



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **91660** (13) **U**
(51) МПК (2014.01)
G01N 33/00
A61B 5/00

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2014 01736	(72) Винахідник(и): Ушенко Олександр Григорович (UA), Павлюкович Наталія Дмитрівна (UA), Павлюкович Олександр Васильович (UA), Ходоровський Володимир Михайлович (UA), Козар Марія Флорівна (UA)
(22) Дата подання заявки: 24.02.2014	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 10.07.2014	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 10.07.2014, Бюл.№ 13	(73) Власник(и): ЧЕРНІВЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ЮРІЯ ФЕДЬКОВИЧА, вул. Коцюбинського, 2, м. Чернівці, 58012 (UA)

(54) СПОСІБ ДІАГНОСТИКИ МОРФОФУНКЦІОНАЛЬНИХ ЗМІН ЕРИТРОЦИТІВ ЗА УМОВ ПОЄДНАНОГО ПЕРЕБІГУ ІШЕМІЧНОЇ ХВОРОБИ СЕРЦЯ ТА АНЕМІЇ ЗА ПОЛЯРИЗАЦІЙНИМ КАРТОГРАФУВАННЯМ ЕРИТРОЦИТАРНОЇ СУСПЕНЗІЇ

(57) Реферат:

Спосіб діагностики морфофункціональних змін еритроцитів за умов поєднаного перебігу ішемічної хвороби серця та анемії за поляризаційним картографуванням еритроцитарної суспензії включає оцінювання поляризаційних змін лазерного зображення. Проводять опромінювання паралельним лінійно поляризованим пучком гелій-неонового лазера з довжиною хвилі 0,6328 мкм. Поляризаційні зображення шарів еритроцитарної суспензії проектують за допомогою мікрооб'єктиву в площину світлочутливої площадки CCD-камери. За допомогою обертання осі пропускання аналізатора на кути в межах від 0° до 180° визначаються масиви мінімальних і максимальних рівнів інтенсивності зображення біологічного об'єкта для кожного окремого пікселя CCD-камери і відповідні їм кути повороту.

UA 91660 U

Корисна модель належить до медицини, кардіології, а також фізичної оптики, і може бути використана для ранньої діагностики морфофункціональних змін еритроцитів за умов поєднаного перебігу ішемічної хвороби серця та анемії за поляризаційним картографуванням еритроцитарної суспензії та дослідження станів поляризації зображення ексудату, що актуально у діагностиці процесів серцевої недостатності людини.

Відомі способи раннього виявлення ішемічної хвороби серця на фоні анемічного синдрому є приблизними і засновані на використанні анамнестичних, клінічних і біохімічних даних, що не може бути залучено для масового профілактичного обстеження населення - скринінгу.

Використання анамнестичних, клінічних і біохімічних даних для ранньої діагностики ішемічної хвороби серця на фоні анемічного синдрому має певні обмеження, а саме - низька діагностична ефективність на ранніх стадіях захворювання, коли нема достовірних даних нозології ішемічної хвороби серця на фоні анемічного синдрому, 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 морфофункціональних змін еритроцитів за умов поєднаного перебігу ішемічної хвороби серця та анемії за поляризаційним картографуванням еритроцитарної суспензії, який можна використовувати для масового профілактичного обстеження населення - скринінгу.

Спосіб, що заявляється, дозволяє уникнути вказаних недоліків, значно об'єктивізувати на ранніх етапах визначення морфофункціональних змін еритроцитів за умов поєднаного перебігу ішемічної хвороби серця та анемії за поляризаційним картографуванням еритроцитарної суспензії та отримати точні дані, які не залежать від суб'єктивної оцінки лікаря - діагноста.

Відомий ряд оптичних способів поляриметрії, які досліджують координатний розподіл станів поляризації лазерного випромінювання 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], заснований на аналізі картини розподілу азимутів поляризації в лазерному випромінюванні, розсіяному зразком крові людини.

Недоліком способу є низька точність вимірювання азимутів поляризації у зображенні біологічного об'єкта.

Також аналогом способу, що заявляється, є спосіб визначення оптико-анізотропної структури біологічних рідин шляхом оцінки розподілів азимутів і еліптичності поляризації [(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, № 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 визначають оптико-анізотропну структуру мазку крові. Основним недоліком способу - аналогу є необхідність операції дискретизації лазерних зображень крові, а також неоднозначність при диференціації типу серцевої недостатності.

Прототипом корисної моделі є спосіб діагностики ішемічної хвороби серця за оцінкою статистичної структури просторово-частотно відфільтрованих поляризаційних зображень плазми крові людини (S.H. Huminets'kyi, O.H. Ushenko, I.P. Polyans'kyi, A.V. Motrych, F.V. Hrynychuk. The Optical Method of the Investigation of the Peritonitis Progressing Process. // SPIE, - Vol. 6254. - P. 485-489), при якому ішемічна хвороба серця визначається за діагностикою змін поляризаційних зображень мазків плазми крові людини. При цьому наявність ішемічної хвороби серця оцінюється шляхом обчислення середнього і дисперсії розподілів азимутів і еліптичності поляризації лазерних зображень плазми крові.

Недоліками прототипу є те, що діагностика ішемічної хвороби серця відбувається на пізніх етапах, що значно гальмує ефективність лікування та призводить до залучення додаткових коштів.

Нами пропонується рішення, що усуває вказані недоліки на основі діагностики морфофункціональних змін еритроцитів за умов поєднаного перебігу ішемічної хвороби серця та анемії за поляризаційним картографуванням еритроцитарної суспензії.

В основу корисної моделі поставлена задача удосконалити спосіб діагностики морфофункціональних змін еритроцитів за умов поєднаного перебігу ішемічної хвороби серця та анемії за поляризаційним картографуванням еритроцитарної суспензії шляхом оцінки такого процесу за визначенням зміни статистичних моментів 3-го і 4-го порядків, які характеризують поляризаційну структуру просторово-частотно відфільтрованих лазерних зображень еритроцитарної суспензії для забезпечення розширення функціональних можливостей ранньої діагностики морфофункціональних змін еритроцитів за умов поєднаного перебігу ішемічної

хвороби серця та анемії за поляризаційним картографуванням еритроцитарної суспензії, а також у підвищенні точності вимірювання поляризаційних параметрів - азимуту і еліптичності поляризації дрібномасштабних структур лазерного зображення препарату.

Поставлена задача вирішується тим, що у способі діагностики морфофункціональних змін еритроцитів за умов поєднаного перебігу ішемічної хвороби серця та анемії за поляризаційним картографуванням еритроцитарної суспензії шляхом оцінки поляризаційних змін, згідно з корисною моделлю, оцінка поляризаційних змін лазерного просторово-частотно відфільтрованого зображення проводиться опромінювання паралельним лінійно поляризованим пучком гелій-неонового лазера з довжиною хвилі 0,6328 мкм. За допомогою прямого і зворотного Фур'є-перетворення виділяють дрібномасштабні поляризаційні зображення шарів еритроцитарної суспензії, які проектує за допомогою мікрооб'єктиву крізь аналізатор, вісь пропускання якого обертають на кути в межах від 0° до 180°, в площину світлочутливої площадки CCD-камери та визначають масиви мінімальних і максимальних рівнів інтенсивності зображення біологічного об'єкта для кожного окремого пікселя CCD-камери і відповідні їм кути повороту; після цього обчислюють розподіли азимуту і еліптичності поляризації просторово-частотно відфільтрованого лазерного зображення еритроцитарної суспензії, за якими судять про характер змін морфо-функціональних властивостей еритроцитів за умов поєднаного перебігу ішемічної хвороби серця та анемії.

Спільними ознаками прототипу та рішення, що заявляється, є використання для діагностики морфофункціональних змін еритроцитів за умов поєднаного перебігу ішемічної хвороби серця та анемії поляризаційного картографування еритроцитарної суспензії. Корисна модель відрізняється від прототипу тим, що використовують лінійно поляризоване когерентне випромінювання, здійснюють просторово-частотну фільтрацію із наступною статистичною оцінкою змін координатних розподілів азимутів і еліптичності поляризації дрібномасштабного лазерного зображення еритроцитарної суспензії.

Спосіб здійснюється наступним чином. Для діагностики ішемічної хвороби серця на фоні анемічного синдрому у людини забирають зразок крові та виділяють еритроцитарну суспензію. За допомогою пристрою проводять лазерне опромінення дослідного зразку еритроцитарної суспензії, вимірюючи розподіли азимутів і еліптичності поляризації просторово-частотно відфільтрованого лазерного зображення після опромінення. За оцінкою величини асиметрії та ексцесу таких розподілів діагностують наявність морфофункціональних змін еритроцитів за умов поєднаного перебігу ішемічної хвороби серця та анемії за поляризаційним картографуванням еритроцитарної суспензії.

Теоретичним підґрунтям для використання способу є наступні дані. Найбільш повно поляризаційні характеристики світлових полів описуються у термінах азимуту та еліптичності поляризації (Ushenko Yu.A. Statistical structure of polarization-inhomogeneous images of biotissues with different morphological structures / Yu. A. Ushenko // Ukrainian Journal of Physical Optics. - 2005. - Vol. 6, № 2. - P. 63-70).

Процеси перетворення поляризаційної структури опромінюючого біологічні об'єкти когерентного випромінювання найбільш повно описуються за допомогою матричного оператора наступного вигляду

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

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

Результуючі значення азимуту та еліптичності поляризації лазерного пучка, що пройшов крізь досліджувану біологічну рідину, записуються у вигляді

$$\alpha(m \times n) = \Theta((m \times n) \equiv \min) - \frac{\pi}{2};$$

$$\beta(m \times n) = \arctg \frac{I(m \times n)_{\min}}{I(m \times n)_{\max}}. \quad (2)$$

З метою виділення дрібномасштабної структури мапи еліптичності поляризації застосовують оптичну реалізацію прямого і зворотного Фур'є-перетворення [Laser Speckle and Related Phenomena / edited by J.C. Dainty // Statistical properties of laser speckle patterns / J.W. Goodman. -

Berlin: Springer-Verlag, 1975. - P. 9-75].

Таким чином, за вимірними екстремальними значеннями інтенсивності $I_{\min}(m \times n)$; $I_{\max}(m \times n)$ зображення біологічної рідини для кожного окремого пікселя (m, n) CCD-камери і, відповідних до них кутів повороту $\Theta(m \times n) \equiv \min$, можна однозначно визначити асиметрію Z_3 та ексцес Z_4 розподілів параметрів поляризації просторово-частотно відфільтрованого зображення біологічного об'єкта в різних точках, кількість яких визначається числом пікселів цифрової камери

$$Z_3 = \frac{1}{Z_2^3} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\alpha; \beta)_i^3;$$

$$Z_4 = \frac{1}{Z_2^2} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\alpha; \beta)_i^4, \quad (3)$$

де 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 плоскополяризованим з азимутом $\alpha_0 = 0^\circ$. За зразок використали зразки еритроцитарної суспензії здорової і хворої (ішемічна хвороба серця на фоні анемічного синдрому) людини. Статистичні моменти, що характеризують поляризаційну структуру просторово-частотно відфільтрованих зображень таких зразків відрізняються в 1,8-3,1 рази (Див. Таблицю).

Таблиця

Статистичні моменти	Норма		Ішемічна хвороба серця на тлі анемії	
	Азимут	Еліптичність	Азимут	Еліптичність
Асиметрія	0,98	0,62	1,45	1,81
Ексцес	2,87	1,14	4,29	2,65

Технічний результат забезпечує нову сукупність дій, що призводять до розширення функціональних можливостей діагностики морфо-функціональних змін еритроцитів за умов поєданого перебігу ішемічної хвороби серця та анемії за поляризаційним картографуванням еритроцитарної суспензії шляхом статистичного моніторингу зміни поляризаційної структури просторово-частотно відфільтрованих лазерних зображень еритроцитарної суспензії при одночасному високоточному вимірюванні азимуту і еліптичності поляризації. При цьому вперше використано когерентне лінійно поляризоване лазерне випромінювання із довжиною хвилі 0,6328 мкм та проведений статистичний моніторинг змін координатних розподілів азимутів і еліптичності поляризації просторово-частотно відфільтрованого лазерного зображення еритроцитарної суспензії.

30 ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб діагностики морфофункціональних змін еритроцитів за умов поєданого перебігу ішемічної хвороби серця та анемії за поляризаційним картографуванням еритроцитарної суспензії, що включає оцінювання поляризаційних змін лазерного просторово-частотно відфільтрованого зображення, який **відрізняється** тим, що проводять опромінювання еритроцитарної суспензії паралельним лінійно поляризованим пучком гелій-неонового лазера з довжиною хвилі 0,6328 мкм, за допомогою прямого і зворотного Фур'є-перетворення, виділяють дрібномасштабні поляризаційні зображення шарів еритроцитарної суспензії, які проєктують за допомогою мікрооб'єктиву крізь аналізатор, вісь пропускання якого обертають на кути в межах від 0° до 180° з кроком 1° в площину світлочутливої площадки CCD - камери, визначають масиви мінімальних і максимальних рівнів інтенсивності зображення такого шару для кожного окремого пікселя CCD-камери і відповідні їм кути повороту, обчислюють розподіли азимуту і еліптичності поляризації просторово-частотно відфільтрованого лазерного зображення еритроцитарної суспензії, за якими судять про морфофункціональні зміни еритроцитів.

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