

О.Г.Ушенко
 О.В. Дуболазов
 І.В. Солтис
 І.Ю. Гордей

КОМП'ЮТЕРНІ АЛГОРИТМИ ДИСКРЕТНОЇ ПОЛЯРИЗАЦІЙНО-СИНГУЛЯРНОЇ ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕНЬ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ПОЛІГРАФІЧНИХ ЗАСТОСУВАНЬ

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, Україна

Анотація. *Визначено аналітичні умови формування сингулярностей елементів матриці Джонса двопробових заломлюючих мереж пакувальних полімерних плівок (ППП). Встановлено кореляцію між координатними положеннями характеристичних точок двовимірних елементів матриці Мюллера оптично тонкого шару PPP та мережі S- та C – точок у її лазерному зображенні. Продемонстровано ефективність Мюллер – матричної сингулярної діагностики механічних трансформацій PPP.*

Ключові слова: *поляризація, кореляція, пакувальна полімерна біологічна тканина, статистика, матриця Мюллера*

Вступ

Важливим напрямом неруйнівної діагностики органічних фазово-неоднорідних шарів є лазерна поляриметрія [1,2], яка дозволяє отримувати інформацію про оптичну анізотропію поліетиленових плівок (ППП). Для статистичного аналізу такої поляриметричної інформації розроблено модельний підхід, що ґрунтується на наступних положеннях: будова PPP розглядається у вигляді двокомпонентної аморфно-кристалічної структури; кристалічна компонента або матриця сформована мережею оптично одновісних двопробовезаломлюючих фібрил.

Розвитком зазначених статистичних досліджень став новий підхід для опису лазерних зображень PPP, що ґрунтується на аналізі координатних розподілів поляризаційних сингулярностей. До них відносяться лінійно (S-точки) та циркулярно (C-точки) поляризовані стани світлових коливань.

Метою роботи є розвиток методів лазерної поляриметрії на основі визначення сингулярних взаємозв'язків “об’єкт – поле” для діагностики трансформації орієнтаційно фазової структури PPP, пов'язаних із механічними напругами.

Методика експериментальних досліджень

Використовувалася така методика:

- координатні мережі характеристичних значень матричних елементів $M_{44}^*(m \times n) = 0; \pm 1$ сканувалися у напрямі $x \equiv 1, \dots, m$ з кроком $\Delta x = 1 \text{ pix}$;
- в межах отриманих вибірок $(1_{\text{pix}} \times n_{\text{pix}})^{(k=1,2,\dots,m)}$ для координатного розподілу елемента $M_{44}(m \times n)$ підраховувалася загальна кількість $(N^{(k)})$ характеристичних точок $(0; \pm 1)$ повний ансамбль сингулярних точок $N(x) \equiv (N^{(1)}, N^{(2)}, \dots, N^{(m)})$;

Результати дослідження

Як об’єкти дослідження використовувалися дві групи PPP - механічно недеформовані (тип “А”); механічно деформовані (тип “Б”).

У таблиці 2 наведено статистично усереднені в межах обох груп зразків PPP значення $Z_{1;2;3;4}(N(x); N_{0;90}(x); N_{45;135}(x))$.

Таблиця 2. Коефіцієнти асиметрії Z сингулярних значень розподілів $N(\rho=0^\circ, 90^\circ, +45^\circ, -45^\circ)$ Мюллер-матричних зображень $f_{44}(m, n)$ ППП

Z	Тип А (25 зразків)	Тип Б (23 зразка)
Z_M^{0-90}	$0,025 \pm 0,0021$	$0,49 \pm 0,035$
Z_σ^{0-90}	$0,023 \pm 0,0018$	$0,16 \pm 0,015$
$Z_M^{45,-45}$	$0,029 \pm 0,0016$	$0,32 \pm 0,024$
$Z_\sigma^{45,-45}$	$0,032 \pm 0,0023$	$0,17 \pm 0,012$

Висновки

- Метод Мюллер – матричної автофлуоресцентної сингулярної діагностики ефективний у диференціації оптичних властивостей всіх типів зразків – статистичні моменти 3-го та 4-го порядків розподілів для зразків “А” та “Б” - типів різняться відповідно до 1,7 та 2, 5 разів.
- Для розподілів $N_{45;135}(x)$ кількості ортогональних сингулярних точок $S_{45;135}$ та $C_{45;135}$ тканини міометрія “А” та “Б” типів спостерігаються максимальні (від 2,2 до 4,1 разів) відмінності між усіма статистичними моментами $M_{j=1;2;3;4}$.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Berry M.V. and Dennis M.R., Proc. R. Soc. A 457, 141 (2001).
2. Ushenko, V.A., Hogan, B.T., Dubolazov, A., Grechina, A.V., Boronikhina, T.V., Gorsky, M., Ushenko, A.G., Ushenko, Y.O., Bykov, A., Meglinski, I. Embossed topographic depolarisation maps of biological tissues with different morphological structures, (2021) Scientific Reports, 11 (1), № 3871.

Ушенко Олександр Григорович - доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач кафедри оптики і видавничо-поліграфічної справи, Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, Україна, o.ushenko@chnu.cv.ua

Дуболазов Олександр Володимирович - доктор фізико-математичних наук, професор кафедри оптики і видавничо-поліграфічної справи, Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, Україна, a.dubolazov@chnu.edu.ua

Солтис Ірина Василівна - кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри оптики і видавничо-поліграфічної справи, Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, Україна, i.soltys@chnu.edu.ua

Гордей Іван Юрійович – аспірант кафедри комп’ютерних наук, Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, Україна, hordei.ivan@chnu.edu.ua

COMPUTER ALGORITHMS FOR DISCRETE POLARIZATION-SINGULAR IMAGE PROCESSING OF POLYMER MATERIALS FOR POLYGRAPHIC APPLICATIONS

Abstracts. Analytical conditions for the formation of singularities of Jones matrix elements of two-beam refracting networks of packaging polymer films (PPP) have been determined. A correlation was established between the coordinate positions of the characteristic points of the two-dimensional elements of the Mueller matrix of the optically thin layer of the PPP and the network of S- and C-points in its laser image. The effectiveness of the Muller-matrix singular diagnosis of mechanical transformations of the PPP has been demonstrated.

Key words: polarization, correlation, packing polymeric biological tissue, statistics, Mueller's matrix

Ushenko Oleksandr - Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Head of the Department of Optics and Publishing and Printing Affairs, Yuri Fedkovich Chernivtsi National University, Ukraine, o.ushenko@chnu.cv.ua

Dubolazov Oleksandr - Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor of the Department of Optics and Publishing and Printing Affairs, Yuri Fedkovich Chernivtsi National University, Ukraine, a.dubolazov@chnu.edu.ua

Soltys Iryna - Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of the Department of Optics and Publishing and Printing Affairs, Yuri Fedkovich Chernivtsi National University, Ukraine, i.soltys@chnu.edu.ua

Hordei Ivan - graduate student of the Department of Computer Sciences, Chernivtsi National University named after Yuri Fedkovich, Ukraine, hordei.ivan@chnu.edu.ua