



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 10/04/2021

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 de silice densifiés (forte dose sous irradiation et sous forme de couche mince). 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. Un des objectifs sera de déterminer la distribution d'énergies d'activation de la phase dite metamicte afin de mieux caractériser la transition entre états amorphes de faible et haute densité.

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 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 quel que soit l'état initial de la silice après irradiation à de très fortes doses (typ. >10 GGy pour des électrons de 2.5 MeV) [1-2]. 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.

Objet du stage : Nous caractériserons la relaxation thermique d'échantillons de silice densifiés (forte dose sous irradiation et sous forme de couche mince). 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. Un des objectifs sera de déterminer la distribution d'énergies d'activation de la phase dite metamicte afin de mieux caractériser la transition entre états amorphes de faible et haute densité.

Référence :

[1] 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](#).

[2] Unique silica polymorph obtained under electron irradiation

I. Reghioua, M. Lancry , O. Cavani, S. Le Floch , D- R. Neuville and N. Ollier [Applied Physics Letters 115 \(2019\) 251101](#).

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 outstanding properties (ultra-transparency in the UV-NIR range, high mechanical resistance, low thermal expansion). Understanding the behavior of silica under extreme conditions (high pressure, irradiation) remains an issue for a large number of applications in the nuclear and space fields. It is possible by indentation or hydrostatic compression to permanently densify silica up to limit values around 20% (at 25 GPa) due to the large free volume of this glass. Irradiation is also a means of densifying silica. We have recently shown the existence of a unique 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) [1-2]. But at this stage, it is unclear if this amorphous phase is unique and identical to the so-called "metamictic" phase obtained after irradiation and amorphisation of the crystalline polymorphs of silica (quartz, coesite...). One of the means to better characterize this phase is to study the relaxation of its structure and properties, following heat treatments.

Purpose of the internship: We will characterize 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.

Reference:

[1] 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](#).

[2] Unique silica polymorph obtained under electron irradiation I. Reghioa, M. Lancry, O. Cavani, S. Le Floch, D. R. Neuville and N. Ollier [Applied Physics Letters 115 \(2019\) 251101](#)

Keywords

Glasses, silica, point defects, irradiation

Skills

Thermal treatments, Raman and infra-rouge spectroscopies,

Softwares