



(12)

CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2015 00110**

(22) Data de depozit: **17/02/2015**

(41) Data publicării cererii:
30/08/2016 BOPI nr. **8/2016**

(71) Solicitant:
• **UNIVERSITATEA TEHNICĂ
"GHEORGHE ASACHI" DIN IAȘI,**
BD.PROF.D.MANGERON NR.67, IAȘI, IS,
RO

(72) Inventatori:
• **FOȘĂLĂU CRISTIAN-IOAN,**
ȘOS. NICOLINA NR. 54, BL. 977A, ET. 6,
AP. 16, IAȘI, IS, RO;
• **ZET CRISTIAN,** STR. CLOPOTARI NR. 36,
BL. 671, SC. C, ET. 3, AP. 13, IAȘI, IS, RO;
• **PETRIȘOR DANIEL,** SAT RĂCHIȚENI,
COMUNA RĂCHIȚENI, IS, RO

(54) **TRADUCTOR DE DEFORMAȚIE DE ÎNALTĂ SENSIBILITATE**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un traductor de deformare de tip marcă tensometrică, ce lucrează pe principiul modificării impedanței unui fir magnetic amorf, sub acțiunea unei deformări axiale. Traductorul conform invenției este constituit dintr-un suport (2) izolator, din folie placată cu cupru, pe care sunt decupate, prin corodare, niște contacte (1) electrice de care sunt lipite niște fire (5) magnetice amorse, nemagnetostriective, orientate după o direcție paralelă cu direcția deformăției, care sunt legate în serie și lipite cu un adeziv acrilic de suportul (2) izolator, pe toată lungimea lor, și ale căror capete sunt legate la niște terminale (3), întregul ansamblu fiind acoperit cu o folie (4) protectoare, din material plastic.

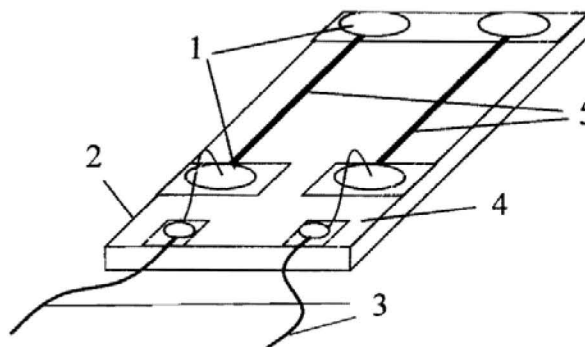


Fig. 1

Revendicări: 1
Figuri: 3



TRADUCTOR DE DEFORMAȚIE DE ÎNALTĂ SENSIBILITATE

DESCRIEREA INVENȚIEI

24

OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI
Cerere de brevet de invenție
Nr. <u>a. 2015.00110</u>
Data depozit <u>1.7.-02-2015</u>

Invenția se referă la un traductor de deformare format dintr-un senzor de tip marcă tensometrică de înaltă sensibilitate, destinat măsurării deformărilor foarte mici ale unor suprafețe plane sau curbate, atunci când marca este lipită pe suprafața a cărei deformare se dorește a fi măsurată și un circuit de prelucrare a semnalului cu ieșire în frecvență.

Sunt cunoscute la ora actuală două tipuri de mărci tensometrice disponibile comercial, care funcționează după două principii: cel al modificării cu deformarea a rezistenței unui fir sau a unei pelicule metalice și cel al modificării cu deformarea a rezistenței unui filament semiconductor de tip piezorezistor. În prima variantă, un fir metalic, de obicei din constantan este lipit pe un suport izolator, de regulă hârtie sau folie de polimer, ansamblul constituind o marcă tensometrică. Există de asemenea posibilitatea de a depune unul sau mai multe straturi metalice pe un suport izolator, acestea straturi fiind de asemenea sensibile la deformări prin modificarea rezistenței lor cu deformarea. În cea de a doua variantă, elementul piezorezistiv este difuzat într-un strat de siliciu, care este lipit direct pe suprafața de măsurat. Dacă definim constanta mărcii tensometrice variația relativă a rezistenței raportată la deformare, mărcile metalice au o constantă de aproximativ 2, pe când mărcile semiconductoare au constanta de câteva zeci, până în 200. De asemenea, mărcile metalice sunt relativ insensibile la variațiile cu temperatura, pe când mărcile semiconductoare au coeficienți ridicați de variație cu temperatura și sunt neliniare.

În literatură există de asemenea raportate soluții constructive pentru traductoare de deformare ce utilizează materiale magnetice amorfe, însă acestea nu se produc pe scară largă, nefiind disponibile comercial. Materialele magnetice amorfe, care se mai numesc și sticle magnetice, pot fi de două feluri: cu magnetostricțiune ridicată și nemagnetostrictive. În principiu, aliajele amorfe se produc prin topirea unui amestec format dintr-unul sau mai multe metale de bază (Fe, Co, Cu, Mb, Ni), Si și B în diferite proporții și apoi răcirea rapidă a amestecului, astfel încât structura nanocristalină să nu aibă timp să se formeze. Se produc sub formă de fire sau benzi de dimensiuni submilimetrice, dar și sub formă de bare, miezuri, diafragme, etc.

Firele magnetice amorfe sunt produse prin metoda răcirii rapide în strat rotativ de apă, așa cum este descrisă în brevetul US4523626. Prin această metodă, materialul, un aliaj pe bază de Fe și Co este topit într-un cuptor cu inducție, după care este împins sub presiune

printr-un ajutoraj de cuarț într-un strat de apă rece ce se rotește pe partea interioară a unui tambur. Prin răcirea rapidă în stratul de apă, aliajul capătă o structură internă amorfă și proprietăți care-i conferă o serie de efecte cum ar fi: efectul Barkhausen larg, efectul Wiedemann, efectul Matteucci, efectele de magnetoimpedanță și de stresimpedanță.

Efectul de stresimpedanță este specific firelor magnetice amorfe nemagnetostriective cu compoziția $\text{Co}_x\text{Fe}_y\text{Si}_z\text{B}_t$ și constă în modificarea impedanței unui fir magnetic amorf parcurs de un curent alternativ de o anumită frecvență aflat sub acțiunea unui efort mecanic axial sau de torsiune. Variația de impedanță se face după relația:

$$\underline{Z} = \frac{r}{2\sqrt{2\rho}} R_{dc}(1+j)\sqrt{\omega\mu_{\Phi}(H_x, \xi, \sigma)}$$

unde r este raza firului, ρ este rezistivitatea, R_{dc} este rezistența în curent continuu, ω este pulsația curentului alternativ ce străbate firul, μ_{Φ} este permeabilitatea circulară, H_x este intensitatea câmpului magnetic orientat axial față de fir, iar ξ și σ sunt eforturile torsional și axial. Relația de mai sus este valabilă pentru frecvențe ale curentului alternativ ce străbate firul mai mari de 100 kHz.

Brevetul nr. US4785671 descrie un senzor sensibil la deformare ce utilizează aliaje magnetice amorfe de tip magnetostriectiv. Acesta este constituit din două bobine între care se găsește materialul amorf magnetostriectiv sub formă de folie, având formula $\text{Fe}_a\text{Cr}_b\text{Si}_c\text{B}_d$, care este supus deformării. Una din bobine generează un flux magnetic ce străbate folia magnetică și care este detectat de cea de a doua bobină. Prin deformarea foliei, se produce modificarea fluxului magnetic datorită modificării permeabilității prin efect magnetostriectiv, ducând la modificarea semnalului detectat de cea de a doua bobină. Acest senzor are dezavantajul gabaritului destul de mare și a monturii complicate pe suport datorită condițiilor speciale impuse de bobine.

Brevetul US7913569 prezintă un senzor asemănător, însă la care bobina de excitație este alimentată cu o frecvență apropiată de frecvența de rezonanță a sistemului, pentru obținerea semnalului maxim în bobina detectoare și astfel o sensibilitate crescută. În această invenție sunt propuse mai multe soluții de construcție a bobinelor sub formă plată, de o parte și de alta a foliei magnetostriective, reducându-se astfel gabaritul dispozitivului. Dezavantajul este că bobina receptoare conține relativ puține spire, semnalul detectat fiind de nivel scăzut, cu un raport semnal-zgomot redus.

Soluția tehnică constă într-o alternativă la traductoarele de deformare de tip marcă tensometrică existente, la care elementul sensibil este constituit din fire magnetice amorfe nemagnetostriective care, prin fenomenul de stresimpedanță, conferă dispozitivului o

sensibilitate foarte mare la deformare și al cărui circuit de prelucrare a semnalului prezintă ieșire în frecvență.

Traductorul de deformare de tip marcă tensometrică, conform invenției, este alcătuit dintr-o folie de poliamidă sau alt material izolator de formă dreptunghiulară, pe care sunt lipite fire paralele din material magnetic amorf cu compoziția $\text{Co}_a\text{Fe}_b\text{Si}_c\text{B}_d$, cu magnetostricțiune redusă, fire care sunt conectate electric în serie, formând un conductor ale căror capete sunt disponibile la niște contacte prin care dispozitivul este introdus în circuitul de măsurare.

Traductorul de deformare, conform invenției, prezintă următoarele avantaje:

- construcție simplă și preț de cost redus;
- permite obținerea unei constante pentru marca tensometrică mai mare de 2.000 pentru un domeniu liniar de până la 200 ppm, mult superioară față de constantele mărcilor metalice sau semiconductoare.

În continuare se dă un exemplu de realizare a traductorului de deformare de tip marcă tensometrică, împreună cu o variantă de circuit de prelucrare a semnalului cu ieșire în frecvență, în legătură cu fig. 1 ... 3, care reprezintă:

- fig. 1, o schemă a senzorului de tip marcă tensometrică, conform invenției;
- fig. 2, o caracteristică de transfer a mărcii tensometrice;
- fig. 3, circuit de prelucrare a semnalului cu ieșire în frecvență.

Traductorul de deformare de tip marcă tensometrică, conform invenției, în exemplul de realizare din schema din fig. 1, este format dintr-un suport dreptunghiular din material izolator 2, de exemplu folie de poliimidă placată cu cupru, de 0,6 mm grosime, 25 mm lungime și 14 mm lățime, pe care se decupează prin corodare contactele electrice din cupru 1, pe care se lipesc două fire magnetice amorfice 5 de compoziție $(\text{Co}_{94}\text{Fe}_6)_{72,5}\text{Si}_{12,5}\text{B}_{15}$, lungime de 20 mm și diametru de 122 μm , orientate paralel cu lungimea suportului. Firele magnetice amorfice 5 sunt legate electric în serie, fiind lipite pe toată lungimea lor de suportul izolator 2 cu adeziv acrilic, iar capetele se contactează la terminalele 3. Peste întregul ansamblu se lipește folia protectoare 4, care are rolul și de echilibrare a tensiunilor mecanice suplimentare asupra firelor provocate de lipirea lor pe suportul izolator.

Fig. 2 prezintă caracteristica de transfer a mărcii tensometrice, reprezentată de dependența $Z(\epsilon)$, unde Z este impedanța mărcii măsurată atunci când aceasta este parcursă de un curent alternativ sinusoidal de frecvență 1 MHz și intensitate 5 mA, iar ϵ este deformarea axială definită ca:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} 10^6 \text{ [ppm]}$$

exprimată în părți pe milion (ppm), unde Δl este alungirea absolută a firului sub acțiunea deformației, iar l_0 este lungimea lui inițială.

Se observă din caracteristică, în acest exemplu, că marca prezintă o liniaritate bună, sub 1 %, pentru un domeniu de aproximativ ± 200 ppm, având o constantă $k = 2078$, unde k este dată de relația

$$k = \frac{\Delta Z / Z_0}{\varepsilon}$$

Circuitul de prelucrare a semnalului cu ieșire în frecvență, prezentat în fig. 3, conține marca tensometrică activă de impedanță Z_s , legată în serie cu o marcă identică, de impedanță Z_p , pasivă, nesupusă deformației și care este plasată în apropierea mărcii active și paralelă cu aceasta, care are rolul de compensare a influenței câmpurilor magnetice parazite, inclusiv cel al Pământului, știut fiind faptul că firele magnetice amorfe sunt foarte sensibile la câmpuri magnetice. Cele două mărci, activă și pasivă, sunt alimentate de curentul alternativ furnizat de ieșirea unui oscilator controlat în tensiune, OCT, a cărei frecvență de oscilație este dependentă liniar de tensiunea furnizată de un detector de valori de vârf, DVV, care transformă tensiunea alternativă culeasă de pe senzorul activ, în tensiune continuă proporțională cu valoarea de vârf a acesteia. Astfel, frecvența de oscilație a OCT, care este și mărimea de ieșire din circuit, f_{out} , este dependentă de tensiunea culeasă de pe senzorul activ, care la rândul ei este dependentă de valoarea impedanței acestuia, deci de deformație.

REVENDICARE

Traductor de deformăție de tip marcă tensometrică ce lucrează pe principiul modificării impedanței unui fir magnetic amorf sub acțiunea unei deformății axiale, **caracterizat prin aceea că** este constituit dintr-un suport izolator din folie placată cu cupru (2), pe care sunt decupate prin corodare contactele electrice (1) de care sunt lipite firele magnetice amorfe nemagnetostriptive (5), orientate după o direcție paralelă cu direcția deformăției, care sunt legate electric în serie, care sunt lipite cu adeziv acrilic de suportul izolator pe toată lungimea lor și ale căror capete sunt legate la terminalele dispozitivului, întregul ansamblu fiind acoperit cu o folie protectoare din material plastic.

DESENE

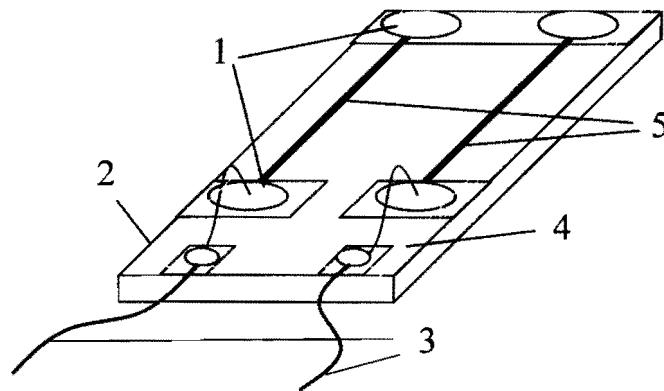


Fig. 1

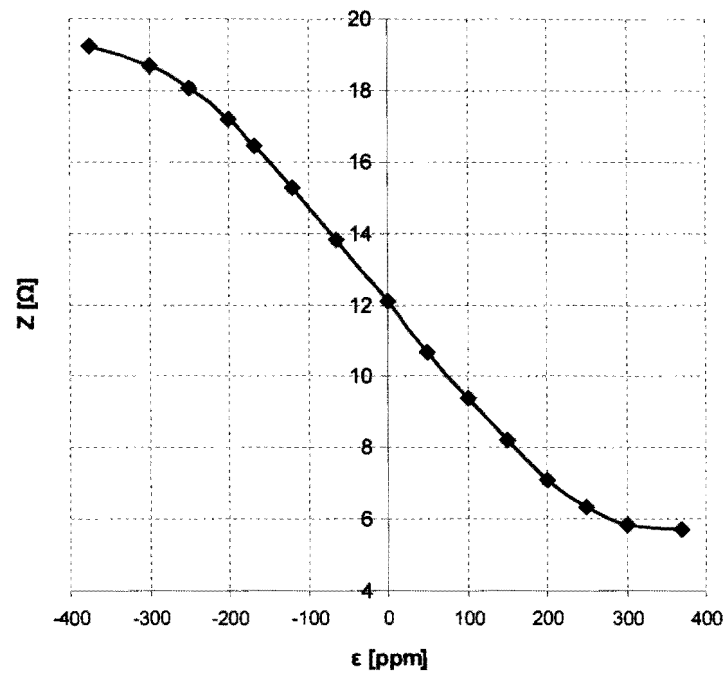


Fig. 2

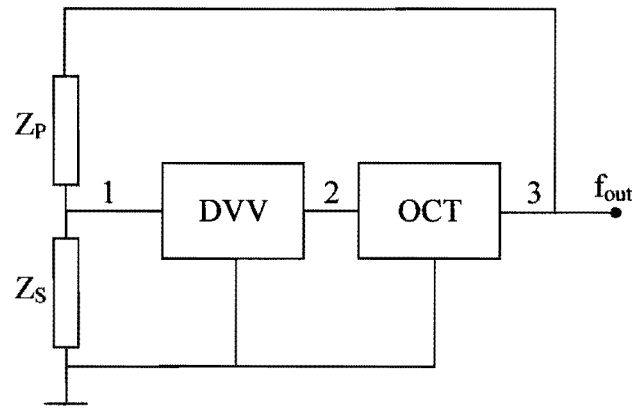


Fig. 3