

# Mouvement d'îlots solides réactifs: effets d'ancrage à la ligne triple et mécanismes de diffusion d'interface

F. Leroy<sup>1</sup>, Y. Saito<sup>2</sup>, S. Curiotto<sup>1</sup>, F. Cheynis<sup>1</sup>, O. Pierre-Louis<sup>3</sup>, P. Müller<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Aix Marseille Université, CNRS, CINaM UMR 7325, 13288 Marseille, France

<sup>2</sup> Department of Physics, Keio University, 3-14-1 Hiyoshi, Kohoku-ku, Yokohama, Japan.

<sup>3</sup> Institut Lumière Matière, UMR 5306 Université Lyon-1-CNRS, 69622 Villeurbanne, France.

Le mouvement spontané de gouttes liquides ou d'îlots solides sur des surfaces est un phénomène fascinant tant du point de vue fondamental qu'en terme d'applications potentielles en nanosciences. Il est maintenant connu que, pour des îlots réactifs, les mécanismes réactionnels interfaciaux peuvent conduire à une grande variété de comportements.

Dans ce travail [1,2] nous étudions le mouvement d'îlots de silicium formés par démouillage d'une couche solide de Silicium déposée sur un substrat de SiO<sub>2</sub>. L'étude expérimentale est effectuée *in-situ* et en temps réel par microscopie à électrons lents (LEEM pour Low Energy Electron Microscopy) complétée par une étude *ex-situ* par microscopie à force atomique (AFM). Les résultats sont comparés à des simulations de type Monte Carlo cinétique complétées par des modèles analytiques.

Nous montrons ainsi **(1)** que la réaction  $\text{Si} + \text{SiO}_2 \rightarrow 2\text{SiO}_{(\text{g})}$  qui se produit à la ligne triple conduit à l'évaporation des îlots solides et la formation concomitante de trous (« etch pits ») dans le substrat SiO<sub>2</sub>, **(2)** que pendant la réaction les îlots fluctuent en forme et en position, **(3)** que le mouvement spontané des îlots solides passe successivement par trois phases: un mouvement Brownien avec un coefficient de diffusion dépendant de la taille des îlots, un mouvement anormal lié à des processus d'ancrage et de décrochage de la ligne triple caractérisé par un coefficient de diffusion indépendant de la taille des îlots et pour terminer un régime de piégeage des îlots au sein des trous formés dans le substrat sous-jacent [1].

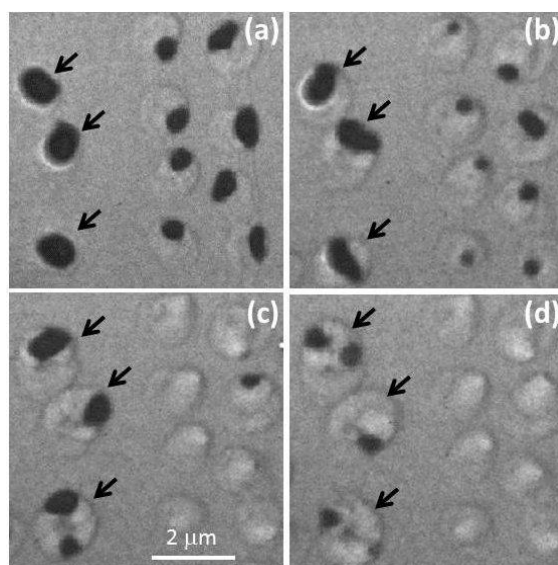


Figure 1: Résultats expérimentaux : séquence d'images LEEM permettant de mettre en évidence le mouvement des îlots solides ainsi que les traces laissées dans le substrat après disparition complète des îlots (FOV : 7 µm).

Une étude fine du mouvement des îlots solides en fonction de leur taille ainsi qu'un examen détaillé des profils des traces laissées par les îlots dans le substrat d'oxyde permettent de valider un mécanisme réactionnel en trois étapes : décomposition de l'oxyde  $\text{SiO}_2$  à l'interface  $\text{Si}/\text{SiO}_2$  diffusion de l'oxygène le long de l'interface  $\text{Si}/\text{SiO}_2$ , production d'espèces volatiles  $\text{SiO}$  à la ligne triple. La cinétique de la réaction dépend ainsi du rapport  $L/x_s$  où  $L$  est la taille caractéristique d'un îlot et  $x_s$  la longueur de diffusion de l'oxygène à l'interface. Nous montrons ainsi que la forme des trous laissés par les îlots dépend du rapport  $L/x_s$ . Pour  $L/x_s < 1$  les trous ont une forme conique alors que pour  $L/x_s > 1$  ils ont une forme de chapeau mexicain. L'identification de la transition de forme permet d'obtenir une valeur de la longueur de diffusion  $x_s$  [2].

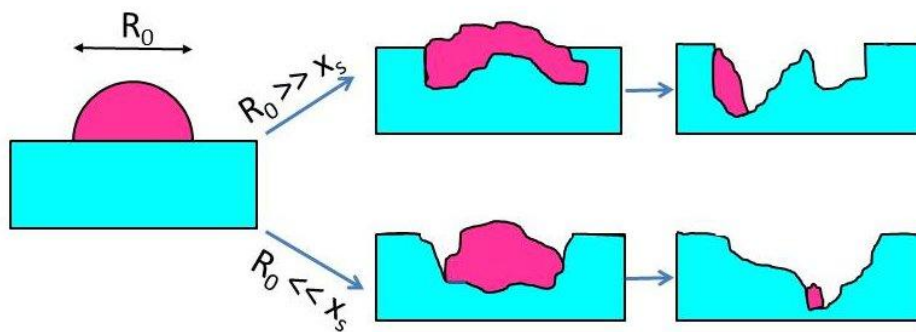


Figure 2: Schéma illustrant le mécanisme de formation des trous selon la valeur du rapport  $L/x_s$ .

[1] F. Leroy, Y. Saito, F. Cheynis, E. Bussmann, O. Pierre-Louis, P. Müller, *Non equilibrium diffusion of reactive solid island*, Phys. Rev. B. **89**, 235406 (2014)

[2] F. Leroy, Y. Saito, F. Cheynis, S. Curiotto, O. Pierre-Louis, P. Müller, *Shape transition in nano-pits after solid-phase etching of  $\text{SiO}_2$  by Si islands*, Appl Phys. Lett. (accepted **2015**)