

(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2007 00520**

(22) Data de depozit: **23.07.2007**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **30.10.2015** BOPI nr. **10/2015**

(41) Data publicării cererii:
30.03.2009 BOPI nr. **3/2009**

(73) Titular:
• UNIVERSITATEA TEHNICĂ "GHEORGHE
ASACHI" DIN IAȘI,
BD. PROF. D. MANGERON NR.67, IAȘI, IS,
RO

(72) Inventatori:
• OLARU RADU, STR.SF.LAZĂR NR.49,
BL.A 3, SC.A 3, ET.1, AP.1, IAȘI, IS, RO;
• PETRESCU CAMELIA, STR.PETRU PONI
NR.13, BL.573 A, SC.A, AP.16, IAȘI, IS, RO

(56) Documente din stadiul tehnicii:
US 5277281 A; US 5398917 A;
RO 121234 B1; US 4874005 A;
US 5492312 A

(54) **METODĂ DE ACȚIONARE PRIN CÂMP MAGNETIC INDUS
ÎNTR-UN FEROFUID ȘI ACTUATOR BAZAT PE ACEASTĂ
METODĂ**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o metodă pentru generarea unor acțiuni mecanice, prin intermediul unui câmp magnetic indus într-un ferrofluid, și la un dispozitiv de tip actuator electromecanic, pentru punerea în aplicare a metodei. Metoda conform invenției constă din generarea, de către un sistem inductor, a unui câmp magnetic neomogen, orientat perpendicular pe cele două suprafețe ale unui disc nemagnetic, scufundat într-un recipient cu ferrofluid, prin intermediul unei tije articulate elastic de corpul recipientului, câmpul magnetic al inductorului producând în ferrofluid presiuni și forțe magnetice diferite, care acționează asupra celor două suprafețe ale discului, determinând deplasări ale acestuia și transmiterea în exteriorul recipientului, prin intermediul tije, a unor deplasări dependente de câmpul magnetic indus în ferrofluid. Dispozitivul pentru punerea în aplicare a metodei conform invenției este alcătuit din doi electromagneți (1 și 1') identici, fiecare conținând câte un miez (2 și 2') cilindric feromagnetic și câte o bobină (3 și 3'), un recipient (4) care conține un ferrofluid (5), un disc (6) din material nemagnetic, fixat de capătul inferior al unei tije (7) de acționare, care este articulată de corpul recipientului (4) printr-un element (8) elastic, de tip burduf, de capătul superior al tije (7) putându-se fixa piesa (9) de acționat.

Revendicări: 4
Figuri: 4

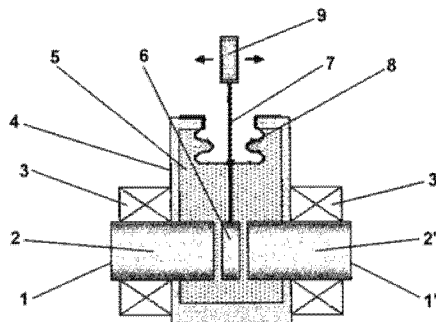


Fig. 3

Examinator: ing. ENDES ANA MARIA



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

1 Invenția se referă la o metodă pentru generarea unor acțiuni mecanice (deplasări,
forțe, momente al forței etc.), prin intermediul câmpurilor magnetice induse într-un ferrofluid.
3 De asemenea, invenția prezintă un dispozitiv electromecanic/electromagnetic de tip
actuator, bazat pe această metodă, capabil de a genera deplasări mici, controlabile prin
5 curenți electrici.

Principalele metode utilizate pentru obținerea unor acțiuni mecanice în cadrul unor
7 actuatori magnetici sunt clasificate ca: electromagnetice, electrodinamice și magnetostrictive.
Aceste metode se bazează pe principiile sau efectele fizice cunoscute la funcționarea a
9 numeroase mașini și dispozitive convenționale, cum sunt, de exemplu, motoarele electrice
și dispozitivele de acționare cu electromagneți, bazate pe efecte electromagnetice.

11 Mai puțin cunoscute sunt metodele ce valorifică două efecte ale forțelor în câmp mag-
netic, numite efectul magnetoreologic și, respectiv, efectul magnetofluidic. Efectul magneto-
13 reologic este specific dispersiilor magnetoreologice ce sunt alcătuite din particule magnetiza-
bile de 1-10 μm în diametru, aflate în suspensie într-un lichid de bază. Efectul magnetoreo-
15 logic constă în principal în creșterea considerabilă a rezistenței la curgere cu creșterea
câmpului magnetic. Acesta stă la baza mai multor metode de realizare a unor aplicații
17 tehnice, incluzând actuatori magnetoreologici precum: sisteme de suspensii controlabile
pentru mașini, suspensii controlabile pentru scaune de vehicule rutiere, controlul poziției și
19 vitezei servomotoarelor pneumatice, amortizoare controlabile pentru mașini de spălat,
atenuatoare seismice și altele. Câteva exemple de brevete cu metode și dispozitive ce aplică
21 efectul magnetoreologic sunt: **US 5277281**, **US 5398917**, **US 5492312**, **US 5947238**,
US 6158470, **US 6095486** și **US 6296088**.

23 Și mai puțin cunoscut decât efectul magnetoreologic, sub aspectul folosirii în actuatori
electromecanici, este efectul magnetofluidic al ferrofluidelor sau lichidelor magnetice, care constă
25 în exercitarea asupra corpurilor cufundate într-un ferrofluid, în prezența câmpului magnetic
neuniform, a unor forțe și presiuni magnetice. În plan vertical, fenomenul se manifestă sub
27 două aspecte: levitația magnetică de ordinul I (plutirea unui corp nemagnetic în ferrofluid sub
efectul câmpului magnetic indus din exterior) și levitația magnetică de ordinul II (plutirea în
29 ferrofluid a unui magnet aflat în apropierea unui perete nemagnetic, datorită propriului câmp
magnetic - autolevitație). Ferrofluidele, înrudite cu dispersiile magnetoreologice, sunt dispersii
31 coloidale stabile de particule magnetizabile cu diametrul mediu de 10 nm (de circa 1000 de
ori mai mici decât particulele de la magnetoreologice) într-un lichid de bază [1].

33 Puține brevete de invenție se cunosc care au ca obiect descrierea unor metode de
acționare bazate pe efectul magnetofluidic. Acestea se ocupă în special de dispozitive și
35 sisteme de acționare hidraulice, respectiv, actuatori și microactuatori de tip pompe și ventile
pentru transportul și dozarea unor lichide. Astfel sunt brevetele: **US 6318970**, **US 6408884**,
37 **US 2006/071973**, **US 7204581**, **WO 2006/034525** și **EP 0272445**.

39 Cel mai aproape de conținutul actualei invenții se află trei brevete ce descriu soluții
tehnice de convertoare electropneumatice, bazate pe metode de conversie curent-deplasare
41 prin intermediul forțelor magnetice într-un ferrofluid care deformează niște membrane
elastice. Astfel, se cunoaște o metodă și un dispozitiv de acționare corespunzător, ce
43 folosesc un ferrofluid pentru deformarea unei membrane ca răspuns la curentul electric de
intrare ce este aplicat unui circuit magnetic. Membrana deformată variază spațiul de aer
45 dintre membrană și o duză conectată la un circuit cu aer comprimat, astfel că presiunea de
la ieșirea traductorului curent-presiune este controlată în funcție de curentul electric aplicat
(**US 4874005**, **EP 0380762**). Un prim dezavantaj al metodei dispozitivului de acționare a
47 membranei este legat de folosirea unui circuit magnetic de lungime mare, alcătuit din patru
piese magnetice și un ferrofluid dispus într-o cavitate a uneia dintre piese, trei dintre piese

fiind fixate între ele prin șuruburi. Tensiunile mecanice provocate de o astfel de fixare, variabile în timp și cu temperatura, produc modificarea caracteristicilor magnetice ale circuitului și, ca urmare, parametrii funcționali ai dispozitivului de acționare a membranei și deci și ai convertorului curent-presiune se modifică la rândul lor. Un alt dezavantaj constă în construcția relativ complexă, cu multe elemente componente cuplate între ele. În plus, geometria structurii impune utilizarea unor tehnologii mecanice destul de riguroase. În sfârșit, un ultim dezavantaj, deloc de neglijat, al metodei și al dispozitivului de acționare, constă în folosirea unor membrane deformabile, care introduc neliniarități în funcționare, datorită histerezisului mecano-elastic al membranelor.

Se mai cunoaște o metodă și un dispozitiv de acționare a unui disc nemagnetic dispus în centrul unei membrane elastice, tot în cadrul unui convertor electropneumatic, în care se folosește de asemenea un ferrofluid care deformează membrana activă și deplasează discul prin efectul câmpului magnetic creat de o bobină alimentată cu un curent de comandă (RO 121234). Prezența celor două membrane, una activă și cealaltă pasivă, conferă același dezavantaj menționat la prima soluție tehnică, legat de neliniaritățile introduse de membrane.

Problema pe care o rezolvă invenția este elaborarea unei metode și a unui actuator electromecanic, folosind această metodă, care transformă un semnal electric în mini-deplasări submilimetrice, folosind o structură și o configurație de operare mult mai simple, în comparație cu metodele și dispozitivele mai sus menționate, eliminând sau diminuând totodată dezavantajele acestora.

Metoda de acționare unidirecțională prin câmp magnetic indus într-un ferrofluid, conform invenției, constă în generarea, de către un sistem inductor, a unui câmp magnetic neomogen, orientat perpendicular pe cele două suprafețe de operare ale unui disc nemagnetic, suspendat de o tijă articulată elastic de corpul recipientului ce închide etanș un ferrofluid, în care câmpul magnetic al inductorului produce în ferrofluid presiuni și forțe magnetice diferite pe cele două suprafețe ale discului, determinând deplasări ale acestuia și transmiterea în exteriorul recipientului, prin intermediul tijei, a unor deplasări dependente de câmpul magnetic indus în ferrofluid.

Metoda de acționare bidirecțională (stânga-dreapta, față de poziția inițială) prin câmp magnetic indus într-un ferrofluid constă în generarea, de către două sisteme inductoare identice, a unor câmpuri magnetice de sensuri opuse în cele două întrefieruri de aceeași lungime inițială și create de inductoarele cu disc nemagnetic, ceea ce permite ca, plecând de la câmpuri magnetice inițial egale în întrefieruri, să se transmită în exterior acțiuni mecanice în ambele direcții (stânga-dreapta), în funcție de diferența intensităților de câmp magnetic în întrefieruri.

Actuatorul electromagnetic bazat pe metoda de acționare bidirecțională are în componență doi electromagneți identici, având miezurile feromagnetice (aliniată pe orizontală și introduse parțial într-un recipient prevăzut cu un ferrofluid, în partea centrală a spațiului dintre miezuri aflându-se un disc din material nemagnetic, fixat de capătul unei tije articulate elastic printr-un element, de tip burduf sau membrană, care este fixat de carcasa recipientului, celălalt capăt al tijei transmițând în exterior o acțiune mecanică (deplasare, forță, cuplu), ca urmare a câmpurilor magnetice de intensități diferite, induse în cele două între fieruri delimitate de discul nemagnetic și cele două miezuri magnetice, prin aplicarea unei diferențe de curent electric în cele două bobine ale electromagneților.

Conform unui alt aspect al invenției, în scopul eliminării curentului de polarizare sau a reducerii semnificative a acestuia, se prevede o polarizare magnetică permanentă, prin aplicarea a doi magneți identici, pe capetele externe ale celor două miezuri feromagnetice.

RO 123646 B1

1 Se dau, în continuare, două exemple de concretizare a metodei, în legătură cu
fig. 1...4, care reprezintă:

- 3 - fig. 1, schema de acționare simplă, unidirecțională, conform invenției;
- fig. 2, schema de acționare diferențială sau bidirecțională;
- 5 - fig. 3, secțiune longitudinală a actuatorului electromecanic, conform invenției;
- fig. 4, secțiune longitudinală a actuatorului electromecanic, conform invenției, cu
7 vedere polarizare magnetică permanentă.

Metoda de acționare simplă (fig. 1) constă în folosirea unui inductor de câmp magnetic
9 1, care generează, în ferofluidul 2 închis etanș într-un recipient nemagnetic 3, un câmp
magnetic descrescător ca intensitate de-a lungul axei x , câmp ce determină apariția de forțe
11 magnetofluidice diferite pe cele două suprafețe de operare ale unui disc din material
nemagnetic 4, situat în apropierea inductorului, forța rezultantă respingând discul de inductor,
13 astfel că este posibilă transmiterea unei deplasări în exterior prin intermediul unei tije 5,
prevăzută cu un element de articulație 6, fixat de recipientul 3 al dispozitivului.

15 Inductorul de câmp magnetic 1 poate fi constituit fie numai din magneti permanenți,
din miez magnetic cu bobină, sau poate fi un sistem mixt (electromagnet + magneti).
17 Intensitatea câmpului magnetic indus H scade continuu în ferofluid pe direcția x , valoarea
maximă fiind la suprafața capătului din ferofluid a inductorului. Elementul de articulație al tije
19 poate fi un ax de rotație sau un element elastic de tip membrană sau burduf.

Într-un ferofluid cu magnetizația M , plasat într-un câmp magnetic H , apare o forță
21 magnetică având densitate de volum, f , dată de relația:

$$23 \quad \vec{f} = \mu_0 M \nabla H = \mu_0 M \text{grad} H \quad (1)$$

25 unde, $\mu_0 = 4\pi 10^{-7}$ H/m este permeabilitatea magnetică a vidului. Magnetizația M este
aproximativ proporțională cu câmpul H , dar atinge o valoare de saturație, M_s , la o intensitate
27 a câmpului suficient de mare. La un câmp magnetic continuu de valoare moderată, forța
variază cu pătratul curentului din bobina ce produce câmpul magnetic.

29 Gradientul câmpului are expresia:

$$31 \quad \text{grad} H = \nabla H = \frac{\partial H}{\partial x} \vec{i} + \frac{\partial H}{\partial y} \vec{j} + \frac{\partial H}{\partial z} \vec{k} \quad (2)$$

35 Integrând ecuația (1) pe direcția x , se poate găsi forța magnetică ce acționează asupra
unui disc nemagnetic perpendicular pe direcția x , având suprafața A și grosimea d [2]:

$$37 \quad F = A \int_{x_0}^{x_0+d} \mu_0 M |\nabla H| dx = \mu_0 A \int_{H_0(x_0)}^{H_1(x_0+d)} M(H) dH \quad (3)$$

41 unde H_0 și H_1 sunt intensitățile de câmp magnetic la nivelul celor 2 suprafețe ale discului.

43 Din relația (3), rezultă valoarea maximă a forței magnetice, când ferofluidul are
magnetizația maximă M_s , cu care discul considerat este respins din zona cu câmp magnetic
45 mai intens,

$$F_{\max} = \mu_0 M_s (H_0 - H_1) A d \quad (4)$$

RO 123646 B1

Metoda de acționare diferențială (fig. 2), spre deosebire de metoda simplă, constă în folosirea a două inductoare, **1** și **1'**, identice, dar care produc câmpuri magnetice de sensuri opuse în cele două întrefieruri de aceeași lungime inițială x_0 , create de inductoare cu discul nemagnetic **4**.

În poziția inițială de funcționare, inductoarele produc același câmp magnetic rezultant H_0 pe cele două suprafețe ale discului **4**, forțele magnetice rezultate, egale și de sens contrar, menținând discul în echilibru. La o variație în sensuri opuse ale celor două câmpuri induse de cei doi inductori, de exemplu, $H_1 = H_0 + \Delta H$ și $H_2 = H_0 - \Delta H$, forța magnetică rezultantă are expresia:

$$\Delta F = \mu_0 (M_1 H_1 - M_2 H_2) A d \quad (5)$$

Un actuator electromecanic, conform invenției, conceput pe baza metodei de acționare prin câmp magnetic indus într-un ferofluid, conține doi electromagneți identici, având miezurile feromagnetice cilindrice aliniat pe orizontală și introduse parțial într-un recipient cu ferofluid, în partea centrală a spațiului dintre miezuri aflându-se un disc din material nemagnetic, fixat de capătul unei tije articulate elastic printr-un element de tip burduf sau membrană, ce este fixat de carcasa recipientului, celălalt capăt al tije transmițând în exterior o acțiune mecanică (deplasare, forță, cuplu), ca urmare a câmpurilor magnetice diferite induse în cele două întrefieruri delimitate de discul nemagnetic și cele două miezuri magnetice, prin aplicarea unei diferențe de curent electric în cele două bobine ale electromagneților.

Se dă, în continuare, un exemplu de realizare a actuatorului, în legătură cu fig. 3, care prezintă o secțiune longitudinală a dispozitivului.

Actuatorul este alcătuit din doi electromagneți identici, **1** și **1'**, fiecare conținând câte un miez cilindric feromagnetic **2** și **2'**, și câte o bobină **3** și **3'**, un recipient **4** care adăpostește un ferofluid **5**, un disc din material nemagnetic **6**, fixat de un capăt al tije de acționare **7**, care este articulată de corpul recipientului printr-un element elastic de tip burduf, **8**. De capătul superior al tije **7**, se poate fixa piesa acționată **9**.

Prin aplicarea unui curent electric continuu I_0 celor două bobine **3** și **3'**, având un astfel de sens încât miezurile magnetice **2** și **2'** să fie magnetizabile cu poluri de același nume, situate față în față, forțele magnetice de respingere față de capetele miezurilor și aplicate pe cele două suprafețe ale discului **6** sunt egale, acesta rămânând în poziția de echilibru. La modificarea cu aceeași valoare ΔI , dar în sensuri diferite, a celor doi curenți prin bobine, se obține, de exemplu: $I_1 = I_0 + \Delta I$, $I_2 = I_0 - \Delta I$. Rezultă imediat variații în sensuri inverse și ale câmpurilor magnetice din cele două întrefieruri formate de disc cu miezurile magnetice, producându-se un dezechilibru de forțe, conform relației (5), care deplasează discul **6** către câmpul mai slab, antrenând astfel rotirea tije în jurul punctului de legătură cu elementul elastic de articulație **8**.

Polarizarea inițială cu un curent I_0 este necesară pentru fixarea unui punct static de funcționare, în jurul căruia actuatorul asigură forțele cele mai mari, iar caracteristica de transfer este liniară.

Schimbarea sensului deplasării piesei acționate se obține, evident, prin inversarea sensului de variație a curentului prin cele două bobine ($I_1 < I_2$), față de cazul precedent ($I_1 > I_2$).

Prezența curentului de polarizare I_0 poate fi eliminată sau valoarea sa poate fi redusă semnificativ, obținându-se astfel o creștere importantă a eficienței energetice a dispozitivului, dacă se utilizează o polarizare magnetică cu magneți permanenți, așa cum se indică în fig. 4. Magneții **10** și **10'**, fixați pe capetele externe ale miezurilor magnetice **2** și **2'**, asigură magnetizarea inițială a acestora, iar curenții inițiali prin bobine pot fi nuli.

Revendicări

1

3 1. Metodă de acționare prin câmp magnetic indus într-un ferrofluid, **caracterizată prin**
5 **aceea că**, în varianta acționării unidireționale, constă în generarea printr-un sistem inductor
7 (1) a unui câmp magnetic neomogen, orientat perpendicular pe cele două suprafețe de
9 operare ale unui disc nemagnetic (4), suspendat de o tijă de acționare (5), articulată elastic
11 de corpul unui recipient (3) ce conține un ferrofluid (2), în care câmpul magnetic al induc-
torului produce în ferrofluid presiuni și forțe magnetice diferite pe cele două suprafețe ale
discului (4), determinând deplasări ale acestuia și transmiterea în exteriorul recipientului prin
intermediul tije (5) a unor deplasări pe o singură direcție, numai stânga sau numai dreapta,
față de poziția inițială, dependente de câmpul magnetic indus în ferrofluid.

13 2. Metodă de acționare prin câmp magnetic indus într-un ferrofluid, **caracterizată prin**
15 **aceea că**, în varianta acționării bidireționale, stânga-dreapta, față de poziția inițială, constă
17 în generarea prin două sisteme inductoare identice, (1 și 1') a unor câmpuri magnetice de
sensuri opuse în cele două întrefieruri de aceeași lungime inițială și create de inductoarele
(1 și 1') cu discul nemagnetic (4), ceea ce permite ca, plecând de la câmpuri magnetice inițial
egale în întrefieruri, să se transmită în exterior acțiuni mecanice în ambele direcții,
stânga-dreapta, în funcție de diferența intensităților de câmp magnetic în întrefieruri.

19 3. Actuator electromecanic, bazat pe metoda de acționare bidirecțională de la
21 revendicarea 2, **caracterizat prin aceea că** are în componență doi electromagneți identici
(1 și 1'), având miezurile feromagnetice (2 și 2') aliniate pe orizontală și introduse parțial
23 într-un recipient (4) prevăzut cu un ferrofluid (5), în partea centrală a spațiului dintre miezuri
aflându-se un disc (6) din material nemagnetic, fixat de capătul unei tije (7) articulate elastic
25 printr-un element (8) de tip burduf sau membrană, care este fixat de carcasa recipientului (4),
celălalt capăt al tije transmițând în exterior o acțiune mecanică (deplasare, forță, cuplu), ca
27 urmare a câmpurilor magnetice de intensități diferite, induse în cele două întrefieruri delimi-
tate de discul nemagnetic (6) și cele două miezuri magnetice (2 și 2'), prin aplicarea unei
diferențe de curent electric în cele două bobine (3 și 3') ale electromagneților (1 și 1').

29 4. Actuator electromecanic, în conformitate cu revendicarea 3, **caracterizat prin**
31 **aceea că**, în scopul eliminării curentului de polarizare sau a reducerii semnificative a
acestuia, se prevede o polarizare magnetică permanentă prin aplicarea a doi magneți identici
(10 și 10') pe capetele externe ale celor două miezuri feromagnetice (2 și 2').

(51) Int.Cl.

F16F 9/53 (2006.01),

H01F 1/44 (2006.01)

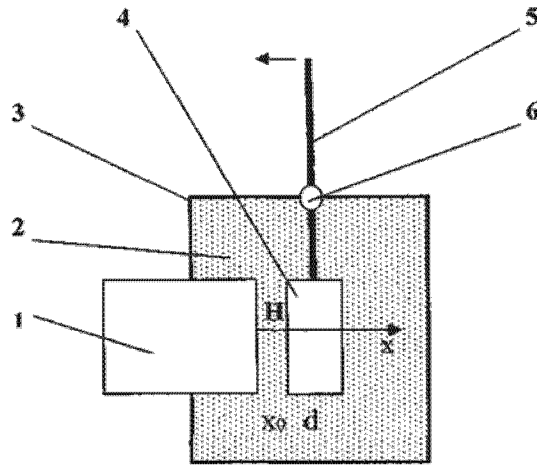


Fig. 1

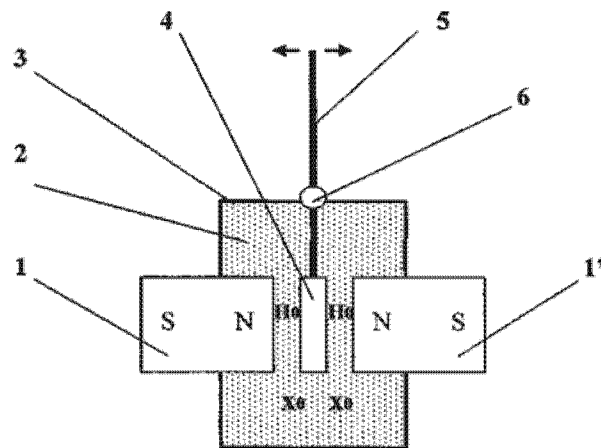


Fig. 2

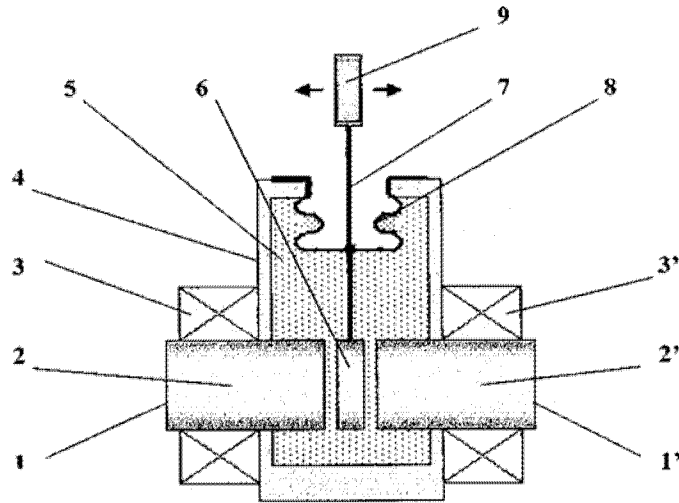


Fig. 3

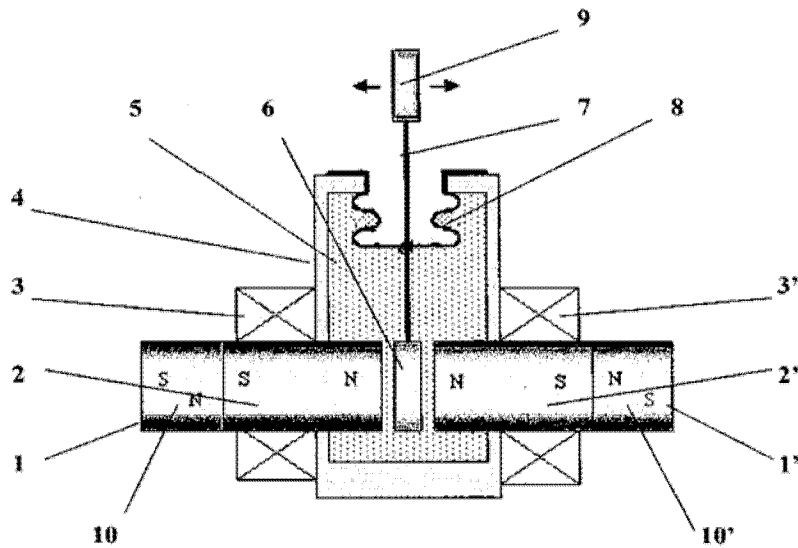


Fig. 4

