



УКРАЇНА

(19) UA (11) 90429 (13) C2
(51) МПК
G01N 21/61 (2006.01)МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) ВОЛОКОННО-ОПТИЧНИЙ СЕНСОР ГАЗУ

1

2

(21) а200909673

(22) 21.09.2009

(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) SU 1318855 A1, G01N21/01, публ. 23.06.1987.
DE 4116431 A1, G01N21/25, G01N21/01, G01N21/03, публ. 19.11.1992.

US 5001338 A, H01J5/16, G01C3/08, публ. 19.03.1991.

RU 2091764 C1, G01N21/61, публ. 27.09.1997.

US 4763009 A, G01N21/64, публ. 09.08.1988.

JP 11083734 A, G01N21/35, G01N21/31, публ. 26.03.1999.

(57) 1. Волоконно-оптичний газоаналізатор, що містить генератор імпульсів, оптично зв'язані два джерела випромінювання, світловоди, оптичний

розгалужувач, двожилийний волоконно-оптичний кабель, вимірювальну кювету (канал) із вбудованим металевим сферичним дзеркалом, приймач оптичного випромінювання та мікропроцесор (контролер), який **відрізняється** тим, що два джерела випромінювання з'єднані з світловодами розгалужувача, який з'єднаний двожилийним волоконно-оптичним кабелем з вимірювальною кюветою (каналом) із вбудованим металевим сферичним дзеркалом, причому одне джерело випромінювання виконане 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 світловоді 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, CO₂, CH₄, 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. - 14p.; Мионов С.А. Волоконно-оптичний датчик концентрації метана: расчет основных характеристик / С.А. Мионов // 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, МПК⁶ G01N21/61. Волоконно-оптический газоанализатор / Мирумянц С.О., 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, багатоговдової оптичної кювети, що складається з трьох сферичних дзеркал, вихідного оптичного волокна, спектрального інтегрального демультиплексора, блока реєстрації (які містять два приймачі) і обробки інформації.

(13) C2

(11) 90429

(19) UA

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 випромінювання, яке співпадає з лінією поглинання газу, що аналізується. Перераховані недоліки призводять до зменшення точності вимірювання концентрації газу та збільшення енергетичних витрат для функціонування прилада 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 двожильному волоконно-оптичному кабелю, який з'єднаний з вимірювальною кюветою (каналом), яка містить одне сферичне металеве дзеркало, пройшовши через яку і поширюючись далі по вихідному світловоду двожильного волоконно-оптичному кабелю потрапляє на приймач оптичного випромінювання, на виході якого отримуємо пачки імпульсів, частота в яких пропорційна інтенсивності світлового потоку, далі сигнали надходять до блоку мікропроцесора (контролера). Така схема дозволяє значно спростити сам метод, пристрій не потребує модуляторів, оптичних фільтрів, використовує лише один канал із вбудованим металевим сферичним дзеркалом 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 (Фіг.) 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, двожильний волоконно-оптичний кабель 5, вимірювальну кювету (канал) 6, сферичне металеве дзеркало 7, приймач оптичного випромінювання 8, мікропроцесор (контролер) 9.

Газоаналізатор працює наступним чином.

Генератор імпульсів 1 періодично вмикає світловипромінюючі діоди 3, 3' з довжинами хвиль відповідно λ_1 і λ_2 (λ_1 - довжина хвилі випромінювання, що відповідає лінії поглинання газу; λ_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 один із світловодів (вхідний) двожильного кабелю 5 потрапляє в вимірювальну кювету (канал) 6. Оскільки апертюра випромінювання, що виходить з волокна, збігається з апертурою вхідного і вихідного випромінювання ходової кювети, то оптичне випромінювання, пройшовши заздалегідь встановлену в кюветі довжину оптичного шляху, фокусується металевим дзеркалом 7 на торець другого (вихідного) оптичного волокна двожильного волоконного кабелю, який перебуває в одній з вхідним волоконном площині, поширюючись далі по вихідному світловоду волоконного кабелю потрапляє на приймач оптичного випромінювання 8, наприклад - БІЗПІН-прилад, на виході якого ми отримуємо пачки імпульсів, частота яких пропорційна інтенсивності світлового випромінювання ([Кнаб О.Д. БИС-ПІН - новый тип полупроводниковых приборов / О.Д. Кнаб // Электронная промышленность. - 1989. - Вып. 8. - С. 3-8]). Далі з приймача електричні сигнали надходять до блоку мікропроцесора (контролера) 9, 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 CH₄ gas using low-loss optical fibre link / K. Chan, H. Ito, H. Inaba // Appl. Opt. - 1984. - v. 23, №19. - P. 3415-3420]:

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

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

λ_1 - довжина хвилі, що відповідає лінії поглинання газу (робоча довжина хвилі);

λ_2 - опорна довжина хвилі, що лежить за межами поглинання;

I - довжина вимірювальної кювети (каналу) з газом;

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

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

Наприклад, для метану

$$\Delta\sigma = \sigma(\lambda_1) - \sigma(\lambda_2) \approx 2,8 \cdot 10^{-3} \frac{1}{\text{Торр} \cdot \text{м}} \quad \text{для робочої довжини хвилі } \lambda_1 = 1,667 \text{ мкм}$$

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

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:

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

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:

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

де $C = lPr(\lambda_2) = \text{const}$; $\sigma(\lambda_1)$ і $\sigma(\lambda_2)$ відповідно пропорційні зміні частоти сигналу БІЗПІН-приймача ($\sigma(\lambda_1) \sim f_1$).

Підвищення чутливості вимірювання концентрації газів здійснюється шляхом вибору потрібного волоконно-оптичного кабелю (тип, довжина).

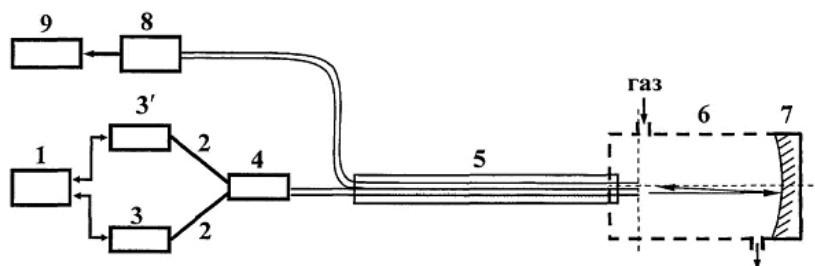
Збільшення точності вимірювання приладу у випадку збільшення неселективних втрат випромінювання, пов'язаних із забрудненням оптичних елементів з часом і спектральної чутливості приймача випромінювання у відношенні до спектра поглинання досліджуваного газу під дією темпера-

тури оточуючого середовища досягається за рахунок використання двох довжин хвиль випромінювання.

Спрощення приладу відбувається за рахунок використання лише одного вимірювального каналу, одного металевого сферичного дзеркала, яке не зміщує хід променя та не впливає на характеристики оптичного випромінювання [Ландсберг Г.С. Оптика: [учеб. пособие для вузов] / Григорий Самуилович Ландсберг. - [6-е изд., стереот.]. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. - 848с.].

Отже, концентрація газу, що аналізується визначається формулою (3).

Така схема дозволяє значно спростити сам метод, а пристрій не потребує модуляторів, оптичних фільтрів і використовує лише один канал, одне сферичне металеве дзеркало та одну лінію оптичного зв'язку. Більш того, оскільки, опорна хвиля, її інтенсивність, не залежить від концентрації газу (наприклад, метану), то в даному випадку частота слідування імпульсів буде лише функцією концентрації газу. Запропонований волоконно-оптичний прилад може бути використаний як дистанційний аналізатор газу. Наявність БІЗПІН-приладу та світловодів підвищує надійність, зменшує розміри приладу, спрощує встановлення концентрації газу, що аналізується, і підвищує надійність запропонованого способу.



Фіг.