phantom pentru sân:

1. *Tumor localization phantom*, US 5.273.435, brevet care se refera la un dispozitiv de tip fantom destinat echipamentelor cu raze X folosite in explorarea mamografica.
2. *Microwave imaging breast phantom, method for testing reliability of breast cancer diagnostic apparatus using the phantom, and breast cancer diagnostic apparatus including phantom*. US 2014/0002106 A1, care se refera la folosirea unui simulator de san folosit pentru verificarea radiometrelor cu microunde cu aplicatii in diagnosticarea cancerului mamar.
3. *Breast phantom for microwave imaging, method for testing reliability of apparatus for diagnosing breast cancer using the same and apparatus for diagnosing breast cancer comprising the same*, KR20140004435 (A) .
4. *Manufacturing method of mammary phantom for the diagnosis equipment of breast tumor using electromagnetic wave*, KR101026833 (B1).

**Dezavantajele principale** ale acestor dispozitive se referă la următoarele:

- atât fantomul de sân cât și structura tumorală simulată au dimensiuni, volum și poziții fixe;
- nu permit modificarea temperaturii simulatorului de sân în sensul stabilirii unei temperaturi corespunzătoare țesutului mamar real;
- nu permit modificarea dimensiunii, poziției și nici a temperaturii structurii care simulează prezența unei tumori calde.

**Problemele pe care le rezolvă invenția** se referă la:

- realizarea unui simulator de sân a cărui dimensiune și volum poate fi modificată în funcție de necesități;
- modificarea temperaturii simulatorului în domeniul de temperatură al țesutului viu real;
- modificarea poziției, dimensiunii și a temperaturii structurii echivalente cu o tumoră caldă situată în interiorul simulatorului.

Invenția de față **elimină dezavantajele menționate** prin faptul că folosește un amestec de soluții având proprietăți electromagnetice asemănătoare cu țesutul mamar și a cărui temperatură este termostată la valoarea temperaturii corpului, iar pentru simularea unei structuri tumorale calde utilizează un termistor încălzit prin trecerea unui curent electric, termistorul generând un câmp termic căruia îi este asociat un câmp electromagnetic a cărui densitate de energie depinde de temperatura la care este adus termistorul.

Invenția de față **prezintă avantajele** de a permite calibrarea înainte de efectuarea unui examen clinic fără a fi necesar un laborator metrologic sau echipamente dedicate, precum și adaptarea simulatorului la dimensiuni și proprietăți diferite ale țesutului mamar.

În invenția de față, pentru simularea fizică a unei structuri tumorale se folosește faptul că radiația electromagnetică se regăsește în toate corpurile care se află la temperaturi diferite de zero absolut – zero Kelvin. Un rezistor electric încălzit prin trecerea unui curent electric va genera la bornele sale o tensiune de zgomot a cărei putere este determinată de relația:

$$P = kT\Delta f$$

unde

- $k$  este constanta lui Boltzmann,
- $T$  este temperatura absolută,
- $\Delta f$  este banda de frecvențe în care se fac măsurătorile de zgomot.

Tensiunea de zgomot de la bornele unui rezistor / termistor de valoare  $R$  poate fi determinată prin relația lui Nyquist:

$$V_z = \sqrt{4kTR\Delta f}$$

Termistorul fiind încălzit, emite în mod spontan un câmp termic care este o radiație electromagnetică a cărui densitate spectrală de energie este determinată prin legea de radiație a lui Planck:

$$B_\nu(\nu, T) = \frac{2h\nu^3}{c^2} \frac{1}{e^{\frac{h\nu}{k_B T}} - 1}$$

unde :

- $h$  este constanta lui Planck,
- $\nu$  este frecvența radiației electromagnetice
- $c$  este viteza luminii.

În cele ce urmează se prezintă un **exemplu de realizare a invenției** cu referire la figurile care reprezintă:

- figura 1 reprezintă schema de realizare și funcționare a simulatorului de sân pentru radiometria cu microunde;
- figura 2 reprezintă caracteristica rezistenței unui termistor în funcție de temperatură,  $R = f(t^0)$ .

Simulatorul de sân, conform invenției, este compus, figura 1, dintr-o calotă sferică 1 realizată dintr-un material elastic cum este de exemplu latexul, fixată etanș pe un suport 2 având un contur circular, care suport este prevăzut cu două mufe hidraulice 3 de intrare și respectiv 4 de ieșire conectată la orificiile 5 prin canale de colectare a unui lichid 6 care lichid are o structură care-i conferă proprietăți electromagnetice asemănătoare cu structura țesutului mamar, cele două mufe hidraulice 3 respectiv 4 fiind la rândul lor conectate prin niște conducte 7,8 și 9 la o pompă 10 și un termostat 12 care asigură lichidului pompat prin simulator o temperatură prestabilită prin termostatul 12 și un termometru de control 13, temperatura din interiorul corpului simulatorului fiind măsurată de un termometru electronic

14 și un senzor de temperatură 15 imersat în lichidul 6, termometrul electronic 14 fiind conectat într-o buclă de reacție cu termostatul 12 astfel încât să se asigure temperatura prestabilită, în care lichid se mai află imersat un termistor 16 care are rolul unui generator de câmp termic determinat de o anumită temperatură, atunci când este alimentat printr-o presetupă 17 cu un curent electric prestabilit de un microsistem 18 printr-o tastatură 19 prin care se stabilește temperatura termistorului în funcție de puterea disipată determinată de microsistemul 18 prin doi parametri care sunt tensiunea și curentul de alimentare, mărimi care permit calcularea rezistenței termistorului, temperatura rezultând apoi, în conformitate cu dependența rezistenței electrice a termistorului de temperatura sa, conform figurii 2.

Fluidul 6 din structura simulatorului are o compoziție relativ complexă, compusă din ingrediente chimice lichizi cum sunt: apa bidistilată deionizată, glicerina, etilen glicol, eter de butil, clorua de sodiu, ulei, gelatină, ser fiziologic. Proporția ingredientilor lichizi se alege în funcție de structura țesutului sanului, densitatea și vâscozitatea fiind determinate atât de proprietățile electromagnetice ale țesutului gras sau glandular, cât și de elasticitatea membranei 1 care constituie calota sferică și presiunea exercitată de pompa hidraulică 10 care prin debitul său trebuie să asigure o anumită formă și dimensiune a calotei 1 cât și un echilibru termic între mediul exterior și interiorul simulatorului pe durata măsurătorilor cu radiometrul cu microunde. Poziția termistorului 16 generator de câmp termic poate fi modificată prin deplasarea pe verticală în presetupa 17 a suportului termistorului 16.

Generatorul de câmp electromagnetic format din termistorul 16 care pentru a simula prezența unei tumori este adus la o temperatură mai ridicată decât a mediului în care este imersat, generează un zgomot electromagnetic, iar o parte din acest zgomot este transferat prin radiație electromagnetică 20 în mediul înconjurător unde este detectat de o antenă 21 care transmite semnalul captat unui radiometru 22.

Simulatorul de sân pentru radiometrie și imagistică cu microunde **prezintă următoarele avantaje față** de soluțiile existente:

- este o soluție flexibilă în sensul că permite modificarea dimensiunilor și formei sânului prin înclinarea acestuia și modificarea presiunii lichidului folosit;
- permite modificarea temperaturii simulatorului prin controlul asupra termostatului atașat;
- natura lichidului, în scopul alegerii unor proprietăți electromagnetice asemănătoare cu ale țesutului viu, poate modificată ușor prin schimbarea proporțiilor ingredientilor lichizi;
- adâncimea la care este situat elementul simulator al tumorii poate fi modificat prin deplasarea acestuia în interiorul simulatorului;
- temperatura simulatorului de tumoră poate fi controlată cu ajutorul unui microsistem simplu;
- simulatorul poate fi folosit pentru verificarea calibrării radiometrului în lipsa unei incinte dedicate și a unui generator de zgomot etalon.

## REVENDICARI

1. Simulator pentru radiometria cu microunde a sânului, compus dintr-o calotă sferică **1**, fixată etanș pe un suport **2** având un contur circular prevăzut cu două mufe hidraulice **3** de intrare și respectiv **4** de ieșire, mufa de ieșire fiind conectată la orificii **5** prin canale de colectare a unui lichid **6**, cele două mufe hidraulice **3** respectiv **4** fiind conectate prin conducte **7,8** și **9** la o pompă **10** și un termostat **12** care asigură lichidului care circulă prin simulator o temperatură prestabilită prin termostatul **12** și un termometru de control **13**, precum și un termometru electronic **14** cuplat la un senzor de temperatură **15** imersat în lichidul **6**, în care lichid se mai află imersat un termistor **16** care are rolul unui generator de câmp termic care simulează o tumoră, atunci când este alimentat printr-o presetupă **17** cu un curent electric prestabilit de un microsistem **18** printr-o tastatură **19** prin care se stabilește temperatura, **caracterizat prin aceea că**, dimensiunea poate fi modificată prin deformarea calotei sferice **1** modificând presiunea lichidului **6** care circulă prin pompa **10** și termostatul **12**, iar proprietățile electromagnetice care simulează structura țesutului sânului poate fi modificată schimbând compoziția ingredientilor care constituie lichidul **6**.
2. Simulator pentru radiometria cu microunde a sânului, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că**, temperatura internă poate fi modificată prin controlul temperaturii fluidului **6** care circulă prin termostatul **12** care asigură stabilitatea temperaturii pe perioada funcționării simulatorului, ca urmare a buclei de reacție realizată prin blocul electronic al termometrului **14** și senzorul de temperatură **15**.
3. Simulator pentru radiometria cu microunde a sânului, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că**, structura tumorală este simulată printr-un termistor **16** care este încălzit la o temperatură prestabilită prin curentul electric generat de un microsistem **18** comandat de o tastatură **19**, temperatura termistorului care simulează tumora fiind calculată de microsistemul **18** din valorile curentului și a tensiunii la bornele termistorului.
4. Simulator pentru radiometria cu microunde a sânului, conform revendicării 1 și 3, **caracterizat prin aceea că**, poziția simulatorului de tumoră realizat dintr-un termistor **16** poate fi modificată față de suprafața calotei **6** prin deplasarea suportului termistorului **16** printr-o presetupă **17** care asigură etanșeitatea volumului cuprins între calota elastică **1** și suportul **2** astfel încât să nu existe pierderi ale lichidului din simulator.

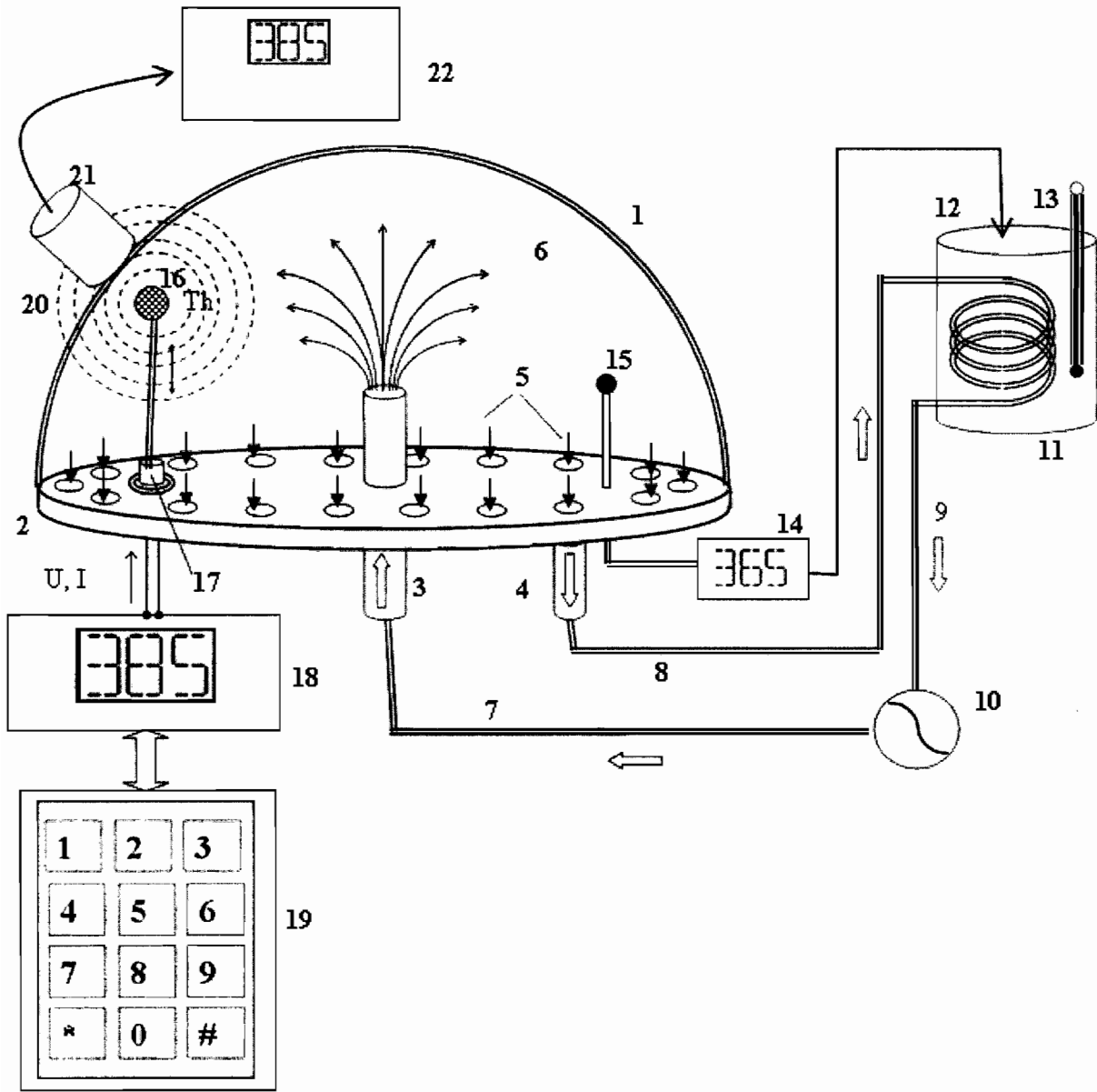


Figura 1

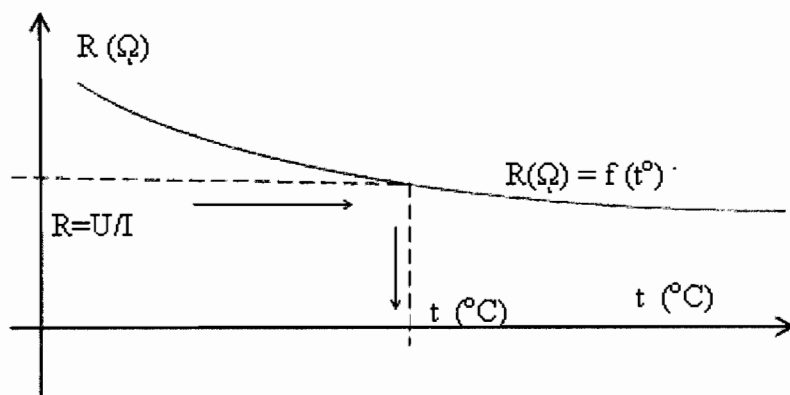


Figura 2