

РЕГИСТРАЦИЯ СПЕКТРОВ ДИФФУЗНОГО РАССЕЯНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ

В.А. Фираго¹, А.И. Кубарко², И.А. Сакович¹, М.А.Суровцев¹

¹Белорусский государственный университет, Минск,

²Белорусский государственный медицинский университет, Минск

E-mail: firago@bsu.by

Регистрация и анализ спектров диффузного рассеяния тканей новое перспективное направление исследования процессов, протекающих в микроциркуляторном русле сердечно-сосудистой системы человека. Внедрение соответствующих диагностических методик в медицинскую практику требует создания простой и недорогой спектрометрической техники, имеющей канал связи с компьютерной техникой. Методы оперативной обработки получаемых спектров требуют решения сложных обратных задач [1], поэтому при проведении исследований концентраций основных хромофоров тканей необходимо соответствующее программное обеспечение и применение мобильной малогабаритной спектральной техники.

При регистрации спектров в биологии и медицине широко используются оптоволоконные спектрометры. Их недостаток – искажения регистрируемых спектров, возникающие при неизбежных в процессе эксплуатации изгибах и перемещениях оптоволоконна. Эти небольшие искажения при решении обратных задач по определению концентрации основных хромофоров тканей приводят к заметным погрешностям расчетов. С целью устранения этого недостатка авторами доклада разработан мобильный компьютеризированный спектрометрический комплекс, в состав которого входят малогабаритные спектрометрические блоки, содержащие мини-спектрометры Hamamatsu C12880 и C11708. Их можно использовать с небольшими объективами без применения оптоволоконного пробника.

Вследствие малых размеров применяемые мини-спектрометры имеют сниженную разрешающую способность, равную примерно 8–10 нм. Но поскольку спектры диффузного рассеяния тканей имеют плавный характер изменения, без резких перепадов, можно вести их регистрацию спектрометрической техникой с невысокой разрешающей способностью [2].

Спектрометрические блоки, схема одного из которых приведена на рис. 1, содержат мини-спектрометр (1) в металлическом (C12880) или пластмассовом (C11708) корпусе, малогабаритный объектив с фокусным расстоянием 16 мм (2), светодиодную систему подсветки (3), плату управления мини-спектрометром (4) и схему интерфейса связи с персональным компьютером (ПК), ноутбуком или планшетом.

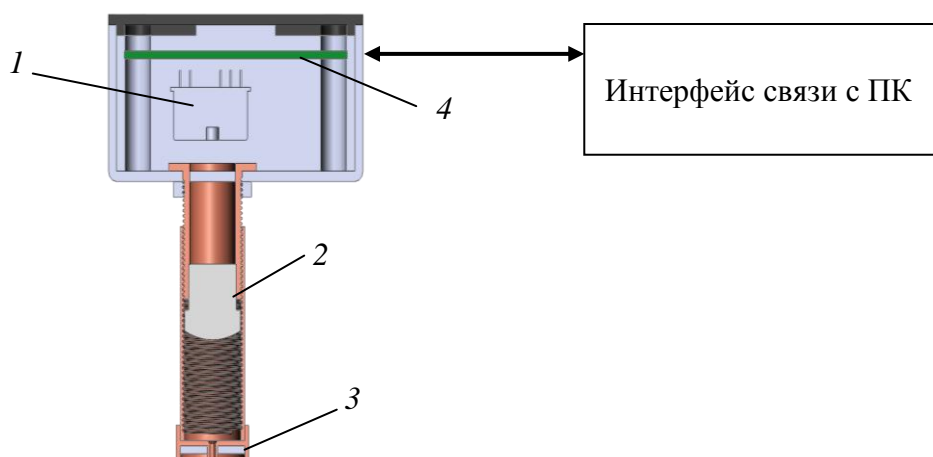


Рис. 1. Конструкция спектрометрического блока, содержащего мини-спектрометр (1), объектив (2), светодиодную систему подсветки (3) и плату управления (4)

Программное обеспечение комплекса создано в среде компьютерной математики Matlab, что позволяет оперативно без больших временных затрат изменять алгоритмы управления спектрометрическим блоком и обработки получаемых спектров.

Светодиодная система подсветки ткани содержит 4 светодиода белого цвета свечения, которые располагаются на противоположных сторонах квадрата с центром, совпадающим с центром изображения входной щели мини-спектрометра. Расстояние от центров излучающих областей светодиодов до центра квадрата составляет 4 мм, т. е. базовое расстояние, используемое при обработке спектров, выбрано равным 4 мм. Для расширения спектра подсвечивающего излучения на поверхность излучающей области светодиодов нанесена смесь двух люминофоров с максимумами спектров люминесценции, равными 840 и 940 нм. Получаемый ненормированный спектр системы подсветки тканей приведен на рис. 2.

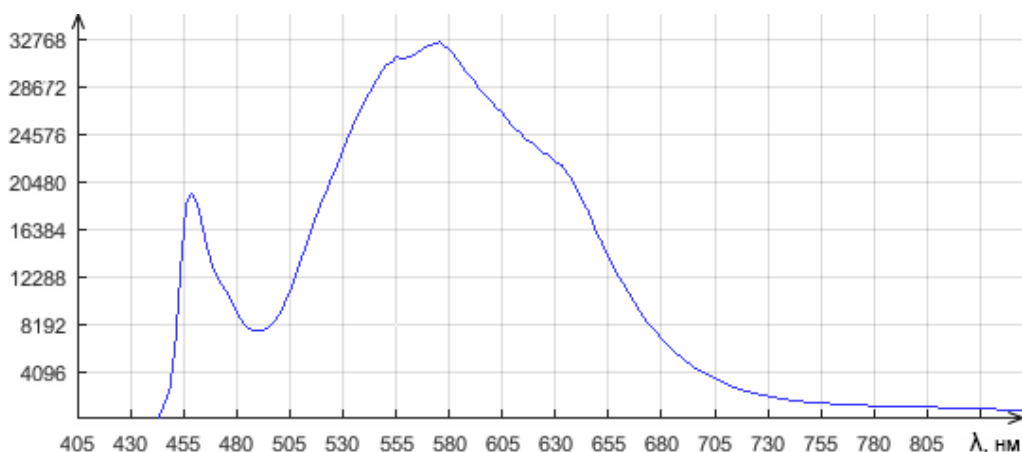


Рис. 2. Спектр системы светодиодной подсветки, зарегистрированный при использовании диффузно рассеивающего белого эталона

Толщина слоя смеси наносимых люминофоров подобрана так, чтобы нормированная интенсивность регистрируемого спектра в области около 800 нм была в несколько раз больше, чем в области 550 нм. Интенсивность люминесценции нанесенных люминофоров в ближней инфракрасной области спектра невысокая, но поглощение излучения тканями в этой области минимальное, что обеспечивает возможность регистрации спектров диффузного рассеяния во всем рабочем диапазоне применяемых спектрометров. Для получения достоверных спектров, исключая неизвестные спектральные зависимости аппаратуры, проводится нормировка регистрируемых спектров диффузного рассеяния тканей на спектр диффузно рассеивающего белого эталона. На рис. 3 изображены два исходных (контрольных) измерения нормированных спектров в районе тенора (1), четыре измерения после наложения манжетки тонометра с давлением выше систолического (150 мм. рт. ст.) (2) и два измерения после декомпрессии манжетки и восстановления кровотока (3).

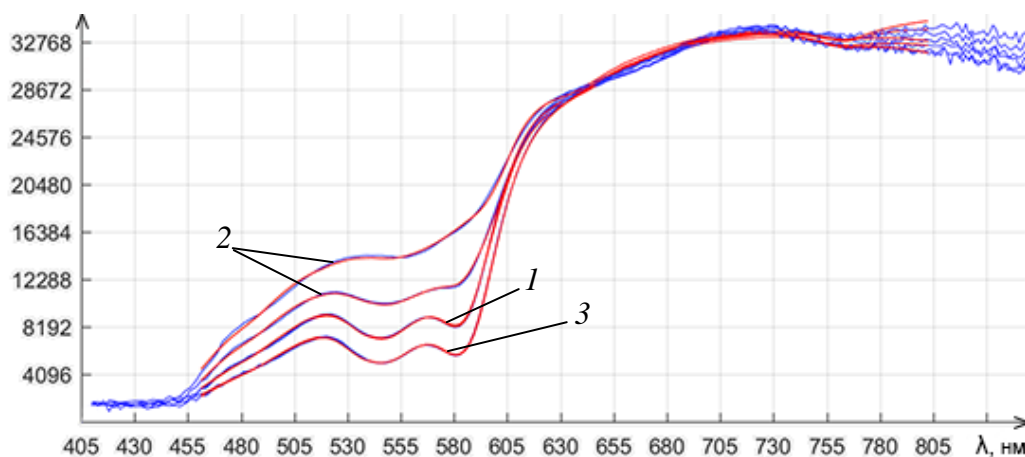


Рис. 3. Зарегистрированные спектры диффузного рассеяния тканей в районе тенора

Поскольку деформация тканей, возникающая при их контакте со светодиодной системой подсветки, изменяет наблюдаемый спектр, спектрометрический блок подвешивается на специальном устройстве, которое обеспечивает свободное скольжение спектрометрического блока вверх и вниз. При этом сила прижима спектрометрического блока к ткани, находящейся под системой светодиодной подсветки, определяется только его весом и оказывается стабильной. Такое решение позволяет обеспечить хорошую повторяемость регистрируемых спектров.

1. Лысенко С. А. Методы оптической диагностики биологических объектов. Минск: БГУ, 2014. 231 с.
2. Сакович И.А., Фираго В.А., Терешко Д.Г., Суворцев М.А. // Матер. 4-й Междунар. конф. «Прикладные проблемы оптики, информатики, радиофизики и физики конденсированного состояния». Мн.: НИИПФП, 2017. С. 130–132.