



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **90423** (13) **C2**  
(51) **МПК**  
**G01N 21/61 (2006.01)**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

**(54) ВОЛОКОННО-ОПТИЧНИЙ ГАЗОАНАЛІЗАТОР**

1

2

**(21)** а200907060

**(22)** 06.07.2009

**(24)** 26.04.2010

**(46)** 26.04.2010, Бюл.№ 8, 2010 р.

**(72)** ЯРЕМЧУК ВОЛОДИМИР ФЕДОРОВИЧ, СМІШНИЙ СЕРГІЙ МИКОЛАЙОВИЧ, КРАВЧУК НАТАЛІЯ СЕРГІЇВНА

**(73)** ЯРЕМЧУК ВОЛОДИМИР ФЕДОРОВИЧ, СМІШНИЙ СЕРГІЙ МИКОЛАЙОВИЧ, КРАВЧУК НАТАЛІЯ СЕРГІЇВНА

**(56)** Осадчук В.С., Осадчук О.В., Яремчук В.Ф., Кравчук Н.С., Смішний С.М. Волоконно-оптичні перетворювачі газу// Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології.-2009.-№ 2 (18).- С.173-179

RU 2091764 C1, 27.09.1997

US 4763009 A, 09.08.1988

DE 4116431 A1, 19.11.1992

US 5001338 A, 19.03.1991

RU 2080586 C1, 27.05.1997

**(57)** 1. Волоконно-оптичний газоаналізатор, що містить генератор імпульсів, оптично зв'язані два джерела випромінювання, світловоди, оптичний розгалужувач, вхідний світловід, вимірювальну кювету (канал), вихідний світловід, приймач оптичного випромінювання та мікропроцесор, який **відрізняється** тим, що два джерела випромінювання з'єднані з світловодами розгалужувача, який з'єднаний світловідом з вимірювальною кюветою, причому одне джерело випромінювання з довжиною хвилі, що відповідає спектральній лінії поглинання газу, а друге джерело випромінювання з довжиною хвилі, яка лежить за межами діапазону спектрального поглинання газу, що проходять від джерела випромінювання через вимірювальну кювету (канал) з газом, що аналізується.

2. Волоконно-оптичний газоаналізатор за п. 1, який **відрізняється** тим, що вимірювання інтенсивності випромінювання на вихідному світловіді здійснюється БІЗПІНом, частота на виході якого пропорційна інтенсивності випромінювання.

Винахід відноситься до сфери аналітичного приладобудування і може бути застосований при розробці малогабаритних інфрачервоних газоаналізаторів для вимірювання концентрацій найбільш поширених забруднювачів атмосфери газів (CO, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, NO).

Існуючі інфрачервоні оптично-волоконні газоаналізатори [Dakin J.P., Croydon W.F. „Applications of Fibre Optics in Gas Sensing”. Review at ECOC/LAN Amsterdam June. - 1988. - 14 p.; Миронов С.А. Волоконно-оптичний датчик концентрації метану: расчет основных характеристик / С.А. Миронов // Научно-технический вестник Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий, механики и оптики. - 2007. - Вестник 44. - с. 72-78], які складаються з джерела інфрачервоного випромінювання (що може модулюватися), волоконно-оптичної лінії, в розриві якої знаходиться вимірювальна комірка, через яку прокачується газ, на виході оптичного волокна знаходиться фотоприймач інфрачервоного випромінювання, сигнал з якого надходить на мікропроцесор.

Недоліком відомих волоконно-оптичних газоаналізаторів є складна система обробки оптичного сигналу.

Відомий волоконно-оптичний газоаналізатор [Пат. 2091764 Российская Федерация, МПК<sup>6</sup> G01 N21/61. Волоконно-оптический газоанализатор / Мирумянц СО., Марциновский В.А.; заявитель и патентообладатель Научно-производственное объединение "Государственный институт прикладной оптики". - № 94030252/25; заявлено 1994.08.16; опубл. 1997.09.27.] вибраний в якості прототипу, який складається з імпульсного випромінювача, вхідного оптичного волокна, багатоходової сферичної дзеркало, вихідного оптичного волокна, спектрального інтегрального демультиплексора, блока реєстрації (які містять два приймачі) і обробки інформації.

Недоліком даного аналізатора газу є конструкційна складність вимірювальної комірки, її розміри, наявність трьох дзеркал, складність налаштування (та переналаштування) довжини хвилі випромінювання, яке збігається з лінією прозорості газу та

(13) **C2**

(11) **90423**

(19) **UA**

випромінювання, яке співпадає з лінією поглинання газу, що аналізується. Перераховані недоліки призводять до зменшення точності вимірювання концентрації газу та збільшення енергетичних витрат для функціонування приладу у випадку збільшення неселективних втрат випромінювання пов'язаних з забрудненням дзеркал.

В основу винаходу поставлена задача підвищити чутливість і точність вимірювань, спрощення вимірювальної комірки, налаштування газоаналізатора для визначення заданого газу.

Поставлене завдання вирішується тим, що в основу роботи даного винаходу покладено метод диференціального вимірювання концентрації газу. Газоаналізатор складається з двох світловодів, в одному з яких поширюється випромінювання з довжиною хвилі, що відповідає спектральній лінії поглинання газу, а в другому - довжина хвилі випромінювання, яка лежить за межами діапазону спектрального поглинання газу (тобто з лінією прозорості газу), генератора імпульсів, який періодично вмикає світловипромінюючі діоди, випромінювання яких поширюються по світловодах розгалужувача та світловоду, який з'єднаний з вимірювальною кюветою (каналом), пройшовши через яку і поширюючись далі по вихідному світловоду потрапляє на приймач оптичного випромінювання, на виході якого отримуємо пачки імпульсів, частота в яких пропорційна інтенсивності світлового потоку, далі сигнали надходять до мікропроцесора. Така схема дозволяє значно спростити сам метод, пристрій не потребує модуляторів, оптичних фільтрів, використовує лише один канал та одну лінію оптичного зв'язку. Оскільки, опорна хвиля (лінія прозорості), її інтенсивність, не залежить від концентрації газу, то частота слідування імпульсів буде функцією концентрації газу.

На кресленні (Fig.1) представлена функціональна схема пристрою, який працює на основі методу диференціального вимірювання концентрації газу.

Пристрій містить генератор імпульсів 1, світловипромінюючі діоди 3 та 3', світловоди 2, розгалужувач 4, світловоди 5, вимірювальну кювету (канал) 6, приймач оптичного випромінювання 7, мікропроцесор 8.

Газоаналізатор працює наступним чином.

Генератор імпульсів 1 періодично вмикає світловипромінюючі діоди 3, 3' з довжинами хвиль відповідно  $\lambda_1$  і  $\lambda_2$  ( $\lambda_1$  - довжина хвилі випромінювання, що відповідає лінії поглинання газу;  $\lambda_2$  - опорна довжина хвилі випромінювання, що лежить за межами діапазону спектрального поглинання газу, що аналізується), які поширюються по світловодах 2 та надходять до розгалужувача 4. Після розгалужувача випромінювання через світловод 5 потрапляє у вимірювальну кювету (канал) 6, пройшовши через яку і поширюючись далі по світловоду 5 потрапляє на приймач оптичного випромінювання 7, в нашому випадку - БІЗПІН-прилад, на виході якого ми отримуємо пачки імпульсів, частота яких пропорційна інтенсивності світлового випромінювання ([Кнаб О.Д. БИСПИИ - новый тип полупроводниковых приборов / О.Д. Кнаб // Электронная промышленность. - 1989. - Вып. 8. - с. 3-8]).

Далі з приймача електричні сигнали надходять до мікропроцесора 8, який їх обробляє і видає значення концентрації газу N, яка визначається з основного рівняння для розрахунку концентрації газу методом диференціального поглинання [Chan K. Remote sensing system for near-infrared differential absorption of CH<sub>4</sub> gas using low-loss optical fibre link / K. Chan, H. Ito, H. Inaba // Appl. Opt. - 1984. - v. 23, № 19. - P. 3415-3420.]:

$$N = \frac{Pr(\lambda_2) - Pr(\lambda_1)}{C(\lambda_1) - C(\lambda_2)} \quad (1)$$

де N - парціальний тиск (концентрація) газу в повітряній суміші (N=760 Торр відповідає концентрації C=100%);

$\lambda_1$  - довжина хвилі, що відповідає лінії поглинання газу (робоча довжина хвилі);

$\lambda_2$  - опорна довжина хвилі, що лежить за межами поглинання;

l - довжина вимірювальної кювети (каналу) з газом;

$Pr(\lambda_i)$  (де i=1, 2) - оптична потужність на довжині хвилі  $\lambda_i$ ;

$\sigma(\lambda_i)$  - переріз поглинання газу на довжині хвилі  $\lambda_i$ .

Наприклад, для метану  $\Delta\sigma = \sigma(\lambda_1) - \sigma(\lambda_2) = 2,8 \cdot 10^{-3}$  1 / Торр · м для робочої довжини хвилі  $\lambda_1 = 1,667$  мкм і

$\Delta\sigma = 1,4 \cdot 10^{-3}$  1 / Торр · м для  $\lambda_1 = 1,332$  мкм [Миронов

С.А. Волоконно-оптический датчик концентрации метана: расчет основных характеристик / С.А. Миронов // Научно-технический вестник Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий, механики и оптики. - 2007. - Вестник 44. - с. 72-78].

Мінімальна виявлена концентрація газу (за відсутності флуктуацій сигналу) визначається рівнем шуму приймальної системи  $P_n$  і відповідає умові  $Pr(\lambda_2) - Pr(\lambda_1) = P_n$ . В цьому випадку основне рівняння (1) може бути записане у вигляді:

$$N_{min} = \frac{P_n}{C(\lambda_1) - C(\lambda_2)} \quad (2)$$

де потужність  $Pr(\lambda_2)$ , що надходить на фотоприймач, розраховується з урахуванням втрат у всіх елементах волоконно-оптичного сенсора.

$Pr(\lambda_2) = \text{const}$  і рівна потужності випромінювання, яке надходить до приймача 7 та при незмінній довжині вимірювального каналу l, виходячи з (2) маємо:

$$N_{min} = \frac{P_n}{C(\lambda_1) - C(\lambda_2)} \quad (3)$$

де  $C = lPr(\lambda_2) = \text{const}$ ;  $\sigma(\lambda_1)$  і  $\sigma(\lambda_2)$  відповідно пропорційні зміні частоти сигналу БІЗПІН-приймача ( $f_i = \sigma(\lambda_i)$ ).

Підвищення чутливості вимірювання концентрації газів здійснюється шляхом вибору потрібного світловода (тип, довжина).

Збільшення точності вимірювання приладу у випадку збільшення неселективних втрат випромінювання, пов'язаних із забрудненням оптичних елементів з часом і спектральної чутливості прий-

мача випромінювання у відношенні до спектра поглинання досліджуваного газу під дією температури оточуючого середовища досягається за рахунок використання двох довжин хвиль випромінювання.

Спрощення приладу відбувається за рахунок використання лише одного вимірювального каналу, відсутністю дзеркал.

Отже, концентрація газу, що аналізується визначається формулою (3). Наявність БІЗПІН-приладу та світловодів підвищує надійність, зменшує розміри приладу, спрощує встановлення концентрації газу, що аналізується, і підвищує надійність запропонованого способу.

