

Диференціація поляризаційних полікристалічних мереж тонких шарів амінокислот

Т.М.Бойчук, О.Г.Ушенко, В.О.Баланецька, П.М.Григоришин

Буковинський державний медичний університет, Чернівецький національний університет ім. Юрія Федьковича
Чернівці, Україна

Експериментально виявлено вплив розподілів напрямів оптичних осей і двопронезаломлення багат шарової полікристалічної мережі на координатну структуру дійсної складової елементів матриці Джонса. Визначені статистичні, кореляційні і спектральні моменти 1-го – 4-го порядків, які характеризують розподіли значень дійсної складової елементів матриці Джонса полікристалічних мереж амінокислот різних типів «дендритна сітка – сферолітна мережа – ансамбль кластерів».

Ключові слова: лазерна поляриметрия, амінокислоти, людина.

ВСТУП

Актуальність даного дослідження зумовлена необхідністю використання нових модельних уявлень про процеси перетворення амплітудно-фазових параметрів лазерного випромінювання полікристалічними мережами плівок амінокислот людини; пошуку нових методів статистичної, кореляційної і спектральної структури таких мереж для розробки об'єктивних методик оцінювання та диференціації змін, зумовлених виникненням патології людського організму [1-4].

Відомо, що більша частина амінокислот володіє щонайменше одним асиметричним атомом вуглецю, внаслідок чого вони можуть існувати в двох оптично активних формах, маючи L-конфігурацію (основна кількість) і D-конфігурацію (зустрічають значно рідше). Це дає можливість до аналізу векторної структури полів лазерного випромінювання, перетвореного тонкими плівками амінокислот людини [5, 6].

Метою дослідження було встановити взаємозв'язок між статистичними, кореляційними і спектральними моментами 1-го – 4-го порядків, параметрами, які характеризують дійсну складову джонс-матричних зображень полікристалічних мереж плоских шарів основних типів амінокислот людини.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Об'єктами дослідження нами обрано полікристалічні шари трьох типів амінокислот: гліцину, метіоніну та проліну. Такий вибір об'єктів зумовлений тим, що дані сполуки є основним «будівельним» матеріалом для формування протеїнових структур біологічних рідин та тканин. З іншого боку, полікристалічна структура таких біологічних шарів близька до оптико-геометричної будови мереж двопронезаломлюючих оптично одноосних циліндричних кристалів. Окрім цього, координатна структура таких мереж максимально відмінна за геометричною побудовою: «дендритні сітки гліцину – азимутально симетричні сферолітні сітки метіоніну – острівкова (кластерна) мережа кристалів проліну».

На рис. 1 показано оптичну схему поляриметра для вимірювання сукупності координатних розподілів дійсної та уявної складової елементів матриці Джонса плівок біологічних рідин.

Освітлення проводилося паралельним ($\varnothing=10^4$ мкм) пучком He-Ne лазера ($\lambda=0.6328$ мкм, $W=5,0$ мВт). Поляризаційний освітлювач складається з чвертьхвильових пластинок 3, 5 і поляризатора 4, що забезпечує формування лазерного пучка з довільним азимутом $0^\circ \leq \alpha_0 \leq 180^\circ$ або еліптичністю $0^\circ \leq \beta_0 \leq 90^\circ$ поляризації.

Аналіз зображень плівок біологічних рідин здійснювався за допомогою поляризатора 9 та чвертьхвильової пластинки 8.

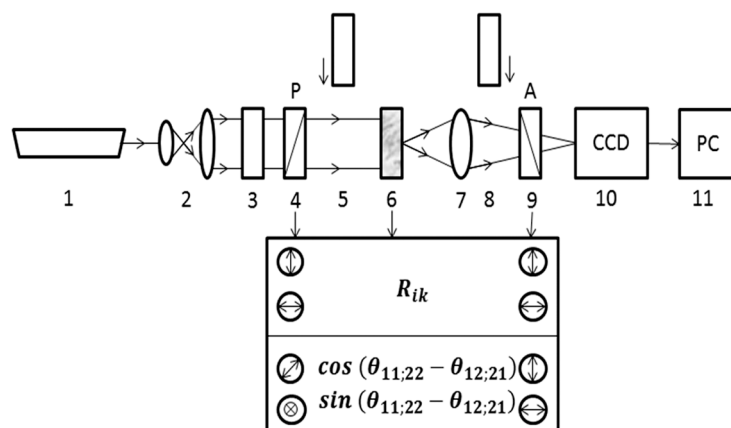


Рис. 1. Оптична схема поляриметра, де: 1 – He-Ne лазер; 2 – коліматор; 3 – стаціонарна чвертьхвильова пластинки; 5, 8 – механічно рухомі чвертьхвильові пластинки; 4, 9 – поляризатор і аналізатор відповідно; 6 – об'єкт дослідження; 7 – мікрооб'єктив; 10 – CCD-камера; 11 – персональний комп'ютер.

Поляризаційні зображення плівок амінокислот людини за допомогою мікрооб'єктива 7 (збільшення $4\times$) проектувалися на площу світлочутливої площини (800×600 пікселів) CCD-камери 10, яка забезпечувала діапазон вимірювання структурних елементів зображення для наступних розмірів 2-2000 мкм.

Умови експерименту підбиралися так, щоб практично усунути просторово-кутову апертурну фільтрацію при формуванні зображень плівок біологічних тканин. Це забезпечувалося узгодженням кутових характеристик індикатрис розсіяння світла зразками плівок біологічних рідин ($\Omega \approx 16^\circ$) і кутової аперттури мікрооб'єктива ($\Delta\omega = 20^\circ$). Тут Ω – кутовий конус індикатрис, у якому сконцентровано 98% усієї енергії розсіяного випромінювання.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

З метою отримання об'єктивних критеріїв поляризаційних проявів оптичної анізотропії полікристалічних мереж різних типів нами проведено комплексне дослідження дійсної складової координатних розподілів елементів матриці Джонса R_{11} ($m \times n$) і $R_{12;21}$ ($m \times n$), які характеризують переважно прояви орієнтаційної і фазової структури ансамблю рідких кристалів амінокислот.

На рис. 2 наведена серія поляризаційних зображень кристалічних шарів основних типів амінокислот організму людини.

З аналізу отриманих зображень випливає, що дослідження поляризаційних властивостей таких біологічних об'єктів можна розглядати в двох аспектах:

Гліцин

Метіонін

Пролін

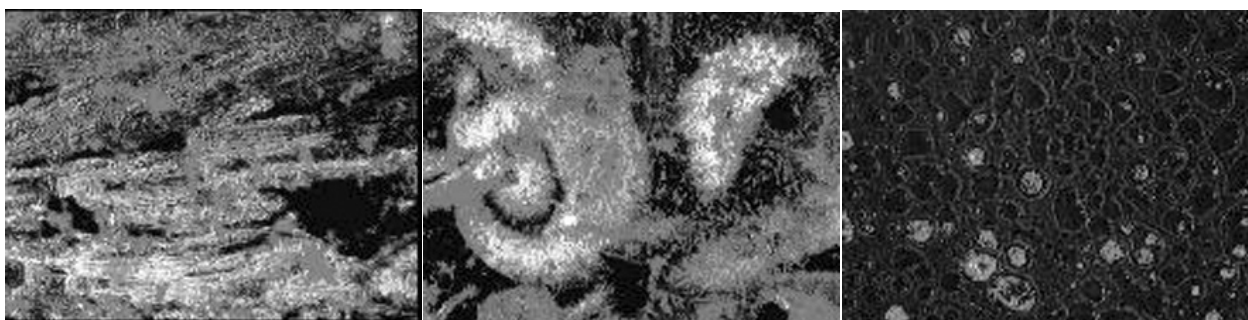


Рис. 2. Полікристалічні мережі амінокислот людини.

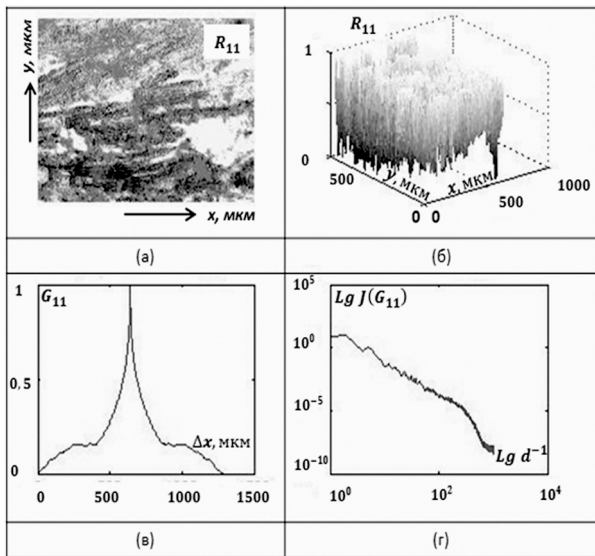


Рис. 3. Координатна (а), імовірнісна (б), кореляційна (в) та самоподібна (г) структура дійсної складової елемента матриці Джонса R_1 полікристалічної мережі шару гліцину.

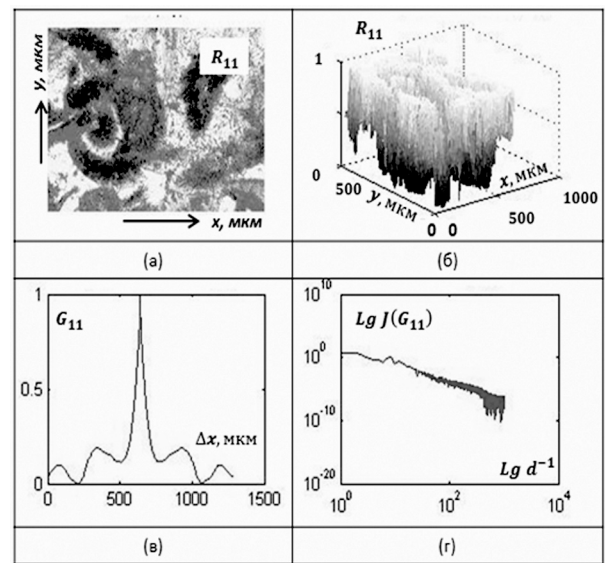


Рис. 4. Координатна (а), імовірнісна (б), кореляційна (в) та самоподібна (г) структура дійсної складової елемента матриці Джонса R_1 полікристалічної мережі шару метіоніну.

- 1) фундаментальний — визначення основних фізичних механізмів формування джонс-матричних зображень мереж біологічних кристалів;
- 2) прикладний — визначення взаємозв'язків між змінами оптико-геометричної структури мереж кристалічних амінокислот і діапазонами зміни статистичних, кореляційних і фрактальних параметрів, які характеризують відповідні дійсні складові джонс-матричних зображень.

На серії рис. 3-8 наведено серію експериментально виміряних джонс-матричних зображень дійсної R_{11} ($m \times n$) і «уявної» $R_{12,21}$ ($m \times n$) складової елементів і тривимірні реконструкції їхніх значень $N(R_{11})$, $N(R_{12,21})$, автокореляційні функції $G_{11}(\Delta x)$; $G_{12,21}(\Delta x)$, спектральні залежності $Lg J(G_{11})$; $Lg J(G_{12,21})$ координатних розподілів значень дійсної складової матричних елементів полікристалічних шарів основних типів амінокислот гліцину (рис. 3 і 4), метіоні-

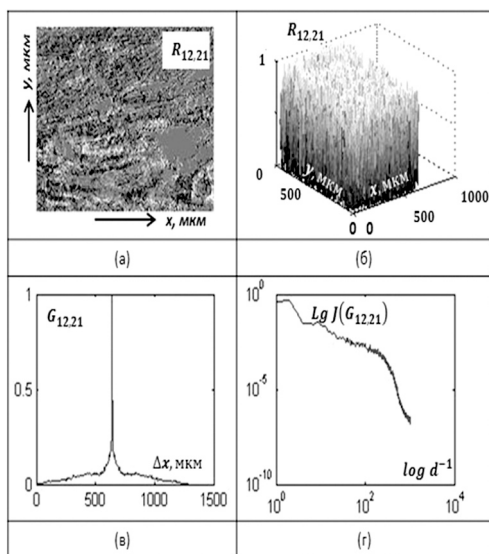


Рис. 5. Координатна (а), імовірнісна (б), кореляційна (в) та самоподібна (г) структура дійсної складової елемента матриці Джонса $R_{12,21}$ полікристалічної мережі шару гліцину.

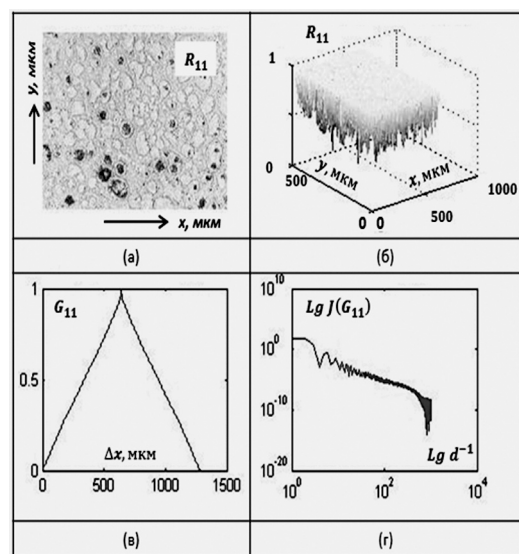


Рис. 6. Координатна (а), імовірнісна (б), кореляційна (в) та самоподібна (г) структура дійсної складової елемента полікристалічної мережі шару проліну.

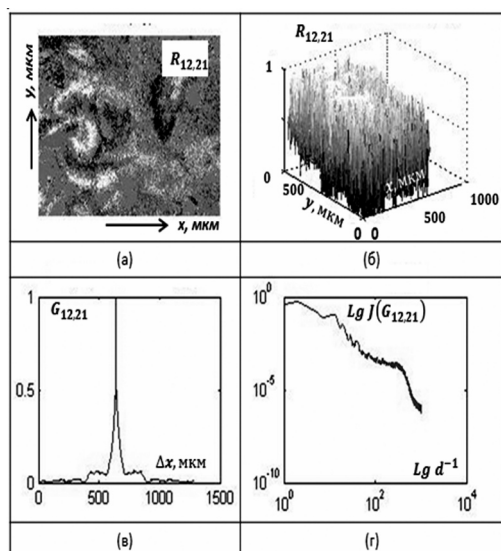


Рис. 7. Координатна (а), імовірнісна (б), кореляційна (в) та самopodobна (г) структура дійсної складової елемента матриці Джонса $R_{12,21}$ полікристалічної мережі шару метіоніну.

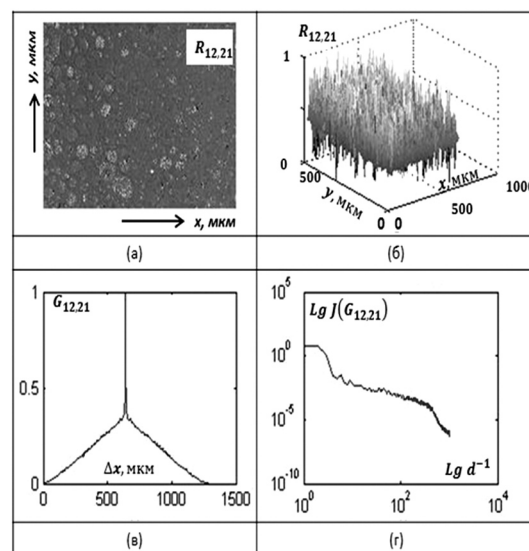


Рис. 8. Координатна (а), імовірнісна (б), кореляційна (в) та самopodobна (г) структура дійсної складової елемента матриці Джонса $R_{12,21}$ полікристалічної мережі шару проліну.

ну (рис. 5 і 6) і проліну (рис. 7 і 8) відповідно.

Отримані результати дослідження дійсної складової джонс-матричних зображень елементів сукупності полікристалічних шарів основних типів амінокислот людини показали:

1. Значно впливають особливості орієнтаційної структури напрямів оптичних осей мережі парціальних кристалів амінокислот. На це вказує широкий діапазон зміни ($0 \leq \Delta R_{11} \leq 1$) власних значень матричного елемента R_{11} ($m \times n$) кристалічних шарів основних типів амінокислот (рис. 3, 5, 7, фрагменти а). Причому всі координатні розподіли дійсної складової «орієнтаційних» елементів матриці Джонса індивідуальні для полікристалічних мереж з різною геометричною побудовою (рис. 3, 5, 7, фрагменти б). Дані результати корелюють з модельними уявленнями про ймовірнісну побудову дійсної складової відповідного джонс-матричного зображення, що визначається переважно напрямками оптичних осей парціальних кристалів, які формують двопронезаломлюючу сітку.

2. Відмінності між координатними розподілами дійсної складової «фазового» $R_{12,21}$ елемента (рис. 4, 6, 8, фрагменти а) полікристалічних мереж амінокислот різного біохімічного складу не такі виражені (рис. 4, 6, 8, фрагменти б), як для джонс-матричних зображень «орієнтаційних» елементів. Така подібність, на нашу думку, пов'язана з близькими значеннями показника двопронезаломлення амінокислот гліцину, метіоніну та проліну.

3. Автокореляційні функції $G_{11;12;21}(\Delta x)$ координатних розподілів дійсної складової елементів матриці Джонса кристалічних шарів амінокислот з дендритною та сферолітною геометрією являють собою спадаючі залежності з яскраво вираженими флуктуаціями власних значень (рис. 3 і 5 фрагменти в).

4. Відповідні логарифмічні залежності $Lg J(G_{11})$ характеризуються постійним у межах усього діапазону зміни геометричних розмірів парціальних кристалів кутом нахилу (рис. 3, 5 і 7, фрагменти г). Для залежностей $Lg J(G_{12;21})$ характерні ламані апроксимуючі криві з двома кутами нахилу (рис. 4, 6 і 8, фрагменти г). На нашу думку, даний факт можна пов'язати з багатократною масштабно та координатно впорядкованою зміною орієнтацій оптичних осей парціальних кристалів амінокислот з одночасною кратною зміною періоду фази δ .

Результати кількісного аналізу значень і діапазонів зміни статистичних, кореляційних і спектральних моментів, які характеризують координатні розподіли R_{ik} ($m \times n$) дійсної складової елементів матриці Джонса полікристалічних шарів основних типів амінокислот, наведені в табл. 1.

Отже, виявлена чутливість статистичних, кореляційних і спектральних параметрів до оптико-геометричної побудови полікристалічних мереж амінокислот.

Перспективи наукового пошуку: використання дійсної складової «фазових» елементів матриці Джонса для класифікації та

ТАБЛИЦЯ 1

Статистичні (M, σ, A, E), кореляційні ($K_{i=1;2;3;4}$), спектральні ($S_{i=1;2;3;4}$) параметри джонс-матричних зображень $R_{ik} (m \times n)$ полікристалічних шарів амінокислот

$R_{11} (m \times n)$						$R_{12, 21} (m \times n)$					
Гліцин											
M	0,41	K_1	0,44	S_1	0,56	M	0,46	K_1	0,48	S_1	0,53
σ	0,21	K_2	0,14	S_2	0,19	σ	0,19	K_2	0,14	S_2	0,14
A	0,86	K_3	1,31	S_3	0,62	A	0,24	K_3	0,29	S_3	0,43
E	0,63	K_4	3,16	S_4	0,83	E	0,17	K_4	1,19	S_4	0,37
Метіонін											
M	0,31	K_1	0,52	S_1	0,48	M	0,51	K_1	0,51	S_1	0,5
σ	0,15	K_2	0,11	S_2	0,13	σ	0,24	K_2	0,11	S_2	0,11
A	0,53	K_3	0,57	S_3	0,47	A	0,18	K_3	0,24	S_3	0,31
E	0,68	K_4	2,12	S_4	0,39	E	0,12	K_4	0,91	S_4	0,27
Пролін											
M	0,39	K_1	0,45	S_1	0,56	M	0,48	K_1	0,48	S_1	0,52
σ	0,28	K_2	0,1	S_2	0,13	σ	0,32	K_2	0,07	S_2	0,09
A	0,12	K_3	0,24	S_3	0,48	A	0,12	K_3	0,36	S_3	0,21
E	0,09	K_4	1,38	S_4	0,27	E	0,09	K_4	1,15	S_4	0,18

діагностики поляризаційних властивостей плівок реальних біологічних рідин людини.

ВИСНОВКИ

1. Наведені експериментальні результати дослідження статистичних, кореляційних і фрактальних параметрів, які характеризують дійсні складові джонс-матричних зображень полікристалічних мереж основних типів амінокислот людини.

2. Аналіз отриманих результатів виявив, що: уся сукупність статистичних, кореляційних і спектральних моментів 1-го — 4-го порядків, які характеризують координатні розподіли дійсної складової елементів матриці Джонса, володіє індивідуальними наборами значень, залежними від оптико-геометричних параметрів полікристалічних мереж амінокислот.

3. Розупорядкування напрямів оптичних осей парціальних кристалів амінокислот виявляється в таких змінах кількісних параметрів:

- зменшенні величин статистичних моментів 3-го і 4-го порядків координатного розподілу дійсної складової «орієнтаційного» елемента матриці Джонса відповідно до наступної геометрії полікристалічних мереж «дендритна сітка — сферолітна мережа — ансамбль кластерів»;

- затуханні осциляцій автокореляційних функцій джонс-матричних зображень, а також зменшенні відповідних значень асиметрії (K_3) та ексцесу (K_4) таких залежностей;

- зростанні спектральних моментів 3-го і 4-го порядків, які характеризують логарифмічні залежності спектрів потужності координатного розподілу дійсної складової «орієнтаційного» елемента матриці Джонса.

4. Діапазон відмінностей між величинами статистичних, кореляційних і спектральних моментів 1-го — 4-го порядків, які характеризують розподіли значень дійсної складової «фазових» елементів матриці Джонса полікристалічних мереж амінокислот різних типів «дендритна сітка — сферолітна мережа — ансамбль кластерів», у 2-3 рази менший, ніж у випадку аналогічних кількісних параметрів для «орієнтаційних» джонс-матричних зображень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Bachinsky V.T. Wavelet analysis for polarization maps of networks formed by liquid biological crystals in blood plasma: statistical and fractal approaches / V.T.Bachinsky, Yu.O.Ushenko, Yu.Ya et al. // Semiconductor Physics, Quantum Electronics & Optoelectronics. — 2010. — Vol. 13, №2. — P. 189-201.

2. Ushenko Yu. Laser metrology of biological liquid crystals singular structure / Yu.Ushenko, O.Telenha, V.Balanetskyaya // Proceedings SPIE. — 2010. — Vol. 7821. — P. 78210Z.
3. Ushenko Yu.A. Mueller-matrix diagnostics of optical properties inherent to polycrystalline networks of human blood plasma / Yu.A.Ushenko, O.I.Olar, A.V.Dubolazov et al. // Semiconductor Physics, Quantum Electronics and Optoelectronics. — 2011. — Vol. 14, №1. — P. 98-105.
4. Ushenko Y.O. Wavelet-analysis for Laser Images of Blood Plasma / Y.O.Ushenko, Y.Y.Tomka, O.V.Dubolazov et al. // Advances in Electrical and Computer Engineering. — 2011. — Vol. 11, №2. — P. 55-62.
5. Ushenko Yu.A. Statistical, fractal, and singular processing of phase images of hominal blood plasma during the diagnostics of breast cancer / Yu.A.Ushenko, V.O.Balanetska, N.I.Piddubna, B.P.Olyinichenko // Journal of flow visualization & image processing. — 2011. — Vol. 18, №3. — P. 185-197.
6. Ушенко Ю.А. Мюллер-матричная диагностика оптических свойств поликристаллических сетей плазмы крови человека / Ю.А.Ушенко, В.А.Ушенко, А.В.Дуболазов та ін. // Оптика и спектроскопия. — 2012. — Вып. 112. — №5. — С. 813-821.

Т.М.Бойчук, А.Г.Ушенко, В.А.Баланецкая, П.М.Григоршин. Дифференциация поляризованных поликристаллических сетей тонких шаров аминокислот. Черновцы, Украина.

Ключевые слова: лазерная поляриметрия, аминокислоты, человек.

Експериментально виявлено вплив розподілів напрямлений оптичних осей і дволучен-

реломлення многослойной поликристаллической сети на координатную структуру действительной составляющей элементов матрицы Джонса. Определены статистические, корреляционные и спектральные моменты 1-го — 4-го порядков, характеризующие распределения значений действительной составляющей «фазовых» элементов матрицы Джонса поликристаллических сетей аминокислот различных типов «дендритная сетка — сферолитная сеть — ансамбль кластеров».

Т.М.Boychuk, A.G.Ushenko, V.A.Balanetska-ya, P.M.Grygoryshyn. Differentiation polarization polycrystalline networks thin spherical aminoacids. Chernivtsi, Ukraine.

Key words: laser polarimetry, aminoacids, man.

The experimentally observed effect of distributions directions of the optical axes of birefringence and multilayer polycrystalline lic network to coordinate the structure of the real component of the Jones matrix elements. Defined statistics, correlation and spectral moments of the 1st-4th order, characterizing the distribution of the values of the real component of the «phase» of elements of the Jones matrix of polycrystalline chains of amino acids of various types of «dendrite network — spherulitic network — the ensemble of clusters».

Надійшла до редакції 21.06.2013 р.