PATENTOVÝ SPIS

(19) ČESKÁ REPUBLIKA

ÚŘAD PRŮMYSLOVÉHO VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2005-438**
(22) Přihlášeno: **07.07.2005**
(40) Zveřejněno: **14.02.2007**
(Věstník č. 7/2007)
(47) Uděleno: **03.03.2010**
(24) Oznámení o udělení ve Věstníku: **14.04.2010**
(Věstník č. 15/2010)

(11) Číslo dokumentu:
301 546
(13) Druh dokumentu: **B6**
(51) Int. Cl.:
G01R 1/06 (2006.01)
G01R 33/00 (2006.01)

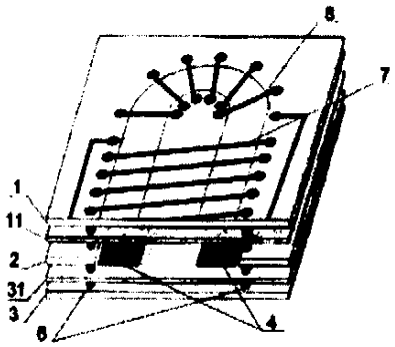
(56) Relevantní dokumenty:
GB 2386197 B; GB 2386198 B; GB 2386199 B; US 7015691 B; US 6270686 B; WO 0144826 A; FR 2848672 B; EP 1387179 A; CZ 286657 B.

(73) Majitel patentu:
České vysoké učení technické v Praze, Fakulta elektrotechnická, Praha, CZ

(72) Původce:
Kubík Jan Ing., Pardubice, CZ
Ripka Pavel Prof. Ing. CSc., Praha, CZ
Pavel Lukáš, Rychnov nad Kněžnou, CZ

(74) Zástupce:
Ing. Hana Dušková, Na Kočově 180, Chotutice, 28103

(54) Název vynálezu:
Feromagnetická sonda



(57) Anotace:
Feromagnetická sonda je tvořená sendvičem desek plošných spojů a feromagnetickým jádrem opatřeným vinutím snímací cívky a vinutím budicí cívky, kdy kolmo na podélnou osu sendviče jsou v něm vytvořeny minimálně čtyři prokovy s pájecími ploškami pro vyvedení konců vinutí snímací cívky a konců vinutí budicích cívek. Tento sendvič je tvořen spodní deskou (23) plošných spojů, ve které je vzhledem k jejímu středu symetricky vytvořeno alespoň jedno zahloubení (5) pro těsné uložení zvoleného typu feromagnetického jádra (4) feromagnetické sondy. Hloubka zahloubení (5) je rovna minimálně tloušťce použitého feromagnetického jádra (4). Spodní deska (23) plošných spojů je ze strany zahloubení (5) překryta horní deskou (1) plošných spojů, přičemž mezi spodní deskou (23) plošných spojů a horní deskou (1) plošných spojů je vložen první list (11) za tepla lepivého adheziva. Spodní deska (23) plošných spojů může být tvořena sendvičem první desky (3) plošných spojů, druhým listem (31) za tepla lepivého adheziva a druhou deskou (2) plošných spojů. Alespoň jedno zahloubení (5) pro těsné uložení feromagnetického jádra (4) je pak tvořeno alespoň jedním otvorem ve druhé desce (2), jejíž výška je rovna minimálně tloušťce feromagnetického jádra (4).

CZ 301546 B6

Feromagnetická sonda

Oblast techniky

Předkládané řešení se týká nové konstrukce ploché feromagnetické sondy tvořené sendvičem desky plošných spojů a feromagnetickým jádrem opatřeným vinutím snímací cívky a vinutím budicí cívky.

Dosavadní stav techniky

Feromagnetické sondy se používají pro měření slabých magnetických polí. Nejčastěji se používají ručně montované a vinuté sondy. Cena takovýchto sond je značná. Snížení ceny sondy je možné při zjednodušení konstrukce a minimalizací podílu lidské práce na výrobě sondy. Mikrominiaturizace feromagnetických sond byla sice provedena (WO 0 144 826A a FR 2 848 672B), avšak bylo zjištěno, že jejich parametry, zejména šum, jsou výrazně horší než u ručně vyráběných sond. Dále byla ověřena technologie výroby feromagnetických sond pomocí integrace feromagnetického jádra do sendviče desky plošných spojů, kdy jsou vinutí tvořena měděnými cestami a prokovy v deskách plošných spojů (GB 2 386 197B, US 7 015 691B, GB 2 386 198B, GB 2 386 199B, EP1 387 179A, US 6 270 686B). Feromagnetické jádro je u těchto sond vytvořeno buď leptáním z nalaminované fólie přímo na desce plošného spoje, nebo je nanášeno na jednu z vrstev desky plošného spoje elektrolyticky. Zásadní nevýhodou takto vytvořených feromagnetických sond je značná teplotní závislost ofsetu a citlivosti těchto sond. Zdrojem těchto teplotních závislostí je přenos mechanických napětí vznikajících v důsledku teplotní roztažnosti materiálu desek plošných spojů na feromagnetické jádro sondy, což způsobuje změny tvaru hysterezní smyčky, které se projeví jako teplotní nestabilita sondy.

Patent GB 2 386 197B chrání provedení feromagnetické sondy s využitím vícevrstvých desek plošných spojů a tenkých feromagnetických jader, kde jsou vinutí budicí a snímací cívky provedena v navzájem odlišných vrstvách desky plošných spojů.

Patent US 7 015 691B chrání provedení feromagnetické sondy s využitím vícevrstvých desek plošných spojů a tenkých feromagnetických jader, kde jsou vinutí budicí a snímací cívky provedena ve shodných vrstvách desky plošných spojů tak, že se vzájemně střídají jednotlivé závity snímací a budicí cívky. Tento patent dále chrání vzájemně kolmé uspořádání dvou takto provedených feromagnetických sond.

Patent CZ 286 567 B6 chrání provedení feromagnetické sondy s asymetrickým oválným jádrem. Asymetrické oválné jádro dle patentu CZ 286 567 B6 může být s výhodou upevněno způsobem, který je předmětem tohoto patentu.

Patent GB 2 386 198B chrání provedení feromagnetické sondy s využitím vícevrstvých desek plošných spojů a tenkých feromagnetických jader, kde se jádro jedné sondy skládá ze dvou proužků feromagnetického materiálu umístěných v navzájem odlišných vrstvách desky plošných spojů v řezu nad sebou.

Patenty GB 2 386 199B a EP1 387 179A chrání dvouosé provedení feromagnetické sondy s využitím vícevrstvých desek plošných spojů a tenkých feromagnetických jader, kde jsou obě sondy orientovány v rovině desky plošných spojů pod úhlem 90 stupňů a provedeny v navzájem odlišných vrstvách desky plošných spojů.

Patent US 6 270 686B chrání dvouosé provedení feromagnetické sondy s využitím vícevrstvých desek plošných spojů a tenkých feromagnetických jader z amorfního materiálu, kde je použito

jediné jádro ve tvaru kružnice, jediná budicí cívka a dvě navzájem kolmo uspořádané snímací cívky realizované v navzájem různých vrstvách desky plošných spojů.

Patent WO 0 144 826A chrání provedení feromagnetické sondy vyrobené s využitím mikrotechnologických postupů v konfiguraci pro měření magnetického pole kolmého k substrátu.

Patent FR 2 848 672B chrání provedení feromagnetické sondy vyrobené s využitím mikrotechnologických postupů v konfiguraci pro měření magnetického pole v jedné ose v rovině substrátu vyznačující se pomocným buzením pro stabilizaci sondy.

Žádný z výše uvedených patentů neřeší problém přenosu mechanických napětí vznikajících v důsledku teplotních roztažností materiálů materiálu desky plošných spojů na jádro feromagnetické sondy.

Podstata technického řešení

Výše uvedené nedostatky odstraňuje plochá feromagnetická sonda tvořená sendvičem desek plošných spojů a feromagnetickým jádrem opatřeným vinutím snímací cívky a vinutími budicí cívky, kdy kolmo na podélnou osu sendviče jsou v něm vytvořeny minimálně čtyři prokovy pro vyvedení konců vinutí snímací cívky a konců vinutí budicích cívek k příslušným pájecím ploškám podle předkládaného technického řešení. Jeho podstatou je, že tento sendvič je tvořen spodní deskou plošných spojů, ve které je vzhledem k jejímu středu symetricky vytvořeno alespoň jedno zahloubení pro těsné uložení zvoleného typu feromagnetického jádra feromagnetické sondy. Hloubka tohoto zahloubení je rovna minimálně tloušťce použitého feromagnetického jádra. Tato spodní deska plošných spojů je ze strany zahloubení překryta horní deskou plošných spojů a mezi tyto dvě desky plošných spojů je před zkompletováním vložen tenký první list za tepla lepivého adheziva. Celý tento sendvič je za tepla slisován a tak vytvoří kompaktní celek.

V jiném provedení je spodní deska plošných spojů tvořena sendvičem první desky plošných spojů, druhým listem za tepla lepivého adheziva a druhou deskou plošných spojů. Alespoň jedno zahloubení pro těsné uložení feromagnetického jádra je pak vytvořeno alespoň jedním otvorem ve druhé desce. Výška druhé desky plošných spojů je rovna minimálně tloušťce feromagnetického jádra.

Ve výhodném provedení jsou první a druhý list za tepla lepivého adheziva tvořeny prepregem.

Výhodou takto vytvořené ploché feromagnetické sondy je, že se odstraňuje teplotní závislost ofsetu feromagnetických sond vyrobených technologií desky plošných spojů. Jádro je po zkompletování desek plošných spojů v kontaktu pouze s případnými zbytky pojiva, například prepregů, jednotlivých vrstev desek plošných spojů. Tímto volnějším uložením se minimalizuje přenos mechanických napětí vznikajících v důsledku teplotních roztažností z desek plošných spojů na jádro sondy a tím se také minimalizuje teplotní závislost ofsetu a citlivosti sondy. Tedy na rozdíl od známých provedení (GB 2 386 197B, US 7 015 691B, GB 2 386 198B, GB 2 386 199B, EP1 387 179A, US 6 270 686B). kde je feromagnetický materiál jádra sondy v přímém kontaktu s deskami plošných spojů, nepůsobí na takto uložené jádro mechanická napětí způsobená jejich teplotní roztažností.

Způsob zhotovení jádra feromagnetické sondy může být různý, lze například využít výrobu jádra leptáním chráněnou patentem CZ 280 46086.

Přehled obrázků na výkresech

Konstrukce ploché feromagnetické sondy podle předkládaného řešení bude dále vysvětlena pomocí přiložených výkresů. Na obr. 1 je znázorněn schematický řez sondou tvořenou třemi vrstvami s rozloženým vyznačením jednotlivých vrstev, na obr. 2 je uvedena tato feromagnetická sonda ve složeném tvaru v příčném řezu a na obr. 3 je pohled na sondu shora. Obr. 4 znázorňuje provedení, kdy je feromagnetická sonda tvořena pouze dvěma deskami plošných spojů.

Příklady provedení vynálezu

Nákres na obr. 1 znázorňuje schematický příčný řez feromagnetickou sondou, tvořenou sendvičovým spojením tří desek plošných spojů s vloženým jádrem. Sendvič je zde tvořen první deskou 3 plošných spojů, jejíž vrchní plocha je opatřena druhým listem 31 za tepla lepivého adheziva, v uvedeném příkladě prepregem. Na tento druhý list 31 za tepla lepivého adheziva je aplikována druhá deska 2 plošných spojů, v tomto případě umístěná tedy jako střední deska, ve které je vytvořen otvor tvořící zahloubení 5 pro co možná nejtěsnější uložení feromagnetického jádra 4. Tento otvor má tvar odpovídající tvaru vnějšího obvodu feromagnetického jádra 4. V uvedeném případě se jedná o oválné feromagnetické jádro 4, takže i otvor bude oválný a bude co možná nejpřesněji kopírovat vnější obvod použitého feromagnetického jádra 4. Lze samozřejmě použít i jiný tvar feromagnetického jádra 4, například ve formě dvou rovnoběžných pásků, takže potom budou ve druhé desce 2 plošných spojů vytvořeny dva otvory pro uložení obou částí feromagnetického jádra 4. Dalším možným tvarem feromagnetického jádra 4 je mezikruží, takže potom bude ve druhé desce 2 plošných spojů vytvořen otvor kruhový. Výška druhé desky 2 plošných spojů je rovna minimálně tloušťce použitého feromagnetického jádra 4, v praxi bude ale většinou o něco větší. Nad druhou deskou 2 plošných spojů je uložena horní deska 1 plošných spojů, která k ní přiléhá přes první list 11 za tepla lepivého adheziva, zde opět prepregu. Feromagnetické jádro 4 je opatřeno vinutím 7 snímací cívky a sériově propojenými vinutími 8 a 9 budicí cívky. Konce těchto vinutí 7, 8 a 9 jsou vyvedeny vně feromagnetické sondy k pájecím ploškám 10, které jsou vyznačeny na obr. 3, pomocí prokovů 6, které jsou vytvořeny kolmo na podélnou osu vytvořeného sendviče. Takto popsaná sonda je vytvořena složením jednotlivých desek plošných spojů s uloženým feromagnetickým jádrem 4 na sebe a jejich slisováním za tepla. Obr. 2 je v podstatě analogií obr. 1 s tím, že feromagnetická sonda je zde znázorněna v příčném řezu již ve slisovaném tvaru, kdy je feromagnetické jádro 4 uloženo v zahloubení 5 vzniklém mezi první deskou 3 plošných spojů a horní deskou 1 plošných spojů. Pohled na feromagnetickou sondu shora, kde je vyznačeno jak vinutí 7 snímací cívky, tak obě vinutí 8, 9 sériově zapojených budicích cívek, je na obr. 3. Jsou zde rovněž vyznačeny pájecí plošky 10 a montážní otvory 12 pro uchycení feromagnetické sondy k držáku sondy.

Uvedené uspořádání feromagnetické sondy lze realizovat také pomocí pouze dvou desek plošných spojů, jak ukazuje obr. 4. V tomto případě jsou první deska 3 plošných spojů a druhá deska 2 plošných spojů tvořeny jedinou spodní deskou 23 plošných spojů, v jejímž středu je vytvořeno zahloubení 5 pro těsné uložení zvoleného typu feromagnetického jádra 4 feromagnetické sondy. Hloubka zahloubení 5 je pak rovna minimálně tloušťce použitého feromagnetického jádra 4. Tato spodní deska 23 plošných spojů je ze strany zahloubení 5 překryta horní deskou 1 plošných spojů, která je po celé své spodní ploše opatřena prvním listem 11 za tepla lepivého adheziva.

Jako jeden z možných konkrétních provedení feromagnetické sondy podle předkládaného řešení byla realizována sonda, kde první deska 3 plošných spojů, druhá deska 2 plošných spojů a horní deska 1 plošných spojů mají stejnou tloušťku, a to 0,2 mm a na jejich realizaci byl použit materiál „Thin Laminate DURAVER®-E-Cu quality 104 ML“ firmy ISOLA. Jako první list 11 za tepla lepivého adheziva a druhý list 31 za tepla lepivého adheziva byla použita oboustranně předimpregovaná skelná tkanina, tzv. prepreg, tloušťky 65 μm s označením materiál „Prepreg

DURAVER®-E quality 104 ML“ firmy ISOLA. Vložené feromagnetické jádro 4 mělo oválný tvar a bylo zhotoveno leptáním z materiálu Vitrovac 6025X firmy Vacuumschmelze tloušťky 25 μm.

Zjištění zlepšené teplotní stability senzoru bylo provedeno srovnáním s dosud známými výsledky senzoru, který má jádro ve tvaru mezikruží, budicí vinutí je vytvořené pomocí prokovů a měděných cest, snímací vinutí je vytvořeno navinutým měděným vodičem okolo desky plošných spojů tvořící jádro. Jádro je vytvořeno elektrolytickým nanášením feromagnetického materiálu přímo na desku plošných spojů. Ofset tohoto senzoru při buzení pulzním proudem s rozkmitem 900 mA o frekvenci 150 kHz se pohybuje v rozmezí 5 μT v rozmezí teplot od -10 do +80 °C při citlivosti senzoru 13100 V/T. Při stejných podmínkách buzení se citlivost tohoto senzoru mění s teplotou přibližně o 1 % na 1 °C opět v rozsahu teplot od -10 do +80 °C.

Naproti tomu senzor, který je předmětem vynálezu, vykazuje teplotní stabilitu ofsetu v rozsahu 127 nT v rozmezí teplot od -20 do +70 °C při buzení sinusovým proudem s rozkmitem pouhých 300 mA o frekvenci 200 kHz při citlivosti senzoru 3500 V/T. Při buzení stejným proudem na frekvenci 10 kHz se pohybuje ofset v rozsahu pouhých 21 nT při citlivosti senzoru 210 V/T. Teplotní závislost citlivosti při buzení stejnou velikostí proudu o frekvenci buzení 50 kHz je pouhých 0,27 %/°C.

Z uvedených faktů je zřejmé, že navrhované řešení vykazuje výrazně lepší teplotní stability než dříve uvedený senzor, a to konkrétně teplotní stabilita offsetu je 40x lepší pro vyšší frekvence a 238x lepší pro nižší frekvence buzení a teplotní závislost citlivosti je 3,7x lepší a to dokonce při nižším potřebném proudu pro buzení senzoru.

Průmyslová využitelnost

Feromagnetické sondy podle předloženého řešení lze použít k měření slabých magnetických polí při lokalizaci feromagnetických předmětů nebo bezkontaktní měření elektrických proudů a zejména pro měření geomagnetického pole v navigačních přístrojích. Lze tedy říci, že tyto sondy naleznou své uplatnění zejména při použití v geofyzice, lékařské diagnostice, navigaci, dále k detekci rušivých stejnosměrných nebo nízkofrekvenčních polí. Významná oblast aplikace použití jsou i vojenské aplikace, jako například hledání nevybuchlé munice, odminování, detekce vozidel a navigace řízených střel.

PATENTOVÉ NÁROKY

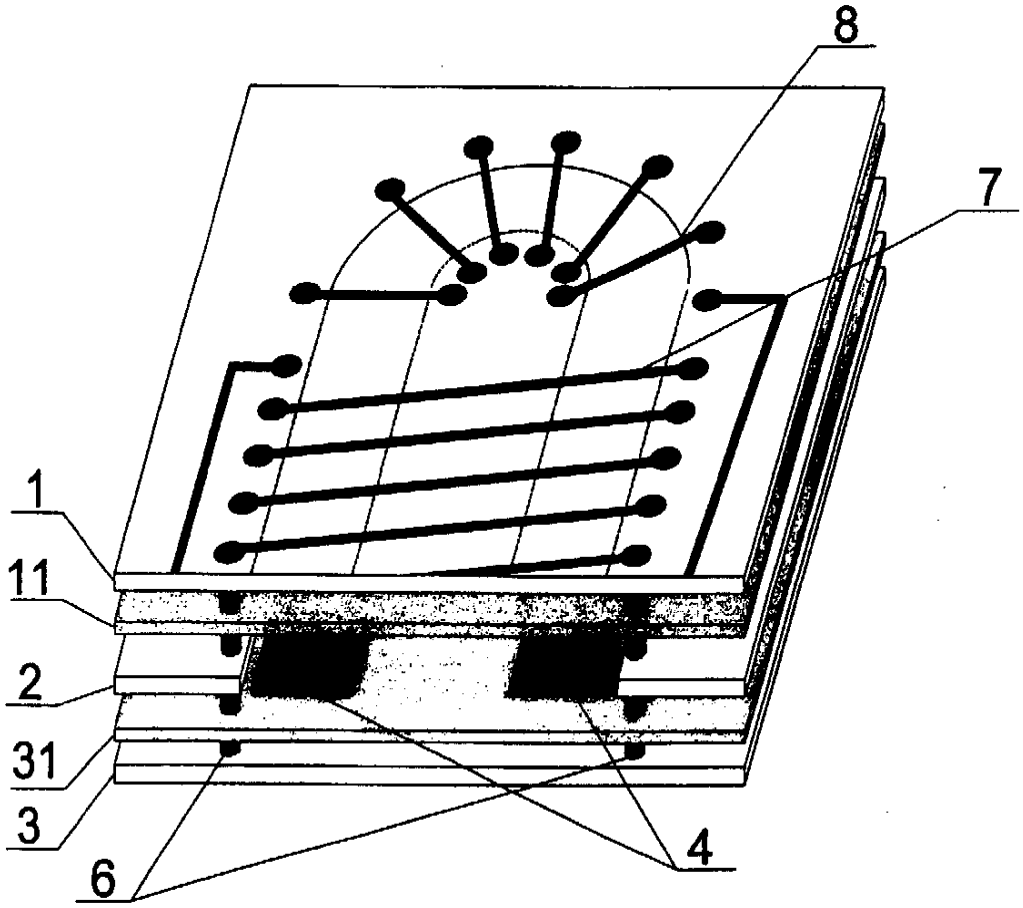
1. Feromagnetická sonda tvořená sendvičem desek plošných spojů a feromagnetickým jádrem opatřeným vinutím snímací cívky a vinutím budicí cívky, kdy kolmo na podélnou osu sendviče jsou v něm vytvořeny minimálně čtyři prokovy pro vyvedení konců vinutí snímací cívky a konců vinutí budicích cívek k příslušným pájecím ploškám, **vyznačující se tím**, že tento sendvič je tvořen spodní deskou (23) plošných spojů, ve které je vzhledem k jejímu středu symetricky vytvořeno alespoň jedno zahloubení (5) pro těsné uložení zvoleného typu feromagnetického jádra (4) feromagnetické sondy, kde hloubka tohoto zahloubení (5) je rovna minimálně tloušťce použitého feromagnetického jádra (4) a tato spodní deska (23) plošných spojů je ze strany zahloubení (5) překryta horní deskou (1) plošných spojů, přičemž mezi spodní deskou (23) plošných spojů a horní deskou (1) plošných spojů je vložen první list (11) za tepla lepivého adheziva.

2. Feromagnetická sonda podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že spodní deska (23) plošných spojů je tvořena sendvičem první desky (3) plošných spojů, druhým listem (31) za tepla lepivého adheziva a druhou deskou (2) plošných spojů, a alespoň jedno zahloubení (5) pro těsné uložení feromagnetického jádra (4) je tvořeno alespoň jedním otvorem ve druhé desce (2) plošných spojů, přičemž výška druhé desky (2) plošných spojů je rovna minimálně tloušťce feromagnetického jádra (4).

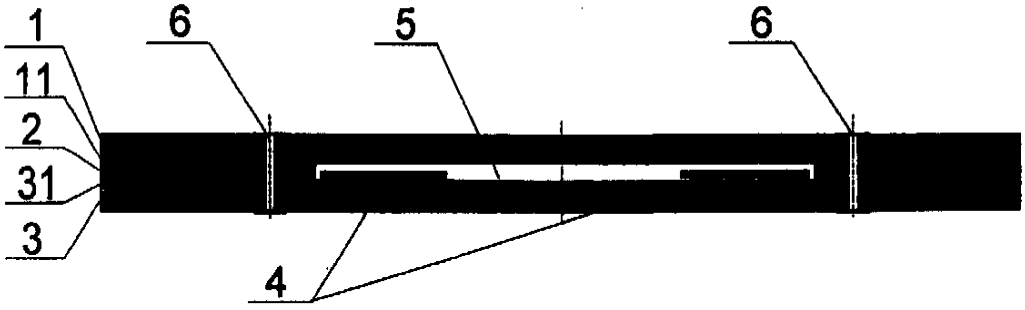
3. Feromagnetická sonda podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že první list (11) za tepla lepivého adheziva je tvořen prepregem.

4. Feromagnetická sonda podle nároku 2, **vyznačující se tím**, že druhý list (31) za tepla lepivého adheziva je tvořen prepregem.

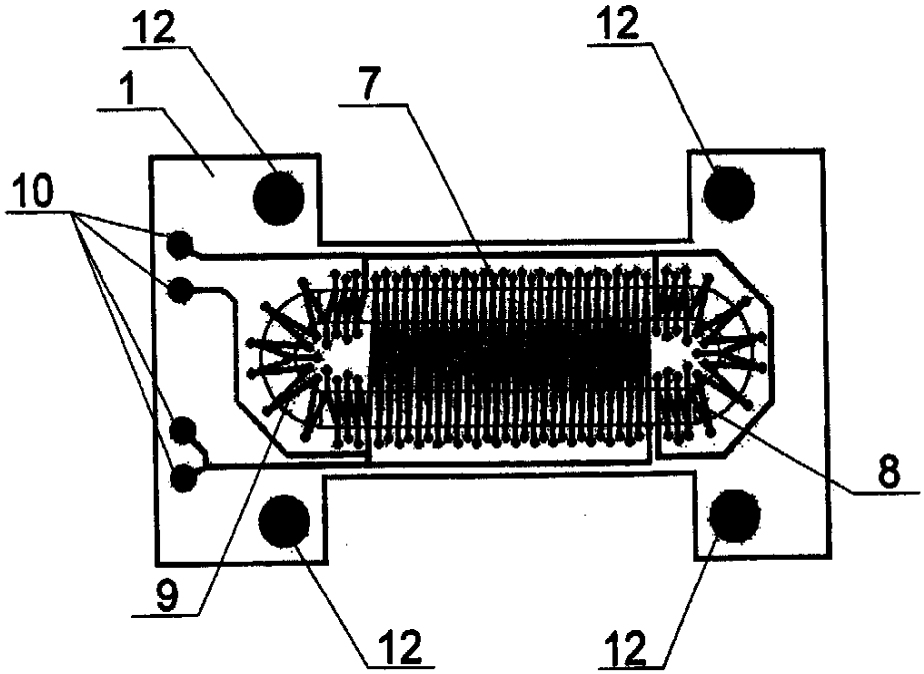
2 výkresy



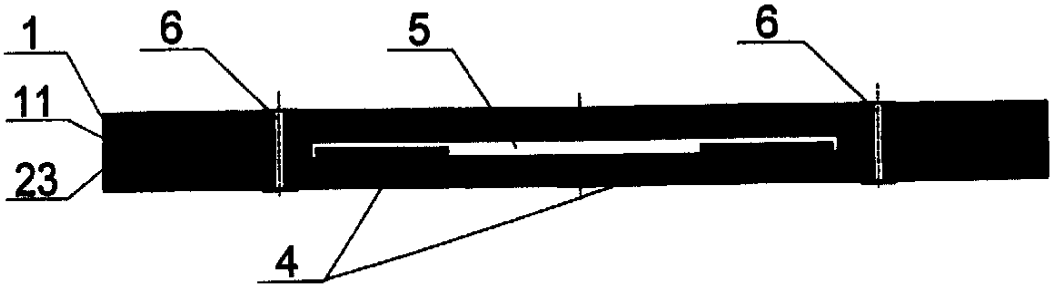
OBR. 1



OBR.2



OBR.3



OBR.4

Konec dokumentu