

Спектроскопия электронного парамагнитного резонанса для изучения материалов на основе оксида графена

Чумакова Н.А.^{1,2}

harmonic2011@yandex.ru

¹ ФИЦ ХФ РАН им. Н.Н. Семенова, Москва, Россия

² МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

Спектроскопия электронного парамагнитного резонанса в варианте методики спинового зонда в настоящее время широко используется для изучения структуры и динамики веществ и материалов. Пространственная анизотропия параметров спин-гамильтониана парамагнитных молекул-зондов делает их спектры ЭПР высокочувствительными к вращательной подвижности и ориентационной упорядоченности этих молекул, которые, в свою очередь, отражают молекулярную подвижность (микровязкость) и ориентационную упорядоченность молекул изучаемого вещества. Лекция будет посвящена возможности использования данного подхода для изучения материалов на основе оксида графена (ОГ).

С помощью небольшого компактного зонда ТЕМРО была определена молекулярная подвижность ряда полярных жидкостей в пространстве между окисленными графеновыми слоями для материалов ОГ, синтезированных по методикам Хаммерса и Броди. Показано, что в широком температурном диапазоне в межплоскостном пространстве сосуществуют три фракции интеркалированного вещества, значительно различающиеся молекулярной подвижностью [1]. По-видимому, эти фракции локализованы в наногалереях с различной степенью окисленности. В литературе имеются теоретические и экспериментальные подтверждения агрегации кислородсодержащих групп на поверхности ОГ [2, 3].

С помощью специально подобранных спиновых зондов, жестко сорбирующихся на поверхность окисленных графеновых слоев, была количественно охарактеризована внутренняя структура (архитектура) мембран из ОГ [4]. Показано, что ориентация слоев в мембране в значительной степени влияет на ее функциональные свойства, а именно, на селективность проницаемости для полярных жидкостей разной природы [5]. Совместное использование метода ориентированного спинового зонда и сканирующей электронной микроскопии с привлечением технологии машинного обучения позволяет судить о степени изгиба окисленных графеновых слоев [6].

Методика pH-чувствительного спинового зонда позволила измерить кислотность воды в наноразмерном пространстве между окисленными графеновыми плоскостями. Установлена зависимость pH интеркалированной воды от химической предыстории материала.

Ссылки

1. D. A. Astvatsaturov, T. S. Yankova, A. I. Kokorin, M. Ya. Melnikov, and N. A. Chumakova, J. Phys. Chem. C (2024) **128**, 17940.
2. S. Ban, J. Xie, Y. Wang, B. Jing, B. Liu, H. Zhou, ACS Appl. Mater. Interfaces (2016) **8**, 321.
3. K. Erickson, R. Erni, Z. Lee, N. Alem, W. Gannett, A. Zettl, Adv. Mater. (2010) **22**, 4467.
4. N. A. Chumakova, A. Kh. Vorobiev, D. A. Astvatsaturov, T. S. Yankova, A. T. Rebrikova, and M. V. Matveev, PCCP (2022) **24**, 4881.
5. T. S. Yankova, S. N. Chichulin, A. V. Kaplin, M. V. Matveev, S. V. Dvoryak, S. M. Kuzovchikov, A. K. Gatin, T. Kálai, and N. A. Chumakova, Chem. Phys. Lett. (2025) **880**, 142397.
6. N. A. Marnautov, M. V. Matveev, A. A. Gulin, T. Kálai, B. Bognár, A. T. Rebrikova, and N. A. Chumakova, J. Phys. Chem. C (2024) **128**, 2543.