

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МЕТАЛЛ-ОРГАНИЧЕСКИХ РЕДОКС-СИСТЕМ ДЛЯ ПРОТОЧНЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

Баринов М. А.¹, Букалова С. Н.¹, Долгих К. Г.¹, Леончук С. С.¹
Научный руководитель – д.х.н., профессор Виноградов В. В.¹

¹Университет ИТМО
maxim56550@mail.ru

Введение

Органические редокс-системы открывают широкие перспективы для создания высокоэффективных проточных аккумуляторов нового поколения. Такие системы могут сочетать высокую энергоёмкость, многостадийные редокс-переходы, экологичность и возможность регенерации, что делает их привлекательными для стационарных систем хранения энергии на базе возобновляемых источников. В настоящей работе проведен подробный анализ современных разработок в сфере металл-органических редокс-систем, в том числе порфиринового и полиароматического строения, а также представлены результаты экспериментального исследования электрохимических свойств их наиболее ярких представителей.

Основная часть

Суть предлагаемого решения заключается в разработке органических редокс-систем как универсального жидкого электролита для проточных аккумуляторов. Органические молекулы выступают в роли обратимых переносчиков заряда, чей редокс-потенциал, растворимость, кинетика и стабильность могут быть точно настроены путём введения электрон-донорных и электрон-акцепторных функциональных групп, обеспечивая многоэлектронные процессы, высокую ионную проводимость и широкое рабочее напряжение как в водных, так и в неводных средах. При оптимальном молекулярном дизайне и соотношении компонентов формируется стабильная, высокоактивная жидкая редокс-среда, которая позволяет достичь высокой энергоёмкости и эффективности без использования дорогостоящего лития и токсичных переходных металлов, предлагая экономичную, безопасную и масштабируемую альтернативу традиционным системам хранения энергии [1-2].

Оптимальным решением проблемы высокой стоимости, низкой доступности и ограниченной масштабируемости традиционных редокс-систем на основе редких или токсичных металлов является переход на органические и металл-органические редокс-активные молекулы. Благодаря исключительной структурной гибкости органические соединения легко синтезируются с точно заданным молекулярным составом, позволяя целенаправленно настраивать редокс-потенциал, растворимость, кинетику и многоэлектронную ёмкость под требования системы. В отличие от кобальтсодержащих материалов литий-ионных аккумуляторов или ванадиевых электролитов в серной кислоте, органические редокс-молекулы обладают значительно лучшей экологичностью, низкой токсичностью и гораздо более простой и эффективной переработкой в конце жизненного цикла, что критически важно для крупномасштабного хранения энергии. Таким образом, будущее проточных аккумуляторов принадлежит новому поколению органических и металл-органических молекул, способных обеспечить сочетание высокой энергоёмкости, безопасности, экономичности и полной экологической устойчивости [1-2].

Для исследования актуальных направлений предлагаются оригинальные, экономичные и новейшие методы. Экспериментальная часть включает прецизионные измерения проводимости четырёхэлектродным методом и ИК-Фурье-спектроскопию

для отслеживания молекулярных превращений в реальном времени - оба метода недорогие и не требуют сложного оборудования.

Выводы

Переход к органическим и металл-органическим редокс-системам открывает эпоху по-настоящему устойчивого, безопасного и экономически доступного хранения электрической энергии. Проточные аккумуляторы на их основе сочетают высокую энергоёмкость, отличную обратимость процессов, простоту масштабирования и минимальное воздействие на окружающую среду. Благодаря возможности точного молекулярного дизайна органические редокс-активные молекулы легко синтезируются из возобновляемых источников, не требуют дефицитных или токсичных металлов и поддаются эффективной переработке в конце жизненного цикла - в отличие от традиционных систем на основе ванадия, кобальта или лития.

Литература

1. Tolmachev Y. V., Starodubceva S. V. Flow batteries with solid energy boosters // *Journal of Electrochemical Science and Engineering*. - 2022. - Vol. 12, No. 4. - P. 731-766.
2. Ramar A., Wang F.-M., Foeng R., Hsing R. Organic redox flow battery: Are organic redox materials suited to aqueous solvents or organic solvents? // *Journal of Power Sources*. - 2023. - Vol. 558. - 232611.