

ПЕЧАТНЫЕ ИОН-СЕЛЕКТИВНЫЕ СЕНСОРЫ НА ОСНОВЕ 2D ПРОВОДЯЩИХ НАНОМАТЕРИАЛОВ

Тимофеев Д.Д. (ГБОУ СОШ №464), Королёв И.С. (Университет ИТМО)

Научный руководитель: кандидат химических наук, профессор Смирнов Е.А.
(Университет ИТМО)

Введение. Недавние достижения в области ион-селективных сенсоров и проводящих материалов привели к появлению нового поколения носимых устройств, способных проводить мониторинг работы мозга, сердца и мышц [1]. Несмотря на быстрое развитие этой области, существующие материалы и методы имеют ряд недостатков, которые не позволяют использовать подобные устройства повсеместно. Появление метода струйной и трафаретной печати открыли возможность для использования различных полимерных материалов: например, чернила на полимерной основе позволяют эффективно создавать гибкие плёнки, но их проводимость, как правило, ниже чем у металлических аналогов [1].

Семейство 2D карбидов, нитридов и карбонитридов переходных металлов представляют из себя пластинки (MXene) толщиной в один нанометр и площадью до нескольких десятков микрометров [2]. Материалы семейства MXene обладают множеством полезных свойств: содержат большое количество терминальных групп, имеют высокую металлическую электропроводимость и способны к образованию композитов с другими наноматериалами [2,3]. Благодаря гидрофильным поверхностным свойствам и высокой дисперсностью в воде MXene позволяют создавать чернила на водной основе, что значительно упрощает процесс создания гибких проводящих плёнок. Создание можно проводить при помощи трёх методов: вакуумной фильтрации, распыления и покраски гибких подложек красками на водной основе [3]. Особые свойства MXene на основе карбида титана Ti_3C_2 могут использоваться для быстрого, недорогого и масштабируемого производства носимых устройств [1].

Основная часть. Получение MXene проводилось в несколько этапов, сначала при помощи плавиковой и соляной кислоты происходил процесс вытравливания алюминия из слоёв MAX фазы, после чего проводилась очистка от остатков кислот. Затем, полученный многослойный MXene подвергался интеркаляции Li^+ с целью отделения слоев друг от друга. В результате, после проведения всех этапов и очистки от соли конечного вещества, получается около 600 мл раствора MXene [3].

В процессе каждого этапа проводился качественный и количественный анализ полученных веществ при помощи набора методов, таких как SEM, AFM, XRD, EDX, UV-Vis и DLS [2].

После проведения синтеза и характеристики MXene, требовалось провести синтез ион-селективных мембран: поливинилхлорид использовался как полимерная матрица, 2-нитрофенилактилэфир как пластификатор, затем добавлялся тетрахлорфенилборат калия как ионообменник, ионофоры на ионы натрия, калия и кальция и тетрагидрофуран в качестве растворителя [4]. Было создано две мембраны - одна с добавлением ионофоров, другая без (для создания электрода сравнения).

С помощью MXene через трафарет формируются проводящие подложки, на концы которых наносилась ион-селективная мембрана [1]. После сушки, на полученных электродах проводятся измерения растворов с разной концентрацией ионов натрия, калия и кальция [5].

Результаты. В конечных результатах мы ожидаем получить:

- AFM и SEM снимки, показывающие структуру, размеры
- XRD и EDX графики отражающие элементный состав и кристаллическую решетку
- DLS и UV-Vis спектры показывают размер и концентрацию частиц в растворе

При измерении растворов с разной концентрацией ионов мы ожидаем получить линейную зависимость потенциала от отрицательного логарифма концентрации целевого иона в растворе.

Список использованных источников:

1. Driscoll, N., Erickson, B., Murphy, B. B., Richardson, A. G., Robbins, G., Apollo, N. V., ... & Vitale, F. (2021). MXene-infused bioelectronic interfaces for multiscale electrophysiology and stimulation. *Science Translational Medicine*, 13(612), eabf8629.
2. Shekhirev, M., Shuck, C. E., Sarycheva, A., & Gogotsi, Y. (2021). Characterization of MXenes at every step, from their precursors to single flakes and assembled films. *Progress in Materials Science*, 120, 100757.
3. Alhabeb, M., Maleski, K., Anasori, B., Lelyukh, P., Clark, L., Sin, S., & Gogotsi, Y. (2017). Guidelines for synthesis and processing of two-dimensional titanium carbide (Ti₃C₂T_x MXene). *Chemistry of Materials*, 29(18), 7633-7644.
4. Bakker, E., Bühlmann, P., & Pretsch, E. (1999). Polymer membrane ion-selective electrodes—what are the limits?. *Electroanalysis: An International Journal Devoted to Fundamental and Practical Aspects of Electroanalysis*, 11(13), 915-933.
5. Mousavi, M. P., Ainla, A., Tan, E. K., Abd El-Rahman, M. K., Yoshida, Y., Yuan, L., ... & Whitesides, G. M. (2018). Ion sensing with thread-based potentiometric electrodes. *Lab on a Chip*, 18(15), 2279-2290.