

УДК 535.12, 535.417

ВЫБОР ИСТОЧНИКА ИЗЛУЧЕНИЯ В СПЕКЛ-КОРРЕЛЯЦИОННОМ ДАТЧИКЕ СКОРОСТИ КРОВОТОКА

Миленина Д.А. (Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого),

Карпова П.Д. (Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого),

Савченко Е.А. (Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого)

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Величко Е.Н.

(Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого)

В данной работе обосновывается выбор источника излучения в спекл-корреляционном датчике для более точной оценки скорости кровотока в капиллярных сосудах. Представлены теоретическое обоснование выбора лазера с длиной волны 650 нм и полученные экспериментальные данные по измерению скорости кровотока при различных длинах волн лазерного излучения.

Введение. В медицинской диагностике анализ динамики кровотока в микроциркуляторном русле является важным фактором, говорящем о состоянии пациента. По отклонению показателя скорости в капиллярах от нормы можно судить о наличии у человека различных сердечно-сосудистых заболеваний, сахарного диабета и т.д.

На сегодняшний день активно разрабатываются датчики скорости кровотока основанные на методе спекл-корреляции. Как известно, этот метод основан на когерентном излучении. Характер и интенсивность воздействия лазерного излучения на биологическую ткань зависят от многих факторов: от длины волны, мощности излучения, длительности облучения, частоты повторения воздействия. Поэтому проблема выбора источника излучения актуальна в нынешних исследованиях.

Основная часть. Капилляры - самые тонкие сосуды в человеческом организме, которые располагаются сразу за наружным слоем кожи эпидермисом, на глубине примерно 2 мм. Степень поглощения и глубина прохождения лазерных лучей под кожу зависит от длины волны излучения. Подбор оптимального источника излучения осуществляется на основе оптических свойств исследуемого объекта, в нашем случае это дистальная фаланга указательного пальца правой руки. Ткань кожи представляет из себя оптически неоднородную поглощающую среду, другими словами, шероховатую поверхность. Проходя через биологическую ткань, одна часть потока оптического излучения отражается, а другая проходит внутрь под кожу, где может частично рассеиваться и частично поглощаться. Прошедшие через слой эпидермиса, в котором наибольший коэффициент поглощения имеет меланин, лазерные лучи попадают в капиллярные петли, в которых оптическое излучение поглощается в основном гемоглобином (пигментом красного цвета). Оставшееся обратно рассеянное излучение на эритроцитах несет в себе информацию о скорости кровотока. Излучение зелёной части спектра поглощается эритроцитами, что значительно затрудняет процесс регистрации обратно рассеянного света, а в диапазоне длин волн от 600 – 700 нм поглощение минимально. Таким образом, можно заключить, что длину волны источника излучения целесообразно выбрать в диапазоне 600–700 нм.

Характер взаимодействия оптического излучения с биологическими тканями определяется его проникающей способностью. Проникающая способность лазерного излучения в ткани от ультрафиолетового до оранжевого спектра увеличивается от 1 до 2,5 мм, в то время как в красном диапазоне проявляется резкое увеличение глубины проникновения до 20-30 мм. Проникающая способность достигает максимума в ближнем инфракрасном диапазоне при длине волны 950 нм - до 70 мм. В дальнем ИК-диапазоне спектра проникаемость существенно уменьшается. Это является следствием увеличения абсорбции электромагнитного излучения водой, которая содержится в поверхностном слое кожи. Из этого следует, что максимальная

оптическая проницаемость биологических тканей приходится на красный и ближний ИК-диапазоны.

Еще одним необходимым требованием к источнику излучения является когерентность и его мощность. Условие когерентности излучения необходимо для получения контрастной спекл-картины. Значение пространственной когерентности должно превышать размер области рассеяния излучения, который определяется диаметром фокусного пятна и длиной эффективного рассеивающего объема. В типичных экспериментах по рассеянию света эти величины не превышают значений в 5–10 мм, а длина когерентности лазерного излучения должна составлять не менее 50 мм. Минимальная мощность выбирается из требуемого отношения сигнал/шум (в наших экспериментах минимальная мощность составляет 1 мВт).

Выводы. Поставленные требования позволяют выбрать в качестве источника полупроводниковый лазерный модуль с длиной волны 650 нм, мощностью излучения от 1 до 10 мВт, работающий в непрерывном режиме. Также в данной работе было проведено экспериментальное исследование скорости кровотока у условно-здорового волонтера: с применением лазера красного $\lambda = 650$ нм и инфракрасного $\lambda = 808$ нм спектра. Для более точной фокусировки источника когерентного излучения использовались оптические приборы, диафрагма и линза. Отраженный луч фиксировался с помощью многомодового оптоволоконного кабеля и фотоприемника. Чтобы предотвратить засветку сигнала между объектом исследования и оптоволоконным кабелем был установлен красный светофильтр. Полученные данные обрабатывались в программе, разработанной в лаборатории, методом автокорреляционного анализа. Полученные в работе результаты измерений на дистальной фаланге пальца с использованием различных источников излучения будут представлены в докладе.