



УКРАЇНА

(19) UA (11) 52152 (13) A

(51) 6 G01N27/46

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВИНАХІДВидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ КИСНЮ В ГАЗАХ

1

2

(21) 2002021696

(22) 28 02 2002

(24) 16 12 2002

(46) 16 12 2002, Бюл. № 12, 2002 р.

(72) Василенко В'ячеслав Степанович, Дашковський Олександр Анастасійович, Дрьомов Сергій Тимофійович, Сморгач Володимир Іванович, Кривошей Валерій Іванович, Цокало Володимир Федорович

(73) АКЦІОНЕРНЕ ТОВАРИСТВО "УКРАНАЛІТ"

(57) Пристрій для вимірювання концентрації кисню в газах, що включає твердоелектролітний чутливий елемент з металевими електродами, що виконує функцію датчика температури терморегулятора та однієї із ланок невідновитого мосту змінного струму, виводи діагоналі живлення якого

з'єднані з виходом генератора робочої частоти, виводи діагоналі вихідного сигналу - з входом підсилювача, нагрівача, вузла вимірювання, сполучений з металевими електродами твердоелектролітного чутливого елемента, а також блок живлення, який відрізняється тим, що блок живлення виконаний по схемі з безтрансформаторним входом і містить в собі перший додатковий вихідний канал, підключений до нагрівача, та другий додатковий вихідний канал з послідовно включеним стабілізатором постійної напруги, в загальний ланцюг якого включений вихідний ланцюг підсилювача, а паралельно його регулюючому елементу - вимірювальний елемент вузла зворотного зв'язку блока живлення

Винахід відноситься до галузі газоаналітичного приладобудування і може бути використаний для вимірювання концентрації кисню в газах.

Відомі пристрої, що застосовуються для вимірювання концентрації кисню в газах.

Один із відомих пристроїв для вимірювання концентрації кисню в газах (див. патент Великобританії №1313508, кл. G01N 27/46, 1973) включає в себе твердоелектролітний чутливий елемент з електродами, датчик температури та регулятор температури. Суттєвими недоліками даного пристрою є висока похибка, оскільки регулюється температура не твердоелектролітного чутливого елемента, а термочутливого елемента, який являється датчиком температури, а також низька надійність в зв'язку з наявністю двох термочутливих елементів.

В другому відомому пристрої для вимірювання концентрації кисню в газах (див. авт. св. СРСР №636521, кл. G01N 27/46, 1978), який складається з твердо-електролітного чутливого елемента з електродами та регулятора температури, значно зменшена похибка вимірювання і підвищена надійність роботи шляхом введення в регулятор температури мосту змінного струму, функцію однієї ланки якого виконує твердоелектролітний чутливий елемент - датчик температури. Недоліками відомого пристрою є невисока точність вимірювання та малий ресурс роботи. Причиною недоліків є можливість появи мікрощлин у твердому електроліті внаслідок постачання на нагрівач в період виходу на робочий режим максимальної потужності від джерела живлення.

Третій із відомих пристроїв для вимірювання концентрації кисню в газах (див. авт. св. СРСР №1056034, кл. G01N 27/46, 1983), який включає твердоелектролітний чутливий елемент з металевими електродами, що виконує функцію датчика температури терморегулятора та однієї із ланок невідновитого мосту змінного струму, генератор робочої частоти, підсилювач, мултивібратор, комутатор, нагрівач, та вимірювальний прилад, володіє більш високою точністю та характеризується значно більшим ресурсом роботи оскільки суттєво зменшена ймовірність появи мікрощлин у твердому електроліті за рахунок забезпечення поступового підвищення подачі на нагрівач потужності нагріву. Суттєвими недоліками пристрою є низька точність вимірювання та недостатньо високі експлуатаційні характеристики. Низька точність вимірювання пояснюється значним впливом коливань напруги мережі живлення на величину робочої температури твердоелектролітного чутливого елемента. Обмежені експлуатаційні характеристики

(19) UA (11) 52152 (13) A

ки пояснюються великим проміжком часу виходу пристрою на робочий режим

З відомих пристроїв для вимірювання концентрації кисню в газах більш близьким за технічною суттю й прийнятим за прототип (див. авт. св. СРСР №1259172, кл. G01N 27/46 1985) є пристрій для вимірювання концентрації кисню в газах, який включає твердоелектролітний чутливий елемент з металевими електродами, що виконує функцію датчика температури терморегулятора та однієї із ланок невідновного мосту змінного струму, виводи діагоналі живлення якого з'єднані з виходом генератора робочої частоти, виводи діагоналі вихідного сигналу - з входом підсилювача, нагрівача, вузла вимірювання, сполучений з металевими електродами твердоелектролітного чутливого елемента, а також блок живлення

Відомий пристрій для вимірювання концентрації кисню в газах має більш високу точність вимірювання, оскільки в ньому зменшений вплив коливань напруги живлення на величину робочої температури датчика, підвищений ресурс роботи та поліпшені експлуатаційні характеристики за рахунок забезпечення необхідного трьохетапного режиму нагріву нагрівача

Однак, суттєвими недоліками відомого пристрою для вимірювання концентрації кисню в газах, які обмежують його застосування, є складність схемного та конструкторського виконання, складність проектування, виготовлення та налагодження, недостатньо висока точність вимірювання, підвищені вага та габарити, висока вартість

Всі ці недоліки пояснюються складним виконанням та малою ефективністю роботи терморегулятора, обмеженими його функціональними можливостями, наявністю додаткового блока живлення

В основу винаходу поставлена задача створення пристрою для вимірювання концентрації кисню в газах, в якому шляхом спрощення виконання терморегулятора, підвищення ефективності роботи та розширення його функціональних можливостей значно спрощені схемне та конструкторське виконання, проектування, виготовлення та налагодження, підвищена точність вимірювання, знижені вага і габарити

Поставлена задача вирішується тим, що в пристрої для вимірювання концентрації кисню в газах, який включає твердоелектролітний чутливий елемент з металевими електродами, що виконує функцію датчика температури терморегулятора та однієї із ланок невідновного мосту змінного струму, виводи діагоналі живлення якого з'єднані з виходом генератора робочої частоти, виводи діагоналі вихідного сигналу - з входом підсилювача, нагрівача, вузла вимірювання, сполучений з металевими електродами твердоелектролітного чутливого елемента, а також блок живлення, останній виконаний по схемі з безтрансформаторним входом і містить в собі перший додатковий вихідний канал, підключений до нагрівача, та другий додатковий вихідний канал з послідовно включеним стабілізатором постійної напруги, в ланцюг загального виводу якого включений вихідний ланцюг підсилювача, а поміж його вхідним та вихідним

виводами - вимірювальний елемент вузла зворотнього зв'язку блока живлення

Блок живлення одночасно виконує декілька функцій: забезпечує нагрів твердоелектролітного чутливого елемента до робочої температури, підтримує з високою точністю робочу температуру твердоелектролітного чутливого елемента на заданому рівні при коливаннях напруги мережі живлення та зміні температури навколишнього середовища, а також забезпечує живлення електронних вузлів приладу

На фіг.1 показана схема запропонованого пристрою для вимірювання концентрації кисню в газах, на фіг.2, фіг.3 - діаграми напруг та струмів в ланцюгах, що пояснюють його роботу

Запропонований пристрій для вимірювання концентрації кисню в газах містить в собі твердоелектролітний чутливий елемент 1, металеві електроди 2, генератор 3 робочої частоти, резистори 4,5,6 невідновного мосту змінного струму, підсилювач 7, нагрівач 8, вузол 9 вимірювання та блок живлення, який складається з вхідного випрямляча 10, вхідного конденсатора 11, силового трансформатора 12 з колекторною 13, базовою 14 та вихідними 15,16,17,18 обмотками, перемікального транзистора 19, комутуючого транзистора 20, струмозадавачного резистора 21, діода 22, конденсатора 23, резистора 24, обмежуючого резистора 25, запускового резистора 26, допоміжного випрямляча 27 з ємнісним фільтром 28, основних вихідних каналів 29,30, першого 31 та другого 32 додаткових вихідних каналів, стабілізатор 33 постійної напруги, а також вузол зворотнього зв'язку, виконаний на оптоелектронному приладі 34, який містить в собі світлодіод 35, та фототранзистор 36

Виводи діагоналі живлення невідновного мосту змінного струму, ланки якого створені резисторами 4,5,6 та твердоелектролітним чутливим елементом 1 з електродами 2, з'єднані з вихідними виводами генератора 3 робочої частоти, виводи діагоналі вихідного сигналу - з вхідними виводами підсилювача 7. Вхід вузла 9 вимірювання підключений до металевих електродів 2 твердоелектролітного чутливого елемента 1. Вхідний випрямляч 10 призначений для випрямлення напруги мережі живлення і своїм виходом підключений до вхідного конденсатора 11, паралельно якому ввімкнений ланцюг, що складається з послідовно з'єднаних колекторної обмотки 13, переходу колектор-емітер перемікального транзистора 19 та струмозадавачного резистора 21, причому колектор перемікального транзистора 19 з'єднаний з кінцем колекторної обмотки 13, емітер - з виводом струмозадавачного резистора 21. Вивід початку базової обмотки 14 через ланцюг, який складається з послідовно з'єднаних діода 22, зашунтованого конденсатором 23, та резистора 24, підключений до бази перемікального транзистора 19 і колектора комутуючого транзистора 20. База комутуючого транзистора 20 через обмежувальний резистор 25 з'єднана з емітером перемікального транзистора 19. Запусковий резистор 26 включений поміж початком колекторної обмотки 13 та загальною точкою діода 22 та резистора 24. Перший додатковий вихідний канал 31 підключений до виводів

нагрівача 8, другий додатковий вихідний канал 32 одним виводом підключений до першого вихідного виводу підсилювача 7, а другим виводом з'єднаний з вхідним виводом стабілізатора 33 постійної напруги, загальний вивід якого підключений до другого вихідного виводу підсилювача 7. Світлодіод 35 оптоелектронного приладу 34 включений між вхідним та вихідним виводами стабілізатора 33 постійної напруги, колектор фототранзистора 36 оптоелектронного приладу 34 підключений до виходу допоміжного випрямляча, виконаного на діоді 27, який сполучений з початком базової обмотки 14, та на конденсаторі 28, який включений між катодом діода 27 та загальною шиною кінця базової обмотки 14, емітера комутуючого транзистора 20 та струмозадавального резистора 21, а емітер фототранзистора 36 з'єднаний з базою комутуючого транзистора 20. Основні вихідні канали 29, 60 призначені для живлення електронних елементів генератора 3 робочої частоти, підсилювача 7 та вузла 9 вимірювання.

Пристрій для вимірювання концентрації кисню в газах працює наступним чином.

Функцію регулювання температури твердоелектролітного чутливого елементу 1 виконує блок живлення з безтрансформаторним входом, виконаний згідно зі схемою одноканального зворотнього перетворювача. Після підключення напруги мережі живлення $U_{\text{живл}}$ конденсатор 11 через вхідний випрямляч 10 заряджається до напруги, яка забезпечує живлення перетворювача та його нормальну роботу. В цей момент перемикальний транзистор 19 відкривається базовим струмом, який протікає через запускарний резистор 26, і в подальшому входить в режим насичення під дією напруги базової обмотки 14, початок якої через ланцюг що складається з діода 22, конденсатора 23 та резистора 24 підключений до його бази, а кінець - через струмозадавальний резистор 21 - до його емітера. При цьому струм в колекторній обмотці 13 зростає по лінійному закону, а в магнітному полі силового трансформатора 12 відбувається накопичення енергії. Цей процес продовжується доти, доки зростаюча напруга на струмозадавальному резисторі 21 не досягне величини $U_{\text{сб20}}$, достатньої для відкривання комутуючого транзистора 20. Відкриття комутуючого транзистора 20 призводить до закриття перемикального транзистора 19 та припинення протікання струму в колекторній обмотці 13 силового трансформатора 12. Після цього напруги на обмотках силового трансформатора 12 змінюють свою полярність, відкриваються випрямні діоди вихідних каналів 29, 30, 31, 32, і енергія, накопичена в силовому трансформаторі 12, передається в кола навантажень вихідних каналів та одночасно забезпечує заряд конденсаторів вихідних каналів. Коли силовий трансформатор 12 звільняється від накопиченої в його магнітному полі енергії, відкривається перемикальний транзистор 19, і весь процес повторюється. Потужність та напруги вихідних каналів залежать від максимального значення струму колекторної обмотки 13. Шляхом відповідної зміни максимального струму колекторної обмотки 13 за допомогою ланцюга зворотнього зв'язку забезпечується поступовий нагрів нагрівача 8 та

твердоелектролітного чутливого елементу 1 до робочої температури, а також підтримання робочої температури твердоелектролітного чутливого елементу 1 на заданому рівні при коливаннях напруги живлення та зміні температури навколишнього середовища.

На фіг 2 приведено діаграми напруг на елементах та вузлах пристрою, які пояснюють процес нагріву твердоелектролітного чутливого елементу 1. Після включення приладу максимальна напруга розбалансу мосту (20-30) мВ, яка пропорційна електричному опору твердоелектролітного чутливого елементу 1 (R_1 фіг 2), з діагоналі невірноваженого мосту змінного струму надходить на вхід підсилювача 7. Величина електричного опору твердоелектролітного чутливого елементу 1 (R_1) обернено пропорційна температурі її нагріву (T_1 фіг 2). Підсилений вихідний сигнал живлення нагрівача 8 складає основну частину опорної напруги стабілізатора 33 постійної напруги, а падіння напруги на стабілізаторі 33 при цьому залежить від величини вихідного сигналу підсилювача 7, живить світлодіод 35 оптоелектронного приладу 34 вузла зворотнього зв'язку і цим визначає рівень сигналу зворотнього зв'язку, величину напруги живлення нагрівача 8 та температуру нагріву твердоелектролітного чутливого елементу 1. Вищевикладене характеризується наступними основними математичними формулами та виразами, які пояснюють роботу схеми, приведеної на фіг 1, в режимах нагріву твердоелектролітного чутливого елементу 1, фіг 2, та підтримання робочої температури нагріву, фіг 3.

$$I_{11} = (U_{\text{сб20}} - U_{25}) / R_{21} = [U_{\text{сб20}} - \{U_{20} / (R_{25} + R_{36})\} * R_{25}] / R_{21}, \quad (1)$$

$$R_{36} = I_{13} R_{24} = I_{13} (U_{13} + U_7), \quad (2)$$

$$U_8 = I_{13} = [U_{\text{сб20}} - \{U_{20} / (R_{25} + R_{36})\} * R_{25}] / R_{21} \quad (3)$$

В початковий період нагріву (t_1 фіг 2), коли величина опору твердоелектролітного чутливого елементу 1 (R_1) максимальна, максимальна і величина вихідної напруги підсилювача 7 ($U_{\text{вих7}}$, фіг 2). В результаті, напруга на світлодіоді 35 мала та недостатня для його відкриття, відсутній фотострум оптоелектронного приладу 34, і струм фототранзистора 36, оскільки його опір (R_{36}), має дуже велику величину. Згідно з формулою 1 струм I_{13} колекторної обмотки 13, який залежить від падіння напруги на обмежувальному резисторі 25, має максимальну величину (I_{13} фіг 2), на нагрівач 8 (формула 3) надходить максимальна напруга (U_{81} , фіг 2), і температура твердоелектролітного чутливого елементу 1 підвищується (T_{11} , фіг 2). З підвищенням температури твердоелектролітного чутливого елементу 1 зменшується величина його опору (R_{11} , Фіг 2), зменшується вихідна напруга підсилювача 7 ($U_{\text{вих7}1}$, фіг 2) підвищується напруга на світлодіоді 35 оптоелектронного приладу 34. При певній температурі твердоелектролітного чутливого елементу 1 величини R_1 та $U_{\text{вих7}}$ досягають таких значень, при яких світло діод 35 починає входити в режим поступового відкриття, коли його струм поступово підвищується. В результаті фототранзистор 36 починає відкриватись, а його опір (R_{36}) починає зменшуватись, що згідно з формулою (1) забезпечує поступове зменшення струму I_{13} первинної обмотки 13, зменшення напруги живлення

нагрівача 8 (формула 3), та перехід в подальшому на менш швидкий процес нагріву твердоелектролітного чутливого елементу 1. Так в проміжний період нагріву (t_2 , фіг 2) твердоелектролітний чутливий елемент 1 нагрівається до температури T_{12} , його опір зменшується до величини R_{12} , вихідна напруга підсилювача 7 зменшується до величини U_{72} , струм світлодіода 35 збільшується до величини I_{352} , струм в колекторній обмотці 13 зменшується до величини I_{132} за рахунок появи напруги U_{252} та зменшення напруги U_{212} (формула 1), напруга на нагрівачі 8 зменшується до величини U_{82} .

Проміжний період нагріву (t_3 , фіг 2) характеризується наступними значеннями розбираємих величин T_{13} , R_{13} , U_{73} , I_{353} , I_{133} , U_{253} , U_{213} , U_{83} .

Коли температура твердоелектролітного чутливого елементу 1 досягає заданої робочої величини $T_{1роб}$ (t_4 , фіг 2), наступає баланс невідновленого мосту змінного струму, при цьому параметри, що характеризують режими роботи елементів та вузлів приставу, мають наступні значення $T_{1роб}$, R_{14} , U_{74} , I_{354} , I_{134} , U_{254} , U_{214} , U_{84} . В подальшому забезпечується автоматичне підтримання постійної робочої температури твердоелектролітного чутливого елементу 1.

На фіг 3 приведені діаграми напруг на елементах та вузлах пристрою, а також діаграми струму в його ланцюгах, які пояснюють роботу схеми пристрою в режимі підтримання робочої температури твердоелектролітного чутливого елементу 1 при зміні напруги живлення та коливаннях температури навколишнього середовища.

Період t_1 (фіг 3) характеризується номінальним значенням напруги живлення (напруга U_{11} на вхідному конденсаторі 11), падіннями напруги на струмозадавальному резисторі 21 (U_{211}) та обмежувальному резисторі 25 (U_{251}), струмом в колекторній обмотці 13 (I_{131}), напругою на нагрівачі 8 (U_{81}) та номінальною робочою температурою твердоелектролітного чутливого елементу 1 ($T_{1роб}$).

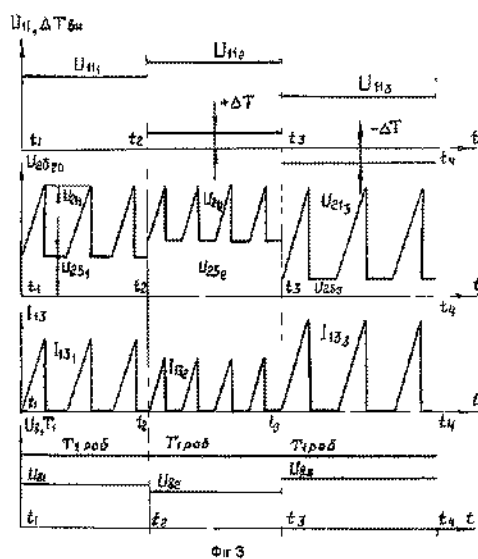
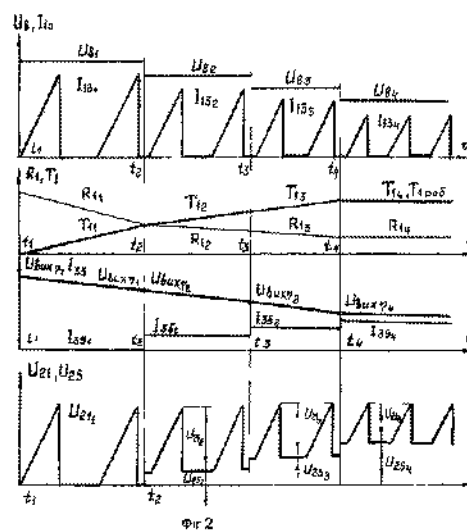
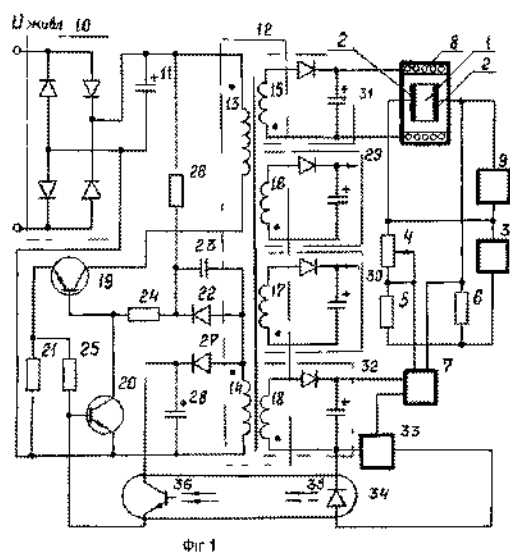
При підвищенні напруги живлення до величини U_{112} , або температури навколишнього середовища на величину $+\Delta T$ (період t_2 , фіг 3) в початковий момент декілька підвищується температура нагріву твердоелектролітного чутливого елементу 1, зменшується його опір, в результаті порушується баланс невідновленого мосту змінного струму, що викликає зменшення вихідної напруги підсилювача 7, збільшення провідності світлодіода 35 та підвищення світлового струму оптоелектронного приставу 34 ($I_{ф34}$). Згідно з формулами 2 та 1 зменшується опір фототранзистора 36 (R_{36}), підвищується падіння напруги на обмежувальному резисторі 25 (U_{252} , фіг 3), відповідно зменшується падіння напруги на струмозадавальному резисторі 21 (U_{212} , фіг 3). В результаті зменшується величина струму в колекторній обмотці 13 силового трансформатора 12 (I_{132} , фіг 3), та зменшується напруга живлення нагрівача 8 (U_{82} , фіг 3), а температура твердоелектролітного чутливого елементу 1 знижується і продовжує залишатись на рівні заданої робочої величини ($T_{1роб}$, фіг 2). У випадках зниження напруги живлення до величини U_{113} , або

зниження температури навколишнього середовища на величину $-\Delta T$ (період t_3 , фіг 3) система зворотного зв'язку терморегулятора приставу працює в зворотному напрямку. А саме, збільшується величина опору твердоелектролітного чутливого елементу 1, підвищується вихідна напруга підсилювача 7, зменшується провідність світлодіода 25, знижується світловий струм оптоелектронного приставу 34 ($I_{ф34}$), зменшується падіння напруги на обмежувальному резисторі 25 (U_{253} , фіг 3), збільшується падіння напруги на струмозадавальному резисторі 21 (U_{213} , фіг 3), підвищується величина струму в колекторній обмотці 13 (I_{133} , фіг 3), підвищується напруга живлення нагрівача 8 (U_{83} , фіг 3), а температура твердоелектролітного чутливого елементу 1 підвищується, та продовжує залишатись на рівні заданої робочої величини ($T_{1роб}$, фіг 2).

Таким чином в запропонованому пристрої забезпечується швидкий та надійний, такий що виключає ймовірність появи мікросцилін, нагрів твердоелектролітного чутливого елементу 1 до робочої температури та підтримання в процесі експлуатації робочої температури на заданому рівні. Слід визначити досить високу точність підтримання робочої температури твердоелектролітного чутливого елементу 1, оскільки вона одночасно визначається стабілізуючими показниками як блока живлення, виконаного по схемі однотактного зворотного перетворювача, так і стабілізатора постійної напруги 33. В результаті суттєво зменшується похибка вимірювання електрорушійної сили, яка наводиться на електродах 2 твердоелектролітного чутливого елементу 1, що вимірюється за допомогою вузла 9 вимірювання та визначає рівень концентрації кисню в газах. В запропонованому приставі блок живлення крім функції терморегулятора одночасно формує основні вихідні канали 29,30, призначені для живлення електронних елементів генератора 3 робочої частоти, підсилювача 7 та вузла 9 вимірювання. При цьому блок живлення, що виконує три основні функції, побудований по схемі однотактного перетворювача з зворотним ввімкненням випрямних діодів і є досить простим при проектуванні, виготовленні, налагоджуванні, має малі габарити та вагу, а також характеризується низькою вартістю виготовлення.

Таким чином одержаний пристрій для вимірювання концентрації кисню в газах, який має просте схемне та конструкторське виконання, спрощене виготовлення та налагоджування, суттєво підвищену точність вимірювання, малу вагу та габарити, а також низьку вартість виготовлення.

Експериментальні дослідження підтвердили працездатність та позитивні якості запропонованого пристрою для вимірювання концентрації кисню в газах. У порівнянні з прототипом значно спрощені схемне та конструкторське виконання приставу, в 2 рази спрощені проектування, виготовлення та налагодження, в 4 рази підвищена точність вимірювання, в 2 рази знижені вага та габарити, а також на 30% зменшена вартість виготовлення.



ДП «Український інститут промислової власності» (Укрпатент)
вул. Сим'ї Хохлових, 15, м. Київ, 04119, Україна
(044) 456-20-90

ТОВ "Міжнародний науковий комітет"
вул. Артема, 77, м. Київ, 04050, Україна
(044) 216 – 32 – 71