



Nouveaux grenats magnétocaloriques

Spécialité CHIMIE

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil [LLB/NFMQ](#)

Candidature avant le 30/06/2023

Durée 4 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [DAMAY Françoise](#)
+33 1 69 08 49 54 / 62 29
francoise.damay@cea.fr

Résumé

Le but de ce stage est de trouver de nouveaux grenats de terres rares ayant de meilleures performances magnétocaloriques comme alternative à l'hélium liquide.

Sujet détaillé

Des réfrigérants alternatifs sont nécessaires pour remplacer l'utilisation d'hélium liquide de plus en plus rare, mais nécessaire pour refroidir, par exemple, les aimants supraconducteurs utilisés dans l'imagerie par résonance médicale. Les matériaux magnéto-caloriques, avec leur pouvoir de refroidissement entropique, lorsqu'ils sont soumis à un champ magnétique, peuvent être une bonne solution de remplacement.

Les grenats à base de gadolinium développés récemment présentent des effets magnéto-caloriques (MCE) parmi les plus importants ; cependant, leur pouvoir de refroidissement atteint son maximum en dessous de 2 K, ce qui est trop faible pour de nombreuses applications de l'hélium liquide. L'objectif de ce stage est de trouver de nouveaux grenats de terres rares présentant de meilleures performances magnéto-caloriques : à ce jour, il reste beaucoup à explorer et à comprendre sur l'optimisation du MCE dans les grenats $\text{Ln}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}$. De plus, la structure du grenat est suffisamment adaptable pour offrir un riche terrain de jeu pour les substitutions : les sites cationiques peuvent être divisés en trois environnements distincts, un dodécaédrique pour les ions de terres rares sur le réseau hyperkagome, et un environnement octaédrique (B) et tétraédrique (C).

Pour atteindre cet objectif, le stage se concentrera sur l'étude des oxydes de grenat à haute entropie. Les oxydes à haute entropie sont des matériaux monophasés qui contiennent cinq cations principaux ou plus en quantités équimolaires sur un site donné, de manière à minimiser l'énergie de Gibbs du mélange et à favoriser la stabilisation thermodynamique d'une phase unique avec des cations multiples. Le désordre chimique est une cause connue de transitions de phases magnétiques lentes pendant le refroidissement, ce qui entraîne souvent une augmentation de l'ECM. Par conséquent, les grenats à haute entropie sont des candidats potentiellement très attrayants comme réfrigérants magnétiques.

Mots clés

Magnétocalorique, oxydes à haute entropie, techniques de diffusion des neutrons

Compétences

Le travail expérimental de ce stage M2 sera réalisés entre l'Institut ICMMO, spécialisé dans la chimie et la synthèse du solide, et le laboratoire LLB, qui dispose de capacités de mesures physiques ($M(T)$, $C_p(T)$, etc...).

Logiciels

Ising garnet hyperkagome networks for enhanced magnetocaloric effect

Summary

The aim of this internship is to find new rare-earth garnets with better magnetocaloric performances as an alternative to liquid helium.

Full description

Alternate coolants are needed to replace the use of increasingly scarce liquid helium, required, for instance, to cool the superconducting magnets used in medical resonance imaging. Magnetocaloric materials, with their entropically driven cooling power when cycled in a magnetic field, are such a replacement. The gadolinium-based garnets developed recently show amongst the largest magnetocaloric effects (MCE) ; yet the cooling power of those materials peaks below 2 K, too low for many applications of liquid helium.

The aim of this internship is to find new rare-earth garnets with better magnetocaloric performances : to this date, much remains to be explored and understood about the optimization of the MCE in $\text{Ln}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}$ garnets. All the more so that the garnet structure is adaptable enough to offer a rich playground for substitutions : the cation sites can be divided in three distinct environments, a dodecahedral one for the rare-earth ions on the hyperkagome network, and an octahedral (B) and a tetrahedral (C) environment.

The internship will focus on the investigation of high-entropy garnet oxides to achieve this goal. High-entropy oxides are single-phased materials that contain five or more principal cations in equimolar amounts on a given site, so as to minimize the Gibbs energy of mixing and favours the thermodynamic stabilization of a single phase with multiple cations. Chemical disorder is a known cause of sluggish magnetic phase transitions during cooling, which often result in an enhanced MCE. Therefore, high-entropy garnets are potentially very attractive candidates as magnetic refrigerants.

Keywords

Magnetocalorics, high-entropy oxides, neutron scattering techniques

Skills

The experimental work of this M2 internship will be performed in-between the ICMMO Institute, specialized in solid state chemistry and synthesis, and the LLB laboratory, which has physical measurement capabilities (M(T), Cp(T), etc...).

Softwares