

ФОРМИРОВАНИЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННОГО СЛОЯ ИЗ СЕРЕБРА И ЗОЛОТА НА ПОВЕРХНОСТИ ТРЕКОВОЙ МЕМБРАНЫ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В КАЧЕСТВЕ ПОДЛОЖКИ БИОСЕНСОРА

Иванова Ю.В.¹, Фадейкина И.Н.^{1,2}, Андреев Е.В.²

¹Государственный университет «Дубна», Дубна, Россия

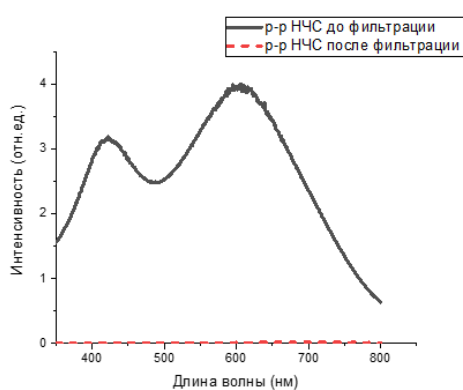
²Объединенный институт ядерных исследований, Дубна, Россия

yliainovova003@gmail.com

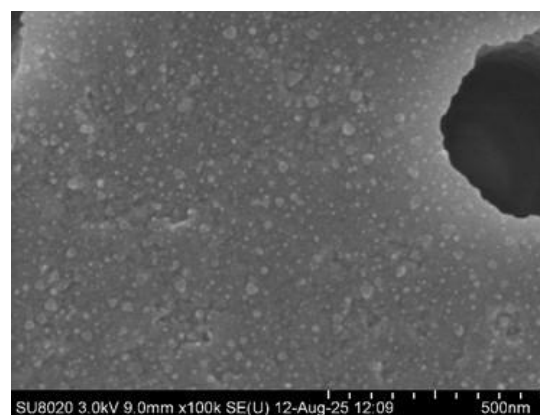
Перспективным направлением в нанотехнологии является создание новых композитных материалов. Наночастицы плазмонных металлов, таких как серебро (НЧС) и золото, широко применяются в биосенсорике [1]. Иммунизация таких наночастиц на поверхности трековых мембран (ТМ) позволяет создавать гибридные подложки для биосенсоров, работающих на эффекте гигантского комбинационного рассеяния (ГКР) света. Подобные сенсоры способны не только детектировать целевой анализ, но и совмещать этот процесс с фильтрацией примесей и концентрированием пробы непосредственно на своей поверхности.

В работе использовались треугольные НЧС, которые имеют больший коэффициент усиления сигнала комбинационного рассеяния света по сравнению со сферическими. Синтез проводили на основе методики из работы [1]. Для этого к 0.5 мл 0.01 М раствора AgNO_3 приливали 4.1 мл деионизованной воды, а затем при интенсивном перемешивании добавляли 2.3 мл 1% раствора цитрата натрия, 0.6 мл 2% раствора поливинилпирролидона и 1.2 мл 3% раствора H_2O_2 . К полученному бесцветному раствору быстро добавляли 1 мл свежеприготовленного 0.035 М раствора NaBH_4 . В течение 30 мин наблюдали изменение окраски раствора с желтой на синюю, что соответствует формированию треугольных наночастиц. Очистку наночастиц проводили центрифугированием в три стадии. Продолжительность каждой составляла 12 минут при скорости вращения 11000 об/мин.

Для создания гибридных подложек использовали полиэтилентерефталатные ТМ ($d=0.4$ мкм, $h=19$ мкм, плотность пор $2.7 \cdot 10^8 \text{ см}^{-2}$) изготовленные в Объединенном институте ядерных исследований [2]. ТМ предварительно модифицировали 0.1 % раствором полиэтиленimina в течении 30 минут. Далее раствор треугольных НЧС осадил на модифицированные ТМ путем фильтрации.



а



б

Рис. 1. Спектры поглощения треугольных НЧС до и после фильтрации (а); Микрофотография ТМ с осажденными треугольными НЧС и напыленным слоем золота, полученная методом сканирующей электронной микроскопии (б)

На рисунке 1А наблюдаются характерные пики плазмонного резонанса, соответствующие наличию в системе сферических и треугольных НЧС. Высокая интенсивность пиков свидетельствует о значительной концентрации треугольных НЧС в растворе. После фильтрации пики плазмонного резонанса НЧС практически исчезли. Это означает, что большая часть наночастиц из раствора осадилась на ТМ.

На микрофотографии 1Б наблюдается высокая степень покрытия поверхности ТМ наночастицами, без значительных агломератов и незаполненных участков. Равномерное



ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ХИМИИ, ФИЗИКИ, БИОЛОГИИ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ

распределение свидетельствует об эффективности метода иммобилизации и отсутствии коагуляции наночастиц в процессе осаждения.

Для улучшения стабильности сенсорной подложки в биологических и буферных системах, на осажденный слой НЧС нанесли магнетронным напылением золотое покрытие толщиной 1 нм.

Для оценки эффекта ГКР света на ТМ с иммобилизованными треугольными НЧ серебра и напыленным слоем золота наносили 2 мкл спиртового раствора 10^{-4} М 4-аминотиофенола (4-АТФ), как тестового вещества и после испарения растворителя снимались спектры КР. Спектры КР света снимали при длине волны лазера 532 нм.

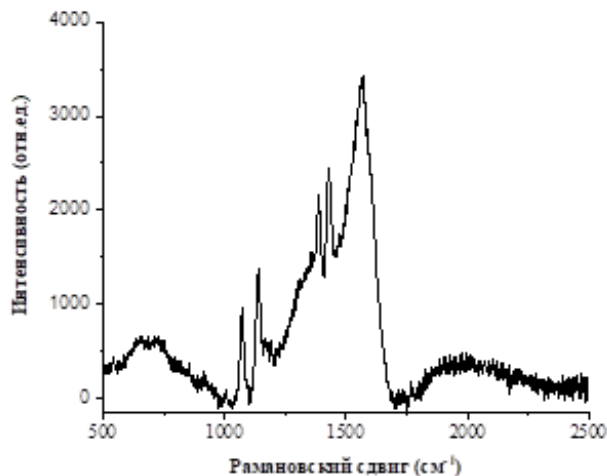


Рис. 2. КР-спектры 4-АТФ на трековых мембранах с треугольными НЧС, покрытыми золотой оболочкой

Комбинация наночастиц серебра треугольной формы с напыленным слоем золота и трековой мембраны позволили создать композитный материал, способный проявлять эффект ГКР света. Напыленный слой золота снижает интенсивность сигнала по сравнению с треугольными наночастицами, но позволяет сделать сенсорную подложку более стабильной.

1. Фадейкина И.Н. и др. Синтез наночастиц серебра для получения гибридных трековых мембран и их дальнейшего использования в качестве сенсорных материалов // ЖПХ. 2024. Т. 97, № 3. С. 244-250.

2. Apel P. Y. Fabrication of functional micro- and nanoporous materials from polymers modified by swift heavy ions // Radiation Physics and Chemistry. 2018. V 159. P 25-34.