

FABRICATION DE COMPOSANTS MICROOPTIQUES PAR RECUIT DE VERRE

J. V. Carrión, N. Passilly, J. Albero, C. Gorecki

Institut FEMTO-ST, UMR CNRS 6174, Université de Franche-Comté, 25030 Besançon, France

josevicente.carrion@femto-st.fr

RÉSUMÉ

Cet article présente une technologie pour la fabrication parallèle de composants micro-optiques réfractifs en verre. Le principe est de sceller une cavité formée par l'assemblage de deux wafers, l'un structuré en silicium et l'autre en verre. Un échauffement à haute température engendre une variation de la viscosité du verre dont la surface se déforme dans la cavité. Le contrôle de cette déformation permet de générer la surface réfractive du microcomposant. L'avantage de cette technique est la très faible rugosité obtenue grâce au caractère sans contact du procédé. La compatibilité des matériaux employés, verre et silicium, avec les procédés d'intégration des Systèmes Micro-Opto-Electromécaniques (MOEMS) ouvre la porte à leur utilisation dans de nombreuses applications.

MOTS-CLEFS : *Recuit de verre; Microfabrication; Microcomposants optiques;*

1. INTRODUCTION

La fabrication de composants micro-optiques est au cœur de nombreux travaux depuis quelques décennies. En fonction de la longueur d'onde de travail ou de l'environnement où les composants devront être utilisés, le choix des matériaux, notamment le plastique ou le verre, est important. Ce choix conditionne également la technique de fabrication. En ce qui concerne les MOEMS, les techniques les plus intéressantes sont celles qui permettent la fabrication parallèle de microcomposants sur le substrat avec des possibilités d'intégration monolithique. Dans ce cadre, le verre borosilicaté est un excellent candidat pour la fabrication de composants microoptiques, grâce à la compatibilité de son coefficient d'expansion thermique avec celui du silicium. Des procédés d'assemblage à haute température, comme par exemple la soudure anodique [1], peuvent donc être envisagés. Ainsi, des techniques permettant la fabrication au niveau wafer de composants en verre peuvent être utilisées pour l'intégration verticale de composants sur silicium [2].

Nous considérons ici la fabrication de composants microoptiques réfractifs par recuit de verre dans des cavités en silicium, technique proposée par Merz *et al.* [3]. Nous avons réalisé des composants microoptiques avec un profil de phase contrôlé et basé sur des procédés de microfabrication classiques.

2. TECHNOLOGIE

Le principe est d'enfermer une pression définie dans une cavité silicium scellée avec du verre. En augmentant la température de cet empilement, on peut alors profiter des changements de viscosité du verre, pour modifier le profil de la surface située au-dessus de la cavité. Pour cela, des cavités sont gravées sur un wafer de silicium par gravure sèche (DRIE, de l'anglais Deep Reactive Ion Etching) et scellées par soudure anodique avec un wafer de verre. Ce type de soudure, réalisé par application de plusieurs centaines de volts à une température d'environ 350°C offre une bonne étanchéité, ce qui permet d'enfermer une pression donnée. L'ensemble est ensuite introduit dans un four à une température supérieure au point de ramollissement du verre (560 °C pour le Borofloat33 dans notre cas). Le processus est gouverné par la loi des gaz parfaits $P V = n R T$, où P est la pression, V est le volume, n est la quantité de substance de gaz, R est la constante idéale du gaz et T est la température du gaz. L'augmentation de la température provoque, en plus d'une augmentation de la viscosité du verre, une variation de la pression dans la cavité. Cette combinaison engendre la déformation des surfaces en verre pour atteindre une situation d'équilibre entre les pressions

internes et externes. En fonction de la pression à laquelle les wafers ont été soudés, et donc de la pression enfermée dans les cavités, le volume diminue ou augmente (Fig. 1a). Dans le premier cas, le verre est déformé dans la cavité (scellée sous vide) vers le silicium et, avec un contrôle précis du temps, des profils convexes peuvent être créés. Dans le deuxième cas, l'augmentation de la pression (initialement égale à 1 atm) d'azote lors de l'échauffement permet un soufflage du verre similaire à un piston qui modifie cette fois la surface supérieure du verre. Finalement, le silicium peut être éliminé sélectivement par gravure ou rodage, et le verre aminci et poli pour obtenir les composants micro-optiques.

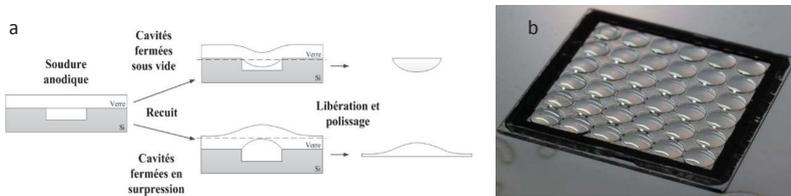


Fig. 1 : a. Procédé de fabrication, b. Matrice 6x6 de lentilles en verre sur cadre silicium.

3. RÉALISATIONS

Nous avons réalisé grâce à des cavités en basse pression des matrices de lentilles de 2mm de période présentant une très bonne uniformité (variations de longueurs focales <0.5%) (Fig. 1b). Au sein de ces matrices, la résolution de chaque lentille est limitée par la diffraction ($\lambda/14$) si le diamètre de la zone éclairée est de l'ordre de 50% du diamètre de la lentille. Des tests prometteurs ont également été conduits à base de cavités haute pression permettant le soufflage du verre. Ces premiers tests montrent des diamètres utiles ($\lambda/14$) plus élevés.

4. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Nous présentons une technique de fabrication de composants micro-optiques réfractifs basée sur le recuit de verre. Des matrices de lentilles présentant des performances élevées ont été obtenues. Cette technique est particulièrement compatible avec les techniques d'assemblages multisubstrats impliquées dans la génération de systèmes MOEMS complexes. Cette technique sera appliquée à la réalisation de lentilles coniques en verre ou de lentilles asphériques.

- [1] J. A. Dziuban, "Bonding" in Bonding in Microsystem Technology, K. Itoh, T. Lee, T. Sakurai, W.M.C. Sansen, D. Schmitt-Landsiedel, ed. (Springer-Verlag, 2006).
- [2] J. Albero, L. Nieradko, C. Gorecki, H. Ottevaere, V. Gomez, et J. Pietarinen, "Si moulds for glass and polymer microlenses replication," Proc. SPIE 6992, 69920A (2008).
- [3] P. Merz, H. J. Quenzer, H. Bernt, B. Wagner, et M. Zoberbier, "A novel micromachining technology for structuring borosilicate glass substrates" in Proceedings of IEEE Conference on Solid State Sensors, Actuators and Microsystems, (IEEE, 2003), pp. 258-261.