



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **54105** (13) **U**
(51) МПК (2009)
G01N 33/92
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 ФАЗОВОЇ ДІАГНОСТИКИ ІШЕМІЧНОЇ ХВОРОБИ СЕРЦЯ НА ФОНІ ЦУКРОВОГО ДІАБЕТУ II СТУПЕНЯ

1

2

(21) u201005420

(22) 05.05.2010

(24) 25.10.2010

(46) 25.10.2010, Бюл.№ 20, 2010 р.

(72) УШЕНКО ОЛЕКСАНДР ГРИГОРОВИЧ, КОЛОМОЄЦЬ МИХАЙЛО ЮРІЙОВИЧ, ПАВЛЮКОВИЧ НАТАЛІЯ ДМИТРІВНА, ХОДОРОВСЬКИЙ ВОЛОДИМИР МИХАЙЛОВИЧ, КОЗАР МАРІЯ ФЛОРІВНА, ТРЕФАНЕНКО ІРИНА ВАЛЕНТИНІВНА

(73) ЧЕРНІВЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ЮРІЯ ФЕДЬКОВИЧА

(57) Спосіб фазової діагностики ішемічної хвороби серця на фоні цукрового діабету II ступеня за фазовим картографуванням зразка крові людини

шляхом оцінки змін фазових 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 еритроцитарної суспензії крові, поляризаційні зображення шарів еритроцитарної суспензії проектують за допомогою мікрооб'єктива в площину світлочутливої площадки CCD-камери крізь чвертьхвильову пластинку і визначають масив координатного розподілу інтенсивності зображення шару еритроцитарної суспензії для кожного окремого пікселя, за яким судять про розподіли фаз у зображенні еритроцитарної суспензії.

Корисна модель відноситься до медицини, кардіології, а також фізичної оптики і може бути використана для ранньої діагностики ішемічної хвороби серця на фоні цукрового діабету II ступеня та дослідження фазової структури лазерного зображення еритроцитарної суспензії, що актуально у діагностиці процесів серцевої недостатності людини.

Відомі способи раннього виявлення ішемічної хвороби серця на фоні цукрового діабету II ступеня є приблизними і засновані на використанні анамнестичних, клінічних і біохімічних даних, що не може бути залученою для масового профілактичного обстеження населення - скринінгу.

Використання анамнестичних, клінічних і біохімічних даних для ранньої ішемічної хвороби серця на фоні цукрового діабету II ступеня має певні обмеження, а саме - низька діагностична ефективність на ранніх стадіях захворювання, коли нема достовірних даних нозології ішемічної хвороби серця на фоні цукрового діабету II ступеня, вимагає тривалого часу виконання, висока вартість тестів, а також не відповідає завданням профілактичного скринінгу населення.

На даний час не існує об'єктивного, точного та зручного способу ранньої діагностики ішемічної хвороби серця на фоні цукрового діабету II ступеня, який можна використовувати для масового профілактичного обстеження населення - скринінгу.

Наш спосіб, що заявляється, дозволяє уникнути вказаних недоліків, значно об'єктивізувати на ранніх етапах діагностику ішемічної хвороби серця на фоні цукрового діабету II ступеня та отримати точні дані, які не залежать від суб'єктивної оцінки лікаря - діагноста.

Відомий ряд оптичних способів, які досліджують координатний розподіл фазових зсувів між ортогональними компонентами амплітуди лазерного випромінювання, перетвореного біологічними об'єктами.

Спосіб - аналог, описаний в [A.G.Ushenko, and V.P.Pishak. Laser Polarimetry of Biological Tissue. Principles and Applications // in Coherent-Domain Optical Methods. Biomedical Diagnostics, Environmental and Material Science / ed. V.Tuchin. - Kluwer Academic Publishers, 2004. - P.67.J, заснований на аналізі картини розподілу фазових зсувів в лазерному випромінюванні, розсіяному зразком крові людини.

(19) **UA** (11) **54105** (13) **U**

Недоліком способу є низька точність вимірювання фазових зсувів у полі розсіяного лазерного випромінювання.

Також аналогом способу, що заявляється, є спосіб визначення оптико-анізотропної структури біологічних рідин шляхом оцінки координатних розподілів фазових зсувів між ортогональними компонентами поляризації лазерного випромінювання [(O.V. Angelsky, A.G. Ushenko, Yu.A. Ushenko, Ye.G. Ushenko, Yu.Ya. Tomka, V.P. Pishak. Polarization-correlation mapping of biological tissue coherent images // J. Biomed. Opt. - 2005. - Vol.10, No.6. -P.064025.).]. У способі-аналогу за допомогою чвертьхвильової пластинки і поляризатора вимірюють координатний розподіл азимутів і еліптичності поляризації у площині лазерного зображення, за яким обчислюють двохвимірний розподіл фаз у лазерному зображенні мазку крові.

Основним недоліком способу-аналогу є неможливість прямого вимірювання та необхідність операції математичного обчислення координатного розподілу фазових зсувів у лазерних зображеннях зразків крові, а також неоднозначність при диференціації типу анемічних процесів.

Прототипом корисної моделі є спосіб діагностики патологічних і запальних процесів людського організму за оцінкою статистичної структури обчислених фазових зображень плазми крові людини (Поляризаційна корелометрія біологічних тканин людини. Авторський колектив: О.Г. Ушенко, В.П. Пішак, О.П. Пересунько, Ю.О.Ушенко, Л.І.Бізер, Ю.Я. Томка, А.В.Мотрич. Монографія. - Чернівці: Рута, 2007. - 608с. друк. Арк.. 47.12), при якому патологія і запалення визначається за діагностикою змін обчислених фазових зображень мазків плазми крові людини. При цьому ступінь запальних процесів оцінюється шляхом обчислення середнього і дисперсії розподілів фазових зсувів у лазерних зображеннях плазми крові.

Недоліками прототипу є те, що неможливе пряме експериментальне вимірювання фазових зображень, внаслідок чого діагностика можлива 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 ішемічної хвороби серця на фоні цукрового діабету II ступеня шляхом оцінки запальних процесів за визначенням зміни статистичних моментів 3-го і 4-го порядків, які характеризують експериментальне вимірювання фазову структуру лазерних зображень еритроцитарної суспензії крові людини для забезпечення розширення функціональних можливостей ранньої діагностики ішемічної хвороби серця на фоні цукрового діабету II ступеня, а також у підвищенні точності вимірювання фазових зсувів між ортогональними складовими амплітуди лазерного випромінювання.

Поставлене завдання вирішується тим, що у способі ранньої діагностики ішемічної хвороби серця на фоні цукрового діабету II ступеня за фа-

зовим картографуванням еритроцитарної суспензії крові людини шляхом оцінки змін фазових зображень, згідно до корисної моделі, для оцінки змін координатної структури фазових зображень проводять опромінювання паралельним циркулярне поляризованим пучком ($\varnothing=10^4$ мкм) He-Ne лазера ($\lambda=0.6328$ мкм) шарів еритроцитарної суспензії, поляризаційні зображення шарів еритроцитарної суспензії проектують за допомогою мікрооб'єктиву в площину світлочутливої площадки CCD - камери крізь чвертьхвильову пластинку і визначають масив координатного розподілу інтенсивності $I(m,n)$ зображення шарів еритроцитарної суспензії для кожного окремого пікселя (mn) за яким судять про розподіли фаз у зображенні еритроцитарної суспензії. Спільними ознаками прототипу та рішення, що заявляється, є використання величини фазових змін лазерного зображення. Корисна модель відрізняється від прототипу тим, що використовують когерентне циркулярне поляризоване лазерне випромінювання визначають координатні розподіли фазових зсувів та обчислюють статистичні моменти таких розподілів

Спосіб здійснюється наступним чином. Для оцінки виникнення ішемічної хвороби серця на фоні цукрового діабету II ступеня у людини забирають зразок крові і виділяють еритроцитарну суспензію. За допомогою пристрою проводять лазерне опромінювання циркулярне поляризованим пучком дослідного зразку еритроцитарної суспензії. поляризаційні зображення проектують за допомогою мікрооб'єктиву в площину світлочутливої площадки CCD - камери крізь чверть хвильову пластинку і визначають масив координатного розподілу інтенсивності зображення шару еритроцитарної суспензії для кожного окремого пікселя, за якими судять про розподіли фаз у зображенні еритроцитарної суспензії. За оцінкою величини асиметрії та ексцесу таких розподілів діагностують ішемічної хвороби серця на фоні цукрового діабету II ступеня.

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:

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

де ρ - орієнтація оптичної осі анізотропних утворень; Δ - величина фазового зсуву, який виникає під впливом двопрорефракції біологічної рідини.

Результуючі значення фази Δ лазерного пучка довжиною хвилі λ , що пройшов крізь досліджувану біологічну рідину товщиною l і показником двопроремнезаломення Δn , записуються у вигляді:

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

При проходженні такого циркулярне 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

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

Таким чином, за виміряними екстремальними значеннями інтенсивності $I(m \times n)$ зображення біологічної рідини для кожного окремого пікселя (mn) CCD-камери, можна однозначно визначити асиметрію Z_3 та ексцес Z_4 розподілів фаз лазерного зображення біологічного об'єкту в різних точках,

кількість яких визначається числом пікселів цифрової камери:

$$Z_3 = \frac{1}{Z_2^3} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\arccos \sqrt{I})_i^3;$$

$$Z_4 = \frac{1}{Z_2^2} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\arccos \sqrt{I})_i^4, \quad (4)$$

N - повна кількість пікселів CCD-камери, яка реєструє поляризаційно-неоднорідне об'єктне поле зразків еритроцитарної суспензії.

Використання корисної моделі пояснюється наступним прикладом: нехай опромінюючий пучок є циркулярне поляризованим. В якості зразків використали зразки еритроцитарної суспензії здорової і хворої людини (ішемічна хвороба серця на фоні цукрового діабету II ступеня). Статистичні моменти, що характеризують фазову структуру лазерних зображень таких зразків відрізняються в 2,3 - 3,8 рази (див. табл.).

Таблиця

Статистичні моменти	Норма	Ішемічна хвороба серця на фоні цукрового діабету II ступеня
Асиметрія	1,58	3,44
Ексцес	2,17	8,46

Технічний результат забезпечує нова сукупність дій, яка складає запропонований спосіб, що призводить до розширення функціональних можливостей діагностики ішемічної хвороби серця на фоні цукрового діабету II ступеня шляхом статистичного моніторингу зміни фазової структури лазерних зображень при одночасному високоточному вимірюванні фазових зсувів між ортогональними складовими амплітуди лазерного

випромінювання, перетвореного шаром еритроцитарної суспензії.

При цьому вперше використано когерентне циркулярне поляризоване лазерне випромінювання із довжиною хвилі 0,6328 мкм та проведення статистичного моніторингу змін координатних розподілів фаз лазерного зображення еритроцитарної суспензії.