

Создание тонких пленок из наночастиц серебра и их применение как основы для современных сенсоров

Автор: Битлев Роберт Радмирович, ГБОУ лицей №533 «Образовательный комплекс «Малая Охта» Красногвардейского района Санкт-Петербурга, 10 класс.

Наставник: Профессор национального исследовательского университета ИТМО, кандидат химических наук Е.А. Смирнов.

Ментор: Бакалавр 3 курса университета ИТМО А.А. Павлова.

Цель проекта: создание тонких пленок из наночастиц серебра и тестирование их как сенсорных элементов. Пленки образуются путем самосборки на границе раздела двух жидкостей разной плотности и помещаются на твердую подложку. После этого они послужат основой для создания сенсорных элементов.

Задачи, которые необходимо решить для достижения цели проекта:

1. Изучение научных исследований, связанных с темой проекта (рамановская спектроскопия, синтез наночастиц (AgNPs), получение твердых подложек для спектрометрии) и литературы по теме проекта.
2. Проведение синтеза наночастиц серебра и изучение полученных растворов.
3. Проведение самосборки наночастиц серебра на границе раздела фаз и изучение её особенностей.
4. Перенесение полученных тонких плёнок из наночастиц серебра на твёрдую подложку
5. Изучение микроструктуры пленок с наночастицами серебра с помощью атомно-силового микроскопа.
6. Тестирование твердых подложек с помощью красителей. Проверка работоспособности сенсорного элемента при проведении рамановской спектроскопии.

Актуальность проекта. Сенсорные материалы, созданные с помощью помещенных на твердую подложку пленок из наночастиц серебра, являются высокоэффективными и сравнительно недорогими в производстве. Синтез наночастиц достаточно просто проводится и позволяет получить большую площадь поверхности, расход наночастиц при этом небольшой. Пленки из наночастиц серебра обладают высокой реакционной способностью и однородностью сигнала на всей поверхности сенсорного элемента.

Подобные сенсорные элементы способны усиливать интенсивность сигнала рамановского рассеяния и используются в таком современном методе анализа вещества как рамановская спектроскопия¹. Кроме рамановской спектроскопии данные сенсорные элементы могут применяться в электрохимии, в спектрофлуориметрии.

Интердисциплинарность проекта: при работе над проектом затрагивалась не только область химической науки, но и область физики и математики (проведение расчета диаметра и концентрации наночастиц серебра по спектрам поглощения², нахождение резонансной

¹ SERS (surface enhanced Raman scattering) или поверхностно-усиленная рамановская спектроскопия - метод комбинационного рассеяния, при котором производится одновременно количественный и качественный анализ вещества. Это эффективный метод химического анализа, изучения состава и строения веществ.

² Haiss, W.; Thanh, N. T. K.; Aveyard, J.; Fernig, D. G. Determination of Size and Concentration of Gold Nano particles from UV-Vis Spectra. Anal. Chem. 2007, 79 (11), 4215–4221.

частоты для зонда атомно-силового микроскопа). Также необходимы были навыки программирования и работы с электронным оборудованием (работа с атомно-силовым микроскопом в программе Nova Spm, обработка показаний UV-VIS спектроскопии).

Методы исследования, оборудование, ход работы. Для синтеза SERS-активных коллоидов наночастиц серебра (AgNPs) был использован метод Леопольда-Лендла³. Использовали реактивы: AgNO₃ (нитрат серебра), NH₂OH·HCl (раствор гидроксиламин гидрохлорида) и NaOH (гидроксид натрия). Для приготовления всех водных растворов использовали деионизованную воду. Соответствующие растворы вносили при непрерывном помешивании в термостойкую колбу.

Провели UV-VIS спектроскопию синтезированных наночастиц и получили данные по расчету реактивов для проведения самосборки наночастиц серебра при соединении с TTF (тетратиафульваленом). Для получения слоя наночастиц серебра раствор AgNPs с TTF вносили пипетдозатором на границу раздела сред (вода-гексан).

Методом «аквапринт» провели перенос получившихся пленок наночастиц серебра на твердые подложки. Изучили микроструктуру поверхности пленок с помощью атомно-силового микроскопа. Использовали программу Nova Spm. Снимали участок пленки размером 1x1 мкм.

Результаты работы: в ходе работы над проектом были выполнены следующие задачи:

1. Изучены научные исследования и литература по теме проекта.
2. Успешно проведен синтез наночастиц серебра. Средний размер частиц составил $d \approx 79$ нм.
3. Проведена самосборка AgNPs и получены пленки на границе раздела сред.
4. Пленки были перенесены на твердые подложки и изучены с помощью атомно-силового микроскопа. Обнаруженные дефекты не превышали 200-300 нм.

Выводы. На данном этапе работы над проектом можно сделать следующие выводы: получение тонких пленок из наночастиц серебра с помощью самосборки частиц на границе двух сред действительно является эффективным и доступным способом, не требующих сложных лабораторных условий и позволяющим получить пленки с большой площадью поверхности. Тонкие пленки из наночастиц серебра помещенные на твердую подложку в перспективе могут успешно использоваться в качестве сенсоров при проведении рамановской спектроскопии, так как наночастицы серебра имеют высокую реакционность и хорошо усиливают сигнал рамановского рассеяния.

Следующий этап работы - тестирование пленок из AgNPs на твердых подложках в качестве сенсорных элементов для рамановской спектроскопии, - находится на данный момент на стадии реализации.

³ N. Leopold, B. Lendl. A new method for fast preparation of highly surface-enhanced Raman scattering (SERS) active silver colloids at room temperature by reduction of silver nitrate with hydroxylamine hydrochloride. *J. Phys. Chem. B* 2003, 107, 5723-5727.