



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

234788

(11)

(B1)

(51) Int. Cl.³
G 01 R 33/035

(22) Přihlášeno 15 04 83
(21) (PV 2731-83)

(40) Zveřejněno 31 08 84

(45) Vydáno 15 01 87

(75)

Autor vynálezu

PETŘÍČEK VÁCLAV ing. CSc., ODEHNAL MILAN RNDr. CSc., PRAHA

(54) Toroidální čidlo supravodivého kvantového magnetometru

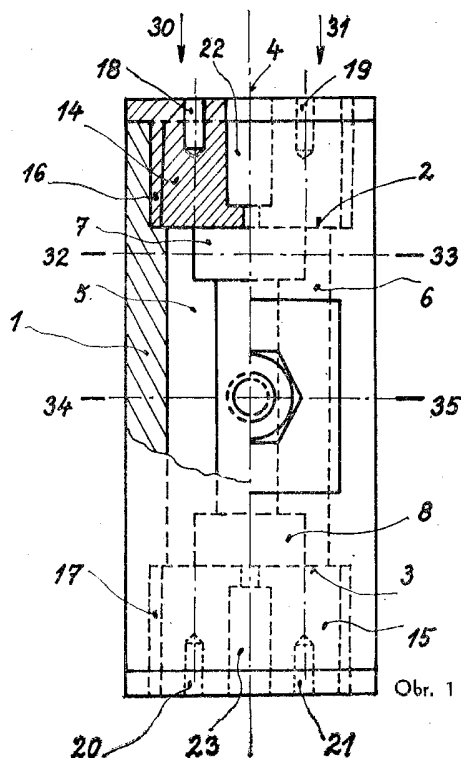
1

Vynález řeší problém potlačení rušivých signálů, které doprovázejí aktivní signál, resp. problém dokonalého vnitřního stínění čidla vůči vnějším rušivým elektromagnetickým polím.

Podstata vynálezu spočívá v tom, že v těle toroidálního čidla supravodivého kvantového magnetometru, vytvořeného supravodivou indukční smyčkou, elektricky uzavřenou supravodivým slabým přechodem a zhotoveného z jediného kusu supravodivého materiálu, je upravena dutina ve tvaru O. V prostoru omezeném touto dutinou tvaru O jsou upraveny dva sousedé otvory pro vložení supravodivého slabého přechodu, přičemž jednotlivé části dutiny jsou navzájem propojeny rovinnou šterbinou. Obě čela těla čidla jsou zapuštěna a dutiny jsou uzavřeny šroubovými zátkami. V dutině tvaru O jsou vloženy dvě cívky: budicí a signálová. Jejich přívody jsou provlečeny otvory v zátkách. Supravodivý slabý přechod je buď hrotového, nebo můstkového typu.

Vynálezu může být využito ve všech oblastech, kde se používá supravodivého kvantového magnetometru, tedy v lékařství, v geologii, ve fyzice a v jaderné fyzice a vůbec všude tam, kde lze měření velmi malých veličin převést na měření magnetického pole.

2



Obr. 1

Vynález se týká toroidálního čidla supravodivého kvantového magnetometru, které je vytvořeno supravodivou indukční smyčkou elektricky uzavřenou supravodivým slabým přechodem.

K měření velmi malých hodnot magnetických indukcí, řádově 10^{-11} T a méně, se používá supravodivého kvantového magnetometru, pro jehož čidlo se užívá supravodivé indukčnosti, zapojené do série se supravodivým spínačem, označovaným v odborné literatuře jako takzvaný slabý přechod.

Největšího rozšíření dosáhlo symetrické provedení čidla, vytvořené dvěma paralelně zapojenými indukčnostmi se společným hrotovým kontaktem. Spolehlivost takového zařízení je dána spolehlivostí hrotového kontaktu, který je vůbec nejchoulostivějším prvkem magnetometru. Ostří hrotu mívá poloměr jeden mikrometr, takže jeho výroba je dosti pracná, seřizování kontaktu vyžaduje značnou trpělivost a při hromadné výrobě není nastavení kontaktů dostatečně reprodukovatelné. Vlivem jemnosti hrotu dochází u čistě kovového kontaktu k jeho poškození při otřesech, vibracích a náhlých tepelných změnách. Vlastní kontakt je vytvořen mezi čistě kovovou plochou jednoho šroubu a hrotem druhého šroubu. Tepelné cykly vyvolávají nepříznivě dilatace materiálu a manipulace s čidlem při pokojové teplotě zvyšuje vliv atmosféry na kontakty.

V poslední době se významnou měrou zvýšila stabilita kontaktu čidla po zavedení nového způsobu úpravy kontaktu. Podle tohoto způsobu se na kontaktu s ploškou vytvoří vrstvička kysličníku, do kterého se hrot při seřizování čidla zapíchně. Vrstva kysličníku pak chrání kontakt před poškozením. Takto seřizená čidla vydrží pracovat bezporuchově i několik let.

Dosud známé konstrukce dvouděrových čidel, to znamená čidel, která jsou vytvořena dvěma paralelně zapojenými smyčkami, mají hlavní nevýhodu, která spočívá v poměrně velké indukčnosti, přičemž navíc nejsou — přes největší snahu — zcela dokonale odstíněna proti vlivům vnějšího rušivého pole. Takzvaná toroidní čidla, která představují čidla s jednou indukční smyčkou a která tvoří vlastní konstrukční skupinu, jsou z výrobních důvodů vytvořena ze dvou demontovatelných částí. Toroidní čidla mají sice dobré vlastní stínicí účinky, ale přístup k vazebním cívkám není možný bez demontáže těchto dvou dílů a tudíž bez porušení nastavení hrotového kontaktu, tvořícího slabý přechod. Tato skutečnost je značnou nevýhodou tohoto druhu jinak dobrého čidla, které má malou indukčnost ve srovnání s dvouděrovým čidlem, a tedy i větší citlivost.

Příkladem a ukázkou provedení čidla SQUID kvantového magnetometru je čidlo podle čs. autorského osvědčení 179 578, které je vytvořeno ze střední části tvaru kruhové destičky, ze dvou postranních válcových částí, přilehlých s obou stran ke střední válcové části a ze zařízení pro dokonalé mechanické a supravodivé spojení všech tří částí.

Přitom střední část tvaru kruhové destičky je vytvořena z elektrického izolantu, například ze slídy, skla, keramiky nebo kovu, který je při provozní teplotě čidla v rozsahu od 4 K do 20 K nesupravodivý, například ze zlata nebo mědi. Symetricky ke středu destičky jsou provedeny dva indukční otvory, to znamená indukční smyčky. Jedna strana střední části, tj. rovinná plocha kruhové destičky, je opatřena tenkou vrstvou, která je supravodivá při provozní teplotě čidla a která je zhotovena například z niobu nebo olova. Průřez supravodivé vrstvy mezi indukčními otvory je zúžen nebo zeslaben a tvoří můstek, supravodivý při provozní teplotě čidla. Případně je napříč tohoto supravodivého můstku upraven proužek z kovu, který je při provozní teplotě čidla od 4 K do 20 K nesupravodivý a který je zhotoven například ze zlata nebo mědi. Každá z obou postranních částí čidla je zhotovena z kovu supravodivého při provozní teplotě čidla, například z niobu nebo olova.

Zařízení pro dokonalé mechanické a supravodivé spojení všech částí čidla je vytvořeno pouzdrem z trubky, zhotovené z kovu supravodivého při provozní teplotě čidla, například z niobu nebo z olova, do níž jsou všechny části čidla zalisovány.

Nedostatky a nevýhody popsaných konstrukcí čidla odstraňuje do značné míry konstrukce čidla supravodivého kvantového magnetometru podle čs. autorského osvědčení č. 215 517, které je vytvořeno supravodivou indukční smyčkou elektricky uzavřenou supravodivým slabým přechodem. Tělo tohoto čidla je zhotoveno ze supravodivého materiálu, v němž je upravena dutina ve tvaru U, jehož ramena jsou propojena rovinnou štěrbínou. Mezi rameny dutiny tvaru U jsou upraveny kolmo na rovinnou štěrbínu dva sousední otvory pro vložení supravodivého slabého přechodu. Čela těla čidla jsou zapuštěna. Dutina, vzniklá zapuštěním čela, nad spojovací dutinou obou delších ramen dutiny tvaru U, je opatřena závitěm pro šroubovou zátku s drážkou pro šroubovák. Do prvního delšího ramena dutiny signálové cívky, jejíž zbylé závity jsou vloženy do druhého delšího ramena dutiny tvaru U a do kratší spojovací dutiny obou ramen dutiny tvaru U. — Při první alternativě je supravodivý slabý přechod vytvořen šroubem s hrotem a šroubem s plochým čelem. Oba šrouby opatřené drážkou jsou zašroubovány do sousedních otvorů se závity v těle čidla. — Při druhé alternativě je supravodivý slabý přechod vytvořen například z tyčinky pokryté supravodivou tenkou vrstvou, uprostřed jejíž délky je upraven supravodivý můstek se submikronovými rozměry. Otvory v těle čidla, do nichž je vložen supravodivý slabý přechod, odpovídají svým tvarem a rozměry

průřezu tyčinky tvořící supravodivý slabý přechod, takže tenká supravodivá vrstva na nosné části supravodivého slabého přechodu je v supravodivém kontaktu s tělesem čidla.

Toto popsané čidlo má řadu výhod: především má menší indukčnost, vyšší citlivost, dokonalejší stínění proti vnějšímu rušivému poli a při srovnání s toroidním čidlem má snadný přístup k budicí i signálové cívce bez porušení kontaktu, to znamená bez porušení jeho seřízení. Tato výhoda je velmi důležitá s ohledem na potřebu nastavit přizpůsobení čidla různým typům gradientometru.

Nevýhody vpředu popsaných a dosud známých typů čidla jsou zčásti nebo zcela odstraněny toroidálním čidlem supravodivého kvantového magnetometru, které je vytvořeno supravodivou indukční smyčkou elektricky uzavřenou supravodivým slabým přechodem. Podstatou toroidálního čidla podle vynálezu je skutečnost, že v jeho těle, zhotoveném z jediného kusu supravodivého materiálu, je upravena dutina ve tvaru O, jejíž dvě ramena a jejich dvě spojovací dutiny jsou navzájem propojeny rovinnou štěrbínou a v prostoru omezeném oběma rameny a oběma spojovacími dutinami jsou upraveny v těle toroidálního čidla dva sousední otvory pro vložení supravodivého slabého přechodu, přičemž obě čela toroidálního čidla jsou zapuštěna a dutiny nad oběma čely jsou opatřeny závity pro šroubové zátky, přičemž první šroubová zátky a druhá šroubová zátky jsou opatřeny vždy alespoň dvěma otvory pro klíč a vždy jednou průchodkou pro přívody k cívkám.

Při první alternativě je podle vynálezu budicí cívka vložena do druhého ramena dutiny ve tvaru O v těle toroidálního čidla a její přívody jsou provlečeny průchodkou v první šroubové zátce, zatímco signálová cívka je vložena do prvního ramena dutiny ve tvaru O v těle toroidálního čidla a její přívody jsou provlečeny průchodkou ve druhé šroubové zátce.

Při druhé alternativě je podle vynálezu budicí cívka vložena do části druhého ramena dutiny ve tvaru O v těle toroidálního čidla a její přívody jsou provlečeny průchodkou v první šroubové zátce, zatímco signálová cívka je vložena do zbývající části druhého ramena dutiny ve tvaru O v těle toroidálního čidla, do druhé spojovací dutiny v těle toroidálního čidla a do prvního ramena dutiny ve tvaru O v těle toroidálního čidla a její přívody jsou provlečeny průchodkou ve druhé šroubové zátce.

Při třetí alternativě je podle vynálezu budicí cívka vložena do první spojovací dutiny v těle toroidálního čidla a její přívody jsou provlečeny průchodkou v první šroubové zátce, zatímco signálová cívka je vložena do obou ramen dutiny ve tvaru O v těle toroidálního čidla a do druhé spojovací dutiny v těle toroidálního čidla a její přívody jsou

provlečeny průchodkou ve druhé šroubové zátce.

Čidlo podle vynálezu vykazuje následující výhody: při zachování výhod, které ukazují čidla známých a vpředu popsaných konstrukcí, přináší další výhodu, a to je podstatné zvýšení citlivosti vlivem řádově stonásobně vyššího potlačení rušivých externích vlivů, následkem použití druhé šroubové zátky, uzavírající druhé čelo těla čidla, a vlivem konstrukční úpravy obou zátek, to znamená úpravou příruby na každé zátce. Touto úpravou se dosáhne toho, že se po zašroubování každé z obou zátek do těla čidla jejich příruby opírají o tělo čidla po jeho celém obvodu. Pokud by se opíraly zátky o centrální část těla čidla, to je o obě čela těla, vzniklo by nebezpečí, že dojde k poruše seřízení supravodivého slabého přechodu. Přitom se uplatňuje také vliv nového uspořádání budicí a signálové cívky a zejména úprava jejich přívodů v průchodech ve šroubových zátkách. Průchody ve šroubových zátkách jsou co do velikosti průměru a tvaru provedeny tak, aby při maximálním stínícím účinku byla zajištěna spolehlivá ochrana izolace přívodů k cívkám proti mechanickému poškození, zejména při montáži. Vlastní rozdělení přívodů a jejich provlečení dvěma šroubovými zátkami snižuje induktivní vazbu a zabraňuje přenos rušivých signálů ze signálového do budicího obvodu. Kromě toho uspořádání přívodů v obou čelech toroidního čidla vede ke zkrácení přívodů k signálové cívce, což také přispívá k potlačování rušivých vlivů.

Podstata vynálezu je v dalším vysvětlena na příkladu jeho provedení pomocí přípojných výkresů, na nichž jsou znázorněny: na obr. 1 — sestava úplného toroidálního čidla se supravodivým slabým přechodem ve formě hrotového kontaktu, na obr. 2 — tvar budicí a signálové cívky a úprava jejich přívodů, na obr. 3 — pohled na toroidální čidlo ve směru jeho podélné osy, na obr. 4 — příčný řez toroidálního čidla v rovině mezi zapuštěným čelem těla čidla a přilehlými ústími obou delších ramen dutiny ve tvaru O v těle čidla a na obr. 5 — příčný řez toroidálního čidla v rovině supravodivého slabého přechodu.

Na obr. 1 je válcové tělo 1 toroidálního čidla vytvořeno z jediného kusu supravodivého kovu. Obě čela 2, 3 tohoto válcového těla 1 čidla jsou zapuštěna. V rovině proložené podélnou osou 4 čidla jsou upravena dvě rovnoběžná ramena 5, 6, která spolu se dvěma spojovacími dutinami 7, 8 tvoří výslednou dutinu tvaru O, přičemž osy spojovacích dutin 7, 8 jsou kolmé na osy ramen 5, 6 a spojovací dutiny 7, 8 jsou navzájem spojeny rovinnou štěrbínou 9, patrnou na obr. 3, 4, 5. Mezi prvním čelem 2 a druhým čelem 3 válcového těla 1 čidla je upraven otvor, rozdělený rovinnou štěrbínou 9 na dva sousední otvory 10, 11, patrné na obr. 5, jejichž osa

je kolmá na rovinnou štěrbinu 9 a na rovinu dutiny tvorů O. Do otvorů 10, 11, opatřených závity, jsou zašroubovány dva šrouby, tvořící supravodivý slabý přechod ve tvaru hrotového kontaktu. První válcová dutina nad prvním čelem 2 a druhá válcová dutina nad druhým čelem 3 válcového těla 1 čidla jsou opatřeny závity 16, 17, do nichž jsou zašroubovány první šroubová zátka 14 a druhá šroubová zátka 15.

Každá z obou šroubových zátek 14, 15 má jednak dva otvory 18, 19 a 20, 21 pro klíč, jednak průchodku 22, 23 pro přívody k cívkám v dutině tvaru O. Průchodky jsou vytvořeny kapkou laku.

Na obr. 2 je znázorněn tvar budicí cívky 24 a signálové cívky 25, a to v případě druhé alternativy jejich uložení v ramenech dutiny tvaru O v těle toroidálního čidla. Je patrné, že budicí cívka 24 je vložena do druhého ramene 6 a zbytek závitů je vložen do první spojovací dutiny 7 v těle čidla.

Přívody 26, 27 budicí cívky jsou provlečeny průchodkou 22 v první šroubové zátce 14. Dále je na obr. 2 znázorněna signálová cívka 25, jež je vložena do prvního ramene 5, do druhé spojovací dutiny 8 a zbytek závitů do druhého ramene 6 dutiny tvaru O v těle čidla. Přívody 28, 29 signálové cívky 25 jsou provlečeny průchodkou 23 ve druhé šroubové zátce 15.

Na obr. 3 je znázorněn jednak pohled směrem 30 podle obr. 1, to znamená, pohled na čelo čidla se zašroubovanou první šroubovou zátkou 14, tedy pohled na přírubu první šroubové zátky 14, jednak pohled směrem 31 podle obr. 1, to znamená pohled na čelo

čidla bez první šroubové zátky 14, kdy je patrný jednak supravodivý slabý přechod realizovaný hrotovým kontaktem, jednak rovinná štěrbina 9 a první spojovací dutina 7. Dále jsou na obr. 3 patrné: otvor 18 pro klíč, první rameno 5, a druhé rameno 6 dutiny ve tvaru O v těle toroidálního čidla, závit 16 v těle toroidálního čidla pro první šroubovou zátka 14 a šrouby 12, 13 se stavěcími maticemi.

Na obr. 4 je znázorněn podle obr. 1 příčný řez 32 — 33 toroidálního čidla v místě první spojovací dutiny 7, takže jsou patrná obě ramena 5, 6 dutiny ve tvaru O v těle 1 toroidálního čidla, rovinná štěrbina 9 a částečně je patrný též supravodivý slabý přechod, realizovaný šroubem 13 s hrotem a šroubem 12 se zabroušenou plochou.

Na obr. 5 je znázorněn podle obr. 1 příčný řez 34 — 35 procházející osou sousých šroubů 12, 13 tvořících hrotový kontakt pro realizaci supravodivého slabého přechodu. Jsou patrné stavěcí matice obou šroubů 12, 13, jež se opírají o vyfrézovanou rovinnou dosedací plochu těla 1 čidla, dále rovinná štěrbina 9 a obě ramena 5, 6 dutiny ve tvaru O v těle 1 toroidálního čidla.

Z hlediska činnosti toroidálního čidla je účelné uvést: vývody cívek jsou provlečeny průchodkami 22 a 23, jejichž tvar je účelně upraven tak, aby se izolace přívodů nepoškodila a zároveň aby průchodka byla co nejmenší a neovlivnila stínící účinek šroubové zátky 14 a 15. Fixování přívodů v průchodce je provedeno kapkou laku v místě menšího průměru otvoru.

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

1. Toroidální čidlo supravodivého kvantového magnetometru, které je vytvořeno supravodivou indukční smyčkou, elektricky uzavřenou supravodivým slabým přechodem, vyznačené tím, že v těle (1) toroidálního čidla, zhotoveném z jediného kusu supravodivého materiálu, je upravena dutina ve tvaru O, jejíž dvě ramena (5, 6) a jejich dvě spojovací dutiny (7, 8) jsou navzájem propojeny rovinnou štěrbinou (9) a v prostoru omezeném oběma rameny (5, 6) a oběma spojovacími dutinami (7, 8) jsou upraveny v těle (1) toroidálního čidla dva sousední otvory (10, 11) pro vložení supravodivého slabého přechodu, obě čela (2, 3) těla (1) toroidálního čidla jsou zapuštěna a dutiny nad oběma čely (2, 3) jsou opatřeny závity (16, 17) pro šroubové zátky (14, 15), přičemž první šroubová zátka (14) a druhá šroubová zátka (15) jsou opatřeny vždy alespoň dvěma otvory (18, 19, 20, 21) pro klíč a vždy jednou průchodkou (22, 23) pro přívody k cívkám (24, 25).

2. Toroidální čidlo podle bodu 1, vyznačené tím, že budicí cívka (24) je vložena do

druhého ramena (6) dutiny tvaru O v těle (1) toroidálního čidla a její přívody (26, 27) jsou provlečeny průchodkou (22) v první šroubové zátce (14), zatímco signálová cívka (25) je vložena do prvního ramena (5) dutiny ve tvaru O v těle (1) toroidálního čidla a její přívody (28, 29) jsou provlečeny průchodkou (23) ve druhé šroubovací zátce (15).

3. Toroidální čidlo podle bodu 1, vyznačené tím, že budicí cívka (24) je vložena do části druhého ramena (6) dutiny ve tvaru O v těle (1) toroidálního čidla a její přívody (26, 27) jsou provlečeny průchodkou (22) v první šroubové zátce (14), zatímco signálová cívka (25) je vložena do zbývající části druhého ramena (6) dutiny ve tvaru O v těle (1) toroidálního čidla, do druhé spojovací dutiny (8) v těle (1) toroidálního čidla a do prvního ramena (5) dutiny ve tvaru O v těle (1) toroidálního čidla a její přívody (28, 29) jsou provlečeny průchodkou (23) ve druhé šroubové zátce (15).

4. Toroidální čidlo podle bodu 1, vyznačené tím, že budicí cívka (24) je vložena do

první spojovací dutiny (7) v těle (1) toroidálního čidla a její přívody (26, 27) jsou provlečeny průchodkou (22) v první šroubové zátce (14), zatímco signálová cívka (25) je vložena do obou ramen (5, 6) dutiny

ve tvaru O v těle (1) toroidálního čidla a do druhé spojovací dutiny (8) v těle (1) toroidálního čidla a její přívody (28, 29) jsou provlečeny průchodkou (23) ve druhé šroubové zátce (15).

2 listy výkresů

