

# Celle a combustibile parte 3 – caratterizzazione mediante EIS

Nelle Application Notes precedenti è stato dimostrato che le celle a combustibile sono promettenti fonti di energia in quanto offrono una soluzione altamente efficiente ed ecologica per l'energia alternativa. Negli ultimi anni sono state condotte ricerche approfondite per fornire una migliore comprensione dei fattori che influenzano le prestazioni di una cella a combustibile. In questa Application Note verrà dimostrato l'uso della spettroscopia di impedenza elettrochimica (EIS) per la caratterizzazione del carburante PEM. Si dimostrerà che l'EIS è un potente strumento diagnostico per la determinazione dei seguenti fattori che possono influenzare le prestazioni di una cella a combustibile PEM:

- Composizione e struttura dell'elettrodo

## CONDIZIONI DI ANALISI

Gli esperimenti sono stati condotti sulla stazione di prova delle celle a combustibile presso il gruppo di elettrochimica del Dipartimento di Chimica della North Eastern University di Boston, negli Stati Uniti.

Gli esperimenti sono stati condotti utilizzando un AUTOLAB PGSTAT302N controllato dal software NOVA. L'EIS le misurazioni sono state eseguite utilizzando il modulo FRA32 controllato dal software NOVA. Come carico è stata utilizzata l'unità booster di corrente da 10 A.

La cella a combustibile utilizzata per gli esperimenti era una singola cella con una superficie geometrica di 5 cm<sup>2</sup> comprendente una membrana elettrolitica

- Caratteristiche della membrana
- Parametri operativi quali temperatura della cella, umidificazione, composizione del gas e pressione

Il principale vantaggio di EIS come strumento diagnostico è la sua capacità di risolvere nel dominio della frequenza i contributi individuali dei vari fattori che determinano le perdite di potenza complessive delle celle a combustibile PEM:

- Cinetico
- Ohmico
- Trasporto di massa

polimerica Nafion. Gli elettrodi erano costituiti da uno strato di catalizzatore a film sottile. Gli elettrodi sono stati alimentati con idrogeno puro o idrogeno con piccola quantità di CO all'anodo e con idrogeno (per misure di riferimento), aria o ossigeno al catodo.

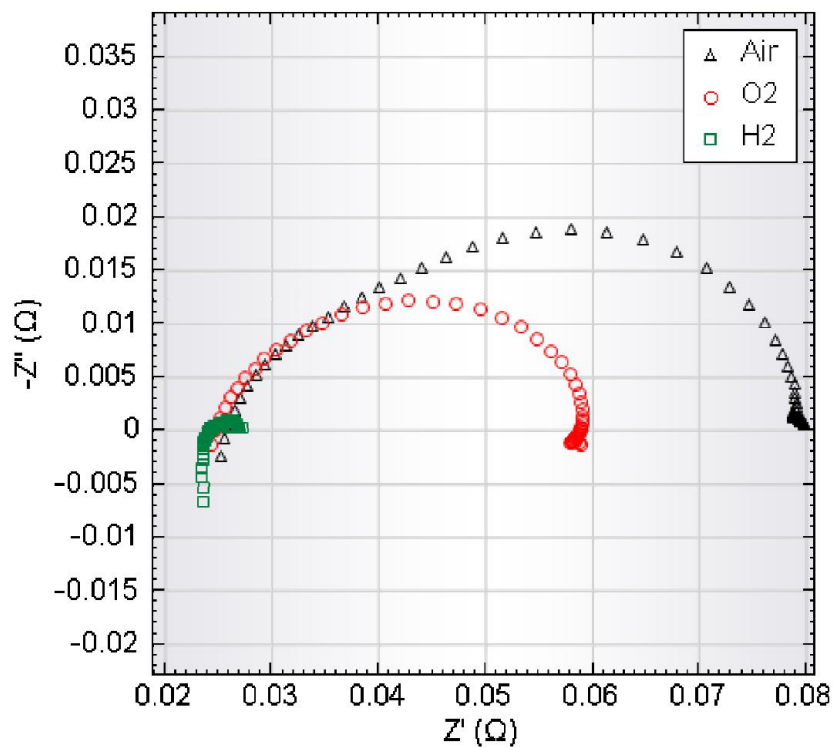
Gli esperimenti EIS sono stati condotti sotto controllo potenziostatico. Per la cella con idrogeno al catodo, gli esperimenti EIS sono stati condotti a OCP (0,0 V). Per gli esperimenti con aria e ossigeno, gli esperimenti sono stati eseguiti al potenziale applicato di 0,8 V, 0,6 V e 0,4 V. È stata utilizzata una gamma di frequenza di 10 kHz – 0,01 Hz. L'ampiezza della perturbazione AC è stata impostata a 10 mV.

## RISULTATI DI ANALISI

Nella **Figura 1** i risultati dell'esperimento EIS con  $H_2$  al catodo vengono confrontati con quelli di  $O_2$  e aria al catodo.

Quando solo idrogeno è sia sul lato anodo che sul lato catodico dell'elettrodo, non vi è alcuna reazione di riduzione che ha luogo al catodo e si misurano le perdite ohmiche attraverso la membrana. Quando l'idrogeno viene sostituito dall'ossigeno al catodo, si verifica la riduzione dell'ossigeno al catodo. È quindi

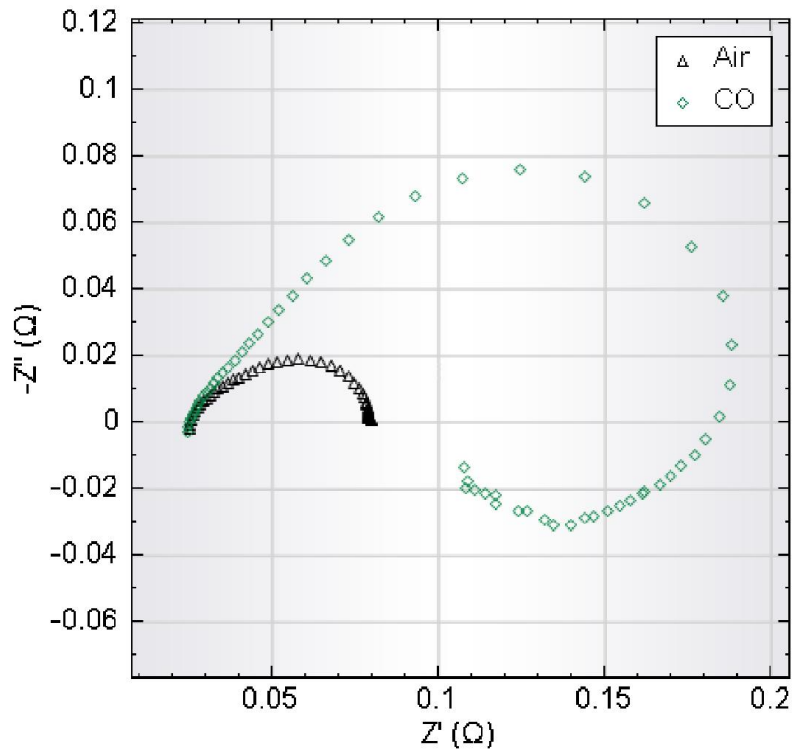
possibile misurare la resistenza al trasferimento di carica della reazione di riduzione. Quando l'ossigeno viene sostituito dall'aria al catodo, si può vedere l'effetto del trasporto di massa. L'ossigeno deve diffondersi attraverso l'azoto presente nell'aria per raggiungere la superficie del catodo, questo si traduce in un aumento della resistenza alla polarizzazione dovuto alla resistenza alla diffusione come si vede in **Figura 1**.



**Figure 1.** Risultati dell'esperimento EIS su una cella a combustibile PEM con  $H_2$ ,  $O_2$  e aria al catodo

Nella **figura 2** si può vedere l'effetto dell'avvelenamento del catalizzatore da parte di CO. Con l'introduzione di CO nell'aria lato anodo aumenta

la resistenza al trasferimento di carica per l'ossidazione dell'idrogeno a causa dell'avvelenamento del catalizzatore.



**Figure 2.** Risultati degli esperimenti EIS su una cella a combustibile PEM con aria e CO all'anodo

Con l'introduzione di CO nell'aria lato anodo aumenta la resistenza al trasferimento di carica per

l'ossidazione dell'idrogeno a causa dell'avvelenamento del catalizzatore.

## RIFERIMENTI

1. M. Ciureanu, R. Roberto, J. Phys. Chimica. B, 2001, 105, 3531-3539

## CONTACT

Metrohm Italiana Srl  
Via G. Di Vittorio, 5  
21040 Origgio (VA)

[info@metrohm.it](mailto:info@metrohm.it)



### Autolab PGSTAT204

Il PGSTAT204 combina il minimo ingombro con un design modulare. Lo strumento comprende un potenziostato/galvanostato di base con una tensione conforme di 20 V e una corrente massima di 400 mA o 10 A in combinazione con il BOOSTER10A. Il potenziostato può essere ampliato in qualsiasi momento con un modulo aggiuntivo, per esempio il modulo per la spettroscopia di impedenza elettrochimica FRA32M (EIS).

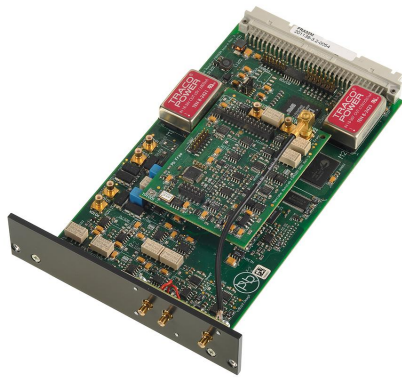
Il PGSTAT204 è uno strumento economico, che può essere posizionato ovunque in laboratorio. Gli ingressi e le uscite analogici e digitali sono disponibili per controllare gli accessori e i dispositivi esterni Autolab. Il PGSTAT204 include un integratore analogico integrato. In combinazione con il potente software NOVA può essere utilizzato per la maggior parte delle tecniche elettrochimiche standard.



### Autolab PGSTAT302N

Questo potenziostato/galvanostato di fascia elevata e ad alta corrente, con una tensione di 30 V e una larghezza di banda di 1 MHz, combinato con il nostro modulo FRA32M, è appositamente progettato per la spettroscopia di impedenza elettrochimica.

Il PGSTAT302N è il successore del famoso PGSTAT30. La corrente massima è 2 A, l'intervallo di corrente può essere esteso a 20 A con il BOOSTER20 A, la risoluzione di corrente è 30 fA in un intervallo di corrente di 10 nA.



### Modulo per la spettroscopia d'impedenza elettrochimica

Il FRA32M fornisce i mezzi per effettuare misure di impedenza e di impedenza elettrochimica in combinazione con l'Autolab. Questo modulo permette di eseguire misurazioni di impedenza potenziostatiche e galvanostatiche in un ampio intervallo di frequenze da 10  $\mu$ Hz a 32 MHz (limitato a 1 MHz in combinazione con l'Autolab PGSTAT). Oltre alla classica EIS, il software NOVA permette inoltre agli utenti di modulare altri segnali esterni, come la velocità di rotazione di un elettrodo a disco rotante o la frequenza di una sorgente di luce per eseguire la spettroscopia di impedenza elettro-idrodinamica o fotomodulata.

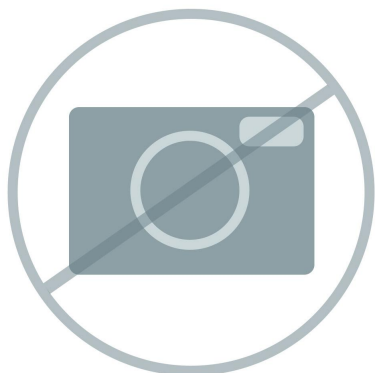
Il modulo FRA32M è dotato di un potente software di idoneità e simulazione per l'analisi dei dati di impedenza.



### Booster 10A

Il modulo Booster10A aumenta la corrente massima di PGSTAT100N, PGSTAT128N, PGSTAT302N, PGSTAT204 o M204 a 10 Ampere. La tensione conforme del sistema è di 20 V in combinazione con il Booster10A.

Con il suo tempo di risposta rapido, l'Autolab Booster10A è stato ottimizzato per effettuare misure di impedenza elettrochimica, in combinazione con il modulo FRA32M, su celle a combustibile, batterie e supercondensatori. L'amplificatore è in grado di gestire celle attive e passive. Il Booster10A può essere utilizzato per misurare le caratteristiche di carica e scarica di super-condensatori, effettuare misure sulle celle a combustibile o effettuare misure DC o AC su elettrodi di grande area.



### Software avanzato per la ricerca elettrochimica

NOVA è il pacchetto software progettato per controllare tutti gli strumenti Autolab con interfaccia USB.

Progettato da elettrochimici per elettrochimici e integrando oltre due decenni di esperienza degli utenti e la più recente tecnologia software .NET, NOVA offre più potenza e maggiore flessibilità al vostro potenziostato/galvanostato Autolab.

NOVA offre le seguenti caratteristiche uniche:

- editor di sequenza potente e flessibile
- chiara visione dei dati in tempo reale rilevanti
- potenti analisi dei dati e strumenti di plottaggio
- Controllo integrato per dispositivi esterni come dispositivi Metrohm Liquid Handling