



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **96826** (13) **U**
(51) МПК (2015.01)
A61B 7/00

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки:	u 2014 06250	(72) Винахідник(и):	Карплюк Євген Сергійович (UA), Макаренкова Анастасія Анатоліївна (UA), Макаренков Анатолій Павлович (UA), Порева Ганна Сергіївна (UA)
(22) Дата подання заявки:	06.06.2014	(73) Власник(и):	ІНСТИТУТ ГІДРОМЕХАНІКИ НАН УКРАЇНИ, вул. Желябова, 8/4, м. Київ-180, 03680 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель:	25.02.2015		
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	25.02.2015, Бюл.№ 4		

(54) СПОСІБ АКУСТИЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ ХРОНІЧНОГО ОБСТРУКТИВНОГО ЗАХВОРЮВАННЯ ЛЕГЕНІВ

(57) Реферат:

Спосіб акустичної діагностики хронічного обструктивного захворювання легенів включає багатоканальну синхронну електронну реєстрацію звуків дихання людини, з подальшою комп'ютерною обробкою сигналів. В діагональних зрізах біспектрів звуків дихання на основі ідентифікації п'яти бічастот виявляють характерні артефакти: бічастотні патерни, кількість різновидів яких перевищує два, зростання функції бікогерентності до величин, більших за 50 одиниць та модулів коефіцієнтів асиметрії до значень більших за 0,1 і на основі сукупності всіх виявлених артефактів з імовірністю 95 % визначають ХОЗЛ у пацієнта.

UA 96826 U

Корисна модель належить до галузі медичної акустики, а саме до комп'ютерної неінвазивної діагностики легеневих захворювань.

Відомі такі способи та прилади електронної аускультатії [1,2]. В зазначених приладах як сенсори, які реєструють шуми життєдіяльності, використовуються електроакустичні перетворювачі (мікрофони та акселерометри). Для підсилення електричних сигналів, що виробляються цими перетворювачами, застосовуються електронні підсилювачі, посилені сигнали відтворюються за допомогою електроакустичних перетворювачів. До недоліків вказаних приладів треба віднести нелінійність амплітудно-частотної характеристики та зменшення чутливості мікрофонів з частотою.

Найближчим аналогом до способу є спосіб, що ґрунтується на використанні комп'ютеризованої системи реєстрації і аналізу звуків дихання і звуків серця [3], в якому будується монохромне зображення зареєстрованих на грудній клітині звукових сигналів, у вигляді спектрограм.

До недоліків слід віднести те, що реєстрація корисної діагностичної інформації, а, отже, і її обробка проводиться послідовно від однієї точки до іншої, що істотно обмежує можливості способу. В той же час, відомо, що існують більш інформативні кількісні характеристики випадкових сигналів, а саме: взаємний спектр, функції кореляції та когерентності, перехідна функція, які можуть бути отримані лише при багатоканальній обробці і при меншому співвідношенні сигнал/перешкода, які дозволяють виявляти захворювання на ранніх стадіях хвороби. Крім цього в відомому способі будується лише монохромне зображення зареєстрованих звукових сигналів, що знижує виявлення діагностичних ознак.

В основу корисної моделі поставлена задача підвищення ефективності діагностики легеневих захворювань без будь-якого інвазивного втручання в організм пацієнта, лише на основі комп'ютерного аналізу та візуалізації зареєстрованих на його грудній клітині звуків дихання.

Поставлена задача вирішується тим, що у спосіб акустичної діагностики хронічного обструктивного захворювання легенів включає багатоканальну синхронну електронну реєстрацію звуків дихання людини, з подальшою комп'ютерною обробкою сигналів, згідно з корисною моделлю в діагональних зрізах біспектрів звуків дихання на основі ідентифікації п'яти бічастот виявляють характерні артефакти: бічастотні патерни, кількість різновидів яких перевищує два, зростання функції бікогерентності до величин, більших за 50 одиниць та модулів коефіцієнтів асиметрії до значень, більших за 0,1, і на основі сукупності всіх виявлених артефактів з імовірністю 95 % визначають ХОЗЛ у пацієнта.

Практика використання заявленого способу в умовах стаціонару показала, що саме такий підхід дозволяє отримати характерні діагностичні ознаки, які візуалізуються в графічній формі, і дає можливість ефективно та зручно діагностувати у пацієнтів наявність хронічного обструктивного захворювання легенів.

На фігурі 1 зображено 4-и канальний комп'ютерний комплекс, на якому здійснюється реєстрація та аналіз сигналів звуків дихання. Він складається з високочутливих мініатюрних п'єзокерамічних акустичних сенсорів 1, чотириканальних малoshумних підсилювачів 2, з фільтрів високих частот 3 і фільтрів низьких частот 4, крайових чотириканальних підсилювачів 5, персонального комп'ютера зі спеціалізованим програмним забезпеченням 6, розробленим авторами корисної моделі, комп'ютерної мультимедійної периферії 7, та головних телефонів контролю якості сигналів 8.

На фігурі 2 та фігурі 3 зображено переріз тривимірного біспектра вздовж його частотної діагоналі здорового пацієнта та хворого на ХОЗЛ відповідно.

Фігура 4 та фігура 5 представляють залежність значень бічастот від номеру бічастотних патернів, які зареєстровані відповідно у здорового пацієнта, а фігура 6 і фігура 7 хворого на хронічне обструктивне захворювання легенів.

Спосіб здійснюється таким чином. Реєстрація звуків дихання проводиться в двох попарно симетричних точках на поверхні грудної клітини пацієнта (синхронно в кожній парі): на рівні 2-го ребра по середньоключичній лінії (праворуч і ліворуч). На рівні 7-го ребра під кутом лопатки (праворуч та ліворуч).

Перевірка запропонованого способу здійснювалась на репрезентативній вибірці з 120 пацієнтів, з них 51 шахтарів хворих на ХОЗЛ (хронічні обструктивні захворювання легенів), 34 - контрольна група та 35 - здорові, які були верифіковані стандартними клінічними методами. Реєстрація звуків дихання проводилась під час їхнього перебування в стаціонарі. Середній вік пацієнтів вказаних груп складав 48 ± 2 років, підземний стаж роботи у хворих на ХОЗЛ та пацієнтів з контрольної групи складав не менше 20 років. Запис звуків дихання проводився в сидячому положенні при спокійному диханні в wav - форматі, що дозволяє багаторазово

вислуховувати зареєстровані звуки, обробляти, та аналізувати їх за допомогою програмного забезпечення.

Як параметри, які фігурують в процедурі ухвалення рішення "здоровий - хворий ХОЗЛ", використовуються характеристики біспектрів звуків дихання (бічастоти та амплітудні значення біспектра), а також коефіцієнти функції бікогерентності та модулі коефіцієнтів асиметрії.

Під біспектром розуміють двовимірне перетворення Фур'є кореляційної функції третього порядку, під функцією бікогерентності - нормований спектр третього порядку [4].

Зареєстровані сигнали звуків дихання перш ніж відправлятися на модуль аналізу, проходять обов'язковий етап попередньої обробки. Суть адаптивної обробки полягає у виключенні з сигналу можливих випадкових перешкод, пов'язаних з коливаннями електромережі, яка живить комплекс та зовнішніми акустичними перешкодами.

На основі розробленого авторами програмного забезпечення, аналізується крива діагонального зрізу біспектра на предмет знаходження п'яти максимальних вершин кожного біспектра і бічастот, відповідним цим вершинам [5,6]. Під діагональним зрізом біспектра розуміють криву в двовимірній площині, що отримана шляхом перерізу тривимірного біспектра вздовж його діагоналі (фіг.2, фіг.3).

На основі значень цих п'яти бічастот, будують графічне відображення розташування цих бічастот в залежності від їх номера, починаючи від максимального значення відповідного біспектра до найменшого. І таке графічне представлення залежності бічастот від номеру названо авторами бічастотний патерн (фіг.4, фіг.5, фіг.6, фіг.7). В результаті знайдені закономірності, що дозволяють диференціювати групи здорових людей і пацієнтів з ХОЗЛ. У здорових людей виявлені два типи бічастотних патернів (фіг. 4, фіг. 5), для хворих з хронічною обструктивною хворобою легенів - таких патернів більше (фіг. 6, фіг. 7), що зумовлено наявністю в звуках дихання різних для кожного пацієнта додаткових шумів, обумовлених змінами бронхолегеневої системи.

Після цього, розраховується функція бікогерентності, яка несе в собі інформацію про фазові складові сигналу. Визначаються максимальні коефіцієнти цієї функції та будуються діагональні зрізи. Було встановлено, що у 92 % здорових пацієнтів максимальне значення функції бікогерентності менше 20 одиниць. У 95 % хворих на ХОЗЛ значення бікогерентності більше 50 одиниць. Тобто при значенні коефіцієнта бікогерентності менше 20 одиниць, приймається рішення про те, що пацієнт здоровий, а якщо коефіцієнт більший за 50 одиниць - хворий. Діагональні зрізи функції когерентності несуть в собі інформацію, що дає можливість класифікувати сигнали звуків дихання по категоріям "здоровий - хворий". Типовий вид діагонального зрізу здорового пацієнта має часті вузькі загострені вершини. Як ілюстрація (фіг.2) представлений діагональний зріз одного з каналів, зареєстрованого за допомогою комплексу. У хворого з ХОЗЛ типовими є широкі області високих значень бікогерентності (фіг.3).

Для додаткового уточнення діагнозу розраховується модуль коефіцієнта асиметрії, що знаходиться як середнє значення коефіцієнтів асиметрії по всіх чотирьох каналах, однак можна розглядати і кожен канал окремо. Для здорових цей модуль не перевищує значення 0,09, в той час, як для хворих на ХОЗЛ це значення в 95 % випадках всіх вимірювань була значно більше 0,1.

Виявлені авторами відмінності в звуках дихання хворих вказують на те, що при ХОЗЛ відбуваються істотні морфологічні зміни в бронхолегеневій системі людини.

При тривалій дії парів кислот і лугів, а також тютюнового диму, відбувається деформація і обструкція (звуження) дихальних шляхів (бронхів, бронхіол, альвеол), шершава ерозія внутрішньої поверхні цих шляхів, гіперсекреція слизу в клітинах дихальних шляхів, зміна реологічних характеристик слизу, зменшення швидкості його екстрадиції з бронхолегеневої системи, розростання сполучної тканини, що зменшує рухливість паренхіми легенів людини (фіброз). Крім цього відбувається утворення емфіземи легенів (злиття і збільшення розміру альвеол).

Обструкція і підвищення шорсткості внутрішньої поверхні дихальних шляхів приводить до збільшення аеродинамічного опору в бронхолегеневій системі, при цьому потік повітря турбулізується, що викликає інтенсивнішу і ширококугову генерацію звуків в ній. Надмірне виділення в'язкого слизистого ексудату, зміна його реологічних властивостей і зниження ступеня екстрадиції її по дихальних шляхах є основною причиною появи в звуках дихання пацієнтів з ХОЗЛ гармонік і субгармонік (сухі свисти, хрипи), ширококугових короткочасних імпульсів (вологі хрипи), які відображаються в змінах - бічастотних патернів, функції бікогерентності та коефіцієнтів асиметрії. Ці звуки генеруються при екстрадиції в'язкого слизу по дихальних шляхах, коли згустки або плівки слизу обтікаються потоком повітря і коливаються на вдиху або видиху, викликаючи інтенсивні пульсації тиску.

Сукупність всіх цих розрахованих параметрів дозволяють з ймовірністю 95 % провести диференціацію пацієнтів по категоріям "здоровий - хворий ХОЗЛ".

Таким чином, запропонований спосіб діагностики хронічних обструктивних захворювань легенів, дозволяє швидко оцінювати стан пацієнта з точки зору наявності чи відсутності у нього даного захворювання в широкому діапазоні конституційних особливостей пацієнтів та виділення характерних діагностичних ефективних ознак. Періодичне використання в процесі лікування розробленого способу дозволяє кількісно прослідкувати тенденції динаміки захворювання пацієнта, а побудова відповідних бічастотних патернів, функції бікогерентності та коефіцієнтів асиметрії дозволяє детально відслідкувати та задокументувати особливості змін в стані бронхолегеневої системи пацієнтів з ХОЗЛ в процесі лікування.

Джерела інформації:

1. А с. № 1595472 кл. А 61В 7/04, 1990

2. А.с. № 1227184 клА61В 7/04, 1986 СРСР.

3. Пат. США № 4720866 кл. А61В 7/00, 1988.

4. A.P. Petropulu. "Higher-Order Spectral Analysis. The Biomedical Engineering Handbook: Second Edition. Boca Raton: CRC Press LLC, 2000.

5. A. Poreva, P.Danilov, V. Fesechko. "Cumulant Analysis for the Detection of Crackles in Lung Sounds'. Proceeding of ELNANO' 2012. - P. 188-189.

6. LI Sheng-jun, LIU Yi "Feature Extraction of Lung Sounds Based on Bispectrum Analysis". Transactions of the IRE Profession Group on Vol. 30, №. 6. Third International Symposium on Information Proceessing, P. 393-397.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб акустичної діагностики хронічного обструктивного захворювання легенів включає багатоканальну синхронну електронну реєстрацію звуків дихання людини, з подальшою комп'ютерною обробкою сигналів, який **відрізняється** тим, що в діагональних зрізах біспектрів звуків дихання на основі ідентифікації п'яти бічастот виявляють характерні артефакти: бічастотні патерни, кількість різновидів яких перевищує два, зростання функції бікогерентності до величин, більших за 50 одиниць та модулів коефіцієнтів асиметрії до значень більших за 0,1 і на основі сукупності всіх виявлених артефактів з імовірністю 95 % визначають ХОЗЛ у пацієнта.

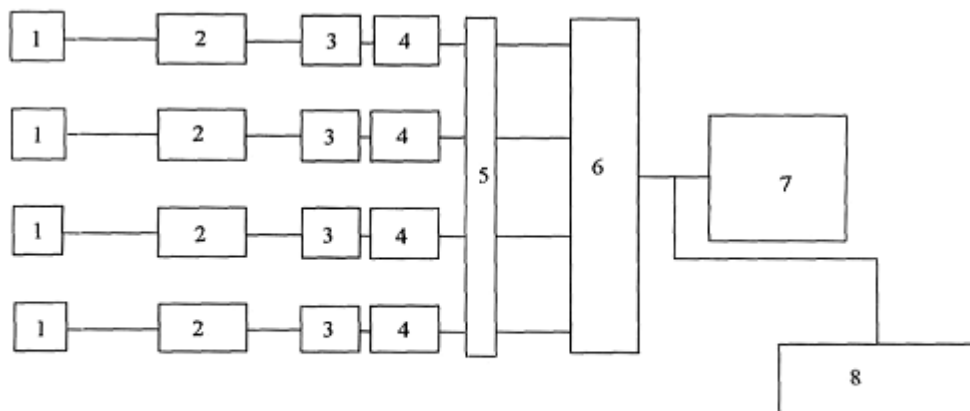
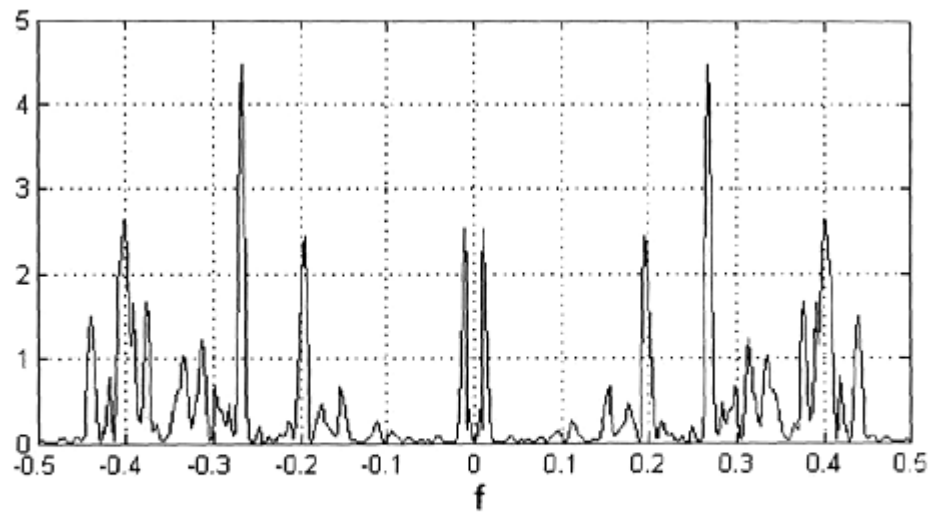
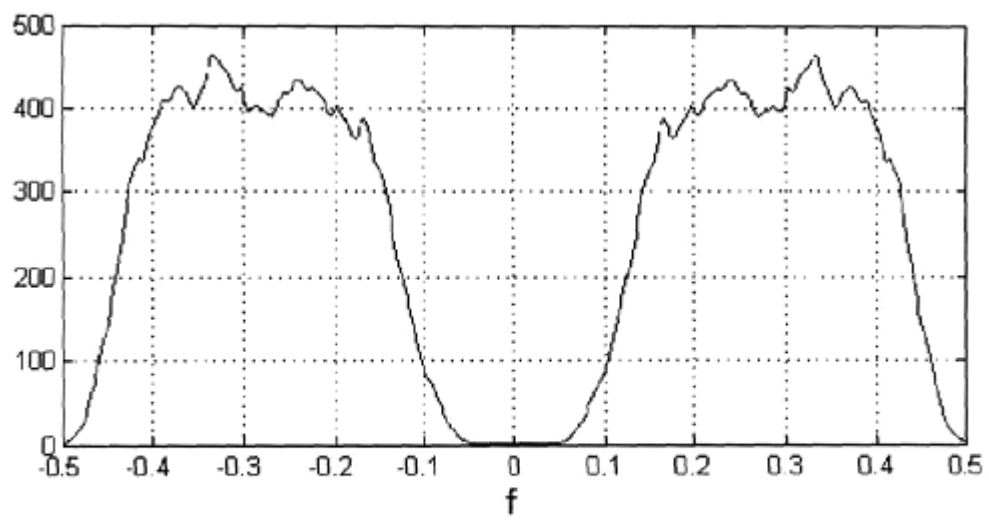


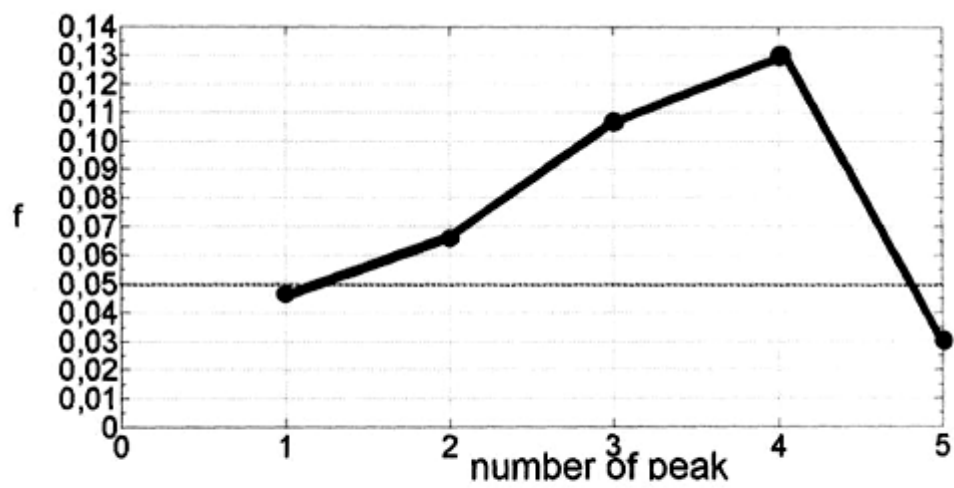
Fig. 1



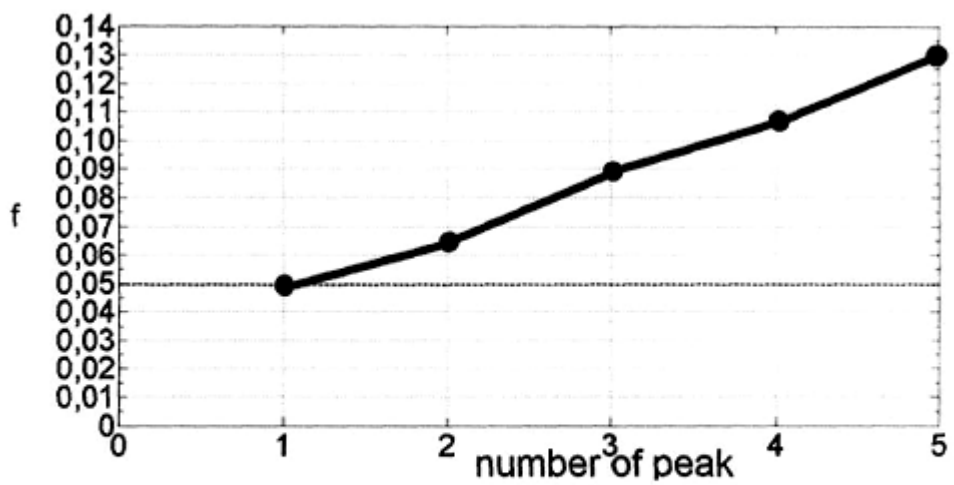
Φir. 2



Φir. 3



Φir. 4



Φir. 5

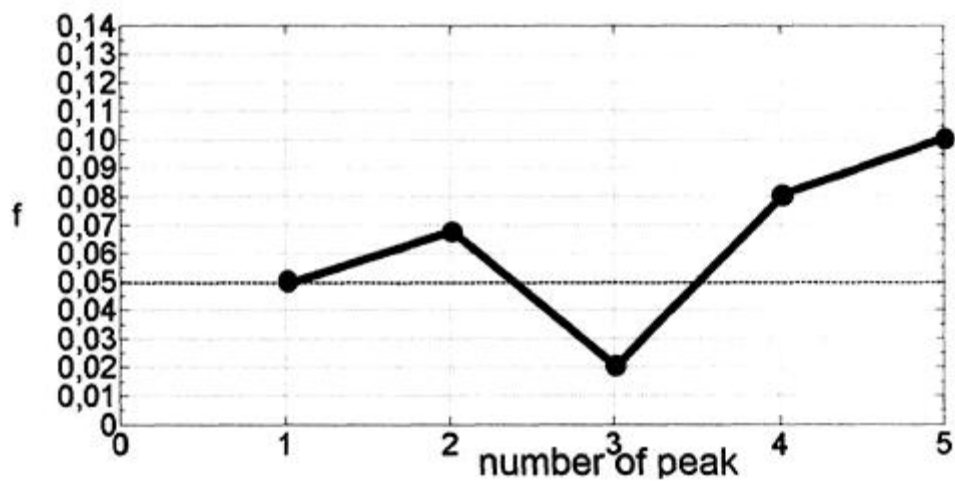


Fig. 6

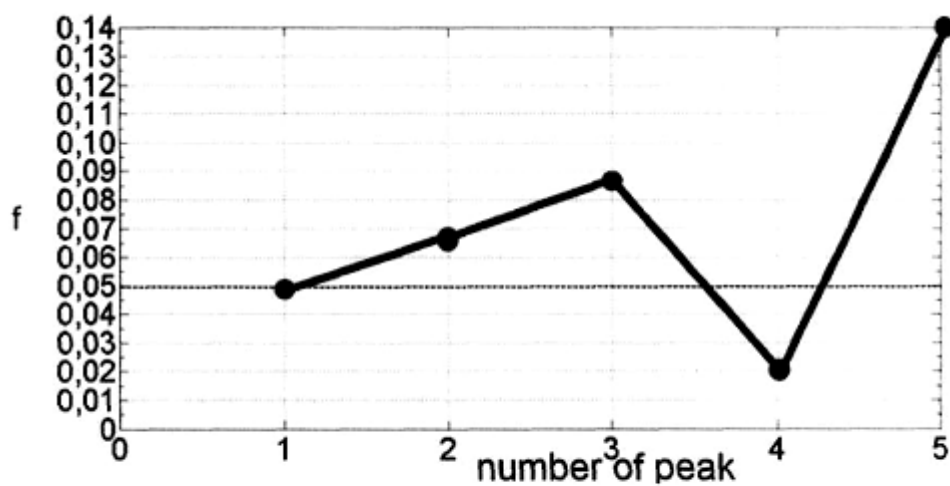


Fig. 7

Комп'ютерна верстка І. Мироненко

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