

Fractures en spirale, croissant, dune et étoile dans des couches minces

J. Marthelot^{a, b}, B. Roman^a, J. Bico^a, J. Teisseire^b, D. Dalmas^b, F. Melo^c

a. PMMH, CNRS UMR 7636, UPMC Univ. Paris Diderot, ESPCI ParisTech, 10 rue Vauquelin, 75231 Paris Cedex 05, France.

b. SVI, CNRS UMR 125, Saint Gobain Recherche, 39 quai Lucien Lefranc, 93303 Aubervilliers Cedex, France

c. Non Linear Lab, Universidad de Santiago de Chile, Avenida Ecuador, 3493, Santiago de Chile

Résumé :

Des contraintes résiduelles dans un film mince conduisent généralement à la formation de fractures hiérarchiques visibles par exemple dans la boue séchée ou les céramiques. Lorsque la fracture du film s'accompagne de délaminage, nous observons l'apparition de motifs très réguliers en forme de croissant ou de spirale. Ces motifs robustes sont visibles dans des films minces de nature différente, vernis et peinture soumis à des contraintes thermique ou de séchage, couches métalliques obtenues par dépôt magnétron, dans une situation d'adhésion modérée. La longueur caractéristique de ces motifs, bien que proportionnelle à l'épaisseur de la couche, est plus élevée de deux ordres de grandeur. La sélection des motifs est pilotée par la combinaison de l'énergie résiduelle disponible dans le film, de l'énergie de rupture du film et de l'énergie interfaciale. On présentera les conditions de propagation de telles fissures et les critères de sélection de leur forme.

Abstract :

Drying mud or crazing in ceramics glaze leads to familiar hierarchical cracks network where a new crack connects perpendicularly to older ones. We report unusual spirals and croissants crack patterns in methylsiloxane drying thin films moderately adhering on a substrate. Such cracks are also observed in a very different situation when magnetron sputtering multilayers are under external tension. The amplitude and wavelength of the pattern are robusts and are orders of magnitude larger than the thickness of the layer. The propagation of the spiral and croissant cracks is driven by the combination of the residual energy available in the film, the fracture energy of the film and the interfacial energy. The crack propagation criteria and the pattern selection criteria form will be discussed.

Mots clefs : rupture ; motifs ; film mince

Des films micrométriques de sol-gel d'une solution commerciale de méthylsiloxane (Accuglass spin-on glass) déposés par spin-coating sur des substrats de silicium présentent des motifs inhabituels et robustes de fractures en croissants, spirales, dunes et étoiles (Fig.1). Les fractures se propagent pour des conditions où les films minces sont considérés comme stables. Certains de ces motifs ont déjà été observés dans des systèmes différents [1,2] mais leurs conditions de propagation restent mal établis. On discutera l'apparition de ces différents motifs en fonction de l'énergie résiduelle disponible dans le film, de l'énergie de rupture du film et de l'énergie interfaciale.

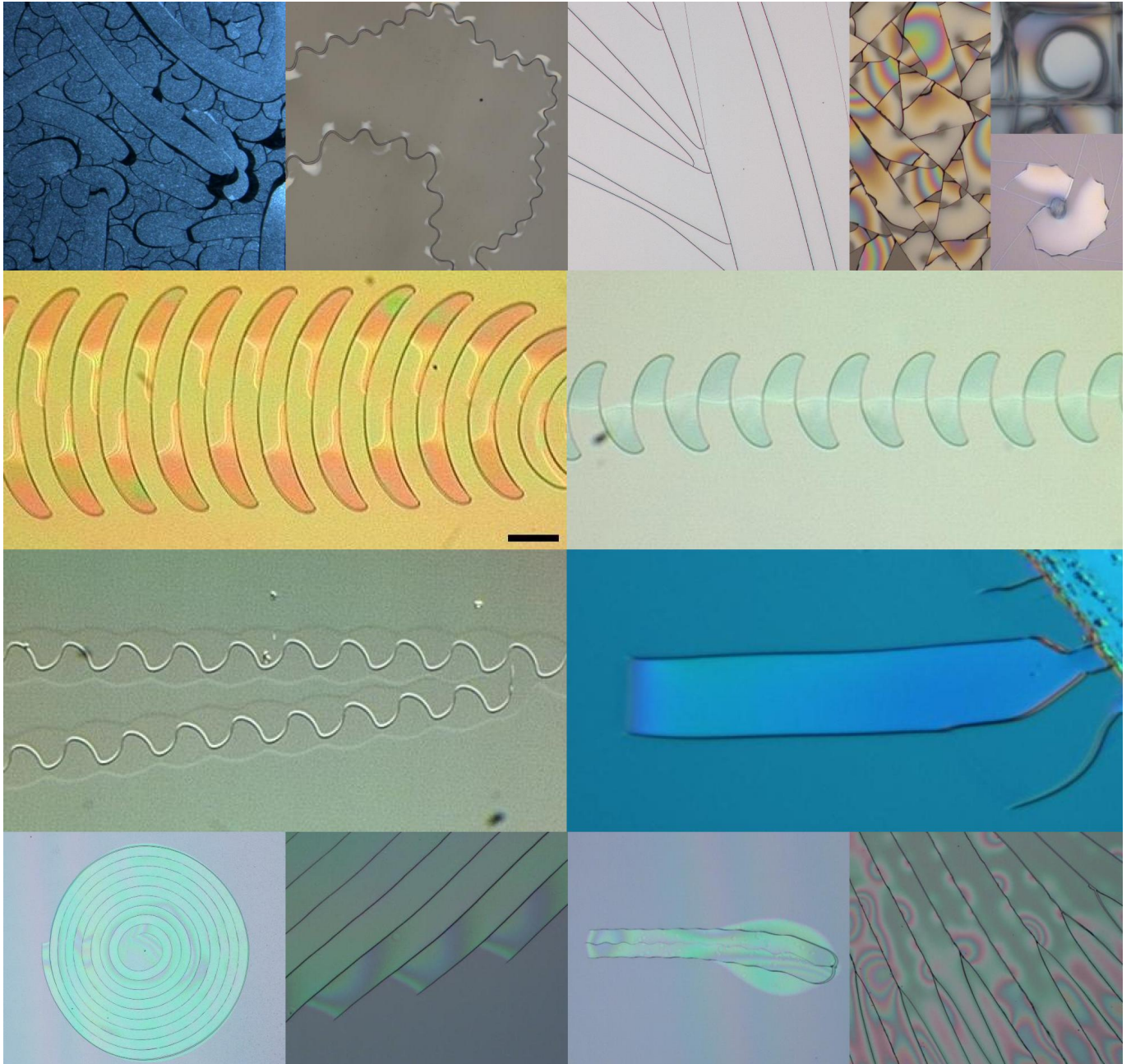


FIGURE 1 – Motif caractéristique obtenus lors de la propagation de fissures dans un film mince modérément adhérent à un substrat. Echelle $100\mu\text{m}$

Références

- [1] Sendova, M., Willis, K. 2003 Spiral and curved periodic crack patterns in sol-gel films. *Applied Physics A* **76** 957–959
- [3] Meyer, D., Leisegang, T., Levin, A., Paufler, P. and Volinsky, A. 2004 Tensile crack patterns in Mo/Si multilayers on Si substrates under high-temperature bending *Appl. Phys. A* **78** 303-305