

## ЦИКЛОПРИСОЕДИНЕНИЕ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА ПРИ КОМНАТНОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ И В ОТСУТСТВИИ РАСТВОРИТЕЛЯ

О.В. Семёнов, О.А. Гусельникова

Научный руководитель – к.х.н., доцент П.С. Постников

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, oleg.v.semoynov@gmail.com

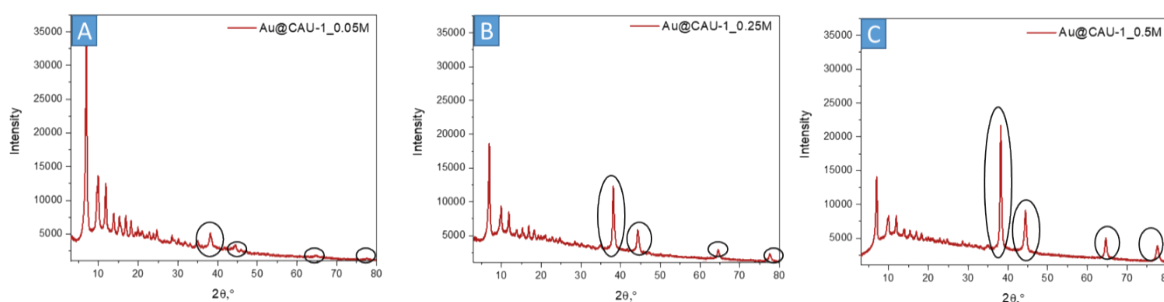
Плазмон-активные наночастицы (НЧ), обладая уникальными оптическими свойствами могут возбуждать плазмонный резонанс, энергия которого может быть трансформирована в химические превращения. НЧ золота и серебра демонстрируют поглощение плазмона в видимой области, что позволит проводить такие реакции более экологичным путём – под источником видимого света, вместо внешнего нагрева. Используя преимущества этих наноструктур в мягких условиях реализуются такие реакции, как гидрирование и окисление органических соединений, фиксация  $N_2$  и трансформации  $CO_2$  в полезные органические соединения [1].

Применение плазмон-активных НЧ в катализе лимитировано рядом факторов, в число которых входит невысокая стабильность и невозможность повторного использования. Данные проблемы можно решить «заперев» наночастицы в порах металлорганических каркасов (MOFs) и таким образом стабилизировав их, не уменьшая их каталитических свойств. Кроме того, MOFs это недавно открытый класс соединений, который включает в себя преимущества органических и неорганических соединений

и полимерную структуру. Бесконечный выбор функциональных лигандов, настраиваемая пористость и разнообразие получаемых структур делает этот вид соединений одним из самых перспективных для хранения газа, доставки лекарств, катализа и др. Таким образом, перед нами стоит задача создать гибридные материалы на основе MOFs и плазмон-активных НЧ, которые будут включать в себя преимущества друг друга, и позволят реализовать их в захвате и трансформациях  $CO_2$ .

Нами был синтезирован ряд золотых и серебряных наночастиц разных размеров (от 3 до 15 нм), инкорпорированных в металлорганический каркас CAU-1- $NH_2$ . Данный каркас способен селективно захватывать  $CO_2$ , обладает маленьким размером пор, подходящим, чтобы пропустить и задержать наночастицы внутри металлорганического каркаса.

Полученные композиты были охарактеризованы порошковой рентгенофазовой дифракцией, подтвердившей наличие металлического золота, спектроскопией ультрафиолетовой и видимой области, просвечивающей электронной



**Рис. 1.** РФА наночастиц золота инкорпорированных в металлорганический каркас CAU-1 с разной концентрацией прекурсора золота (A)-0,05 М  $HAuCl_4$ , (B)-0,05 М  $HAuCl_4$ , (C)-0,05 М  $HAuCl_4$ . Сигналы металлического золота выделены чёрными овалами



**Схема 1.** Реакция циклоприсоединения углекислого газа к пропаргиловым спиртам

микроскопией и другими методами физико-химических анализов.

Данные материалы планируется использовать в реакции циклоприсоединения углекислого газа. Циклоприсоединение CO<sub>2</sub> к пропаргиловым спиртам интересно в связи с тем, что продукты имеют коммерческую ценность в медицине и фармацевтике, а также и в принципе

проблемой утилизации углекислого газа в нынешнее время [2]. Как было описано ранее полученный композит вероятно позволит провести реакцию без нагрева, используя вместо этого источник видимого света.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, Проект РНФ 20-73-00151.

### Список Литературы

1. S. Li, P. Miao, Y. Zhang, J. Wu, B. Zhang, Y. Du, X. Han, J. Sun, P. Xu, , *Adv. Mater.* (2020).
2. Z.L. Wu, A.L. Gu, N. Gao, H.Y. Cui, W.M. Wang, J.Z., *Inorg. Chem.* 59 (2020) 15111–15119.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩЕГО НАНОПОЛНИТЕЛЯ НА ПОВЕРХНОСТНОЕ ЭЛЕКТРОСОПРОТИВЛЕНИЕ СИЛИКОНОВОЙ МАТРИЦЫ

О.В. Семенуха

Научный руководитель – к.х.н., с.н.с. С.Ю. Воронина

*Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева 660037, Россия, г. Красноярск, просп. им. газ. «Красноярский рабочий», 31, semenukha.cool@mail.ru*

Силикон может эксплуатироваться в широком диапазоне температур, в том числе при экстремальных температурах. Силиконовая матрица является перспективным материалом для изготовления трансформируемых конструкций космического назначения, в частности для мембраны рефлектора.

Целью данного исследования являлась оценка влияния углеродсодержащего нанонаполнителя в различной концентрации на поверхностное электросопротивление силиконовой матрицы для обеспечения защиты от скопления электрических зарядов на поверхности мембраны космического рефлектора. Для появления возможности снятия электрических зарядов с поверхности композиционных изделий достаточно снизить значение сопротивления связующего до 1 МОм. Давно известно, что электропроводность полимерных композиционных материалов может быть значительно увеличена с помощью включения в их состав проводящих углеродных наноразмерных наполнителей [1].

Полимерной матрицей являлся двухкомпонентный силиконовый каучук Elastosil RT 604 производства Wacker Chemie AG (Германия) в соотношении смешения 9:1. В качестве наполнителя использован углеродсодержащий концентрат на основе одностенных углеродных нанотрубок TUBALL для силиконовых компаундов Matrix 601 OCSiAl (Россия). Нами были

изготовлены нанокомпозитные образцы, содержащие 0,5, 1, 2, 3, 5 вес. % углеродного концентрата.

Методика изготовления образцов электропроводящего материала включала следующие этапы:

Компонент А силиконового каучука Elastosil RT 604 смешивался с углеродным наполнителем Matrix 601 в течение 20 минут с помощью механической мешалки ИКА; после этого вводился компонент В, и смесь перешивали ещё в течение 5 минут; затем образцы отверждались в сушильном шкафу при температуре 80 °С в течение 30 минут. Плоские образцы нанокомпозита были получены методом отливки в полипропиленовые подложки размером 75×100×3 мм.

Для измерения электросопротивления образцы электропроводящего материала были охлаждены на воздухе до комнатной температуры. Измерение проводилось с помощью цифрового мультиметра APPA-80 согласно международному стандарту DIN 65181 [2]. Результаты измерений приведены в таблице 1.

В результате работы было выявлено, что при увеличении концентрации углеродного концентрата происходит снижение поверхностного электросопротивления силиконовой матрицы. Наибольшее значение электросопротивления около 1 МОм получено при концентрации 0,5 вес.%, наименьшее – при концентрации