



Centre National de la Recherche Scientifique
Délégation Rhône Auvergne

CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIERES

(CCTP N° 2026-31)

**Acquisition d'un bâti de dépôt de couches minces selon un procédé de type PECVD
pour l'Institut des Nanotechnologies de Lyon (UMR5270 INL-CNRS)**

GLOSSAIRE

CCTP	Cahier des Clauses Techniques Particulières.
INL	Institut des Nanotechnologies de Lyon, Unité Mixte de Recherche CNRS 5270
PECVD	Dépôt chimique en phase vapeur assisté par plasma (Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition)
ICPECVD	Dépôt chimique en phase vapeur assisté par plasma à couplage inductif (Inductively Coupled Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition)

TABLE DES MATIERES

I - PRESENTATION DU LABORATOIRE	3
I.1 Le laboratoire.....	3
I.2 Principes généraux	3
II - DESCRIPTION et SPECIFICATIONS TECHNIQUES DU MATERIEL	3
II.1 Description et spécifications techniques.....	3
II.1.1 Spécifications techniques générales	3
II.1.2 Spécifications techniques particulières	4
Chambre, échantillon et température	4
Système de pompage et régulation de pression	4
Précurseurs gazeux	4
II.2 Procédés.....	5
II.2.1 Procédés en phase de tests usine	5
II.2.2 Procédés en phase de réception.....	5
III – FORMATION A LA CONDUITE ET A LA MAINTENANCE	6
IV – PRESTATIONS ATTENDUES POUR L'EQUIPEMENT DE DEPOT	6
IV.1 Connexion	6
IV.2 Logiciel	6

I - PRESENTATION DU LABORATOIRE

I.1 Le laboratoire

L'institut des Nanotechnologies de Lyon (INL) est une unité mixte de recherche rattachée à l'Institut des sciences de l'ingénierie et des systèmes (CNRS Ingénierie).

Situé sur les campus Lyon-Tech La Doua et Lyon-Ouest Ecully, l'INL a pour autres tutelles :

- L'Université Claude Bernard Lyon 1 (UCBL)
- L'Institut national des sciences appliquées de Lyon (INSA-Lyon)
- L'Ecole Centrale de Lyon (ECL)
- L'Ecole CPE Lyon

L'Institut des Nanotechnologies de Lyon (INL) a pour vocation de développer des recherches technologiques multidisciplinaires dans le domaine des micro et nanotechnologies. Les recherches menées s'étendent des matériaux aux systèmes, permettant l'émergence de filières technologiques complètes. Le laboratoire s'appuie sur la plate-forme technologique lyonnaise Nanolyon, centrale régionale RENATECH+.

I.2 Principes généraux

Le réacteur PECVD (Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition) est un système permettant de déposer de fines couches de diélectriques et de semi-conducteurs de l'ordre du nanomètre au micromètre. Pour des applications en micro/nanotechnologie, le budget thermique doit être le plus faible possible, à la fois pour des considérations de coût et de détérioration des propriétés électroniques du substrat.

II - DESCRIPTION et SPECIFICATIONS TECHNIQUES DU MATERIEL

II.1 Description et spécifications techniques

II.1.1 Spécifications techniques générales

- L'équipement demandé permettra de déposer les matériaux suivants : du nitrure de silicium hydrogéné SiNx:H , de l'oxyde de silicium hydrogéné SiOx:H , de l'oxynitrure de silicium hydrogéné SiOxNy:H et de silicium amorphe hydrogéné a-Si:H ,
 - Avec des vitesses de dépôt d'au moins 20nm/min pour a-Si:H et 50nm/min pour SiNx:H et SiOx:H ,
 - Avec une variation de la cinétique inférieure à $\pm 5\%$, aussi bien dans la gamme de dépôt lente ($\sim 10\text{-}20\text{ nm/min}$) que dans la gamme rapide ($\sim 50\text{-}100\text{ nm/min}$).
- Le logiciel doit pouvoir présenter au moins deux niveaux de droits : un « utilisateur » (accès restreint) et un « administrateur » (accès total et manuel sur chaque élément de l'équipement).
- Le système de contrôle et la programmation de l'appareil doivent permettre d'enchaîner automatiquement les dépôts de différents matériaux sur un même échantillon, pour réaliser des systèmes multicouches.
- Cet équipement devra être sécurisé afin d'éviter tout incident ou accident lié à :
 - à l'utilisation de gaz présentant un quelconque danger.
 - à l'utilisation des générateurs radiofréquences.
 - à l'utilisation du vide
- Il devra avoir la certification CE, être conforme aux normes électriques et CEM, françaises et européennes (l'alimentation électrique se fera à 230V – 50Hz pour le brochage monophasé, à 400V – 50Hz pour le triphasé, le régime de neutre est neutre à la terre).

II.1.2 Spécifications techniques particulières

- **Aptitude à faire des couches de SiNx:H, SiOx:H, SiOxNy:H, a-Si:H**, avec des vitesses de dépôt d'au moins 20nm/min pour a-Si:H et 50nm/min pour SiNx:H et SiOx:H,
- indice de réfraction : nitrure de silicium hydrogéné 2.0 ± 0.2 @ $\lambda=630$ nm; épaisseur mini 15nm
- indice de réfraction : oxyde de silicium hydrogéné 1.45 ± 0.10 @ $\lambda=630$ nm; épaisseur mini 15nm

Chambre, échantillon et température

La chambre doit pouvoir accueillir des petits échantillons de l'ordre du cm^2 jusqu'à des plaques standard de diamètre 200 mm. Les dépôts doivent pouvoir se faire sur des wafers standards de silicium, mais aussi sur des plaques plus épaisses de verre ou quartz (jusqu'à 1 mm d'épaisseur). L'enceinte de dépôt doit inclure un hublot de contrôle.

Le système doit permettre une uniformité de dépôts égale ou meilleure que $\pm 5\%$.

L'électrode inférieure (porte substrat) doit pouvoir monter en température sur une gamme s'étendant de 100°C jusqu'à au moins 300°C (contrôle par thermosonde avec affichage reporté).

L'électrode supérieure est isolée. Le générateur plasma est un générateur standard 13,56 MHz. Dans le cas du ICPECVD, l'alimentation RF est fournie par couplage inductif via une antenne (plane ou d'une autre géométrie).

Système de pompage et régulation de pression

Le réacteur doit être équipé d'un système de pompage permettant d'abaisser la pression à partir de la pression atmosphérique jusqu'à la pression de base de 10-2 mbar en moins de 5 minutes. Le système de pompage doit être compatible avec les gaz corrosifs (CF_4 , NH_3) et explosifs (SiH_4).

Un système doit permettre une régulation de la pression de travail dans la chambre de dépôt.

Précurseurs gazeux

Les gaz précurseurs des procédés sont le silane SiH_4 , dilués dans un gaz neutre (Ar , He , N_2 ...) jusqu'à la concentration maximale de 10%, l'ammoniac NH_3 , le protoxyde d'azote N_2O et l'argon Ar .

Le système PECVD doit pouvoir réaliser le dépôt des matériaux suivants :

- Le nitrure de silicium hydrogéné $\text{SiN}_x\text{:H}$.
- L'oxyde de silicium hydrogéné $\text{SiO}_x\text{:H}$.
- L'oxynitrure de silicium hydrogéné $\text{SiO}_x\text{N}_y\text{:H}$.
- Le silicium amorphe hydrogéné a-Si:H.

Le système doit intégrer une possibilité de remise à la pression atmosphérique avec N_2 de la chambre à chaque fin de dépôt (sauf s'il y a un sas de transfert), chaque changement de bouteille de gaz et à chaque fois que l'on veut ramener le réacteur à pression atmosphérique pour des opérations de maintenance.

Le système doit intégrer un procédé de nettoyage par gravure plasma avec gaz fluorés et oxygène pour enlever les dépôts sur les parois de la chambre.

Des protocoles standards fonctionnels devront être fournis par le titulaire pour les dépôts de base (nitrure et oxyde standard, et silicium amorphe).

Le coffret de distribution des gaz comprend les débitmètres massiques (MFC) et les vannes d'isolement. Il inclut les 6 lignes de gaz séparées : SiH₄, NH₃, N₂O, N₂ (mise à pression atmosphérique de la chambre, purge et éventuellement dilution des gaz process dans la pompe), Ar, et un mélange CF₄/O₂ pour nettoyage par gravure plasma.

Les lignes sont électro polies et couplées avec des connecteurs VCR 1/4".

La gamme de contrôle des MFCs sera conforme aux procédés standards.

Le coffret panneau sera livré avec une virole pour se connecter au réseau d'extraction.

Les lignes de SiH₄ et NH₃ seront équipées de bypass et pourront être isolées en entrée et purgée à l'azote.

II.2 Procédés de réception définitive

II.2.1 Procédés en phase de tests usine

En usine, une première série de procédés à partir de gaz neutres sera effectuée pour la vérification de la fonctionnalité de l'équipement. L'ensemble des données de ces procédés sera communiqué par le titulaire à l'acheteur afin de donner lieu à une validation de cette étape, si les résultats sont approuvés par le laboratoire.

II.2.2 Procédés en phase de réception

Il est rappelé ici que la réception du matériel et le règlement du solde afférent se font à la condition expresse que les paramètres et performances des procédés décrits ci-après soient respectés stricto sensu.

➤ Procédés standards : dépôt pleine plaque 4"

Pour les procédés de performance le laboratoire fournira les substrats et échantillons nécessaires pour réaliser les procédés de qualification de l'équipement sur le site de l'INL.

Les critères de qualité ci-dessous concerneront :

- L'uniformité de dépôt
- La vitesse de dépôt
- L'indice de réfraction des couches

Les valeurs ou seuils pour chacun de ces critères de qualité seront spécifiés dans l'offre pour les procédés qui serviront aux tests de performance à la livraison.

Les procédés de nettoyage de la chambre par plasma CF₄/O₂ sera également qualifié après installation de l'équipement sur le site de l'INL.

➤ Tests de performance

- Vitesses de dépôt d'au moins 20nm/min pour a-Si:H et 50nm/min pour SiNx:H et SiOx:H,
- Variations de la cinétique de dépôt limitées à +/- 5%, aussi bien dans la gamme de dépôt lente (~ 10-20 nm/min) que dans la gamme rapide (~ 50-100 nm/min).
- Indice de réfraction :
 - Pour nitrure de silicium hydrogéné 2.0 +/- 0.2 @ lambda=630 nm
 - Pour oxyde de silicium hydrogéné 1.45 +/- 0.10 @ lambda=630 nm
- Uniformité sur 4" de l'épaisseur de dépôt ne s'écartant pas de plus ou moins 5% de sa valeur moyenne"

III – FORMATION A LA CONDUITE ET A LA MAINTENANCE

Le fabricant devra assurer une formation incluse dans l'offre de base proposée au titre du présent marché.

La formation sera réalisée lors de la phase de réception définitive (recette définitive) pour au moins 5 personnes.

- Formation au logiciel (ex : création & modification de recette avec des tolérances sur les consignes ...)
- Formation à l'utilisation en mode manuel : savoir effectuer un procédé en mode manuel.
- Formation à l'utilisation en mode automatique : savoir créer et effectuer un procédé en mode automatique.
- Formation à la gestion des pannes (explication sur les alarmes courantes).
- Formation à la sécurité du personnel utilisateur des équipements

IV – PRESTATIONS ATTENDUES POUR L'EQUIPEMENT DE DEPOT

IV.1 Connexion

L'appareil doit pouvoir être connecté au réseau électrique triphasé (220V /380V 50HZ) de l'INL ; si la machine n'est pas équipée pour ces tensions, le prestataire fournira le transformateur.

Le fabricant devra donner, au moins 2 mois avant l'installation sur site, les dimensions d'implantation au sol de l'ensemble des appareils et les diverses servitudes nécessaires telles que :

- électricité : nombre de prises nécessaires, tension, puissance.
- air comprimé : pression, diamètre et type de raccord.
- azote de purge : pression, débit, type de raccord.
- système de refroidissement : système interne, tubes, raccords.
- gaz de procédés : diamètres ou type de raccords nécessaires.

IV.2 Logiciel

Le logiciel doit pouvoir présenter au moins deux niveaux de droits : un niveau « utilisateur » (accès restreint) et un niveau « administrateur » (accès total et manuel sur chaque élément de l'équipement). Le système de contrôle et la programmation de l'appareil doivent permettre d'enchaîner automatiquement les dépôts de différents matériaux. Des informations concernant la mise à jour du logiciel doivent être fournies.