

Projets de mémoire pour les étudiants de MA2 physique. Année académique 2020-21.

1. **Couplage entre films minces thermochromes et nanoparticules plasmoniques : Synthèse et simulation.**

Ce projet vise à étudier l'interaction de films minces de VO₂ thermochromes, dont l'épaisseur est typiquement de quelques dizaines de nm, avec des nanoparticules présentant des propriétés plasmoniques et absorbant dans le domaine du visible. Les films seront synthétisés par pulvérisation cathodique magnétron réactive, une technologie qui fait intervenir les plasmas froids à basse pression. Le VO₂ thermochrome subit une transition de phase cristalline qui s'accompagne d'une modification des propriétés optiques et électronique du matériau. Le VO₂ est un isolant électrique et relativement transparent au IR en dessous de la température de transition (68°C) et devient conducteur et réflecteur des IR au-dessus de la température critique. En décorant le VO₂ de nanoparticules plasmoniques, on souhaite induire une variation des propriétés plasmoniques avec la température. Inversement, on pourrait aussi induire la transition de phase par l'absorption de radiations lumineuses. Ce projet est un travail implique de la synthèse de matériaux en films minces et leur caractérisation ainsi que la modélisation de leurs propriétés optiques. Ce travail s'effectuera en collaboration avec les Prof. M. Voué et B. Maes.

2. **Synthèse et caractérisation de nanoparticules (NP) de nitrure de titane (TiN).**

Le nitrure de titane présente des propriétés plasmoniques proches de celles de l'or mais il offre l'avantage de coûter moins cher et de résister à haute température (matériaux plasmoniques réfractaires). Les NP de TiN sont envisagées pour des applications photoniques à haute température et pour des applications thérapeutiques.

Les nanoparticules seront synthétisées par pulvérisation cathodique magnétron réactive. Cette méthode bien connue dans l'Industrie fait appel aux plasmas froids à basse pression. L'originalité de ce projet est qu'on ne dépose pas le matériau sur une surface solide mais sur la surface d'un liquide. Dans le cadre de ce travail, les paramètres du plasma seront modifiés de manière systématique afin de comprendre comment les conditions de synthèse (pression et nature du gaz, puissance électrique fournie au plasma, ...) influencent la croissance et les propriétés des particules. Les nanoparticules ainsi produites seront caractérisées par des méthodes de microscopie électronique et de spectrophotométrie UV visible *in operando*. Cette deuxième technique devra être mise au point. C'est un travail expérimental qui peut également être couplé à un travail de modélisation des propriétés optiques en fonction des caractéristiques des particules.

Ce travail s'effectuera en collaboration avec les Prof. M. Voué et B. Maes. Comprendre et parler anglais pour pouvoir discuter au jour le jour avec les chercheurs/ses travaillant sur le sujet est nécessaire.

3. **Spectroscopie des plasmas et synthèse de film mince dans le cadre de la pulvérisation cathodique en régime magnétron chaud.**

Pendant la pulvérisation cathodique magnétron les ions du plasma sont accélérés vers la cible (un disque de métal) qui est polarisée. À la suite du bombardement, les atomes de la surface sont éjectés et forment une vapeur d'atomes métalliques qui se condense pour former un film mince. Généralement, on refroidit la cible. Si on modifie le dispositif et qu'on laisse la surface de la cible chauffer suite au bombardement ionique, le mécanisme de pulvérisation est modifié et son rendement augmente ce qui peut être avantageux. Cependant, très peu d'études ont été menées pour comprendre le lien entre les caractéristiques du plasma (densité et distribution spatiale des atomes pulvérisés, leur énergie cinétique, ...) produit dans ces conditions et les propriétés de films minces synthétisés.

Ce travail expérimental vise donc à étudier la dynamique et la composition du plasma grâce à des outils d'analyse *in situ*, notamment la fluorescence induite par laser. Des mesures seront effectuées en fonction des conditions de travail (pression du gaz, puissance électrique fournie au plasma et mode

d'excitation, nature du matériau pulvérisé). La synthèse et la caractérisation de films minces synthétisés de cette manière est également envisagée.

Comprendre et parler anglais pour pouvoir discuter au jour le jour avec les personnes travaillant sur le sujet est nécessaire.

4. Engineering of luminescent 2D MoS₂ by hydrogen ion irradiation

Nanostructured materials are subject to intense research, as their mesoscopic properties enable a variety of novel applications. They can be grown by different synthesis techniques and subsequently modified, including doping or alloying using different post-growth techniques, what significantly expands their functionalities. Among the post-growth techniques low kinetic energy ion irradiation has been reported as an excellent tool for design luminescent transition metal dichalcogenides (TMDs). During this year we will evaluate the use of hydrogen ion irradiation in the design of luminescent 2D MoS₂.

5. Study of the plasma-based fixation of nitrogen by optical spectroscopy

Nitrogen is a crucial element for living organisms on earth. Transforming atmospheric N₂ into molecules that can be incorporated by most organisms (N₂ fixation) is either done by microorganisms or through energetically costly chemical processes (lightning strikes, Haber-Bosch (H-B) process). As the theoretical limit for the energy consumption of N₂ fixation via non-thermal plasma (NTP) is more than 2.5 times lower than the energy consumption of the H-B process, the master thesis will aim to study the NTP processes to fix N₂ by reduction and by oxidation. This study will be mainly performed by using state-of-the-art plasma diagnostic tools such as IR absorption spectroscopy and optical emission. The objective is to acquire an in depth understanding of the N₂ fixation mechanisms in N₂/O₂ and N₂/CH₄ plasmas by experimental investigations of a plasma discharge. To increase the N₂ fixation rate and the yield, plasma catalysis will also be studied for the same gas mixtures. By successfully completing this project, we will gain fundamental understanding of the mechanisms and master plasma assisted N₂ fixation in the gas phase and on catalyst surfaces.