

ČESKOSLOVENSKÁ
SOCIALISTICKÁ
REPUBLIKA
(19)



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

245367

(11)

(B1)

(22) Přihlášeno 01 08 83
(21) PV 5699-83

(51) Int. Cl.⁴

H 01 C 17/22

(40) Zveřejněno 16 01 86

(45) Vydáno 15 09 87

(75)

Autor vynálezu

HRUBANT LADISLAV ing., PRAHA

(54) Způsob současného nastavení přesných hodnot elektrického odporu a jeho teplotního součinitele u měřicího odporového prvku

Způsob se týká současného nastavení přesných hodnot elektrického odporu a jeho teplotního součinitele u měřicího odporového prvku.

Podstata řešení spočívá v tom, že měřicí odporový prvek se doplní seriově nebo paralelně připojeným kompenzačním prvkem, přičemž alespoň na jeden z nich se působí chemickým leptáním po nezbytnou dobu. Leptací lázní může procházet stejnosměrný elektrický proud, přičemž prvek, na který se chemickým leptáním působí, je připojen ke kladnému pólu zdroje proudu. Na prvek, na který se leptáním působí, se může přiložit maska z chemicky odolné fólie, na stykové ploše opatřené vrstvou chemicky odolného adheziva, přičemž leptaná oblast se vymezení otvorem v masce.

Způsob lze využít zejména při kompenzaci systematických teplotních chyb u snímačů mechanických veličin s polovodičovými tenzometry.

Vynález se týká způsobu současného nastavení přesných hodnot elektrického odporu a jeho teplotního součinitele u měřicího odporového prvku.

Snímače mechanických veličin s polovodičovými odporovými tenzometry, stejně jako teploměry s teplotně závislými polovodičovými měřicími prvky mají výhodu vysoké účinnosti převodu měřené veličiny na elektrický signál. Tato jejich výhoda je však prozatím využívána hlavně ve snímačích středních tříd přesnosti. Pro přesná měření zatím téměř výhradně slouží snímače s obdobnými typy kovových odporových prvků. Pro přesná měření mechanických veličin tedy snímače s foliovými či drátkovými tenzometry, pro přesná měření teplot hlavně platinové odporové teploměry.

Přitom polovodičové odporové tenzometry i některé typy polovodičových odporových teploměrů mají natolik vysokou dlouhodobou stabilitu charakteristik, že snímače s nimi se mohou přesností rovnat snímačům s obdobnými prvky kovovými. Hlavní příčina, proč polovodičové odporové měřicí prvky zatím nenašly odpovídající uplatnění i ve snímačích pro přesná měření, spočívá v tom, že u těchto snímačů dosud nejsou technicky zvládnuty způsoby současného nastavení přesných hodnot elektrického odporu a jeho teplotního součinitele tak, aby byly ekonomicky přijatelné. Pro snímače s kovovými měřicími odporovými prvky takové účinné způsoby nastavení jejich základních charakteristik již vypracovány jsou.

Například pro snímače s kovovými odporovými tenzometry jsou vyráběny kovové kompenzační odpory o rozměrech srovnatelných s tenzometry, ze slitin s přesně odstupňovanými hodnotami teplotního součinitele elektrického odporu, u nichž se přesná požadovaná hodnota elektrického odporu nastaví po zapojení do obvodu snímače. Technologie jejich výroby i výchozí polotovary jsou stejné jako u foliových tenzometrů. Tyto kompenzační odpory jsou nejčastěji uspořádány ve formě žebříčku, přilepeného na laminátové podložce. Ten se do obvodu zapojí prostřednictvím dvou delších stran. Přesný součinitel elektrického odporu se volí a přesná hodnota elektrického odporu se nastaví postupným přerušováním příček, případně zmenšením průřezu poslední příčky seškrábnutím části materiálu. Ve snímačích s polovodičovými tenzometry se využívají jen typy s minimálním teplotním součinitelem odporu, sloužící jako teplotně nezávislé odpory. Výroba popsaných kovových kompenzačních odporů vyžaduje nákladné výrobní zařízení. Neméně náročná je i výroba fólií ze slitin s přesnými hodnotami teplotních součinitelů odporu. Výroba těchto prvků je rentabilní jen ve velkých seriích a dosud ji zvládlo jen několik špičkových výrobců v zahraničí. U nás lze popsané prvky získat jen dovozem z kapitalistických zemí a tato situace ještě několik let potrvá.

Realizace principiálně shodných kompenzačních prvků z polovodičových materiálů popsaným způsobem není možná z materiálových a technologických důvodů, z nichž nejzávažnějším je křehkost polovodičů.

U snímačů s měřicími polovodičovými prvky se problematika nastavení potřebných hodnot obvykle řeší doplněním obvodu snímače odporovými prvky dostupnými na trhu. Například teplotní posun nulové hodnoty snímačů se čtyřmi polovodičovými tenzometry zapojenými v celém můstku, se kompenzuje serioparalelním připojením dvou teplotně nezávislých odporů, ke každému ze dvou sousedních tenzometrů, zapojených mezi oběma body napájecí diagonály můstku. Tím se současně docílí i vyvážení můstku. Nevýhody tohoto způsobu spočívají zejména ve značném rozdílu hmotností kompenzačních odporových prvků a měřicích polovodičových odporových prvků, který nepříznivě ovlivňuje teplotně dynamické vlastnosti snímače.

Technicky výhodnějším způsobem, který proti předchozímu může snížit počet kompenzačních odporů, je kompenzace pomocí polovodičového nebo kovového teplotně závislého odporového prvku, jehož pomocí se vyrovnají teplotní součinitelé odporů můstkově zapojených tenzometrů. K vyvážení můstku na nulovou hodnotu se použije teplotně nezávislý kovový odpor. Výhodou zde jsou menší rozměry a hmotnost kompenzačních odporů, a tím i lepší teplotně dynamické vlastnosti snímače. Z nezbytnosti realizovat tyto kompenzační odpory s přesnými individuálními hodnotami zvláště pro každý případ však vyplývají vyšší náklady. Ani při uvedeném způsobu

kompenzace se však nedosáhne potřebných přesných hodnot, neboť spojení uvedených odporů s deformačním členem vrstvou lepidla poněkud změní odpor a jeho teplotní součinitel, zejména u teplotně závislého polovodičového prvku. Příčiny této změny spočívají v rozdílných teplotních roztažnostech materiálu deformačních členů a kompenzačních odporů, výrazně se uplatňuje vysoká deformační citlivost polovodičů a rozdíly v tloušťce lepidlových vrstev a jejich řádově nižší pružnosti proti kovům a polovodičům.

Obdobné problémy jsou i při realizaci snímačů s polovodičovými tenzometry vytvořenými difuzí dotujících prvků do vysokoodporového polovodiče s opačným typem vodivosti, než jaký působí difundující přísady. Tyto polovodičové deformační členy se spojují s nosnými konstrukcemi kovovými i nekovovými buď lepením, nebo odpovídajícími fyzikálními metodami svařování. S kovovými nosnými konstrukcemi se spojují mikrolasem svařením nebo pomocí elektronového paprsku, s nekovovými konstrukcemi difuzním svařením. I u nich je nakonec třeba kompenzovat systematické teplotní chyby a vyvážit můstek na nulovou hodnotu.

Uvedené nevýhody odstraňuje způsob současného nastavení přesných hodnot elektrického odporu a jeho teplotního součinitele u měřicího odporového prvku podle vynálezu, jehož podstata spočívá v tom, že měřicí odporový prvek se doplní seriově nebo paralelně připojeným kompenzačním prvkem, přičemž alespoň na jeden z nich se působí chemickým leptáním po nezbytnou dobu. Leptací lázní může procházet stejnosměrný elektrický proud, přičemž prvek, na který se chemickým leptáním působí, je připojen ke kladnému pólu zdroje proudu. Na prvek, na který se leptáním působí, se může přiložit maska z chemicky odolné fólie, na stykové ploše opatřené vrstvou chemicky odolného adheziva, přičemž leptaná oblast se vymezí otvorem v masce.

Výhodou způsobu podle vynálezu je podstatné zrychlení kompenzace teplotních chyb snímačů mechanických veličin s polovodičovými tenzometry.

Snímač síly řešený jako jednostranně vetknutý ohybový nosník je osazen čtyřmi křemíkovými odporovými tenzometry s hodnotami odporu před nalepením v mezích od 128,2 do 128,3 ohmu. Tenzometry jsou dále označeny T_1 až T_4 . Po nalepení mají jednotlivé tenzometry následující hodnoty elektrického odporu a teplotního součinitele odporu: T_1 - 119,8 ohmu a 0,208 $\%/^{\circ}\text{C}$, T_2 - 121,2 ohmu a 0,206 $\%/^{\circ}\text{C}$, T_3 - 120,8 ohmu a 0,209 $\%/^{\circ}\text{C}$, T_4 - 119,6 ohmu a 0,214 $\%/^{\circ}\text{C}$. U tenzometrů se požaduje dokompenzování a vyvážení můstku na nulovou hodnotu tak, aby teplotní posun nulové hodnoty snímače byl minimální.

K tenzometrům T_1 a T_3 se přilepí křemíkové kompenzační odpory, rozměrově i hmotnostně shodné s tenzometry o odporu 6 000 ohmů a k tenzometru T_2 se přilepí odpor o hodnotě 4 000 ohmů. Tyto odpory jsou zhotoveny z křemíku o měrném odporu 1 ohm.cm a jejich teplotní součinitel odporu je 0,642 $\%/^{\circ}\text{C}$ v rozmezí od 0 $^{\circ}\text{C}$ do 100 $^{\circ}\text{C}$. Kompenzační prvky se zakryjí maskou z chemicky odolné fólie s otvorem v místě leptání. Na stykové ploše je maska opatřena vrstvou chemicky odolného adheziva. Potom se působí roztokem sestávajícím z 1 objemového dílu koncentrované kyseliny fluorovodíkové a 9 objemových dílů koncentrované kyseliny dusičné na kompenzační odpory po dobu, za kterou se změní hodnoty takto: Hodnota odporu příslušejícího k T_1 na 6 417 ohmu, hodnota odporu příslušejícího k T_2 na 4 883 ohmu a hodnota odporu příslušejícího k T_3 na 7 673 ohmu. Všechny tři kompenzační odpory se potom paralelně připojí k uvedeným tenzometrům. Při nastavování odporů v počátečních fázích je výhodné zrychlit proces nastavování odporu průchodem stejnosměrného elektrického proudu leptací lázní, přičemž křemíkové kompenzační odpory jsou připojeny ke kladnému proudu stejnosměrného elektrického zdroje a proud do leptací lázně na povrchu křemíkové části se zavádí pomocí platinového drátku. Uvedeným způsobem získají tenzometry ve všech ramenech můstku hodnotu odporu 120 ohmů $\pm$ 0,05 ohmu a teplotní součinitel odporu všech tenzometrů bude 0,214 $\%/^{\circ}\text{C}$ $\pm$ 0,000 8 $\%/^{\circ}\text{C}$. Kompenzace teplotního posunu nulové hodnoty bude lepší než 0,004 $\%/^{\circ}\text{C}$.

Způsob podle vynálezu lze využít zejména při kompenzaci systematických teplotních chyb u snímačů mechanických veličin s polovodičovými odporovými tenzometry.

P Ř E D M Ě T V Y N Á L E Z U

1. Způsob současného nastavení přesných hodnot elektrického odporu a jeho teplotního součinitele u měřicího odporového prvku, vyznačený tím, že alespoň jeden měřicí odporový prvek se doplní seriově nebo paralelně připojeným kompenzačním odporovým prvkem, přičemž alespoň na jeden z nich se působí chemickým leptáním po nezbytnou dobu.

2. Způsob podle bodu 1, vyznačený tím, že leptací lázní prochází stejnosměrný elektrický proud, přičemž prvek, na který se chemickým leptáním působí, je připojen ke kladnému pólu zdroje proudu.

3. Způsob podle bodu 1 a 2 vyznačený tím, že na prvek, na který se leptáním působí, se přiloží maska z chemicky odolné fólie, na stykové ploše opatřené vrstvou chemicky odolného adheziva, přičemž leptaná oblast se vymezí otvorem v masce.