

(12)

CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2022 00306

(22) Data de depozit: 07/06/2022

(41) Data publicării cererii:
29/12/2023 BOPi nr. 12/2023

(71) Solicitant:
• TEODORESCU MIKE HORIA MIHAIL,
HARVARD, CAMBRIDGE, US;
• TEODORESCU HORIA-NICOLAI,
STR.N. BALCESCU NR 30, IAȘI, IS, RO;
• HAGAN MARIUS GHEORGHE,
STR.PRINCIPALĂ, nr.162, VĂLENII
ȘOMCUȚEI, MM, RO

(72) Inventatori:

• TEODORESCU MIKE HORIA MIHAIL,
HARVARD ST.321, CAMBRIDGE,
MASSACHUSETTS, MA, US;
• TEODORESCU HORIA-NICOLAI,
STR.N. BALCESCU NR 30, IAȘI, IS, RO;
• HAGAN MARIUS GHEORGHE,
STR. PRINCIPALĂ, VĂLENII SOMCUȚEI,
RO

(54) SENZOR DE PRESIUNE, FORȚE ȘI CUPLURI

(57) Rezumat:

Invenția se referă la senzori de presiune, forțe și cupluri, destinați a fi utilizați în medii nefavorabile în diverse domenii, precum construcții, transporturi, utilaje agricole. Senzorii, conform invenției, au o structură care include unul sau mai multe suporturi (1) plan paralele și un spațiu (4) ecranat și etanș închis, cuprinzând ecrane (2) electrostatice sau electromagnetice, elemente elastice (3), circuite electronice (5), elemente impedanțmetrice (6), care măsoară deformările structurii și asigură determinarea simultană a cel puțin două dintre următoarele: forță axială, forță tangențială, cuplu în plan tangențial, astfel încât comportarea senzorilor să fie puțin sau deloc afectată de condițiile ambientale, funcționarea fiind bazată pe variația unor impedanțe reactive sau mixte la aplicarea forțelor sau presiunii normale și/sau forțelor tangențiale sau cuplurilor asupra structurii senzorului respectiv.

Revendicări: 21

Figuri: 12

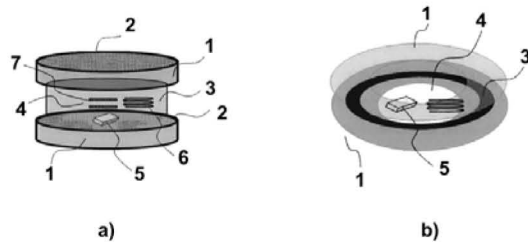


Fig. 1



Senzor de presiune, forțe și cupluri

Descriere

Invenția se referă la senzori de presiune, forțe și cupluri, bazați pe elemente de măsură impedanțmetrice, care prezintă o imunitate ridicată la câmpuri electrice externe și la umiditatea mediului înconjurător și care permit realizări de senzori cu o precizie bună, asigurând simultan posibilitatea realizării la dimensiuni mici ale senzorilor.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în crearea unor senzori de presiune, forță și cupluri, bazați pe elemente de măsură impedanțmetrice, cu imunitate crescută la condițiile mediului înconjurător, capabili să măsoare forțe, presiuni și cupluri cu precizie bună, asigurând simultan grosimi mici ale senzorilor, fiabilitate bună și cost redus. Senzorii pot prelua presiunea pe o direcție preferențială, normal pe planul principal al structurii, forțe după una până la trei direcții, anume normal pe planul senzorului și tangențial la planul senzorului, precum și cupluri în planul senzorului.

Senzori de forțe, presiune și/sau cupluri mari care să lucreze în medii nefavorabile, cu câmpuri electrice sau magnetice externe mari și cu umiditate mare, adesea continuu supuși forțelor exterioare, sunt necesari în diverse domenii, precum construcții, transporturi, utilaje agricole. În asemenea aplicații, adesea câmpurile electromagnetice externe sunt necunoscute și pot fi foarte variabile, iar umiditatea poate atinge valori de 100% RH, condiții în care senzorii cunoscuți nu pot funcționa, sau au erori mari, sau nu au fiabilitate bună, sau nu sunt miniaturizabili, sau au cost mare, sau necesită protecții suplimentare costisitoare ori voluminoase. Senzorii de forțe, presiuni și/sau cupluri descriși în invenție rezolvă aceste probleme prin utilizarea unei structuri specifice, a unor elemente de măsură impedanțmetrice cu configurații adaptate structurii și funcției de măsurare, unor elemente deformabile cu structură complexă, precum și a unor protecții simple și eficiente.

Sunt cunoscuți senzori de presiune și forțe capacitivi care incorporează ecrane electrostatice; astfel de senzori sunt descriși în United States Patent 8,516,884, Stein, et al, 2013; United States Patent 7,171,856, Koike, et al., 2007; United States Patent 4,204,244, Ho, 1980; United States Patent 10,267,700, Teipen, et al., 2019; United States Patent

10,892,229, Hooper, et al., , 2021; United States Patent 10,495,535, Zheng, 2019. De asemenea, sunt cunoscuți senzori de presiune și/sau forța inductivi, care încorporează ecrane magnetice; astfel de senzori sunt descriși de exemplu în United States Patent 4,157,530, Merz, June 5, 1979. Unii dintre acești senzori includ și mijloace de ermetizare a senzorului.

Invenția prezintă următoarele avantaje: senzorul folosește elemente de măsură impedanțmetrice reactive de valori mici; senzorul are imunitate crescută la condițiile mediului înconjurător; senzorul este capabil să măsoare forțe, presiuni și cupluri cu precizie bună; senzorul poate fi realizat de dimensiuni mici, în special grosimi mici.

Pe parcursul descrierii și în revendicări se folosesc noțiuni și notații cu următoarele definiții: element elastic este un element structural dintr-un material care, în limitele prescrise de funcționare, are în esență deformări elastice; electrod de masă – electrod aflat continuu la un potențial de referință (numit și de masă) pentru circuitele electrice; electrod activ – electrod care poate avea un potențial variabil sau diferit față de potențialul de referință (masă); element de măsură impedanțmetric – element de circuit electric destinat conversiei variației unei mărimi (dimensiuni, unghiuri, distanțe) sau forme geometrice într-o variație de mărime electrică de tip impedanță, unde impedanța poate fi capacitate, rezistență, sau inductanță electrică, sau orice combinație a lor, inclusiv ca elemente distribuite sau de cuplaj; material (de tip „spumă”) celular (sau reticular) – material cu incluziuni închise, tipic aer; material spongios - material cu incluziuni, tipic aer, cu incluziunile deschise; C capacitate electrică; L inductanță; rețea inductivă – rețea conductoare de tip plasă, cu elementele conectate electric, conform denumirii uzuale din literatură („inductive mesh”); rețea capacitivă – structură formată din elemente conductoare fără conexiune electrică între ele („capacitive mesh”). În continuare, elementele de circuit electric de tip impedanță electrică vor fi numite pe scurt elemente de măsură impedanțmetrice sau elemente impedanțmetrice.

Se expun în continuare, în legătură și cu figurile 1-12, modalități de realizare a invenției și principiile aferente de funcționare.

Figura 1 (a), (b) – Schițe generale de principiu a structurii senzorului cu material elastic dielectric fără incluziuni.

Figura 2 - Schiță generală de principiu a structurii senzorului cu material elastic dielectric cu incluziune de tip spațiu gol (aer).

Figura 3 - Schiță generală de principiu a secțiunii prin structura unui inel elastic cu două straturi, dintre care unul izolator și unul conductor.

Figura 4 - Schițe generale de principiu pentru inel elastic cu incluziune de strat conductor pentru ecranare.

Figura 5 - Schiță generală de principiu a secțiunii printr-un senzor cu etanșare prin inel exterior din elastomer conductor.

Figura 6 (a), (b) - Schițe generale de principiu pentru senzor cu inel elastic și electrod inelar.

Figura 7 - Schiță generală de principiu pentru element elastic inelar cu incluziune de tip electrod inelar.

Figura 8 - Schiță generală de principiu pentru element de măsură capacitiv inelar cu capacitatea față de un plan de masă și electrozi plasați pe o membrană încastrată, cu rol de suport superior.

Figura 9 - Schiță generală de principiu pentru ecrane de tip plasă pe o zonă inelară.

Figura 10 - Schiță generală de principiu pentru element impedanțmetric inductiv sau cu elemente distribuite pentru determinarea forfecării.

Figura 11 (a), (b) - Schițe de principiu pentru element impedanțmetric capacitiv tip „pieptene”, pentru determinarea forfecării.

Figura 12 (a), (b), (c) - Schițe generale de principiu pentru (a) configurație de element impedanțmetric capacitiv diferențial; (b) configurație de element impedanțmetric inductiv diferențial; (c) de element impedanțmetric capacitiv tip „pieptene”, pentru determinarea torsiunii.

În esență, senzorul este format dintr-un element elastic neomogen care poate consta din două sau mai multe elemente elastice omogene sau neomogene și care permit deformări de

compresie sau elongație pe axa senzorului, deformări tangențiale de forfecare și deformări de torsiune, elemente de ecranare, elemente de măsură impedanțmetrice capabile să determine cel puțin unul dintre aceste tipuri de deformări, precum și circuitele aferente elementelor de măsură impedanțmetrice.

Într-o formă nelimitativă de realizare, descrisă în legătură cu Fig. 1 (a) și (b), structura include unul sau mai multe suporturi **1**, în esență plan paralele, sub formă de plăci sau de membrane, sau combinate placă și membrană, suporturi care preiau presiunea, forțele și/sau cuplul de forțe, unul sau mai multe ecrane electrostatice sau electromagnetice **2**, care acoperă cel puțin parțial cele două suporturi la interior sau exterior, unul sau mai multe elemente elastice principale **3**, tipic izolatoare, care sunt plasate în esență între suporturi și închid ermetic împreună cu suporturile un spațiu **4** în care se află circuite electronice **5** de măsură, elemente de circuit electric de tip impedanță electrică sau părți **6** ale unor asemenea elemente, elemente impedanțmetrice care au rol de măsurare. Elementele elastice și suporturile fac un contact etanș, inclusiv atunci când elementele elastice sau suporturile se deformează în limite prestabilite. Datorită ecranării și structurii etanșe, în zona **4** nu se transmit sau se transmit mult reduse efectele mediului extern; astfel, elementele de măsură și circuitele aferente sunt protejate de efectele externe precum perturbații electromagnetice și umiditate. Spațiul **4** sau o parte din el poate fi plin cu un mediu gazos, inclusiv aer, sau poate fi chiar masa elementului elastic **3**, sau poate fi umplut cu un mediu cu elasticitate mare, deci cu modulul Young mai mic decât al elementelor elastice propriu-zise. Elemente elastice din spațiul **4**, atunci când diferă de elementul elastic principal, joacă și rolul de elemente elastice secundare la formarea structurii; inclusiv gazul închis în acel spațiu joacă acest rol. Elementul elastic principal **3** poate fi inelar, ca în Fig. 1 (b). În cazul în care spațiul **4** este plin cu un material elastic, elementele de circuit electric impedanțmetrice **6** și circuitele electrice auxiliare **5** trebuie să suporte forțele la care sunt supuse la deformarea elementului elastic respectiv; de asemenea, conexiunile lor electrice trebuie să fie suficient de elastice încât să suporte deformările elementului elastic.

Ansamblul suporturilor **1** și elementelor elastice **3** formează structura de bază a senzorului, care structură este deformată sub influența presiunii sau forțelor externe. Deformările structurii sunt măsurate de un element de circuit electric de tip impedanță electrică, sau de un ansamblu de asemenea elemente, în conjuncție cu circuite anexe. Elemente de circuit

electric de tip impedanță electrică **6** pot fi reactive, de tip capacitate sau inductanță, sau pot fi combinate, de tip LC, RC, LC sau RLC, valoarea cel puțin unei dintre componentele impedanței fiind modificată la deformarea structurii sub influența presiunii sau forțelor externe. Circuitele anexe sunt de preferință înglobate în structura senzorului.

Structura are de preferință o simetrie axială, cu axa de simetrie perpendiculară, în lipsa forțelor externe, pe suporturile plan-paralele **1**, suporturile fiind de preferință circulare pentru a prelua în mod egal forțele tangențiale în orice direcție precum și cuplurile de forțe aplicate oriunde pe suporturi. Senzorul preia presiunile și forțele axiale normale pe suprafața suporturilor, iar forțele tangențiale sunt preluate paralel cu suprafața suporturilor. Simetria axială este utilă pentru a simplifica măsurarea forțelor tangențiale pe orice direcție precum și a cuplurilor. Alternativ, suporturile pot avea o formă oarecare, de exemplu poligonală, dar ansamblul elementelor elastice are o simetrie axială, ceea ce asigură preluarea în mod egal a forțelor tangențiale și a cuplurilor din orice direcție.

Într-o variantă de realizare nelimitativă, nu doar spațiul **4** ci și elementele elastice principale inelare **3** pot include în masa lor (încăstra) elemente de măsură impedanțmetrice. În general, pentru a detecta deformările structurii, părți componente ale elementelor de măsură impedanțmetrice sunt distribuite între straturile suport, sau între unul dintre straturile suport și mediul elastic, sau între unul dintre straturile suport și spațiul interior (**4**), sau în alte asemenea combinații. De exemplu, un electrod al unui element capacitiv de măsură impedanțmetrică este plasat pe un suport, iar al doilea electrod este plasat pe al doilea strat exterior de tip suport sau în masa stratului elastic; similar, un element inductiv de măsură impedanțmetrică, precum o bobină, poate fi plasat pe un strat suport, iar un miez magnetic sau o altă bobină cuplată poate fi plasată pe al doilea strat exterior de tip suport, sau în masa stratului elastic.

Pe suporturi sau în masa elementelor elastice pot fi poziționate straturi cu rol de miez feromagnetic pentru unele elemente impedanțmetrice inductive de măsură, elemente impedanțmetrice sau electrozi **7** ale unor elemente impedanțmetrice capacitive sau mixte, straturi magnetice cu rol de magneți permanenți, și/sau alte elemente de circuit precum circuite de măsură aferente senzorilor și/sau circuite de alimentare.

Într-o variantă nelimitativă de realizare, unul dintre suporturi este o membrană sau placă subțire metalică sau o membrană sau placă subțire izolatoare acoperită cu un strat conductor cu rol de ecran și care poate juca și rol de electrod pasiv. Pentru a putea prelua cupluri și forțe tangențiale, membrana sau placa subțire poate avea o ramă rigidă.

Într-o altă variantă de realizare nelimitativă, descrisă în legatura cu Fig. 2, elementul elastic principal se află între suporturi, iar acestea sunt închise ermetic pe margini de un alt element elastic, exterior, **8** care înglobează, parțial sau complet suporturile, asigurând etanșeitaea structurii. Elementul elastic exterior **8** joacă și rol de element elastic principal dacă el contribuie semnificativ la rigiditatea structurii. În acest caz, elementul elastic exterior poate juca și rol de ecran, dacă este realizat dintr-un material conductor și este cuplat la potențialul de referință.

Elementele elastice pot fi realizate dintr-un material elastic omogen, de tip elastomer, sau un material elastic ranforsat cu fibre, cu plase, sau cu arcuri pentru a îi micșora elasticitatea, în scopul preluării de forțe sau presiuni mari. Atunci când unul sau mai multe elemente elastice secundare sunt neomogene, părți ale lor aflate în apropierea suprafețelor pe care se preiau presiunea, forțele sau cuplurile pot fi realizate de duritate mare și astfel pot constitui ele însele suporturile structurii, iar pe aceste suprafețe plane externe, sau imediat în vecinătatea lor, se pot depune sau încadra metalizări, ecrane electrice sau magnetice și alte elemente ale senzorului, precum magneți.

Față de varianta de realizare nelimitativă din Fig. 1(b), unde elementele elastice principale constau dintr-un singur element inelar sau sub formă de ramă poligonală, în altă variantă nelimitativă de realizare, descrisă în legatură cu Fig. 3, elementele elastice principale constau din două sau mai multe elemente inelare sau sub formă de rame concentrice incluse unul în interiorul celuilalt, inelul elastic interior **9**, sau rama elastica dinspre interiorul senzorului fiind izolator, iar inelul sau rama elastica externa, **10**, fiind conductor, sau cu proprietăți magnetice, inelul **10** având în același timp și rol de ecran electrostatic sau electromagnetic. Elementul sau elementele elastice inelare sau sub formă de ramă pot închide între ele un strat conductor cu rol de ecran electrostatic. Specialistul în domeniu vor înțelege că elementul inelar **9** poate fi înlocuit cu un cilindru izolator, unde cilindrul poate fi omogen sau format din mai multe straturi concentrice de pereți cilindrici, unul sau mai

multe dintre aceste straturi putând fi conductor și avea rol de electrod sau de ecran. O asemenea configurație este descrisă în Fig. 4 (a) și (b), unde se folosesc două elemente elastice izolatoare inelare, **9** și **9'**, care închid între ele un element inelar subțire conductor **11**, cu rol de ecran, realizat ca folie sau plasă conductoare parțial înglobat(ă) în inelul elastic.

De asemenea, specialistul va înțelege că ermetizarea structurii se poate realiza printr-un strat de material adeziv elastic conductor **12**, pus la exteriorul structurii, așa cum este descris în Fig. 5.

Elementele elastice principale pot fi realizate sub formă compactă, cu materialul cu proprietăți uniforme, sau pot fi realizate sub formă de structură necompactă și / sau din materiale neuniforme. În toate cazurile în care elementele elastice principale închid etanș un spațiu cu aer sau alt gaz, gazul respectiv joacă rolul de element elastic secundar la compresie. Pentru deformări mari, gazul poate deveni elementul principal elastic, având o comportare neliniară, $PV=RT=ct.$. deci $P=RTV=RT/hS$, unde P este presiunea, V volumul gazului, R constanta gazelor, T temperatura absolută (presupusă constantă), h înălțimea coloanei de aer închisă în senzor, iar S suprafața coloanei. Neliniaritatea provine de la factorul $1/h$.

Un element elastic omogen de secțiune mică poate conduce, sub presiuni și forțe mari, la flambarea elementului elastic sau la o deformare neomogenă, ceea ce conduce la erori de măsurare. Pe de altă parte, un element elastic de secțiune mare conduce la o rigiditate mare, deci, în consecință, la deformări prea mici și ca urmare la o sensibilitate redusă. Pentru a preîntâmpina asemenea dezavantaje, într-o variantă nelimitativă de realizare, elementul sau elementele elastice pot fi realizate dintr-un material elastic omogen, compact, cu structură uniformă, sau pot fi sub formă de spume elastice cu incluziuni de aer închise (structură numită celulară), sau pot avea o structură compactă la exterior și sub formă spongioasă (cu incluziuni deschise), de tip spumă, la interior. Materialul elastic spongios poate fi de tip spumă polimerică, acest tip de material fiind uneori denumit și material plastic celular elastic. Într-o altă variantă nelimitativă de realizare a structurii elementului elastic sau elementelor elastice, acestea pot fi realizate la interior dintr-un material elastic cu structură cu goluri tubulare sau cu structură de rețea, fagure, sau similar,

structura tranzitând către exterior într-o structură continuă și devenind continuă și etanșă la exterior.

Într-o altă variantă de realizare nelimitativă, elementul sau elementele elastice sunt constituite dintr-un material cu proprietăți variabile în structura lui, realizat prin polimerizare frontală. Altă metodă de realizare a unor structuri elastice neomogene este prin imprimare 3D.

Ecranul sau ecranele aflate pe unul sau ambele suporturi pot fi realizate ca o metalizare uniformă a suportului pe fața exterioară sau interioară a suportului, sau pot fi realizate sub formă de rețea, plasă, tablă de șah, benzi conductoare interconectate între ele, sau sub o formă similară. Unul sau ambele ecrane **2** de pe suporturile **1** pot avea și rolul de electrod de masă în elemente impedanțmetrice capacitive, pot avea rol de disipare pentru a contribui la rezistența de pierderi variabilă a unui element impedanțmetric, variabilitatea rezistenței de pierderi având rol în măsurare, sau pot avea simultan rolurile menționate și rolul de miez magnetic pentru elemente inductive atunci când metalizarea include aliaje sau metale feromagnetice.

Specialiștii în domeniu vor înțelege că diverse alte geometrii și combinații de elemente elastice cu sau fără rol și de ecran și eventual cu rol de electrozi, cu formă inelară sau de tip ramă sau cu alte forme corespunzătoare configurației alese pentru structură, decurg din configurațiile descrise și sunt de asemenea subsumate prezentei descrieri și pot fi utilizate cu succes.

Se discută în continuare, în legatură cu Fig. 6 (a), (b), modalități de realizare a unor elemente impedanțmetrice de tip capacitiv, conform invenției. În cazul utilizării de elemente impedanțmetrice capacitive pentru determinarea deformării structurii, un electrod activ **13** poate fi plasat pe suprafața interioară a unui suport, capacitatea fiind formată între acest electrod și cei doi electrozi conectați la masă, **2**, care au și rol de ecran. Electrocul activ este inclus complet în spațiul etanșat și ecranat. În particular, într-o variantă de realizare, electrocul activ poate avea o formă circulară, sau o formă inelară, sau o altă formă care să permită poziționarea pe unul dintre suporturi a elementor de circuit auxiliare și să permită realizarea și a altor elemente impedanțmetrice în cadrul structurii. Electrocul activ poate fi realizat sub formă de metalizare uniformă, sau sub formă multi-inelară cu inelele

concentrice interconectate, sau sub formă de benzi conductoare interconectate, sau sub formă de rețea (plasă, tablă de șah etc.), aceste ultime forme asigurând și determinarea, în conjuncție cu unul sau mai multe elemente impedanțmetrice suplimentare, deformărilor de forfecare ale structurii. Electrocul activ al unuia sau mai multor elemente impedanțmetrice poate avea o formă stelată sau poligonală, sau o formă complexă pentru a asigura și determinarea, în conjuncție cu unul sau mai multe elemente impedanțmetrice suplimentare, deformărilor de tip torsiune ale structurii. Electrocul activ poate fi realizat în spațiul liber delimitat de suporturi și elementul elastic inelar, sau poate fi inclus parțial sau total în elementul elastic, ca în Fig. 7. De asemenea, electrozii activi **13** ai senzorului capacitiv pot fi poziționați pe fața interioară ai suportului subțire **14** cu rol de membrană, ca în Fig. 8, în timp ce rama **15** a membranei poate juca rol de ecran. Pentru reducerea capacității parazite între electrocul activ și un ecran, ecranul se poate realiza local, în zona capacității parazite principale, sub formă de plasă, **16**, ca în Fig. 9.

În mod similar, atunci când se utilizează elemente impedanțmetrice inductive, acestea sunt dispuse în spațiul ecranat și etanș delimitat de suporturi și elementele elastice. Când se utilizează elemente impedanțmetrice inductive, acestea au forme și dispuneri similare cu ale electrocului activ al elementelor capacitive descrise, iar atunci când se utilizează elemente impedanțmetrice inductive cu cuplaj mutual, acestea pot avea dispuneri similare cu ale electrocului activ și a unui electrod pasiv din cazul unui element capacitiv, conform descrierii anterioare pentru elemente capacitive.

Pentru determinarea deplasărilor în planul structurii ca urmare a forțelor de forfecare se folosesc, conform invenției, traductoare impedanțmetrice capacitive sau inductive sau combinații de asemenea traductoare sensibile la deplasările laterale. Într-o variantă nelimitativă de utilizare, ilustrată în Fig. 10, un traductor inductiv este folosit, care este format dintr-o inductanță **17** și un strat **18** conductor aflat în alt plan, sau un strat magnetizabil sau magnetic astfel încât la deplasarea laterală inductanța își modifică valoarea sau pierderile. Într-o altă variantă de realizare, ilustrată în Fig. 11(a) și (b), este folosit un traductor capacitiv de tip interdigital, cu electrozii digitali **19** și **19'** aflați în planuri diferite.

La structura de senzor cu pereți rigizi, dacă pereții nu au o grosime prea mare, deformarea laterală a structurii la forța tangențială va fi suficient de mare pentru a fi ușor de măsurat cu

senzori de deplasare pe direcția respectivă, înglobați în structură, inclusiv cu senzori bazați pe variația impedanței electrice sub influența deformării. Exemple de senzori propice pentru determinarea deplasărilor mici laterale sunt și senzorii capacitivi „digitali” (numiți și de tip „pieptene”) necoplanari, **19**. Într-o variantă nelimitativă de utilizare, ilustrată în Fig. 11(a), unul sau mai mulți traductori capacitivi de tip „pieptene” necoplanari sunt înglobați în elementul elastic. La deformarea laterală (prin forfecare) a elementului elastic, poziția relativă a digitilor se modifică și astfel se modifică și capacitatea respectivă. Cum este ilustrat în Fig. 11(b), electrozii „pieptene” se pot poziționa alternativ pe suporturile structurii.

Deformările prin torsiune pot fi măsurate, conform invenției, cu senzori impedanțmetric capacitivi planari, cu senzori inductivi, sau cu senzori capacitivi de tip pieptene. Într-o variantă de realizare, ilustrată în Fig. 12(a), un senzor capacitiv planar este format dintr-un electrod **20** în esență dreptunghiular, aflat pe unul dintre suporturi și doi electrozi **21** sub forma de segment de cerc, plasați simetric față de primul electrod și aflați pe al doilea suport. La torsionarea structurii, capacitățile dintre cei doi electrozi **21** și electrodul **20** devin inegale, iar diferența lor este determinată de unghiul de torsiune. Într-o altă variantă de realizare, ilustrată în Fig. 12(b), se folosește un senzor diferențial inductiv pentru măsurarea torsiunii, unde senzorul inductiv diferențial este format din două bobine **23** aflate pe unul dintre suporturi și plasate simetric față de o a treia, **22**, care se află pe celalalt suport. La rotirea unul față de altul a suporturilor, inductanțele de cuplaj între bobina **22** și bobinele **23** devin neegale, diferența lor măsurând rotirea. Într-o altă variantă nelimitativă de realizare, ilustrată în Fig. 12(c), determinarea torsiunii se face cu un senzor impedanțmetric capacitiv „pieptene” cu electrozii digitali **24** curbi după cercuri concentrice, conform unor sectoare de cercuri, dispuși în planuri diferite; la torsionarea structurii, zonele comune electrozilor digitali se modifică și astfel se determină unghiul de rotație prin variația capacității. Deoarece în soluțiile ilustrate în Fig. 12(a,b,c) se modifică impedanța și la deplasările tangențiale și axiale, nu doar la torsionare, măsurătorile de torsiune se fac în conjuncție cu cele de forfecare și cu cele de compresie a structurii. Specialiștii în domeniu vor înțelege că alte variante de elemente de măsurare impedanțmetric pot fi folosite pe baza celor prezentate în Fig. 12; de exemplu, în locul bobinei **22** din Fig. 12 (b) se poate folosi o armătură magnetică sub forma de placă, aceasta modificând diferențial inductanțele **23**, sau

se pot folosi plăci conductoare, care vor modifica diferit pierderile celor două bobine **22** la rotirea plăcii superioare față de cea inferioară.

De asemenea, specialiștii în domeniu vor înțelege că diverse alte geometrii și combinații de elemente impedanțmetrice de diverse tipuri și cu diverse forme și dispuneri în interiorul spațiului ermetic închis, inclusiv în masa elementelor elastice, decurg din configurațiile descrise și sunt de asemenea subsumate prezentei descrieri și derivând din ea și pot fi utilizate cu succes. Similar, specialiștii vor înțelege că diverse combinații de elemente impedanțmetrice cu elemente distribuite R,L,C decurg din descrierea invenției și pot fi utilizate în locul unor elemente impedanțmetrice la care domină doar capacitatea electrică sau inductanța. Un exemplu nelimitativ de realizare constă dintr-o înfășurare cu suprafață mare a traseelor conductoare și plasată în apropierea unui electrod cu care traseul înfășurării formează capacități distribuite, ansamblul având o schemă echivalentă LC distribuită și realizând un filtru a cărui caracteristică depinde de distanța dintre electrod și înfășurare.

La al doilea tip derivat de structură, care are unul dintre suporturi flexibil, de tip membrană, descris în Fig. 8, deformarea principală poate fi a membranei, nu a pereților elastici, pereții **3** putând fi elastici sau rigizi. În acest caz, variația de volum a spațiului închis este relativ mai mică, pentru o deplasare (deformare) a structurii comparabilă la cele două tipuri de structuri amintite. Într-adevar, deformarea tipică este aproximativ după o calotă sferică, iar dacă pereții sunt rigizi, marginile calotei rămân în poziția inițială și membrana deplasează un volum mai mic de aer față de cazul tip „piston” al deplasării planului suportului superior. În schimb, neliniaritatea acestei structuri în traductori de deplasare va fi mai mare.

Cele două tipuri de structuri au proprietăți și comportamente diferite la aplicarea unei forțe normale împreună cu o forță tangențială. Membrana circulară va avea o deformare nesimetrică (fără axă de simetrie, doar plan de simetrie orientat după direcția forței tangențiale), pe când suportul rigid va prelua forța tangențială în mod uzual, deformând pereții lateral, pe direcția forței de forfecare. Prin urmare, în cazul membranei, detectarea forței tangențiale este mai dificilă, necesitând senzori de mare sensibilitate și corecții de neliniaritate după toate trei direcțiile. În plus, forța tangențială poate crea deformări locale mari, plastice în membrana subțire, precum și „cute”.

Materiale recomandabile pentru realizarea pereților elastici cu etanșeitate bună, cu difuzie redusă a vaporilor de apă și în același timp bio-compatibile (tolerate la suprafața pielii și în corp) și în același timp cu foarte bune proprietăți dielectrice includ cauciucurile siliconice - polysiloxan (polysiloxane), cu toxicitate redusă, în special silyl-acetați. Materialele siliconice au în același timp bune proprietăți de conducție termică și pot fi ușor transformate cu aditivi pentru a deveni conductori. Această din urmă proprietate permite turnarea sau altfel formarea de pereți elastici izolatori la interior și conductori la exterior, pentru o bună ecranare a senzorilor propuși, structura putând de exemplu fi obținută prin turnarea întâi a părții interioare izolatoare și apoi turnarea în jurul acesteia a părții exterioare elastice conductoare.

REVEDICĂRI

1. Senzorul de presiune, forțe și/sau cuplu, caracterizat prin aceea că are în esență o structură plan-paralelă și include

două elemente structurale în esență plan paralele care preiau presiunea sau forțele axială și /sau tangențiale și cuplurile tangențiale aplicate asupra senzorului, elemente plan paralele care sunt fiecare suficient de rigide ca să preia și răspundă ca un tot la forțe, cupluri sau presiuni aplicate pe suprafața lor externă, unde forțele pot avea orice direcție în semiplanul extern elementelor plan paralele, iar cuplurile pot fi aplicate în planul elementelor plan-paralele, întreaga structură având o dimensiune mai mică pe direcția normală la elementele plan-paralele față de dimensiunile pe direcții paralele,

unul sau mai multe elemente de măsură impedanțmetrice și circuitele esențiale aferente elementului sau elementelor de măsură impedanțmetrice, elementele impedanțmetrice măsurând în esență deformările structurii senzorului sau a unor elemente din structura senzorului, impedanțele respective fiind de tip capacitiv, inductiv, rezistiv, sau mixt,

un element sau mai multe elementele elastice, dintre care cel puțin unul este solid, element sau elemente elastice care prin a lor deformare conduc direct sau indirect la modificarea impedanței sau impedanțelor elementului sau elementelor de măsură,

un ansamblu de elemente care împreună formează în esență o cușcă Faraday care ecranează întreg volumul senzorului sau cel puțin o zonă din interiorul senzorului, zonă care include elementul sau elementele de măsură, astfel încât elementul sau elementele de măsură și circuitele aferente să nu fie afectate de perturbații electromagnetice externe, configurația elementelor care formează ecranul fiind astfel încât prin includerea în elementele de ecranare a unor discontinuități și prin forma și dispunerea acestor elemente de ecranare să asigure valori reduse ale cuplajelor nedorite între ecran și elementele impedanțmetrice,

ansamblul format din elementele structurale în esență plan paralele împreună cu elementul sau elementele elastice și împreună cu alte eventuale elemente constructive

secundare, precum straturi sau piese din materiale de etanșare și straturi adezive, izolând un spațiu intern impenetrabil la lichide și gaze, astfel încât elementul sau elementele de măsură și circuitele aferente să nu fie afectate direct de compoziția mediului extern,

structura senzorului astfel constituit având o simetrie în esență axială sau apropiată de aceasta, simetrie care asigură deformarea după direcția axei de simetrie fără modificarea simetriei axiale, precum și deformări în esență identice după orice direcție paralelă cu elementele plan-paralele atunci când se aplică forțe tangențiale asupra lor,

senzorul având cel puțin două elementele impedanțmetrice de măsură care asigură determinarea simultană a cel puțin două dintre următoarele: forță axială; forță tangențială; cuplu în planul tangențial, prin măsurarea unor combinații de deformări ale structurii senzorului sub influența acestora.

2. Senzorul de presiune, forță și cuplu, caracterizat prin aceea că include un elementul elastic inelar sau sub formă de ramă poligonală convexă sau stelată situat între două suporturi în esență plan-paralele, etanșând un spațiu gol în interiorul lor, precum și un set de elemente elementelor de măsură impedanțmetrice, iar elementele active ale elementelor de măsură impedanțmetrice, precum electrozii activi care crează capacități de măsură și înfășurările care crează inductanțe de măsură se află complet incluse în spațiul delimitat la exterior de inelul elastic sau de ramă elastică, sau sunt înglobate în interiorul pereților elastici, sau se află combinat în spațiul delimitat de și în masa (interiorul) inelul elastic sau ramei elastice.

3. Senzorul de presiune, forțe și/sau cuplu, conform revendicării 1 și 2, caracterizat prin aceea că include unul sau mai multe elemente de măsură impedanțmetrice sub formă de senzori capacitivi interdigitali.

4. Senzorul de presiune, forțe și/sau cuplu, conform revendicării 1, 2 și 3, caracterizat prin aceea că include doi sau mai mulți senzori capacitivi interdigitali cu electrozii interdigitali dispuși în planuri diferite, planurile fiind mobile unul față de altul, electrozii interdigitali având spațiile dintre digiții electrozilor mai mari decât deplasarea maximă admisibilă pe direcția normală digiților, senzorii capacitivi interdigitali având rolul de a determina, pe baza variației capacității acestor senzori și prin comparare cu variația capacității senzorului de

deplasare pe direcția normală planului electrozilor interdigitali, deplasarea pe direcția normală pe direcția digiților.

5. Senzorul de presiune, forțe și/sau cuplu, conform revendicării 1 și 2, caracterizat prin aceea că include unul sau mai mulți senzori capacitivi care au cel puțin unul dintre electrozi acoperit cu folii sau filme realizate din materiale izolatoare nehiroscopice și cu variații mici dimensionale și ale permitivității dielectrice cu temperatura, care permit prin valoarea mai mare decât 1 (unitatea) a permitivității dielectrice relative realizarea unor suprafețe mai mici a electrozilor și o reducere a dimensiunii acestora cu creșterea corespunzătoare a rezistenței echivalente de pierderi în paralel cu senzorul capacitiv respectiv.

6. Senzorul de presiune, forțe și/sau cuplu, conform revendicării 1, caracterizat prin aceea că are unul sau mai multe elemente impedanțmetrice de măsură, sau părți componente ale elementelor impedanțmetrice de măsură realizate pe sau fiind parte componentă a suporturilor (1).

8. Senzorul de presiune, forțe și/sau cuplu, conform revendicării 1, caracterizat prin aceea că include elemente de ecranare electrică și / sau magnetică depuse sub formă de starturi (1) sau rețele de tip inductiv sau capacitiv pe fețele exterioare sau interioare ale suporturilor (1).

9. Senzorul de presiune, forțe și/sau cuplu, conform revendicării 1, caracterizat prin aceea că are electrodul de ecranare (1) de pe fața externă a unuia sau ambilor suporturi realizat sub formă de rețea (grid), dimensiunea ochiurilor asigurând un compromis între efectul de ecranare și valoarea capacității parazite realizată împreună cu electrodul activ.

10. Senzorul de presiune, forțe și/sau cuplu, conform revendicării 1, caracterizat prin aceea că are electrodul activ (1) de pe fața interioară a suportului realizat sub formă de rețea (grid) cu ochiurile de dimensiune comparabilă sau mai mare decât grosimea substratului, dar mai mică decât distanța față de electrodul mobil (1), astfel încât să se obțină un compromis între sensibilitatea senzorului, neliniaritatea senzorului capacitiv și valoarea capacității cu electrodul de ecranare.

11. Senzorul de presiune, forțe și/sau cuplu, conform revendicării 1, caracterizat prin aceea că are unul sau mai multe elemente capacitive cu electrodul activ (1) pe fața interioară a

suportului realizat sub formă de benzi cu distanță variabilă între benzi sau cu lățime variabilă a benzilor sau cu distanță între benzi și lățime a benzilor variabile, astfel încât să asigure un compromis între valoarea elementelor capacitive de măsură care folosesc acel electrod, sensibilitatea senzorului, neliniaritatea senzorului capacitiv și valoarea capacității cu electrodul de ecranare.

12. Senzorul de presiune, forțe și/sau cuplu, conform revendicării 1, caracterizat prin aceea că are unul sau mai multe elemente capacitive cu electrodul pasiv (1), conectat la masă și dispus pe membrana (1) care preia presiunea sau forța și prin deformare modifică valoarea capacității de măsură, electrodul pasiv fiind realizat sub formă de benzi cu distanța variabilă între benzi sau cu lățime variabilă a benzilor sau cu distanța între benzi și lățime a benzilor variabile, astfel încât să se obțină un compromis între sensibilitatea senzorului, neliniaritatea senzorului capacitiv, efectul de ecranare și valoarea capacității de măsură.

13. Senzorul de presiune, forțe și/sau cuplu, conform revendicării 1, caracterizat prin aceea că are unul sau mai multe elemente capacitive cu unul sau ambii electrozi pasivi (1) și (1), conectați la masă, realizați sau realizați sub formă de benzi conductoare circulare, dreptunghiulare sau de o altă formă, cu benzile în esență concentrice și cu distanțele dintre benzile conductoare astfel alese încât să asigure o bună ecranare în gama de frecvențe dorită.

14. Senzorul de presiune, forțe și/sau cuplu, conform revendicării 1, caracterizat prin aceea că are una sau mai multe inductanțe (1) și (1) în esență plane care, prin modificarea inductanței mutuale la modificarea geometriei structurii în ansamblu, su/sau a geometriei uneia sau ambelor dintre inductanțe sub acțiunea forțelor externe și, eventual, simultan prin modificarea capacității dintre ele, asigură sesizarea și măsurarea deformării structurii.

15. Senzorul de presiune, forțe și/sau cuplu, conform revendicării 1, caracterizat prin aceea că are membrana deformabilă (1) pe care este plasat cel puțin unul dintre electrozii pasivi realizată de grosime redusă și elasticitate mare astfel încât cel puțin o capacitate electrică de măsură să fie sensibilă la variații mici ale presiunii aerului sau mediului în care este plasat senzorul, variații mici de presiune produse de unde elastice în mediu precum sunetele, ultrasunetele sau infrasunetele din mediul respectiv.

16. Senzorul de presiune, forțe și/sau cuplu, conform revendicării 1, are una sau mai multe inductanțe de măsură (1) iar unul sau mai multe elemente elastice (1) includ elemente cu proprietăți magnetice, care pot consta din incluziuni de tip ferită, pulberi metalice magnetice, sau combinații ale lor, astfel încât la deformarea pereților (1) inductanța de măsură (1) să varieze datorită modificărilor geometrice, de densitate, sau o combinație a lor, ale elementelor elastice cu proprietăți magnetice.

17. Senzorul de presiune, forțe și/sau cuplu, conform revendicării 1, caracterizat prin aceea că are pereții elastici formați din două straturi (1) și (1) de material elastic precum cauciuc siliconic, dintre care un strat este izolator iar cel de al doilea, lipit etanș de primul, este conductor pentru a se constitui într-un ecran electric în zona elastică a structurii, stratul conductor fiind conectat la un electrod sau un contact de masă.

18. Senzorul de presiune, forțe și/sau cuplu, conform revendicării 1, caracterizat prin aceea că are pereții elastici formați din unul sau mai multe straturi conductoare astfel dispuse încât să constituie un ecran electric și să se conecteze la un electrod sau un contact de masă.

19. Senzorul de presiune, forțe și/sau cuplu, conform revendicării 1, caracterizat prin aceea că are elementul sau elementele elastice realizate dintr-un material elastic neomogen, neuniform, sub formă de spume elastice, cu incluziuni de aer închise (structură celulară), cu o structură compactă la exterior și sub formă de spumă spongioasă sau celulară, la interior.

20. Senzorul de presiune, forțe și/sau cuplu, conform revendicării 1, caracterizat prin aceea că are cel puțin un element elastic constând dintr-un material elastic cu proprietăți variabile în structura lui, realizat prin polimerizare frontală sau altă metodă similară.

21. Senzorul de presiune, forțe și/sau cuplu, conform revendicării 1, caracterizat prin aceea că include un generator electric care culege energie mecanică din forțele, cuplurile și presiunile externe exercitate asupra elementelor structurale plan-paralele și o transformă în energie electrică pentru alimentarea circuitelor interne ale senzorului.

Figuri

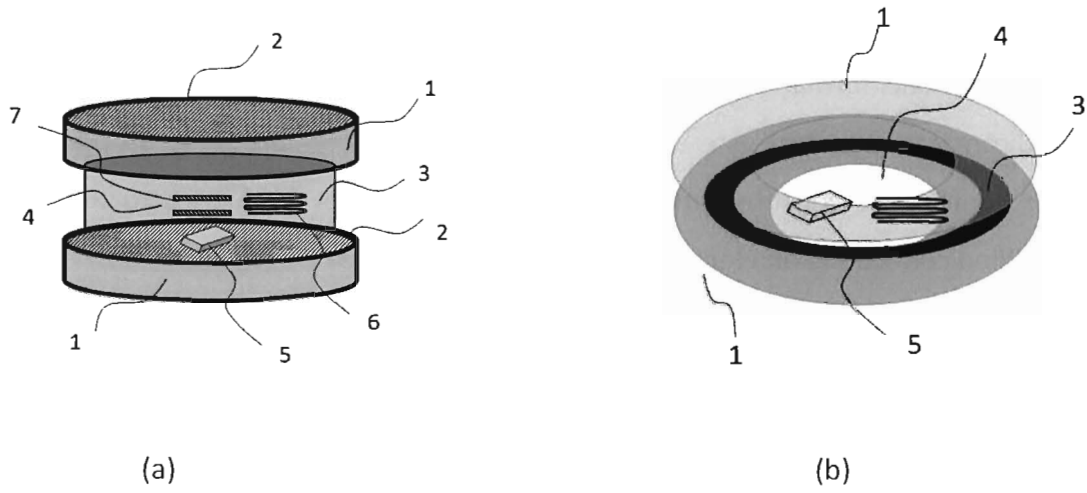


Figura 1

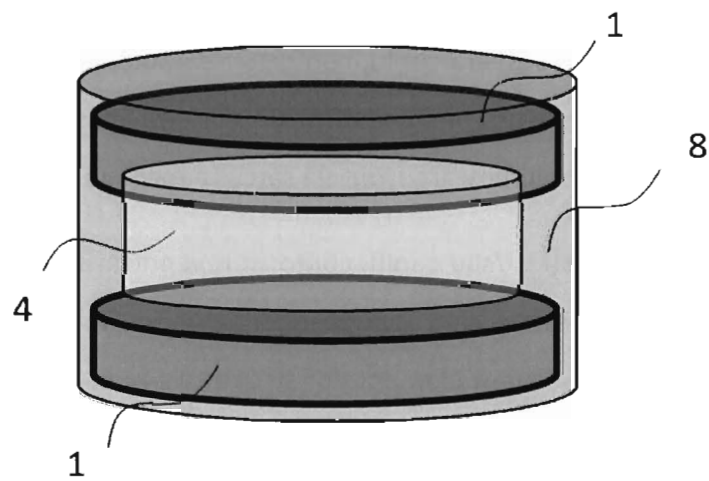


Figura 2

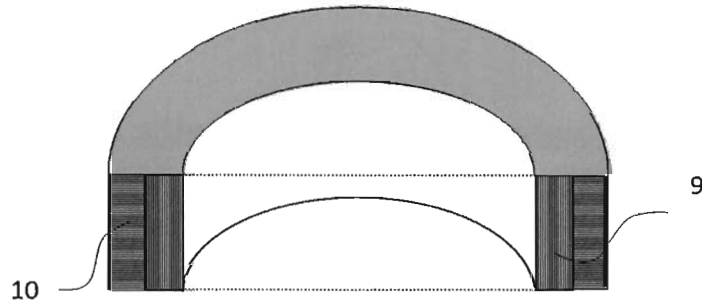
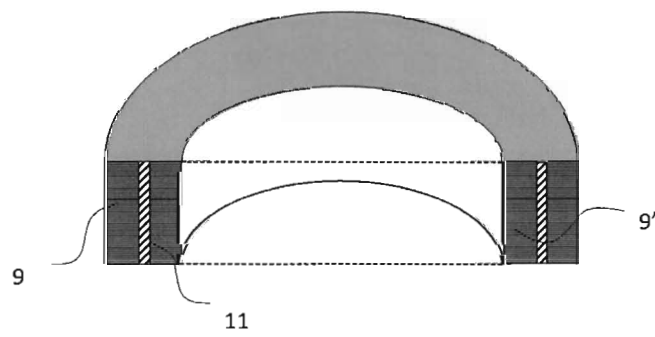
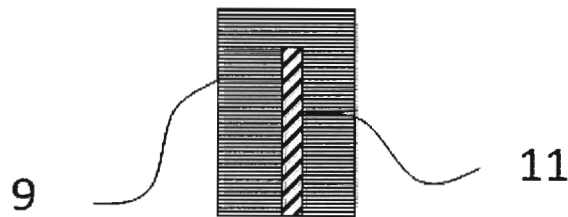


Figura 3



(a)



(b)

Figura 4

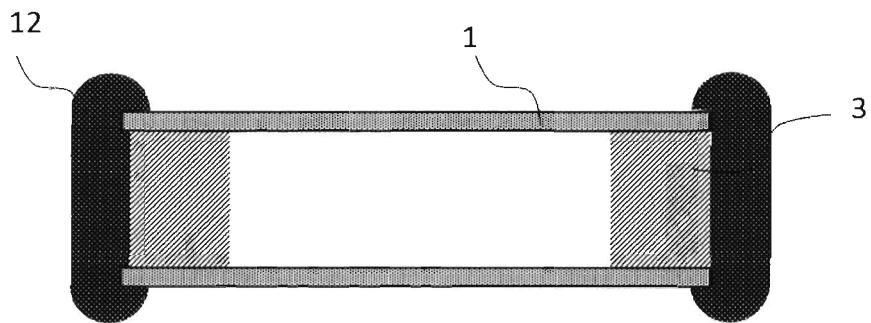
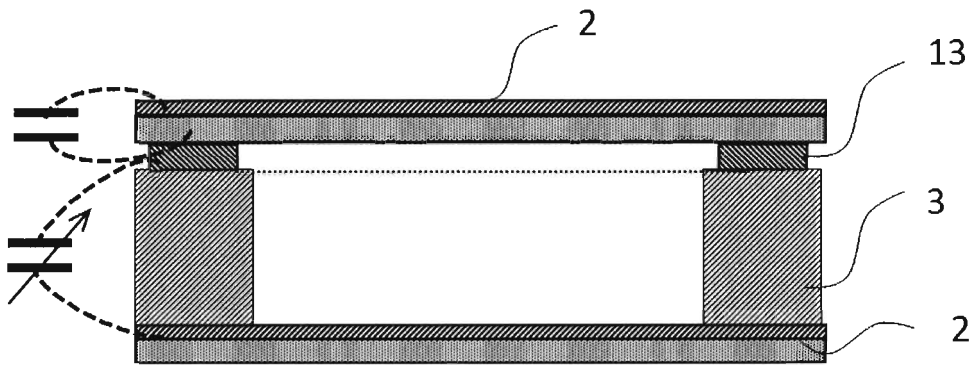
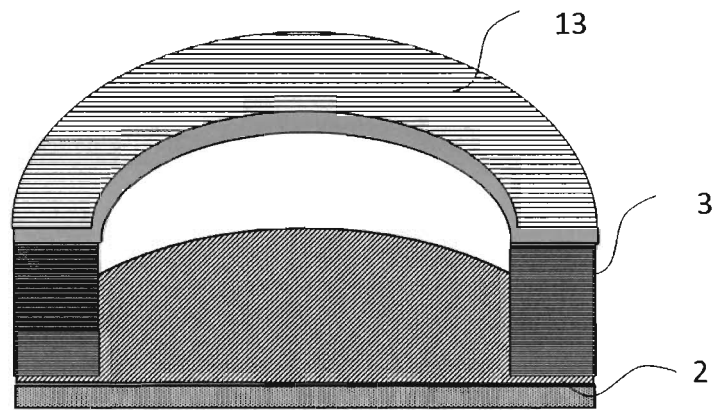


Figura 5



(a)



(b)

Figura 6

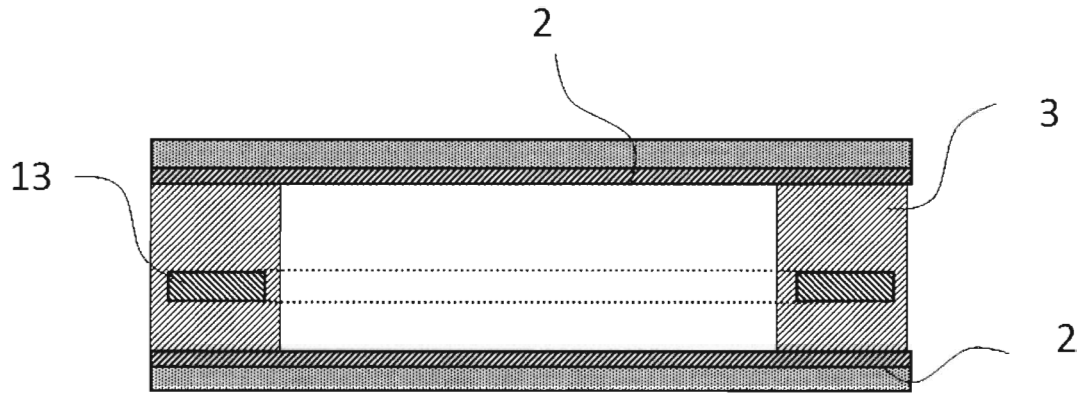


Figura 7

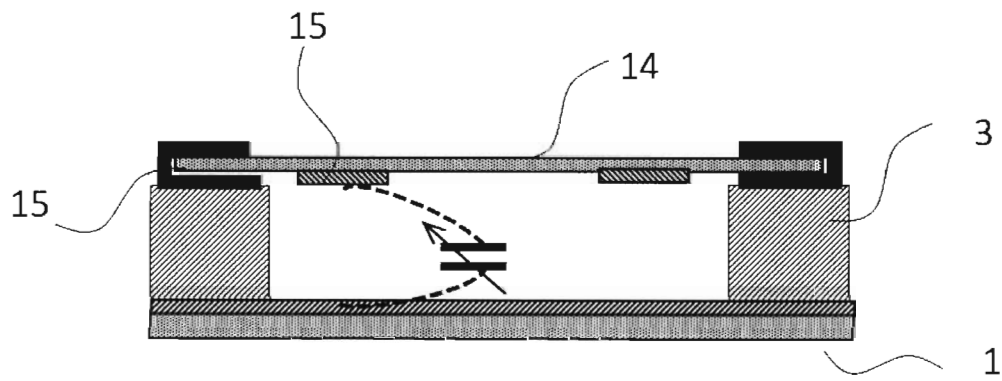


Figura 8

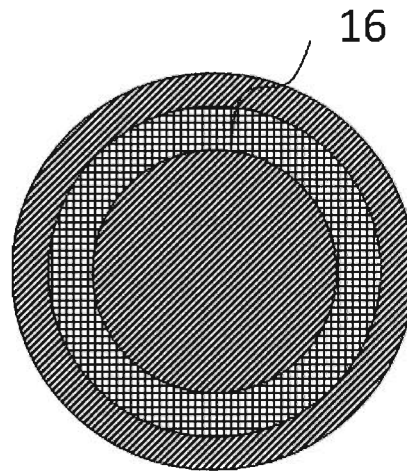


Figura 9

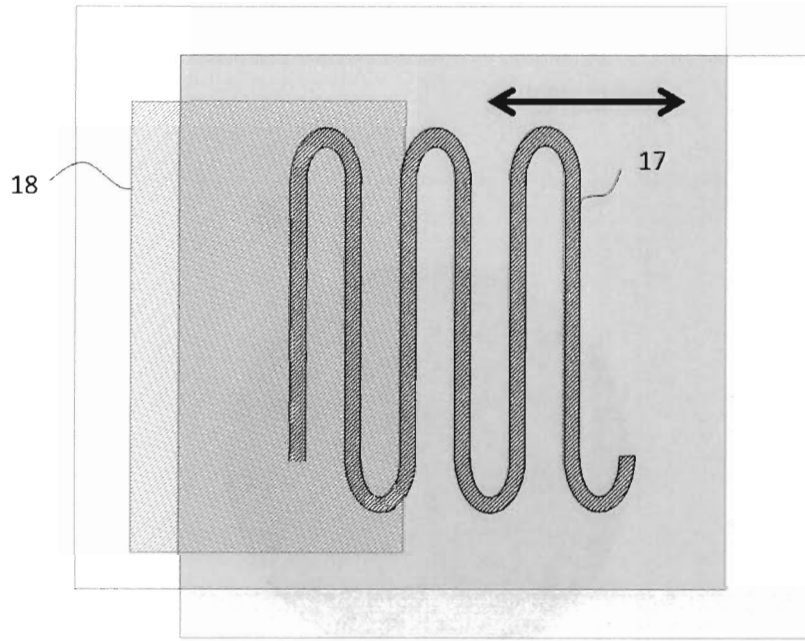
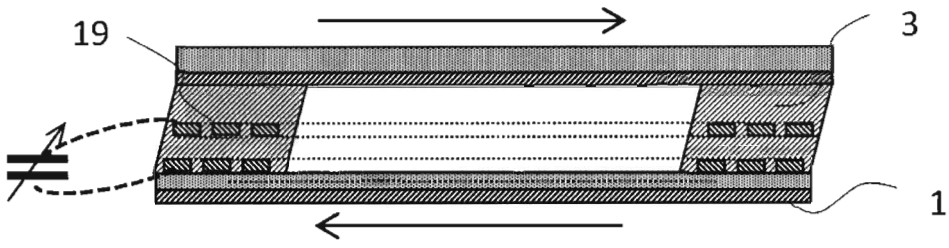
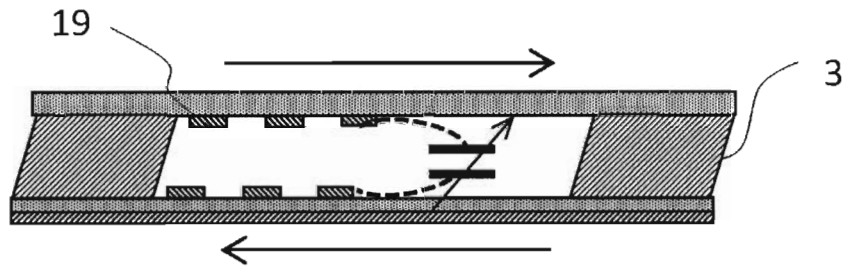


Figura 10

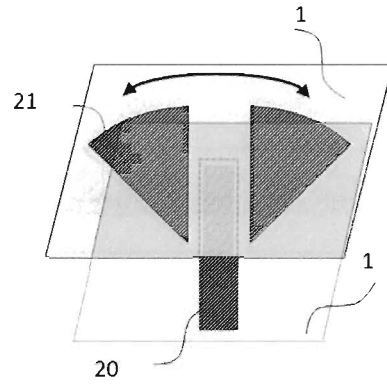


(a)

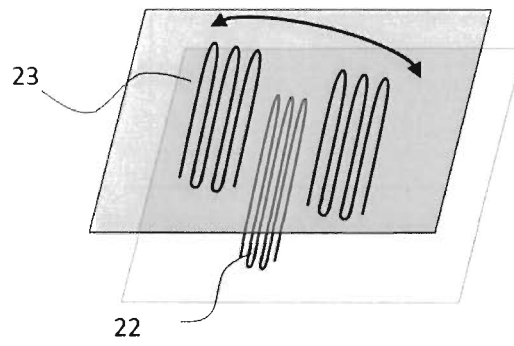


(b)

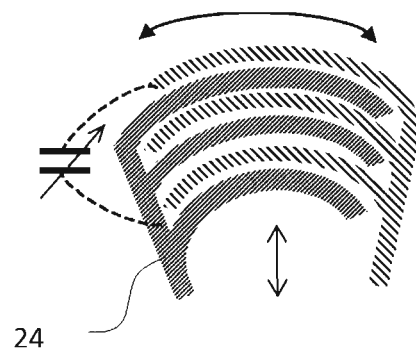
Fig. 11



(a)



(b)



(c)

Figura 12