

Croissance Czochralski, comportement et propriétés mécaniques de cristaux massifs de Li₂MoO₄ pour bolomètres scintillants

Abdelmounaim AHMINE

Sous la direction de T. Duffar et M. Velazquez

Mercredi 31 mars 2021 à 12h30

Maison Jean Kuntzman/visioconférence

Jury :

KHEIRREDDINE LEBBOU, DR, CNRS DELEGATION RHONE AUVERGNE	Rapporteur
MARC HUGER, PROFESSEUR DES UNIVERSITES, UNIVERSITE DE LIMOGES	Rapporteur
ELISABETH DJURADO, PROFESSEUR DES UNIVERSITES, GRENOBLE INP	Examineur
CLAUDIA DECORSE, MAITRE DE CONFERENCE, UNIVERSITE PARIS-SACLAY	Examineur

Résumé : La compréhension de l'origine de la masse du neutrino et la détection directe de la matière noire de notre univers figurent parmi les moteurs scientifiques les plus passionnants de l'astrophysique d'aujourd'hui. Des expériences cruciales dans ces domaines nécessitent de détecter des événements extrêmement rares, tels que la double désintégration bêta sans émission de neutrinos ($2\beta 0\nu$). Parmi les détecteurs les plus performants de cette désintégration se trouvent les bolomètres scintillants qui permettent simultanément de générer un événement nucléaire et de l'enregistrer dans un même cristal qui constitue le cœur de ces bolomètres. Un des cristaux les plus prometteurs est le molybdate de lithium, Li₂MoO₄ (LMO).

Nous avons réussi, dans le cadre de ce travail de thèse, à faire croître par la méthode Czochralski (CZ) plusieurs cristaux massifs (jusqu'à 1 Kg) de LMO de bonne qualité cristalline, dont un a été utilisé pour réaliser un bolomètre scintillant au sein du laboratoire CSNSM à Orsay.

L'un des cristaux que nous avons élaborés a fracturé durant son tirage, un autre s'était auparavant fissuré lors de l'usinage pour la réalisation d'un bolomètre. Ceci nous a amené à nous intéresser aux propriétés mécaniques des cristaux de LMO, jamais étudiées auparavant, afin d'appréhender le comportement mécanique des cristaux lors de leur croissance.

Dans le but d'obtenir les coefficients élastiques de LMO à différentes températures, qui nous sont indispensables pour le calcul des contraintes thermomécaniques dans le cristal pendant son tirage par la méthode Czochralski, nous avons réalisé des expériences de diffusion Brillouin à température ambiante et à haute température sur des échantillons de différentes orientations cristallines. Puis des essais de compression uniaxiale sur des échantillons de LMO monocristallins orientés, ont été réalisés à hautes températures, ce qui nous a permis d'étudier le comportement plastique et la rupture du matériau.

Toujours dans la logique d'estimer le risque de fissuration du LMO, nous avons développé un modèle de calcul par éléments finis des champs de température et des contraintes thermomécaniques dans le cristal pendant le tirage Czochralski et durant le refroidissement subséquent.

En conclusion, ce travail discute les contraintes mécaniques en lien avec le risque de fissuration des cristaux de LMO lors de leur tirage.