



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **80575** (13) **U**  
(51) МПК (2013.01)  
**G01N 33/00**  
**A61B 5/00**

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

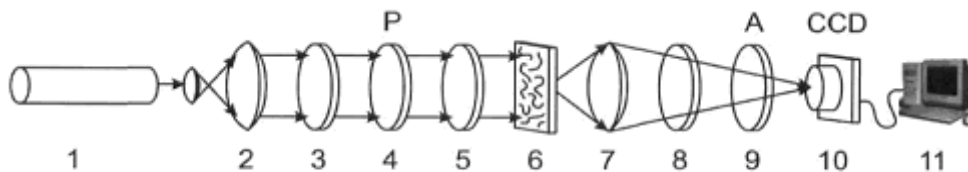
## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки:	<b>u 2012 11855</b>	(72) Винахідник(и):	<b>Трифонюк Лілія Юріївна (UA), Ушенко Володимир Олександрович (UA)</b>
(22) Дата подання заявки:	<b>15.10.2012</b>	(73) Власник(и):	<b>Трифонюк Лілія Юріївна, вул. С. Бандери, 69-в, кв. 30, м. Рівне, 33027 (UA)</b>
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель:	<b>10.06.2013</b>		
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	<b>10.06.2013, Бюл.№ 11</b>		

### (54) СПОСІБ ДІАГНОСТИКИ НЕДОСТАТНОСТІ СПОЛУЧНОТКАНИННОГО КОМПОНЕНТА СТІНКИ ПІХВИ ПРИ ПРОЛАПСІ ГЕНІТАЛІЙ МЕТОДОМ СТОКС-ПОЛЯРИМЕТРІЇ ЙОГО ОРІЄНТАЦІЙНОЇ ФІБРИЛЯРНОЇ СТРУКТУРИ

#### (57) Реферат:

Спосіб діагностики недостатності сполучнотканинного компонента стінки піхви при пролапсі геніталій методом Стокс - поляриметрії його орієнтаційної фібрилярної структури включає зондування поляризованим лазерним пучком гістологічного зрізу біологічної тканини, проектування лазерного зображення у площину цифрової камери крізь поляризаційний фільтр, вимірювання координатних розподілів різнополяризованих складових інтенсивності. Об'єкт зондують випромінюванням низькокогерентного напівпровідникового лазерного діода, формують паралельний правоциркулярно поляризований лазерний пучок, формують зображення гістологічного зрізу сполучнотканинного шару стінки піхви в площині цифрової світлочутливої камери, вимірюють два координатні розподіли інтенсивності лазерного зображення гістологічного зрізу сполучнотканинного шару стінки піхви шляхом використання паралельних каналів ортогонального поляризаційного аналізу. Обчислюють значення орієнтаційного параметра вектора Стокса у межах кожного пікселя, знаходять набір статистичних та кореляційних моментів, за значеннями яких діагностують об'єктивну ймовірність наявності недостатності сполучнотканинного компонента стінки піхви при пролапсі геніталій.



Фіг.1

UA 80575 U



Корисна модель належить до медицини, гінекології, урології, а також фізичної оптики і може бути використана для ранньої діагностики патологічних змін сполучнотканинного компонента в стінці піхви, що є актуальним у діагностиці виникнення, моніторингу, перебігу та вибору методу корекції пролапсу геніталій та при його поєднанні з нетриманням сечі.

Відомі способи раннього виявлення патологічного стану сполучнотканинного компонента стінки піхви при пролапсі геніталій та його поєднання з нетриманням сечі є приблизними і засновані на використанні клінічних, біохімічних, імуногістохімічних даних, що не може бути залучено для точного та швидкого диференціально-діагностичного обстеження жінок з пролапсом геніталій, а також для масового профілактичного обстеження жінок – скринінгу, з метою виявлення групи ризику розвитку та важкості перебігу пролапсу геніталій та його поєднанні з нетриманням сечі.

Використання клінічних, біохімічних, патогістологічних, імуногістохімічних даних для ранньої діагностики патологічних змін сполучнотканинного компонента стінки піхви має певні обмеження, а саме - недостатня діагностична ефективність на ранніх стадіях захворювання, коли ще немає достовірних клінічних проявів пролапсу геніталій, та його поєднання з нетриманням сечі вимагає тривалого часу виконання та високої вартості тестів і не дає можливості в подальшому прогнозувати виникнення рецидиву після проведення хірургічної корекції даної патології.

Спосіб, що заявляється, дозволяє уникнути вказаних недоліків, значно об'єктивізувати на ранніх етапах визначення патологічних змін сполучнотканинного компонента стінки піхви та отримати точні дані, які не залежать від суб'єктивної оцінки лікаря.

Відомий ряд оптичних способів вимірювання орієнтаційної побудови полікристалічних мереж оптично анізотропних шарів. Спосіб, описаний в [O.V. Angelsky, A.G. Ushenko, Yu.A. Ushenko, V.P. Pishak, and A.P. Peresunko, "Statistical, Correlation, and Topological Approaches in Diagnostics of the Structure and Physiological State of Birefringent Biological Tissues", in Handbook of Photonics for Biomedical Science, Valery V. Tuchin, Ed. USA: CRC Press, 2010. - P. 21-67.], заснований на аналізі кутових змін інтенсивності пучків різнополяризованого лазерного розсіяного лазерного випромінювання у далекій зоні дифракції Фраунгофера. Недоліком способу є відсутність діагностичних параметрів, які ефективні для координатної діагностики структури оптикоанізотропної складової фазово-неоднорідного об'єкта дослідження, що приводить до обмеження функціональних можливостей діагностики оптичної анізотропії у зв'язку з низької достовірністю внаслідок статистичного усереднення вимірюваної інтенсивності.

Прототипом корисної моделі є спосіб визначення координатних розподілів орієнтаційних параметрів вектора Стокса лазерних зображень біологічних тканин, який включає зондування гістологічного зрізу біологічної тканини поляризованими лазерними пучками, проектування лазерного зображення у площину цифрової камери крізь поляризаційний фільтр, що обертається, вимірюванні координатних розподілів різнополяризованих складових інтенсивності [O. V. Angelsky, A. G. Ushenko, Yu. A. Ushenko, V. P. Pishak, "Statistical and Fractal Structure of Biological Tissue Mueller Matrix Images", in Optical Correlation Techniques and Applications, Oleg V. Angelsky, Ed. Washington: Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers, 2007. - P. 213-266.], при якому розподіл орієнтацій мережі двопроменезаломлюючих оптично одноосних кристалів визначається шляхом порядкового аналізу гістограм випадкових значень орієнтаційних матричних елементів.

Недоліками прототипу є низька точність вимірювання, обумовлена використанням одноканальної схеми опромінення та поляризаційного аналізу лазерних зображень, а також формування розвиненого спекл-фону у зображенні структури біологічної тканини, що спотворює координатний розподіл матричних елементів і знижує інформативність методу.

В основу корисної моделі поставлена задача створення способу діагностики недостатності сполучнотканинного компонента стінки піхви при пролапсі геніталій шляхом вимірювання координатних розподілів орієнтаційних параметрів вектора Стокса точок лазерного зображення, які вичерпно повно характеризують розподіли напрямів оптичних осей фібрилярних мереж сполучнотканинного шару стінки піхви, в якому за рахунок проектування лазерного зображення гістологічного зрізу тканини піхви у площину цифрової камери крізь поляризаційний фільтр, що обертається, вимірюванні координатних розподілів різнополяризованих складових інтенсивності, обчислені значень орієнтаційних параметрів вектора Стокса та набору статистичних і кореляційних моментів, які їх характеризують, досягається розширення функціональних можливостей об'єктивної діагностики недостатності сполучнотканинного компонента при пролапсі геніталій.

Поставлена задача вирішується тим, що у способі діагностики недостатності сполучнотканинного компонента стінки піхви при пролапсі геніталій шляхом вимірювання

координатних розподілів орієнтаційних параметрів вектора Стокса точок лазерного зображення об'єкт зондують випромінюванням низькокогерентного напівпровідникового лазерного діода з довжиною хвилі 0,64 мкм, формують паралельний правоциркулярно поляризований лазерний пучок, за допомогою мікрооб'єктиву, кутова апертура якого узгоджена із індикатрисою розсіювання лазерного пучка, формують зображення гістологічного зрізу сполучнотканинного шару стінки

півхи в площині цифрової світлочутливої камери, що налічує  $m \times n = 800 \text{ріх} \times 600 \text{ріх}$ , кожний з яких володіє просторовою роздільною здатністю  $2 \mu\text{м}$ , вимірюють два координатні розподіли інтенсивності лазерного зображення гістологічного зрізу півхи шляхом використання паралельних каналів ортогонального поляризаційного аналізу з азимутами пропускання  $+45^\circ$  і  $-45^\circ$ , обчислюють значення орієнтаційного параметра вектора Стокса у межах кожного пікселя, знаходять набір статистичних та кореляційних моментів, які вичерпно повно характеризують координатний розподіл оптичних осей фібрилярної мережі досліджуваного сполучнотканинного шару стінки півхи, за значеннями яких діагностують об'єктивну ймовірність наявності недостатності сполучнотканинного компонента при пролапсі геніталій.

Спільними ознаками прототипу та рішення, що заявляється, є використання лазерного випромінювання та вимірювання координатних розподілів орієнтаційних параметрів вектора Стокса для визначення координатного розподілу оптичних осей фібрилярної мережі анізотропного шару. Корисна модель відрізняється від прототипу тим, що використовують низькокогерентне лазерне випромінювання із наступним багатоканальним поляризаційним, статистичним та кореляційним аналізом лазерних зображень оптико анізотропного сполучнотканинного шару стінки півхи.

На фіг. 1 представлено оптичну схему пристрою, на фіг. 2 представлено приклад розподілів орієнтаційного параметра фібрилярної мережі сполучнотканинного шару стінки півхи.

Теоретичним підґрунтям для використання способу є наступні дані. Відомо [A.G. Ushenko, "Stokes-correlometry of biotissues, " Laser Physics, 2000. - Vol. 10(5). - P. 1286-1292,], що вичерпно повно оптична анізотропія фібрилярних мереж біологічних тканин характеризується параметрами вектора Стокса наступного вигляду

$$S = \begin{pmatrix} S_1 \\ S_2 \\ S_3 \\ S_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ \cos 2\alpha \cos 2\beta \\ \sin 2\alpha \cos 2\beta \\ \sin 2\beta \end{pmatrix}, \quad (1)$$

де  $\alpha$  - азимут поляризації, величина якого визначається напрямом оптичної осі, пов'язаної з напрямом укладання фібрили в площині гістологічного зрізу;  $\beta$  - еліптичність поляризації, величина якої визначається двоприменозломленням речовини фібрили.

З виразу (1) одержуємо вираз для Стокс - поляриметричного орієнтаційного параметра  $\alpha$

$$\alpha = 0,5 \arctg \left( \frac{S_3}{S_2} \right). \quad (2)$$

В подальшому координатні розподіли  $\alpha = \begin{pmatrix} \alpha_{11} & \dots & \alpha_{1n} \\ & \alpha_{jk} & \\ \alpha_{m1} & \dots & \alpha_{mn} \end{pmatrix}$  будемо називати орієнтаційними Стокс - поляриметричними томограмами фібрилярної мережі сполучнотканинного шару стінки півхи.

Орієнтаційні параметри вектора Стокса ( $S_2; S_3$ ) лазерного зображення такого анізотропного шару визначаються в такий спосіб. Опромінюємо біологічний шар циркулярно поляризованим лазерним пучком ( $\beta_0 = 45^\circ$ ) і одержуємо сукупність з 4-х зображень шляхом поляризаційної фільтрації  $0^\circ, 90^\circ, +45^\circ, -45^\circ$  за допомогою чотирьох каналів лінійних аналізаторів.

Відповідні орієнтаційні параметри вектора Стокса ( $S_2; S_3$ ) лазерного зображення гістологічного зрізу сполучнотканинного шару стінки півхи записуються

$$S_2 = \frac{I_0^\otimes - I_{90}^\otimes}{I_0^\otimes + I_{90}^\otimes}; \quad (3)$$

$$S_3 = \frac{I_{45}^\otimes - I_{-45}^\otimes}{I_{45}^\otimes + I_{-45}^\otimes}. \quad (4)$$

де  $I_{0;90;+45;-45}^{\otimes}$  - інтенсивність поляризаційно відфільтрованих лазерних променів.

З урахуванням співвідношень (3) - (4) алгоритм (2) визначення напрямку орієнтаційного параметра вектора Стокса в точці з координатами (jk) набуває вигляду:

$$\alpha(jk) = 0,5 \arctg \left( \frac{I_{45}^{\otimes} - I_{-45}^{\otimes}}{I_0^{\otimes} - I_{90}^{\otimes}} \right)_{jk} \quad (5)$$

Для об'єктивного (кількісного) оцінювання розподілів орієнтаційного параметра вектора Стокса  $\alpha(jk)$  ми використовували статистичний і кореляційний підходи.

Статистичний підхід

Визначалися статистичні моменти першого ( $R_1$ ), другого ( $R_2$ ), третього ( $R_3$ ) і четвертого ( $R_4$ ) порядків, які обчислювалися за такими алгоритмами

$$R_1 = \frac{1}{P} \sum_{j=1}^P (\alpha_j); R_2 = \sqrt{\frac{1}{P} \sum_{j=1}^P (\alpha_j^2)}; R_3 = \frac{1}{R_2^3} \frac{1}{P} \sum_{j=1}^P (\alpha_j^3); R_4 = \frac{1}{R_2^4} \frac{1}{P} \sum_{j=1}^P (\alpha_j^4), \quad (6)$$

де  $P = 800 \times 600$  - повна кількість пікселів CCD-камери, яка реєструє лазерне зображення гістологічного зрізу сполучнотканинного шару стінки піхви.

Кореляційний підхід

Використовувався метод автокореляційного порівняння координатної структури розподілів  $\alpha(m \times n)$  з використанням наступних алгоритмів

$$K(\Delta x) = \frac{1}{(X_{x=1 \div m})_x} \sum_{j=1}^N \alpha(x) \alpha(x - j \Delta x); \quad (7)$$

Тут ( $\Delta x$ ) "крок", з яким змінюються координати  $x = 1 \div m$ .

Для оцінювання структури автокореляційної функції обчислювалися кореляційні моменти

$$\alpha(jk) = 0,5 \arctg \left( \frac{I_{45}^{\otimes} - I_{-45}^{\otimes}}{I_0^{\otimes} - I_{90}^{\otimes}} \right)_{jk} \quad (5)$$

На фіг. 1 показано оптичну схему Стокс - поляриметрії фібрилярних мереж гістологічних зрізів сполучнотканинного шару стінки піхви. Де 1 - лазер; 2 - коліматор; 3, 5, 8 - чвертьхвильові платівки; 4, 9 - поляризатор та аналізатор відповідно; 6 - об'єкт дослідження; 7 - мікрооб'єктив; 10 - CCD-камера; 11- персональний комп'ютер.

Фіг. 2. Координатні (а), (в) та кількісні (б), (г) розподіли орієнтаційного параметра  $\alpha(100 \text{ піх} \times 100 \text{ піх})$  гістологічних зрізів сполучнотканинного шару здорової (а), (б) і патологічно зміненої (в), (г) стінки піхви.

Опромінювання проводилось паралельним, пучком ( $\varnothing = 10^4$  мкм) напівпровідникового лазера ( $\lambda = 0.64$  мкм) 1, який формувався коліматором 2. За допомогою поляризаційного освітлювача (чвертьхвильові пластинки 3, 5 і поляризатор 4) формувалася циркулярно поляризована хвиля. Зображення гістологічного зрізу піхви 6 проектувалися за допомогою мікрооб'єктива 7 в площину світлочутливої площадки ( $m \times n = 800 \text{ піх} \times 600 \text{ піх}$ ) CCD камери 10.

Шляхом обертання площини пропускання аналізатора 9 на кути  $\Theta = 0^\circ, 90^\circ, \pm 45^\circ$ , формувалися умови пропускання лінійно поляризованих коливань точок лазерного зображення тканини шару піхви. Розподіли інтенсивності  $I_{0;90;+45;-45}^{\otimes}$  таких коливань реєструвався

сукупністю пікселів CCD - камери 10. Далі, згідно з співвідношеннями (5) - (8), розраховуються за допомогою персонального комп'ютера 11 координатні розподіли орієнтаційних параметрів фібрилярної мережі вектора Стокса лазерного зображення гістологічного зрізу сполучнотканинного шару стінки піхви та набір статистичних і кореляційних моментів, які характеризують розподіли  $\alpha(m \times n)$ .

Використання корисної моделі пояснюється наступним прикладом. Як об'єкти використовували гістологічні зрізи сполучнотканинного шару здорової (група 1) і патологічно зміненої (група 2) стінки піхви.

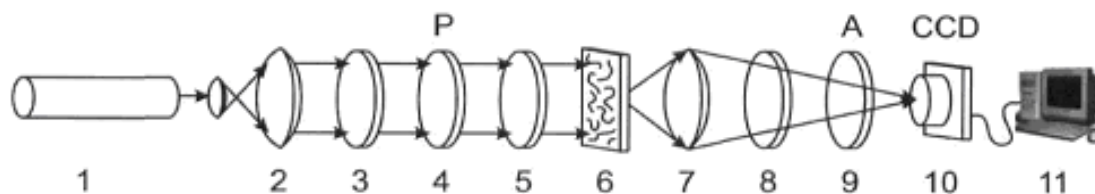
Параметри	Група 1	Група 2
$R_1$	0,07	0,24
$R_2$	0,085	0,12
$R_3$	0,23	0,68
$R_4$	1,59	0,41
$Q_2$	0,29	0,11
$Q_4$	0,09	0,28

Статистичні моменти, що характеризують поляризаційну структуру зображень таких зразків, відрізняються в 1,5-3,8 рази. Відмінності між величинами кореляційних моментів досягають 2,2-3 разів.

Технічний результат забезпечує нова сукупність дій, яка складає запропонований спосіб, що призводить до розширення функціональних можливостей діагностики і диференціації патологічних станів тканини піхви, зокрема наявності недостатності сполучного тканинного компонента стінки піхви шляхом багатоканального поляризаційного, статистичного і кореляційного аналізу серії лазерних зображень. При цьому вперше використано низькокогерентне лазерне випромінювання із довжиною хвилі 0,64 мкм та проведення багатоканального моніторингу змін координатних розподілів інтенсивності різнополяризованих лазерних зображень анізотропного шару та набору статистичних і кореляційних моментів, які характеризують орієнтаційний параметр вектора Стокса.

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб діагностики недостатності сполучнотканинного компонента стінки піхви при пролапсі геніталій методом Стокс - поляриметрії його орієнтаційної фібрилярної структури, що включає зондування поляризованим лазерним пучком гістологічного зрізу біологічної тканини, проектування лазерного зображення у площину цифрової камери крізь поляризаційний фільтр, вимірювання координатних розподілів різнополяризованих складових інтенсивності, який **відрізняється** тим, що об'єкт зондують випромінюванням низькокогерентного напівпровідникового лазерного діода з довжиною хвилі 0,64 мкм, формують паралельний правоциркулярно поляризований лазерний пучок, за допомогою мікроб'єктива, кутова апертура якого узгоджена із індикатрисою розсіяння лазерного пучка, формують зображення гістологічного зрізу сполучнотканинного шару стінки піхви в площині цифрової світлочутливої камери, що налічує  $m \times n = 800 \text{ріх} \times 600 \text{ріх}$ , кожний з яких володіє просторовою роздільною здатністю  $2 \mu\text{м}$ , вимірюють два координатні розподіли інтенсивності лазерного зображення гістологічного зрізу сполучнотканинного шару стінки піхви шляхом використання паралельних каналів ортогонального поляризаційного аналізу з азимутами пропускання  $+45^\circ$  і  $-45^\circ$ , обчислюють значення орієнтаційного параметра вектора Стокса у межах кожного пікселя, знаходять набір статистичних та кореляційних моментів, які вичерпно повно характеризують координатний розподіл оптичних осей фібрилярної мережі досліджуваного шару піхви, за значеннями яких діагностують об'єктивну ймовірність наявності недостатності сполучнотканинного компонента стінки піхви при пролапсі геніталій.



Фіг.1

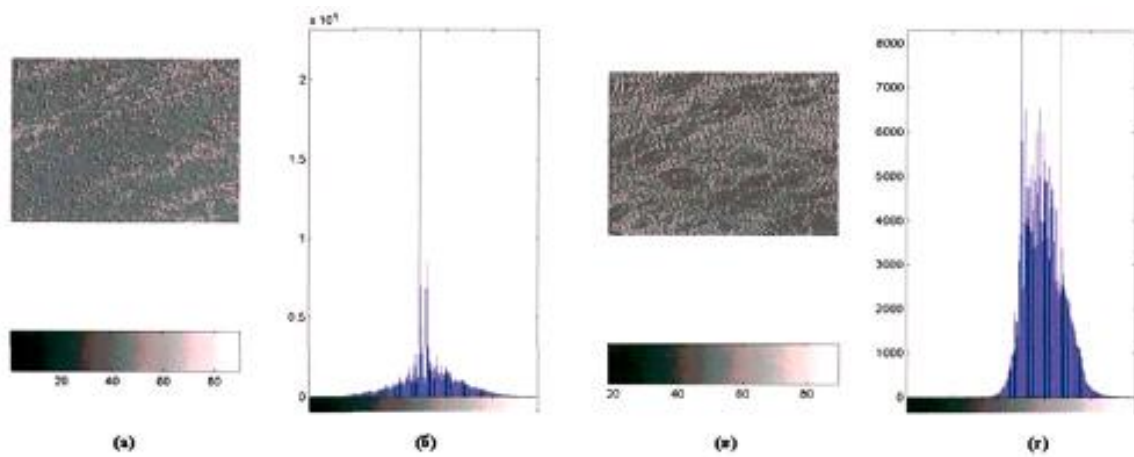


Fig.2

---

Комп'ютерна верстка Л. Литвиненко

---

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