



УКРАЇНА

(19) UA (11) 89708 (13) C2  
(51) МПК (2009)  
G01N 21/59  
G01N 21/01

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

### (54) СПОСІБ ВИМІРЮВАННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ ГАЗІВ

1

(21) а200807111

(22) 22.05.2008

(24) 25.02.2010

(46) 25.02.2010, Бюл.№ 4, 2010 р.

(72) КАБАЦІЙ ВАСИЛЬ МИКОЛАЙОВИЧ

(73) КАБАЦІЙ ВАСИЛЬ МИКОЛАЙОВИЧ

(56) UA 26934, 10.10.2007

UA 80638, 10.10.2007

UA 61692, 17.11.2003

SU 1805746, 27.11.1995

RU 2134874, 20.08.1999

US 2004051043, 18.03.2004

GB 1523605, 06.09.1978

DE 3522949, 08.01.1987

(57) 1. Спосіб вимірювання концентрації газів, що полягає у вимірюванні приймачем інфрачервоного випромінювання різниці інтенсивності світлових потоків, які від джерел інфрачервоного випромінювання з довжинами хвиль випромінювання в максимумах, що співпадають з максимумом смуги власного поглинання аналізованого газу, проходять через вимірювальну кювету, та визначенні за їх зміною концентрації газу, який **відрізняється** тим, що створюють незалежні потоки випромінювання, які проходять через вимірювальну кювету, яка містить щонайменше два робочі канали різної довжини, об'єднані спільним внутрішнім об'ємом, та щонайменше два джерела інфрачервоного випромінювання, які розміщені на одній або різних осях із приймачем інфрачервоного випромінювання, незалежні потоки випромінювання в один або різні моменти часу проходять через різні робочі канали вимірювальної кювети, а концентрацію аналізованого газу, що прокачують через вимірювальну кювету, визначають із співвідношення

$$C_x = \frac{1}{\alpha n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{L_i} \ln \frac{U_{ic}}{U_{i0}}, \text{ де}$$

$C_x$  - концентрація газу, що аналізується;

$\alpha$  - коефіцієнт поглинання аналізованого газу, який залежить від ступеня узгодження спектрів поглинання аналізованого газу, спектральної хара-

2

теристики джерела інфрачервоного випромінювання і спектральної чутливості приймача інфрачервоного випромінювання;

$L_i$  - довжина  $i$ -го робочого каналу вимірювальної кювети;

$n$  - кількість незалежних потоків випромінювання, що утворені джерелами інфрачервоного випромінювання;

$U_{ic}$  - напруга на приймачі інфрачервоного випромінювання при надходженні  $i$ -го потоку випромінювання з довжиною хвилі, яка узгоджена з довжиною хвилі власного поглинання аналізованого газу, що пройшов через  $i$ -ий робочий канал вимірювальної кювети;

$U_{i0}$  - напруга на приймачі інфрачервоного випромінювання при надходженні  $i$ -го потоку випромінювання з довжиною хвилі, яка узгоджена з довжиною хвилі власного поглинання аналізованого газу, що пройшов через  $i$ -ий робочий канал вимірювальної кювети при калібровці.

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що перед приймачем інфрачервоного випромінювання розміщують інтерференційний фільтр, довжина хвилі пропускання якого узгоджена з довжиною хвилі власного поглинання аналізованого газу.

3. Спосіб за будь-яким із пп. 1, 2, який **відрізняється** тим, що аналізований газ прокачують через вимірювальну кювету одночасно через вхідні патрубки, отвори яких направлені під кутом до оптичних осей джерел інфрачервоного випромінювання.

4. Спосіб за одним із пп. 1-3, який **відрізняється** тим, що вимірювання концентрації аналізованого газу в робочих каналах вимірювальної кювети здійснюють приймачем інфрачервоного випромінювання із застосуванням його електричної модуляції.

5. Спосіб за будь-яким із пп. 1-4, який **відрізняється** тим, що використовують напівпровідникове джерело інфрачервоного випромінювання.

(13) C2

(11) 89708

(19) UA

Винахід відноситься до сфери аналітичного приладобудування і може бути застосований при розробці малогабаритних інфрачервоних газоаналізаторів для виміру концентрацій найбільш поширених забруднювачів атмосфери газів ( $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NO}$ ), які є в складі відпрацьованих газів транспортних засобів, промислових підприємств, енергетичних установок.

Відомий спосіб аналізу газів інфрачервоним методом [1], в якому оптичне випромінювання з довжиною хвилі, рівній довжині хвилі власного поглинання газу на вході кювети розділяють на  $N$  потоків, де  $N \geq 2$ , кожен з яких пропускають по оптичному шляху різної довжини, а на виході із газової кювети потоки об'єднують і реєструють сумарну інтенсивність пройдених потоків, по яких визначають концентрацію газу.

Недоліком даного способу є збільшення похибки при вимірюванні малих концентрацій з заданою точністю і чутливістю у випадку збільшення неселективних втрат випромінювання, зв'язаних з забрудненням оптичних елементів з часом та при неузгодженості спектру джерела випромінювання і спектральної чутливості приймача випромінювання по відношенню до спектра поглинання досліджуваного газу під дією температури оточуючого середовища.

Відомий спосіб аналізу газів інфрачервоним методом [2], в якому шляхом виміру приймачем інфрачервоного випромінювання різниці ступеня поглинання інфрачервоного випромінювання, яке від джерела інфрачервоного випромінювання проходить через дві кювети: вимірювальну і порівняльну, причому через вимірювальну кювету прокачують газ, що аналізується, а порівняльну наповнюють нульовим газом і герметично закупорюють, обидва потоки поперемінно попадають на приймач випромінювання, модуляцію інфрачервоного випромінювання здійснюють за рахунок реверсивного крокового періодичного переміщення приймача інфрачервоного випромінювання відносно вимірювальної і порівняльної кювет за допомогою реверсивного крокуючого електродвигуна.

Недоліком даного способу є наявність механічного переміщення приймача інфрачервоного випромінювання, що знижує надійність способу, збільшення похибки при вимірюванні малих концентрацій з заданою точністю і чутливістю у випадку збільшення неселективних втрат випромінювання, зв'язаних з неоднаковим забрудненням з часом оптичних елементів вимірювальної кювети та кювети заповненої нульовим газом та при неузгодженості спектру джерела випромінювання і спектральної чутливості приймача випромінювання по відношенню до спектра поглинання досліджуваного газу під дією температури оточуючого середовища.

Відомий спосіб аналізу газів інфрачервоним методом [3], вибраний в якості прототипу, в якому шляхом виміру приймачами інфрачервоного випромінювання, з попередньо нанесеними на них інтерференційними фільтрами, довжина хвилі пропускання яких узгоджена з довжиною хвилі власного поглинання газу, що аналізується, різниці

інтенсивності пройдених потоків, які від джерела інфрачервоного випромінювання проходять через два робочих канали в яких розміщені вимірювальні кювети і по їх зміні визначають концентрацію газу, вимірювальні кювети виготовлені різної довжини і розміщені в незалежних робочих каналах, вимірювання концентрації газів з заданою точністю і чутливістю в широкому діапазоні концентрацій газів та підвищити надійність способу

Недоліком даного способу є наявність двох приймачів інфрачервоного випромінювання, що знижує надійність даного способу, вимірювальних кювет механічно розділених у просторі, що ускладнює конструкцію оптичного блоку, двох вхідних вікон, які неоднаково з часом вносять неселективні втрати випромінювання, зв'язаних із їх забрудненням та зменшення точності вимірювань аналізованого газу в середині діапазону концентрацій газів.

В основу винаходу поставлена задача створити спосіб вимірювання концентрації газів з заданою точністю і чутливістю в широкому діапазоні концентрацій газів та підвищити надійність способу.

Поставлене завдання вирішується тим, що в способі вимірювання концентрації газів, в якому шляхом виміру приймачем інфрачервоного випромінювання різниці інтенсивності пройдених світлових потоків, які від джерел інфрачервоного випромінювання з довжинами хвиль випромінювання в максимумах, що співпадають з максимумом смуги власного поглинання аналізованого газу проходять через вимірювальну кювету і по їх зміні визначають концентрацію газу, вимірювальна кювета містить не менше двох робочих каналів різної довжини об'єднаних спільним внутрішнім об'ємом, не менше двох джерел інфрачервоного випромінювання, які розміщені на одній або різних осях із приймачем інфрачервоного випромінювання і створюють незалежні потоки випромінювання, незалежні потоки випромінювання в один або різні моменти часу проходять через різні робочі канали вимірювальної кювети, а концентрація аналізованого газу, що прокачується через вимірювальну кювету, визначається із співвідношення

$$C_x = \frac{1}{\alpha n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{L_i} \ln \frac{U_{ic}}{U_{i0}},$$

де  $C_x$  - концентрація газу, що аналізується;

$\alpha$  - коефіцієнт поглинання аналізованого газу і залежить від ступеня узгодження спектрів поглинання аналізованого газу, спектральної характеристики джерела інфрачервоного випромінювання і спектральної чутливості приймача інфрачервоного випромінювання;

$L_i$  - довжина  $i$ -го робочого каналу вимірювальної кювети;

$n$  - кількість незалежних потоків випромінювання, що утворені джерелами інфрачервоного випромінювання;

$U_{ic}$  - напруга на приймачі інфрачервоного випромінювання при попаданні  $i$ -го потоку випромінювання з довжиною хвилі, яка узгоджена з довжиною хвилі власного поглинання аналізованого газу, що пройшов через  $i$ -ий робочий канал вимі-

рювальної кювети;

$U_{10}$  - напруга на приймачі інфрачервоного випромінювання при попаданні  $i$ -го потоку випромінювання з довжиною хвилі, яка узгоджена з довжиною хвилі власного поглинання аналізованого газу, що пройшов через  $i$ -ий робочий канал вимірювальної кювети при калібровці.

Вимірювання концентрації газів в широкому діапазоні з заданою точністю і чутливістю у випадку збільшення неселективних втрат випромінювання, зв'язаних з забрудненням вікна кювети з часом та похибки обумовленої впливом зовнішніх факторів (тиск, температура) досягається за рахунок того, що газ рівномірно прокачується через робочі канали різної довжини вимірювальної кювети в яких потоки випромінювання зазнають однакових змін не пов'язаних з поглинанням газу і в процесі обробки електричних сигналів з виходу приймача інфрачервоного випромінювання ці зміни взаємокомпенсуються.

Наявність не менше двох джерел інфрачервоного випромінювання, які розміщені на одній або різних осях із приймачем інфрачервоного випромінювання і створюють в один або різні моменти часу незалежні потоки випромінювання, що проходять через різні робочі канали вимірювальної кювети дозволяють забезпечити задану точність і чутливість вимірювання концентрації газів.

Використання однієї вимірювальної кювети із одним вхідним вікном та відсутність механічного модулювання світлових потоків випромінювання суттєво збільшує надійність даного способу.

На кресленні наведена функціональна схема реалізації даного способу.

Запропонований спосіб реалізується таким чином:

Вимірювальна 1 кювета, виконана із двох робочих каналів різної довжини  $L_1$  і  $L_2$  із спільним внутрішнім об'ємом до якої герметично прикріплене вхідне 6 вікно. Параболічні 3 і 11 дзеркальні поверхні нахилені під одним або різними кутами до вхідного 6 вікна і знаходяться в різних робочих каналах вимірювальної 1 кювети. Вхідні 2 і 12 патрубків, отвори яких направлені під кутом до оптичних осей джерел 4 і 8 інфрачервоного випромінювання і вихідний 10 патрубок, розміщені на різних частинах вимірювальної 1 кювети. Кульові 5 і 9 опори, всередині яких розміщені джерела 4 і 8 інфрачервоного випромінювання, виготовлені із теплопровідного матеріалу і забезпечують настрійку оптичної частини. На основі 13 розміщені кульові 5 і 9 опори, джерела 4 і 8 випромінювання та приймач 7 інфрачервоного випромінювання. Мікропроцесорний 14 блок почергово активізує джерела 4 і 8 інфрачервоного випромінювання з довжиною хвилі в максимумі, що співпадає з максимумом смуги власного поглинання аналізованого газу. Джерела 4 і 8 інфрачервоного випромінювання мають однакову потужність випромінювання, однаковий температурний зсув максимумів в спектрі випромінювання і розміщені на одній або різних осях із приймачем 7 інфрачервоного випромінювання так, що утворюють однакові незалежні робочі потоки випромінювання в один або різні моменти часу.

Аналізуючий газ прокачується одночасно через вхідні 2 і 12 патрубки вимірювальної 1 кювети. В перший момент часу, джерело 4 інфрачервоного випромінювання з довжиною хвилі в максимумі, яка співпадає з максимумом довжини хвилі поглинання аналізованого газу, активується мікропроцесорним 14 блоком та формує світловий потік, що проходить через аналізований газ, де частково поглинається та за допомогою параболічної 3 дзеркальної поверхні спрямовується приймач 7 інфрачервоного випромінювання. На виході приймача 7 інфрачервоного випромінювання утворюється електричний сигнал  $U_{1C}$ , який пропорційний величині поглинутого потоку, що проходить в робочому каналі довжиною  $L_1$  вимірювальної 1 кювети. Мікропроцесорний 15 блок записує величину сигналу в свою пам'ять для послідувочої обробки.

В наступний момент часу, джерело 8 інфрачервоного випромінювання з довжиною хвилі в максимумі, яка співпадає з максимумом довжини хвилі поглинання аналізованого газу, активується мікропроцесорним 14 блоком та формує світловий потік, що проходить через аналізований газ, де частково поглинається та за допомогою параболічної 11 дзеркальної поверхні спрямовується на приймач 7 інфрачервоного випромінювання. На виході приймача 7 інфрачервоного випромінювання утворюється електричний сигнал  $U_{2C}$ , який пропорційний величині поглинутого потоку, що проходить в робочому каналі довжиною  $L_2$  вимірювальної 1 кювети. Мікропроцесорний 4 блок записує величину сигналу в свою пам'ять для послідувочої обробки.

В третій момент часу, джерела 4 і 8 інфрачервоного випромінювання з довжинами хвиль в максимумах, яка співпадає з максимумом довжини хвилі поглинання аналізованого газу, одночасно активуються мікропроцесорним 14 блоком та формують світлові потоки, що проходять через аналізований газ, де частково поглинаються та за допомогою відповідних дзеркальних 3 і 11 поверхонь спрямовуються на приймач 7 інфрачервоного випромінювання. На виході приймача 14 інфрачервоного випромінювання утворюється електричний сигнал  $U_{3C}$ , який пропорційний величині поглинутого потоку, що проходить в обох робочих каналах вимірювальної 1 кювети від обох джерел 4 і 8 інфрачервоного випромінювання. Мікропроцесорний 4 блок записує величину сигналу в свою пам'ять для послідувочої обробки. Використання однакових джерел 4 і 8 інфрачервоного випромінювання дозволяє одержати просторово розділені незалежні потоки випромінювання з рівномірним розподілом енергії всередині потоку в один або різні моменти часу.

При відсутності аналізованого газу, у всіх трьох випадках, вимірювальна 1 кювета прокачується нульовим газом, внаслідок чого, сформовані джерелами 4 і 8 інфрачервоного випромінювання світлові потоки не зазнають поглинання і на виході приймача 7 інфрачервоного випромінювання створюються електричні сигнали  $U_0$  за допомогою яких мікропроцесорний 14 блок забезпечує корекцію нуля, вирівнюючи величину сигналів при відсутності поглинання. Мікропроцесорний 14 блок за-

безпечує обробку всіх електричних сигналів з виходу приймача 7 інфрачервоного випромінювання і виділяє електричний сигнал, що відповідає концентрації аналізованого газу.

За п. 2 формули винаходу, для підвищення точності та чутливості вимірювань концентрацій аналізованого газу перед приймачем інфрачервоного випромінювання розміщений інтерференційний фільтр, довжина хвилі пропускання якого узгоджена з довжиною хвилі власного поглинання аналізованого газу.

За п. 3 формули винаходу, для підвищення надійності запропонованого способу аналізований газ прокачують через вимірювальну кювету одночасно через вхідні патрубки, отвори яких спрямовані під кутом до оптичних осей джерел інфрачервоного випромінювання. Пропускання газу через вхідні патрубки дозволяє одержати рівномірний розподіл газу по всьому внутрішньому об'єму вимірювальної кювети та забезпечити зменшення часу необхідного для повної заміни внутрішнього об'єму іншим газом та його кількості.

За п. 4 формули винаходу, для підвищення надійності запропонованого способу, вимірювання концентрації аналізованого газу в робочих каналах вимірювальної кювети відбувається приймачем інфрачервоного випромінювання за рахунок його електричної модуляції синхронно з формуванням світлового потоку відповідного робочого каналу.

За п. 5 формули винаходу, використання активних елементів з р-п-переходами у складі джерел інфрачервоного випромінювання суттєво підвищить надійність та швидкість запропонованого способу.

Запропонований спосіб дозволяє проводити вимірювання концентрації газів з заданою точністю і чутливістю в широкому діапазоні концентрацій газів та підвищити надійність способу.

Джерела інформації.

1. Патент РФ №96123856, G01N 21/61, 1999.
2. Патент України №61695, G01N 21/01, Опублікований 2003.11.17.
3. Патент України №80638, G01N 21/61, G01N 21/01, Опублікований 2007.10.10.

