

УДК 088.57

МЕЛАМИН-СЕРЕБРЯНЫЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ СТРУКТУРЫ КАК ПЛАТФОРМА ДЛЯ БИОРАСПОЗНАВАНИЯ

Ненашкина А.В. (Национальный исследовательский университет ИТМО)

Научный руководитель – к.х.н., профессор Скорб Е.В.

(Национальный исследовательский университет ИТМО)

Новые SERS подложки применимы для быстрого и простого создания сенсорных устройств в сферах пищевых продуктов, сельского хозяйства и науки об окружающей среде. В рамках данного проекта создаются плёнки на основе реакции-диффузии для определения фунгицидов на поверхности продуктов.

Для качественного и количественного анализа важно, чтобы сенсорный материал, помимо эффективного обнаружения, обеспечивал извлечение и подсчет концентрации целевых молекул, таких как токсичные пестициды или полезные витамины. В рамках настоящей работы разработаны плёнки на основе реакции-диффузии с участием нитрата серебра и меламина с последующим осаждением различных промежуточных продуктов и их восстановлением светом в пектиновой среде. Наноструктурированное серебро - один из наиболее эффективных материалов для поверхностно-усиленного рамановского комбинационного рассеяния света (SERS). Наночастицы серебра (НЧ) могут быть получены разными методами. Но все они требуют соответствующих аналитов с высоким сродством к серебряным поверхностям, чтобы давать сильные сигналы. В связи с этим, в последнее время было разработано несколько альтернатив для увеличения удержания молекул на плазмонных субстратах, наиболее популярной из которых является комбинация металлических НЧ с различными полимерами. В рамках настоящего проекта такие НЧ мы синтезировали непосредственно в тонких агаровых плёнках. Интересно непосредственно практическое применение сформированных таким способом материалов, и в настоящей работе предлагается использовать такие гибкие пленки для SERS.

Образцы, представляющие собой функциональные нелинейные градиентные материалы с пиками, являются тонкими гибкими плёнками на агаровой основе. НЧ серебра образуются в представленной реакционно-диффузионной системе в первую очередь из-за реакции нитрата серебра с меламином и пектином, в частности, его мономером- галактуроновой кислотой. Пектин является частью водного раствора агара, который представляет собой реакционную среду. При взаимодействии нитрата серебра с активными компонентами в толще геля сначала выпадает белый осадок, который затем разлагается под действием света, образуя НЧ разных размеров. По завершении реакции получается тонкая плёнка с отдельными зонами выпадения таких осадков. Также присутствие меламина обеспечивает отличный субстрат для экстракции загрязняющих веществ на границе раздела твердых и жидких веществ, что дает мощный, но простой и быстрый метод количественного определения, например, загрязняющих веществ в фруктах. Кроме того, меламин позволяет минимизировать концентрацию серебра для формирования плёнок. Оптические свойства структурированных пленок были исследованы с помощью рамановской спектроскопии с использованием бензолтиола (БТ²⁰) в газовой фазе в качестве чувствительного элемента. Все образцы демонстрируют характерные пики для БТ²⁰, однако добавление меламина в процессе роста серебра приводит к увеличению коэффициента усиления более чем в 20 раз. Этот факт указывает, во-первых, на то, что меламин взаимодействует с поверхностями НЧ, вызывая их более эффективную упаковку. Во-вторых, меламинавое покрытие улучшает молекулярный захват аналита. Для проверки однородности интенсивности сигнала по радиальному сечению образца на поверхности пленки была снята карта. Во-первых, мы загрязнили поверхность яблока тирамом, известным фунгицидом, эктопаразитицидом, широко используемым для предотвращения грибковых заболеваний семян, сельскохозяйственных культур и фруктов. После сушки на воздухе мы поместили

кусочек плёнки на яблоко и распылили этанол (на открытую сторону), чтобы перенести тирам с поверхности яблока на образец. Затем плёнки были изучены методом SERS. Спектры колебаний тирама показывают, что доминирующими колебательными режимами являются режимы растяжения SS и CS (соответственно 555 и 1369 см⁻¹) с небольшими вкладами CNC-ножниц (441 см⁻¹), асимметричного растяжения CS (930 см⁻¹) и растяжения CN (1138 см⁻¹). Характер колебаний четко распознается для концентраций ниже нМ. Коррелируя площадь пика растяжения CS (1369 см⁻¹) с концентрацией, можно установить линейную зависимость от 10⁻⁵ до 10⁻⁶ М. Эти пределы обнаружения не уступают пределам, обеспечиваемым классическими методами (хроматография, полярография, вольтамперометрия или люминесценция), но с преимуществами скорости, стоимости и возможности сбора образцов в полевых условиях без подготовки или с очень небольшой подготовкой.

Таким образом на данном этапе проекта были разработаны многофункциональные гибкие серебряные плёнки, позволяющие извлекать и концентрировать целевые вещества при минимизации концентрации серебра для эффективного зондирования и биодетектирования методами SERS. Был применен процесс диффузии для создания многофункциональных нелинейных материалов, условия приготовления которых были дополнительно оптимизированы для более высокого сигнала SERS. Кроме того, была создана математическая модель для предсказания образования НЧ и усреднения значений связывания серебра с меламином. В последствии предполагается создание подобных сенсоров для обнаружения нескольких групп токсичных веществ сразу, используя преимущество градиентной структуры, а также мобилизация и автоматизация данного продукта.

Ненашкина А.В. (автор)

Подпись

Скорб Е.В. (научный руководитель)

Подпись