

# Broadband dielectric spectroscopy analysis for efficient electrochemical devices development

## Problem

New efficient and reliable devices for electrochemical energy generation and storage are highly desirable on the energy markets (Fig.1). As a growing number of novel functional materials for device components such as, e.g., electrodes, separators, electrolytes, they necessitate fast and precise characterization to control the charge separation mechanism, a key process for all electrochemical devices, which ensures successful product development and marketability. Characterization and analysis require a unique combination of specialized equipment and expertise.

## Product/Method

Study of materials for energy applications by combination of theory/numerical simulations/experiments:

- Experimental study of atomic-molecular mechanisms of dielectric response of pure water and electrolytes, in the bulk and confined in a porous matrix in the 1 Hz – to  $10^{15}$  Hz frequency range (Fig.2);
- Development of models for the numerical simulations of diffusion process, polarization and electrical conductivity;
- Study of the mechanisms of polarization in complex materials and aqueous solutions to establish processes responsible for high electric conductivity and high dielectric constant.

## Advantage / Novelty

The method covers the whole range of the charge transfer from atomic oscillations to the long-term diffusion (see e.g. ice and water spectra on Fig.3).

## Team / Ways of collaboration

Prof. H. Ouerdane ([h.ouerdane@skoltech.ru](mailto:h.ouerdane@skoltech.ru)), Dr. V. Artemov ([v.artemov@skoltech.ru](mailto:v.artemov@skoltech.ru)) – Energy conversion physics and technology group – CEST, Skoltech / Collaborative projects with industry and consultancy upon request.

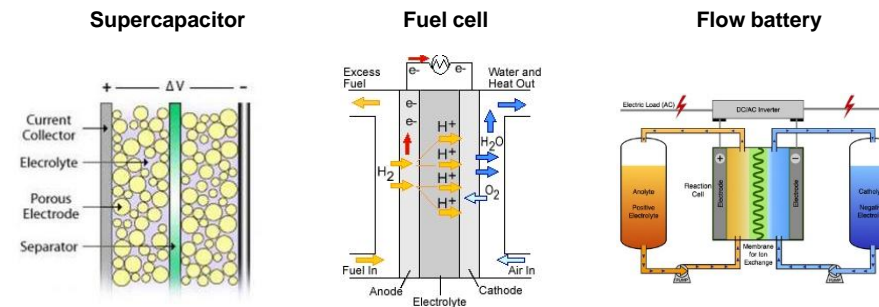


Fig.1. Structure of devices for electrochemical energy generation and storage.

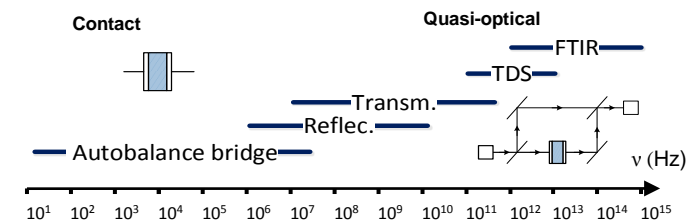


Fig.2. Series of instruments for dielectric spectroscopy of materials.

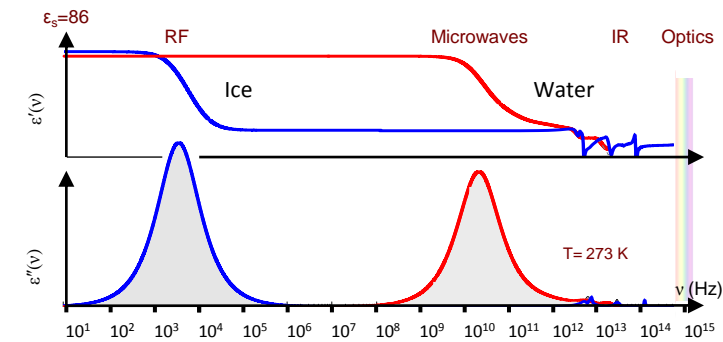


Fig.3. Spectra of real (top) and imaginary (bottom) parts of dielectric permittivity of ice and water from 1 Hz to  $10^{15}$  Hz.

# Широкополосная диэлектрическая спектроскопия для разработки эффективных электрохимических устройств

## Описание проблемы

Современный рынок энергетических систем требует эффективных и надежных устройств для производства и хранения электрохимической энергии (Рис.1). Поскольку число новых функциональных материалов для компонентов этих устройств как, например, электроды, сепараторы, электролиты, стремительно растет, то требуется быстрый и точный метод изучения механизма разделения зарядов, ключевого процесса для всех электрохимических устройств. Характеристика и анализ новых материалов для успешной разработки продукта требуют уникального сочетания специализированного оборудования и опыта.

## Продукт/метод

Изучение материалов с применением теории/численного моделирования/экспериментов:

- Экспериментальное исследование диэлектрического отклика воды и электролитов в объеме и в пористой матрице в диапазоне частот от 1 Гц до  $10^{15}$  Гц (Рис.2.);
- Разработка моделей для численного моделирования диффузионного процесса, явлений поляризации и электропроводности;
- Изучение механизмов поляризации в сложных материалах и водных растворах для установления процессов, ответственных за высокую электропроводность и высокую диэлектрическую проницаемость.

## Преимущества/новизна

Используемый метод охватывает весь диапазон стадий переноса заряда от атомных колебаний до длительной диффузии.

## Team / Ways of collaboration

Профессор Хенни Уэрдан, с.н.с. Василий Артемов / Совместные проекты с промышленностью и консультации по запросу.

[H.Querdane@skoltech.ru](mailto:H.Querdane@skoltech.ru) [V.Artemov@skoltech.ru](mailto:V.Artemov@skoltech.ru)

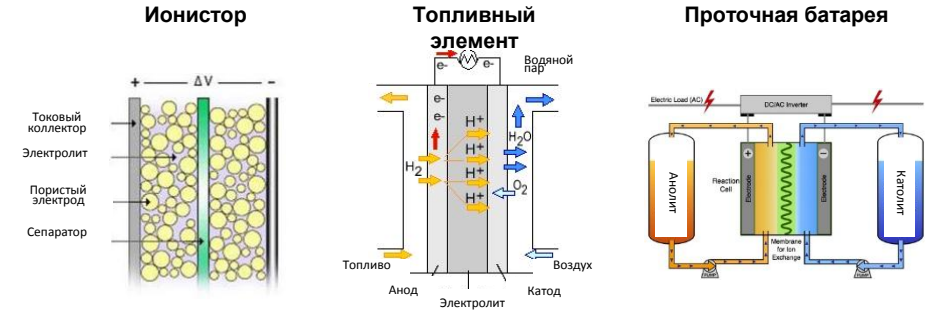


Рис.1. Примеры устройств для производства и хранения электрохимической энергии.

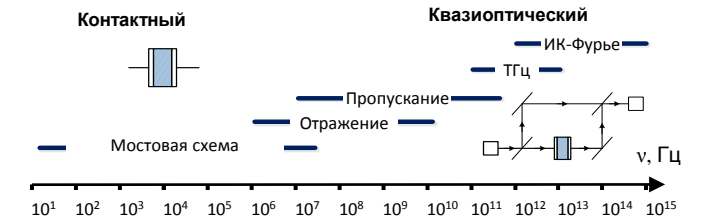


Рис.2. Последовательность приборов, использующихся для диэлектрической спектроскопии материалов.

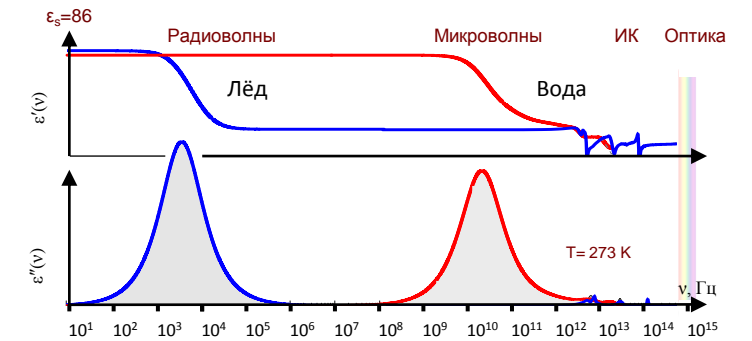


Рис.3. Спектры действительной (вверху) и мнимой (внизу) частей диэлектрической проницаемости льда и воды в диапазоне 1 Гц -  $10^{15}$  Гц.