



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2008 00393**

(22) Data de depozit: **28.05.2008**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **30.07.2013** BOPI nr. 7/2013

(41) Data publicării cererii:
29.01.2010 BOPI nr. 1/2010

(73) Titular:
• **INSTITUTUL NAȚIONAL DE
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU
INGINERIE ELECTRICĂ ICPE-CA,
SPLAIUL UNIRII NR.313, SECTOR 3,
BUCUREȘTI, B, RO**

(72) Inventatori:
• **NEAMȚU JENICA, ȘOS. COLENTINA
NR.26, BL.64, SC.C 2, ET.6, AP.224,
SECTOR 2, BUCUREȘTI, B, RO;**

• **VOLMER MARIUS,
STR. CALEA BUCUREȘTI NR.97, BL.23,
SC.B, AP.22, BRAȘOV, BV, RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:
**F.MONTAIGNE, A. SCHUHL, F.NGUYEN
VAN DAU, A. ENCINAS,
"DEVELOPMENT OF
MAGNETORESISTIVE SENSORS BASED
ON PLANAR HALL EFFECT FOR
APPLICATIONS TO MICROCOMPASS",
PP.324-327, SENSORS AND
ACTUATORS 81, 2000; US 5680281 A;
DE 10123513 A1; RO 121753 B1**

(54) **MICROSENZOR MAGNETOREZISTIV DE ROTAȚIE**



RO 125187 B1

1 Invenția se referă la un microsenzor de rotație în câmp magnetic, destinat a fi montat
într-un dispozitiv portabil sau staționar al cărui semnal electric trebuie să fie dependent de
3 orientarea câmpului magnetic relativ la dispozitiv. Senzorul își bazează funcționarea pe
efectul de magnetorezistență anizotropă, ce apare în straturile feromagnetice pe bază de Fe,
5 Ni, Co sau aliaje ale acestora.

Sunt cunoscuți senzorii de rotație care utilizează 4 sau 8 rezistori identici din straturi
7 magnetice, conectați în montaje de tip punte Wheatstone, aranjați, fizic pe laturile unui pătrat,
astfel încât atunci când câmpul magnetic este aplicat paralel cu una dintre laturi, cele două
9 rezistențe orientate după această direcție cresc în valoare, iar cele amplasate pe direcție
perpendiculară vor suferi o scădere a valorii rezistenței. Tensiunea de dezechilibru a punții
11 Wheatstone, în care sunt conectați acești senzori, este maximă. Atunci când câmpul
magnetic este aplicat după direcția oricărei diagonale, tensiunea de dezechilibru a punții este
13 minimă. Tensiunea de dezechilibru a punții este o măsură a unghiului pe care îl face câmpul
magnetic cu una dintre diagonale și este descris de o dependență de tip sinusoidal cu dublă
15 perioadă:

$$U = A \cdot \sin 2\theta$$

17 unde θ este unghiul pe care îl face direcția câmpului magnetic aplicat cu una dintre
diagonalele punții, iar A este o constantă ce depinde de natura materialului magnetic și de
19 curentul de alimentare a senzorului.

Alte soluții tehnice utilizează doi senzori din straturi feromagnetice, plasate în același
21 plan, dar cu direcțiile lor reciproc perpendiculare [F. Montaigne, A. Schuhl, F. Nguyen Van
Dau, A. Encinas, "Development of magnetoresistive sensors based on planar Hall effect for
23 applications to microcompass", pp. 324-327, *Sensors and Actuators* 81, 2000].

Dezavantajele unor asemenea construcții constau în:

25 - construcție complexă;
- împerechere termică redusă;
27 - proprietăți magnetice, diferite, ale senzorilor, în funcție de direcția pe care o face
câmpul magnetic aplicat cu senzorii (paralel, respectiv, perpendicular), datorită coeficienților
29 de demagnetizare diferiți după aceste direcții și constantelor de anizotropie magnetice
diferite.

31 Problema tehnică, pe care o rezolvă invenția, constă în detectarea unghiului de
rotație în câmp magnetic.

33 Microsenzorul magnetorezistiv de rotație, conform invenției, înlătură dezavantajele
de mai sus, prin aceea că, în scopul detectării unghiului de rotație în câmp magnetic, este
35 alcătuit dintr-o structură monolit, circulară, cu diametrul de 5...10 mm, formată din
multistraturi feromagnetice cu grosimi între 4 și 90 nm, care se conectează la circuitele
37 externe (sursa de curent constant și circuitul de măsură) prin intermediul a patru contacte
realizate sub formă de stripuri din aur de 0,5 mm lățime și 2 mm lungime, plasate după cele
39 două diagonale și depuse pe substratul de siliciu sau siliciu oxidat, înainte de depunerea
structurii magnetice, geometria efectului Hall planar permite extragerea cu maximă eficiență
41 a unui semnal electric cu o derivă termică redusă.

Magnetizarea din stratul activ urmărește direcția câmpului magnetic, extern aplicat,
43 dacă acesta este mai mare decât o anumită valoare critică, așa cum se arată în invenție. În
acest fel, problema împerecherii termice este eliminată, iar coeficienții de demagnetizare au
45 aceeași valoare pentru orice orientare a câmpului magnetic aplicat în planul filmului. Datorită
grosimii foarte mici a stratului subțire magnetic, coeficientul de demagnetizare pe direcție
47 perpendiculară pe strat este foarte mare și senzorul este puțin sensibil la componente
normale ale câmpului magnetic pe planul senzorului.

RO 125187 B1

Microsenzorul de rotație magnetorezistiv, cu efect Hall planar, conform invenției, prezintă următoarele avantaje:	1
- construcție deosebit de simplă;	3
- stabilitate termică foarte bună a semnalului electric;	
- coeficienți de demagnetizare identici după orice direcție a câmpului magnetic aplicat în planul senzorului;	5
- răspunsul senzorului este imun la variații ale câmpului magnetic, în intervalul 0,02...0,5 T;	7
- lipsa efectului de histerezis magnetic, în timpul rotației, pentru aceste valori ale câmpului magnetic aplicat;	9
- sensibilitate redusă la componente ale câmpului magnetic normale pe planul filmului, dacă acestea nu depășesc 0,01 T;	11
- lipsa histerezisului magnetic;	13
- curenți de alimentare reduși, ce nu depășesc 10 mA în regim de curent continuu.	
Se dau, în continuare, niște exemple de realizare a invenției, în legătură și cu fig. 1...4, care reprezintă:	15
- fig. 1a, vedere frontală a microsenzorului magnetorezistiv de rotație;	17
- fig. 1b, secțiune în microsenzorul magnetorezistiv de rotație;	
- fig. 2 prezintă geometria de măsură a efectului Hall planar, pentru microsenzorul conform invenției;	19
- fig. 3 prezintă schema electrică, echivalentă, a microsenzorului magnetorezistiv de rotație;	21
- fig. 4, variația tensiunii Hall în funcție de unghi, pentru diverse valori ale câmpului magnetic (pentru exemplele de aplicare ale invenției). Dacă $\theta=0^\circ$, 90° , 180° sau 270° , tensiunea Hall planară prezintă un minim.	23
	25
Microsenzorul magnetorezistiv de rotație, conform invenției, este realizat sub forma unui strat 2 , subțire, feromagnetic, obținut prin depunere termică sau pulverizare catodică în vid, pe un substrat 1 , subțire, de siliciu sau siliciu oxidat, având forma unui disc cu diametrul cuprins între 5 și 10 mm, prevăzut cu patru contacte electrice 4 , realizate sub forma unor stripuri din aur, plasate după două diametre ale discului, perpendiculare între ele, într-o configurație de efect Hall.	27
	29
Într-un exemplu de realizare, microsenzorul se compune dintr-o structură monolit disc, cu diametrul de 5...10 mm, formată dintr-un strat subțire 2 , de aliaj permalloy, $Ni_{80}Fe_{20}$, cu o grosime g între 10 și 50 nm, obținut prin depunere termică în vid sau pulverizare catodică, presiunea inițială, în incinta de depunere, fiind de 10^{-7} torr, pe substrat de siliciu sau siliciu oxidat (1).	31
	33
Într-un alt exemplu de realizare, microsenzorul se compune dintr-o structură monolit disc, cu diametrul de 5...10 mm, formată dintr-un multistrat subțire 2 , feromagnetic, cu compoziția $Ni_{80}Fe_{20}/Cu/Ni_{80}Fe_{20}$, obținut prin depunere termică în vid sau pulverizare catodică, presiunea inițială, în incinta de depunere, fiind de 10^{-7} torr, pe substrat de siliciu sau siliciu oxidat 1 , unde stratul de $Ni_{80}Fe_{20}$ are grosimea cuprinsă între 4 și 40 nm, iar Cu are grosimea între 2 și 10 nm.	35
	37
Într-un ultim exemplu de realizare, microsenzorul se compune dintr-o structură monolit disc, cu diametrul de 5...10 mm, format dintr-un sistem 2 , nanogranular, $Ni_{80}Fe_{20}/Al_2O_3/Ni_{80}Fe_{20}$, aflat la limita de percolare a fazei metalice magnetice, depus în vid pe substrat de siliciu sau siliciu oxidat 1 , unde stratul de $Ni_{80}Fe_{20}$ are grosimea de 2 nm, iar Cu are grosimea de 1 nm.	39
	41
	43
	45
	47

RO 125187 B1

1 Pentru toate cele trei exemple de realizare a microsenzorului, sunt comune
următoarele:

3 Straturile sunt obținute prin depunere termică în vid sau pulverizare catodică,
presiunea în incinta de depunere fiind de 10^{-7} torr. Aceste straturi sunt depuse la temperatura
5 camerei, sub forma unui disc cu diametrul de 5...10 mm.

7 Conexiunile la microsenzor se realizează cu fire de Cu, contactele 4 fiind realizate
după două diagonale perpendiculare între ele, folosind pastă de Ag, într-o configurație de
efect Hall, conform fig. 1. Pentru precizia amplasării contactelor, inițial, sunt depuse, pe
9 substrat 1, stripuri 3, din aur, de 0,5 mm lățime și 2 mm lungime, plasate după cele două
diagonale, conform fig. 1, unde pot fi identificate: substratul 1 de Si sau Si oxidat, stratul
11 magnetic 2 de tipul celui descris mai sus, stripurile 3 de aur și contactele electrice 4. Prin
două contacte diametral opuse, se injectează curentul de alimentare a senzorului, iar pe
13 cealaltă două contacte (fig. 2), se culege tensiunea Hall planară, câmpul magnetic fiind
aplicat în planul senzorului. Direcția formată de cele două contacte, prin care se injectează
15 curentul prin senzor, definește direcția acestuia.

17 Funcționarea microsenzorului se bazează pe modificarea tensiunii Hall planare în
funcție de unghiul care se stabilește între câmpul magnetic rotativ și curentul prin
microsenzor. Dacă $\theta=0^\circ$, 90° , 180° sau 270° , tensiunea Hall planară (fig. 4) prezintă un
19 minim. Dependența unghiulară a tensiunii Hall planare este descrisă prin relația $U_H = A \cdot \sin 2\theta$

21 Pentru θ cuprins în intervalul $70...130^\circ$, respectiv, $150...210^\circ$, dependența tensiunii
Hall planare de unghi este cvasiliniară. Valorile absolute ale sensibilității senzorului fiind
23 dependente de curentul de alimentare și sunt cuprinse în intervalul 2...20 $\mu\text{V}/\text{grad}$. Acest
semnal este mai apoi condiționat prin plasarea, pe aceeași plachetă de Si, pe fața fără
25 senzor, a unui amplificator de instrumentație monolitic.

RO 125187 B1

Revendicări

1. Microsenzor magnetorezistiv de rotație, **caracterizat prin aceea că** este realizat sub forma unui strat (2) subțire feromagnetic, obținut prin depunere termică sau pulverizare catodică în vid, pe un substrat (1) subțire de siliciu sau siliciu oxidat, având forma unui disc cu diametrul cuprins între 5 și 10 mm, prevăzut cu patru contacte electrice (4), realizate sub forma unor stripuri (3) din aur, plasate după două diametre ale discului, perpendiculare între ele, într-o configurație de efect Hall. 3 5 7
2. Microsenzor conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** stratul (2) subțire este un aliaj permalloy $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ cu grosime între 10 și 50 nm, obținut prin depunere termică în vid sau pulverizare catodică, presiunea inițială, în incinta de depunere, fiind de 10^{-7} torr, pe substratul (1) de siliciu sau siliciu oxidat. 9 11
3. Microsenzor conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** stratul (2) este un sistem multistrat, feromagnetic, cu compoziția $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}/\text{Cu}/\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$, obținut prin depunere termică în vid sau pulverizare catodică, presiunea inițială, în incinta de depunere, fiind de 10^{-7} torr, pe substratul (1) de siliciu sau siliciu oxidat, în care stratul de $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ are grosimea cuprinsă între 4 și 40 nm, iar Cu are grosimea între 2 și 10 nm. 13 15 17
4. Microsenzor conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** stratul (2) este un sistem nanogranular $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}/\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$, aflat la limita de percolare a fazei metalice magnetice, depus în vid pe substratul (1) de siliciu sau siliciu oxidat, în care stratul de $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ are grosimea de 2 nm, iar Cu are grosimea de 1 nm. 19 21

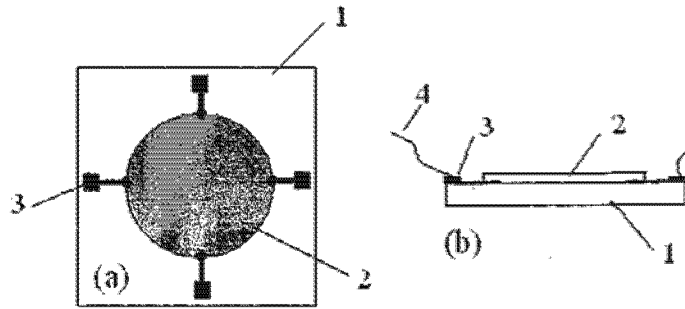


Fig. 1

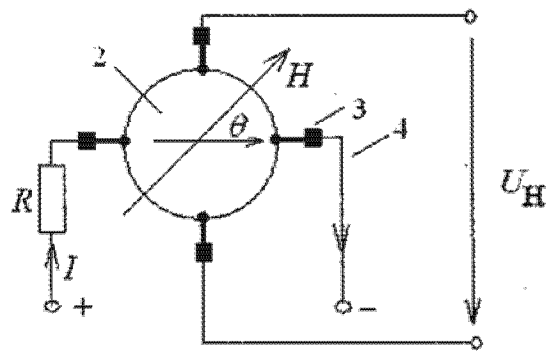


Fig. 2

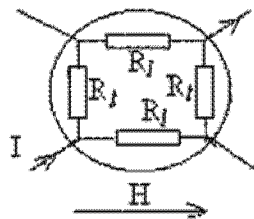


Fig. 3

(51) Int.Cl.

G01R 33/09 (2006.01),

G01R 33/02 (2006.01),

B82Y 25/00 (2011.01)

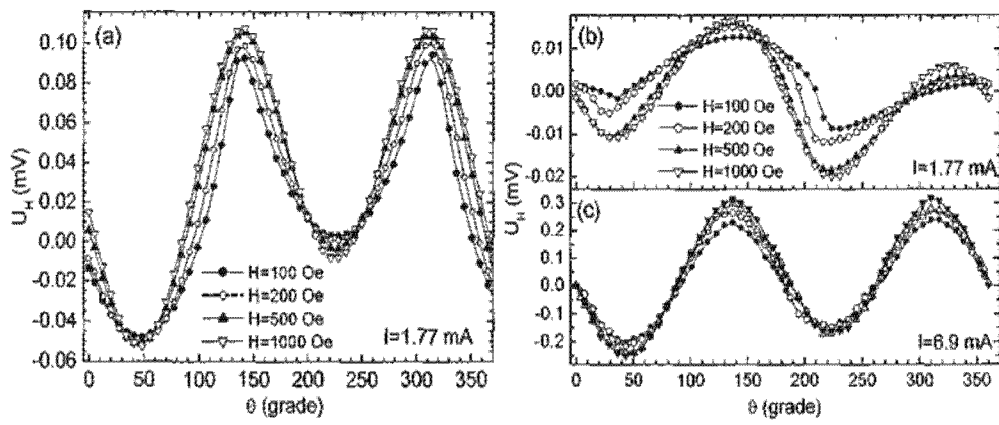


Fig. 4



Editare și tehnoredactare computerizată - OSIM
 Tipărit la Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci
 sub comanda nr. 655/2013