

UŽITNÝ VZOR

(11) Číslo dokumentu:

21352

(13) Druh dokumentu: **U1**

(51) Int. Cl.:

G01L 1/18 (2006.01)

G01L 1/00 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2010 - 22906**

(22) Přihlášeno: **25.06.2010**

(47) Zapsáno: **11.10.2010**

(73) Majitel:

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Zlín, CZ

(72) Původce:

Slobodián Petr doc. Ing. Ph.D., Zlín, CZ

Olejník Robert Ing., Zlín, CZ

Řiha Petr Ing. CSc., Praha, CZ

Kimmer Dušan Ing. CSc., Zlín, CZ

Petráš David Ing., Zlín-Malenovice, CZ

(74) Zástupce:

Ing. Dana Kreizlová, UTB ve Zlíně, Nám. T. G. Masaryka 5555, Zlín, 76001

(54) Název užitého vzoru:

Tlakový senzor

CZ 21352 U1

Tlakový senzor

Oblast techniky

Technické řešení se týká tlakového senzoru, který je určen pro měření tlaku, převedším pro miniaturní a méně exponované aplikace.

5 Dosavadní stav techniky

Snímače hodnoty mechanického tlaku působícího na plochu jsou v podstatě založeny na vyvolání mechanické deformace referenční plochy snímače a související ekvivalentní změně jiné dobře měřitelné veličiny, zpravidla elektrické. Základním požadavkem přitom je reprodukovatelnost, spolehlivost a dostatečná přesnost procesu měření, přičemž důležitou roli hraje také životnost snímače a v souvislosti s tím i jeho cena.

Jednoduchý princip tlakového senzoru lze vyjádřit následujícím způsobem: pružná deformace membrány, která je součástí tlakového senzoru, vyvolá deformaci odporového drátku a tím změnu jeho elektrického odporu. Velikost této změny pak reprezentuje odpovídající hodnotu tlaku. Tento jednoduchý princip však předpokládá opakované mechanické namáhání odporového drátku a s tím související omezenou životnost snímače. Proto byla vyvinuta řada typů tlakových senzorů, u nichž je odezva na mechanickou deformaci řešena zprostředkovaně - například tak, že pružný člen je tvořen vlnovcem, k němuž je připojeno jádro cívky, axiálně pohyblivé proti cívce. Při mechanické deformaci vlnovce se posunem jádra cívky změní její indukce a tuto změnu vyhodnotí elektrický obvod jako relevantní k dané hodnotě působícího tlaku. V analogickém provedení může úlohu vlnovce nahradit stočená deformační trubice, která se pod vlivem tlaku narovná a její konec ovládá jádro cívky. Obě uvedená řešení představují určité zdokonalení předchozího základního principu, konstrukčně i objemově jsou však již poněkud náročnější. Jsou vhodná pro větší prostory a robustnější aplikace.

Vzhledem k rozmanitosti požadavků na tlakové senzory byly vyvinuty další typy, z nichž je třeba zmínit senzory na piezoelektrickém principu. Tlak působící na pružnou membránu přenesení její prohnutí na piezoelektrický trn, který po stlačení vysílá odpovídající napěťový signál. Výhodou tohoto snímače je vedle robustnosti i jednoduchá konstrukce; je vhodný pro průmyslové aplikace. Pružná membrána však nemusí být v tlakovém senzoru aplikována ve své tradiční podobě, ale také může být vytvořena například vnější izolací kabelu (pryž, hliníkový nebo měděný oplet). Mezi opletem a jádrem tvořeným měděným vodičem je piezopolymer nebo piezogranule, spojené přes jádro a oplet s elektrickým obvodem. Působením tlaku na vnější plášť kabelu dochází následně ke stlačování piezopolymeru a vzniku odpovídajícího napěťového signálu, který je zaznamenán elektrickým obvodem. Výhodou tohoto typu senzoru je opět robustnost a jednoduchá konstrukce. Využívá se jako senzor pro indikaci přítomnosti a pohybu vozidel. Kabely jsou zabudovány do vozovky a senzor je schopen odlišit od sebe hmotnost pohybujících se vozidel.

Vedle dosud uvedených typů tlakových senzorů je v současné době k dispozici i několik typů s odlišnou technickou koncepcí, určených pro menší až miniaturní aplikace. Pružná plocha vystavená působení tlaku může být vytvořena z křemíkové membrány zhotovené monoliticky jako integrovaný senzor tlaku s malými rozměry a dobrými dynamickými vlastnostmi. Průhyb křemíkové membrány vyvolá změnu jejího odporu a tím změnu napětí v odporovém můstku. Jinou alternativou tohoto technického principu je tvarovaná křemíková mikromembrána přitlačovaná na nosič z izolantu (skla) přes dvě elektrody tvořící mikrokondenzátor. Zatížení mikromembrány přiblíží k sobě elektrody a změní tím kapacitu mikrokondenzátoru, jejíž měření vypovídá o hodnotě měřeného tlaku. Membrána je vybavena dorazovou plochou, která brání jejímu přetížení. Další alternativou této řady je pružná mikromembrána, na kterou je přilepen malý permanentní magnet, proti němuž je na pevné desce plošného spoje připevněn Hallův senzor spojený s měřicím přístrojem. Jiné z řešení na tomto technickém principu využívá tvarovanou křemíkovou mikromembránu s povrchem upraveným jako zrcadlo, připevněnou na nosiči z polopropustného skleněného zrcadla. Dutina mezi zrcadly tvoří FP interferometr, nad polopropustným zrcadlem je

světelný zdroj - LED a vyhodnocovací fotodiody. U všech těchto řešení se průhyb křemíkové mikromembrány transformuje ve změnu elektrické veličiny zaznamenané obvody senzoru.

Popsané senzory na bázi křemíkové membrány jsou citlivé a jsou vhodné pro malé až miniaturní aplikace. Vyžadují však linearizaci výstupních hodnot při vyhodnocování vzhledem k hodnotám vstupního tlaku. Jejich nevýhodou je dále náročnost na použité konstrukční prvky a s tím spojená cena.

Podstata technického řešení

Uvedené nedostatky a nevýhody dosavadních snímačů tlaku do značné míry odstraňuje tlakový senzor podle technického řešení. Podstata technického řešení spočívá v tom, že soudržná laminátová struktura tlakového senzoru je tvořena plošným nosičem o tloušťce v rozmezí desítek až tisíců μm , vytvořeným na bázi termoplastického polymeru, na němž je ukotvena senzorická vrstva tloušťky v rozmezí jednotek až stovek μm , sestávající z navzájem propletených vícevrstevnatých uhlíkových nanotrubiček s průměrem 5 až 100 nm a délkou 1 až 20 μm , s porozitou 0,5 až 0,9 a měrným odporem 0,01 až 1 Ω/cm , a tato senzorická vrstva je zapojena do elektrického obvodu vybaveného snímačem odporu připojeným na výstup opatřený relevantní signalizací hodnoty tlaku.

Materiál senzorické vrstvy je elektricky vodivý - podle druhu použitých vícevrstevnatých uhlíkových nanotrubiček (MWCNT) dosahuje vodivosti v řádu 10^3 S/m . Vodivost zprostředkovává jednotlivá trubička přenosem náboje různými mechanismy. Trubičky však nemají nekonečnou délku a tak důležitým parametrem je jejich vzájemný dotyk a křížení. Tato místa pak zprostředkovávají přenos náboje mezi jednotlivými nanotrubičkami. Pro celkovou vodivost vzorku jsou nejslabšími místy a jejich četnost prakticky určuje výslednou vodivost vzorku.

Vzhledem k popsané struktuře vodivost senzorické vrstvy citlivě reaguje na deformační podmět. Při tlakové deformaci dochází k snižování porozity vzorku a naopak narůstá počet kontaktů mezi jednotlivými trubičkami, čímž se makroskopická vodivost vzorku zvětšuje - odpor klesá. Další mechanismus zvýšení makroskopické vodivosti je ve zvýšení přitlačné síly v místech kontaktu mezi jednotlivými trubičkami, což vede k snížení kontaktních odporů mezi jednotlivými trubičkami. Tyto změny jsou převážně vratné, kdy deformace je elastická. Zpočátku však dochází k akumulaci deformace nevratné, zbytkové, kdy se po odlehčení nevrátí struktura do počátečního stavu, zpětný pohyb trubiček je částečně blokován ztuhnutou síťovou strukturou. Hodnoty nevratné složky se přibližně pohybují kolem 20 % při celkové kompresní deformaci 80 %. Tento efekt je stabilizován po cca deseti cyklech, kdy již hodnota nevratné deformace dále nenarůstá. Tento nedostatek lze také snadno odstranit jednorázovým stlačením senzorické vrstvy vyšším tlakem, než pro jaký se bude senzor používat.

Takováto senzorická vrstva je použita na detekci působícího napětí skrze velikost vyvolané deformace. Při zakotvení senzorické vrstvy do plošného nosiče na bázi termoplastického polymeru se výrazně sníží podíl nevratné složky deformace a získaná soudržná laminátová struktura může být opakovaně používána jako tlakový senzor. Prováděné testy ukázaly dostatečnou citlivost senzoru a vratnost změn mezi zatíženým/odlehčeným stavem v řádu provedených stovek kompresních cyklů.

Výhodou tlakového senzoru podle technického řešení je především jeho konstrukční jednoduchost, odolnost vůči poruchám, možnost miniaturizace a nízká cena.

Přehled obrázků na výkrese

Uskutečnitelnost a účinky technického řešení jsou dokumentovány na přiloženém výkrese, kde značí:

Obr. 1 - změna elektrického odporu normalizovaného k počáteční hodnotě odporu v závislosti na měrném stlačení v průběhu cyklu zatěžování/uvolňování pro tlakový senzor podle technického řešení tvořený plošným nosičem na bázi polystyrenu a senzorickou vrstvou z navzájem proplete-

ných vícevrstevnatých uhlíkových nanotrubiček. Plné body dokumentují pokles odporu vrstvy po stlačení na hodnotu příslušné deformace, body prázdné pak hodnoty po odlehčení.

Obr. 2 - dokumentuje využitelnost principu pro opakované stlačování. Jedná se o sto cyklů mezi hodnotami tlaku 0,3 a 5,4 MPa.

5 Příklady provedení technického řešení

Příklad 1

Plošný nosič na bázi PVAc filtrační membrány má tloušťku 45 μm . Na tomto plošném nosiči je nanесena senzorická vrstva o tloušťce 116 μm z uhlíkových nanotrubiček (použité nanotrubičky byly: MWCNT, acetylenový typ, Sun Nanotech Co. Ltd., China, průměry trubiček 10 až 30 nm a délky 1 až 10 μm , čistota 90 %). Tato soudržná laminátová struktura má šířku 8,3 mm a délku 32,0 mm. Absolutní odpor senzorické vrstvy po zapojení do elektrického obvodu, měřený ve směru délky bez stlačení, je 23,33 Ω . Tato struktura při stlačování tlakem 3,5 MPa vykazuje pokles absolutního odporu senzorické vrstvy na hodnotu 22,41 Ω . Rozdíl absolutního odporu připadající na zatížení tlakem 1 MPa je $(23,33 - 22,41) : 3,5 = 0,263 \Omega$. Tato hodnota je na ohmmetru/tlakoměru označena jako 1 MPa.

Příklad 2

Plošný nosič na bázi termoplastické filtrační membrány má tloušťku 87 μm . Na tomto plošném nosiči je nanесena senzorická vrstva o tloušťce 247 μm z uhlíkových nanotrubiček stejného typu jako v příkladě 1. Tato soudržná laminátová struktura má šířku 10 mm a délku 39 mm, absolutní odpor senzorické vrstvy měřený ve směru délky bez stlačení je 11,08 Ω . Tato struktura při stlačování tlakem 0,7 MPa vykazuje pokles absolutního odporu senzorické vrstvy na hodnotu 9,62 Ω . Rozdíl absolutního odporu připadající na zatížení tlakem 1 MPa je $(11,08 - 9,62) : 0,7 = 2,086 \Omega$. Tato hodnota je na ohmmetru/tlakoměru označena jako 1 MPa.

Příklad 3

Plošný nosič na bázi termoplastické filtrační membrány má tloušťku 87 μm . Na tomto plošném nosiči je nanесena senzorická vrstva o tloušťce 247 μm z uhlíkových nanotrubiček stejného typu jako v příkladě 1. Tato soudržná laminátová struktura má šířku 6,5 mm a délku 12 mm, absolutní odpor senzorické vrstvy měřený ve směru délky bez stlačení je 5,16 Ω . Tato struktura při stlačování tlakem 4 MPa vykazuje pokles absolutního odporu senzorické vrstvy na hodnotu 4,39 Ω . Rozdíl absolutního odporu připadající na zatížení tlakem 1 MPa je $(5,16 - 4,39) : 4 = 0,193 \Omega$. Tato hodnota je na ohmmetru/tlakoměru označena jako 1 MPa.

Příklad 4

Plošný nosič na bázi termoplastické filtrační membrány má tloušťku 89 μm . Na tomto plošném nosiči je nanесena senzorická vrstva o tloušťce 31 μm z uhlíkových nanotrubiček stejného typu jako v příkladě 1. Tato soudržná laminátová struktura má šířku 10 mm a délku 33 mm, absolutní odpor senzorické vrstvy měřený ve směru délky bez stlačení je 71,37 Ω . Tato struktura při stlačování tlakem 0,5 MPa vykazuje pokles absolutního odporu na hodnotu 62,51 Ω . Rozdíl absolutního odporu připadající na zatížení tlakem 1 MPa je $(71,37 - 62,51) : 0,5 = 17,720 \Omega$. Tato hodnota je na ohmmetru/tlakoměru označena jako 1 MPa.

40 Příklad 5

Plošný nosič na bázi termoplastické filtrační membrány má tloušťku 450 μm . Na tomto plošném nosiči je nanесena senzorická vrstva o tloušťce 410 μm z uhlíkových nanotrubiček stejného typu jako v příkladě 1. Tato soudržná laminátová struktura má šířku 10,7 mm a délku 7,0 mm, absolutní odpor senzorické vrstvy měřený ve směru délky bez stlačení je 1,19 Ω . Tato struktura při stlačování tlakem 8,6 MPa vykazuje pokles absolutního odporu na hodnotu 1,06 Ω . Rozdíl abso-

lutního odporu připadající na zatížení tlakem 1 MPa je $(1,19 - 1,06) : 8,6 = 0,015 \Omega$. Tato hodnota je na ohmmetru/tlakoměru označena jako 1 MPa.

5 Jako materiál plošného nosiče jsou v příkladech 2 až 5 použity další polymery, zejména polystyren (PS), polymethylmethakrylát (PMMA), případně další termoplastické polymery. Použitý polymer neovlivňuje charakteristiky sensorické vrstvy z uhlíkových trubiček. Z tohoto pohledu mohou být použity i jiné termoplastické polymery, například semikrystalické polymery. Funkční tloušťka vytvořeného plošného nosiče může být již od desítek mikrometrů. Zvyšování jeho tloušťky nemění konstrukční princip tlakového senzoru, jen forma plošného nosiče přechází od filmu až po polymerní desku.

10 Průmyslová využitelnost

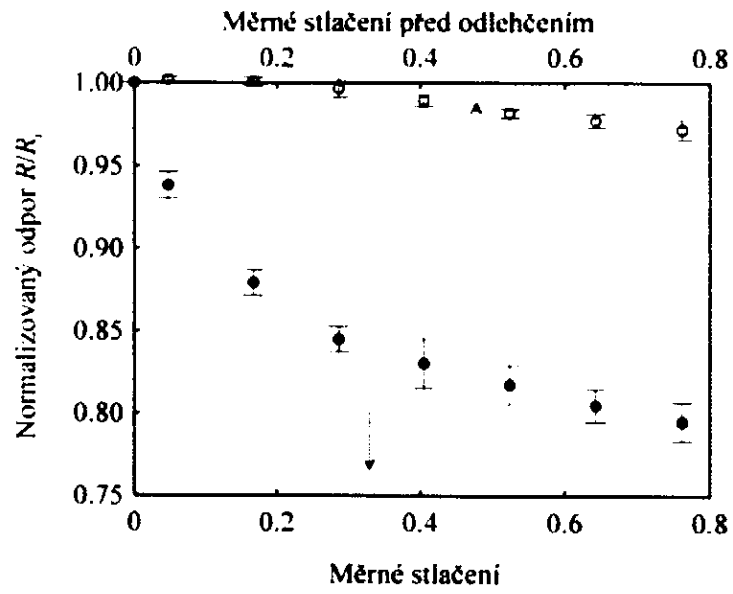
Tlakový senzor podle technického řešení lze snadno vyrobit i v malých rozměrech a aplikovat u celé řady tradičních i zcela nových výrobků v nejrůznějších oblastech použití.

NÁROKY NA OCHRANU

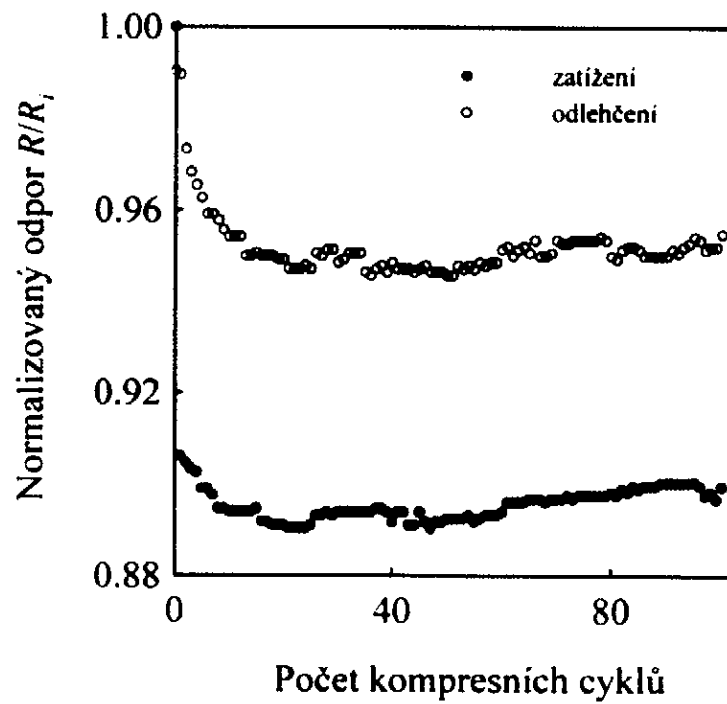
15 1. Tlakový senzor, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že jeho soudržná laminátová struktura je tvořena plošným nosičem o tloušťce v rozmezí desítek až tisíců μm , vytvořeným na bázi termoplastického polymeru, na němž je ukotvena sensorická vrstva tloušťky v rozmezí jednotek až stovek μm , sestávající z navzájem propletených vícevrstevnatých uhlíkových nanotrubiček s průměrem 5 až 100 nm a délkou 1 až 20 μm , s porozitou 0,5 až 0,9 a měrným odporem 0,01 až 1 Ω/cm , a tato sensorická vrstva je zapojena do elektrického obvodu vybaveného snímačem odporu připojeným na výstup opatřený relevantní signalizací hodnoty tlaku.

20

1 výkres



Obr. 1



Obr. 2

Konec dokumentu