

Paul Montgomery Chargé de Recherche CNRS

Instrumentation et Procédés Photoniques (IPP)
Laboratoire des Sciences de l'Ingénieur, de l'Informatique et de l'Imagerie (ICube)
University of Strasbourg/CNRS UMR 7357
23 rue du Loess
F-67037 Strasbourg
France.
Tel. +33 (0)3 88 10 62 31
paul.montgomery@unistra.fr serio@unistra.fr
<http://icube.unistra.fr>

Objet : proposition de thèse (bourse contrat doctoral)

Titre : "Etude de techniques de super-résolution pour améliorer la résolution latérale en microscopie interférométrique"

Directeur(s) de Thèse : Montgomery Paul, Chercheur (CR-CNRS-HDR) et Serio Bruno (MCF-HDR)

Collaboration : Des collaborations industrielles sont envisagées avec des fabricants de systèmes de mesures interférométriques.

Résumé :

Un des atouts de la microscopie interférométrique dans la caractérisation sans contact de topographies de surfaces microscopiques est une résolution nanométrique en Z. Avec les applications en nanotechnologies, de plus grandes résolutions latérales sont nécessaires. En microscopie optique en champ lointain, la valeur limite imposée par la diffraction a été repoussée par des techniques comme la microscopie confocale, la lumière structurée (SIM) et le STED 4π .

Ce projet de recherche propose l'étude des différentes techniques qui permettraient d'améliorer la résolution latérale en microscopie interférométrique, pour aller vers un système de mesure « nano-3D », ayant des résolutions spatiales nanométriques dans les trois directions X, Y et Z. Une des pistes à explorer en priorité sera l'usage des techniques utilisant une illumination structurée (SIM). D'autres fonctionnalités seront envisagées pour mesurer par exemple le profil 3D de surfaces microscopiques, obtenir une mise au point automatique ou enfin augmenter la profondeur de champ en microscopie optique. L'utilisation d'un outil de simulation théorique permettra l'optimisation de l'éclairage structurée et du traitement approprié. D'autres solutions pour améliorer la résolution latérale, comme les techniques de reconstruction « sub-pixelliques » seront également considérées. Ce travail s'inscrit dans un projet de développement d'un « Système optique d'analyse dermatologique par imagerie parallèle » proposé par l'équipe IPP.

Descriptif du sujet :

Un des atouts offert par la microscopie interférométrique pour la caractérisation sans contact des topographies de surfaces est une résolution nanométrique en Z. Une telle résolution axiale est possible grâce à la mesure précise de la phase de la lumière [1]. Par contre, la résolution latérale est limitée par la diffraction autour d'une valeur proche de $\lambda/2$ soit environ $0,3 \mu\text{m}$ en lumière visible.

Avec les nouvelles applications en nanotechnologies et en biotechnologies, de plus grandes résolutions latérales sont nécessaires. En microscopie optique en champ lointain, la valeur limite imposée par la diffraction a été dépassée par des techniques comme la microscopie confocale, la microscopie sous illumination structurée (« structured illumination microscopy » ou SIM) [2] et le STED 4π (« stimulated emission depletion ») [3].

Ce projet de recherche propose l'étude des différentes techniques qui permettraient d'améliorer la résolution latérale en microscopie optique, afin de les utiliser en microscopie interférométrique pour aller vers un système de mesure « nano-3D », ayant des résolutions spatiales nanométriques dans les trois directions X, Y et Z. Une des pistes à explorer en priorité sera l'usage des techniques utilisant une illumination structurée (SIM). Avec cette technique, un motif périodique dont la période est inférieure à la résolution latérale du système d'imagerie est projeté sur la surface de l'échantillon. L'information haute résolution de l'échantillon normalement non-résolue est rendu visible par des franges de moiré résultant de l'interférence entre le motif projeté et la structure fine de la surface [2]. Dans l'espace fréquentielle, l'information haute fréquence est déplacée dans une région observable par moyen des franges moiré.

D'autres fonctionnalités seront envisagées avec les techniques SIM, par exemple pour mesurer le profil 3D de surfaces microscopiques par la projection de motifs résolus. L'avantage serait d'éliminer le nécessaire balayage pour mesurer le relief de la surface. On pourrait également développer un système pour obtenir une mise au point automatique ou enfin augmenter la profondeur de champ des microscopes optiques. Le développement d'un modèle pour simuler théoriquement la réflexion de l'éclairage structuré par le système imageur permettra l'optimisation de la répartition de l'éclairage et aussi du traitement approprié. Enfin, d'autres solutions pour améliorer la résolution latérale, comme les techniques de reconstruction « sub-pixelliques » seront également considérées. Ce travail s'inscrit dans un projet de développement d'un « Système optique d'analyse dermatologique par imagerie parallèle » proposé par l'équipe IPP.

Références

- [1] A. Benatmane, P.C. Montgomery, E. Fogarassy, and D. Zahorsky, *Interference microscopy for nanometric surface microstructure analysis in excimer laser processing of silicon for flat panel displays*, Applied Surface Science, 208-209, pp. 189-193, 2003.
- [2] M.G.L. Gustafsson, *Nonlinear structured-illumination microscopy: Wide-field fluorescence imaging with theoretically unlimited resolution*, PNAS, 102 (37), pp. 13081–13086, 2005.
- [3] Bewersdorf J, Schmidt R and Hell SW, *Comparison of 15M and 4Pi-microscopy*, Journal of Microscopy, 222, Pt 2, pp. 105-117, 2006.