

## ОПТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЛЯРИЗАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ВИЗУАЛИЗАЦИИ

В.В. Дрёмин, Е.В. Жарких  
ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева», г. Орёл

*Разработана модель поляризационной системы визуализации, промоделирована зависимость степени остаточной поляризации прошедшего через биоткань излучения от состояния поляризации и коэффициента рассеяния.*

**Ключевые слова:** поляризационная визуализация, круговая и линейная поляризация, биофотоника, моделирование.

## OPTICAL SIMULATION OF A POLARIZATION IMAGING SYSTEM

V.V. Dremin, E.V. Zharkikh  
Orel State University, Orel

*A model of a polarization imaging system is developed, and the dependence of the degree of residual polarization of radiation transmitted through the biological tissue on the state of polarization and the scattering coefficient is modeled.*

**Key words:** polarization imaging, circular and linear polarization, biophotonics, simulation.

Благодаря высокой чувствительности поляризованного света к вариациям рассеяния в среде поляризационная спектроскопия обладает большим потенциалом для скрининга патологических процессов и других структурных изменений в образцах биологических тканей [1]. В данной работе мы анализируем оптическую схему ранее разработанной системы визуализации с круговым состоянием поляризации зондирующего излучения [2,3].

Исходной информацией для решения большинства задач компьютерного моделирования и разработки оптических систем являются их конструктивные параметры и параметры среды, с которыми взаимодействует система. На этапе анализа оптическая система описывается расчетными параметрами в приближении, достаточном для математического моделирования ее работы. Основной вычислительной процедурой является расчет прохождения световых лучей через оптическую систему, а также их взаимодействие со средой, а именно с биологическими тканями в задачах биомедицинской оптики.

Целью данного исследования является разработка модели системы поляризационной визуализации в программной среде для светотехнического моделирования TracePro (Lambda Research Corporation), оценка возможностей данной среды для анализа поляризационных характеристик биологических тканей, а также моделирование зависимости степени

остаточной поляризации (*DOP*) прошедшего через биоткань излучения от состояния поляризации (кругового и линейного) и коэффициента рассеяния  $\mu_s$ . TracePro сочетает в себе трассировку лучей и анализ методом Монте-Карло и экспорт/импорт CAD моделей.

Анализируемая экспериментальная система состоит из двух основных каналов: освещения и детектирования. В канале освещения свет может быть изменен полуволновой пластиной в желаемое состояние линейной поляризации, а четвертьволновая пластина обеспечивает круговую поляризацию. Световой луч фокусируется объективом на образце под углом  $55^\circ$ . Используются неравные углы падения и обнаружения для устранения зеркального отражения. Диффузно отраженный свет от образца собирается измерительным каналом под углом  $30^\circ$  на переменном расстоянии между двумя каналами (подробнее см. [2,3]). Моделирование данной системы проводилось в диапазоне длин волн 450–650 нм, который определяется диапазоном работы акустооптического перестраиваемого фильтра, используемого в экспериментальных исследованиях для фильтрации света суперконтинуумного лазера.

В качестве модельной среды была выбрана кожа человека и учтены её оптические характеристики [4]. На рисунке 1 представлена разработанная модель в среде TracePro.

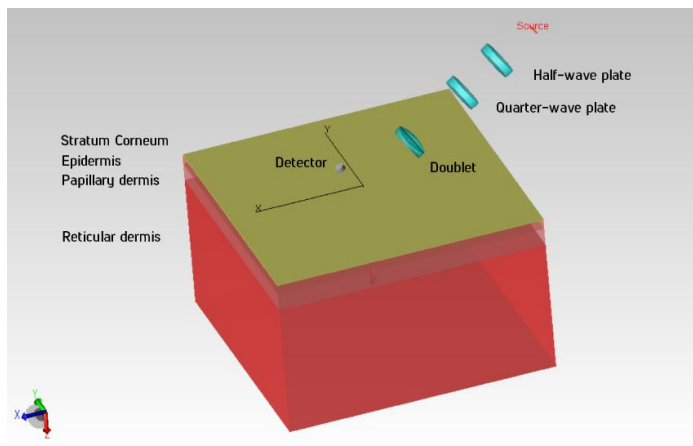


Рис. 1 – Модель экспериментальной системы в сочетании с четырёхслойной моделью кожи

Вначале было оценено влияние типа поляризации канала освещения на *DOP* в диапазоне 450–650 нм. Было установлено, что свет с круговой поляризацией способен сохранять свои поляризационные свойства для большего количества событий рассеяния, чем линейно поляризованный свет, что согласуется с предыдущими знаниями, полученными в данной области.

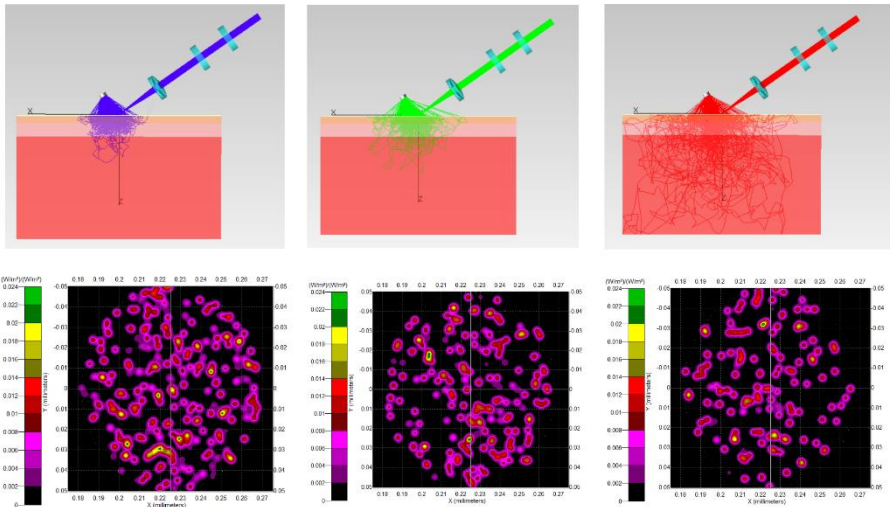


Рис. 2 – Результаты Монте-Карло моделирования в среде TracePro:  
 верхний ряд – распространение излучения с длинами волн 450, 550 и 650 нм;  
 нижний ряд – карты распределения интенсивности излучения  
 соответствующих длин волн на детекторе

Далее также в диапазоне 450-650 нм было проанализировано влияние коэффициента рассеяния  $\mu_s$  слоев кожи на *DOP* при взаимодействии с тканью света с круговой поляризацией. Было установлено, что *DOP* и коэффициент рассеяния  $\mu_s$  имеют обратную корреляционную связь.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 19-79-00082).

#### Библиографический список

1. Polarized light interaction with tissues / V.V. Tuchin // Journal of Biomedical Optics, 2016. 21(7).
2. Colon cancer detection by using Poincaré sphere and 2D polarimetric mapping of *ex vivo* colon samples / D. Ivanov, V. Dremin, A. Bykov, E. Borisova, T. Genova, A. Popov, R. Ossikovski, T. Novikova, I. Meglinski // Journal of Biophotonics, 2020, 13(8).
3. Imaging of early stage breast cancer with circularly polarized light / V. Dremin, D. Anin, O. Sieryi, M. Borovkova, J. Nöpänkangas, I. Meglinski, A. Bykov // Proc. SPIE, 2020, 11363.
4. Influence of blood pulsation on diagnostic volume in pulse oximetry and photoplethysmography measurements / V. Dremin, E. Zherebtsov, A. Bykov, A. Popov, A. Doronin, I. Meglinski // Applied Optics, 2019, 58(34).