



(12) **CERERE DE BREVET DE INVENȚIE**

(21) Nr. cerere: **a 2020 00047**

(22) Data de depozit: **04/02/2020**

(41) Data publicării cererii:  
**30/09/2020** BOPI nr. **9/2020**

(71) Solicitant:  
• **INSTITUTUL NAȚIONAL DE CERCETARE  
DEZVOLTARE PENTRU TEHNOLOGII  
IZOTOPICE ȘI MOLECULARE INCDTIM,  
STR.DONAT, NR.67-103, POB 700,  
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;**  
• **MACAVEI SERGIU, STR.TRAIAN VUIA,  
NR.122, AP.2, CLUJ - NAPOCA, CJ, RO**

(54) **DISPOZITIV PENTRU CARACTERIZAREA MATERIALELOR  
TERMoeLECTRICE**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un dispozitiv pentru caracterizarea materialelor termoelectrice realizate în strat subțire sau volumetric. Dispozitivul, conform invenției, este alcătuit dintr-un ansamblu (1) de preluare a semnalelor electrice și termice având rolul de a fixa mecanic și de a termostabiliza un material (20) termoelectric de analizat cu un gradient de temperatură programabil, de a prelua diferențele de potențial între cel puțin patru puncte de pe suprafața materialului termoelectric, respectiv de a măsura temperaturile în punctele respective, și dintr-un sistem (2) electronic de măsură și control având rolul de prelucrare a potențialelor electrice rezultate, a semnalelor date de senzorii de temperatură și de a controla precis gradientul de temperatură, cu scopul de a caracteriza materialul (20) termoelectric de tip film subțire sau volumetric, prin obținerea valorilor efectului seeback, figurii de merit și rezistenței sale electrice.

Revendicări: 10  
Figuri: 6

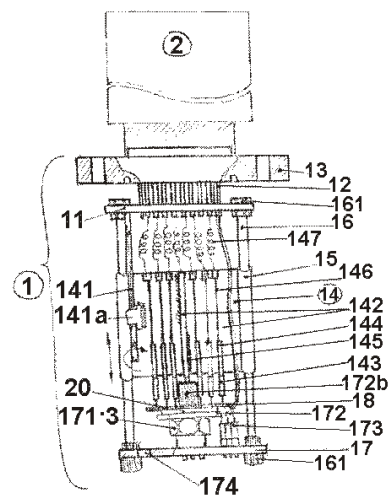


Fig. 1



## Dispozitiv pentru caracterizarea materialelor termoelectrice

Dispozitivul descris în prezenta invenție este destinat măsurării efectului termoelectric și a figurii de merit pentru materiale termoelectrice obținute prin depunere în strat subțire pe un suport izolator din punct de vedere electric sau materiale termoelectrice obținute prin sinterizare având dimensiuni volumetrice. Dispozitivul permite deasemenea evaluarea omogenității depunerii stratului semiconductor termoelectric în strat subțire prin măsurarea variației de rezistență la suprafața materialului termoelectric. Măsurarea se face în vid ( $10^{-3}..5 \times 10^{-7}$  mbar) la temperaturi cuprinse între  $0^{\circ}\text{C}$  și  $+450^{\circ}\text{C}$  în trei domenii posibile de temperatură ( $0^{\circ}\text{C}-40^{\circ}\text{C}$ ,  $25^{\circ}\text{C}-150^{\circ}\text{C}$ ,  $100^{\circ}\text{C}-450^{\circ}\text{C}$ ).

Orice material termoelectric funcționează pe baza efectului Seebeck. Aplicând un gradient de temperatură precis controlat prin intermediul a două piese izolate electric și bune conducătoare termic, numite „degete” (unul mai cald și unul mai rece) aflate în contact cu două capete ale materialului termoelectric, acesta va genera o tensiune electromotoare la capetele sale, respectiv între cele două capete se va închide un curent electric printr-un circuit închis exterior. Pentru a caracteriza un material termoelectric este necesară măsurarea cât mai exactă a temperaturilor în mai multe puncte situate pe suprafața materialului, injectarea unui curent slab și măsurarea potențialelor electrice în punctele respective, în prezența sau în absența curentului injectat. Pe de altă parte, materialul termoelectric de măsurat poate avea o structură volumetrică sau poate fi un film subțire depus pe un substrat izolator (de regulă semiconductor sau substrat oxidic). Pentru a putea măsura diferența de temperatură, diferența de potențial electric și rezistența electrică între diverse puncte de pe suprafața materialului termoelectric este nevoie de un număr de micro-senzori de temperatură, respectiv de contacte conductoare elastice care să poată fi aduse în contact ferm cu materialul termoelectric. Dacă în cazul termoelectricilor de volum aplicarea micro-senzorilor de temperatură și a contactelor nu implică precauții extreme deoarece materialul poate avea rezistența mecanică suficient de mare pentru a nu fi deteriorat, în cazul filmelor subțiri contactele și micro-termorezistențele pot deteriora cu ușurință suprafața filmului după primul contact cu acesta.

Se cunoaște brevetul CN101038256 care măsoară efectul seebeck și rezistivitatea electrică a unui film subțire cu proprietăți termoelectrice în atmosfera ambiantă, utilizând blocuri de cupru pentru degetele calde și reci, două sonde pentru aplicarea curentului de măsură și alte două sonde pentru detecția diferenței de

potențial de pe film, semnalele fiind preluate de un sistem de achiziție comandat de un calculator. Deasemenea brevetul CN102297877B prezintă un dispozitiv pentru măsurarea efectului termoelectric pe film subțire în vid, aplicând atât diferența de temperatură cât și un curent electric slab pe cele două fețe ale filmului prin două degete cald-rece izolate termic în exterior și realizate dintr-un volum semnificativ de cupru, aluminiu sau oțel, temperatura acestor degete se măsoară cu un număr de minim două termocuple fiecare, diferența de potențial culeasă de pe film prin aceleași degete fiind măsurată cu un voltmetru, întregul ansamblu fiind conectat și la un sistem de achiziție de date. Brevetul KR101695569B1 se referă la un sistem pentru măsurarea performanței efectului termoelectric indiferent de forma și dimensiunea filmului termoelectric (filme plane sau curbe depuse pe substrat) sau din material termoelectric sinterizat volumetric (în exemplu fiind sferic), alcătuit din două degete cald-rece și din două sonde ce se pot manevra pe direcția XY și ating partea superioară a filmului, întregul ansamblu fiind introdus în vid și izolat termic în exteriorul degetelor.

Prezentul brevet de invenție rezolvă o problemă din stadiul actual al tehnicii: aplicarea contactelor electrice elastice cu o forță de apăsare reglabilă fin și aplicarea elastică a micro-senzorilor de temperatură în minim patru puncte de măsură situate pe un film termoelectric depus în strat subțire pe un substrat semiconductor (izolator electric și conductiv termic) astfel încât zona de contact cu filmul termoelectric să nu se distrugă. Operațiunea de aplicare a contactelor elastice se repetă pentru fiecare film subțire de caracterizat. Odată ce contactele electrice și micro-termorezistențele se găsesc în contact cu filmul termoelectric, dispozitivul permite măsurarea efectului termoelectric în mod diferențial sau integral, estimarea omogenității depunerii filmului prin măsurarea rezistenței sale interne între cel puțin patru puncte diferite și în final calculul figurii de merit. Toate aceste mărimi caracterizează complet un material termoelectric realizat prin depunere în strat subțire sau prin sinterizare volumetrică.

Fig.1 reprezintă descrierea ansamblului dispozitivului prin vedere laterală

Fig.2 reprezintă schema de principiu pentru aplicarea gradientului de temperatură cu degete calde cu elemente Peltier

Fig.3. reprezintă schema de principiu pentru aplicarea gradientului de temperatură cu degete calde cu rezistențe de putere

Fig.4. reprezintă un exemplu de realizare pentru aplicarea gradientului de temperatură cu degete calde cu tranzistoare bipolare de putere

Fig.5. reprezintă un exemplu de realizare al dispozitivului

Fig.6. reprezintă un detaliu de conexiune la materialul termoelectric din exemplul de realizare al dispozitivului

Invenția de față conform **fig.1...fig.6** este alcătuită dintr-un ansamblu mecano-electronic care funcționează în vid într-o incintă închisă. În mod excepțional pentru obținerea unor rezultate estimative ea poate funcționa și la presiune atmosferică. Invenția așa cum este revendicată este alcătuită dintr-un ansamblu (1) de preluare a semnalelor electrice și termice care sunt apoi analizate de un sistem (2) electronic de măsură și control. Ansamblul (1) conține o piesă ce se poate deplasa pe verticală, piesă realizată din circuit imprimat (14) montat în cruce și acționat de un șurub (141) de reglaj fin. Circuitul imprimat (14) este realizat din două plăci (142) de circuit imprimat decalate la 90° ce sunt montate forțat una în alta prin culisare forțată în canale (145) de montaj, plăcile (142) fiind rigidizate prin cositorirea straturilor de cupru situat pe marginilor canalelor (145) între ele. Șurubul de reglaj mișcă cu precizie acest circuit (14) pe verticală, prin piulița (141a) sudată de țeava (15), capătul șurubului (141) fiind sprijinit pe placa (11) fixă, iar creștătura capului șurubului se acționează printr-un orificiu (174) situat în placa (17). Placa (11) fixă are și rol de suport de conexiune pentru mufa (13) cu contacte aurite. Circuitul (14) este prevăzut cu un număr de contacte (143) ce intră în contact electric cu materialul termoelectric (20) de caracterizat. Contactele (143) sunt elastice, mobile, cu forță de apăsare reglabilă din șurubul (141). Deasemenea contactele (143) sunt aurite, retractabile, precomprimate, demontabile și intră forțat fiecare în soclurile (144) lor corespunzătoare. Soclurile (144) sunt cositorite în degajările (145) realizate în plăcile (142) de circuit imprimat dublu placat. Fiecare soclu (144) este cositorit cu câte un traseu electric (146) distinct ce conectează contactele (143) cu partea opusă a ansamblului (14) de unde fire conductoare (147) bobinate elastic și cositorite la trasee transferă semnalele electrice mufei (13). Fiecare traseu este realizat pe o față a circuitului imprimat ce formează ansamblul (14) și are un plan continuu de masă pe fața opusă. Ansamblul (14) de circuit imprimat montat în cruce glisează pe verticală prin intermediul a două țevi (15) pe tije (16) de ghidare ale căror capete sunt fixate fiecare prin ansamblu piuliță-contrapiuliță (161), un capăt de placa conectorului (11) iar celălalt capăt de o altă placă (17). Placa (17) din circuit imprimat termorezistent este demontabilă și conține elementele de încălzire (171) cuplate cu degete (172) din cupru ce devin în mod alternativ calde sau reci. Cu degetele (172) se află în contact

două extremități ale materialului termoelectric (20) de caracterizat și senzorii (173) de măsurare a temperaturii degetelor (172). Deasemenea conform **figurilor 2, 3, și 4**, deasupra degetelor (172) se conectează o placă (18) de circuit imprimat cu rol de suport pentru cel puțin patru micro-termorezistențe (182). Placa (18) este poziționată deasupra materialului (20) termoelectric astfel încât micro-termorezistențele (182) se află în contact cu suprafața materialului (20) termoelectric printr-o decupare (181) realizată în placa (18) care nu transferă termic spre materialul (20). Semnalele electrice de la termorezistențe (182) (**fig.4**) cât și cele culese de pe suprafața materialului (20) termoelectric sunt preluate prin contactele elastice (143) ale circuitului (14). Materialul termoelectric (20) de caracterizat este fixat gravitațional între două canale (173) semideschise ale degetelor (172), printr-o folie (172c) autoadezivă montată pe degetele (172) **fig2, fig.3**. Această folie are o bună izolație electrică și non-termică în zona sa de contact cu materialul termoelectric (20) de măsurat. Materialul (20) termoelectric este blocat împotriva deplasării lui pe verticală prin placa (18) realizată din circuit imprimat subțire ce conține un decupaj (181) cu o suprafață având cu 10%-20% mai puțin decât suprafața materialului termoelectric (20). Acest decupaj (181) este necesar pentru accesul contactelor (143) prin placa (18) la suprafața materialului termoelectric (20).

Intr-un mod de realizare al invenției (**fig.2**), elementele încălzitoare (171-1) conținute în placa (17) demontabilă sunt mini-elemente Peltier destinate obținerii unor temperaturi ale degetelor (172) cuprinse între 0...40°C, care se montează fiecare în placa (17) cu două șuruburi elastice ce trec prin degetele (172) astfel încât șuruburile nu conduc termic între cele două fețe ale mini-elementelor Peltier. Fețele mini-elementelor Peltier opuse degetelor (172) de cupru sunt în contact cu radiatoare (178) din aluminiu.

Intr-un alt mod de realizare al invenției (**fig.4**), elementele încălzitoare (171-3) conținute în placa (17) demontabilă sunt tranzistoare bipolare de putere destinate obținerii unor temperaturi ale degetelor (172) cuprinse între temperatura ambiantă și 150°C. Aceste tranzistoare (171-3) se montează în placa (17) prin cositorire cu aliaj de lipit de temperatură înaltă iar degetele (172) se fixează rigid de tranzistoarele (171-3) cu piulițe speciale (172a) în timp ce alte piulițe speciale (172b) fixează rigid placa (18) de ansamblul format din tranzistoare (171-3) și degete (172).

Intr-un alt mod de realizare al invenției (**fig.3**), elementele încălzitoare (171-2) conținute în placa (17) demontabilă sunt rezistențe electrice de putere cu carcasă metalică, destinate obținerii unor temperaturi ale degetelor (172) cuprinse între

100°C...450°C. Aceste rezistențe se montează în placa (17) prin șuruburi metalice cuplate cu piese de distanțare ceramice astfel încât placa (17) nu este în contact termic direct cu rezistențele electrice decât prin terminalele electrice ale acestora care se conectează electric cu traseul corespunzător de pe placa (17) prin șuruburi (179). Degetele calde (172) și placa (18) se montează fiecare cu șuruburi pe corpul rezistențelor (171).

În toate cele trei moduri de realizare a invenției conform **fig.2**, **fig.3** și **fig.4**, fiecare tip de element încălzitor: element peltier (171-1), rezistență electrică (171-2) sau tranzistor de putere (171-3) se găsește în contact termic prin vaselină de înaltă temperatură cu câte un deget (172) ce poate deveni în mod alternativ deget cald sau deget rece după cum este comandat din sistemul (2) electronic și cu câte un senzor (176) de temperatură. Acest senzor (176) de temperatură poate fi de tip micro-termorezistență sau semiconductor. Fiecare element încălzitor (171-1, 172-2, 171-3) și senzor (176) de temperatură aferent elementului încălzitor are conectorul (173) său distinct montat pe placa (17) prin care se realizează conexiunea lui electrică cu mufa (13) de vid printr-un cablu panglică independent.

**Un exemplu de realizare** al dispozitivului este prezentat în **fig.4**, **fig.5** și **fig.6**.

## Revendicări

1. Dispozitiv pentru caracterizarea materialelor termoelectrice **caracterizat prin aceea că** este alcătuit dintr-un ansamblu (1) de preluare a semnalelor electrice și termice, având un circuit imprimat (14) montat în cruce și actionat de un șurub (141) de reglaj fin, circuit (14) situat deasupra unei alte plăci (17) demontabile din circuit imprimat termorezistent ce conține elemente de încălzire (171) cuplate cu degete (172) calde și reci, degete (172) din cupru cu care se află în contact două extremități ale materialului termoelectric (20) de caracterizat, senzori (173) de măsurare a temperaturii degetelor (172) și o placă (18) de circuit imprimat cu rol de suport pentru cel puțin patru micro-termorezistențe (182), placă (18) poziționată deasupra materialului (20) termoelectric astfel încât micro-termorezistențele (182) se află în contact elastic cu suprafața materialului (20) termoelectric, iar semnalele electrice de la termorezistențe (182) cât și cele de pe suprafața materialului (20) termoelectric sunt preluate prin contactele elastice (143) ale circuitului (14) și sunt apoi analizate de un sistem (2) electronic de măsură și control.
2. Dispozitiv pentru caracterizarea materialelor termoelectrice conform cu revendicarea 1 și 2, **caracterizat prin aceea că** ansamblul (14) tip cruce este realizat din două plăci (142) de circuit imprimat decalate la 90° ce sunt montate forțat una în alta prin canale (145) de montaj, plăcile (142) fiind ridigizate prin cositorirea marginilor canalelor (145) între ele, astfel încât acestea preiau prin contactele elastice (143) semnalele electrice din minim patru puncte amplasate în cruce la 90° pe materialul termoelectric (20), respectiv minim alte cinci semnale electrice de pe placa (18) ce reprezintă temperaturile celor patru puncte și masa electrică a ansamblului (1).
3. Dispozitiv pentru caracterizarea materialelor termoelectrice conform cu revendicările 1 și 2, **caracterizat prin aceea că** ansamblul (14) de circuit imprimat montat în cruce glisează prin intermediul a două țevi (15) pe tije (16) de ghidare ale căror capete sunt fixate fiecare prin ansamblu piuliță-contrapiuliță (161), un capăt de placa conectorului (11) iar celălalt capăt de placa (17).
4. Dispozitiv pentru caracterizarea materialelor termoelectrice conform cu revendicările 1, 2 și 3, **caracterizat prin aceea că** ansamblul (1) este ușor demontabil prin deșurubarea piulițelor (161) de pe placa (17), deconectarea

conectorilor (173) și extragererea sandwich-ului de placi (17) și (18) în vederea introducerii sau extragerii materialului (20) termoelectric de caracterizat, ansamblul (1) funcționează în vid, fiind conectat printr-un conector (12) cuplat cu contactele mufei (13) de trecere pentru vid înalt, mufă (13) ce are conectat pe partea situată la presiunea atmosferică un sistem electronic (2) de măsură și control.

5. Dispozitiv pentru caracterizarea materialelor termoelectrice conform cu revendicările 1, 2, 3 și 4, **caracterizat prin aceea că** ansamblul (14) de circuit imprimat montat în cruce conține pe direcția de glisare un număr de contacte (143) aurite, retractabile, precomprimate, care intră forțat în soclurile (144) lor corespunzătoare, socluri (144) cositorite în degajările (145) realizate în plăcile (142) de circuit imprimat dublu placat, fiecare soclu (144) având câte un traseu electric (146) distinct de la contactele (143) retractabile până la capătul opus al ansamblului (14) situat în proximitatea mufei (13), fiecare traseu electric este realizat pe o față a circuitului imprimat ce formează ansamblul (14) și conține un plan continuu de masă conductoare electric pe fața opusă.
6. Dispozitiv pentru caracterizarea materialelor termoelectrice conform cu revendicările 1, 2, 3, 4 și 5, **caracterizat prin aceea că** materialul termoelectric (20) de caracterizat este fixat gravitațional între două degajări (173) ale degetelor (172), printr-o folie (172c) autoadezivă montată pe degetele (172), folie având o bună izolație electrică și non-termică în zona sa de contact cu materialul termoelectric (20) de măsurat, material (20) care este blocat împotriva deplasării lui pe verticală prin placa (18) de circuit imprimat subțire printr-un decupaj (181) având o suprafață cu 10%-20% mai mică decât cea a materialului termoelectric (20), decupaj (181) necesar pentru accesul contactelor (143) prin placa (18) la materialul termoelectric (20) și care împiedică realizarea oricărui transfer termic între materialul (20) și placa (18).
7. Dispozitiv pentru caracterizarea materialelor termoelectrice conform cu revendicările 1, 2, 3, 4, 5 și 6 **caracterizat prin aceea că** într-o realizare a dispozitivului, elementele încălzitoare conținute în placa (17) demontabilă sunt mini-elemente (171-1) Peltier destinate obținerii unor temperaturi ale degetelor (172) cuprinse între 0...40°C, mini-elemente (171-1) care se montează fiecare în placa (17) cu două șuruburi (175) elastice ce trec prin degetele (172) astfel încât o față a mini-elementului (171-1) este în contact termic cu degetele (172), fața opusă este în contact termic cu un radiator (178) din



aluminiu, șuruburile (175) nu conduc termic între cele două fețe ale mini-elementelor (171-1), iar placa (18) este demontabilă prin piulițele speciale (172b).

8. Dispozitiv pentru caracterizarea materialelor termoelectrice conform cu revendicările 1, 2, 3, 4, 5 și 6 **caracterizat prin aceea că** într-o altă realizare a dispozitivului, elementele încălzitoare conținute în placa (17) demontabilă sunt tranzistoare (171-3) bipolare de putere destinate obținerii unor temperaturi ale degetelor (172) cuprinse între temperatura ambiantă și 150°C, tranzistoare (171-3) care se montează în placa (17) prin cositorire cu aliaj de lipit iar degetele (172) se fixează rigid de tranzistoarele (171-3) cu piulițe speciale (172a) în timp ce alte piulițe speciale (172b) ce culisează deasupra piulițelor (172a) fixează rigid placa demontabilă (18) de tranzistoarele (171-3) și degetele (172).
9. Dispozitiv pentru caracterizarea materialelor termoelectrice conform cu revendicările 1, 2, 3, 4, 5 și 6 **caracterizat prin aceea că** într-o altă realizare a dispozitivului, elementele încălzitoare conținute în placa (17) demontabilă sunt rezistențe electrice de putere (171-2) cu carcasă metalică, destinate obținerii unor temperaturi ale degetelor (172) cuprinse între 100°C...450°C, care se montează în placa (17) prin șuruburi (179) metalice cuplate cu piese de distanțare (177) ceramice astfel încât placa (17) nu se găsește în contact termic direct cu rezistențele electrice (171-2) decât prin terminalele electrice ale acestora, degetele calde (172) fiind montate fiecare cu șuruburi pe corpul rezistențelor (171-2) iar placa (18) fiind demontabilă prin piulițele speciale (172b).
10. Dispozitiv pentru caracterizarea materialelor termoelectrice conform cu revendicările 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 și 9 **caracterizat prin aceea că** fiecare element încălzitor (171-1, 171-2, 171-3) este în contact prin vaselină termică de contact cu câte un deget (172) ce poate deveni în mod alternativ deget cald sau deget rece și cu câte un senzor (173) de temperatură ce poate fi de tip termorezistență sau semiconductor, fiecare element încălzitor și senzor (176) de temperatură aferent având conectori (173) distincți montați pe placa (17), conectori (173) detașabili ce realizează conexiunea cu mufa (13) de vid, fiecare prin cabluri panglică.

Desene explicative

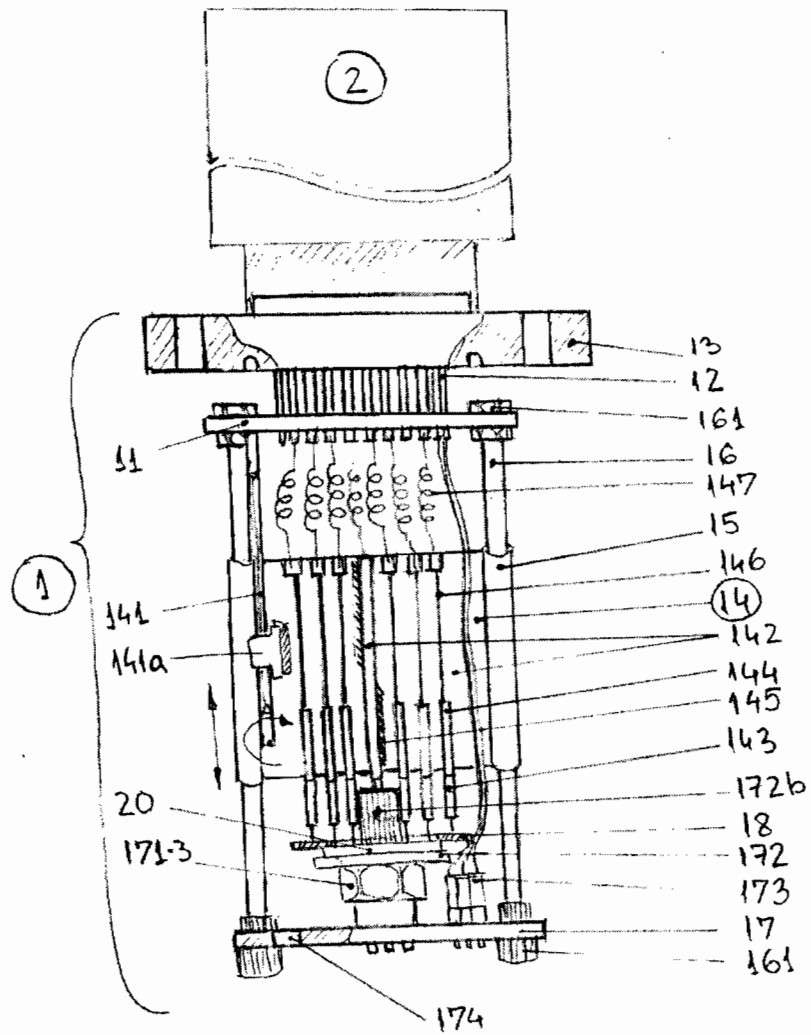


Figura 1.

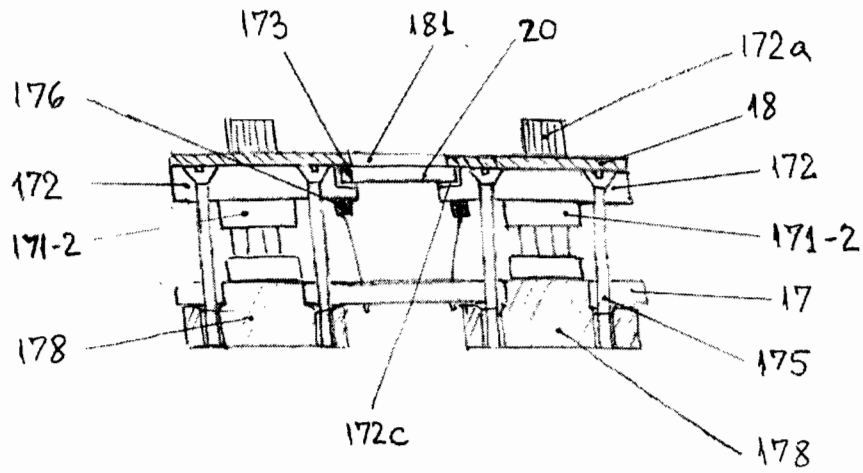


Figura 2.

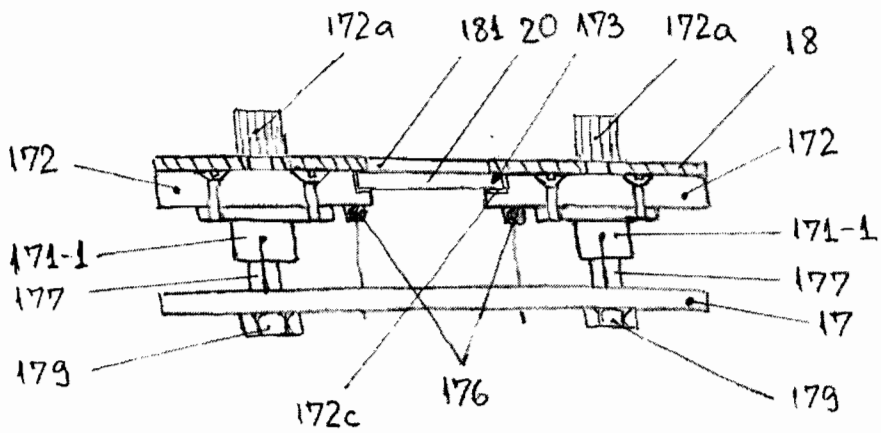


Figura 3.

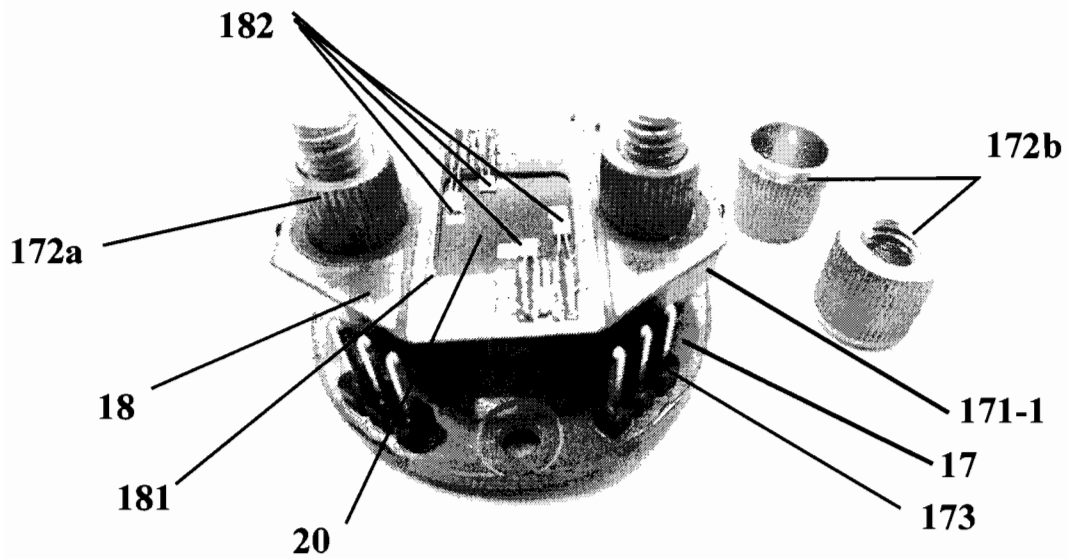


Figura 4.

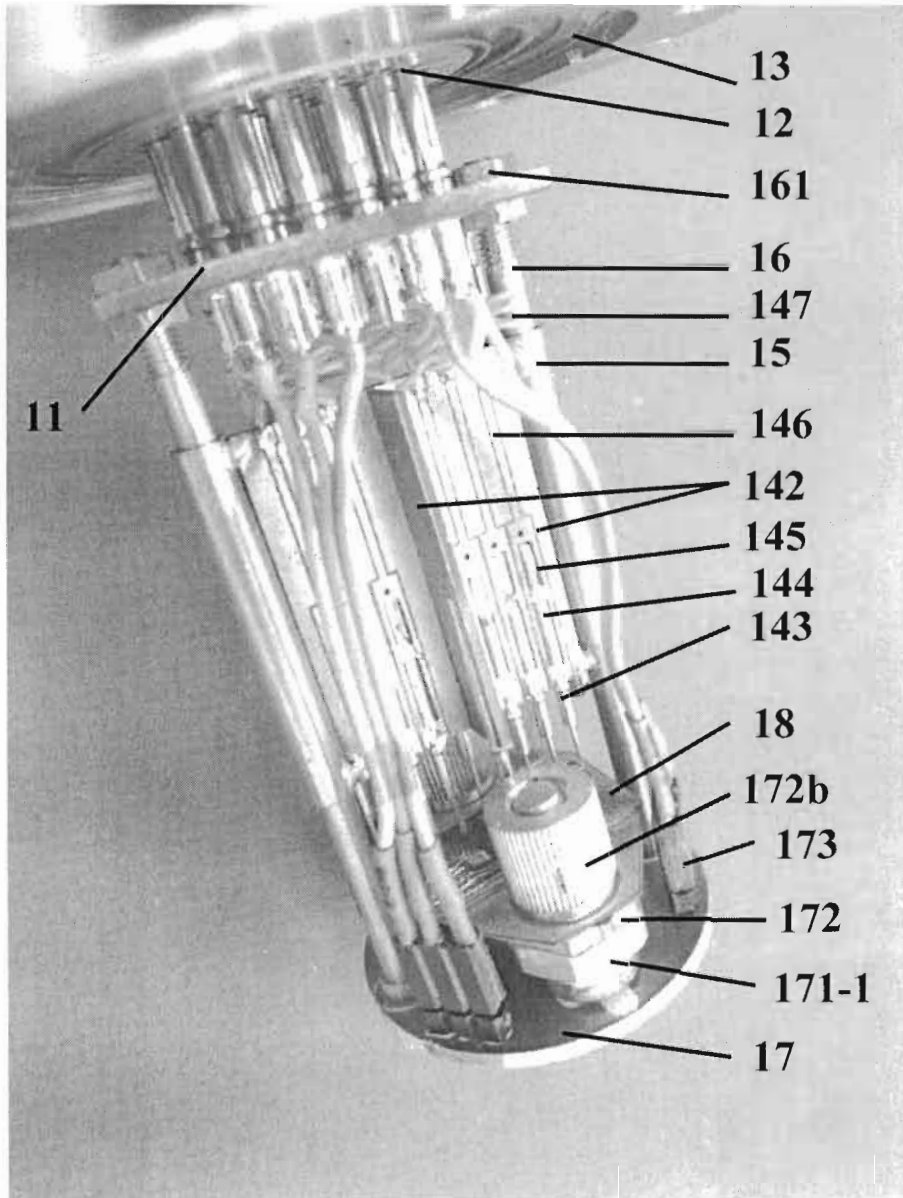


Figura 5.

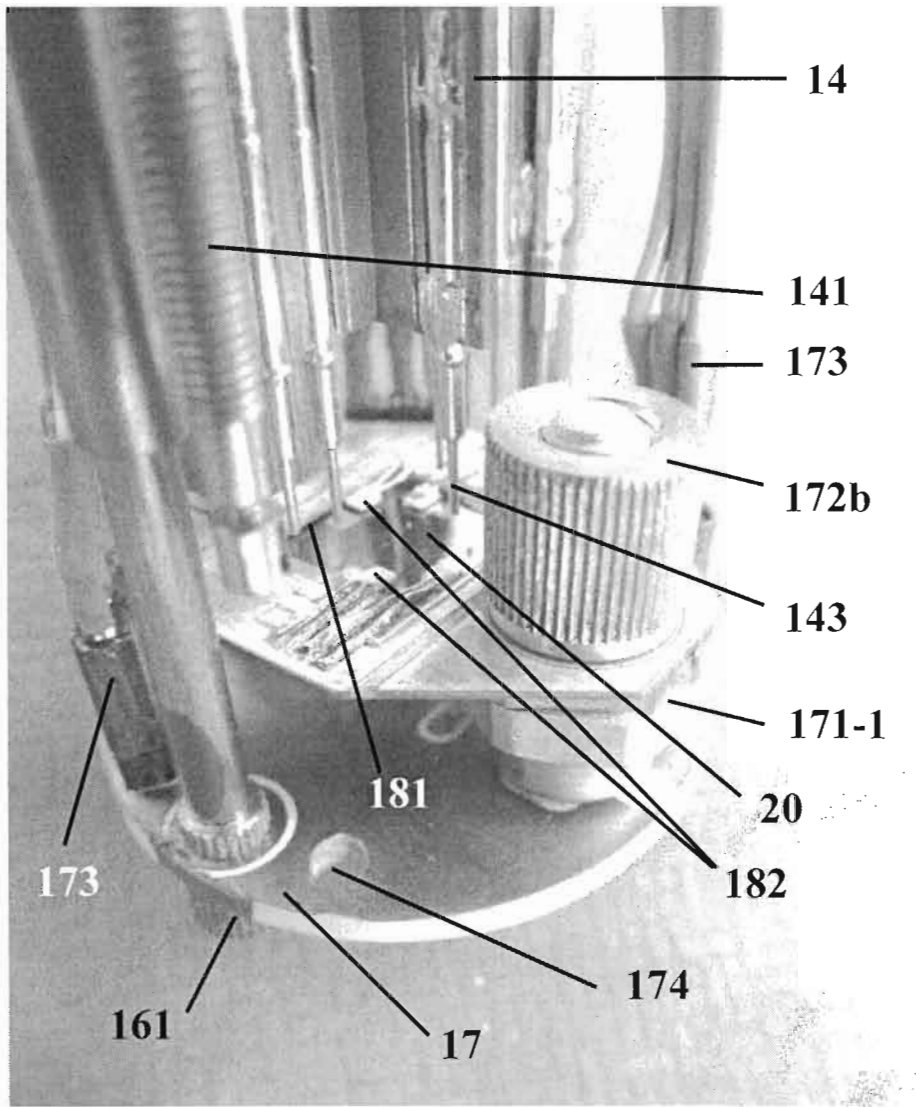


Figura 6.