

Contrôle non destructif de structures couches-sur-substrat par corrélation d'ondes acoustiques diffuses

Les structures couches sur substrat présentent un grand intérêt pour de nombreuses applications telles que : les technologies des semi-conducteurs (circuits intégrés), l'optique (revêtements de lentilles antireflets, revêtements de miroirs, cellules photovoltaïques), l'électronique (transducteurs piézo-électriques), la mécanique (réduction des frottements, amélioration de l'adhérence, résistance mécanique, solidité) et le médical (revêtements d'implants). Le contrôle de qualité de ces structures et de leur adhérence sur le substrat est particulièrement crucial. En effet, elles sont le siège de nombreuses dégradations liées à des défauts de fabrication lors de la croissance des couches minces (inhomogénéité du profil d'épaisseur), pouvant aller jusqu'à la déformation des wafers, et/ou apparition de fissures et de délaminages.

Nous proposons, ici, de tirer profit du principe de l'imagerie passive en utilisant *le bruit acoustique aléatoire*. L'idée est que le champ diffus créé par ces sources d'*opportunité*, contient de l'information sur l'ensemble des ondes qui se propagent entre deux points du milieu. Pour ce faire, on utilise une approche de l'acoustique physique dite de « corrélation de bruit » : si on réalise une moyenne des corrélations de ce bruit sur un intervalle de temps suffisant, la partie du signal qui correspond à la réponse entre les deux points va émerger. Ainsi, en utilisant ces réponses, on peut surveiller d'une façon passive l'apparition d'un défaut. Cette approche utilisée initialement dans les applications géophysiques [1], fournit une base théorique fondamentale pour la reconstruction passive des fonctions de Green "FG" (ou réponses impulsionnelles) du milieu [2, 3].

Pour le CND des couches sur substrat, l'équipe TPIA, a l'expertise de développer des transducteurs interdigités (IDT) à large bande [4,5]. Pour tirer parti de l'approche évoquée précédemment, dans la gamme des hautes fréquences (10-30 MHz), les IDTs seront utilisés pour générer le champs diffus haute fréquence dans les échantillons. Ces IDTs seront alimentés par des séquences de bruit blanc. Différents échantillons sont déjà disponibles au laboratoire. Il s'agit de couches métalliques (50-500 nm) déposées sur des substrats isotropes (silice) et anisotropes (silicium).

Les premiers essais seront d'abord axés sur l'estimation des paramètres expérimentaux et des conditions permettant une reconstruction satisfaisante de la FG vis-à-vis du nombre d'IDTs, et de la géométrie optimale de l'échantillon. Pour cela, le(a) candidat participera aux mesures optiques par vibrométrie laser, et tachera de répondre au fur et à mesure aux questions suivantes :

- Les caractéristiques de réverbération des échantillons (durée des signaux, nature de l'excitation, l'atténuation, géométrie de l'échantillon, etc.)
- La qualité de reconstruction des fonctions de Green reconstruites par corrélation de signaux mesurés (nombre d'IDTs, type d'IDT, type de matériau, etc.)

Par la suite, et en fonction de l'avancement du travail, on s'intéressera à la détection de défaut dans les échantillons étudiés. Pour cela, on dispose au laboratoire IEMN des moyens techniques pour l'usinage de défauts localisés (gravure chimique, rajout de masse par évaporation, etc.). Pour cela, le(a) candidat(e) devra comparer les signaux acquis sur un échantillon de référence (sain) et un échantillon endommagé (avec défaut).

Profil du candidat :

Le(a) candidat(e) devra posséder de bonnes compétences théoriques sur la physique des ondes acoustiques (ultrasonores) dans les solides. Il devra avoir de bonnes bases de traitement de signal. De bonnes capacités d'expérimentateur seront également indispensables.

Ce stage offre la possibilité de poursuivre en thèse de doctorat à l'université polytechnique des Hauts de France.

Contact :

Lynda CHEHAMI, Maître de conférences, Université Polytechnique des Hauts-de-France
émail : lynda.chehami@uphf.fr

Références

1. P. Roux, and W. Kupperman., Extracting coherent wavefronts from acoustic ambient noise in the ocean. Journal of the Acoustical Society of America, **116**:1995-2003, 2004.
2. L. Chehami et al., Detection and localization of a defect in a reverberant plate using acoustic field correlation, JAP., **115**, 104901, 2014.
3. L. Chehami et al., Accuracy of Green's function estimation from correlation of diffuse elastic waves on thin plates, J. Acoust. Soc. Am., **146**, 3505-3511, 2019.
4. M. Duquennoy, et al., Characterization of micrometric and superficial residual stresses using high frequency surface acoustic waves generated by IDTs, JASA., **134**, 4360-4371, 2013.
5. D. Fall, et al., Generation of broadband surface acoustic waves using a dual temporal-spatial chirp method, JASA EL, **142**, 108-112, 2017.