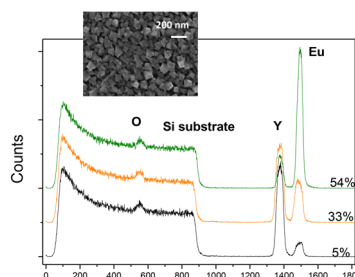


## Technologies quantiques : une nouvelle plateforme utilisant des films d'oxydes de terres-rares

*Le développement de nouveaux systèmes de matériaux à l'échelle nanométrique (nanoparticules et couches minces) présentant des propriétés quantiques remarquables constitue un enjeu important en vue de l'avènement de nouveaux dispositifs pour les technologies quantiques tels les ordinateurs quantiques ou la cryptologie quantique. Dans ce cadre, l'équipe Couches Nanométriques de l'INSPI, en collaboration avec des équipes de l'IRCP et l'INL, a perfectionné la synthèse de couches d'oxyde d'yttrium dopées par des ions de terres-rares (Eu). Les chercheurs ont obtenu pour la première fois des propriétés optiques et cohérentes indiquant qu'elles constituent une nouvelle plateforme très prometteuse pour le développement de technologies quantiques en couche mince.*

Les technologies quantiques (TQ) reposent sur la manipulation des états quantiques d'un élément afin de réaliser des dispositifs aux performances inatteignables par des systèmes classiques : capteurs ultra-sensibles, imagerie pour le vivant à l'échelle nanométrique, traitement de l'information, cryptographie... Le lancement d'un flagship Européen et le fort engouement mondial autour de cette thématique souligne la portée de ces enjeux. La sensibilité extrême des systèmes quantiques à leur environnement extérieur est un atout indéniable mais, en contrepartie, requiert un contrôle extrême de la pureté ou la qualité cristalline des matériaux envisagés pour réaliser ces applications. Les transitions optiques et de spin dans les ions terres-rares tels que l'Europium ou l'Erbium incorporés dans des oxydes massifs, constituent un système particulièrement prometteur conduisant à des temps de cohérence record. Néanmoins, l'ingénierie de ces mêmes matériaux sous forme de couches minces nanométriques ouvre de nouvelles opportunités en facilitant la mise en œuvre, la miniaturisation ou le couplage à d'autres matériaux ou à des résonateurs.

Nous avons réalisé des couches de  $Y_2O_3$  dopées europium d'environ 200 nm d'épaisseur par dépôt chimique en phase vapeur (CVD) en utilisant un système d'injection liquide des précurseurs. La détermination précise et absolue de la composition des films par Rutherford BackScattering (RBS) au moyen de la plateforme SAFIR de l'INSPI nous a permis d'optimiser les conditions de synthèse afin de parvenir à un contrôle fin du dopage Eu dans une large gamme de concentration, et ainsi d'étudier les propriétés des films en fonction du taux de remplacement d'Y par Eu. Les films déposés sur substrat de silicium présentent une structure polycristalline cubique fortement texturée selon la direction [111] avec une croissance colonnaire. L'évaluation des propriétés optiques des ions  $Eu^{3+}$  dans ces films a conduit à des largeurs de raies inhomogènes de l'ordre de 50 GHz ce qui traduit un désordre cristallin relativement limité autour de ces ions. Par ailleurs la mesure de la largeur homogène de la transition, qui conditionne l'utilisation de celle-ci dans le domaine des TQ, a été estimée par brûlage spectral (Spectral Hole Burning) à environ 11 MHz. Cette mesure constitue une première pour un matériau en couches minces à l'échelle nanométrique. Il reste néanmoins en-deçà de celles obtenues dans les massifs (< 1 MHz).



**Figure 1**  
Spectre RBS d'un film de  $Eu:Y_2O_3$  pour différentes concentrations en europium et image MEB correspondante de ce film.

Ainsi la synthèse de ces matériaux par CVD à injection liquide constitue une voie prometteuse pour l'ingénierie fine de nouveaux systèmes dans le domaine des technologies quantiques. Des efforts importants devront être menés pour améliorer les propriétés cristallines de ces films et réduire encore les largeurs de raies homogènes. De premiers essais de couplage à des cavités optiques sont en cours de réalisation.

### Référence

"Chemically Vapour Deposited  $Eu^{3+}:Y_2O_3$  thin films: a relevant material platform for quantum technologies"  
Nao Harada, Alban Ferrier, Diana Serrano, Emrick Briand, Romain Bachelet, Ian Vickridge, Jean Jacques Ganem, Philippe Goldner and Alexandre Tallaire  
*Journal of Applied Physics*, 128, 055304 (2020)  
<https://aip.scitation.org/doi/full/10.1063/5.0010833>

### Contacts

**Ian Vickridge** : [ian.vickridge@insp.jussieu.fr](mailto:ian.vickridge@insp.jussieu.fr) - **Jean-Jacques Ganem** : [ganem@insp.jussieu.fr](mailto:ganem@insp.jussieu.fr)