

4. B.Begunov. Optical systems theory / B.Begunov, N.Zakaznov. – M.: Mechanical engineering, 1973. – 235p. [rus]

Н.Б. Афончина, И.Г. Чиж

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г.Киев, Украина

ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ОФТАЛЬМОЛОГИЧЕСКОГО РЕФРАКТОМЕТРА, КОТОРЫЙ ИЗМЕРЯЕТ АМЕТРОПИЮ И АСТИГМАТИЗМ ГЛАЗА МОДИФИЦИРОВАННЫМ МЕТОДОМ ФУКО

Разработана методика проектирования оптической системы измерителя рефракции методом Фуко. Полученные математические зависимости позволяют осуществлять габаритный расчет оптической системы рефрактометра и ее параметрическую оптимизацию, определять приемлемое значение линейного увеличения в оптически сопряженных плоскостях зрачка глаза и фотоприемника, а также максимально допустимую величину диаметра анализирующей микродиафрагмы. Проведенное исследование позволяет путем оптимизации аппаратного и математического обеспечения рефрактометрии глаза методом Фуко расширить рабочий диапазон измеряемых аберраций и уменьшить погрешности измерений.

Ключевые слова: модифицированный метод Фуко, параметрическая оптимизация.

N.Afonchyna., I.Chyzh

National Technical University of Ukraine 'Kyiv Polytechnic Institute', Kiev, Ukraine

PARAMETRIC OPTIMIZATION OF THE MODIFIED FOUCALT REFRAKTOMETER OPTICAL SYSTEM

Technique of the modified Foucault refraktometer optical system engineering was developed. The mathematical expressions makes it possible to realize the overall calculation calculation and parametric optimization of the refraktometer optical system and to estimate optimal linear magnification in optically conjugated planes of eye pupil and photodetector and maximum permissible diameter of analyzing microaperture. Optimization of modified Foucault refractometer hardware and software makes it possible to increase the measurement operating range and to decrease measurement errors.

Keywords: modified Foucault method, parametric optimization.

*Надійшла до редакції
30 травня 2011 року*

УДК 577.169: 616.152.21

СЕНСОР ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ПАРЦІАЛЬНОГО ТИСКУ КИСНЮ В ПІДШКІРНИХ ТКАНИНАХ

Воронов С.О., Котовський В.Й, Голець П.О.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

В роботі представлений сенсор для визначення парціального тиску кисню у підшкірних тканинах транскутанним методом, який застосовується для діагностики та контролю стану пацієнтів у процесі лікування.

Показані особливості сенсору кисню для дослідження газообмінних процесів у біологічних об'єктах, проведено аналіз проблеми створення конструкції транскутанного

сенсору кисню. Проаналізовано вплив конструктивних особливостей сенсорів для вимірювання вмісту кисню в підшкірних тканинах на метрологічні характеристики.

Ключові слова: біологічний об'єкт, кисень, парціальний тиск, кров, електрохімічні методи, сенсор кисню.

Вступ

У медицині дуже широко проводяться експериментальні та клінічні дослідження газів. Дослідження виконують здебільшого за допомогою сенсорів, які надають можливість реєструвати інформацію про стан різних систем організму. Існують різні типи сенсорів. Принципи їх дії базуються на певних фізичних або хімічних явищах і властивостях. Найпоширенішими є методи з використанням сенсорів електрохімічного типу, головна перевага яких полягає в отриманні аналітичного сигналу в електричній формі (струм або напруга), зручний для подальшої обробки, що дозволяє автоматизувати процес аналізу.

Електрохімічні сенсори застосовуються в основному для реєстрації неорганічних газоподібних сполук [1]. Методи з використанням електрохімічних сенсорів аналізу газів мають низку переваг у порівнянні з іншими методами.

В основу аналізу парціального тиску кисню (pO_2) покладено черезшкірний (транскутанний) метод визначення цього показника в патологічних ділянках шкіри за допомогою електрохімічних сенсорів. Транскутанно вимірюване pO_2 в підшкірних тканинах тісно корелює з парціальним тиском цього газу артеріальної крові і є повністю неінвазивним [2].

Використання транскутанних сенсорів для вимірювання pO_2 дозволяє кількісно визначити порушення капілярного кровоплину на досліджуваній ділянці шкірного покриву біологічного об'єкту (БО). Актуальність дослідження полягає у тому, що транспорт кисню є життєво важливим процесом, порушення якого входить у патогенетичні механізми багатьох патологічних станів БО.

Сьогодні існують різноманітні прилади, чутливим елементом яких є електрохімічний сенсор. Наприклад, газоаналізатор виробництва фірми Radiometer (Данія) та Respironics (США), які призначені для цілодобового моніторингу пацієнтів в умовах лікарні [3]. За допомогою цих газоаналізаторів можливо черезшкірно контролювати pO_2 у підшкірних тканинах і спостерігати результати досліджень на моніторі.

Електрохімічні сенсори, залежно від конструкції, поділяються на відкриті та закриті. Відкриті електроди характеризуються безпосереднім контактом робочої поверхні електроду з досліджуванним об'єктом. До закритих систем відносяться конструкції, в яких робочий та допоміжний електроди відокремлюються від аналізуемого середовища газопроникною полімерною мембраною.

Відкриті електродні системи в сенсорах застосовуються тільки для аналізу мікроконцентрацій газів. У порівнянні із закритими вони є менш селективними та стабільними. В закритих електродних системах газоаналізаторів дифузійні обмеження при розряді аналізуемого компонента завдячують полімерним мем-

бранам, що дає змогу значно розширити діапазон вимірювання. Крім того, мембрани забезпечують селективність сенсорів, запобігають висиханню електроліту та отруєнню індикаторних електродів.

У 1956 році Кларк запропонував використовувати в сенсорах закриту систему електродів, у якій всі дифузійні обмеження локалізуються в полімерній мембрані. Крім того, мембрана відокремлює електроліт та електроди від середовища, що аналізується, а це значно підвищує селективність та стабільність сенсорів. З цього часу почалося широке використання електрохімічних методів аналізу в медицині та техніці.

Постановка задачі

Прилади, основною складовою частиною яких є електрохімічні сенсори, широко застосовуються в усіх галузях медицини. Сенсори використовуються для діагностики та контролю стану пацієнтів у процесі лікування визначенням pO_2 в підшкірних тканинах транскутанним методом.

У ході виконання авторами науково-дослідної роботи виникла необхідність у розробці конструкції сенсора, в якому можливе більш рівномірне прогрівання шкіри при визначенні кисню транскутанним методом, що забезпечує більшу достовірність вимірюваного значення pO_2 в підшкірних тканинах.

За результатами дослідження запропоновано сенсор, в якому срібло одночасно виконує функції корпусу та анода. Таке об'єднання функцій має низку переваг порівняно з аналогами: сприяє мініатюризації сенсорів, підвищує довговічність сенсорів, покращує термостабілізацію та підвищує метрологічні характеристики сенсорів кисню.

Вплив внутрішніх і зовнішніх чинників на характеристики сенсору

У медичному приладобудуванні для виміру парціального тиску найчастіше використовуються транскутанні сенсори як найбільш прості і ті, що мають високі метрологічні характеристики. Ці сенсори являють собою електроди й перетворюють енергію хімічної реакції в електричний струм [4].

Далі буде описаний принцип роботи такого сенсора, коли в результаті протікання окислювально-відновних процесів, на границі розподілу "шкірний покрив – електрод – електроліт", молекули O_2 проходять через спеціальну мембрану й відбувається перетворення значення парціального тиску в електричний сигнал.

Метрологічні характеристики сенсорів залежать від внутрішніх, постійних для цієї системи, та зовнішніх – перемінних чинників. До перших відносяться наступні: матеріал анода, каталітична активність індикаторного електрода; склад електроліту, різниця потенціалів між анодом і катодом, характеристики газодифузійної мембрани, конструктивні особливості сенсорів. Зовнішні чинники – це склад середовища, яке аналізується, температура, тиск, вологість, радіація, вібрація.

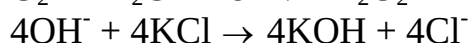
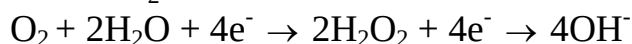
Детальне вивчення електрохімічних процесів, які протікають на електродах, впливу внутрішніх та зовнішніх чинників і їх взаємного зв'язку дозволить роз-

робити транскутанні сенсори, котрі мають оптимальні характеристики в конкретних умовах експлуатації.

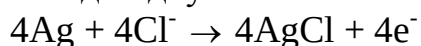
Принцип работ та конструкція транскутанного сенсору

Сенсор кисню здійснює перетворення показників вмісту кисню у підшкірних тканинах в електричний сигнал внаслідок протікання окислювально-відновлювальних процесів на його електродах.

Вимірювання pO_2 базується на наступних реакціях. На катоді відбувається відновлення O_2 :



На аноді відбувається окислення:



Катод виготовлений з платини (Pt) із скляним покриттям, а референтний електрод є хлорсрібним (Ag/AgCl).

Електроди такого типу широко застосовується на практиці і можуть бути легко виготовлені в лабораторних умовах. За своїми характеристиками електрод типу Ag/AgCl наближається до абсолютно неполяризованого електроду та належить до того класу електродів, які виготовляють з металу, покритого шаром слаборозчинної солі цього металу з відповідним аніоном [5].

На підставі аналізу науково-технічної літератури щодо конструкцій сенсорів кисню визначені їх переваги та недоліки. Створена конструкція сенсору для визначення pO_2 транскутанним методом відрізняється від існуючих. Запропонований авторами сенсор для визначення вмісту кисню транскутанним методом представлений на рис. 1.

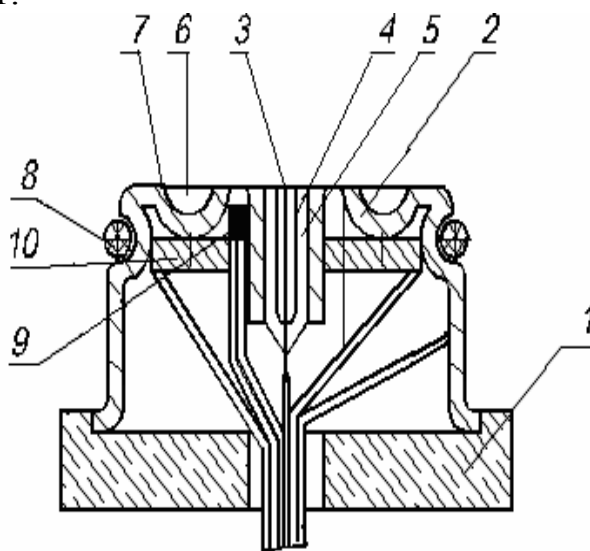


Рис. 1. Варіант конструкції транскутанного сенсору для визначення вмісту кисню у підшкірних тканинах.

Сенсор складається з основи 1, яка механічно з'єднана з срібним анодом 2, що разом утворюють корпус. На осі сенсору встановлено платиновий катод 3.

Анод 2 та катод 3 відділені між собою електричною ізоляцією, яка складається з шару скла 4 та шару композиційного матеріалу 5 на основі фотополімеру. На торцевій частині срібного корпусу сенсора виконано кільцеву канавку 6, призначену для заповнення електролітом і закриту газопроникною поліпропіленовою мембраною 7. Гумове кільце 8 закріплює газопроникну мембрану 7 на аноді 2.

Датчик 9 температури має безпосередній тепловий контакт з приосовою частиною анода 2, а нагрівник 10 – з внутрішньою поверхнею торцевої ділянки анода 2.

Для вимірювання pO_2 сенсор закріплюють на шкірі пацієнта. При надходженні кисню через шкіру до сенсору, молекули цього газу дифундують через мембрану сенсора і викликають електрохімічну реакцію, що призводить до протікання струму через катод.

Струм визначається швидкістю дифузії O_2 скрізь мембрану. Швидкість, у свою чергу, залежить від товщини і проникності мембрани. Сигнал струму надходить на вхід підсилювача, де перетворюється в напругу і підсилюється до необхідного рівня. Після підсилення напруга подається на вхід аналого-цифровий перетворювач, де перетворюється у цифрову форму і надходить до ПК для подальшої обробки.

Важливою перевагою даного сенсора кисню є більш рівномірне прогрівання шкіри при визначенні кисню транскутанним методом, що забезпечує більшу достовірність отриманих результатів. Дослідження показали його високу ефективність: час відгуку O_2 складає до 10 секунд.

Електрохімічні сенсори кисню - складна багатofакторна система. Механізм та кінетика електрохімічних процесів у сенсорах значною мірою залежать від розроблених конструкцій та технологій виготовлення сенсорів. Матеріал поверхні електродів, матеріал корпусу, геометричні розміри, методики склеювання закладаються на етапі розробки технології виготовлення сенсорів і є постійно діючими чинниками.

Висновки

Розроблено конструкцію сенсорів для транскутанного визначення парціального тиску кисню в підшкірних тканинах, де срібло одночасно виконує функції корпусу та аноду. Таке об'єднання функцій призвело до покращення термостабілізації сенсорів та більш рівномірного прогрівання шкіри, а також підвищення метрологічних характеристики сенсорів кисню.

Сьогодні перспективним залишається використання нових каталітично активних матеріалів електродів і технологій їх виготовлення, що може підвищувати чутливість і стабільність сенсорів. Такими матеріалами є електроди типу $Ag/AgCl$.

Література

1. Байерман К. Определение следовых количеств органических веществ / К. Байерман. - М.: Мир, - 1987. - 462 с.

2. Эпштейн И.М. Полярографическое определение кислорода в биологических объектах / И.М. Эпштейн. - К.: Наукова думка, 1972. - 320 с.
3. Каталог медичної продукції 2009 рік. [Електронний ресурс] Режим доступу: http://www.rosmed.ru/catalog_med.
4. Дагаев В.А. Первичные измерительные преобразователи в газоаналитическом приборостроении / В. А. Дагаев, Л. А. Коваленко. – К.: Сб. науч. Тр. ВНИИАП, 1988.- С.12.
5. Вебстер Джон Г. Медицинские приборы. Разработка и применение / Джон Г. Вебстер. - К.: Медторг. - 2004.- 620 с.

References

1. Bayerman K. Determination of trace amounts of organic substances / K.: - Moscow: Mir, 1987. – 462 p.
2. Epstein I.M. Polarographic determination of oxygen in biological object. – K.: Naukova Dumka, 1972. – 320 p.
3. Directory of medical products 2009 [Electronic resource] http://www.rosmed.ru/catalog_med.
4. Dagayev V.A., Kovalenko L.A. Primary transducers in gas analytical instrument. Sat Scient. Pr. VNIAP – K., 1988. – P. 12.
5. Medical devices, development and application. First edition editor John G. Webster, Medtorg. - 2004. – 652 p.

С.А. Воронов, В.И. Котовский, П.А. Голец

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,
г. Киев, Украина*

СЕНСОР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРЦИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ КИСЛОРОДА В ПОДКОЖНЫХ ТКАНЯХ

В работе представлен сенсор для определения парциального давления кислорода в подкожных тканях транскутанным методом, который применяется для диагностики и контроля состояния пациентов в процессе лечения. Показаны особенности сенсора кислорода для исследования газообменных процессов в биологических объектах, проведён анализ проблемы создания конструкции транскутанного сенсора кислорода. Проанализировано влияние конструктивных особенностей сенсоров для измерения содержимого кислорода в подкожных тканях на метрологические характеристики.

Ключевые слова: биологический объект, кислород, парциальное давление, кровь, электрохимические методы, сенсор кислорода.

S.A. Voronov, V.I. Kotovsky, P.A. Golets

National Technical University of Ukraine 'Kyiv Polytechnic Institute', Kiev, Ukraine

SENSORS FOR OXYGEN PARTIAL PRESSURE IN THE SUBCUTANEOUS TISSUE

In the paper presented by the sensor to determine the partial pressure of oxygen in the subcutaneous tissue transcutaneous method that is used for the diagnosis and monitoring of patients during treatment. The features of the oxygen sensor are shown to study the gas exchange processes in biological systems, analysis of the problem of creating designs transcutaneous sensor oxygen is carried out. The influence of structural features of sensors for measuring oxygen content in the subcutaneous tissue on the metrological characteristics is analysed.

Keywords: biological object, the oxygen partial pressure, blood, electrochemical methods, oxygen sensor.

*Надійшла до редакції
24 березня 2011 року*