

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY**

(19) **PL** (11) **238642**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **421333**

(22) Data zgłoszenia: **19.04.2017**

(51) Int.Cl.

G01N 21/01 (2006.01)

G01N 15/06 (2006.01)

G01N 1/22 (2006.01)

B64C 39/02 (2006.01)

(54)

Urządzenie pomiarowe stężenia gazów i pyłów niskiej emisji

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

23.10.2017 BUP 22/17

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

20.09.2021 WUP 25/21

(73) Uprawniony z patentu:

**GŁÓWNY INSTYTUT GÓRNICTWA,
Katowice, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**ADAM SZADE, Katowice, PL
MARCIN FISIOR, Świerklaniec, PL
TADEUSZ SMOŁA, Katowice, PL
ADAM RAMOWSKI, Bytom, PL
ZBIGNIEW MOTYKA, Katowice, PL
MARCIN SŁOTA, Mysłowice, PL
KRYSTIAN KADLEWICZ, Katowice, PL
MARCIN GŁODNIOK, Wielka Skotnica, PL
ADAM HAMERLA, Ruda Śląska, PL**

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Magdalena Filipek-Marzec

PL 238642 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest urządzenie pomiarowe do pomiaru w szczególności CO, CO₂ i frakcji pyłowych pochodzących ze źródeł niskiej emisji, stosowany zwłaszcza do bezzałogowych platform latających urządzeń typu dron.

Obecnie istnieje znaczna potrzeba taniego regularnego określania zmiennych parametrów fizyko-chemicznych niskiej emisji z budynków jednorodzinnych a także niewielkich lokalnych kotłowni i zakładów produkcyjnych. Kluczowe znaczenia odgrywają tu możliwość określenia zawartości CO, CO₂ i frakcji pyłowych w bezpośrednim sąsiedztwie źródeł niskiej emisji. Parametry takie wyznaczone są z wykorzystaniem ręcznych bądź stacjonarnych mierników gazów i zapylenia. Pozwalają one jednak na wyznaczenie średnich zawartości tych substancji w środowisku, bez praktycznej możliwości wskazania konkretnych źródeł. Znane są już obecnie rozwiązania wykorzystujące ruchome platformy powietrzne w postaci dronów, pozwalające na bezpośrednie określanie parametrów fizyko-chemicznych niskiej emisji bezpośrednio w sąsiedztwie źródeł tj. poszczególnych kominów. Wykorzystywane są na nich oddzielne mierniki do pomiaru CO, zapylenia i CO₂.

Znane są rozwiązania wykorzystujące drony dla przenoszenia platform pozwalających na bezpośredni pomiar gazów niskiej emisji bezpośrednio w sąsiedztwie źródeł – poszczególnych kominów – czy innych zagrożeń chemicznych [Monitoring of CCS Areas using Micro Unmanned Aerial Vehicles (MUAVs), P. P. Neumann, S. Asadib, V. Hernandez Bennettsb, A. J. Lilienthalb, and M. Bartholmaia, Energy Procedia 37 (2013) 4182 – 4190, Micro-Drone for Gas Measurement in Hazardous Scenarios via Remote Sensing, M. Bartholmai, P. Neumann, Measurement and Testing Technology; Selected Topics in Power Systems and Remote Sensing, 149–152, 10th WSEAS/IASME International Conference on Electric Power Systems, High Voltages, Electric Machines (Power '10), 6th WSEAS International Conference on Remote Sensing (Remote '10), published by WSEAS Press, Japan October 4–6, 2010]. Wykorzystywane są na nich oddzielne mierniki – katalityczne, elektrochemiczne (EC), tlenkowe (MOX) do pomiaru CO, CO₂, H₂S, NH₃, SO₂, PH₃, HCN, NO₂, Cl₂. Rozpatrywano również możliwość zastosowania komercyjnego, optoelektronicznego miernika IR gazów jak Dräger X-am 5600. Wymaga to jednak montowania na platformie pomiarowej oddzielnych, komercyjnych mierników, co może być ograniczone koniecznością stosowania ciężkich, kosztownych platform latających lub koniecznością prowadzenia wielokrotnych nalotów pomiarowych z wymiennymi miernikami.

Znane są również optoelektroniczne systemy pomiarowe gazów zastosowania interferometrii Fabry-Perot ujawnione w Optoelektroniczny system pomiarowy i sposób pomiaru stężenia gazów w różnych środowiskach, Z. Opilski, E. Maciak, M. Urbańczyk, T. Pustelny. Znany jest z P.390330 optoelektroniczny system pomiarowy stężenia gazów w różnych środowiskach charakteryzujący się tym, że na przezroczystym podłożu dla badanego spektrum optycznego, naniesionych jest co najmniej kilka, korzystnie kilkanaście planarnych wielowarstwowych nanostruktur interferometru Fabry-Perot, przy czym każda z nanostruktur zbudowana jest z dielektrycznego lub metalicznego zwierciadła półprzepuszczalnego oraz chemichromicznej wnęki rezonansowej, a materiał i grubość nanostruktur jest tak dobrany by każda z naniesionych nanostruktur oddziaływała korzystnie z innym określonym analitytem gazowym spośród mieszaniny gazów, przy tym tak otrzymany układ nanostruktur wraz z przezroczystym podłożem tworzy wielokanałową głowicę czujnikową. Sposób pomiaru stężenia gazów w różnych środowiskach polega na tym, że optoelektroniczny system pomiarowy umieszcza się w otoczeniu gazów, a każda z wielowarstwowych interferencyjnych nanostruktur sensorowych po zabsorbowaniu odpowiadającemu mu analitu gazowego zmienia swoją charakterystyczną barwę interferencyjną, wskutek zmian parametrów optycznych w postaci zmiany warunków interferencji światła dla danej lub każdej z wielowarstwowych nanostruktur, przy czym dla każdej z nanostruktur rejestruje się zmianę barwę interferencyjnej za pomocą korzystnie czujnika koloru współrzędnych barwowych RGB, a miarą stężenia mierzonego analitu gazowego w mieszaninie gazowej jest zmiana współrzędnej lub współrzędnych barwowych dla danej interferencyjnej nanostruktur sensorowej.

Znane są także pyłomierze, w których analiza ilościowa (natężenie światła) obrazu dyfrakcyjnego w wybranych kątach pozwala na analizę rozkładu granulometrycznego pyłów znajdujących się w badanym ośrodku [Zastosowanie liniowej matrycy CCD TSL218 w Laserowym Analizatorze Uziarnienia LAU-14, Pawluk T., Paprotny W., Adamczyk Z., COE'2004, Wrocław 2004, 287–292].

Znane rozwiązania nie łączą pomiaru gazów z pomiarem pyłów lotnych w jednym urządzeniu pomiarowym, zapewniającym monitoring w tym samym czasie i miejscu pomiarowym np. w strudze pyłów i gazów wydobywających się z emitora np. komina.

Celem wynalazku jest opracowanie urządzenia do pomiarów przy użyciu drona jako mobilnego nośnika platformy pomiarowej zawartości frakcji pyłowych PM10 PM2,5 oraz CO, CO2 w bezpośrednim sąsiedztwie źródeł niskiej emisji. Taki sposób zapewnia jednoczesny pomiar „in situ” podstawowych parametrów niskiej emisji uzupełniony o obraz z kamery i dane telemetryczne GPS, a także możliwość prowadzenia inwentaryzacji sumarycznych zanieczyszczeń pochodzących z niskiej emisji i komunikacji na terenie miast i gmin.

Obecnie parametry takie wyznaczane są z wykorzystaniem mobilnych bądź stacjonarnych mierników gazów i zapylenia. Pozwalają one jednak na wyznaczenie średnich zawartości tych substancji w środowisku, bez praktycznej możliwości wskazania konkretnych źródeł. Urządzenia te składają się z oddzielnego miernika CO, oddzielnego miernika CO2, układu telemetrycznego z GPS, układu do fotogrametrii i układu rejestratora i/lub transmisji danych.

Urządzenie pomiarowe posiadające miernik stężenia gazów charakteryzuje się tym, że posiada komorę optycznego miernika gazów CO i CO2 połączoną rozłącznie, korzystnie mechanicznie z komorą pyłomierza, korzystnie śrubami, wentylator, pompkę i filtr przeciwpylowy połączone z komorą pyłomierza, osadzone wewnątrz stelaża, korzystnie poprzez skręcenie śrubami korpusu pyłomierza ze stelażem, na którym osadzony jest nadajnik pyłomierza, analizator składu ziarnowego pyłomierza, nadajnik promieniowania IR, detektor i detektor miernika stężenia gazów, układ elektroniczny zasilania oraz mikroprocesorowy układ sterowania. Korzystnie komora optycznego miernika gazów CO i CO2 ma kształt litery L. Korzystnie posiada jeden nadajnik promieniowania oraz dwie drogi optyczne pomiaru, krótszą dla pomiaru stężenia CO2 i dłuższą dla CO, uzyskaną za pomocą zwierciadeł. Korzystnie detektor i detektor miernika stężenia gazów posiadają wspólny detektor referencyjny, znajdujący się w obudowie detektora.

W rozwiązaniu, jak na schemacie 1 na fig. 1 wykorzystuje się sposób połączenia w zintegrowanym bloku pomiarowym optoelektronicznego miernika IR CO i CO2, wyposażonego we wspólną komorę pomiarową, z niezależną komorą pomiarową laserowego pyłomierza. Taki hybrydowy miernik CO, CO2 i zapylenia minimalizuje ilość części optycznych, mechanicznych i elektronicznych, co prowadzi do radykalnego zmniejszenia jego wagi, stając się przydatnym dla stosunkowo lekkich platform latających o relatywnie niewielkim udźwigu. Połączenie i rozkład przestrzenny elementów oraz sposób ich wytworzenia stanowią o elemencie nowości.

Przedmiot wynalazku został uwidoczniony na fig. 1, która przedstawia układ części pomiarowej tego nowego hybrydowego rozwiązania urządzenia do określania parametrów fizyko-chemicznych powietrza atmosferycznego, fig. 2 i 3 urządzenie w widoku ogólnym.

Urządzenie w przykładowym wykonaniu z tego rysunku składa się ze zintegrowanego hybrydowego miernika IR gazów spalinowych CO, CO2 i laserowego pyłomierza, układu pozycjonowania GPS, układu kamery i układu sterowania i rejestracji i/lub transmisji danych.

Urządzenie w przykładowym wykonaniu działa w ten sposób, że umieszczane jest na platformie latającej, a przed uruchomieniem tej platformy i zdalnym jej wprowadzeniem w obszar powietrzny nad badanym terenem jest ono włączane. Uruchamiają się wtedy wszystkie systemy pomiarowe, analizujące i rejestrujące urządzenia: zintegrowanego hybrydowego detektora CO, CO2 i pyłomierza, układu GPS, układu kamery i układu rejestratora i/lub transmisji danych.

W szczególności istotnymi elementami hybrydowego miernika zawartości CO, CO2 i frakcji pyłowych z niskiej emisji są, według wynalazku, jak na fig. 2: komora pyłomierza 1, do której wentylator 2 zaciąga próbkę ze środowiska z wiązką laserową 3 uformowaną za pomocą nadajnika 4 (diody laserowej z układem optycznym), a sygnał pomiarowy jest analizowany za pomocą analizatora składu ziarnowego 5 – detektor liniowy z układem optycznym. Z komorą pyłomierza 1 zintegrowana jest komora optycznego miernika gazów CO i CO2 6, do której w tym samym czasie jest zaciągana za pomocą pompki 7 i filtru przeciwpylowego 8 próbka gazu ze środowiska. Komora optycznego miernika gazów CO i CO2 6 ta ma kształt litery L oraz posiada jeden nadajnik promieniowania 9 w postaci diody LED w paśmie IR z optyką kolimacyjną szerokopasmowego w zakresie średniej podczerwieni, a także dwie drogi optyczne: krótszą 10 dla pomiaru stężenia CO2 oraz dłuższą 11, uzyskaną za pomocą zwierciadeł 12 i 13 dla pomiaru stężenia CO. Analizę stężenia gazów prowadzi się za pomocą detektora 14 i detektora miernika stężenia gazów 15 wyposażonych w wąkopasmowe filtry optyczne dla długości fal odpowiadających za detekcję CO2 i CO. Detektory 13 i 14 posiadają wspólny detektor referencyjny 16 wyposażony w trzeci filtr optyczny dla niezależnej od pomiarowych długości fali i znajdujący się w obudowie detektora 14. Poszczególne elementy w urządzeniu są ze sobą łączone mechanicznie za pomocą śrub.

Detektory gazów posiadają wspólny układ elektroniczny 17, zasilania chłodzenia detektorów i analizy sygnału. Urządzenie sterowane jest za pomocą oprogramowanego mikroprocesorowego układu 18. Komora pyłomierza 1, nadajnik 4, analizator składu ziarnowego 5, komora pomiarowa gazów 6 z pompką 7 i filtrem przeciwpylowym 8, nadajnik promieniowania 9, detektor 14 i detektor miernika stężenia gazów 15, układ elektroniczny zasilania 17 oraz mikroprocesorowy układ sterowania 18 są ze sobą połączone mechanicznie śrubami i znajdują się na wspólnym stelażu 19, jak na fig. 2 i 3 – w części nad komorą pyłomierza (1), pod komorą pyłomierza (1) oraz na bocznych ścianach komory pyłomierza (1). Na korpusie komory pyłomierza 1 mocowana jest śrubami komora pomiarowa gazów 6. Wszystkie elementy urządzenia mocowane są mechanicznie za pomocą śrub wewnątrz stelaża 19, na którym zamocowane są trwale nadajnik promieniowania 9, detektor 14 i detektor miernika stężenia gazów 15, a dodatkowo na śrubach dystansowych układ elektroniczny zasilania 17 oraz mikroprocesorowy układ sterowania 18. Korpus stelaża 19 pełni również funkcję radiatora dla nadajnika promieniowania 9 oraz detektora 14 i detektora miernika stężenia gazów 15. Nadajnik 4, analizator składu ziarnowego 5 komory pyłomierza 1 mocowane są poprzez stelaż 19 z korpusem komory pyłomierza 1 za pomocą śrub dystansowych, jak na fig. 3.

Korzystnymi skutkami wynalazku są zminiaturyzowane układy pomiarowe umożliwiające jednoczesny pomiar w czasie rzeczywistym, stężenia i uziarnienia pyłu oraz stężenia dwóch gazów (CO i CO₂), dla próbek pobranych z tego samego miejsca.

W przykładzie wykonania układu hybrydowego miernika zawartości CO, CO₂ i frakcji pyłowych z niskiej emisji działa on w ten sposób, że dron z platformą pomiarową kierowany jest w miejsce pomiaru np. nad emitor spalin, przykładowo komin niskiej zabudowy, a próbki ze środowiska wprowadzane są, jak na fig. 3 do komory pyłomierza 1 za pomocą wentylatora 2, a do komory optycznego miernika gazów za pomocą pompki 7 i filtru przeciwpylowego 8. Próbką ze środowiska w komorze pyłomierza 1 przechodzi przez wiązkę laserową 3 uformowaną za pomocą nadajnika 4 diody laserowej z układem optycznym, a sygnał pomiarowy jest analizowany za pomocą analizatora składu ziarnowego 5 detektor liniowy z układem optycznym. Proces ten jest sterowany i rejestrowany za pomocą oprogramowanego mikroprocesorowego układu 18. Z obudową komory pyłomierza 1 zintegrowana jest komora optycznego miernika gazów (CO, CO₂) 6, do której w tym samym czasie jest zaciągana za pomocą pompki 7 i filtru przeciwpylowego 8 próbka gazu ze środowiska. Komora ta ma kształt litery L, posiada jeden nadajnik 9 promieniowania w postaci diody LED w paśmie IR z optyką kolimacyjną szerokopasmowego w zakresie średniej podczerwieni oraz dwie drogi optyczne: krótszą 10 dla pomiaru stężenia CO₂ między nadajnikiem 9 a detektorem 14 i detektorem referencyjnym 16 oraz dłuższą 11, uzyskaną za pomocą zwierciadeł 12 i 13 między nadajnikiem 9 a detektorem miernika stężenia gazów 15, po odbiciach od zwierciadeł 12 i 13. Analizę stężenia gazów prowadzi się za pomocą detektora 14 i detektora miernika stężenia gazów 15 wyposażonych w wąskopasmowe filtry optyczne dla długości fal odpowiadających za detekcję CO₂ i CO. Detektory 14 i 15 posiadają wspólny detektor referencyjny 16 wyposażony w trzeci filtr optyczny dla niezależnej od pomiarowych długości fali, znajdujący się w obudowie detektora 14.

Nadajniki promieniowania 4 i 9, analizator składu ziarnowego 5 oraz detektor 14 i detektor miernika stężenia gazów 15 posiadają wspólny układ elektroniczny 17 zasilania, chłodzenia i analizy sygnału. Pyłomierz i miernik gazów i ich układ elektroniczny 17 są sterowane za pomocą oprogramowanego mikroprocesorowego układu 18, realizującego jednocześnie zapis i transmisję wartości pomiarowych w powiązaniu z systemem autopozycjonowania zintegrowanym z GPS i układem telemetry drona 20 i obrazem z kamery 21, jak na fig. 1.

Zastrzeżenia patentowe

1. Urządzenie pomiarowe posiadające miernik stężenia gazów, **znamiennie tym**, że posiada komorę optycznego miernika gazów CO i CO₂ (6) połączoną rozłącznie, korzystnie mechanicznie z komorą pyłomierza (1), korzystnie śrubami, wentylator (2), pompkę (7) i filtr przeciwpylowy (8) połączone z komorą pyłomierza (1), osadzone wewnątrz stelaża (19), korzystnie poprzez skręcenie śrubami korpusu pyłomierza (1) ze stelażem (19), na którym osadzony jest nadajnik (4) pyłomierza (1), analizator składu ziarnowego (5) pyłomierza (1), nadajnik promieniowania IR (9), detektor (14) i detektor miernika stężenia gazów (15), układ elektroniczny zasilania (17) oraz mikroprocesorowy układ sterowania (18).

2. Urządzenie wg zastrz. 1, **znamiennie tym**, że komora optycznego miernika gazów CO i CO₂ (6) ma kształt litery L.
3. Urządzenie wg zastrz. 1 lub 2, **znamiennie tym**, że posiada jeden nadajnik promieniowania (9) oraz dwie drogi optyczne pomiaru, krótszą (10) dla pomiaru stężenia CO₂ i dłuższą dla CO (11), uzyskaną za pomocą zwierciadeł (12) i (13).
4. Urządzenie wg zastrz. 1, 2 lub 3, **znamiennie tym**, że detektor (14) i detektor miernika stężenia gazów (15) posiadają wspólny detektor referencyjny (16), znajdujący się w obudowie detektora (14).

Rysunki

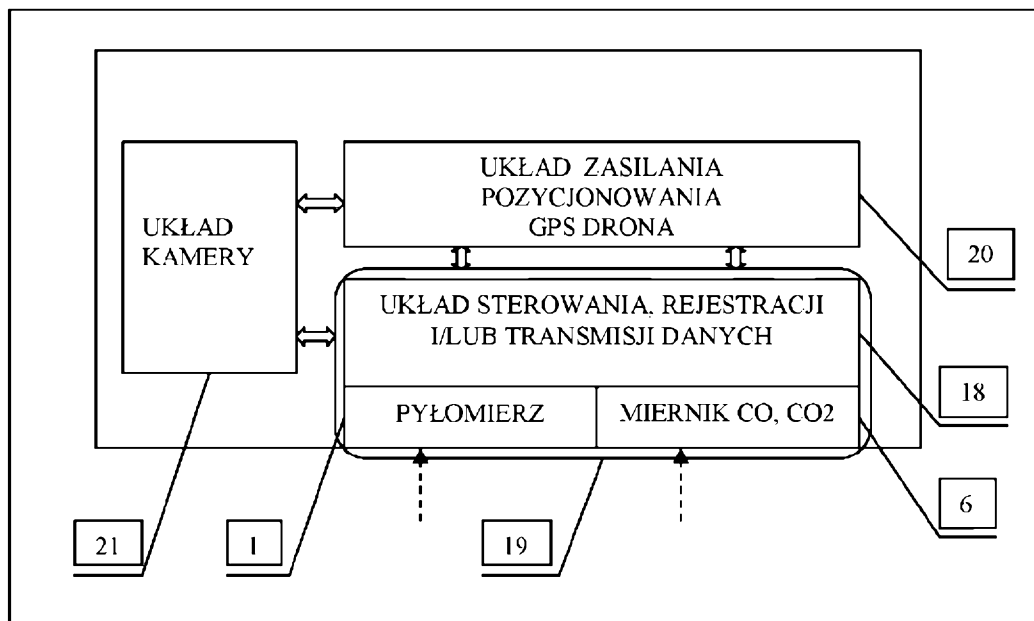


Fig. 1

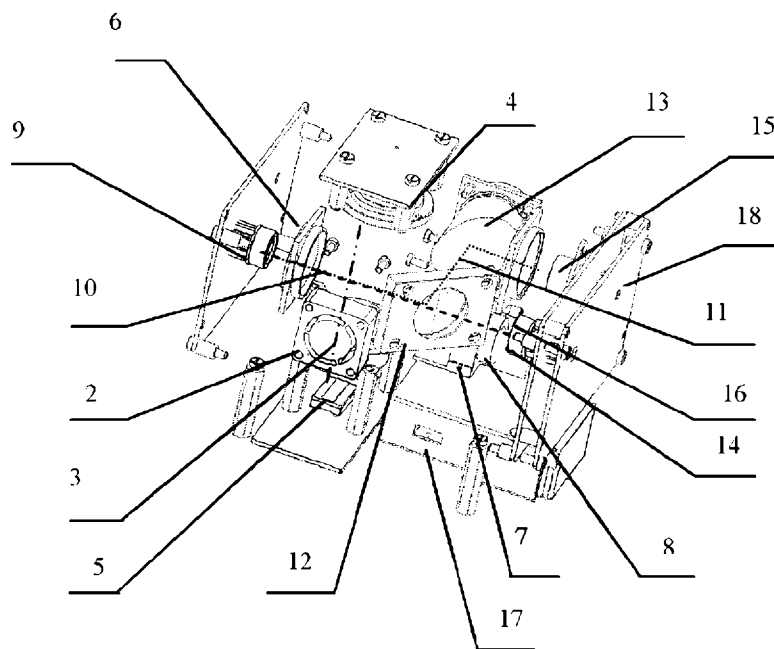


Fig.2

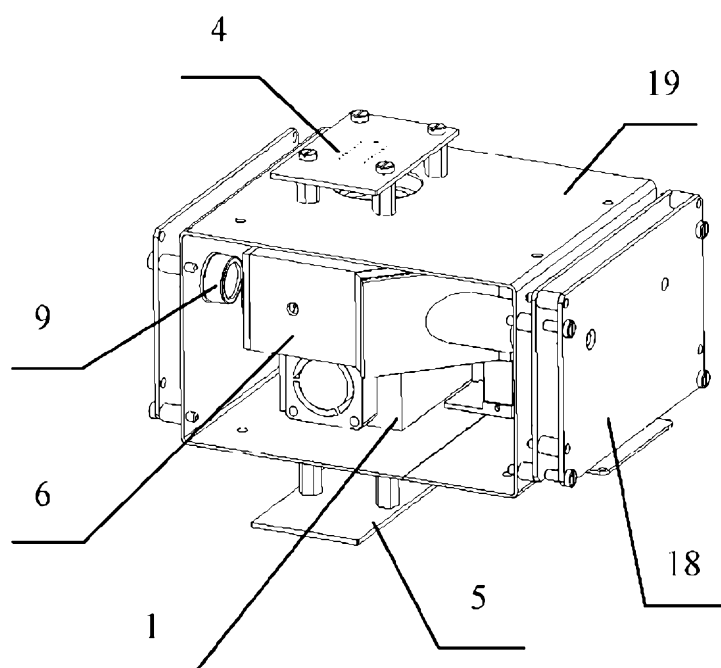


Fig.3