

УДК 579.693.3

## МЕМБРАННЫЕ БИОСЕНСОРЫ Люцко К.С., Россоловский А.Ю.

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь*

**Аннотация.** Мембранные биосенсоры широко применяются в медицинских и биологических исследованиях, а также в промышленности и экологии. В работе рассмотрен технологический процесс и оборудование создания мембранных биосенсоров.

**Ключевые слова:** мембрана, биорецептор, трансдуктор, системы, биоактивный элемент.

## MEMBRANE BIOSENSORS Lyutsko K.S., Rossolovsky A.Yu.

*<sup>1</sup>Belarusian National Technical University  
Minsk, Republic of Belarus*

**Abstract.** Membrane biosensors are widely used in medical and biological research, as well as in industry and ecology. The paper considers the technological process and equipment for creating membrane biosensors.

**Key words:** membrane, bioreceptor, transducer, systems, bioactive element.

*Адрес для переписки: Люцко.К.С., пр. Независимости, 65, г. Минск, 220113, Республика Беларусь  
e-mail: liutsko@bntu.by*

Мембранные биосенсоры – устройства используемые для обнаружения и измерения биологически активных веществ в различных областях, таких как медицина, экология и пищевая промышленность.

В состав мембранных биосенсоров входит три основных компонента: биорецептор, трансдуктор и мембрана. В качестве биорецептора может выступать белковая или другая молекула специфически связывающаяся с целевым анализитом (молекулой, которую необходимо обнаружить). Биорецепторами могут быть антитела, ферменты, ДНК и РНК, а также другие молекулы, способные взаимодействовать с целевым анализитом. Трансдуктор – устройство, преобразующее сигнал полученный от биорецептора для дальнейшего измерения. Трансдуктором может быть электронный датчик, измеряющий изменение электрического потенциала или сопротивления при связывании биорецептора с целевым анализитом. Мембрана – слой материала разделяющий биорецептор и трансдуктор, выполняющий функцию защиты биорецептора от внешних воздействий. Мембрана может быть изготовлена из полимерного материала или белка, может иметь различную структуру, форму и толщину в зависимости от конкретной задачи. Данные компоненты работают вместе для обнаружения и измерения концентрации целевого анализа в образце. Так при связывании биорецептора с целевым анализитом происходит изменение физических, химических или физико-химических свойств мембраны, которое затем преобразуется трансдуктором в измеряемый сигнал. Этот сигнал может быть использован для определения концентрации целевого анализа в образце [1].

Мембранные биосенсоры классифицируются по различным критериям: тип мембраны, тип биологического компонента и метод обнаружения.

По типу мембраны могут быть представлены биосенсоры на основе полимеров, керамики, стекла и других материалов. По типу биологического компонента выделяют мембранные биосенсоры на основе антител, ферментов, нуклеиновых кислот. По методу обнаружения выделяют электрохимические, оптические и т. д. [2].

Технология получения мембранных биосенсоров обычно состоит из следующих этапов:

- выбор типа мембраны и биоактивного элемента. В зависимости от устройства и цели исследования, выбирается мембрана и биоактивный элемент, который будет инкапсулирован в мембране;

- подготовка поверхности мембраны. Для обеспечения хорошего сцепления мембраны и биоактивного элемента может быть необходима подготовка мембраны, например, обработка ее с помощью кислот или биологически активных веществ;

- нанесение биоактивного элемента на мембрану. Происходит при помощи различных технологий: нанесение слоя жидких кристаллов, покрытие мембраны с помощью антител или использование метода самоорганизации;

- химическая модификация мембраны и биоактивного элемента. Этот этап включает модификацию поверхностного заряда или использование других методов модификации, для улучшения устойчивости или улучшения специфичности биосенсора;

- тестирование биосенсора. После всех этапов подготовки биосенсор готов к тестированию. Большинство биосенсоров тестируются в различных условиях. Например, в различных буферных растворах, для подтверждения работы устройства на определенных условиях.

Получение мембранных биосенсоров является многоэтапным процессом, где каждый участок

технологии зависит от конкретных условий и целей устройства [3].

Технологическая установка для получения мембранных биосенсоров может быть создана на основе следующих основных узлов и блоков:

- нанесение мембраны. Позволяет наносить мембрану на определенную поверхность. Например, при помощи покрытия или осаждения на субстрате;
- очистка. Для обеспечения надлежащего качества мембраны все поверхности должны быть очищены от следов загрязнения. Для этого используются различные очищающие реагенты;
- дегазация. Для удаления газов из растворов используют систему дегазации, способствующую уменьшению количества свободного газа, в результате чего повышается точность измерений;
- дисенсирование. Способствует правильной дозировке и распределению реагентов;
- система измерения. Способствует обработке сигналов возникающих в результате взаимодействия мембраны и биоактивного элемента;
- система автоматического контроля. Определяет готовность процесса и возможность начала следующего этапа;
- интерфейс между пользователем и технологической установкой. Интерфейс с настольным приложением для управления каждым этапом процесса и контроля за его параметрами.

Мембранные биосенсоры работают на основе взаимодействия биологических компонентов, таких как антитела или ферменты, с молекулами-мишенями на поверхности мембраны. Взаимодействие между биологическим компонентом и молекулой-мишенью приводит к изменению свойств мембраны, которые могут быть обнаружены с помощью различных методов обнаружения, таких как электрохимический или оптический. Производство мембранных биосенсоров включает несколько этапов, включая выбор материала мембраны, иммобилизацию биологического компонента на поверхности мембраны и оптимизацию метода обнаружения. Иммобилизация биологического компонента, может быть, достигнута с помощью различных методов, таких как физическая адсорбция, коагуляция или химическая модификация. Мембранные биосенсоры могут быть использованы для определения различных веществ, таких как металлы, белки, вирусы и гормоны. Они имеют много преимуществ, включая высокую чувствительность, специфичность и быстроту анализа [1].

Процесс изготовления мембранного биосенсора может быть довольно сложным и может зависеть от использованной технологии, которую выбирает исследователь, однако, в общих чертах, процесс может выглядеть следующим образом:

- подготовка поверхности: сначала необходимо подготовить поверхность подложки (например, стеклянного слайда, кремниевой пластины

или золотого диска), на которую будет нанесена мембрана. Эта поверхность должна быть очищена и обработана таким образом, чтобы обеспечить оптимальное сцепление и хорошее распределение мембраны;

- создание мембраны: затем следует создать мембрану, используя определенную технологию. Например, мембрану можно создать путем нанесения слоя полимера или липидов на поверхность подложки. Мембрана может содержать связующие молекулы или белки, а также определенные молекулы, которые специфично взаимодействуют с интересующей их биомолекулой;

- функционализация мембраны: после создания мембраны она должна быть функционализирована, чтобы обеспечить специфичную связь с биомолекулами, которые будут анализироваться. Это может включать обработку мембраны определенными растворами, чтобы в определенных местах на мембране образовались активные группы, такие как аминогруппы или карбоксильные группы. Функционализированная мембрана готова для использования;

- анализ биомолекул: после приготовления мембранного биосенсора, на его поверхность наносятся биомолекулы, которые будут анализироваться. Например, это могут быть антитела, ДНК или другие биомолекулы, которые должны вступить во взаимодействие со специфическими молекулами, находящимися в пробе;

- измерение: затем происходит измерение взаимодействия между биомолекулами, находящимися на поверхности мембраны, и биомолекулами в пробе. Обычно используются различные методы измерения, включая количественный анализ, визуализацию молекул, изучение кинетики взаимодействия и другие методы [4].

Актуальность применения мембранных биосенсоров обусловлена их высокой чувствительностью, специфичностью и быстротой анализа, что позволяет диагностировать различные заболевания и контролировать качество продуктов питания и окружающей среды. Мембранные биосенсоры также имеют потенциал для использования в медицинских исследованиях, разработке новых лекарственных препаратов и биотехнологических процессах.

#### Литература

1. Kumar, S.A. Membrane-based biosensors: A review / S.A. Kumar, A.K. Srivastava, R. Kumar // *Biosensors and Bioelectronics*. – 2013. – Vol. 41. – P. 103–117.
2. Biosensors based on membrane-mediated transduction / B.C. Baudner [et al.] // *Advances in and Interface Science*. – 2018. – Vol. 254. – P. 41–54.
3. Poghossian, A. Label-free detection of biomolecules with field-effect transistors / A. Poghossian, M.J. Schöning // *Advanced Materials*. – 2014. – № 26 (20). – P. 3074–3086.
4. Homola, J. Surface plasmon resonance sensors for detection of chemical and biological species / J. Homola // *Chemical Reviews*. – 2006. – № 106 (12). – P. 4875–4890.