



(12)

## BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2009 00171**

(22) Data de depozit: **24.02.2009**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **30.07.2015** BOPI nr. **7/2015**

(41) Data publicării cererii:  
**30.12.2010** BOPI nr. **12/2010**

(73) Titular:  
• **INSTITUTUL NAȚIONAL DE  
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU  
MICROTEHNOLOGIE,  
STR.EROU IANCU NICOLAE NR.32 B,  
BUCUREȘTI, B, RO**

(72) Inventatori:  
• **MOAGĂR-POLADIAN GABRIEL,  
ALEEA FUIORULUI NR.6, BL.Y 3 A, SC. 1,  
ET.6, AP.27, SECTOR 3, BUCUREȘTI, B,  
RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:  
**RO 107772 B1; JPH 04359164 A;  
UA 67034 A**

(54) **SENZOR DE CÂMP ELECTRIC**



# RO 125931 B1

1           Invenția se referă la un senzor de câmp electric, senzor care poate determina mări-  
3           mea câmpului electric pe un domeniu larg de valori, putând oferi de asemenea o imagine a  
distribuției de câmp electric.

          Este cunoscut un dispozitiv de măsurare a câmpului electric folosind moara electrică.

5           Dezavantajele acestui dispozitiv sunt:

          - este mare;

7           - nu poate determina valori mici ale câmpului electric;

          - nu poate determina câmpul electric pe un domeniu larg de frecvențe;

9           - nu poate oferi o imagine cu o rezoluție spațială suficient de bună a distribuției de  
câmp electric;

11          - sensibilitatea sa nu poate fi variată după necesități.

          Este cunoscut un tip de senzor de câmp electric care este format dintr-un  
13          condensator cu plăci plane paralele.

          Dezavantajele acestui tip de senzor sunt:

15          - nu poate măsura cu precizie câmpurile statice;

          - nu oferă o imagine cu o rezoluție spațială foarte bună a distribuției de câmp electric;

17          - sensibilitatea sa nu poate fi variată după necesități.

          Problema pe care o rezolvă invenția constă în faptul că permite măsurarea cu  
19          precizie a câmpurilor electrice statice și variabile în timp chiar dacă acestea au valori foarte  
mici, oferind totodată posibilitatea obținerii unei imagini a distribuției de câmp electric care  
21          să prezinte o rezoluție spațială suficient de bună.

          Soluția propusă, conform invenției, elimină dezavantajele de mai sus prin aceea că  
23          utilizează ca senzor de câmp electric un condensator miniatural la care una dintre plăci  
vibrează cu o frecvență și amplitudine bine controlate și reglabile, permițând astfel ca să fie  
25          folosită tehnica de detecție lock-in astfel încât să poată fi detectate semnale foarte slabe. Mai  
mult, prin dimensiunile sale reduse, senzorul se pretează la integrarea într-o arie de senzori  
27          similari, care să redea distribuția de câmp electric. De asemenea, prin variația amplitudinii  
de oscilație a plăcii mobile, sensibilitatea senzorului poate fi adaptată după necesități.

29          Avantajele senzorului de câmp electric sunt:

          - poate fi miniaturizat după necesități;

31          - asigură o bună sensibilitate de detecție;

          - poate genera o imagine a distribuției de câmp electric, în cazul utilizării unei arii de  
33          astfel de senzori, care să ofere o rezoluție spațială bună;

          - poate determina câmpul electric ca vector, adică atât valoarea mărimii sale, cât și  
35          orientarea sa.

          Dăm în continuare un exemplu de realizare a invenției, în legătură cu fig. 1 și 2, care  
37          reprezintă:

          - fig. 1, schema senzorului și a părții de preluare de semnal;

39          - fig. 2, schema senzorului în cazul unei arii de elemente detectoare.

          Senzorul de câmp electric, conform invenției, este alcătuit dintr-un condensator cu  
41          plăci plane paralele, placa 1 fiind fixă, iar placa 2 fiind o membrană metalică care se poate  
deforma ca urmare a exercitării unei presiuni mecanice asupra sa. Placa 2 este fixată pe  
43          suportul 3 izolator. Sub placa 2 se află lichidul 4 izolator, lichid 4 care are bune proprietăți  
de transmitere a ultrasunetelor. Lichidul se află în tubul 5 izolator. Prin lichidul 4 se propagă  
45          ultrasunetele produse de sursa 6 de ultrasunete. Sursa 6 de ultrasunete este comandată de  
către generatorul 7 de semnal. Generatorul 7 de semnal poate varia frecvența semnalului,  
47          ca și amplitudinea sa, astfel încât să fie generate ultrasunete cu frecvențe și amplitudini diferite,

# RO 125931 B1

conform necesităților. De la generatorul 7 semnalul este aplicat și pe circuitul 8 de deplasare a frecvenței generatorului, deplasare realizată în mod controlat atunci când se dorește detectarea unor câmpuri electrice variabile în timp. Plăcile 1 și 2 sunt încapsulate în capsula 9 izolatoare. De la plăcile 1 și 2 pleacă firele 10 conductoare, ecranate față de exterior, unul dintre aceste fire având montat un condensator 11 fix. Firele 10 sunt ecranate astfel încât să nu joace rol de antenă pentru alte semnale. De asemenea, firul 10 care pleacă de la placa 2 este legat la pământ, pentru a preveni descărcările accidentale către utilizator. Placa 1 este astfel la potențialul flotant dat de câmpul electric respectiv. Rolul condensatorului 11 este acela de a selecta numai componenta de tensiune electrică care variază în timp. De asemenea, are rolul de a tăia orice acumulare de tensiune electrică continuă provenită de pe placa 1 și care ar putea dăuna aparaturii de măsură. Între plăcile 1 și 2 se află un gaz dielectric 12. Semnalul de tensiune electrică provenit de la senzor și trecut prin condensatorul 11 este aplicat unui amplificator 13 de tensiune electrică, amplificator care este de preferat să fie de zgomot redus. De asemenea, amplificatorul poate efectua conversia semnalului electric din analog în digital. În cazul ariei de senzori, amplificatorul 13 joacă și rolul de multiplexor al semnalelor date de senzorii care alcătuiesc aria. Semnalul amplificat este aplicat filtrului 14 electronic, care are rolul de a culege numai partea de semnal care are frecvența egală cu cea generată de generatorul 7 de semnal sau, dacă este necesar, care are frecvența deplasată cu o anumită valoare față de frecvența generatorului 7 de semnal. Generatorul 7 de semnal aplică semnalul său de ieșire și pe un circuit 15 de întârziere, întârzierea fiind aproximativ egală cu timpul în care ultrasunetele ajung de la sursa 6 la placa 2. Semnalele provenind de la filtrul 14 și, respectiv, de la circuitul 15 de întârziere sunt aplicate sistemului 16 de detecție de tip lock-in. Semnalul provenit de la circuitul 15 de întârziere joacă rolul de semnal de referință. Prin această metodă de detecție, care constă în efectuarea unor corelații între cele două canale de măsură, se pot extrage semnale care au un raport semnal-zgomot de  $10^{-2}$  și chiar mai mic, asigurând în acest fel o mare sensibilitate de detecție. Dispozitivul 17 afișează valoarea obținută.

Ca principiu de lucru, menționăm că, atunci când este plasat într-un câmp electric care are o componentă perpendiculară pe plăcile sale, senzorul generează o tensiune electrică  $U$  egală cu:

$$U = E \cdot d$$

unde  $E$  este câmpul electric, iar  $d$  este distanța dintre plăci. Dacă sursa 6 generează ultrasunete, atunci acestea se vor propaga prin lichidul 4 și vor ajunge până la placa 2, pe care o vor face să vibreze la aceeași frecvență cu ele și cu o amplitudine dependentă de intensitatea lor. Fie  $\Delta d$  variația distanței dintre plăcile 1 și 2. Prin mișcarea oscilatorie a plăcii 2, rezultă o tensiune electrică sinusoidală, care are aceeași frecvență ca și ultrasunetele generate de sursa 6 și a cărei amplitudine  $\Delta U$  este egală cu:

$$\Delta U = E \cdot \Delta d$$

Această tensiune electrică sinusoidală este transmisă, prin condensatorul 11, către amplificatorul 13 și sistemul electronic de măsură aferent. Evident,  $\Delta U$  este amplitudinea tensiunii la bornele senzorului. Deoarece atât condensatorul 11 cât și amplificatorul 13 au o anumită impedanță, tensiunea electrică la bornele amplificatorului 13 va fi mai mică decât  $\Delta U$ .

# RO 125931 B1

1            Dacă câmpul electric este variabil în timp, atunci pe lângă componenta de frecvență  
egală cu frecvența ultrasunetelor vor apare și componente laterale de frecvență, componente  
3            date de componența spectrală a câmpului electric.

5            Dacă câmpul electric are o valoare foarte mare, atunci amplitudinea de oscilație  $\Delta d$   
va fi micșorată astfel încât amplitudinea tensiunii electrice  $\Delta U$  să aibă o valoare accesibilă  
amplificatorului 13. Dacă valoarea câmpului electric este foarte mică, atunci amplitudinea de  
7            oscilație  $\Delta d$  va fi mărită astfel încât amplitudinea tensiunii electrice  $\Delta U$  să fie în domeniul de  
lucru al amplificatorului 13. În acest fel, schimbând amplitudinea de oscilație a plăcii 2, poate  
9            fi variată sensibilitatea senzorului.

11           Frecvența maximă a câmpului electric care poate fi determinată este egală, la limită,  
cu frecvența ultrasunetelor generate de sursa 6.

13           Cum acest tip de senzor poate fi miniaturizat, mai mulți astfel de senzori pot fi montați  
pe o arie, astfel încât să se poată obține o imagine a distribuției de câmp electric. Este prefe-  
rabil ca acești senzori să fie excitați toți de aceeași sursă 6 de ultrasunete, excitarea făcându-  
15           se sincron. Cum dimensiunea minimă a unui astfel de senzor este de câteva sute de microni,  
rezultă că rezoluția spațială obținabilă este de ordinul milimetrilor. Pentru această arie, placa  
17           2 poate fi comună, în schimb placa 1 poate fi divizată în mai multe părți corespunzătoare  
numărului de senzori considerați, fiecare placă 1 fiind conectată la circuitul propriu de  
19           citire/amplificare sau, în altă situație, amplificatorul 13 joacă rol și de amplificator și de  
multiplexor al semnalelor date de senzorii care alcătuiesc aria, așa cum rezultă din fig. 2.

21           Considerând o amplitudine de vibrație a plăcii 2 de 100 microni și posibilitatea de  
detecție în regim lock-in a unei tensiuni electrice de 1 nV, la un raport semnal-zgomot de  $10^{-3}$   
23           <sup>3</sup>, obținem pentru valoarea minimă detectabilă a câmpului electric valoarea de  $10^{-5}$  V/m. Dacă  
câmpul are o valoare de  $10^6$  V/m, atunci amplitudinea de oscilație poate fi redusă la 0,1  
25           microni, astfel încât amplitudinea tensiunii electrice generate de senzor să fie de 100 mV.  
În acest fel se observă faptul că senzorul poate acoperi o plajă largă de valori ale câmpului  
27           electric măsurat. Evident, în cazul măsurării unor câmpuri foarte joase, dimensiunile  
senzorului nu pot fi reduse oricât fără a afecta amplitudinea de oscilație. Dar pentru un  
29           senzor circular cu diametrul de 1 mm, o amplitudine de 100 microni este încă accesibilă.

31           De asemenea, dacă se montează trei astfel de senzori pe direcții reciproc ortogonale,  
adică fiecare senzor este paralel cu un anumit plan din cele trei ortogonale care definesc un  
sistem de referință cartezian, atunci senzorul rezultat poate indica și direcția câmpului electric.

33           În continuare, dăm un exemplu de realizare a invenției.

35           Astfel, plăcile 1 și 2 sunt realizate din folie de Aluminiu de 0,5 mm grosime și având  
o formă circulară cu o rază de 1 mm. Distanța între placa 1 și 2 este de 0,5 mm, iar între  
plăci se află aer. Placa 2 este fixată pe un suport 3 din polietilenă cu o grosime de  
37           500 microni, iar capsula 9 este din polietilenă. Lichidul 4 este un ulei mineral de viscozitate  
redușă, iar carcasa 5 este din porțelan. Sursa 6 este un cristal de cuarț. Condensatorul 11  
39           are o capacitate de 10 nF și o tensiune de străpungere de 250 V. Amplitudinea de oscilație  
a plăcii 2 este de 100 microni, iar frecvența de oscilație este de 1 MHz. Pentru partea de  
41           preluare de semnal, considerăm o filtrare pe o bandă de 1 Hz în jurul frecvenței de 1 MHz,  
iar întregul ansamblu electronic asigură detectarea unor semnale cu un raport semnal-  
43           zgomot de  $10^{-3}$ .

45           Într-un alt exemplu, avem 100 de astfel de senzori așezați sub formă de arie, distanța  
dintre senzori fiind de 2 mm, fiecare senzor având sursa 6 a sa proprie de excitare și toate  
sursele 6 fiind comandate de un singur generator 7 de semnal. Fiecare senzor este conectat

## RO 125931 B1

la un condensator **11** propriu, toate aceste condensatoare având aceeași capacitate, iar ieșirile de la condensatoarele **11** sunt conectate fiecare la câte un amplificator **13**. Ieșirea amplificatoarelor **13** este multiplexată și apoi aplicată filtrului **14** și sistemului **16** de detecție lock-in. Circuitul **15** de întârziere este același pentru toți senzorii într-un alt exemplu, avem 100 de astfel de senzori așezați sub formă de arie, distanța dintre senzori fiind de 2 mm, placa **2** fiind comună la toți senzorii, în schimb placa **1** fiind specifică fiecăruia, în acest caz, fiind necesară doar o singură sursă **6** de ultrasunete.

1  
3  
5  
7

# RO 125931 B1

## Revendicări

1  
3 1. Senzor de câmp electric, conform invenției, **caracterizat prin aceea că este**  
5 alcătuit din două plăci conductoare (1, respectiv, 2), placa (1) fiind fixă, iar placa (2) fiind  
7 oscilația plăcii (2) fiind efectuată prin intermediul ultrasunetelor care se propagă prin lichidul  
9 (4) izolator, lichid (4) aflat în tubul (5) izolator, ultrasunete care sunt produse de sursa (6) co-  
mandată de generatorul (7) de semnal, semnalul dat de generatorul (7) fiind preluat de circui-  
11 tul (8) de deplasare a frecvenței semnalului și, respectiv, de circuitul (15) de întârziere, de  
13 la plăcile (1 și 2) plecând firele (10) conductoare ecranate față de exterior, firul (10) care  
15 pleacă de la placa (2) fiind împământat, iar firul (10) care pleacă de la placa (1) fiind conectat  
la un condensator (11), ieșirea de la condensatorul (11) fiind aplicată unui amplificator (13),  
iar ieșirea amplificatorului (13) unui filtru (14), ieșirea de la filtrul (14) și, respectiv, de la  
circuitul (15) de întârziere fiind aplicată unui sistem (16) de detecție lock-in, valoarea câmpu-  
lui fiind afișată de către unitatea (17) de afișare.

17 2. Senzor de câmp electric, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că**  
19 ieșirea de la circuitul (15) de întârziere joacă rol de semnal de referință pentru sistemul (16)  
de detecție lock-in.

21 3. Senzor de câmp electric, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că își**  
23 poate regla sensibilitatea de măsură după necesități prin schimbarea amplitudinii de oscilație  
a plăcii (2).

25 4. Senzor de câmp electric, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că**  
27 frecvența tensiunii electrice furnizată de către senzor este egală cu frecvența ultrasunetelor  
29 generate de sursa (6) comandată de generatorul (7), în acest fel fiind posibilă utilizarea  
detecției de tip lock-in.

31 5. Senzor de câmp electric, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că trei**  
33 astfel de senzori pot fi montați după trei planuri reciproc ortogonale, astfel încât fiecare  
senzor determină valoarea componentei câmpului electric după o direcție perpendiculară pe  
35 acel plan, în acest fel obținându-se atât valoarea câmpului electric, cât și direcția acestuia.

37 6. Senzor de câmp electric, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că mai**  
39 mulți astfel de senzori pot fi montați împreună pentru a forma o arie de senzori, preferabil  
fiind ca toți senzorii să fie excitați de aceeași sursă (6), excitarea făcându-se în mod sincron,  
aria de acest tip asigurând o imagine a distribuției de câmp electric cu o rezoluție spațială  
de ordinul milimetrilor, în acest scop placa (2) poate fi comună, în schimb placa (1) poate fi  
divizată în mai multe părți corespunzătoare numărului de senzori considerați, fiecare placă  
(1) fiind conectată la circuitul propriu de citire sau la un circuit de multiplexare care apoi  
aplică ieșirea sa amplificatorului (13) sau, în altă situație, se realizează o arie de astfel de  
senzori, fiecare fiind excitat de sursa (6) proprie, iar toate aceste surse (6) fiind comandate  
sincron de un singur generator (7) de semnal.

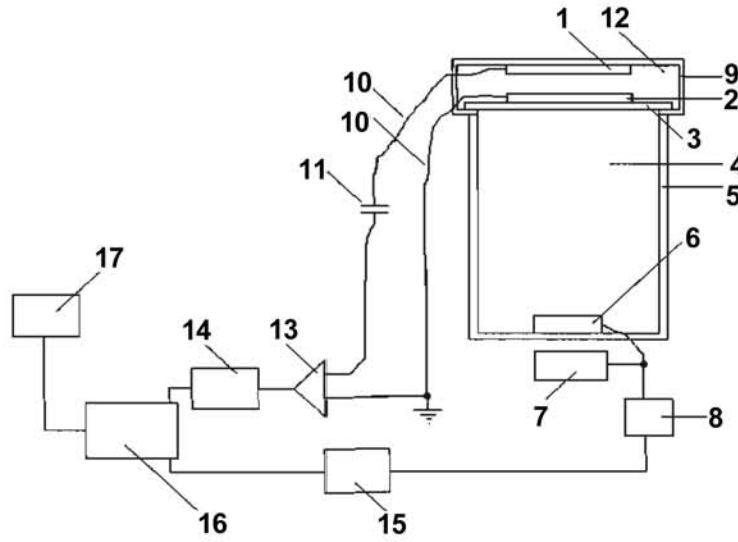


Fig. 1

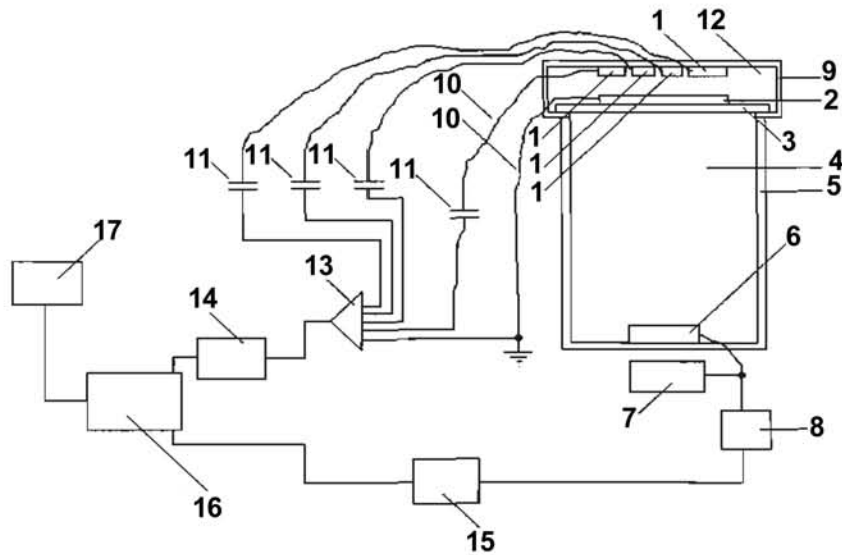


Fig. 2

