

СИНТЕЗ ТРЕУГОЛЬНЫХ НАНОПЛАСТИНОК ЗОЛОТА ДЛЯ СОЗДАНИЯ КОМПОЗИТНЫХ ТРЕКОВЫХ МЕМБРАН

И.Н.Фадейкина^{1,2}, Д.А.Рассахатская², Е.В.Андреев¹

¹*Объединенный институт ядерных исследований, Дубна, Россия*

²*Государственный университет «Дубна», Дубна, Россия*

Одним из наиболее перспективных применений наночастиц плазмонных металлов является их использование в качестве биологических сенсоров, работающих на эффекте гигантского комбинационного рассеяния (ГКР) света. Наночастицы золота (НЧ Au) обладают высокой стабильностью, что позволяет использовать их для анализа биологических объектов. Иммуобилизация НЧ Au на трековые мембраны (ТМ) позволит не только усилить сигнал благодаря треугольной форме НЧ, но и проводить фильтрацию и концентрирование аналита на подложке.

Получение НЧ Au было проведено на основе доработанной методики [1]. Синтез проходил в три этапа. На первом этапе готовили затравочный раствор смешивая 4,7 мл 100мМ цетилтриметиламмоний хлорида (ЦТАХ) и 25 мкл 50 мМ раствора HAuCl_4 в течение 5 минут. Затем в смесь вводили 300 мкл NaBH_4 и оставляли на 2 часа при интенсивном перемешивании. На втором этапе 500 мкл полученного затравочного раствора добавляли к 4,5 мл 100 мМ раствора ЦТАХ. Отдельно смешивали: 1) 1,6 мл 100 мМ раствора ЦТАХ, 40 мкл 50мМ раствора HAuCl_4 и 15 мкл 10 мМ раствора NaI ; 2) 20 мл 100мМ раствора ЦТАХ 500 мкл 50мМ раствора HAuCl_4 и 300 мкл 10 мМ раствора NaI . В оба раствора добавили 100 мМ аскорбиновой кислоты в объеме 40 и 400 мкл соответственно. Далее 100 мкл затравочного раствора в ЦТАХ внесли в первый раствор, очень быстро отобрали из него аликвоту 3,2 мл и перенесли ее во второй раствор, который затем оставили при интенсивном перемешивании на 1 час. На третьем этапе проводили очистку. Для этого к полученному коллоидному раствору добавили 1 мл 10% раствора ЦТАХ и оставили на 24 часа до выпадения осадка, затем надосадочную жидкость удалили, к осадку добавляли деионизованную воду до растворения. Среднее значение ζ -потенциала синтезированных НЧ Au составило +40,1 mV, что свидетельствует об их коллоидной стабильности.

Для осаждения НЧ использовались полиэтилентерефталатные ТМ (диаметр пор = 0.3 мкм, толщина мембраны = 19 мкм, плотность пор $2.7 \cdot 10^8 \text{ см}^{-2}$), произведенные в

Объединенном институте ядерных исследований, модифицированные 1% водным раствором поливинилпирролидона (ПВП) в течение 30 минут. Осаждение НЧ Au на поверхность ТМ осуществлялась путем фильтрации коллоидного раствора через мембрану.

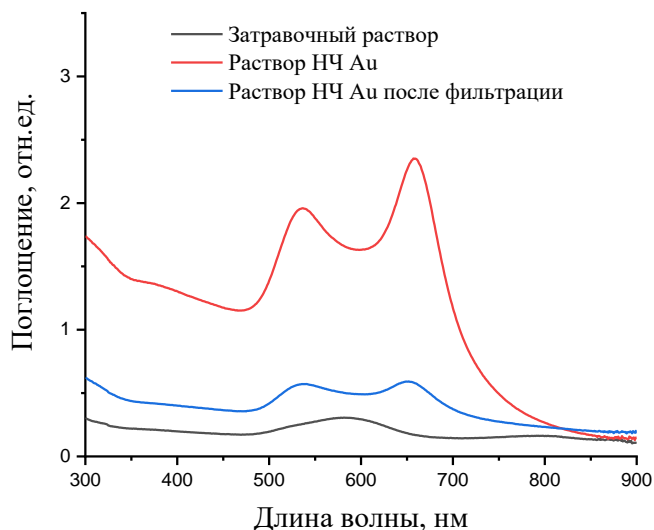


Рисунок 1. Спектры поглощения затравочного раствора, синтезированного коллоидного раствора НЧ Au и раствора НЧ Au после фильтрации

По спектрам поглощения (рисунок 1) видно, что спектр раствора НЧ Au существенно отличается от спектра затравочного раствора, и содержит два характеристических пика, соответствующих наличию двух фракций НЧ Au: сферической формы и треугольных нанопластинок. Спектр поглощения раствора после фильтрации указывает на присутствие в растворе небольшого количества НЧ Au, основная же часть наночастиц осела на ТМ. Использование ПВП в качестве модификатора поверхности ТМ способствует адсорбции НЧ Au.

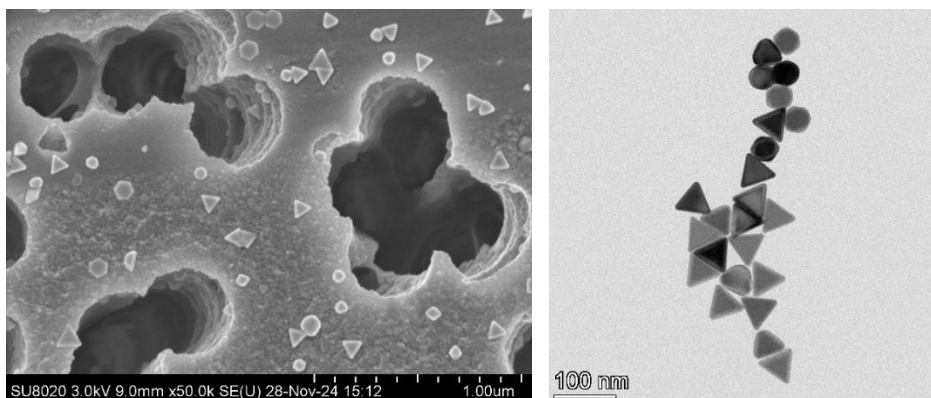


Рисунок 2. Микрофотография поверхности ПЭТФ ТМ, после осаждения треугольных НЧ Au, полученная методом растровой электронной микроскопии (слева),

микрофотография синтезированных треугольных нанопластинок НЧ Au, полученная методом просвечивающей электронной микроскопии (справа)

На микрофотографиях (рисунок 2) видно, что синтезированные НЧ Au имеют форму равносторонних треугольных пластинок со средней длиной ребра 60 ± 3 нм. Также присутствуют в небольшом количестве НЧ другой формы – сферические и шестиугольные. Количество НЧ Au и плотность заполнения ими поверхности ТМ позволило обнаружить эффект ГКР света при использовании тестового вещества 4-аминотиофенола (4-АТФ) в концентрации 10^{-4} М.

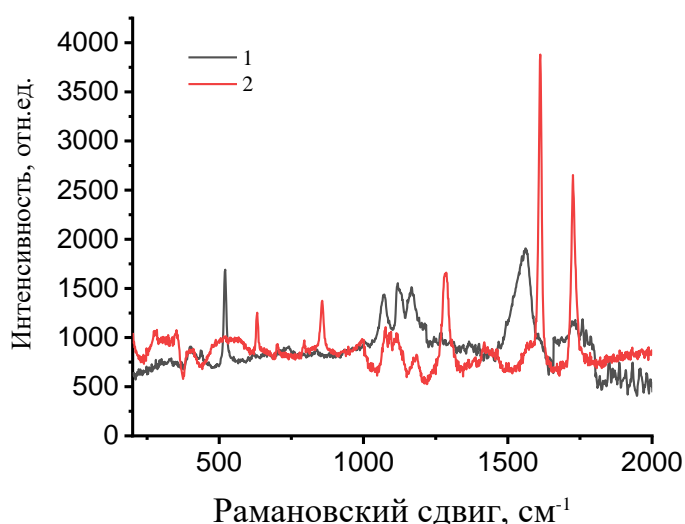


Рисунок 3. Спектр комбинационного рассеяния для модифицированной ТМ с осажденными на нее НЧ Au (1); Спектр комбинационного рассеяния для исходной ТМ (2)

Из спектра на рисунке 3 видно появление характеристических полос 4-АТФ и гашение сигнала ТМ. Таким образом, треугольные нанопластины золота, обладающие высокой стабильностью, возможно использовать для создания подложек на основе ТМ, проявляющих эффект ГКР света. Такая форма наночастиц способствует лучшей визуализации объектов на микрофотографиях и придает интенсивное окрашивание подложке даже при небольшом количестве НЧ Au на поверхности.

Литература:

1. Scarabelli, L., Liz-Marzán, L. M. An Extended Protocol for the Synthesis of Monodisperse Gold Nanotriangles. ACS Nano 2021, 15, 18600– 18607.