



Application Note AN-BAT-013

Misurazioni EIS simultanee di un catodo e anodo di una batteria agli ioni di litio

Second Sense (S2) for concurrent measurements at both electrodes in battery research applications

Nell'ambito della ricerca sulle batterie, la spettroscopia di impedenza elettrochimica (EIS) rappresenta uno strumento necessario per analizzare i processi che si verificano sugli elettrodi. Con una comune batteria a tre elettrodi, la spettroscopia EIS può essere eseguita in sequenza prima su uno elettrodo e poi sull'altro.

Tuttavia, grazie alla funzionalità Second Sense (S2) disponibile in VIONIC powered by INTELLO, l'EIS può

essere eseguito contemporaneamente su entrambi gli elettrodi.

In questa nota applicativa, l'EIS viene eseguito simultaneamente al catodo e all'anodo di una batteria agli ioni di litio. Questo studio fornisce un esempio di misurazione per i ricercatori che hanno bisogno di studiare i processi elettrochimici che si verificano simultaneamente sui poli di una batteria.

INTRODUCTION

La spettroscopia di impedenza elettrochimica (EIS) è uno degli strumenti tecnici più importanti per la caratterizzazione delle batterie. Una limitazione dell'analisi dei dati EIS a due elettrodi è che spesso può essere difficile deconvolvere componenti di impedenza che hanno costanti di tempo simili. Le misurazioni della semicella possono essere utilizzate per studiare l'impedenza associata ai due elettrodi separatamente, ma potrebbero non riflettere i processi che si verificano nella cella intera a diversi stati di carica e scarica [1].

Se viene introdotto un elettrodo di riferimento che non interferisce con il ciclo della cella, è possibile misurare l'impedenza del catodo e dell'anodo rispetto

all'elettrodo di riferimento dopo aver caricato e scaricato la cella come di consueto.

Con VIONIC powered by INTELLO si misura la corrente al catodo (elettrodo di lavoro). Il potenziale tra il catodo e gli elettrodi di riferimento viene misurato anche collegando il conduttore S1 al catodo e il conduttore RE all'elettrodo di riferimento. Inoltre, il potenziale tra l'anodo e l'elettrodo di riferimento può essere misurato collegando il cavo S2 all'anodo della batteria.

In questo modo è possibile misurare simultaneamente i dati di impedenza elettrochimica del catodo (positivo) e dell'anodo (negativo).

EXPERIMENTAL SETUP

È stata utilizzata una cella della sacca della batteria dotata di un elettrodo di riferimento interno. L'esperimento consisteva in una misurazione EIS potenziostatica a un potenziale CC impostato sul potenziale di circuito aperto (OCP), da 100 kHz a 100 mHz, 10 frequenze per decennio e 30 mV di ampiezza

superiore.

L'OCP era 3,71 V rispetto al riferimento.

L'esperimento è stato eseguito con VIONIC powered by INTELLO, mentre l'analisi dei dati è stata eseguita con NOVA 2.

RESULTS AND DISCUSSION

Nel **Figura 1**, viene mostrato il diagramma di Nyquist della misurazione EIS eseguita simultaneamente sul

catodo (blu) e sull'anodo (arancione).

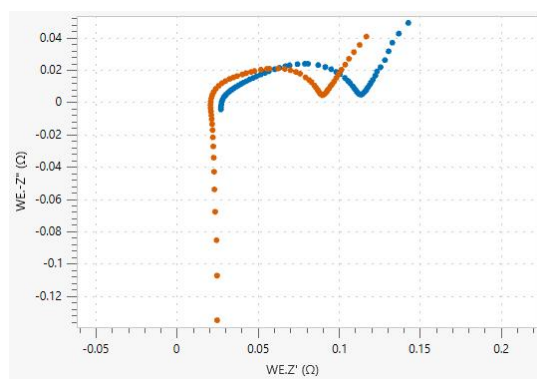


Figure 1. Trama di Nyquist di catodo (in blu) e anodo (in arancione).

Qui si nota come l'impedenza complessiva del catodo sia maggiore dell'impedenza dell'anodo. Informazioni simili sono raccolte dal diagramma del

modulo di Bode (figura 2) e diagramma della fase di Bode (Figura 3) del catodo e dell'anodo.

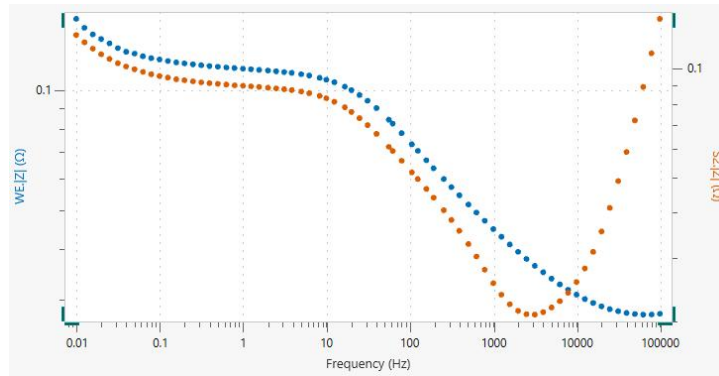


Figure 2. Grafico del modulo di Bode del catodo (in blu) e dell'anodo (in arancione).

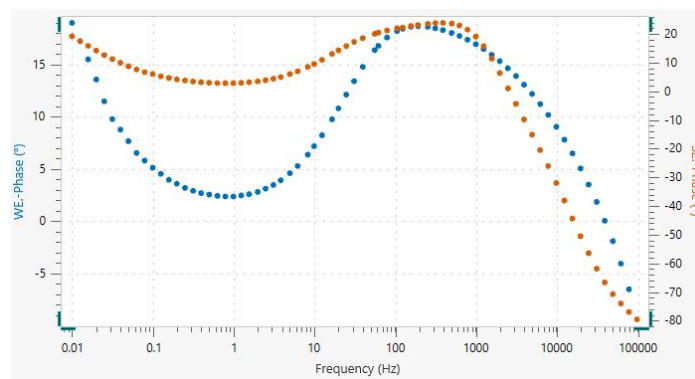


Figure 3. Grafico della fase di Bode del catodo (in blu) e dell'anodo (in arancione).

I dati sono stati esportati in NOVA 2 per ulteriori analisi.

Poiché la composizione degli elettrodi non era disponibile, per l'adattamento è stato utilizzato un circuito equivalente generico. Lo stesso circuito equivalente è stato utilizzato sia per il catodo che per

l'anodo [2].

I risultati di adattamento sono mostrati come valori degli elementi del circuito equivalente insieme al circuito equivalente per il catodo (Figura 4) e l'anodo (Figura 5).

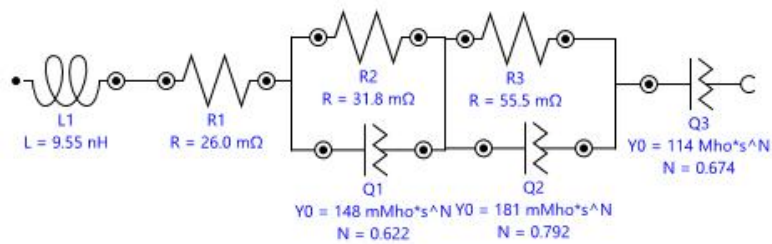


Figure 4. Circuito equivalente utilizzato per adattare i dati del catodo, con i risultati di adattamento per elemento elettrico.

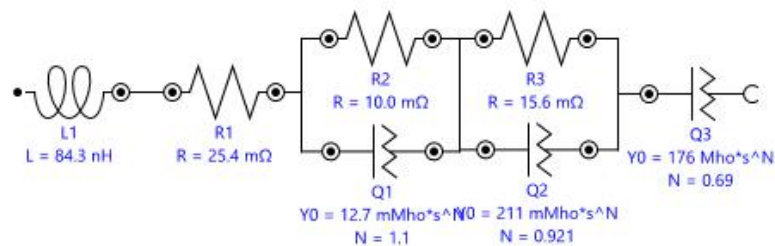


Figure 5. Circuito equivalente utilizzato per adattare i dati dell'anodo, con i risultati di adattamento per elemento elettrico.

L'adattamento dei dati EIS misurati dal catodo ha prodotto un χ^2 valore di 0,0010057 e un χ^2 valore di 0,029497 per l'anodo.

I risultati di adattamento dovrebbero essere presi solo come esempio poiché la composizione degli elettrodi

e la chimica dell'elettrolita non erano completamente noti e/o disponibili, il che è fondamentale per costruire un circuito equivalente accurato per le interfacce degli elettrodi.

CONCLUSION

I dati EIS sia dell'anodo che del catodo di una batteria a tre elettrodi possono essere ottenuti in un'unica misurazione rilevando individualmente il potenziale

tra il catodo e l'elettrodo di riferimento e tra l'anodo e l'elettrodo di riferimento.

BIBLIOGRAPHY

1. Antonio R. Ovest; Laurence A. Middlemiss; Antonio JR Rennie; Ruth Sayers. Caratterizzazione delle batterie mediante spettroscopia di impedenza elettrochimica. *Rep. Energetica* **2020**, 6 (5), 232–241.
2. Wen Liu; Yong Wang; Yong Li; Rui Guo; Haijuan Pei; Ying Luo; Jingying Xie. Comportamento di accumulo di litio/sodio di un carbonio amorfo Derivato dall'Acticarbon utilizzato per le batterie ricaricabili. *J. elettrochimica. soc.* **2019**, 166, A1585.

CONTACT

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

info@metrohm.it

CONFIGURATION



VIONIC

VIONIC è il nostro potenziostato/galvanostato di nuova generazione, con il nuovo software di Autolab INTELLO .

VIONIC offre la **combinazione di caratteristiche tecniche più versatile di qualsiasi altro strumento singolo** disponibile al momento sul mercato.

- Tensione conforme: ± 50 V
- Corrente standard ± 6 A
- Frequenza EIS: fino a 10 MHz
- Intervallo di campionatura fino a 1 μ s

Nel prezzo di **VIONIC** sono incluse anche funzioni che normalmente rappresenterebbero un costo aggiuntivo con la maggior parte degli altri strumenti quali ad esempio:

- Spettroscopia di impedenza elettrochimica (EIS)
- Modalità flottante selezionabile
- Secondo elettrodo di rilevamento (S2)
- Scansione analogica