

ТВЕРДОТЕЛЬНЫЕ FET НАНОПОРЫ НА ОСНОВЕ НИТРИДА КРЕМНИЯ ДЛЯ СЕКВЕНИРОВАНИЯ ПЕПТИДОВ: ПРЕИМУЩЕСТВА И ОГРАНИЧЕНИЯ

Карпушкина И.А. (ИТМО), Шестун П.А. (ИТМО), Силюк А.К. (ИТМО)

Научный руководитель – Гвоздев В.М. (ИТМО)

Введение. Секвенирование пептидов необходимо для изучения биологических процессов и диагностики заболеваний, однако традиционные методы, такие как масс-спектрометрия и деградация Эдмана, ограничены сложностью подготовки образцов и низкой эффективностью для длинных цепочек [1]. Технология нанопор, успешно применяемая для ДНК, предлагает альтернативу благодаря анализу молекул в реальном времени [2]. Твердотельные нанопоры из нитрида кремния (SiN), интегрированные с полевыми транзисторами (FET), привлекают внимание из-за прочности, настраиваемости и совместимости с электроникой [2, 3]. В работе обсуждаются их преимущества и ограничения для секвенирования пептидов.

Основная часть. Твердотельные FET нанопоры на основе SiN обладают рядом достоинств для секвенирования пептидов. Прочность и стабильность SiN обеспечивают надежность в различных условиях (рН, температура), а точная настройка размеров с помощью фокусированного ионного луча или электронно-лучевой литографии позволяет адаптировать их под свойства пептидов [2]. Интеграция с FET повышает чувствительность к изменениям тока, что важно для различения аминокислот, и дает возможность контролировать скорость транслокации молекул электрическими полями [3]. Создание массивов нанопор на одном чипе открывает путь к параллельному высокопроизводительному секвенированию [2]. Тем не менее, технология секвенирования с помощью твердотельных нанопор сталкивается с ограничениями. Высокий уровень шума затрудняет обнаружение тонких изменений тока по сравнению с биологическими аналогами [2]. Сложные взаимодействия пептидов с поверхностью SiN вызывают вариабельность сигналов, снижая точность [2]. Контроль скорости транслокации остается проблемой, так как молекулы проходят нанопору слишком быстро для четкой регистрации [2]. Высокое разрешение требует нанопор размером 1-2 нм и быстрой электроники [2]. Для решения этих задач предлагается использовать интеграцию с FET, машинное обучение для анализа сигналов и модификацию поверхности SiN, что улучшит специфичность и воспроизводимость [1, 3].

Выводы. SiN-based FET нанопоры перспективны для секвенирования пептидов благодаря прочности, настраиваемости и потенциалу масштабирования, но взаимодействия с поверхностью и сложности контроля скорости требуют доработки. Предложенные подходы – гибридные системы и обработка данных – могут повысить точность. Технология найдет применение в медицине и фармацевтике после оптимизации и тестирования на биологических образцах [2, 3].

Список использованных источников:

1. Huang Y., et al. Nanopore-based peptide sequencing via host-guest interactions // Nature Methods. – 2023. – V. 20. – P. 1815-1823.
2. Xue L., et al. Solid-state nanopores for protein sensing: A review // Advances in Colloid and Interface Science. – 2022. – V. 299. – P. 102565.
3. Pud S., et al. Enhanced nanopore field-effect transistor for selective single-molecule biosensing // Nature Communications. – 2017. – V. 8. – P. 549.