



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI MILANO-BICOCCA

SYLLABUS DEL CORSO

Models and Materials for Electrochemical Energy Generation and Conversion

2324-1-FSM01Q018

Obiettivi

Il corso si propone di fornire agli studenti le conoscenze relative ai sistemi elettrochimici per la generazione e la conversione dell'energia, inclusi i materiali, i loro processi di sintesi e le applicazioni dei dispositivi. Con questo corso verranno presentati i materiali (classificazione, sintesi e integrazione) utilizzati in dispositivi elettrochimici quali celle a combustibile, elettrolizzatori e sistemi bioelettrochimici. Nell'ambito del corso verranno valutati gli aspetti di catalisi ed elettrocatalisi, i fenomeni di trasporto che avvengono sugli elettrodi, i processi elettrochimici, i metodi di fabbricazione e integrazione degli elettrodi e degli elettroliti, il funzionamento tecnologico e le prestazioni elettrochimiche.

Contenuti sintetici

Catalisi ed elettrocatalisi. Tecnologie elettrochimiche per la conversione e la generazione dell'energia. Elettrolizzatori ad acqua, celle a combustibile, trasformazione elettrochimica di anidride carbonica, sistemi bioelettrochimici.

Programma esteso

Dalla catalisi termica all'elettrocatalisi: cenni sugli aspetti teorici fondamentali della catalisi eterogenea, e dell'elettrocatalisi: cinetica di reazione, meccanismo, barriere e sovrapotenzialità.

Qual è il vero catalizzatore? L'interazione tra sperimentazione e modellazione nella caratterizzazione delle caratteristiche strutturali e chimiche del catalizzatore: definizione del sito attivo, caratterizzazione morfologica e

chimica delle specie attive mediante tecniche microscopiche e spettroscopiche e modellazione teorica.

Elettrocatalisi al lavoro: razionalizzazione dell'andamento dell'attività nella reazione di riduzione dell'ossigeno, scissione dell'acqua, reazione di evoluzione dell'idrogeno, reazione di evoluzione dell'ossigeno, elettroriduzione della CO₂: meccanismi di reazione, attività attesa, pro e contro dei vari elettrocatalizzatori.

Dalle nanoparticelle ai singoli atomi: l'aspetto dimensionale di un catalizzatore. Una panoramica critica sull'uso di specie catalitiche altamente disperse.

Elettrolizzatori. Classificazione degli elettrolizzatori (AEL, PEMEL, AEMEL, SOEC, elettrolizzatori CO₂). Strategie per ottimizzare le vie di reazione (reazione di evoluzione dell'idrogeno, reazione di evoluzione dell'ossigeno, elettroriduzione della CO₂). Identificazione delle prestazioni, curve di polarizzazione, perdite, problemi di durabilità. Effetto dei parametri operativi (es. T, P) sull'elettrochimica. Materiali organici, inorganici e ibridi per elettrocatalizzatori e membrane. Fabbricazione di architetture di elettrocatalizzatori, membrane polimeriche e loro integrazione nell'assemblaggio di elettrodi a membrana. Individuazione delle limitazioni e soluzioni proposte. Sostituzione di materie prime critiche (es. Pt, Ir e Co) e composti fluorurati. Operazioni del dispositivo.

Celle a combustibile. Classificazione delle celle a combustibile alimentati con gas (PEMFC, AEMFC, AFC, MCFC, SOFC) o liquidi (DMFC, DEFC, DFAFC, ecc.). Strategie per ottimizzare le vie di reazione (reazione di ossidazione dell'idrogeno, reazione di ossidazione dell'alcool, reazione di riduzione dell'ossigeno). Identificazione delle prestazioni, curve di polarizzazione, perdite, problemi di durabilità. Effetto dei parametri operativi (es. T, P, ecc.) sull'elettrochimica. Materiali organici, inorganici e ibridi per elettrocatalizzatori e membrane. Fabbricazione di architetture di elettrocatalizzatori, membrane polimeriche e loro integrazione nell'assemblaggio di elettrodi a membrana. Individuazione delle lacune e soluzioni proposte. Sostituzione di materie prime critiche (es. Pt e Co) e composti fluorurati. Operazioni del dispositivo.

Sistemi bioelettrochimici. Classificazione dei sistemi bioelettrochimici (MFC, MEC, MDC, EFC, etc). Interazione batterico-superficie o enzima-superficie. Modifica della superficie per migliorare/diminuire l'attacco batterico/enzimatico. Meccanismi di reazione di microrganismi ed enzimi (batterici ed enzimatici). Individuazione delle limitazioni e soluzioni proposte. Operazioni del dispositivo.

Applicazione di dispositivi elettrochimici. Il corso sarà completato con una discussione sui dispositivi allo stato dell'arte nei diversi settori di interesse come automobilistico, residenziale e industriale fornendo una tabella di marcia verso l'obiettivo UE della decarbonizzazione nel 2050.

Prerequisiti

Conoscenze fisiche e matematiche standard, termodinamica e cinetica dei sistemi chimici.

Suggerito: Fondamenti di Elettrochimica per l'accumulo dell'Energia

Modalità didattica

In presenza.

Materiale didattico

I professori proietteranno slides e indicheranno capitoli di seguenti libri:

- Selected scientific papers and reviews
- Bard Faulkner: Electrochemical Methods, Fundamental and Applications (2° Edition)
- IRENA Report (IRENA (2020), Green Hydrogen Cost Reduction: Scaling up Electrolysers to Meet the 1.5oC Climate Goal, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi)
- Fuller and Harb, Electrochemical Engineering, Wiley 2018
- Pei Kang Shen, Chao-Yang Wang, San Ping Jiang, Xueliang Sun, JiuJun Zhang. Electrochemical Energy Advanced Materials and Technologies. 2017. CRC Press
- F. Marken, D. Fermin. Electrochemical Reduction of Carbon Dioxide: Overcoming the Limitations of Photosynthesis. RSC Publishing. 2018
- S. Cosnier. Bioelectrochemistry: Design and Applications of Biomaterials. Publisher: De Gruyter. Edited by Serge Cosnier. ISBN 978-3-11-056898-1. DOI : 10.1515/9783110570526-010
- Xu, Kang "Electrolytes, Interfaces and Interphases Fundamentals and Applications in Batteries", RSC Publishing

Periodo di erogazione dell'insegnamento

Secondo Semestre (intero semestre)

Modalità di verifica del profitto e valutazione

Progetto di ricerca su un argomento relativo al corso. (50%)

Presentazione del progetto. (50%)

Orario di ricevimento

Su appuntamento via email.

Sustainable Development Goals

ENERGIA PULITA E ACCESSIBILE
