CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES

PARTICULIERES *(Cahier des charges)*

Acquisition d'un équipement de spectrométrie optique à décharge luminescente pour mesurer et quantifier le profil de composition de films minces de matériaux de batteries

OBJET DE L'ACHAT

Acquisition, livraison, mise en service et formation **d'un équipement de spectrométrie optique à décharge luminescente (GDOES, « glow discharge optical emission spectroscopy ») pour mesurer et quantifier le profil de composition de films minces de matériaux de batteries**. L'ensemble sera installé dans un plateau technique de l'IEMN dédié à l'élaboration et la caractérisation de films minces de matériaux de batteries (électrodes et électrolytes).

CARACTERISTIQUES TECHNIQUES

Contexte

Le laboratoire IEMN s'est récemment doté d'un équipement de dépôt de type cluster comportant 3 réacteurs sous vide permettant la réalisation combinée de dépôts de couches minces par pulvérisation cathodique, dépôt par couches atomiques (ALD) et évaporation de matériaux pour batteries. L'équipement recherché devra donc permettre l'analyse de composition des couches minces déposées et devra garantir la continuité expérimentale entre dépôt et l'analyse de composition des films minces.

Spécifications techniques de l'analyseur

Le laboratoire souhaite s'équiper d'un appareil de spectrométrie optique à décharge luminescente (SDL – GD OES en anglais). Il sera livré avec un système de refroidissement (chiller) à circulation de liquide.

Cet équipement sera dédié à l'analyse de la composition de couches minces de matériaux de batteries (électrodes et électrolytes). Ces films présenteront des épaisseurs variant de quelques nanomètres à plusieurs dizaines de microns. La résolution en profondeur doit donc être nanométrique et le temps d'acquisition le plus rapide possible (< 10 min).

La liste des éléments à mesurer est la suivante : H, Li, Na, K, Mg, Ca, Sr, Ba, La, Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Cr, Mo, W, Mn, Fe, Ru, Co, Ni, Pd, Pt, Cu, Ag, Au, Zn, Al, Ga, In, C, Si, Ge, Sn, N, P, As, O, S, F, Cl.

L'équipement proposé devra être évolutif pour mesurer des éléments additionnels, avec toujours la résolution nanométrique souhaitée.

La détection aura une dynamique suffisante pour permettre la mesure d'échantillons inconnus sans préréglage de la sensibilité des détecteurs.

Les échantillons à mesurer pourront être électriquement non conducteurs, conducteurs ou hybrides (empilement de couches variées). L'équipement devra être capable de proposer l'analyse d'un empilement de plusieurs couches minces qui constituent une batterie (exemple d'analyse : Si / Al2O3 / Cr-Pt / LiFePO4 / LIPON / Nb2O5 / Ti-Au). La source RF proposée pour mesurer de tels échantillons sera précisée, idéalement elle devra opérer à la fréquence RF classique des plasmas de dépôt – 13,56MHz.

La source devra pouvoir être pulsée – pour notamment les couches les plus fragiles ou les verres (comme le LIPON, électrolyte solide de batteries), l'accord d'impédance est requis à la fois en mode pulsé et en mode non pulsé. La mesure pourra être synchronisée avec les pulses de la source.

Les échantillons pourront être de tailles variées. De ce fait, différents diamètres d'anodes, un dispositif pour les petits échantillons dont le soumissionnaire précisera la taille et un dispositif pour transférer des échantillons sensibles à l'air préparés en boîte à gants vers l'analyseur GDOES seront intégrés.

Certains échantillons auront des multicouches polymériques – éventuellement épaisses, le dispositif devra pouvoir éroder ces couches – des publications sur le sujet ou des brevets devront être fournis démontrant cette capacité de l'instrument proposé.

L'équipement proposé devra également intégrer dans son offre de base un module d'interférométrie qui permettra de mesurer en temps réel l'épaisseur de la couche mince ou de l'empilement de couches minces ainsi que la profondeur du cratère d'analyse. Il sera également livré avec un monochromateur de distance focale 0.64 mm et un réseau de 2400 gr/mm.

Spécifications générales

Les dimensions maximales de l'appareillage complet (longueur x profondeur x hauteur) devront être précisées par le candidat.

Le candidat précisera également la masse totale de l'équipement exprimée en kg, les besoins en infrastructure pour se raccorder aux réseaux du laboratoire (fluide, gaz, électricité, air comprimé).

Le candidat devra également fournir un ordinateur avec un grand écran (taille minimum de 27'') et une suite logiciel qui permettra de piloter et d'exploiter les mesures effectuées. Le logiciel opérera sous Windows 11 ou équivalent et le nombre de licences ne sera pas limité. Il devra se conformer aux règles informatiques de l'institut IEMN. Chaque groupe/opérateur pouvant avoir une copie sur son propre ordinateur pour traiter ses propres données.

Les différents utilisateurs devront être formés à l'utilisation de l'appareil ; le prêt d'échantillons, la flexibilité dans le support, l'accueil potentiel d'étudiants chez le fournisseur et la possibilité de publier en commun seront appréciés.

Des contrats de maintenance devront être proposés mais la maintenance de base (incluant le nettoyage de l'optique d'entrée) pourra être effectuée par les services de l'institut après formation. L'équipement sera livré avec une garantie d'un an minimum avec une préférence pour une garantie de 3 ans.

La durée minimale de garantie exigée sera de 12 mois à compter de l'admission définitive de l'équipement.

La garantie couvrira :

- les pièces détachées ;
- la main-d'œuvre ;
- les frais de déplacement ;
- l'intégration de mises à jour logiciel.

Les frais de livraison**, de garantie,** de formation, d'installation et de prise en main seront inclus dans l'offre.

Validation des capacités de l'équipement – test usine sur échantillons témoins

Le soumissionnaire devra fournir dans son offre une analyse de profil de composition de films minces de matériaux de batteries et prouver les capacités d'analyse de leur équipement notamment dans la détection du lithium et des éléments légers comme l'azote et l'oxygène.

Les échantillons témoins (1 cm2) « substrat Si / Al2O3 (ou Si3N4) / Cr-Pt (ou Ti-Au) / LiFePO4 / LIPON » pourront être demandés au laboratoire IEMN.

Les candidats en devront faire la demande directement sur la plateforme PLACE via l'encadré « questions ».

Documentation

Le soumissionnaire présentera **dans son offre** un descriptif technique détaillé de l'équipement et les prérequis à l'installation notamment le plan détaillé des connexions.

Lors de l'exécution, un manuel sera fourni sous format électronique (PDF) et papier, en français et en anglais.

Livraison et installation

La livraison de l'équipement ne devra pas excéder 5 mois.

L'instrument sera installé par le fournisseur en présence de l'agent responsable de l'équipement, qui procédera à la présentation et à la prise en main du système auprès de l'agent. Le fournisseur devra assurer la formation de l'équipement en français ou en anglais à 5 personnes**.**