



MD/EP 4257929 T2 2024.12.31

REPUBLICA MOLDOVA



(19) Agenția de Stat
pentru Proprietatea Intelectuală

(11) MD/EP 4257929 (13) T2

(51) Int. Cl: G01D 5/14 (2006.01.01)
G01P 3/481 (2006.01.01)

(12) BREVET DE INVENȚIE EUROPEAN VALIDAT

(21) Numărul de depozit: e 2024 0095 (22) Data de depozit: 2022.04.06 (96) Numărul cererii și data de depozit a cererii de brevet european: 22166892.4, 2022.04.06 (97) Numărul de publicare și data publicării de către OEB a cererii de brevet european: 4257929, 2023.10.11	(49) Data publicării traducerii fasciculului de brevet european validat: BOPI nr. 12/2024, 2024.12.31 (80) Data publicării mențiunii acordării de către OEB: EPB nr. 34/2024, 2024.08.21 (82) Data publicării solicitării de validare a brevetului european: BOPI nr. 02/2024, 2024.02.29
(71) Solicitant: RVMAGNETICS A.S., SK (72) Inventator: VARGA Rastislav, SK (73) Titular: RVMAGNETICS A.S., SK (74) Mandatar autorizat: FOCȘA Valentin	

(54) Sistem de măsurare a mărimilor fizice și/sau de măsurare a poziției cu fir magnetic bistabil, metodă de măsurare

(57) Rezumat:

Sistem pentru măsurarea mărimii fizice și/sau pentru măsurarea poziției cu un fir magnetic bistabil (1), care cuprinde un element de excitație (2) pentru crearea câmpului magnetic și un element de detectare (3). În intervalul câmpului magnetic al elementului de excitație (2), este plasat un fir magnetic bistabil (1), care are un prim capăt (11) și un al doilea capăt (12) poziționat opus. Firul magnetic bistabil (1) este reglat pentru magnetizare printr-un singur salt Barkhausen de la primul capăt (11) la al doilea capăt (12) sau invers, în care elementul de excitație (2) și firul magnetic bistabil (1) sunt plasate într-o poziție reciprocă cu un câmp magnetic asimetric în raport cu firul magnetic bistabil (1), unde dimensiunea câmpului magnetic excitat de elementul de excitație (2) la primul capăt (11) este diferită de dimensiunea câmpului magnetic excitat de elementul de excitație (2) la cel de-al doilea capăt (12). Asimetria câmpului magnetic este creată datorită poziției asimetrice reciproce a elementului de excitație (2) și a firului magnetic bistabil (1) și/sau datorită construcției asimetrice a elementului de excitație (2).

Revendicări: 18

Figuri: 10

MD/EP 4257929 T2 2024.12.31

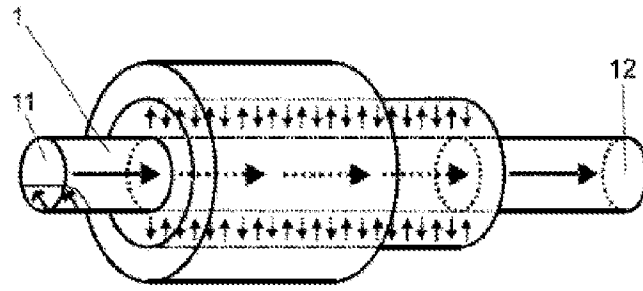


Fig. 1

Descriere:**(Descrierea se publică în varianta redactată de titular)****Domeniul tehnic**

Invenția se referă la o compoziție de element de excitație și un fir magnetic bistabil, unde se prepară o compoziție pentru măsurarea diferitelor mărimi fizice și/sau pentru măsurarea poziției firului magnetic bistabil. Noutatea sistemului și metodei constă în principal în poziția asimetrică specifică a unui câmp magnetic al elementului de excitație și al firului magnetic bistabil, datorită căreia valoarea interpretativă a datelor măsurate brute este îmbunătățită semnificativ.

Baza invenției

Elementele magnetice bistabile se utilizează pentru măsurarea diferitelor mărimi fizice și a pozițiilor, unde elementul magnetic bistabil este format dintr-un element pasiv care, prin magnetizarea sa, reacționează la o modificare a poziției în câmpul magnetic sau la o modificare a unei mărimi fizice.

Un aliaj cu proprietăți magnetice bistabile și un microfir din acest aliaj sunt descrise, de exemplu, în documentul GB2374084A. Microfirul poate răspunde la diferite mărimi fizice, dar evaluarea răspunsului este problematică, fiindcă elementele magnetice bistabile din stadiul anterior pot avea acțiuni magnetice complexe, unde magnetizarea are loc în domenii multiple într-un singur microfir, nu într-un singur salt. Se cunosc de asemenea utilizările firelor magnetice bistabile în măsurarea pozițiilor, măsurarea unghiurilor și măsurarea rotațiilor.

Excitarea unui fir magnetic bistabil înfășurat pe un miez este explicată în documentul US4484090A. Soluția nu permite evaluarea mărimilor fizice. Unele acțiuni magnetice ale unui element magnetic bistabil sunt descrise în documentul JPH03252577A, care însă nu soluționează problemele de interpretare a valorilor neliniare măsurate.

DE2817169A1, DE3427582A1, SU1753425A1 descriu sisteme cu un fir Wiegand având un anumit nivel de bistabilitate magnetică, aceste sisteme având rolul de a determina apropierea unui element magnetic bistabil de un senzor. Ca urmare a acestei configurații, nu este posibilă măsurarea valorilor mărimilor fizice în apropierea elementului magnetic bistabil.

Senzorul de poziție sau senzorul de rotație conform documentației EP0484716A1 utilizează firul Wiegand de care se apropie magneți permanenți rotativi. Senzorul răspunde numai la modificări ale câmpului magnetic, nu evaluează dimensiunile mărimilor fizice.

Senzorul Wiegand conform documentului DE4107847C1 permite transferul fără contact al informațiilor privind închiderea comutatorului, care poate reacționa cu modificarea unei mărimi fizice precum temperatura, presiunea, accelerația, dar necesită un senzor corespunzător prin care comutatorul este controlat ulterior, i. e. mărimea fizică nu este măsurată de elementul magnetic bistabil în sine.

Documentația GB2071336A descrie un codificator de poziție magnetic de tip inducție și un detector de mișcare cuprinde două înfășurări electrice și un element magnetic bistabil, cum ar fi un fir Wiegand, care cuplează aceste două înfășurări magnetice. Modificarea periodică a polarității induce în a doua înfășurare o serie periodică de impulsuri de tensiune electrică, a căror fază față de semnalul excitator poate fi influențată în ceea ce privește poziția prin mișcarea magneților permanenți mai aproape sau mai departe de elementul magnetic bistabil.

Este necunoscută și dezirabilă o nouă soluție care, cu o construcție simplă, să îmbunătățească interpretabilitatea repetabilă a măsurării diferitelor mărimi fizice, eliminând zgomotul și influența fenomenelor secundare. Elementul magnetic bistabil trebuie să reacționeze la modificările mărimii fizice măsurate și de asemenea să genereze un răspuns, care este transmis fără contact la elementul de recepție.

Natura invenției

Aceste inconveniente sunt în mare măsură eliminate de un sistem de măsurare a unei mărimi fizice și/sau pentru măsurarea poziției cu firul magnetic bistabil, așa cum se definește în revendicarea 1.

Termenii primul și al doilea în prezentul document se utilizează pentru a diferenția două capete, acestea fiind interschimbabile, prin urmare termenii primul și al doilea nu exprimă superioritatea sau importanța capătului respectiv al firului magnetic bistabil.

Câmpul magnetic diferit la capete în momentul de excitație dat duce la un câmp magnetic asimetric care, împreună cu magnetizarea de către un singur salt Barkhausen, duce la rezultate interpretabile repetabile ale măsurătorilor. Pentru utilizări de măsurare practice, este important ca comportamentul firului magnetic bistabil să fie influențat fundamental de mărimea sau poziția măsurată și ca alți factori, inclusiv acțiunile unor proprietăți magnetice mai complexe ale firului magnetic bistabil, să fie neglijabili sau cel puțin identificabili în orice mod care permite corecție la evaluarea datelor brute.

Pentru a asigura asimetria poziției reciproce a câmpului de excitație și a firului magnetic bistabil, este suficientă o diferență de 5%, de preferință 10%, de preferință în special peste 25% a valorilor câmpului magnetic la primul capăt și la al doilea capăt. Aceasta contribuie la apariția magnetizării într-un salt în

întregul fir de la un capăt la celălalt. Dacă magnetizarea a avut loc în mai multe domenii separate pe lungimea firului, răspunsul măsurat ar include mai multe acțiuni individuale, care perturbază semnificativ interpretabilitatea măsurătorii. Nu este posibilă identificarea ulterioară a dependenței datelor măsurate, ceea ce reduce posibilitățile de aplicare a firului magnetic bistabil. Obiectivul prezentei invenții este obținerea unei bistabilități reale eficiente, așadar complete, a magnetizării, unde structura domeniilor firului magnetic bistabil nu constă din multe domenii, care altfel ar duce la magnetizare prin deplasarea domeniilor multiple într-un singur fir. Măsurarea unui fir magnetic bistabil cu multiple domenii pe lungimea sa poate fi comparată cu măsurarea mai multor fire magnetice bistabile într-un singur câmp de excitație, ceea ce face ca măsurătoarea rezultată să fie o sumă a răspunsurilor individuale care nu pot fi identificate în mod fiabil și vectorul de răspuns totalizator este așadar practic inutilizabil.

Se pot folosi mai multe posibilități tehnice pentru a crea un câmp magnetic relativ asimetric, unde selectarea corespunzătoare a construcției va depinde și de mărimea sau poziția măsurată specifică. În principiu, prin sistemul conform prezentei invenții se pot măsura temperatura, presiunea / tensiunea, câmpul magnetic. Din aceste mărimi de bază, se poate măsura indirect o gamă întreagă de alte mărimi fizice, precum și diferite relații poziționale, se poate măsura prezența firelor magnetice bistabile, poziția lor reciprocă, se pot măsura parametrii curentului electric prin măsurarea câmpului magnetic la conductor, se pot măsura poziția și avansul liniar în câmpul magnetic terestru sau tensiunea de încovoiere și răscucire sau curgerea lichidului sau gazului pe baza măsurării alungirii în direcția respectivă.

Măsurarea modificărilor în câmpul magnetic permite detectarea unei modificări a poziției, unei modificări a rotirii firului magnetic bistabil sau a suportului pe care este montat firul magnetic bistabil și, de asemenea, permite măsurarea poziției relative cu privire la un alt obiect care susține elementul de excitație. Pe această bază, este posibilă construirea senzorilor de poziție, senzorilor de rotație, senzorilor de capăt, senzorilor de proximitate a unui obiect magnetic sau a unui suport cu un obiect magnetic, senzorilor de poziție absolută față de câmpul magnetic terestru etc..

Antena elementului de excitație poate fi folosită pentru măsurarea răspunsului sau, de preferință, sistemul cuprinde un element de recepție separat, de exemplu sub forma unei bobine de recepție. În acest caz, elementul de excitație poate fi o bobină primară și elementul de recepție va fi format de o bobină secundară. Bobina secundară poate fi conectată la un amplificator și o unitate de evaluare. Elementul de recepție poate fi dispus coaxial cu poziția firului magnetic bistabil sau poate fi într-o altă poziție reciprocă astfel încât să fie într-o distanță care permite recepția răspunsului.

O aplicare adecvată este cea în care firul magnetic bistabil are forma unui microfir cu un diametru mai mic decât 50 μm , de preferință mai mic decât 25 μm , de preferință în special mai mic decât 15 μm . Exact la diametre ale miezului sub 15 μm și cu compoziția adecvată a aliajului metalic amorf, structura magnetică radială dispare, fapt legat de procesul de tragere a firului cu răcire simultană rapidă, de obicei răcire cu apă. Datorită faptului că firul magnetic bistabil se comportă ca total bistabil, așadar efectiv bistabil pe întreaga lungime a firului, peretele domeniului în timpul magnetizării se desfășoară de la primul capăt la al doilea capăt, nu separat în mai multe zone individuale pe lungimea firului. S-a constatat de asemenea ca fiind adecvat dacă lungimea firului magnetic bistabil este cel puțin de 100 de ori, de preferință cel puțin de 10000 de ori mai mare decât diametrul firului magnetic bistabil, ceea ce înseamnă că va fi un fir cu diametru mic, pe care îl putem numi și microfir.

O construcție tipică a firului magnetic bistabil include un miez metalic amorf și un capac, de exemplu capac de sticlă, al cărui diametru exterior nu este mai mare decât de trei ori diametrul miezului metalic. Grosimea capacului de sticlă poate varia de la 1 la 20 μm . Capacul de sticlă, stratul de suprafață din sticlă, protejează miezul metalic de contactul electric cu mediul, de mediul chimic agresiv, iar datorită acestui aspect firul magnetic bistabil poate fi utilizat foarte universal, de exemplu direct în înfășurările motorului electric sau în interiorul materialelor de construcție, în interiorul corpului uman etc.. În principiu, este de asemenea posibilă utilizarea unui fir magnetic bistabil fără un capac circumferențial sau este posibilă și utilizarea capacului dintr-un material diferit de sticlă.

O excitație magnetică cu o formă de undă a amplitudinii în formă de triunghi, de obicei cu o formă de undă a amplitudinii în formă de triunghi simetrică, care simplifică evaluarea semnalului măsurat așa cum se descrie în documentații mai vechi ale autorilor prezentei invenții, s-a dovedit a fi adecvată. Având acest obiectiv, sistemul conform prezentei invenții este ajustat să fie conectat la un element energetic, un element de control și un element de evaluare. Conform instrucțiunii de la elementul de control, elementul energetic transmite la elementul de excitație o sursă de alimentare reglată pentru a obține un semnal de excitație al formei de undă a amplitudinii în formă de triunghi. Elementul de evaluare obține și analizează răspunsul primit de la firul magnetic bistabil.

Asimetria câmpului de excitație poate fi obținută astfel încât elementul de excitație, care induce un câmp în mare măsură simetric, este dispus relativ asimetric față de firul magnetic bistabil. Așa cum se indică în Figura 3, asimetria pozițională asigură că primul capăt al firului magnetic bistabil este într-un

câmp magnetic mai înalt decât al doilea capăt și, așadar, firul magnetic bistabil va fi magnetizat întotdeauna cu mișcarea unui perete de domeniu, cel aflat în câmpul mai înalt. Asimetria pozițională poate fi obținută prin setarea unei relații spațiale. În același timp, bobina elementului de excitație și firul magnetic bistabil pot fi dispuse coaxial, așadar cu axe longitudinale identice sau orientate în paralel.

Asimetria câmpului magnetic excitat poate fi asigurată de construcția elementului de excitație cu o înfășurare neregulată a bobinei, de exemplu cu pas diferit al filetelui sau cu număr diferit de fire la primul capăt sau la al doilea capăt. Rezultatul unei astfel de construcții a elementului de excitație este o amplitudine diferită a câmpului magnetic la capetele elementului de excitație sau la o anumită distanță de la aceste capete. În acest caz, poziția reciprocă a elementului de excitație și a firului magnetic bistabil poate fi simetrică spațial, dar la primul capăt și la al doilea capăt ale firului magnetic bistabil va fi într-un câmp magnetic de amplitudine diferită.

Definiția care descrie poziția reciprocă a elementului de excitație și a firului magnetic bistabil conform primei revendicări include de asemenea o poziție simetrică reciprocă dacă se generează un câmp magnetic asimetric de către elementul de excitație. Definiția din prima aplicare exprimă o configurație reciprocă, care poate fi obținută prin mai multe mijloace sau printr-o combinație diferită de mijloace tehnice și configurație spațială relativă. Asimetria câmpului magnetic importantă pentru obținerea efectelor conform prezentei invenții se înțelege întotdeauna în relația relativă a amplitudinilor câmpului magnetic la primul capăt și la al doilea capăt. Asimetria câmpului magnetic excitat se poate obține de asemenea prin adăugarea unui element de protecție sau prin amplasarea unei alte bobine secundare la bobina primară a elementului de excitație. În acest caz, poziția reciprocă a elementului de excitație și a firului magnetic bistabil poate părea de asemenea simetrică spațial, dar asimetria câmpului magnetic la primul capăt și la al doilea capăt va fi importantă.

În toate versiunile asimetriei câmpului magnetic, elementul de excitație poate fi dispus coaxial cu poziția firului magnetic bistabil sau poate fi dispus lângă firul magnetic bistabil. În majoritatea aplicațiilor, se presupune că axa longitudinală a câmpului magnetic generat de elementul de excitație va fi în esență paralelă cu axa longitudinală a firului magnetic bistabil, dar în principiu este posibilă și o poziție unghiulară diferită, de exemplu, axa longitudinală a elementului de excitație se abate de la axa longitudinală a firului magnetic bistabil în limita a 30 de grade.

Dezavantajele menționate în stadiul anterior sunt eliminate de metoda de măsurare a unei mărimi fizice și/sau de măsurare a poziției cu firul magnetic bistabil așa cum se definește în revendicarea 13.

Definirea diferenței în amplitudinea câmpului magnetic la capete ar trebui explicată prin aceea că această diferență se aplică în starea statică, când nu se măsoară poziția în modificare a firului magnetic, chiar dacă firul magnetic bistabil se poate deplasa față de elementul de excitație (de ex. la măsurarea presiunii într-o anvelopă care se învâрте). Aceasta înseamnă că, la momentul magnetizării, capetele firului magnetic bistabil sunt în câmpuri magnetice de amplitudini diferite.

În cazul măsurării poziției în modificare a firului magnetic bistabil, de ex. la măsurarea poziției liniare, se aplică din nou faptul că, la momentul magnetizării, capetele firului magnetic bistabil sunt în câmpuri magnetice de amplitudini diferite și, în același timp, există o diferență între câmpurile magnetice ca urmare a deplasării care face obiectul măsurătorii.

În același timp, de preferință, câmpul magnetic are o formă de undă a amplitudinii în formă de triunghi, de preferință în special o formă de undă a amplitudinii în formă de triunghi simetrică, și se evaluează momentul de maxim local și momentul de minim local al răspunsului firului magnetic bistabil, acestea fiind în esență momentele magnetizării firului magnetic bistabil. Suma acestor momente este un parametru care exprimă dependența mărimii sau poziției măsurate, unde alți factori nemăsurați și zgomotul se suprimă. Acest lucru îmbunătățește interpretabilitatea datelor măsurate și de asemenea le accelerează evaluarea. Este de asemenea adecvat dacă se calculează diferența dintre aceste momente și acest parametru exprimă câmp magnetic parazit, care perturbă măsurătoarea senzorilor magnetici convenționali. Procesul conform prezentei invenții suprimă efectele câmpului magnetic parazit.

O caracteristică importantă atât a sistemului, cât și a metodei conform prezentei invenții este faptul că, în evaluarea semnalului de răspuns, se caută maximumurile și minimumurile locale și, după recunoașterea lor, lucrăm cu timpii T1, T2 la care s-au măsurat aceste maximumuri și minimumuri. În plus, metoda nu funcționează pe baza valorilor amplitudinilor măsurate, așa cum s-a obișnuit în stadiul anterior, ci funcționează cu valorile timpilor, acesta fiind un parametru ușor și clar identificabil în semnalele primite. Datorită acestei evaluări se pot obține rezultate rapide, exacte și insensibile la efecte secundare diferite. De exemplu, poziția exactă, forma și mărimea elementelor de excitație și detecție nu sunt importante.

În dezvoltarea obiectului invenției, s-a arătat că un fir magnetic bistabil are o reactivitate diferită per mărime măsurată conform frecvenței câmpului de excitație. Într-o configurație preferabilă, așadar, metoda conform prezentei invenții cuprinde etapa de excitare a câmpului magnetic cu o frecvență diferită sau variabilă în funcție de tipul mărimii sau poziției măsurate. Generatorul de excitație universal, precum

și elementul de excitație vor fi opțional adaptate la aceasta sau se vor folosi diferite elemente de excitație pentru utilizări diferite. Datorită acestei descoperiri, o construcție a firului magnetic bistabil poate fi folosită de asemenea la frecvențe diferite. Valoarea frecvenței stabile pentru o utilizare poate diferi de frecvența stabilă folosită într-o altă utilizare sau aceste frecvențe pot fi variabile într-un interval diferit pentru tipul specific al măsurătorii.

Un avantaj semnificativ al prezentei invenții este acuratețea repetabilă a măsurătorilor, care este asociată cu creșterea nivelului de interpretare a datelor brute obținute. S-a demonstrat și un răspuns rapid la o modificare a mărimii fizice măsurate. Datorită dimensiunilor mici ale firului magnetic bistabil, a costului redus și a pasivității sale energetice, sistemul conform prezentei invenții poate fi folosit într-o gamă largă de aplicări tehnice.

Descrierea figurilor

Invenția este explicată mai detaliat folosind figurile 1 până la 10. Dimensiunile specifice ale firului, elementul de excitație reprezentat și de asemenea valorile mărimilor măsurate sunt numai exemple, care nu vor fi interpretate ca o limitare a domeniului de protecție al invenției.

Figura 1 este o schemă bloc a structurii firului magnetic bistabil.

Figura 2 reprezintă rezultatele măsurării tensiunii de încovoiere pe un suport de oțel, unde în stânga sunt rezultatele măsurătorilor cu un fir magnetic bistabil clasic din stadiul anterior, iar în dreapta sunt rezultatele măsurătorilor cu firul magnetic bistabil conform invenției. Figura 2 clarifică problema tehnică soluționată în stadiul anterior.

Figura 3 reprezintă schematic asimetria pozițională a elementului de excitație față de firul magnetic bistabil.

Figura 4 explică schematic bobina înfășurată asimetric a elementului de excitație.

Figura 5 reprezintă sistemul de măsurare a tensiunii într-o probă de încercare la rupere.

Figura 6 reprezintă schematic sistemul de măsurare a temperaturii pe suprafața unei celule de baterie.

Figura 7 reprezintă dependența parcursului temperaturii de suma timpilor $T_1 + T_2$.

Figura 8 reprezintă un ecran de osciloscop cu valori ale timpilor de vârf $aT_1 - T_2$ până la $cT_1 - cT_2$ la măsurarea temperaturii cu trei fire magnetice bistabile.

Figura 9 reprezintă poziția coaxială a firului magnetic bistabil față de elementul de excitație și elementul de detecție la măsurarea poziției liniare a pistonului.

Figura 10 reprezintă magnetizarea firului magnetic bistabil între două stări la excitație cu o formă de undă a amplitudinii în formă de triunghi.

Exemple de aplicări

Exemplul 1

În acest exemplu conform figurilor 3 și 5, firul magnetic bistabil 1 se utilizează pentru măsurarea tensiunii sau presiunii în piesa de oțel. Tiparul de rupere are o zonă centrală calibrată și două capete de prindere. Un microfir cu un diametru al miezului metalic de aprox. $15\ \mu\text{m}$ și cu capac de sticlă cu un diametru total de aprox. $45\ \mu\text{m}$ cu o lungime de aproximativ 3 cm se lipesc de suprafață în zona centrală. În acest exemplu, firul magnetic bistabil 1 este orientat în direcția forței de tensiune, unde alungirile materialului de oțel sunt transmise la deformarea firului magnetic bistabil 1. Abaterile ușoare ale poziției unghiulare de montare nu au un efect semnificativ asupra preciziei de măsurare. Firul magnetic bistabil 1 este în același timp în esență aliniat într-o linie dreaptă, unde primul capăt 11 și al doilea capăt 12 sunt într-o poziție reciproc opusă, astfel încât firul magnetic bistabil 1 nu este înfășurat pe miez, așa cum se cunoaște din stadiul anterior.

O caracteristică importantă a acestui exemplu este crearea asimetriei câmpului magnetic excitat folosind asimetria pozițională. Elementul de excitație 2 este amplasat lângă firul magnetic bistabil 1, axa longitudinală a elementului de excitație 2 este în esență paralelă cu axa longitudinală a firului magnetic bistabil 1, unde centrul bobinei elementului de excitație 2 este deplasat față de centrul firului magnetic bistabil 1 cu valoarea X înregistrată în figura 6. Pentru a asigura o distanță mică între elementul de excitație 2 și firul magnetic bistabil 1, axa longitudinală a elementului de excitație 2 și axa longitudinală a firului magnetic bistabil 1 sunt dispuse într-o poziție unde, dacă intersectăm un plan comun prin ele, acest plan comun este în esență perpendicular pe suprafața piesei de oțel. Totuși, în principiu, sistemul de măsurare este insensibil la inexactitățile așezării elementelor individuale, fiind esențial numai ca alungirile materialului măsurat să fie transferate fiabil la firul magnetic bistabil 1.

Asimetria pozițională a elementului de excitație 2 duce la diferența dorită a câmpului magnetic la primul capăt 11 și la al doilea capăt 12 care, împreună cu proprietățile firului magnetic bistabil 1, duce la magnetizare cu un singur salt Barkhausen de la primul capăt 11 la al doilea capăt 12. Elementul de excitație 2 generează un câmp magnetic cu o formă de undă a amplitudinii în formă de triunghi și răspunsul firului

magnetic bistabil 1 este captat cu un element de senzor 3, care este conectat la unitatea de control 4 unde este evaluat răspunsul.

Măsurătorile statice și dinamice au loc pe o mașină de rupere. Semnalul obținut în elementul de detecție 3 este în general monoton și cu o acuratețe repetată mare.

5 **Exemplul 2**

Pentru măsurarea temperaturii celei bateriei cilindrice conform figurilor 6 și 7, se așază un fir magnetic bistabil 1 sensibil la căldură pe suprafața celei. Sistemul mai cuprinde o bobină planară a elementului de excitație 2 și o bobină mai mică a elementului de detecție 3. Măsurarea s-a efectuat în intervalul de temperatură de la -20 la +100°C.

10 Semnalul analogic de la firul magnetic bistabil 2 sub forma a două vârfuri (minimum și maximum) este monitorizat cu un osciloscop. Timpul poziției vârfurilor de semnal T1 (maximum) și T2 (minimum) este procesat și transformat într-un semnal digital în unitatea de control 4 și ulterior este afișat pe PC. Semnalul măsurat și evaluat prezintă o dependență aproape liniară între temperatură și răspunsul magnetic al firului magnetic bistabil 1, care este definită de suma valorilor T1 + T2. Apoi s-au folosit parametrii de
15 la dependența detectată pentru ajustarea parametrilor softului care indică temperatura reală. În cazul unei dependențe monotone, poate fi definit un polinom de calibrare utilizat pentru a alocă datele primare temperaturii reale. Frecvența de eșantionare este 2 probe/secundă cu o sensibilitate de 0.4°C (K), care corespunde unei modificări de 288 puncte la intervalul de 120°C.

20 Cu un element de excitație 2 și cu un element de detecție 3 este posibilă crearea unui sistem de măsurare a temperaturii mai multor celule de baterie. După cum se poate vedea în figura 9, este posibil să se distingă clar pozițiile de timp ale vârfurilor de semnal pentru cele trei fire magnetice bistabile 1, care sunt plasate individual pe cele trei celule ale bateriei cilindrice. Vârfurile sunt marcate ca aT1 - aT2 până la cT1 - cT2. Semnalul astfel primit poate fi detectat clar, descompus și transformat în temperatura celulelor de baterie individuale.

25 **Exemplul 3**

Un fir magnetic bistabil 1, conectat la un piston mobil, se folosește pentru a măsura poziția liniară cu acuratețe mare. Firul magnetic bistabil 1 din acest exemplu, cu compoziția $\text{Fe}_{77.5} \text{Si}_{7.5} \text{B}_{15}$, are o magnetostricțiune pozitivă, o lungime de 30 mm, un diametru al miezului metalic de 39 μm și un diametru cu stratul de sticlă de 71 μm .

30 În acest exemplu conform figurii 9, elementul de excitație 2 și elementul de detecție 3 sunt formate de bobine, care înconjoară larg pistonul mobil. Axele longitudinale ale elementului de excitație 2, elementului de detecție 3 și pistonului sunt identice. Firul magnetic bistabil 1 este montat pe suprafața pistonului astfel încât să aibă numai o poziție aproximativ coaxială cu elementul de excitație 2 și elementul de detecție 3, ceea ce nu afectează însă precizia măsurătorilor de poziție.

35 Asimetria câmpului magnetic din acest exemplu se obține prin asimetrie pozițională, unde în fiecare poziție a pistonului centrul firului magnetic bistabil 1 este așezat în afara centrului elementului de excitație 2. În plus, în acest exemplu, ambele capete 11, 12 sunt așezate în fiecare poziție în afara centrului elementului de excitație 2. Poziția elementului de excitație 2 este stabilită așadar astfel încât, la poziția de capăt a pistonului, un capăt al firului magnetic bistabil 1 se extinde în interiorul bobinei elementului de
40 excitație 2, dar nu ajunge în centrul elementului de excitație 2. Apoi pistonul cu firul magnetic bistabil 1 se extinde și mai mult de la interiorul bobinei elementului de excitație 2.

Spre deosebire de senzorii de poziție convenționali, unde poziția este definită de permeabilitatea magnetică și amplitudinea semnalului pe bobina de detecție, sistemul conform acestui exemplu detectează magnetizarea proporțional cu poziția firului magnetic bistabil 1.

45 Se utilizează o metodă de inducție fiabilă pentru detectarea magnetizării. Câmpul de excitație are o formă de undă a amplitudinii în formă de triunghi și se măsoară timpul de comutare, unde T1 și T2 exprimă timpul de magnetizare (comutare pozitivă și negativă) între cele două stări magnetice stabile conform figurii 10. Timpul de comutare corespunde timpului când este indusă tensiunea maximă. Maximumul și minimumul semnalului primit pot fi clar identificate, fondul nu afectează posibilitățile de
50 interpretare. Semnalul detectat corect amplificat și filtrat este conectat la intrarea digitală a unui computer cu un singur cip cu o rezoluție temporală în limita a 10 ns. Electronica simplă în unitatea de control 4 este suficientă pentru a obține o precizie și o viteză de măsurare foarte mari. Unitatea digitală a microcontrolerului generează un semnal PWM al frecvenței dorite, în acest exemplu 135 Hz. După filtrarea și transformarea semnalului primit, timpii T1 + T2 sunt totalizați de un temporizator.

55 Avantajul sistemului conform acestui exemplu este maximumul exact al semnalului indus în timpul magnetizării și sensibilitatea ridicată la nivelul de 10 μm . Sistemul este de asemenea independent de temperatura ambiantă și eroarea de măsurare cauzată de sensibilitatea la temperatură este sub 0.19%.

Exemplul 4

În acest exemplu conform figurii 4, bobina elementului de excitație 2 este înfășurată neuniform astfel încât are un număr crescut de fire la un capăt. În același timp, firul magnetic bistabil 1 este poziționat astfel încât, la un moment dat de excitație non-zero, amplitudinea câmpului magnetic excitat de elementul de excitație 2 la primul capăt 11 este cu cel puțin 5% diferită de amplitudinea câmpului magnetic excitat de elementul de excitație 2 pe al doilea capăt 12.

Aplicabilitate industrială

Aplicabilitatea industrială este evidentă. Conform prezentei invenții, este posibilă fabricarea industrială și repetată și utilizarea configurației spațiale și structurale a elementului de excitație și firului magnetic bistabil pentru măsurarea unei mărimi fizice și/sau pentru măsurarea unei poziții, în mod specific pentru măsurarea temperaturii, presiunii, tensiunii, câmpului magnetic, curentului electric, poziției, câmpului magnetic terestru, torsiunii, poziției liniare sau unghiulare.

Lista semnelor de referință

- 1 - fir magnetic bistabil
- 11 - primul capăt
- 12 - al doilea capăt
- 2 - element de excitație
- 3 - element de detecție
- 4 - unitate de control
- T1 - timp de răspuns la semnal maxim
- T2 - timp de răspuns la semnal minim

(56) Referințe bibliografice citate în raportul de documentare:

- GB-A- 2 071 336
- ZHUKOVA VALENTINA ET AL: "Review of Domain Wall Dynamics Engineering in Magnetic Microwires", NANOMATERIALS, vol. 10, no. 12, 1 December 2020 (2020-12-01), pages 2407, XP093135727, ISSN: 2079-4991, DOI: 10.3390/nano10122407
- GB-A- 2 073 428
- US-A- 6 084 400

(57) Revendicări:

1. Un sistem de măsurare a mărimilor fizice și/sau de măsurare a poziției cu un fir magnetic bistabil, care cuprinde firul magnetic bistabil (1), un element de excitație (2) adaptat să creeze un câmp magnetic într-un interval în care este amplasat firul magnetic bistabil (1), care are un prim capăt (11) și un al doilea capăt opus (12), unde firul magnetic bistabil (1) este ajustat pentru magnetizare cu un singur salt Barkhausen de la primul capăt (11) la al doilea capăt (12) sau viceversa, și care cuprinde de asemenea un element de detecție (3) pentru recepția răspunsului de la firul magnetic bistabil (1), unde elementul de excitație (2) și firul magnetic bistabil (1) sunt dispuse într-o poziție astfel încât amplitudinea câmpului magnetic excitat de elementul de excitație (2) la primul capăt (11) este diferită de amplitudinea câmpului magnetic excitat de elementul de excitație (2) la al doilea capăt (12).

2. Sistemul de măsurare a mărimilor fizice și/sau de măsurare a poziției cu firul magnetic bistabil conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** diferența de amplitudine a câmpului magnetic la primul capăt (11) și la al doilea capăt (12) este cel puțin 5%, de preferință cel puțin 10%.

3. Sistemul de măsurare a mărimilor fizice și/sau de măsurare a poziției cu firul magnetic bistabil conform revendicării 1 sau 2, **caracterizat prin aceea că** este adaptat să măsoare temperatura și/sau presiunea și/sau tensiunea și/sau câmpul magnetic și/sau poziția liniară.

4. Sistemul de măsurare a mărimilor fizice și/sau de măsurare a poziției cu firul magnetic bistabil conform oricăreia din revendicările de la 1 la 3, **caracterizat prin aceea că** bobina elementului de recepție (3) este separată de bobina elementului de excitație (2).

5. Sistemul de măsurare a mărimilor fizice și/sau de măsurare a poziției cu firul magnetic bistabil conform oricăreia din revendicările de la 1 la 4, **caracterizat prin aceea că** firul magnetic bistabil (1) are un diametru mai mic de 50 μm , de preferință mai mic de 25 μm , de preferință în special mai mic de 15 μm .

6. Sistemul de măsurare a mărimilor fizice și/sau de măsurare a poziției cu firul magnetic bistabil conform oricăreia din revendicările de la 1 la 5, **caracterizat prin aceea că** firul magnetic bistabil (1) este acoperit cu un strat de material izolator, de preferință cu un strat de sticlă.

7. Sistemul de măsurare a mărimilor fizice și/sau de măsurare a poziției cu firul magnetic bistabil conform revendicării 6, **caracterizat prin aceea că** sticla are o grosime de până la 20 μm .

8. Sistemul de măsurare a mărimilor fizice și/sau de măsurare a poziției cu firul magnetic bistabil conform oricăreia din revendicările de la 1 la 7, **caracterizat prin aceea că** lungimea firului magnetic bistabil (1) este de cel puțin 1000 de ori, de preferință de cel puțin 10 000 de ori mai mare decât diametrul miezului metalic al firului magnetic bistabil (1).

9. Sistemul de măsurare a mărimilor fizice și/sau de măsurare a poziției cu firul magnetic bistabil conform oricăreia din revendicările de la 1 la 8, **caracterizat prin aceea că** elementul de excitație (2) este dispus asimetric față de poziția firului magnetic bistabil (1).

10. Sistemul de măsurare a mărimilor fizice și/sau de măsurare a poziției cu firul magnetic bistabil conform oricăreia din revendicările de la 1 la 9, **caracterizat prin aceea că** elementul de excitație (2) are o structură asimetrică cu amplitudine diferită a câmpurilor magnetice la capetele sale.

11. Sistemul de măsurare a mărimilor fizice și/sau de măsurare a poziției cu firul magnetic bistabil conform revendicării 10, **caracterizat prin aceea că** elementul de excitație (2) este format de o bobină cu o densitate diferită a înfășurării la primul capăt (11) și al doilea capăt (12).

12. Sistemul de măsurare a mărimilor fizice și/sau de măsurare a poziției cu firul magnetic bistabil conform oricăreia din revendicările de la 1 la 11, **caracterizat prin aceea că** axa longitudinală a elementului de excitație (2) este identică sau paralelă cu axa longitudinală a firului magnetic bistabil (1) sau axa longitudinală a elementului de excitație (2) se abate de la axa longitudinală a firului magnetic bistabil (1) în limita a 30 de grade.

13. O metodă de măsurare a mărimilor fizice și/sau de măsurare a poziției cu un fir magnetic bistabil, unde un câmp magnetic variabil este transmis de un element de excitație (2), unde cel puțin un fir magnetic bistabil (1) este așezat în intervalul câmpului magnetic excitat, care este magnetizat când câmpul magnetic se modifică cu un singur salt Barkhausen de la primul capăt (11) la al doilea capăt (12) al firului magnetic bistabil sau viceversa și unde răspunsul firului magnetic bistabil (1) este detectat apoi de un element de detecție (3), unde elementul de excitație (2) și firul magnetic bistabil (1) sunt menținute într-o poziție astfel încât amplitudinea câmpului magnetic excitat de elementul de excitație (2) la primul capăt (11) este diferită de amplitudinea câmpului magnetic excitat de elementul de excitație (2) la al doilea capăt (12).

14. Metoda de măsurare a mărimilor fizice și/sau de măsurare a poziției cu firul magnetic bistabil conform revendicării 13, **caracterizată prin aceea că** câmpul magnetic de excitație are o formă de undă a amplitudinii în formă de triunghi, de preferință în formă de triunghi simetric, și se evaluează timpul (T_1) de maximum local și timpul (T_2) de minimum local al răspunsului firului magnetic bistabil (1).

15. Metoda de măsurare a mărimilor fizice și/sau de măsurare a poziției cu firul magnetic bistabil conform revendicării 13 sau 14, **caracterizată prin aceea că** câmpul magnetic de excitație are o frecvență într-un interval în care firul magnetic bistabil (1) are cel puțin un maximum local de sensibilitate pentru un anumit tip de mărime sau poziție măsurată.

16. Metoda de măsurare a mărimilor fizice și/sau de măsurare a poziției cu firul magnetic bistabil conform revendicării 14, **caracterizată prin aceea că**, la evaluarea semnalului primit ca un răspuns de la firul magnetic bistabil (1), se evaluează suma timpului (T_1) de maximum local și timpului (T_2) de minimum local al semnalului, de preferință fără a ține cont de amplitudinea absolută a semnalului.

17. Metoda de măsurare a mărimilor fizice și/sau de măsurare a poziției cu firul magnetic bistabil conform revendicării 16, **caracterizată prin aceea că**, la evaluarea semnalului primit ca răspuns de la firul magnetic bistabil (1), se ia în considerare diferența timpului (T_2) de minimum local și timpului (T_1) de maximum local al semnalului.

18. Metoda de măsurare a mărimilor fizice și/sau de măsurare a poziției cu firul magnetic bistabil conform oricăreia din revendicările de la 13 la 17, **caracterizată prin aceea că** răspunsul firului magnetic bistabil (1) interceptat în elementul de detecție (3) este evaluat în unitatea de control (4).

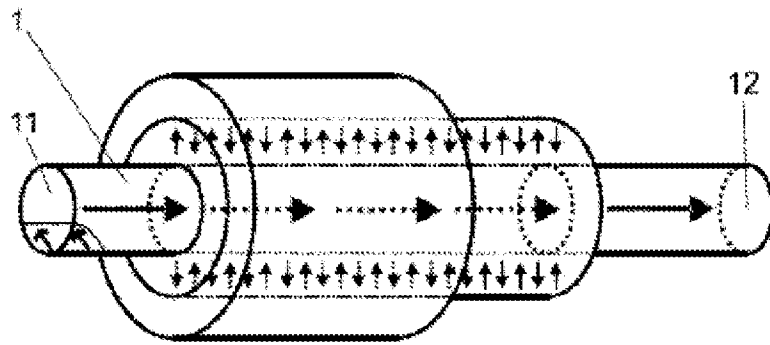


Fig. 1

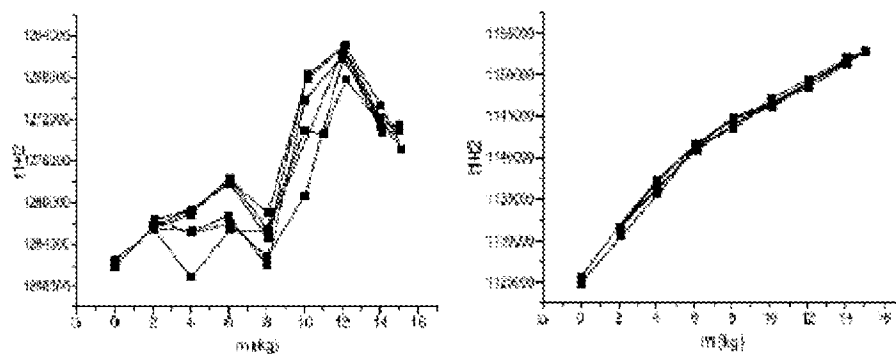


Fig. 2

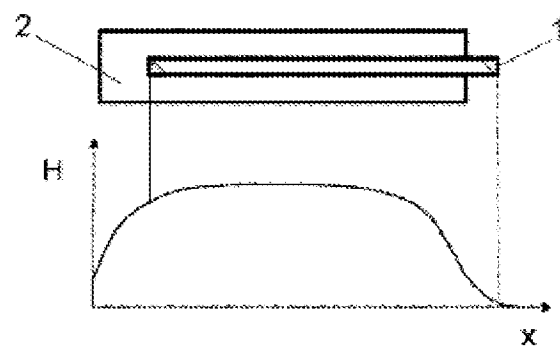


Fig. 3

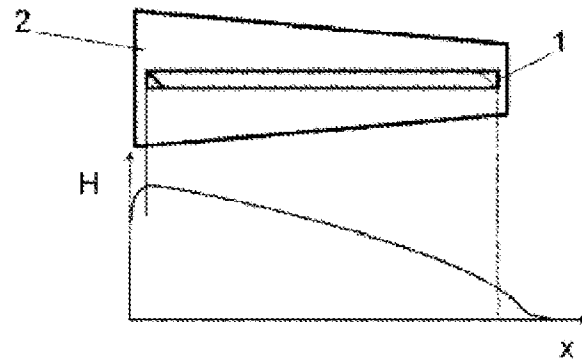


Fig. 4

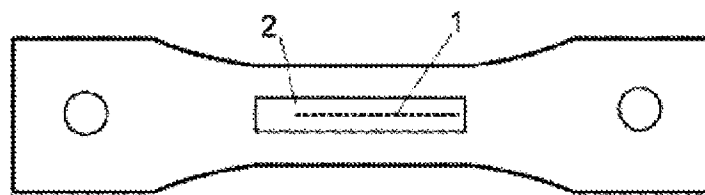


Fig. 5

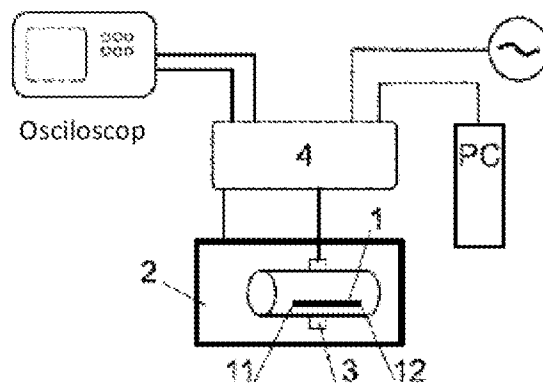


Fig. 6

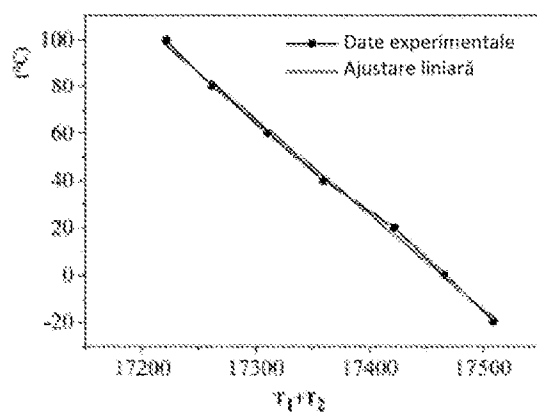


Fig. 7

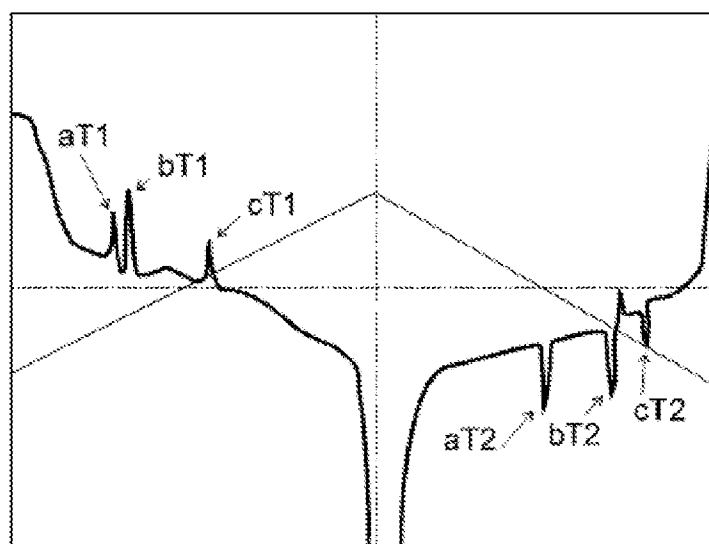


Fig. 8

13

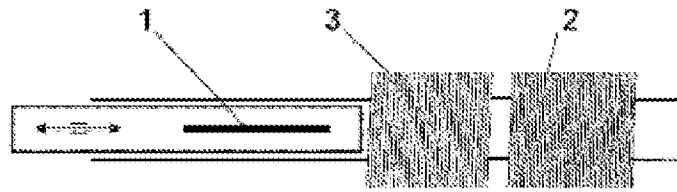


Fig. 9

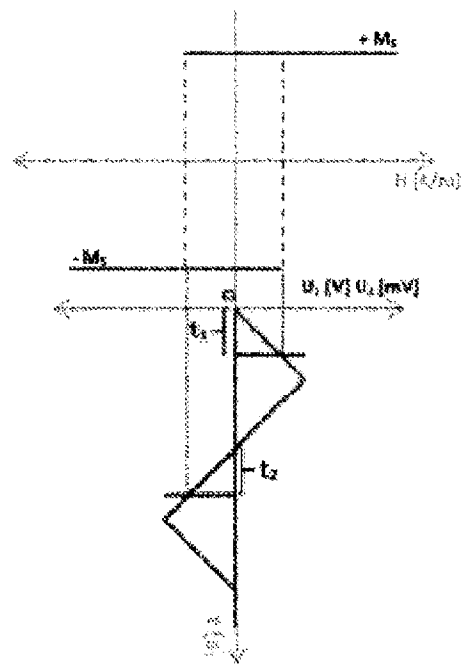


Fig. 10