

Nom du candidat : Olaf Christian HAENSSLER

Président de Jury

Directeurs de Thèse

**D. THERON
S. FATIKOW**

Rapporteurs

**F. MARCHI
S. PEIK**

Membres

**W. NEBEL
A. MIKSCHL
K. HADDADI**

TITRE DE LA THESE

Technologie de détection et d'imagerie multimodale par microscopie intégrée à balayage électronique, à force et à micro-ondes en champ proche, et son application aux études submicrométriques

Multimodal Sensing and Imaging Technology by Integrated Scanning Electron, Force, and Near-field Microwave Microscopy and its Application to Submicrometer Studies

RESUME

La combinaison de plusieurs procédés d'imagerie et de mesure permet d'obtenir des ensembles de données complémentaires et parfois uniques. A l'aide d'une technique hybride de microscopie présentant des modalités de mesure différentes et des enregistrements synchrones, on peut recueillir des informations complémentaires sur des échantillons à l'échelle nanométrique. De plus, l'intégration de procédés nanorobotiques et de logiciels open-source permet une approche technologique pour la recherche sur les semi-conducteurs et les sciences des matériaux.

Ce travail démontre le potentiel d'une telle technologie. Ce démonstrateur fonctionne dans la chambre d'un MEB et sert de plateforme technologique dans laquelle sont intégrés différentes modalités, technologies et procédés. Un AFM basé sur un interféromètre optique compact permet l'imagerie de la topographie de surface tandis qu'un microscope à micro-ondes à balayage enregistre les caractéristiques électromagnétiques dans la gamme de fréquence des micro-ondes, le tout opérant dans le même MEB. L'engin est contrôlé par un ensemble de logiciels qui est optimisé pour la nanorobotique basée sur l'imagerie. Ce démonstrateur technologique permet d'observer en direct la région d'intérêt à l'aide du microscope électronique tandis qu'est effectuée en champ proche la caractérisation de la surface de l'échantillon par intermédiaire des micro-ondes évanescentes et des forces intermoléculaires.

Ensuite, est présenté un standard multimodal de test et qui valide la fonctionnalité de l'instrument démonstrateur. Le présent travail est complété par une analyse électrique de capacités MOS ainsi que leur approximation destinée au calibrage.

Various disciplines of micro- and nanotechnology requires combinatorial tools for the investigation, manipulation and transport of materials in the submicrometer range. The coupling of multiple sensing and imaging techniques allows for obtaining complementary and often unique datasets of samples under test. By means of an integrated microscopy technique with different modalities, it is possible to gain multiple information about nanoscale samples by recording at the same time. The expansion with nanorobotics and an open-source software framework, leads to a technology approach for semiconductor research and material science.

This work shows the potential of such a multimodal technology approach by focusing on a demonstrator setup. It operates under high-vacuum conditions inside the chamber of a Scanning Electron Microscope and serves as a technology platform by fusing various microscopy modalities, techniques and processes. An Atomic Force Microscope based on a compact, optical interferometer performs imaging of surface topography, and a Scanning Microwave Microscope records electromagnetic properties in the microwave frequency domain, both operating inside an SEM. A software framework controls the instrument. The setup allows for observing with SEM, while imaging and characterizing with interacting evanescent microwaves and intermolecular forces simultaneously.

In addition, a multimodal test standard is introduced and subsequently confirms the functionality of the demonstrator. Within this context, the work also includes an electrical analysis of micro-scale MOS capacitors, including an approximation for use in the calibration.

Soutenance le 22 février à 15h dans l'Université de Oldenburg