

**Создание структурированных массивов микро- и наночастиц серебра путем самосборки 2D паттернов на интерфейсах для усиления рамановского сигнала****Новиков О.П. (ИТМО), Тимралиева А.А. (ИТМО), Демехин М.А. (ИТМО)****Научный руководитель – доктор химических наук, профессор Скорб Е.В. (ИТМО)**

**Введение.** Современная поверхностно-усиленная спектроскопия комбинационного рассеяния (SERS) зарекомендовала себя как один из наиболее чувствительных аналитических методов в химии, позволяющий регистрировать присутствие исследуемых молекул в малых концентрациях [1, 2]. Ключевую роль в достижении низких пределов обнаружения играет усиление сигнала за счёт возбуждения поверхностных плазмонов на металлических наноструктурах [3]. Сегодня разработано и апробировано несколько типов SERS-активных систем, среди которых можно выделить суспензии металлических наночастиц, частицы, иммобилизованные на бумажных подложках, а также наноструктуры, сформированные непосредственно на твердых подложках [4]. Тем не менее остаётся ряд ограничивающих факторов, связанных с деградацией поверхностей во времени, в том числе вследствие физической и химической сорбции молекул, а также невозможностью многократной эксплуатации подложек [5]. Для повышения надёжности SERS-платформ перспективно закрепление наночастиц металлов на подложке, что должно обеспечить воспроизводимость и стабильность сигналов. Настоящая работа посвящена разработке нового подхода к получению таких систем, не требующего сложных синтезов и специального оборудования, с целью решения ранее упомянутых проблем в этой области.

**Основная часть.** В качестве прекурсора использовалась супрамолекулярная структура барбитурата меламина в форме суспензии в воде. Далее за счёт защелачивания среды достигался разрыв водородных связей, после чего нитрат серебра вводился в систему для формирования нового комплекса барбитурата меламина с серебром. Полученный водный раствор комплекса помещался на поверхность кварцевого стекла ( $\text{SiO}_2$ ). За счёт медленного испарения были получены упорядоченные гексагональные паттерны в виде пленки, которые далее подвергали термообработке в муфельной печи при различных температурах. В результате отжига на подложке осаждались микро- и наночастицы серебра. Для характеристики полученных образцов были использованы сканирующая электронная микроскопия (SEM), энергодисперсионная рентгеновская спектроскопия (EDX) и рентгеноструктурный анализ (XRD), подтвердившие наличие металлического серебра в структуре полученных образцов. Кроме того, методами атомно-силовой микроскопии (AFM) были определены параметры агломератов серебра, которые представляли собой полусферные образования, в среднем выступающие над поверхностью кварцевого стекла на 200 нм. Для оценки регулярности полученных структур вычисляли энтропию Вороного в программах MATLAB и ImageJ. Оказалось, что при варьировании температуры прокаливании значения энтропии Вороного существенно не отличались, что свидетельствует о сохранении упорядоченности структур. SERS свойства образцов тестировались с использованием красителя родамина 6G в качестве аналита. Спектры регистрировались при длине волны лазера 514 нм, интенсивность составляла 1% от номинальной мощности, а время накопления сигнала — 1 с. Наиболее сильное усиление наблюдали у плёнок, прокалённых при более низкой температуре, что можно объяснить формированием более мелких и равномерно распределённых частиц, способных генерировать более мощное локальное электромагнитное поле на границе металл–диэлектрик [1, 2, 5].

## Выводы.

1. Сформирована супрамолекулярная плёнка с гексагональной организацией на основе комплексов меламина, барбитуровой кислоты и ионов серебра.
2. Показана возможность получения периодических серебряных наноагломератов путём термообработки металлоорганических соединений.
3. Проведён комплексный анализ структуры методом SEM, EDX, XRD и AFM, подтверждающий присутствие металлического серебра и оценку морфологии агломератов.
4. На основании расчёта энтропии Вороного продемонстрирована регулярность структуры плёнок.
5. В результате исследования были получены образцы кварцевых подложек, содержащих агломерации серебряных частиц, которые могут быть применимы в поверхностно-усиленной Рамановской спектроскопии (SERS).

## Список использованных источников.

1. Xia Zhou, Ziwei Hu, Danting Yang, Shouxia Xie, Zhengjin Jiang, Reinhard Niessner, Christoph Haisch, Haibo Zhou and Pinghua Sun, Bacteria Detection: From Powerful SERS to Its Advanced Compatible Techniques
2. Schlücker, S. (2014), Surface-Enhanced Raman Spectroscopy: Concepts and Chemical Applications. Angew. Chem. Int. Ed., 53: 4756-4795.
3. Jiajie Xu, Lei Zhang, Heng Gong, Jiří Homola, and Qiuming Yu: Tailoring Plasmonic Nanostructures for Optimal SERS Sensing of Small Molecules and Large Microorganisms
4. Almar F Palonpon, Jun Ando, Hiroyuki Yamakoshi, Kosuke Dodo, Mikiko Sodeoka, Satoshi Kawata, Katsumasa Fujita: Raman and SERS microscopy for molecular imaging of live cells
5. Yan Zhou, Chuanchuan Jin, Yong Li, Wenjie Shen: Dynamic behavior of metal nanoparticles for catalysis