

Modélisation de l'atténuation dans les matériaux poreux et composites : application au silicium poreux

Equipe encadrante : Gaël Gautier (directeur), Julien Bustillo, Laurianne Blanc

Contexte de l'étude :

L'étude des propriétés physiques de milieux poreux au sein du pôle Acoustique et Piézoélectricité a commencé en 2011. En particulier, le silicium poreux, développé au laboratoire, est étudié. Trois thèses, transversales entre les thèmes phares Microelec et caracUS, (1 terminée (Julien Bustillo), 2 en cours (Julie Lascaud et Fabrice Dubosc)) visent la caractérisation de ce matériau et son intégration dans des dispositifs (capteur, transducteur capacitif).

Dans le cadre de la première thèse, il a été montré que les ondes ultrasonores permettent de remonter à certains paramètres de la couche poreuse étudiée, notamment son épaisseur et sa porosité [1], [2]. Par ailleurs, les mesures effectuées ont aussi montré que l'atténuation de l'onde acoustique au sein des matériaux poreux est très élevée, ce qui pourrait les rendre particulièrement intéressant afin de limiter la propagation d'onde réfléchie au sein du substrat dans le cadre de transducteur CMUT. Ce paramètre est aussi essentiel dans la conception des capteurs à ondes de surface (variation de la sensibilité) ou dans les systèmes de transduction ultrasonores piézoélectriques où les backings sont de plus en plus fabriqués en matériaux poreux afin de permettre une meilleure adaptation mécanique tout en assurant leur rôle d'atténuateurs.

Ainsi, ce sujet de thèse porte sur l'estimation de l'atténuation des ondes ultrasonores dans le silicium poreux afin de pouvoir modéliser et simuler le fonctionnement de dispositifs intégrant ce matériau et permettre une optimisation de ceux-ci.

La modélisation de l'atténuation nécessite une homogénéisation du matériau poreux prenant en compte la forme des pores, la porosité ainsi que le fluide saturant afin d'obtenir des paramètres mécaniques complexes intégrant les pertes. L'intégration de ces constantes mécaniques dans les modèles de propagation permettra alors d'estimer la propagation des ondes ultrasonores au sein du matériau poreux (onde de volume) et aux interfaces (onde de Rayleigh, onde de Lamb). Cette modélisation pourra également prendre en compte les matériaux composites issus du remplissage du silicium poreux.

En effet, de nombreux travaux ont montré que le remplissage des pores du silicium poreux permet, en plus de la passivation, d'ajuster les propriétés mécaniques, optiques et électriques du matériau [1]. Cela est particulièrement étudié dans le développement de guides d'ondes [3], des vias électriques [4] et dans l'administration ciblée de médicaments [5] entre autres.

La prise en compte de l'atténuation pourra, de plus, être utilisée pour caractériser d'autres matériaux poreux, tels que des oxydes métalliques mésostructurés ou des céramiques poreuses. Cela pourra donc amener des collaborations avec des laboratoires spécialisés dans le dépôt de matériaux, notamment avec des laboratoires de chimie qui développent les matériaux poreux.

Bibliographie :

- [1] L. Canham, Ed., *Handbook of Porous Silicon*. Cham: Springer International Publishing, 2014.
- [2] J. Bustillo, J. Fortineau, G. Gautier, and M. Lethiecq, "Ultrasonic investigation of Mesoporous Silicon," in *Porous Semiconductors - Science and Technology*, 2014.
- [3] L. Blanc, "Développement et modélisation de plateformes à ondes acoustiques de surface guidées : caractérisation des propriétés mécaniques de films minces mésoporeux," 2011.
- [4] T. Defforge, J. Billoué, M. Diatta, F. Tran-Van, and G. Gautier, "Copper-selective electrochemical filling of macropore arrays for through-silicon via applications.," *Nanoscale Res. Lett.*, vol. 7, no. 1, p. 375, Jan. 2012.
- [5] E. ANGLIN, L. CHENG, W. FREEMAN, and M. SAILOR, "Porous silicon in drug delivery devices and materials," *Adv. Drug Deliv. Rev.*, vol. 60, no. 11, pp. 1266–1277, Aug. 2008.

Déroulement de la thèse :

- Etude bibliographique :
 - acoustique des milieux poreux
 - homogénéisation de milieux multiphasiques
 - méthodes de caractérisation ultrasonore
- Intégration des pertes dans les constantes mécaniques en fonction des paramètres des matériaux poreux
 - Modification des modèles d'homogénéisation
 - Calcul des constantes complexes du modèle de Biot
 - Remplissage des pores par un fluide
 - Présence de plusieurs phases dans les pores (fluides-solides ou fluides non miscibles)
- Intégration dans des modèles de propagation en onde de volume et en onde de surface.
- Comparaison avec des mesures :
 - onde de volume : méthode d'insertion-substitution
 - onde de surface : utilisation des capteurs à ondes de surface développés au sein du GREMAN

Mots-clefs : silicium poreux, composite, atténuation, capteurs à ondes de surface, modélisation, acoustique des milieux poreux

Profil du candidat:

Le candidat, de formation universitaire ou école d'ingénieurs, devra avoir de bonnes connaissances en physique appliquée, en acoustique ultrasonore et en modélisation. Des compétences en matériaux et en microélectronique seraient appréciées.

Candidature : envoyer par mail un dossier constitué d'un CV détaillé, d'une lettre de motivation et de courriers de recommandation et/ou contacts.

Contacts :

gael.gautier@insa-cvl.fr

Tel : 02.54.55.86.90

GREMAN, Pôle A&P

INSA CVL

Rue de la chocolaterie

CS 23410

41034 Blois CEDEX

Julien.bustillo@insa-cvl.fr

Tel : 02.54.55.86.91

GREMAN, Pôle A&P

INSA CVL

Rue de la chocolaterie

CS 23410

41034 Blois CEDEX

Laurianne.blanc@univ-tours.fr

Tel : 02.54.55.86.70

GREMAN, Pôle A&P

INSA CVL

Rue de la chocolaterie

CS 23410

41034 Blois CEDEX