

УДК 535.2:616-7

В. О. Чорний, студент гр. БП-71.

КПІ ім. Ігоря Сікорського

АНАЛІЗ ІНДИКАТРИСИ РОЗСІЯННЯ ШАРУ ДЕРМИ ЛЮДИНИ НА ДОВЖИНІ ХВИЛІ 632.8 НМ

Анотація. У даній роботі розглянуто вплив величини фактору анізотропії тканини на усереднену за перетинами індикатрису розсіяння шарів дерми людини різної товщини, що моделюють поширення світла на різних ділянках шкіри методом Монте-Карло для оптичних властивостей на довжині хвилі 632.8 нм.

Ключові слова: фактор анізотропії тканини, індикатриса розсіяння, дерма, метод Монте-Карло.

ВСТУП

Процеси моделювання випромінювання у біологічному середовищі для визначення його оптичних властивостей потребують правильного підбору параметрів та характеристик симуляції. У більшості біологічних тканин, фотони розсіюються переважно напрямку вперед. Це явище не може пояснюватися за допомогою розсіяння Релея. З іншого боку, спостережувана залежність від довжини хвилі сильніша, ніж може допускати розсіяння Мі. Таким чином, ні розсіяння Релея, ні розсіяння Мі не можуть повністю описати розсіяння в тканинах. Тому для модельної інтерпретації була введена функція (фазова функція) ймовірності того, що фотон розсіється на певний кут, який може бути підібраний за експериментальними даними. Якщо фазова функція не залежить від обраного кута, то говорять про ізотропне розсіяння, інакше має місце анізотропне розсіяння [1]. Залежність яскравості світла від кута розсіяння, іншими словами індикатриса розсіяння, є типовою характеристикою товщинних біологічних середовищ. Її прийнято позначати у вигляді полярної діаграми, в центрі якої розміщена розсіювальна частка. Світло падає на частку зліва направо. Довжина радіуса-вектора на індикатрисі розсіяння (зовнішньої кривої) показує в відносних одиницях інтенсивність світла. Повертаючи радіус-вектор навколо центральної точки від 0° до 360° можна побачити як змінюється яскравість розсіяного світла зі зміною кута розсіяння [2, 3].

МЕТА РОБОТИ

Метою даної роботи є аналіз впливу фактору анізотропії на індикатрису розсіяння при моделюванні поширення оптичного випромінювання методом Монте-Карло для зразків дерми людини різної товщини.

МАТЕРІАЛИ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для проведення дослідження була реалізована програмна симуляція поширення оптичного пучка світла в біологічному середовищі дерми людини. Принцип роботи полягає у наступному, лазерне випромінювання з довжиною хвилі 632.8 нм у вигляді пучка з 20 млн фотонів і діаметром 1.4 мм направляють на досліджуваний об'єкт (плоский зразок дерми людини), який розсіює світло у в прямому та зворотному напрямках, після чого реєструють просторовий розподіл розсіяного випромінювання у відповідності з принципами, описаними у роботах [4, 5, 7].

Оцінимо вплив фактору анізотропії на світлорозсіювання дермою для наступних її оптичних властивостей: показник заломлення $n = 1.39$, коефіцієнт поглинання $\mu_a = 0.073$, коефіцієнт розсіювання $\mu_s = 20$, фактор анізотропії розсіювання $g = 0.76$, товщина шару $d_1 = 0.66$ мм, $d_2 = 2.71$ мм, $d_3 = 4.76$ мм [6].

На рисунку 1 в полярній системі координат побудовано усереднені за трьома перетинами індикатриси розсіювання для трьох зазначених товщин дерми людини при фіксованому значенні фактору анізотропії. Усереднення здійснено за трьома перетинами, що характеризують значення азимутального кута просторового розподілу $\varphi_1 = 0^\circ$, $\varphi_2 = 60^\circ$ та $\varphi_3 = 120^\circ$. Отриманні данні для перетинів з зазначеними азимутальними кутами зводилися до середнього значення для кожної із товщин. Напрямок світла прямує від 180° до 0° .

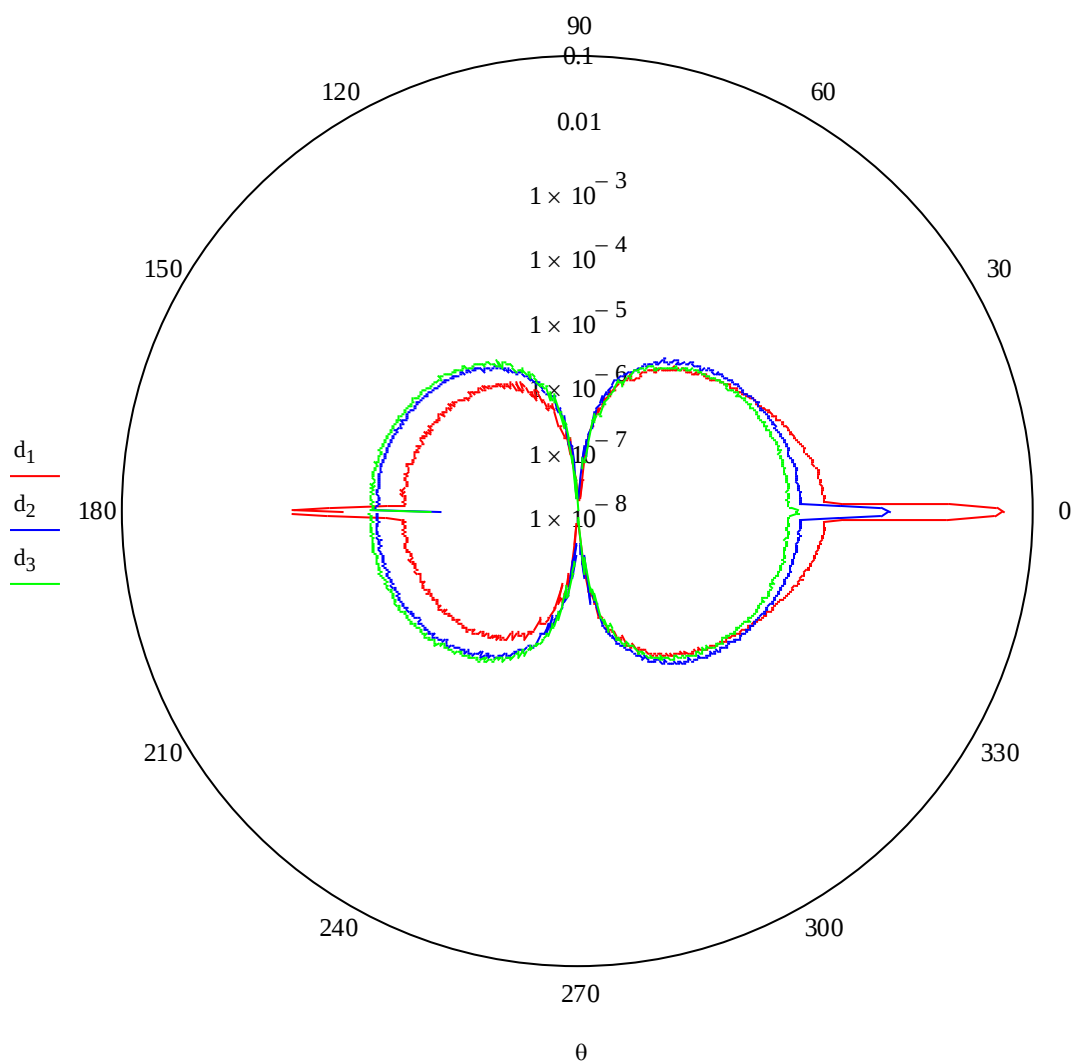


Рисунок 1. Індикатриси розсіювання

З рисунка 1 видно, що практично на кожній товщині присутні зони колімованого пропускання та колімованого відбиття, що відповідають радіусу падаючого пучка променів. Для товщини d_1 колімоване пропускання практично у два рази більше ніж для товщини d_2 та майже не спостерігається для товщини d_3 . Подібна ситуація й у випадку колімованого відбитті, вибір товщини d_1 призводить до найбільшого відбиття пучка променів. Для товщин d_2 та d_3 такий характер поведінки колімованого розсіювання назад відсутній.

На рисунку 1 також видно два напівкруга, окремо для кожної товщини, де один відповідає за дифузне пропускання, а другий – за дифузне відбиття. Дифузне пропускання спричинене явищами об'ємного розсіювання фотонів, що мало відхиляються від початкової траєкторії, а дифузне відбиття виникає внаслідок наявних мікро-нерівностей, які спів-мірні або перевищують довжину хвилі падаючого світла, що призводить до його розсіювання в напрямку назад [7]. У роботі також розглянуто вплив величини фактору анізотропії на просторовий розподіл розсіяного випромінювання. При цьому фактор g змінюється в межах 0.71 ... 0.81, а крок при симуляції поширення оптичного випромінювання в дермі методом Монте-Карло складає 0.01.

ВИСНОВКИ

У роботі проаналізовано особливості впливу фактору анізотропії тканини дерми людини на характер індикатриси розсіювання для трьох різних товщин на довжині хвилі 632.8 нм. Просторові характеристики кутового розподілу яскравості розсіяного світла дозволяють вивчати фізико-біологічні процеси взаємодії оптичного випромінювання з тканиною на молекулярному та атомарному рівнях і прогнозувати вплив оптичних властивостей на інтенсивності розсіяного світла в межах повного тілесного кута. У результаті ключовими характеристиками, на яких доцільно здійснювати попередній фотометричний аналіз є колімоване пропускання та відбиття, дифузне пропускання та відбиття.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Тучин В. В. Лазеры и волоконная оптика в биомедицинских исследованиях. Саратов, 1998. 371 с.
- [2] Звенъева С.В. 'В мире солнечного света' - Ленинград: Гидрометеиздат, 1988. — с.160.
- [3] Зуев В. Е., Кабанов М.В. Оптика атмосферного аэрозоля. — 1987. — 255 с.
- [4] M.A. Bezuglyi, N.V. Bezuglaya, and D.V. Horban, "Determination the tissue anisotropy factor during the photometry by ellipsoidal reflectors", KPI Science News, no. 4, pp. 1 – 9, 2019.
- [5] Безуглий, М. О. Еліпсоїдальні рефлектори для фотометрії біологічних середовищ : дис. д-ра техн. наук : 05.11.17 - біологічні та медичні прилади і системи / Безуглий Михайло Олександрович. – Київ, 2020. – 425 с.
- [6] Чорний В. О. Збірник праць конференції ЕАІРП / Секція №8 – Економічна ефективність використання систем біомедичного приладобудування та технологій / «Вплив фактору анізотропії на світлорозсіювання дермою людини на довжині хвилі 632.8 нм», м. Київ : 2020 р. — 456 с.
- [7] Безугла Н.В. Просторова фотометрія біологічних середовищ // Безугла Н.В., Безуглий М.О., Тимчик Г.С., Шаргородський В.А. // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. — 2015. — Т30, №2, — С.40-49.

Наук. керівник – д.т.н., доцент Безуглий М.О.