



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **116073** (13) **U**  
 (51) МПК (2017.01)  
**G01N 33/00**  
**G01N 33/483** (2006.01)  
**A61B 5/00**

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
 ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
 ВЛАСНОСТІ  
 УКРАЇНИ

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

<p>(21) Номер заявки: <b>u 2016 10850</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):  <b>Бачинський Віктор Теодосович (UA),</b>  <b>Гараздюк Марта Славівна (UA),</b>  <b>Ванчуляк Олег Ярославович (UA),</b>  <b>Ушенко Олександр Григорович (UA),</b>  <b>Ушенко Юрій Олександрович (UA),</b>  <b>Ушенко Володимир Олександрович (UA),</b>  <b>Дуболазов Олександр Володимирович (UA),</b>  <b>Прідій Олександр Георгійович (UA)</b></p> <p>(73) Власник(и):  <b>ЧЕРНІВЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ</b>  <b>УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ЮРІЯ ФЕДЬКОВИЧА,</b>      вул. Коцюбинського, 2, м. Чернівці, 58012      (UA)</p>
---	--

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

**(57) Реферат:**

Спосіб азимутально-інваріантного визначення давності настання смерті за поляризаційним картографуванням лазерно-індукованої флуоресценції полікристалічних плівок ліквору трупа людини включає оцінку дегенеративних змін. Для оцінки таких змін проводять опромінювання полікристалічної плівки ліквору правоциркулярно поляризованим випромінюванням з довжиною хвилі 0,441 мкм. За допомогою мікрооб'єктива проєктують флуоресцентне зображення крізь смуговий інтерференційний світлофільтр та аналізатор, вісь пропускання якого для кожного зображення обертають на кути 0°, 90°, +45° і -45° відносно площини падіння, вимірюють відповідні рівні інтенсивності, за якими визначають розподіли величини азимута поляризації флуоресцентного зображення 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 116073 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 належить 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 належать 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. 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.

10

15

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 підвищити об'єктивність 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 среднемолекулярных соединений в ликворе в зависимости от времени наступления смерти // Проблемы экспертизы в медицине. - № 16-4. - Т. 4-2004. - С. 25) проводилися дослідження зміни рівня середньомолекулярних 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 тканини.

35

40

Недоліком способу є низька точність вимірювання азимутів поляризації у зображенні та визначення їх топологічного розподілу, а також відсутність інформації про розподіли еліптичності поляризації.

Також аналогом способу, що заявляється, є спосіб визначення оптико-геометричної структури біологічних тканин шляхом оцінки розподілів азимута та 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-геометричну структуру архітектонічної сітки сполучної і м'язової біологічних тканин.

45

50

Основним недоліком способу-аналога є відсутність даних про причини зміни оптичних властивостей біологічних тканин трупа людини, а також використання обмеженої кількості тканин різних типів.

Найближчим аналогом корисної моделі є спосіб визначення давності 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 (висихання, охолодження, м'язове залякання трупа, трупні плями, трупний аутоліз, гниття,

55

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.

Нами пропонується спосіб, що усуває вказані недоліки.

В основу корисної моделі поставлена задача удосконалити спосіб визначення давності настання смерті шляхом оцінки дегенеративно-дистрофічних трупних змін за визначенням часових змін статистичних моментів 3-го - 4-го порядків, які характеризують координатні розподіли значень азимута поляризації флуоресцентних зображень полікристалічних плівок ліквору для розширення функціональних можливостей діагностики анізотропії біологічних рідин трупа людини, а також підвищення точності вимірювання часу настання смерті.

Поставлена задача вирішується тим, що у способі азимутально-інваріантного визначення давності настання смерті за поляризаційним картографуванням лазерно-індукованої флуоресценції полікристалічних плівок ліквору трупа людини, що включає оцінку дегенеративних змін, згідно з корисною моделлю, для оцінки таких змін проводять опромінювання полікристалічної плівки ліквору право-циркулярно поляризованим випромінюванням з довжиною хвилі 0,441 мкм, за допомогою мікрооб'єктива проектують флуоресцентне зображення крізь смуговий інтерференційний світлофільтр та аналізатор, вісь пропускання якого для кожного зображення обертають на кути 0°, 90°, +45° і -45° відносно площини падіння, вимірюють відповідні рівні інтенсивності, за якими визначають розподіли величини азимута поляризації флуоресцентного зображення 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 корисної моделі, що заявляється, є використання для визначення давності настання смерті дегенеративно-дистрофічних змін. Корисна модель відрізняється від найближчого аналога тим, що використовують випромінювання гелій-кадмієвого лазера з довжиною хвилі 0,441 мкм, проводять опромінювання полікристалічної плівки ліквору право-циркулярно поляризованим випромінюванням з довжиною хвилі 0,45 мкм, за допомогою мікрооб'єктива проектують флуоресцентне зображення крізь смуговий інтерференційний світлофільтр та аналізатор, вісь пропускання якого для кожного зображення обертають на кути 0°, 90°, +45° і -45° відносно площини падіння, визначають розподіли величини азимута поляризації флуоресцентного зображення полікристалічної плівки ліквору, обчислюють статистичні моменти 3-го і 4-го порядків, які характеризують такі розподіли та судять про давність настання смерті.

Спосіб здійснюють наступним чином.

Для оцінки давності настання смерті в трупа забирають зразки ліквору. За допомогою пристрою проводять лазерне опромінення дослідного зразку, проектують флуоресцентне зображення крізь смуговий інтерференційний світлофільтр та аналізатор, вісь пропускання якого для кожного зображення обертають на кути 0°, 90°, +45° і -45° відносно площини падіння, визначають розподіли величини азимута поляризації флуоресцентного зображення полікристалічної плівки ліквору. За оцінкою часової динаміки зміни значень статистичних моментів 3-го - 4-го порядків розподілів азимутів поляризації флуоресценції шару ліквору визначають давність настання смерті.

Теоретичним підґрунтям для використання способу є наступні дані. Ідея [Лазерна поляризаційна морфологія біологічних тканин: статистичний і фрактальний підходи. Монографія / [Ушенко О.Г., Пішак В.П., Ангельський О.В., Ушенко Ю.О.]. - Чернівці: Колір-Друк, 2007. - 314 с.] лазерної флуоресценції полягає в опромінюванні біологічних тканин людини короткохвильовим когерентним пучком з довжиною хвилі  $\lambda = 0,441 \text{ мкм}$ , що має енергію  $W$  :

$$W = h \frac{c}{\lambda} \cdot (1)$$

Тут  $c$  - швидкість світла;  $h$  - стала Планка.

При поглинанні такої енергії клітинами ліквору відбувається їх активація з наступною флуоресценцією у вигляді перевипромінювання у більш довгохвильовій області  $\lambda^* = 0,523 \text{ мкм}$  :

$$W^* = h \frac{c}{\lambda^*} \cdot (2)$$

Таким чином, у залежності від кількості та концентрації таких клітин у рідині ліквору формується координатний розподіл інтенсивності флуоресцентного зображення:

$$I(\lambda^*) = \begin{pmatrix} I_{11} & I_{1n} \\ I_{m1} & I_{mn} \end{pmatrix}. (3)$$

5 Найбільш повно поляризаційні характеристики світлових полів, включаючи флуоресцентне випромінювання описуються у термінах параметрів вектора Стокса (А.Г. Ушенко, С.Б. Ермоленко, М.А. Недужко Поляризационно-интерференционная диагностика внутренних напряжений // Дефектоскопия. - 1991.6 - № 6. - С. 83-88)

$$S_0 = S(S_1, S_2, S_3, S_4), (4)$$

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

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

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

$$S_3 = I_{+45} - I_{-45}; (5)$$

$$S_4 = I_{\otimes} - I_{\oplus},$$

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

Для право циркулярно поляризованої хвилі вектор Стокса приймає вигляд

$$S = \{1; 0; 0; 1\}. (6)$$

20 Значення азимута поляризації

$$\alpha^* = 0,5 \arctan \left[ \frac{S_3}{S_2} \right] = 0,5 \arctan \left[ \frac{I_{45}^{\otimes} - I_{135}^{\otimes}}{I_0^{\otimes} - I_{90}^{\otimes}} \right]. (7)$$

Таким чином, за вимірними розподілами азимута поляризації  $\alpha^*$  для кожного окремого пікселя (mn) CCD - камери можна однозначно визначити асиметрію  $Z_3$  та ексцес  $Z_4$ , які характеризують такі розподіли у зображенні полікристалічної плівки ліквору,

$$25 \quad Z_3 = \frac{1}{Z_2^3} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\alpha^*)_i^3; (8)$$

$$Z_4 = \frac{1}{Z_2^4} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\alpha^*)_i^4; (9)$$

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

30 Використання корисної моделі пояснюється наступним прикладом: нехай опромінюючий пучок є лазерним з довжиною хвилі  $\lambda = 0,441 \mu m$ . Як зразок використали зразки ліквору трупа людини.

У таблиці приведені часові інтервали і точність визначення давності настання смерті

Таблица

Діапазони і точність визначення давності настання смерті

Параметри	Діапазон визначення давності	Точність Визначення давності
Флуоресцентне зображення	1 год. - 48 год.	15 хвилин
	1 год. - 54 год.	15 хвилин

35 Технічний результат досягається завдяки новій сукупності дій, яка характеризує запропонований спосіб, що призводить до розширення функціональних можливостей та підвищення точності визначення давності настання смерті шляхом часового моніторингу зміни

значень статистичних моментів розподілів азимута поляризації флуоресценції полікристалічних плівок ліквору. Нами вперше використано лазерне випромінювання з довжиною хвилі 0,441 мкм, поляризаційна та спектральна фільтрація із наступним часовим моніторингом зміни значень статистичних моментів 3-го - 4-го порядків, які характеризують розподіли азимута поляризації флуоресцентних зображень ліквору, за якими судять про давність настання смерті.

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб азимутально-інваріантного визначення давності настання смерті за поляризаційним картографуванням лазерно-індукованої флуоресценції полікристалічних плівок ліквору трупа людини, що включає оцінку дегенеративних змін, який **відрізняється** тим, що для оцінки таких змін проводять опромінювання полікристалічної плівки ліквору правоциркулярно поляризованим випромінюванням з довжиною хвилі 0,441 мкм, за допомогою мікрооб'єктива проектують флуоресцентне зображення крізь смуговий інтерференційний світлофільтр та аналізатор, вісь пропускання якого для кожного зображення обертають на кути  $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $+45^\circ$  і  $-45^\circ$  відносно площини падіння, вимірюють відповідні рівні інтенсивності, за якими визначають розподіли величини азимута поляризації флуоресцентного зображення 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.

---

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