

(19) OFICIUL DE STAT
PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI
București



(11) **RO 131287 B1**
(51) **Int.Cl.**
G01N 3/40 ^{(2006.01).}
G01R 33/24 ^(2006.01)

(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2014 00967**

(22) Data de depozit: **09/12/2014**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **30/04/2020** BOPI nr. **4/2020**

(41) Data publicării cererii:
29/07/2016 BOPI nr. **7/2016**

(73) Titular:
• **INSTITUTUL NAȚIONAL DE
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU
GEOLOGIE ȘI GEOECOLOGIE MARINĂ
GeoEcoMar, STR.DIMITRIE ONCIUL
NR.23-25, SECTOR 2, BUCUREȘTI, B, RO**

(72) Inventatori:
• **JURCA IOAN, ALEEA ISTRU NR. 2B,
BL. A14C, SC. 6, ET. 3, AP. 86, SECTOR 6,
BUCUREȘTI, B, RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:
US 3886440; US 3350632

(54) **SENZOR MAGNETIC**

Examinator: **ing. ENEA FLORICA**



Orice persoană are dreptul să formuleze în scris și motivat, la OSIM, o cerere de revocare a brevetului de invenție, în termen de 6 luni de la publicarea mențiunii hotărârii de acordare a acesteia

RO 131287 B1

RO 131287 B1

1 Inventția se referă la un senzor magnetic care poate fi folosit la construirea
magnetometrelor cu precesie protonică. Aceste magnetometre sunt utilizate în geofizică
3 pentru măsurarea intensității câmpului magnetic terestru.

5 Sunt cunoscute diferite tipuri de senzori magnetici care sunt utilizați pentru
construirea magnetometrelor cu precesie protonică. Astfel, în majoritatea cazurilor se
7 folosesc drept senzor magnetic o bobină, iar în interiorul acesteia se află un container care
conține un lichid bogat în atomi de hidrogen (apă, alcool metilic, kerosen etc). Funcționarea
9 senzorului magnetic se bazează pe fenomenul de relaxare liberă a momentelor magnetice
ale protonilor din nucleeele atomilor de hidrogen. Semnalul de precesie protonică se obține
11 prin polarizarea inițială a momentelor magnetice ale protonilor cu un câmp magnetic
constant. După întreruperea rapidă a acestuia, are loc o relaxare liberă a momentelor
13 magnetice ale protonilor, care determină, în aceeași bobină, prin fenomenul de inducție
electromagnetică, apariția unui semnal electric, sub forma unei tensiuni electrice sinusoidale
15 atenuată aperiodic. Timpul de viață al semnalului electric este de 1...3 s. Frecvența
semnalului este direct proporțională cu intensitatea câmpului magnetic terestru. Deci,
17 măsurând frecvența semnalului de precesie protonică putem determina intensitatea câmpului
magnetic terestru. Bobina care compune senzorul magnetic culege însă, pe lângă semnalul
19 util generat de mișcarea de precesie a momentelor magnetice ale protonilor din lichidul aflat
în interiorul acesteia, și un semnal de zgomot nedorit, datorat câmpului electromagnetic din
21 mediul înconjurător. Din acest motiv, pentru a îmbunătăți raportul semnal - zgomot, senzorul
magnetic conține de obicei două bobine înseriate, conectate în antifază așa încât să fie
23 anulate efectele nedorite generate de câmpul electromagnetic din mediul înconjurător.
Aceasta este și soluția prezentată în brevetul **US 3886440 A**. În acest brevet sunt arătate
25 mai multe configurații de senzori magnetici care cuprind două bobine paralele înseriate, trei
bobine drepte montate ortogonal, ori bobine de formă toroidală.

27 Toate aceste soluții au dezavantajul că, pentru a elimina efectele nedorite ale
câmpului electromagnetic extern, folosesc un număr de două sau chiar trei bobine drepte,
și au un gabarit și o greutate crescute. De asemenea, au un cost mai ridicat din cauza
29 cantității duble de conductor de cupru utilizat și a manoperei implicate pentru realizarea
bobinelor. Bobinele de formă toroidală sunt mai dificil de realizat, necesitând mașini speciale.

31 Pe lângă acești senzori magnetici care au la baza principiului de funcționare
fenomenul de precesie protonică, mai există și alți senzori magnetici care sunt de tip opto-
33 electrici care folosesc ca principiu de funcționare fenomenul de pompaj optic. În acest caz,
sunt implicate fenomene cuantice de altă natură, iar mediile utilizate sunt gaze cu un conținut
35 de atomi de Cs, Rb, K.

37 Acești senzori magnetici, deși au o sensibilitate crescută, au dezavantajul
complexității tehnologice, necesită termostatizări și, de asemenea, la măsurarea câmpului
geomagnetic trebuie asigurat un anumit unghi între senzor și direcția câmpului.

39 Problema tehnică care o rezolvă invenția revendicată constă în reducerea zgomotului
din senzorul clasic al magnetometrelor protonice, cauzat de interferența cu câmpul
41 electromagnetic din mediul înconjurător.

43 Senzorul magnetic, conform invenției, înlătură dezavantajele arătate mai înainte prin
aceea că are în componența sa o bobină de forma unui solenoid drept, care polarizează
45 protonii dintr-un lichid aflat într-un container transparent ce se află în interiorul bobinei, și
care este prevăzută la unul dintre capete cu o sursă de lumină monocromatică reprezentată
de o diodă electroluminiscentă, urmată de o lentilă, un filtru de lumină numit polarizor, care
47 realizează o polarizare plană a fasciculului de lumină, mai conține un analizor care este
poziționat la capătul opus al bobinei, și care are direcția de polarizare rotită cu un unghi de

RO 131287 B1

45° în raport cu direcția de polarizare a filtrului polarizor, ca urmare a răsucirii variabile a planului de polarizare a fasciculului luminos, produsă, conform efectului Faraday, de către rotirea cu frecvența precesiei protonice a vectorului de magnetizație a eșantionului de lichid, rezultă, la ieșirea analizorului, un fascicul de lumină modulată în intensitate, care, focalizat cu o lentilă pe un detector fotosensibil, generează o tensiune electrică variabilă, cu o frecvență egală cu a precesiei protonilor din eșantionul de lichid, care este preluată de către un amplificator selectiv.

Avantajele senzorului magnetic, conform invenției, sunt:

- senzorul magnetic este realizat doar cu o singură bobină în loc de două sau mai multe, micșorându-se în acest mod gabaritul, greutatea și costul senzorului;

- se asigură, prin detecția optică a semnalului de precesie protonică, o reducere a zgomotului cauzat de câmpul electromagnetic din mediul înconjurător.

Se dă, în continuare, un exemplu de realizare a invenției în legătură cu fig. 1, care reprezintă schema electrică de principiu a senzorului magnetic.

Senzorul magnetic, conform invenției, cuprinde:

- sursa de lumină monocromatică **SLM** care furnizează fasciculul de lumină care este utilizat la detecția optică a semnalului de precesie protonică. Este reprezentată de către o diodă electroluminiscentă de înaltă strălucire;

- lentila **L1** care transformă fasciculul de lumină care are forma unui lob conic cu un anumit unghi de deschidere, în unul liniar, care străbate bobina senzorului după o direcție paralelă cu axa sa longitudinală;

- polarizorul **P**, reprezentat de un filtru optic care determină polarizarea optică plană a fasciculului de lumină; bobina **B** a senzorului magnetic este reprezentată de un solenoid de formă cilindrică, care are rolul de a realiza polarizarea magnetică a protonilor din eșantionul de lichid;

- eșantionul de lichid **EL**, reprezentat de un container din material plastic transparent aflat în interiorul bobinei **B** și care conține un lichid bogat în atomi de hidrogen;

- analizorul **A**, reprezentat de un filtru optic care are direcția de polarizare optică rotită cu 45° în raport cu direcția de polarizare optică a polarizorului **P**;

- lentila **L2** care realizează transformarea fasciculului de lumină liniar care străbate bobina senzorului magnetic în unul convergent într-un focar;

- detectorul fotosensibil **DF** care este poziționat în focarul lentilei **L2** este reprezentat de un fototranzistor sensibil în domeniul spectral emis de sursa de lumină **SLM**, și realizează transformarea fluxului de lumină în semnal electric;

- amplificatorul selectiv **AS**, reprezentat de un amplificator operațional cu câștig ridicat, care are un circuit de reacție negativă acordat pe frecvența mișcării de precesie a protonilor din eșantionul de lichid.

În vederea obținerii semnalului de precesie protonică, se realizează un circuit format dintr-o sursă de tensiune care, prin intermediul unui comutator electronic, se conectează la bornele bobinei **B** a senzorului magnetic. Curentul care străbate bobina **B** produce un câmp magnetic care polarizează momentele magnetice ale protonilor conținuți de eșantionul de lichid **EL** care se află în interiorul bobinei **B**. Acest câmp magnetic constant determină o stare de magnetizare a volumului de lichid caracterizat de vectorul de magnetizație **M**.

După un interval de timp (1...5 s), acest câmp magnetic polarizant încetează prin întreruperea bruscă a curentului prin bobina **B** a senzorului. Ca urmare, apare un fenomen de reorientare a momentelor magnetice ale protonilor. Fenomenul este cunoscut sub denumirea de relaxare magnetică liberă. Este vorba despre o mișcare de precesie coerentă,

RO 131287 B1

1 sincronă, a momentelor magnetice ale protonilor pentru o revenire la poziția inițială
determinată de direcția câmpului magnetic terestru. La senzorii clasici, această mișcare
3 coerentă a momentelor magnetice ale protonilor determină apariția, prin inducție
electromagnetică, în aceeași bobină **B**, a unei tensiuni sinusoidale atenuate aperiodic.
5 Frecvența acestui semnal este direct proporțională cu intensitatea câmpului magnetic
terestru din locul unde se află senzorul. Acest semnal dispare după câteva secunde din
7 cauza ciocnirilor reciproce între atomii din eșantionul de lichid, fenomen care conduce la
pierderea coerenței de fază a mișcării. Procedul descris mai sus este cel clasic, și anume
9 acela de a detecta semnalul de precesie protonică prin fenomenul de inducție electro-
magnetică. Faptul că bobina care detectează semnalul util, cel de precesie protonică, culege
11 și un semnal nedorit, de zgomot, din câmpul electromagnetic din mediul ambiant, constituie
principalul dezavantaj al senzorului magnetic clasic. Pentru a micșora zgomotul cules de
13 bobina **B** din câmpul electromagnetic existent în mediul ambiant, se conectează încă o
bobină înseriată în antifază cu prima.

15 Prezenta invenție propune o altă abordare cu privire la detectarea semnalului de
precesie protonică. Se propune o detecție optică a semnalului de precesie protonică. Acest
17 tip de detecție a semnalului util nu mai este însoțită de culegerea simultană a unui semnal
de zgomot, nedorit, din câmpul electromagnetic înconjurător. Acest lucru se întâmplă
19 deoarece bobina senzorului nu mai este implicată în etapa de culegere a semnalului de
precesie protonică.

21 Astfel, după ce bobina **B** a senzorului magnetic a fost străbătută timp de 1...5 s de
un curent electric continuu, datorită câmpului magnetic polarizant, se produce o aliniere a
23 momentelor magnetice ale protonilor conținuți în eșantionul de lichid **EL** aflat în interiorul
bobinei. Macroscopic se produce o magnetizare temporară în volumul de lichid. Starea de
25 magnetizare a lichidului este caracterizată prin intermediul vectorului de magnetizație **M**.

După dispariția câmpului magnetic polarizant constant, datorită fenomenului de
27 precesie protonică, această magnetizare magnetică temporară va produce, în volumul de
lichid, un câmp magnetic variabil care își schimbă sensul în raport cu axa longitudinală a
29 bobinei **B** în ritmul mișcării de precesie. Astfel, în cursul mișcării de rotație a vectorului
magnetizație **M**, acesta este, la un moment dat, poziționat la un unghi de 0° , sau, după o
31 semiperioadă, la un unghi de 180° în raport cu axa longitudinală a bobinei.

Sursa de lumină monocromatică **SLM** produce un fascicul de lumină divergent care
33 este preluat de o lentilă **L1** care îl transformă în fascicul paralel. Fasciculul de lumină paralel
este trecut prin polarizorul **P** care determină o polarizare plană a luminii incidente. Lumina
35 polarizată străbate în continuare spațiul din interiorul bobinei **B**, unde interacționează cu
magnetizația variabilă a volumului de lichid, și unde are loc o răsucire variabilă a unghiului
37 de polarizare în funcție de sensul câmpului magnetic determinat de magnetizația **M**.

Este cunoscut efectul Faraday care exprimă legătura dintre lumină și magnetism.
39 Efectul Faraday este un fenomen magneto-optic care constă în rotirea planului de polarizare
a luminii ce se produce într-un medium optic izotrop în câmp magnetic. Unghiul de rotire β a
41 planului de polarizare este direct proporțional cu o constantă v (VERDET), cu intensitatea
 B a inducției magnetice și cu lungimea parcursului luminii d . Constanta v este în funcție de
43 natura mediului optic și de lungimea de undă a luminii utilizate.

$$\beta = vBd$$

45 Direcția de parcurgere a luminii este paralelă cu direcția câmpului magnetic, iar
sensul rotirii planului de polarizare nu este în funcție de sensul de propagare a luminii, ci de
47 sensul câmpului magnetic B .

RO 131287 B1

Fasciculul de lumină, plan polarizat, care străbate lichidul din containerul transparent aflat în interiorul bobinei senzorului magnetic, este influențat de câmpul magnetic rotitor produs de magnetizația temporară.	1
Astfel, unghiul de răsucire a planului de polarizare va oscila între două valori determinate de cele două sensuri opuse ale câmpului magnetic rotitor. Această răsucire variabilă a planului de polarizare se face în ritmul frecvenței fenomenului de precesie protonică.	3
Fasciculul de lumină având această variație a unghiului de răsucire a planului de polarizare este preluat de analizorul A care are direcția de polarizare optică la 45° în raport cu direcția de polarizare optică a polarizorului P . La trecerea luminii prin analizorul A se va produce o modulare a intensității luminoase în jurul unei valori medii (cea definită de starea când planul de polarizare nu este rotit), și cele două situații când unghiul de rotire β este poziționat la două valori complementare, determinate de cele două sensuri opuse ale câmpului magnetic rotitor. Această modulare a intensității luminoase de la ieșirea analizorului A se face în ritmul frecvenței mișcării de precesie a protonilor. Acest fapt se explică prin aceea că protonii polarizați magnetic temporar determină vectorul de magnetizație variabil M , care generează, la rândul său, câmpul magnetic rotitor din interiorul eșantionului de lichid.	5
Rezultatul este că, pe durata mișcării coerente a momentelor magnetice ale protonilor din lichid, se obține la ieșirea analizorului A un fascicul de lumină cu o intensitate variabilă în ritmul frecvenței mișcării de precesie.	7
Fasciculul de lumină este preluat de o lentilă L2 care îl focalizează pe un detector fotosensibil DF . Acest detector fotosensibil reprezentat de un fototranzistor, transformă semnalul luminos cu o intensitate variabilă în tensiune electrică cu o frecvență egală cu cea a mișcării de precesie.	9
Acest semnal electric este procesat în continuare de către amplificatorul selectiv AS . Acest amplificator este realizat cu un circuit integrat cu zgomot redus, impedanță de intrare ridicată și având în bucla de reacție negativă un circuit acordat pe frecvența mișcării de precesie. Semnalul amplificat este trecut prin circuite de multiplicare a frecvenței și transformat în semnal digital care, în final, este preluat de un frecvențmetru.	11
	13
	15
	17
	19
	21
	23
	25
	27
	29

RO 131287 B1

1

Revendicare

3

Senzor magnetic, folosit la construirea magnetometrelor protonice, pentru măsurarea intensității câmpului magnetic terestru, **caracterizat prin aceea că** are în componența sa o bobină (**B**) de forma unui solenoid drept, care polarizează protonii dintr-un lichid aflat într-un container transparent ce se află în interiorul bobinei, și care este prevăzută la unul dintre capete cu o sursă de lumină monocromatică (**SLM**) reprezentată de o diodă electro-luminiscentă, urmată de o lentilă (**L1**), un filtru de lumină numit polarizor (**P**), care realizează o polarizare plană a fasciculului de lumină, mai conține un analizor (**A**) care este poziționat la capătul opus al bobinei (**B**), și care are direcția de polarizare rotită cu un unghi de 45° în raport cu direcția de polarizare a filtrului polarizor (**P**), ca urmare a răsucirii variabile a planului de polarizare a fasciculului luminos, produsă, conform efectului Faraday, de către rotirea cu frecvența precesiei protonice a vectorului de magnetizație a eșantionului de lichid rezultă la ieșirea analizorului (**A**), un fascicul de lumină modulat în intensitate, care, focalizat cu o lentilă (**L2**) pe un detector fotosensibil (**DF**), generează o tensiune electrică variabilă, cu o frecvență egală cu a precesiei protonilor din eșantionul de lichid, care este preluată de către un amplificator selectiv (**AS**).

5

7

9

11

13

15

17

(51) Int.Cl.

G01N 3/40 (2006.01),
G01R 33/24 (2006.01)

