

А. С. Кучьянов^{1}, А. А. Аполонский¹, В. А. Сорокин¹, П. А. Чубаков¹*

Измерение изменений психофизиологического состояния человека или животных оптическим сенсором

¹Институт автоматизации и электрометрии СО РАН, г. Новосибирск, Российская Федерация
* e-mail: kuchyanov@mail.ru

Аннотация. Продемонстрированы возможности оптического датчика для обнаружения изменений потоотделения кожи человека. Основой этого датчика является селективное поглощение воды опаловой пленкой кремнезема и изменение интерференционной картины от этой пленки. Этот датчик обеспечивает короткое время отклика (100 мс) и очень высокую чувствительность. Он обладает высокой устойчивостью к различным химическим веществам и нечувствителен к большинству кожных выделений человека. Возможности этого датчика подходят для исследования психофизиологических воздействий в биологии и медицине.

Ключевые слова: кремнезем, интерферометр Фабри-Перо, потоотделение

A. S. Kuchyanov^{1}, A. A. Apolonsky¹, V. A. Sorokin¹, P. A. Chubakov¹*

Measurement of Changes in the Psychophysiological State of a Human or Animals with an Optical Sensor

¹Institute of Automation and Electrometry SB RAS, Novosibirsk, Russian Federation
* e-mail: kuchyanov@mail.ru

Abstract. We demonstrate capabilities of an optical sensor for detecting changes in human skin perspiration. The sensor using selective absorption of water by opal-like silica films and detection of changing interference picture from this film. It provides short response time (100 ms) and very high sensitivity. This sensor is highly resistance to various chemical substances and non-sensitive to most human skin secretions. The capabilities of this sensor are suitable for investigation of a psychophysiological response in biology and medicine.

Keywords: silica, interferometr Fabry-Perot, perspiration

Введение

В настоящее время исследования психофизиологических воздействий широко практикуются для оценки состояния организма. Такие измерения позволяют оценить трудоспособность человека или оценить состояние животного. Также измерения психофизиологического состояния используются в полиграфах – «детекторах лжи».

Наиболее распространенный метод для оценки психофизиологического состояния – это метод измерения электрической активности кожи (ЭАК) или, в другом обозначении, кожно-гальваническая реакция (КГР) [1]. Кроме этого метода используются и другие методы. Например, измерение средней частоты микровибраций головы человека [2], или метод на основе параметров работы с манипуляторами [3], метод измерения параметров электроэнцефалограмм [4].

Описание принципа работы

Нами предлагается датчик для регистрации изменения потоотделения при различных психофизиологических состояниях человека или животного на основе быстродействующего высокочувствительного датчика влажности.

За основу датчика взят описанный нами в работах [5–8] оптический сенсор, использующий кремнеземные опалоподобные пленки (рис. 1а), состоящие из упорядоченных сферических частиц SiO_2 размером 250 нм (рис. 1б). Отклик сенсора связан с изменением оптического пути света, распространяющегося через пленку, работающую как интерферометр Фабри-Перо.

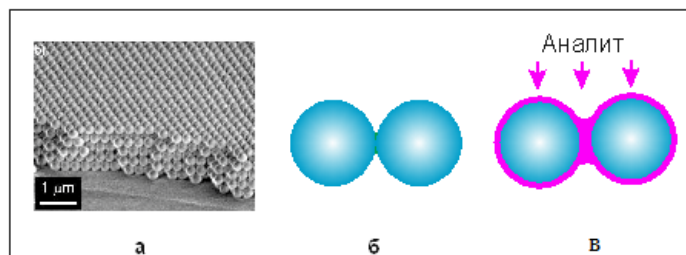


Рис.1. Принцип действия оптического сенсора: а – опалоподобная кремнеземная пленка; б, в – капиллярная конденсация аммиака

При контакте пористой пленки с парами воды происходит капиллярная конденсация (рис. 1в) в силу кривизны поверхности жидкости. При этом капиллярные силы ослабевают, и шарики раздвигаются друг от друга, а толщина пленки растет. С другой стороны, увеличение объема жидкостной фазы приводит к росту эффективного показателя преломления пленки. Сенсор реагирует на изменения как толщины пленки, так и показателя преломления.

Функциональная схема сенсора приведена на рис. 2. Луч полупроводникового лазера 5 отражается от пленки, выполняющей роль интерферометра Фабри-Перо. При изменении влажности воздуха, проходящего над поверхностью кожи пальцев, происходит сдвиг интерференционной картины, который регистрируется вебкамерой и блоком обработки данных.

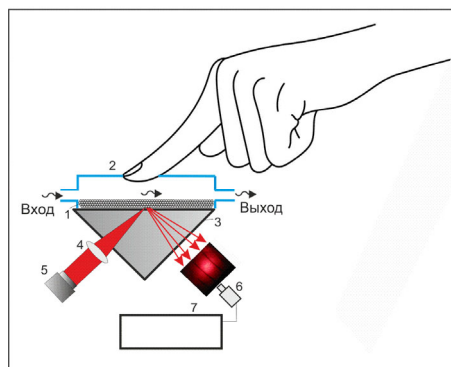


Рис.2. Функциональная схема экспериментальной установки: 1 – кремнеземная опалоподобная пленка; 2 – объем для съема паров; 3 – стеклянная призма; 4 – линза; 5 – полупроводниковый лазер; 6 – вебкамера; 7 – блок обработки данных

Результаты эксперимента

На рис. 3 представлен график быстросействия отклика сенсора на резкое изменение влажности воздействующего воздуха. Время отклика близко к 100 мс.

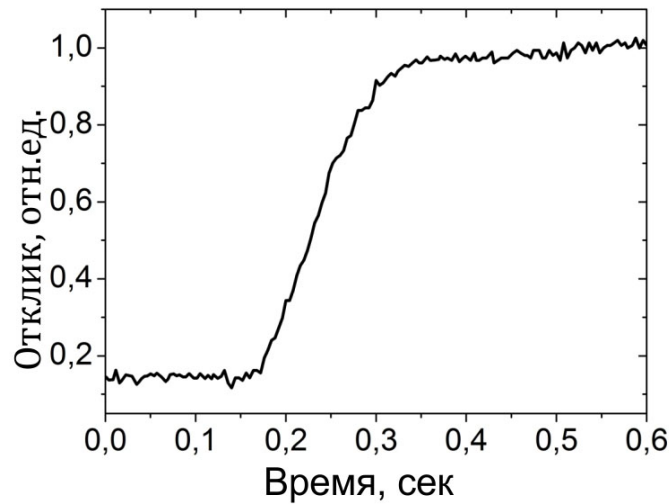


Рис. 3. График зависимости отклика сенсора от быстрого включения воздействия паров воды

На рис. 4 приведены примеры откликов сенсора при различных воздействиях на человека. Величина шумов связана с нестабильностью пиксельной картины применяемой нами относительно дешевой вебкамеры.

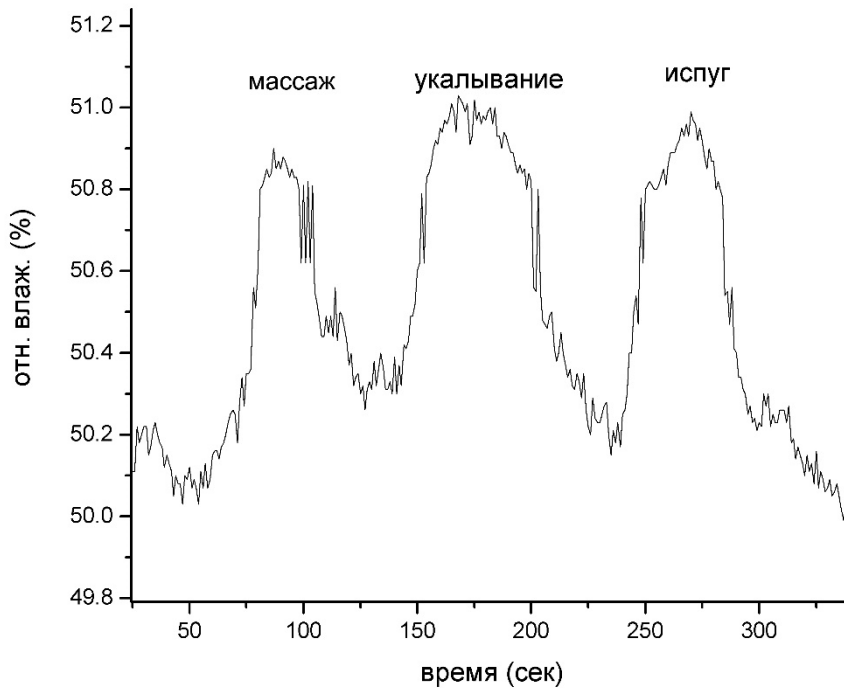


Рис.4. Примеры откликов сенсора при различных воздействиях на человека

Заключение

Нами продемонстрированы возможности применения быстродействующего оптического сенсора, основанного на использовании опалоподобных пленок кремнезема, для регистрации потоотделения кожного покрова человека при различных психофизиологических воздействиях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Electrodermal activity [электронный ресурс]. – URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Electrodermal_activity.
2. Минкин В. А. Способ оценки психофизиологического состояния человека // RU 2695888 С2.
3. Леонова М. Б., Пустозеров Е. А. Методы оценки психофизиологического состояния оператора ПК на основе параметров работы с манипуляторами «клавиатура» и «мышь» // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». – 2015. – № 8. – С. 80–85.
4. Nigrey, Alexey & Zhumazhanova, Samal & Sulavko, Alexey. (2020). Методы автоматической оценки психофизиологического состояния человека по параметрам электроэнцефалограмм (обзор). 10.18127 / j15604136-202001-01.
5. Кучьянов А.С., Плеханов А.И., Spisser Н., Чубаков П.А. Анизотропия деформации решетки фотонного кристалла как основа высокочувствительных селективных оптических хемосенсоров // Автометрия. – 2014. Т. 50, № 2. – С. 77–83.
6. Kuchyanov A.S., Chubakov P.A., Plekhanov A.I. Highly sensitive and fast response gas sensor based on a light reflection at the glass-photonic crystal interface // Optics Communications. – 2015. – V. 351. – P. 109–114. DOI:10.1016/j.optcom.2015.04.045i.
7. Kuchyanov A.S., Chubakov P.A., Chubakov V.P., Mikerin S.L. Nonlinear interaction of silica photonic crystals with ammonia vapor // Results in Physics. – 2019. – 102726. – P. 1–4. DOI:10.1016/j.rinp.2019.102726.
8. Кучьянов А.С., Сорокин В.А., Чубаков П.А., Микерин С.Л. Интерференционные методы измерения концентраций паров аммиака сенсором на основе кремнеземных частиц // Автометрия. – 2022. – Т. 58, № 1. – С. 47–53. DOI 10.15372/AUT20220106.

© А. С. Кучьянов, А. А. Аполонский, В. А. Сорокин, П. А. Чубаков, 2023