

УДК 629.78

ВОЛОКОННЫЙ ОПТИЧЕСКИЙ ЗОНД ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ СПЕКТРАЛЬНЫХ ОТКЛИКОВ ОРГАНИЧЕСКИХ СРЕД

© Шацкая А.А., Артемьев Д.Н., Братченко И.А.

e-mail: shnastena@mail.ru

*Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация*

Волоконные оптические зонды являются ключевым элементом биомедицинского спектроскопического зондирования [1]. Они имеют ряд достоинств перед другими методами: малые размеры и вес волоконных световодов, химическая неактивность материала, помехозащищенность относительно электрических и магнитных полей, большая светосила, возможность сохранения поляризации излучения при использовании лазеров [2]. Волоконные оптические зонды нашли применение в медицинских устройствах для взаимодействия инструмент-исследуемый объект, поскольку они относительно недороги, универсальны [3], оптические волокна улучшают позиционирование и обеспечивает удобство сбора излучения по сравнению с распространением луча в свободном пространстве. Компактная конструкция зонда имеет решающее значение в клинических применениях, когда требуется его вставить в рабочий канал эндоскопа или сердечно-сосудистого катетера.

К настоящему моменту существует большое количество вариантов конфигураций волоконных оптических зондов, однако нет точных критериев для применения конкретного зонда в различных видах исследований (флуоресцентная, отражательная, Рамановская спектроскопия). Работа посвящена исследованию влияния геометрических и оптических параметров волоконных оптических зондов на абсолютную величину и спектр обратно рассеянного излучения от биологических тканей.

Для решения поставленной задачи привлекалось математическое моделирование распространения излучения между волоконным оптическим зондом и органической средой. Моделирование спектров производилось с помощью программного обеспечения «TracePro», в основе которого лежит стохастический метод Монте-Карло. Данный метод является перспективным для решения прямой задачи переноса излучения для сред с произвольной конфигурацией [4], и полученные спектры биологических тканей часто подтверждаются экспериментами на практике [5].

В качестве модели органической среды взята модель многослойной ткани, которая часто используется для имитации эпителиальных тканей [6]. Предполагается, что каждый слой ткани является плоским с однородными оптическими свойствами и бесконечно большим по поперечным размерам. Также в разные слои модели были добавлены эндогенные флуорофоры для оценки вклада флуоресценции с верхнего и нижнего слоя в суммарный отклик среды.

Были спроектированы модели зондов, состоящие из набора оптических волокон, которые отличаются назначением, диаметрами и конфигурацией. Приведен анализ абсолютной величины и формы спектра регистрируемого сигнала, а также границ объема модели органической среды, захватываемой апертурой зонда. Представлена возможность повышения эффективности сбора излучения с помощью дополнительных оптических элементов.

Результаты моделирования могут служить ориентиром для оптимизации оптических конфигураций зондов, направленной на повышение эффективности регистрации спектрального отклика от биологических тканей с разрешением по глубине.

Библиографический список

1. Utzinger, U. Fiber optic probes for biomedical optical spectroscopy / U. Utzinger, R.R. Richards-Kortum // *Journal of Biomedical Optics*. – 2003. – Vol. 8(1). – P. 121–147.
2. Тучин, В.В. Лазеры и волоконная оптика в биомедицинских исследованиях / В.В. Тучин. – М.: Москва: Физматлит, 2010. – 478 с.
3. Pfefer, T.J. Light Propagation in Tissue During Fluorescence Spectroscopy With Single-Fiber Probes / T.J. Pfefer, K.T. Schomacker, M.N. Ediger, N.S. Nishioka // *IEEE Journal On Selected Topics In Quantum Electronics*. – 2001. – Vol. 7(6). – P. 1004-1012.
4. Тучин, В.В. Оптика биологических тканей. Методы рассеяния света в медицинской диагностике [Текст] / В.В. Тучин. – М.: Физматлит, 2013. – 812 с.
5. Liu, Q. Experimental validation of Monte Carlo modeling of fluorescence in tissues in the UV-visible spectrum / Q. Liu, C. Zhu, N. Ramanujam // *Journal of biomedical optics*. – 2003. – Vol. 8(2). – P. 223-236.
6. Zhu, C. Review of Monte Carlo modeling of light transport in tissues [Текст] / C. Zhu, Q. Liu // *Journal of Biomedical Optics*. – 2013. – vol. 18. – №. 5. – P. 050902.