

ПРИМЕНЕНИЕ АКТИВНЫХ СЕНСОРОВ РЕЗОНАТОРНОГО ТИПА ДЛЯ ЗАДАЧ БИОДЕТЕКТИРОВАНИЯ

А.В. Саечников^{1,2}, Э.А. Чернявская¹, В.А. Саечников¹, А. Остендорф²

¹Белорусский Государственный Университет, Минск, Беларусь

²Рурский Университет, Бохум, Германия

E-mail: anton.saetchnikov@gmail.com

За последнее десятилетие существенно вырос интерес к использованию оптических методов для изучения биологических объектов на микро- и наноуровнях [1, 2]. Компактность, экономичность и чувствительность среди основных причин повышения популярности оптических биосенсоров. Оптическая система детектирования, основанная на резонансе мод шепчущей галереи (МШГ), является одной из перспективных безмаркерных схем мониторинга биологических агентов [3, 4].

Наиболее эффективным способом переноса световой энергии в резонатор МШГ является метод ближнего эванесцентного поля [1]. Данное условие ограничивает применение такого типа биосенсоров в лабораторной среде. Активные резонаторы (легированные активной средой) хорошо подходят для дистанционного возбуждения и сбора сигнала. Подходящая среда усиления и достаточная мощность накачки могут способствовать генерации света (добротность и чувствительность сенсора улучшается). Флуоресцентные лазерные красители обычно используют в качестве активной среды, однако возможно фотообесцвечивание молекул красителя в процессе изготовления резонаторов. Неорганические материалы (такие как квантовые точки, КТ) являются более стабильными, химически устойчивыми, имеют широкое спектральное окно возбуждения и узкое окно генерации. Поэтому целесообразно применять КТ для «активации» резонатора.

В работе использовались стандартные стеклянные сферические резонаторы диаметром 100 мкм. Данный тип резонаторов более стабилен в водной среде по сравнению с резонаторами из полимерных материалов. Мы покрывали поверхность резонатора аминогруппой (реакция с 3-аминопропилтриэтоксисиланом (APTES)). Дальнейшее ковалентное взаимодействие резонатора с гидрофильными CdTe КТ (PlasmaChem, $\lambda = 620 \pm 5$) осуществлялось с использованием стандартного протокола. После чего, полученные резонаторы были иммобилизованы в ранее разработанной конструкции матричного биосенсора [4]. Рамановский спектрометр (Renishaw inVia) с твердотельным лазером (532 нм) постоянной мощности (5 мВт) использовался для возбуждения и детектирования спектра МШГ.

В качестве объекта исследования был выбран бычий сывороточный альбумин (BSA, Sigma Aldrich A7906) концентрацией 10 мг/мл. Было получено по три спектра МШГ для двух разных состояний исследуемой биологической среды (деионизированная вода и BSA) в различные моменты времени после заполнения микрофлюидной ячейки. Было идентифицировано по 57 спектральных пиков для спектрального диапазона 593,4–634,1 нм со средним свободным спектральным интервалом 711 пм для воды и 713 пм для BSA. Большая часть пиков, 41 из 57 (72 %) для воды, и 47 из 57 (82 %) для воды имеет нулевую дисперсию, что означает высокую степень устойчивости системы детектирования спектров МШГ в текущей конфигурации. Усредненный сдвиг между двумя спектрами МШГ равен 67 пм.

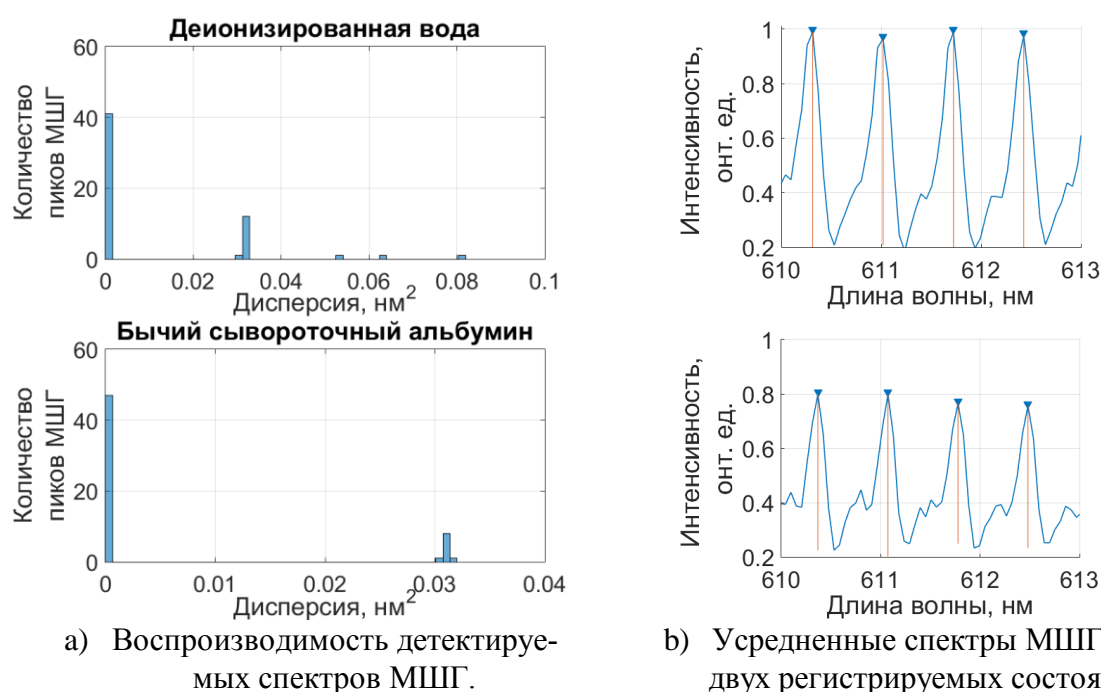


Рис. 1. Использование активных резонаторов для детектирования раствора BSA.

Полученные результаты подтверждают целесообразность применения активных резонаторов для задач биодетектирования и позволяют упростить систему переноса и съема световой энергии. Однако, спектральный ответ на изменения биологической среды может быть определен на уровне разрешения спектрометра.

1. Su, J. // Sensors, 2017, V. 17, N. 3, P.540.
2. Saetchnikov V.A., Tcherniavskaia E.A., Saetchnikov A.V., Ostendorf A. // Nonlinear Phenomena in Complex Systems, 2015, V. 18, N 4, P. 443–455.
3. Saetchnikov A.V., Saetchnikov V.A., Tcherniavskaia E.A., Ostendorf A. // Proceeding of the SPIE, 2017, V. 10333, P. 1033314.
4. Saetchnikov V.A., Tcherniavskaia E.A., Saetchnikov A.V., et al. // Proceeding of the SPIE, 2016, V. 9884, P. 98841T.