



УКРАЇНА

(19) UA (11) 92838 (13) C2
(51) МПК (2009)
G01N 21/61 (2006.01)
G01N 21/01

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) СПОСІБ ВИМІРЮВАННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ ГАЗІВ

1

(21) а200904652

(22) 12.05.2009

(24) 10.12.2010

(46) 10.12.2010, Бюл.№ 23, 2010 р.

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

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

(56) UA 80638 C2; 10.10.2007

UA 61695 C2; 15.09.2004

RU 2075066 C1; 10.03.1997

US 4232223; 04.11.1980

EP 0405841 A2; 02.01.1991

DE 19911260 A1; 14.09.2000

WO 03/078961 A2; 25.09.2003

(57) 1. Спосіб вимірювання концентрації газів, за яким вимірюють 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 потоків, що проходять від джерела інфрачервоного випромінювання через два робочі канали, одним з яких є вимірювальна кювета, та за зміною вимірюваної інтенсивності випромінювання визначають концентрацію газу, який **відрізняється** тим, що як приймачі інфрачервоного випромінювання використані БІЗПІН-прилади, а другим

2

робочим каналом є світловод з малими втратами енергії випромінювання, які нехтуються, при цьому газ, що аналізується, прокачують через вимірювальну кювету, на виході вимірювальної кювети і світловода вимірюють різницю поглинання інтенсивності випромінювання, а концентрацію газу визначають із співвідношення:

$$C_x = \ln \frac{\Delta f_1}{\Delta f_2} \cdot \frac{1}{\alpha l_1},$$

де C_x - концентрація газу, що аналізується;

α - коефіцієнт поглинання газу, що аналізується, який залежить від ступеня узгодження спектрів поглинання газу, спектральної характеристики джерела інфрачервоного випромінювання і спектральної чутливості БІЗПІН-прилада;

l_1 - довжина вимірювальної кювети;

$\Delta f_1, \Delta f_2$ - значення зміни частоти електричних сигналів при попаданні на БІЗПІН-прилади потоку випромінювання, що пройшов через вимірювальну кювету і світловод, які мають різні довжини l_1, l_2 відповідно.

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що вимірюють різницю поглинання інтенсивності випромінювання на виході вимірювальної кювети і світловода БІЗПІН-приладом, частота електричних сигналів 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_2 , CH_4 , NO).

Відомий спосіб аналізу газів інфрачервоним методом [Патент України №80638, кл. G01N21/61, G01N21/01, 10.10.2007] вибраний в якості прототипу, в якому шляхом вимірювання 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 потоків, що проходять від джерела інфрачервоного випромінювання через два робочі канали і за їхньою зміною вимірювання визначають концентрацію газу, вимірювальні кювети виготовлені з різною довжиною, розміщені в незалежних робочих каналах, причому через вимірювальні кювети прокачують газ, що аналізується, газ прокачують через

(13) C2

(11) 92838

(19) UA

вимірювальні кювети по чергово, синхронно з вимірюванням різниці поглинання інтенсивності випромінювання відповідного каналу, вимірювання різниці поглинання інтенсивності випромінювання на виході вимірювальних кювет відбувається приймачами інфрачервоного випромінювання за рахунок їх електричної модуляції.

Недоліком даного способу є наявність двох вимірювальних кювет, по чергове прокачування газу, необхідність електричної модуляції випромінювання, наявність дзеркала, великі розміри пристрою і порівняно слабкий ступінь обробки інформації.

В основу винаходу поставлена задача створити спосіб вимірювання концентрації газів з заданою точністю і чутливістю в широкому діапазоні концентрацій газів, зменшити розміри і спростити конструкцію приладу, та підвищити надійність роботи.

Поставлене завдання вирішується тим, що в способі вимірювання концентрації газів, в якому шляхом вимірювання приймачами інфрачервоного випромінювання (БІЗПІН), які перетворюють зміну інтенсивності випромінювання в частоту електричного сигналу [Кнаб О.Д. БІСПІН - новый тип полупроводниковых приборов // Электронная промышленность, - 1989. - Вып. 8. - С. 3-8]), з попередньо нанесеними на них інтерференційними фільтрами, довжина хвилі пропускання яких узгоджена з довжиною хвилі власного поглинання газу, різниці інтенсивності пройдених потоків, які від джерела інфрачервоного випромінювання проходять через робочий і опорний канали, в робочому каналі розміщено вимірювальну кювету (відкритий канал), і за зміною частоти електричних сигналів визначають концентрацію газу, згідно з винаходом вимірювальна кювета (відкритий канал) встановлюється в одне з плеч світлової лінії, причому через неї прокачують газ, що аналізується, другий канал - світловод, в якому втрати енергії випромінювання рівні нулю, вимірювання різниці поглинання інтенсивності випромінювання на виході каналів і перетворення БІЗПІНами в різницю частот електричних сигналів, джерелом інфрачервоного випромінювання є напівпровідникове джерело інфрачервоного випромінювання, а концентрація газу визначається із співвідношення:

$$C_x = \frac{1}{\alpha l_1} \ln \frac{\Delta f_1}{\Delta f_2}$$

де C_x - концентрація газу, що аналізується;

α - коефіцієнт поглинання газу, що аналізується, який і залежить від ступеня узгодження спектрів поглинання газу, спектральної характеристики джерела інфрачервоного випромінювання і спектральної чутливості приймача інфрачервоного випромінювання;

l_1 - довжина вимірювальної кювети (відкритого каналу);

Δf_1 , Δf_2 - зміна частоти БІЗПІН-приладів при попаданні на них потоку випромінювання, що пройшов через вимірювальну кювету (відкритий канал) і опорний канал з довжинами l_1 , l_2 відповідно.

Вимірювання концентрації газів в широкому діапазоні з заданою точністю і чутливістю, досягається за рахунок того, що газ прокачується через вимірювальну кювету (відкритий канал), яка знаходиться в одному з робочих плечей, друге плече являє собою волоконно-оптичну лінію зв'язку втратами енергії випромінювання в якій можна знехтувати, в процесі обробки частоти електричних сигналів з виходів приймачів інфрачервоного випромінювання (БІЗПІН-приладів). Частотний вихід сигналів, відсутність дзеркала та блоку електричної модуляції, зменшення розмірів приладу, а також можливість роботи з відкритим каналом вимірювання суттєво збільшує надійність, забезпечує універсальність даного способу.

На кресленні наведена функціональна схема реалізації даного способу.

Запропонований спосіб реалізується таким чином.

Джерело 1 інфрачервоного випромінювання, створює потік випромінювання Φ_0 , який надходить на світловод 2, оптичний розгалужувач 3, світловод 4, вимірювальну кювету 5 (відкритий канал), фотоприймачі 6, з яких частотні сигнали надходять на гетеродин 7 і блок обробки частоти 8. Величина ослабленого потоку випромінювання Φ_1 , що пройшов через вимірювальну кювету (відкритий канал) 5 може бути визначена за законом Бугера-Ламберта-Бера:

$$\Phi_1 = \Phi_0 e^{-\alpha C_x l_1} \quad (1)$$

де Φ_0 - величина потоку інфрачервоного випромінювання на вході вимірювальної кювети (відкритий канал) 5;

Φ_1 - величина потоку інфрачервоного випромінювання на виході вимірювальної кювети (відкритий канал) 5;

α_1 - коефіцієнт поглинання газу, що аналізується і залежить від ступеня узгодження спектрів поглинання газу, спектральної характеристики джерела інфрачервоного випромінювання і спектральної чутливості приймача інфрачервоного випромінювання;

C_{x1} - концентрація газу, що аналізується;

l_1 - довжина вимірювальної кювети (відкритий канал) 5.

Величина ослабленого потоку випромінювання Φ_2 , що пройшов через світловод 4 може бути визначена за законом Бугера-Ламберта-Бера:

$$\Phi_2 = \Phi_0 e^{-\alpha_2 C_{x2} l_2} \quad (2)$$

де Φ_0 - величина потоку інфрачервоного випромінювання на вході світловода 4;

Φ_2 - величина потоку інфрачервоного випромінювання на виході світловода 4;

α_2 - коефіцієнт поглинання світловода;

l_2 - довжина світловода 4.

Потоки випромінювання Φ_1 і Φ_2 , при попаданні інфрачервоного випромінювання відповідно на приймачі, створюють на їх виходах, пропорційно до ступеня ослаблення потоків, різницю частот Δf_1 і Δf_2 , яка в свою

чергу пропорційна концентрації газу, що аналізується.

Приймаючи до уваги (1) і (2) і враховуючи, що коефіцієнт згасання для кварцових світловодів прямує до нуля ($2 \cdot 10^{-4}$ дБ/м), отримаємо співвідношення:

$$\Delta f_1 = \frac{1}{\Delta \tau_1 n} \approx \Phi_1,$$

$$\Delta f_2 = \frac{1}{\Delta \tau_2 n} \approx \Phi_2,$$

де τ - час накопичення заряду;

Φ - величина світлового потоку;

n - об'єм n області БІЗПІНа.

Приймаючи до уваги, що втрати в світловоді порядку 0,14 дБ/км на частотах власного поглинання газу [Мидвентер Д.Э. Волоконные световоды для передачи информации. - М.: Радио и связь, 1983. - 336 с.] рівняння (2) матиме вигляд:

$$\Phi_2 = \Phi_0 \quad (3)$$

Використовуючи формули (1) і (3) отримаємо наступне співвідношення:

$$\frac{\Phi_1}{\Phi_2} = \frac{\Delta f_1}{\Delta f_2} = \frac{\Phi_0 e^{-\alpha_1 C_{x1} l_1}}{\Phi_0}$$

або

$$\frac{\Delta f_1}{\Delta f_2} = e^{-\alpha_1 C_{x1} l_1},$$

або

$$\ln \frac{\Delta f_1}{\Delta f_2} = -\alpha_1 C_{x1} l_1.$$

Отримаємо:

$$C_{x1} = \frac{1}{\alpha_1 l_1} \ln \frac{\Delta f_1}{\Delta f_2} \quad (4)$$

Отже, концентрація газу, що аналізується визначається формулою (4). Наявність БІЗПІН-приладів та світловодів підвищує надійність, значно зменшує розміри приладу, спрощує встановлення концентрації газу, що аналізується, і підвищує надійність запропонованого способу.

