



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **143821** (13) **U**

(51) МПК (2020.01)

G01N 33/483 (2006.01)**G01N 21/21** (2006.01)**A61B 5/00**

МІНІСТЕРСТВО РОЗВИТКУ
ЕКОНОМІКИ, ТОРГІВЛІ ТА
СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**(21)** Номер заявки: **u 2020 01841****(22)** Дата подання заявки: **16.03.2020****(24)** Дата, з якої є чинними
права на корисну
модель: **10.08.2020****(46)** Публікація відомостей
про видачу патенту: **10.08.2020, Бюл.№ 15****(72)** Винахідник(и):

**Саркісова Юлія Володимирівна (UA),
Бачинський Віктор Теодосович (UA),
Ванчуляк Олег Ярославович (UA),
Ушенко Олександр Григорович (UA),
Ушенко Юрій Олександрович (UA),
Дуболазов Олександр
Володимирович (UA),
Томка Юрій Ярославович (UA)**

(73) Власник(и):

**ЧЕРНІВЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ЮРІЯ ФЕДЬКОВИЧА,
вул. Коцюбинського, 2, м. Чернівці,
58002 (UA)**

**(54) СПОСІБ АЗИМУТАЛЬНО-ІНВАРІАНТНОГО ВИЗНАЧЕННЯ ДАВНОСТІ НАСТАННЯ СМЕРТІ ЗА
МЮЛЛЕР-МАТРИЧНОЮ РЕКОНСТРУКЦІЄЮ ДВОПРОМЕНЕЗАЛОМЛЕННЯ ШАРІВ СКЛОВИДНОГО
ТІЛА ТРУПА ЛЮДИНИ**

(57) Реферат:

Спосіб азимутально-інваріантного визначення давності настання смерті за Мюллер-матричною реконструкцією двопроменезаломлення шарів скловидного тіла трупа людини шляхом оцінки змін оптичної анізотропії, згідно з корисною моделлю, для оцінки змін двопроменезаломлення послідовно проводять опромінювання паралельними правоциркулярно поляризованими пучками гелій-неонового лазера з довжиною хвилі 0,6328 мкм і гелій-кадмієвого лазера з довжиною хвилі 0,414 мкм, поляризаційні зображення шару скловидного тіла проектує за допомогою поляризаційного мікрооб'єктива в площину світлочутливої площадки CCD-камери, визначають для обох довжин хвиль дискретні масиви значень інтенсивності лінійно (0°; 90°), право- і лівоциркулярно поляризованих мікроскопічних зображень шарів скловидного тіла, за якими відтворюють розподіли величини лінійного двопроменезаломлення (ЛД) шарів скловидного тіла у різні часові проміжки після настання смерті, обчислюють статистичні моменти 1-го - 4-го порядків, за часовою динамікою змін яких судять про давність настання смерті.

UA 143821 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 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.

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.

Відомий ряд оптичних способів поляриметрії, які досліджують координатний розподіл станів поляризації лазерного випромінювання біологічними тканинами. Спосіб-аналог, описаний в [S. L. Jacques, Polarized light imaging of biological tissues in Handbook of Biomedical Optics, D. Boas, C. Pitris, and N. Ramanujam, Eds., CRC Press, Boca Raton, London, New York, 2011, pp. 649-669], заснований на аналізі картини розподілу азимутів поляризації в лазерному зображенні гістологічних зрізів сполучної і м'язової 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 еліптичності поляризації [N. Ghosh, I. A. Vitkin, Tissue polarimetry: concepts, challenges, applications and outlook, J. Biomed. Opt. 16 (2011) 110801].

У способі-аналогі 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.

Основним недоліком способу-аналогу, 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 напряму опромінювання, що значно понижує точність вимірювань.

Як найближчий аналог вибрано 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. -464с], 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) наявності 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 рішення, що усуває вказані недоліки.

В основу корисної моделі поставлена задача удосконалити спосіб визначення давності настання смерті шляхом оцінки дегенеративних змін за визначенням часових змін поляризаційно-фазової структури лазерних зображень шарів скловидного тіла для забезпечення розширення функціональних можливостей діагностики анізотропії біологічних тканин органів трупа людини, а також у підвищенні точності визначення давності настання смерті на основі Мюллер-матричного відтворення двоприменезаломлення шарів скловидного тіла.

Поставлена задача вирішується тим, що у способі азимутально-інваріантного визначення давності настання смерті за Мюллер-матричною реконструкцією двоприменезаломлення шарів скловидного тіла трупа людини шляхом оцінки змін оптичної анізотропії, згідно з корисною моделлю, для оцінки змін двоприменезаломлення послідовно проводять опромінювання паралельними правоциркулярно поляризованими пучками гелій-неонового лазера з довжиною хвилі 0,6328 мкм і гелій-кадмієвого лазера з довжиною хвилі 0,414 мкм, поляризаційні зображення шару скловидного тіла проектує за допомогою поляризаційного мікрооб'єктива в площину світлочутливої площадки CCD-камери, визначають для обох довжин хвиль дискретні масиви значень інтенсивності лінійно (0°;90°), право- і лівоциркулярно поляризованих мікроскопічних зображень шарів скловидного тіла, за якими відтворюють розподіли величини лінійного двоприменезаломлення (ЛД) шарів скловидного тіла у різні часові проміжки після настання смерті, обчислюють статистичні моменти 1 -го - 4-го порядків, за часовою динамікою змін яких судять про давність настання смерті.

Спільними ознаками найближчого аналога та рішення, що заявляється, є використання для визначення давності настання смерті дегенеративних змін. Корисна модель відрізняється від найближчого аналога тим, що використовують опромінювання шару скловидного тіла правоциркулярно поляризованим випромінюванням з довжинами хвиль 0,6328 мкм і 0,414 мкм, обчисленням координатних розподілів двоприменезаломлення шару скловидного тіла з наступним часовим моніторингом та статистичною оцінкою змін розподілів оптичної анізотропії.

Спосіб здійснюється наступним чином. Для оцінки давності настання смерті в трупа забирають зразок скловидного тіла. Наносять його на прозоре оптично-однорідне скло. Проводять опромінювання шару скловидного тіла правоциркулярно поляризованим випромінюванням з довжинами хвиль 0,6328 мкм і 0,414 мкм, за допомогою поляризаційно-фазового аналізу лінійного (0°;90°), право- і лівоциркулярно поляризованих складових в точках мікроскопічного зображення визначають розподіли величини двоприменезаломлення (ЛД), обчислюють статистичні моменти 1-го - 4-го порядків, які характеризують розподіли ЛД, виявляють часову динаміку зміни величини статистичних параметрів, згідно з якою судять про давність настання смерті (ДНС).

Теоретичним підґрунтям для використання способу є наступні дані.

Найбільш повно поляризаційні характеристики біологічних об'єктів описуються у термінах елементів матриці Мюллера [S. Bickel, W. M. Bailey, Stokes vectors, Mueller matrices, and polarization of scattered light, Ann. J. Phys. 53(1985)468-478].

$$\{M\} = \begin{pmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} & m_{14} \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} & m_{24} \\ m_{31} & m_{32} & m_{33} & m_{34} \\ m_{41} & m_{42} & m_{43} & m_{44} \end{pmatrix}. \quad (1)$$

За виміряними поляризаційно-відфільтрованими значеннями інтенсивності зображення шару скловидного тіла для кожного окремого пікселя (mn) CCD-камери можна однозначно визначити розподіли азимутально-інваріантного (ММІ) фазового елемента m_{44} матриці Мюллера та відповідно величини лінійного двоприменезаломлення LD (для довжини хвилі 0.6328 мкм).

$$\Delta LD = \frac{\lambda_1}{2\pi} \arccos(m_{44}) \quad (2)$$

Тут λ - довжина хвилі лазерного випромінювання.

Для випадку опромінення гелій-кадмієвого лазера (0.414 мкм) визначають величину циркулярного двоприменезаломлення СВ

$$CB = \frac{\lambda}{2\pi} \arccos(m_{44}) \quad (3)$$

$$\left\{ \begin{aligned} Z_1 &= \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (MM)_j; \\ Z_2 &= \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (MM)_j^2}; \\ Z_3 &= \frac{1}{(Z_2)^3} \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (MM)_j^3; \\ Z_4 &= \frac{1}{(Z_2)^4} \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (MM)_j^4; \end{aligned} \right. , (4)$$

де N - повна кількість пікселів CCD-камери, яка реєструє поляризаційно-неоднорідне мікроскопічне зображення шарів скловидного тіла.

5 Використання корисної моделі пояснюється наступними даними часової динаміки некротичної зміни фазової структури мікроскопічних зображень шарів СТ померлих з різною ДНС, - таблиця 1.

Таблиця 1

Часова динаміка зміни величини статистичних моментів 1-го - 4-го порядків ($SM_{i=1;2;3;4}$), які характеризують розподіли величини лінійного двопронезаломлення кристалічної фракції шарів СТ померлих з різною ДНС (T, год.)

$SM_i \times 10^{-2}$	T=1	T=3	T=6	T=12	T=18	T=24
SM_1	0,92±0,043	0,86±0,038	0,81±0,035	0,68±0,031	0,56±0,025	0,41±0,019
p	pπ 0,05	pπ 0,05	pπ 0,05	pπ 0,05	pπ 0,05	pπ 0,05
SM_2	0,53±0,026	0,48±0,024	0,43±0,021	0,34±0,015	0,24±0,011	0,14 + 0,006
p	pπ 0,05	pπ 0,05	pπ 0,05	pπ 0,05	pπ 0,05	pπ 0,05
SM_3	0,71±0,036	0,82±0,041	0,92±0,045	1,13 + 0,055	1,34±0,059	1,54±0,068
p	pπ 0,05	pπ 0,05	pπ 0,05	pπ 0,05	pπ 0,05	pπ 0,05
SM_4	1,21±0,054	1,35±0,058	1,49±0,065	1,76±0,073	2,04±0,092	2,32±0,098
p	pπ 0,05	pπ 0,05	pπ 0,05	pπ 0,05	pπ 0,05	pπ 0,05

Таблиця 2

Точність ($\pm \Delta T$) визначення ДНС методом мікроскопічної поляризаційної томографії ЛД колагенових сіток шарів СТ

SM_1	T=1	T=3	T=6	T=12	T=18	T=24
SM_1	40 хв.	41 хв.	41 хв.	40 хв.	42 хв.	43 хв.
SM_2	36 хв.	38 хв.	37 хв.	38 хв.	38 хв.	38 хв.
SM_3	24 хв.	25 хв.	24 хв.	25 хв.	25 хв.	25 хв.
SM_4	19 хв.	20 хв.	20 хв.	20 хв.	21 хв.	21 хв.

10

Технічний результат забезпечує нова сукупність дій, яка складає запропонований спосіб, що призводить до розширення функціональних можливостей визначення давності настання смерті за Мюллер-матричним відновленням розподілів двопронезаломлення шарів скловидного тіла. При цьому вперше використано опромінювання паралельними правоциркулярно поляризованими пучками гелій-неонового лазера з довжиною хвилі 0.6328 мкм і гелій-кадмієвого лазера з довжиною хвилі 0.414 мкм, визначення, для обох довжин хвиль дискретних масивів значень інтенсивності лінійного (0°;90°), право- і лівоциркулярно поляризованих

15

зображень шарів скловидного тіла, за якими відтворюють розподіли величини лінійного двопроменезаломлення (ЛД) шарів скловидного тіла у різні часові проміжки після настання смерті, обчислюють статистичні моменти 1-го - 4-го порядків, за часовою динамікою змін яких судять про давність настання смерті.

5

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб азимутально-інваріантного визначення давності настання смерті за Мюллер-матричною реконструкцією двопроменезаломлення шарів скловидного тіла трупа людини шляхом оцінки змін оптичної анізотропії, який **відрізняється** тим, що для оцінки змін двопроменезаломлення послідовно проводять опромінювання паралельними правоциркулярно поляризованими пучками гелій-неонового лазера з довжиною хвилі 0,6328 мкм і гелій-кадмієвого лазера з довжиною хвилі 0,414 мкм, поляризаційні зображення шару скловидного тіла проектують за допомогою поляризаційного мікрооб'єктива в площину світлочутливої площадки CCD-камери, визначають для обох довжин хвиль дискретні масиви значень інтенсивності лінійно (0°; 90°), право- і лівоциркулярно поляризованих мікроскопічних зображень шарів скловидного тіла, за якими відтворюють розподіли величини лінійного двопроменезаломлення (ЛД) шарів скловидного тіла у різні часові проміжки після настання смерті, обчислюють статистичні моменти 1-4-го порядків, за часовою динамікою змін яких судять про давність настання смерті.

10

15

20

Комп'ютерна верстка В. Юкін

Міністерство розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України,
вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

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