

Conférence invitée

RELAXATION, DISSIPATION MECANIQUE INTERNE ET ONDES GRAVITATIONNELLES

F. Schiettekatte^{*1}, É. Lalande¹, A. W. Lussier¹, C. Lévesque¹, M. Ward¹, M. Chicoine¹, B. Baloukas², L. Martinu², L. Yang³, M. Fazio³, C. S. Menoni³, G. Vajente⁴, G. Billingsley⁴, A. Ananyeva⁴, R. Bassiri⁵, A. Markosyan⁵, K. Prasai⁵, M. M. Fejer⁵

¹ Université de Montréal, Montréal, QC, Canada, ² Polytechnique Montréal, Montréal, QC, Canada

³ Colorado State University, Fort Collins, CO, USA, ⁴ California Institute of Technology, Pasadena, CA, USA, ⁵ Stanford University, Stanford, CA 94305, USA

Les matériaux amorphes possèdent des degrés de liberté supplémentaires par rapport à leur contrepartie cristalline, identifiés il y a 50 ans par un excès dans la chaleur spécifique d'origine inconnue, mais responsable d'une dissipation mécanique interne (DMI). Or, qui dit dissipation, dit fluctuation par le théorème du même nom. Elle se trouve donc à l'origine d'une des principales sources de bruit dans les observatoires d'ondes gravitationnelles LIGO et VIRGO.

En effet, ces grands interféromètres de Michelson avec des bras de 4 km possèdent des miroirs constitués de réflecteurs de Bragg où s'alternent des couches *amorphes* d'indice de réfraction faible (SiO₂) et élevé (TiO₂:Ta₂O₅). Et on cherche à observer des déplacements des miroirs de 10⁻¹⁸ m ! Si au cours de 40 ans de recherches la plupart des sources de bruit ont pu être atténuées, il en persiste deux dans le domaine de fréquence le plus sensible de ces instruments : le bruit quantique lié à la fluctuation statistique du nombre de photons dans le faisceau de 750 kW, et les fluctuations associés à la DMI dans les couches amorphes, principalement le TiO₂:Ta₂O₅.

Différentes approches ont été mises de l'avant pour tenter d'identifier un matériau présentant le meilleur compromis en indice élevé et faible DMI. Déjà, le dopage au Ti avait permis de réduire la DMI dans le Ta₂O₅. Au cours de cette présentation, nous aborderons différentes stratégies mises de l'avant : dépôt à haute température ou sous différentes conditions de polarisation, synthèse d'alliages plus complexes (ex. : Fig.1). Dans toutes ces étapes, l'analyse par faisceau d'ions fournit deux quantités névralgiques : composition (incluant stœchiométrie et impuretés) et concentration surfacique d'atomes qui, combinée à une mesure d'épaisseur par ellipsométrie, permet d'établir la densité. Cette dernière est nécessaire notamment pour déterminer la valeur de la DMI à partir de mesures par suspension nodale « délicate ».

Au passage, nous avons tenté d'identifier, au niveau microstructural, ce qui caractérise un matériau ayant une plus faible DMI. Plusieurs évidences montrent qu'il s'agit d'un matériau qui tend vers un « verre parfait », le mieux relaxé possible, caractérisé par une coordination, un nombre de membres par boucle et une orientation des liaisons typiques de la phase cristalline.

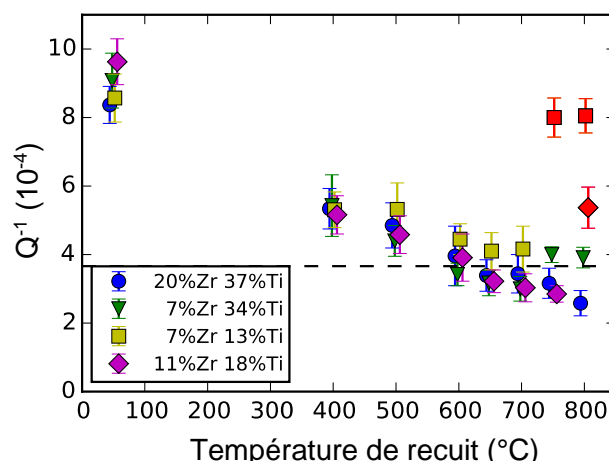


Fig. 1. Dissipation mécanique interne pour des composés de Ta₂O₅ dopé au Zr et Ti aux concentrations indiquées, en fonction de la température de recuit. Les points rouges indiquent des échantillons ayant cristallisé. Tiré de [1].