



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA**

(11) **102597**

(13) **C2**

(51) МПК

G01N 21/61 (2006.01)

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(21) Номер заявки: **а 2011 11927**

(22) Дата подання заявки: **11.10.2011**

(24) Дата, з якої є чинними
права на винахід: **25.07.2013**

(41) Публікація відомостей
про заяву: **25.06.2012, Бюл.№ 12**

(46) Публікація відомостей
про видачу патенту: **25.07.2013, Бюл.№ 14**

(72) Винахідник(и):

**Козубовський Володимир
Ростиславович (UA)**

(73) Власник(и):

**ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ
ЗАКЛАД "УЖГОРОДСЬКИЙ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ",
вул. Підгірна, 46, м. Ужгород, 88000 (UA)**

(56) Перелік документів, взятих до уваги
експертизою:

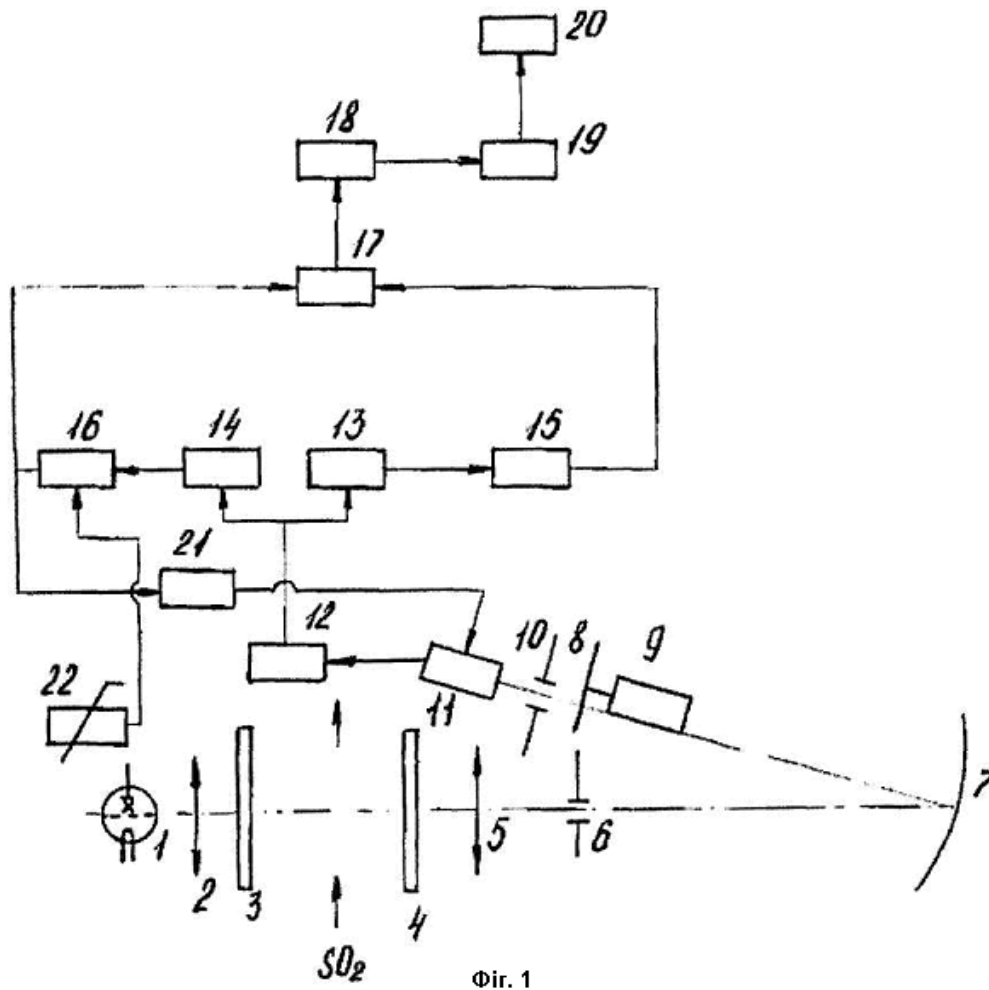
SU 1518732 A1; 30.10.1989;
SU 1559875 A1; 30.09.1991;
SU 1182345 A; 30.09.1985;
UA 36584 U; 27.10.2008;
RU 97119227 A; 27.08.1999;
RU 71437 U1; 10.03.2008;
RU 2032896 C1; 10.04.1995;
US 5713364; 03.02.1998;
JP 59192938; 01.11.1984;
JP 6086454; 16.05.1985;

(54) СПЕКТРОМЕТР

(57) Реферат:

Винахід належить до області оптичного приладобудування і може бути використаний у газоаналітичних приладах викидів теплових електростанцій та промислових підприємств в яких присутні гази, що мають періодичну структуру в УФ та видимій області спектра. Спектрометр містить джерело випромінювання, конденсорну систему, кювету для аналізованої газової суміші, поліхроматор з вхідною та вихідною щілиною, з можливістю сканування спектра, приймач випромінювання, резонансний підсилювач та діафрагму. Технічним результатом винаходу є зменшення похибки вимірів внаслідок зміщення спектра аналізованого газу у вихідній площині спектрометра.

UA 102597 C2



Фиг. 1

Винахід належить до області газового аналізу і може бути використаний при аналізі газових сумішей, спектр поглинання або випромінювання яких має періодичну, або квазіперіодичну структуру.

Відомий спектрометр, який містить оптично зв'язані джерело випромінювання, конденсорну систему, кювету для аналізованої газової суміші, поліхроматор з вхідною щілиною й вихідною щілиною, установленою з можливістю сканування спектра, приймач випромінювання, а також резонансний підсилювач для виділення корисного сигналу з резонансною частотою $f_p = \Delta\lambda / D \cdot N$, де $\Delta\lambda$ - спектральний діапазон, що сканується, D - період структури аналізованого газу, N - швидкість сканування спектрального діапазону, з'єднаний із приймачем випромінювання і в якому сканування досліджуваного спектра відбувається за допомогою вихідної щілини, яка закріплена на приводі і обертається з великою швидкістю N [1].

Такий спектрометр має значні похибки виміру внаслідок неконтрольованого зміщення у площині вихідної щілини спектрометра спектра, що сканується.

Задачею винаходу є зменшення похибки вимірів скануючого спектрометра.

Поставлена задача вирішується тим, що спектрометр, що містить оптично зв'язані джерело випромінювання, конденсорну систему, кювету для аналізованої газової суміші, поліхроматор з вихідною щілиною, установленою з можливістю сканування спектра, приймач випромінювання, а також резонансний підсилювач, з'єднаний із приймачем випромінювання, резонансна частота якого $f_p = \Delta\lambda / D \cdot N$, де $\Delta\lambda$ - спектральний діапазон що сканується, D - період структури аналізованого газу, N - швидкість сканування спектрального діапазону, який, згідно з винаходом, відрізняється тим, що містить додаткову діафрагму, спектральна ширина якої дорівнює $\Delta\lambda_d = mD$ і яка розміщена у площині вихідної щілини поліхроматора, а m - є цілим числом.

Суть винаходу пояснюється кресленнями. На Фіг. 1 зображена структурна схема спектрометра, на Фіг. 2 - сканування спектра поглинання SO_2 у вихідній площині спектрометра за допомогою вихідної щілини, що обертається і виділення за допомогою додаткової діафрагми ділянки спектра, що сканується, на Фіг. 3 - зміна величини корисного сигналу при скануванні $(4+0,5)$ періодів структури спектра аналізованого газу (а) та $(4+2 \cdot 0,25)$ (б).

Спектрометр містить джерело випромінювання 1, коліматорну лінзу 2, що формує світловий потік, кювету з вікнами 3,4, що містить аналізовану газову суміш, об'єктив 5, який фокусує випромінювання в площину вхідної щілини 6 поліхроматора. Поліхроматор складається з дифракційної решітки 7 і скануючої вихідної щілини 8, установленої на осі привода 9. Для вибору ділянки спектра, яка сканується, служить діафрагма 10. Система реєстрації містить фотопомножувач 11, попередній підсилювач 12, резонансний підсилювач, настроєний на частоту сканування 13, резонансний підсилювач, настроєний на частоту $f_p = \Delta\lambda / D \cdot N$ 14, детектори 15, 16, аналого-цифровий перетворювач (АЦП) 17, постійно запам'ятовуючий пристрій (ПЗП) 18, блок виводу інформації 19, блок індикації 20, блок живлення ФЕП 21, датчик температури 22.

Спектрометр працює у такий спосіб. Потік випромінювання від дейтерієвої лампи 1 типу ДДС-30 формується за допомогою конденсора 2 і направляється в кювету, сформовану вікнами 3, 4 з аналізованою газовою сумішшю. Газова проба може надходити в кювету як внаслідок використання системи пробовідбору, так і природної дифузії через металокерамічний кожух, у який вона може встановлюватися. За допомогою об'єктива 5 випромінювання фокусується на вхідну щілину 6 монохроматора і заповнює увігнуту дифракційну решітку 7. Дифракційна решітка розкладає по спектру падаюче випромінювання і фокусує його на вихідну рухливу щілину 8. Вихідні щілини 8 нарізані на диску за його радіусом. Загальна кількість нарізаних щілин дорівнює 20. Диск встановлений на осі синхронного двигуна 9. Якщо у кюветі присутній SO_2 , то у фокальній площині решітки спостерігається його спектр поглинання. Діафрагма 10 обмежує величину сканованої ділянки спектра, рівної цілому числу періодів спектру SO_2 в області (210-230) нм (див. Фіг. 2). На цій ділянці спектра можуть бути присутні 10 максимумів поглинання SO_2 .

Щілини 8 на диску нарізані таким чином, щоб i -та щілина, закінчивши сканування спектра SO_2 , вийшла за межі діафрагми 10, а $(n+1)$ -ша увійшла. Таким чином, при обертанні диска відбувається безперервне сканування спектра SO_2 в спектральному діапазоні (210-230) нм. Як приймач випромінювання 11 використовується сонячно-сліпий ФЕП. Сигнал з фотоприймача 11 надходить на попередній підсилювач 12. Оскільки тільки частина випромінювання поглинається SO_2 в зазначеному діапазоні довжин хвиль, то з ФЕП знімається як високочастотна V_+ складова сигналу (внаслідок наявності структури спектра), так і низькочастотна V_- складова сигналу, яка визначається частотою сканування спектра.

Форма сигналу, що знімається з ФЕП після підсилення у попередньому підсилювачі 12 зображена на Фіг. 2. Величина низькочастотної складової V_- залежить від концентрації в газозоді SO_2 і інших поглинаючих випромінювання в цій області спектра компонентів, від

параметрів джерела випромінювання та ФЕП. Тобто в ній міститься корисна інформація, яка може бути використана при обробці сигналів. Тому V_+ , V_- підсилюються відповідними підсилювачами 13,14, детектуються детекторами 15, 16 і подаються на вхід АЦП 17. У АЦП величина V_+ використовується як опорна напруга, а V_- надходить на інформаційний вхід. Таким чином в АЦП відбувається перетворення аналогових сигналів в цифрову форму і одночасно береться відношення V_-/V_+ . Сигнал з АЦП надходить в ПЗП 18, де записана залежність концентрації аналізованого газу (SO_2) від відношення сигналів робочого і опорного каналів і далі в блок виводу інформації 19. Блок виводу інформації розподіляє інформацію у відповідній формі між блоком індикації 20, виходом на цифро-друкуєчий пристрій (ЦДП), виходом на самописець. У блоці індикації 20 здійснюється динамічна індикація результатів вимірювання на трирозрядному світлодіодному індикаторі. Для врахування залежності показів аналізатора від його температури встановлений датчик температури 22 (термоопір), з'єднаний зі схемою компенсації нуля детектора. У залежності від температури аналізатора, змінюється величина корисного сигналу, що надходить на інформаційний вхід АЦП 17.

Оскільки на опорний канал АЦП має подаватися певне значення постійної напруги (~ 10 В), величина низькочастотної складової F_+ , що надходить на АЦП, підтримується на цьому рівні за рахунок регулювання підсилення ФЕП за допомогою ланцюга зворотного зв'язку, що включає блок живлення ФЕП 21. Таким чином, при зміні величини низькочастотної складової сигналу V_+ , викликаному поглинанням SO_2 в кюветі, запиленістю оптичних елементів, зростає напруга на ФЕП, не перевищуючи допустимого значення. Інші блоки живлення (лампи ДДС-30, електроніки) на Фіг. 1 не показані.

Щодо вибору області аналізу SO_2 - (210-230) нм, то вона обумовлена спектральними характеристиками вибраної елементної бази (ФЕП-142, лампи ДДС-30), а також відносно невеликим інтегральним поглинанням SO_2 в цій області.

При середньоквадратичному детектуванні корисного сигналу, що зазвичай прийнято в газоаналітичних приладах, його величина визначається площею, що знаходиться під обвідною корисного сигналу. При цьому ця площа залежить, при нецілому числі сканованих періодів D структури спектра смуги поглинання, від початкової фази (початкової довжини хвилі) сканування. Дійсно, нехай, наприклад, сканується $m=4,5$ періодів D структури спектра NH_3 . При незначних концентраціях NH_3 в кюветі сканований спектр може бути представлений у вигляді позитивних напівперіодів синусоїди. Тоді сигнал, що знімається з ФЕП, може бути записаний у вигляді:

$$I(t) = \begin{cases} I_0 \sin \pi t / \tau, & \text{при } 2n\tau < t < (2n+1)\tau \\ -I_0 \sin \pi t / \tau, & \text{при } (2n+1)\tau < t < 2(n+1)\tau \end{cases} \quad (1)$$

де $n=0, 1, 2 \dots k$; $\tau = D / \Delta \lambda f_0$ - період сигналу, що відповідає періоду структури, досліджуваного газу; f_0 - частота сканування спектральної ділянки $\Delta \lambda_d = mD$.

Зазвичай досліджувана ділянка спектра виділяється діафрагмою 10, спектральна ширина якої дорівнює $\Delta \lambda_d$ і розміщеної у площині вихідної щілини (в безпосередній її близькості). Тоді, у разі зміни положення спектра щодо діафрагми, можливий випадок, коли сканується 4 цілих періоди структури спектра і 0,5 періоду, або коли сканується 4 цілих періоди і два по 0,25 періоди (див. Фіг. 3). У першому випадку величина сигналу після детектування буде дорівнювати:

$$I_1 = 4I_0 \int_0^{\tau} \sin \pi t / \tau dt + I_0 \int_0^{\tau/2} \sin \pi t / \tau dt = 9I_0 \tau / \pi \quad (2)$$

у другому:

$$I_2 = 4I_0 \int_0^{\tau} \sin \pi t / \tau dt + 2I_0 \int_0^{\tau/4} \sin \pi t / \tau dt = 8,6I_0 \tau / \pi \quad (3)$$

Таким чином, відносна зміна сигналу при зсуві спектра досліджуваного газу щодо діафрагми дорівнюватиме:

$$\Delta = (I_1 - I_2) / I_{cp} \cdot 100 \% = 4,5 \% \quad (4)$$

$$\text{де } I_{cp} = (I_1 + I_2) / 2.$$

Такі коливання корисного сигналу призводять до значних похибок вимірювання. Так, якщо максимальна концентрація досліджуваного газу дає ослаблення сигналу на 30 % (таке значення зазвичай вибирають для досягнення лінійності шкали приладу), то інструментальна похибка приладу при зазначених коливаннях корисного сигналу не може бути краще 15 %.

Легко бачити, що якщо m дорівнює цілому числу періодів структури спектра, наприклад $m=4$, то при будь-якому положенні спектра щодо діафрагми величина детектованого сигналу буде одна й та ж:

$$I_1 = I_2 = 4I_0 \int_0^{\tau} \sin \pi t / \tau dt = 8I_0 \tau / \pi \quad (5)$$

5 Тобто зміщення сканованої ділянки спектра досліджуваного газу, яка рівна цілому числу періодів структури цього спектра, щодо діафрагми, встановленої за вихідною щілиною, не призводить до появи додаткової похибки вимірювань. Таким чином, введення в пропонований спектрометр, призначений для

10 аналізу газових компонентів, вихідної діафрагми, що обмежує скановану ділянку спектра цілим числом періодів структури спектра аналізованого газу, підвищує його метрологічні параметри, що дозволяє розширити діапазон вимірюваних концентрацій, зменшити похибку вимірів. Подібний спектрометр може бути використаний для аналізу таких газів як SO_2 , NH_3 , NO у спектральному діапазоні 210-230 нм., а також O_3 у діапазоні 300 нм. і NO_2 у діапазоні (430-460) нм., та багатьох інших газів, що мають квазіперіодичну структуру спектра у визначеному

15 спектральному діапазоні.

Література:

1. А.с. 1518732 СССР МКИ G01N21/61 Корреляционный газоанализатор. 1985. - прототип.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

20

Спектрометр, що містить послідовно розташовані оптично зв'язані джерело випромінювання, конденсорну систему, кювету для аналізованої газової суміші, поліхроматор з вхідною щілиною й вихідною щілиною, установленою з можливістю сканування спектра, приймач випромінювання, що електрично зв'язаний з резонансним підсилювачем з резонансною частотою $f_0 = \Delta\lambda / D \cdot N$, де $\Delta\lambda$ - спектральний діапазон, що сканується, D - період структури аналізованого газу, N - швидкість сканування спектрального діапазону, з'єднаний із приймачем випромінювання, який **відрізняється** тим, що містить діафрагму, спектральна ширина якої дорівнює $\Delta\lambda_d = mD$ і яка розміщена у площині вихідної щілини поліхроматора, а m - є цілим числом.

25

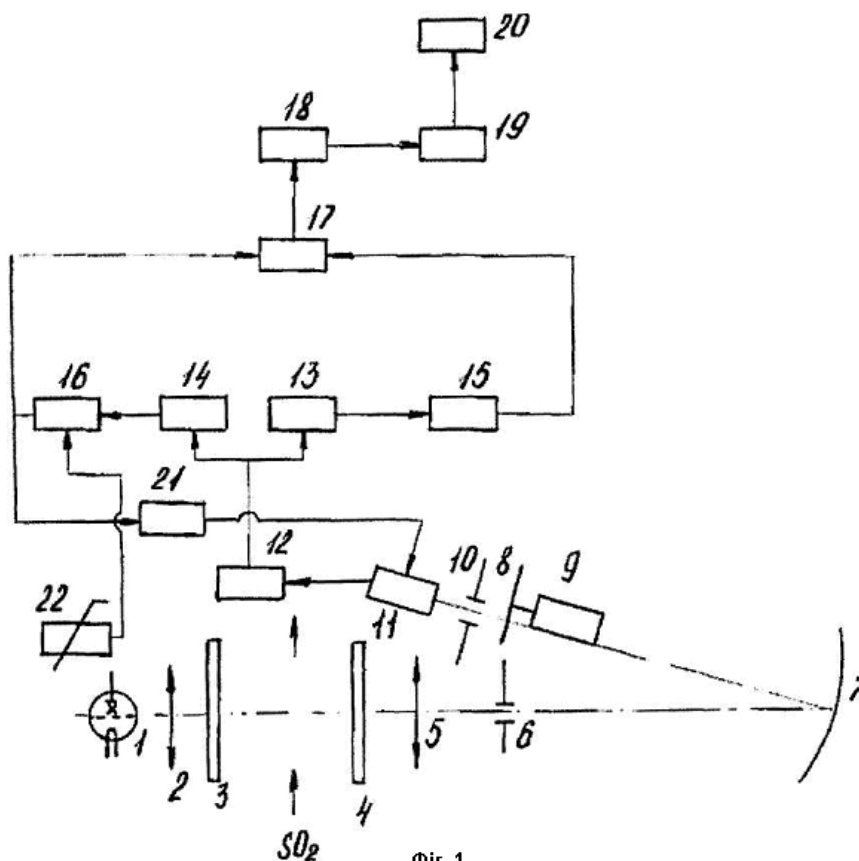
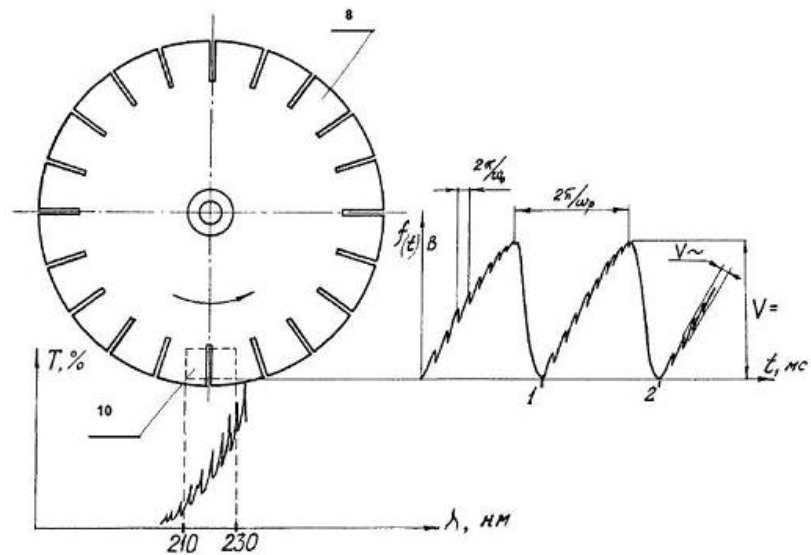
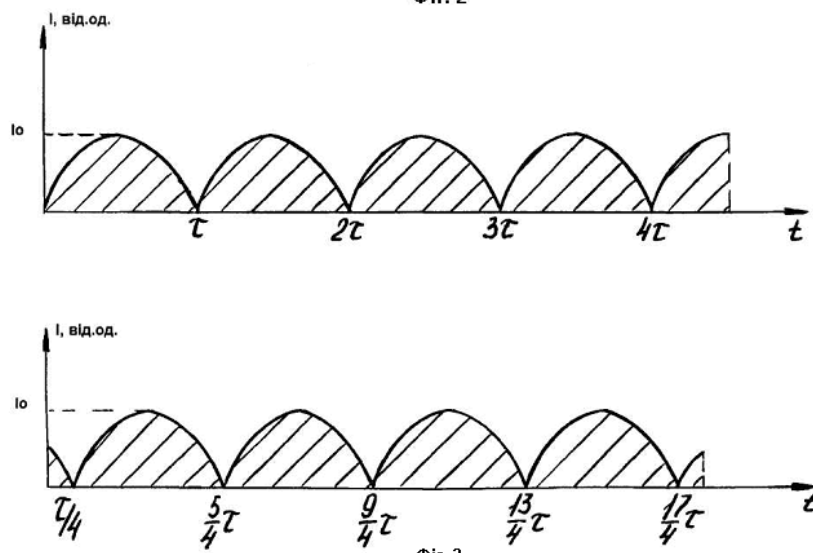


Fig. 1



Фіг. 2



Фіг. 3

Комп'ютерна верстка В. Мацело

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601