

PATENTOVÝ SPIS

(11) Číslo dokumentu:

307 045

(13) Druh dokumentu: **B6**

(51) Int. Cl.:

G01N 25/18 (2006.01)

G01K 17/00 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2015-237**
(22) Přihlášeno: **07.04.2015**
(40) Zveřejněno: **19.10.2016**
(Věstník č. 42/2016)
(47) Uděleno: **01.11.2017**
(24) Oznámení o udělení ve věstníku: **13.12.2017**
(Věstník č. 50/2017)

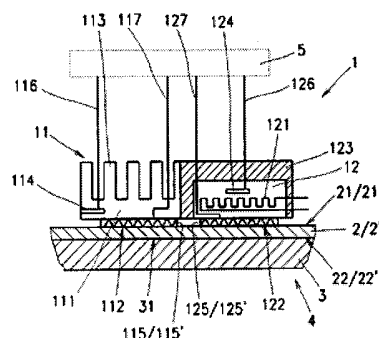
(56) Relevantní dokumenty:

WO 2013/115592 A1; WO 2013/153251 A1; US 4 840 495 B; CZ 2011-37 A3.

(73) Majitel patentu:
Technická univerzita v Liberci, Liberec, CZ

(72) Původce:
prof. Ing. Luboš Hes, Dr.Sc., Liberec, CZ
doc. Ing. Ivan Doležal, CSc., Jablonec nad Nisou, CZ
Kausik Bal, Kolkata, W.Bengal, IN

(74) Zástupce:
Ing. Dobroslav Musil, patentová kancelář,
Zábrdovická 11, 615 00 Brno



(54) Název vynálezu:

Způsob a zařízení k stanovení tepelného odporu izolační vrstvy

(57) Anotace:

Způsob stanovení a zařízení pro stanovení tepelného odporu (r) izolační vrstvy (2), jejíž vnitřní plocha (22) přivrácená k izolovanému prostoru (4) je v tepelném kontaktu s vnější plochou (31) stěny (3) izolovaného předmětu a je nepřístupná, přičemž teplota této vnitřní plochy (22), ani tloušťka izolační vrstvy (2) nejsou známy. Na přístupné vnější ploše (21) izolační vrstvy (2) se současně nebo postupně/následně změří tepelné toky (q_1 , q_2) při různých teplotách (t_1 , t_2), načez se z rozdílu naměřených tepelných toků (q_1 , q_2) a jemu příslušného rozdílu teplot (t_1 , t_2) vypočítá tepelný odpor (r) izolační vrstvy (2).

CZ 307045 B6

Způsob a zařízení k stanovení tepelného odporu izolační vrstvy

Oblast techniky

5

Způsob stanovení tepelného odporu izolační vrstvy, jejíž vnitřní plocha přivrácená k izolovanému prostoru je v tepelném kontaktu s vnější plochou stěny izolovaného předmětu a je nepřístupná, přičemž teplota této vnitřní plochy, ani tloušťka izolační vrstvy nejsou známy.

10

Vynález se rovněž týká zařízení k stanovení tepelného odporu takové izolační vrstvy.

Dosavadní stav techniky

15

Znalost tepelného odporu vrstvy materiálu obklopující předměty, které je nutno tepelně izolovat vůči okolí, je nezbytným podkladem pro konstrukci příslušných prostředků. Zjišťování tepelného odporu, resp. tepelné vodivosti u polotovaru izolačních materiálů před jejich aplikací například k izolaci sušící či ohřívací pece nebo potrubí otopných systémů se běžně provádí přímým měřením tepelného výkonu.

20

V praxi nejčastěji používané přístroje pracující na stacionárním principu jsou založeny na přímém měření tepelného výkonu P na jednotku plochy, tedy tepelného toku, který prochází izolační vrstvou obklopenou z obou stran kovovými deskami, jejichž teplota se vzájemně liší. Tepelný odpor izolace se stanoví známým výpočtem z tepelného toku daného podílem elektrického výkonu a plochy měřené oblasti vzorku při udržení konstantního rozdílu teplot obou desek. K eliminaci tepelných ztrát únikem tepla do izolační vrstvy mimo oblast přímého průchodu tepla vrstvou izolačního materiálu z teplejší na chladnější kovovou desku je měřicí zařízení doplněno tzv. izotermním ochranným prstencem. Ten je v kontaktu s měřenou izolační vrstvou a v podstatě ohraničuje oblast přímého průchodu. Výkon teplejší desky se měří příkonem přiváděným elektrickým proudem.

30

U jiné varianty měření je v prostoru mezi jednou z kontaktních ploch desek kovových a měřeným vzorkem vložen přímý tenký snímač tepelného toku, jehož výstupem je elektrické napětí. To je totiž lineární funkcí vzhledem k procházejícímu tepelnému toku. Protože je snímač podstatně tenčí a menší než měřený vzorek, nedochází prakticky k tepelným ztrátám ani únikem tepla z obvodu tohoto snímače ani z obvodu vzorku, tepelný tok procházející vzorkem v okolí snímače není. V tomto případě tudíž není zapotřebí izotermního ochranného prstence.

35

Kromě přístrojů pracujících na stacionárním principu se v poslední době používají i přístroje pracující na principu dynamickém. Zde je na povrch vzorku přiložen tenký a relativně malý plošný zdroj krátkodobého tepelného impulsu o známé resp. změřené energii. Uprostřed zdroje je umístěn rychlý snímač teploty povrchu měřeného předmětu. Z krátkodobého vzrůstu teploty vyvolaného absorbovaným tepelným impulzem lze pak využít pro výpočet tepelné vodivosti měřeného předmětu vztahu pro výpočet tepelného odporu izolační vrstvy. Nevýhodou tohoto způsobu je nemožnost obklopit zdroj tepelného impulsu relativně rozsáhlým ochranným prstencem, který by vykazoval stejnou teplotní dynamiku, především stejný kontaktní odpor, jako centrální plošný zdroj tepelného impulsu. Teplo se proto v tomto případě šíří prakticky stejně jak v rovině plochy vzorku jako ve směru jeho tloušťky.

45

50

Při měření tepelné vodivosti nehomogenních materiálů, jakými jsou například textilie, bude výsledek poškozen chybou měření. Problémy vzniknou i při měření tlustších nehomogenních izolačních materiálů. U dynamických měření totiž krátký tepelný impuls pronikne do malé hloubky, takže výsledná hodnota tepelné vodivosti bude nejvíce ovlivněna tepelnou vodivostí povrchu měřené izolační vrstvy. K výpočtu tepelného odporu pak bude nutno znát tloušťku vzorku, která

však v místě měření tepelné vodivosti může být poněkud odlišná. I to může být zdrojem další nepřesnosti výsledku měření.

V provozu tepelně izolovaných zařízení jsou ovšem situace, kdy je nezbytné zjišťovat stav izolace prakticky bez významnějšího přerušení jejich provozu. Je to dáno změnami, které jsou důsledkem stárnutí izolačních materiálů. Přístup k vnitřní i vnější ploše izolační vrstvy zde není možný bez alespoň částečné demontáže izolační vrstvy z izolovaného předmětu, případně nelze měření provádět v laboratorních podmínkách. Neznáme tloušťku izolace ani teplotu vnitřní (skryté, nedostupné) plochy. V takovém případě ani při použití dynamické metody měření není možné zjistit potřebnou hodnotu tepelného odporu bez znalosti tloušťky izolace nebo teploty vnitřní plochy.

Způsob a zařízení podle CZ250316B1 se zabývá měřením teplotní vodivosti plošných předmětů, resp. hodnoty, která je teplotní vodivosti materiálu úměrná. V plášti bloku zařízení je umístěno topné těleso vytápějící prostor bloku na požadovanou stabilizovanou teplotu snímanou regulačním čidlem spojeným s regulátorem topení. Další čidlo slouží ke kontrole teploty bloku. V kontaktním čele bloku je upevněno plošné čidlo tepelného toku. Toto čidlo se přivede do kontaktu s plošným měřeným materiálem, například s textilií, jehož teplota je při měření konstantní a odlišná od teploty bloku. Kontaktem plošného čidla a měřeného materiálu dochází k výměně tepla mezi čidlem a materiálem. Vztahy známými z termomechaniky ohřevu tzv. polomasívu se vypočítá hodnota úměrná teplotní vodivosti měřeného materiálu. Z ní je nutno hodnotu tepelné vodivosti stanovit dalším postupem nebo jiným dalším zařízením.

Odstranění tohoto nedostatku částečně řeší zařízení podle CZ255063B1, kterým lze současně měřit tepelnou a teplotní vodivost plošných materiálů pomocí plošného čidla tepelného toku. Zde je možné měřit jednak velikost tepelného impulsu po rychlém přiložení vyhřátého kovového bloku na měřený vzorek, jednak ustálený tepelný tok mezi kovovým blokem a kovovou deskou, která je v plošném kontaktu s druhou stranou měřeného vzorku, který je mezi blokem a deskou při měření sevřen. Nevýhodou tohoto řešení je, že výsledky měření materiálů majících tepelný odpor nižší, než je tepelný odpor čidla tepelného toku, jsou zatíženy vyšší chybou. Pokud není měřený materiál deformovatelný při stisku mezi blokem a kovovou deskou, nelze zajistit dobré tepelné kontakty mezi čidlem tepelného toku a měřeným vzorkem a mezi měřeným vzorkem a kovovou deskou.

Cílem vynálezu je odstranit nebo alespoň podstatně snížit nedostatky stavu techniky a umožnit stanovení tepelného odporu izolační vrstvy bez znalosti tloušťky izolační vrstvy nebo teploty její vnitřní odvrácené plochy, která je při měření nepřístupná.

40 Podstata vynálezu

Cíle vynálezu je dosaženo způsobem stanovení tepelného odporu izolační vrstvy, jejíž vnitřní plocha přivrácená k izolovanému prostoru je v tepelném kontaktu s vnější plochou stěny izolovaného předmětu a je nepřístupná, jehož podstatou je to, že na přístupné vnější ploše izolační vrstvy se současně nebo postupně/následně změří tepelné toky při různých teplotách, načež se z rozdílu naměřených tepelných toků a jemu příslušného rozdílu teplot vypočítá tepelný odpor izolační vrstvy.

Tepelný odpor izolační vrstvy se s výhodou vypočítá ze vztahu $r = (t_1 - t_2) / (q_1 - q_2)$.

Způsob stanovení tepelného odporu izolační vrstvy a souvisejícího zařízení podle vynálezu je umožňuje stanovit tepelný odpor izolačních vrstev bez nutnosti znát tloušťku těchto vrstev a teplotu odvráceného povrchu těchto tepelně izolačních vrstev, který je často nepřístupný.

Měření tepelného toku při nižší teplotě se provádí před měřením tepelného toku při vyšší teplotě pomocí jednoho/stejněho snímače tepelného toku, který se přiloží na přístupnou vnější plochu izolační vrstvy. To zjednodušuje měřicí zařízení a manipulaci s ním.

- 5 Zkrácení času měření je dosaženo tím, že se měření při nižší teplotě provádí současně s měřením při vyšší teplotě pomocí dvou snímačů tepelného toku, které se přiloží na přístupnou vnější plochu izolační vrstvy vzájemně odděleně.

- 10 Cíle vynálezu je dosaženo také zařízením k stanovení tepelného odporu izolační vrstvy, jehož podstatou je to, že zdroje tepla měřicí sondy mají rozdílnou teplotu, přičemž jsou spřaženy s jím přiřazeným kontaktním prostředkem.

- 15 Kontaktním prostředkem je plošný snímač tepelného toku. Přitom je každý zdroj tepla měřicí sondy spřažen se samostatným plošným snímačem tepelného toku, nebo jsou zdroje tepla měřicí sondy postupně spřažnutelné se společným plošným snímačem tepelného toku.

Objasnění výkresů

- 20 Příkladné provedení zařízení k provádění způsobu stanovení tepelného odporu plošné izolační vrstvy podle vynálezu je znázorněno ve dvou variantách na obr. 1 a 2.

Příklady uskutečnění vynálezu

- 25 Přednostní provedení zařízení k provádění způsobu stanovení tepelného odporu plošné izolační vrstvy podle vynálezu je určeno k současnému měření dvou tepelných toků lišících se velikostí teplotního spádu. Tímto výhodným zařízením lze dosáhnout krátkého času vlastního měření, zpravidla kratšího než deset sekund.

- 30 Příkladné zařízení podle obr. 1 obsahuje měřicí sondu 1 složenou ze dvou měřicích bloků 11, 12. Každý měřicí blok 11, 12 obsahuje zdroj 111, 121 tepla. Měřicí bloky 11, 12 jsou vzájemně tepelně izolovány. Spolu jsou spojeny tak, že měřicí – zde například rovinné – kontaktní plochy 112, 122 sondy 1 leží ve společné rovině.

- 35 Měřicí blok 11 je směrem do okolí otevřen a jeho zdroj 111 tepla je v příkladném provedení opatřen chladicími žebry 113, kterými je udržován na teplotě t_1 blíží se teplotě okolí. V neznázorněném provedení je měřicí blok 11 spřažen s regulovatelným chladicím prostředkem. V tělese zdroje 111 tepla je uložen elektrický teploměr 114.

- 40 Měřicí blok 12 je uzavřen v izolačním krytu 123, čímž je vzhledem k okolí tepelně izolován. Zdrojem 121 tepla měřicího bloku 12 je v příkladném provedení regulovatelné topné těleso. Zdroj tepla 121 je dále opatřen elektrickým teploměrem 124.

- 45 V příkladném provedení tedy pracuje měřicí blok 11, jehož zdrojem 111 tepla je v podstatě chladič, s nižší teplotou t_1 , a měřicí blok 12, jehož zdrojem 121 tepla je topné těleso, s vyšší teplotou t_2 .

- 50 Měřicí kontaktní plochy 112, 122 sondy 6 jsou tvořeny tenkými snímači 115, 125 tepelného toku q_1 , q_2 .

- 55 Oba měřicí bloky 11, 12 jsou prostřednictvím snímačů 115, 125 tepelného toku v kontaktu s vnější přístupnou rovinnou plochou 21 proměřované tepelně izolační vrstvy 2. Je důležité, aby vnější přístupná plocha 21 tepelně izolační vrstvy 2 nebyla pokryta další obalovou vrstvou, která by měla vysokou tepelnou vodivost. Opačná plocha tepelně izolační vrstvy 2 je v tomto příklad-

ném provedení v kontaktu s vnější plochou stěny 3, která je součástí izolovaného prostoru 4. Tato plocha je tedy vnitřní plochou 22 nepřístupnou. Stěna 3 má relativně vysokou tepelnou kapacitu, což je dáno vysokou měrnou tepelnou kapacitou materiálu a/nebo velkou hmotností stěny 3. Tím je zajištěna v podstatě konstantní teplota vnitřní nepřístupné rovinné plochy 21 proměřované tepelně izolační vrstvy 2.

Teploty t_1 a t_2 jsou měřeny elektrickými teploměry 114 a 124. Jejich výstupy 116, 126 a výstupy 117, 127 snímačů 115, 125 tepelných toků q_1 , q_2 jsou připojeny k blíže neznázorněné počítač jednotce 5.

V případě, že na rozdíl od výše uvedeného popsaného zařízení izoluje měřená tepelně izolační vrstva 2' prostor, jehož stěna 3' nemá vnější plochu rovinnou, jak je tomu například u potrubí kruhového průřezu, je tvar plochy pro kontakt snímačů 115', 125' tepelného toku q_1 , q_2 s vnější přístupnou plochou 21' tepelně izolační vrstvy 2' takovému zakřivenému povrchu přizpůsoben.

Místo uvedeného příkladného provedení zařízení podle vynálezu se sondou 1 složenou ze dvou měřicích bloků 11, 12 lze použít v další variantě zařízení sondu 6, která je tvořena jedním měřicím blokem 61. Její měřicí blok 61 je uzavřen v izolačním krytu 62, čímž je vzhledem k okolí tepelně izolován. Tvar kontaktní plochy 63 měřicí sondy 6 odpovídá tvaru plochy izolační vrstvy 2, na které bude sonda 6 použita. Měřicí blok 61 obsahuje kombinovaný zdroj 64 tepla, jehož součástí je zdroj 641 tepla nebo chladu s nižší teplotou t_2 , a zdroj 642 tepla s vyšší teplotou t_2 , a elektrický teploměr 65. Měřicí kontaktní plocha 63 sondy 6 je tvořena rovněž tenkým snímačem 66 tepelného toku q_1 , q_2 . Výstup 67 elektrického teploměru 65 a výstup 68 snímače 66 tepelného toku jsou připojeny k počítač jednotce 5.

V první variantě způsobu stanovení tepelného odporu r izolační vrstvy 2 uložené na vnější ploše stěny 3 izolovaného předmětu, která má vysokou tepelnou kapacitu, se na vnější plochu izolační vrstvy 2 přiloží snímače 115, 125 tepelných toků q_1 , q_2 sondy 1. Snímače 115, 125 jsou ze strany odvrácené od izolační vrstvy 2 ohráty na dvě různé teploty t_1 , t_2 . Hodnoty teplot t_1 , t_2 měřené elektrickými teploměry 114, 124 a jim příslušné hodnoty tepelných toků q_1 , q_2 zjišťované snímači 115, 125 tepelných toků se předávají na vstupy počítač jednotky 5.

Po ustálení teplot t_1 a t_2 pak počítač jednotka 5 vypočítá zjišťovaný tepelný odpor r tepelně izolační vrstvy 2.

V druhé variantě způsobu stanovení tepelného odporu r izolační vrstvy 2 uložené na vnější ploše 31 stěny 3 izolovaného předmětu, která má vysokou tepelnou kapacitu, se na vnější plochu izolační vrstvy 2 přiloží sonda 6 kontaktní plochou 63 snímače 66 tepelných toků q_1 , q_2 . Plocha snímače 66 odvrácená od izolační vrstvy 2 se podle potřeby buď ochladí, nebo ohřeje na teplotu t_1 blízkou teplotě okolí. Po ustálení teploty t_1 se její hodnota a hodnota jí příslušného tepelného toku q_1 zjištěná snímačem 66 tepelného toku předá na vstupy počítač jednotky 5, ve které se hodnoty uloží. Následně, případně s časovou prodlevou, se plocha snímače 66 odvrácená od izolační vrstvy 2 ohřeje na teplotu t_2 , která je vyšší, než před tím uložená teplota t_1 . Po ustálení teploty t_2 se její hodnota a hodnota jí příslušného tepelného toku q_2 zjištěná snímačem 66 tepelného toku předá na vstupy počítač jednotky 5. Počítač jednotka 5 vypočítá z prvních již uložených hodnot t_1 , q_1 a z druhých naměřených hodnot t_2 , q_2 zjišťovaný tepelný odpor r tepelně izolační vrstvy 2.

V první i druhé variantě způsobu stanovení tepelného odporu r izolační vrstvy 2 využívá počítač jednotka 5 vztahu

$$r = (t_1 - t_2) / (q_1 - q_2)$$

nebo jeho modifikace. Těmito modifikacemi mohou být počítačem prováděné korekce respektující například velikost teplotních spádů na snímačích 115, 125, 66 a velikost kontaktních odporů.

Výhodou způsobu stanovení tepelného odporu izolační vrstvy a souvisejícího zařízení podle vynálezu je možnost stanovení tepelného odporu izolačních vrstev bez nutnosti znát tloušťku těchto vrstev a teplotu odvráceného – v mnohých případech nedostupného – povrchu těchto tepelně izolačních vrstev. Jeho použití je široce použitelné v oblasti průmyslových tepelných zařízení, pecí, parovodů, teplovodů a podobně, kde je nepřístupný povrch tepelné izolace udržován na stejné teplotě, a kde volný povrch izolace není opatřen tepelně vodivým krytem. Nové zařízení by umožnilo významně zlevnit například inspekci dálkových teplovodů, nebo přispět u textilních materiálů s vysokým tepelným odporem.

Způsob stanovení tepelného odporu izolační vrstvy i souvisejícího zařízení podle vynálezu umožňující měřit tepelnou vodivost plošné izolační vrstvy pomocí kontaktní sondy přikládané k přístupnému povrchu izolační vrstvy již bylo během vývoje pokusně realizováno. Z měření vyplynulo, že naměřené hodnoty tepelného odporu izolačních vrstev lineárně vzrůstají s tloušťkou izolační vrstvy za předpokladu, že tepelná kapacita základní vrstvy, na které je v tepelném kontaktu uložena měřená izolační vrstva, je dostatečně vysoká. Proto mezi vhodné materiály základní vrstvy patří stavební materiály, sklo i lidské tělo. V případě stanovení tepelné izolační úrovně zimního oděvu tak lze měření provádět přímo na nositeli oděvu.

PATENTOVÉ NÁROKY

1. Způsob stanovení tepelného odporu (r) izolační vrstvy (2), jejíž vnitřní plocha (22) přivrácená k izolovanému prostoru (4) je v tepelném kontaktu s vnější plochou (31) stěny (3) izolovaného předmětu a je nepřístupná, přičemž teplota této vnitřní plochy (22), ani tloušťka izolační vrstvy (2) nejsou známy, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že na přístupné vnější ploše (21) izolační vrstvy (2) se současně nebo postupně/následně změří tepelné toky (q_1 , q_2) při různých teplotách (t_1 , t_2), načež se z rozdílu naměřených tepelných toků (q_1 , q_2) a jemu příslušného rozdílu teplot (t_1 , t_2) vypočítá tepelný odpor (r) izolační vrstvy (2).

2. Způsob podle nároku 1, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že tepelný odpor (r) izolační vrstvy (2) se vypočítá ze vztahu $r = (t_1 - t_2) / (q_1 - q_2)$.

3. Způsob podle nároku 1 nebo 2, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že měření tepelného toku (q_1) při nižší teplotě (t_1) se provádí před měřením tepelného toku (q_2) při vyšší teplotě (t_2) pomocí jednoho/stejného snímače (66) tepelného toku, který se přiloží na přístupnou vnější plochu (21) izolační vrstvy (2), přičemž mezi oběma měřeními je prodleva, během níž se ustálí teploty (t_1 , t_2).

4. Způsob podle kteréhokoliv z předchozích nároků, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že se měření při nižší teplotě (t_1) provádí současně s měřením při vyšší teplotě (t_2) pomocí dvou snímačů (115, 125) tepelného toku (q_1 , q_2), které se přiloží na přístupnou vnější plochu (21) izolační vrstvy (2) vzájemně odděleně.

5. Zařízení k stanovení tepelného odporu izolační vrstvy (2) obsahující jednu měřicí sondu (1, 6) obsahující alespoň jeden zdroj (111, 121, 641, 642) tepla nebo chladu a alespoň jeden kontaktní prostředek, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že zdroj nebo zdroje tepla nebo chladu (111, 121, 641, 642) měřicí sondy (1, 6) mají rozdílnou teplotu (t_1 , t_2), přičemž jsou spráženy s jím přiřazeným kontaktním prostředkem.

6. Zařízení podle nároku 5, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že kontaktním prostředkem je plošný snímač (115, 125, 66) tepelného toku (q_1 , q_2).

7. Zařízení podle nároku 5 nebo 6, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že každý zdroj (111, 121) tepla či chladu měřicí sondy (1) je sprážen se samostatným plošným snímačem (115, 125) tepelného toku (q_1 , q_2).

- 5 8. Zařízení podle nároku 5 nebo 6, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že zdroj či zdroje (641, 642) tepla nebo chladu měřicí sondy (6) jsou postupně spráhnutelné se společným plošným snímačem (66) tepelného toku (q_1 , q_2).

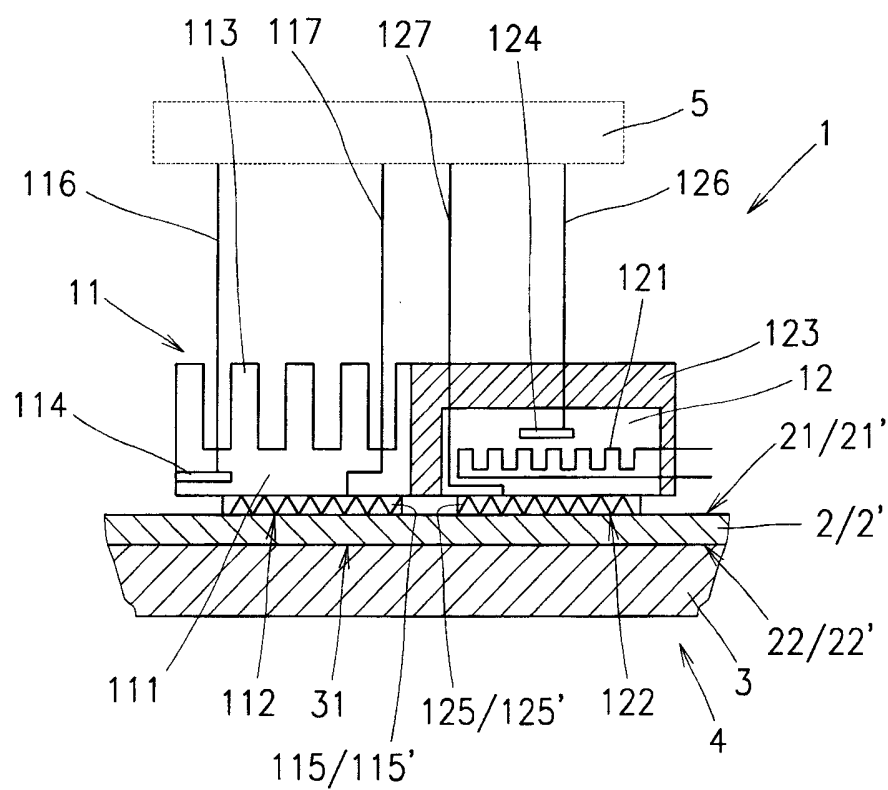
10

1 výkres

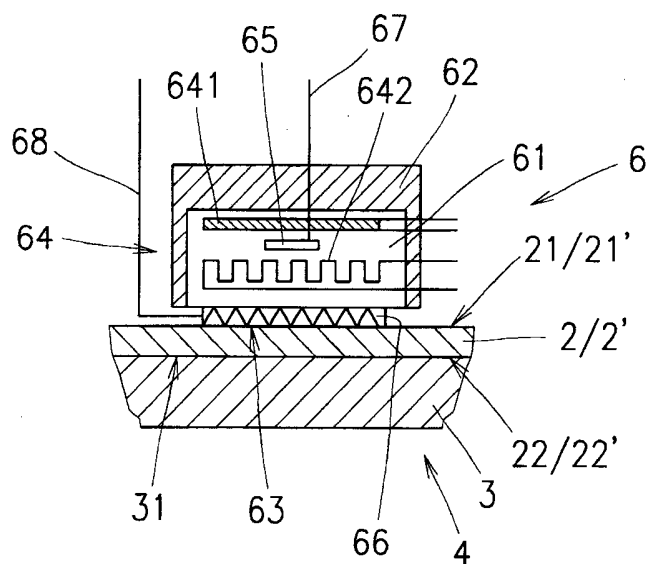
Seznam vztahových značek

15

- | | | |
|----|-------|---|
| | 1 | měřicí sonda (první varianta způsobu měření) |
| | 11 | měřicí blok – část s nižší teplotou t_1 |
| | 111 | zdroj tepla resp. chladu měřicího bloku s teplotou t_1 |
| | 112 | kontaktní plocha (sondy) |
| 20 | 113 | chladič žebro |
| | 114 | teploměr |
| | 115 | snímač tepelného toku |
| | 116 | výstup teploměru |
| | 117 | výstup snímače tepelného toku |
| 25 | 12 | měřicí blok |
| | 121 | izolační kryt (měřicího bloku 12) |
| | 121 | zdroj tepla (části měřicího bloku s teplotou t_2) |
| | 122 | kontaktní plocha (sondy) |
| | 123 | izolační kryt |
| 30 | 124 | teploměr |
| | 125 | snímač tepelného toku |
| | 126 | výstup teploměru |
| | 127 | výstup snímače tepelného toku |
| | 2 | tepelně izolační vrstva (jejíž tepelný odpor je předmětem měření) |
| 35 | 21 | přístupná plocha izolační vrstvy |
| | 22 | nepřístupná (vnitřní) plocha izolační vrstvy |
| | 3 | izolovaný prostor |
| | 31 | vnější plocha izolovaného prostoru |
| | 4 | izolovaný prostor |
| 40 | 5 | počítací jednotka |
| | 6 | sonda (druhá varianta způsobu měření) |
| | 61 | měřicí blok |
| | 62 | izolační kryt měřicího bloku |
| | 63 | kontaktní plocha (sondy) |
| 45 | 64 | kombinovaný zdroj tepla |
| | 641 | zdroj tepla (topné těleso) |
| | 642 | zdroj tepla (chladič) |
| | 65 | elektrický teploměr |
| | 66 | snímač tepelného toku |
| 50 | 67 | výstup elektrického teploměru |
| | 68 | výstup snímače tepelného toku |
| | q_1 | tepelný tok (příslušný nižší teplotě t_1) |
| | q_2 | tepelný tok (příslušný vyšší teplotě t_2) |
| | r | tepelný odpor (izolační vrstvy) |
| 55 | t_1 | nižší teplota (zdroj tepla nebo chladu) |
| | t_2 | vyšší teplota (zdroj tepla) |



Obr. 1



Obr. 2

Konec dokumentu