



МІНІСТЕРСТВО  
ЕКОНОМІЧНОГО  
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **124914** (13) **U**  
(51) МПК  
**G01N 21/25** (2006.01)

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: <b>u 2017 11325</b>	(72) Винахідник(и): <b>Кватернюк Сергій Михайлович (UA)</b>
(22) Дата подання заявки: <b>20.11.2017</b>	(73) Власник(и): <b>ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ,</b>
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>25.04.2018</b>	Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021 (UA)
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>25.04.2018, Бюл.№ 8</b>	

## (54) СПОСІБ МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНОГО ТЕЛЕВІЗІЙНОГО КОНТРОЛЮ РОЗМІРІВ РОЗСІЮВАЛЬНИХ ЧАСТИНОК У НЕОДНОРІДНИХ БІОЛОГІЧНИХ СЕРЕДОВИЩАХ

### (57) Реферат:

Спосіб мультиспектрального телевізійного контролю розмірів розсіювальних частинок у неоднорідних біологічних середовищах включає відбір проб, визначення якісного та кількісного складу завислих частинок за допомогою проточного мультиспектрального телевізійного вимірювального аналізу частинок неперервної дії, порівняння отриманих даних з нормованими значеннями. Формують мультиспектральні зображення поверхні неоднорідних біологічних середовищ з розсіювальними частинками на довжинах хвиль 300, 370, 440, 510, 580, 650, 720, 790, 860, 930 та 1100 нм за допомогою ширококугової ПЗЗ-камери, барабанного вузькосмугового оптичного фільтра, що перемикається, та джерела освітлення з рівномірним спектром випромінювання від 270 до 1200 нм, причому на основі отриманих даних за допомогою комп'ютера проводять аналіз мультиспектральних зображень та здійснюють опосередковане вимірювання середніх розмірів розсіювальних частинок у кожному фрагменті зображення з використанням регресійного рівняння, яке пов'язує розміри частинок з результатами мультиспектральних вимірювань.

UA 124914 U



Корисна модель належить до галузі оптичного приладобудування, а саме до оптико-фізичних вимірювань параметрів неоднорідних біологічних середовищ, що може бути використано для прикладних задач екологічного моніторингу, біомедичної діагностики та контролю якості продукції.

5 Відомо спосіб визначення в крові довжини агрегатів еритроцитів до 40 мкм, що включає взяття вихідної проби крові у обстежуваного пацієнта, поміщення проби в кювету, освітлення кювети світлом синього діапазону спектра і реєстрацію інтенсивності пропущеного кюветою випромінювання, причому вихідну пробу крові ділять на дві частини, одну частину гемолізують, у другій частині зберігають еритроцити у вигляді суспензії, кожену частину проби поміщають в  
10 різні кювети однакової довжини, вимірюють дві інтенсивності випромінювання, пропущеного зазначеною кюветою з розчином гемоглобіну і суспензією еритроцитів, і по відношенню логарифмів зазначених інтенсивностей судять про ступінь агрегації еритроцитів. Освітлення здійснюють на довжині хвилі в інтервалі 415-420 нм. При цьому другу частину проби крові додатково розбавляють до гематокриту близько 10 %, наприклад, аутоплазмою обстежуваного  
15 пацієнта (Патент на изобретение Республики Беларусь №16919, 2012, "Способ определения в крови длины агрегатов эритроцитов до 40 мкм").

Недоліком способу є низька точність вимірювання розмірів розсіювальних частинок у неоднорідному біологічному середовищі, у даному випадку агрегатів еритроцитів у пробі крові за рахунок роботи на одній довжині хвилі.

20 Найближчим аналогом є спосіб мультиспектрального телевізійного вимірювального контролю екологічного стану водних об'єктів за параметрами фітопланктону, який полягає у відборі проб фітопланктону, визначенні якісного та кількісного складу клітин мікроводоростей, порівнянні отриманих даних з нормованими значеннями. При відборі проб і визначенні якісного та кількісного складу мікроводоростей використовують проточний мультиспектральний  
25 телевізійний вимірювальний аналіз частинок фітопланктону неперервної дії, при якому порівнюють зображення частинок у проточній вимірювальній кюветі отримані на характеристичних довжинах хвиль пігментів фітопланктону за допомогою мікроскопу та телевізійної CCD-камери з зображеннями з бази даних частинок фітопланктону певних видів у спеціалізованому процесорі у режимі реального часу із застосуванням оптимального  
30 класифікатора Байєса з розв'язувальною функцією на основі відстані Махаланобіса, визначають абсолютну та відносну чисельність частинок фітопланктону кожного з видів, які присутні у пробі, та розраховують індекси Сімпсона та Шеннона, які подають на індикатор (Патент України №99580, G01N 21/21, 2015, "Спосіб мультиспектрального телевізійного вимірювального контролю екологічного стану водних об'єктів за параметрами фітопланктону").

35 Недоліком способу є його спрямованість на вирішення вузькоспеціалізованої задачі екологічного моніторингу стану водних об'єктів за параметрами фітопланктону. При цьому розміри і форма частинок використовуються для автоматичного розпізнавання виду фітопланктону.

В основу корисної моделі поставлено задачу створення способу мультиспектрального  
40 телевізійного контролю розмірів розсіювальних частинок у неоднорідних біологічних середовищах, в якому за рахунок введення нових операцій та їх послідовності підвищується точність вимірювання геометричних розмірів розсіювальних частинок.

Поставлена задача вирішується тим, що спосіб мультиспектрального телевізійного контролю розмірів розсіювальних частинок у неоднорідних біологічних середовищах, що  
45 включає відбір проб, визначення якісного та кількісного складу завислих частинок за допомогою проточного мультиспектрального телевізійного вимірювального аналізу частинок неперервної дії, порівнянні отриманих даних з нормованими значеннями, згідно з корисною моделлю, формують мультиспектральні зображення поверхні неоднорідних біологічних середовищ з розсіювальними частинками на довжинах хвиль 300, 370, 440, 510, 580, 650, 720, 790, 860, 930  
50 та 1100 нм за допомогою широкосмугової ПЗЗ-камери, барабанного вузькосмугового оптичного фільтра, що перемикається, та джерела освітлення з рівномірним спектром випромінювання від 270 до 1200 нм, причому на основі отриманих даних за допомогою комп'ютера проводять аналіз мультиспектральних зображень та здійснюють опосередковане вимірювання середніх розмірів розсіювальних частинок у кожному фрагменті зображення з використанням регресійного  
55 рівняння, яке пов'язує розміри частинок з результатами мультиспектральних вимірювань.

Суть корисної моделі пояснюється кресленнями, де на фіг. 1 представлено структурну схему пристрою, що реалізує спосіб; на фіг. 2 представлено індикатриси розсіювання сферичних частинок діаметром 10 мкм на різних довжинах хвиль; на фіг. 3 представлено спектральні характеристики фактору анізотропії для сферичних частинок різного діаметру.

Пристрій містить джерело освітлення 1 з рівномірним спектром випромінювання від 270 до 1200 нм. Положення 2 позначено досліджувану пробу неоднорідного біологічного середовища з розсіювальними частинками. Барабанний вузькосмуговий оптичний фільтр 3, що перемикається, з'єднано з редуктором 4, який з'єднано з кроковим двигуном 5. Широкопугова ПЗЗ-камера 6 оптично з'єднана з барабанним вузькосмуговим оптичним фільтром 3, що перемикається. Вихід ПЗЗ-камери 6 підключено до комп'ютера 7. Кроковий двигун підключено до мікропроцесорного блока керування 8, який з'єднано з комп'ютером 7. Спосіб здійснюється таким чином.

1. Відбирають проби досліджуваного неоднорідного біологічного середовища, що містить розсіювальні частинки.

2. Поверхню неоднорідного біологічного середовища з розсіювальними частинками освітлюють джерелом освітлення з рівномірним спектром випромінювання від 270 до 1200 нм.

3. Формують мультиспектральні зображення поверхні неоднорідних біологічних середовищ з розсіювальними частинками на довжинах хвиль 300, 370, 440, 510, 580, 650, 720, 790, 860, 930 та 1100 нм за допомогою широкопугової ПЗЗ-камери, барабанного вузькосмугового оптичного фільтра, що перемикається, причому оптичний фільтр перемикається кроковим двигуном з використанням мікропроцесорного блока керування.

4. Аналізують отримані мультиспектральні зображення за допомогою персонального комп'ютера, що дозволяє опосередковано виміряти середні розміри розсіювальних частинок у кожному фрагменті зображення з використанням регресійного рівняння, яке пов'язує розміри частинок з результатами мультиспектральних вимірювань.

Персональний комп'ютер використовує регресійного рівняння, яке пов'язує розміри частинок з результатами мультиспектральних вимірювань, що отримано таким чином.

Розсіювальні частинки у неоднорідних біологічних середовищах у більшості випадків є оптично "м'якими" частинками, у яких дійсна частина комплексного показника заломлення близька до одиниці, а уявна може змінюватись у широких межах. Форма та розміри частинок у неоднорідних біологічних середовищах, а також їх структура на вміст пігментів визначають

індикатрису розсіювання  $\rho(\theta, \lambda)$ . Теорія Мі, що описує послаблення, поглинання і розсіювання світла однорідними кулям може бути використана для моделювання однорідних частинок з формою близькою до сферичної. Результати моделювання можуть порівнюватись з результатами вимірювань для латексних суспензій з відомими розмірами частинок. На основі індикатриси розраховуємо фактор анізотропії  $g$  таким чином:

$$g(\lambda) = \frac{\int \rho(\theta, \lambda) \cos(\theta) d\omega}{\int \rho(\theta, \lambda) d\omega},$$

де  $d\omega = \sin\theta d\theta d\phi$  - елементарний тілесний кут.

Фактор анізотропії  $g(\lambda)$  дозволяє розрахувати ефективний показник розсіювання  $\mu'_s(\lambda)$ , ефективний показник послаблення (екстинкцію)  $\mu'_e(\lambda)$ , частку світла, розсіяного в передню півсферу  $F_e(\lambda)$ , ймовірність виживання фотона  $\Lambda_e(\lambda)$ . В свою чергу, це дозволяє розрахувати коефіцієнт дифузного відбиття  $R_d(\lambda)$ , які вимірюються мультиспектральними методами в залежності від схеми реалізації засобу вимірювань. При цьому ефективний показник розсіювання залежить від фактору анізотропії  $g(\lambda)$  таким чином:

$$\mu'_s = \mu_s(1 - g(\lambda)).$$

Загальне послаблення оптичного випромінювання структури з врахуванням втрат за рахунок поглинання і розсіювання виражається ефективним показником послаблення (екстинкцією):

$$\mu'_e = \mu_a + \mu'_s,$$

де  $\mu_a$  - показник поглинання середовища,  $\mu'_s$  - ефективний показник розсіювання.

Втрати інтенсивності оптичного випромінювання внаслідок розсіювання залежать від форми і розмірів розсіюючих частинок випромінювання. При цьому частина випромінювання розсіюється назад, проходить всі шари неоднорідного біологічного середовища і потрапляє на поверхню, а частина розсіюється у прямому напрямку і проходить вглиб середовища

$$I(z) = I_0 \exp(-\mu'_e z),$$

де  $\mu_e'$  - ефективний показник ослаблення (екстинкція).

На основі аналізу і апроксимації індикатрис з великим ступенем витягнутості "вперед" використовуємо вираз для частки світла, розсіяного в передню півсферу:

$$F_e(\lambda) = 0.5 \int_0^{\pi/2} \rho(\theta, \lambda) \sin \theta d\theta \approx 1 - [1 - g(\lambda)]/3.$$

5 Оптична товщина знаходиться таким чином:

$$\tau_e(\lambda) = \mu_e' d_e,$$

де  $d_e$  - геометрична товщина.

Ймовірність виживання фотона

$$\Lambda_e(\lambda) = \frac{\mu_s'(\lambda)}{\mu_e'(\lambda)}.$$

10 Оскільки розсіююча оптична товщина  $\Lambda_e \tau_e$  для досліджуваних неоднорідних біологічних середовищ складає декілька одиниць в ближній УФ області спектру та менше 0,5 в червоному і ближньому 14 діапазоні, то це дозволяє використовувати малокутове наближення теорії переносу випромінювання для розрахунку характеристик відбивання і пропускання при направленому освітленні. При малокутовому наближенні коефіцієнт дифузного відбивання при

15 освітленні по нормалі до поверхні біотканин має вигляд:

$$R(\lambda) = \Lambda_e(\lambda) \frac{1 - F_e(\lambda)}{1 - F_e(\lambda) \Lambda_e(\lambda)} \int_0^1 \{1 - \exp[-\alpha(\lambda) d_e \frac{1 + \nu}{\nu}]\} d\nu,$$

де  $\alpha(\lambda) = \mu_e'(\lambda)(1 - \Lambda_e(\lambda)F_e(\lambda))$  - показник послаблення в малокутовому наближенні,  $\nu = \cos(\gamma)$ ,  $\gamma$  - кут розсіювання.

Після проведення математичного моделювання отримуємо залежності спектральної характеристики коефіцієнту дифузного відбиття від діаметру розсіювальних частинок  $R_d(D)$ . Розв'язавши обернену задачу, отримаємо рівняння залежності діаметра розсіювальних частинок від коефіцієнту дифузного відбиття на певних довжинах хвиль, коефіцієнти якого визначаються за допомогою множинної регресії:

$$D = a_0 + a_1 R(\lambda_1) + a_2 R(\lambda_2) + \dots + a_n R(\lambda_n).$$

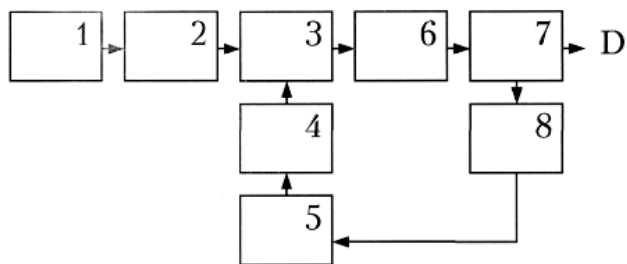
25 Таким чином, на основі аналізу мультиспектральних зображень можливо розрахувати середній діаметр розсіювальних частинок у кожному фрагменті зображення.

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

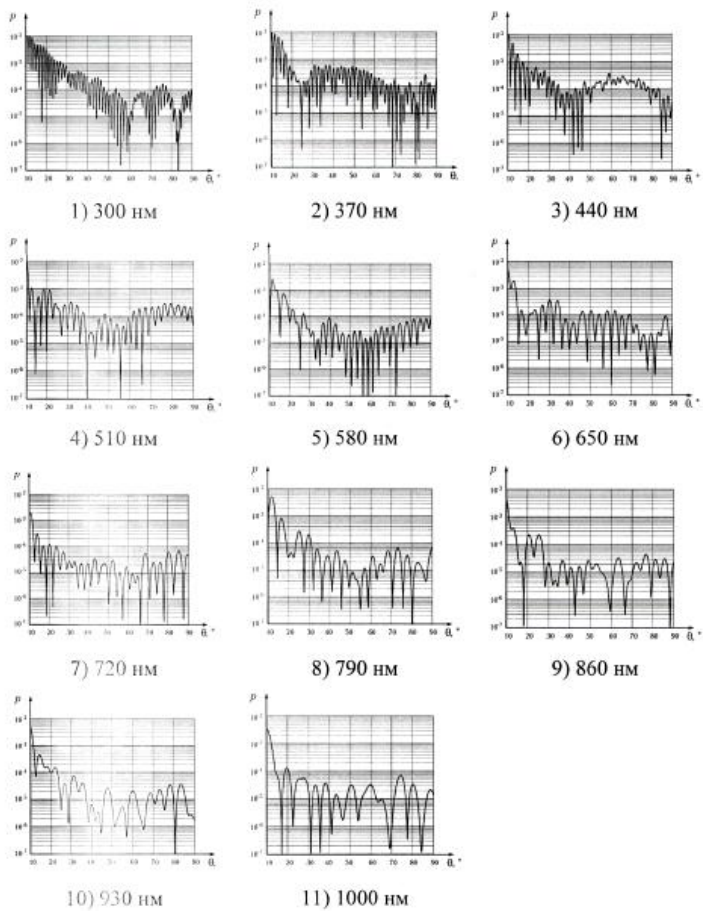
30 Спосіб мультиспектрального телевізійного контролю розмірів розсіювальних частинок у неоднорідних біологічних середовищах, що включає відбір проб, визначення якісного та кількісного складу завислих частинок за допомогою проточного мультиспектрального телевізійного вимірювального аналізу частинок неперервної дії, порівняння отриманих даних з нормованими значеннями, який **відрізняється** тим, що формують мультиспектральні

35 зображення поверхні неоднорідних біологічних середовищ з розсіювальними частинками на довжинах хвиль 300, 370, 440, 510, 580, 650, 720, 790, 860, 930 та 1100 нм за допомогою ширококутової ПЗЗ-камери, барабанного вузькосмугового оптичного фільтра, що перемикається, та джерела освітлення з рівномірним спектром випромінювання від 270 до 1200 нм, причому на основі отриманих даних за допомогою комп'ютера проводять аналіз

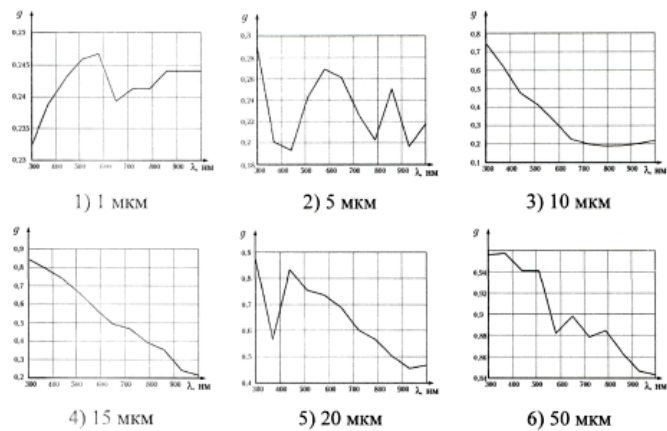
40 мультиспектральних зображень та здійснюють опосередковане вимірювання середніх розмірів розсіювальних частинок у кожному фрагменті зображення з використанням регресійного рівняння, яке пов'язує розміри частинок з результатами мультиспектральних вимірювань.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3

---

Комп'ютерна верстка Л. Бурлак

---

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

---

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