



Etude de la relaxation thermique de la silice amorphe densifiée

Spécialité Physique des matériaux

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil [LSI](#)

Candidature avant le 27/03/2020

Durée 5 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [OLLIER Nadège](#)

+33 1 69 33 45 18

nadege.ollier@polytechnique.edu

Résumé

Ce stage porte sur l'étude de la relaxation thermique d'échantillons préalablement densifiés ainsi que celle des différents échantillons de silice densifiés puis irradiés avec des électrons de 2.5 MeV à 11 GGy. Nous mesurerons l'évolution de la densité du verre, de l'indice de réfraction ainsi que ses propriétés vibrationnelles (spectroscopies Raman et infra-rouge) après des traitements thermiques. L'un des objectifs sera de déterminer des distributions d'énergie d'activation et de mieux caractériser la transition entre états amorphes et en particulier la phase métamictique.

Sujet détaillé

Contexte : De nos jours, beaucoup de technologies sont basées sur des dispositifs optiques ou optoélectroniques intégrant des verres de silice du fait de ses propriétés hors du commun (ultra-transparence dans le domaine UV-NIR, résistance mécanique élevée, faible dilatation thermique). Connaître le comportement de la silice sous conditions extrêmes (hautes pressions, irradiation) reste un enjeu pour un grand nombre d'applications dans le domaine du nucléaire (ITER, Fission nucléaire, ...) et du spatial. Il est possible par indentation ou par compression hydrostatique de densifier de façon permanente la silice jusqu'à des valeurs limites autour de 20 % (à 25 GPa) en raison de l'important volume libre de ce verre. L'irradiation est également un moyen de densifier la silice. Nous avons montré récemment l'existence d'un polymorphe unique de la silice (densité 2.26 g/cm³) obtenu quelque soit l'état initial de la silice après irradiation à de très fortes doses (typ. >10 GGy pour des électrons de 2.5 MeV)¹. Mais à ce stade, on ne sait pas si cette phase amorphe est unique et identique à la phase dite « métamictique » obtenue après irradiation et amorphisation des polymorphes cristallins de la silice (quartz, coesite,...). Un des moyens de mieux caractériser cette phase est d'étudier la relaxation de sa structure et de ses propriétés, suite à des traitements thermiques. Ce stage qui s'intéresse à la silice densifiée s'intègre plus largement dans différents projets : un projet ANR (en cours de soumission) et un projet en collaboration avec le CEA DRT qui vise à modéliser le comportement des capteurs à fibres à réseau de Bragg en milieu extrême (radiations et/ou haute température).

Objet du stage : Nous caractériserons la relaxation thermique d'échantillons préalablement densifiés ainsi que celle des différents échantillons de silice densifiés puis irradiés avec des électrons de 2.5 MeV à 11 GGy. Nous mesurerons

l'évolution de la densité du verre, de l'indice de réfraction ainsi que ses propriétés vibrationnelles (spectroscopies Raman et infra-rouge) après des traitements thermiques. L'un des objectifs sera de déterminer les distributions d'énergie d'activation et de mieux caractériser la transition entre états amorphes et en particulier la phase métamictique (phase amorphe d'un solide initialement cristallin).

Référence :

Relaxation study of pre-densified silica glasses under 2.5 MeV electron irradiation,
N. Ollier, M. Lancry, C. Martinet, V. Martinez, S. Le Floch, D. R. Neuville, [Scientific reports \(2019\) 9:1227](#).

Mots clés

Verres, silice, défauts ponctuels, irradiation

Compétences

Traitement thermiques, Photoluminescence - Spectroscopies Raman et infra-rouge

Logiciels

Thermal relaxation characterization of densified amorphous silica

Summary

This internship focuses on the characterization of the thermal relaxation of densified silica samples (high dose under irradiation and in the form of a thin layer). We will measure the evolution of glass density, refractive index and vibrational properties (Raman and infrared spectroscopy) after thermal treatments. One of the objectives will be to determine the distribution of activation energies of the so-called metamict phase in order to better characterize the transition between low and high-density amorphous states.

Internship duration: 4-6 months

Full description

Background: Nowadays, many technologies are based on optical or optoelectronic devices integrating silica glasses because of its exceptional properties (ultra-transparency in the UV-NIR range, high mechanical resistance, low thermal expansion). Understanding the behavior of silica under extreme conditions (high pressures, irradiation) remains an issue for a large number of applications in the field of nuclear (ITER, nuclear fission, ...) and space. It is possible by indentation or by hydrostatic compression to permanently densify the silica to limit values around 20% (at 25 GPa) because of the large free volume of this glass. Densifying silica by using irradiation is also possible. We recently showed the existence of a single polymorph of silica (density 2.26 g / cm³) obtained whatever the initial state of the silica after irradiation at very high doses (typ > 10 GGy for electrons of 2.5 MeV) ¹. But at this stage, it is unclear if this amorphous phase is unique and identical to the so-called "metamict" phase obtained after irradiation and amorphization of the crystalline polymorphs of silica (quartz, coesite, etc.). One way to better characterize this phase is to study the relaxation of its structure and its properties, following thermal treatments. This internship, which focuses on densified silica belongs to two different projects: an ANR project (currently being submitted) and a project in collaboration with CEA DRT, which aims to model the behavior of Bragg grating fiber sensors in extreme environment (radiation and / or high temperature).

Purpose of the internship: We will characterize the thermal relaxation of previously densified samples as well as that of the different silica samples densified and irradiated with electrons of 2.5 MeV to 11 GGy. We will measure the evolution of the glass density, the refractive index and its vibrational properties (Raman and infra-red spectroscopy) after thermal treatments. One of the objectives will be to determine activation energy distributions and better characterize the transition between amorphous states and in particular the metamict phase (amorphous phase of an initially crystalline solid).

Reference:

Relaxation study of pre-densified silica glasses under 2.5 MeV electron irradiation,
N. Ollier, M. Lancry, C. Martinet, V. Martinez, S. Le Floch, D. R. Neuville, [Scientific reports \(2019\) 9:1227](#).

Keywords

Glasses, silica, point defects, irradiation

Skills

Thermal treatments, Raman and infra-rouge spectroscopies,

Softwares