



УКРАЇНА

(19) UA (11) 60624 (13) U  
(51) МПК (2011.01)  
G01N 33/92 (2006.01)  
A61B 5/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під  
відповідальність  
власника  
патенту

**(54) СПОСІБ КОРЕЛЯЦІЙНО-ФАЗОВОЇ ДІАГНОСТИКИ І ПРОГНОЗУВАННЯ ПЕРЕБІГУ ХРОНІЧНОГО НЕКАЛЬКУЛЬОЗНОГО ХОЛЕЦИСТИТУ НА ТЛІ ЦУКРОВОГО ДІАБЕТУ 2 ТИПУ**

1

2

(21) u201014100

(22) 26.11.2010

(24) 25.06.2011

(46) 25.06.2011, Бюл.№ 12, 2011 р.

(72) АНДРІЙЧУК ДЕНИС РОМАНОВИЧ, ВОЛОШИНА ЛАРИСА ОЛЕКСАНДРІВНА, МАРЧУК ЮЛІЯ ФЕДОРІВНА, ГАРАЗДЮК ОЛЕКСАНДР ІВАНОВИЧ, УШЕНКО ОЛЕКСАНДР ГРИГОРОВИЧ, ФЕДІВ ОЛЕКСАНДР ІВАНОВИЧ

(73) ЧЕРНІВЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ЮРІЯ ФЕДЬКОВИЧА

(57) Спосіб кореляційно-фазової діагностики і прогнозування перебігу хронічного некалькульозного холециститу на тлі цукрового діабету 2 типу, що включає дослідження за фазовим картографуванням зразка біологічної рідини людини шляхом оцінки змін автокореляційних функцій розподілів фа-

зових зсувів лазерних зображень, який відрізняється тим, що для оцінки змін координатної структури фазових зображень проводять опромінювання паралельним циркулярно поляризованим пучком гелій-неонового лазера з довжиною хвилі 0,6328 мкм шару жовчі, поляризаційні зображення проєктують за допомогою мікрооб'єктива в площину світлочутливої площадки CCD-камери крізь чвертьхвильову пластинку і визначають масив координатного розподілу інтенсивності зображення шару жовчі для кожного окремого пікселя, за яким обчислюють автокореляційні функції розподілу екстремальних значень фазових зсувів у лазерному зображенні жовчі, на основі чого судять про наявність хронічного некалькульозного холециститу на тлі цукрового діабету 2 типу.

Корисна модель відноситься до медицини, гастроентерології, а також фізичної оптики і може бути використана для ранньої діагностики хронічного некалькульозного холециститу на тлі цукрового діабету 2 типу та дослідження поляризаційної структури лазерного зображення жовчі, що актуально у діагностиці запальних процесів організму людини.

Відомі способи раннього виявлення хронічного некалькульозного холециститу та холелітіазу в людини (ультразвукове обстеження біліарної системи, визначення фібрoneктину сироватки крові) є приблизними і засновані на використанні інструментальних та лабораторних методів, що не може бути залучено для швидкого та зручного диференціально-діагностичного обстеження хворих на хронічний некалькульозний холецистит на тлі цукрового діабету 2 типу.

Використання вищевказаних методів для ранньої діагностики хронічного некалькульозного холециститу на тлі цукрового діабету 2 типу має певні обмеження, а саме - низька діагностична ефективність на ранніх стадіях захворювання, коли немає достовірних даних відносно початку процесу літогенезу, коли ще можлива корекція даного

стану, а не лікування наслідків, вимагає тривалого часу виконання, високої вартості тестів.

На даний час не існує об'єктивного, точного та зручного способу для ранньої хронічного некалькульозного холециститу на тлі цукрового діабету 2 типу, який можна використовувати для швидкого та зручного диференціально-діагностичного обстеження хворих.

Наш спосіб, що заявляється, дозволяє уникнути вказаних недоліків, значно об'єктивізувати на ранніх етапах хронічного некалькульозного холециститу на тлі цукрового діабету 2 типу та отримати точні дані, які не залежать від суб'єктивної оцінки лікаря-діагноста.

Відомий ряд оптичних способів, які досліджують автокореляційні параметри координатного розподілу інтенсивності поляризованого лазерного випромінювання, перетвореного біологічними об'єктами.

Спосіб - аналог, описаний в [А. О. Agelskaya, Yu. A. Ushenko, A.G Ushenko, A. Dubolazov, V. Istratiy, Yu. Ya Tomka. Polarization speckle-reconstruction of biological tissues architectonics; Part 3. Polarizing-correlative processing of images of statistical object in the problem of visualization and topology reconstruction of their phase heterogeneity //

(19) UA (11) 60624 (13) U

Proc. SPIE. - 2007. - Vol. 6635, - p. 1-6], заснований на аналізі автокореляційних функцій розподілу фаз лазерного зображення біологічних шарів.

Недоліком способу є неможливість дослідження екстремальних фазових проявів оптико-анізотропних структур біологічного шару.

Прототипом корисної моделі є спосіб діагностики запальних процесів за оцінкою статистичної структури автокореляційних функцій поляризаційних зображень біологічних тканин людини [O.V. Angelsky, A.G. Ushenko, A.O. Angelskaya, Yu.A. Ushenko. Polarization correlometry of polarization singularities of biological tissues object fields // Proc. SPIE. - 2007. - Vol. 6616, - p. 1-9], при якому стан захворювання визначається за діагностикою змін автокореляційних функцій фазових зсувів, які обчислюють і на основі вимірювання розподілів азимутів і еліптичності поляризації лазерних зображень гістологічних зрізів біологічних тканин людини. При цьому ступінь запальних змін оцінюються шляхом обчислення півширини автокореляційних функцій розподілів фаз у лазерних зображеннях гістологічних зрізів біологічних тканин.

Недоліками прототипу є те, що неможливе пряме експериментальне вимірювання фазових зсувів, які вносяться оптико-анізотропними структурами об'єкта, внаслідок чого відбувається діагностика запальних процесів на пізніх етапах, що значно гальмує ефективність лікування та призводить до залучення додаткових коштів.

Нами пропонується рішення, що усуває вказані недоліки.

В основу корисної моделі поставлене завдання удосконалити спосіб діагностики хронічного некалькульозного холециститу та холелітазу за визначенням зміни автокореляційних функцій експериментально виміряних розподілів фазових зсувів у лазерних зображеннях жовчі крові людини для забезпечення розширення функціональних можливостей діагностики хронічного некалькульозного холециститу на тлі цукрового діабету 2 типу, а також у підвищенні точності вимірювання фазових зсувів між ортогональними складовими амплітуди лазерного випромінювання.

Поставлене завдання вирішується тим, що у способі кореляційно-фазової діагностики хронічного некалькульозного холециститу на тлі цукрового діабету 2 типу за фазовим картографуванням зразка біологічної рідини людини шляхом оцінки змін автокореляційних функцій розподілів фазових зсувів лазерних зображень, для оцінки змін координатної структури фазових зображень проводять опромінювання паралельним циркулярно поляризованим пучком гелій-неонового лазера з довжиною хвилі 0.6328 мкм шару жовчі, проектують поляризаційні зображення за допомогою мікрооб'єктива в площину світлочутливої площадки CCD-камери крізь чвертьхвильову пластинку і визначають масив координатного розподілу інтен-

сивності зображення шару жовчі для кожного окремого пікселя, за яким обчислюють автокореляційні функції розподілу екстремальних значень фазових зсувів у лазерному зображенні жовчі, на основі чого судять про наявність хронічного некалькульозного холециститу на тлі цукрового діабету 2 типу.

Спільними ознаками прототипу та рішення, що заявляється, є використання змін автокореляційних функцій лазерного зображення біологічної рідини. Корисна модель відрізняється від прототипу тим, що для оцінки змін координатної структури фазових зображень проводять опромінювання паралельним циркулярно поляризованим пучком гелій - неонового лазера з довжиною хвилі 0.6328 мкм шару жовчі, проектують поляризаційні зображення за допомогою мікрооб'єктива в площину світлочутливої площадки CCD -камери крізь чвертьхвильову пластинку і визначають масив координатного розподілу інтенсивності зображення шару жовчі для кожного окремого пікселя, за яким обчислюють автокореляційні функції розподілу екстремальних значень фазових зсувів у лазерному зображенні жовчі, на основі чого судять про наявність хронічного некалькульозного холециститу на тлі цукрового діабету 2 типу. Спосіб здійснюється наступним чином.

Для оцінки виникнення холелітазу на тлі хронічного некаменевого холециститу та цукрового діабету 2 типу у людини забирають зразок жовчі. За допомогою пристрою проводять лазерне опромінювання циркулярно поляризованим пучком дослідного зразку жовчі, поляризаційні зображення проектують за допомогою мікрооб'єктива в площину світлочутливої площадки CCD-камери крізь чвертьхвильову пластинку і визначають масив координатного розподілу інтенсивності зображення шару жовчі для кожного окремого пікселя, за якими судять про автокореляційну функцію розподілу екстремальних значень фаз у зображенні жовчі. За оцінкою величини дисперсії та ексцесу таких автокореляційних функцій діагностують хронічний некалькульозний холецистит на тлі цукрового діабету 2 типу.

Теоретичним підґрунтям для використання способу є наступні дані. Найбільш повно когерентні властивості світлових полів описуються у термінах фазових зсувів між ортогональними компонентами амплітуди лазерного випромінювання [Ushenko Yu. A. Statistical structure of polarization-inhomogeneous images of biotissues with different morphological structures, Ukrainian Journal of Physical Optics, 6, No. 2, 63-70, 2005].

Процеси перетворення фазових параметрів, опромінюючого біологічні об'єкти, когерентного випромінювання найбільш повно описуються за допомогою матричного оператора наступного вигляду:

$$\{M\} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos^2 2\rho + \sin^2 2\rho \cdot \cos \Delta & \cos 2\rho \sin 2\rho (1 - \cos \Delta) & -\sin 2\rho \cdot \sin \Delta \\ 0 & \cos 2\rho \sin 2\rho (1 - \cos \Delta) & \sin^2 2\rho + \sin^2 2\rho \cdot \cos \Delta & \cos 2\rho \cdot \sin \Delta \\ 0 & \sin 2\rho \sin \Delta & -\cos 2\rho \sin \Delta & \cos \Delta \end{pmatrix} \quad (1)$$

де  $\rho$  - орієнтація оптичної осі анізотропних утворень;  $\Delta$  - величина фазового зсуву, який виникає під впливом двопронезаломлення біологічної рідини.

Результуючі значення фази  $\Delta$  лазерного пучка довжиною хвилі  $\lambda$ , що пройшов крізь досліджувану біологічну рідину товщиною  $l$  і показником двопронезаломлення  $\Delta n$ , записуються у вигляді:

$$\Delta = \frac{2\pi}{\lambda} (\Delta n l) \quad (2)$$

При проходженні такого циркулярно поляризованого лазерного пучка крізь чверть хвильову пластинку його інтенсивність  $I(\Delta)$  виявляється однозначно пов'язаною з фазовим зсувом  $\Delta(m \times n)$  для кожного пікселя  $(m, n)$  цифрової CCD – камери

$$I(m \times n) = \cos^2 \Delta(m \times n). \quad (3)$$

На основі (3) визначається масив фазових зсувів

$$\Delta = \begin{pmatrix} \arccos \sqrt{I_{11}} & \arccos \sqrt{I_{1m}} \\ \arccos \sqrt{I_{n1}} & \arccos \sqrt{I_{nm}} \end{pmatrix} \quad (4)$$

Двовимірний масив (4) сканується у горизонтальному напрямку  $x \equiv 1, \dots, m$  з кроком  $\Delta x = 1 \text{ пікс}$ . У межах кожної локальної вибірки

$(1_{\text{пікс}} \times n_{\text{пікс}})^{(k=1,2,\dots,m)}$  обчислювалася кількість  $(N)$  характеристичних значень

Таким чином, визначалися залежності  $N_L(x) \equiv (N_L^{(1)}, N_L^{(2)}, \dots, N_L^{(m)})$  кількості екстремальних  $L$  – фазових зсувів у межах лазерного зображення жовчі.

В основу аналізу координатної структури розподілів  $N_L^{(k)}$  покладено метод автокореляції з використанням функції

$$K_L(\Delta x) = \lim_{m \rightarrow 0} \frac{1}{m} \int_1^m N_L(x) N_L(x - \Delta x) dx \quad (5)$$

Тут  $(\Delta x = 1 \text{ пікс})$  - "крок" з яким змінюються координати  $x = 1 \div m$ .

Таким чином, за вимірними екстремальними значеннями інтенсивності  $I(m \times n)$  зображення жовчі для кожного окремого пікселя  $(mn)$  CCD-камери, можна однозначно визначити автокореляційну функцію  $K_L(\Delta x)$  та обчислити її дисперсію  $M_2$ , та ексцес  $M_4$ :

$$M_2 = \sqrt{\frac{1}{W} (N_1^2 + N_2^2 + \dots + N_k^2)}; \quad (6)$$

$$M_4 = \frac{1}{M_2^2} \sqrt{\frac{1}{W} (N_1^4 + N_2^4 + \dots + N_k^4)} \quad (7)$$

де  $W$  - повна кількість пікселів CCD-камери, яка реєструє зображення жовчі.

Використання корисної моделі пояснюється наступним прикладом: нехай опромінюючий пучок є циркулярно поляризованим. В якості зразків використали зразки жовчі здорової людини та хворих хронічним некалькульозним холециститом на тлі цукрового діабету 2 типу.

Статистичні моменти	Норма	Некалькульозний холецистит	Цукровий діабет 2 ступеня
$M_2$	0,24 ± 0,027	0,38 ± 0,041	0,51 ± 0,064
$M_4$	1,36 ± 0,16	2,45 ± 0,35	4,12 ± 0,58

Статистичні моменти 2-го - 4-го порядків, які характеризують розподіли автокореляційні функції розподілу кількості екстремальних значень фазових зсувів лазерних зображень таких зразків відрізняються в 2,1 - 3,2 рази.

Технічний результат забезпечує нова сукупність дій, яка складає запропонований спосіб, що призводить до розширення функціональних можливостей діагностики хронічного некалькульозного

холециститу на тлі цукрового діабету 2 типу людини шляхом статистичного моніторингу зміни автокореляційної структури фазових зсувів у лазерних зображеннях. При цьому вперше використано проведення статистичного моніторингу змін автокореляційних функцій розподілів кількості екстремальних значень фазових зсувів у лазерному зображенні жовчі.