

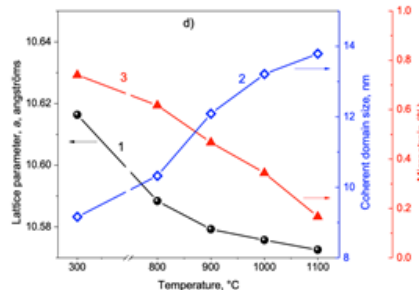
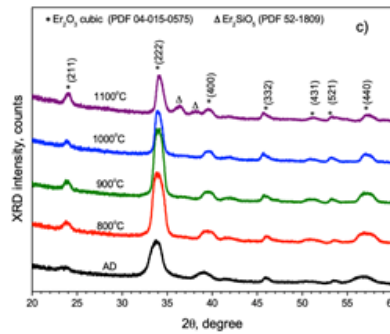
## CiMap

### Propriétés optiques et structurales de films $\text{Er}_2\text{O}_3$ par dépôt de couche atomique (ALD)

Julien Cardin : tél : 02.31.45.26.64, [julien.cardin@ensicaen.fr](mailto:julien.cardin@ensicaen.fr)

Les films d'oxyde d'erbium  $\text{Er}_2\text{O}_3$  sont utilisés en micro-électronique et en photonique. Le dépôt de tels films est réalisé en général par voie chimique (sol-gel, phase vapeur), ou par voie physique (pulvérisation). Dans cette étude réalisée dans le groupe NIMPH du CIMAP, des films d' $\text{Er}_2\text{O}_3$  ont été déposés sur des substrats de Si par dépôt ALD (en anglais, Atomic Layer Deposition) à partir d'un précurseur de tris (méthylcyclopentadiényl) erbium (III) et d'eau. Cette technique de dépôt présente un intérêt majeur pour la réalisation de dépôts conformes, à basse température, de films minces de grande qualité. L'évolution des propriétés structurales et optiques des films de  $\text{Er}_2\text{O}_3$  synthétisés a été étudiée en fonction des conditions de fabrication. Les films sont directement cristallisés sous la forme cubique de  $\text{Er}_2\text{O}_3$  (Fig. a) et présentent des contraintes en compression. Le recuit isochrone de 30 min dans une gamme de température de 600 à 1100°C ( $T_R$ ) sous flux d'azote, qui permet la relaxation de ces contraintes, s'accompagne d'une diminution des paramètres

de maille et d'une augmentation de la taille du domaine cohérent (Fig. b). Pour les films recuits à haute température ( $T_R > 900^\circ\text{C}$ ), la formation d'une phase de silicate d'erbium a été observée (épaisseur 23.5 nm pour le film recuit à 1100°C). Cette phase s'est formée en raison de la diffusion de Si à partir du substrat dans le volume du film. L'émission lumineuse des ions  $\text{Er}^{3+}$  observée s'accompagne d'un affinement des pics croissant avec  $T_R$ , confirmant la cristallisation de la matrice hôte des ions  $\text{Er}^{3+}$ . Sous excitation UV, les lacunes d'oxygène et les ions  $\text{Er}^{3+}$  contribuent à l'émission lumineuse, mais aucun transfert d'énergie des lacunes vers les ions  $\text{Er}^{3+}$  n'a été démontré. Cette étude ouvre la voie à la croissance par la technique ALD de nouveaux films minces d'oxydes complexes, pouvant être dopés ou non, avec des propriétés optiques et/ou électriques optimales.

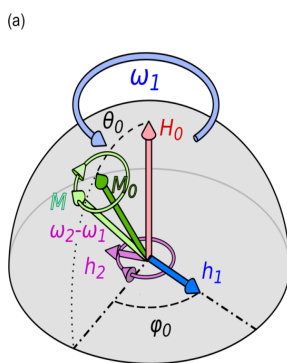


c) Diagrammes de diffraction de rayons X (DRX) en incidence rasante. d) Evolution du paramètre de maille a, de la taille de domaine cohérent et des micro-contraintes avec la température de recuit  $T_R$ .

### Excitation résonante de la nutation d'un nano-aimant

Grégoire de Loubens : tél : 01.69.08/71.60, [gregoire.deloubens@cea.fr](mailto:gregoire.deloubens@cea.fr)

Comme pour une toupie, la dynamique naturelle du vecteur aimantation dans un matériau ferromagnétique correspond à une précession aux petits angles autour de sa position d'équilibre. Cette résonance ferromagnétique (RFM) est extrêmement non linéaire à mesure que l'angle de précession augmente, ce qui engendre des phénomènes remarquables, tels des turbulences d'ondes de spin et du chaos. Mais cette complexité peut être problématique pour les dispositifs nanomagnétiques. Récemment, nous avons démontré que dans une nanostructure, la dynamique de l'aimantation peut conserver une cohérence spatiale substantielle jusqu'à de très grands angles de précession. L'échantillon étudié est un nanodisque de YIG, un grenat d'yttrium fer d'amortissement magnétique très faible, où le confinement géométrique supprime drastiquement les interactions non linéaires entre ondes de spin. Il est donc possible d'y exciter la RFM à grand angle de précession grâce à un champ micro-onde ( $h_1$ ) de forte amplitude.



(a) Principe de la mesure à deux fréquences représentée dans le repère tournant de l'aimantation. (b) Spectroscopie obtenue en scannant la seconde fréquence autour de la première, fixée à 10.5 GHz.

Lorsque ce régime est perturbé, l'aimantation devrait osciller autour de la trajectoire stabilisée par le champ excitateur en raison des couples tendant à la rétablir (nutation). Pour révéler cette dynamique, nous appliquons une deuxième excitation micro-onde ( $h_2$ ), de plus faible amplitude que la première, comme schématisé sur la figure (a). Une nouvelle résonance est alors détectée dans le repère tournant de l'aimantation : les deux pics d'absorption observés sur la figure (b) sont la signature d'un mouvement de nutation cohérente de l'aimantation, similaire à celui d'une toupie autour de son axe de précession. L'excitation résonante de ces nutations permet également de contrôler la bistabilité de la dynamique non linéaire de l'aimantation. Plus généralement, cette nouvelle approche spectroscopique devrait permettre de mieux comprendre les régimes fortement hors équilibre, pertinents pour le fonctionnement des dispositifs nanomagnétiques.

