

# Nano-pochoir pour les nanotechnologies

**Vincent Blech**, Nobuyuki Takama, Beomjoon Kim.  
Kim lab., Institute of Industrial Science, University of Tokyo  
Tel.-Fax : 03-5457-6685  
E-mail : vblech@iis.u-tokyo.ac.jp

## Résumé :

Cette présentation propose d'abord une brève définition de la structuration de surface pour les nano-sciences, afin de situer dans son contexte scientifique notre sujet de recherche : le nano-pochoir. Cette outil simple et novateur permet, à l'instar du pochoir en papier que nous connaissons, de transférer des motifs sur une surface donnée, mais à une échelle micro on nanométrique. Il se distingue par sa versatilité et peut être employé pour le dépôt de tout type de matériaux, notamment des molécules, sur des substrats non conventionnels, en vue de contribuer à la réalisation de bio-puces.

## Abstract :

This paper starts with a brief description of surface nano-patterning, so as to locate our current research topic, i.e. the nano-stencil, in its scientific background. This simple, innovative tool is similar to the usual paper stencil and allows the transfer of patterns to a given surface, at the micro and nano-scales. An interesting feature is the versatility of the nano-stencil: one can locally deposit any material, including molecules, on any type of surface. This characteristic is particularly suitable for the fabrication of bio-chips.

## Introduction :

Cette présentation propose d'abord une brève définition de la structuration de surface pour les nano-sciences, afin de situer dans son contexte scientifique notre sujet de recherche : le nano-pochoir. Cette outil simple et novateur permet, à l'instar du pochoir en papier que nous connaissons, de transférer des motifs sur une surface donnée, mais à une échelle micro on nanométrique. Il se distingue par sa versatilité et peut être employé pour le dépôt de tout type de matériaux, notamment des molécules, sur des substrats non conventionnels, en vue de contribuer à la réalisation de bio-puces.

## La structuration de surface

La structuration de surfaces peut se définir selon 3 caractéristiques:

1. elle reprend les techniques du traitement de surface (dépôt de films minces de matériaux anti-corrosion ou anti-érosion, traitement chimique, traitement plasma...)
2. auxquelles elle ajoute des techniques dites de structuration (patterning, machining) pour permettre de traiter la surface localement, à l'échelle micro ou nanométrique.
3. Enfin elle établit un pont entre l'ingénierie des matériaux et la biologie, qui non seulement bénéficie des possibilités offertes par ces techniques, mais y apporte encore ses propres méthodes de traitement de surfaces biocompatibles. Cela constitue l'un des axes de développement les plus forts.

C'est pourquoi on trouve à côté d'applications courantes telles que le dessin de circuits électroniques, des notions de plus en plus importantes comme la fonctionnalisation de surface, l'attachement sélectif de molécules/cellules, la modification des propriétés hydrophobes/philes etc. Ainsi la structuration de surfaces trouve des applications dans des domaines divers et nombreux: les bio-puces (test et développement de médicaments, analyse de molécules d'ADN...), la microélectronique (fabrication de « thin film transistors »), les cellules solaires ou encore les fameux MEMS/NEMS (micro/nano-electro mechanical systems).

Les techniques développées pour la structuration de surface dans les 10 dernières années sont nombreuses. Comme pour toutes les techniques appliquées, les objectifs de coût, rapidité et versatilité sont à prendre en compte. Elles vont, pour citer deux extrêmes, de la lithographie optique conventionnelle au dépôt local de molécules par une pointe d'AFM (microscope à force atomique). La première permet de traiter des surfaces larges (plusieurs pouces carrés) avec une résolution sub-micronique pour un coût modéré. La 2<sup>nde</sup> est plus complexe à mettre en œuvre, lente et elle ne traite qu'une surface très limitée, mais elle permet de réaliser des motifs compliqués avec une résolution de quelques nanomètres! [1] Entre ces deux techniques extrêmes, il existe un panel de techniques alternatives et émergentes faisant appel à de nouveaux procédés et à de nouveaux matériaux, telles que la lithographie douce [2] (sortes de nano-tampons) ou le nano-pochoir [3].

### **Le nano-stencil**

Le nano-pochoir, ou nano-stencil en anglais, se situe du côté des techniques dites parallèles (les motifs peuvent être réalisés sur une large surface en un seul cycle de fabrication, générant un bon rendement). C'est par ailleurs une technique simple et rapide, similaire dans le principe à l'utilisation d'un pochoir en papier avec une peinture en spray. Il faut simplement remplacer le papier par une membrane circulaire de silicium de 500 microns d'épaisseur et quelques millimètres de diamètre, et le spray de peinture par un électro-spray de molécules ou un bâti d'évaporation thermique (fig. 1). Nous sommes donc dans une gamme d'outils perfectionnés, mais qui permet de faire la même chose: la réplique des motifs du pochoir, sur tout type de surface (verre, plastique, silicium...), avec n'importe quel matériau: métaux, isolants, semi-conducteurs... mais aussi molécules et cellules. Cette technique présente donc également une grande versatilité.

D'un point de vue pratique, la fabrication de la membrane de silicium ne requiert que des techniques de structuration éprouvées et relativement peu onéreuses (oxydation du silicium, photolithographie, gravure humide anisotrope et gravure sèche) [4]. Ceci permet donc d'obtenir, comme illustre sur la fig. 2, une très fine membrane suspendue et présentant des ouvertures aux formes variées et au profil en V, dont les dimensions peuvent être fixées entre 1 mm pour les plus larges et moins de 100nm pour les plus étroites. Ce nano-pochoir est ensuite appliqué et fixé sur la surface à structurer, puis placé dans un bâti de dépôt de couches minces.

Les fig. 3a à 3d présentent des motifs d'or transférés sur une surface d'oxyde de silicium par évaporation thermique. La fig. 3e montre des motifs de nano-particules (diamètre de 50nm) déposés par électro-spray sur un substrat bio-compatible (verre traité à l'oxyde d'indium et d'étain). Nous observons que la résolution des motifs transférés peut atteindre 100 nanomètres (10 nanomètres dans des études similaires réalisées en Angleterre sur des masques de très petites dimensions [5]), sur une surface de 1-2 centimètres carrés. Les rapports surface traitée/résolution et coût/temps semblent donc très intéressants, mais la technique est encore loin d'être optimale: des difficultés liées à la robustesse de la membrane, à l'utilisation multiple ou à la reproductibilité des motifs transférés sur la surface sont encore en cours d'étude.

### **References**

- [2] A.Kumar et al., *App. Phys. Lett.* 63 p.2002 (1993)
- [3] M.M. Deshmukh et al., *App. Phys. Lett.* 75 (11) p.1631 (1999)
- [1] K.-B. Lee et al., *Science*, 295(5560), pp. 1702-1705 (2002)
- [4] V. Blech et al., *Proc. KMEMS 2005*, pp.451-454
- [5] A.R. Champagne et al., *App. Phys. Lett.*, Vol. 82, No. 7, pp.1111-1113 (feb. 2003)

Fig. 1 : Approche géométrique du fonctionnement du nano-pochoir. Les paramètres importants sont G (distance pochoir - surface à traiter) et S (largeur de la source) car ils déterminent l'élargissement des motifs transférés par rapport aux ouvertures du pochoir :  $w_p \sim w_s \sim G.S/D$

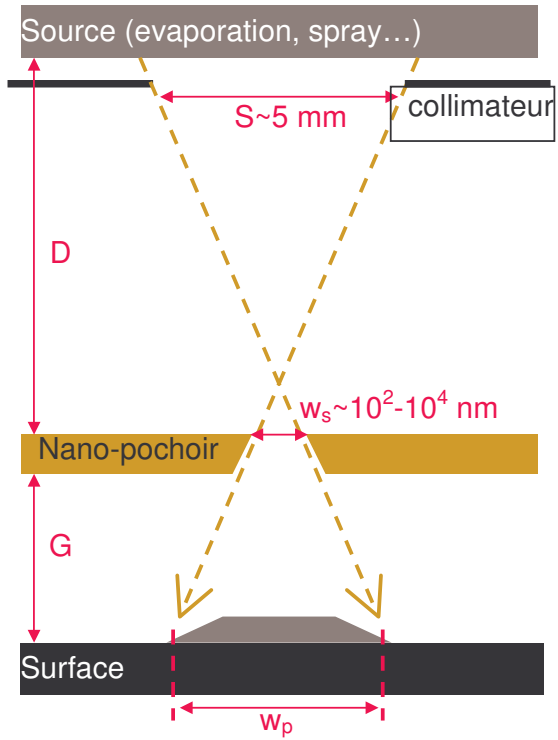


Fig. 2 : a) vue d'ensemble du nano-pochoir (membrane suspendue de silicium)  
b-f) détails des micro et nano ouvertures de la membrane (images de microscope électronique à balayage).

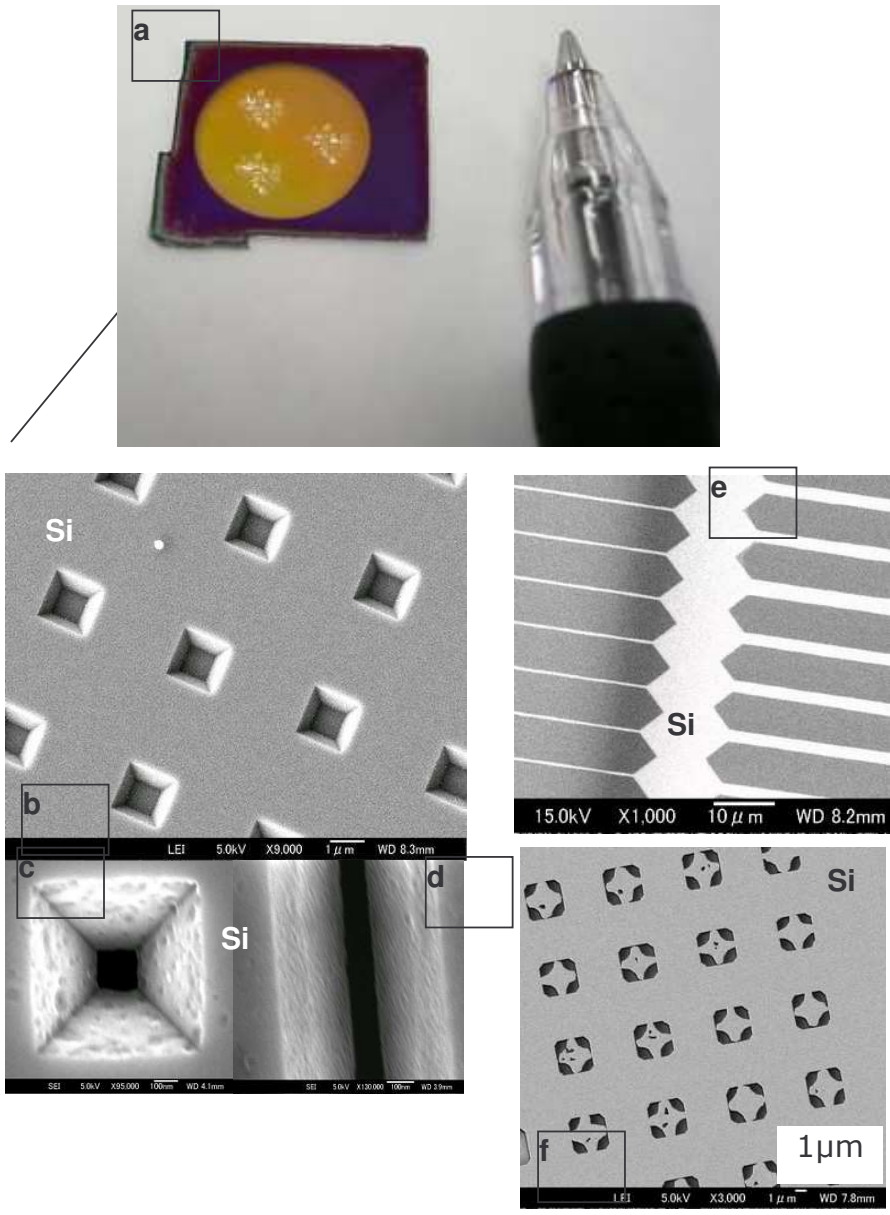
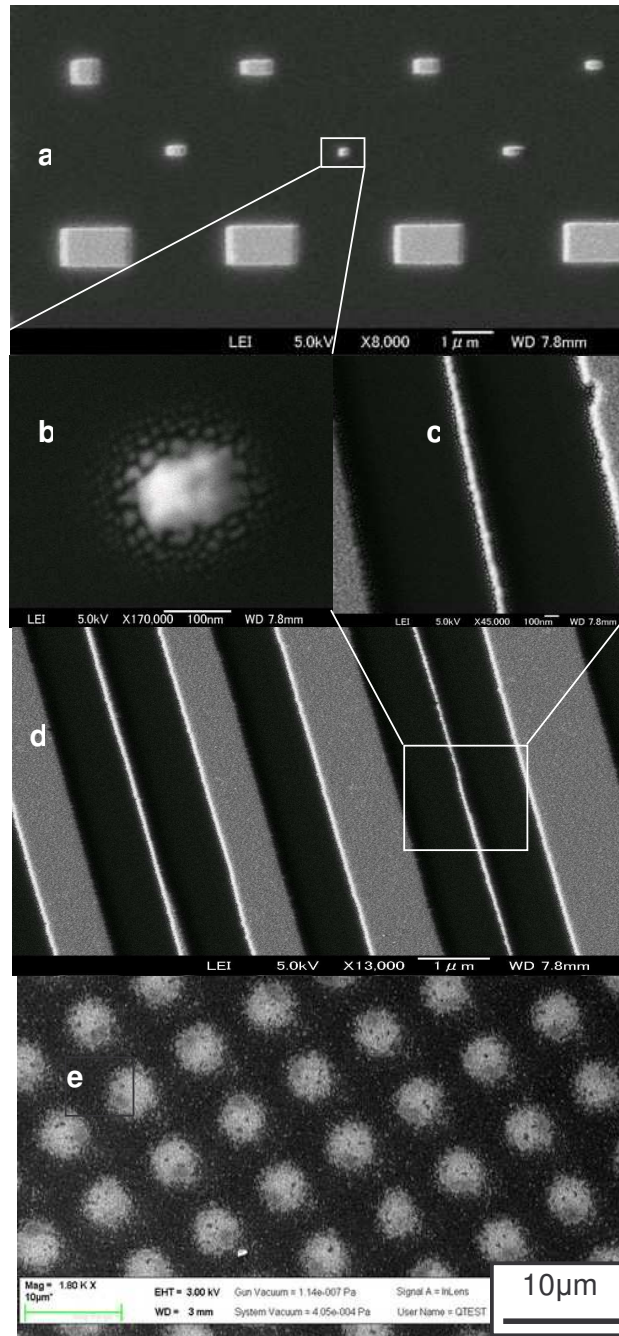


Fig. 3 : a-d) Motifs métalliques transférés sur un substrat de silicium oxydé, par évaporation thermique d'or (épaisseur : 50nm, vitesse de dépôt : 6 nm/min)  
e) Motifs de nano particules déposées par electro-spray sur un substrat de verre/ITO.



### Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier la JSPS (Japan Society for the Promotion of Science) ainsi que le KIMM (Korean Institute of Machinery and Materials) pour le soutien financier et scientifique de ce projet. Nos remerciements vont également au Dr. Kinoyuki Kakushima pour les plaisantes et fructueuses discussions scientifiques.