

(19)



REPUBLIKA SLOVENIJA
Urad RS za intelektualno lastnino

(10) **SI 22106 A**

(12)

PATENT

(21) Številka prijave: **200500209**

(51) Int. Cl. (2006)

(22) Datum prijave: **18.07.2005**

G01L 9/06

(45) Datum objave: **28.02.2007**

(72) Izumitelji: **SANTO ZARNIK Marina, 1000 Ljubljana, SI;**
BELAVIČ Darko, 1000 Ljubljana, SI;
HROVAT Marko, 1000 Ljubljana, SI;
PAVLIN Marko, 8000 Novo mesto, SI

(73) Imetnika: **Institut "Jožef Stefan",**
Jamova 39, 1000 Ljubljana, SI;
HYB proizvodnja hibridnih vezij d.o.o.,
Trubarjeva cesta 7, 8310 Šentjernej, SI

(74) Zastopnik: **ITEM d.o.o. Zastopniška pisarna za patente in blagovne znamke, Resljeva 16, 1000 Ljubljana, SI**

(54) **DEBELOPLASTNI PIEZOUPOROVNI SENZOR TLAKA S PROSTO STOJEČO MEMBRANO**

(57) Debeloplastni piezouporovni senzor tlaka s prosto stoječo membrano je konstruiran tako, da je membrana v ohišju z ene strani podprta z nosilnim obročem iz trdega materiala, ki določa premer aktivne površine membrane, in z druge strani ob robu aktivne površine zatesnjena z elastičnim tesnilom. Tesnilo je v obliki obroča enakega premera kot je nosilni obroč, tako da obroča skupaj tvorita fleksibilno vpetje membrane, pri katerem je ob tlačni obremenitvi deformacija membrane ob vpetju zanemarljiva in so male specifične deformacije membrane največje v njenem središčnem delu. V področju največjih deformacij sta na obeh straneh

membrane simetrično razporejena po dva debeloplastna upora z izrazitimi piezouporovnimi lastnostmi. Pri tlačni obremenitvi se tako dva upora raztegujeta, dva pa krčita, zaradi česar se upornost prvih poveča in upornost drugih zmanjša. Vsi štirje upori so preko prevodnih linij in priključnih blazinic povezani v Wheatstonov mostič. Pri taki konstrukciji so ob enaki tlačni obremenitvi mehanske deformacije na področju, kjer se nahajajo debeloplastni upori, večje kot v primeru, ko je membrana toga vpeta v nosilec, kar omogoča doseganje večje tlačne občutljivosti senzorja.

SI 22106 A

DEBELOPLASTNI PIEZOUPOROVNI SENZOR TLAKA S PROSTO STOJEČO MEMBRANO

Predmet izuma je debeloplastni piezouporovni senzor tlaka s prosto stoječo membrano. Senzor po izumu ima večjo tlačno občutljivost od doslej znanih. Debeloplastni piezouporovni senzori se uporabljajo za merjenje tlaka ali sile predvsem v razmerah ko je potrebno zagotoviti dolgoročno stabilno delovanje v širšem temperaturnem področju in v agresivnih medijih.

Debeloplastni piezouporovni senzor tlaka s prosto stoječo membrano po izumu ima membrano vgrajeno v ohišje tako, da je s spodnje strani podprta z nosilnim obročem iz trdega materiala, in z druge strani zatesnjena z elastičnim tesnilnim obročem enakega premera. Obroča določata aktivni del membrane in pri tem tvorita fleksibilno vpetje membrane, pri katerem so ob tlačni obremenitvi male specifične deformacije membrane največje v njenem središčnem delu, medtem ko so deformacije membrane ob vpetju zanemarljive. V področju največjih deformacij sta na obeh straneh membrane simetrično razporejena po dva debeloplastna upora z izrazitimi piezouporovnimi lastnostmi. Pri tlačni obremenitvi se dva upora raztegujeta, dva pa krčita, zaradi česar se upornost prvih poveča in upornost drugih zmanjša. Vsi štirje upori so preko zunanjih priključkov povezani v Wheatstonov mostič. Pri taki konstrukciji so ob enaki tlačni obremenitvi mehanske deformacije membrane na področju, kjer se nahajajo debeloplastni upori, večje kot v primeru, ko je membrana v ohišju togo vpeta, kar omogoča doseganje večje tlačne občutljivosti senzorja.

Znano stanje

Za znane izvedbe senzorjev tlaka, ki temeljijo na izkoriščanju piezouporovnih lastnosti debeloplastnih uporovnih elementov na tanki keramični membrani oz. membrani izdelani iz nekega drugega električno izolacijskega materiala je značilno, da je membrana, na kateri so postavljeni senzorski upori, pritrjena na nosilec, ki natančno določa njene dimenzije in jo na robu aksialno in radialno fiksira v ustrezno oblikovanem ohišju. Na membrani je lahko več uporovnih elementov, različnih oblik in dimenzij, ki ob apliciranem tlaku različno spreminjajo svojo upornost. Upori so praviloma razporejeni na eni strani membrane, na področjih največjih

mehanskih deformacij membrane, in so vezani v Wheatstonov mostič, ki je napajan s konstantno napetostjo, tako da je napetost na izhodu mostiča sorazmerna tlačno odvisni spremembi upornosti. Tlačna občutljivost takega senzorja je odvisna od dimenzij membrane in njenih elastičnih lastnosti ter dimenzij, pozicij in piezouporovnih lastnosti uporovnih elementov. Povečanje tlačne občutljivosti je možno doseči z ustrezno izbiro vseh naštetih parametrov, kar do sedaj znane rešitve obravnavajo na različne načine. V splošnem je problem tlačne občutljivosti rešen z optimizacijo pozicij, dimenzij in oblike debeloplastnih uporovnih elementov, v odvisnosti od uporabe pa so znane tudi številne rešitve za celotno konstrukcijo senzorja v bolj ali manj kompleksnem ohišju.

Ena od starejših rešitev je po patentu US4735098, ki štiti posebno konstrukcijo diferencialnega senzorja tlaka v plastičnem ohišju z dvema ločenima membranama, od katerih je ena debelejša in je izdelana iz aluminij oksidne keramike druga pa je tanjša in izdelana iz bolj fleksibilnega materiala, kot je npr. kapton, na katerih sta po dva debeloplastna upora v središčnem delu. Membrani sta vpeti v skupni nosilec in montirani v plastično ohišje tako, da sta obe membrani pod isto tlačno obremenitvijo. Pri apliciranem tlaku se tanka membrana upogiba in povzroči spremembo upornosti uporov, ki so na njeni površini, upornost uporov na debelejši membrani pa ostane nespremenjena. Upori so vezani v Wheatstonov mostič tako, da je napetost na izhodu sorazmerna diferencialni spremembi upornosti uporov na obeh membranah.

Patent US4932265 opisuje več rešitev za pozicioniranje in oblikovanje debeleplastnih uporov na vpeti keramični membrani, ki omogočajo doseganje večje tlačne občutljivosti senzorja. Oblika in dimenzije uporov so določeni tako, da se upori nahajajo na področjih, kjer so ob apliciranem tlaku največje male specifične deformacije, to je v središčnem delu membrane in ob robu.

Druga podobna rešitev je po patentu WO94/29685 oziroma US5349867. Dokumenta opisujeta senzor tlaka z debeloplastnimi upori na površini membrane, ki je togo vpeta na cilindrični nosilec, ki določa dimenzije upogljivega dela membrane. Štirje debeloplastni upori, ki so vezani v Wheatstonov mostič, so izvedeni kot serijska vezava več posebej oblikovanih debeloplastnih uporov, so nameščeni ob robu upogljivega dela membrane in v njenem središčnem področju. Dva dodatna debeloplastna upora na negibljivem delu ob robu membrane omogočata naknadno nastavitve ničelne napetosti mostiča.

V patentu US4782319 je opisana rešitev, po kateri je keramična membrana pritrjena na posebej oblikovano podnožje, ki zaradi svoje stopničaste konstrukcije preprečuje prevelike upogibe membrane in s tem tudi mehanske poškodbe, ki so možne pri visokih tlakih. Na ta način je omogočena uporaba tanjše membrane in s tem doseganje večje tlačne občutljivosti senzorja.

Skupna značilnost do sedaj znanih rešitev je, da je metoda meritve tlaka zasnovana na izkoriščanju piezouporovnih lastnosti debeloplastnih uporov na tanki membrani iz električno izolacijskega materiala, ki so sorazmerne deformaciji membrane pri apliciranem tlaku. Upori so praviloma vezani v Wheatstonov mostič, ki je napajan s konstantno napetostjo tako, da je napetost na izhodu mostiča sorazmerna tlačno odvisni spremembi upornosti. Povečanje tlačne občutljivosti je doseženo z ustrezno izbiro dimenzij in elastičnih lastnosti membrane ter oblike, dimenzij in pozicij debeloplastnih uporov. Vse do sedaj objavljene rešitve se nanašajo na primere, ko je membrana toga vpeta oz. pritrjena na nosilec, ki določa njeno aktivno površino in je skupaj z nosilcem toga vpeta v ohišje. Pri teh izvedbah je aktivna površina membrane dovolj velika, da so aktivni upori lahko locirani na področja z maksimalnimi specifičnimi deformacijami na eni strani membrane. Te rešitve se ne ukvarjajo s problemom manjše tlačne občutljivosti uporov ob robu membrane in ne obravnavajo problema miniaturizacije senzorja tlaka.

Problem, ki je ostal nerešen, je doseganje večje tlačne občutljivosti senzorja z ustrezno konstrukcijo senzorske kapsule, ki omogoča doseganje večjega upogiba in deformacije membrane v področju, kjer se nahajajo debeloplastni piezoupori.

Naloga in cilj izuma je doseči večjo tlačno občutljivost piezouporovnega senzorja tlaka z ustrezno konstrukcijo senzorske kapsule.

Po izumu je naloga rešena z debeloplastnim piezouporovnim senzorjem tlaka s prosto stoječo membrano, ki je konstruiran tako, kot je navedeno v neodvisnih patentnih zahtevkih.

Tehnični problem, ki ga rešuje izum je torej takšna konstrukcijska izvedba senzorja tlaka, ki membrano na robu njenega aktivnega dela fiksira samo aksialno. To omogoča pod enakimi tlačnimi obremenitvami doseganje večjih mehanskih deformacij v središčnem delu membrane kot v primeru radialno in aksialno fiksiranega roba aktivnega dela membrane.

Opis izuma

Po izumu je problem rešen s piezouporovnim senzorjem tlaka s prosto stoječo membrano, ki je vpeta v posebej oblikovano ohišje tako, da je podprta z obročem iz trdega materiala, ki določa premer membrane, in je z druge strani ob robu aktivne površine membrane zatesnjena z elastičnim tesnilnim obročem.

Pri znanih rešitvah je membrana fiksirana radialno in aksialno in so upori, ki so praviloma locirani na področjih največjih mehanskih deformacij membrane, pozicionirani v središčnem delu membrane in ob njenem robu. Vsi štirje upori so na isti strani membrane. Pri tlačni obremenitvi se upora ob robu raztegujeta in upora na središčnem delu membrane krčita ali obratno, tako da mostična vezava uporov pokaže največje spremembe napetosti. Tlačna občutljivost uporov ob robu membrane je vedno nekoliko manjša od občutljivosti uporov v središčnem delu diafragme in je temu ustrezno tlačna občutljivost takega senzorja ustrezno manjša.

V primeru prosto stoječe membrane, ki je fiksirana samo aksialno, so mehanske deformacije v središčnem delu membrane večje kot v primeru radialno in aksialno fiksirane membrane, medtem ko so deformacije ob robu membrane zanemarljive. Zato so debeloplastni upori postavljeni čim bližje središču membrane in sicer po dva upora na vsaki strani membrane. Ker so upori na obeh straneh membrane pozicionirani natanko na istih pozicijah se upora na eni strani membrane raztegujeta in upora na drugi strani membrane krčita, pri čemer je absolutna sprememba upornosti vseh štirih uporov enaka, tako da omogoča taka konstrukcija višjo tlačno občutljivost senzorja kot v primeru togo vpete membrane, na kateri so vsi štirje upori na eni strani membrane.

Izum bo opisan na izvedbenem primeru in slikah, ki prikazujejo

- slika 1 pogled na senzor tlaka s prosto stoječo membrano v preseku
- slika 2 pogled na membrano z debeloplastnima uporoma z zgornje strani
- slika 3 pogled na membrano z debeloplastnima uporoma s spodnje strani
- slika 4 vezava debeloplastnih uporov v Wheatstonov mostič

Piezouporovni senzor tlaka s prosto stoječo membrano 1, ki je vstavljena v posebej oblikovano ohišje 2 tako, da je podprta z obročem iz trdega materiala 3 in je z druge strani zatesnjena z elastičnim tesnilnim obročem 4, je prikazan na sliki 1. Membrana 1 je izdelana iz keramičnega

materiala, kot npr. aluminij oksidna keramika, cirkonij oksidna keramika ali keramika z nizko temperaturo žganja (LTCC), ki so primerne za tiskanje in žganje debeloplastnih elektronskih vezij ali iz drugega materiala, ki je bolj elastičen od keramike in je na njem možno izdelati debeloplastne upore z uporabo standardnega postopka debeloplastne tehnologije, to je s tiskanjem uporovnih past in toplotno obdelavo. Tesnilni obroč 4 in podnožje 3 imata enak premer s katerim določata rob aktivnega dela membrane, ob katerem je membrana elastično vpeta in gibljiva v aksialni smeri. Pri tlačni obremenitvi je deformacija membrane ob robu zanemarljiva, vendar je upogib membrane v sredini večji kot v primeru, ko je ta ob robu trdo vpeta ali prilepljena na podnožje. Merjeni tlak se skozi odprtino v ohišju 5 pripelje v tlačno komoro, tj. prostor med membrano 1 in ohišjem 2, ki je zatesnjen s tesnilom 4. Z druge strani membrane 1 je ohišje skozi odprtino 6 odprto za referenčni tlak. Na membrani 1 so s postopki debeloplastne tehnologije izdelani štiri debeloplastni upori R1, R2, R3 in R4, ki imajo izrazite piezouporovne lastnosti. Upori so locirani v središčnem delu membrane in simetrično razporejeni po dva na vsaki strani membrane.

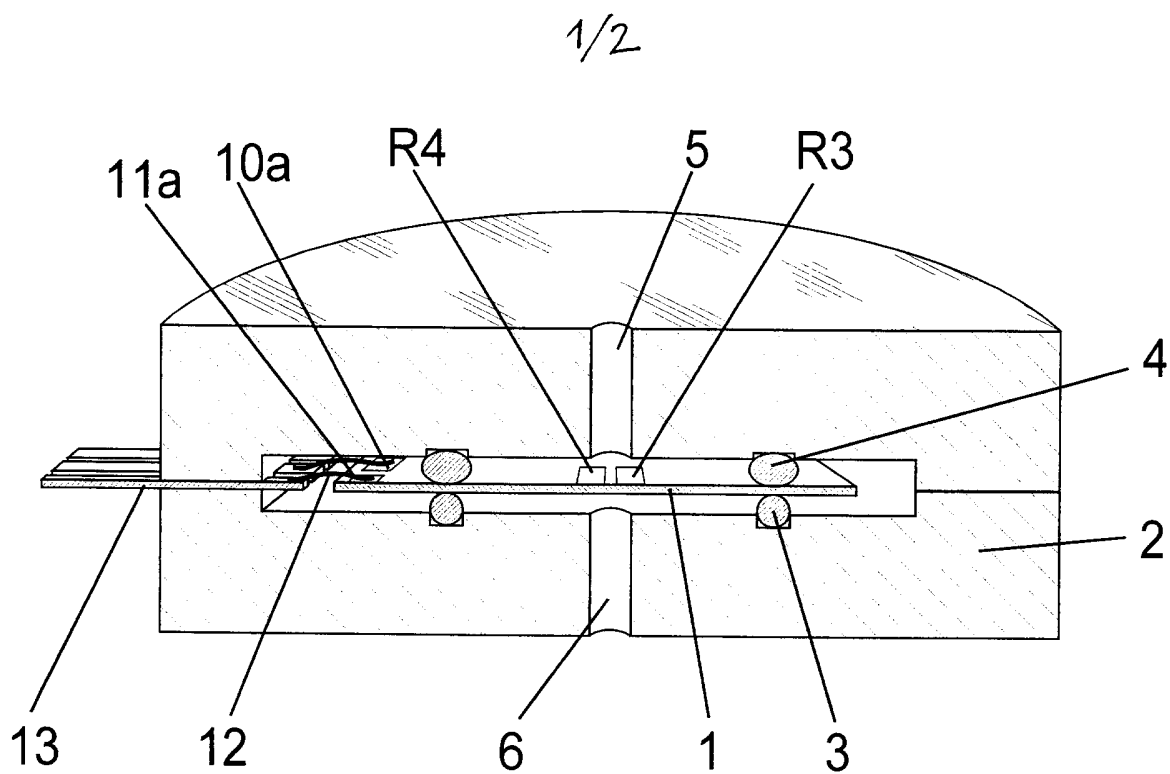
Na sliki 2 sta prikazana debeloplastna upora R1 in R2, ki se nahajata na zgornji strani membrane 1, elastično vpete ob robu 14, in sta s prevodnimi linijami električno povezana na priključne blazinice 7a, 8a, 9a in 10a z uporoma na drugi strani membrane. Na sliki 3 sta debeloplastna upora R3 in R4 na spodnji strani membrane s prevodnimi linijami električno povezana na priključne blazinice 7b, 8b, 9b in 11b. Priključne blazinice 7a, 8a, 9a, 10a in 11a ter 7b, 8b, 9b, 10b in 11b so zrcalno razporejene na obeh straneh membrane na področju, ki ni obremenjeno s tlakom ter so skozi membrano med seboj električno povezane. Upori R1, R2, R3 in R4 so s prevodnimi linijami in preko priključnih blazinic električno vezani v odprt Wheatstonov mostič, tako kot je prikazano na sliki 4. Priključne blazinice 7a, 8a, 9a, 10a in 11a so s tankimi fleksibilnimi metalnimi žičkami 12 električno povezane z zunanjimi električnimi priključki 13, ki predstavljajo izhodne električne priključke senzorja in so fiksno vpeti v ohišje 2.

V primerih uporabe senzorja v agresivnem okolju so debeloplastni upori R1, R2, R3, R4 in prevodne linije prekriti s tanko zaščitno plastjo, ki preprečuje stik debeloplastnih materialov z medijem. V aplikacijah pri katerih je potrebno zagotoviti biokompatibilnost materialov je celotna površina membrane 1 z debeloplastnimi upori R1, R2, R3, R4 in prevodnimi linijami na obeh straneh prekrita z biokompatibilno zaščito.

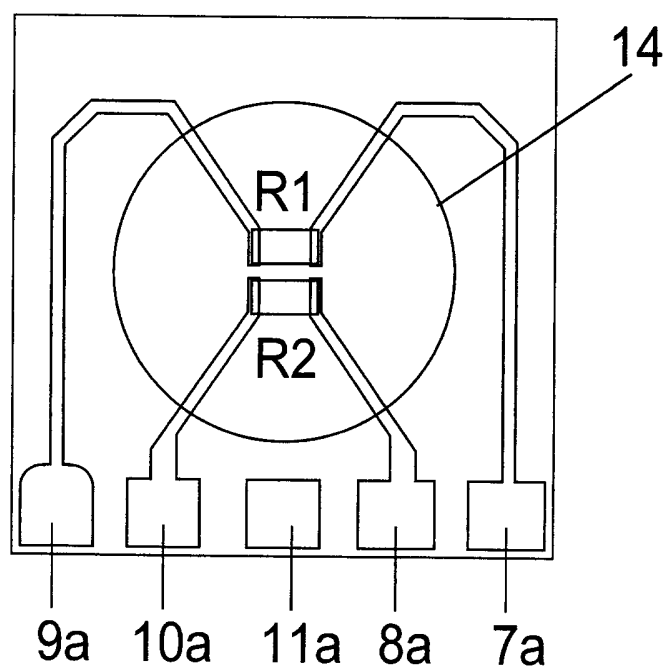
Patentni zahtevki

1. Debeloplastni piezouporovni senzor tlaka s prosto stoječo membrano, označen s tem, da je membrana (1), vstavljena v posebej oblikovano ohišje (2) tako, da je z ene strani podprta z nosilnim obročem iz trdega materiala (3), ki določa premer aktivne površine membrane (1) in je z druge strani ob robu zatesnjena z elastičnim tesnilom (4), pri čemer je tesnilo v obliki tankega obroča, enakega premera kot je podnožje (3) in skupaj s podnožjem tvori elastično vpetje membrane, ter so na membrani (1) debeloplastni uori (R1, R2, R3, R4), ki so električno povezani s priključki (13).
2. Debeloplastni piezouporovni senzor tlaka po zahtevku 1, značilen po tem, da sta debeloplastna upora (R1) in (R3) na eni strani membrane ter debeloplastna upora (R2) in (R4) na drugi strani membrane locirani v središčnem delu membrane in simetrično razporejeni po dva na vsaki strani membrane (1).
3. Debeloplastni piezouporovni senzor tlaka po zahtevku 1, značilen po tem, da je membrana (1) izdelana iz keramičnega materiala, kot npr. aluminij oksidna keramika, cirkonij oksidna keramika ali keramika z nizko temperaturo žganja (LTCC), ki so primerne za tiskanje in žganje debeloplastnih elektronskih vezij.
4. Debeloplastni piezouporovni senzor tlaka po zahtevku 1, značilen po tem, da je membrana (1) izdelana iz drugega materiala, ki je bolj elastičen od keramike in je na njem možno izdelati debeloplastne upore z uporabo standardnega postopka debeloplastne tehnologije, to je s tiskanjem uporovnih past in toplotno obdelavo.
5. Debeloplastni piezouporovni senzor tlaka po zahtevku 1, značilen po tem, da so debeloplastni upori (R1), (R2), (R3) in (R4) in debeloplastne prevodne linije na obeh straneh membrane prekriti s tanko zaščitno plastjo, ki preprečuje stik debeloplastnih materialov z agresivnim medijem ko se senzor uporablja v agresivnih medijih.
6. Debeloplastni piezouporovni senzor tlaka po zahtevku 1, značilen po tem, da je membrana z debeloplastnimi upori (R1), (R2), (R3) in (R4) ter prevodnimi linijami na obeh straneh zaščitena s tanko plastjo biokompatibilne zaščite, ko se senzor uporablja v medicinske namene.

7. Debeloplastni piezouporovni senzor tlaka po zahtevku 1, značilen po tem, da so metalne žičke (12), ki električno povezujejo priključne blazinice (7a), (8a), (9a), (10a) in (11a) z zunanjimi električnimi priključki sensorja (13), ki so fiksno vpeti v ohišje (2), tanke in fleksibilne.

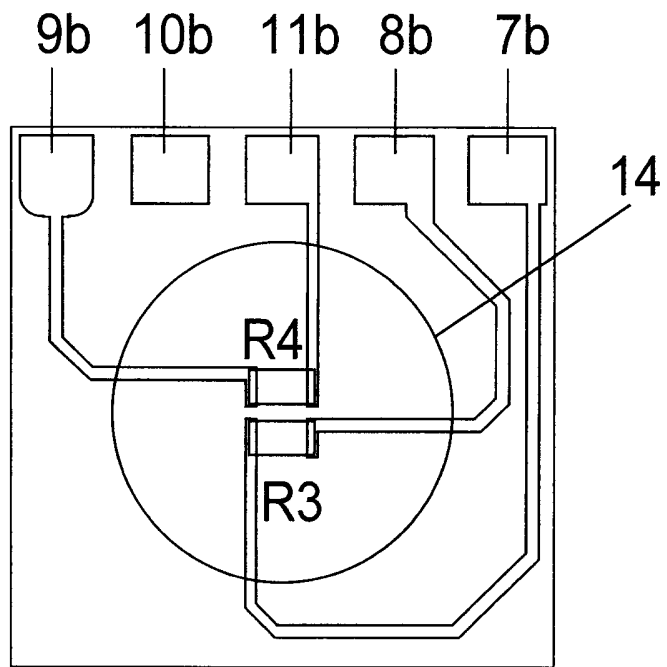


Slika 1

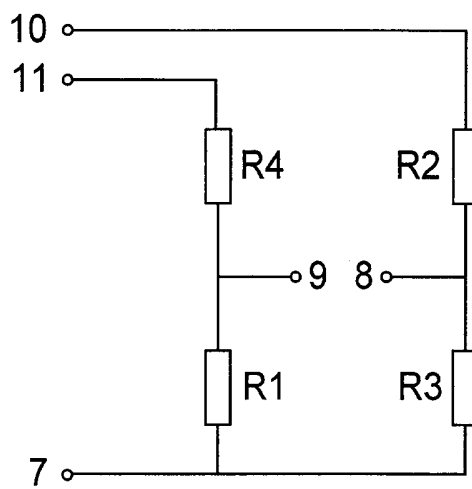


Slika 2

2/2



Slika 3



Slika 4