

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **226671**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **411217**

(51) Int.Cl.

G01N 27/00 (2006.01)

G01N 27/407 (2006.01)

(22) Data zgłoszenia: **09.02.2015**

(54)

MikroczuJNIK do gazów

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

16.08.2016 BUP 17/16

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

31.08.2017 WUP 08/17

(73) Uprawniony z patentu:

RYDOSZ ARTUR, Olszanica, PL
MARSZAŁEK KONSTANTY, Kraków, PL

(72) Twórca(y) wynalazku:

ARTUR RYDOSZ, Olszanica, PL
KONSTANTY MARSZAŁEK, Kraków, PL

(74) Pełnomocnik:

rzec. pat. Andrzej Stachowski

PL 226671 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest mikroczylnik do gazów, przeznaczony do stosowania w półprzewodnikowych rezystancyjnych czujnikach gazów, zawierający korpus ceramiczny uformowany w technologii niskotemperaturowej współwypalanej ceramiki (LTCC – *Low Temperature Cofired Ceramic*).

Rosnące potrzeby w zakresie monitorowania środowiska, bezpieczeństwa i diagnostyki medycznej coraz częściej wymagają pomiarów gazowych zanieczyszczeń i lotnych substancji szkodliwych na poziomie stężeń śladowych, rzędu ppt (*part per trillion*) czy ppb (*part per billion*), gdyż nawet w takich stężeniach mogą one zagrażać zdrowiu ludzi.

Stosowane obecnie czujniki zawierające gazoczułą warstwę sensorową (czujnikową) na bazie tlenków metali (m.in. WO_3 , SnO_2 , ZnO , CuO) osiągają maksimum czułości w temperaturze pracy rzędu 200–500°C, a niekiedy nawet 700°C. Dla prowadzenia pomiaru niezbędne jest więc ogrzanie warstwy sensorowej do takich temperatur. Realizowane jest to najczęściej poprzez umieszczenie elementu grzejnikowego w ceramicznym podłożu czujnika, zawierającym elektrody pomiarowe pokryte warstwą sensorową.

Z opisu zgłoszenia patentowego KR 20090060837 oraz US 2009/0148347 znany jest rezystancyjny mikroelement czujnikowy do gazów o nanokrystalicznej kompozytowo-tlenkowej warstwie sensorowej (czujnikowej).

Znany czujnik zawiera czworoboczne podłoże w formie cienkiej płytki, na środku której usytuowane są dwie wielopalczone elektrody pomiarowe, uformowane tak, iż ich palce wzajemnie wchodzą między siebie bezstykowo (z zachowaniem wzajemnego odstępu). Elektrody te pokryte są wspomnianą kompozytowo-tlenkową warstwą czujnikową.

Podłoże może być wykonane z ceramiki tlenkowej (np. MgO , Al_2O_3 , La_2O_3), półprzewodników krzemowych (Si lub SiO_2), bądź szkła i może mieć grubość od 0,1 do 1 mm. Nanokrystaliczna warstwa czujnikowa zawiera co najmniej dwa tlenki wybrane z grupy obejmującej perowskity (BaTiO_3 , domieszkowane M: BaTiO_3 , M: SrTiO_3 , M: BaSnO_3 , gdzie M – pierwiastek metaliczny), ZnO , CuO , NiO , SnO_2 , TiO_2 , CoO , In_2O_3 , WO_3 , MgO , CaO , La_2O_3 , Nd_2O_3 , Y_2O_3 , CeO_2 , PbO , ZnO_2 , Fe_2O_3 , Bi_2O_3 , V_2O_5 , Nb_2O_5 , Co_3O_4 , Al_2O_3 . Warstwa czujnikowa może mieć grubość od 1 nm do 100 nm, a niekiedy do 1000 nm.

Elektrody wielopalczone oraz ich pola kontaktowe mogą być wykonane z metali grupy obejmującej platynę, złoto, srebro, glin, nikiel, tytan, miedź i chrom i mogą mieć grubość od 10 nm do 1000 nm.

Z opisu patentowego JPS 63295954 znany jest rezystancyjny mikroczylnik gazów, nadający się do masowej produkcji, który zawiera czworoboczne podłoże w formie cienkiej ceramicznej płytki, przeciwelektrody, które pokryte są naniesioną cienką gazoczułą warstwą czujnikową oraz ma po drugiej stronie płytki grzałkę do podgrzewania warstwy czujnikowej.

Gdy podłoże jest podgrzane grzałką do temperatury 200–600°C, to w przypadku kiedy gaz otaczający element grzejnikowy zawiera szkodliwy czynnik, np. CO, to szkodliwy czynnik gazowy wchodzi w reakcję z czujnikową warstwą co zmienia wartość rezystancji mierzonej między elektrodami. Zmiana wartości rezystancji między elektrodami jest mierzona pomiędzy polami kontaktowymi czujnikowego elementu, osadzonymi na płytce podłoża i połączonymi galwanicznie z elektrodami kontaktowymi umieszczonymi na dolnej płytce mikroczylnika. W tym znanym rozwiązaniu, aby obniżyć ilość energii potrzebnej do podgrzania warstwy czujnikowej do temperatury pracy, centralna część płytki podłoża, na której usytuowane są elektrody pomiarowe, warstwa czujnikowa i grzałki, otoczona jest przez dwa otwory, oddzielające centralną część od pozostałej części podłoża. Wspomniane otwory mają kształt dwóch liter „C” usytuowanych naprzeciw siebie w lustrzanym odbiciu, dzięki czemu centralna część podłoża połączona jest z jego skrajną częścią jedynie przez dwa fragmenty podłoża stanowiące ceramiczne mostki termiczne o niewielkim przekroju poprzecznym.

Z chińskiego zgłoszenia patentowego CN 103675040 znany jest indukcyjny pasywny mikroczylnik gazów, wykonany w technologii niskotemperaturowej współwypalanej ceramiki (LTCC). Konstrukcja czujnika ma na celu ograniczenie zużycia energii potrzebnej do nagrzewania go podczas pracy, a ponadto umożliwienie bezstykowych pasywnych pomiarów przy badaniu jakości produktów spożywczych oraz leków.

Znany czujnik jest wytworzony poprzez kombinację technologii LTCC i technologii cienkowarstwowych. Zawiera on trzy warstwy, mianowicie platynową warstwę elektrodową do nagrzewania i pomiaru temperatury, naniesioną na dolną płytkę ceramiki LTCC, niskoprądową elektrycznie przewodzącą warstwę łączącą, naniesioną na środkową płytkę ceramiczną oraz elektrodę pomiarową zawie-

rającą płaską cewkę indukcyjną uformowaną jako meander, naniesioną na górną płytkę ceramiczną i pokrytą tlenkową warstwą sensorową. Wszystkie trzy płytki LTCC są ze sobą wypalone tworząc jednolity korpus czujnika w postaci płytki podłoża o czworobocznym zarysie.

Dla ograniczenia zużycia energii do podgrzewania czujnika podczas jego pracy, centralna część płytki korpusu, na której znajduje się elektroda pomiarowa pokryta tlenkową warstwą sensorową oraz elektroda nagrzewająca, otoczone są przez cztery otwory w kształcie kątowników, usytuowanych w narożach płytki. Dzięki temu środkowa część płytki czujnika jest połączona ze skrajną częścią płytki jedynie czterema fragmentami korpusu, stanowiącymi cztery ceramiczne mostki termiczne o niewielkim przekroju poprzecznym.

W przypadku czujników gazów o małych rozmiarach, przeznaczonych do współpracy z mikroelektronicznymi układami detekcji gazów, zwłaszcza przenośnymi, problem zmniejszenia ilości energii potrzebnej do utrzymywania czujnika w wymaganej temperaturze pracy oraz problem dyssypacji tej energii – stanowi duże wyzwanie technologiczne, z uwagi z jednej strony na konieczność zapewnienia na powierzchni podłoża czujnika w obrębie elektrod pomiarowych równomiernego rozkładu temperatury, z dokładnością poniżej 1°C, zaś z drugiej strony z uwagi na to, że ograniczenie dyssypacji energii cieplnej poprzez otoczenie centralnej części płytki mikroczujnika otworami z pozostawieniem cienkich ceramicznych mostków termicznych łączących skrajną część płytki z jej częścią centralną – stanowi realne zagrożenie uszkodzenia czujnika wskutek pęknięcia mostków po długim okresie pracy, co spowodowane jest przez zmieniające się naprężenia termiczne przy wielokrotnym włączaniu i wyłączeniu detektora gazów, a ponadto mechaniczne wstrząsy i udary mikroczujnika, których wyeliminowanie nie jest całkowicie możliwe w mobilnych urządzeniach detekcji gazów.

Celem wynalazku jest wyeliminowanie lub przynajmniej znaczne ograniczenie niedogodności znanych ze stanu techniki.

Zgodnie z wynalazkiem, mikroczujnik do gazów mający podłoża ceramiczne w formie płytki uformowanej w technologii LTCC, którego skierowana ku badanemu środowisku gazowemu powierzchnia podłoża ma w centralnej części dwie wielopalczaste pomiarowe elektrody pokryte sensorową warstwą, przy czym podłoża zawiera grzałkę elektrod pomiarowych, i który ma kontaktowe pola elektrod pomiarowych oraz kontaktowe pola grzałki połączone elektrycznie z przyporządkowanymi im kontaktowymi polami mikroczujnika, charakteryzuje się tym, że jego podłoża zawiera dwie ceramiczne płytki LTCC, nałożone na siebie i wypalone w jeden korpus o okrągłym obrysie, przy czym od strony skierowanej ku wykrywającym składnikom gazowym (umownie górnej strony mikroczujnika), na centralną część pierwszej (górnej) płytki podłoża są naniesione dwie wielopalczaste pomiarowe elektrody i sensorowa (czujnikowa) warstwa, a naprzeciw pomiarowych elektrod jest pomiędzy płytkami podłoża usytuowana grzewcza elektroda, podczas gdy pierwsze i drugie kontaktowe pola mikroczujnika, służące do połączenia go z układem urządzenia pomiarowego, są naniesione na drugą (dolną) płytkę podłoża od jej zewnętrznej strony (umownie dolnej strony mikroczujnika), przy czym korzystnie zewnętrzna strona drugiej płytki podłoża zawiera termiczny reflektor, usytuowany pomiędzy kontaktowymi polami mikroczujnika.

Ponadto, przynajmniej pierwsza płytkę, a korzystnie obie płytki, zawiera cztery symetrycznie usytuowane łukowe wybrania, skierowane od krawędzi ku środkowi tak, iż pozostała część przynajmniej pierwszej płytki, a korzystnie obu płytek, ma zarys czteroramiennej rozety, w dwóch ramionach której są od zewnętrznej strony pierwszej płytki usytuowane dwa kontaktowe pola elektrod pomiarowych, a w pozostałych dwóch ramionach są, pomiędzy pierwszą a drugą płytkę podłoża, usytuowane dwa kontaktowe pola elektrody grzewczej.

Korzystnie, łukowe wybrania w płytkach podłoża mają zarys zbliżony do krzywej dzwonowej.

Poza tym, kontaktowe pola elektrod pomiarowych, usytuowane na zewnętrznej stronie pierwszej płytki, oraz pierwsze kontaktowe pola mikroczujnika, usytuowane na zewnętrznej stronie drugiej płytki, połączone są pierwszymi elementami przewodzącymi prąd elektryczny, usytuowanymi w kanałach przechodzących przez obie płytki podłoża, zaś kontaktowe pola elektrody grzewczej, usytuowane pomiędzy płytkami podłoża oraz drugie kontaktowe pola mikroczujnika, usytuowane na zewnętrznej stronie drugiej płytki, połączone są drugimi elementami przewodzącymi prąd, usytuowanymi w kanałach przechodzących przez drugą płytkę podłoża.

Korzystnie, przewodzące prąd pierwsze i drugie elementy, łączące kontaktowe pola elektrod pomiarowych oraz kontaktowe pola elektrody grzewczej z przyporządkowanymi im pierwszymi i drugimi kontaktowymi polami mikroczujnika, mają postać pasty przewodzącej.

Okazało się w badaniach laboratoryjnych, że uformowanie w podłożu czterech symetrycznie rozmieszczonych łukowych wycięć, skierowanych ku jego centrum, umożliwia zachowanie wymaganej dla dokładności pomiarów równomierności rozkładu temperatury na powierzchni pokrytej pomiarowymi elektrodami, a przy tym użycie reflektora pozwala ujednorodnić ją nawet do $0,1^{\circ}\text{C}$ w zakresie temperatur pracy mikroczujnika. Ponadto zaś, przy optymalnym doborze kształtu linii wyznaczającej krawędzie wycięć w płytkach podłoża, ilość energii elektrycznej potrzebnej na podgrzanie elektrod i warstwy czujnikowej do wyznaczonej temperatury pracy, jest od kilku do kilkunastu procent mniejsza niż wynikałoby to tylko ze zmniejszenia się masy mikroczujnika spowodowanej przez zastosowanie wspomnianych wycięć.

Zrozumiałym przy tym będzie dla znawcy to, iż sposób optymalizacji kształtu łukowych wycięć w płytkach podłoża stanowi już zupełnie inne zagadnienie techniczne, wykraczające w całości poza przedmiotowy zakres niniejszego rozwiązania.

Wynalazek w pełni realizuje postawione przed nim zagadnienie techniczne ograniczenia ilości energii potrzebnej dla utrzymywania temperatury pracy czujnika, a przy tym dzięki zwartej budowie i wyeliminowaniu ceramicznych mostków termicznych łączących centralną część korpusu z jego częścią brzegową, mikroczujnik według wynalazku jest w pełni odporny zarówno na zmienne naprężenia termiczne powstające przy nagrzewaniu i stygnięciu czujnika, jak i wstrząsy mechaniczne wynikające z warunków pracy analizatora gazów, w którym jest zamontowany.

Przedmiot wynalazku w dwóch przykładach realizacji pokazano na załączonym rysunku, na którym: fig. 1 przedstawia czujnik w pierwszym przykładzie w widoku z góry, fig. 2 – przekrój łamany A-A na fig. 1, fig. 3 – pierwszą płytkę podłoża według pierwszego przykładu w widoku z góry, fig. 4 – pierwszą płytkę podłoża według pierwszego przykładu w widoku z dołu, fig. 5 – drugą płytkę podłoża według pierwszego przykładu w widoku z dołu, fig. 6 – czujnik w drugim przykładzie w widoku z góry, fig. 7 – schemat budowy wewnętrznej struktury elementów warstwowych mikroczujnika.

W prezentowanych poniżej przykładach, mikroczujnik do gazów ma podłoże uformowane w technologii LTCC z dwóch ceramicznych płytek – pierwszej 1, która podczas pracy czujnika jest skierowana ku badanemu środowisku gazowemu (co na rysunku pokazano jako płytkę znajdującą się umownie u góry) oraz drugiej płytki 2, która podczas pracy czujnika jest skierowana ku elementom układu elektronicznego detektora, w którym zamontowany jest czujnik według wynalazku (co na rysunku pokazano jako płytkę znajdującą się umownie u dołu).

W centralnej części podłoża czujnika, na umownie górnej powierzchni pierwszej płytki 1 są usytuowane dwie wielopalczaste pomiarowe elektrody 3 i 4, których palce są zazębione ze sobą bezkontaktowo. Na elektrody 3 i 4, a przynajmniej na ich zazębione ze sobą palce, naniesiona jest znana warstwa czujnikowa (sensorowa), którą dla lepszego zobrazowania wynalazku przedstawiono na rysunku jako transparentną warstwę 5.

Ponadto, na umownie dolnej powierzchni pierwszej płytki podłoża 1, jest pod elektrodami 3 i 4 usytuowana grzałka 6 w postaci przewodzącej prąd warstwy.

Pierwsza płytkę 1 z naniesionymi na jej obie powierzchnie elektrodami 3 i 4 oraz grzałką 6, jest wypalona z drugą płytką 2, tworząc wspólnie monolityczny ceramiczny korpus mikroczujnika, przy czym umownie dolna powierzchnia drugiej płytki 2 zawiera cztery kontaktowe pola mikroczujnika 7a i 7b. Dwa pierwsze kontaktowe pola mikroczujnika 7a – są przeznaczone do połączenia z elektrodami 3 i 4, a dwa drugie kontaktowe pola mikroczujnika – 7b do połączenia z grzałką 6.

Poza tym, w prezentowanych tu korzystnych przykładach realizacji wynalazku, w centralnej części dolnej powierzchni drugiej płytki 2 jest usytuowany termiczny reflektor 8 o gabarytach zbliżonych do gabarytów środkowej części grzałki 6, który podczas pracy mikroczujnika wspomaga ujednoczenie rozkładu temperatury na górnej powierzchni podłoża w obrębie elektrod 3 i 4, oraz blokuje przepływ strumienia ciepłego od grzałki 6 w kierunku dolnej powierzchni korpusu podłoża.

W pierwszym przykładzie wykonania mikroczujnika, pierwsza płytkę 1 ma obrys koła. Płytkę ta zawiera cztery symetrycznie usytuowane łukowe wybrania 9, na przykład o kształcie fragmentu: krzywej dzwonowej, skierowane od krawędzi ku środkowi płytki 1 tak, iż pozostała część płytki 1 ma postać czteroramiennej rozety, w dwóch ramionach której są od zewnętrznej (górnej) strony płytki 1 usytuowane dwa kontaktowe pola 10 elektrod 3 i 4, a w pozostałych dwóch ramionach są pomiędzy pierwszą 1 i drugą płytką 2 podłoża usytuowane dwa kontaktowe pola 11 grzałki 6.

Natomiast druga płytkę 2 ma w tym przykładzie wykonania mikroczujnika postać pełnego koła.

Z kolei w drugim przykładzie wykonania mikroczujnika według wynalazku, zarówno pierwsza 1 jak i druga płytkę 2 mają postać czteroramiennej rozety, tak jak to opisano powyżej przy prezentacji

pierwszego przykładu, a pozostałe elementy mikroczujnika są uformowane i skonfigurowane jak w pierwszym przykładzie.

W obu prezentowanych przykładach, pierwsze kontaktowe pola mikroczujnika 7a i kontaktowe pola 10 elektrod 3 i 4, są połączone pierwszymi przewodzącymi prąd pierwszymi elementami 12 uformowanymi z pasty elektroprzewodzącej umieszczonej w kanałach przechodzących przez obie płytki 1 i 2. Natomiast drugie kontaktowe pola mikroczujnika 7b i kontaktowe pola 11 grzałki 6, są połączone drugimi przewodzącymi prąd elementami 13, uformowanymi z pasty elektroprzewodzącej umieszczonej w kanałach przechodzących przez drugą płytkę 2.

Zrozumiałym dla znawcy jest, iż bez wpływu na istotę rozwiązania, w innych nie pokazanych tu szczegółowej przykładach wykonania mikroczujnika, grzałka 6 może być naniesiona na górną powierzchnię drugiej płytki 2 podłoża, przed jej wspólnym wypaleniem z pierwszą płytką 1, która w tym przypadku zawierać będzie tylko pomiarowe elektrody 3, 4 i ich kontaktowe pola 10.

Ponadto zrozumiałym jest, że z pierwszymi i drugimi kontaktowymi polami mikroczujnika 7a i 7b mogą być mechanicznie i elektrycznie połączone znane elektrody, ułatwiające przyłączenie mikroczujnika do znormalizowanej obudowy stosowanej dla układów scalonych albo wprost do ścieżek układu elektronicznego detektora gazów, przy czym dla lepszej czytelności rysunku elektrod takich nie pokazano, gdyż pozostaje to bez wpływu na istotę rozwiązania.

Dodatkowo dla lepszego przybliżenia i zilustrowania zasady według której zbudowana jest wewnętrzna struktura mikroczujnika, a zwłaszcza jego elektrody 3 i 4, grzałka 6 oraz pierwsze i drugie kontaktowe pola mikroczujnika 7a i 7b – na fig. 7 rysunku przedstawiono w schematyczny sposób wspomniane elementy na tle schematycznych okrągłych obrysów płytek 1 i 2 podłoża, zobrazowanych na fig. 7 jako elementy (obiekty) przezroczyste.

Oczywistym jest przy tym dla znawcy, że dla zrozumienia zasady według której skonfigurowane są względem siebie elektrody 3 i 4, grzałka 6 oraz pierwsze i drugie kontaktowe pola mikroczujnika 7a i 7b, zupełnie zbędne jest zaznaczanie na fig. 7 łukowych wycięć 9 w płytkach 1 i 2, czy termicznego reflektora 8, gdyż nadmiar szczegółów zaciemniłby tylko rozumienie zasady, według której zbudowana jest wewnętrzna struktura mikroczujnika.

Poza tym zrozumiałym i oczywistym jest również i to, iż na fig. 2 rysunku dla lepszego zilustrowania warstw tworzących elektrody 3 i 4, grzałkę 6, pierwsze i drugie kontaktowe pola mikroczujnika 7a i 7b oraz reflektor 8 – grubości tych elementów zmieniono nieproporcjonalnie w stosunku do relacji wymiarowych występujących między nimi w praktyce, a także w stosunku do przedstawionej na rysunku grubości ceramicznych płytek 1 i 2 tworzących korpus podłoża mikroczujnika.

Zastrzeżenia patentowe

1. Mikroczujnik do gazów, mający ceramiczne podłoże w formie płytki uformowanej w technologii LTCC, którego skierowana ku badanemu gazowemu środowisku powierzchnia podłoża ma w centralnej części dwie wielopalczaste elektrody pokryte sensorową warstwą, przy czym podłoże zawiera grzałkę pomiarowych elektrod, i który ma kontaktowe pola pomiarowych elektrod oraz kontaktowe pola grzałki połączone elektrycznie z przyporządkowanymi im kontaktowymi polami mikroczujnika, **znamienny tym**, że jego podłoże zawiera dwie ceramiczne płytki LTCC (1) i (2), nałożone na siebie i wypalone w jeden korpus o okrągłym obrysie, przy czym od strony skierowanej ku wykrywanym składnikom gazowym, na centralną część pierwszej płytki (1) są naniesione dwie wielopalczaste pomiarowe elektrody (3), (4) i sensorowa warstwa (5), a naprzeciw pomiarowych elektrod (3), (4) jest pomiędzy płytkami (1) i (2) podłoża usytuowana grzewcza elektroda (6), podczas gdy pierwsze (7a) i drugie (7b) kontaktowe pola mikroczujnika są naniesione na drugą płytkę (2) od jej zewnętrznej strony, przy czym korzystnie zewnętrzna strona drugiej płytki (2) zawiera termiczny reflektor (8), usytuowany między pierwszymi i drugimi kontaktowymi polami mikroczujnika (7a), (7b), oraz że przynajmniej pierwsza płytka (1), a korzystnie obie płytki (1), (2), zawiera cztery symetrycznie usytuowane łukowe wybrania (9), skierowane od krawędzi ku środkowi tak, iż pozostała część przynajmniej pierwszej płytki (1), a korzystnie obu płytek (1), (2), ma zarys czteroramiennej rozety, w dwóch ramionach której są od zewnętrznej strony pierwszej płytki (1) usytuowane dwa kontaktowe pola (10) pomiarowych elektrod (3), (4), a w pozostałych

- dwóch ramionach są pomiędzy pierwszą (1) a drugą (2) płytką usytuowane dwa kontaktowe pola (11) grzewczej elektrody (6).
2. MikroczuJNIK do gazów według zastrz. 1, **znamienny tym**, że kontaktowe pola (10) pomiarowych elektrod (3), (4) oraz pierwsze kontaktowe pola mikroczujnika (7a) są połączone przewodzącymi prąd elektryczny pierwszymi elementami (12), usytuowanymi w kanałach przechodzących przed obie płytki (1), (2) podłoża.
 3. MikroczuJNIK do gazów według zastrz. 1, **znamienny tym**, że kontaktowe pola (11) grzewczej elektrody (6) oraz drugie kontaktowe pola mikroczujnika (7b) są połączone przewodzącymi prąd elektryczny drugimi elementami (13), usytuowanymi w kanałach przechodzących przez drugą płytkę (2) podłoża.
 4. MikroczuJNIK do gazów według zastrz. 1 albo 2 albo 3, **znamienny tym**, że przewodzące prąd pierwsze (12) i drugie (13) elementy mają postać pasty elektroprowadzącej.
 5. MikroczuJNIK do gazów według zastrz. 1, **znamienny tym**, że łukowe wybrania (9) w płytkach (1), (2) podłoża mają zarys zbliżony do krzywej dzwonowej.

Rysunki

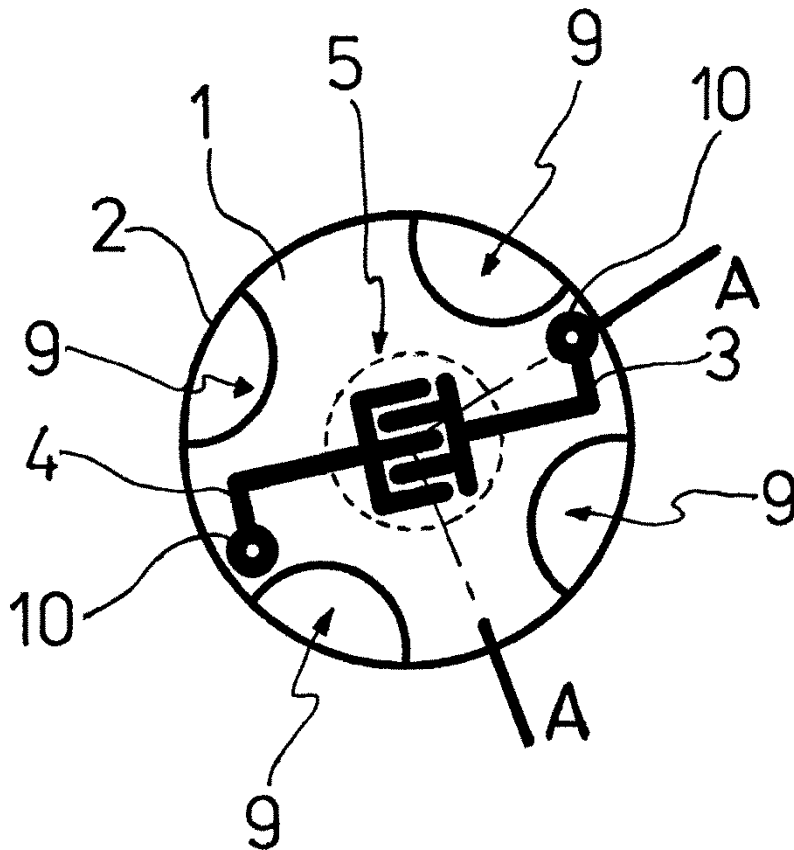


Fig.1

