REPUPLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE–SETIF1.

Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de **Master en Chimie**

Spécialité : Chimie physique

Thème :

Elaboration et caractérisation des dèpots de cuivre et d'oxyde de cuivre pour des applications dans les piles

Présenté par :

Meftah Fatima souad

Mairi Manel

Devant le jury :

Président : Dr. MADANI Abdelghani

Encadreur :Pr. SELLOUM Djamel

Examinateur : Dr. HAMZA Djameleddine

2023/2024

Résumé

Ce travail porte sur l'étude de l'élaboration et de caractérisation des matériaux d'électrodes destinés à une application dans les piles à combustible utilisant des électrodes à base de CuO/Cu. L'anode est élaborée en déposant une couche de cuivre (Cu) sur un substrat en acier inoxydable (AINOX), la cathode est préparée en déposant une couche de CuO sur une électrode en cuivre (Cu), obtenus par voie èlectrochimique (électrodèposition). Les caractérisations électrochimiques, via la voltamétrie cyclique (CV) et l'analyse chronoampérométrique (CA), ont montré une haute activité et stabilité électrochimique. Les études morphologiques et structurales, réalisées par microscopie à force atomique (AFM), microscopie électronique à balayage (MEB) et diffraction des rayons X (DRX), ont révélé une structure homogène, une morphologie nanométrique uniforme et la présence confirmée de CuO. Ces résultats valident la qualité des dépôts et leur potentiel pour les applications de stockage d'énergie, ouvrant des perspectives pour des dispositifs plus efficaces et durables.

Mots clés : Cu, CuO, électrodéposition,pile à combustible **.**

Abstract

This work focuses on the study of the development and characterization of electrode materials intended for application in rechargeable batteries using CuO/Cu-based electrodes. The anode is fabricated by depositing a layer of copper (Cu) on a stainless steel (AINOX) substrate, and the cathode is prepared by depositing a layer of CuO on a copper (Cu) electrode, both obtained by electrochemical deposition (electrodeposition).

Electrochemical characterizations, via cyclic voltammetry (CV) and chronoamperometric analysis (CA), have shown high electrochemical activity and stability. Morphological and structural studies, conducted using atomic force microscopy (AFM), scanning electron microscopy (SEM), and X-ray diffraction (XRD), revealed a homogeneous structure, uniform nanometric morphology, and confirmed the presence of CuO. These results validate the quality of the deposits and their potential for energy storage applications, opening up prospects for more efficient and durable devices.

Keywords: Cu, CuO, electrodeposition, fuel cell.

ملخص:

يركز هذا العمل على دراسة تطوير وتوصيف مواد الأقطاب الكهربائية المخصصة للتطبيق في البطاريات القابلة لإعادة الشحن باستخدام أقطاب كهربائية قائمة على CuO/Cu. يتم تصنيع المصعد عن طريق ترسيب طبقة من النحاس (Cu) على ركيزة من الفولاذ للصدأ (AINOX)، ويتم تحضير المهبط عن طريق ترسيب طبقة من أكسيد النحاس CuO على قطب كهربائي من النحاس (Cu)، وكلاهما تم الحصول عليه عن طريق الترسيب الكهروكيميائية (الترسيب الكهربائي).

أظهرت التوصيفات الكهروكيميائية، عبر الفولتمترية الدورية (CV) والتحليل الكرونوأمدروغرافي (CA)، نشاطا كهروكيميائية عاليا واستقرار، كشفت الدراسات المورفولوجية والهيكلية، التي أجريت باستخدام مجهر القوة الذرية (AFM) والمجهر الإلكتروني الماسح (SEM) والحيود بالأشعة السينية (XRD)، عن هيكل متجانس ومورفولوجيا ثانوية متجانسة وأكدت وجود CuO، تؤكد هذه النتائج جودة الترسبات وإمكاناتها لتطبيقات تخزين الطاقة، مما يفتح أفافا لأجهزة أكثر كفاءة وديمومة.

الكلمات المفتاحية : النحاس، أكسيد النحاس، الترسيب الكهربائي ، البطاريات القابلة لإعادة الشحن.

Sommaire

Introduction générale ..... **Erreur ! Signet non défini.**

chapitre Ⅰ :Revue bibliographiques

Ⅰ. Introduction ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Ⅰ.1 cuivre ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Ⅰ.1.1 Propriétés de cuivre ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Ⅰ.1.2 Propriétés électrochimiques ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Ⅰ.1.3 Propriètes chimiques ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Ⅰ.1.4 Propriètes physiques ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Ⅰ.2 Applications de cuivre ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Ⅰ.2.1 Applications de cuivre à l'èchelle nanomètrique ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Ⅰ.2.2 Applications de cuivre dans la pile à combustible ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Ⅰ.3 Étude Théorique des Interactions Électrochimiques entre le Formaldéhyde et les Surfaces de Cuivre .**Erreur ! Signet non défini.**

Ⅰ.3.1 l'Électro-oxydation du Formaldéhyde sur des Électrodes Revêtues de Cuivre .... **Erreur ! Signet non défini.**

Ⅰ.4 La tènorite CuO ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Ⅱ.4.1 Propriétés cristallographiques et physiques ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Ⅰ.4.2 Propriètes électriques ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Ⅱ.4.3 Propriètes optiques ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Ⅱ.4.4 Formations d'oxyde de cuivre ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Ⅰ.5 Applications de CuO ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Ⅰ.5.1 Application dans micros batteries au lithium ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Ⅰ.5.2 Application dans les catalyseurs ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Ⅰ.5.3 Application dans les piles à combustible ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Ⅱ.6 Étude Théorique des Interactions entre l'Eau Oxygénée et l'Oxyde de Cuivre (CuO) ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Ⅰ.7 Elaboration de Cuivre..... **Erreur ! Signet non défini.**

Ⅰ.7.1 Elaboration de cuivre sur l'acier inoxydable ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Ⅰ.8. L'èlectrodèposition ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Ⅰ.8.1 Principe de l'èlectrodèposition ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Ⅰ.8.2 Mècanisme de l'èlectrodèposition ..... **Erreur ! Signet non défini.**

*Ⅰ.8.3.*Effets des paramètres d'èlectrodèposition ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Ⅰ.9 Thèorie de la co-dèposition..... **Erreur ! Signet non défini.**

Ⅰ.9.1 Co-dépôt d'hydrogène sur la structure du cuivre électrodéposée : ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Ⅰ.9.2 L'effet du codépôt d'hydrogène au cours des processus d'électrodéposition métallique **Erreur ! Signet non défini.**

Ⅰ.10 La pile à combustible ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Ⅰ.10.1 définition d'une pile à combustible ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Ⅰ.10.2 Principe de fonctionnement ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Ⅰ.10.3 Les différents types de piles à combustibles ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Ⅰ.10.4 Le fonctionnement théorique de la pile ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Ⅰ.10.5 Application..... **Erreur ! Signet non défini.**

Ⅰ.10.6 Avantages et problèmes de la PAC ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Chapitre Ⅱ:Dispositifs et techniques exprimentaux

Ⅱ.1 Méthode expérimentale.....**Erreur ! Signet non défini.**
Ⅱ.1.1 Dispositif expérimental utilisé.....**Erreur ! Signet non défini.**
Ⅱ.1.2 Cellule électrochimique.....**Erreur ! Signet non défini.**
Ⅱ.1.3 Les électrodes.....**Erreur ! Signet non défini.**
Ⅱ.1.4 Nettoyage de substrat.....**Erreur ! Signet non défini.**
Ⅱ.1.5 Bain de l'èlectrodeposition.....**Erreur ! Signet non défini.**
Ⅱ.2 techniques de caractèrisations èlectrochimiques.....**Erreur ! Signet non défini.**
Ⅱ.2.1Voltammètrie cyclique (VC).....**Erreur ! Signet non défini.**
Ⅱ.2.2 La chronoampérométrie (CA).....**Erreur ! Signet non défini.**
Ⅱ.3 Techniques de caractèrisations.....**Erreur ! Signet non défini.**
Ⅱ.3.1 Microscopes à force atomique.....**Erreur ! Signet non défini.**
Ⅱ.3.2 Fonctionnement d'un AFM.....**Erreur ! Signet non défini.**
Ⅱ.3.3 Diffraction de rayons X.....**Erreur ! Signet non défini.**
Ⅱ.3.4Principe.....**Erreur ! Signet non défini.**
Ⅱ.3.5 Détermination de la taille moyenne des cristallites :.....**Erreur ! Signet non défini.**
Ⅱ.4 Microscope èlectronique à balayage.....**Erreur ! Signet non défini.**

chapitreⅢ:Résultats et discussions

Ⅲ.1 Etude Electrochimique.....**Erreur ! Signet non défini.**
Ⅲ.1.1 Comportement électrochimique de Cu sur l'acier inoxydable :.....**Erreur ! Signet non défini.**
Ⅲ.2 Effet de la concentration sur le comportement électrochimique de Cu.....**Erreur ! Signet non défini.**
Ⅲ.2.1Effet de concetration de $CuSO_4$.....**Erreur ! Signet non défini.**
Ⅲ.2.2 Effet de concentration de H_2SO_4.....**Erreur ! Signet non défini.**
Ⅲ.3 Etude par Chronoampérométrie.....**Erreur ! Signet non défini.**
Ⅲ.4 Électrooxydation du formaldéhyde sur le dépôt de cuivre.....**Erreur ! Signet non défini.**
Ⅲ.4.1 Etude par voltampérométrie cyclique.....**Erreur ! Signet non défini.**
Ⅲ.4.2 L'oxydation de formaldèhyde sur le dépôt de cuivre.....**Erreur ! Signet non défini.**
Ⅲ.4.3 Effet de concentration de CHOH sur le dépôt de cuivre.....**Erreur ! Signet non défini.**
Ⅲ.4.4 Effet de temps sur le comportement électrochimique de formaldehyde sur AINOX/Cu .**Erreur ! Signet non défini.**
Ⅲ.4.5 Effet de vitesse de balayage de dépôt de cuivre immergè dans CHOH.....**Erreur ! Signet non défini.**
Ⅲ.4.6 Étude de la stabilité du dépôt de cuivre en immersion dans une solution de formaldéhyde ....**Erreur ! Signet non défini.**
Ⅲ.5 Elaboration des couches minces de CuO.....**Erreur ! Signet non défini.**
Ⅲ.5.1Etude par voltampérométrie cyclique.....**Erreur ! Signet non défini.**
Ⅲ.5.1 Effet de la concentration sur le comportement électrochimique de CuO.....**Erreur ! Signet non défini.**
Ⅲ.5.2 Effet de concentration de H_2O_2.....**Erreur ! Signet non défini.**
Ⅲ.5.3 Effet de vitesse de balayage sur CuO/Cu immergè dans H_2O_2.....**Erreur ! Signet non défini.**
Ⅲ.5.4 Etude de stabilité de l'èlectrode CuO/Cu.....**Erreur ! Signet non défini.**
Ⅲ.6 Application de la pile à combustible.....**Erreur ! Signet non défini.**
Ⅲ.7 Caractérisations morphologiques par la microscopie à force atomique (AFM).....**Erreur ! Signet non défini.**
Ⅲ.7.1 Cas de Cu.....**Erreur ! Signet non défini.**
Ⅲ.7.2 Cas de CuO.....**Erreur ! Signet non défini.**

Ⅲ.7.3 Comparaison entre les deux surfaces :.....**Erreur ! Signet non défini.**

Ⅲ.8 Caractérisation structurale par diffraction des rayons X .....**Erreur ! Signet non défini.**

Ⅲ.9 Caractérisations morphologiques par la microscopie électronique à balayage (MEB)..... **Erreur ! Signet non défini.**