



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 80894

(13) C2

(51) МПК (2006)  
G01N 21/00МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) ДАТЧИК ГАЗОВИЙ ОПТИЧНИЙ ІЗ ЗМІННОЮ ЧУТЛИВІСТЮ

1

2

(21) а200600539

(22) 20.01.2006

(24) 12.11.2007

(72) ЛИТВИНЕНКО АНАТОЛІЙ САВЕЛІЙОВИЧ,  
UA, МАЧЕХІН ЮРІЙ ПАВЛОВИЧ, UA, ПРУСІХІН  
ОЛЕГ ВІКТОРОВИЧ, UA(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР  
"ІНСТИТУТ МЕТРОЛОГІЇ", UA

(56)	SU	802853,	09.02.1981
RU	2091764,		27.09.1997
RU	2022249,		30.10.1994
US	6194735,		27.02.2001
US	5009493,		23.04.1991
US	3946239,		23.03.1976
WO	2005059523,		30.06.2005
GB	2206707,		11.01.1989
CA	1323996,		09.11.1993

(57) Датчик газовий оптичний із змінною чутливістю, що містить два дзеркала, відбиваючі поверхні яких повернені назустріч одна одній і розташовані на визначеній відстані, причому одне з дзеркал містить отвір для виводу лазерного променя, який **відрізняється** тим, що дзеркало з отвором для виводу лазерного променя виконане у вигляді еліпсоїда обертання і розташоване на відстані від плоского дзеркала, рівній половині довжини великої осі еліпсоїда обертання, а фокус еліпсоїда розташований за ходом лазерного променя, крім того, датчик додатково містить механізм повороту навколо осі, що проходить через фокус еліпсоїда обертання перпендикулярно площині, утвореної лазерним променем та великою віссю еліпсоїда.

Винахід відноситься до галузі вимірювальної техніки і може бути використаний при конструюванні газових оптичних датчиків у приладах і пристроях, застосовуваних, наприклад, при пошуку витіку газу з підземних газопроводів, при виявленні метану та інших газів у шахтах і люках, а також в екологічних дослідженнях атмосфери і ґрунтів, у нафтогазовій геологорозвідці і т.п.

Відомий датчик газовий оптичний, що містить два плоских дзеркала, відбиваючі, поверхні яких повернені назустріч одна одній і розташовані на певній відстані. Лазерний промінь вводиться у систему з одного краю дзеркал під певним кутом до дзеркал і після багаторазового перевідбиття виводиться з іншого краю системи для подальшої обробки лазерного сигналу [1].

Ця система має ряд недоліків. Вона чутлива до вібрацій, а також до змін кутів нахилу лазерного променя щодо дзеркал і до перекосу одного дзеркала щодо іншого. Така система працює як оптичний важіль, що посилює дію оптичної системи, яка відхиляє, шляхом багаторазових відбиттів. Усе це призводить до зниження точності лазерних газоаналізаторів і вимагає ретельної і дорогої юстивальної роботи.

Частина недоліків усувається у датчику газовому оптичному, використовуваному в лазерному газоаналізаторі. Цей пристрій найбільш близький до того, що заявляється, і обраний у якості прототипу. Датчик містить два дзеркала, відбиваючі, поверхні яких повернені назустріч одна одній і розташовані на визначеній відстані, причому одне із дзеркал містить отвір для виводу лазерного променя [2].

Лазерне випромінювання вводиться у систему через одне із дзеркал. Багаторазово відбившись між дзеркалами лазерний промінь виводиться через отвір у дзеркалі. Система має високу жорсткість і вібростійкість. Це досягається точним виготовленням і установленням оптичних деталей, що збільшує вартість датчика. Крім цього, чутливість датчика визначається кількістю перевідбиттів і задається конструкцією приладу (розмірами радіусів кривизни дзеркал, відстанню між дзеркалами, кутом введення лазерного випромінювання у систему) і не може змінюватися у процесі експлуатації датчика.

У основу винаходу поставлена задача спрощення конструкції і забезпечення керування чутливістю датчика газового оптичного, а також підвищення його технологічності.

(19) UA (11) 80894 (13) C2

Поставлена задача вирішується за рахунок того, що в датчику газовому оптичному, що містить два дзеркала, дзеркальні сторони яких повернені назустріч одна одній і розташовані на заданій відстані, причому одне із дзеркал містить отвір для виводу лазерного променя, відповідно до виходу дзеркало з отвором для виводу лазерного променя виконано у вигляді еліпсоїда обертання і розташовано від плоского дзеркала на відстані, рівній половині великої осі еліпсоїда обертання, а фокус еліпсоїда розташований по ходу лазерного променя, крім того, датчик містить механізм повороту навколо осі, що проходить через фокус еліпсоїда обертання перпендикулярно площині, утвореної лазерним променем і великою віссю еліпсоїда.

Відмітні ознаки запропонованого пристрою дають можливість здійснювати перестроювання чутливості і, тим самим, проводити вимірювання у широкому діапазоні.

Запропонований датчик газовий оптичний із змінною чутливістю зображений на кресленні, на якому показане 1 - плоске дзеркало датчика, 2 - еліпсне дзеркало датчика, 3 - вихідний отвір в еліпсоїдному дзеркалі, 4 - лазерний промінь. Поверхня дзеркала 2 описується еліпсоїдом обертання з великою віссю, рівною  $2a$  і малою віссю  $1b$ . Центр еліпсоїда позначений через  $O$ ,  $F_1$  і  $F_2$  фокуси (точки, що лежать по обидві сторони від

центру на відстані  $c = \sqrt{a^2 - b^2}$ .

Відстань між дзеркалами 1 і 2 дорівнюється  $a$ , тобто половині розміру великої осі  $AA$  еліпсоїда обертання, що описує поверхню дзеркала 2.  $\alpha$  - кут між напрямком лазерного променя і великою віссю еліпсоїда обертання. Промінь 4 проходить через фокус  $F_b$ , що знаходиться між дзеркалами 1 і 2.

Задаючись параметрами датчика газового оптичного: розміром  $a$  - половиною великої осі, величиною  $\alpha$  - кутом введення випромінювання у датчик, можна розрахувати відомими методами довжину шляху, який проходить лазерне випромінювання у датчику [3,4] (середня довжина шляху взаємодії лазерного випромінювання з досліджуванним газом), відомими методами розраховують параметри еліпсоїда обертання (параметри дзеркала 2, величину великий напіввісі, фокус, ексцентриситет). Діаметр вихідного отвору 3 вибирається за результатами розрахунку довжини шляху лазерного променя у датчику. Чим менше діаметр вихідного отвору, тим більше перевідбиттів може бути у оптичному датчику і тим паралельніше великій вісі буде розташовуватися вихідний промінь. Обмеження діаметра отвору будуть викликані технологією виготовлення еліпсного дзеркала. Найбільш оптимальною величиною отвору може бути 1-2 мм. Глибина еліпсного дзеркала (відстань від фокуса дзеркала до вихідного отвору 3) не

перевищує  $c = \sqrt{a^2 - b^2}$  і визначається зручністю введення лазерного променя 4 у датчик. Плоске дзеркало розташовується на відстані  $a$  по великій вісі від еліпсного дзеркала. Вісь повороту датчика збігається з фокусом  $F_1$  і перпендикулярна

площині, утвореній великою віссю  $AA$  еліпсоїда обертання і лазерним променем 4, що спрямовується у датчик. Практично це може бути реалізоване шляхом закріплення оптичного датчика (плоске і еліпсне дзеркало) на платформі з віссю обертання, що збігається з фокусом  $F_1$  еліпсоїда обертання.

Винахід ґрунтується на властивості дзеркальної еліпсної поверхні відбивати будь-який промінь, що пройшов через один із фокусів ( $F_1$ ) у напрямку, при якому промінь обов'язково пройде через другий фокус ( $F_2$ ), а відбившись другий раз від еліпсної поверхні, промінь знову пройде через фокус  $F_1$  і т.д.; щораз притискаючись до великої осі еліпсоїда. Якщо еліпсоїд обертання, що має поверхню, що відбиває, має отвір у поверхні, що лежить на великій вісі, то в цьому випадку лазерний промінь, що пройшов через один із фокусів еліпсоїда після визначеної кількості перевідбиттів обов'язково вийде з нього через отвір. Шляхом простих геометричних побудов легко переконатися, що система, яка складається з еліпсного дзеркала і плоского, встановленого в центрі еліпсоїда перпендикулярно великій вісі, працює аналогічно. При цьому така система простіше у юстуванні і стійкіше до вібрацій.

Працює газовий датчик у такий спосіб.

Промінь лазера 4 направляється у оптичний газовий датчик через фокус  $F_1$  еліпсного дзеркала 2 під кутом  $\alpha$  до великої осі еліпсоїда обертання. Для поліпшення умов введення лазерного випромінювання у датчик можна використовувати лінзи для фокусування лазерного променя у фокусі  $F_1$  еліпсоїда обертання. У цьому випадку усе лазерне випромінювання проходить через фокус  $F_1$ . Відбившись від еліпсного дзеркала 2, промінь потрапляє на плоске дзеркало 1. Після відбиття від дзеркала 1 лазерний промінь, знову пройшовши через фокус  $F_1$ , потрапляє на еліпсне дзеркало 2 і т.д., щораз наближаючись до великої осі  $AA$  еліпсоїда обертання доти, поки він не вийде із датчика через вихідний отвір 3. Якщо в зоні проходження лазерного променя у оптичному газовому датчику знаходиться досліджуваний газ, то в результаті абсорбційного поглинання відбувається ослаблення лазерного випромінювання при багаторазовому проходженні його між дзеркалами. Величина ослаблення фіксується фотоприймачем на виході оптичного датчика.

Якщо необхідно змінити чутливість оптичного датчика, змінюють кут входження лазерного променя у датчик шляхом повороту оптичного датчика навколо осі  $F_1$ . При збільшенні кута (кут між великою віссю і лазерним променем) кількість перевідбиттів лазерного променя у датчику збільшується. Відповідно збільшується і чутливість датчика. Якщо необхідно зменшити (затрубити) чутливість датчика, то в цьому випадку таким же чином зменшують кут  $\alpha$ . При цьому кількість перевідбиттів лазерного променя до виходу його із датчика через отвір 3 зменшується. Таким чином, повертаючи датчик щодо лазерного променя, ми можемо регулювати його чутливість, що дуже

важливо при вимірюваннях у широкому діапазоні концентрацій досліджуваних газів.

Запропонована конструкція дозволяє знизити витрати на виготовлення завдяки зниженню вимог до точності виготовлення і юстування оптичних деталей датчика. Крім того, конструкція датчика дозволяє розширити діапазон вимірювання за рахунок можливості зміни чутливості датчика.

Датчик може знайти широке застосування при розробці лазерних газоаналізаторів, використовуваних при вимірюваннях у широкому діапазоні концентрації досліджуваних газів.

Джерела інформації:

1. А.Г. Иванов. Измерительные приборы в машиностроении. М. Изд-во стандартов. 1981, с.121-122.

2. ПТЭ, 1999, № 5, с. 126-129; Herriott D.R. Appl. Optics. 1964, v. 3, № 4, p. 523.

3. Бронштейн И.Н. и Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов. -М.: Наука, 1964. - 520 с.

4. Выгодский МЛ. Справочник по высшей математике. -М.: Наука, 1973. -870 с.

