



(12)

CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2022 00087

(22) Data de depozit: 22/02/2022

(41) Data publicării cererii:
30/06/2022 BOPI nr. 6/2022

(71) Solicitant:
• INSTITUTUL NAȚIONAL DE
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU
FIZICA MATERIALELOR,
STR. ATOMIȘTILOR NR. 405A,
MĂGURELE, IF, RO

(72) Inventatori:
• SOFRONIE MIHAELA, STR.SOLDAT ENE
MODORAN NR.3, BL.M93B, SC.1, ET.3,
AP.17, SECTOR 5, BUCUREȘTI, B, RO;

• POPESCU BOGDAN,
PRELUNGIREA GHENCEA, NR.45, BL.C3,
SC.A, ET.5, AP.33, BRAGADIRU, IF, RO;
• TOLEA FELICIA,
BD.GENERAL VASILE MILEA NR.6, BL.A 4,
AP.36, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO;
• ENCULESCU MARIA-MONICA,
STR.DESPINA DOAMNA NR.20,
CURTEA DE ARGEȘ, AG, RO

(54) **MATERIAL MAGNETIC CU MEMORIA FORMEI PE BAZĂ
DE NICHEL, MANGAN, GALIU, COBALT SUB FORMĂ
DE BENZI METALICE SOLIDIFICATE ULTRARAPID DIN
TOPITURĂ ȘI PROCEDEU DE OBȚINERE A LUI**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la materiale magnetice cu memoria formei sub formă de benzi metalice pe bază de Ni - Mn - Ga cu și fără dopaj de Co și la un procedeu de obținere a acestora, materialele fiind utilizate ca elemente active în micropompe integrate în sisteme fluidice portabile pentru transportul volumelor fluidice de ordinul nanolitrilor și picolitrilor. Materialele conform invenției au o structură martensitică puternic texturată și următoarea compoziție exprimată în procente atomice:

a) $Ni_{49}Mn_{29}Ga_{20}Co_3$, cu câmp magnetic de comutare de 0,073 T, coercitivitate de 0,0064 T, magnetizare de 65,87 emu/g la 1 T și deformare de 49×10^{-6} în câmp magnetic multidirecțional radial de 0,4 T, și

b) $Ni_{49}Mn_{32}Ga_{19}$, cu câmp magnetic de comutare de 0,047 T, coercitivitate de 0,028 T, magnetizare de 40,63 emu/g la 1 T și deformare de 36×10^{-6} în câmp magnetic multidirecțional radial de 0,4 T, toate valorile fiind măsurate la temperatura ambiantă de

20°C. Procedeu conform invenției constă în topirea, repetată de patru ori, a metalelor constituate cu puritatea de 99,99% într-un cuptor electric cu arc, în atmosferă protectoare de Ar cu puritatea de 99,99% pentru a asigura omogenitatea materialului, urmată de retopirea aliajelor în tuburi de cuarț poziționate între spirele inductorului prin care circulă curentul de radiofrecvență și ejectarea acestora, cu o suprapresiune de 0,45 atm de Ar de puritate 99,99%, prin fanta dreptunghiulară a acestuia de 3 mm lungime și 1 mm lățime, direct pe tamburul rotitor de Cu răcit cu apă pentru solidificare ultrarapidă, urmat de un tratament termic timp de 1 oră, la o temperatură de 400°C, în atmosferă vidată de 10^{-6} mbar.

Revendicări: 3
Figuri: 4

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).



OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI	
Cerere de brevet de invenție	
Nr.	a 2022 om 87
Data depozit ... 22-02-2022	

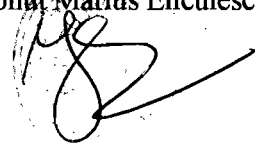
DESCRIERE:

Titlul: MATERIAL MAGNETIC CU MEMORIA FORMEI PE BAZA DE NICHEL, MANGAN, GALIU, COBALT SUB FORMA DE BENZI METALICE SOLIDIFICATE ULTRARAPID DIN TOPITURA ȘI PROCEDEU DE OBTINERE A LUI

Prezenta invenție se referă la prepararea unor materiale magnetice cu memoria formei sub formă de benzi metalice pe bază de Ni-Mn-Ga cu și fără dopaj de Co, prin procedeul descris conform invenției. Aceste benzi magnetice cu memoria formei sunt destinate utilizării lor ca elemente active în micropompe integrate în sisteme multifluidice portabile, cu scopul generării transportului de volume fluidice de ordinul nanolitrilor și picolitrilor. Cerințele privind tehnologiile microfluidice emergente au generat un interes puternic în dezvoltarea dispozitivelor portabile, cum ar fi diagnosticarea apropiată punctului de îngrijire, sistemele de analiză micrototală și laboratorul-on-a-chip. Pentru a realiza pe deplin un dispozitiv microfluidic portabil, componentele acestuia trebuie să fie încorporate în dispozitiv cu o dependență minimă de componentele externe. Micropompele, ca elemente constitutive, au primit recent o deosebită atenție ca urmare a posibilității utilizării ca element principal a unui material feromagnetic cu memoria formei pe bază de Ni-Mn-Ga, care poate dezvolta deformări în urma acțiunii unui câmp magnetic multidirecțional radial, fără contact direct.

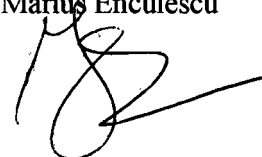
Într-un articol din 2012 (K. Ullakko, L. Wendell, A. Smith, P. Müllner, G. Hampikian, "A magnetic shape memory micropump: contact-free, and compatible with PCR and human DNA profiling", *Smart Mater. Struct.* 21 (2012) 115020 (10pp)) se propune utilizarea, ca element activ într-o micropompă cu design simplu și piese minime, a unui monocristal (20 mm x 2.5 mm x 1 mm) feromagnetic cu memoria formei pe bază de Ni-Mn-Ga, care dezvoltă deformări induse magnetic, ca urmare a rearanjării structurilor îngemănate specifice martensitei (variante). Prin aplicarea unui câmp magnetic localizat (0.6 T) pe secțiunea transversală a monocristalului, deformarea poate fi controlată și manipulată cu precizie, ceea ce permite elementului activ să pompeze fluid în ambele direcții atunci când un magnet cilindric magnetizat radial este rotit la 1000 rpm (volumul de fluid total pompat de 4,2 $\mu\text{L/s}$ la o precizie de 0,26 μL pentru volumul contracției în secțiunea transversală dată de deformarea în câmp magnetic). Monocristalul este comprimat astfel încât axa cristalografică scurtă (*c*) a variantelor cristalografice să fie aliniată în lungul materialului și apoi fixat pe o lamă de microscop din sticlă prin aplicarea epoxidică la capete. Volumul aproximativ al fiecărei contracții în monocristal este calculat pe baza ariei contracției înregistrate de un profilometru optic. Într-un articol din 2014 (A. Smith, J. Tellinen, P. Müllner, K. Ullakko, "Controlling twin variant configuration in a constrained Ni-Mn-Ga sample using local magnetic fields, *Scripta Materialia* 77 (2014) 68-70) se demonstrează modul în care câmpurile magnetice locale pot fi utilizate pentru a controla cu precizie locația variantelor gemene ale martensitei într-un monocristal Ni-Mn-Ga (20 mm x 2,5 mm x 1 mm), prin reorientarea acestora pe zona de acțiune a câmpului magnetic, ceea ce implică o deformare locală.

Director general INCDFM
Dr. Ionuț Marius Enculescu



Dispozitivele bazate pe reconfigurarea structurii gemene sunt eficiente din punct de vedere energetic, deoarece puterea este consumată doar în timpul procesului de comutare a variantelor de la o configurație la alta. Ulterior, într-un articol din 2015 (A.R. Smith, A. Saren, J. Järvinen, K. Ullakko “**Characterization of a high-resolution solid-state micropump that can be integrated into microfluidic systems**”, *Microfluid Nanofluid* (2015) 18:1255–1263) folosind ca element activ principal monocristalul Ni-Mn-Ga cu compoziția stoichiometrică $\text{Ni}_{50}\text{Mn}_{28}\text{Ga}_{22}$ și un câmp magnetic local (0.6 T) dat de magnetul cilindric magnetizat radial, a fost dezvoltată o micropompă care controlează fluxul într-un sistem microfluidic prin deformarea sub forma de contracție indusă în secțiunea transversală a materialului ferromagnetic cu memoria formei. Grosimea materialului magnetic cu memoria formei constituie un element cheie, ceea ce permite utilizarea materialelor cu grosimi diferite pentru a transporta lichide cu proprietăți diferite. Într-un articol din 2011 (L. Straka, H. Hänninen, A. Soroka, A. Sozinov, “**Ni-Mn-Ga single crystals with very low twinning Stress**”, *Journal of Physics: Conference Series* 303 (2011) 012079) pentru monocristalul $\text{Ni}_{50.2}\text{Mn}_{27.8}\text{Ga}_{22}$ cu structura martensitică modulată la temperatura ambiantă (20°C), s-a demonstrat că o configurație monovariant a monocristalului, indusă pentru obținerea unor deformări mari, poate fi deteriorată cu ușurință, de exemplu prin îndoire, rezultând un monocristal cu variante fine și deformări reduse. Variantele gemene se pot anihila și prin acțiunea stresului extern sau a câmpului magnetic, ceea ce face ca monocristalul monovariant să aibă un răspuns de acționare instabil sau zero. Aceasta este confirmată într-un articol din 2016 (S. Barker, E. Rhoads, P. Lindquist, M. Vreugdenhil, P. Müllner, “**Magnetic Shape Memory Micropump for Submicroliter Intracranial Drug Delivery in Rats**”, *J Med Dev* (2016) 10:041009) prin evidențierea instabilității deformării care permite transportul de fluide pentru tratamentul intracranian al unui șoarece, indicându-se necesitatea unor valori de ordinul nanolitrilor și picolitrilor transportați. Sub acțiunea unui magnet cilindric magnetizat radial (0.6 T) aceste valori necesare implică inducerea unor deformări mici, sub formă de contracție, în secțiunea transversală a materialului magnetic cu memoria formei. Într-un articol din 2016 (O Heczko, P. Veřtát, M. Vronka, V. Kopecký, O. Perevertov, “**Ni–Mn–Ga Single Crystal Exhibiting Multiple Magnetic Shape Memory Effects**”, *Shap. Mem. Superelasticity* (2016) 2:272–280), temperatura la care monocristalul $\text{Ni}_{50}\text{Mn}_{28}\text{Ga}_{22}$ cu memoria formei prezintă structura martensitică necesară este sub 40°C, iar cea de tranziție feromagnetică (temperatura Curie) este la 80°C. Deși deformarea indusă are valori importante de la câmpuri magnetice de 0,12 T (câmp de comutare) aplicate perpendicular pe suprafața materialului, aceasta este ireversibilă după îndepărtarea câmpului magnetic, ceea ce este un dezavantaj. Pentru câmpurile magnetice peste acest prag, numit “de comutare”, deformarea crește rapid spre valoarea liniară prezisă de modelele termodinamice. Într-un articol din 2006 (J. Gutiérrez, J.M. Barandiarán, P. Lazpitá, C. Seguí, E. Cesari “**Magnetic properties of a rapidly quenched Ni–Mn–Ga shape memory alloy**”, *Sensors and Actuators A* 129 (2006) 163–166) s-a raportat realizarea de

Director general INCDFM
Dr. Ionuț Marius Enculescu



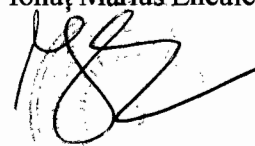
benzi metalice $\text{Ni}_{51}\text{Mn}_{28}\text{Ga}_{21}$ cu memoria formei obținute prin răcire rapidă prin fanta circulară, cu structura martensitică modulată 7M la temperaturi mai mici de 64°C , temperatura Curie la 70°C și magnetizarea de 30 emu/g la 1 T , cu un câmp de comutare la 0.2 T .

Problema tehnică obiectivă pe care urmărește să o rezolve invenția constă în elaborarea prin solidificate ultrarapidă pe tambur rotator, prin fanta dreptunghiulară a unor benzi feromagnetice cu memoria formei de tip Ni-Mn-Ga cu și fără dopaj de Co, aflate în faza martensitică cu structură cristalină modulată (7M) majoritară, textură puternică, câmp de comutare scăzut și deformări reversibile în câmp magnetic multidirecțional radial.

Soluția la această problemă tehnică o reprezintă materialele realizate conform revendicărilor 1, 2 ale invenției care sunt alcătuite din benzi magnetice solidificate ultrarapid pe tambur rotator, prin fanta dreptunghiulară cu compozițiile respectiv: (1) $\text{Ni}_{48}\text{Mn}_{29}\text{Ga}_{20}\text{Co}_3$ cu structura martensitică feromagnetică puternic texturată, câmp magnetic de comutare de 0.073 T , coercitivitate de 0.0064 T , magnetizare de 65.87 emu/g la 1 T și cu deformare de 49×10^{-6} în câmp magnetic multidirecțional radial (0.4 T), măsurate la temperatura ambiantă (20°C); (2) $\text{Ni}_{49}\text{Mn}_{32}\text{Ga}_{19}$ cu structura martensitică feromagnetică puternic texturată, câmp magnetic de comutare de 0.047 T , coercitivitate de 0.028 T , magnetizare de 40.63 emu/g la 1 T și deformare de 36×10^{-6} în câmp magnetic multidirecțional radial (0.4 T), măsurate la temperatura ambiantă (20°C), realizate conform procedurii descris în revendicarea 3 a invenției care constă în primă etapă în topirea repetată (de 4 ori) în cuptor cu arc electric, în atmosferă de argon (puritate 99.9999%) a metalelor constituente (puritate 99.99%), pentru a se asigura omogenitatea materialului conform compozițiilor stoichiometrice dorite. Aliajele retopite apoi în tubului de cuarț aflat între spirele inductorului în care circula curentul de radiofrecvență, au fost ejectate cu o suprapresiune de 0.45 atm argon (puritate 99.9999%) prin fanta dreptunghiulară (lungime 3 mm și lățime 1 mm) a acestuia, direct pe tamburul rotitor de cupru răcit cu apă. Aliajul descris în revendicarea 1 ($\text{Ni}_{48}\text{Mn}_{29}\text{Ga}_{20}\text{Co}_3$) a fost obținut direct prin solidificare ultrarapidă cu fantă dreptunghiulară, iar cel din revendicarea 2 ($\text{Ni}_{49}\text{Mn}_{32}\text{Ga}_{19}$) a fost obținut prin același procedeu de solidificare ultrarapidă cu fantă dreptunghiulară pe tambur rotitor, urmat de tratament termic de 1 h la 400°C , în vid (10^{-6} mbar).

Materialele realizate conform invenției sunt sub formă de benzi metalice cu dimensiuni de $50 - 60 \text{ mm} \times 3 \text{ mm} \times 20 - 25 \mu\text{m}$, având o texturare puternică, suprafața netedă a zonei de contact cu tamburul rotator și o ductilitate îmbunătățită datorită parametrilor tehnici specifici utilizați pentru procesul de solidificare ultrarapidă pe tambur rotitor și a dopării cu 3% at. Co (procente atomice) în aliajele Ni-Mn-Ga. De asemenea, temperatura de existență a structurii martensitice crește la 105°C ($\text{Ni}_{48}\text{Mn}_{29}\text{Ga}_{20}\text{Co}_3$) și 70°C ($\text{Ni}_{49}\text{Mn}_{32}\text{Ga}_{19}$), iar cea corespunzătoare tranziției feromagnetice (temperatura Curie) ajunge la 115°C cu doparea cu 3% at Co a aliajului, în comparație cu cele descrise în articolele de mai sus. Câmpul de comutare, de la care deformările au valori importante, este sensibil scăzut la 0.073 T ($\text{Ni}_{48}\text{Mn}_{29}\text{Ga}_{20}\text{Co}_3$) și 0.047 T ($\text{Ni}_{49}\text{Mn}_{32}\text{Ga}_{19}$) la temperatură ambiantă (20°C), în timp ce în articolele menționate

Director general INCDFM
Dr. Ionuț Marius Enculescu



mai sus valoarea acestuia este de 0.12 T pentru monocristale, respectiv 0.2 T pentru benzi.

Astfel, materialele realizate conform revendicărilor 1 și 2 ale invenției care sunt benzi magnetice solidificate ultrarapid, cu memoria formei de tip Ni-Mn-Ga cu și fără dopaj de Co fiind realizate conform procedurii descris în revendicarea 3 a invenției, prezintă avantaje evidente față de materialele prezentate anterior în literatură și rezolvă problemele tehnice obiective propuse în prezenta descriere a invenției deoarece:

(i) Materialele ce fac obiectul revendicărilor invenției au microstructura columnară texturată în secțiunea transversală care indică orientarea axei scurte cristalografice (*c*) preponderent pe direcția lungimii benzilor, ceea ce induce o deformare prin contracție pe secțiunea transversală sub acțiunea unui câmp magnetic, deci înlocuirea procedurilor multiple necesare prelucrării monocristalelor pentru utilizarea ca elemente active în micropompe.

(ii) Materialele ce fac obiectul revendicărilor invenției își păstrează proprietățile de materiale feromagnetice cu memoria formei pe un interval de temperatură mărit semnificativ, ceea ce le lărgeste domeniul de aplicabilitate.

(iii) Materialele ce fac obiectul revendicărilor invenției au deformări induse magnetic reversibile care sunt măsurate printr-o metodă rapidă, utilizând mărci tensometrice.

(iv) Materialele ce fac obiectul revendicărilor invenției obțin îmbunătățirea ductilității prin doparea cu 3 % at. Co, ceea ce limitează fragilitatea și fracturile în benzi, permițând efectuarea unui număr mare de cicluri în câmp magnetic multidirecțional radial.

(v) Procedul de obținere, care face obiectul revendicării invenției este rapid, simplu și ieftin permițând realizarea unei cantități importante de benzi magnetice cu memoria formei, în comparație cu metoda de obținere a monocristalelor care necesită ulterior tăierea pe direcții cristalografice indicate de difractogramele de raze X, comprimare și electropolizare pentru finalizarea materialului.

Se prezintă în continuare două exemple concrete nelimitative de realizare a invenției, în legătură și cu Figurile 1,2,3,4 care reprezintă:

Figura.1 Imagini de microscopie SEM care indică structura columnară texturată pentru: (a) - benzi magnetice cu memoria formei cu compoziția $\text{Ni}_{48}\text{Mn}_{29}\text{Ga}_{20}\text{Co}_3$ solidificate ultrarapid conform procedurii descris în exemplul 1 și în revendicarea 3 a invenției și care reprezintă materialul descris în revendicarea 1 a invenției, (b) - benzi magnetice cu memoria formei cu compoziția $\text{Ni}_{49}\text{Mn}_{32}\text{Ga}_{19}$ solidificate ultrarapid și tratate termic 1 h la $400\text{ }^\circ\text{C}$ conform procedurii descris în exemplul 2 și în revendicarea 3 a invenției și care reprezintă materialul descris în revendicarea 2 a invenției.

Director general INCDFM
Dr. Ionuț Marius Enculescu

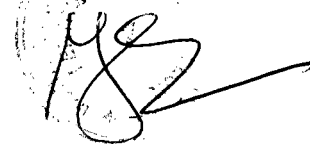


Figura.2 Spectre de difracție de raze X pentru: (a) - benzi magnetice cu memoria formei cu compoziția $\text{Ni}_{48}\text{Mn}_{29}\text{Ga}_{20}\text{Co}_3$ solidificate ultrarapid conform procedurii descris în exemplul 1 și în revendicarea 3 a invenției și care reprezintă materialul descris în revendicarea 1 a invenției, (b) - benzi magnetice cu memoria formei cu compoziția $\text{Ni}_{49}\text{Mn}_{32}\text{Ga}_{19}$ solidificate ultrarapid și tratate termic 1 h la $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ conform procedurii descris în exemplul 2 și în revendicarea 3 a invenției și care reprezintă materialul descris în revendicarea 2 a invenției.

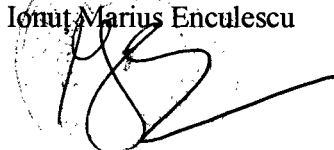
Figura.3 Curbe de histerezis, prima curbă de magnetizare până la 1T (inset sus) și detaliu curbe de histerezis (inset jos) măsurate la temperatura ambiantă pentru: (a) - benzi magnetice cu memoria formei cu compoziția $\text{Ni}_{48}\text{Mn}_{29}\text{Ga}_{20}\text{Co}_3$ solidificate ultrarapid conform procedurii descris în exemplul 1 și în revendicarea 3 a invenției și care reprezintă materialul descris în revendicarea 1 a invenției, (b) - benzi magnetice cu memoria formei cu compoziția $\text{Ni}_{49}\text{Mn}_{32}\text{Ga}_{19}$ solidificate ultrarapid și tratate termic 1 h la $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ conform procedurii descris în exemplul 2 și în revendicarea 3 a invenției și care reprezintă materialul descris în revendicarea 2 a invenției.

Figura.4 Evoluția deformării în câmp magnetic multidirecțional rotit perpendicular pe secțiunea transversală pentru: (a) - benzi magnetice cu memoria formei cu compoziția $\text{Ni}_{48}\text{Mn}_{29}\text{Ga}_{20}\text{Co}_3$ solidificate ultrarapid conform procedurii descris în exemplul 1 și în revendicarea 3 a invenției și care reprezintă materialul descris în revendicarea 1 a invenției, (b) - benzi magnetice cu memoria formei cu compoziția $\text{Ni}_{49}\text{Mn}_{32}\text{Ga}_{19}$ solidificate ultrarapid și tratate termic 1h la $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ conform procedurii descris în exemplul 2 și în revendicarea 3 a invenției și care reprezintă materialul descris în revendicarea 2 a invenției.

Exemplul 1

În primă etapă, se topesc repetat, de patru ori, în cuptorul cu arc electric, în atmosferă de argon (puritate 99.9999%) metalele constituente (puritate 99.99%), pentru a se asigura omogenitatea materialului conform compoziției stoichiometrice dorite, $\text{Ni}_{48}\text{Mn}_{29}\text{Ga}_{20}\text{Co}_3$. Aliajul retopit apoi în tubului de cuarț aflat între spirele înductorului prin care circulă curentul de radiofrecvență, a fost ejectat cu o suprapresiune de 0.45 atm argon (puritate 99.999%) prin fanta dreptunghiulară, cu lungimea de 3 mm și lățimea de 1 mm, direct pe tamburul rotitor de cupru răcit cu apă. Pentru benzile metalice obținute imediat după solidificare ultrarapidă au fost efectuate măsurători de difracție de raze X utilizând un difractometru Rigaku-SmartLab (Rigaku Corporation, Tokyo, Japonia) cu radiație Cu, în geometria Bragg - Brentano și au fost obținute imagini SEM utilizând un microscop electronic Zeiss Evo 50 XVP la temperatura ambiantă (20°C). Imaginile SEM pentru benzile $\text{Ni}_{48}\text{Mn}_{29}\text{Ga}_{20}\text{Co}_3$ solidificate ultrarapid (Figura.1a) obținute în secțiune transversală arată o granulație columnară fină specifică texturării structurii martensitice. Măsurătorile de difracție de raze X pentru benzile $\text{Ni}_{48}\text{Mn}_{29}\text{Ga}_{20}\text{Co}_3$ solidificate ultrarapid (Figura.2a) au arătat prezența majoritară a fazei martensitice cu structura cristalină monoclinică modulată (7M), responsabilă pentru deformări

Director general INCDFM
Dr. Ionuț Marius Enculescu



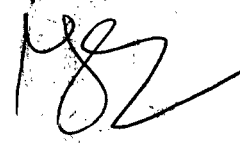
importante și o cantitate mică de fază martensitică cu structură cristalină tetragonală nemodulată (NM) care prezintă deformări reduse în câmp magnetic. Diferența de intensități între picurile spectrelor de raze X obținute pe zona fără contact cu tambutul rotator și zona în contact cu acesta a benzilor magnetice, confirmă texturarea puternică cu orientarea axei cristalografice scurte (c) în lungul benzii. Măsurătorile magnetice de histerezis magnetic (Figura.3a) au fost efectuate cu un aparat MPMS Quantum Design și au indicat un câmp magnetic de comutare de 0.073 T (H_{com}), coercitivitate de 0.0064 T (H_C) și magnetizare de 65.87 emu/g la 1T, măsurate la temperatura ambiantă (20 °C). Măsurătorile de deformări induse (Figura.4a) în câmp magnetic multidirecțional radial (0.4 T) au indicat valori maxime ale deformărilor 49×10^{-6} pentru acțiunea perpendiculară a câmpului magnetic pe secțiunea transversală a materialului la temperatura ambiantă (20 °C). Pentru aceste măsurători s-a folosit metoda mărcilor tensometrice în care s-a fixat o marcă tensometrică (1-LY11-1.5/120, HBM) cu adeziv (Z70, HBM) de întărire rapidă (1minut) pe suprafața netedă și în lungul benzilor magnetice indicate la revendicarea 1. Banda magnetică se fixează la capete cu adeziv epoxidic cu întărire rapidă, centrat pe o lamă de microscop (26 x 76 x 1.2 mm), astfel încât marca tensometrică măsoară contracția indusă de variația câmpului magnetic multidirecțional al unui magnetul cilindric magnetizat radial (NdFeB, N52, $\varnothing 20 \times 100$ mm, densitate de câmp magnetic 0.4 T) rotit cu o frecvență de 2 Hz sub secțiunea transversală, perpendicular pe planul benzii magnetice cu memoria formei. Ca urmare a conservării volumului materialului, marca tensometrică măsoară contracția din secțiunea transversală ca pe o alungire în direcția longitudinală a benzii magnetice cu memoria formei fixată la capete.

Exemplu 2

S-au preparat benzi magnetice cu memoria formei cu compoziția $Ni_{49}Mn_{32}Ga_{19}$ solidificate ultrarapid prin procedeul descris în Exemplul 1, urmat de un tratament termic de 1 h la 400 °C în vid (10^{-6} mbar). Imaginile SEM pentru benzile $Ni_{49}Mn_{32}Ga_{19}$ solidificate ultrarapid (Figura. 1b) obținute în secțiune transversală arată o granulație columnară fină specifică texturării structurii martensitice. Măsurătorile de difracție de raze X au arătat structura martensitică puternic texturată (Figura. 2b), existența unui câmp magnetic de comutare de 0.047 T (H_{com}), o coercitivitate de 0.028 T (H_C), magnetizare de 40.63 emu/g la 1 T (Figura. 3b) și deformare maximă de 36×10^{-6} în câmp magnetic multidirecțional (0.4 T) (Figura. 4b), măsurate la temperatura ambiantă (20 °C).

Toate aceste rezultate reprezintă calități ale benzilor magnetice cu memoria formei pe bază de Ni-Mn-Ga cu și fără dopaj de Co, care confirmă potențialul utilizării acestora ca elemente active în micropompe integrate în sisteme multifluidice portabile, cu scopul generării transportului de volume fluidice de ordinul nanolitrilor și picolitrilor.

Director general INCDFM
Dr. Ionuț Marius Enculescu



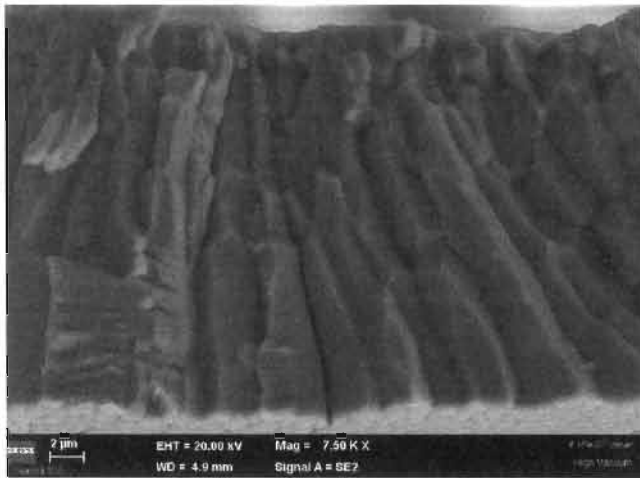
REVENDICĂRI:

1. Material magnetic cu memoria formei, **caracterizat prin aceea că** are compoziția (în procente atomice) $\text{Ni}_{48}\text{Mn}_{29}\text{Ga}_{20}\text{Co}_3$, structura martensitică puternic texturată, câmp magnetic de comutare de 0.073 T, coercitivitate de 0.0064 T, magnetizare de 65.87 emu/g la 1 T și deformare de 49×10^{-6} în câmp magnetic multidirecțional radial (0.4 T) măsurate la temperatura ambiantă (20 °C), realizat conform procedurii de la revendicarea 3.
2. Material magnetic cu memoria formei, **caracterizat prin aceea că** are compoziția (în procente atomice) $\text{Ni}_{49}\text{Mn}_{32}\text{Ga}_{19}$, structura martensitică puternic texturată, câmp magnetic de comutare de 0.047 T, coercitivitate de 0.028 T, magnetizare de 40.63 emu/g la 1 T și deformare de 36×10^{-6} în câmp magnetic multidirecțional radial (0.4 T), măsurate la temperatura ambiantă (20 °C), realizat conform procedurii de la revendicarea 3.
3. Procedeu de obținere de material magnetic cu memoria formei, definit în revendicarea 1 și revendicarea 2, **caracterizat prin aceea că** constă în primă etapă în topirea repetată (de 4 ori) în cuptor cu arc electric, în atmosferă de argon (puritate 99.9999%) a metalelor constitutive (puritate 99.99%), pentru a se asigura omogenitatea materialului conform compozițiilor stoichiometrice dorite. Aliajele retopite apoi în tubului de cuarț aflat între spirele înductorului în care circula curentul de radiofrecvență, au fost ejectate cu o suprapresiune de 0.45 atm argon (puritate 99.999%) prin fanta dreptunghiulară (lungime 3mm și lățime 1mm) a acestuia, direct pe tamburul rotitor de cupru răcit cu apă. Aliajul descris în revendicarea 1 a fost obținut direct prin solidificare ultrarapidă, iar cel din revendicarea 2 a fost obținut prin același procedeu de solidificare ultrarapidă pe tambur rotitor urmat de tratament termic de 1 h la 400 °C în vid (10^{-6} mbar).

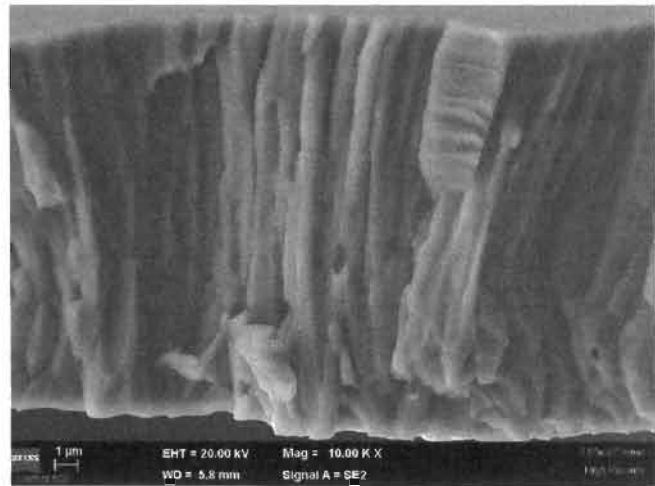
Director general INCDFM
Dr. Ionuț Mariuș Enculescu



FIGURI:



(a)



(b)

Figura.1

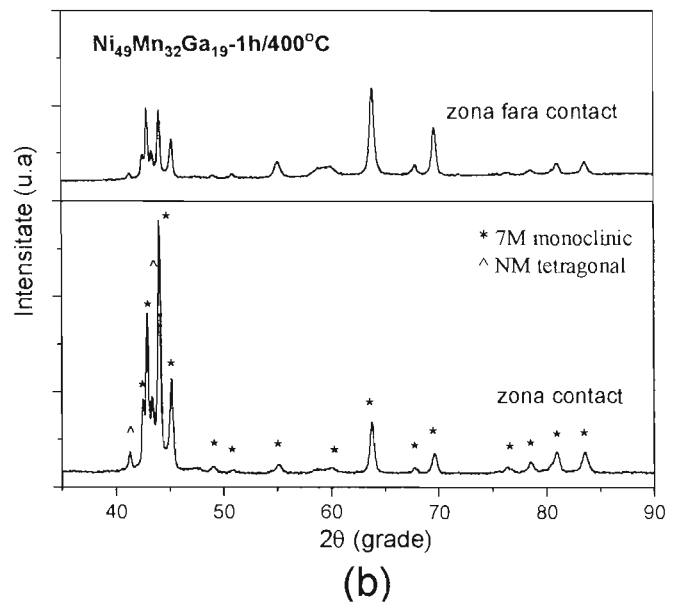
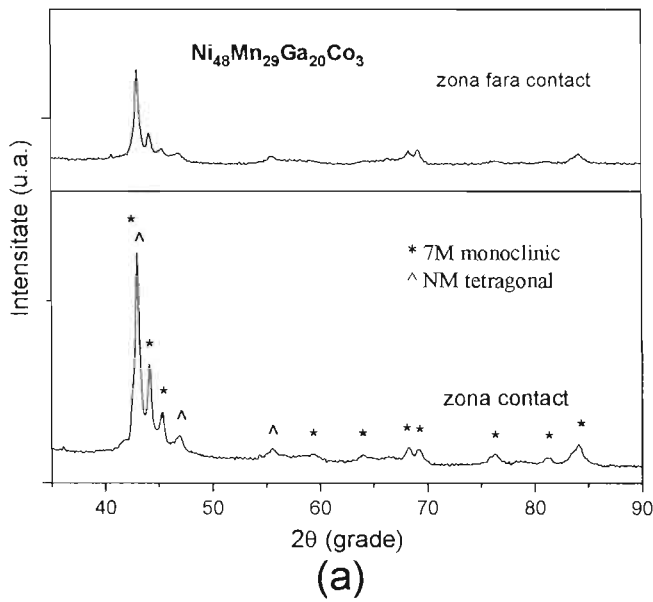


Figura.2

Director general INCDFM
 Dr. Ionuț Marius Enculescu

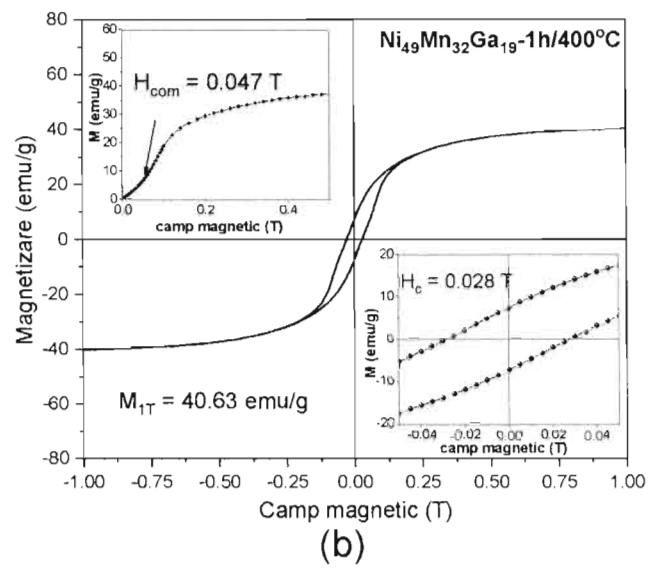
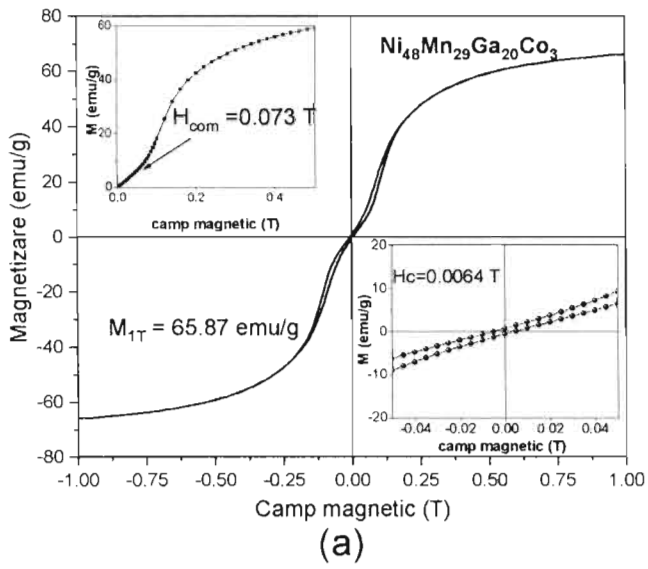


Figura. 3

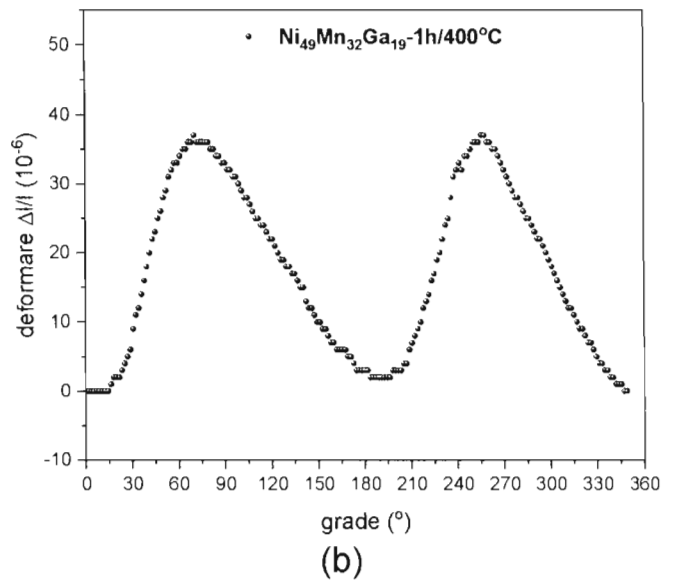
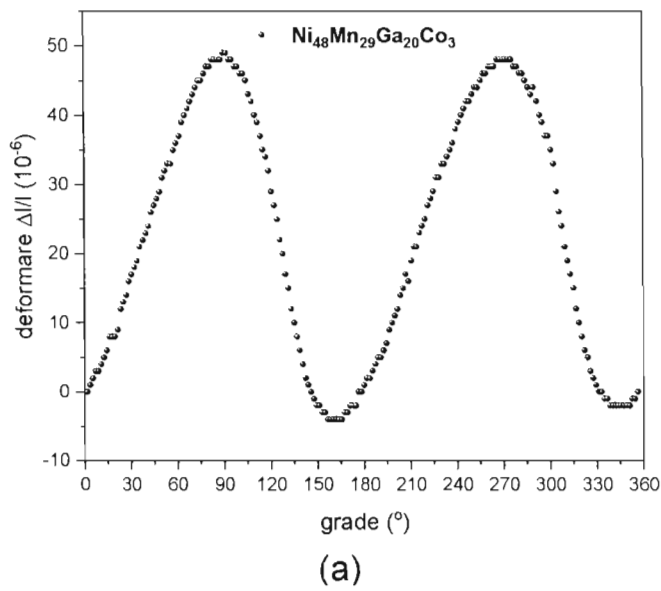


Figura.4

Director general INCDFM
Dr. Ionuț Marius Enculescu