

# Аналіз сучасних методів і оптичних систем для діагностування патологій молочної залози

Костянтин Радченко  
кафедра лазерної та оптикоелектронної техніки,  
Вінницький національний технічний університет  
Вінниця, Україна  
kostia.radchenko@gmail.com

## Analysis of modern methods and optical systems for the breast pathologies diagnosis

Kostiantyn Radchenko  
Department of Laser and Optoelectronics  
Vinnytsia National Technical University  
Vinnytsia, Ukraine,  
kostia.radchenko@gmail.com

**Анотація**—Проаналізовано сучасні оптичні прилади і системи, що застосовуються у вивченні таких об'єктів дослідження, як плазма крові, в задачах діагностування патологій молочної залози. Визначено актуальний подальший напрямок розвитку систем Мюллер- та Джонс-поляриметрії плівок плазми крові для діагностування фіброаденоми молочної залози.

**Abstract**— *The modern optical devices and systems used in the study of such research objects as blood plasma where analyzed in the problems of diagnosing of pathologies of the breast. The actual direction of development of Müller- and Jones-polarimetry systems of blood plasma films for diagnosing fibroadenoma of the mammary gland is determined.*

**Ключові слова**—матриця Джонса; матриця Мюллера; поляриметрія; плазма крові; фіброаденома молочної залози

**Keywords**—*Jones matrix; Mueller matrix; polarimetry; blood plasma; breast fibroadenoma*

### 1. СУЧАСНИЙ СТАН ДОСЛІДЖУВАНОЇ ТЕМИ

Одними із найпоширеніших видів захворювань молочної залози є злоякісні та доброякісні новоутворення. Відомо, що 26,5% від усієї структури захворюваності жінок на злоякісні пухлини (а також смертності) займає рак молочної залози. В свою чергу, серед доброякісних новоутворень фіброаденома займає перше за розповсюдженістю. Небезпека останніх полягає в тому, що вони можуть малігнізуватись у злоякісні новоутворення.

Серед сучасних методів дослідження молочних залоз можна виділити такі основні методи: мамографія, комп'ютерна томографія, гістологічні дослідження (додаткові методи), ультразвукова

діагностика та ін. Проте, дані методи мають низку обмежень та вимог до пацієнтів, а також не завжди є достатньо інформативними.

Окремим напрямом досліджень є поляриметричні методи, які базуються на вивченні фізичних процесів, що відбуваються при взаємодії електромагнітного випромінювання з різноманітними біологічними об'єктами, зокрема біологічними тканинами (БТ) та рідинами (БР): крові, сечі, слини, жовчі та ін. Внаслідок того, що поляризаційні властивості випромінювання після взаємодії з БР або БТ залежать від анізотропних характеристик та їх структури, поляриметричні методи є перспективними для їх дослідження [1]. Найбільшого розповсюдження серед них набули методи та системи діагностики біологічних тканин та рідин на основі спектрополяриметрії та поляризаційно-чутливої оптичної когерентної томографії (Дж. Ф. де Бур, Т. Мілнер, К. Хітценбергер) [2-5].

Проте, в даних системах відсутній подальший комплексний аналіз отримуваних зображень досліджуваного об'єкту, елементна база систем є складною та має високу вартість.

Перспективним напрямом досліджень є методи та системи, що базуються на Стокс-, Мюллер- та Джонс-поляриметрії (О. Ангельський, Л. Ванг, О. Ушенко, Н. Заболотна, Н. Кумар) [5-8, 13].

Зокрема, в роботах Ушенко О.Г [7, 10] розроблено методи поляризаційної Мюллер-матричної та окремо Джонс-матричної діагностики біологічних тканин з їх подальшим комплексним оцінюванням (статистичним, кореляційним та фрактальним) поляризаційних (азимут і

еліптичність), Мюллер-матричних та Джонс-матричних параметрів. Було отримано спосіб ранньої диференціації стадії раку молочної залози за рахунок комплексного оцінювання структури поляризаційних зображень її гістологічних зрізів. Проте дані методи мають високий ступінь травматичності, що ускладнює діагностичний процес.

Також було запропоновано та апробовано ключовий модельний підхід, що був покладений в основу моделювання оптичних властивостей плівок БР людини:

- різноманіття біохімічної побудови БР подаються у вигляді оптично-тонкої (коефіцієнт ослаблення  $\tau \leq 0,1$ ) полікристалічної структури;

- кристалічна компонента плазми крові являє собою планарно розташовану полікристалічну мережу кристалів альбуміну та глобуліну;

- біологічні кристали оптично одноосні та володіють властивостями двопронезаломлення [10];

Принципово новий підхід в діагностиці патологічних відхилень людини за поляриметриєю плазми крові було запропоновано в роботах Ангельського О.В. та Ушенко О.Г. [12]. Даний підхід знайшов розвиток в роботах Заболотної Н.І. та Олійниченка Б.П., [9, 11] де діагностування онкологічних новоутворень молочної залози здійснюється за лазерною Мюллер-поляриметриєю плазми крові на основі визначення параметрів азимуту та еліптичності поля, розсіяного об'єктом дослідження.

За даними методами зменшено рівень травматичності та було отримано позитивні результати [11]: рівень достовірності диференціації зразків на «норму» та «патологію» в даних роботах знаходиться в межах від 80 до 90%, тому актуальними є подальші дослідження з використанням методів (Мюллер- та Джонс-матричний підходи) [15], що характеризують властивості самого об'єкта дослідження, а не розсіяного ним поля.

Враховуючи, що плазма крові є прозорим оптично тонким ( $\tau \leq 0,1$ ) [14] середовищем і в ньому відбуваються мінімальні втрати поляризації, тому також актуальним є поєднання методів Мюллер- та Джонс-поляриметрії для отримання додаткових критеріїв диференціації в задачах діагностування фіброаденоми молочної залози. Обидва методи дозволяють просто звести розрахунки взаємодії випромінювання зі зразком плазми крові до оперування з компактними матрицями та векторами, в яких закладена вся інформація про поляризаційні характеристики як плазми крові, так і випромінювання.

Відповідно, також є необхідність у підвищенні рівня достовірності диференціації досліджуваних зразків плазми крові на «норму» та «фіброаденому» за рахунок комплексного використання методів підтримки прийняття рішень (наприклад, на основі нечіткої логіки або дискримінантного аналізу) з

інтелектуальною селекцією найбільш інформативно придатних діагностичних параметрів.

## II. ВИСНОВКИ

Було проаналізовано основні сучасні методи та системи для діагностування патологій молочної залози та виділено основний актуальний напрямок для їх дослідження – лазерна поляриметрія плівок плазми крові. Також в роботі було проаналізовано основні недоліки існуючих методів лазерної поляриметрії та встановлено подальший вектор розвитку даного напряму.

## ЛІТЕРАТУРА REFERENCES

- [1] Sankaran., V., Everett, M. J., Maitland, D. J and Walsh, J. T. "Comparison of polarized-light propagation in biological tissue and phantoms," *Opt. Lett.* 24., 1044-1046 (1999).
- [2] Pierce M.C., J. Strasswimmer, B. Hyle Park, B. Cense, J. F. de Boer "Birefringence measurements in human skin using polarization-sensitive optical coherence tomography" *J. Biomed. Opt.* Vol. 9, 287-291 (2004).
- [3] Hitzengerber, C., Goetzinger, E., Sticker, M., Pircher, M. and Fercher, A., "Measurement and imaging of birefringence and optic axis orientation by phase resolved polarization sensitive optical coherence tomography," *Optics Express* 9(13), 780-790 (2001).
- [4] Shuliang Jiao, Milos Todorovic, George Stoica, and Lihong V. Wang, "Fiber-based polarization-sensitive Mueller matrix optical coherence tomography with continuous source polarization modulation" *Appl. Optics* Vol.44, 5463-5467 (2005).
- [5] J.F. de Boer, T.E. Milner, M.G. Ducros, S.M. Srinivas and J.S. Nelson., "Polarization-sensitive optical coherence tomography," *Handbook of Optical Coherence Tomography*, New York, 237-274 (2002).
- [6] A.G. Ushenko "Laser probing of biological tissues and the polarization selection of their images," *Optics and Spectroscopy* 91(6), 932-936 (2001).
- [7] V. O. Ushenko, G. D. Koval, Yu. O. Ushenko, L. Y. Pidkamin, M. I. Sidor, O. Vanchuliak, A. V. Motrich, M. P. Gorsky, I. Meglinskiy, "System of multifunctional Jones matrix tomography of phase anisotropy in diagnostics of endometriosis," *Proc. SPIE* 10396, Applications of Digital Image Processing XL, 103962M (2017).
- [8] Пат. №70125 Україна, МПК G01N33/00; A61B5/00. Спосіб вимірювання фазових мап оптико-анізотропних шарів біологічних об'єктів / Заболотна Н.І., Ушенко О.Г., Олійниченко Б.П. — заявник і патентовласник Вінницький національний технічний університет. — №u201113973; заявл. 28.11.2011; опубл.25.05.2012, Бюл.№10.
- [9] P. Mintser, N. I. Zabolotna, B. P. Oliinychenko and P. Komada "Differential phase analysis of laser images of a polycrystalline component of blood plasma in diagnostics of pathological changes in mammary gland," *Proc. SPIE* 8698, Optical Fibers and Their Applications, 86980D (2013).
- [10] Ushenko Yu. A., Ushenko V.A., Dubolazov A.V., Balanetskaya V.O., Zabolotna N.I. "Mueller-matrix diagnostics of optical properties of polycrystalline networks of human blood plasma," *Optics and Spectroscopy*, 112(6), 884-892 (2012).
- [11] N.I. Zabolotna, B.P. Oliinychenko, K.O. Radchenko, Krasnoshchoka A.K. and Shcherba O.K. "System of polarization phasometry of polycrystalline blood plasma networks in mammary gland pathology diagnostics," *Proc. SPIE*. 9613, Polarization Science and Remote Sensing, 961311 (2015).
- [12] V. A. Ushenko, O. V. Dubolazov, and A. O. Karachevtsev, "Two wavelength Mueller matrix reconstruction of blood plasma films polycrystalline structure in diagnostics of breast cancer," *Appl. Opt.* 53, B128-B139 (2014).
- [13] Natalia I. Zabolotna, Sergii V. Pavlov, Kostiantyn O. Radchenko, Vladyslav A. Stasenko, Waldemar Wójcik, Nazym Kussambayeva "Diagnostic efficiency of Mueller - matrix polarization reconstruction system of the phase structure of liver tissue" *Proc. SPIE* 9816, Optical Fibers and Their Applications, 98161E (2015).
- [14] Natalia I. Zabolotna, Kostiantyn O. Radchenko "A multifunctional automated system of 2D laser polarimetry of biological tissues," *Proc. SPIE* 9205, Reflection, Scattering, and Diffraction from Surfaces, 92050V (2014).
- [15] Natalia I. Zabolotna, Kostiantyn O. Radchenko, Mykola H. Tamovskiy, "System of Mueller-Jones matrix polarizing mapping of blood plasma films in breast pathology," *Proc. SPIE* 10407, Polarization Science and Remote Sensing VIII, 1040714 (2017).