



УТВЕРЖДАЮ
Директор ЛЯР ОИЯИ,
д.ф.-м.н., профессор
С.И. Сидорчук

" " _____ 2021 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ
Научно-технического совета
Центра прикладной физики Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ

по диссертации **Ольги Вячеславовны Криставчук** «Трековые мембраны, модифицированные наночастицами серебра», представленной на соискание учёной степени кандидата химических наук по специальности 1.4.15 - Химия твердого тела.

Диссертационная работа выполнена в Центре прикладной физики (ЦПФ) Лаборатории Ядерных Реакций им. Г.Н. Флерова Объединенного Института Ядерных Исследований (ЛЯР ОИЯИ).

В период подготовки диссертации О.В. Криставчук являлась штатным сотрудником Объединенного Института Ядерных Исследований и работала в Центре прикладной физики Лаборатории Ядерных Реакций им. Г.Н. Флерова в должности инженера и затем младшего научного сотрудника.

Диссертационная работа была представлена О.В. Криставчук на заседании Научно-технического совета ЦПФ ЛЯР ОИЯИ 14 мая 2021 г. В заседании Научно-технического совета приняли участие 15 членов НТС, а также присутствовало 15 сотрудников ЦПФ и ЛЯР. По результатам обсуждения было подготовлено **следующее заключение:**

Создание наноструктурированных композиционных материалов с заданными функциональными свойствами представляет собой одно из актуальных приложений химии твердого тела. Имобилизация наночастиц (НЧ) на поверхности или в объеме — это перспективный способ превращения трековой мембраны в нанокомпозит, обладающий одновременно сепарационными свойствами и особыми оптическими свойствами за счет плазмонного резонанса в НЧ серебра.

Актуальность работы. В настоящее время огромное значение приобрела проблема создания высокоэффективных сенсоров, при помощи которых можно обнаруживать следовые количества химических веществ, а также микробиологические загрязнения. Решаемая в диссертации О.В. Криставчук задача направлена на разработку подхода к созданию высокочувствительных

сенсоров, функционирующих на принципе гигантского комбинационного рассеяния (ГКР) света. Композит «трековая мембрана – наночастицы серебра» может служить пористой подложкой, на которую собирают анализируемую пробу и далее идентифицируют искомый аналит по спектру комбинационного рассеяния. Благодаря эффекту ГКР света, данный композит может иметь очень высокую чувствительность к определяемому веществу.

Научная новизна работы.

Получены данные о химическом и фазовом составе, а также структурно-морфологических свойствах коллоидного раствора наночастиц серебра, синтезированного методом импульсного электроискрового разряда в воде. Установлены размеры и геометрическая форма наночастиц, их дисперсия по размерам, кристаллическая форма, исследован ионный состав дисперсионной среды.

Выявлены условия модификации полиэтиленмином, обеспечивающие адсорбцию наночастиц серебра на поверхности ТМ. Установлены факторы, определяющие эффективность осаждения наночастиц Ag на мембраны из поликарбоната и полиэтилентерефталата.

Показано, что иммобилизация наночастиц серебра, полученных электроискровым методом, на поверхность ТМ приводит к созданию композитного пористого материала. Установлено, что композитные материалы проявляют эффект гигантского комбинационного рассеяния света с высоким коэффициентом усиления по отношению к тестовому соединению 4-аминотиофенолу.

Исследованы возможности придания трековым мембранам новых функциональных свойств путем нанесения тонкого слоя диоксида титана. Предложена методика иммобилизации наночастиц серебра на композит ТМ-TiO₂ с использованием водорастворимых кремнийорганических соединений, содержащих –NH₂ и –SH группы, и показано, что взаимодействие полученного композита с электромагнитным излучением сопровождается эффектом плазмонного резонанса.

Личный вклад автора. Основные результаты и выводы диссертации, а также положения, выносимые на защиту, отражают вклад автора в опубликованные работы. В диссертацию включены те результаты совместных публикаций, которые либо получены лично автором, либо при его активном участии в формулировке задачи, проведении расчетов, критическом осмыслении и обработке результатов, формулировании выводов, написании статей.

Достоверность и обоснованность полученных результатов обеспечивается прежде всего использованием широкого набора экспериментальных методов, которые взаимно дополняют и частично дублируют друг друга, что позволяет выделить в общем объеме данных непротиворечивую и надежную информацию. Проверка повторяемости результатов и их соответствие теоретическим представлениям на большой совокупности данных делает результаты достоверными, а выводы - обоснованными.

Практическая значимость и ценность работы. На основе полученных в работе данных разработаны методы модификации поверхности трековых мембран наночастицами серебра, которые могут быть сопряжены с существующими технологическими схемами изготовления мембран.

На основе исследований иммобилизации НЧ Ag разработан подход к созданию трековых мембран с уникальными оптическими свойствами, которые могут быть использованы как потенциальная платформа для высокочувствительного сенсора, выполняющего две функции: селективное мембранное разделение и детектирование за счет эффекта ГКР света.

Разработана методика модификации трековых мембран тонкими слоями диоксида титана методом реактивного магнетронного напыления, которая может быть рекомендована для промышленного производства полимерно-керамических трековых мембран.

Диссертация является частью исследований, проводимых в Лаборатории ядерных реакций им. Г.Н. Флерова в рамках Проблемно-тематического плана по теме «Радиационно-физические, радиохимические и нанотехнологические исследования на пучках ускоренных тяжелых ионов» Объединенного института ядерных исследований. Результаты работы будут использованы в ЛЯР ОИЯИ для производства новых типов функциональных трековых мембран.

Соответствие диссертации критериям научной специальности 1.4.15 «Химия твердого тела». Создание композиционных наноструктурированных материалов является одним из важнейших приложений современной химии твердого тела. Иммобилизацию наночастиц на поверхности или в объеме мембран широко используют для придания им заданных функциональных свойств. Наночастицы, в том числе благородных металлов, получили широкое распространение во многих областях науки, медицины и техники благодаря уникальным физико-химическим и оптическим свойствам, а также большому выбору способов их получения. Так в настоящее время синтезируют и изучают наночастицы серебра и золота для сенсоров, основанных на эффекте гигантского комбинационного рассеяния света.

Диссертационная работа соответствует паспорту специальности 1.4.15 – химия твердого тела (отрасль наук – химические), в пунктах: 2. Конструирование новых видов и типов твердофазных соединений и материалов; 7. Установление закономерностей «состав-структура-свойство» для твердофазных соединений и материалов; 10. Структура и свойства поверхности и границ раздела фаз.

Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем:

Основные результаты работы представлены в 5 статьях, индексируемых в базах данных Web of Science, Scopus. Все издания входят в перечень научных изданий, рекомендованных ВАК России для опубликования основных научных результатов диссертации, а также в

перечень научных изданий, рекомендованных ИОНХ РАН для опубликования основных научных результатов диссертации, представленных для защиты в диссертационные советы ИОНХ РАН. Результаты работы представлены в виде докладов и обсуждены на всероссийских и международных конференциях, по результатам которых опубликованы 11 тезисов докладов.

Статьи:

1. Артошина, О.В. Структурные и физико-химические свойства тонких пленок диоксида титана, полученных методом реактивного магнетронного напыления, на поверхности трековых мембран / **О.В. Артошина**, А. Россоу, В.К. Семина [и др.] // Мембраны и Мембранные технологии. — 2015. — Т. 5. — № 4. — С. 243-253.

2. Артошина, О.В. Структура и фазовый состав тонких пленок TiO_2 , нанесенных на металлизированные трековые мембраны из полиэтилентерефталата методом реактивного магнетронного напыления / **О.В. Артошина**, Ф.О. Милович, А. Россоу [и др.] // Неорганические материалы. — 2016. — Т. 52. — № 9. — С. 1010-1020.

3. Криставчук, О.В. Иммобилизация наночастиц серебра, полученных электроискровым методом, на поверхности трековых мембран / **О.В. Криставчук**, И.В. Никифоров, В.И. Кукушкин [и др.] // Коллоидный журнал. — 2017. — Т. 79. — № 5. — С. 596-605.

4. Rossouw, A. Modification of polyethylene terephthalate track etched membranes by planar magnetron sputtered Ti/TiO₂ thin films / A. Rossouw, **O. Kristavchuk**, A. Olejniczak [et al.] // Thin Solid Films. — 2021. — V. 725. — 138641 (9 pp).

5. Криставчук, О.В. Структурные характеристики и ионный состав коллоидного раствора наночастиц серебра, полученного методом электроискрового разряда в воде / **О.В. Криставчук**, А.С. Сохацкий, В.И. Козловский [и др.] // Коллоидный журнал. — 2021. — Т. 83. — № 4. — С. 423-435.

Тезисы докладов:

1. Khamzin, E. Study on Magnetron Sputtering Titanium and Titanium Dioxide Thin Films on the Surface of Track-Etched Membranes / E. Khamzin, O. Kristavchuk, A. Rossouw [et al.] // Abstracts book 24th International Symposium on metastable, amorphous and nanostructured materials (ISMANAM 2017). San Sebastian, Spain, 2017. P. 213.

2. Kristavchuk, O. Composite track-etched membranes with silver nanoparticles / O. Kristavchuk, I. Nikiforov, V. Kukushkin, A. Nechaev, P. Apel // Proceedings of International conference Ion transport in organic and inorganic membranes. Sochi, 2017. P. 204-206.

3. Skoy, V.V. Structural parameters of silver hydrosols: electron microscopy and small angle X-ray scattering / V.V. Skoy, O.V. Kristavchuk, D.V. Zabelskii [et al.] // Book of abstracts Biomembranes 2016. Dolgoprudny, 2016. P. 155.

4. Криставчук, О.В. Композитные трековые мембраны с титаносодержащими фотокаталитическими покрытиями / О.В. Криставчук, Э.Х. Хамзин, Б.Л. Горберг // Тезисы докладов XIII Всероссийской научной конференции (с международным участием) Мембраны-2016. Нижний Новгород, 2016. С. 146-147.

5. Nechaev, A.N. SERS-active silver nanoparticle arrays on track-etched membranes / A.N. Nechaev, O.V. Artoshina, V.V. Trofimov [et al.] // Proceedings of 18th International Conference on Radiation effects in Insulators (REI-18). Jaipur, India, 2015. P. 267.

6. Rossouw, A. Titanium dioxide modified track-etched membranes using reactive magnetron sputtering for photocatalytic water treatment / A. Rossouw, O.V. Artoshina // Proceedings of the 4th South Africa–JINR Symposium Few to Many Body Systems: Models and Methods and Application. Dubna, 2015. P. 25-26.

7. Milovich, Ph.O. Study of copper, silver, titanium dioxide thin films on the surface of photocatalytic track-etched membranes from polyethylene terephthalate (PET) / Ph.O. Milovich, O.V. Artoshina, L.D. Iskhakova [et al.] // Proceedings of 2nd International Multidisciplinary Microscopy and Microanalysis Congress. Oludeniz, Turkey, 2014. P. 71.

8. Artoshina, O. Track-etched membranes modified by titanium dioxide / O. Artoshina, A. Rossouw, A. Nechaev, P. Apel // Conference proceeding of Ion transport and inorganic membranes. Tuapse, 2014. P. 35.

9. Rossouw, A. Stable Ion Beam Analysis (RBS and PIXE) Study of Photocatalytic Track-Etched Membranes / A. Rossouw, O.V. Artoshina, A.N. Nechaev [et al.] // First International African Symposium on Exotic Nuclei : proceedings. — 2015. — P. 591-596.

10. Артошина, О.В. Фотокаталитические трековые мембраны с поверхностью, модифицированной диоксидом титана / О.В. Артошина, А. Россоу, А.Н. Нечаев, П.Ю. Апель // Тезисы докладов всероссийской научной конференции (с международным участием) Мембраны-2013. Владимир, 2013. С. 416-417.

11. Артошина, О.В. Фотокаталитические трековые мембраны, модифицированные диоксидом титана / О.В. Артошина, А. Руссо // Сборник материалов 20-й научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых специалистов. Дубна, 2013. С. 12-13.

Научные руководители. В связи с мультидисциплинарностью диссертационной работы рекомендуются два руководителя – доктор химических наук Павел Юрьевич Апель (специалист в области получения и методологии трековых мембран) и кандидат химических наук Александр Николаевич Нечаев (специалист в области получения нанокompозитов и их характеристики, в том числе методами молекулярной спектроскопии).

Таким образом, диссертация **Ольги Вячеславовны Криставчук** «Трековые мембраны, модифицированные наночастицами серебра» полностью соответствует требованиям пп. 9-14

«Положения о присуждении диссертационных степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842 и пп. 2.1-2.5 «Положения о присуждении ученых степеней в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Института Общей и Неорганической Химии им. Н.С. Курнакова Российской Академии Наук» от 26 октября 2018 г., предъявляемых к диссертация на соискание ученой степени кандидата наук. Диссертация рекомендуется к защите на соискание учёной степени кандидата химических наук по специальности 1.4.15 «Химия твердого тела».

г. Дубна, 14 мая 2021 г



С.Н. Дмитриев,
д.ф.-м.н., председатель НТС ЦПФ ЛЯР