



УКРАЇНА

(19) UA (11) 55247 (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 ЛАЗЕРНОЇ ПОЛЯРИМЕТРИЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ І ДИФЕРЕНЦІАЦІЇ ЗАХВОРЮВАНЬ СУГЛОБА

1

2

(21) u201006356

(22) 25.05.2010

(24) 10.12.2010

(46) 10.12.2010, Бюл.№ 23, 2010 р.

(72) ВАСЮК ВОЛОДИМИР ЛЕОНІДОВИЧ, КВАСНЮК ДМИТРО ВАСИЛЬОВИЧ, УШЕНКО ЮРІЙ ОЛЕКСАНДРОВИЧ, БАЛАНЕЦЬКА ВАЛЕНТИНА ОЛЕКСАНДРІВНА

(73) ЧЕРНІВЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ЮРІЯ ФЕДЬКОВИЧА

(57) Спосіб лазерної поляриметричної діагностики і диференціації захворювань суглоба, що включає поляризаційне картографування зразка біологічної рідини людини шляхом опромінення паралельним лінійно поляризованим пучком гелій-неонового лазера з довжиною хвилі 0,6328 мкм, проектуван-

ня зображення зразка біологічної рідини за допомогою мікрооб'єктива в площину світлочутливої площадки CCD-камери, за допомогою обертання осі пропускання аналізатора на кути в межах від 0° до 180° визначення поляризаційних розподілів та обчислення статистичних моментів поляризаційного зображення, який **відрізняється** тим, що проводять опромінювання шару синовіальної рідини людини, вимірюють масиви мінімальних і максимальних рівнів інтенсивності для кожного окремого пікселя CCD-камери, за якими визначають розподіл еліптичності поляризації зображення синовіальної рідини, обчислюють статистичні моменти 3-го - 4-го порядків, за величиною яких роблять висновок про запальний процес суглоба людини.

Корисна модель відноситься до медицини, травматології, а також фізичної оптики і може бути використана для ранньої діагностики запалення суглобів (серозного артриту, дистрофічного артриту, вторинного артриту) та дослідження станів поляризації зображення синовіальної рідини, що актуально у діагностиці запальних процесів організму людини.

Відомі способи раннього виявлення запалення суглобів людини є приблизними і засновані на використанні анамнестичних, клінічних, біохімічних і цитологічних даних, що не може бути залучено для (швидкого диференціально-діагностичного обстеження хворих на артрит) масового профілактичного обстеження населення - скринінгу.

Використання клінічних, біохімічних і цитологічних даних для ранньої діагностики захворювань суглобів має певні обмеження, а саме - недостатня діагностична ефективність на ранніх стадіях захворювання, коли нема достовірних даних нозології серозного артриту, дистрофічного артриту, вторинного артриту, вимагає тривалого часу виконання, високої вартості тестів.

На даний час не існує об'єктивного, точного, швидкого та зручного способу ранньої діагностики запальних захворювань (серозного артриту, дис-

трофічного артриту, вторинного артриту), який можна використовувати для швидкого диференціально-діагностичного обстеження хворих на артрит.

Наш спосіб, що заявляється, дозволяє уникнути вказаних недоліків, значно об'єктивізувати на ранніх етапах визначення запальних змін та отримати точні дані, які не залежать від суб'єктивної оцінки лікаря.

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'єкту.

(19) UA (11) 55247 (13) U

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, 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 визначають оптико-анізотропну структуру мазку крові.

Основним недоліком способу-аналогу є необхідність операції дискретизації лазерних зображень крові, а також неоднозначність при диференціації ступеня важкості запальних процесів.

Прототипом корисної моделі є спосіб діагностики виникнення запальних процесів за оцінкою статистичної структури поляризаційних зображень плазми крові людини (S. N. Huminets'kyu, O. N. Ushenko, I. P. Polyans'kyu, A. V. Motrych, F. V. Hrynchuk. The Optical Method of the Investigation of the Peritonitis Progressing Process. // SPIE, 2007 - Vol. 6254, P. 485-489.) при якому стан запалення визначається за діагностикою змін поляризаційних зображень мазків плазми крові людини. При цьому наявність запального процесу оцінюється шляхом обчислення середнього і дисперсії розподілів азимутів поляризації лазерних зображень плазми крові.

Недоліками прототипу є те, що діагностика запальних процесів відбувається 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 запалення суглобів шляхом оцінки такого процесу за визначенням зміни статистичних моментів 3-го і 4-го порядків, які характеризують розподіли еліптичності поляризації лазерних зображень синовіальної рідини людини для забезпечення розширення функціональних можливостей ранньої діагностики серозного артриту, дистрофічного артриту, вторинного артриту людини, а також у підвищенні точності вимірювання поляризаційних параметрів - азимуту і еліптичності поляризації.

Поставлене завдання вирішується тим, що у способі лазерної поляриметричної діагностики виникнення запалення суглоба за поляризаційним картографуванням шару синовіальної рідини людини шляхом оцінки поляризаційних змін, проводять опромінювання шару синовіальної рідини паралельним лінійно поляризованим пучком гелій-неонового лазера з довжиною хвилі 0.6328 мкм, проєктують зображення за допомогою мікрооб'єктиву в площину світлочутливої площадки CCD - камери, за допомогою обертання осі пропускання аналізатора на кути в межах від 0° до 180° визначають поляризаційні розподіли та обчислюють статистичні моменти поляризаційного зображення, вимірюють масиви мінімальних і максимальних рівнів інтенсивності для кожного окремого пікселя

CCD - камери, за якими визначають розподіл еліптичності поляризації, обчислюють статистичні моменти 3-го - 4-го порядків, за величиною яких судять про запальний процес суглоба людини.

Спільними ознаками прототипу та рішення, що заявляється, є використання для діагностики виникнення запалення суглобів поляризаційних змін лазерного зображення. Корисна модель відрізняється від прототипу тим, що використовують лінійно поляризоване когерентне випромінювання із наступною статистичною оцінкою змін координатних розподілів еліптичності поляризації лазерного зображення синовіальної рідини.

Спосіб здійснюється наступним чином. Для оцінки виникнення стану запалення суглобів у людини забирають зразок синовіальної рідини. За допомогою пристрою проводять лазерне опромінення дослідного зразку синовіальної рідини, вимірюючи розподіл еліптичності поляризації лазерного зображення після опромінення. За оцінкою величини асиметрії та ексцесу таких розподілів діагностують наявність запального процесу суглобів людини.

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, Ukrainian Journal of Physical Optics, 6, No. 2, 63-70, 2005).

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

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

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

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

$$\beta_{(m \times n)} = \arctg \frac{I_{(m \times n)_{\min}}}{I_{(m \times n)_{\max}}} \quad (2)$$

Таким чином, за виміряними екстремальними значеннями інтенсивності I_{\min} ($m \times n$); I_{\max} ($m \times n$) зображення синовіальної рідини для кожного окремого пікселя (mn) CCD-камери можна однозначно визначити асиметрію Z_3 та ексцес Z_4 розподілу еліптичності поляризації зображення біологічної рідини в різних точках, кількість яких визначається числом пікселів цифрової камери:

$$\begin{aligned} Z_3 &= \frac{1}{Z_2} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \beta_{i,3}, \\ Z_4 &= \frac{1}{Z_2} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \beta_{i,4} \end{aligned} \quad (3)$$

де N - повна кількість пікселів CCD-камери, яка реєструє поляризаційно-неоднорідне об'єктне поле зразків синовіальної рідини.

Використання корисної моделі пояснюється наступним прикладом: нехай опромінюючий пучок є плоскополяризованим з азимутом $\alpha_0 = 0^\circ$. В якості зразка використали зразки синовіальної рідини здорової і хворої (серозний артрит) людини. Статистичні моменти, що характеризують поляризаційну структуру зображень таких зразків відрізняються в 2,5 - 3,5 рази.

Статистичні моменти	Норма	Артрит
	Еліптичність	Еліптичність
Асиметрія	2,97	5,88

Ексцес	6,13	14,75
--------	------	-------

Технічний результат забезпечує нова сукупність дій, яка складає запропонований спосіб, що призводить до розширення функціональних можливостей діагностики запалення суглобів людини шляхом статистичного моніторингу зміни поляризаційної структури лазерних зображень біологічної рідини при одночасному високоточному вимірюванні еліптичності поляризації. При цьому вперше використано когерентне лінійно поляризоване лазерне випромінювання із довжиною хвилі 0,6328 мкм та проведення статистичного моніторингу змін координатних розподілів еліптичності поляризації лазерного зображення синовіальної рідини.