

Булышева Е.О., Терес Ю.Б., Селуянова А.А.
Башкирский государственный университет, Уфа, Россия

НАНОКОМПОЗИТЫ НА ОСНОВЕ ПОЛИАРИЛЕНФТАЛИДОВ С ДОБАВКАМИ ОДНОСТЕННЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК И ОКСИДА ГРАФЕНА

Полиарилефталиды (ПАФ) [1] широко используются для модифицирования электродов [2 - 4]. Тонкие пленки ПАФ электропроводны, устойчивы к нагреванию, к действию воды, кислот и щелочей, растворимы во многих органических растворителях. На их основе разработаны энантиоселективные вольтамперометрические сенсоры [2], мультисенсорные системы типа «электронный язык», в которых каждый сенсор обладает чувствительностью к нескольким компонентам исследуемого раствора, а селективность и чувствительность отклика на один и тот же определяемый компонент различны для разных сенсоров (перекрестная чувствительность). С помощью набора сенсоров можно одновременно определять концентрации многих или всех компонентов, используя заранее установленную многопараметрическую зависимость (многомерную градуировку). В частности, такие системы используются для распознавания лекарственных средств [3], их энантиочистоты, производителей лекарственных препаратов [4].

Среди исключительно перспективных материалов для модифицирования электродов следует выделить нанокompозитные структуры на основе полиарилефталидов, углеродных нанотрубок и оксида графена. Использование функциональных наноматериалов, особенно нанокompозитных материалов, является многообещающим из-за увеличенного размера электродов, площади поверхности, улучшенной электропроводности сенсорного слоя, химической доступности аналита. Эти улучшения в основном связаны с увеличенной площадью поверхности, которая улучшает доступ аналита к поверхности электрода; что способствует созданию высокочувствительных сенсорных платформ. Известно, что потенциал нанокompозитов, армированных наноструктурированными углеродными материалами, открывает огромные возможности для применения в 21 веке.

Существует огромное количество примеров, когда наноматериалы (многослойные и однослойные углеродные нанотрубки, графен, фуллерены, нановолокна и т.д.),

диспергированные в полимерную матрицу, привели к важным достижениям в области аналитической электрохимии, особенно в разработке сенсорных устройств [5]. Изучение характеристик исходного нанокомпозитного материала перед его использованием в электрохимическом анализе является предпосылкой для создания эффективных сенсорных платформ с улучшенными электроаналитическими параметрами. Данная работа направлена на создание вольтамперометрических сенсоров, модифицированных нанокомпозитами на основе полиарилефталидов с добавками одностенных углеродных нанотрубок (УНТ) (диаметр 0.7 – 1.1 нм) и оксида графена (ГО). Образцы полимера PАР ($\geq 99\%$) были предоставлены Уфимским институтом химии РАН (Уфа, Россия). Циклические вольтамперограммы и спектры электрохимического импеданса были зарегистрированы с использованием потенциостата / гальваностата AutoLab PGSTAT 204, оснащенного модулем FRA 32M (Metrohm AutoLab, Нидерланды) с программным обеспечением Nova. Электрохимические измерения проводились в трехэлектродной ячейке, состоящей из модифицированного стеклоуглеродного электрода (СУЭ) диаметром 3 мм в качестве рабочего электрода, платиновой проволоки в качестве противоиэлектрода и Ag/AgCl (насыщенный KCl) в качестве электрода сравнения. Для изучения электрохимических свойств СУЭ/ПАФ, СУЭ/ПАФ/ГО, СУЭ/ПАФ/УНТ были проведены циклические вольтамперометрические и импедансные измерения в стандартном растворе гексацианоферрата калия (II / III). Эффективная площадь поверхности рассматриваемых электродов (табл. 1), рассчитанная по уравнению Рэндлса – Шевчика увеличивается на 20 % для композитного сенсора СУЭ /ПАФ/ГО и на 34 % СУЭ /ПАФ/УНТ по сравнению с СУЭ /ПАФ. Облегчение переноса электрона ферроцианидной пары через слой композитного модификатора подтверждается данными импеданса (табл. 1).

Таблица 1.

Параметры спектров электрохимического импеданса и эффективной площади поверхности согласно данным циклической вольтамперометрии на СУЭ /ПАФ, СУЭ /ПАФ/ГО, СУЭ /ПАФ/УНТ в 5.0 мМ $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-/3-}$ ($n=5$; $P = 0.95$).

Электрод	$A, \text{мм}^2$	$R_{\text{et}}, \text{k}\Omega$
СУЭ /ПАФ	1.60 ± 0.06	88.4 ± 4.1
СУЭ /ПАФ/ГО	1.99 ± 0.08	68.0 ± 0.7
СУЭ /ПАФ/УНТ	2.42 ± 0.08	51.2 ± 2.5

Исследования показали, что композитные сенсоры СУЭ/ПАФ, СУЭ/ПАФ/ГО, СУЭ/ПАФ/УНТ характеризуются достаточно высокой эффективной площадью поверхности и скоростью переноса электронов, что позволяет в дальнейшем использовать их в электроанализе веществ различной природы, в том числе для создания полевых транзисторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. V.A. Kraikin, A.A. Fatykhov, N.G. Gileva, A.A. Kravchenko, S.N. Salazkin, *Magn. Reson. Chem.*, 2021, 59, 61.
2. R.A. Zilberg, Yu.B. Teres, L.R. Zagitova, Yu.A. Yarkaeva, T.V. Berestova, *Analytics and control*, 2021, 25, 193.
3. R.A. Zilberg, Yu.A. Yarkaeva, E.I. Maksyutova, A.V. Sidelnikov, V.N. Maistrenko, *J. Anal. Chem.*, 2017, 72, 402.
4. R.A. Zil'berg, V.N. Maistrenko, Y.A. Yarkaeva, D.I. Dubrovskii, *J. Anal. Chem.*, 2019, 74, 1245.
5. K. Murtada and V. Moreno, *Nanomaterials, J. Electroanal. Chem.*, 2020, 861, 113988.