

## **Czujnik temperatury**

Przedmiotem wynalazku jest płaski czujnik temperatury określający promieniowy rozkład temperatury.

Znane ze stosowania są sposoby określania lokalnego współczynnika przejmowania ciepła, w szczególności przy wykorzystaniu grzanej cienkiej folii i kamery termowizyjnej, która umożliwia określenie zarówno rozkładu temperatury na określonej powierzchni, jak również rozkład współczynnika przejmowania ciepła. Jednak aparatura badawcza do stosowania tego znanego sposobu wiąże się z dużymi kosztami zakupu oraz z koniecznością stosowania skomplikowanego algorytmu obliczeniowego.

Znane ze stosowania są również sposoby na określenie promieniowego rozkładu temperatury poprzez umieszczenie czujników temperatury wzdłuż współrzędnej promieniowej  $r$  na powierzchni  $A$ , a następnie scałkowanie wyników pomiarów. Ten znany sposób wymaga jednak umieszczenia dużej liczby jak najmniejszych czujników temperatury blisko siebie wzdłuż współrzędnej promieniowej. Im większa jest liczba czujników, tym dokładniejsze odwzorowanie charakterystyki promieniowego rozkładu temperatury. Jednak zastosowanie dużej liczby czujników temperatury komplikuje i zwiększa koszty procesu akwizycji danych pomiarowych, a zastosowanie dużej liczby czujników, z których każdy ma określony błąd pomiaru temperatury, powoduje zaszumienie ostatecznej charakterystyki, ponieważ często zmiana temperatury na pewnej odległości promieniowej  $\Delta r$  jest mniejsza niż błąd pomiaru temperatury.

Znany ze stosowania jest także sposób umożliwiający określenie promieniowego rozkładu temperatury polegający na umieszczeniu jednego miniaturowego czujnika temperatury na powierzchni i poprzez przemieszczanie tego czujnika wzdłuż osi promieniowej i rejestracji rozkładu promieniowego. Ten znany sposób ma jednak ograniczone zastosowanie tylko do zjawisk ustalonych w czasie.

Z opisu patentowego US 8106741 B2 znany jest czujnik temperaturowy mający postać cienkiego drucika nawijanego na pręcik z materiału izolacyjnego.

W opisie patentowym US 4590669 A został ujawniony sposób wytwarzania czujnika temperaturowego poprzez integralne połączenie szeregowo dwóch rurowych osłon metalowych za pomocą zgrzewania ciśnieniowego.

Znane są również czujniki wykonane poprzez nanoszenie warstwy przewodzącej na izolacyjne podłoża, a następnie wycinane warstw albo formowane innymi sposobami ścieżek rezystancyjnych.

Z opisu patentowego US 4139833 A znany jest czujnik temperaturowy, który wytwarzany jest tak, że na polerowane podłoże ceramiczne zaopatrzone w warstwę izolacyjną z tlenku krzemu nakładana jest, na małym obszarze, cienka, mająca kształt spiralny lub serpentynowy, warstwa niklu. Następnie na warstwę niklu nakładana jest warstwa oporowa albo warstwa ochronna tlenku krzemu, służąca do ochrony przed zanieczyszczeniami zewnętrznymi.

W opisie patentowym US 4375056 A została ujawniona budowa cienkopowłokowego termometru oporowego, który jest wytwarzany tak, aby miał określony współczynnik odporności na temperaturę, minimalizując jednocześnie ilość metalu w filmie. Sposób wytwarzania tego znanego czujnika temperatury obejmuje wytwarzanie powłok z folii metalowej na podłożu izolacyjnym tak, że osadzana folia ma współczynnik objętościowy znacznie większy niż pożądaný współczynnik, przy czym folia jest osadzana na grubość, która daje pożądaný współczynnik.

Z opisu patentowego US 6437681 A znany jest czujnik temperatury, który zawiera substrat tlenku glinu i rezystor cienkowarstwowy o określonym

współczynnika rezystancji temperaturowej umieszczony nad podłożem. Ten znany czujnik temperatury zawiera ponadto warstwę rozprężającą z tlenku glinu pokrywającą rezystor cienkowarstwowy oraz warstwę pasywacyjną pokrywającą warstwę rozprężającą. Warstwa rozprężająca ma ponadto co najmniej jeden rowek utworzony przez usunięcie części warstwy rozprężającej z cienkowarstwowego rezystora. Rowek wypełniony jest materiałem warstwy pasywacyjnej.

W opisie patentowym US 6151771 A został ujawniony sposób wytwarzania rezystancyjnego czujnika temperatury na powierzchni, w której rezystywna cienka folia osadzana jest na górnej powierzchni podłoża o zasadniczo liniowym współczynniku rezystywności w określonym zakresie temperatur. Następnie folia rezystywna kształtowana jest na wiele rezystywnych pasków i wiele górnych zacisków w pobliżu dwóch przeciwległych krawędzi na górnej powierzchni podłoża za pomocą każdej rezystywnej taśmy połączonej pomiędzy dwoma górnymi zaciskami. Pod każdym z górnych zacisków, na dolnej powierzchni podłoża, utworzona jest dolna elektroda. W celu połączenia zacisku górnego z zaciskiem dolnym dwie krawędzie przewodzące umieszczone są na powierzchniach krawędziowych podłoża. Następnie formowane są dwie lutowane powierzchniowo elektrody z przewodzącą warstwą pokrywającą górny zacisk, krawędź przewodzącą płyty i dolny zacisk.

Znane są również czujniki przeznaczone do pomiarów temperatury z określonej powierzchni, jednak nie pozwalają one na jednoczesne uśrednianie promieniowego rozkładu temperatury.

Promieniowy rozkład temperatury na powierzchni A jest opisywany dowolną funkcją ciągłą  $T=f(r)$ , co pokazano na Pos. I. W celu określenia średniej temperatury  $T_{sr}$  na powierzchni A należy dokonać całkowania:  $T_{sr}=\int T(r)dr$ .

Celem wynalazku jest opracowanie czujnika temperatury pozwalającego na uśrednianie promieniowego rozkładu temperatury.

Czujnik temperatury zawierający materiał izolacyjny, z uformowaną na nim ścieżką rezystancyjną z materiału przewodzącego i zawierający przyłącze pomiarowe oraz przyłącze elektryczne, według wynalazku charakteryzuje się tym,

że ścieżka rezystancyjna jest ukształtowana koncentrycznie na materiale izolacyjnym.

Korzystnie ścieżka rezystancyjna ma kształt co najmniej dwóch łuków, przy czym te łuki są ze sobą połączone, a ponadto jest ułożona na materiale izolacyjnym osiowosymetrycznie albo ścieżka rezystancyjna ma kształt podwójnej helisy, zaś pierwsza helisa jest obrócona względem drugiej helisy o kąt  $180^\circ$  albo ścieżka rezystancyjna ma kształt pojedynczej helisy.

Dalsze korzyści uzyskiwane są, jeśli przyłącze pomiarowe oraz przyłącze elektryczne są na przeciwległych krawędziach materiału izolacyjnego albo przyłącze pomiarowe jest wyprowadzone ze środka materiału przewodzącego na przeciwległą stronę materiału izolacyjnego do jego krawędzi, zaś przyłącze elektryczne jest wyprowadzone z zewnętrznej części ścieżki rezystancyjnej na tą samą jego krawędź.

Kolejne korzyści uzyskiwane są, jeżeli materiałem izolacyjnym jest laminat, korzystnie szklano-epoksydowy, zaś materiałem przewodzącym jest miedź albo platyna, a ścieżki rezystancyjne są wykonane techniką trawienia materiału przewodzącego albo przez naniesienie materiału przewodzącego na materiał izolacyjny techniką fizycznego osadzania z fazy gazowej, a następnie poprzez nacinanie tej warstwy materiału przewodzącego albo jej grawerowanie laserowe, przy czym szerokość ścieżki rezystancyjnej jest co najwyżej 0,35 mm, a pomiędzy sąsiednimi odcinkami ścieżki rezystancyjnej jest przerwa izolacyjna o szerokości co najmniej 0,20 mm.

Płaski czujnik temperatury, będący przedmiotem wynalazku, pozwala na uśrednienie promieniowego rozkładu temperatury przez automatyczne scałkowanie promieniowego rozkładu temperatury i określenie temperatury średniej  $T_{sr}$  na badanej powierzchni. Proces uśredniania polega na wykorzystaniu bardzo wąskiej ścieżki rezystancyjnej ułożonej koncentrycznie w stosunku do punktowego źródła ciepła albo chłodu. Każda ścieżka reprezentuje

w uproszczeniu jeden niezależny czujnik temperatury o kształcie zbliżonym do okręgu, a każda przerwa pomiędzy ścieżkami reprezentuje odległość pomiędzy wyidealizowanymi czujnikami temperatury. Dodatkowo proces wytwarzania czujnika z laminatu miedziowego, w którym ścieżki wykonywane są techniką trawienia umożliwia uzyskanie szerokości ścieżki mniejszej niż 0,35 mm, zatem możliwa jest do uzyskania bardzo duża rozdzielczość uśrednianego promieniowego rozkładu temperatury. Czujnik temperatury będący przedmiotem wynalazku umożliwia pomiar rzeczywistej średniej temperatury na powierzchni, na której występują promieniowe rozkłady temperatury, takie jak punktowe mostki cieplne w budownictwie, grzanie punktowe palnikami, chłodzenie strumieniowe, procesy zgrzewania i spawania, lutowanie punktowe, punktowe urządzenia chłodnicze lub grzewcze.

Przedmiot wynalazku jest bliżej wyjaśniony w przykładzie wykonania na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia czujnik temperatury ze ścieżką rezystancyjną w kształcie pojedynczej helisy w widoku z góry, fig. 2 – czujnik temperatury ze ścieżką rezystancyjną w kształcie podwójnej helisy w widoku z góry, natomiast fig. 3 – czujnik temperatury ze ścieżką rezystancyjną w kształcie połączonych łuków ułożonych osiowoosymetrycznie w widoku z góry.

Czujnik temperatury w pierwszym przykładzie wykonania na fig. 1 wykonany jest z materiału izolacyjnego 1 stanowiącego laminat szklano-epoksydowy na którym techniką trawienia materiału przewodzącego 2, którym jest miedź, ukształtowana jest koncentrycznie ścieżka rezystancyjna 3 z tego materiału przewodzącego 2. Ścieżka rezystancyjna 3 ma szerokość 0,30 mm i kształt pojedynczej helisy. Ze środka materiału przewodzącego 2, na przeciwległą stronę materiału izolacyjnego 1 do jego krawędzi, wyprowadzone jest przyłącze pomiarowe 4. Na tą samą krawędź materiału izolacyjnego 1, bezpośrednio z zewnętrznej części ścieżki rezystancyjnej 3, wyprowadzone jest przyłącze elektryczne 5. Pomiędzy kolejnymi zwojami ścieżki rezystancyjnej 3 są przerwy izolacyjne 6 o szerokości 0,20 mm.

Czujnik temperatury jest czujnikiem rezystancyjnym (RTD), który działa na zasadzie zmiany rezystancji materiału przewodzącego wraz ze zmianą temperatury.

Czujnik temperatury w drugim przykładzie wykonania na fig. 2 wykonany jest z materiału izolacyjnego 1 stanowiącego laminat szklano-epoksydowy na którym, techniką trawienia materiału przewodzącego 2, którym jest platyna, ukształtowana jest koncentrycznie ścieżka rezystancyjna 3, o szerokości 0,35 mm i kształcie podwójnej helisy. Pierwsza helisa jest obrócona względem drugiej helisy o kąt 180°. Przyłącze pomiarowe 4 i przyłącze elektryczne 5 są wyprowadzone z końców obu helis i poprowadzone na najbliższe krawędzie materiału izolacyjnego 1. Przyłącze pomiarowe 4 umieszczone jest na krawędzi materiału izolacyjnego 1 naprzeciwległej do krawędzi tego materiału izolacyjnego 1, na której umieszczone jest przyłącze elektryczne 5. Pomiędzy sąsiednimi odcinkami ścieżki rezystancyjnej 3 jest przerwa izolacyjna 6 o szerokości 0,20 mm.

Czujnik temperatury w trzecim przykładzie wykonania na fig. 3 wykonany jest z materiału izolacyjnego 1 stanowiącego laminat szklano-epoksydowy na który naniesiono techniką fizycznego osadzania z fazy gazowej (PVD – physical vapour deposition) materiał przewodzący 2 stanowiący warstwę miedzi. Następnie poprzez nacinanie materiału przewodzącego 2 ukształtowana jest promieniowo ścieżka rezystancyjna 3, o szerokości 0,35 mm, mająca kształt łuków, które są ze sobą połączone, a naprzeciwległe pary łuków są ułożone osiowoosymetrycznie. Przyłącze pomiarowe 4 i przyłącze elektryczne 5 wyprowadzone są prostopadłe do ścieżki rezystancyjnej 3. Przyłącze pomiarowe 4 umieszczone jest na krawędzi materiału izolacyjnego 1 naprzeciwległej do krawędzi tego materiału izolacyjnego 1, na której umieszczone jest przyłącze elektryczne 5. Pomiędzy sąsiednimi odcinkami ścieżki rezystancyjnej 3 jest przerwa izolacyjna 6 o szerokości 0,25 mm.

Czujnik będący przedmiotem wynalazku ma zastosowanie w badaniach

laboratoryjnych, technicznych i przemysłowych w miejscach, gdzie występuje potrzeba pomiaru uśrednionej temperatury z powierzchni na której występują promieniowe rozkłady temperatury.

000001749  
POLITECHNIKA RZESZOWSKA  
im. Ignacego Łukasiewicza  
35-959 Rzeszów, Al. Powstańców Warszawy 12  
tel. 17 865-21-40, 17 865-16-89  
NIP 813-02-66-999

RZECZENIA PATENTOWE  
  
inż. Andrzej Piśniński