



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **116072** (13) **U**  
(51) МПК (2017.01)  
**G01N 33/00**  
**G01N 33/483** (2006.01)  
**A01D 5/00**

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

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

<p>(21) Номер заявки: <b>u 2016 10849</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), Гараздюк Марта Славівна (UA), Ванчуляк Олег Ярославович (UA), Ушенко Олександр Григорович (UA), Ушенко Юрій Олександрович (UA), Ушенко Володимир Олександрович (UA), Дуболазов Олександр Володимирович (UA), Кушнерик Людмила Ярославівна (UA)</b></p> <p>(73) Власник(и): <b>ЧЕРНІВЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ЮРІЯ ФЕДЬКОВИЧА,</b> вул. Коцюбинського, 2, м. Чернівці, 58002, Україна (UA)</p>
---	---

**(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ДАВНОСТІ НАСТАННЯ СМЕРТІ ЗА ДОПОМОГОЮ АНАЛІЗУ ФУР'Є МАП КОМПЛЕКСНОГО СТУПЕНЯ ВЗАЄМНОЇ ПОЛЯРИЗАЦІЇ ПОЛІКРИСТАЛІЧНОЇ ПЛІВКИ ЛІКВОРУ**

**(57) Реферат:**

Спосіб визначення давності настання смерті за допомогою аналізу Фур'є мап комплексного ступеня взаємної поляризації полікристалічної плівки ліквору шляхом визначення дегенеративних змін біологічних зразків трупа людини. Для визначення дегенеративних змін полікристалічної плівки ліквору використовують когерентне право циркулярно поляризованого випромінювання з довжиною хвилі 0,6328 мкм, за допомогою прямого і зворотного перетворення Фур'є виділяють дрібно- та великомасштабні мікроскопічні зображення полікристалічної плівки ліквору в площині цифрової світлочутливої камери, вимірюють у кожній точці таких зображень значення азимутів і еліптичності поляризації, визначають координатні розподіли ступеня взаємної поляризації дрібно- та великомасштабної складових зображення полікристалічної плівки ліквору, обчислюють статистичні моменти 3-4-го порядків, за часовою динамікою зміни яких судять про давність настання смерті.

UA 116072 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 оснований 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 відносять реакцію 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 відносять 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 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 поляризаційної корелометрії, що досліджують координатний розподіл станів поляризації лазерного випромінювання, розсіяного біологічними тканинами. Спосіб, 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.], оснований на аналізі автокореляційної картини розподілу азимутів поляризації в лазерному зображенні гістологічних зрізів сполучної і м'язової тканини. Недоліком способу є відсутність діагностичних параметрів, які ефективні для діагностики структури біологічних тканин.

35

40

Відомий також спосіб визначення оптико-геометричної структури біологічних тканин шляхом оцінки півширини автокореляційних функцій поляризаційних зображень біологічних тканин [(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 за допомогою поляризатора візуалізують зображення архітекtonіки біологічної тканини і вимірюють автокореляційну функцію такого лазерного зображення, за якою визначають оптико-геометричну структуру архітекtonічної сітки сполучної і м'язової біологічних тканин.

45

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

50

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, муміфікація, сапоніфікація, дублення) наявність яких співставляється із умовами, в яких знаходиться труп, можливими причинами смерті та граничним часом розвитку таких змін.

55

Недоліками найближчого аналога є те, що визначення давності настання смерті є відносним та суб'єктивним, залежить від кваліфікації експерта, має великий інтервал коливання результатів.

Нами запропонована корисна модель, що усуває вказані недоліки.

5 В основу корисної моделі поставлена задача удосконалити спосіб визначення давності настання смерті шляхом вимірювання часових змін координатного розподілу дрібно- та великомасштабних складових розподілів значень ступеня взаємної поляризації лазерних зображень полікристалічних плівок ліквору для забезпечення розширення функціональних можливостей діагностики давності настання смерті, а також у підвищенні точності такої

10 діагностики на основі вимірювання сукупності статистичних моментів 3-4-го порядків, які характеризують координатні розподіли ступеня взаємної поляризації лазерних зображень полікристалічних плівок ліквору

Поставлена задача вирішується тим, що спосіб визначення давності настання смерті шляхом визначення дегенеративних змін полікристалічної плівки ліквору, в якому згідно з

15 корисною моделлю, для визначення дегенеративних змін полікристалічної плівки ліквору використовують когерентне право циркулярно поляризоване випромінювання з довжиною хвилі 0,6328 мкм, за допомогою прямого і зворотного Фур'є перетворення виділяють дрібно- та великомасштабні мікроскопічні зображення полікристалічної плівки ліквору в площині цифрової світлочутливої камери, вимірюють у кожній точці таких зображень значення азимутів і

20 еліптичності поляризації, визначають координатні розподіли ступеня взаємної поляризації дрібно- та великомасштабної складових зображення полікристалічної плівки ліквору, обчислюють статистичні моменти 3-4-го порядків, за часовою динамікою зміни яких судять про давність настання смерті.

Спільними ознаками найближчого аналога та корисної моделі, що заявляється, є використання для визначення давності настання смерті дегенеративних змін біологічної рідини. Корисна модель відрізняється від найближчого аналога тим, що використовують когерентне право циркулярно поляризоване лазерне випромінювання шляхом аналізу Фур'є визначають

25 дрібно- та великомасштабні складові координатні розподіли ступеня взаємної поляризації та здійснюють моніторинг часових змін статистичних моментів 3-4-го порядків, які характеризують координатні розподіли ступеня взаємної поляризації лазерних зображень полікристалічної

30 плівки ліквору.

Спосіб здійснюється наступним чином.

Для оцінки давності настання смерті з трупа забирають зразок ліквору. За допомогою пристрою проводять лазерне опромінення дослідного зразка, використовуючи право

35 циркулярно поляризований пучок. За допомогою прямого і зворотного Фур'є перетворення вимірюють значення азимутів і еліптичності поляризації у точках дрібно- та великомасштабних складових зображення полікристалічної плівки ліквору, визначають координатні розподіли ступеня взаємної поляризації таких зображень, обчислюють статистичні моменти 3-4-го порядків, які характеризують координатні розподіли ступеня взаємної поляризації дрібно- та

40 великомасштабних складових лазерних зображень полікристалічної плівки ліквору, здійснюють моніторинг часових змін статистичних моментів 3-4-го порядків, на підставі чого визначають давність настання смерті.

Теоретичним підґрунтям для використання способу є наступні дані.

Одним з найвідоміших та ефективних підходів в аналізі (оцінюванні) координатної структури розподілів  $z(x, y)$  є їх автокореляційне порівняння [Coherence-domain methods in biomedical optics /Ed. V.V. Tuchin. Bellingham, SPIE, 1996. Vol. 2732.] з використанням наступної функції  $K(\Delta x, \Delta y)$

$$K(\Delta x, \Delta y) = \lim_{\substack{x \rightarrow 0 \\ y \rightarrow 0}} \frac{1}{X_0 Y_0} \int_0^{x+y} \int_0^y [z(x, y)][z(x - \Delta x, y - \Delta y)] dx dy \cdot (1)$$

Тут  $(\Delta x, \Delta y)$  "кроки" з якими змінюються координати  $(x, y)$  розподілу оптичного параметра  $z(x, y)$  зображення полікристалічної плівки ліквору трупа людини.

Визначення ступеня взаємної поляризації базується на наступних етапах дослідження.

1. Використовуючи CCD камеру вимірюється координатний розподіл інтенсивності

зображення полікристалічної плівки ліквору  $I \begin{pmatrix} r_{11}, \dots, r_{1m} \\ \dots \dots \dots \\ r_{n1}, \dots, r_{nm} \end{pmatrix}$ , де  $\begin{pmatrix} r_{11}, \dots, r_{1m} \\ \dots \dots \dots \\ r_{n1}, \dots, r_{nm} \end{pmatrix}$  - координати сукупності

$m \times n$  пікселів цифрової камери.

2. Далі встановлюють аналізатор, площину пропускання якого послідовно орієнтують під кутами  $\Theta = 0^\circ$ ,  $\Theta = 90^\circ$  та вимірюють множини інтенсивності  $I^{(0)} \begin{pmatrix} r_{11}, \dots, r_{1m} \\ \dots \\ r_{n1}, \dots, r_{nm} \end{pmatrix}$ ;  $I^{(90)} \begin{pmatrix} r_{11}, \dots, r_{1m} \\ \dots \\ r_{n1}, \dots, r_{nm} \end{pmatrix}$ .

3. Обертанням площини пропускання аналізатора на кут  $\Theta$  в межах  $\Theta = 0^\circ \div 180^\circ$  визначають множини мінімальної та максимальної інтенсивності  $I_{\min} \begin{pmatrix} r_{11}, \dots, r_{1m} \\ \dots \\ r_{n1}, \dots, r_{nm} \end{pmatrix}$ ;  $I_{\max} \begin{pmatrix} r_{11}, \dots, r_{1m} \\ \dots \\ r_{n1}, \dots, r_{nm} \end{pmatrix}$

5 лазерного зображення для кожного окремого пікселя  $(m, n)$  CCD-камери та відповідні їм кути

повороту  $\theta \begin{pmatrix} r_{11}, \dots, r_{1m} \\ \dots \\ r_{n1}, \dots, r_{nm} \end{pmatrix} \left( I \begin{pmatrix} r_{11}, \dots, r_{1m} \\ \dots \\ r_{n1}, \dots, r_{nm} \end{pmatrix} \equiv I_{\min} \right)$ .

4. Далі розраховується поляризаційна мапа зображення полікристалічної плівки ліквору, використовуючи наступні співвідношення:

$$\alpha \begin{pmatrix} r_{11}, \dots, r_{1m} \\ \dots \\ r_{n1}, \dots, r_{nm} \end{pmatrix} = \theta(I(r) \equiv I_{\min}) - \frac{\pi}{2}; \quad (2)$$

$$\beta \begin{pmatrix} r_{11}, \dots, r_{1m} \\ \dots \\ r_{n1}, \dots, r_{nm} \end{pmatrix} = \arctg \frac{I(r)_{\min}}{I(r)_{\max}}.$$

10 5. Розраховуються координатні розподіли фазових зсувів  $\delta \begin{pmatrix} r_{11}, \dots, r_{1m} \\ \dots \\ r_{n1}, \dots, r_{nm} \end{pmatrix}$

$$\delta(r_1) = \arctg \left[ \frac{\operatorname{tg} 2\beta(r_1)}{\operatorname{tg} \alpha(r_1)} \right]; \quad (3)$$

$$\delta(r_2) = \arctg \left[ \frac{\operatorname{tg} 2\beta(r_2)}{\operatorname{tg} \alpha(r_2)} \right].$$

6. На основі співвідношень (2)-(3) розраховують координатні розподіли комплексного ступеня взаємної поляризації  $V \begin{pmatrix} r_{11}, \dots, r_{1m} \\ \dots \\ r_{n1}, \dots, r_{nm} \end{pmatrix}$

$$V = \frac{\left( \left( I^{(0)}(r_{n,m+k}) \right)^{(0)}(r_{n,m}) \right)^{\frac{1}{2}} - \left( I^{(90)}(r_{n,m+k}) \right)^{(90)}(r_{n,m}) \right)^{\frac{1}{2}}}{I(r_{n,m+k}) I(r_{n,m})} + \frac{4 \left( I^{(0)}(r_{n,m+k}) \right)^{(90)}(r_{n,m+k}) \left( I^{(0)}(r_{n,m}) \right)^{(90)}(r_{n,m}) \right)^{\frac{1}{2}} \cos(\delta_{n,m+k}(r_{n,m+k}) - \delta_{n,m}(r_{n,m}))}{I(r_{n,m+k}) I(r_{n,m})} \quad (4)$$

15 7. Обчислюються статистичні моменти першого  $Z_1$ , другого  $Z_2$ , третього  $Z_3$  і четвертого  $Z_4$  порядків, які обчислювалися за алгоритмами

$$Z_3 = \frac{1}{Z_2^3} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N z_i^3 = \frac{1}{Z_2^3} \frac{1}{N} (z_1^3 + z_2^3 + \dots + z_N^3); \quad (5)$$

$$Z_4 = \frac{1}{Z_2^4} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N z_i^4 = \frac{1}{Z_2^4} \frac{1}{N} (z_1^4 + z_2^4 + \dots + z_N^4), \quad (6)$$

За виміряними статистичними моментами розподілів  $|V| \begin{pmatrix} r_{11}, \dots, r_{1m} \\ \dots \dots \dots \\ r_{n1}, \dots, r_{nm} \end{pmatrix}$  лазерного зображення

довжиною хвилі 0,6328 мкм, можна однозначно визначити давність настання смерті шляхом моніторингу часової зміни величини статистичних моментів третього  $Z_3$  і четвертого  $Z_4$  порядків.

5 З метою виділення дрібно- та великомасштабної структури мапи еліптичності поляризації застосовують оптичну реалізацію прямого і зворотного перетворення Фур'є [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].

10 Використання корисної моделі пояснюється наступним прикладом: нехай опромінюючий пучок є правоциркулярно поляризованим. Як зразки використали полікристалічні плівки ліквору товщиною 25 мкм.

У таблиці наведені часові інтервали встановлення давності настання смерті шляхом вимірювання асиметрії та ексцесу розподілів ступеня взаємної поляризації дрібно- та великомасштабних складових лазерних зображень полікристалічних плівок ліквору.

15

Таблиця

Діапазони і точність статистичного поляризаційно-кореляційного визначення давності настання смерті за зображеннями полікристалічних плівок ліквору

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.

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

20 Технічний результат забезпечує нова сукупність дій, яка складає запропонований спосіб, що призводить до розширення функціональних можливостей визначення давності настання смерті шляхом моніторингу часових змін поляризаційно-кореляційної структури лазерних зображень полікристалічних плівок ліквору при одночасному високоточному вимірюванні параметрів поляризації зображень біологічного об'єкта. При цьому вперше використано проведення моніторингу часових змін статистичних моментів 3-4-го порядків, які характеризують розподіли комплексного ступеня взаємної поляризації дрібно- та великомасштабних складових лазерних зображень полікристалічних плівок ліквору.

25

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

30 Спосіб визначення давності настання смерті за допомогою аналізу Фур'є мап комплексного ступеня взаємної поляризації полікристалічної плівки ліквору шляхом визначення дегенеративних змін біологічних зразків трупа людини, який **відрізняється** тим, що для визначення дегенеративних змін полікристалічної плівки ліквору використовують когерентне право циркулярно поляризоване випромінювання з довжиною хвилі 0,6328 мкм, за допомогою  
35 прямого і зворотного перетворення Фур'є виділяють дрібно- та великомасштабні мікроскопічні зображення полікристалічної плівки ліквору в площині цифрової світлочутливої камери, вимірюють у кожній точці таких зображень значення азимутів і еліптичності поляризації, визначають координатні розподіли ступеня взаємної поляризації дрібно- та великомасштабної складових зображення полікристалічної плівки ліквору, обчислюють статистичні моменти 3-4-го  
40 порядків, за часовою динамікою зміни яких судять про давність настання смерті.

---

Комп'ютерна верстка Л. Литвиненко

---

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