



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2008 00375**

(22) Data de depozit: **22.05.2008**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **30.10.2013** BOPI nr. **10/2013**

(41) Data publicării cererii:
29.01.2010 BOPI nr. **1/2010**

(73) Titular:
• **INSTITUTUL NAȚIONAL DE CERCETARE
ȘI DEZVOLTARE PENTRU FIZICĂ ȘI
INGINERIE NUCLEARĂ
"HORIA HULUBEI", STR.ATOMIȘTILOR
NR.407, MĂGURELE, IF, RO**

(72) Inventatori:
• **CĂLIN MARIAN ROMEO,
ALEEA ATOMIȘTILOR NR.5, BL.6, SC.2,
PARTER, AP.18, MĂGURELE, IF, RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:
**RO 125125 A2; JPH 06258443 A;
JP 2006145391 A; RU 2199766 C2**

(54) **DETECTOR PENTRU MĂSURAREA RADONULUI
ATMOSFERIC ÎN REGIM DIFERENȚIAL**



RO 125188 B1

1 Invenția se referă la un detector de radiații ionizante, tip cameră de ionizare, pentru
măsurarea concentrației de radon atmosferic și a surselor radioactive alfa, care lucrează în
3 regim diferențial (sau regim de discriminare a impulsurilor) și se încadrează în domeniul tehnic
de cercetare al măsurărilor și analizelor radiometrice în domeniul nuclear.

5 Monitorizarea radonului atmosferic reprezintă un domeniu de mare interes în radiometria
și radioprotecția mediului ambiant. Acesta pătrunde în organismul uman, prin inhalarea aerului
7 atmosferic, fiind emis de sol în urma unor procese de dezintegrare nucleară în lanț, putând
proveni însă și din alte surse, cum ar fi: materialele de construcții, locuințele din beton, stațiile
9 de metrou, mine, saline, buncăre etc. În aceste condiții, controlul activității volumice a radonului
(222-Rn), thoronului (220-Th), actinonului (219-Ac) și a descendenților acestora prezintă o
11 importanță deosebită, ceea ce explică diversitatea metodelor de măsurare și monitorizare
utilizate în acest scop.

13 După cum se cunoaște, detectoarele de radon se împart în două mari categorii, funcție
de tipul măsurărilor: de termen scurt și respectiv, de termen lung.

15 Măsurările de termen scurt se constituie din:

17 a. Măsurarea descendenților fixați pe aerosoli. Aerul este trecut printr-un filtru care
colectează descendenții fixați pe aerosoli. Pentru atingerea echilibrului, aspirarea durează de
19 obicei câteva ore. După aceea filtrul este adus în fața unui detector semiconductor și se
măsoară spectrometric emisiile alfa. Se poate folosi și o metodă combinată cu măsurări
intermediare (D. B. Richard et al).

21 b. Utilizarea cărbunelui vegetal. Metoda constă din umplerea unei canistre cu cărbune
vegetal și prin difuzia radonului, aceasta colectează descendenții respectivi. Timpul de acu-
23 mulare este de 2÷7 zile după care se măsoară radiația gama a descendenților cu un scintilator
de NaI.

25 c. Utilizarea dispozitivelor de tip electret. Este o măsurare directă prin care o sferă
încărcată la tensiune mare pierde tensiune în câmp de radiații.

27 d. Utilizarea dispozitivelor termoluminiscente. Dispozitivele emit lumina când sunt
încălzite după expunerea în câmp de radiații, iar cantitatea de lumină este o măsură a dozei
29 absorbite.

31 e. Utilizarea camerelor de ionizare. Sarcina colectată este o măsură a câmpului
radioactiv. Se utilizează camere de ionizare, care să permită măsurarea curenților de ionizare
foarte mici. Aceasta se realizează cu un electrod suspendat electromagnetic. Pentru obținerea
33 rezultatelor optime se impun precauții deosebite pentru circuitul electronic de detecție.

35 Se cunosc de asemenea și măsurările de termen lung. Acestea se fac cu detectori de
urme de diverse tipuri, care se montează în locurile de măsură pentru un interval de 30-60 de
zile. Sursele alfa prin impactul cu folii subțiri produc cratere care apoi pot fi numărate/citite cu
37 aparatura specială, etc.

39 Pe plan mondial, există la ora actuală o preocupare foarte mare în monitorizarea gazelor
alfa radioactive, dar aparatura existentă lucrează numai în regim de curent și are un cost foarte
ridicat.

41 Dezavantajele soluțiilor cunoscute rezidă în folosirea de tehnologii și materiale speciale,
costisitoare în procesul de fabricație a detectoarelor, prețuri de cost mari, timpi de măsură lungi
43 și imposibilitatea reparării și recondiționării acestora.

45 Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în monitorizarea și protejarea
mediului ambiant împotriva emisiilor de radon atmosferic.

47 Detectorul conform invenției oferă posibilitatea măsurării concentrației de radon, în care
măsurarea valorii medii a curentului de ionizare este completată, sau înlocuită cu înregistrarea
impulsurilor curentului de ionizare datorate dezintegrărilor alfa din volumul sensibil al detec-
49 torului. În acest fel, camera cu ionizare îndeplinește funcția unui contor în geometrie 4π, în care

RO 125188 B1

sursa alfa este reprezentată de radon și descendenții acestuia. Astfel, se poate face o estimare prin calcul a eficacității metodei de măsurare, bazată pe utilizarea unui sistem de achiziție a datelor și a unui program de calcul specializat, care permite studierea distribuțiilor în timp și amplitudine a impulsurilor produse de radiațiile alfa în camera de ionizare. Datele obținute indică posibilitatea măsurării activității volumice a radonului și descendenților acestuia (în unități de Becquerel/m³) cu incertitudini de măsurare de 3 ÷ 4 %.

Funcționarea detectorului se bazează pe colectarea sarcinilor electrice produse sub forma unui curent de ionizare în câmp electric, obținute din interacția radiațiilor ionizante cu gazul din volumul sensibil al camerei de ionizare, iar principiul care stă la baza modului de funcționare al acestui detector, este acela că particulele alfa ionizează diferite specii de molecule din aer. Acești ioni, numiți „ioni atmosferici”, au o viață suficient de lungă încât să poată fi transportați de fluxul masiv al aerului înconjurător, fiind detectați de către detector la distanțe mult mai mari decât distanțele de penetrare ale particulelor alfa inițiale, astfel încât să asigure o detecție fiabilă a radonului și descendenților acestuia, cu ajutorul detecției electrostatice a impulsurilor individuale, create prin dezintegrarea radonului la nivel scăzut.

Detectorul conform invenției a fost realizat în trei variante constructive diferite, de volume: 10 litri, 4 litri și 1 litru, (minimizarea volumului poate merge până la 250 ml cu păstrarea caracteristicilor tehnico-funcționale de măsurare ale detectorului) și în condițiile existenței unor concentrații alfa, evenimentele alfa individuale pot fi măsurate, în timp real, pentru a indica prezența radonului sau a altor surse de radiații alfa.

Prin aplicarea invenției, se obțin următoarele avantaje:

- preț de cost scăzut, la o precizie foarte mare de măsurare, datorat materialelor, tehnologiilor de realizare folosite și modului de măsurare;

- stabilitate foarte bună în timp;

- sensibilitate de detecție mare pentru volume diferite de măsurare;

- posibilitatea de măsurare a concentrațiilor de radon din aerul atmosferic atât prin metoda clasică de măsurare a curentului de ionizare, cât și posibilitatea de măsurare în regim de impulsuri sau regim diferențial;

- posibilitate de schimbare a formei geometrice a electrodului colector, pentru mai buna colectare a sarcinilor din volumul sensibil al detectorului;

- în caz de defectare este posibilă aducerea la parametri funcționali inițiali prin recondiționare.

Se dau în continuare niște exemple de realizare a invenției în legătură cu fig. 1, 2, 3 și 4, care reprezintă:

- fig. 1, secțiune longitudinală prin modelul funcțional al detectorului (Varianta de volum $V = 4$ litri);

- fig. 2, secțiune longitudinală prin modelul funcțional al detectorului (Varianta de volum $V = 10$ litri);

- fig. 3, secțiune longitudinală prin modelul funcțional al detectorului (Varianta de volum $V = 1$ litru);

- fig. 4, secțiune longitudinală prin subsamblul de cuplare dintre camera de ionizare și sistemul preamplificator-integrator.

Invenția reprezintă detectorul pentru măsurarea radonului atmosferic în următoarele variante constructive:

Varianta 1 (fig. 1) de detector are incinta/camera interioară de volum 4 litri, confecționată din tablă de oțel inox și principalele componente constructive sunt: carcasa camerei de ionizare **1** este de formă cilindrică, în care este montat electrodul de tensiune **2**, prevăzută cu un capac cu rol de protecție **3**. La partea superioară, carcasa camerei de ionizare **1** este prevăzută cu un

RO 125188 B1

1 ansamblu **4** de flanșe cu grile perforate și filtre, care au rolul de element de filtrare a aerului, iar
2 în interiorul electrodului de tensiune **2** este montat electrodul colector **5**, care are rolul de a
3 prelua sarcinile electrice formate între electrodul de tensiune **2** și cel colector **5** și a forma astfel
4 curentul de ionizare care se măsoară/înregistrează pe acest electrod cu un sistem electrometric.
5 Acest electrod poate fi de formă radial hexagonală, de formă cilindrică, sau alte forme geo-
6 metrice, cu scopul uniformizării câmpului electric creat.

7 Electrodul de tensiune **2** este fixat în interiorul camerei de ionizare cu ajutorul unor piese
8 izolatoare **7**, realizate din teflon (FEP, PET sau PTFE), care au rolul de a realiza o izolare foarte
9 bună și de a nu lăsa să se formeze curenți de scurgere între cei doi electrozi **2** și **5**. Pe carcasa
10 exterioră a camerei de ionizare **1**, sunt montate două conectoare **10** și **11**, care fac legătura
11 la electrodul colector **5** și la electrodul de tensiune **2**, prin firele de contact **6** și **9**. Rolul acestor
12 conectoare **10** și **11** este de preluare a semnalului detectorului și de aplicare a tensiunii de pola-
13 rizare. Între electrodul colector **5** și mantaua exterioră **13**, se găsesc distanțierile **12** realizate
14 tot din teflon, cu rol de izolare electrică. În fig. 1 se prezintă și subansamblul de cuplare **14** cu
15 subansamblul de preamplificare-integrare **15** al semnalului dat de detector și sistemul suport
16 **16** al instalației. Aerul atmosferic cu radon (particule alfa) în anumite concentrații intră astfel prin
17 flanșele cu grile și filtre **4**, în incinta detectorului, unde ionizează diferitele specii de molecule
18 din aer și datorită diferenței de potențial dintre electrozi **2**, **5** unde se creează un câmp electric
19 care dă naștere unui curent de ionizare preluat de electrodul colector **5** și măsurat mai departe
20 cu un electrometru pentru curenți foarte mici de ordinul $10^{-14} - 10^{-15}$ A. Prin intermediul electro-
21 nicii asociate (preamplificator, circuitul de numărare a impulsurilor etc.), acest curent este trans-
22 format în impulsuri de tensiune.

23 Varianta 2 de detector (fig. 2) are incinta/camera interioară de volum 10 litri, de formă
24 cilindrică, confecționată din tablă de oțel inox. Camera de ionizare este alcătuită, în această
25 variantă, din carcasa superioară **17** și carcasa inferioară **19**, de volume egale, și formează
26 împreună electrodul de tensiune **2**, ele fiind cuplate și etanșate cu ajutorul flanșelor de prindere
27 **18**. Camera de ionizare este prevăzută cu ștuțuri **20** de intrare și ieșire a aerului atmosferic, la
28 partea superioară și inferioară a detectorului, necesare la purjarea aerului în interiorul detecto-
29 rului, prin intermediul unei pompe de aer prevăzută cu rotametrul (nefigurată); Subansamblul
30 de cuplare **14** este prezentat detaliat în fig. 4 și este același pentru toate cele trei variante cons-
31 tructive. Detectorul mai are în componență și electrodul colector **5**, necesar preluării sarcinilor
32 electrice formate în volumul sensibil al detectorului și ansamblu **4** de flanșe cu grile și filtre.

33 Pentru preluarea semnalelor electrice ale camerei de ionizare, de la electrodul colector
34 **5**, la partea inferioară a detectorului, s-a montat subansamblul de cuplare **14**, alcătuit din piese
35 din oțel inox și piese izolatoare din teflon. Prin acest subansamblu este conectat la detector
36 subansamblul preamplificator-integrator **15**, iar întregul ansamblu detector - preamplificator este
37 susținut de un suport **16** (fig. 1).

38 Funcționarea detectorului în această variantă este aceeași cu varianta 1. Aerul atmos-
39 feric cu radon în anumite concentrații este purjat în interiorul detectorului cu ajutorul unei pompe
40 de aer, acesta ionizează moleculele de aer și datorită tensiunii aplicate pe electrodul de ten-
41 siune **2** apare un câmp electric care pune în evidență curentul de ionizare preluat pe electrodul
42 colector **5** și apoi transformat de electronica aferentă în impulsuri de tensiune.

43 Varianta a treia de detector, prezentată în fig. 3, este de formă cilindrică și este realizată
44 tot din tablă de oțel inoxidabil, cu volumul sensibil de măsurare de 1 litru, având în componență
45 camera de ionizare **1** este delimitată de carcasa de protecție **21** și ansamblu **4** de flanșe cu grile
și filtre, electrodul de tensiune **2**, pe care se aplică tensiunea de polarizare, electrodul colector

RO 125188 B1

5 (acesta poate fi schimbat ca formă geometrică), care preia sarcinile electrice formate în volumul sensibil al detectorului, izolatori de teflon 7, care au rolul de a izola electric piesele în contact, subansamblu de cuplare 14 cu electronică, robinetele 22 de prelevare și purjare a aerului sau a probelor de radon, robinete aflate pe aceeași parte cu subansamblu de cuplare 14, ansamblul 4 de flanșe cu grile și filtre, cu rol de protecție și filtrare la praf și flanșele de prindere 18 a grilei cu carcasa 21. Funcționarea este identică cu celelalte două variante constructive în sensul ca aerul atmosferic cu radon în anumite concentrații este introdus prin purjare cu ajutorul unei pompe de aer, prin intermediul unuia din robinetele de intrare 22, în volumul sensibil al detectorului, care ionizează moleculele de aer din interior și datorită tensiunii de polarizare aplicată pe electrodul de tensiune 2, apare un câmp electric uniform ce pune în evidență apariția curentului de ionizare pe electrodul colector 5, care va fi măsurat cu sistemul electrometric și transformat apoi în impulsuri de tensiune de electronică atașată. 11

În fig. 4 este prezentat subansamblul de cuplare dintre detector și electronica asociată de măsurare. Acesta este format dintr-o primă cuplă de oțel inox 23, pe care sunt montate: pinul tată 24 aurit, și izolatorii de teflon 25 și 26. Prima cuplă 23 se înfiletează cu o a doua cuplă 27 pe care sunt montate: pinul mamă 28 aurit, izolatorii 29 și holenderul 30. Piesele izolatoare sunt fixate cu ajutorul holenderelor de prindere 31. Rolul acestui subansamblu este de a prelua semnalul de la detector pe distanțe extrem de reduse, cu piese izolatoare foarte curate și de transmitere spre electronică, precum și de protecție la semnalele și zgomotele parazite. 19

Măsurările preliminare care s-au efectuat, au inclus verificarea funcționării detectorului tip cameră de ionizare în regim de impulsuri, în toate variantele funcționale, realizându-se astfel lanțul complet de măsurare: detector - electronică asociată - sistem de achiziție și prelucrare a datelor experimentale - computer. 23

Monitorizarea concentrației radonului (activitatea volumică) din aerul atmosferic, cu detectorul care face obiectul invenției, poate juca un rol important în îmbunătățirea calității vieții și a mediului înconjurător prin aplicații de genul: 25

- controlul nivelului concentrației de gaze alfa radioactive în spații închise (stații de metrou, mine de extracție, saline de tratament, hale de lucru, buncăre, și în general, construcții care sunt realizate în special din beton etc.); sistemul poate avea o mare aplicabilitate, prin dotarea unor mine saline de tratament cu astfel de sisteme de monitorizare, care pot măsura în timp real și în mod continuu nivelul admisibil de gaze radioactive din aer; 31

- controlul materialelor de construcții și a construcțiilor civile existente, în ceea ce privește emisivitatea de radon (cimenturi, calcare, șisturi vulcanice, fosfogipsuri, granituri, marmură, nisip etc.); în acest caz, aplicația va fi utilă în fabricile de materiale de construcții și în special cele producătoare de ciment; 35

- controlul nivelului concentrației de radon în unele instalații anexe ale construcțiilor civile, în particular în instalațiile cu băi și dușuri; 37

- detectarea și măsurarea concentrației de radon înainte de producerea evenimentelor seismice; 39

- sistemul de detecție poate dota pe scară largă: agențiile de protecția mediului, unitățile nucleare (inclusiv în activități de comisionare și decomisionare a reactoarelor nucleare), fabrici de ciment și materiale de construcții, unități din industria extractivă a materialelor de construcții etc. 43

- detectorul de radiații este parte constituentă a sistemului pentru măsurarea radonului atmosferic și a surselor radioactive alfa, lucrând ca instalație de laborator, în geometrie fixă, dar în varianta miniaturizată poate lucra și ca monitor portabil. 45

RO 125188 B1

- 1 Caracteristici tehnico-funcționale ale detectorului:
- tipul detectorului: cameră de ionizare;
- 3 - regimul de funcționare: saturație;
- volumul sensibil: variabil (10 l, 4 l, 1 l) litri;
- 5 - masa detectorului (varianta 1): 3,6 kg ± 5%;
- tensiunea nominală de lucru: (- 350 V ÷ 500) V ± 5%;
- 7 - eroarea de măsurare relativă: maximum 5%;
- repetabilitatea (fidelitatea): 5%, față de valoarea medie;
- 9 - abaterea standard experimentală (s): ≤ 10 pA (10^{-11} A);
- activitatea minimă detectabilă a concentrației de radon (AMD): ≤ 5 Bq/m³

RO 125188 B1

Revendicări

1. Detector pentru măsurarea radonului atmosferic, în regim diferențial, prevăzut cu o cameră de ionizare (1), un subansamblu preamplificator (15) al semnalului detectat și niște electrozi, **caracterizat prin aceea că**, în camera de ionizare (1), prevăzută cu un capac (3) cu rol de protecție, este montat un electrod de tensiune (2) pe care se aplică tensiunea de polarizare și un electrod colector (5), de formă radială hexagonală, care are rol de a prelua sarcinile electrice formate în volumul sensibil al detectorului și de uniformitate a câmpului electric, montat pe interiorul electrodului de tensiune (2), un ansamblu (4) de flanșe cu grile perforate și filtre cu rol de protecție și filtrare a aerului, dispus la partea superioară a camerei de ionizare (1), electrodul de tensiune (2) fiind fixat în interiorul camerei de ionizare (1) cu ajutorul unor piese izolatoare (7), realizate din teflon, cu rol de izolare electrică între componente, pe carcasa exterioară a camerei de ionizare (1), sunt montate două conectoare (10 și 11), cu rolul de preluare a semnalului detectorului și de aplicare a tensiunii de polarizare, care fac legătura cu electrodul colector (5) și cu electrodul de tensiune (2), prin firele de contact (6 și 9), între electrodul colector (5) și carcasa exterioară (13), se găsesc distanțierele (12) realizate din teflon, iar la partea inferioară a camerei de ionizare (1), sunt prevăzute subansamblul de cuplare (14) cu un subansamblu preamplificator (15) al semnalului dat de detector și un subansamblu suport (16) al instalației.
2. Detector conform revendicării 1 **caracterizat prin aceea că** electrodul de tensiune (2) este format dintr-o carcasă superioară (17) și o carcasă inferioară (19), de volume egale, carcusele (17 și 19) fiind cuplate și etanșate cu ajutorul unor flanșe de prindere (18) și prevăzute cu ștuțuri (20) de intrare și ieșire prin care se purjează aerul în detector, precum și cu electrodul colector (5) care preia sarcinile electrice formate prin ionizarea gazului din volumul sensibil și ansamblul (4) de flanșe cu grile perforate și filtre cu rol de filtrare și laminare a aerului, dispuse în interiorul camerei de ionizare.
3. Detector conform revendicării 1 și 2, **caracterizat prin aceea că**, respectiv, camera de ionizare (1) este delimitată de carcasa de protecție (21) și ansamblul (4) de flanșe cu grile perforate și filtre, în care se află electrodul de tensiune (2), electrodul colector (5), niște izolatori (7) care au rolul de a izola electric piesele în contact și niște robinete (22) de prelevare și purjare a aerului sau a probelor de radon.

(51) Int.Cl.

G01T 1/185 (2006.01);
G01T 7/04 (2006.01);
G01T 1/167 (2006.01);
H01J 47/02 (2006.01)

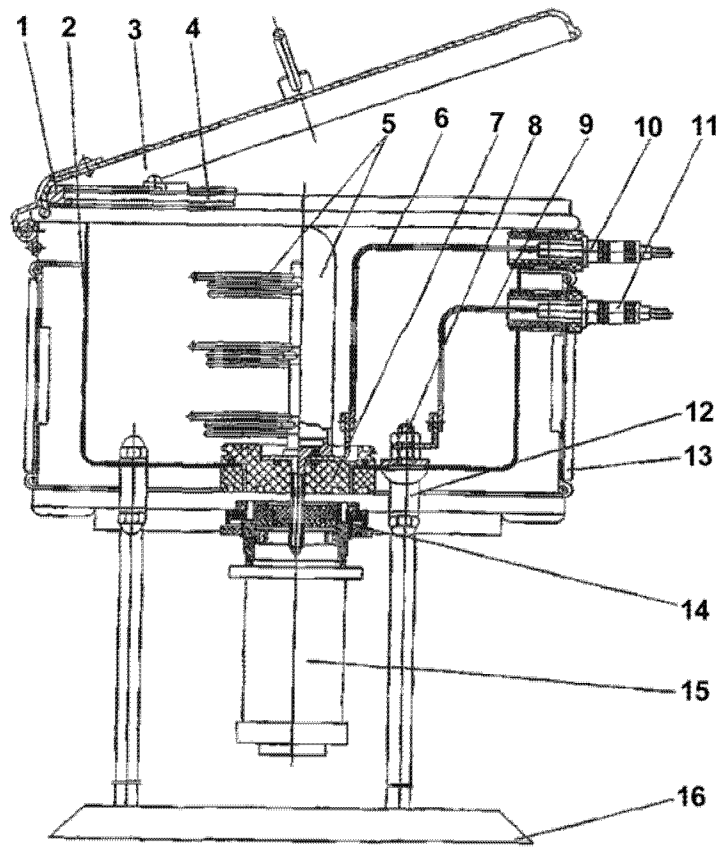


Fig. 1

(51) Int.Cl.

G01T 1/185 (2006.01);

G01T 7/04 (2006.01);

G01T 1/167 (2006.01);

H01J 47/02 (2006.01)

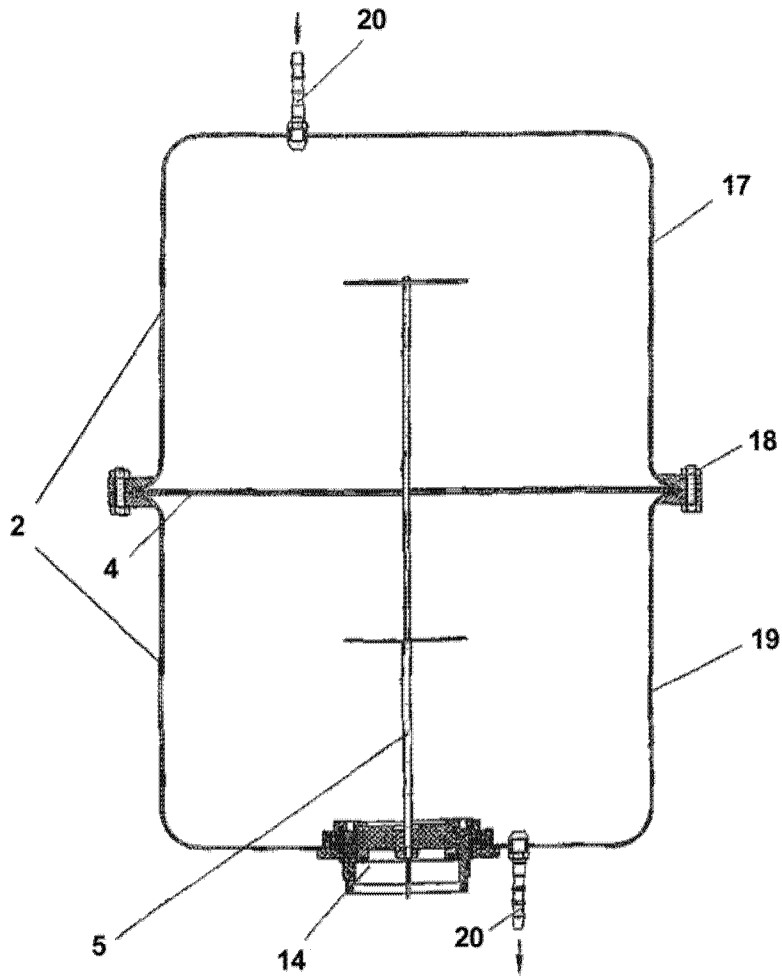


Fig. 2

(51) Int.Cl.

G01T 1/185 (2006.01),

G01T 7/04 (2006.01),

G01T 1/167 (2006.01),

H01J 47/02 (2006.01)

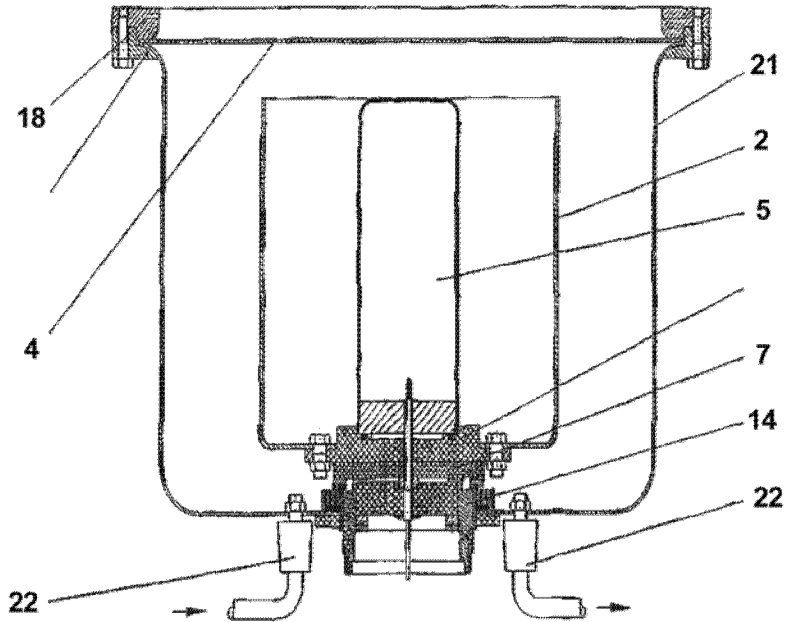


Fig. 3

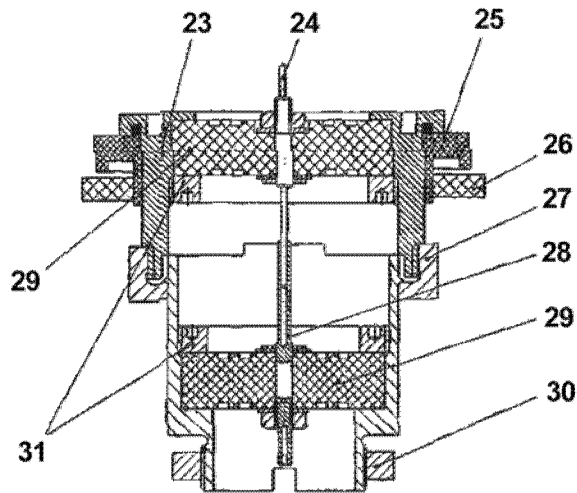


Fig. 4

