

# АРХІТЕКТУРА ЗОБРАЖАЛЬНОЇ СИСТЕМИ МЮЛЛЕР-МАТРИЧНОГО КАРТОГРАФУВАННЯ БІОЛОГІЧНИХ ШАРІВ, ВІДТВОРЕННЯ ТА АНАЛІЗУ ЇХ СТРУКТУРИ

Вінницький національний технічний університет

## Анотація

В роботі наведена архітектура автоматизованої системи поляризаційного мюллер-матричного картографування та відтворення орієнтаційних та фазових параметрів біологічних шарів, доповнена комплексним аналізом вимірних розподілів. Система забезпечує високу оперативність вимірювань та розширені функціональні можливості.

**Ключові слова:** мюллер-матричне картографування, біологічний шар, відтворення параметрів анізотропії.

## Abstract

The paper presents the architecture of an automated system of polarization mueller-matrix mapping and reproduction of orientation and phase parameters of biological layers, complemented by a comprehensive analysis of measured distributions. The system provides high-speed measurements and enhanced functionality.

**Keywords:** mueller-matrix mapping, biological layer, reproduction of anisotropy parameters.

## Вступ

Розвиток сучасних інформаційних технологій ставить нові вимоги до методів діагностування біологічних об'єктів та стимулює розвиток новітніх підходів в медичному приладобудуванні. Принципово новим рішенням в розвитку є створення оптико – електронних медичних систем, основаних на нових неінвазивних оптичних методах медичної діагностики біологічних шарів (БШ) в поєднанні із обчислювальними технологіями.

Саме до таких систем відносять системи лазерної поляриметричної діагностики біологічних шарів, які базуються на поляризаційному картографуванні матриць Мюллера біологічних зразків із подальшим обробленням сформованих мап та їх комп'ютерним аналізом. Встановлення взаємозв'язків між орієнтаційними, фазовими та орієнтаційно-фазовими елементами матриці Мюллера біологічного шару та їх об'єктивними інформативними характеристиками при різних фізіологічних станах досліджуваних біологічних шарів різних типів і оптичних товщин лежить в основі побудови сучасних експертних оцінок запальних станів, некротичних змін, передракових та ракових станів біологічних тканин і органів людини.

## Результати дослідження

Однією із перспективних лабораторних установок для реалізації феноменологічного способу визначення матриць Мюллера БШ з можливістю комплексного аналізу вимірних даних на основі статистичного, кореляційного та фрактального підходів можна назвати лазерний мікрополяриметр ЛМП-1 [1], реалізований в ЧНУ ім. Ю.Федьковича. Одним із основних недоліків цієї установки є відсутність автоматизації вимірювань, що обумовлює недостатню оперативність роботи.

Оперативність адаптивного мюллер-поляриметра, запропонованого в роботі [2] науковцями КНУ ім. Т. Шевченка, відповідає вимогам експертних систем поляризаційної діагностики БШ. В той же час, зазначена система не передбачає проведення об'єктивного аналізу розподілів вимірних мап Мюллера досліджуваних зразків, що не дозволяє визначити інформативні параметри їх діагностики.

В даній роботі пропонується архітектура автоматизованої системи мюллер-матричного картографування БШ, яка має розширені функціональні можливості за рахунок організації відтворення параметрів анізотропії полікристалічної структури БШ при забезпеченні комплексного об'єктивного аналізу вимірних даних. Крім того, в зазначеній системі (рис. 1) досягається зменшення розвиненого спекл-фону поляризаційного зображення БШ шляхом використання

низькокогерентного лазерного випромінювання, наприклад, напівпровідникового лазера, на довжині хвилі 0,638 мкм для опромінення досліджуваного об'єкта.

Також структура зазначеної автоматизованої системи (рис. 1) реалізує багатоканальність як процесу поляризаційного опромінення (чотири канали багатоканального поляризаційного опромінювача) біологічного шару, так і поляризаційного аналізу (шість каналів багатоканального поляризаційного аналізатора) розсіяного біологічним шаром випромінювання. В цьому випадку важливу роль відіграє спеціальне конструктивне виконання багатоканального поляризаційного опромінювача та багатоканального поляризаційного аналізатора. В конструкціях цих блоків поляризаційні фільтри (ПФ) розміщено нерухомо на поворотних пристроях, які самі здатні обертатись в першому блоці на кути, кратні  $90^\circ$ , а в другому блоці - на кути, кратні  $60^\circ$ , реалізуючи таким чином вибір поляризаційних фільтрів з необхідним типом поляризації. Це дозволяє підвищити точність вимірювань параметрів вектора Стокса та елементів матриці Мюллера у порівнянні із відомим мікрополяриметром ЛМП. З іншого боку, багатоканальність системи сприятиме покращенню часових характеристик визначення елементів матриці Мюллера досліджуваного біологічного шару.

Зазначена система також забезпечує додаткову функціональну можливість відтворення та аналізу полікристалічної структури досліджуваного оптично тонкого біологічного шару БТ чи БР.

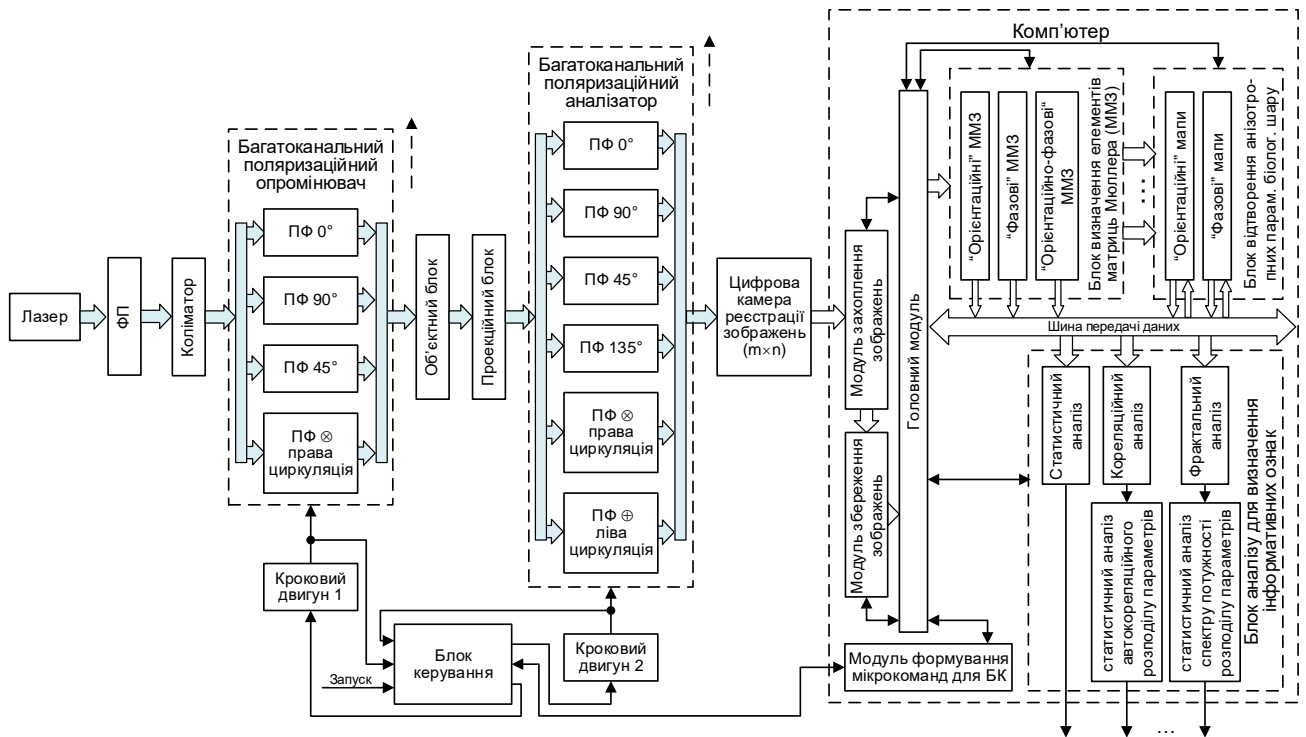


Рис. 1. Архітектура зображальної системи мюллер-матричного картографування БШ, відтворення та аналізу його полікристалічної структури

Автоматизоване управління роботою системи здійснюється за допомогою блоку керування, який здійснює керування двома кроковими двигунами, що здійснюють необхідні механічні обертання багатоканального поляризаційного опромінювача та багатоканального поляризаційного аналізатора на необхідні кути. Визначення інформативних ознак діагностики БШ здійснюється шляхом комплексного аналізу статистичних характеристик координатних, автокореляційних та фрактальних розподілів отриманих мюллер-матричних мап та відтворених «орієнтаційних» та «фазових» мап БШ.

### Висновки

Запропонована архітектура мюллер-матричного картографування, відтворення орієнтаційно-фазової структури біологічного шару та аналізу його оптико-анізотропних параметрів, забезпечує

розширені функціональні можливості, високу оперативність діагностування патологічних змін біологічних шарів у порівнянні з відомими аналогами. Також однією з основних переваг запропонованої архітектури є її доповнення комплексним аналізом статистичних характеристик двовимірних координатних, автокореляційних та фрактальних розподілів отриманих мюллер-матричних мап та відтворених «орієнтаційних» та «фазових» мап БШ.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Основи лазерної поляриметрії. –Част.1.:Біологічні тканини : монографія / Під ред.. О.Г. Ушенка – Чернівці: Чернів. нац. ун-т, 2010. – 588 с.

2. Савенков С.М. Обернена задача поляриметрії на основі матричного методу Мюллера: дис. ... доктора фіз.-мат. наук: 01.04.05 / Савенков Сергій Миколайович. – К., 2013. – 376 с.

**Заболотна Наталія Іванівна** – д.т.н., професор кафедри лазерної та оптико-електронної техніки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, Україна, E-mail: Natalia.zabolotna@gmail.com

**Колівошко Антон Ігорович** – Факультет комп'ютерних систем та автоматики, аспірант кафедри лазерної та оптико-електронної техніки, Вінниця, Україна, E-mail: kolivoshko.anton@gmail.com

**Мельник Донат Васильович** – Факультет комп'ютерних систем та автоматики, група ЛТО-18м, магістрант кафедри лазерної та оптико-електронної техніки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, Україна, E-mail: don.menik@gmail.com

**Natalia I. Zabolotna** – Doctor of Science, professor, Department of Laser and Optoelectronic Technology, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Ukraine, E-mail: Natalia.zabolotna@gmail.com

**Anton I. Kolivoshko** – Faculty of Computer Systems and Automation, post-graduate student of the Department of Laser and Optoelectronic Technology, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Ukraine, E-mail: kolivoshko.anton@gmail.com

**Donat V. Melnik** – Faculty of Computer Systems and Automation, master of the Department of Laser and Optoelectronic Technology, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Ukraine, E-mail: don.menik@gmail.com