

БИОСЕНСОРЫ НА ОСНОВЕ НИТРИДА ГАЛЛИЯ

аспирант Дао Динь Ха

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент Стемпицкий В. Р.Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники, Минск, Беларусь

На сегодняшний день известно множество конструкций различных сенсорных устройств на основе широкозонных полупроводников, в том числе GaN. Большинство из них построено на базе транзистора с высокой подвижностью электронов (HEMT – High Electron mobility transistor). В таком транзисторе для формирования проводящего канала используется контакт двух полупроводниковых материалов с различной шириной запрещенной зоны. Этот класс приборов является перспективным для использования в химических и биологических приложениях, обеспечивая возможности анализа в режиме реального времени сенсорах за счет их высокой чувствительности.

Разработка и изготовление датчиков на основе широкозонных полупроводников с уникальными по сравнению с кремниевыми приборами эксплуатационными характеристиками обеспечивается за счет более высоких значений подвижности носителей заряда и их скоростей насыщения, лучшей теплопроводности и т. д. Например, нитрид галлия (GaN) имеет ширину запрещенной зоны около 3,4 эВ, подвижность и скорость насыщения электронов около $2000 \text{ см}^2/\text{В}\cdot\text{с}$ и $2,7 \cdot 10^7 \text{ см/с}$, теплопроводность более 1,5 Вт/м·К. Далее будут представлены другие характерные физические свойства широкозонных полупроводниковых соединений, которые позволяют получить реальное улучшение характеристик приборов по сравнению с традиционными кремнием и арсенидом галлия [1].

Одним из главных преимуществ нитридов III группы по сравнению с фосфидом, арсенидом и кремнием является высокая стабильность в водных растворах и превосходная биосовместимость. Биосовместимость (biocompatibility) – способность материала встраиваться в организм пациента, не вызывая побочных клинических проявлений и индуцировать клеточный или тканевый ответ, необходимый для достижения оптимального терапевтического эффекта. Исследования биосовместимости GaN и AlGaN по сравнению с кремнием на примере изучения выживаемости живых клеток на этих материалах в течение нескольких дней описаны в [2]. Плотность клеток на кремниевой поверхности уменьшается с течением времени и в конечном итоге достигает нулевого значения, при этом за аналогичный период времени на поверхности GaN наблюдается лишь незначительное уменьшение плотности клеток. Для функционализированных GaN поверхностей, плотность клеток фактически увеличилась, что свидетельствует о превосходной биосовместимости данного материала.

Одним из недостатков HEMT сенсоров является отсутствие селективности относительно некоторых исследуемых сред и веществ из-за химической инертности поверхности. Данная проблема может быть решена путем модификации поверхности рецепторами (материалами) детектирования. Процесс модификации поверхности представляет собой создание био-электрического интерфейса. Без модификации поверхности преобразователя, датчик может обеспечить избирательность только по отношению к веществам с типичной (анион, катион) для материала активной области ионной селективностью. Например, (Al)GaN, обладает нативную селективность по отношению к анионам из-за положительно заряженной поверхности.

Для обеспечения биосовместимости и чувствительности по отношению к другим материалам или средам, как правило, применяют методы физической адсорбции – на поверхность преобразователя физически адсорбируется первый слой линкерной молекулы. В [3] описан пример осаждения ДНК-молекул на поверхность GaN. Альтернативными методами являются ковалентное связывание, а также формирование самоорганизующихся монослоев (Self Assembling Monolayers, SAM).

Литература

1. Конструктивно-технологические особенности сенсорных устройств на основе широкозонных полупроводников / Дао Динь Ха [и др.] // Доклады БГУИР. – 2015. – № 7(93). – С. 99–105.
2. Electronic Biosensors Based on III-Nitride Semiconductors / Ronny Kirste [et al.] // Annu. Rev. Anal. Chem. – 2015. P 8:8.1–8.21.
3. Методы функционализации поверхности сенсоров биологическими молекулами / Н. Е. Маслова [и др.] // Молекулярная медицина – 2013. – № 5. – С. 8 – 15.