

Titre : Microscopie interférométrique 4D en lumière blanche en chambre environnemental

Directeur(s) de Thèse : Manuel Flury Maître de Conférences HDR

Unité(s) d'Accueil(s) : Laboratoire ICube

Établissement de rattachement : Université de Strasbourg / INSA Strasbourg

Collaboration(s) (s'il y a lieu) : ICS

Rattachement à un programme (s'il y a lieu) : ANR LatexDry

Résumé (1500 caractères au maximum) :

La caractérisation microscopique en temps réel dans des atmosphères contrôlées offre de nouvelles possibilités pour comprendre les propriétés de structures complexes, telles que les nouveaux matériaux fonctionnels et les échantillons biologiques. La microscopie interférentielle en lumière blanche est une méthode optique puissante en champ lointain qui permet non seulement l'imagerie sans marquage des micro- et nanostructures, mais aussi des mesures rapides sur de grandes hauteurs. L'équipe IPP a une grande expérience de cette technique pour la caractérisation en science des matériaux et a commencé à développer différents types de chambres environnementales, permettant par exemple de contrôler la température, la pression et l'humidité. Une autre solution développée dite Microscopie 4D permet la mesure tridimensionnelle de surfaces avec une sensibilité axiale nanométrique en temps réel. L'objectif du présent projet est de combiner la microscopie 4D avec une chambre environnementale dans le cadre du projet ANR LatexDry pour mesurer le séchage de gouttes de polymère. Les premiers objectifs seront aussi d'améliorer le dispositif actuel afin de l'adapter à des mesures sur des échantillons inhabituels, comme pour l'étude du comportement optique de nanostructures telles que celles que l'on trouve sur les ailes de papillon ou l'étude d'espèces unicellulaires. Tout au long du projet de thèse, il sera nécessaire d'adapter le dispositif, les techniques d'acquisition et de traitement du signal aux échantillons originaux afin de tendre vers une véritable mesure tridimensionnelle et rapide.

Descriptif du sujet (en complément, au format Word ou pdf)

PhD subject / sujet de thèse (2022)

Title: 4D interferometric microscopy with environmental chamber
Titre : Microscopie interférométrique 4D en lumière blanche en chambre environnemental

PhD supervisor(s)/ directeur de thèse : FLURY Manuel + mflury@unistra.fr
Host Unit/ Unité d'accueil : ICube Laboratory (D-ESSP Department)
IPP team (Photonics Instrumentation and Processes)
Affiliate institution: University of Strasbourg / INSA of Strasbourg
Collaboration(s) (if applicable): Institut Charles Sadron
Attachment to a program (if applicable): ANR LatexDry

Summary:

Real-time microscopic characterisation in controlled atmospheres presents new challenges for standard techniques such as electron microscopy, AFM or confocal microscopy. These techniques can often damage samples, are complex to implement or take an excessive amount of time to acquire. Far-field optical methods allow not only label-free imaging of micro- and nanostructures, but also fast measurements over large height, such as white light interferometry. The IPP team has extensive experience in the technique of white light interferometry microscopy, especially in characterisation in material science [1]. This solution allows the three-dimensional measurement of surfaces with nanometric axial sensitivity in real time, which the team has named 4D Interferometric Microscopy [2]. The objective of the thesis project is to adapt our 4D interferometric measurement methods with the use of an environmental chamber. An environmental chamber allows the monitoring of temperature, pressure and humidity by observing a sample sensitive to these parameters. Previous work has shown the great interest of this type of measurement for the study of nano-bubbles and their viscoelastic properties [3]. The candidate will first of all have to improve and finalise the current set-up in order to adapt it to different samples available within the team. The IPP team is involved in the ANR LatexDry project, which involves measuring the three-dimensional shape of thin films and drying of drops. The first objectives will be to be able to adapt the current set-up to this type of non-standard measurements and on unusual samples for the field of interferometry. In addition, the team has also worked on the optical behaviour of nanostructures available, for example, on butterfly wings: it is known that these nanostructures depend on the conditions of the surrounding atmosphere. Finally, this work can be adapted to studies on single-cell species, whose shapes are also dependent on temperature and humidity. Throughout the thesis project, it will be necessary to adapt the set-up, acquisition and signal processing techniques to original samples in order to move towards true three-dimensional and rapid measurement.

References:

- [1] P. Montgomery, A. Leong-Hoi, *Emerging optical nanoscopy techniques*, Nanotechnology, Science and Applications, 2015, doi:10.2147/NSA.S50042
- [2] P. Montgomery, F. Anstötz, F. Salzenstein, D. Montaner, *Real time and high quality on-line 4D FF-OCT using continuous fringe scanning with a high-speed camera and FPGA image processing*, Pan Stanford Publishing, 2016, doi:10.1201/9781315364889-12
- [3] P. Chapuis, P. Montgomery, F. Anstötz, A. Leong-Hoi, C. Gauthier, J. Baschnagel, G. Reiter, G. McKenna, A. Rubin, *A novel interferometric method for the study of the viscoelastic properties of ultra-thin polymer films determined from nanobubble inflation*, Review of Scientific Instruments, 2017, doi:10.1063/1.5000948

Résumé : (facultatif)

La caractérisation microscopique en temps réel dans des atmosphères contrôlées présente des défis pour les techniques traditionnelles comme la microscopie électronique, l'AFM ou la microscopie confocale. Ces techniques peuvent souvent endommager les échantillons, sont complexes à mettre en œuvre ou prendre un temps excessif pour l'acquisition. Des nouvelles méthodes optiques en champ lointain permettent non seulement l'imagerie sans marqueur des micro et nanostructures, mais aussi des mesures rapides sur des grandes dynamiques de hauteurs, comme l'interférométrie en lumière blanche.

L'équipe IPP a une grande expérience dans la technique de microscopie interférométrique en lumière blanche, surtout dans la caractérisation structurale et de la physique des matériaux [1]. Cette solution permet la mesure tridimensionnelle des surfaces avec une sensibilité axiale nanométrique et en temps réel, que l'équipe a nommé Microscopie Interférométrique 4D [2]. L'objectif du projet de thèse est d'adapter nos méthodes de mesures 4D en interférométrie avec l'usage d'une chambre environnementale. Une chambre environnementale permet de contrôler la température, la pression et l'humidité en observant un échantillon sensible à ces paramètres. Des travaux antérieurs ont montré l'intérêt de ce type de mesure pour l'étude de nano-bulles et leurs propriétés visco-élastiques [3].

Le candidat devra tout d'abord améliorer et finaliser le montage actuel afin de l'adapter à différents échantillons disponibles au sein de l'équipe. En effet, l'équipe IPP est impliquée dans l'ANR LatexDry où il s'agit de mesurer la forme tridimensionnelle de séchage de films minces [3]. Les premiers objectifs seront de pouvoir adapter les moyens actuels à ce type de mesures non standards et sur des échantillons inhabituels pour le domaine de l'interférométrie. D'autre part, l'équipe a également travaillé sur le comportement optique de nanostructures disponibles par exemple sur les ailes de papillons : il est connu que ces nanostructures dépendent des conditions de l'atmosphère environnante. Finalement, ce travail pourra s'adapter à des études sur des espèces unicellulaires, dont leurs formes sont également dépendantes de la température et de l'humidité. Tout au long du projet de thèse, il faudra adapter le montage, les techniques d'acquisition et de traitement du signal à des échantillons originaux permettant d'aller vers une vraie mesure tridimensionnelle et rapide.