

Post-doc

Traitements optiques de très hautes performances via des techniques de dépôts PVD (Physical Vapour Deposition) en géométrie OAD (Oblique Angle Deposition) (H/F)

Poste type : Chercheur Post-doctorant

Domaine : matériaux / films minces / optique

Fonction :

Emploi Type : Post-Doc

Niveau : Doctorat

Rémunération : entre 2648.79 € et 3768.24 € brut mensuel selon expérience, avant prélèvement de l'impôt à la source.

Date de début : 01/09/2020 (prévue)

Durée : 18 mois (renouvelable)

Unité d'affectation Institut P' - UPR 3346 CNRS-Université de Poitiers-ENSMA

Département de Physique et Mécanique des Matériaux POITIERS- France

Nom du Directeur d'Unité : Pr. Karl Joulain

Responsable du projet de recherche : Dr. Fabien Paumier

Contexte

Le Département de Physique et Mécanique des Matériaux de l'Institut Pprime bénéficie de compétences reconnues dans la synthèse de films minces nanostructurés et l'étude de leurs propriétés physiques. En réduisant la dimensionnalité des structures, la nanostructuration ouvre en effet la voie à de nouvelles et nombreuses propriétés physiques des matériaux. C'est plus précisément dans le contexte de l'amélioration des propriétés optiques que s'inscrit le projet ARCHITEC (Antireflective Reinforced nanostructures by HybriD TEchnologies), financé via l'ANR par des fonds de l'Agence Innovation Défense (AID organisme de la DGA, Direction Générale de l'Armement).

Ce projet est porté par l'institut Pprime dans le cadre de son laboratoire commun PRIMEO (Partenariat Recherche et Innovation en Matériaux Emergents pour la phOtonique) entre l'Institut Pprime et SAFRAN E&D (pôle R&T de Saint-Benoît-86). Cette collaboration engagée en 2010 porte actuellement de nombreux projets : i) sur des Fonds Européen de Développement Economique et Régional (FEDER) avec le projet IMATOP ; ii) à travers de nombreuses thèses dont celle de Florian Maudet soutenue en 2018 et celle de Cécile Marsal engagée fin 2019.

D'un point de vue applicatif, le projet ARCHITEC vise à optimiser les traitements optiques appliqués à des dispositifs optiques, notamment les traitements très basse réflectivité dont le champ d'application civile ou militaire est extrêmement large (industrie ophtalmique, verres pour le bâtiment ou le transport, photovoltaïque, systèmes de détection et de sécurité intégrée incluant capteurs, optiques intelligentes et multifonctionnelles, ...). L'état de l'art dans ce domaine montre qu'aujourd'hui aucun traitement optique ne répond réellement aux critères de performances demandés sur l'étendue des larges gammes spectrales ciblées (du visible à l'IR lointain). Nos travaux récents (thèse de F. Maudet) ont démontré un fort potentiel de la technique de fonctionnalisation de films minces par dépôt PVD (Physical Vapour Deposition) en géométrie OAD (Oblique Angle Deposition) pour l'optimisation des performances « très large bande » des traitements optiques (antireflets, mais aussi miroirs, filtres, etc.).

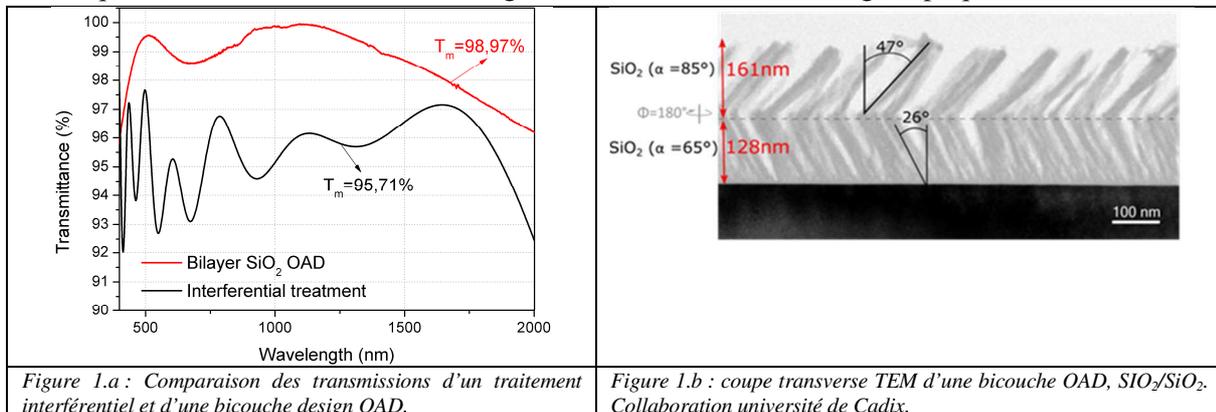
Bien que très performants en termes de transmission optique, les traitements ainsi élaborés montrent cependant de problèmes de robustesse mécanique et chimique. Le projet ARCHITEC propose d'élever le niveau TRL de ces traitements en répondant à cette problématique par le biais de technologies hybrides (physique et chimique) en réunissant trois partenaires innovants dans les domaines de la science des matériaux et de l'optique, à savoir :

- l'équipe PPNa de l'institut Pprime (Poitiers),
- le pôle R&T de SED (St Benoît-86),

- la PME Rescoll (Bordeaux).

Projet

Le projet ARCHITEC est centré sur le développement de traitements optiques « très haute transmission » (traitements antireflets) *via* la technique de fonctionnalisation de films minces en géométrie OAD. Cette technique offre la possibilité de contrôler, grâce à un effet d'ombrage, la porosité des films et par conséquent leur indice de réfraction. L'avantage majeur de la technique OAD réside donc dans la grande modularité des indices de réfraction (même très faible) des matériaux ainsi déposés permettant d'envisager des designs optiques performants sur de très larges bandes spectrales. Ce projet fait suite aux travaux de thèse de Florian Maudet qui ont montré des ultra-hautes performances à l'aide d'empilements multicouche OAD à gradient d'indice pour des applications au domaine visible-SWIR [400 nm -1800 nm] ainsi que dans l'IR moyen MWIR [3,5 μ m -5 μ m]. Comme le montre la figure 1.a, une simple bicouche OAD est déjà très performante sur le domaine visible-SWIR, mais comme le suggère sa coupe transverse TEM (figure 1.b), les empilements peuvent montrer des problèmes de robustesse mécanique et chimique. L'objectif du projet ARCHITEC est d'élever le TRL de cette technologie et donc de lever ce verrou technologique et scientifique ; verrou qui ne pourra être levé qu'au prix d'une recherche académique/industrielle poussée tant sur l'élaboration de ces nouveaux matériaux que sur leur caractérisation (microstructurale, optique, mécanique...) ou bien encore sur leur intégration dans de nouveaux designs optiques.



Différentes stratégies sont envisagées pour améliorer les propriétés d'usage des traitements OAD mais celle qui constitue l'axe central du projet est une solution hybride alliant des procédés chimique et physique. Elle consiste en l'amélioration de la tenue mécanique des dépôts par un renforcement de l'empilement nanostructuré OAD *via* un post-dépôt sol-gel (technique maîtrisée par la société Rescoll). Cependant, les solutions sol-gel ou aérogel envisagées pour remplir les pores de la structure poreuse et pour renforcer mécaniquement l'empilement devront ne pas trop altérer l'indice optique des couches.

Ajoutons enfin que la technologie OAD permet l'émergence de nouvelles propriétés liées aux effets de basse dimensionalité ; propriétés intéressantes d'un point de vue fondamental et susceptibles d'élargir le champ applicatif. Outre l'application « très basse réflectivité » clairement ciblée dans ce projet, cette technique apparait comme une possibilité intéressante d'émergence de multifonctionnalités (antisalissure, hydrophobie ou oléophobie, etc...) potentiellement abordées en cours de projet.

Mission

Le chercheur postdoctoral sera donc chargé :

- d'élaborer des films nanostructurés en géométrie OAD (Oblique Angle Deposition) par pulvérisation ionique et/ou évaporation par faisceau d'électrons (oxydes, semi-conducteurs, fluorures, ...). Pour ce faire le chercheur postdoctoral profitera de nouveaux bêtis d'élaboration dédiés à la croissance OAD et disponibles à Pprime et à Safran E&D.

- de mettre en œuvre des caractérisations structurales et chimiques par microscopie électronique à balayage et microscopie électronique en transmission haute résolution, tomographie SEM 3D, ...
- d'effectuer et d'analyser des mesures optiques sur un large domaine spectral. En plus des techniques classiques de spectrophotométrie, le chercheur post-doctoral profitera de deux ellipsomètres de dernière génération (ellipsométrie généralisée) qui permettront l'étude du proche UV (200 nm) à l'IR lointain (35 μ m) et ce à température variable (4K-500K). L'objectif sera d'étudier le plus finement possible les corrélations entre la nanostructure des couches déposées par OAD et leurs propriétés optiques. Ces propriétés s'avérant souvent singulières (anisotropie, gradient d'indice, surface spécifique importante), des codes de calculs des propriétés optiques puissants seront mis en œuvre tels que la FDTD (Finite Difference Time Domain).
- de développer des outils de caractérisations mécaniques des nanostructures à l'échelle nanométrique (AFM, nanoindentation) jusqu'à l'échelle du démonstrateur.
- toutes ces compétences seront bien sûr utilisées pour caractériser les solutions hybrides d'empilements antireflets nanostructurés combinant traitements PVD-OAD et post-dépôts sol-gels ou aérogels.

Profil

Dans ce contexte, nous souhaitons recruter un expérimentateur avec une bonne expertise en physique de la matière condensée notamment dans le domaine des films minces ; domaine incluant leur croissance, leur caractérisation structurale et l'étude de leurs propriétés physiques. Les propriétés optiques sont cependant particulièrement ciblées dans le projet et des compétences en caractérisation et modélisation optiques sont particulièrement attendues (photométrie, ellipsométrie généralisée, simulation FDTD...). Des compétences en chimie seront également appréciées. D'un point de vue plus organisationnel, le ou la candidat(e) devra porter assez largement le projet et assurer une part importante de la coordination des travaux collaboratifs entre les trois partenaires que sont Pprime, Safran E&D et Rescoll. Pour une bonne intégration à ce poste, le ou la candidat(e) devra faire preuve d'autonomie et de rigueur. Etant donné le contexte, il devra également démontrer une certaine appétence à la communication.

Niveau exigé : Doctorat matériaux/films minces/optique

Contact à qui les candidatures doivent être envoyées (par e-mail) avant le 6 juillet 2020 :

Fabien Paumier : fabien.paumier@univ-poitiers.fr

Thierry Girardeau : thierry.girardeau@univ-poitiers.fr

Les dossiers sont également à déposer sur le portail emploi du CNRS : <https://emploi.cnrs.fr/Offres.aspx>

Références :

- [1] "Optical and nanostructural insights of oblique angle deposited layers applied for photonic coatings" Florian Maudet, Bertrand Lacroix, Antonio J. Santos, Fabien Paumier, Maxime Parailous, Simon Hurand, Alan Corvisier, Cecile Marsal, Baptiste Giroire, Cyril Dupeyrat, Rafael García, Francisco M. Morales, Thierry Girardeau, *Applied Surface Science* 520 (2020) 146312
<https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2020.146312>
- [2] "On the importance of light scattering for high performances nanostructured antireflective Surfaces", F. Maudet, B. Lacroix, A. J. Santos, F. Paumier, M. Parailous, S. Hurand, A. Corvisier, C. Dupeyrat, R. Garcia, F. M. Morales and T. Girardeau. *Acta Materialia* 188 (2020) 386-393
<https://doi.org/10.1016/j.actamat.2020.02.014>
- [3] "Towards perfect IR transparency using glancing angle deposition" F. Maudet, B. Lacroix, A. J. Santos, F. Paumier, M. Parailous, C. Dupeyrat, R. Garcia, F. M. Morales and T. Girardeau. *Applied Surface Science* 470 (2019) 943–950
<https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2018.11.176>
- [4] "Surface oxidation of amorphous Si and Ge slanted columnar and mesoporous thin films: Evidence, scrutiny and limitations for infrared optics" A. J. Santos, B. Lacroix, F. Maudet, A. Corvisier, F. Paumier, C. Dupeyrat, T. Girardeau, R. Garcia, F. M. Morales. *Applied Surface Science* 493 (2019) 807–817
<https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2019.07.064>
- [5] Florian Maudet Thèse de l'Université de Poitiers (2018) : «Couches nanostructurées par dépôt en incidence oblique : corrélations microstructure et propriétés optiques pour application aux traitements antireflets hautes performances dans le visible étendu et l'infrarouge »