

## СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ СТУПЕНЯ ВПОРЯДКОВАННОСТІ ТА ОРІЄНТАЦІЇ КОЛАГЕНОВИХ ВОЛОКОН ДЕРМИ ШКІРИ IN VIVO

Винахід відноситься до медицини, біофізики та фізичної оптики і може бути використаний в дистанційній неруйнівній діагностиці інтегральних параметрів впорядкованості та орієнтації сукупності колагенових пучків дерми шкіри *in vivo*, що актуально в клінічній діагностиці запальних, дегенеративно-дистрофічних змін морфологічної структури шкіри, а також в створенні комплексу об'єктивних біофізичних і оптичних параметрів оцінки її фізіологічного стану.

Відомий ряд оптичних способів діагностування структури шарів шкіри різного морфологічного складу [1,2]. Спосіб, описаний в [1], заснований на світло мікроскопічному аналізі морфологічної структури і пеголомчних зрізів шкіри. До його недоліків можна віднести такі:

- неможливість проведення об'єктивних метрологічних досліджень;
- низька точність в оцінці впорядкованості та орієнтації колагенових пучків;
- неможливість проведення досліджень *in vivo*.

Найбільш близьким до запропонованого способу (прототипом) є спосіб, описаний в [2]. Тут поверхню шкіри *in vivo* опромінюють пучком висококогерентного лазерного випромінювання з дожиною хвилі  $\lambda = 0,6328$

мкм, проеціюють когерентне зображення в площину, де знаходиться фотоприймач, що реєструє інтегральну величину інтенсивності когерентного зображення, за якою судять про морфологічну структуру шкіри. Основним недоліком такого способу є неможливість діагностування структури колагенових пучків в дермі шкіри внаслідок високого рівня поглинання лазерного випромінювання іакого спектрального діапізону, а також низька точність у визначенні її морфологічної структури.

Задача запропонованного способу полягала в розширенні функціональних можливостей діагностики морфологічної будови колагенових структур дерми шкіри при одночасному підвищенні точності вимірювання ступеня впорядкованості та орієнтації колагенових волокон.

Поставлена задача розв'язувалася шляхом юго,що формукмь циркулярно поляризовану хвилю висококогерентного інфрачервоною випромінювання, обертають лінійний аналізатор, вишрюяль максимальний ( $I_{\text{тах}}$ ) і мінімальний ( $I_{\text{тщ}}$ ) рівні інтенсивності та відповідні їм кути обертання осі пропускання аналізатора - ( $\wedge^{\text{max}} \wedge^{\text{min}}$ ), ^ якими судять про ступінь впорядкованості та орієнтації колагенових волокон дерми шкіри *in vivo* .

Відповідність критерію "новизна" забезпечує формування циркулярно поляризованої хвилі висококогерентного інфрачервоного випромінювання, обертання лінійного аналізатора, вимірювання максимального ( $I_{\text{тах}}$ ) і мінімального ( $I_{\text{тш}}$ ) рівнів інтенсивності та відповідних їм кутів обертання осі пропускання аналізатора - за якими судять про стушінь впорядкованносп іа орієнтації колагенових волокон дерми шкіри *in vivo* .

Клініко-діагностичну придатність забезпечує нова сукупність дй, що складає запропонований спосіб, яка призводить до розширення

з функціональних можливостей діагностики морфологічної будови колагенових структур дерми шкіри при одночасному підвищенні точності вимірювання ступеня впорядкованості і орієнтації колагенових волокон.

Ні в одному із розглянутих нами аналогів запропонованого способу не зустрічається формування циркулярно поляризованої хвилі висококогерентного інфрачервоного випромінювання, обертання лінійного аналізатора, вимірювання максимальний ( $I_{\text{тах}}$ ) і мінімальний ( $I_{\text{тп}}$ ) рівнів інтенсивності та відповідних їм кутів обертання осі пропускання аналізатора - ( $\alpha_{\text{тах}}$  і  $\alpha_{\text{тп}}$ ), за якими судять про ступінь впорядкованості та орієнтації колагенових волокон дерми шкіри *in vivo*.

Розглянемо основні теоретичні основи запропонованого способу. При опроміненні шкіри паралельним пучком лазерного інфрачервоного випромінювання глибина занурення складає 70 мкм [3], що повністю забезпечує взаємодію циркулярно поляризованої хвилі з колагеновими структурами без істотного рівня поглинання в товщі шкіри.

Характер світлорозсіювання такої хвилі визначається інтегральними параметрами морфологічної будови колагенових волокон дерми шкіри. Так, ступінь впорядкованості (однорідності «укладання») ансамблю колагенових волокон запишеться у вигляді наступного співвідношення:

$$\frac{I_{\text{тах}}}{I_{\text{тп}}}$$

Де  $I_{\text{тах}}$  і  $I_{\text{тп}}$  максимальний та мінімальний інтегральний рівні в когерентному зображенні шкіри *in vivo*, що пройшло крізь лінійний аналізатор.

Переважаюча статистична орієнтація колагенових волокон призведе до формування еліптично поляризованого об'єктного поля. Причому орієнтація великої півосі такого еліпсу статистичної поляризації відповідає переважному напрямку орієнтації пучків і, навпаки, мала гіпотеза

орієнтована в напрямку максимальної розорієнтації. Експериментально таким напрямкам відповдіюють кути обертання осі пропускання аналізатора

і відповідний ступінь орієнтації визначиться як:

$$N = \frac{\alpha_{\max}}{\alpha_{\min}} \cdot 400\%$$

Запропонований спосіб пояснюється блок-схемою на рис 1. Вона вміщує наступні блоки-оператори» розміщені в такій функціональній послідовності: випромінювальний блок 1, блок формування стану поляризації 2, об'єктний блок 3, проєктувальний блок 4, поляризаційно-вимірювальний блок 5.

На рис.2 наведена схема пристрою, що реалізує запропонований спосіб. Пристрій вміщує наступні елементи: джерело лазерного інфрачервоного випромінювання 1, поляризатор 2, чвертьхвильова пластинка 3, коліматор 4, об'єкт 5, проєктивний об'єктив 6, аналізатор 7, кроковий двигун 8, фотодетектор 9, блок обробки даних 10.

Пристрій працює наступним чином. На вхід пристрою поступає випромінювання інфрачервоного лазера на Ar-Ga з довжиною хвилі  $\lambda \sim 0,89$  мкм. Пластинка 3 орієнтується таким чином, що її вісь найбільшої швидкості складає кут  $45^\circ$  відносно площини коливань вектора електричної напруженості лінійнополяризованої поляризатором 2 лазерної хвилі. Коліматор 4 формує пучок паралельних променів, який спрямовується в напрямку об'єкту 5, що здійснює поляризаційну модуляцію когерентного випромінювання. Об'єктне поле проєктується об'єктивом 6 в площину поляризатора-аналізатора 7, який обертається кроковим двигуном 8 і формує змінний світловий потік, що реєструється

фотодетектором 9, який виробляє змінний фотострум, параметри якого обробляються за допомогою ЕОМ 10.

ТАКИМ ЧИНОМ ОДЕРЖУЄТЬСЯ СУКУПНІСТЬ ДАНИХ  $\Delta_{\max}^{\text{mm}}$ ,  $\Delta^{\text{mm}}$   
за якими визначаються ступінь впорядкованості та орієнтації  
колагенових пучків дерми шкіри in vivo, що не досягається в прототипі

### ЛІТЕРАТУРА

1. Жеребцов Л.Д., Васильский В.К., Бремзен С.А. Объективные исследования цвета кожного покрова. В кн.: Вопросы антропологии, М.: 1977. Вып. 56. С. 146..
2. V.V. Tuchin, D.A. Zimlyakov, S.R. Utz, S.A. Lepestkin, I.I. Polyokov Laser light scattering in skin structure diagnostics. Biomedical Optics SPIE Proc. Vol. 1884152-1561993
3. Обратные задачи в оптике (Под ред. Болтса Г.П.). Пер. с англ М.: Машиностроение, 1984ю 199с.

СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ СТУПЕНЯ ВПОРЯДКОВАНOSTІ ТА  
ОРІЄНТАЦІЇ КОЛАГЕНОВИХ ВОЛОКОН ДЕРМИ ШКІРИ IN VIVO

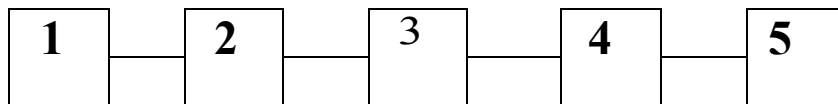


Рис. 1.

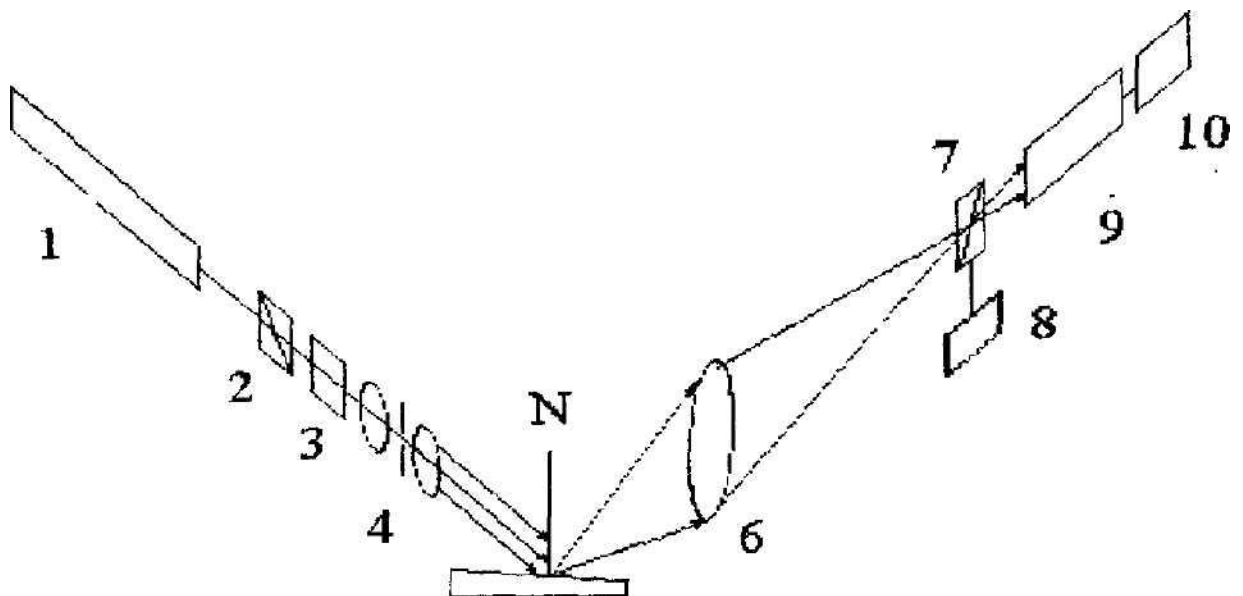


Рис. 2.

МКВА61№5/06; G01 №33/48

## СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ СТУПЕНЯ ВПОРЯДКОВАННОСТІ ТА ОРІЄНТАЦІЇ КОЛАГЕНОВИХ ВОЛОКОН ДЕРМИ ШКІРИ IN VIVO

Винахід відноситься до медицини, біофізики та фізичної оіпки і може бути використаний в дистанційній неруйнівній діагностиці шієіральных параметрів впорядкованості та орієнтації сукупності колаїєнових пучків дерми ш кір и in vivo, що актуально в клінічній діаі нос і й ці запальних Дегенерат ИВНО-ДНСІрофіЧНИХ ЗМІН МОрфолоіІЧНОЇ СІруКіурИ ШКІрИ, 11 J d h O , h в створенні комплексу об'єктивних біофізичних іа оіпичних парамі/ірів оцінки її фізіологічного стану.

Відомий ряд оптичних способів діаі постування сіруктури шарів шкіри різного морфолоіічного складу [1,2] Спосіб, описаний в [і], заснований на світло мікроскопічно му аналізі морфолопчної структур и и пего лоі іч них зрізів шккіри. До його недоліків можна віднести такі:

- неможливість проведення об Активних метрологічних досліджень,
- низька то ч н і с і ь в оцінці впорядкованості та орієніації колаїєнових пучків;
- неможливість проведення досліджень in vivo .

Найбільш близьким до запропонованого способу (прюютипом) є<sup>1</sup> с пос і б , описаний в [2]. Тут поверхню шкіри in vivo опромінюють пучком висококогерентного лазерного випромінювання "ї дожиною хвилі Л-и,6128

мкм, проеціюнь ко гер ен г не зображення н площину, де знаходиться фотоприймач, що реєструє інтегральну величину інтенсивності когерентного зображення, за якою судять про морфологічну структуру шкіри. Основним недоліком такого способу є неможливість діагностування структури колагенових пучків в дермі шкіри внаслідок високого рівня поглинання лазерного випромінювання і якого спектрального діапазону, а також низька точність у визначенні п морфологічної структури.

Задача запропонованого способу полягала в розширенні функціональних можливостей діагностики морфологічної будови колагенових структур дерми шкіри при одночасному підвищенні точності вимірювання ступеня впорядкованості та орієнтації колагенових волокон.

Поставлена задача розв'язувалася шляхом того, що формуєть циркулярно поляризовану хвилю висококогерентною інфрачервоною випромінювання, обертають лінійний аналізатор, вимірюють і максимальний ( $I_{\max}$ ) і мінімальний ( $I_{\min}$ ) рівні інтенсивності та відповідні їм кути обертання осі пропускання аналізатора - ( $\alpha_{\max}$ ,  $\alpha_{\min}$ ) - і а якими судять про ступінь впорядкованості та орієнтації колагенових волокон дерми шкіри *in vivo*.

Відповідність критерію "новизна" забезпечує формування циркулярно поляризованої хвилі високо когерентно то інфрачервоною випромінювання, обертання лінійного аналізатора, вимірювання максимального ( $I_{\max}$ ) і мінімального ( $I_{\min}$ ) рівнів інтенсивності та відповідних їм кутів обертання осі пропускання аналізатора ( $\alpha_{\max}$ ,  $\alpha_{\min}$ )»<sup>за</sup> якими судять про ступінь впорядкованості та орієнтації колагенових волокон дерми шкіри *in vivo*.

Клініко-діагностичну придатність забезпечує нова сукупність дій, що складає запропонований спосіб, яка призводить до розширення



і функціональних можливостей діагностики морфологічної будови колагенових структур дерми шкіри при одночасному підвищенні і очної і вимірювання ступеня впорядкованості іа орієнтації колаієнових волокон

Ні в одному із розглянутих надій аналої JB запропонованою способу НГ зустрічається формування циркулярно поляризованої хвилі висококогерентного інфрачервоного випромінювання, обертання лінійного аналізатора, вимірювання максимальний ( $I_{\text{max}}$ ) і мінімальний ( $I_{\text{min}}$ ) рівні в інтенсивності та відповідних "ш кутів обертання осі пропускання аналізатора - ( $I_{\text{max}} > I_{\text{min}}$ ), <sup>за</sup> якими судять про ступінь впорядкованості та орієнтації колагенових волокон дерми шкіри *in vivo*

Розглянемо основні теоретичні основи запропонованого способу При опроміненні шкіри паралельним пучком лазерного інфрачервоною випромінювання глибина занурення складає 70 мм [3], що повнісію забезпечує взаємодію циркулярно поляризованої хвилі з колаієновими структурами без істотного рівня поглинання в товщі шкіри

Характер світлорозсіяння такої хвилі визначається інтегральними параметрами морфологічної будови колаієнових волокон дерми шкіри Так, ступінь впорядкованості (однорідності «укладання») ансамблю колагенових волокон запишеться у вигляді наступної співвідношення.

$$\frac{I_{\text{max}} + I_{\text{min}}}{2}, \quad (1)$$

\* максимальний та мінімальний інтегральний рівні в когерентному зображенні шкіри *in vivo*, що пройшло крізь лінійний аналізатор

Переважаюча статистична орієнтація колагенових волокон призведе до формування еліптично поляризованого об'єктного поля Причому орієнтація великої півосі такого еліпсу статистичної поляризації відповідає переважному напрямку орієнтації пучків і, навпаки, мала півось

А

орієнтована в напрямку максимальної разорієнтації. Експериментально іаким напрямкам відповдіюіь кути обертання осі пропускання аналізатора

$\alpha$   $\alpha$  і п , а відповідний ступінь орієнтації визначиться як:

$$\alpha_{\max} = \frac{I_{\text{max}} - I_{\text{min}}}{I_{\text{max}} + I_{\text{min}}}$$

Запропонований спосіб пояснюється блок-схемою на рис 1 Вона вміщує наступні блоки-оператори, розміщені в такій функціональній послідовності: випромінювальний блок 1, блок формування с і ану поляризації 2, об'єктний блок 3, проектувальний блок 4, поляризаційно-вимірювальний блок 5.

На рис.2 наведена схема пристрою, що реалізує запропонований спосіб Пристрій вміщує наступні елементи, джерело лазерного інфрачервоною випромінювання 1, поляризатор 2, чвертьхвильова пластинка 3, коліматор 4, об'єкт 5, проєктивний об'єктив 6, аналізатор 7, кроковий д в и і у н 8, фотодетектор 9, блок обробки даних 10.

Пристрій працює наступним чином. На вхід пристрою посіупаг випромінювання інфрачервоного лазера на Ag-Ga ч довжиною х в и і п А -' 0,89 мкм. Пластинка 3 орієнтується таким чином, що її вісь найбільшої швидкості складає кут 45° відносно площини коливань вектора електричної напруженное! і лінійно поляризован оі поляризатором 2 лазерної хвилі. Коліматор 4 формує пучок паралельних променів, який спрямовується в напрямку об'єкту 5, що здійснює поляризаційну модуляцію когерентного випромінювання. Об'єктне поле проектується об'єктивом 6 в площину поляризатора-аналізатора 7, який обертається кроковим двигуном 8 і формує змінний світловий потік, що реєструється

5фогодетектором 9, який виробляє змінний фотострум, параметри якого обробляються за допомогою ЕОМ 10.

ТаКИМ ЧИНОМ Одержується Сукупність ДаниХ  $\alpha_{\text{тах}}^{\text{тш}}$ ,  $\alpha_{\text{тах}}^{\text{min}}$  за якими визначаються ступінь впорядкованості та орієнтації колагенових пучків дерми шкіри *in vivo*, що не досягається в протіотипі

#### ЛПЕРАТУРА

1. Жеребцов Л.Д., Василвский В.К., Бремзен С.А. Объективные исследования цвета кожного покрова. В кн.: Вопросы антропологии М : 1977. Вып. 56 С. 146.
2. V. V. Tuchin, D.A. Zimlyakov, S.R. Utz, S.A. Lepestkin, I.I. Polyokov Laser light scattering in skin tructure diagnostics. Biomedical Optics SPIE Proc. Vol. 1884 152-1561993
3. Обратные задачи в оптике (Под ред. Болтса Г.П.). Пер. с англ М • Машиностроение, 1984ю 199с.

СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ СТУПЕНЯ ВПОРЯДКОВАНOSTІ ТА  
ОРІЄНТАЦІЇ КОЛАГЕНОВИХ ВОЛОКОН ДЕРМИ ШКІРИ IN VIVO

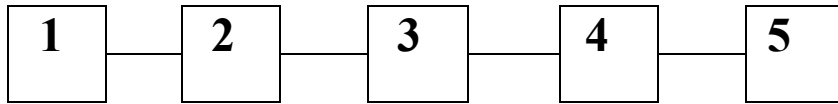
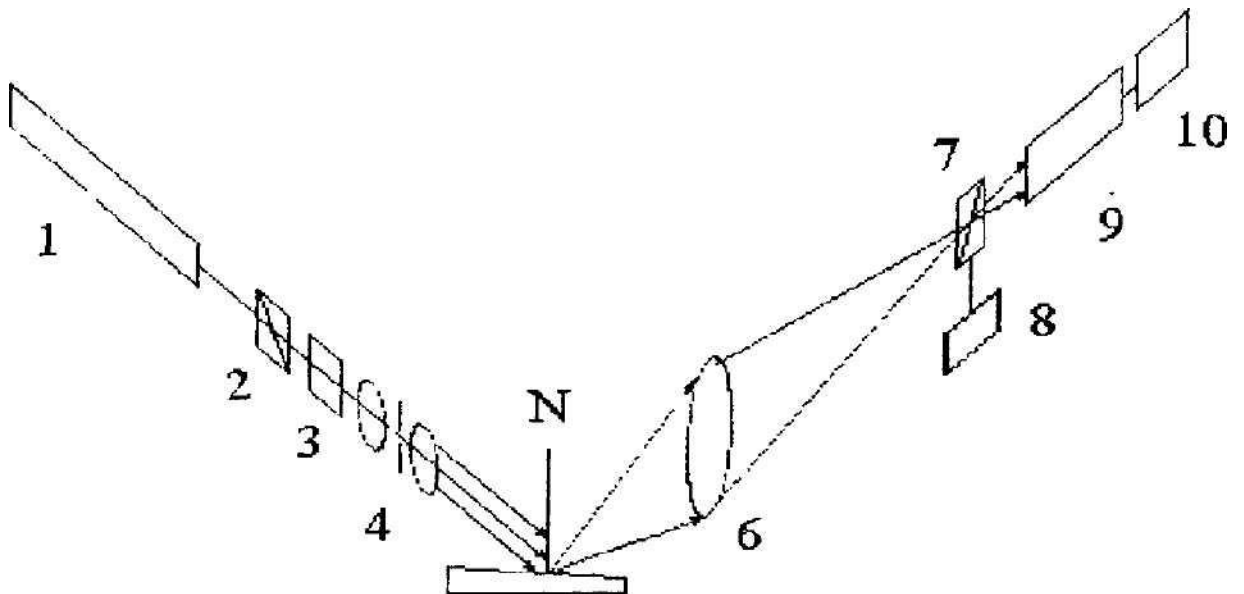


Рис. 1.



Рис, 2.