



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2015 00321**

(22) Data de depozit: **07/05/2015**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **30/03/2021** BOPI nr. **3/2021**

(41) Data publicării cererii:
29/11/2016 BOPI nr. **11/2016**

(73) Titular:

• **INSTITUTUL NAȚIONAL DE
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU
TEHNOLOGII CRIOGENICE ȘI IZOTOPICE**
- **ICSI RÂMNICU VÂLCEA, STR.UZINEI**
NR.4, O.P. RĂURENI, C.P.7,
RÂMNICU VÂLCEA, VL, RO

(72) Inventatori:

• **IONETE EUSEBIU ILARIAN,**
COMUNA LUNGEȘTI, FUMURENI, VL, RO;

• **MONEA BOGDAN FLORIAN,**
STR. REPUBLICII NR. 7, BL. R21, SC. A,
AP. 2, RÂMNICU VÂLCEA, VL, RO;
• **SPIRIDON ȘTEFAN IONUȚ,**
STR. COPĂCELU NR. 6,
RÂMNICU VÂLCEA, VL, RO;
• **VACARU MARIAN, STR. MR.V.POPESCU**
NR. 3, BL. P3, SC. D, AP. 10,
RÂMNICU VÂLCEA, VL, RO;
• **COSTEANU CLAUDIU GHEORGHE,**
STR. MATEI BASARAB NR. 14, BL. 119,
SC. B, AP. 4, RÂMNICU VÂLCEA, VL, RO

(56) Documente din stadiul tehnicii:

RO 125473 A0; RO 115759 B1

(54) **SENZOR CAPACITIV PENTRU MĂSURAREA NIVELURILOR
DE LICHIDE CRIOGENICE**



1 Invenția se referă la un senzor capacitiv pentru măsurarea nivelurilor de lichide crio-
genice, în special azot și hidrogen, utilizat în instalațiile criogenice.

3 La nivel mondial, în ultima perioadă de timp se fac eforturi intense pentru dezvoltarea
de noi tipuri de senzori, miniaturizarea și eficientizarea acelor deja existenți, scăderea
5 consumurilor de putere electrică ale acestora precum și pentru găsirea de noi modele, soluții
și metode analitice performante pentru măsurarea mărimilor generate de către acești
7 senzori. Prezenta invenție vine în sprijinul acestui deziderat, rezolvând problema măsurării
nivelurilor de lichide criogenice, în special hidrogen și azot prin prezentarea unui nou concept
9 de senzor de lichid. Lichidele criogenice apar și se pot obține în anumite condiții specifice
de presiune și temperatură și după anumite tehnologii. Vasele în care acestea lichide se pot
11 păstra îndelungat au o anumită formă constructivă și poartă denumirea de vase Dewar.

Aplicațiile anticipate pentru acest tip de senzor capacitiv, ce va echipa un nivelmetru,
13 includ măsurarea nivelului de combustibil din rezervoarele pentru navele spațiale reutili-
zabile precum și pentru tancurile de stocare, de transport și de depozitare a hidrogenului
15 lichid în vederea utilizării acestuia drept sursă curată de energie. În instalațiile criogenice
industriale, precum cele de producere a argonului, azotului sau cele din industria nucleară,
17 cum ar fi cele de separare a deuteriului și tritiului, urmărirea în timp real a nivelului de lichid
criogenic din coloanele tehnologice este de o covârșitoare importanță. Transportul lichidelor
19 criogenice cu ajutorul unor vase Dewar de dimensiuni mari poate fi efectuat în același mod
ca și pentru fluidele normale. Odată cu dezvoltarea de materiale supraconductoare la
21 temperaturi înalte, apropiate de temperatura hidrogenului lichid sau chiar dincolo de ea, spre
temperatura azotului lichid, a devenit posibil ca echipamentele supraconductoare să poată
23 fi răcite chiar și cu hidrogen sau azot lichid iar acest lucru a făcut ca tehnologia pe bază de
hidrogen, fără modificări substanțiale [1, 2] să poată fi aplicată și să își găsească noi aplicații,
25 măsurarea nivelului lichidului criogenic din rezervoarele de stocare fiind de mare importanță
în controlul unor astfel de instalații și a unor astfel de aplicații.

27 În literatura de specialitate [1...4] și într-un număr de brevete [5...16] se prezintă o
diversitate de metode de investigare a nivelurilor de lichide inclusiv criogenice, în special
29 hidrogen și azot, de la metode de măsurare generale [4...6] aplicabile tuturor lichidelor
criogenice până la metode specifice aplicabile fiecărui tip de lichid în parte [7]. Fiecare dintre
31 aceste metode de măsurare se bazează pe câte un senzor specific.

Printre metodele de măsurare a nivelurilor de lichide criogenice putem enumera pe
33 cele cu fir supraconductor [1...3] sau cu ceramică supraconductoare, soluțiile de măsură cu
elemente plutitoare fiind de-a dreptul clasice și ale căror limitări sunt bine cunoscute de către
35 utilizatori. Metodele care se bazează pe utilizarea unor fire supraconductoare conțin un
număr de suporturi mecanice, ce se află instalate în interiorul tancurilor al căror nivel de
37 lichide se dorește a fi măsurat. Elementele de susținere/suportare de la vârful sau baza
tancului sunt alese convenabil și sunt capabile să furnizeze un suport mecanic eficient
39 precum și să genereze tensiunea mecanică necesară în fir [8].

În brevetul nr. **115759 B1** [15] se prezintă o metodă și un dispozitiv pentru măsurarea
41 nivelului unui lichid dielectric, senzorul de nivel fiind un condensator imersat în lichid.
Senzorul este realizat prin introducerea a două armături, la o distanță una de alta, într-o
43 incintă etanșă de o înălțime maximă, în care se află un lichid dielectric până la o înălțime h ,
cele două armături formând un condensator de capacitate echivalentă, calculată conform cu
45 soluția clasică de legare în paralel a condensatoarelor. Brevetul nu specifică nimic despre
forma specifică a plăcilor condensatoarelor și nici despre practicarea vreunor orificii care să
47 înlesnească pătrunderea și/sau evacuarea lichidului dintre plăci. Din imagine se poate
deduce faptul că plăcile au forma plan-paralelă.

În cererea de brevet de invenție nr. **a 2009 00328** [16] se prezintă un indicator de nivel, având în interior un condensator plan vertical format dintr-un ansamblu de plăci metalice, montate pe un suport electroizolant inferior și pe un suport electroizolant superior, suporti fixați pe un ax electroizolant. În cadrul aceleiași cereri de brevet, dar într-o altă variantă constructivă, se prezintă un condensator plan vertical format dintr-o rețea de plăci metalice, montate pe un suport electroizolant inferior și pe un suport electroizolant superior, suporti fixați pe un ax electroizolant. Cererea de brevet specifică forma plăcilor condensatoarelor ca fiind plan verticale dar nu spune nimic despre practicarea vreunor orificii care să înlesnească pătrunderea și/sau evacuarea lichidului dintre plăci. De asemenea nu se specifică nimic despre existența vreunei teci exterioare care să facă ansamblul senzorului capacitiv ca fiind unul compact, de sine stătător.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în asigurarea pătrunderii și curgerii lichidelor criogenice prin interiorul armăturilor unui condensator în vedere măsurări nivelului de fluid criogenic dintr-un recipient/installație criogenică.

Senzorul capacitiv pentru măsurarea nivelurilor de lichide criogenice, în special hidrogen și azot, conform invenției, include un număr de condensatoare cu armături metalice, întrepătrunse, de formă circulară, concentrice, minim două dispuse într-o succesiune cu elemente izolatoare distanțiere într-un element comun fixat rigid într-o teacă exterioară de protecție și care pentru menținerea constantă a distanțelor dintre plăcile condensatoarelor și teacă are intercalate un număr de elemente izolatoare exterioare, iar un număr de orificii sunt practicate în armăturile condensatoarelor, astfel încât să se faciliteze pătrunderea și evacuarea rapidă a lichidului criogenic în și dinspre plăcile condensatoarelor.

Avantajul major al invenției este facilitatea măsurării unor niveluri de lichide criogenice, în special hidrogen și azot, cu ajutorul acestui senzor de tip capacitiv, foarte compact, fără a necesita elemente suplimentare de liniștire a curgerii prin interiorul plăcilor senzorului de măsură precum și fără a exista pericolul acumulărilor și rămănelor de lichide pe suprafețele plăcilor sau a elementelor constitutive ale senzorului.

Se dă în continuare niște exemple de realizare a invenției în legătură cu fig. 1...7 care reprezintă:

- fig. 1, 2 reprezintă senzorul conform invenției prevăzut cu condensatoare cu armături cilindrice plane;
- fig. 3, 4 reprezintă senzorul conform invenției prevăzut cu condensatoare cu armături cilindrice circulare;
- fig. 5, 6 reprezintă dispunerea componentelor senzorului pentru facilitarea pătrunderii și evacuării lichidului criogenic, în vederea determinării nivelului lichidului criogenic;
- fig. 7 prezintă rezultatele experimentale privind măsurătorile efectuate cu un grup de condensatoare conform invenției.

Principiul acestui senzor capacitiv pentru măsurarea nivelurilor de lichide criogenice se bazează pe facilitarea pătrunderii (umplerea și golirea) lichidului criogenic printre armăturile unui număr de condensatoare, minim două, prin măsurarea variației permitivității dielectrice a mediului dintre armături.

Prezenta invenție descrie un senzor de tip capacitiv utilizabil pentru lichide criogenice, în special hidrogen și azot, bazat pe un număr de condensatoare, cu armături cilindrice/circulare sau plane, dispuse conform cu fig. 1...4.

Aceste armături denumite armătura **1** și armătura **2**, au formă plană sau circulară, sunt executate din oțel inoxidabil, sunt dispuse intercalat una lângă cealaltă fiind menținute rigid, conform cu fig. 1...6.

RO 131518 B1

Armăturile condensatoarelor de forma circulară constau dintr-un număr de segmente, plăci de forma parabolică, dispuse concentric și coliniar cu o anumită distanță între ele, distanța fiind păstrată cu ajutorul unor elemente izolatoare rigide, denumite distanțiere 3.

Armăturile 1 și 2, împreună cu elementele distanțiere 3, sunt dispuse și fixate rigid în interiorul unei teci 6 metalice de protecție prin intermediul unor elemente 5 exterioare electroizolante ce au o formă corespunzătoare. Dispunerea acestora este prezentată în fig. 5 și fig. 6.

Pentru facilitarea pătrunderii și evacuării lichidului criogenic printre armăturile senzorului, la variația nivelului, se practică un număr de orificii 4 prin armăturile 1 și 2 și prin teaca de protecție 6 astfel încât lichidul să se distribuie uniform între armăturile senzorului.

Principiul de măsură cu acest tip de senzor capacitiv se bazează pe măsurarea diferențelor dintre constanta dielectrică specifică a fluidelor criogenice, în special hidrogen și azot, în starea lichidă și în starea gazoasă sau de vapori. Măsurarea se poate face într-un montaj electronic care permite citirea continuă a valorilor capacităților condensatoarelor la trecerea fluidului printre plăcile lor, acest lucru fiind efectuat de către un nivelmetru electronic.

Prin măsurarea valorilor capacității condensatoarelor atunci când armăturile acestora se află în vid se determină valoarea "de zero" sau valoarea de gol, C_0 . Aceasta putând fi denumită și starea statică a nivelmetrului, starea când nu există lichid între armături.

Prin măsurarea valorilor capacității senzorului astfel formate cu plăci plane sau circulare, la imersarea completă a armăturilor în lichidul criogenic, lichid care în condițiile specifice de presiune și temperatură nu prezintă particule solide, se realizează calibrarea acestora respectiv determinarea valorii capacității întregului ansamblu de condensatoare atunci când acestea sunt complet imersate, C_{max} .

Toate valorile de capacitate măsurate cu ajutorul acestui senzor capacitiv pentru lichide criogenice vor fi cuprinse între C_0 și C_{max} , dacă nu se modifică condițiile de presiune din interiorul vasului de măsură. Aceste valori, C_0 și C_{max} , în urma prelucrării matematice, vor reprezenta nivelul minim și nivelul maxim de coloană de lichid criogenic ce poate fi măsurat, cu nivelmetru aferent, în acel vas de măsură specific.

În condiții de funcționare fiecare valoare de capacitate este măsurată și înregistrată în mod continuu cu ajutorul unui bloc de calcul matematic ce prelucrează și compară valoarea capacității măsurate a structurii de condensatoare, în timpul umplerii acestora cu lichid criogenic, cu valorile capacităților măsurate ale aceleiași structuri de condensatoare în timpul procesului de calibrare astfel determinându-se nivelul de lichid criogenic din interiorul vasului.

Având în vedere că din motive de instalare sau de formă geometrică acești senzori capacitivi nu pot fi identici calibrarea se realizează individual pentru fiecare senzor, ansamblu de condensatoare, în parte.

Valorile permitivității dielectrice specifice penru câteva lichide criogenice

Tabelul 1

	Azot lichid	Hidrogen lichid	Deuteriu lichid
Permitivitatea dielectrică	1.4318 (77 K) 1.4746 (63 K)	1.252 (Liquid H ₂) 1.286 (Solid H ₂)	1.28 1.44 (D ₂ with 0.9% T ₂) 2.23 (D ₂ with 8.8% T ₂)

Aria secțiunii transversale dintre armăturile senzorului pentru fiecare bucată sau ansamblu de senzori în parte se determină prin proiectul tehnic și prin măsurare directă.	1
Pentru un condensator circular formula de calcul a capacității este:	3
$C = 2\pi\epsilon_0\epsilon_r \times 1 / (R / r)$ unde:	
- ϵ_0 este permitivitatea dielectrică a vidului;	5
- ϵ_r este permitivitatea dielectrică relativă a mediului dintre armături;	
- R raza interioară a armăturii exterioare;	7
- r raza exterioară a armăturii interioare.	
Pentru un condensator plan formula de calcul a capacității este:	9
$C = \epsilon_0\epsilon_r S / d$ unde:	
- ϵ_0 este permitivitatea dielectrică a vidului;	11
- ϵ_r este permitivitatea dielectrică relativă a mediului dintre armături;	
- S suprafața armăturilor;	13
- d distanța dintre armături.	
Valorile de capacitate măsurate cu tipurile de senzori, prezentate în fig. 1...4, reprezintă niște valori de capacitate complexă în funcție de nivelul mediului dintre plăcile acestora.	15
În Tabel 1. sunt prezentate, orientativ, valori ale permitivității dielectrice specifice pentru câteva lichide criogenice în anumite condiții de temperatură.	17
În fig. 7 sunt prezentate câteva rezultate experimentale privind măsurătorile efectuate cu un grup de condensatoare, având armăturile de forma cilindrică, măsurători efectuate la diferite adâncimi de imersie, în azot lichid.	19
Un prim pas esențial în măsurarea nivelului de fluid criogenic constă în asigurarea pătrunderii și curgerii acestuia printre armăturile 1, 2 senzorului ce formează un condensator sau un ansamblu de condensatoare, plane sau cilindrice. Această pătrundere, sau evacuare, este facilitată cu ajutorul unor orificii 4, practicate longitudinal, astfel încât nivelul din interiorul plăcilor să fie identic cu cel din vas și lichidul să fie uniform distribuit între armături, variațiile nivelului de lichid din vas să fie urmărite și de variațiile nivelului de lichid din interiorul plăcilor senzorului.	21
Într-un exemplu practic de realizare a acestui tip de senzor plăcile sunt realizate din oțel inoxidabil, W 1.4306, elementele distanțiere sunt realizate din teflon și sunt lipite cu adeziv criogenic. Distanța dintre armături este dependentă de tensiunea pe care o folosește circuitul electronic de citire și prelucrare a variațiilor de capacitate și poate să fie cuprinsă între 0,2 mm până la 3 mm.	23
	25
	27
	29
	31
	33
Bibliografie	35
[1] Sindt C.F. et al., Slush hydrogen flow characteristics and solid fraction upgrading, Adv. Cryogenic Eng., 1970, 15:382-90	37
[2] Ohira K., Study of nucleate boiling heat transfer to slush hydrogen and slush nitrogen, Heat Transfer-Asian Res. 2003-1, 32(1): 13-28	39
[3] Turney GE et al., Measurement of liquid and two-phase hydrogen densities with a capacitance density meter, NASA TN D-5015, 1969	41
[4] www.mccrometer.com. 3255WEST STETSON AVENUE - HEMET, CALIFORNIA 92545 USA	43
[5] US Patent 4 428 232	45
[6] US Patent 4 591 946	
[7] US Patent 7 188 521	47
[8] US Patent 7 841 235	

RO 131518 B1

- 1 [9] US Patent 3958159
[10] Spitzer, D. W., Flow Measurement Practical Guide Series, 2nd ed., ISA Press,
3 Research Triangle Park, NC, 2001
[11] US Patent 5 860 316
5 [12] US Patent 4 512 067
[13] US Patent 4 594 892
7 [14] US Patent 5 114 907
[15] Brevet de invenție nr. RO 1 15759 BI, Int.Cl. G 01 F23/26, "Metodă și dispozitiv
9 electronic de măsurare a nivelului unui lichid dielectric".
[16] Cerere de brevet de invenție nr. a 2009 00328, data de depozit 21.04.2009,
11 "Indicator de nivel".

Senzor capacitiv pentru măsurarea nivelurilor de lichide criogenice, în special hidrogen și azot, **caracterizat prin aceea că**, include un număr de condensatoare cu armături (**1** și **2**) metalice, întrepătrunse, de formă circulară, concentrice, minim două dispuse într-o succesiune cu elemente izolatoare distanțiere (**3**) într-un element comun fixat rigid într-o teacă (**6**) exterioară de protecție și care pentru menținerea constantă a distanțelor dintre plăcile condensatoarelor și teacă (**6**) are intercalate un număr de elemente (**5**) izolatoare exterioare, iar armăturile (**1, 2**) condensatoarelor prezintă un număr de orificii (**4**) astfel încât să se faciliteze pătrunderea și evacuarea rapidă a lichidului criogenic în și dinspre plăcile condensatoarelor.

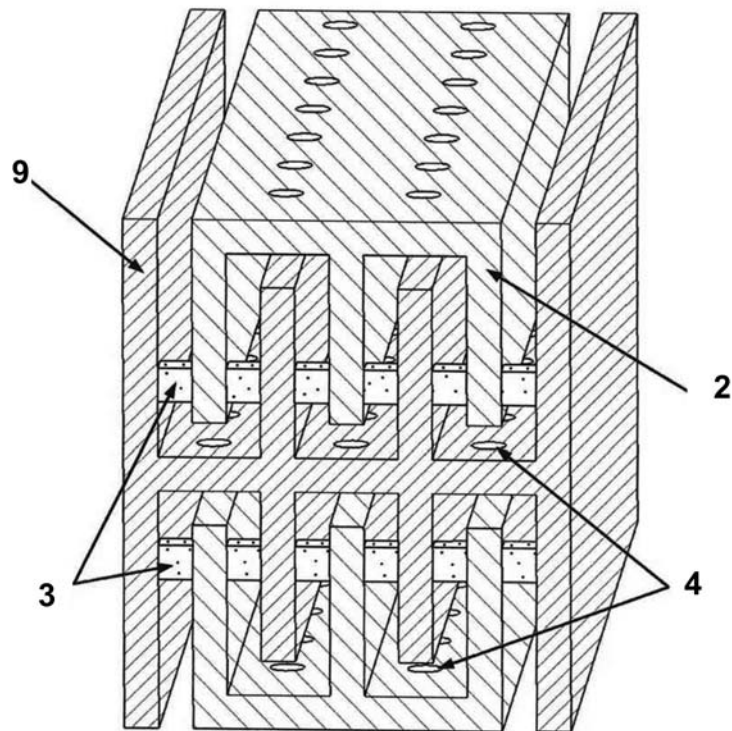


Fig. 1

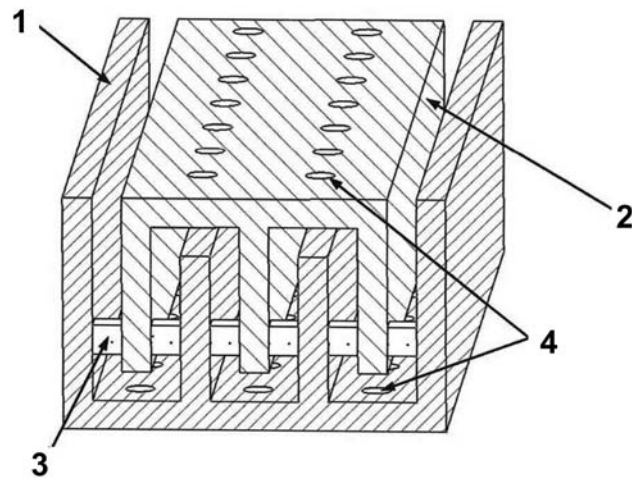


Fig. 2

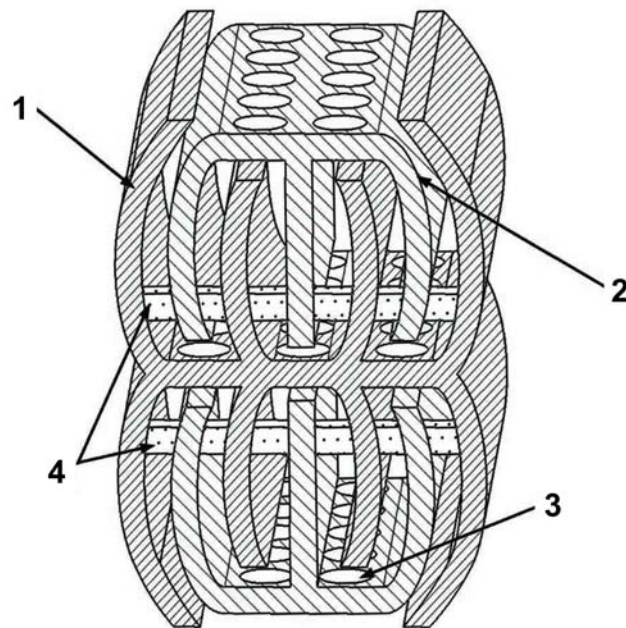


Fig. 3

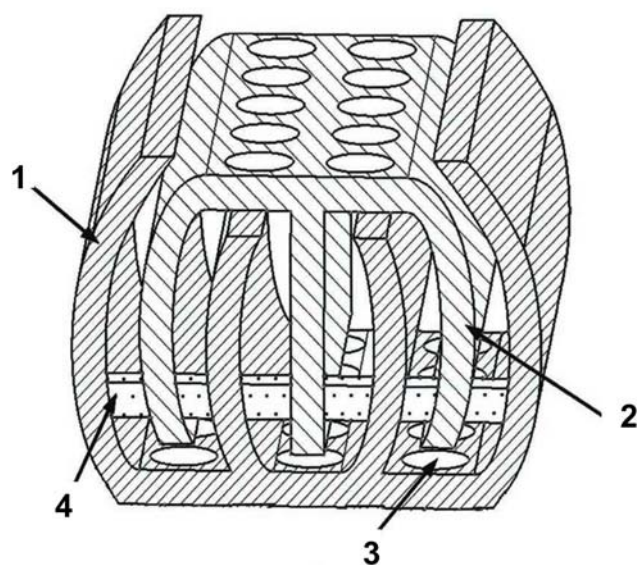


Fig. 4

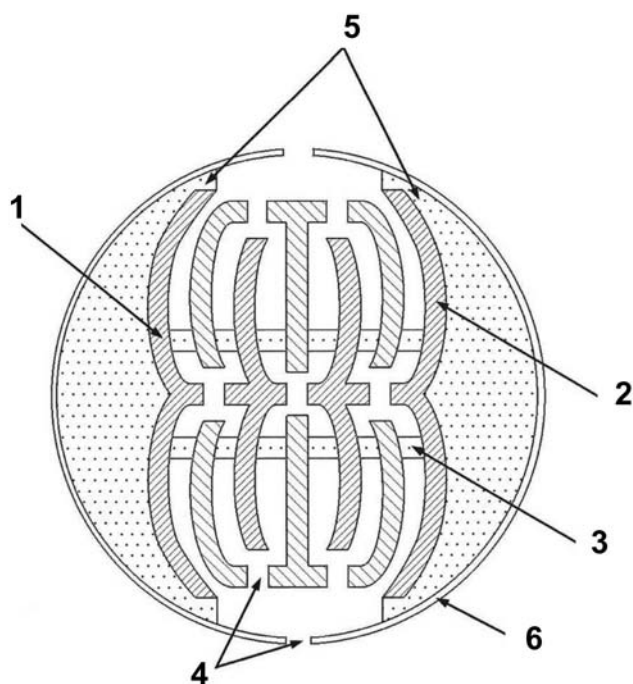


Fig. 5

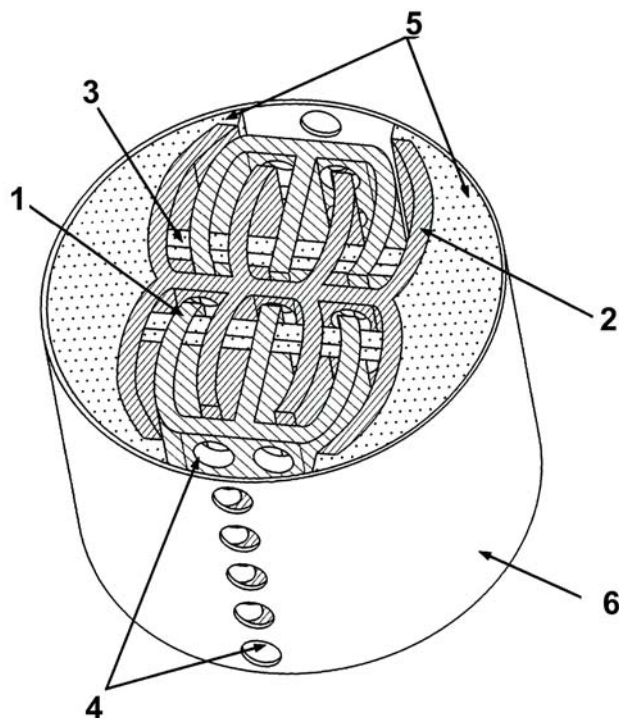


Fig. 6

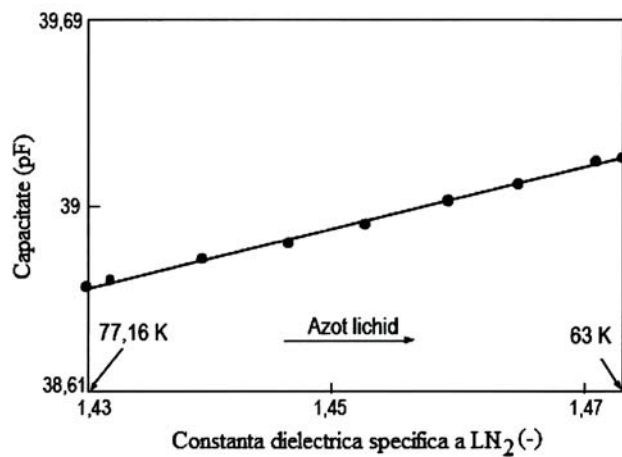


Fig. 7

