

УДК 621.38+ 621.3.08

DOI: 10.35211/2500-0586-2024-4-49-53-55

*Р. И. Горобченко, В. Н. Храмов, А. Л. Якимец***ОФТАЛЬМОЛОГИЧЕСКИЙ ЛАЗЕРНЫЙ ФОТОМЕТР****Волгоградский государственный технический университет**

roma.gorobchenko@gmail.com, vladimir.khramov@volsu.ru, yakimets_volsu@mail.ru

Автор, ответственный за переписку: Андрей Леонидович Якимец,
yakimets_volsu@mail.ru

Описан офтальмологический лазерный фотометр, предназначенный для исследования водянистой влаги позволяющий определить проницаемость гематоофтальмического барьера в целях диагностики воспалительных процессов сосудистого тракта при отсутствии клинических проявлений. Работа прибора основана на измерении интенсивности рассеянного излучения на барьере кровь–водянистая влага. Созданное устройство позволяет выполнять как абсолютные, так и относительные измерения, при этом постоянно выполняется контроль максимальной мощности лазерного излучения. Для уменьшения влияния на точность измерения помех от источников естественного и искусственного освещения, измерения производятся на переменном сигнале с частотой равной половине частоты сетей переменного тока с последующим программным синхронным детектированием измеренных сигналов. Полученные результаты измерения дополнительно обрабатываются на персональном компьютере, он же используется для представления данных.

Ключевые слова: лазерный фотометр, гематоофтальмический барьер, барьер кровь–водянистая влага, фотометрия, рассеяние света, измеритель лазерного излучения, обратная связь, контроль мощности, относительные измерений, фильтрация помех

*R. I. Gorobchenko, V. N. Hramov, A. L. Yakimets***OPHTHALMIC LASER PHOTOMETER****Volgograd State Technical University**

An ophthalmological laser photometer designed for the study of watery moisture is described, which allows to determine the permeability of the hematophthalmic barrier in order to diagnose inflammatory processes of the vascular tract in the absence of clinical manifestations. The operation of the device is based on measuring the intensity of scattered radiation at the blood-watery moisture barrier. The created device allows you to perform both absolute and relative measurements, while constantly monitoring the maximum power of the laser radiation. To reduce the impact on the measurement accuracy of interference from natural and artificial lighting sources, measurements are made on an alternating signal with a frequency equal to half the frequency of AC networks, followed by software synchronous detection of the measured signals. The obtained measurement results are additionally processed on a personal computer, which is also used to represent the data

Keywords: laser photometer, hematophthalmic barrier, blood-watery moisture barrier, photometry, light scattering, laser radiation meter, feedback, power control, relative measurements, interference filtering

Фотометрические исследования позволяют определить ряд характеристик компонентов газов и жидкостей. Широко известны приборы, позволяющие определять концентрации CO, CO₂, NO, SO₂, CH₄ в составе газов различного происхождения, специфических углеводородов

в органических растворителях. Также фотометры широко используются в задачах изучения рассеяния света как низкомолекулярными, так и высокомолекулярными соединениями в клинико-диагностических лабораториях медицинских учреждений.

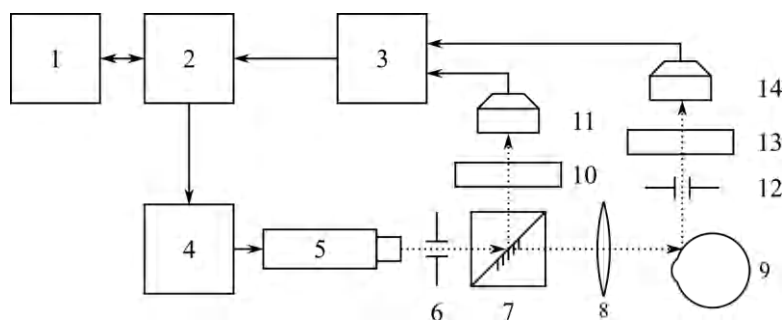


Рис. 1. Структурная схема лазерного фотометра:

1 – персональный компьютер; 2 – устройство управления; 3 – измерительный блок; 4 – управляемый источник тока; 5 – лазер; 6, 12 – диафрагма; 7 – светоделитель; 8 – фокусирующая линза; 9 – исследуемый объект; 10, 13 – светофильтр; 11, 14 – фотодиод

Отдельным перспективным направлением фотометрии является лазерная фотометрия, использующаяся в диагностике ряда заболеваний по результату рассеивания лазерного излучения различными тканями человека [1; 2; 3]. В частности, лазерная фотометрия является единственным объективным методом диагностики воспалительных процессов сосудистого тракта, в том числе при отсутствии клинических проявлений заболевания. Принцип работы такого устройства основан на измерении интенсивности излучения, рассеянного на барьере кровяно-водянистая влага.

Структурная схема разработанного лазерного фотометра представлена на рис. 1. Основой устройства является оптический модуль, состоящий из источника лазерного излучения, диафрагмы, светоделительной пластины, фокусирующей линзы и двух фотоприемников. Излучение лазера 5, питающегося от управляемого источника тока 4, через диафрагму 6, падает на светоделительную пластину 7. В результате

часть мощности излучения через светофильтр 10 попадает на фотодиод 11, сигнал с выхода которого используется для контроля мощности излучения и выполнения относительных измерений, оставшееся излучение через фокусирующую линзу 8 падает на исследуемый объект 9. Свет, рассеянный объектом, после диафрагмы 12 и светофильтра 13, попадает на фотодиод 14. Напряжение с выходов фотодиодов усиливается и преобразуется в цифровой эквивалент измерительным блоком 3 который передается устройству управления 2. Устройство управления осуществляет первичную обработку измеренных данных и передачу их для дальнейшего преобразования на персональный компьютер. Кроме того, оно осуществляет управление источником тока.

Принципиальная электрическая схема аналоговой части прибора представлена на рис. 2, цифровое управляющее устройство представляет собой микроконтроллер STM32F407 со стандартным подключением. Для уменьшения

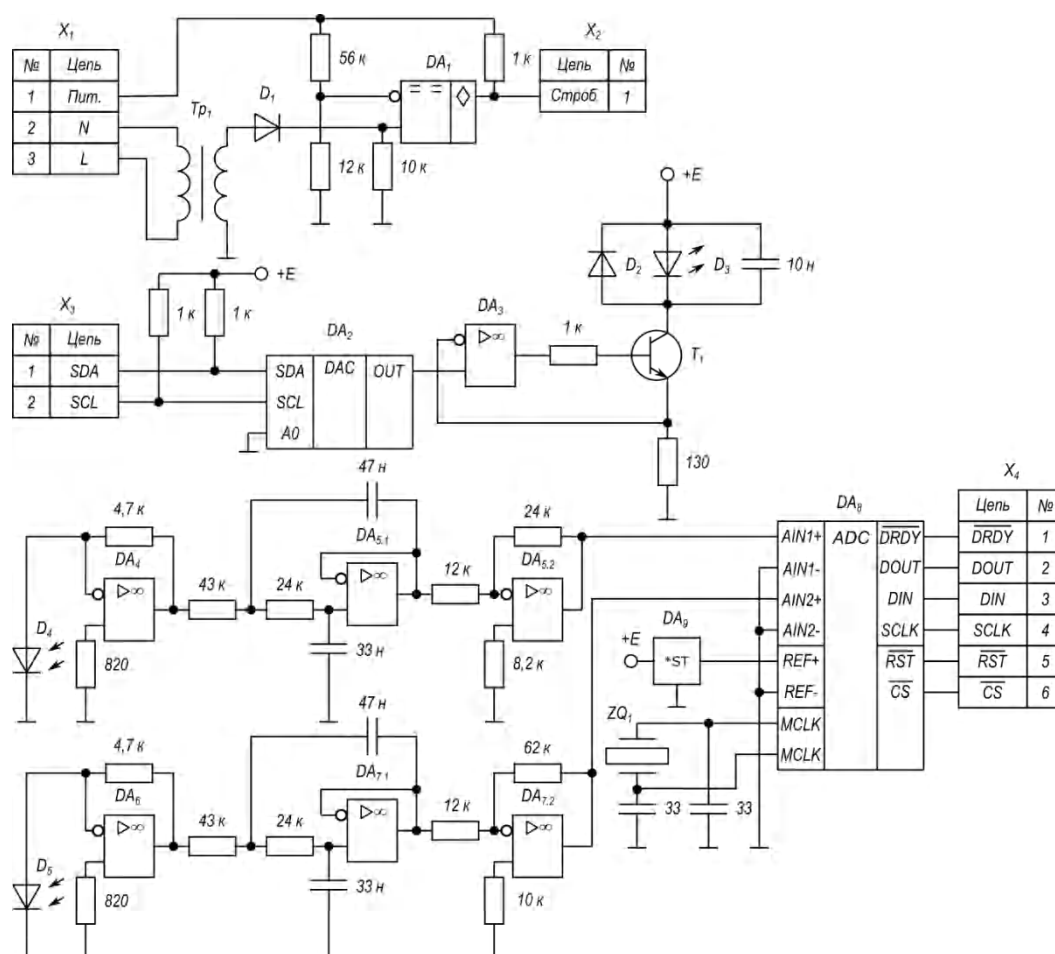


Рис. 2. Принципиальная электрическая схема аналоговой части прибора:

ТР1 - ТПК-1; D1 - 1N5391; DA1 - LM2903; DA2 - MCP4725; DA3, DA4, DA5, DA6, DA7 - LM358; Т1 - 2N3904; D2 - 1N4148; D3 - S-6; D4, D5 - BPW34; DA8 - AD7705; DA9 - AD7524; ZQ1 - PK597-M/D24

уровня помех от искусственных источников освещения, все измерения синхронизируются с переменным напряжением электрической сети. Сетевое напряжение подается на трансформатор Тр1, пониженное напряжение со вторичной обмотки после однополупериодного выпрямителя подается на компаратор DA1, формирующий синхронизирующую последовательность импульсов. Полученная последовательность используется управляющим устройством для формирования входной цифровой последовательности цифро-аналогового преобразователя DA2, напряжение с выхода которого является опорным для источника тока управляемым напряжением, собранным на элементах DA3, Т1. Сформированный ток определяет интенсивность лазерного излучения модулем D3 с максимальной мощностью 5 мВт. Оптическое излучение после светоделителя, рассеянное на исследуемом объ-

екте, падает на фотодиоды D4, D5, работающие в фотогальваническом режиме. Полученные напряжения поступают на вход фильтров нижней частоты DA5.1, DA7.1 с частотой среза примерно 100 Гц. Отфильтрованные сигналы дополнительно усиливаются DA5.2, DA7.2 и преобразуются аналого-цифровым преобразователем DA8 в цифровой эквивалент. Полученные отсчеты сигнала передаются в управляющее устройство, где выполняется предварительная обработка сигнала, и далее сформированные данные обрабатываются на персональном компьютере.

На рис. 3. представлен пример измерения рассеяния лазерного излучения на матовой стеклянной пластине. По оси абсцисс отложена относительная интенсивность излучения, нормированная на интенсивность опорного сигнала. Погрешность измерения во всем измеряемом диапазоне не превосходит 1 %.

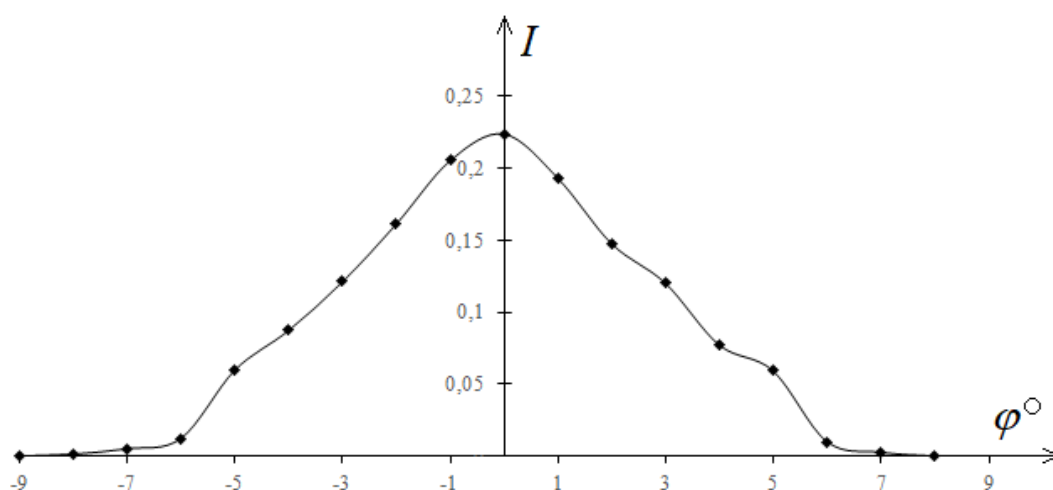


Рис. 3. Рассеяние света на матовой стеклянной пластине

Лазерный фотометр проводит измерения на переменном сигнале с частотой 25 Гц. Измерение на частоте сигнала равной половине частоты напряжения электрической сети позволяет при использовании синхронного программного детектирования существенно уменьшить влияние на результаты измерений внешних оптических помех от естественных и искусственных источников света. Использование двух оптических каналов позволяет контролировать мощность лазерного излучения и проводить относительные измерения в отличие от известных устройств [3].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Астахов, Ю. С. Значение лазерной фотометрии в клинической практике / Ю. С. Астахов, Т. И. Кузнецова // Офтальмологические ведомости. – Том 9. – № 2. – 2016. – Общество с ограниченной ответственностью «Эко-Вектор» Санкт-Петербург).
2. Sawa, M. Laser flare-cell photometer: principle and significance in clinical and basic ophthalmology. Jpn. J. Ophthalmol. – 2017; 61(1):21–42. DOI: 10.1007/s10384-016-0488-37.
3. Zborovska O.V., Dorokhova O.E., Korol A.R., Troianovska K.V., Zadorozhnyy O.S., Kolesnichenko V.V., Pasychnikova N.V. Assessing quantitatively the state of the blood-aqueous barrier by laser flare photometry: a review. Oftalmologicheskii Zhurnal = Journal of Ophthalmology (Ukraine). – 2023. 4 (513):67-73.