



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2017 00422**

(22) Data de depozit: **26/06/2017**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **29/11/2023** BOPI nr. **11/2023**

(41) Data publicării cererii:
28/12/2018 BOPI nr. **12/2018**

(73) Titular:
• **UNIVERSITATEA "ALEXANDRU IOAN
CUZA" DIN IAȘI, BD. CAROL I, NR. 11,
IAȘI, IS, RO**

(72) Inventatori:
• **TUFESCU FLORIN MIHAI, STR. TEODOR
CODRESCU NR. 17, IAȘI, IS, RO;**
• **MITOSERIU LILIANA, STR. BUJORILOR,
NR. 5, VALEA LUPULUI, IS, RO;**

• **CIOMAGA CRISTINA-ELENA,
STR. CERNA, NR. 6A, BL. A2, SC. A, AP. 40,
IAȘI, IS, RO;**
• **LUPU NICOLETA, ȘOS. NAȚIONALĂ
NR. 42 B, BL. A 1, SC. D, ET. 4, AP. 3, IAȘI, IS,
RO;**
• **POP MIHAI VALENTIN, STR. VARNAV
NR. 2, SC. C, ET. 4, AP. 19, BOTOȘANI, BT,
RO;**
• **TUFESCU FLORIN,
STR. TEODOR CODRESCU NR. 17, IAȘI, IS,
RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:
**US 4769599 (A); US 6809516 (B1);
US 2016003924**

(54) **SENZOR DE CÂMP MAGNETIC VARIABIL CU STRUCTURĂ
MAGNETOELECTRICĂ STRATIFICATĂ DIN CERAMICĂ
DE $Pb(Zr,Ti)O_3$ ȘI MICROBENZI DIN $Fe_{78}Si_9B_{13}$**



RO 133010 B1

1 Inventția se referă la un senzor de câmp magnetic variabil cu structură magneto-
2 electrică stratificată constituit dintr-un disc ceramic cu proprietăți piezo/feroelectrice prevăzut
3 cu doi electrozi pe fețe, pe una dintre ele fiind atașate microbenzi feromagnetice. Această
4 structură este introdusă într-o capsulă cilindrică din material diamagnetic cu rol de ecranare
5 electromagnetică și protecție mecanică și poate detecta variații de câmp magnetic prin
6 apariția unei tensiuni electrice măsurate între electrozi.

7 Sunt cunoscute diferite metode și dispozitive pentru detecția câmpului magnetic
8 variabil. De obicei se folosesc bobine sau elemente semiconductoare de tip Hall care
9 necesită alimentare electrică și amplificare.

10 Din **US 4769599** se cunoaște un magnetometru foarte sensibil ce folosește un miez
11 de metal amorf magnetostrictiv Metglas 2605S2 (denumire comercială pentru $\text{Fe}_{78}\text{Si}_9\text{B}_{13}$) și
12 un substrat piezoelectric PZT. În prezența unui câmp magnetic extern, magnetizarea miezu-
13 lui magnetostrictiv variază în raport cu solicitarea indusă. Amplitudinea variațiilor de magneti-
14 zare este proporțională cu puterea câmpului extern și este sesizată de o înfășurare de
15 captare dispusă în jurul miezului magnetostrictiv.

16 Problema tehnică pe care o rezolvă invenția este reducerea dimensiunilor senzorului
17 și obținerea rezoluții mari în detecția câmpurilor magnetice variabile cu structuri complexe.

18 Senzorul conform invenției este un dispozitiv bazat pe recuperare de energie („energy
19 harvesting”) și generează o tensiune electrică suficient de mare pentru înregistrare directă,
20 la variația câmpului magnetic. Senzorul este constituit dintr-un disc din ceramică cu
21 compoziția 2% Nb-PZT52/48 cu proprietăți piezoelectrice, având electrozi metalici depuși pe
22 fețe, cu fire de conexiune, pe una din fețe având lipite cu un adeziv epoxidic termodur
23 microbenzi feromagnetice din $\text{Fe}_{78}\text{Si}_9\text{B}_{13}$, distanțate între ele cu un pas egal cu lățimea
24 microbenzilor, întregul ansamblu fiind introdus într-o capsulă metalică cilindrică, între două
25 șaibe elastice din cauciuc, astfel că în prezența unui câmp magnetic variabil, la firele
26 conectate la electrozi se măsoară o tensiune generată de interacțiunea câmpului magnetic
27 cu senzorul magnetoelectric. Pentru a se reduce influența perturbațiilor electrice externe,
28 discul ceramic cu benzi este introdus într-o capsulă metalică din aluminiu cu rol de ecran
29 electromagnetic care se conectează la masa electrică a sistemului de măsurare; capsula
30 având o tijă pentru fixarea mecanică a senzorului în sistemul analizat.

31 Se dă în continuare un exemplu de realizare al senzorului propriu-zis în legătură cu
32 fig. 1 ce prezintă structura acestuia:

33 Ceramica piezo/feroelectrică folosită este un perovskit $\text{PbZr}_x\text{Ti}_{1-x}\text{O}_3$ - PZT, material
34 cunoscut pentru proprietățile sale piezo/feroelectrice excelente, având și o temperatură Curie
35 ridicată ($T_{\text{Curie}} = 386^\circ\text{C}$). Sistemul PZT cu $x = 0,52$ (PZT52/48) dopat cu ioni donori duce la
36 obținerea unui material piezoelectric moale („soft”) care prezintă proprietăți piezoelectrice
37 superioare și o creștere notabilă a permitivității dielectrice față de compoziția nedopată.
38 Dintre compozițiile PZT moi, PZT dopat cu Nb este sistemul cel mai mult studiat datorită
39 caracteristicilor sale, și este utilizat în aplicații ce necesită coeficienți piezoelectrice ridicați.
40 Ceramica matrice, utilizată în această invenție este $\text{PbZr}_x\text{Ti}_{1-x}\text{O}_3$ cu $x = 0,52$ dopată cu Nb
41 (2%) (PZTN) care a fost preparată prin metoda reacției în stare solidă folosind ca reactivi:
42 PbO (Aldrich 203610, puritate 99,9%), ZrO_2 (Aldrich 230693), TiO_2 (Aldrich P25) și Nb_2O_5
43 (Aldrich 208515, 99,99%). Precursorii au fost omogenizați prin măcinare în apă distilată, timp
44 de 48 h și apoi calcinați la 850°C timp de 4 h. Pulberile calcinate au fost amestecate în etanol
45 timp de 120 h și apoi uscate. Pulberea obținută a fost presată izostatic la 2500 bar în formă
46 de discuri și apoi sinterizate la 1200°C timp de 2 h. Ceramica feroelectrică PZTN prezintă o
47 structură de perovskit cu fază predominant tetragonală și prezintă următoarele proprietăți
48 electro/piezoelectrice: constantă dielectrică $\epsilon \sim 1600$ (la frecvența de 1 kHz) și constanta
49 piezoelectrică $d_{33} \sim 445 \times 10^{-12}$ m/V (la frecvența de 10 Hz).

RO 133010 B1

Aliajul $Fe_{78}Si_9B_{13}$ din care s-a obținut banda metalică, este format prin topirea elementelor chimice componente Fe, Si, B, prin inducție electromagnetică într-un cuptor cu atmosferă de argon. Aliajul se introduce într-un tub de cuarț cu diametrul $d_t = 12$ mm, așezat pe direcție verticală deasupra unui disc din cupru cu diametrul $D_d = 26$ cm, care se rotește în plan vertical. Distanța dintre vârful tubului și suprafața discului din cupru este menținută la valoarea $d = 0,15$ mm. Tubul din cuarț are în partea inferioară un orificiu circular cu diametrul $\Phi = 0,8$ mm. În partea superioară tubul este conectat la un sistem de introducere a unui gaz inert la presiune controlată. Ansamblul tub-disc se află într-o incintă vidată la presiunea de 2×10^{-4} mbar. Înainte de topirea aliajului, se introduce în incintă gaz inert pentru a se realiza o depresiune de valoare absolută $P = 0,5$ bar sub presiunea atmosferică.

Aliajul din tubul de cuarț este introdus într-un solenoid conectat la un generator de medie frecvență și se topește prin inducție electromagnetică. Când aliajul ajunge la temperatura de topire, se aplică o suprapresiune de gaz inert, numai în interiorul tubului, de valoare $p = 0,19$ bar, măsurată față de presiunea P din incintă. Topitura este împinsă sub acțiunea gazului introdus și este ejectată prin orificiul din vârful tubului, sub forma unui jet de topitură incident pe suprafața exterioară a discului de răcire din cupru aflat în rotație cu viteza tangențială $V_t = 25$ m/s.

La impactul cu discul de răcire aflat în rotație se formează inițial o baie lichidă staționară cu forma și dimensiune egală cu cea a orificiului din vârful tubului. Din această baie lichidă se formează banda metalică solidificată de lățime, $L = 800 \mu m \pm 20 \mu m$, și grosime, $G = 21 \mu m \pm 2 \mu m$, printr-un efect de tragere ca urmare a rotației discului de cupru. Banda se desprinde de pe disc sub efectul forței centrifuge.

Banda $Fe_{78}Si_9B_{13}$ obținută prin metoda descrisă are o structură complet amorfă și prezintă următoarele proprietăți magnetice: câmp magnetic coercitiv $H_c = 0,95$ Oe și magnetizație de saturație $M_s = 193$ eMu/g. Magnetostricțiunea a fost măsurată prin metoda Small Angle Magnetization Rotation (SAMR), la un câmp magnetic maxim aplicat de 135 Oe și s-a obținut $\lambda_{s,mediu} = 34,65$ ppm.

Ceramica de PZTN are forma de disc cu fețe plan paralele (1), cu diametrul de 14 mm și grosimea de 1,5 mm. Pe fețele discului sunt depuși prin pulverizare în vid electrozii (2) și (3) din Ag, având grosimea de 0,1 mm. Pe electrodul (2) se lipesc cu adeziv dur 4 microbenzi, (4), din $Fe_{78}Si_9B_{13}$, cu lățimea de 800 μm , grosimea de 21 μm și lungimea de 7 mm la o distanță între ele de 0,8 mm. De electrozi sunt lipite două fire de conexiune (5), cu diametrul de 0,1 mm. Întreg ansamblul este introdus într-o capsulă metalică din aluminiu (6), între două șaibe elastice din cauciuc (7). Capsula metalică este prevăzută cu o tija (8), pentru fixare în sistemul de măsură. Firele de conexiune la electrozi sunt scoase în exterior prin două orificii existente în partea posterioară a capsulei. Firul de la electrodul (3) se conectează la capsula metalică (6) și la masa electrică generală, iar firul de la electrodul (2) se ecranează electric și se conectează la intrarea sistemului de măsură.

În prezența unui câmp magnetic variabil de inducție B , prin interacțiunea acestuia cu benzile magnetice apar forțe magnetostrictive care produc deformarea benzilor magnetice. Prin contact mecanic direct, această deformare se transmite materialului ceramic de PZT. Datorită proprietăților piezoelectrice ale acestuia, se generează o tensiune electrică în ceramica de PZT între electrozi, adică se obține un răspuns electric la o acțiune magnetică (efect magnetoelectric). Măsurarea acestei tensiuni indică prezența unui câmp magnetic variabil și permite analiza modului de evoluție al acestuia precum și stabilirea depășirii unor praguri de câmp magnetic fixate.

RO 133010 B1

- 1 Măsurătorile și testele efectuate în diferite configurații de lucru au indicat o sensibilitate ridicată a senzorului, acesta generând tensiuni cuprinse între $10 \text{ mV}_{\text{VV}}$ și $250 \text{ mV}_{\text{VV}}$, în
- 3 funcție de mărimea câmpului magnetic variabil, valoarea inducției magnetice de activare fiind de $0,1 \text{ mT}$.
- 5 În concluzie, prin combinarea caracterului piezoelectric al ceramicii de PZT cu cel
- 7 magnetostrictiv al benzilor amorfe, în configurația propusă se poate obține un senzor magnetoelectric cu dimensiuni reduse pentru câmp magnetic variabil, cu sensibilitate ridicată.

RO 133010 B1

Revendicări

- 1 .Senzor pentru detecția câmpului magnetic variabil, **caracterizat prin aceea că**, este constituit dintr-un disc din ceramică cu compoziția 2%Nb-PZT52/48 (1) cu proprietăți piezoelectrice, având electrozi (2) și (3) metalici depuși pe fețe, cu fire de conexiune (5), pe una din fețe având lipite cu un adeziv epoxidic termodur microbenzi (4) feromagnetice din $\text{Fe}_{78}\text{Si}_9\text{B}_{13}$, distanțate între ele cu un pas egal cu lățimea microbenzilor, întregul ansamblu fiind introdus într-o capsulă (6) metalică cilindrică, între două șaibe (7) elastice din cauciuc, astfel că în prezența unui câmp magnetic variabil, la firele conectate la electrozi se măsoară o tensiune generată de interacțiunea câmpului magnetic cu senzorul magnetoelectric. 3
5
7
9
2. Senzor, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că**, pentru a se reduce influența perturbațiilor electrice externe, discul (1) ceramic cu benzi (4) este introdus într-o capsulă (6) metalică din aluminiu cu rol de ecran electromagnetic care se conectează la masa electrică a sistemului de măsurare; capsula (6) având o tijă (8) pentru fixarea mecanică a senzorului în sistemul analizat. 11
13
15

