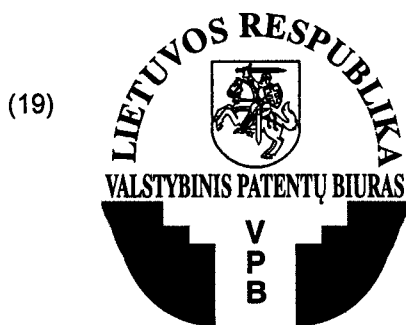




(10) **LT 6294 B**

(12) **PATENTO APRAŠYMAS**

- (11) Patent numeris: **6294** (51) Int. Cl. (2016.01): **G01R 3/00**
G11B 5/00
- (21) Paraiškos numeris: **2014 134**
- (22) Paraiškos padavimo data: **2014-11-21**
- (41) Paraiškos paskelbimo data: **2016-06-27**
- (45) Patent paskelbimo data: **2016-08-10**
- (62) Paraiškos, iš kurios dokumentas išskirtas, numeris: —
- (86) Tarptautinės paraiškos numeris: —
- (86) Tarptautinės paraiškos padavimo data: —
- (85) Nacionalinio PCT lygio procedūros pradžios data: —
- (30) Prioritetas: —
- (72) Išradėjas:
Voitceh STANKEVIČ, LT
Saulius BALEVIČIUS, LT
Nerija ŽURAUSKIENĖ, LT
Česlovas ŠIMKEVIČIUS, LT
Skirmantas KERŠULIS, LT
Vitoldas GOBIS, LT
Algirdas BAŠKYS, LT
- (73) Patent savininkas:
Valstybinis mokslinių tyrimų institutas Fizinių ir technologijos mokslų centras,
Savanorių pr. 231, LT-02300 Vilnius, LT
- (74) Patentinis patikėtinis/atstovas:
Virgina Adolfina DRAUGELIENĖ, UAB TARPINĖ, A.P.Kavoliuko g. 24-152, LT-
04328 Vilnius, LT

- (54) Pavadinimas:
Skaliarinis magnetinio lauko zondas

- (57) Referatas:

Išradimas susijęs su matavimo priemonėmis, matuojančiomis magnetinį lauką. Išradimas gali būti panaudotas matavimo, kontrolės, ir monitoringo sistemose, kuriose yra atliekamas nuolatinio arba kintančio skaliarinio magnetinio srauto tankio (magnetinės indukcijos) matavimas. Zondas transformuoja magnetinės indukcijos reikšmes į elektrinį signalą - varžos pokytį, panaudojant magnetovaržinį plonasluoksnį manganito jutiklį. Temperatūrinių paklaidų kompensavimui zonde yra sumontuotas plonasluoksnis varžinis temperatūros jutiklis, realiu laiku nustatantis temperatūrą realiu laiku. Abiejų jutiklių plonieji sluoksniai atskirti plonu laidžios šilumai ir nelaidžios elektrai termopastos sluoksniu.

Išradimas susijęs su matavimo priemonėmis, matuojančiomis magnetinį lauką. Išradimas gali būti panaudotas matavimo, kontrolės, ir monitoringo sistemose, kuriose yra atliekamas nuolatinio arba kintančio skaliarinio magnetinio srauto tankio (magnetinės indukcijos) matavimas.

Yra žinomi varžiniai magnetinio lauko jutikliai, kuriuose jutiklio jautrusis elementas yra rezistorius, kurio varža keičiasi priklausomai nuo magnetinio lauko (žiūr. US Patent Nr. 6232776). Jo trūkumas yra tai, kad jutiklio varža keičiasi nuo temperatūros ir priklauso nuo magnetinio lauko krypties, dėl ko atsiranda didelės matavimo paklaidos jei matavimai vykdomi plačiame temperatūrų ruože ir nėra žinoma magnetinio lauko kryptis.

Artimiausias siūlomam sprendimui yra skaliarinis magnetinio lauko zondas, kuris matuoja magnetinio srauto tankio (magnetinės indukcijos) modulį, nepriklausomai nuo krypties. Jis susideda iš dviejų magnetovaržinių jutiklių, kurių abiejų varžos keičiasi priklausomai nuo magnetinio lauko, tačiau jų varžos bei magnetovaržos priklausomybės nuo temperatūros pobūdis yra skirtingas (žiūr. EU Patent Nr. 2040088). Jutiklius sudaro manganito polikristaliniai ir monokristaliniai plonieji sluoksniai, užnešti ant nelaidaus padėklo, ir keturios metalinės kontaktinės aikštelės, prie kurių yra prijungiami laidai. Sujungus nuosekliai šiuos du magnetovaržinius elementus galima sumažinti jų suminės varžos ir magnetovaržos priklausomybę nuo temperatūros. Šio magnetinio lauko zondo trūkumai yra atskirų magnetovaržinių jutiklių, tinkamų naudoti viename zonde, parinkimo sudėtingumas, siauras temperatūrų ruožas, kuriame zondas gali užtikrinti reikiamą tikslumą bei papildomos matavimo paklaidos, atsirandančios greito temperatūros kitimo metu.

Siūlomu išradimu siekiama supaprastinti zondo formavimo procesą, padidinti jo eksploataavimo temperatūrų diapazoną bei pagerinti matavimo tikslumą greitai besikeičiančios temperatūros atveju.

Uždavinio sprendimo esmė pagal pasiūlytą išradimą yra ta, kad skaliarinis magnetinio lauko zonde, apimančiame magnetovaržinį jutiklį, turintį pirmą dielektrinį padėklą, padengtą plonu sluoksniu iš polikristalinės medžiagos, kurios elektrinė varža kinta priklausomai nuo magnetinio lauko ir temperatūros, o ant minėto plono sluoksnio lokaliai suformuotos elektrai laidžios kontaktinės aikštelės, prie kurių prijungti jungiamieji laidai, skirti elektros srovės šaltiniui prijungti, sudarant nuoseklą

elektros grandinę per minėtą ploną polikristalinės medžiagos sluoksnį, esantį tarp kontaktinių aikštelių, kur visas zondas yra padengtas hermatizuojančiu užpildu, yra numatytas varžinis jutiklis apimantis antrą dielektrinį padėklą, padengtą plonu temperatūrai jautriu varžinės medžiagos metalo sluoksniu, kuris yra nejautrus magnetiniam laukui ir prie kurio yra prijungti jungiamieji laidai, skirti elektros srovės šaltiniui prijungti, sudarant nuoseklią elektros grandinę per minėtą temperatūrai jautrų varžinės medžiagos ploną metalo sluoksnį, kur magnetovaržinio jutiklio ir varžinio temperatūros jutiklio padėklai yra išdėstyti priešpriešiais taip, kad jų pusės, padengtos minėtais plonais medžiagos sluoksniais yra lygiagrečios ir nukreiptos viena į kitą bei atskirtos viena nuo kitos dielektriniu šilumai laidžiu tarpiniu sluoksniu. Minėtų plonųjų sluoksnių išoriniai paviršiai padengti apsaugine plėvele.

Magnetovaržinio jutiklio plonojo sluoksnio polikristalinė medžiaga, kurios elektrinė varža kinta priklausomai nuo magnetinio lauko yra polikristalinis lantano-stroncio-mangano oksidas arba polikristalinis lantano-kalcio-mangano oksidas. Varžinio jutiklio temperatūrai jautrus varžinės medžiagos plonasis metalo sluoksnis yra iš platinos, kuris gali būti suformuotas meandro formos. Minėtas dielektrinis šilumai laidus tarpinis sluoksnis yra termopastos sluoksnis.

Skaliarinio magnetinio lauko matavimo būde, apimančiame šią operacijų seką: per magnetovaržinio jutiklio ploną polikristalinės medžiagos sluoksnį, kurio elektrinė varža kinta priklausomai nuo matuojamos aplinkos magnetinio lauko ir temperatūros, praleidžia elektros srovę ir išmatuoja minėto sluoksnio elektrinę varžą, o pagal iš anksto nustatytą šio sluoksnio elektrinės varžos funkcinę priklausomybę nuo magnetinio lauko prie atitinkamos temperatūros nustato skaliarinio magnetinio lauko reikšmę, matuojamoje aplinkoje kartu su varžos matavimu magnetovaržiniu jutikliu tuo pat metu atlieka varžos matavimą varžiniu jutikliu, praleidžiant elektros srovę per ploną temperatūrai jautrios metalo medžiagos sluoksnį, kurio varža priklauso nuo temperatūros ir nepriklauso nuo magnetinio lauko, pagal iš anksto nustatytą varžinio jutiklio funkcinę elektros varžos priklausomybę nuo temperatūros realiu laiku nustato temperatūrą matuojamoje aplinkoje ir prie šios temperatūros pagal magnetovaržinio jutiklio išmatuotą elektros varžą ir jos iš anksto nustatytą funkcinę priklausomybę nuo magnetinio lauko ir temperatūros nustato skaliarinio magnetinio lauko reikšmę.

Pagal pasiūlytą išradimą skaliarinis magnetinio lauko zondas turi šiuos privalumus: nesudėtingas zondo formavimo procesas, kadangi nereikia rinkti atskirų

magnetovaržinių jutiklių, tinkamų naudoti viename zonde. Eksploatavimo temperatūrų diapazonas yra žymiai platesnis, kadangi zondas gali įvertinti realiu laiku matuojamos aplinkos temperatūrą bei prie jos magnetovaržiniu jutikliu nustatyti skaliarinio magnetinio lauko reikšmę, o tai leidžia pagerinti matavimo tikslumą, ypač gretai besikeičiančios temperatūros sąlygomis, pavyzdžiui, kai reikia išmatuoti galingų elektros mašinų magnetinę indukciją pereinamųjų procesų metu. Be to siūlomas magnetinio lauko zondas yra mažų gabaritų, todėl gali matuoti magnetinę indukciją mažuose tūriuose. Kadangi zonde naudojamas manganito plonasis sluoksnis, tai jutiklis nėra jautrus magnetinio lauko krypties pasikeitimams ir matuoja skaliarinę magnetinės indukcijos reikšmę.

Detaliau išradimas paaiškinamas brėžiniais, kur

Fig.1a pavaizduota magnetinio lauko zondo struktūrinė schema,

Fig.1b pavaizduota magnetovaržinio jutiklio vaizdas iš plonojo sluoksnio pusės,

Fig.1c pavaizduota varžinio jutiklio vaizdas plonojo sluoksnio pusės,

Fig.2a pavaizduota magnetovaržinio jutiklio varžos priklausomybės nuo temperatūros ir magnetinio lauko,

Fig.2b pavaizduota varžinio jutiklio varžos priklausomybės nuo temperatūros.

Zondas (Fig.1a) susideda iš magnetovaržinio jutiklio, kurį sudaro polikristalinio manganito plonasis sluoksnis 1, užneštas ant dielektrinio padėklo 2, dvi metalinės kontaktinės aikštelės 3, suformuotos lokaliai virš dalies manganito sluoksnio, bei jungiamieji laidai 4, prilituoti prie kontaktinių aikštelių 3 lydmetalio 5 pagalba. Zondas taip pat susideda iš varžinio temperatūros jutiklio, kurį sudaro jautrusis temperatūrai plonasis sluoksnis 6, kuris suformuotas ant dielektrinio padėklo 7, jungiamųjų laidų 8, prilituotų prie sluoksnio 6 lydmetalio 9 pagalba. Magnetovaržinis ir varžinis temperatūros jutikliai išdėstyti taip, kad manganito sluoksnis ir temperatūrai jautrusis sluoksnis būtų nukreipti vienas į kitą. Tarp jų yra patalpintas laidus šilumai, bet nelaidus elektrai termopastos sluoksnis 10. Šilumai laidžios termopastos sluoksnis leidžia iki minimumo sumažinti temperatūrų skirtumą tarp abiejų jutiklių jautriųjų sluoksnių net ir esant dideliems temperatūros gradientams

zondo aplinkoje. Kad apsaugoti jautriuosius sluoksnius 1 ir 6 nuo tiesioginio sąlyčio su termopasta, jie yra padengti plona apsaugine plėvele 11. Sumontuoti magnetovaržinis ir varžinis temperatūros jutikliai yra padengti hermetizuojančiu užpildu 12.

Siūlomo įtaiso funkcionavimas buvo patikrintas suformuojant zondą tokiu būdu. Ant dielektrinio polikoro ($\text{Al}_2\text{O}_3 + 0,1 \text{ \% MgO}$) padėklo 2 nusodinimo iš metaloorganinių junginių garų fazės (MOCVD) būdu buvo užneštas plonas 400 nm storio polikristalinis $\text{La}_{0,83}\text{Sr}_{0,17}\text{MnO}_3$ sluoksniu 1. Ant jo terminio garinimo per trafaretą būdu buvo užneštos sidabro 1 μm storio kontaktinės aikštelės 3. Padėklas su manganito sluoksniu ir kontaktinėmis aikštelėmis buvo deimantinio disko pagalba padalijamas į $1 \times 0,5 \text{ mm}^2$ dydžio magnetovaržinius jutiklius. Prie kontaktinių aikštelių buvo prijungti sidabriniai izoliuoti vytos poros jungiamieji laidai 4 panaudojant švino-sidabro (75 %-35 %) lydmetali 5. Vytos poros laidai 4 buvo naudojami siekiant išvengti parazitinės elektrovaros jėgos įtakos, kuri gali būti indukuota magnetovaržinio jutiklio laiduose veikiant kintamam magnetiniam laukui. Varžinis temperatūros jutiklis buvo suformuotas užgarinant terminio garinimo būdu ant rubalito ($\text{Al}_2\text{O}_3 + 0,4 \text{ \% ZrO}_2$) keraminio padėklo 7 ploną 1,5 μm storio platinos sluoksnį 6. Fotolitografijos būdu buvo suformuojami meandro formos platinos takeliai. Padėklas 7 su platinos sluoksniu 6 deimantinio disko pagalba buvo supjaustomas į $0,9 \times 0,6 \text{ mm}^2$ dydžio elementus, prie kurių lydmetalio 9 pagalba buvo prilituojami sidabriniai izoliuoti vytos poros jungiamieji laidai 8. Abiejų jutiklių jautrieji sluoksniai 1 ir 6 buvo padengiami polietilene plėvele 11. Šilumai laidžios termopastos (silikonas su aliuminio oksido priedu) sluoksniu 10 buvo užpildomas tarpelis tarp abiejų jutiklių jautriųjų sluoksnių 1 ir 6. Taip sujungti jutikliai buvo padengiami poliuretatinio hermetizuojančiu užpildu 12.

Fig. 2 pateiktos magnetovaržinio jutiklio (a) varžos R_{Mag} priklausomybės nuo magnetinės indukcijos B skirtinguose temperatūrose T ir varžinio temperatūros jutiklio (b) varžos R_{Tem} priklausomybės nuo temperatūros T . Didėjant temperatūrai varžinio temperatūros jutiklio varža tiesiškai didėja (Fig. 2 b), todėl išmatavus šio jutiklio varžos reikšmę, galima nustatyti aplinkos temperatūrą. Didėjant temperatūrai, magnetovaržinio jutiklio varža mažėja ir pavyzdžiui, esant nuliniam magnetiniam laukui ($B=0$), jo varžos reikšmės yra $R_{0 \text{ } T_1}$, $R_{0 \text{ } T_2}$ ir $R_{0 \text{ } T_3}$ atitinkamai, kai temperatūra yra T_1 , T_2 ir T_3 . Didėjant magnetiniam laukui šio jutiklio varža mažėja bei mažėja ir

magnetovarža, t.y. santykinis varžos pokytis esant to paties dydžio magnetinio lauko pokyčiui (Fig. 2a). Fig. 2a yra pavaizduotos magnetovaržinio jutiklio varžos priklausomybės nuo magnetinio lauko esant trims fiksuotoms temperatūroms, pavyzdžiui T_1 , T_2 ir T_3 .

Abu jutikliai yra jungiami į elektros grandinę. Prijungus kiekvieną jutiklį atskirai, pavyzdžiui, prie nuolatinės fiksuotos (pavyzdžiui 1 mA) srovės šaltinių (Fig. 1 nepavaizduoti), gauname įtampos kritimą ant kiekvieno jutiklio, proporcingą jų varžai. Pagaminti jutikliai yra kalibruojami visame darbinių temperatūrų ir magnetinio lauko ruože, t.y. išmatuojamos jutiklių varžos esant skirtingoms temperatūroms ir magnetiniams laukams, o matavimų duomenys įrašomi į elektroninę atmintį. Atliekant magnetinio lauko matavimus matuojamas įtampos kritimas ant magnetovaržinio ir varžinio temperatūros jutiklio. Iš varžinio temperatūros jutiklio įtampos kritimo (varžos) reikšmės yra apskaičiuojama aplinkos temperatūra, pavyzdžiui T_2 (Fig. 2b). Šiai temperatūrai iš magnetovaržinio jutiklio kalibravimo duomenų yra pasirenkama atitinkama šiai temperatūrai varžos (įtampos kritimo) priklausomybė nuo magnetinės indukcijos. Panaudojant šią priklausomybę įtampos kritimas (varža) ant magnetovaržinio jutiklio perskaičiuojamas į magnetinę indukciją, pavyzdžiui, esant temperatūrai T_2 magnetovaržinio jutiklio išmatuotai varžai $R_{B\ T_2}$ atitinka magnetinė indukcija B_{T_2} (Fig. 2a).

Skaliarinio magnetinio lauko (B) reikšmę apskaičiuoja iš lygties: $B = K [R_{0T} - F(R_{BT}, T)]$, K – proporcingumo koeficientas, R_{0T} magnetovaržinio jutiklio varža esant $B = 0$ ir tam tikrai temperatūrai T , $F(R_{BT}, T)$ – tam tikra funkcija, kuri nustatoma iš anksto kalibruojant magnetovaržinį jutiklį, priklausanti nuo temperatūros T ir magnetovaržinio jutiklio varžos R_{BT} tam tikrame magnetiniame lauke B esant tam tikrai temperatūrai T , o temperatūra T apskaičiuojama iš formulės $T = (R_{temT} - R_{tem0}) / (\alpha \cdot R_{tem0})$, kur R_{temT} - varžinio temperatūros jutiklio varža esant tam tikrai temperatūrai T , R_{tem0} - varžinio temperatūros jutiklio varža esant 0°C temperatūrai, α - varžinio temperatūros jutiklio varžos temperatūrinis koeficientas.

Siekiant padidinti magnetovaržinio jutiklio jautrį, gali būti naudojami polikristaliniai manganitų La – Sr – Mn – O sluoksniai, kurie pasižymi taip pat ir mažesne varžos bei magnetovaržos priklausomybe nuo temperatūros kambario temperatūrų ruože. Jei reikia matuoti magnetinį lauką žemesnėse negu kambario temperatūrose (pavyzdžiui kosmose), yra naudojami polikristaliniai La-Ca-Mn-O

sluoksniai, kurių varžos pokytis nuo temperatūros yra mažesnis, o varžos pokytis nuo magnetinio lauko yra didesnis žemesnėse negu kambario temperatūrose.

Išradimo apibūrtis

1. Zondas, skirtas skaliarinis magnetiniam laukui matuoti, apimantis magnetovaržinį jutiklį, turintį pirmą dielektrinį padėklą (2), padengtą plonu sluoksniu (1) iš polikristalinės medžiagos, kurios elektrinė varža kinta priklausomai nuo magnetinio lauko ir temperatūros, o ant minėto plono sluoksnio (1) lokaliai suformuotos elektrai laidžios kontaktinės aikštelės (3), prie kurių prijungti laidai (4), skirti elektros srovės šaltiniui prijungti, sudarant nuosekliają elektros grandinę per minėtą ploną polikristalinės medžiagos sluoksnį (1), esantį tarp kontaktinių aikštelių (3), kur visas zondas yra padengtas hermatizuojančiu užpildu (12),

besiskiriantis tuo, kad numatytas varžinis jutiklis, apimantis antrą dielektrinį padėklą (7), padengtą temperatūrai jautrią varžinės medžiagos plonu sluoksniu (6), kuris yra nejautrus magnetiniam laukui ir prie kurio yra prijungti laidai (8), skirti elektros srovės šaltiniui prijungti, sudarant nuosekliają elektros grandinę per minėtą temperatūrai jautrų varžinės medžiagos ploną sluoksnį (6), kur magnetovaržinio jutiklio ir varžinio temperatūros jutiklio padėklai (2) ir (7) išdėstyti priešpriešiais taip, kad jų pusės, padengtos minėtais plonais medžiagos atitinkamais sluoksniais (1) ir (6), yra lygiagrečios ir nukreiptos viena į kitą bei atskirtos viena nuo kitos dielektriniu šilumai laidžiu tarpiniu sluoksniu (10).

2. Zondas pagal 1 punktą, besiskiriantis tuo, kad plonųjų sluoksnių (1) ir (6) išoriniai paviršiai padengti apsaugine plėvele (11).

3. Zondas pagal 1 arba 2 punktą, besiskiriantis tuo, kad plonojo sluoksnio (1) polikristalinė medžiaga, kurios elektrinė varža kinta priklausomai nuo magnetinio lauko yra polikristalinis lantano-stroncio-mangano oksidas arba polikristalinis lantano-kalcio-mangano oksidas.

4. Zondas pagal bet kurį iš ankstesnių punktų, besiskiriantis tuo, kad temperatūrai jautrus varžinės medžiagos plonasis sluoksnis (6) yra metalo sluoksnis, geriau platinos sluoksnis.

5. Zondas pagal 4 punktą, besiskiriantis tuo, kad plonasis platinos sluoksnis (6) yra suformuotas meandro formos.

6. Zondas pagal bet kurį iš ankstesnių punktų, besiskiriantis tuo, kad minėtas dielektrinis šilumai laidus tarpinis sluoksnis (10) yra termopastos sluoksnis.

7. Būdas, skirtas skaliariniam magnetiniam laukui matuoti, apimantis šią operacijų seką:

elektros srovės praleidimą per magnetovaržinio jutiklio ploną polikristalinės medžiagos sluoksnį (1), kurio elektrinė varža kinta priklausomai nuo matuojamos aplinkos magnetinio lauko ir temperatūros,

magnetovaržinio jutiklio plono polikristalinės medžiagos sluoksnio (1) elektrinės varžos matavimą,

skaliarinio magnetinio lauko reikšmės nustatymą pagal iš anksto nustatytą plono polikristalinės medžiagos sluoksnio (1) elektrinės varžos funkcinę priklausomybę nuo magnetinio lauko prie atitinkamos temperatūros,

besiskiriantis tuo, kad

matuojamoje aplinkoje kartu su elektrinės varžos matavimu magnetovaržiniu jutikliu tuo pat metu atliekamas

varžos matavimas varžiniu jutikliu, praleidžiant elektros srovę per varžinio jutiklio ploną temperatūrai jautrios metalo medžiagos ploną sluoksnį (6), kurio varža priklauso nuo temperatūros ir nepriklauso nuo magnetinio lauko, ir

temperatūros nustatymas realiu laiku pagal iš anksto nustatytą varžinio jutiklio elektros varžos funkcinę priklausomybę nuo temperatūros, o

skaliarinio magnetinio lauko reikšmė nustatoma pagal magnetovaržinio jutiklio išmatuotą elektros varžą ir jos iš anksto nustatytą funkcinę priklausomybę nuo magnetinio lauko prie temperatūros, nustatytos minėtu varžiniu jutikliu matuojamoje aplinkoje realiu laiku.

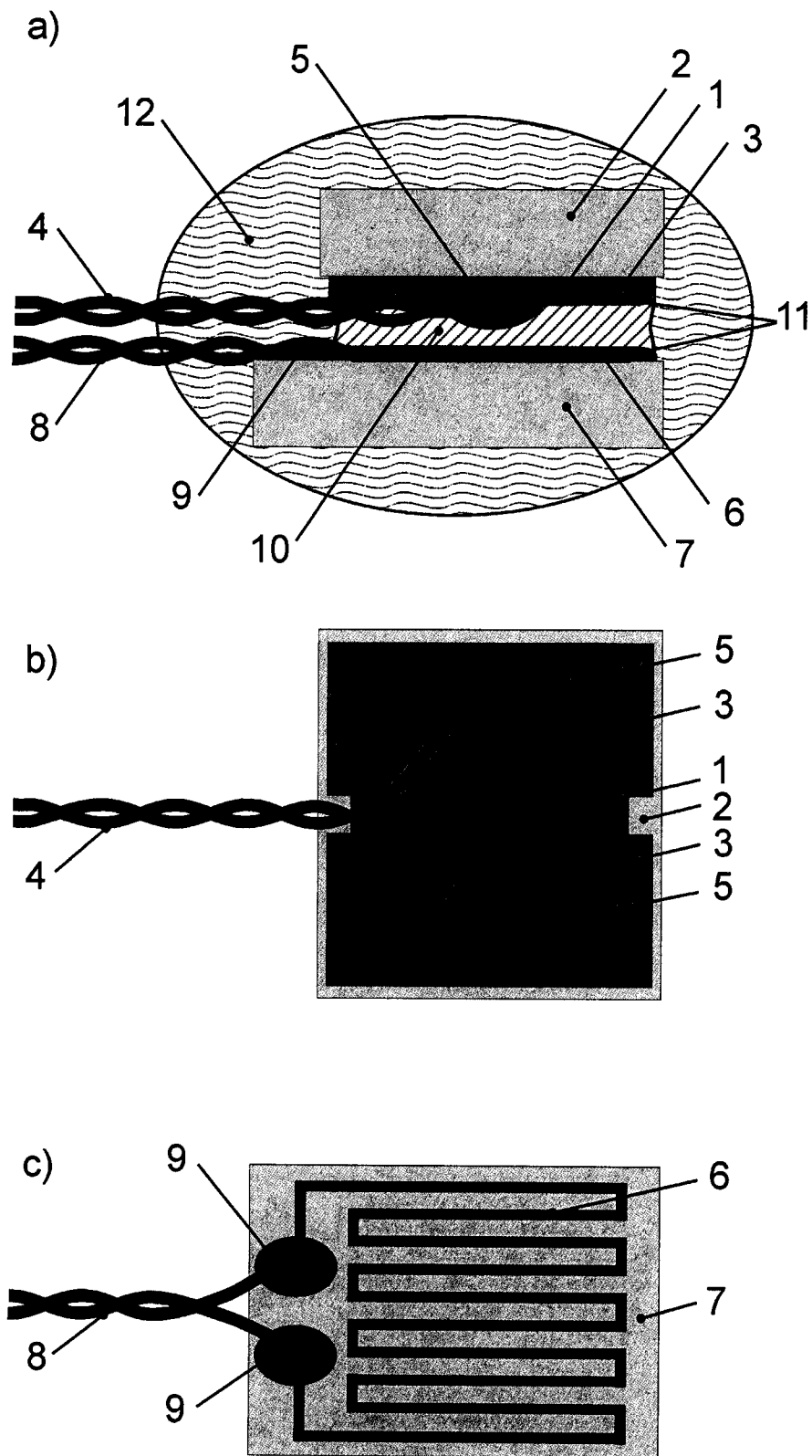


Fig.1

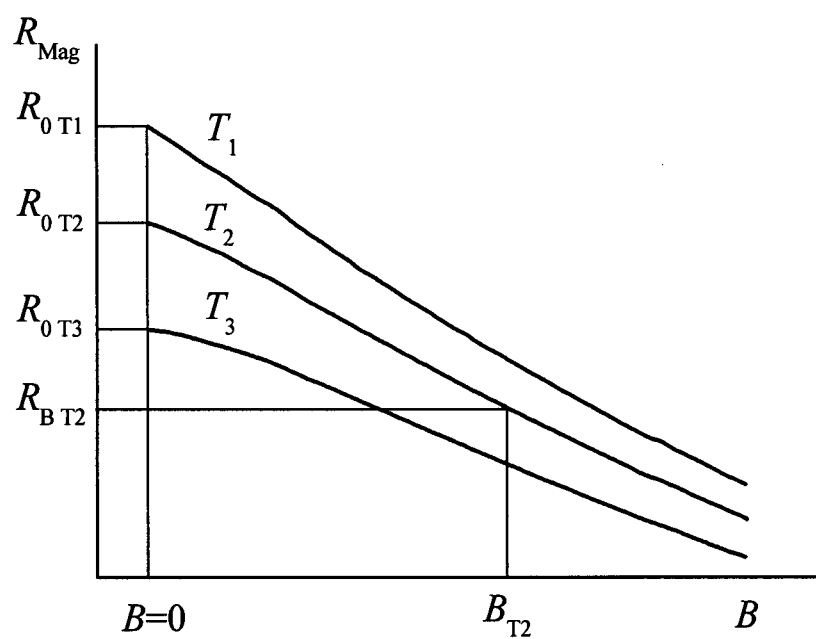


Fig.2a

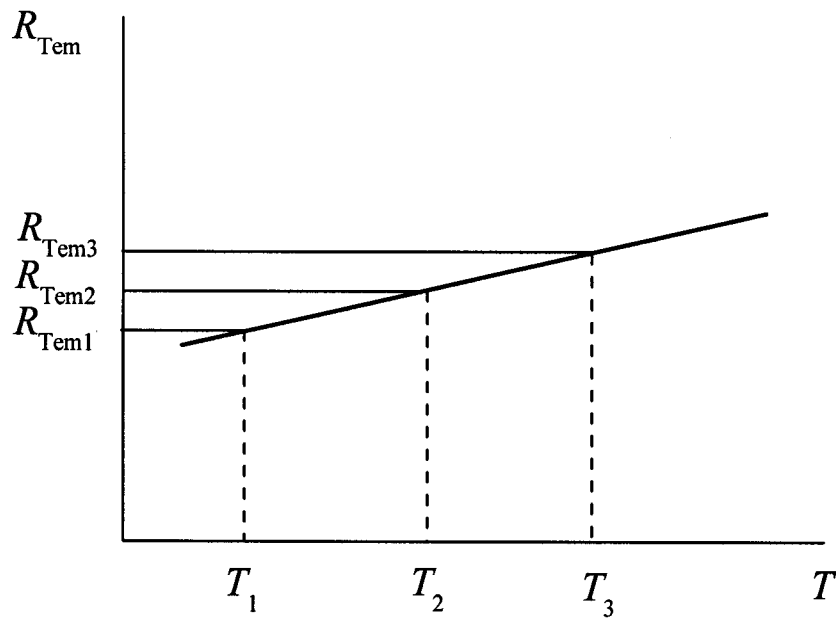


Fig.2b