
Sujet de thèse

Laboratoire: Institut Fresnel

Directrice de thèse: Myriam Zerrad
Tel: 06 46 33 06 04, myriam.zerrad@fresnel.fr

Co-encadrant: Claude Amra

Sujet :

Sondage térahertz de matériaux stratifiés, métrologie et reconstruction

Description du sujet:

Le sondage non destructif des milieux complexes reste un enjeu fort transverse à de nombreux domaines d'application tels que la défense, le spatial, le bâtiment, l'automobile, l'aéronautique, le vivant, l'agronomie ou l'environnement. Si les efforts académiques et industriels ont permis ces dernières années de développer des techniques d'analyse quantitative et de reconstruction de structure interne dans les domaines visible et infra-rouge, le régime TéraHertz est encore loin d'avoir développé tout son potentiel. En effet, la technologie permet depuis peu d'avoir accès à ce chaînon manquant entre les hyperfréquences et l'optique, et surtout d'étendre les techniques développées pour le sondage optique à une nouvelle gamme de matériaux et de dimensions. C'est dans ce contexte que s'inscrit cette thèse.

Plus précisément, au-delà de son caractère non invasif et non ionisant, le rayonnement TéraHertz est beaucoup moins sensible aux plus petites hétérogénéités, ce qui lui confère une forte valeur ajoutée pour analyser la profondeur et les structures spatiales des milieux désordonnés. Ainsi, dans le cadre de travaux visant au développement d'outils de phénotypage pour l'agronomie de précision en vue d'une meilleure gestion des ressources en eau, une méthode originale pour reconstruire la structure interne des feuilles de végétaux. Elle s'appuie sur :

- la mesure des déformations temporelles ou spectrales de la lumière térahertz réfléchi ou transmise par l'échantillon étudiée.
- l'adaptation de techniques de reverse engineering initialement développées pour les couches minces optiques.

Pour ce faire, un banc de spectroscopie goniométrique à été développé à l'Institut Fresnel sur la gamme spectrale [100 GHz – 1,3 THz], Il fonctionne en régime continu et s'appuie sur des techniques de mesures interférométriques lui permettant ainsi d'accéder à l'amplitude et à la phase du signal. L'instrument permet actuellement des mesures des coefficients de réflexion et transmission spéculaires. Les résultats obtenus ont permis de mesurer pour la première

fois, de manière quantitative et non destructive, la géométrie interne et les indices optiques des couches composant la structure de la feuille (trichomes, cuticules, mésophylle). Les épaisseurs élémentaires varient entre 5 à 500 μm sur des « matériaux » sans signature en optique et IR.

L'objectif de cette thèse est d'étendre les techniques développées à l'étude quantitative non destructive de revêtements et peintures avec un intérêt particulier pour les matériaux pour l'automobile et l'avionique. Ainsi, les principaux axes de travail viseront à :

- Optimisation du banc instrumental existant pour augmenter et quantifier précision et robustesse
- L'extension de la méthode actuelle sur des revêtements isotropes (métrologie et algorithmes de reconstruction)
- Evolution du moyen instrumental et des modèles de reconstruction pour l'analyse de structures anisotropes
- L'ajout de la dimension polarimétrique sur le banc et les modèles pour augmenter le contraste en cas de diffusion prépondérante
- Evaluer la pertinence d'une mesure des champs électromagnétiques diffusés en régime THz.

Références bibliographiques:

Yannick Abautret, Dominique Coquillat, Michel Lequime, Myriam Zerrad, Claude Amra. Analysis of the multilayer organization of a sunflower leaf during dehydration with terahertz time-domain spectroscopy. Optics Express, 2022, 30 (21), pp.37971.

Yannick Abautret, Dominique Coquillat, Myriam Zerrad, Xavier Buet, Ryad Bendoula, et al.. Terahertz probing of sunflower leaf multilayer organization. Optics Express, 2020, 28 (23), pp.35018-35037.