



Institut de physique

Actualités scientifiques

Cartographie de la transition magnétique dans un alliage FeRh

Octobre 2017

Grâce à l'holographie électronique, des physiciens ont observé pour la première fois le changement d'état magnétique de couches minces de FeRh, sous l'effet de la température. Ils ont ainsi mis en évidence la non homogénéité spatiale de cette transition, due notamment à l'influence des interfaces.

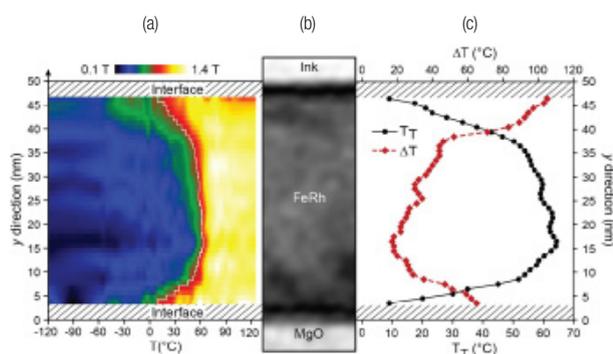
Un composé comme FeRh (alliage Fer et Rhodium) transite d'un état antiferromagnétique ("AF" à aimantation nulle) à ferromagnétique ("F" à aimantation non nulle) aux alentours de 100 °C. Or, la connaissance et le contrôle de l'état magnétique d'un composé ferromagnétique en fonction de la température est essentiel pour le développement de nouveaux dispositifs magnétiques, en particulier ceux utilisés pour l'enregistrement thermiquement activé. Les mécanismes impliqués lors de la transition F/AF sont cependant très controversés et n'ont été étudiés expérimentalement qu'en surface des échantillons.

Pour mieux les connaître, les chercheurs ont réalisé pour la première fois une cartographie quantitative de l'induction en fonction de la température de l'intérieur d'une couche mince (50 nm) de FeRh obtenue par croissance épitaxiale sur un substrat d'oxyde de magnésium. Pour dresser cette carte, ils ont utilisé l'holographie électronique, une technique originale de microscopie électronique en transmission. Il s'agit de faire interférer

un faisceau d'électrons rapides ayant interagit avec l'échantillon, et un faisceau de référence. La figure d'interférence obtenue révèle l'état magnétique du matériaux. Les chercheurs ont associé cette technique avec un contrôle *in situ* de la température de l'objet étudié. Cela leur a permis d'observer l'évolution de l'aimantation dans l'échantillon en fonction de la température, avec une résolution spatiale de l'ordre du nanomètre.

Cette étude a révélé que la transition magnétique se fait de façon non homogène dans la couche mince. Lorsque l'on se déplace le long de son axe de croissance, la température de transition magnétique évolue : elle décroît notamment à proximité des interfaces de la couche de FeRh (cf. Figure a). Par ailleurs, l'amplitude de température nécessaire pour que la transition s'effectue varie également (cf. Figure c). Ces résultats mettent en évidence les effets de la surface du film et ceux de l'interface avec le substrat. Les chercheurs ont également observé, au cours de cette transition, la formation de domaines ferromagnétiques périodiques qui s'étendent à l'approche de la transition de la phase antiferromagnétique vers la phase ferromagnétique dans le plan du film mince.

Au-delà de ces résultats sur les mécanismes fondamentaux de transition F/AF, ce travail apporte une nouvelle illustration de l'intérêt du développement des expériences d'holographie électronique sous sollicitation, ici par le contrôle de la température. Le développement d'études similaires, mais sous champ électrique cette fois, apportera des informations sur le couplage magnéto-électrique dans des composés multiferroïques, pressentis pour des applications en électronique de spin, mais aussi pour l'étude de composants de la microélectronique.



(a) Variation de l'aimantation en fonction de la température et de la position dans la couche de FeRh ; (b) Image de la couche de FeRh élaborée sur substrat MgO ; (c) Profil de la température de transition (en noir) et de la variation de température pour obtenir la transition complète de la couche (en rouge) en fonction de la position de celle-ci par rapport au substrat.

En savoir plus

Inhomogeneous spatial distribution of the magnetic transition in an iron-rhodium thin film

G. Gatel, B. Warot-Fontrose, N. Biziere, L.A. Rodriguez, D. Reyes, R. Cours, M. Castiella et M.J. Casanove

Nature Communications (2017), doi:10.1038/ncomms15703

Contact chercheur

Christophe Gatel, maître de conférences à l'Université Paul Sabatier et chercheur au CEMES

Informations complémentaires

Centre d'élaboration de matériaux et d'études structurales (CEMES, laboratoire CNRS associé à Univ. Paul Sabatier et INSA Toulouse)

cnrs

www.cnrs.fr

Institut de Physique

CNRS - Campus Gérard Mégie
3 rue Michel-Ange, 75794 Paris Cedex 16
T 01 44 96 42 53
inp.com@cnrs.fr
www.cnrs.fr/inp

Illustration du bandeau : © Emmanuel Perrin/CNRS Photothèque