IRAMIS : Institut Rayonnement Matlère de Saclay

Saclay

LIDYL/ATTO

Imagerie par diffraction cohérente de microfissures pour l'aéronautique

Spécialité Mesures physiques

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil LIDYL/ATTO

Candidature avant le 25/04/2019

Durée 6 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact BOUTU Willem
+33 1 69 08 51 63
willem.boutu@cea.fr

Résumé

Le stage consiste à développer un microscope sans lentille utilisant une technique d'imagerie par scan redondant appelée ptychographie pour inspecter des pièces métalliques et y détecter des microfissures de largeur sub-micronique et de longueur millimétrique. Il fait suite à une demande de démonstration de l'avionneur SAFRAN.

Sujet détaillé

Ce stage de recherche de niveau M2 vise à développer une méthode d'imagerie de surfaces permettant d'atteindre des résolutions submicroniques tout en restant applicable à des surfaces de l'ordre du m^2. Pour ce faire, nous proposons d'adapter des techniques d'imagerie sans lentille. Ces techniques reposent sur l'utilisation d'une lumière incidente spatialement cohérente – comme un laser – qui va être diffractée par l'objet observé. La source de diffraction peut venir de l'arrangement interatomique pour des cristaux observés par rayonnement X [1] ou de la morphologie même de l'échantillon, celui-ci pouvant alors être observé dans le domaine visible [2]. L'image de diffraction ainsi obtenue est détectée en champ lointain à l'aide d'une caméra. Cependant, celle-ci ne permettant que de détecter l'intensité du champ diffracté, des techniques particulières doivent être mises en œuvre afin de retrouver sa phase, de façon à pouvoir synthétiser l'image de l'objet éclairé dans l'espace réel par une double transformée de Fourier, avec des résolutions spatiales de l'ordre de la longueur d'onde incidente. Parmi les techniques d'imagerie sans lentille, on citera en particulier la ptychographie. Cette méthode consiste à enregistrer un diagramme de diffraction pour différentes positions du faisceau sur l'échantillon, en introduisant une condition de recouvrement spatial. Ce faisant, il devient possible d'imager des structures bien plus grandes que la taille du faisceau cohérent incident. La démonstration du potentiel de la technique pour imager des dislocations a été réalisée récemment dans le domaine des rayons X [3].
Le laboratoire Ultrafast Photonics du CEA/LIDYL adapte et développe depuis 10 ans ces techniques sur des sources lasers extrême UV femtosecondes [4-6] pour l'étude des mécanismes fondamentaux ultrarapides [7]. Au cours de ce stage, nous nous proposons de transposer ces méthodes à un problème macroscopique concret. Plus précisément, nous souhaitons imager des fissures débouchantes sur des pièces métalliques, d'ouvertures lèvres à lèvres sub-microniques mais pouvant s'étendre sur plusieurs cm. Le travail de ce stage consistera à développer un microscope de ptychographie fonctionnant en réflexion et dans le domaine visible (400 nm) ainsi que le code numérique adapté.

Ce travail présente un intérêt fondamental du fait de la mise en œuvre de méthodes d'imagerie des dislocations de surfaces aux échelles submicroniques. Ce volet s'accompagne d'un enjeu industriel, lié au développement de nouvelles méthodes de contrôles non destructifs, d'intérêt majeur pour le groupe SAFRAN, équipementier aéronautique mondial de premier plan, avec qui le stage sera réalisé en partenariat.
Le stagiaire devra faire preuve de solides compétences en optique pour le volet expérimentations et devra savoir développer des codes numériques pour le volet imagerie par ptychographie. Le stagiaire devra aussi avoir le gout du travail en équipe et savoir communiquer. Ce stage pourra éventuellement donner lieu à une poursuite des travaux en thèse, selon la qualité des résultats exploratoires obtenus.

[1] S. Ravy, La diffraction cohérente des rayons X, Reflets de la Physique n° 34, p. 60 (2013)
[2] A. Maiden et al., Superresolution imaging via ptychography, J. Opt. Soc. Am. A, 28, 604 (2011)
[3] V. Jacques et al., Bulk Dislocation Core Dissociation Probed by Coherent X Rays in Silicon, PRL, 106, 065502 (2011)
[4] A. Ravasio et al., Single-Shot Diffractive Imaging with a Table-Top Femtosecond Soft X-Ray Laser-Harmonics Source, PRL. 103, 028104 (2009)
[5] D. Gauthier et al., Single-shot Femtosecond X-Ray Holography Using Extended References , PRL. 105, 093901 (2010)
[6] X. Ge et al., Impact of wave front and coherence optimization in coherent diffractive imaging, Opt. Express 21, 11441 (2013)
[7] B. Vodungbo et al., Laser-induced ultrafast demagnetization in the presence of a nanoscale magnetic domain network, Nat. Comm. 3, 999 (2012)

Mots clés

Imagerie sans lentille, imagerie par diffraction cohérente, problème inverse, contrôle non destructif

Compétences

Ptychographie, imagerie par diffraction cohérente, algorithme de recouvrement de la phase

Logiciels

Labview, python ou matlab

Coherent diffractive imaging of microscopic cracks for aeronauticd

Summary

The internship consists in developing a lensless microscope using a scanning coherent diffractive imaging technique called ptychography in order to inspect metallic parts to detect microscopic cracks with a sub micron width and a millimetre scale length. This is a collaboration with the SAFRAN company.

Full description

Keywords

Lensless imaging, coherent diffractive imaging, inverse problem, non destructive inspection

Skills

Ptychography, coherent diffractive imaging, phase retrieval algorithm

Softwares

Labview, python ou matlab