

Fuel cells part 3 – characterization using EIS

In the previous application notes it was shown that fuel cells are promising power sources as they offer highly efficient and environmentally friendly solution for alternative energy. In recent years considerable research is being done to provide a better understanding of the factors that affect the performance of a fuel cell.

In this application note the use of Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS) for the characterisation of PEM fuel will be demonstrated. It will be shown that EIS is a powerful diagnostic tool for the determination of the following factors that can influence the performance of a PEM fuel cell:

- Electrode composition and structure

- Membrane characteristics
- Operating parameters such as, cell temperature, humidification, gas composition and pressure

The main advantage of EIS as a diagnostic tool is its capacity to resolve in the frequency domain the individual contributions of the various factors that determine the overall PEM fuel cell power losses:

- Kinetic
- Ohmic
- Mass transport

EXPERIMENTAL CONDITIONS

The experiments were done on the fuel cell test station at Electrochemistry group in the Department of Chemistry at the North Eastern University in Boston, USA.

The experiments were conducted using an AUTOLAB PGSTAT302N controlled by NOVA software. The EIS measurements were performed using the FRA32 module controlled by NOVA software. The 10 A current booster unit was used as the load.

The fuel cell used for the experiments was a single cell with a geometric surface area of 5 cm² comprising a Nafion polymer electrolyte membrane. The electrodes consisted of a thin-film catalyst layer. The electrodes

were supplied with pure hydrogen or hydrogen with small quantity of CO at the anode and with hydrogen (for reference measurements), air or oxygen at the cathode.

The EIS experiments were done under potentiostatic control. For the cell with hydrogen at the cathode, the EIS experiments were done at OCP (0.0 V). For experiments with air and oxygen the experiments were done at the applied potential of 0.8 V, 0.6 V and 0.4 V. A frequency range of 10 kHz – 0.01 Hz was used. The amplitude of the AC perturbation was set to 10 mV.

EXPERIMENTAL RESULTS

In **Figure 1** the results of the EIS experiment with H_2 at the cathode are compared with those with O_2 and air at the cathode.

When only hydrogen is at both the anode and cathode side of the electrode there is no reduction reaction that takes place at the cathode and one measures the ohmic losses across the membrane. When the hydrogen is replaced by oxygen at the

cathode then the reduction of oxygen at the cathode occurs. The charge transfer resistance of the reduction reaction can therefore be measured. When oxygen is replaced by air at the cathode then the effect of mass transport can be seen. Oxygen has to diffuse through nitrogen present in air to reach the cathode surface, this results in an increase in the polarisation resistance due to the diffusion resistance as seen in **Figure 1**.

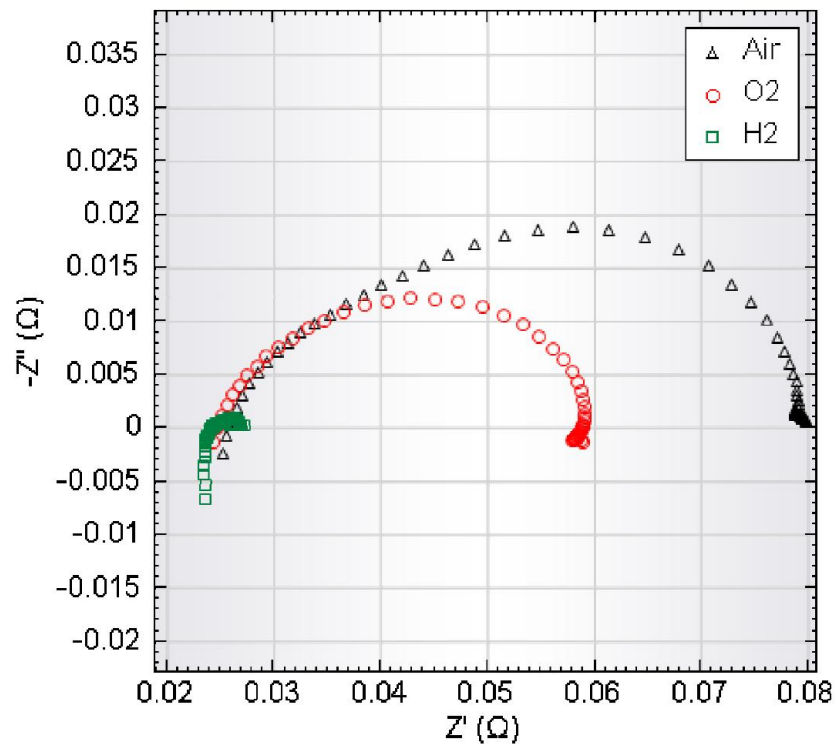


Figure 1. Results of EIS experiment on a PEM fuel cell with H_2 , O_2 and air at the cathode

In **Figure 2** the effect of the poisoning of the catalyst by CO can be seen. With the introduction of CO in air on the anode side the charge transfer resistance for

the oxidation of hydrogen increases due to the poisoning of the catalyst.

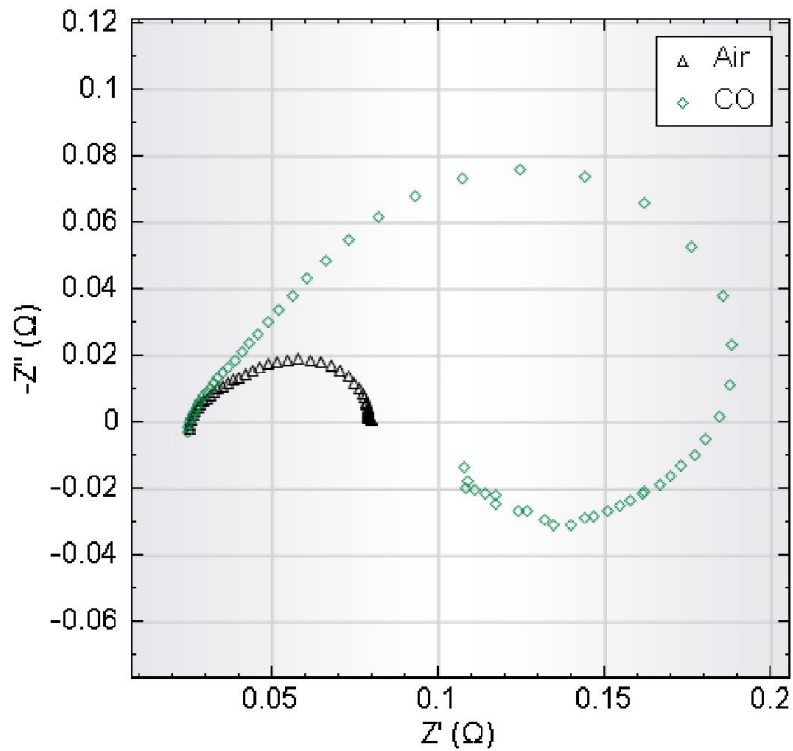


Figure 2. Results of EIS experiments on a PEM fuel cell with air and CO at the anode

With the introduction of CO in air on the anode side the charge transfer resistance for the oxidation of

hydrogen increases due to the poisoning of the catalyst.

REFERENCES

1. M. Ciureanu, R. Roberge, *J. Phys. Chem. B*, 2001, 105, 3531-3539

CONTACT

Metrohm France
 13, avenue du Québec - CS
 90038
 91978 VILLEBON
 COURTABOEUF CEDEX

info@metrohm.fr



Autolab PGSTAT204

Le PGSTAT204 associe faible encombrement et conception modulaire. Cet appareil comprend un potentiostat/galvanostat de base avec une tension disponible de 20 V et une intensité maximum de 400 mA ou 10 A en association avec le BOOSTER10A. Le potentiostat peut évoluer à tout moment au moyen d'un module complémentaire, comme le module de spectroscopie d'impédance électrochimique (SIE) FRA32M.

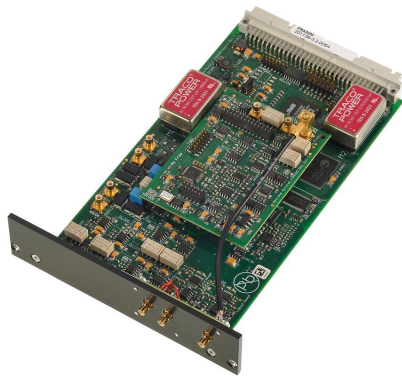
Le PGSTAT204 est un appareil d'un prix abordable qui trouve toujours une place dans le laboratoire. Il dispose d'entrées et de sorties analogiques et numériques pour contrôler les accessoires Autolab et les appareils externes. Le PGSTAT204 comprend un intégrateur analogique intégré. Associé au logiciel performant NOVA, il peut être utilisé pour la plupart des techniques d'électrochimie standard.



Autolab PGSTAT302N

Ce potentiostat/galvanostat haut de gamme pour courant élevé, avec une tension disponible de 30 V et une bande passante de 1 MHz, associé à notre module FRA32M, est spécialement conçu pour la spectroscopie d'impédance électrochimique.

Le PGSTAT302N est le successeur du très populaire PGSTAT30. L'intensité maximale est de 2 A, la gamme d'intensité peut être étendue à 20 A avec le BOOSTER20A, la résolution de l'intensité est de 30 fA pour une gamme d'intensité de 10 nA.



Module de spectroscopie d'impédance électrochimique

Le FRA32M fournit les moyens de réaliser des mesures d'impédance et d'impédance électrochimique en association avec l'Autolab. Ce module permet à la fois de réaliser des mesures d'impédance potentiostatiques et galvanostatiques sur une large gamme de fréquences allant de 10 μ Hz à 32 MHz (avec une limitation à 1 MHz en combinaison avec l'Autolab PGSTAT). Outre la SIE classique, le logiciel NOVA permet aussi aux utilisateurs de moduler d'autres signaux extérieurs tels que la vitesse de rotation d'une électrode à disque tournante ou la fréquence d'une source lumineuse en vue de réaliser une spectroscopie d'impédance électro-hydrodynamique ou photomodulée.

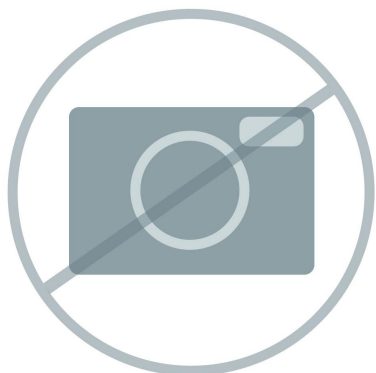
Le module FRA32M est fourni avec un logiciel puissant d'adaptation et de simulation pour l'analyse des données d'impédance.



Booster 10 A

Le module Booster10A élève l'intensité maximum des PGSTAT100N, PGSTAT128N, PGSTAT302N, PGSTAT204 ou M204 à 10 ampères. La tension disponible du système est de 20 V en association avec le Booster10A.

Avec un temps de réponse rapide, l'Autolab Booster10A a été optimisé pour réaliser des mesures d'impédance électrochimique en association avec le module FRA32M, sur des piles à combustible, des batteries et des supercondensateurs. Le booster est en mesure de traiter à la fois des cellules actives et passives. Le Booster10A peut servir à mesurer les caractéristiques de charge et de décharge des supercondensateurs, à réaliser des mesures sur les piles à combustible ou des mesures DC ou AC sur des électrodes à grande surface.



Logiciel avancé pour la recherche électrochimique

NOVA est le progiciel conçu pour le contrôle de tous les instruments Autolab avec interface USB.

Conçu par des électrochimistes pour des électrochimistes, NOVA apporte plus de puissance et plus de flexibilité à votre potentiostat/galvanostat Autolab en intégrant plus de deux décennies d'expérience utilisateur et la toute dernière technologie logicielle .NET.

NOVA propose les fonctionnalités inédites suivantes :

- Un éditeur de procédures performant et flexible
- Une vue d'ensemble claire des données pertinentes en temps réel
- Des outils d'analyse de données et de tracés puissants
- Contrôle intégré des périphériques externes comme les instruments LQH Metrohm