

## БИОСЕНСОРЫ НА ОСНОВЕ АНОДНОГО ОКСИДА АЛЮМИНИЯ

*Озимко И.Д.*

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,  
Минск, Республика Беларусь*

*Научный руководитель: Позняк А.А. – канд. физ.-мат.наук, доцент  
Плиговка А.Н. – канд. техн. наук*

**Аннотация.** Биосенсоры – это устройства, которые используют определённые биохимические реакции для обнаружения химических соединений, обычно с помощью электрических, тепловых или оптических сигналов. Нанопористый анодный оксид алюминия (АОА) стал одним из самых перспективных наноматериалов в биосенсорике благодаря своим уникальным физическим и химическим свойствам. Многие исследования продемонстрировали выдающиеся возможности АОА. Результаты многочисленных исследований показывают, что АОА является многообещающей альтернативой другим широко исследуемым нанопористым платформам. Этот доклад направлен на то, чтобы сообщить о последних достижениях и текущих этапах развития биодатчиков на основе АОА.

**Ключевые слова:** биосенсоры, анодный оксид алюминия.

**Введение.** В последнее десятилетие появились новые контакты между весьма далекими областями: биохимией и электроникой. Их взаимное проникновение позволило создать новую сферу интересов науки – биоэлектронику [1]. Для начала в данной области появились новые устройства для анализа, а также переработки информации, которые получили название биосенсоры. Они рассматриваются как первое поколение биоэлектронных устройств.

Любые биосенсоры конструктивно представляют комбинированное устройство, которое состоит из двух принципиальных функциональных элементов: физического и биохимического, они находятся в тесном контакте. Физический преобразователь сигнала преобразует определяемый компонент, то есть концентрационный сигнал в электрический. Элемент преобразователя действует на физико-химических принципах (электрохимический, пьезоэлектрический или оптический), он преобразует сигнал, который появляется в результате взаимодействия в иной сигнал, который легче измерить.

Нанопористый АОА стал одним из самых популярных материалов для потенциального применения в многочисленных областях [2]. Изготовление АОА основано на простом, экономичном, самоупорядочивающемся анодировании алюминия, которое даёт высокоупорядоченные нанопористые структуры. Благодаря своим уникальным оптическим и электрохимическим свойствам нанопористый АОА активно изучался как платформа для разработки недорогих портативных биосенсорных устройств [3].

В этом сообщении рассматриваются биосенсорные технологии на основе АОА, выделяются ключевые примеры различных концепций обнаружения и производительность устройств.

**Основная часть.** Так как биосенсорика становится всё более и более популярной и востребованной областью исследований, то улучшение свойств биосенсоров является актуальной задачей. Уникальный набор физико-химических свойств пористой структуры делают АОА отличной платформой для разработки устройств с хорошей чувствительностью. Наиболее характерными оптическими и электрохимическими свойствами АОА являются фотолюминесценция (ФЛ), отражательная и поглощательная способность, электрическое сопротивление и проводимость, которые могут использоваться в качестве принципов обнаружения для изготовления высокочувствительных селективных химических и биологических сенсоров. На рис. 1 показана обобщённая схема построения биосенсорных устройств.

Свойства АОА, относящиеся к биосенсорным приложениям, можно оптимизировать, спроектировав геометрию пор и химию поверхности. Многочисленные методы модификации поверхности нанопористых АОА (например, молекулярная самосборка, послойное осаждение, плазменная полимеризация, осаждение моноатомного слоя, покрытие погружением, химическое осаждение из парогазовой фазы, золь-гель метод) было продемонстрировано [4, 5]. Возможности этих модификаций заключаются не только в улучшении уже имеющихся или введении новых свойства, но также в наделении АОА многофункциональными свойствами, такими как оптическая и электрохимическая активность, обеспечивая новые возможности для развития биосенсорных устройств для индикации большего количества анализируемых веществ.

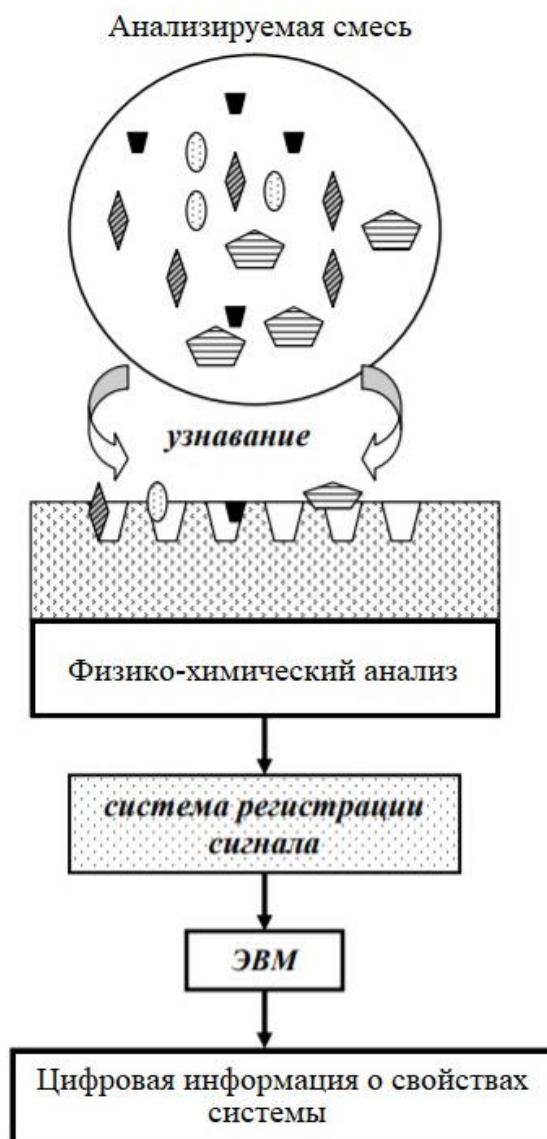


Рисунок 1 – Обобщённая схема построения биосенсорных устройств

По химическому составу АОА состоит из двух основных областей [6]. Первая область представляет собой внутренний слой, расположенный вблизи границы раздела алюминий – оксид алюминия и на границе между соседними оксидными ячейками, который в основном состоит из чистого оксида алюминия. Вторая область – внешний слой, расположенный между внутренним слоем и границей раздела оксид алюминия – электролит. Этот слой во время процесса анодирования загрязняется анионными частицами. Важная функция этих загрязнений заключается в том, что они предоставляют АОА определённые оптические свойства

(например, ФЛ), которые зависят от электролита, используемого во время анодирования, а именно от анионных частиц, включённых в структуру АОА.

Ещё одной выдающейся характеристикой АОА является возможность регулировать химические свойства поверхности внутри пор с помощью поверхностной функционализации специфическими молекулами. Этот процесс обеспечивает высокую селективность АОА по отношению к исследуемым биомолекулам. Таким образом, большая удельная поверхность АОА может быть активирована для взаимодействия или захвата исследуемых молекул, которые впоследствии могут быть проанализированы с помощью оптических или электрохимических методов. Эти модификации могут также улучшить свойства АОА для специфических и высокопроизводительных анализов [7, 8].

**Заключение.** Были рассмотрены и обобщены последние достижения в области применения нанопористого АОА в качестве платформы для разработки биосенсоров. Ключевыми особенностями АОА является простота и невысокая стоимость изготовления, большая площадь поверхности, простота функционализации внутренней поверхности пор, хорошая биосовместимость и стабильные оптические и электрофизические свойства. Сочетание этих характеристик делает АОА высокоэффективным и привлекательным материалом для разработки широкого ряда биосенсорных приложений.

Большая вариативность в конструировании пор АОА и химическая модификация его поверхности даёт возможность получить структуру с желаемыми функциональными возможностями, что помогает улучшить характеристики.

### Список литературы

1. Варфоломеев, С.Д. Биосенсоры / С.Д. Варфоломеев // Соросовский образовательный журнал. – 1997. – № 1. – С. 45–49.
2. Rapid fabrication of self-ordered porous alumina with 10-/sub-10-nm-scale nanostructures by selenic acid anodizing / Nishinaga O., Kikuchi T., Natsui S., & Suzuki R.O. // *Scientific Reports*. – 2013. – Vol. 3, № 1. – Article number 2748.
3. Santos, A. Nanoporous anodic aluminum oxide for chemical sensing and biosensors / Santos A., Kumeria T., Losic D // *Trends in Analytical Chemistry*. – 2013. – Vol. 44. – P. 25–38.
4. Dressing in Layers: Layering Surface Functionalities in Nanoporous Aluminum Oxide Membrane / Jani A.M.M., Kempson .M., Losic D., Voelcker N. H // *Angewandte Chemie International Edition*. – 2010. – Vol. 49, № 43. – P. 7933–7937.
5. Surface modification of nanoporous alumina membranes by plasma polymerization / Losic D., Cole M.A., Dollmann B., Vasilev K., Grieser H.J. // *Nanotechnology*. – 2008. – Vol. 19, № 24. – Article number 245704.
6. Li, A.P. Hexagonal pore arrays with a 50–420 nm inter pore distance formed by self-organization in anodic alumina / Li A.P., Müller F., Birner A., Nielsch K., Gösele U. // *Journal of Applied Physics*. – 1998. – Vol. 84, № 11. – P. 6023–6026.
7. Dai, J. Use of Porous Membranes Modified with Polyelectrolyte Multilayers as Substrates for Protein Arrays with Low Nonspecific Adsorption / Dai J., Baker G.L., Bruening M.L. // *Analytical Chemistry*. – 2006. – Vol. 78, №1. – P. 135–140.
8. Poly (ethylene glycol) grafted nanoporous alumina membrane / Popat K.C., Mor G., Grimes C., & Desai T.A. // *Journal of Membrane Science*. – 2004. – Vol. 243, №1–2. – P. 97–106.

UDC 543.64

## BIOSENSORS BASED ON ANODIC ALUMINA

*Ozimko I.D.*

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus*

*Poznyak A.A. – Ph.D. in Physics and Mathematics, Associate Professor*

*Pligovka A.N. – Ph.D. in Technical Sciences*

**Annotation.** Biosensors are devices that use specific biochemical reactions to detect chemical compounds usually by electrical, thermal or optical signals. Nanoporous anodic alumina has become one of the most promising nanomaterials in biosensing as a result of its unique physical and chemical properties. Many studies have demonstrated the outstanding capabilities of anodic alumina. These results reveal that anodic alumina is a promising alternative to other widely explored nanoporous platforms. This review is aimed at reporting on the recent advances and current stage of development of biosensing devices based on anodic alumina.

**Keywords:** biosensors, anodic alumina.