CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES

PARTICULIERES

Acquisition d'un équipement de nano-rayure et de microscopie à force atomique

OBJET DE L'ACHAT

Acquisition, livraison, mise en service et formation d'un équipement de nano-rayure et de microscopie à force atomique. Ce dernier sera constitué d'une tête de microscopie à force atomique (**Atomic Force Microscopy, AFM**) et d'une tête de mesure de résistance à la rayure à l'échelle nanométrique **(nano scratch tester).** Celles-ci sont destinées à être intégrées à une plateforme générique Anton Paar existante (module STEP 701) qui inclut déjà une tête de mesure par nanoindentation (NHT3). L'ensemble sera installé dans un environnement sous atmosphère inerte, au sein d'une boîte à gants remplie d'argon. Cela permettra la caractérisation mécanique, tribologique et morphologique de films minces sensibles à l'air immédiatement après leur élaboration et sans exposition à l'atmosphère.

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. Cet équipement intègre également un nanoindenteur en boîte à gants sous argon, ce qui permet la préparation de matériaux de batteries sensibles à l'air puis leur caractérisation mécanique immédiate sans exposition à l'air.

Dans cette configuration expérimentale, l'acquisition d'une tête AFM et d'une tête de mesure de résistance à la rayure a pour objectif d'apporter des techniques de caractérisation complémentaires au nanoindenteur récemment acquis. L'intégration idéale de ces deux têtes de mesure avec l'équipement Anton Paar existant devra permettre d'obtenir, dans le même environnement contrôlé, des informations corrélées sur l'adhérence des films minces, leur comportement à l'usure, leur réponse mécanique locale ainsi que les évolutions morphologiques induites par les essais mécaniques, avec un délai minimal entre l'essai mécanique et l'observation.

L'équipement recherché devra donc permettre l'étude complète de couches minces déposées dans la boîte à gants, en particulier pour des matériaux de batteries sensibles à l'oxygène et à l'humidité. Il devra garantir la continuité expérimentale entre dépôt, essai mécanique et observation de surface.

Spécifications techniques de la tête AFM

La tête de microscopie à force atomique (AFM) devra nécessairement répondre aux caractéristiques suivantes :

- Course maximale de balayage en X-Y : 110 µm minimum ;
- Course maximale en Z : 22 µm minimum ;
- Bruit de mesure en Z inférieur à 500 pm en mode statique ;
- Bruit de mesure en Z inférieur à 150 pm en mode dynamique ;
- Alignement automatique du levier (cantilever) ;
- Compatibilité avec plateforme STEP 701 de Anton Paar ;
- Présence de deux caméras, vue de dessus et vue latérale, de résolution 5 MP minimum ;
- Présence d'un système d'illumination de l'échantillon.

Le soumissionnaire précisera dans son offre les modes AFM accessibles en configuration standard ainsi que les possibilités d'évolution de l'équipement.

Spécifications techniques de la tête de nano-rayure

La tête de mesure de résistance à la rayure devra nécessairement répondre aux caractéristiques suivantes :

- Charge minimale applicable : 10 mN maximum ;
- Charge maximale applicable : 1000 mN minimum ;
- Profondeur maximale de pénétration : 600 µm minimum ;
- Résolution en charge comprise entre 0,01 et 1 µN selon le type de levier utilisé ;
- Niveau de bruit en charge compris entre 0,1 et 10 µN selon le type de levier utilisé ;
- Capteur de friction avec une force de friction maximale de 1000 mN ;

- Vitesse minimale de rayure : 0,4 mm/min maximum ;
- Vitesse maximale de rayure : 600 mm/min minimum ;
- Compatibilité avec plateforme STEP 701 de Anton Paar ;
- Détection automatique de la charge critique ;
- Possibilité de changer de levier en fonction de la gamme de force, avec au minimum trois leviers disponibles ;
- Fonction panorama ou imagerie de rayure synchronisée avec les signaux physiques mesurés (force normale, profondeur de pénétration, friction, etc.) ;
- Contrôle actif de la force afin de permettre la mesure sur des échantillons non plans ;
- Mode d'essai d'usure avec cycles bidirectionnels de rayure ;
- Fonction de mesure de la pénétration réelle et de la profondeur résiduelle permettant l'évaluation de la déformation permanente, en particulier pour les matériaux polymères ou viscoélastiques.

Le système devra être particulièrement adapté à la détermination des propriétés d'adhérence, de résistance aux frottements, de résistance à l'usure et de comportement en déformation de couches minces et revêtements élaborés sous atmosphère inerte. La continuité entre l'essai de rayure et l'observation AFM de la trace devra être possible avec un délai minimal et sans exposition à l'air. Pour le système de nano-rayure, un ensemble de pointes de rayage Diamond, adaptées à différentes épaisseurs d'échantillon, doit être fourni (sphéro-coniques Diamond de 2, 10 et 50 µm).

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.

Le candidat devra également préciser comment seront pilotées les deux têtes de mesure (logiciel) et devra fournir une suite logicielle qui permettra de piloter et d'exploiter les mesures effectuées.

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.

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.

Installation et formation

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 3 personnes**.**

Prestation supplémentaire éventuelle (PSE)

PSE n°1 (facultative) : Extension de garantie de deux (2) ans supplémentaires

Cette prestation supplémentaire éventuelle est facultative. L'absence de réponse n'entraîne pas l'irrégularité de l'offre.