



УКРАЇНА

(19) UA (11) 40243 (13) U
(51) МПК (2009)
G01J 3/00
G01N 21/01

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ АНАЛІЗУ РЕЧОВИНИ

1

(21) u200813534
(22) 24.11.2008
(24) 25.03.2009
(46) 25.03.2009, Бюл. № 6, 2009 р.
(72) КОЗУБОВСЬКИЙ ВОЛОДИМИР РОСТИСЛА-
ВОВИЧ, UA
(73) ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
"УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИ-
ТЕТ", UA
(57) 1. Пристрій для аналізу речовини, що містить
оптично зв'язані джерело випромінювання, бага-
тоходову оптичну кювету, яка включає в себе пе-
рше дзеркало з максимальним коефіцієнтом від-
биття, в якому є вхідний отвір, друге дзеркало з
вихідним отвором, фотоприймач випромінювання,
який **відрізняється** тим, що він додатково містить
оптичну систему збору на фотоприймач $(N_{\text{опт}}+1)/2$
оптичних променів, де $N_{\text{опт}}$ - оптимальна кількість
їх проходів в кюветі для мінімально вимірюваної
концентрації $X_{\text{мін}}$ аналізованої речовини в ній, при
цьому оптична система збору розміщена між дру-
гим дзеркалом і фотоприймачем випромінювання,
а її світловий діаметр більший за відстань між вхі-

2

дним і вихідним отворами, при цьому друге дзе-
ркало виконане напівпрозорим з оптимальним кое-
фіцієнтом відбиття $R_{\text{опт}} = \exp(-(2X_{\text{KL}}/(NX_{\text{KL}}-1)))$, де K -
коефіцієнт поглинання аналізованої речовини, L -
геометрична довжина багатоходової кювети, N -
кількість проходів променя в кюветі, X - концент-
рація аналізованої речовини в кюветі.

2. Пристрій для аналізу речовини за п. 1, який **від-
різняється** тим, що $N_{\text{опт}} = 1/X_{\text{мін}}KL \cdot \Delta\Phi_{\text{мін}}/\Phi$, де
 $\Delta\Phi_{\text{мін}}/\Phi$ - відносна зміна світлового потоку, що ви-
никає при проході через кювету випромінювання,
яка не може бути менша за встановлену величину,
що легко реєструється.

3. Пристрій для аналізу речовини за п. 1, який **від-
різняється** тим, що як джерело випромінювання
використовується одномодовий лазер, у якому
одне з дзеркал встановлено на модуляторі, який
сканує довжину резонатора на величину $\lambda/2$, при-
чому міжмодовий інтервал $\Delta c/2$ λ більший за
ширину $\Delta\nu$ лінії підсилення активного середовища
 $\Delta > \Delta\nu$, де C - швидкість світла, λ - довжина резо-
натора лазера.

Корисна модель відноситься до області оптич-
ного приладобудування, зокрема, до приладів
аналізу речовини і може бути використаний для
аналізу газів у спектральному діапазоні та бага-
тох інших речовин, лінії поглинання яких співпа-
дають із лініями генерації лазерних джерел ви-
промінювання.

Відомий пристрій для аналізу речовини [1],
який включає в себе лазерне джерело випроміню-
вання, оптичну кювету, фотоприймач, двоканальну
систему реєстрації.

Недоліком даного технічного рішення є низька
чутливість, вузький діапазон вимірюваних концен-
трацій внаслідок неможливості зміни кількості про-
ходів променя в досліджуваній речовині при пере-
ході до іншого діапазону концентраційних
вимірювань.

Відомий пристрій для аналізу речовини [2],
який включає в себе джерело випромінювання,

багатоходову оптичну кювету, яка містить два
плоских дзеркала, вхідну і вихідну щілини, фото-
приймач випромінювання, при цьому одне з дзе-
ркал встановлено на механізмі повздовжнього пе-
реміщення для зміни кількості проходів променя.

Недоліком даного технічного рішення є склад-
на конструкція кювети пристрою, зміна просторо-
вої орієнтації променя при перемиканні концен-
траційного діапазону, що призводить до додаткової
похибки вимірювання.

Завдання корисної моделі - підвищення точно-
сті, чутливості, розширення діапазону концентра-
ційних вимірів, спрощення конструкції пристрою з
перемиканням кількості проходів променя в аналі-
зованій речовині.

Поставлене завдання досягається тим, що
пристрій для аналізу речовини який містить оптич-
но зв'язані джерело випромінювання, багатоходову
оптичну кювету, яка включає в себе перше дзе-

(13) U

(11) 40243

(19) UA

рвало з максимальним коефіцієнтом відбиття і в якому є вхідний отвір, друге дзеркало з вихідним отвором, фотоприймач випромінювання, відрізняється тим, що він додатково містить оптичну систему збору на фотоприймач $(N_{\text{опт}}+1)/2$ оптичних променів, де $N_{\text{опт}}$ - оптимальна кількість їх проходів в кюветі для мінімально вимірюваної концентрації X_{min} аналізованої речовини в ній, при цьому оптична система збору розміщена між другим дзеркалом і фотоприймачем випромінювання, а її світловий діаметр більший за відстань між вхідним і вихідним дзеркалом, при цьому друге дзеркало виконане напівпрозорим з оптимальним коефіцієнтом відбиття $R_{\text{опт}} = \exp(-2XKL/(NXKL-1))$, де K - коефіцієнт поглинання аналізованої речовини, L - геометрична довжина багатоходової кювети, N - кількість проходів променя в кюветі, X - концентрація аналізованої речовини в кюветі.

При цьому $N_{\text{опт}} = 1/X_{\text{min}}KL \cdot \Delta\Phi_{\text{min}}/\Phi$, де $\Delta\Phi_{\text{min}}/\Phi$ відносна зміна світлового потоку що виникає при проході через кювету випромінювання, яка не може бути менше за встановлену величину, що легко реєструється.

При цьому в якості джерела випромінювання використовується одномодовий лазер у якому одне з дзеркал встановлено на модуляторі, який сканує довжину резонатора на величину $\lambda/2$ причому міжмодовий інтервал $\Delta = c/2\Lambda$ більший за ширину $\Delta\nu$ лінії підсилення активного середовища $\Delta > \Delta\nu$, де c - швидкість світла, Λ - довжина резонатора лазера.

Суть корисної моделі пояснюється кресленнями. На Фіг.1 зображена будова багатоходової кювети; на Фіг.2 - пристрій для аналізу речовини на основі багатоходової кювети та одномодового He-Ne лазера з амплітудною модуляцією.

Пристрій для аналізу речовини містить джерело випромінювання 1 - He-Ne лазер, що працює на довжині хвилі $\lambda = 3,3922 \text{ мкм}$. з шириною лінії підсилення $\Delta\nu = 800 \text{ МГц}$ і з довжиною резонатора $\Lambda = 15 \text{ см}$, одне з дзеркал якого встановлено на модуляторі 14; багатоходову кювету 4 з аналізованою речовиною, що складається із плоского дзеркала 2 з коефіцієнтом відбиття, близьким до одиниці і з вхідним отвором (прозора частина дзеркала, вільна від напilenня), виконаним на дзеркалі 2, плоского напівпрозорого дзеркала 3 з коефіцієнтом відбиття R і з вихідним отвором, виконаним на дзеркалі 3, першого об'єктива 6 робочого каналу, у фокусі якого перебуває чутлива площадка першого фотоприймача 7, який розміщений у охолоджувальному термостаті 22; поворотні дзеркала 5, які направляють лазерне випромінювання у робочий і опорний канали, другий об'єктив 6 опорного каналу, який фокусує випромінювання на другий фотоприймач 7 опорного каналу, попередні підсилювачі сигналів 8 робочого та опорного каналів, основні підсилювачі 9, синхронні детектори 10, аналого-цифровий перетворювач (АЦП) 11, постійно запам'ятовуючий пристрій (ПЗП) 12, де записано градування пристрою, індикатор 13, керуючий генератор 15 пилоподібної напруги для зміни оптичної довжини резонатора на величину $\lambda/2$, формувач 17, формувач 16, фа-

зовий детектор 18, підсилювач постійного сигналу (ППС) 19, терморегулятор 20, задатчик температури 21.

Пристрій для аналізу речовини працює у такий спосіб. Випромінювання від He-Ne лазера 1 надходить у робочий канал через перше напівпрозоре поворотне дзеркало 5 і через вхідний отвір дзеркала 2 в багатоходову кювету 4 з досліджуваною речовиною, концентрація якої дорівнює X . Кількість ходів у кюветі встановлюється зміною кута θ , під яким промінь входить у неї. Ця кількість вибирається таким чином, щоб при мінімальній концентрації X_{min} аналізованої речовини відносна зміна світлового потоку $\Delta\Phi_{\text{min}}/\Phi$ що виникає при цьому, була не менше встановленої величини, що легко реєструється (скажімо, $\Delta\Phi_{\text{min}}/\Phi = 0,005$).

Тут:

$$\Phi = \Phi_0 \{ (1-R) \exp(-2XKL) + R(1-R) \exp(-4XKL) + R(1-R) \exp(-6XKL) + R(1-R) \exp(-8XKL) + \dots + R(1-R) \exp[-(N-1)XKL] + R \exp(-NXKL) \}, \quad (1)$$

світловий потік на виході багатоходової кювети, що надходить через напівпрозоре дзеркало $[(N-2)/2]$ промені і через вихідний отвір дзеркала 3.

Знаючи параметри аналізованого середовища (K, X), можна знайти необхідну кількість ходів. Дійсно:

$$X_{\text{min}} = 1/NKL \cdot \Delta\Phi_{\text{min}}/\Phi. \quad (2)$$

Звідси:

$$N_{\text{опт}} = 1/X_{\text{min}}KL \cdot \Delta\Phi_{\text{min}}/\Phi. \quad (3)$$

У випадку аналізу $\text{C}_3\text{H}_8\text{-K} \sim 10,8 \text{ см}^{-1} \cdot \text{атм}^{-1}$ і при $L = 8 \text{ см}$, $X_{\text{min}} = 10^{-5}$ одержимо $N = 6$.

Знаючи оптимальне значення N можна визначити і оптимальний коефіцієнт відбиття напівпрозорого дзеркала. Дійсно, аналізуючи величину світлового потоку, що надходить через вихідний отвір дзеркала 3, одержимо значення $N_{\text{опт}}$:

$$N_{\text{опт}} = 1/XKL - 2/\ln R. \quad (4)$$

Звідси:

$$R_{\text{опт}} = \exp(-2XKL/(NXKL-1)). \quad (5)$$

Промінь, що надходить через вихідний отвір і промені, що виходять через дзеркало 3, паралельні між собою. Вони відбиваються від другого поворотного дзеркала 5 і легко фокусуються (збираються) об'єктивом 6 на чутливу площадку першого фотоприймача 7 (фоторезистор PbSe). Зі збільшенням концентрації X , частка випромінювання, що надходить через вихідний отвір, зменшується й кількість ходів променя стає рівним: $N-2$, $N-4$ і т.д. Тобто зі зміною концентрації X здійснюється автоматичне перемикання кількості ходів променя в кюветі.

Частина випромінювання ($\sim 36\%$) від лазера 1 відбивається від першого поворотного дзеркала 5 і надходить в опорний канал і за допомогою другої лінзи 6 фокусується на площадку другого фотоприймача 7. Робочий і опорний сигнали, що знімаються з фотоприймачів 7, надходять на попередні підсилювачі 8, основні підсилювачі 9, детектуються синхронними детекторами 10 і подаються на входи АЦП 11. Опорний сигнал використовується як опорна напруга АЦП і, таким чином, береться відношення робочого й опорного сигналів, і це відношення перетворюється однозначно в цифрове значення. Сигнал з АЦП подається

в ПЗП 12, де було записано градування пристрою. Оброблений у такий спосіб сигнал відповідає еквівалентній концентрації пропану й висвітлювався на індикаторі 13.

Для модуляції лазерного випромінювання одне із дзеркал лазера 1 (глухе) встановлюється на модуляторі 14, що представляє собою п'єзокоректор КП-1. При подачі пилоподібної напруги певної амплітуди від генератора 15 відбувається зміна оптичної довжини резонатора на величину $\lambda/2$. Оскільки лазер є одночастотним генератором при довжині резонатора $\lambda=150\text{мм}$ (міжмодовий інтервал $\Delta=c/2\lambda=1000\text{МГц}$ - більше ширини лінії підсилення активного середовища), то сканування довжини резонатора на $\lambda/2$ приводить до 100% амплітудної модуляції випромінювання (мода періодично виходить за контур посилення лазера). Фаза цього модульованого випромінювання змінюється в часі внаслідок теплового дрейфу резонатора, що може привести до зміни потужності випромінювання. Для усунення цього дрейфу була застосовується система фазового підстроювання по сигналу керуючого генератора 15. Опорний сигнал генератора 15, сформований у формувачі 17, робочий сигнал з підсилювача 8, сформований у формувачі 16, надходять у фазовий детектор 18.

При відмінності фаз сигналів, що надходять на детектор 18, з'являється постійна напруга, що підсилюється ППС 19 і подається на модулятор 14, міняючи його робочу точку до збігу фаз сигналів.

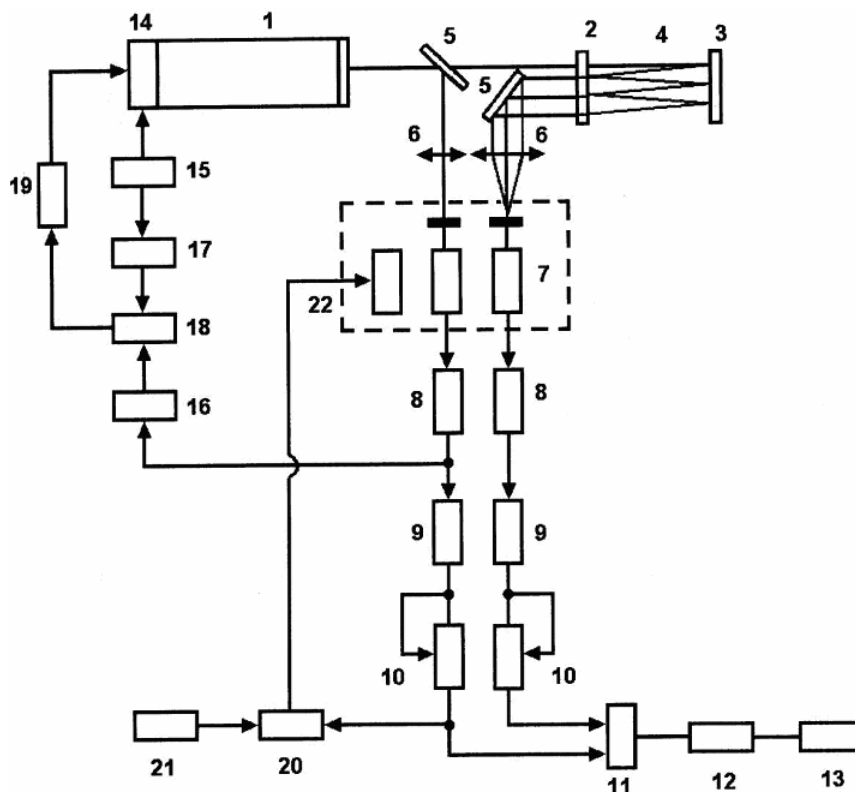
З метою термостабілізації фотоприймачів 7, вони розміщені в термостаті, який охолоджується мікроохолоджувачем 22 (ТЭМО-3). Як датчик температури термостата використовується фотоприймач опорного каналу, а більш точно - залежність його вольт-амперної чутливості від температури. При цьому як опорна напруга терморегулятора 20 використовується напруга задатчика температури 21, а як робоча напруга - постійна напруга опорного каналу системи реєстрації. Різниця цих двох напруг подається на вхід терморегулятора 20, що управляє величиною струму через мікроохолоджувач до вирівнювання робочої і опорної напруг.

Таким чином, використання в пропонованому пристрої багатоходової кювети та лазерного джерела випромінювання запропонованої конструкції підвищує точність та чутливість аналізу, дозволяє розширити діапазон вимірюваних концентрацій, спростити конструкцію пристрою.

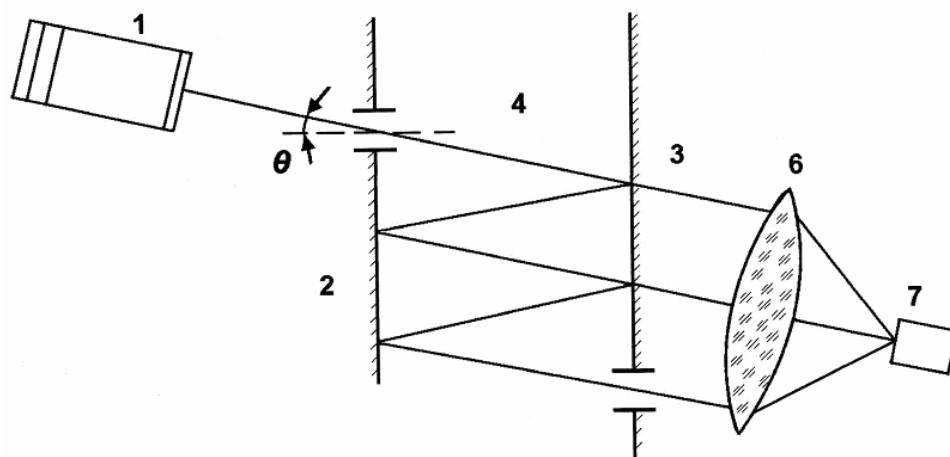
Подібний пристрій для аналізу речовини може бути використаний для аналізу таких газів як насичені вуглеводні, CO_2 , NO , H_2S в інфрачервоному спектральному діапазоні і багатьох інших газів, речовин лінії поглинання яких співпадають з лініями генерації лазерних джерел випромінювання.

Література:

1. Заявка №59-47251 Японія МКИ G01J3/42 Пристрій для вимірювання концентрації газу. 1984.
2. А.с. 713245 СССР МКИ G01N21/24, J3/02 Многоходовая оптическая кювета. 1979. - прототип.



Фиг. 1



Фіг. 2