

Titre : Courbure spontanée de films minces de polydiméthylsiloxane: mécanismes et applications.

Une voie nouvelle pour la fabrication de nouvelles fonctions pour la microfluidique.

Mots clefs : Microfluidique, Microfabrication, Courbure spontanée, Polydiméthylsiloxane

Résumé : Nous nous sommes intéressés à l'auto-enroulement de films de polydiméthylsiloxane (PDMS) oxydés dans des vapeurs de solvant. Brièvement, des films minces de PDMS sont obtenus par enduction sous centrifugation. Ces films sont ensuite exposés à un plasma d'oxygène, ce qui a pour conséquence d'oxyder et de rigidifier leurs surfaces. Lorsque ces systèmes sont exposés à certains solvants en phase gazeuse, le PDMS non-oxydé gonfle. Cela mène à l'auto-enroulement des films et donc à la formation de capillaires. Ce mécanisme est intéressant pour la fabrication de canaux microfluidiques car ce qui deviendra la surface interne desdits canaux peut être caractérisé et fonctionnalisé avant l'enroulement. Dans un premier chapitre, différents aspects de l'auto-enroulement sont passés en revue théoriquement et numériquement. Un second chapitre expérimental est dédié à l'étude de la couche oxydée par nano-indentation AFM. Les propriétés mécaniques du

système composite (couche dur sur substrat mou) sont mesurées et interprétées au moyen d'un nouveau modèle pour extraire notamment l'épaisseur du film oxydé. Dans un troisième chapitre, l'auto-enroulement des tubes lui-même est étudié. Le diamètre interne des capillaires obtenus en fonction de paramètres expérimentaux est examiné et confronté à la théorie. Plusieurs démonstrations de principe de tube avec une surface interne fonctionnalisée sont fournies. Enfin, pour répondre à des problématiques d'intégration des systèmes dans une structure microfluidique plus complexe, une méthode innovante est proposée dans un quatrième et dernier chapitre. Basée sur l'impression jet d'encre de moules sacrificiels, la méthode est d'abord mise en place expérimentalement. De nombreuses démonstrations de principe du vaste potentiel de cette idée sont ensuite proposées.

Title : Spontaneous curvature of polydimethylsiloxane thin films: Mechanisms and applications

A new route for the low cost fabrication of new functionalities for microfluidics

Keywords : Microfluidics, Microfabrication, Spontaneous curvature, polydiméthylsiloxane

Abstract : The guideline of this work is the spontaneous rolling of oxidized polydimethylsiloxane (PDMS) thin films in organic solvent vapors. Briefly, thin films of PDMS are produced by spin coating. Those films are then exposed to oxygen plasma which oxidizes and hardens their surfaces. When those systems are immersed in appropriate solvent vapors, non oxidized PDMS selectively swells. This leads to the spontaneous rolling of the films and thus to the formation of capillaries. This mechanism is of great interest for the fabrication of microfluidic channels because what is to become the inner surface of those channels can be characterized and functionalized prior to rolling.

In a first chapter, different aspects of spontaneous rolling are reviewed theoretically and numerically. A second chapter is dedicated to the investigation of the

oxide layer by AFM nanoindentation. The mechanical properties of the composite system (hard layer on a soft substrate) are measured and interpreted with a new model in order to extract in particular the thickness of the oxide layer. A third chapter dwells on engineering of the rolled-up tubes. The inner diameter of the capillaries as a function of experimental parameters is measured and confronted to theory. We present tubes with various inner surface functionalizations as a proof of concept of the method. Finally, in order to solve the issue of the integration of the system in a wider structure, an innovative method is proposed in a final fourth chapter. Based on the fabrication of a sacrificial mold by inkjet printing, the method is first established and implemented. Several proof-of-concept systems are then displayed in order to demonstrate the great potential of that idea.

