

Олександр Ушенко^{1,2}
Юрій Ушенко^{3,4}
Ірина Солтис²
Олександр Дуболазов²
Олександра Литвиненко⁵
Михайло Горський^{2,4}
Іван Мікірін²
Василь Гарасим²

ДЖОНС-МАТРИЧНА ПОШАРОВА ІНТРОСКОПІЯ ДИХРОЇЗМУ МУЛЬТИФРАКТАЛЬНОЇ ПОЛІКРИСТАЛІЧНОЇ АРХІТЕКТОНІКИ ПЛІВОК ЖОВЧІ

¹Інститут Чжецзянського університету - Тайчжоу, Китай

²Кафедра поліграфічних, мультимедійних та оптичних технологій Чернівецького національного університету, Чернівці, Україна

³Кафедра фізики, Університет Шаосін, Шаосін, Чжецзян 312000, Китай

⁴Кафедра комп'ютерних наук Чернівецького національного університету, Чернівці, Україна

⁵Кафедра судової медицини та медичного права Буковинського державного медичного університету, Чернівці, Україна

Анотація

Ця робота присвячена розробці нової оптичної техніки для дослідження топографічної структури карт дихроїзму жовчних плівок та визначення мультифрактальних маркерів супрамолекулярних мереж для диференціальної діагностики жовчнокам'яної хвороби.

Ключові слова: поляризаційно-інтерференційне вимірювання, матриця Джонса, дихроїзм, мультифрактальність, фрактальна розмірність, супрамолекулярні мережі, жовчні фації, калькульозний холецистит.

Annotation

This article is dedicated to the development of a new optical technique for studying the topographic structure of dichroism maps of bile films and identifying multifractal markers of supramolecular networks for the differential diagnosis of cholelithiasis.

Keywords: polarization-interferometric measurement, Jones matrix, dichroism, multifractality, fractal dimension, supramolecular networks, bile facies, calculous cholecystitis.

Вступ

Вивчення топографічної структури карт дихроїзму жовчних плівок є важливим для розуміння самоподібності (мультифрактальності) супрамолекулярних мереж і розвитку нових методів діагностики. Для цього було розроблено нову оптичну техніку, яка поєднує поляризаційно-інтерференційну реконструкцію матриці Джонса та алгоритм для аналізу параметрів дихроїзму в жовчних фаціях.

Результати досліджень

Ця стаття присвячена вивченню топографічної структури карт (тезіограм) жовчних плівок (фацій) дихроїзму для ідентифікації маркерів для оцінки самоподібності (мультифрактальності) супрамолекулярних мереж. Розроблено нову оптичну техніку, яка поєднує поляризаційно-інтерференційну реконструкцію матриці Джонса та алгоритм для визначення пошарових

розподілів параметрів дихроїзму в жовчних фаціях. Це дозволяє проводити мультифрактальний аналіз супрамолекулярних мереж. Розподіл фрактальних розмірностей розраховано за допомогою матричної моделі Джонса, яка описує поглинання оптичної анізотропії супрамолекулярних мереж у жовчних фаціях. З цієї моделі були визначені та фізично обґрунтовані зв'язки між лінійним і круговим дихроїзмом мереж і реальними та уявними компонентами елементів матриці Джонса. За допомогою цього методу отримано та проаналізовано експериментальні пошарові тезіограми матриці Джонса архітектоніки дихроїзму жовчних фацій. Дослідження представляє набір плівок, що демонструють розподіли лінійного та кругового дихроїзму та їхні відповідні мультифрактальні спектри, які були фізично досліджені. У рамках статистичного аналізу розподілів фрактальної розмірності ідентифіковано діагностичні маркери, чутливі до зміни структури карти оптичної анізотропії. Ці результати були застосовані для успішної демонстрації здатності проводити диференційну діагностику ранньої (латентної) стадії жовчнокам'яної хвороби (калькульозного холециститу) з високою точністю 97,2%.

Висновки

Розроблена методика показала високу точність (97,2%) у диференціальній діагностиці ранньої стадії жовчнокам'яної хвороби, що підтверджує ефективність застосованої оптичної техніки для медичних досліджень.

ПОДЯКИ

Дослідження виконано за підтримки гранту Національного фонду досліджень України №2023.03/0174.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Jacques SL. Polarized light imaging of biological tissues. In: Boas D, Pitris C, Ramanujam N, editors. Handbook of Biomedical Optics. 2nd ed. CRC Press; 2011. p. 649–669
2. Vitkin A, Ghosh N, de Martino A. Tissue Polarimetry. In: Andrews DL, editor. Photonics: Scientific Foundations, Technology and Applications. John Wiley & Sons; 2015. p. 239–321.
3. 3D Jones-matrix thesiography of biological fluid facies / Alexander Ushenko, Iryna Soltys, Alexander Dubolazov, Yuriy Ushenko, Viacheslav Bilooky, Olexander Bilookyi, Olexandra Litvinenko, Ivan Mikirin, Jun Zheng, Zhebo Chen, and Lin Bin // Journal of Innovative Optical Health Sciences. – 2025. – № 12 (06). P. 2443002-1 - 2443002-18.

Олександр Ушенко – д.ф.-м.н., професор, завідувач кафедри поліграфічних, мультимедійних та оптичних технологій Чернівецького національного університету, Чернівці, Україна, професор Інституту Чжецзянського університету - Тайчжоу, Китай

Юрій Ушенко – д.ф.-м.н., професор, завідувач кафедри комп'ютерних наук Чернівецького національного університету, Чернівці, Україна, професор кафедри фізики, Університет Шаосін, Шаосін, Чжецзян 312000, Китай

Ірина Солтис – к.ф.-м.н., доцент кафедри поліграфічних, мультимедійних та оптичних технологій Чернівецького національного університету, Чернівці, Україна

Олександр Дуболазов – д.ф.-м.н., професор кафедри поліграфічних, мультимедійних та оптичних технологій Чернівецького національного університету, Чернівці, Україна, a.dubolazov@chnu.edu.ua

Олександра Литвиненко – к.м.н., асистент кафедри судової медицини та медичного права Буковинського державного медичного університету, Чернівці, Україна

Михайло Горський - к.ф.-м.н., доцент кафедри комп'ютерних наук Чернівецького національного університету, Чернівці, Україна, доцент кафедри поліграфічних, мультимедійних та оптичних технологій Чернівецького національного університету, Чернівці, Україна

Іван Мікірін – аспірант кафедри поліграфічних, мультимедійних та оптичних технологій Чернівецького національного університету, Чернівці, Україна

Василь Гарасим – аспірант кафедри поліграфічних, мультимедійних та оптичних технологій Чернівецького національного університету, Чернівці, Україна

Oleksandr Ushenko – Doctor of Science in Physics and Mathematics, Professor, Head of the Department of Printing, Multimedia, and Optical Technologies at Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine, Professor, Zhejiang University Institute - Taizhou, China

Yuriy Ushenko – Doctor of Science in Physics and Mathematics, Professor, Head of the Department of Computer Science at Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine; Professor at the Department of Physics, Shaoxing University, Shaoxing, Zhejiang 312000, China.

Iryna Soltys – PhD in Physics and Mathematics, Associate Professor at the Department of Printing, Multimedia, and Optical Technologies at Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine.

Oleksandr Dubolazov – Doctor of Science in Physics and Mathematics, Professor at the Department of Printing, Multimedia, and Optical Technologies at Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine, a.dubolazov@chnu.edu.ua.

Oleksandra Lytvynenko – PhD in Medicine, Assistant at the Department of Forensic Medicine and Medical Law at Bukovinian State Medical University, Chernivtsi, Ukraine.

Mykhailo Gorsky – PhD in Physics and Mathematics, Associate Professor Department of Computer Science at Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine; Assistant at the Department of Printing, Multimedia, and Optical Technologies at Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine.

Ivan Mikirin – Postgraduate Student at the Department of Printing, Multimedia, and Optical Technologies at Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine.

Vasyl Harasym – Postgraduate Student at the Department of Printing, Multimedia, and Optical Technologies at Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine.