



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **116070** (13) **U**  
(51) МПК (2017.01)  
**G01N 33/00**  
**G01N 33/483** (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**

|   |  |
|---|--|
| <p>(21) Номер заявки: <b>u 2016 10844</b></p> <p>(22) Дата подання заявки: <b>28.10.2016</b></p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>10.05.2017</b></p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>10.05.2017, Бюл.№ 9</b></p> | <p>(72) Винахідник(и):<br/><b>Бачинський Віктор Теодосович (UA),<br/>Гараздюк Марта Славівна (UA),<br/>Гараздюк Іван Васильович (UA),<br/>Ванчуляк Олег Ярославович (UA),<br/>Ушенко Олександр Григорович (UA),<br/>Ушенко Юрій Олександрович (UA),<br/>Ушенко Володимир Олександрович (UA),<br/>Дуболазов Олександр Володимирович (UA),<br/>Сідор Максим Іванович (UA),<br/>Лакуста Іван Іванович (UA)</b></p> <p>(73) Власник(и):<br/><b>ЧЕРНІВЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ<br/>УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ЮРІЯ ФЕДЬКОВИЧА,<br/>вул. Коцюбинського, 2, м. Чернівці, 58002<br/>(UA)</b></p> |
|---|--|

**(54) СПОСІБ АЗИМУТАЛЬНО-ІНВАРІАНТНОГО ВИЗНАЧЕННЯ ДАВНОСТІ НАСТАННЯ СМЕРТІ ЗА ПОЛЯРИЗАЦІЙНИМ КАРТОГРАФУВАННЯМ ПОЛІКРИСТАЛІЧНИХ ПЛІВОК ЛІКВОРУ**

**(57) Реферат:**

Спосіб азимутально-інваріантного визначення давності настання смерті за поляризаційним картографуванням полікристалічних плівок ліквору трупа людини шляхом оцінки дегенеративних змін. Для оцінки таких змін проводять опромінювання полікристалічної плівки ліквору право-циркулярно поляризованим випромінювання з довжиною хвилі 0,6328 мкм, за допомогою прямого і зворотного Фур'є перетворення, виділяють дрібно- та великомасштабні мікроскопічні зображення полікристалічної плівки ліквору, які проектують за допомогою мікрооб'єктива крізь право- та ліво циркулярно поляризований фазовий аналізатор, вимірюють відповідні рівні інтенсивності, за якими визначають розподіли величини еліптичності поляризації дрібно- та великомасштабного зображень полікристалічної плівки ліквору. Обчислюють статистичні моменти 3-го і 4-го порядків, які характеризують такі розподіли, виявляють часову динаміку зміни статистичних параметрів, згідно з якою судять про давність настання смерті.

UA 116070 U



Корисна модель належить до медицини, судової медицини, криміналістики та патологічної анатомії, а також фізичної оптики, і може бути використана для визначення давності настання смерті та дослідження станів поляризації гістологічних зрізів та полікристалічних плівок біологічних шарів, що актуально у дослідженні динаміки розвитку трупних процесів біологічних

5

тканин і рідин.  
Відомі способи визначення настання часу смерті є приблизними і засновані на оцінці швидкості настання дегенеративно-дистрофічних змін м'яких тканин. Вони базуються на визначенні первинних постмортальних ознак, ранніх та пізніх трупних змін. До первинних постмортальних ознак належать реакція скелетної мускулатури та гладеньких м'язів райдужки на механічні, хімічні та електричні подразники тощо. Первинні постмортальні ознаки дозволяють встановлювати час настання смерті протягом першої доби після її настання. До ранніх трупних змін належить висихання трупа, охолодження трупа, м'язове залякання трупа, трупні плями та трупний аутоліз. Такі трупні ознаки починають з'являтися вже через 1,5-2 години після настання біологічної смерті, отримують повний розвиток протягом перших 2-х діб після смерті та не супроводжуються значними структурними змінами тканин. Пізні трупні зміни починаються також після настання біологічної смерті, але у більш пізні терміни. Це гниття, муміфікація, сапоніфікація, дублення тощо.

10

15

Для точного визначення часу настання смерті експерт повинен враховувати велику кількість факторів, які впливають на труп, аналізувати можливу причину смерті, проводити додаткові дослідження та звертатись за консультаціями до спеціалістів різного профілю. В залежності від давності смерті та умов, в яких знаходився труп, визначення часу настання смерті є наближеним з коливанням до 2-3-х годин протягом першої доби та 15-20-ти годин у наступні доби. Велике значення при цьому має кваліфікація експерта.

20

На даний час не існує об'єктивного, точного та зручного способу визначення часу настання смерті. Наш спосіб, що заявляється, дозволяє уникнути вказаних недоліків, значно об'єктивізувати визначення часу настання смерті та отримати точні дані, які не залежать від суб'єктивної оцінки судово-медичного експерта.

25

Єрмаковим А.В. (А.В. Ермаков. Изменения уровня среднемoleкулярных соединений в ликворе в зависимости от времени наступления смерти // Проблемы экспертизы в медицине. - № 16-4. - Т.4-2004. - С.25) проводилися дослідження зміни рівня середньомoleкулярних сполук у лікворі в залежності від часу настання смерті методом спектрофотометрії по модифікованій стандартній методиці при довжині хвилі 254 нм, 260 нм та 280 нм, проте метод потребує значної кількості ліквору (до 18 мл), його діагностична значимість є обмеженою.

30

Відомий ряд оптичних способів поляриметрії, які досліджують координатний розподіл станів поляризації лазерного випромінювання біологічними тканинами. 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 зображенні гістологічних зрізів сполучної і м'язової

35

40

тканини.  
Недоліком способу є низька точність вимірювання азимутів поляризації у зображенні та визначення їх координатного розподілу.

Також аналогом способу, що заявляється, є спосіб визначення оптико-геометричної структури біологічних тканин шляхом оцінки розподілів азимутів і еліптичностей 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 чверть-хвильової пластинки і поляризатора вимірюють координатний розподіл азимутів і еліптичності поляризації у площині лазерного зображення, за яким визначають оптико-геометричну структуру архітектонічної сітки сполучної і м'язової біологічних тканин.

45

50

Основним недоліком способу-аналога є відсутність даних про часові зміни оптичних властивостей біологічних тканин трупа людини, а також використання обмеженої кількості тканин різних типів. Окрім цього, розподіли поляризаційних параметрів мікроскопічних зображень гістологічних зрізів біологічних тканин є азимутально-залежними від повороту площини зразка відносно напрямку опромінювання, що значно понижує точність вимірювань.

55

Найближчим аналогом корисної моделі є спосіб визначення часу настання смерті за оцінкою дегенеративно-дистрофічних змін м'яких тканин (Бедрин Л.М., Крюков В.Н., Литвак А.С. и др. Судебная медицина. - М.: Медицина, 1987. - 464 с.), при якому час настання смерті визначається за діагностикою дегенеративно-дистрофічних змін м'яких тканин. При цьому дегенеративно-дистрофічні зміни оцінюються шляхом виявлення ранніх та пізніх трупних змін

60

(висихання, охолодження, м'язове залякання трупа, трупні плями, трупний аутоліз, гниття, муміфікація, сапоніфікація, дублення), наявність яких співставляється із умовами, в яких знаходиться труп, можливими причинами смерті та граничним часом розвитку таких змін.

Недоліками найближчого аналога є те, що відбувається відносно, суб'єктивне визначення часу настання смерті, що у більшій мірі залежить від кваліфікації експерта, низька точність визначення часу настання смерті з великим інтервалом коливання, необхідність врахування великої кількості факторів, які можуть значно змінювати час настання окремих трупних змін, необхідність проведення консультацій інших спеціалістів - екологів, ентомологів, ботаніків тощо, що значно гальмує діагностику у часі та призводить до залучення додаткових коштів.

В основу корисної моделі поставлена задача удосконалити спосіб визначення давності настання смерті шляхом оцінки дегенеративних змін за визначенням часових змін поляризаційної структури лазерних зображень полікристалічних плівок ліквору для забезпечення розширення функціональних можливостей діагностики анізотропії біологічних рідин органів трупа людини, а також у підвищенні точності визначення давності настання смерті на основі азимутально-незалежного вимірювання поляризаційних параметрів - еліптичності поляризації у точках мікроскопічного зображення.

Поставлена задача вирішується тим, що у способі азимутально-інваріантного визначення давності настання смерті за поляризаційним картографуванням полікристалічних плівок ліквору трупа людини шляхом оцінки дегенеративних змін, згідно з корисною моделлю, для оцінки таких змін проводять опромінювання полікристалічної плівки ліквору право-циркулярно поляризованим випромінюванням з довжиною хвилі 0,6328 мкм, за допомогою прямого і зворотного Фур'є перетворення виділяють дрібно- та великомасштабні мікроскопічні зображення полікристалічної плівки ліквору, які проєктують за допомогою мікрооб'єктива крізь право- та ліво циркулярно поляризований фазовий аналізатор, вимірюють відповідні рівні інтенсивності, за якими визначають розподіли величини еліптичності поляризації дрібно- та великомасштабного зображень полікристалічної плівки ліквору, обчислюють статистичні моменти 3-го і 4-го порядків, які характеризують такі розподіли, виявляють часову динаміку зміни статистичних параметрів, згідно з якою судять про давність настання смерті.

Спільними ознаками найближчого аналога та запропонованої корисної моделі, є використання для визначення давності настання смерті дегенеративних змін. Корисна модель відрізняється від найближчого аналога тим, що використовують опромінювання полікристалічної плівки ліквору право-циркулярно поляризованим випромінюванням з довжиною хвилі 0,6328 мкм, за допомогою прямого і зворотного Фур'є перетворення виділяють дрібно- та великомасштабні поляризаційно-неоднорідні мікроскопічні зображення полікристалічної плівки ліквору із наступним часовим моніторингом та статистичною оцінкою їх змін.

Спосіб здійснюють наступним чином.

Для оцінки давності настання смерті в трупа забирають зразок ліквору. Наносять його на прозоре оптично-однорідне скло. Проводять опромінювання полікристалічної плівки ліквору право-циркулярно поляризованим випромінюванням з довжиною хвилі 0,6328 мкм, за допомогою прямого і зворотного Фур'є перетворення виділяють дрібно- та великомасштабні мікроскопічні зображення полікристалічної плівки ліквору, вимірюючи вектор Стокса до- та після поляризаційно-фазового аналізу. За оцінкою часового моніторингу змін статистичних моментів 3-го і 4-го порядків, які характеризують розподіли значень еліптичності поляризації визначають давність настання смерті.

Теоретичним підґрунтям для використання способу є наступні дані.

Найбільш повно поляризаційні характеристики світлових полів описуються у термінах параметрів вектора Стокса (А.Г. Ушенко, С.Б. Ермоленко, М.А. Недужко. Поляризаційно-інтерференційна діагностика внутрішніх напружень // Дефектоскопія. - 1991. 6 - № 6. - С. 83-88).

$$S_0 = S(S_1, S_2, S_3, S_4), \quad (1)$$

де  $S_i$  - параметри вектора Стокса, які мають наступний вигляд

$$S_1 = I_0 + I_{90}.$$

$$S_2 = I_0 - I_{90}.$$

$$S_3 = I_{+45} - I_{-45}. \quad (2)$$

$$S_4 = I_{\otimes} - I_{\ominus}.$$

Тут -  $I_0, I_{90}, I_{+45}, I_{-45}$  інтенсивності ортогонально лінійно поляризованих компонентів оптичного поля,  $I_{\otimes}, I_{\ominus}$  - інтенсивності право- та лівоциркулярно поляризованих складових в електромагнітному полі.

Для право циркулярно поляризованої хвилі вектор Стокса приймає вигляд

$$S = \{1; 0; 0; 1\}, \quad (3)$$

Процеси перетворення поляризаційної структури, опромінюючого біологічний шар випромінювання найбільш повно описуються за допомогою матричного оператора наступного вигляду

$$\{Q\} = \begin{pmatrix} 1; & 0; & 0; & 0; \\ 0; & \left(\sin^2 \frac{\delta}{2} \cdot \cos 2\rho + \cos^2 \frac{\delta}{2}\right); & \left(0,5 \sin 4\rho \sin^2 \frac{\delta}{2}\right) & (-\sin 2\rho \sin \delta); \\ 0; & \left(0,5 \sin 4\rho \sin^2 \frac{\delta}{2}\right); & \left(-\sin^2 \frac{\delta}{2} \cdot \cos 2\rho + \cos^2 \frac{\delta}{2}\right); & (\cos 2\rho \sin \delta); \\ 0; & (\sin 2\rho \sin \delta); & (-\cos 2\rho \sin \delta) & \left(2 \cos^2 \frac{\delta}{2} - 1\right); \end{pmatrix},$$

5 (4)

де  $\delta$  - величина фазового зсуву, який виникає під впливом двоприменезаломлення біооб'єкта.

Результуючий вектор Стокса лазерного пучка, що пройшов крізь досліджувану полікристалічну плівку ліквору, записується у вигляді

$$S = \{1; \cos 2\alpha^* \cos 2\beta^*; \sin 2\alpha^* \cos 2\beta^*; \sin 2\beta^*\}, \quad (5)$$

де  $\alpha^*, \beta^*$  - відповідно азимут і еліптичність поляризації лазерного об'єктного випромінювання. Значення еліптичності поляризації

$$\beta^* = 0,5 \arctan \left[ \frac{S_3}{S_2} \right] = 0,5 \arctan \left[ \frac{I_{\otimes}^{\otimes} - I_{\ominus}^{\otimes}}{I_{\otimes}^{\otimes} + I_{\ominus}^{\otimes}} \right]. \quad (6)$$

Для виділення дрібно- та великомасштабної 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  $I_{jk}$  дрібно- та великомасштабного зображення біологічної рідини для кожного окремого пікселя (mn) CCD - камери можна однозначно визначити асиметрію  $Z_3$  та ексцес  $Z_4$ , які характеризують розподіли параметри поляризації просторово-частотно відфільтрованого зображення біологічного об'єкту в різних точках, кількість яких визначається числом пікселів цифрової камери

$$Z_3 = \frac{1}{Z_2^3} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\beta)_i^3; \quad (7)$$

$$Z_4 = \frac{1}{Z_2^4} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\beta)_i^4; \quad (8)$$

де N - повна кількість пікселів CCD-камери, яка реєструє поляризаційно-неоднорідне мікроскопічне зображення плівок ліквору.

Використання корисної моделі пояснюється наступним прикладом: нехай опромінюючий пучок є плоскополяризованим з вектором Стокса вигляду  $\{1,0,0,1\}$ . Як зразок використали полікристалічну плівку ліквору товщиною 20 мкм.

Статистичні моменти, що характеризують поляризаційну структуру просторово-частотно відфільтрованих зображень таких зразків відрізняються в 1,4-2,3 рази.

| Статистичні Моменти      | Дрібномасштабне зображення | Великомасштабне зображення |
|--------------------------|----------------------------|----------------------------|
|                          | Еліптичність               | Еліптичність               |
| Асиметрія                | 0,98                       | 0,45                       |
| Ексцес                   | 1,87                       | 0,69                       |
| Давність настання смерті | 23 години                  | 20 годин                   |
| Точність                 | 45 хв.                     | 1,5 год.                   |

Технічний результат забезпечує нова сукупність дій, яка складає запропонований спосіб, що призводить до розширення функціональних можливостей визначення давності настання смерті шляхом часового моніторингу зміни статистичної структури зображень при одночасному високоточному вимірюванні параметрів поляризації зображень біооб'єкта. При цьому вперше

використано право-циркулярно поляризоване випромінювання з довжиною хвилі 0,6328 мкм, пряме і зворотне Фур'є перетворення для виділення дрібно- та великомасштабних мікроскопічних зображень полікристалічної плівки ліквору та проведення часового статистичного моніторингу змін розподілів значень еліптичності поляризації.

5

## ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб азимутально-інваріантного визначення давності настання смерті за поляризаційним картографуванням полікристалічних плівок ліквору трупа людини шляхом оцінки дегенеративних змін, який **відрізняється** тим, що для оцінки таких змін проводять опромінювання полікристалічної плівки ліквору право-циркулярно поляризованим випромінювання з довжиною хвилі 0,6328 мкм, за допомогою прямого і зворотного Фур'є перетворення, виділяють дрібно- та великомасштабні мікроскопічні зображення полікристалічної плівки ліквору, які проєктують за допомогою мікрооб'єктива крізь право- та лівоциркулярно поляризований фазовий аналізатор, вимірюють відповідні рівні інтенсивності, за якими визначають розподіли величини еліптичності поляризації дрібно- та великомасштабного зображень полікристалічної плівки ліквору, обчислюють статистичні моменти 3-го і 4-го порядків, які характеризують такі розподіли, виявляють часову динаміку зміни статистичних параметрів, згідно з якою судять про давність настання смерті.

20

---

Комп'ютерна верстка О. Рябко

---

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

---

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601